Bijlage 8

Veiligheid

RAPPORT

Kwantitatieve Risico Analyse Aramis - zeeleiding

MER Aramis CO2-transportinfrastructuur

Klant: Aramis

Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2006

Status: 01/Definitief

Datum: 9 februari 2024

ARAMIS	**CCS-ARAMIS Project** **Environment Impact Assessment – Baseline report** Document No. ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2006 Document title External safety report zeeleiding onshore Revision Final 3.0

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Postbus 1132
3800 BC Amersfoort
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Kwantitatieve Risico Analyse Aramis - zeeleiding

Ondertitel: QRA Aramis - zeeleiding
Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2006
Status: 01/Definitief
Datum: 9 februari 2024
Projectnaam: Aramis
Projectnummer: BH8744

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderzins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Royal HaskoningDHV

Inhoud

1 Inleiding 1
1.1 Korte introductie van het Aramis initiatief 1
1.2 Korte introductie op het thema externe veiligheid 3
1.2.1 Externe veiligheid bepaling op land 3
1.2.2 Relevante fases 3
1.2.3 Relevante alternatieven en varianten 4
1.3 Opbouw van het MER en dit deelrapport 4
2 Reikwijdte van de QRA 6
2.1 Aanleiding QRA 6
2.2 Rapportgegevens 6
2.2.1 Algemeen 6
2.2.2 Historie QRA 6
2.2.3 Wijzigingen in QRA 7
2.3 Leeswijzer 7
3 Beleid, wet- en regelgeving 8
3.1 Wettelijk kader 8
3.2 Wat is een QRA? 9
3.3 Regels voor het opstellen van een QRA 9
3.4 Landelijk toetsingskader 9
3.5 Lokaal toetsingskader 11
4 Doorzetgegevens 15
5 Systeembeschrijving zeeleiding 16
6 Uitgangspunten risicomodellering 18
6.1 Risicomodel 18
6.2 Stofgegevens 18
6.3 Ontsteking 18
6.4 Interne domino-effecten 18
6.5 Externe domino-effecten 18
6.6 Gronddekking 19
6.7 Bepaling faalscenario's en faalfrequentie 19
6.7.1 Faalscenario's 19
6.7.2 Faalfrequentie 19
6.7.3 Verantwoording aanvullende maatregelen 21
6.8 Ruwheidslengte 22

6.9 Weerscondities 22
6.10 Populatie in de omgeving 22
7 Resultaten kruising zeewering door direct pipe 25
7.1 Plaatsgebonden risico 25
7.2 Aandachtsgebieden 27
8 Resultaten kruising zeewering door microtunnel 30
8.1 Plaatsgebonden risico 30
8.2 Aandachtsgebieden 32
9 Samenvatting bevindingen en toetsing wet- en regelgeving 35
10 Referenties 36

Bijlagen

1. Invloed windturbines
2. Gevoeligheidsanalyse ruwheidslengte
3. Risico reducerende voorzieningen
4. Plaatsgebonden risico contouren - standaard risicoreducerende maatregelen
5. Uitwerking uitstromingscenario's
6. SMEZ rapport
7. Memo met onderwerp: CCS Aramis – Ondergrond'

1 Inleiding

Ten geleide
Voor u ligt het detailrapport met als onderwerp kwantitatieve risicoanalyse van het op land gelegen deel van de zeeleiding bij het MER voor het Aramis initiatief (kortweg Aramis). *Het op land gelegen deel is gedefinieerd als het deel tussen compressorstation en de grens van de overgang naar territoriale wateren.* In deze rapportage wordt dit deel benoemd als 'zeeleiding'. Het Aramis initiatief bestaat uit de aanleg en exploitatie van een open CCS-infrastructuur. Hiermee is het mogelijk om bij de industrie afgevangen CO_2 te vervoeren naar leeg geproduceerde gasvelden onder de Noordzee, om het daar permanent op te slaan. Hiermee leveren de Aramis initiatiefnemers een bijdrage aan het behalen van de Nederlandse klimaatdoelstellingen. Volgens nationale wetgeving zijn, in het kader van kwantitatieve risico analyse, de onderdelen van de Aramis CCS infrastructuur verdeeld in een terminal (CO2next genaamd), een compressorstation en een zeeleiding (verbindende leiding tussen compressorstation en gasvelden, voorliggende QRA).

Het doel van dit detailrapport is om het risicoprofiel van (het op land gelegen deel) van de zeeleiding te kwantificeren door numerieke waarden toe te kennen aan waarschijnlijkheid en gevolgen van ongewone voorvallen, wat resulteert in een toetsbaar risicoprofiel. Hierbij worden (technische) gegevens en (incident) statistieken gecombineerd om inzicht te krijgen in potentiële slachtoffers, en om de afwegingen te ondersteunen over het al dan niet hoeven nemen van mitigerende maatregelen om ruimtelijke inpassing mogelijk te maken te ondersteunen

Dit detailrapport bevat een gedetailleerde beschrijving en beoordeling van het risicoprofiel van de zeeleiding binnen het Aramis initiatief. De kwantitatieve risicoprofielen van de CO2Next terminal en het compressorstation worden elk in hun eigen detailrapport beschreven en beoordeeld.

1.1 Korte introductie van het Aramis initiatief

Integrale Aramis CCS-keten
Om de klimaatdoelstellingen te behalen, is er behoefte aan additionele transportinfrastructuur voor CO_2, waarmee meerdere opslaglocaties op zee worden ontsloten voor verschillende industriële emissiebronnen. Het Aramis initiatief speelt in op die behoefte door een nieuwe integrale en open CCS-keten mogelijk te maken. Het Aramis initiatief vormt een onderdeel van deze CCS-keten en bestaat uit de aanleg en exploitatie van een open CO_2-transportinfrastructuur. Het Aramis initiatief wordt in de rapportage dan ook wel aangeduid als Aramis CO_2-transportinfrastructuur. Samen met de afvanginfrastructuur en opslaginfrastructuur vormt dit de integrale CCS keten met onderstaande samenhangende onderdelen (zie figuur 1-1).

CO_2-afvanginfrastructuur

1. CO_2-afvang bij industrie, en geschikt maken voor transport;
2. CO_2-transport naar het verzamelpunt op de Maasvlakte, middels de Porthos landleiding of per schip;

CO_2-transportinfrastructuur (Aramis initiatief)

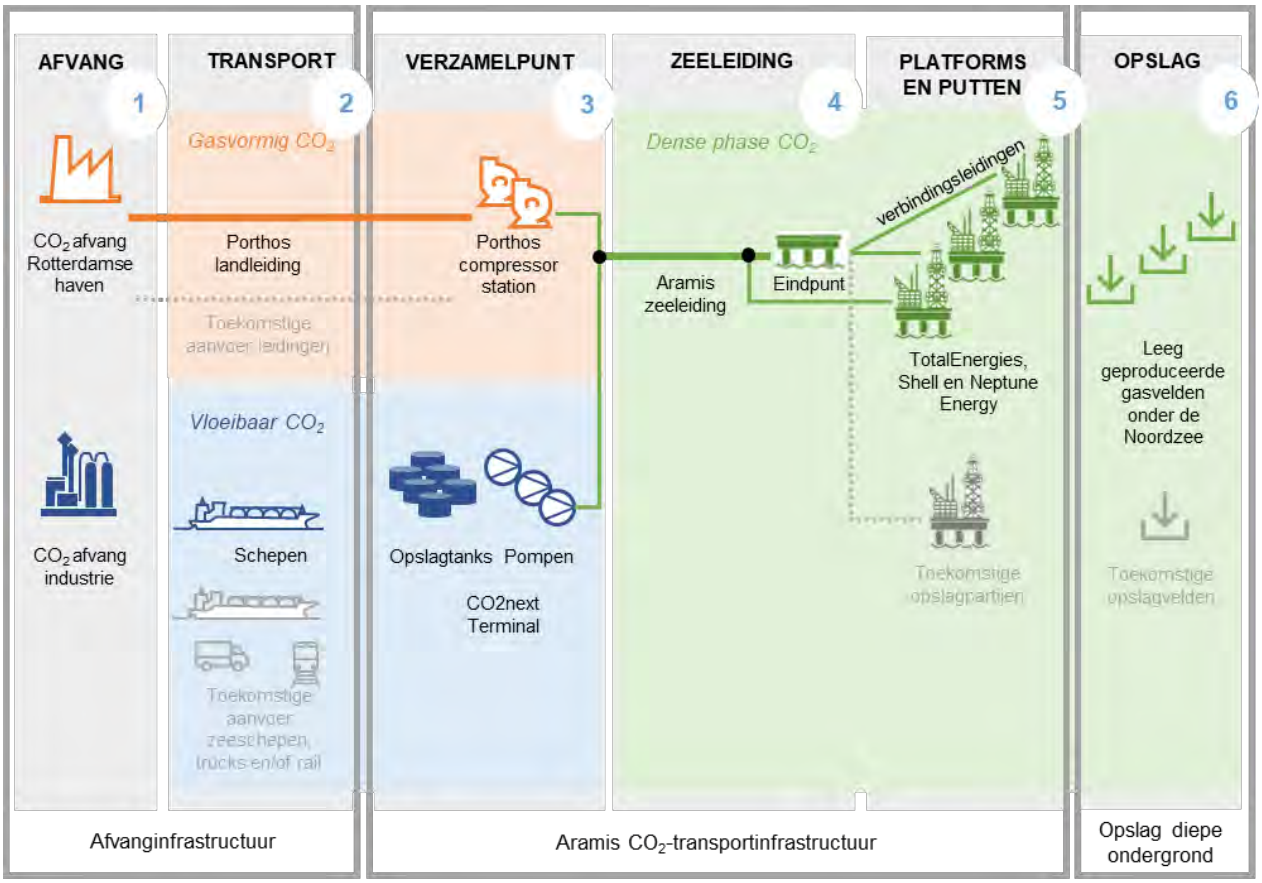
3. CO_2-verzamelpunt op de Maasvlakte met een compressorstation en een terminal.
    - Het compressorstation ontvangt gasvormig CO_2 dat aangevoerd wordt per landleiding (via de Porthos-landleiding) en brengt het op druk voor het transport per zeeleiding;

- De terminal ontvangt vloeibaar CO_2 aangevoerd per schip. De terminal locatie bevat steigers, opslagtanks voor tijdelijke opslag van CO_2 en hogedrukpompen voor levering aan de zeeleiding. CO_2 uit het compressorstation en vanaf de terminal komen samen in de CO_2-zeeleiding;

4. CO_2-transport door de centrale CO_2-zeeleiding naar het distributieplatform op de Noordzee. Dit platform is uitgerust met een verdeelstation voor toevoer van CO_2 naar de verschillende platforms. Er zijn tevens connectiepunten in de zeeleing waar vandaan CO_2 aan platforms geleverd kan worden;
5. CO_2-injectie: via verbindingsleidingen komt de CO_2 vanaf de zeeleiding bij injectieplatform. Middels putten bij deze platforms wordt CO_2 geïnjecteerd in leeg geproduceerde gasvelden in de diepe ondergrond van de Noordzee.

CO_2-opslag diepe ondergrond

6. CO_2-opslag: permanente CO_2 opslag in de diepe ondergrond.



Figuur 1-1. Overzicht van de integrale CCS-keten met daarin de componenten die onderdeel zijn van de voorgenomen activiteit, namelijk: transport per schip, terminal CO2next, uitbreiding compressorstation Porthos, zeeleiding met eindpunt en connectiepunten, aansluitleidingen en platforms

Het Aramis initiatief

Het Aramis initiatief heeft als doel het verzamelpunt (onderdeel 3), de zeeleiding (onderdeel 4) en de injectie (onderdeel 5) te realiseren. Hiervoor wordt door het Aramis consortium (bestaande uit Shell, TotalEnergies, Gasunie en EBN) samengewerkt met CO2next (voor de terminal) en Porthos (voor het compressorstation). De opslag vindt plaats vanaf de platforms van Shell, TotalEnergies en Neptune Energy.

De afvang (onderdeel 1) en transport van CO_2 naar het verzamelpunt (onderdeel 2) vallen buiten het Aramis initiatief[1]. In het MER worden deze aspecten wel benoemd en op hoofdlijnen beschreven, omdat ze integraal onderdeel uitmaken van de integrale Aramis CCS keten.

De opslag in de diepe ondergrond (onderdeel 6) valt eveneens buiten het initiatief. Voor de diepe ondergrond gelden geen milieuregels. De mogelijke gevolgen van opslag in de diepe ondergrond wordt echter wel apart beschreven in het MER middels de deelrapporten opslag diepe ondergrond.

Bij de aanleg van Aramis wordt rekening gehouden met toekomstige uitbreiding met meer leveranciers van CO_2 en meer opslagpartijen. In eerste instantie wordt vergunning aangevraagd voor een startsituatie en de eerste uitbreidingssituatie. Dit wordt in het MER getoetst. Toekomstige initiatieven *na* de eerste uitbreidingssituatie behoren niet tot de vergunningaanvraag maar worden in het MER wel (globaal) beschreven.

De ingebruikname verwachten de Aramis initiatiefnemers in 2028, waarbij tegelijk al de eerste activiteiten zoals beschreven in de eerste uitbreidingsituatie kunnen starten. Voor het bereiken van de maximale doorvoercapaciteit is enkele jaren later als uitgangspunt in het MER aangehouden.

Een uitgebreide beschrijving van het Aramis initiatief is opgenomen in het deelrapport technische beschrijving en het samenvattend hoofdrapport MER (zie figuur 1-2).

1.2 Korte introductie op het thema externe veiligheid

1.2.1 Externe veiligheid bepaling op land

De externe veiligheid wordt berekend voor (normale) operationele fase. Hiervoor wordt een wettelijk voorgeschreven software pakket gebruikt genaamd Safeti-NL. De externe veiligheidsberekeningen hebben betrekking op mogelijke risico's op land.

Onderwerp van deze QRA is het voorgenomen deel van de zeeleiding tussen het compressorstation en de territoriale wateren in het Rotterdams havengebied, in deze rapportage verder benoemd als zeeleiding. In Figuur 5-1 is de voorgenomen route van de zeeleiding weergegeven op een ondergrond van (een deel van) de Maasvlakte.

Opmerking: de reden dat alleen het bovengenoemde op land gelegen deel van de zeeleiding onderwerp is van deze QRA, vindt zijn oorsprong in het Besluit Activiteiten Leefomgeving artikel 3.101 lid 3 onderdeel a. Daarin wordt gesteld dat: lid (3) 'Onder de aanwijzing valt niet het exploiteren van een buisleiding:' (onderdeel a) 'in de Noordzee'.

1.2.2 Relevante fases

Het MER bestudeert die aspecten van een activiteit die de fysieke leefomgeving kunnen beïnvloeden. De milieueffecten van de alternatieven en varianten voor het thema externe veiligheid zijn daar beschreven. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de aanlegfase en gebruiksfase, en worden de mogelijke effecten van een incident beschreven; namelijk:

- De aanlegfase bestaat uit de aanleg van de terminal, het aanpassen van het compressorstation en plaatsen van de buisleiding op land (en in de bodem).

[1] *Een deel van de schepen die CO_2 leveren aan de terminal is afkomstig van Aramis-initiatiefnemers.*

- De gebruiksfase bestaat uit de start-up en shutdown van de buisleiding waarbij de druk en temperatuur van CO_2 in de buisleiding zal toenemen en afnemen. Gedurende de normale gebruiksfase stoomt wordt een constante druk en temperatuur aangenomen.

In de eerste fase van de m.e.r.-procedure voor het Aramis initiatief is afgebakend welke onderwerpen binnen dit thema relevant zijn om te onderzoeken en hoe. Dit is beschreven in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau die 18 november 2022 definitief is vastgesteld door de Minister voor Klimaat en Energie.

1.2.3 Relevante alternatieven en varianten

In Hoofdstuk 3 van het MER is beschreven hoe de keuzes van het Aramis initiatief op de hoofdlijnen zijn gemaakt. Binnen deze hoofdkeuzes zijn nog meerdere uitwerkingsopties waaruit moet worden gekozen. Deze opties worden in het MER getoetst als alternatieven en varianten. Daarnaast geeft het MER inzicht in mitigerende maatregelen om negatieve milieugevolgen te voorkomen of verzachten. Dit kan noodzakelijk zijn om te voldoen aan milieuwet- en regelgeving, maar het kan ook los van die verplichtingen wenselijk zijn. Redelijkerwijs te treffen maatregelen worden onderzocht.

De hieronder toegelichte alternatieven en varianten zijn de huidige (realistische) keuzeopties die binnen de doelstelling van het Aramis initiatief vallen. Er zijn meer opties denkbaar; het is mogelijk dat deze in het kader van toekomstige uitbreidingen onderzocht worden.

Tabel 1-2. Overzicht te toetsen alternatieven en varianten (xxxx: geen onderdeel van de scope van de QRA)

	Voorgenomen activiteit	Alternatief / variant
Kruising Maasgeul	Microtunnel vanaf haaienvin bij Edisonbaai	Direct pipe nabij kruising Porthos leiding

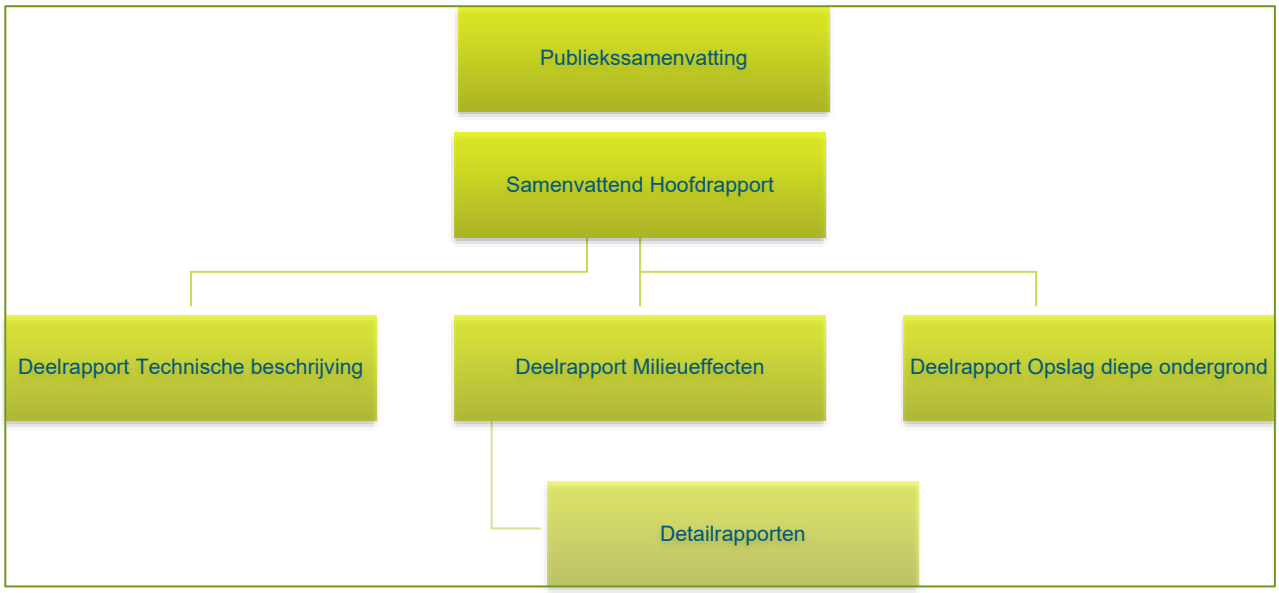
Alternatief kruising zeewering / Maasgeul
De voorgenomen activiteit is de kruising van zeewering en de Maasgeul vanaf de locatie naast de Edisonbaai, met behulp van een microtunnel. Als alternatief wordt in het MER het gebruik van een direct pipe boring onderzocht, die nabij de Porthos zeeleiding de zeewering kruist en vervolgens in een sleuf door de Maasgeul wordt gelegd.

Variant kruising op land Porthos zeeleiding
Het landdeel van de Aramis zeeleiding moet in de leidingstrook de aanwezige Porthos zeeleiding kruisen. Doordat het beide leidingen zijn met een relatief grote diameter, moet hiervoor een specifieke constructie worden toegepast. In de voorgenomen activiteit kruist de Aramis zeeleiding onder de Porthos zeeleiding door. Hiervoor moet de Aramis zeeleiding verdiept aangelegd worden. Als variant kruist de Aramis zeeleiding boven de Porthos zeeleiding, met als gevolg dat deze boven maaiveld uitkomt.

1.3 Opbouw van het MER en dit deelrapport

Voor het Aramis initiatief is een gecombineerd Plan-/ProjectMER opgesteld. Figuur 1-2 geeft de rapportagestructuur van het MER Aramis. Het MER bestaat uit een Samenvattend Hoofdrapport, voorzien van een Publiekssamenvatting. Ter onderbouwing van het Samenvattend Hoofdrapport zijn deelrapporten opgesteld. Dit betreft het deelrapport Technische beschrijving van Aramis, het deelrapport Milieueffecten met daarbij de onderliggende technische detailstudies en de deelrapporten Opslag diepe ondergrond. Doordat CO_2 in meerdere geologische voorkomens wordt opgeslagen, zijn er voor de opslag diepe ondergrond meerdere deelrapporten opgesteld.

Het voorliggende rapport is het detailrapport Externe veiligheid CO2next terminal. De bevindingen uit dit detailrapport zijn opgenomen in het Deelrapport Milieueffecten, en op hoofdlijnen in het Samenvattend Hoofdrapport.



Figuur 1-2: Overzicht rapportagestructuur MER Aramis

Opbouw van dit deelrapport

Dit deelrapport beschrijft in het volgende hoofdstuk allereerst welk kader van beleid, wet- en regelgeving van toepassing is voor het thema Externe veiligheid van de zeeleiding. Nadat in hoofdstuk 3 beschreven wordt hoe de methodiek van onderzoek en beoordeling eruit zal zien wordt in hoofdstuk 4 beschreven hoe het proces er uit zal zien in de gebruiksfase van het project. In hoofdstuk 5 worden de uitgangspunten beschreven die gebruikt worden voor de risicomodellering. In hoofdstuk 6 worden de resultaten gegeven voor de direct pipe en in het hoofdstuk erna voor de resultaten van de microtunnel. In hoofdstuk 8 worden de leemten in kennis gegeven voordat in hoofdstuk 9 de conclusies en aanbevelingen worden gegeven.

2 Reikwijdte van de QRA

Deze QRA betreft het op land gelegen deel van de zeeleiding; het buisleidingdeel vanaf het compressorstation tot de grens naar de territoriale wateren. Het beginpunt van de zeeleiding is bij het compressorstation. De zeeleiding loopt richting de daarvoor bestemde leidingstrook, volgt deze leidingstrook enkele kilometers, en verlaat deze vervolgens om uiteindelijk de zeewering te kruisen richting de territoriale wateren. De kruising van de zeewering kent twee mogelijke route opties: 1) kruising via een zogenaamde 'microtunnel' en 2) kruising via zogenaamd 'direct pipe'. De verschillend routes zijn weergegeven in Figuur 5-1. Voor elk van deze opties wordt het risicoprofiel bepaald voor de maximale doorzet waar het systeem voor ontworpen wordt, zie hoofdstuk 4 betreffende 'Doorzetgegevens'.

2.1 Aanleiding QRA

Aanvraag oprichting CO2 transportleiding.

2.2 Rapportgegevens

2.2.1 Algemeen

In onderstaande opsomming zijn de algemene rapportgegevens opgenomen:

Naam van het project	**:**	Aramis - Zeeleiding
Reden opstellen QRA	:	Inzichtelijk maken van het risicoprofiel naar externe veiligheid voor de voorgenomen zeeleiding (route)
Gevolgde methodiek	:	Safeti-NL (DNV, versie 8.8) [6] in combinatie met de Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid – Module V buisleidingen (RIVM, versie oktober 2020) [7]
Peildatum QRA	:	Februari 2024

2.2.2 Historie QRA

Deze paragraaf is voor deze versie van de QRA-rapportage niet van toepassing om dat deze QRA-rapportage de initiële rapportage ten behoeve van de oprichtingsvergunning betreft. Wel is deze opgenomen om vast een goede rapportage indeling te verzorgen voor eventuele toekomstige actualisaties

Onderstaande tabel toont de historie van al eerdere QRA's zoals deze bekend zijn bij het bevoegd gezag.

Datum	Referentie	Titel en toelichting
PM	PM	QRA voor oprichtingsvergunning. Omvat opstartfase en 1e uitbreidingsfase.

2.2.3 Wijzigingen in QRA

Deze paragraaf is voor deze versie van de QRA-rapportage niet van toepassing om dat deze QRA rapportage de initiële rapportage ten behoeve van de oprichtingsvergunning betreft. Wel is deze opgenomen om vast een goede rapportage indeling te verzorgen voor eventuele toekomstige actualisaties

Ten opzichte van de vigerende vergunningen worden vernieuwingen doorgevoerd zoals opgenomen in onderstaande tabel.

Aard van wijziging	Invloed op QRA

2.3 Leeswijzer

Deze rapportage bevat wettelijke en beleidsmatige informatie, informatie over de wijze van modellering in de software en (detail) technische informatie van de installatie. Afhankelijk van het doel waarmee een lezer deze rapportage leest en de technische kennis wordt aangeraden om een combinatie van bepaalde hoofdstukken van deze rapportage te lezen.

Indien het doel van de lezer is om inzicht te krijgen in de context en implicaties van de QRA wordt aangeraden om hoofdstukken 1 t/m 3 en 7 t/m 9 te lezen. Genoemde hoofdstukken bevatten geen technische informatie, maar geven het wettelijk en beleidsmatige kader en beschrijven hoe de resultaten in dat kader beschouwd moeten worden. Eventueel kan aanvullend hoofdstuk 5 worden gelezen wat een systeembeschrijving op hoofdlijnen geeft.

Indien het doel van de lezer is om de QRA te kunnen beoordelen wordt aangeraden om alle hoofdstukken te lezen. Hoofdstukken 4 t/m 6, en de bijlagen waar deze naar verwijzen, geven gedetailleerde informatie over de werkwijze waar het QRA-model mee tot stand gekomen is, en welke aannames daarvoor gedaan zijn.

3 Beleid, wet- en regelgeving

Dit hoofdstuk beschrijft welk beleid en welke wet- en regelgeving relevant is voor het Aramis initiatief voor de kwantitatieve risicoanalyse voor de zeeleiding. Dit maakt duidelijk binnen welke randvoorwaarden het Aramis initiatief tot stand moet komen.

3.1 Wettelijk kader

Een ruimtelijk plan wordt in het kader van externe veiligheid getoetst aan het landelijk wettelijk kader en het lokale beleidskader. Dit kan gemeentelijk beleid en/of provinciaal beleid zijn. Het wettelijke en beleidskader worden door een gemeente vertaald naar het omgevingsplan. Daarmee vormt het omgevingsplan het belangrijkste toetsingskader. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de meest relevante wetgeving en de toetsingscriteria waaraan de voorgenomen ontwikkeling in het kader van externe veiligheid wordt getoetst.

De wetgeving voor externe veiligheid in relatie tot milieubelastende activiteiten is verankerd in de Omgevingswet, bijbehorende besluiten en regelingen. Dit geldt ook voor alle andere thema's in de leefomgeving. De omgevingswet richt zich tot alle partijen die daarin actief zijn: burgers, bedrijven en overheid. De belangrijkste regels voor externe veiligheid staan in het 'Besluit activiteiten leefomgeving' (Bal) [1], 'Besluit kwaliteit leefomgeving' (Bkl) [2], en Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) [3]. Een gemeente vertaalt deze regels naar het omgevingsplan. Dit geldt ook voor het beleid zoals dit is opgenomen in de gemeentelijk omgevingsvisie, de provinciale omgevingsverordening en andere relevante beleidsdocumenten. In het omgevingsplan kan een gemeente daarnaast nadere (maatwerk) regels stellen en bijvoorbeeld voor specifieke activiteiten die geen vergunningplicht kennen een vergunningplicht instellen. In het Bal zijn algemene door het rijk gestelde regels opgenomen voor milieubelastende activiteiten in fysieke leefomgeving. Het Bal stelt daarmee ook welke activiteiten milieubelastend zijn (zogenaamde aanwijzing) en welke daarvan vergunningplichtig zijn. In het Bkl zijn regels opgenomen voor het Rijk en decentrale overheden ten aanzien van omgevingswaarden, instructieregels, beoordelingsregels en regels voor monitoring. Het Bkl geeft daarmee aan hoe in een omgevingsplan rekening moet wordt gehouden met externe veiligheid van milieubelastende activiteiten. De regels in het Bal gelden 'rechtstreeks' voor milieubelastende activiteiten waarop de regels betrekking hebben. In het omgevingsplan kan een gemeente aangeven waar bepaalde functies en daarmee bepaalde activiteiten wel en niet zijn toegelaten en, eventueel, onder welke aanvullende voorwaarden.

De zeeleiding heeft te maken met een wettelijk kader onder de Mijnbouwwet en onder de Omgevingswet. De zeeleiding is een pijpleiding onder het Mijnbouwbesluit, omdat sprake is van een leiding die twee mijnbouwwerken met elkaar verbindt ten behoeve van het vervoer van stoffen, te rekenen vanaf de eerste isolatieafsluiter van het mijnbouwwerk. De desbetreffende mijnbouwwerken zijn het compressorstation en het distributieplatform. Op basis van artikel 94 en 95 van het Mijnbouwbesluit moet voor deze pijplelding een mijnbouwvergunningaanvraag worden ingediend. De zeeleiding is volgens het Bal aangewezen als milieubelastende activiteit binnen de categorie 'Buisleiding met gevaarlijke stoffen' (Bal, paragraaf §3.4.3) wat behoort tot de afdeling 'Nutssectoren en industrie'. Deze aanwijzing is gebaseerd op het transport van kooldioxide door deze buisleiding in combinatie met een uitwendige diameter van de leiding van meer dan 70 mm (Bal, Artikel 3.101, lid d). Voor een dergelijke milieubelastende activiteit dient volgens de Omgevingsregeling [4] een zogenaamde kwantitatieve risicoanalyse (QRA) te worden uitgevoerd om het risicoprofiel naar de omgeving te bepalen en te toetsen. In onderstaande paragrafen is het van toepassing zijnde wettelijk en beleidsmatig kader uitgewerkt.

Opmerking: Alleen het op land gelegen deel van de zeeleiding onderwerp is van deze QRA. Dit vindt zijn oorsprong in het Besluit Activiteiten Leefomgeving artikel 3.101 lid 3 onderdeel a. Daarin wordt gesteld

dat: lid (3) 'Onder de aanwijzing valt niet het exploiteren van een buisleiding:' (onderdeel a) 'in de Noordzee'.

3.2 Wat is een QRA?

Een QRA maakt de externe veiligheidsrisico's inzichtelijk. Bij het inzichtelijk maken van externe veiligheidsrisico's wordt een tweetal begrippen gehanteerd, het 'plaatsgebonden risico' en de 'aandachtsgebieden'.

- Het plaatsgebonden risico is de kans op het overlijden van een onbeschermd en continu aanwezig persoon buiten de begrenzing van de locatie waar een activiteit wordt verricht als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval veroorzaakt door die activiteit. (Artikel 5.6, Bkl). Bij risicoberekeningen in een QRA worden de risico's van de verschillende scenario's gesommeerd tot een totaal PR. Het PR is onafhankelijk is van de daadwerkelijke aanwezigheid van personen.
- Een aandachtsgebied omvat het gebied begrenst door de afstand waarbij mensen binnenshuis, zonder aanvullende maatregelen, onvoldoende beschermd kunnen zijn tegen de gevolgen van een ongewoon voorval met gevaarlijke stoffen. Onderscheid wordt gemaakt in een brandaandachtsgebied, explosieaandachtsgebied en gifwolkaandachtsgebied.

3.3 Regels voor het opstellen van een QRA

Voor het opstellen van een QRA, en daarmee het bepalen van het plaatsgebonden risico en de aandachtgebieden dient te worden aangesloten bij de rekenmethodiek zoals benoemd in de Omgevingsregeling [4], artikelen 4.10, 4.11 en 4.12. Volgens deze artikelen moet voor het exploiteren van de zeeleiding:

- Voor het berekenen van de afstand voor het plaatsgebonden risico gebruik worden gemaakt van module V van het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid en Safeti-NL.
- Voor het berekenen van de afstand voor een aandachtsgebied gebruik gemaakt worden van het stappenplan (RIVM), het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid en Safeti-NL

In het vervolg van dit rapport wordt gesproken over 'rekenvoorschriften/rekenmethodiek' waarmee bovenstaande wordt bedoeld; tenzij expliciet anders vermeld.

3.4 Landelijk toetsingskader

In het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) zijn in paragraaf 5.1.2.2 (betreffende 'veiligheid rond opslag, productie, gebruik en vervoer van gevaarlijke stoffen en windturbines') wettelijke grens- en standaardwaarden opgenomen voor het PR in relatie tot omliggende gebouwen en locaties, en is de begrenzing van de aandachtsgebieden gedefinieerd. Deze grens- en standaardwaarden en begrenzing moeten worden toegepast bij besluitvorming in het kader van de omgevingsvergunning (verlening) en van de inrichting van de fysieke leefomgeving.

Plaatsgebonden risico

Grenswaarde

De grenswaarde dient te worden beschouwd als een harde norm waaraan te allen tijde dient te worden voldaan.

- Van toepassing op (in de omgeving aanwezige) zeer kwetsbare gebouwen, kwetsbare gebouwen en kwetsbare locaties.
  Voor het risico veroorzaakt door activiteiten die behoren tot 'veiligheid rond opslag, productie,

gebruik en vervoer van gevaarlijke stoffen en windturbines', is een grenswaarde van toepassing gelijk aan de plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar (Bkl, Artikel 5.7).

- Van toepassing op de plaatsgebonden risicocontour van 10-6 per jaar van buisleidingen.
  De plaatsgebonden risicocontour 10-6 per jaar van een aan te leggen buisleiding of het vervangen van een bestaande buisleiding is gelegen op een afstand van niet meer dan 5 meter uit het hart van de leiding. Deze afstand is 4 m voor een buisleiding voor aardgas, met een druk van 1.600 tot en met 4.000 kPa. Deze afstanden omvatten het zogenaamde 'belemmeringsgebied' (Bal, Artikel 4.1113, lid 1) Het eerste lid is niet van toepassing als de overschrijding wordt veroorzaakt door een risico verhogend bouwwerk dat in een omgevingsplan wordt toegelaten in de directe omgeving van een buisleiding. (Bal, Artikel 4.1113, lid 2)

Standaardwaarde

De standaardwaarde is de nieuwe term voor de oude 'richtwaarde' en kan worden beschouwd als een 'zachtere' norm. Van deze standaardwaarde mag het bevoegd gezag slechts afwijken als 'gewichtige redenen' daartoe aanleiding geven. Die redenen moeten in de motivering van een besluit worden aangegeven. Er is bewust van afgezien om in het Bkl een nadere invulling van het begrip 'gewichtige reden' te geven. Afwijking van een standaardwaarde is primair een verantwoordelijkheid van het lokale bevoegd gezag.

- Van toepassing op (in de omgeving aanwezige) beperkt kwetsbare gebouwen en locaties. Voor het risico veroorzaakt door activiteiten die behoren tot 'veiligheid rond opslag, productie, gebruik en vervoer van gevaarlijke stoffen en windturbines', is een standaardwaarde van toepassing gelijk aan de plaatsgebonden risicocontour van 10-6 per jaar (Bkl Artikel 5.11, lid 1); uitgezonderd windturbines met een rotordiameter van meer dan 2 meter, daarvoor geld een standaard waarde van 10-5 per jaar (Bkl Artikel 5.11, lid 2).

De artikelen 5.7 en 5.11, eerste en tweede lid, zijn niet van toepassing op het plaatsgebonden risico van een activiteit voor beperkt kwetsbare en kwetsbare gebouwen en beperkt kwetsbare en kwetsbare locaties waar een activiteit als bedoeld in bijlage VII wordt verricht of die een functionele binding hebben met een activiteit als bedoeld in die bijlage. (Bkl Artikel 5.5).

Voor definities en indeling van zeer kwetsbare gebouwen, kwetsbare gebouwen en locaties, en beperkt kwetsbare gebouwen en locaties wordt verwezen naar bijlage VI van het Bkl.

Aandachtsgebieden

De begrenzing van de aandachtsgebieden is gedefinieerd als:

- Een brandaandachtsgebied is de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongeval dat leidt tot een plasbrand of een fakkelbrand, de warmtestraling ten hoogste 10 kW/m2 is (Bkl artikel 5.12, lid 1).
- Een explosieaandachtsgebied is de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongeval dat leidt tot:
  - een kokende vloeistof-gasexpansie-explosie (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion, BLEVE), de warmtestraling ten hoogste 35 kW/m2 is, en;
  - een explosie, anders dan onder a, de overdruk ten hoogste 10 kPa (0,1 bar) is (Bkl artikel 5.12, lid 2).
- Een gifwolkaandachtsgebied is de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongeval dat leidt tot een gifwolk, personen in een gebouw overlijden door blootstelling aan ten hoogste de bij ministeriële regeling bepaalde vastgestelde concentratie van een gevaarlijke stof

(Bkl artikel 5.12, lid 3). Het berekende gifwolkaandachtsgebied kan enkele kilometers groot zijn. Dit hangt samen met het soort en de hoeveelheden giftige stoffen die vrijkomen. Bij het besluit over een ruimtelijk ontwikkeling in de omgeving van een activiteit met gevaarlijke stoffen, is het gebied waar rekening moet worden gehouden met het groepsrisico als gevolg van een gifwolk beleidsmatig afgekapt op 1,5 kilometer (Bkl artikel 5.12, lid 4). Deze beleidsmatige afkapgrens geldt alléén voor ruimtelijke ontwikkelingen in de omgeving van een activiteit met gevaarlijke stoffen. De afkapgrens geldt dus niet voor het verlenen van de vergunning voor de activiteit met gevaarlijke stoffen zelf. Bij de beoordeling of voorschriften aan de omgevingsvergunning voor een activiteit met gevaarlijke stoffen moeten worden verbonden om de gevolgen voor de omgeving van een gifwolk te beperken, moet uitgegaan worden van het bepaalde of berekende gifwolkaandachtsgebied. Ook geldt de afkap niet bij het rekening houden met de veiligheidsrisico's van een brand, ramp, of crisis (Bkl artikel 5.2).

Groepsrisico

Volgens Artikel 5.15 van het Bkl moet binnen de aandachtsgebieden rekening worden gehouden met de kans op het overlijden van een groep van tien of meer personen per jaar als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval veroorzaakt door een activiteit. Hoe met het groepsrisico, en de aanvaardbaarheid daarvan, rekening is gehouden, moet geborgd zijn in het omgevingsplan. Bij de voor het groepsrisico te maken afwegingen moet rekening worden gehouden met personen aanwezig binnen en buiten gebouwen (beschouwd binnen het aandachtsgebied). De Omgevingswet kent in geen verplichting om het groepsrisico te kwantificeren. De Omgevingswet kent wel een opdracht tot nadenken, afwegen en verantwoorden van de risico's voor een groep. Het doel van die verantwoording is het voorkomen van maatschappelijke ontwrichting (Bkl, nota van toelichting, 17.3.5 Hoofdstuk 5: Omgevingsplannen). Gemeenten en provincies kunnen ervoor kiezen om het groepsrisico te kwantificeren om de hoogte van het groepsrisico te vergelijken met een zogenaamde oriëntatiewaarde. Dit ter ondersteuning van de onderbouwing van het al dan niet kunnen aanvaarden van het groepsrisico. Dit is lokale beleidsvrijheid. Bij deze benadering wordt het bepaalde groepsrisico weergegeven als zogenaamde fN-curve, waarbij de kans (f) wordt uitgezet tegen het mogelijke aantal doden (N); afhankelijk van de bevolkingsdichtheid in de omgeving van de activiteit.

3.5 Lokaal toetsingskader

Navolgend wordt de relevante omgevingsvisie en het relevante omgevingsplan besproken, daarna wordt het van toepassing zijnde risicogebied toegelicht (voorheen veiligheidscontour); dit risicogebied is in (de toelichting op) het omgevingsplan opgenomen.

Omgevingsplan (voorheen bestemmingsplan(nen))

Ten tijde van het schrijven van deze rapportage zijn de omgevingsplannen en beschikbare informatie via overheidswebsite nog in ontwikkeling. Om deze reden is besloten om nog gebruik te maken van de bestemmingsplannen ter beschrijving van de directe omgeving van de zeeleiding.

Bestemmingsplan Maasvlakte 1

Voor zowel de variant microtunnel als direct pipe bevindt de zeeleiding zich binnen het vigerende bestemmingsplan 'Maasvlakte 1' (onherroepelijk vastgesteld d.d.23 april 2015) [9]. Figuur 3-1 toont een verbeelding van dit bestemmingsplan . Onderstaand is op hoofdlijnen beschreven welke bestemmingen binnen dit plan zijn toegestaan, en is beschreven of en zo ja welke specifieke instructies voor aandachtsgebieden van toepassing zijn.

Plangebied

Het gebied in de directe omgeving is hoofdzakelijk bestemd voor industriële bedrijvigheid ten behoeve van raffinage en op- en overslag van koolwaterstoffen, en voor overslag van containers. Ten Noorden van de zeeleiding, aan de Maasmond, is ruimte bestemd voor windturbines.

Binnen het bestemmingsplan is een gebied aangewezen met de bestemming 'Leiding – Leidingstrook'; deze leidingstrook loopt parallel aan de Maasvlakte weg. De zeeleiding wordt waar mogelijk in deze leidingstrook geïnstalleerd. Alleen voor het leidingdeel van het compressorstation naar de leidingstrook toe en van de leidingstrook naar de kruising van de zeewering is de zeeleiding buiten de leidingstrook gelegen. Alvorens werkzaamheden in de voor de leidingstrook bestemde gronden wordt vergund, neemt bevoegd gezag contact op met de beheerder(s) van de leiding(en) om eventueel nadere voorwaarden vast te stellen ten aanzien van de uitvoering van de werkzaamheden; dit ter bescherming van de aanwezige buisleiding(en).

In het bestemmingsplan is een maximum gesteld aan de afmetingen van windturbines die binnen het plangebied mogen worden ontwikkeld. De in deze QRA beschouwde windturbines hebben die maximaal toegestane afmeting. Het eventuele risico's van de windturbine naar de zeeleiding, uitgewerkt in hoofdstuk 6 en bijlage 1, is daarom representatief voor de maximale omgevingsplancapaciteit.

Aandachtgebieden en groepsrisico

Binnen de aandachtsgebieden kunnen zich ongewone voorvallen met gevaarlijke stoffen voordoen, waarbij afhankelijk van de bevolkingsdichtheid in het gebied meer of minder slachtoffers kunnen vallen. Daarnaast kan schade optreden aan gebouwen, locaties en het milieu.

Naar Verwachting wordt voor (concrete) invulling van toetsing van het groepsrisico aangesloten bij het beleid voor groepsrisicoverantwoording zoals vastgesteld door de gedeputeerde staten van Zuid-Holland [11]. In essentie wordt onderstaande werkwijze voorgeschreven (voor de formele (rechtsgeldige) tekst en toepassing wordt verwezen naar het beleidsdocument).

Een kwalitatieve beoordeling van het groepsrisico volstaat indien (artikel 4):
a. het gebied dat begrensd wordt door de afstand tot 1% letaliteit van de milieubelastende activiteit, geheel binnen het risicogebied ligt; of
b. er sprake is van een beperkte of lage personendichtheid binnen het gebied dat begrensd wordt door de afstand tot 1% letaliteit van de milieubelastende activiteit (5 personen per hectare of minder).

Ingeval van een kwantitatieve beoordeling zijn opeenvolgende stappen mogelijk.

1. Volledige inventarisatie van populatie binnen aandachtsgebied (artikel 4)
   Indien de groepsrisicoberekening wijst op een verhoogd groepsrisico of een verdere toename van het groepsrisico in de autonome situatie waarin een verhoogd groepsrisico al bestaat, beoordelen gedeputeerde staten het groepsrisico door middel van een tweede groepsrisicoberekening

2. Herbeoordeling van het groepsrisico: uitsluiten van werknemers binnen het aandachtsgebied (artikel 6)
   Indien de groepsrisicoberekening, bedoeld in artikel 6, eerste lid, wijst op een verhoogd groepsrisico of een verdere toename van het groepsrisico in de autonome situatie waarin een verhoogd groepsrisico al bestaat, beoordelen gedeputeerde staten het groepsrisico door middel van een derde groepsrisicoberekening

3. Beoordeling aanvaardbaarheid bij een verhoogd groepsrisico
Wanneer uit de nadere beoordeling van het groepsrisico blijkt dat het berekende groepsrisico nog steeds de oriëntatiewaarde overschrijdt, of als het groepsrisico verder is toegenomen ten opzichte van de autonome situatie waarin een verhoogd groepsrisico al bestaat, bepalen gedeputeerde staten de aanvaardbaarheid van de ontwikkeling in relatie tot de risico's.

Voor buisleidingen is criterium voor toetsing van groepsrisico genaamd 'de oriëntatiewaarde', gedefinieerd als een dalende lijn beginnend bij een kans van één op honderdduizend dat 10 personen komen te overlijden, waarbij voor elke vertienvoudiging van het aantal doden de frequentie met een factor honderd gereduceerd wordt (10 doden bij 10^{-4} per jaar, 100 doden bij 10^{-6} per jaar, 1000 doden bij 10^{-8} per jaar, etc).

Bestemmingsplan Maasvlakte 2
Voor de variant direct pipe bevindt de zeeleiding zich ook binnen het vigerende bestemmingsplan 'Maasvlakte 2' (onherroepelijk vastgesteld d.d. 6 september 2018) [9]. Figuur 3-2 toont een verbeelding van dit bestemmingsplan. Onderstaand is op hoofdlijnen beschreven welke bestemmingen binnen dit plan zijn toegestaan, en is beschreven of en zo ja welke specifieke instructies voor aandachtsgebieden van toepassing zijn.

Plangebied
Het gebied in de directe omgeving is hoofdzakelijk bestemd voor industriële bedrijvigheid ten behoeve van raffinage en op- en overslag van koolwaterstoffen, en voor overslag van containers. Ten Noorden van de zeeleiding, aan de Maasmond, is ruimte bestemd voor windturbines.

Binnen het bestemmingsplan is een gebied aangewezen met de bestemming 'Leiding – Leidingstrook'; deze leidingstrook loopt parallel aan de Maasvlakte weg. De zeeleiding wordt waar mogelijk in deze leidingstrook geïnstalleerd. Alleen voor het leidingdeel van het compressorstation naar de leidingstrook toe en van de leidingstrook naar de kruising van de zeewering is de zeeleiding buiten de leidingstrook gelegen. Alvorens werkzaamheden in de voor de leidingstrook bestemde gronden wordt vergund, neemt bevoegd gezag contact op met de beheerder(s) van de leiding(en) om eventueel nadere voorwaarden vast te stellen ten aanzien van de uitvoering van de werkzaamheden; dit ter bescherming van de aanwezige buisleiding(en).

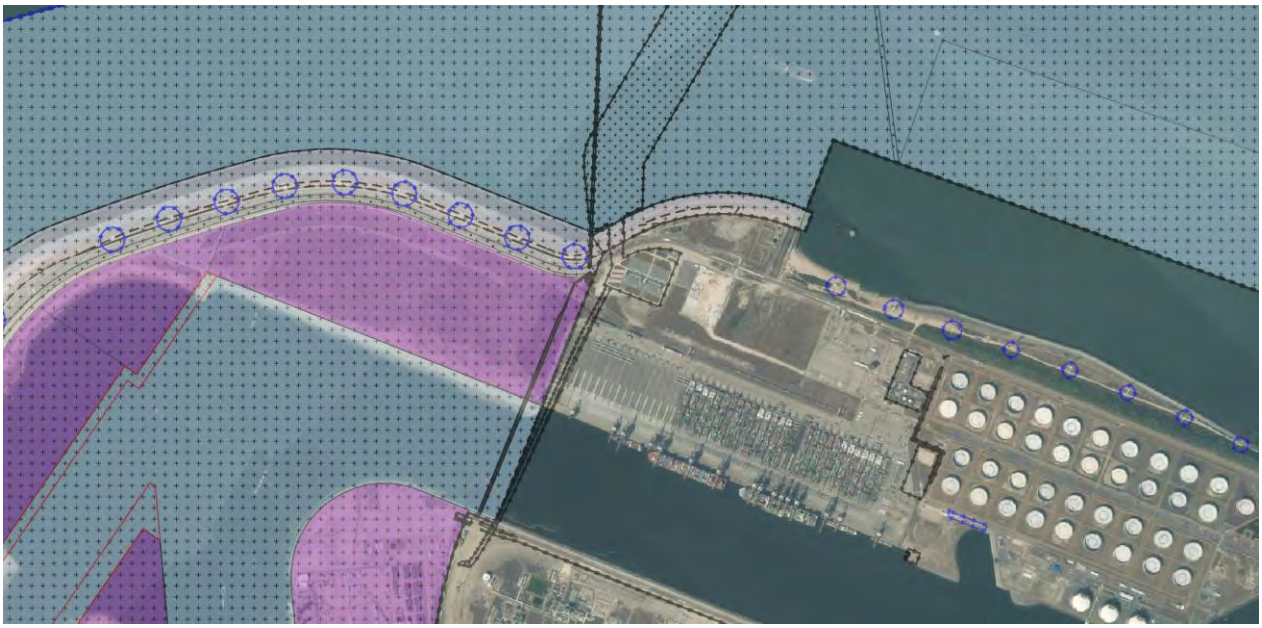
In het bestemmingsplan is een maximum gesteld aan de afmetingen van windturbines die binnen het plangebied mogen worden ontwikkeld. De in deze QRA beschouwde windturbines hebben die maximaal toegestane afmeting. Het eventuele risico's van de windturbine naar de zeeleiding, uitgewerkt in hoofdstuk 6 en bijlage 1, is daarom representatief voor de maximale omgevingsplancapaciteit.

Aandachtgebieden en groepsrisico
Idem aan eerdere beschrijving bij Maasvlakte 1

Risicogebied Maasvlakte 1 en 2 (voorheen Veiligheidscontour)
Het tracé ligt binnen het risicogebied ‘Maasvlakte 1 en 2’. Dit risicogebied heeft echter geen betrekking op de risico’s veroorzaakt door buisleidingen omdat deze alleen kaders stelt ten aanzien van inrichtingen.



Figuur 3-1: Verbeelding deel omgevingsplan Maasvlakte 1



Figuur 3-2: Verbeelding deel omgevingsplan Maasvlakte 2

4 Doorzetgegevens

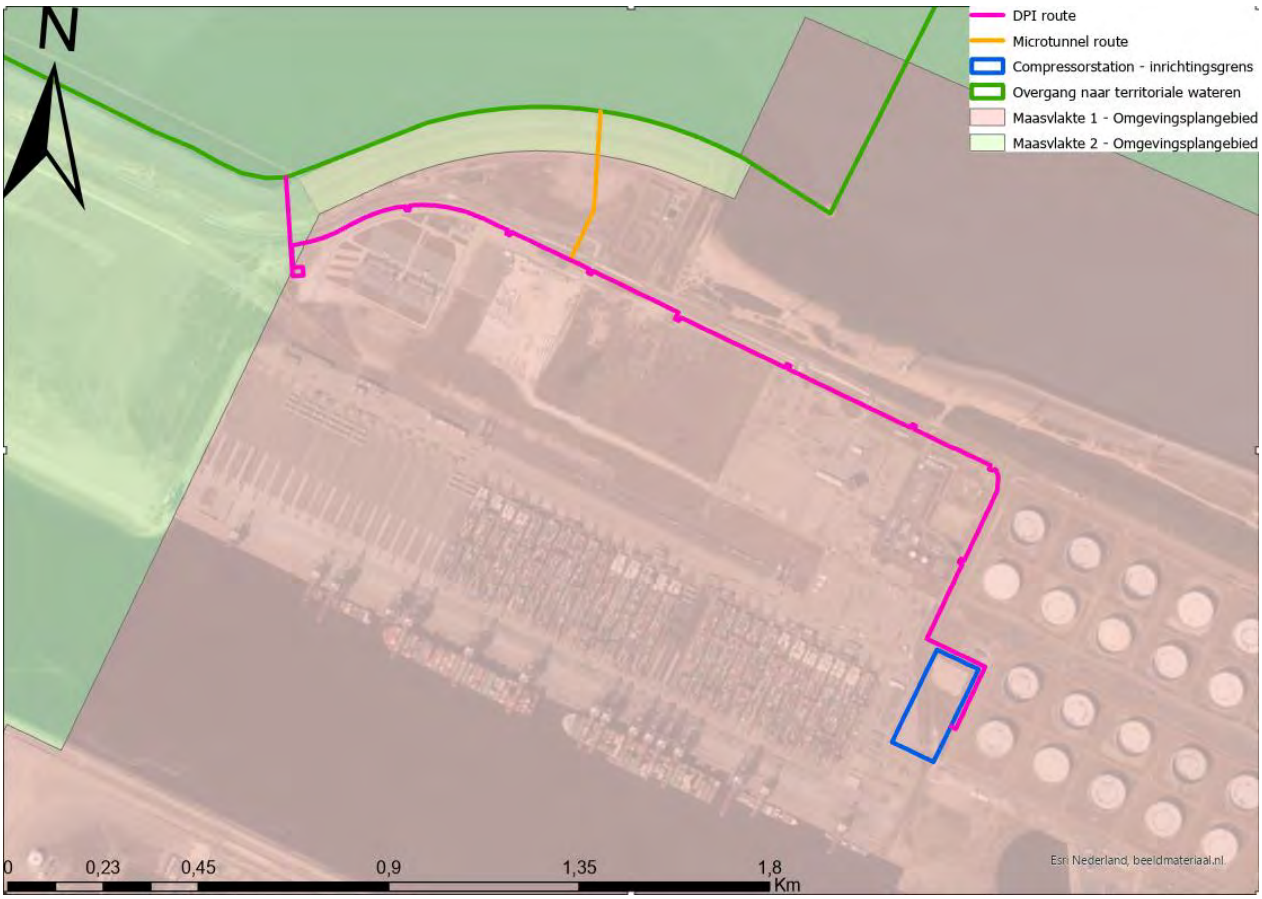
Onderstaande tabel toont de doorzetgegevens in de voorgenomen bedrijfssituaties. Onderwerp van deze QRA is de ‘eindsituatie’ waarin in totaal 22 Mton/jaar door de Aramis exportleiding naar de offshore gasvelden wordt getransporteerd. De doorzet wordt gevormd door een deel afkomstig van het compressorstation en een andere deel afkomstig van de CO2next terminal.

Tabel 4-1: Doorzetgegevens

Aanlevering	**Startsituatie (Mton CO_2 per jaar)**			**Cumulatief eerste uitbreidingssituatie (Mton CO_2 per jaar)**			**Eindsituatie (Mton CO_2 per jaar)**		
	Aramis	Niet-Aramis	Totaal	Aramis	Niet-Aramis	Totaal	Aramis	Niet Aramis	Totaal
Terminal	3,4	2	5,4	6	4	10	12	0	12
Compressorstation	2	2	4	8	2	10	10	0	10
Totaal	5,4	4	9,4	14	6	20	22	0	22

5 Systeembeschrijving zeeleiding

De systeemgrenzen zijn de inrichtingsgrens van het compressorstation (exportleiding afsluitklep) en de overgang naar territoriale wateren. Het deel van de zeeleiding dat daarmee onderwerp is van deze QRA is weergegeven in Figuur 5-1; zowel voor het microtunnel trac\e als het direct pipe tracé. Bovenstrooms de kruising met de zeewering is een zogenaamd 'beach valve station' aanwezig. Hierin bevindt zich onder andere een op afstand bedienbare klep die dicht gestuurd kan worden om de landleiding en de zeeleiding van elkaar te kunnen isoleren. Voor deze QRA is aangenomen dat zowel de afsluiter in de exportleiding van het compressorstation en de beach valve beide de functionaliteit van (automatische) noodafsluiter hebben (ESD-functionaliteit). Bij de voorgenomen activiteit kruist de Aramis leiding in de leidingstrook onder de Porthos leiding. De gronddekking over het gehele tracé is tenminste 1 meter voor beide varianten. In Tabel 5-1 zijn relevante leidingspecificaties gegeven. De doorzet wordt gevormd door een deel afkomstig van het compressorstation en een andere deel afkomstig van de CO2next terminal. Deze laatste stroom bestaat uit vloeibaar kooldioxide dat naar het compressorstation wordt gepompt, daar verwarmd wordt met restwarmte van de compressoren en vervolgens benedenstrooms de compressoren gecombineerd wordt.



Figuur 5-1: Route van zeeleiding varianten en omgevingsplangebieden.
Opmerking: Beide zeeleiding varianten hebben hun oorsprong bij het compressorstation; in de figuur is de Microtunnel variant gedeeltelijk onder de direct pipe *variant gelegen.*

Tabel 5-1: Specificaties zeeleiding

Parameter [a]	Van toepassing op tracé	Waarde	Eenheid
Ontwerpdruk	Alle	200	bar
Operationele druk	Alle	190	bar
Ontwerp temperatuur	Alle	-25 / + 70	degC
Operationele temperatuur *(max temp toevoer vanuit compressor)* [b]	Alle	0 / +65	degC
Toevoer vanuit het compressorstation[e]	Alle	22	Mton/jaar
Lengte buisleiding *(ordegrootte)* [d]	Direct pipe	3091	meter
	Microtunnel 1A	2363	
Uitwendige diameter [c]	Alle	831,6	mm
Inwendige diameter [c]	Alle	755,6	mm
Wanddikte [c]	Alle	35,6 (Minimaal)	mm
Staalklasse	Alle	Carbon steel X65 (non-sour)	-
Corrosion allowance	Alle	3	mm
Ruwheidslengte buisleiding	Alle	45	µm
Gronddekking [c]	Direct pipe tracé	• In leidingstraat in lengterichting 1 meter • In leidingstraat niet in lengterichting 2,7 meter (expansielussen en in- en uittrede punten) • Van leidingstraat tot entry pit 1,5 meter • Binnenkomst entry *pit direct pipe boring* 3,5 meter *(Opmerking: De overgang van 1,5 meter naar 3,5 vindt (ergens) plaats in het leidingdeel dat de leidingstraat verbindt met de entry pit, exacte ontwerp is onbekend)*. • Vanaf entry pit naar zee meer dan 3,5 meter	
	Microtunnel tracé	• In leidingstraat in lengterichting 1 meter • In leidingstraat niet in lengterichting 2,7 meter (expansielussen en in- en uittrede punten) • Van leidingstraat tot entry pit microtunnel 1,5 meter • Vanaf entry pit microtunnel naar zee meer dan 3,5 meter	

a) De gegevens uit de 'Basis of Design' [20]
b) De temperatuur van de kooldioxide in de zeeleiding wordt lager met de afstand tot het compressor station. De laagst verwachte temperatuur is die van het zeewater op de zeebodem en is ca. 4 graden Celsius.
c) De gegevens uit de 'Basis of Design' [20]
d) Betreft ordegrootte op basis van bepaling lengte in Safeti-NL
e) Dit is de maximale doorzet voor dit ontwerp en is de doorzet in de laatste fase van het project. In eerdere fasen waarbij de toelevering nog niet maximaal is, is de doorzet lager.

6 Uitgangspunten risicomodellering

Onderstaand ligt de belangrijkste algemene parameters toe zoals gehanteerd voor de analyse.

6.1 Risicomodel

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenpakket Safeti-NL [6]. Gebruik van dit rekenpakket is wettelijk verplicht voor het berekenen van de externe veiligheidsrisico's van buisleidingen die geen aardgas transporteren, voorgaand is vastgelegd in de Omgevingsregeling [4]. Aan de hand van invoergegevens waaronder de hoeveelheid gevaarlijke stof, de procescondities en ontwerpspecificaties, berekent Safeti-NL de externe veiligheidsrisico's.

6.2 Stofgegevens

In onderstaande tabel zijn de stoffen weergegeven die gemodelleerd dienen te worden en de geselecteerde representatieve modelstoffen.

Tabel 6-1: Aanwezige stoffen en representatieve modelstoffen

Stof	Ontvlambaar en of toxisch?	Modelstof in Safeti-NL	Opmerking
Kooldioxide	Giftig	CARBON DIOXIDE (HSE_RR749 PROBITS)	Standaard in Safeti-NL opgenomen.

6.3 Ontsteking

De enige stof die voor de modellering beschouwd wordt is kooldioxide. Deze stof is giftig en niet ontbrandbaar; ontsteking en daaraan verwant ontstekingsbronnen zijn niet relevant voor deze QRA.

6.4 Interne domino-effecten

De zeeleiding omvat één installatie onderdeel, namelijk de zeeleiding zelf, waardoor er geen sprake is van interne domino effecten naar andere installatie onderdelen.

6.5 Externe domino-effecten

Windturbines

In de directe omgeving van de voorgenomen buisleiding zijn meerdere windturbines aanwezig. Het gaat om windturbines op de zogenaamde 'Zuidwal' binnen het omgevingsplan 'Maasvlakte 1' en windturbines op de zogenaamde 'Harde zeewering' binnen het omgevingsplan 'Maasvlakte 2'. De routering van de zeeleiding is door de invloedsgebieden van deze windturbines heen. Domino-effecten naar de zeeleiding als gevolg van faalscenario's van de winturbines (met overlappend invloedsgebied) zijn dan ook onderzocht. In bijlage 1 is beschreven hoe deze invloed is verwerkt in de bepaling van het risicoprofiel van de zeeleiding. De conclusie van deze analyse is dat voor bepaalde leiding segmenten een additionele faalkans is opgenomen.

Naast gelegen leidingen

De leidingen in de leidingstraat zijn vanwege eisen van het Leidingbureau relatief dicht bij elkaar gelegen. Een escalatie scenario ingeval van falen van een naastgelegen leiding naar de Aramis zeeleiding kan dan ook niet worden uitgesloten. Het Aramis ontwerp zal voldoen aan alle voorschriften zoals gesteld door het Leidingbureau om dit risico te minimaliseren; bijvoorbeeld doordat het ontwerp van de zeeleiding voldoet

aan de HBOR richtlijnen die een verhoogde veiligheidsfactor voor de wanddikte en contrle maatregelen voorschrijven.

6.6 Gronddekking

Voor de modellering is uitgegaan van een gronddekking met zandgrond (het betreft de ophooglaag op de Maasvlakte).

Direct pipe route:

- Het leidingdeel in de leidingstraat (inclusief expansielussen) heeft een gronddekking van 1 meter
- Het leidingdeel van de leidingstraat tot aan de entry pit heeft een gronddekking van 1,5 meter
- Het leidingdeel vanaf de entrypit naar overgang met territoriale wateren heeft een gronddekking van 3,5 meter of meer

  Volgens het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Buisleiding mag met een maximale gronddekking van 2 meter rekening worden gehouden voor het bepalen van de frequentie van falen van de leiding.

  Voor het bepalen van gevolgen van (eventuele) dominoscenario's van de windturbines naar de zeeleiding is wel met 3,5 meter gronddekking rekening gehouden.

Microtunnel route

- Het leidingdeel in de leidingstraat (inclusief expansielussen) heeft een gronddekking van 1 meter
- Het leidingdeel van de leidingstraat tot aan de entry pit heeft een gronddekking van 1 meter
- Het leidingdeel vanaf de entrypit naar overgang met territoriale wateren heeft een gronddekking van 2 meter

6.7 Bepaling faalscenario's en faalfrequentie

Voor het bepalen van de faalscenario's is aangesloten bij het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid voor buisleidingen [7]. Een volledige uitwerking van de parameters ingevoerd voor de faalscenario's is opgenomen in bijlage 5. Onderstaand worden de typen faalscenario's en de bepaling van de faalfrequenties kort toegelicht.

6.7.1 Faalscenario's

Volgens de rekenmethodiek [7] moeten voor ondergrondse transportleidingen de scenario's breuk van de leiding en leidinglekkage worden gemodelleerd. Over de gehele lengte van de leiding worden om het interval van 1 meter (voor deze QRA aangehouden) beide scenario's gemodelleerd. Voor het modelleren van uitstroming bij deze scenario's wordt het krater model zoals opgenomen in Safeti-NL toegepast. Het is niet verplicht om dit krater model toe te passen, maar het geeft het meest accurate inzicht in de risico's bij uitstroming.

6.7.2 Faalfrequentie

Toepassen van de faalfrequenties voor buisleidingen met chemicaliën, zoals gedefinieerd in tabel 12.3 in het rekenvoorschrift [7], resulteert in een onacceptabel risicoprofiel; de PR = 10^{-6} per jaar is gelegen op een afstand vanaf meer dan vijf meter uit het hart van de buisleiding *(tussenberekening die niet in dit rapport is* opgenomen). Op basis van een iteratief proces is onderzocht welke maatregelen nodig zijn om te zorgen dat de plaatsgebonden risico contour PR = 10-6 per jaar gelegen is binnen 5 meter vanuit het

hart van de buisleiding. In Tabel 6-2 zijn de maatregelen opgenomen zoals toegepast op het ontwerp van de buisleiding en daarmee als risico reducerende factor verwerkt in de faalfrequentie zoals toegepast in de modellering. Op basis van de iteratiestappen zijn drie sets aan maatregelen gedefinieerd: 1. Basis maatregelen, 2. Aanvullende maatregelen en 3. Extra benodigde maatregelen. De extra maatregelen zijn enkel nodig voor het direct pipe tracé. De basis maatregelen zijn vastgesteld in het 'Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Buisleidingen' [7] en mogen bij voldoen aan de daarin gestelde randvoorwaarden worden toegepast. De aanvullende maatregelen, benoemd in het 'Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Toelichting' [8], mogen alleen worden toegepast na toestemming van bevoegd gezag en met voldoen aan de in [8] gestelde randvoorwaarden. In paragraaf 6.7.3 is separaat de verantwoording voor toepassing van deze maatregelen uitgewerkt. Voor de extra benodigde maatregelen is in de tabel een zelf toelichting opgenomen. In bijlage 3 is een gedetailleerde uitwerking opgenomen van de behaalde risicoreductie door toepassing van de maatregelen.

Tabel 6-2: Faaloorzaak verdeling voor buisleidingen met chemicaliën

Faaloorzaak	Toegepaste risico reducerende maatregelen
Basis toegepaste risico reducerende maatregelen	
Beschadiging door derden	Gronddekking Leiding voldoet aan stand der techniek Actief rappel Waarschuwingslint Beperkte restricties Strikte begeleiding werkzaamheden Wanddikte
Mechanisch	Leiding voldoet aan stand der techniek
Inwendige corrosie	
Uitwendige corrosie	
Natuurlijke oorzaken	
Operationeel/overig	
Aanvullende toegepaste risico reducerende maatregelen	
Mechanisch	Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie.
Inwendige corrosie	
Uitwendige corrosie	
Natuurlijke oorzaken	Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen kunnen door middel van een evaluatie redelijkerwijs vergaand worden uitgesloten.
Operationeel/overig	Toegepaste SIL = Berekende SIL +2

Faaloorzaak	Toegepaste risico reducerende maatregelen
Extra benodigde risico reducerende maatregelen voor direct pipe tracé	
Natuurlijke oorzaken	Natuurlijke oorzaken kunnen worden uitgesloten *Benoemd in het 'Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Buisleidingen' [8], mag alleen worden toegepast na toestemming van bevoegd gezag.*
Windturbine – leidingdeel tussen leidingstrook en overgang naar direct pipe boring (einde entry-pit)	Gronddekking minimaal 1,5 meter over het deel van het tracé tussen de leidingstrook en de entry pit, waardoor de schokgolf veroorzaakt door de van relevante turbine onderdelen niet tot beschadiging van de leiding leidt. *Voor het risico geïntroduceerd door windturbines zijn geen risico reducerende voorzieningen beschreven in het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Buisleidingen. De benodigde gronddekking is bepaald op basis van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Windturbines [16].*
Windturbine – Laatste stuk van het leidingdeel in de leidingstrook; lengte ca. 60 meter (voordat deze de leidingstrook verlaat richting entry-pit).	Dit zal gemitigeerd moeten worden door extra gronddekking of bescherming (e.g. betonplaten), mogelijkheden overleggen met Leidingenbureau Rotterdam

6.7.3 Verantwoording aanvullende maatregelen

Maatregel: Inline inspection
Om te verifiëren of de maatregelen voor de integriteit van de leiding effectief zijn zal periodiek een in-line inspectie worden uitgevoerd. Deze inspectie wordt uitgevoerd door een intelligent pig (sonde) door de buis te leiden om de wanddikte en mogelijke defecten (als gevolg van corrosie of mechanische schade) te meten. De inspectie zal worden uitgevoerd in overeenstemming met de randvoorwaarden 'In-line inspectie (ILI)' als omschreven in de Handleiding Risicoberekeningen Toelichting [8] en op basis van gangbare standaarden in de industrie, zoals de POF100 "specifications and requirements for in-line inspection of pipelines" door de Pipeline Operators Forum. Meerdere technologieën zijn beschikbaar om koolstofstalen leidingen in CO2 service te inspecteren. Het Aramis project is een programma gestart om de optimale ILI technologie te selecteren voor de transportleiding, met als minimale specificatie de eerdergenoemde eisen per Handleiding Risicoberekeningen.

Indien defecten worden geïdentificeerd zullen deze worden beoordeeld in een risicoanalyse met een 'fit-for-purpose' (bedrijfsgeschiktheids) demonstratie per NEN3650. Indien nodig zal het defect worden gerepareerd.

De eerste ILI zal binnen enkele jaren na opstarten worden uitgevoerd als baseline. Voor het bepalen van de inspectie interval zal een RBI-aanpak (Risk Based Inspection) toegepast worden waarbij monitorings informatie gebruikt wordt om mogelijke faaloorzaken te analyseren en gekoppeld aan de consequenties een inspectieregime wordt bepaald. Monitorings informatie bevat onder andere de historische druk, temperatuur en doorzet in de buisleiding, alsmede kwaliteitsmetingen aan het medium, controle metingen op het kathodische bescherming systeem en visuele/sonar inspectie resultaten m.b.t. de ligging van de leiding. Ook de resultaten van in-line inspecties worden meegenomen in het RBI proces. De maximale ILI interval bedraagt 10 jaar.

Maatregel: Evaluatie stabiliteit ondergrond
Ter onderbouwing van de toepassing van de reductie factor voor natuurlijke oorzaken is de stabiliteit van de ondergrond van de zeeleiding onderzocht ; zie bijlage 7. Specifiek is onderzocht of dermate grote verschilzettingen in de ondergrond kunnen optreden die tot gevolg hebben dat te hoge mechanische

spanningen in de leiding optreden met falen van de leiding als gevolg. In het gerefereerde memo wordt onderstaande conclusie getrokken:

“Op basis van de aangetroffen zandige grondslag zijn er geen zettingen ten gevolge van de aanleg van de Maasvlakte of eerdere werkzaamheden langs het tracé, niet direct gerelateerd aan de aanleg van deze leiding meer te verwachten. Enige zetting vanuit lagen onder het zandpakket (achtergrondzetting) is niet uit te sluiten maar zal naar verwachting relatief gering zijn en optreden in het hele gebied en dus niet tot significante verschilzetting over de leiding leiden. Hierbij komt dat de leiding als geheel genomen onder het volumieke gewicht van los gepakt zand uitkomt. De belasting onder de leiding is dus hoger voordat de leiding aangebracht is. Wanneer de leiding zorgvuldig aangebracht wordt, met verdichting van de werkvloer (0.3 m direct onder de leiding) ter voorkoming van zakking direct na aanleg is het aannemelijk dat geen significante zetting zal optreden.

Hiermee zijn dus zowel ontoelaatbare zettingen/spanningen en natuurlijke oorzaken redelijkerwijs vergaand uitgesloten en kan reductiefactor 10 worden toegepast.’

Maatregel: SIL + 2
Een overdrukbeveiligingssysteem wordt geïmplementeerd waarbij de toegepaste SIL (Safety Integrity Level) twee niveaus hoger is dan de berekende SIL-waarde. Het landdeel van de leiding zal worden getest (hydrotest) op een druk boven de 260 barg. De maximale druk die vanuit zowel het compressorstation als de terminal geleverd kan worden zal lager liggen. Daarmee is breuk als gevolg van overdruk geen realistisch scenario. Zowel op het compressorstation als op de terminal zal minimaal een SIL-2 overdruk beveiliging geïnstalleerd worden die in werking treedt op de ontwerpdruk van 200 barg.

6.8 Ruwheidslengte

De fysieke eigenschappen van de omgeving spelen een rol bij de verspreiding van een toxische wolk, hierbij is het type bebouwing (hoog- of laagbouw) of natuur in de omgeving van de zeeleiding van belang. Deze fysieke eigenschappen komen tot uiting in de zogenaamde ‘ruwheidslengte’. De ruwheidslengte is berekend met behulp van ‘ruwheidskaart’ zoals beschikbaar gesteld door het RIVM [12]. De ruwheidskaart geeft per vierkante kilometer een ‘gemiddelde’ ruwheidslengte. Omdat het leidingtracé gelegen is binnen een gebied dat groter is dan één vierkante kilometer, kan de ruwheidslengte variëren langs het tracé. Volgens de ruwheidskaart is de kortste ruwheidslengte 10 mm op basis van de het vlakke openterrein (en open water). Op een kleine deel van het tracé, bij de oorsprong van de zeeleiding, is ordegrootte 300 mm vanwege de naastgelegen tanks op de MOT terminal. Een gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd voor onderstaande drie ruwheidslengte, deze is opgenomen in bijlage 2. De resultaten van de gevoeligheidsanalyse laten zien dat de ligging van de PR 10^{-6}/jaar risicocontouren voor de verschillende ruwheidslengten niet heel sterk verschilt. Besloten is om te modelleren met een ruwheidslengte van 100 mm.

6.9 Weerscondities

Bij het berekenen van het PR, de aandachtsgebieden en GR is gebruik gemaakt van de meteogegevens van het weerstation Hoek van Holland, zoals deze in Safeti-NL zijn opgenomen. Dit is het dichtstbijzijnde representatieve weerstation.

6.10 Populatie in de omgeving

Zoals beschreven in 3.4, moet binnen het aandachtsgebied het groepsrisico verantwoord worden; dit is dan ook het gebied wat het kader geeft voor ‘de populatie in de omgeving’. Gezien door de zeeleiding enkel kooldioxide getransporteerd wordt, betreft het voor deze installatie alleen het zogenaamde

‘gifwolkaandachtsgebied’. De gifwolkaandachtsgebieden van de Directe pipe variant en Microtunnel variant zijn weergegeven in Figuur 7-2 respectievelijk Figuur 8-2. De populatiegegevens in de gebouwen (kantoorpersoneel) binnen het aandachtsgebied zijn ontleend uit de BAG[2] populatieservice [14] (bagselectiebasis 202401). De populatie is op pandniveau opgevraagd. Ook is voor nog niet ontwikkelde gebieden een schatting gemaakt van mogelijk toekomstige populatie op basis van de toegestane bedrijvigheid (zogenaamde ‘Enkelbestemming’) in combinatie met kentallen volgens het document ‘PGS Deel 6 – Aanwezigheidsgegevens’ [17]. Daarbij is uitgegaan van de categorie ‘industrie’ waarvoor een kental van 40 personen per hectare is gegeven. Aanvullend is de populatie in het gebouw dat geïdentificeerd wordt als ‘Euromax MR’ toegevoegd aan de populatie; dit zat niet in het BAG bestand. De populatie in dit gebouw is gebaseerd op het oppervlak in combinatie met kentallen volgens het document ‘Kentallen Populatieservice en Dataservice Kwetsbare gebouwen en locaties (KGL)’ [18]. In Figuur 6-1 zijn de in het rekenmodel toegepaste populatievlakken weergegeven.



Figuur 6-1:Toegepaste populatievlakken

In onderstaande tabel zijn vakken met meer dan 10 personen gespecificeerd.

[2] *De Basisregistraties Adressen en Gebouwen (BAG) zijn onderdeel van het overheidsstelsel van basisregistraties. Gemeenten zijn bronhouders van de BAG. Zij zijn verantwoordelijk voor het opnemen van de gegevens in de BAG en voor de kwaliteit ervan. Alle gemeenten stellen gegevens over adressen en gebouwen centraal beschikbaar via de Landelijke Voorziening BAG (LV BAG). Het Kadaster beheert de LV BAG en stelt de gegevens beschikbaar.*

Tabel 6-3: Specificatie populatievlakken

Populatie vlak identificatie	Oppervlak [ha]	Enkelbestemming / functie	Dag – Kental dichtheid [personen/ha]	Nacht – Kental dichtheid [personen/ha]	Aantallen personen [-]	
					Dag	Nacht
Populatie vlak 1[A)]	95,5	Bedrijf – 1	5	1	478	96
Populatie vlak 2[A)]	7,2	Bedrijf-1 / Bedrijf – containers	5	1	36	7
Populatie vlak 3[A)]	24,7	Bedrijf – 2	40	8	989	198
Populatie vlak 4[A)]	17,5	Bedrijf – 3	40	8	702	140
Euromax kantoorgebouw[B)]	-	-	-	-	64	0
Euromax MR gebouw – kantoor deel[C)]	Ca 0,1 (= 1000 m2) 2 verdiepingen elk 0,05 ha	Hoofdcategorie: kantoorfunctie, aanvullende indeling kantoorfunctie klein (<5000m2)	1 persoon per 30 m2 (= 333 personen per ha)	Aangenomen geen personen aanwezig	34[A]	0
Euromax MR gebouw – logistieke hal [C)]	Ca 0,25 (= 2500 m2)	Hoofdcategorie: industriefunctie, aanvullende indeling: distributiecentra / logistieke centra	1 persoon per 250 m2 (= 40 personen per ha)	1 persoon per 250 m2 (= 40 personen per ha)	10	10

A) Kentallen volgens PGS Deel 6 – Aanwezigheidsgegevens [17]
B) Aantal personen volgens BAG populatieservice [14]
C) Vloeroppervlak bepaald met behulp van 'Street Smart' van Cyclomedia [19]. Kentallen volgens het document 'Kentallen Populatieservice en Dataservice Kwetsbare gebouwen en locaties (KGL)' [18]
D) Enkelbestemming volgens website ruimtelijkeplannen.nl [9]

7 Resultaten kruising zeewering door direct pipe

Dit hoofdstuk geeft het risicoprofiel zoals bepaald voor de variant waarbij de buisleidingvariant via een direct pipe de zeewering kruist.

7.1 Plaatsgebonden risico

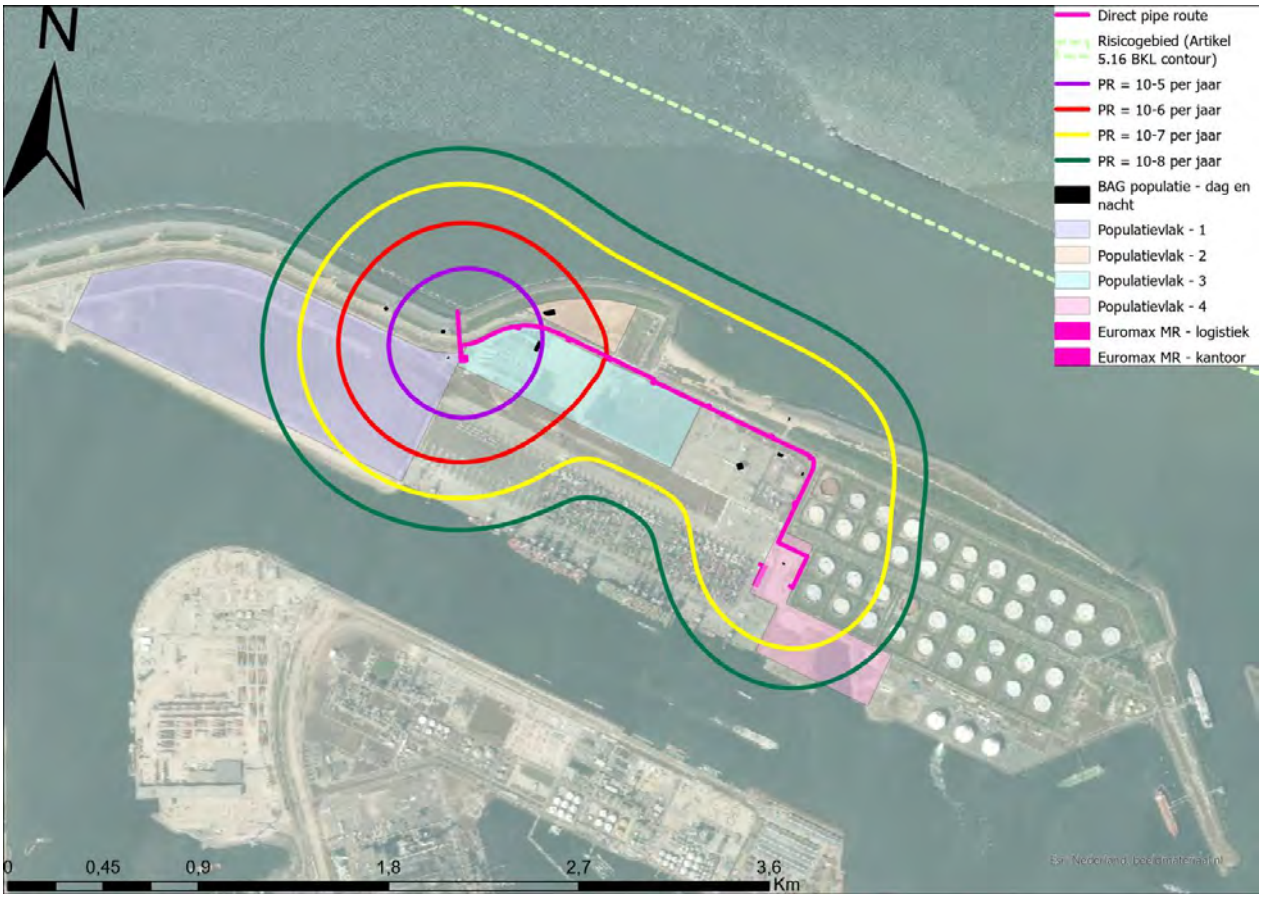
In Figuur 7-1 zijn de PR-contouren weergegeven voor de zeeleiding; een combinatie van het autonome risicoprofiel van de zeeleiding en het (additionele) risicoprofiel geïntroduceerd door de windturbine (domino-effect). Deze contouren zijn gebaseerd op de scenario's en frequenties zoals op genomen in de rekenmethodiek [7], voor een 'Chemicaliënleiding die voldoet aan de stand der techniek' met de frequentie gecorrigeerd voor de diepte ligging en met additionele risicoreductie voorzieningen zoals beschreven in paragaaf 6.7. Zoals in de betreffende paragraaf aangegeven moet bevoegd gezag goedkeuring geven op een deel van de toegepaste risicoreductie factoren; deze zijn:

Faaloorzaak	Risico reducerende maatregel
Mechanisch	Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie.
Inwendige corrosie	
Uitwendige corrosie	
Natuurlijke oorzaken	Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen kunnen door middel van een evaluatie redelijkerwijs vergaand worden uitgesloten.
Operationeel/overig	Toegepaste SIL = Berekende SIL +2

Met inbegrip van bovenstaande risico reducerende maatregelen voldoet het risicoprofiel niet aan het acceptatie criteria, gesteld in het Bal, dat deze maximaal 5 meter uit het hart van de leiding gelegen mag zijn. De overschrijding wordt voor het overgrote deel veroorzaakt door de additionele faalfrequentie geïntroduceerd door de windturbine (domino-effect); specifiek het leidingdeel in de leidingstrook ca 60 meter voordat deze de leidingstrook verlaat richting entry-pit. Zeer lokaal zorgt de autonome faalfrequentie van de leiding echter ook voor overschrijding (PR = 10-6 per jaar op ca. 30 meter uit het hart van de leiding). Om de PR = 10-6 per jaar contour binnen 5 meter uit het hart van de leiding te krijgen kan toepassing van onderstaande extra maatregelen worden onderzocht:

- Onderzoek naar beschermingsconstructie voor het 60 meter lange leidingdeel (laatste stuk van het leidingdeel in de leidingstrook; lengte ca. 60 meter (voordat deze de leidingstrook verlaat richting entry-pit)). Deze beschermingsconstructie zal gerealiseerd moeten worden door extra gronddekking of bescherming (e.g. betonplaten), mogelijkheden in overleg met overleg met Leidingenbureau Rotterdam.
- Onderzoek naar reductie van de autonome faalfrequentie van de leiding. Bijna alle mogelijke reductie maatregelen benoemd in de rekenvoorschriften zijn momenteel toegepast in deze QRA zijn toegepast. De enige significante maatregelen die nog volgens de rekenvoorschriften aanvullend kunnen worden toegepast zijn het 'inherent aantoonbaar volledig niet corrosief maken van de buisleiding ten opzichte van de omgeving' en/of 'het inherent aantoonbaar volledig niet corrosief maken van de buisleiding ten opzichte van het te transporteren medium'.

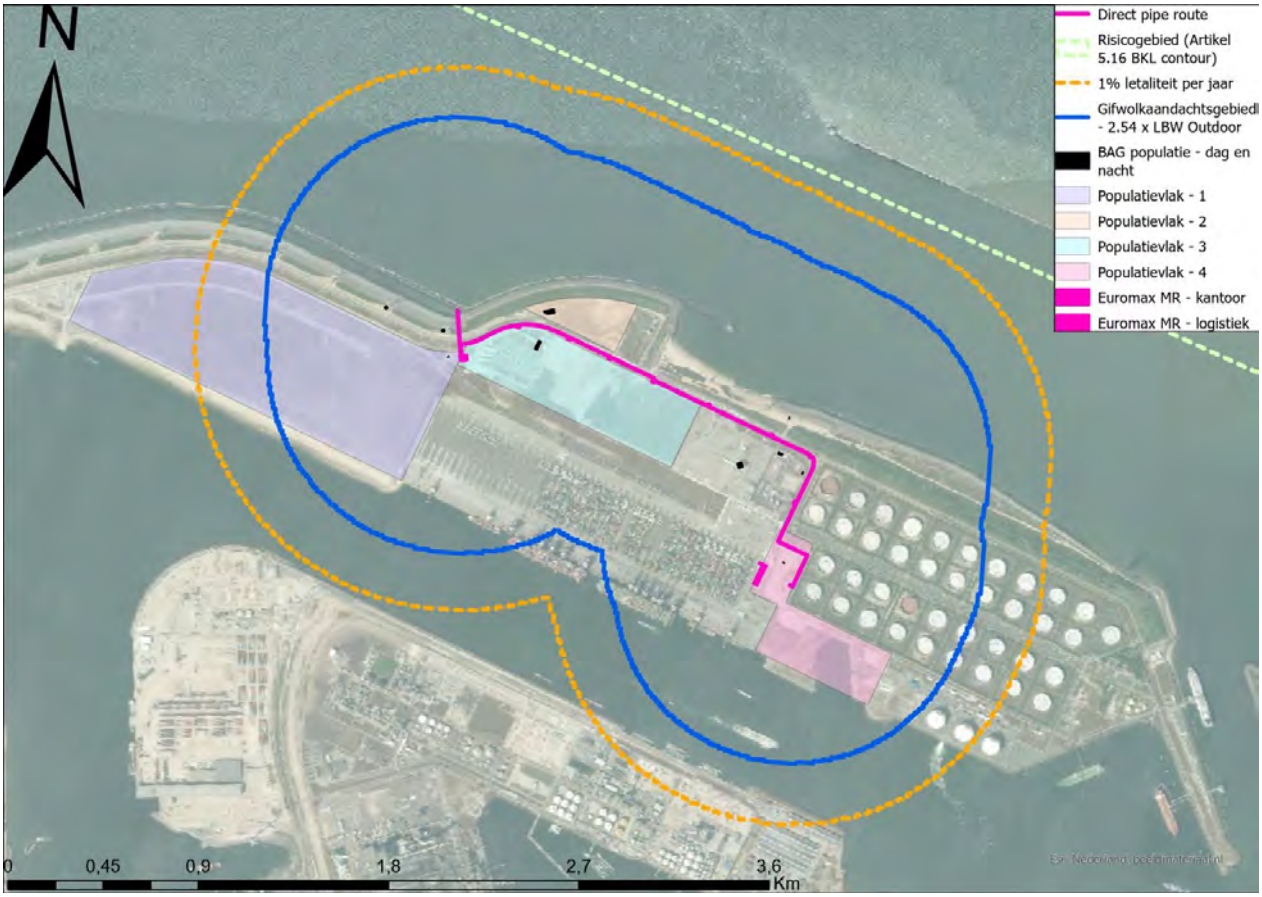
Ter volledigheid is in bijlage 4 is een afbeelding opgenomen met de plaatsgebonden risico wanneer (enkel) de standaard maatregelen worden toegepast.



Figuur 7-1: PR voor de direct pipe route

7.2 Aandachtsgebieden

In Figuur 7-2 zijn het gifwolkaandachtsgebied en de 1% letaliteit per jaar contourweergegeven. Het gifwolkaandachtsgebied is bepaald op basis van effectafstand (daar waar de concentratie “in de buitenlucht” gelijk is aan 2.54 x de concentratie van de levensbedreigende waarde). Volgens rekenvoorschriften mag het gifwolkaandachtsgebied bepaald worden op basis van dosis (= concentratie x tijd) wat zou leiden tot een kleinere contour dan die op basis van effectafstand; echter is voor kooldioxide geen relatie beschikbaar waarmee deze benadering kan worden toegepast (dit is bekend bij RIVM).[3]. vanwege voorgaand is daarom besloten het gifwolkaandachtsgebied op basis van een effectafstand te bepalen.

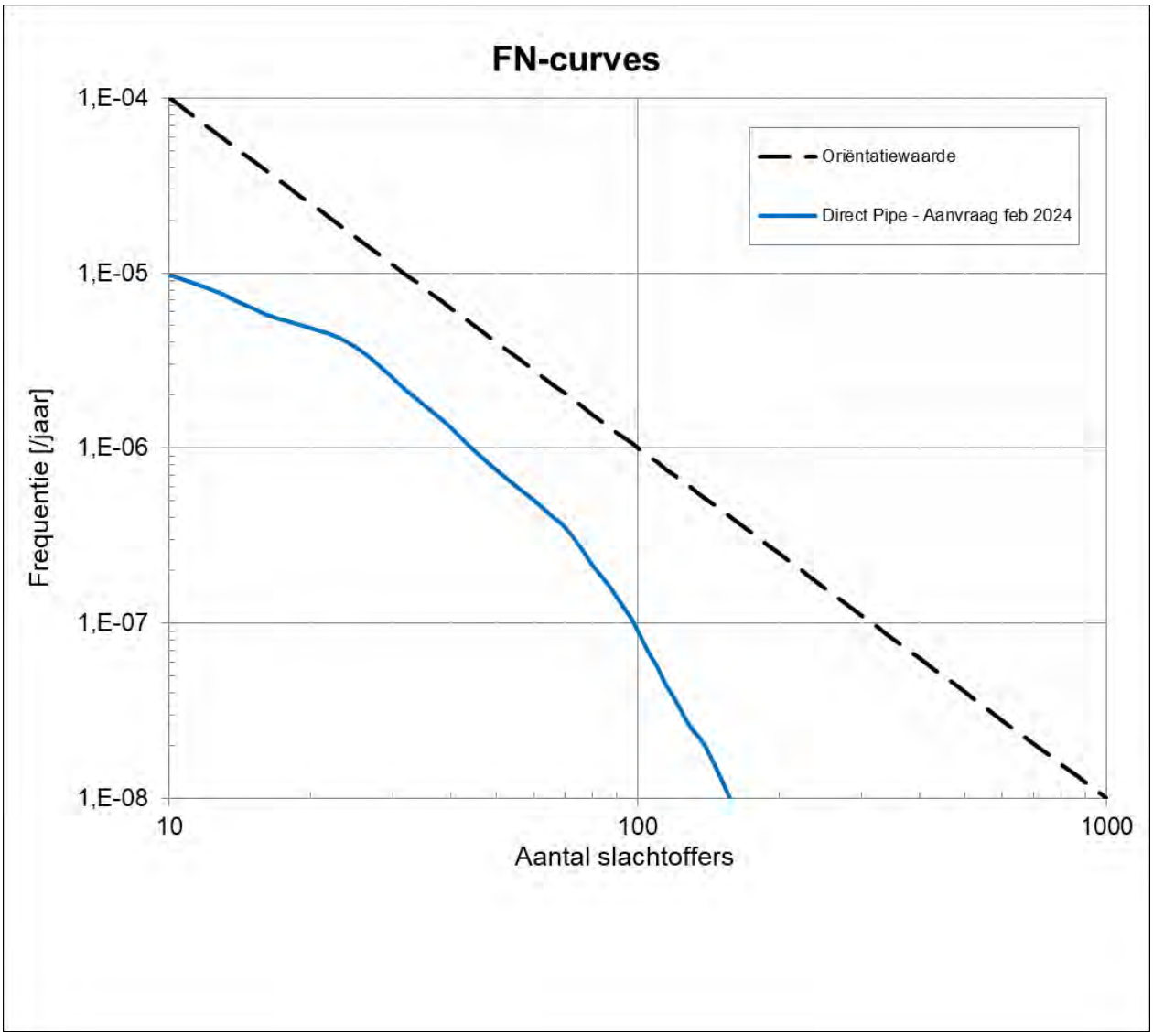


Figuur 7-2: Gifwolkaandachtsgebied voor de direct pipe route

[3] *Reactie Safeti-NL helpdesk op vraag om stof parameter voor bepalen gifwolkaandachtsgebied op basis van dosi benadering: “Voor koolstofdioxide kon de Toetsgroep Probitrelaties geen LBW N-waarde afleiden en daarom is er geen waarde voor de 'Toxic dose threshold N' opgenomen in Safeti-NL 8.8.*

Groepsrisico
Volgens het groepsrisicobeleid van de provincie Zuid-Holland, mag worden volstaan met een kwalitatieve verantwoording indien de 1% letaliteit per jaar contour geheel gelegen is binnen een risicogebied. Zoals uit de afbeelding valt af te leiden is dit het geval.

Om een vergelijking te kunnen maken van welke variant in het kader van externe veiligheid als veiliger kan worden beschouwd, is besloten om (aanvullend) het groepsrisico te bepalen. Dit is bepaald op basis van BAG populatie data, aangevuld met kentallen van aantallen personen voor de nog niet ontwikkelde gebieden en aangevuld met een kantoorgebouw en logistiek gebouw op het Euromax terrein (zie paragraaf 6.10 voor de geïnventariseerde populatie). Op basis van ingevoerde populatie ontstaat een groepsrisico waarvan de hoogte tot boven de oriëntatiewaarde uitstijgt. In Figuur 7-3 is het bepaalde groepsrisico gevisualiseerd. Al vervolgstap zou personeel van bepaalde milieubelastende activiteiten gelegen binnen het aandachtsgebied kunnen worden uitgesloten uit de populatie, met als doel inzicht te geven in het *“feitelijk aandeel van de directe omwonenden op de hoogte van het groepsrisico”*. Gezien er geen ‘omwonenden’, geïnterpreteerd als ‘anders dan werknemers’ binnen het risicogebied zal het groepsrisico naar allerverwachting onder de oriëntatie waarde uitkomen. Er zal nog wel sprake zijn van een groepsrisico omdat onder andere in de ‘Gezamenlijk brandweerkazerne’ nog personeel aanwezig is en omdat (mogelijk) bedrijvigheid aanwezig is wat niet valt binnen de milieubelastende activiteiten waarvan bijbehorend personeel mag worden uitgesloten.



Figuur 7-3: GR voor de direct pipe route

8 Resultaten kruising zeewering door microtunnel

Dit hoofdstuk geeft het risicoprofiel zoals bepaald voor de variant waarbij de buisleiding via een microtunnel de zeewering kruist.

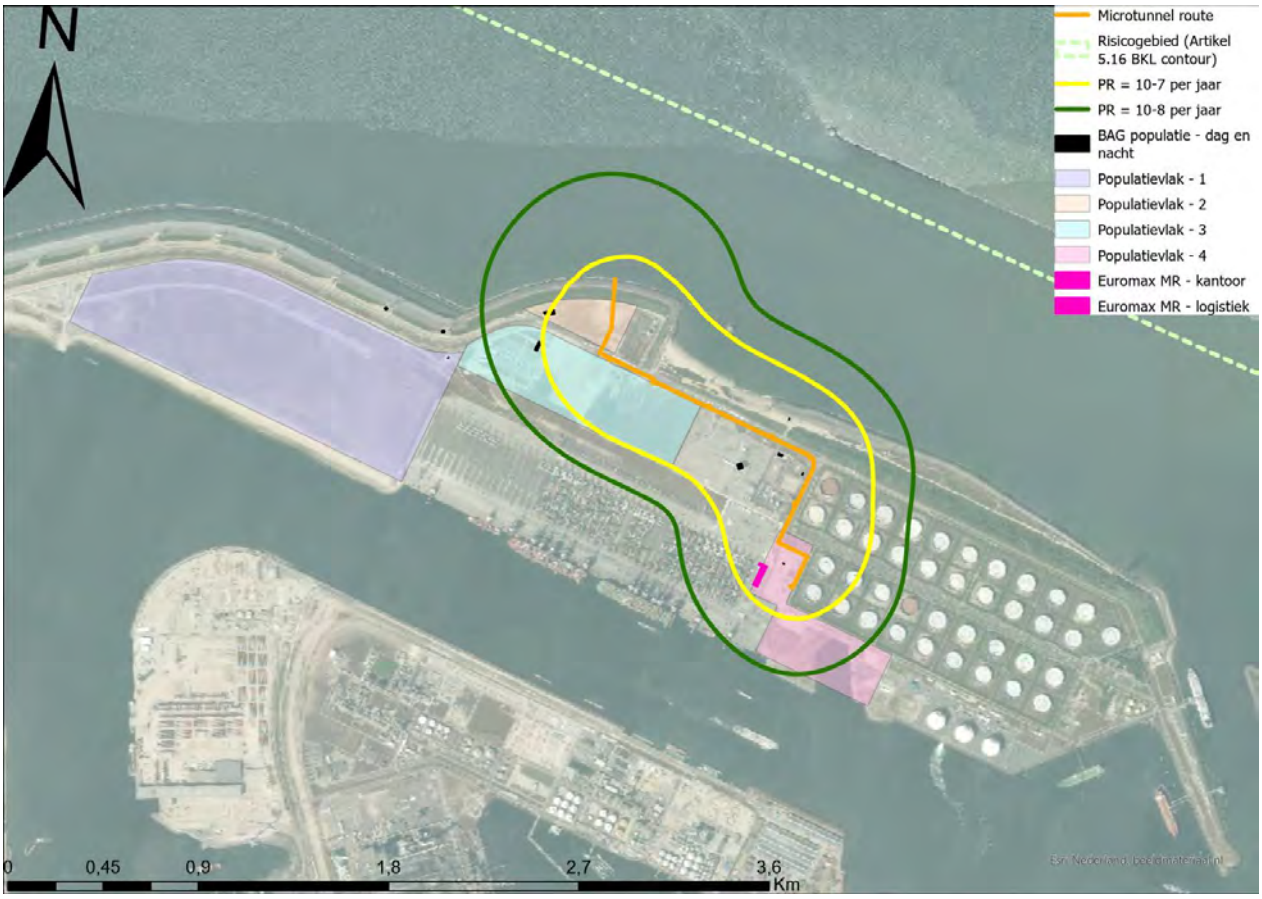
8.1 Plaatsgebonden risico

In Figuur 8-1 zijn de PR-contouren weergegeven voor de zeeleiding. Deze contouren zijn gebaseerd op de scenario's en frequenties zoals op genomen in de rekenmethodiek [7], voor een 'Chemicaliënleiding die voldoet aan de stand der techniek' met de frequentie gecorrigeerd voor de diepte ligging en met additionele risico reductie voorzieningen zoals beschreven in paragaaf 6.7. Zoals in de betreffende paragraaf aangegeven moet bevoegd gezag goedkeuring geven op een deel van de toegepaste risicoreductie factoren; deze zijn:

Faaloorzaak	Risico reducerende maatregel
Mechanisch	Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie.
Inwendige corrosie	
Uitwendige corrosie	
Natuurlijke oorzaken	Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen kunnen door middel van een evaluatie redelijkerwijs vergaand worden uitgesloten.
Operationeel/overig	Toegepaste SIL = Berekende SIL +2

Met inbegrip van bovenstaande risico reducerende maatregelen is er geen PR = 10^{-6} per jaar contour bepaald. Het plaatsgebonden risico voldoet daarmee aan het landelijk toetsingskader dat stelt dat de PR = 10^{-6} per jaar contour binnen 5 meter uit het hart van de leiding gelegen moet zijn.

Ter volledigheid is in bijlage 4 is een afbeelding opgenomen met de plaatsgebonden risico wanneer (enkel) de standaard maatregelen worden toegepast.



Figuur 8-1 PR-contouren voor de microtunnel route.

8.2 Aandachtsgebieden

In Figuur 8-2 zijn het gifwolkaandachtsgebied en de 1% letaliteit per jaar contourweergegeven. Het gifwolkaandachtsgebied is bepaald op basis van effectafstand (daar waar de concentratie “in de buitenlucht” gelijk is aan 2.54 x de concentratie van de levensbedreigende waarde). Volgens rekenvoorschriften mag het gifwolkaandachtsgebied bepaald worden op basis van dosis (= concentratie x tijd) wat zou leiden tot een kleinere contour dan die op basis van effectafstand; echter is voor kooldioxide geen relatie beschikbaar waarmee deze benadering kan worden toegepast (dit is bekend bij RIVM).[4]. vanwege voorgaand is daarom besloten het gifwolkaandachtsgebied op basis van een effectafstand te bepalen.



Figuur 8-2 Gifwolkaandachtsgebied voor de microtunnel route

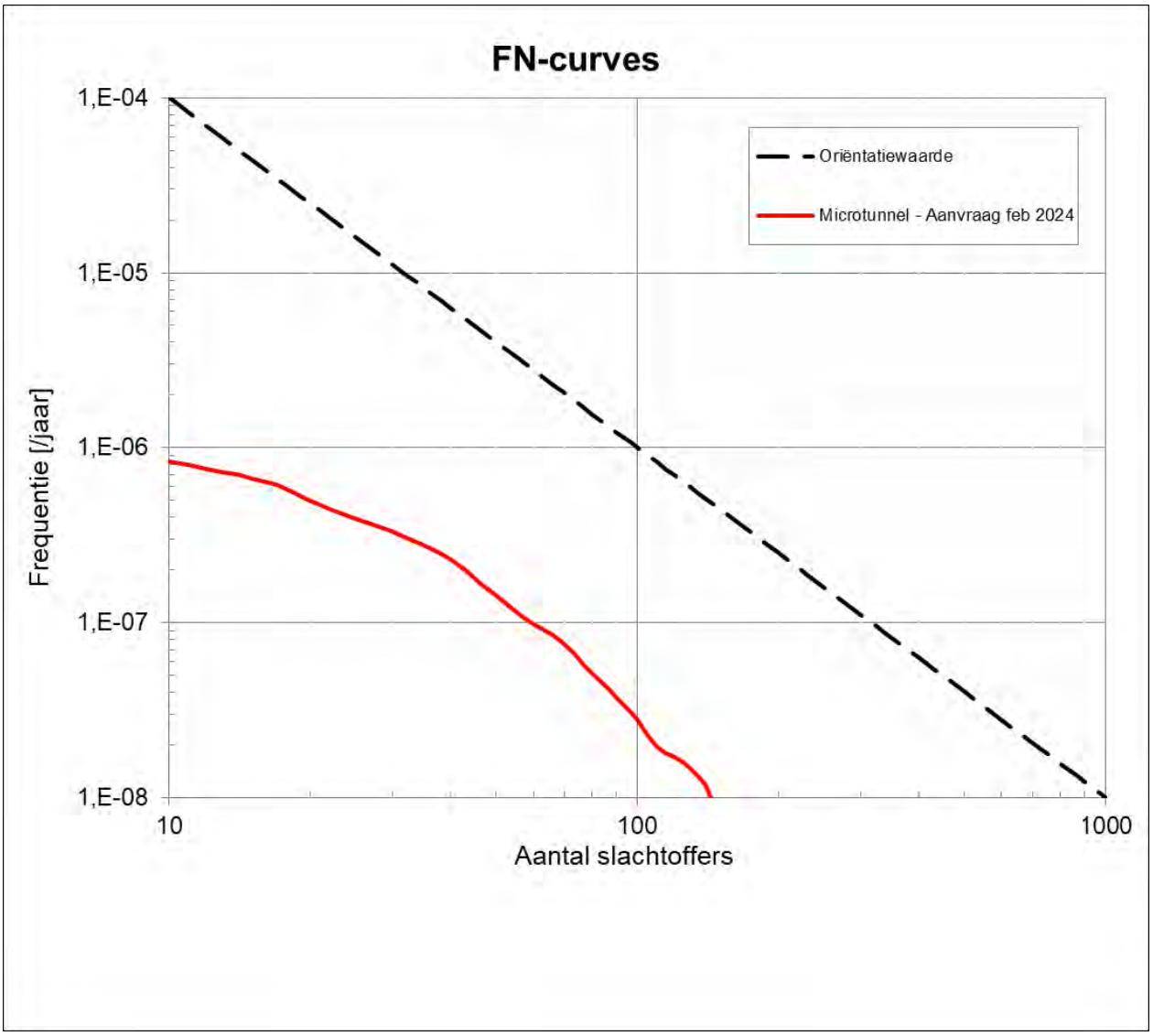
[4] Reactie Safeti-NL helpdesk op vraag om stof parameter voor bepalen gifwolkaandachtsgebied op basis van dosi benadering: “Voor koolstofdioxide kon de Toetsgroep Probitrelaties geen LBW N-waarde afleiden en daarom is er geen waarde voor de 'Toxic dose threshold N' opgenomen in Safeti-NL 8.8.

Groepsrisico

Volgens het groepsrisicobeleid van de provincie Zuid-Holland, mag worden volstaan met een kwalitatieve verantwoording indien de 1% letaliteit per jaar contour geheel gelegen is binnen een risicogebied. Zoals uit de afbeelding valt af te leiden reikt een deel van de 1% letaliteit per jaar contour tot buiten het risicogebied; dit gebied is (echter) gelegen over de Noordzee waardoor er geen populatie in het gebied aanwezig is. Op basis van voorgaand lijkt een kwalitatieve verantwoording niet ontoelaatbaar.

Om een vergelijking te kunnen maken van welke variant in het kader van externe veiligheid als veiliger kan worden beschouwd, is besloten om (aanvullend) het groepsrisico te bepalen. Dit is bepaald op basis van BAG populatie data, aangevuld met kentallen van aantallen personen voor de nog niet ontwikkelde gebieden en aangevuld met een kantoorgebouw en logistiek gebouw op het Euromax terrein (zie paragraaf 6.10 voor de geïnventariseerde populatie). Op basis van ingevoerde populatie ontstaat een groepsrisico waarvan de hoogte tot beneden de oriëntatiewaarde blijft. In Figuur 8-3 is het bepaalde groepsrisico gevisualiseerd.

Al vervolgstap zou personeel van bepaalde milieubelastende activiteiten gelegen binnen het aandachtsgebied kunnen worden uitgesloten uit de populatie, met als doel inzicht te geven in het "feitelijk aandeel van de directe omwonenden op de hoogte van het groepsrisico". Gezien er geen 'omwonenden', geïnterpreteerd als 'anders dan werknemers' binnen het risicogebied zal het groepsrisico verder onder de oriëntatie waarde uitkomen. Er zal waarschijnlijk nog wel sprake zijn van een groepsrisico omdat onder andere in de 'Gezamenlijk brandweerkazerne' nog personeel aanwezig is en omdat (mogelijk) bedrijvigheid aanwezig is wat niet valt binnen de milieubelastende activiteiten waarvan bijbehorend personeel mag worden uitgesloten.



Figuur 8-3 GR voor de microtunnel route

9 Samenvatting bevindingen en toetsing wet- en regelgeving

De volgende conclusies kunnen worden getrokken ten aanzien van het plaatsgebonden risico en de aandachtsgebieden van beide door gerekende varianten:

Plaatsgebonden risico

Microtunnel variant
Voor deze variant resulteert de modelering niet in de aanwezigheid van een PR 10-6 per jaar contour; daarmee voldoet het plaatsgebonden risico van deze variant aan het acceptatie criteria, gesteld in het Bal.

Direct pipe variant
De PR 10-6 per jaar contour van de direct pipe variant reikt tot meer dan vijf meter uit het hart van de leiding, en voldoet daarmee niet aan het acceptatie criteria, gesteld in het Bal. Mitigerende maatregelen moeten worden genomen om het plaatsgebonden risico naar acceptabele omvang te reduceren:

- De bijdrage van de zeeleiding zelf moet verder gereduceerd worden. Aansluiten bij mogelijke (toegestane) mitigerende maatregelen volgens de rekenvoorschriften kan dit alleen indien de buisleiding wordt ontworpen zodat interne en/of externe corrosie niet mogelijk is.
- Mitigatie van de additionele faalkans geïntroduceerd door de windturbine (domino-effect) kan worden gemitigeerd door de leiding op de relevante segmenten te beschermen (bijvoorbeeld door een beschermconstructie of door de gronddekking te verhogen; mogelijkheden in overleg met Leidingenbureau Rotterdam. Het betreft het laatste stuk van het leidingdeel in de leidingstrook; lengte ca. 60 meter (voordat deze de leidingstrook verlaat richting entry-pit). Specificaties van deze constructie dienen nog uitgewerkt te worden.

Aandachtsgebied en groepsrisico

Microtunnel variant
Het aandachtsgebied is gelegen binnen het risicogebied. De 1% letaliteit per jaar contour reikt tot net buiten het risicogebied ; dit gebied is (echter) gelegen over de Noordzee waardoor er geen populatie in het gebied aanwezig is. Op basis van voorgaand lijkt een kwalitatieve verantwoording niet ontoelaatbaar. Om een vergelijking te kunnen maken van welke variant in het kader van externe veiligheid als veiliger kan worden beschouwd, is besloten om (aanvullend) het groepsrisico te bepalen.

Directe pipe variant
Het aandachtsgebied en de 1% letaliteit contour zijn gelegen binnen het risicogebied. Een kwantitatieve verantwoording van het groepsrisico volstaat daarom. Om een vergelijking te kunnen maken van welke variant in het kader van externe veiligheid als veiliger kan worden beschouwd, is besloten om (aanvullend) het groepsrisico te bepalen.

Groepsrisico
Voor zowel de direct pipe variant en de microtunnel variant is het groepsrisico onder de oriëntatiewaarde gelegen. Het groepsrisico van de directe pipevariant is hoger, dit wordt veroorzaakt door de plaatsgebonden risico contouren die tot verder uit het hart van de buisleiding reiken en daarbij over gebieden met populatie rijken.

10 Referenties

[1] Besluit activiteiten leefomgeving; geldend van 01-01-2024 t/m heden. Geraadpleegd via website: https://wetten.overheid.nl/

[2] Besluit kwaliteit leefomgeving; geldend van 01-01-2024 t/m heden. Geraadpleegd via website: https://wetten.overheid.nl/

[3] Besluit bouwwerken leefomgeving; geldend van 01-01-2024 t/m heden. Geraadpleegd via website: https://wetten.overheid.nl/

[4] Omgevingsregeling; geldend van 01-01-2024 t/m heden. Geraadpleegd via website: https://wetten.overheid.nl/

[5] Technische tekening: Detail of Aramis-Porthos profiles Intersection, drawing no. HDDP – 23.212.03.01, Revision 02, d.d. 17-03-2023, HDDP solutions (& TotalEnergies)

[6] Softwarepakket Safeti-NL, versie 8.8, DNV

[7] Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid – Module: V buisleidingen, versie oktober 2020, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu

[8] Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid – Toelichting, versie maart 2022, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu

[9] www.ruimtelijkeplannen.nl, bezocht op 23 februari 2024.

[10] Key decision sheet – Onshore Zeeleiding Configuration, doc no: ARM-CPT-BB3-PLR-KDS-0143, revisie 02, d.d 21-09-2022, Aramis

[11] Besluit van gedeputeerde staten van Zuid-Holland van 5 december 2023, [DOS-2023-0006729, PZH-2023- 844389726] tot vaststelling van de beleidsregel over de invulling van de groepsrisicoverantwoording bij vergunningplichtige milieubelastende activiteiten (Beleidsregel groepsrisicoverantwoording bij provinciale omgevingsvergunningen voor milieubelastende activiteiten)

[12] Ruwheidskaart met publicatiedatum 13-03-2020, https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2020/03/13/ruwheidskaart-2020, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu

[13] Handboek Omgevingsveiligheid, https://omgevingsveiligheid.rivm.nl/handboek-omgevingsveiligheid, bezocht op 28-03-2023, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu

[14] BAG populatieservice, http://populatieservice.demis.nl, download 20 januari 2024 (BAGselectiebasis: 202401).

[15] Website: https://omgevingsveiligheid.rivm.nl/stappenplan-bepalen-aandachtsgebieden, bezocht op 01-08-2023, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu

[16] Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid – Module: IV windturbines, versie oktober 2020, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu

[17] Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 1 – Deel 6: Aanwezigheidsgegevens, VROM, december 2003

[18] Kentallen Populatieservice en Dataservice Kwetsbare gebouwen en locaties (KGL), Projectteam Informatieproducten Externe Veiligheid, maart 2023

[19] Cyclomedia street smart, https://www.cyclomedia.com/nl/street-smart, bezocht op 19 januari 2024

[20] Basis of design

Bijlage

1. Invloed windturbines

Royal HaskoningDHV

Deze bijlage beschrijft de invloed van de windturbines op de faalscenario's van de leiding. Deze invloed wordt uitgedrukt in een additionele faalkans van de leiding waarbij een lekkage of een breuk optreed. Voor het bepalen van de additionele faalkans is aangesloten bij het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid – Module: IV windturbines [16].

In onderstaande paragraaf is de methodiek in generieke bewoording toegelicht. Na deze paragraaf volgt een paragraaf die de resultaten (= invloed op de Aramis buisleiding) geeft. Vervolgens wordt meer detail over de berekeningen gegeven in een paragraaf die de gebruikte specificaties toelicht en afsluitend volgt een paragraaf waarin een overzicht van alle berekende parameters is geven (wiskundige vergelijkingen om de waarden van deze parameters te berekenen zijn niet opgenomen in deze rapportage; indien gewenst kan de lezer deze terug vinden in het boven genoemde Rekenvoorschrift).

Methodiek

Wanneer een windturbine faalt en daardoor een onderdeel van de turbine op of in de directe omgeving van de buisleiding terecht komt, ontstaat door de een schokgolf die zich ondergronds voortplant. De energie van deze schokgolf kan dermate hoog zijn dat, wanneer deze interfereert met de buisleiding, deze schade kan veroorzaken aan de buisleiding. Het criterium dat wordt aangehouden voor schade is vastgelegd in de rekenmethodiek voor windturbines [16]; beschadiging treed op wanneer de stres in het materiaal van de buisleiding, veroorzaakt door de energie van de schokgolf, groter is dan de maximaal toelaatbare stres op basis van de leidingspecificaties. Volgens de rekenmethodiek kan voor elk van de faalwijzen van een windturbine (bladbreuk, mastbreuk of gondel en/of rotor afworp) een zogenaamde kritische strook worden bepaald. Dit is de afstand tot de leiding (aan weerszijde van de leiding) waarbinnen het neerkomen van het windturbinedeel tot een schokgolf zal leiden die de leiding beschadigd. De afmeting van de kritische strook verschilt per windturbine onderdeel omdat elk onderdeel een eigen hoeveelheid ()energie veroorzaakt. De maximale afstand vanaf de voet van de windturbine waarop een windturbine onderdeel terecht kan komen wordt het invloedsgebied van de windturbine genoemd. Deze maximale afstand wordt bepaald door het scenario 'bladbreuk - werpafstand bij overtoeren'. De windturbinebladen kunnen de grootste afstand overbruggen omdat deze worden weggeslingerd. Mastbreuk, waarbij de mast horizontaal terecht komt, geeft de op één na grootste afstand tot de mastvoet, en gondel en/of rotorafworp geeft de kleinste afstand tot de mastvoet. Voorgaand maakt duidelijk dat de oriëntatie van de loop van de leiding binnen het invloedsgebied bepalend is voor welke scenario's kunnen leiden tot falen van de leiding; de scenario's waarbij de betreffende turbine onderdelen binnen de kritische strook terecht kunnen komen. De additionele faalkans wordt vervolgens bepaald door voor alle relevante faalscenario's de kans dat het zwaartepunt van het betreffend windturbine onderdeel binnen deze kritische strook terecht te bepalen.

Resultaten – windturbines Zuidwal

Voor elke windturbine met een invloedsgebied dat over de buisleiding heen reikt is bepaald welke faalscenario's van de windturbine bijdragen aan de additionele faalkans voor de buisleiding. Voor deze windturbines is geconcludeerd dat deze geen significante additionele faalfrequentie naar de zeeleiding introduceren (domino-effect); de faalkans van de zeeleiding voor modellering is niet verhoogd. Afleiding om tot deze conclusie te komen is uiteengezet in onderstaande drie tabellen, waar achtereenvolgens voor de diverse faalscenario's is aangegeven:

1. Of de inslagenergie van het betreffende windturbine onderdeel zo hoog is dat deze tot schade aan de zeeleiding kan leiden,
2. Of voor scenario's waar dit het geval is de zeeleiding binnen het valbereik van het betreffende windturbine onderdeel gelegen is, en
3. Welke sectie van de zeeleiding beschadigd kan raken en met welke additionele faalfrequentie (voor scenario's waar de inslagenergie hoog genoeg is, en waar het turbine onderdeel binnen het valbereik gelegen is)

Tabel 10-1: Resultaten analyse invloed windturbines - Windturbines Zuidwal – inslagenergie

Faalscenario [-]		Penetratie diepte schokgolf [m]	Diepte ligging buisleiding [m]	Voldoende inslagenergie om schade aan leiding toe te brengen?
Bladbreuk	Nominaal toerental	0,82	1	Nee
	Overtoeren	1,01	1	Ja
Mastbreuk	Mast	0,20	1	Nee
	Gondel en rotor	2,06	1	Ja
	Blad	0,74	1	Nee
Gondel en of rotor afworp	Gondel en rotor	2,06	1	Ja
	Blad	0,74	1	Nee

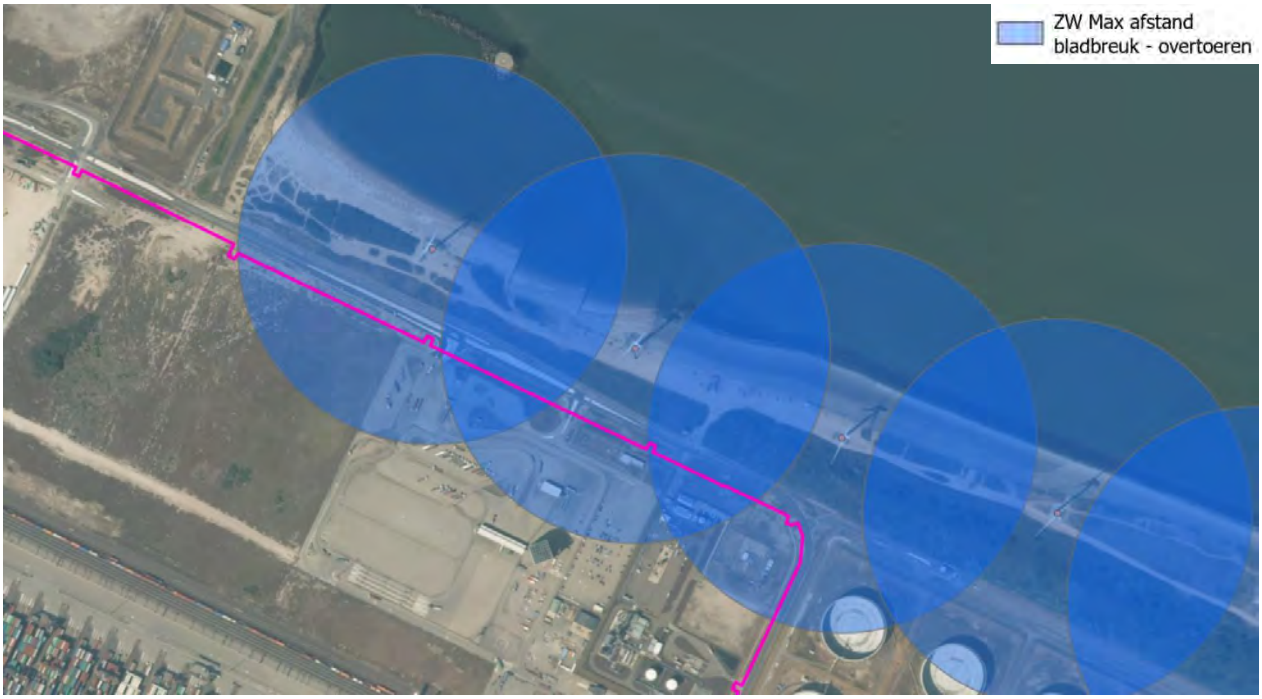
Tabel 10-2: Resultaten analyse invloed windturbines - Windturbines Zuidwal – valbereik

Faalscenario [-]		Afmeting kritische strook [m]	Minimale afstand tot kritische strook [m][A), B)]	Maximaal Valbereik vanaf mastvoet [m]	Valbereik binnen kritische strook [J/N]
Bladbreuk	Overtoeren	0,32	114,84	259	Ja
Mastbreuk	Gondel en rotor	3,6	113,2	85	Nee
Gondel en of rotor afworp	Gondel en rotor	3,6	113,2	11	Nee

A. Minimaal 115 meter tot leiding deel dat 1 meter gronddekking heeft.
B. Deze kolom geeft de minimale afstand tot de kritische strook; deze wordt bepaald door afstand tot de leiding te verminderend met de helft van de kritische strook (de kritische strook strekt zich uit aan weerszijde van de leiding).

Tabel 10-3: Resultaten analyse invloed windturbines - Windturbines Zuidwal – Faalscenario's relevant voor zeeleiding

Faalscenario [-]		Beschadigd leiding segment	Additionele faalfrequentie [-/meter.jaar]	Additionele faalfrequentie [-/kilometer.jaar]
Bladbreuk	Overtoeren	Zie Figuur 10-1	$4{,}8 \times 10^{-12}$ Geen *significante bijdrage daarom niet meegenomen in model*	$4{,}8 \times 10^{-09}$ Geen *significante bijdrage daarom niet meegenomen in model*



Figuur 10-1: Windturbines Zuidwal - Zeeleiding segmenten waar schade kan ontstaan door interactie met windturbine onderdelen

Resultaten – windturbines Harde zeewering

Voor elke windturbine met een invloedsgebied dat over de buisleiding heen reikt is bepaald welke faalscenario's van de windturbine bijdragen aan de additionele faalkans voor de buisleiding. Voor deze windturbines is geconcludeerd dat deze wel een significante additionele faalfrequentie naar de zeeleiding introduceren (domino-effect); de faalkans van de zeeleiding voor modellering is wel verhoogd. Afleiding om tot deze conclusie te komen is uiteengezet in onderstaande drie tabellen, waar achtereenvolgens voor de diverse faalscenario's is aangegeven:

1. Of de inslagenergie van het betreffende windturbine onderdeel zo hoog is dat deze tot schade aan de zeeleiding kan leiden,
2. Of voor scenario's waar dit het geval is de zeeleiding binnen het valbereik van het betreffende windturbine onderdeel gelegen is, en
3. Welke sectie van de zeeleiding beschadigd kan raken en met welke additionele faalfrequentie (voor scenario's waar de inslagenergie hoog genoeg is, en waar het turbine onderdeel binnen het valbereik gelegen is)

Tabel 10-4: Resultaten analyse invloed windturbines - Windturbines Harde zeewering – inslagenergie

Faalscenario [-]		Penetratie diepte schokgolf [m]	Diepte ligging buisleiding [m]	Voldoende inslagenergie om schade aan leiding toe te brengen?
Bladbreuk	Nominaal toerental	1,19	1	Ja
			1,5	Nee
			3	Nee
	Overtoeren	1,49	1	Ja
			1,5	Nee
			3	Nee
Mastbreuk	Mast	0,21	1	Nee
			1,5	Nee
			3	Nee
	Gondel en rotor	2,57	1	Ja
			1,5	Ja
			3	Nee
	Blad	1,05	1	Ja
			1,5	Nee
			3	Nee
Gondel en of rotor afworp	Gondel en rotor	2,57	1	Ja
			1,5	Ja
			3	Nee
	Blad	1,05	1	Ja
			1,5	Nee
			3	Nee

Tabel 10-5: Resultaten analyse invloed windturbines - Windturbines Harde Zeewering – valbereik

Faalscenario [-]		Diepte ligging [m]	Afmeting kritische strook [m]	Minimale afstand tot kritische strook [m][A), B)]	Maximaal Valbereik vanaf mastvoet [m]	Valbereik binnen kritische strook [J/N]
Bladbreuk	Nominaal toeren tal	1	1,28	91,35	120	Ja
	Overtoeren	1	2,22	90,98	317	Ja
Mastbreuk	Gondel en rotor	1	4,74	89,63	83	Nee
		1,5	4,17	89,92	83	Nee
	Blad	1	0,65	89,63	135	Ja
Gondel en of rotor afworp	Gondel en rotor	1	4,74	89,63	13	Nee

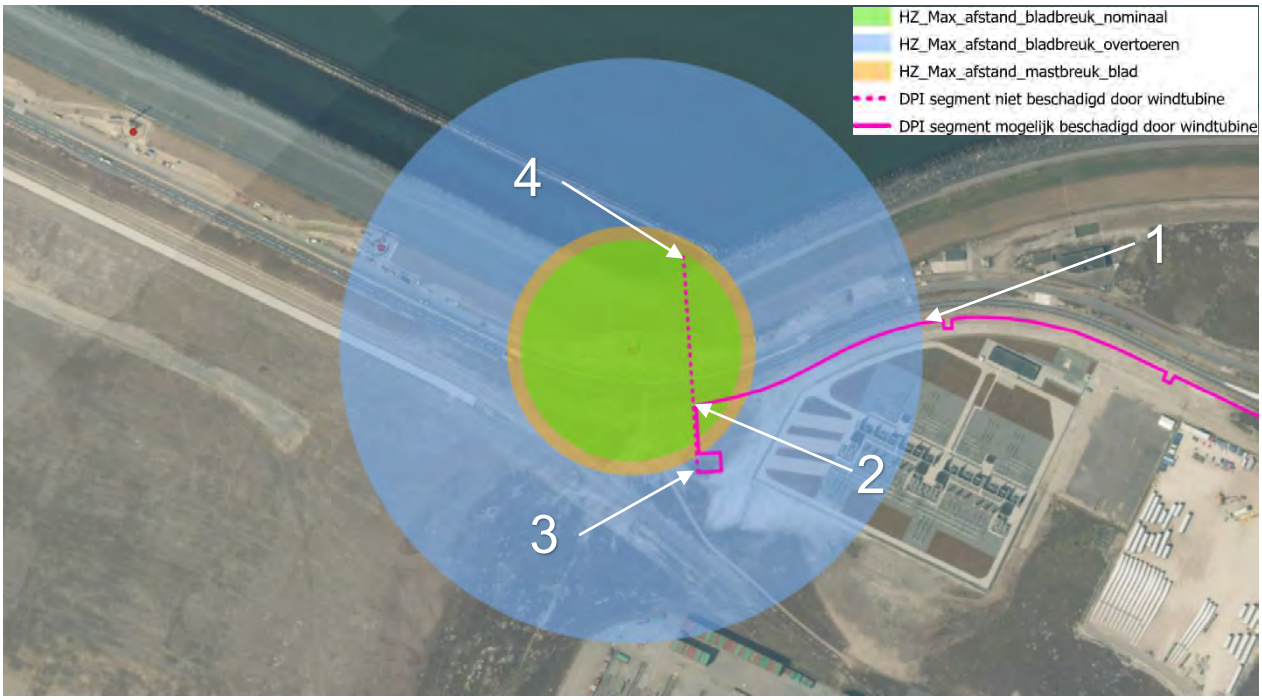
Faalscenario [-]		Diepte ligging [m]	Afmeting kritische strook [m]	Minimale afstand tot kritische strook [m][A), B)]	Maximaal Valbereik vanaf mastvoet [m]	Valbereik binnen kritische strook [J/N]
		1,5	4,17	89,92	13	Nee
	Blad	1	0,65	91,67	58,5	Nee

A. Minimaal 92 meter tot leiding deel dat 1 meter dan wel 1,5 meter gronddekking heeft.
B. Deze kolom geeft de minimale afstand tot de kritische strook; deze wordt bepaald door afstand tot de leiding te verminderend met de helft van de kritische strook (de kritische strook strekt zich uit aan weerszijde van de leiding).

Tabel 10-6: Resultaten analyse invloed windturbines - Windturbines Harde Zeewering – Faalscenario's relevant voor zeeleiding

Faalscenario [-]		Beschadigd leiding segment	Additionele faalfrequentie [-/meter.jaar]	Additionele faalfrequentie [-/kilometer.jaar]
Bladbreuk	Nominaal toerental	Zie Figuur 10-2 – Het leiding segment waar de groene cirkel overlapt met het leiding deel ingesloten tussen de pijlen met nummers 1 en 2	$2,0 \times 10^{-08}$	$2,0 \times 10^{-05}$
	Overtoeren	Zie Figuur 10-2 – Het leiding segment waar de blauwe cirkel overlapt met het leiding deel ingesloten tussen de pijlen met nummers 1 en 2	$2,6 \times 10^{-11}$ Geen *significante bijdrage daarom niet meegenomen in model*	$2,6 \times 10^{-08}$ Geen *significante bijdrage daarom niet meegenomen in model*
Mastbreuk	Blad	Zie Figuur 10-2 – Het leiding segment waar de oranje cirkel overlapt met het leiding deel ingesloten tussen de pijlen met nummers 1 en 2	$7,0 \times 10^{-07}$	$7,0 \times 10^{-04}$

Op basis van bovenstaand is een additionele faalfrequentie van $7,2 \times 10^{-07}$ aangehouden per meter per jaar (=$7,2 \times 10^{-04}$ per kilometer per jaar) voor het segment van de zeeleiding dat binnen de oranje cirkel georiënteerd zoals aangegeven in Figuur 10-2. Deze frequentie is een optelsom van de scenario's bladbreuk – nominaal toerental en mastbreuk – blad. Voor het scenario bladbreuk – nominaal toerental (groene cirkel) is daarmee conservatief aangenomen dat dit scenario een (iets) groter gebied kan bestrijken dan rekenkundig bepaald.



Figuur 10-2: Windturbines Harde Zeewering - Zeeleiding segmenten waar schade kan ontstaan door interactie met windturbine onderdelen. Het gestippelde paarse leiding segment ingesloten tussen de pijlen met nummers 3 en 4, kan niet beschadigd raken omdat de diepte ligging minimaal 3,5 meter bedraagt; dit is groter dan de penetratie diepte van een schokgolf veroorzaakt door inslag van een windturbine onderdeel. Het paarse leiding segment ingesloten tussen de pijlen met nummers 2 en 3, kan niet beschadigd raken omdat de leiding niet gelegen is binnen het valbereik van turbine onderdelen die voor schade kunnen zorgen (dit deel van het tracé heeft een diepte ligging van 1,5 meter waardoor de scenario's 'mastbreuk – gondel en rotor' en 'gondel en rotor afworp – gondel en rotor' (zie tabel Tabel 10-6) genoeginslag energie hebben om de zeeleiding te beschadingen, echter ligt de zeeleiding buiten het valbereilk van de windturbine onderdelen van deze scenario's).

Technische specificaties zeeleiding en uitwerking berekeningen
In onderstaande tabel zijn de leidingspecificaties opgenomen die zijn gebruikt om de toelaatbare stress te bepalen voordat vervorming optreed; vervorming in deze analyse is gelijk genomen aan het falen van de buisleiding waarbij kooldioxide vrijkomt.

Tabel 10-7: Zeeleiding specificaties voor bepaling windturbine invloed

Leiding	Waarde	Eenheid	Bron
Elasticiteit	2,07E+11	J	
SMYS	4,21E+08	Pa	
Druk	2,0E+06	Pa	
Wanddikte leiding	35,6	mm	
Buiten diameter leiding	831,6	mm	

Windturbine specificaties – Zuidwal
In onderstaande tabel zijn de specificaties van de windturbines aan de Zuidwal opgenomen. Deze gegevens zijn door Eneco (Assetmanagement) gecontroleerd en akkoord bevonden.

Tabel 10-8: Specificaties windturbines Zuidwal: Vestas V90 – 3MW

Turbinekenmerken	Eenheid	Waarde
Nominaal toerental	rpm	18,4
Hoogte rotatiepunt	m	80,0
Rotordiameter	m	90,0
Lengte afgebroken blad	m	44,0
Oppervlak afgebroken blad	m^2	109,9
Massa blad	ton	6,7
Bladzwaartepunt	m	11,2
Hoogte hub	m	4,5
Breedte hub	m	4,5
Lengte hub	m	4,0
Massa hub	ton	8,9
Massa rotor	ton	29,0
Hoogte gondel	m	4,2
Breedte gondel	m	3,8
Lengte gondel	m	10,7
Massa gondel	ton	77,5
Lengte mast	m	80,0
Diameter mast	m	3,7
Massa mast	ton	146,0

Windturbine specificaties – Harde Zeewering

In onderstaande tabel zijn de specificaties van de windturbines aan de Harde Zeewering opgenomen. Deze gegevens zijn door Eneco (Assetmanagement) gecontroleerd en akkoord bevonden.

Tabel 10-9: Specificaties windturbines Harde Zeewering: Vestas V117 – 4,3MW

Turbinekenmerken	Eenheid	Waarde
Nominaal toerental	rpm	13,6
Hoogte rotatiepunt	m	86,0
Rotordiameter	m	117,0
Lengte afgebroken blad	m	57,2
Oppervlak afgebroken blad	m^2	176,7
Massa blad	ton	15,0
Bladzwaartepunt	m	17,1
Hoogte hub	m	3,8
Breedte hub	m	3,8
Lengte hub	m	5,5
Massa hub	ton	40,0
Massa rotor	ton	85,0
Hoogte gondel	m	6,9
Breedte gondel	m	4,2
Lengte gondel	m	12,8
Massa gondel	ton	100,0
Lengte mast	m	76,0
Diameter mast	m	7,5
Massa mast	ton	160,0

Berekende parameters – Windturbines Harde zeewering

Tabel 10-10: Windturbine Harde Zeewering – berekening kritische strook

Parameter	Bladbreuk		Mastbreuk			Gondel en rotorafworp		Eenheid
	Nominaal toerental	Overtoeren	Mast	Gondel en rotor	Blad	Gondel en rotor	Blad	
Kritische strook – 1 meter gronddekking	1,28	2,22	0,00	4,74	0,65	4,74	0,65	m
Kritische strook – 1,5 meter gronddekking	0,00	0,00	0,00	4,17	0,00	4,17	0,00	m
Kritische strook – 3,5 meter gronddekking	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	M
Penetratiediepte	1,19	1,49	0,21	2,57	1,05	2,57	1,05	m

Tabel 10-11: Windturbine Harde Zeewering - berekening penetratiediepte

Parameter	Bladbreuk		Mastbreuk			Gondel en rotorafworp		Eenheid
	Nominaal toerental	Overtoeren	Mast	Gondel en rotor	Blad	Gondel en rotor	Blad	
Penetratiediepte	1,19	1,49	0,21	2,57	1,05	2,57	1,05	m
Toelaatbare extra stress	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	Pa
Kinetische energie	1,71E+07	3,04E+07	7,85E+05	1,18E+08	1,27E+07	1,18E+08	1,27E+07	J
Elasticiteit	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	J
k1 (coëfficiënt)	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	-
k2 (coëfficiënt)	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	-
k3 (coëfficiënt)	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	-
Type bron	puntbron	puntbron	lijnbron	puntbron	puntbron	puntbron	puntbron	-
k4 (coëfficiënt)	1	1	0,43	1	1	1	1	-
k5 (coëfficiënt)	2,5	2,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
k6 (coëfficiënt)	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	-

Tabel 10-12: Windturbine Harde Zeewering - berekening toelaatbare extra stress

	Bladbreuk		Mastbreuk			Gondel en rotorafworp		Eenheid
	Nominaal toerental	Overtoeren	Mast	Gondel en rotor	Blad	Gondel en rotor	Blad	
Toelaatbare extra stress	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	Pa
Minimum vloeigrens (SMYS)	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	Pa
Intern gasdruk	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	Pa
Leiding diameter	831,6	831,6	831,6	831,6	831,6	831,6	831,6	mm
Wanddikte	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	mm

Tabel 10-13: Windturbine Harde Zeewering - berekening kinetische energie

	Bladbreuk		Mastbreuk			Gondel en rotorafworp		Eenheid
	Nominaal toerental	Overtoeren	Mast	Gondel en rotor	Blad	Gondel en rotor	Blad	
Kinetische energie	1,71E+07	3,04E+07	7,85E+05	1,18E+08	1,27E+07	1,18E+08	1,27E+07	J
Massa	1,50E+04	1,50E+04	1,60E+05	1,40E+05	1,50E+04	1,40E+05	1,50E+04	kg
Valversnelling	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	m/s2
Hoogte	86	86	76	86	86	86	86	m
Begin snelheid	24,35	48,71						m/s
Fractie (coëfficiënt)	1,00	1,00	1	1	1	1	1	-
Toerental	13,6	27,2						tpm
Lengte	57,2	57,2	76					m
Ligging zwaartepunt	17,1	17,1	38					m
Ligging zwaartepunt / lengte	3,35	3,35						-

Berekende parameters – Windturbines Zuidwal

Tabel 10-14: Windturbine Zuidwal - berekening penetratiediepte

	Bladbreuk		Mastbreuk			Gondel en rotorafworp		Eenheid
	Nominaal toerental	Overtoeren	Mast	Gondel en rotor	Blad	Gondel en rotor	Blad	
Penetratiediepte	0,82	1,01	0,20	2,06	0,74	2,06	0,74	m
Toelaatbare extra stress	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	Pa
Kinetische energie	6,82E+06	1,15E+07	7,16E+05	6,78E+07	5,26E+06	6,78E+07	5,26E+06	J
Elasticiteit	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	J
k1 (coëfficiënt)	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	-
k2 (coëfficiënt)	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	-
k3 (coëfficiënt)	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	-
Type bron	puntbron	puntbron	lijnbron	puntbron	puntbron	puntbron	puntbron	-
k4 (coëfficiënt)	1	1	0,43	1	1	1	1	-
k5 (coëfficiënt)	2,5	2,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
k6 (coëfficiënt)	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	-

Tabel 10-15: Windturbine Zuidwal - berekening toelaatbare extra stress

	Bladbreuk		Mastbreuk			Gondel en rotorafworp		Eenheid
	Nominaal toerental	Overtoeren	Mast	Gondel en rotor	Blad	Gondel en rotor	Blad	
Toelaatbare extra stress	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	Pa
Minimum vloeigrens (SMYS)	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	Pa
Intern gasdruk	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	Pa
Leiding diameter	831,6	831,6	831,6	831,6	831,6	831,6	831,6	mm
Wanddikte	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	mm

Tabel 10-16: Windturbine Zuidwal - berekening kinetische energie

	Bladbreuk		Mastbreuk			Gondel en rotorafworp		Eenheid
	Nominaal toerental	Overtoeren	Mast	Gondel en rotor	Blad	Gondel en rotor	Blad	
Kinetische energie	6,82E+06	1,15E+07	7,16E+05	6,78E+07	5,26E+06	6,78E+07	5,26E+06	J
Massa	6,70E+03	6,70E+03	1,46E+05	8,64E+04	6,70E+03	8,64E+04	6,70E+03	kg
Valversnelling	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	m/s2
Hoogte	80	80	80	80	80	80	80	m
Begin snelheid	21,58	43,16						m/s
Fractie (coëfficiënt)	1,00	1,00	1	1	1	1	1	-
Toerental	18,4	36,8						tpm
Lengte	44	44	80					m
Ligging zwaartepunt	11,2	11,2	40					m
Ligging zwaartepunt / lengte	3,93	3,93						-

Bijlage

2. Gevoeligheidsanalyse ruwheidslengte

Royal HaskoningDHV

In Safeti-NL is voor de ruwheidslengte de standaard waarde van 300 mm ingesteld. Deze gevoeligheidsanalyse heeft tot doel te evalueren of deze standaardwaarde passend is bij de geometrie van het terrein omliggend aan het zeeleiding tracé. Deze evaluatie werd nodig geacht omdat het omliggende terrein divers van geometrie is: vlakke zee, hoge opslagtanks en (gestapelde containers) bij buurbedrijvenen braakliggend terrein. Onderstaande figuur geeft de plaatsgebonden risicocontouren 10-6 (PR = 10-6/jaar) bij verschillende ruwheidslengtes (in de legenda van onderstaande figuur afgekort met 'SR' = surface roughness). Het doel van deze figuur is de invloed van verschillende waarden van de ruwheidslengte op het risicoprofiel inzichtelijk te maken. De voor deze gevoeligheidsanalyse ingevoerde parameters zijn niet (exact) overeenkomstig de parameters zoals beschreven in hoofdstuk 5 betreffende 'Systeembeschrijving zeeleiding', waardoor de ligging van de PR = 10^{-06} per jaar contouren niet vergeleken kan worden met de plaatsgebonden risicocontouren zoals gepresenteerd in de resultaten in hoofdstukken 7 en 8. Dit vormt echter geen probleem voor deze gevoeligheidsanalyse omdat enkel het onderlinge verschil in ligging, veroorzaakt door het verschil in toegepaste ruwheidslengte, van belang is voor de conclusie van deze gevoeligheidsanalyse.

Voor onderstaande waarden van de ruwheidslengte zijn de PR = 10^{-06} per jaar contouren bepaald. Uit het resultaat blijkt dat binnen dit bereik van ruwheidslengtes de ligging van de contouren niet sterk verschilt.

- 300 mm (basis instelling in Safeti-NL)
- 100 mm (vrijwel vlak, af en toe grote obstakels
- 60 mm (een 'gemiddelde' van de vlakken waar de zeeleiding binnen is gelegen)



Op basis van de gevoeligheidsanalyse is besloten om te modelleren met een ruwheidslengte van 100 mm. Deze keuze is gemaakt om recht te doen aan het vlakke karakter van het gebied ten noorden van de zeeleiding en tegelijkertijd rekening te houden met (mogelijke) ontwikkeling van het terrein ten zuiden van de zeeleiding. Opgemerkt wordt dat het kiezen van een andere ruwheidslengte naar aller waarschijnlijkheid geen significante invloed op het risicoprofiel zou hebben gehad.

Bijlage

3. Risico reducerende voorzieningen

Royal HaskoningDHV

Deze bijlage beschrijft de risico reducerende voorzieningen (verder voorzieningen) die zijn genomen ten aanzien van de buisleiding. De beschreven voorzieningen reduceren de kans van falen van de leiding. Voor mogelijke voorzieningen is aangesloten bij het rekenvoorschrift omgevingsveiligheid – module V buisleidingen [7]. Dit rekenvoorschrift geeft voorzieningen waarvoor een reductie op de faalkans mag worden toegepast en geeft de bijbehorende reductiefactor. Ook zijn voorwaarden geformuleerd waar de voorziening aan moet voldoen om deze van toepassing te mogen beschouwden.

Het vertrekpunt van de analyse om tot de faalkans van de buisleiding te komen is het overzicht van *'Faalfrequentie en faaloorzaken verdeling voor chemicaliënleiding"* zoals opgenomen in het rekenvoorschrift. Op basis van data is per faaloorzaken bepaald wat de faalfrequentie is. De faalfrequentie van de leiding volgt uit de optelsom van de faalfrequentie van alle faaloorzaken. De mogelijke faaloorzaken zijn verdeeld in onderstaande categorieën:

- Beschadiging door derden
- Mechanisch
- Inwendige corrosie
- Uitwendige corrosie
- Natuurlijke oorzaken
- Operationeel

Voor de faaloorzaken 'beschadiging door derden', 'inwendige corrosie' en 'uitwendige corrosie' zijn in het rekenvoorschrift voorzieningen gedefinieerd die direct mogen worden toegepast indien aan de randvoorwaarde van deze voorzieningen wordt voldaan. Voor de overige faaloorzaken zijn voorzieningen gegeven, maar deze mogen pas worden toegepast na overleg met bevoegd gezag.

In de volgende paragraaf wordt de basis faalfrequentie gegeven. Daarna volgt een paragraaf waarin in de risico reducerende voorzieningen die direct mogen worden genomen besproken worden. Op basis van de basis faalfrequentie en de voorzieningen wordt vervolgens het plaatsgebonden risicobepaald. Op basis van het toetsingskader, zoals besproken in paragraaf 3.2, wordt bepaald of een additionele risicoreductie nodig is, en zo ja wat de omvang is.

Basis faalfrequentie

Voor de basis faalfrequentie wordt uitgegaan van een leiding die voldoet aan de stand der techniek (voorwaarden).

Tabel 10-17: Faalfrequentie en faaloorzaak verdeling voor chemicaliënleidingen die voldoen aan 'stand der techniek' *[7]*

Faaloorzaakverdeling voor buisleidingen met chemicaliën die voldoen aan 'stand der techniek'					
Faaloorzaak	Faalfrequentie [per km.jaar]			Aandeel (%)	
	Breuk	Lek	Totaal	Breuk	Lek
Beschadiging door derden	1,77E-05	2,63E-05	1,71E-04	47,9%	21,9%
Mechanisch	7,96E-06	3,86E-05	1,77E-04	21,5%	32,2%
Inwendige corrosie	1,41E-06	1,17E-05	4,97E-05	3,8%	9,8%
Uitwendige corrosie	4,25E-06	3,52E-05	1,49E-04	11,5%	29,3%
Natuurlijke oorzaken	2,26E-06	3,60E-06	2,27E-05	6,1%	3,0%
Operationeel/overig	3,40E-06	4,56E-06	3,09E-05	9,2%	3,8%
Totaal	3,70E-05	1,20E-04	6,00E-04	100%	100%

Toegepaste risico reducerende voorzieningen

In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van faaloorzaken en toegepaste reducerende voorzieningen. Binnen deze faaloorzaak 'Beschadiging door derden' zijn diverse clusters gedefinieerd van mogelijke reducerende voorzieningen; binnen de clusters mag rekenkundig één reducerende voorziening in de modellering worden opgenomen. Wiskundige vergelijkingen om de reductiefactoren te berekenen zijn niet opgenomen in deze rapportage; indien gewenst kan de lezer deze terug vinden in boven genoemd Rekenvoorschrift.

Tabel 10-18: Tabel 20 Overzicht toegepaste voorzieningen en reductiefactor

Faaloorzaak	Cluster	Maatregel	Toegepast	Reductie
Beschadiging door derden	-	Mitigatie door gronddekking	J	1 meter: 1,47 1,5 meter: 4,87 3,5 meter 16,18
	Cluster 1 - Actief rappel	Geen maatregel uit cluster 1 of buisleiding die voldoet aan stand-der-techniek-voorwaarden	J	1
		Actief rappel.	J	-
	Cluster 2 - Afdekking met beschermend materiaal	Waarschuwingslint	J	1,67
		Beschermplaten	-	-
		Waarschuwingslint + Beschermplaten	-	-
	Cluster 3 - Beheermaatregelen	Vergaande restricties	-	-
		Grave/boren verboden	-	-
		Beperkte restricties	J	1,6
	Cluster 4 - Fysieke barriéres op maaiveld	Hekwerk	-	-
		Dijklichaam	-	-
		Barriére op het maaiveld	-	-
	Cluster 5 - overige maatregelen	Strikte begeleiding werkzaamheden (cluster 1 - geen maatregel)	-	-

		Camera toezicht (cluster 1 - geen maatregel)	-	-
		Strikte begeleiding werkzaamheden (cluster 1 - actief rappel)	J	2,5
		Camera toezicht (cluster 1 - actief rappel)		-
	Cluster 6 - Extra gronddekking 1)	Aantal meters extra gronddekking	-	-
	Cluster 7	Wanddikte exclusief corrosietoeslag is minimaal 15 mm	J	10
	Mechanisch falen	Het verlagen van de maximaal toegestane operatie druk tot een niveau waarbij de operational stress beneden 30% SMYS (Specified Minimum Yield Stress) komt	-	-
		Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie	J	10
	Inwendige corrosie	Het te transporteren medium is inherent aantoonbaar volledig niet-corrosief ten opzichte van het materiaal van de buisleiding (en vice versa)	-	-
		Het te transporteren medium is afdoende niet corrosief gemaakt ten opzichte van het materiaal van de buisleiding, maar voorzorgsmaatregelen en bewaking/ beveiligingen zijn noodzakelijk. Deze kunnen mogelijkerwijs falen	-	-
		Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie	J	10
	Uitwendige corrosie	Het buismateriaal is inherent volledig niet-corrosief ten opzichte van de omgeving	-	-
		Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie	J	10
	Natuurlijke oorzaken	Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen kunnen door middel van een evaluatie redelijkerwijs vergaand worden uitgesloten	J	10
		Natuurlijke oorzaken kunnen worden uitgesloten	-	-
	Operationeel/overig	Toegepaste SIL = Berekende SIL +1	-	-
		Toegepaste SIL = Berekende SIL +2	J	100

1. Verdisconteerd in eerste rij 'mitigatie door gronddekking'

Toegepaste faalfrequentie met implementatie van risico reducerende voorzieningen

Tabel 10-19: Toegepaste faalfrequentie na implementatie reductiefactoren

Faaloorzaak verdeling voor buisleidingen met chemicaliën.		
Faaloorzaak	Faalfrequentie [per km.jaar]	
	Breuk	Lek
Beschadiging door derden – leidingsegment met 1 meter gronddekking	1,80E-07	2,68E-07
Beschadiging door derden – leidingsegment met 1,5 meter gronddekking	5,44E-08	8,08E-08
Beschadiging door derden – leidingsegment met 3,5 meter gronddekking	1,64E-08	2,43E-08
Mechanisch	7,96E-07	3,86E-06
Inwendige corrosie	1,41E-07	1,17E-06
Uitwendige corrosie	4,25E-07	3,52E-06
Natuurlijke oorzaken	2,26E-07	3,60E-07
Operationeel/overig	3,40E-08	4,56E-08
Windturbine – enkel direct pipe tracé en over segment zoals beschreven in bijlage 2	7,18E-04	-

Toelichting

Voor de leiding wordt een veiligheidsbeheersysteem (VBS) opgesteld in overeenstemming met NEN3655. Het VBS heeft als doelstelling om veilig en betrouwbaar transport te bewerkstelligen en om incidenten te voorkomen, alsmede om aan de vingerende wet- en regelgeving te voldoen.

Als onderdeel van het VBS wordt gedefinieerd welke activiteiten worden uitgevoerd om de integriteit van de leiding te beheersen.

Belangrijke operationele parameters zoals druk, temperatuur en doorzet zullen continue worden gemonitord.

De ligging van de leiding zal bepaald worden door middel van visuele (camera) inspectie of sonar survey langs het leidingtracé, waaruit, door vergelijking met de gegevens die vooraf en tijdens de installatie zijn verkregen, kan worden afgeleid hoe de leiding en de bodem zich gedragen.

Ter preventie van interne corrosie zal de kwaliteit van het medium, en specifiek de aanwezigheid van onzuiverheden die tot corrosie kunnen leiden, worden gemonitord bij de emittanten en nogmaals bij het compressor station en de terminal. Tevens bestaat de mogelijkheid om een monster van het medium te nemen voor kwaliteitsanalyse in een laboratorium.

Om externe corrosie te vermijden zal de leiding volledig worden beschermd door een coating. Tevens wordt kathodische bescherming geïnstalleerd op zowel het land- als zeedeel van de leiding om corrosie bij beschadigingen aan de coating te voorkomen. De status van de coating en goede werking van het kathodische beschermingssysteem zal worden gemonitord door middel van controlemetingen zowel op het land- als zeedeel van de leiding.

Voor het landdeel van de leiding zal bij notificatie van werkzaamheden via KLIC (Kabel en Leidingen Informatie Centrum), afstemming en strikte begeleiding van grondroerende werkzaamheden in de nabijheid van de Aramis leiding plaatsvinden.

De conditie van het overdruk beveiligingssysteem zal regelmatig worden gecontroleerd en de juiste werking zal periodiek worden vastgesteld met behulp van een functionele test (als onder deel van de SIL classificatie).

Om te verifiëren of de maatregelen voor de integriteit van de leiding effectief zijn zal periodiek een in-line inspectie worden uitgevoerd. Deze inspectie wordt uitgevoerd door een intelligent pig (sonde) door de buis te leiden om de wanddikte en mogelijke defecten (als gevolg van corrosie of mechanische schade) te meten. De inspectie zal worden uitgevoerd in overeenstemming met de randvoorwaarden ‘In-line inspectie (ILI)’ als omschreven in de Handleiding Risicoberekeningen Toelichting en op basis van gangbare standaarden in de industrie, zoals de POF100 “specifications and requirements for in-line inspection of pipelines” door de Pipeline Operators Forum. Meerdere technologieën zijn beschikbaar om koolstofstalen leidingen in CO2 service te inspecteren. Het Aramis project is een programma gestart om de optimale ILI technologie te selecteren voor de transportleiding, met als minimale specificatie de eerdergenoemde eisen per Handleiding Risicoberekeningen.

Indien defecten worden geïdentificeerd zullen deze worden beoordeeld in een risicoanalyse met een ‘fit-for-purpose’ (bedrijfsgeschiktheids) demonstratie per NEN3650. Indien nodig zal het defect worden gerepareerd.

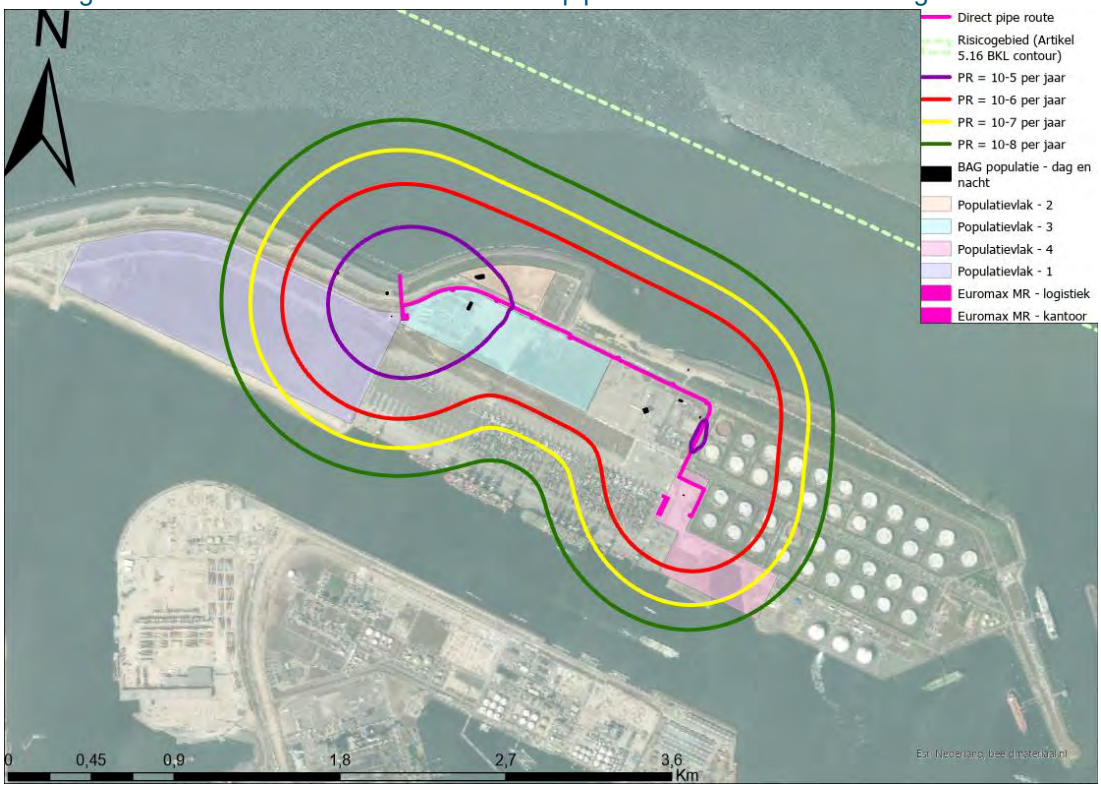
De eerste ILI zal binnen enkele jaren na opstarten worden uitgevoerd als baseline. Voor het bepalen van de inspectie interval zal een RBI-aanpak (Risk Based Inspection) toegepast worden waarbij monitorings informatie gebruikt wordt om mogelijke faaloorzaken te analyseren en gekoppeld aan de consequenties een inspectieregime wordt bepaald. Monitorings informatie bevat onder andere de historische druk, temperatuur en doorzet in de buisleiding, alsmede kwaliteitsmetingen aan het medium, controle metingen op het kathodische bescherming systeem en visuele/sonar inspectie resultaten m.b.t. de ligging van de leiding. Ook de resultaten van in-line inspecties worden meegenomen in het RBI proces. De maximale ILI interval bedraagt 10 jaar.

Appendix

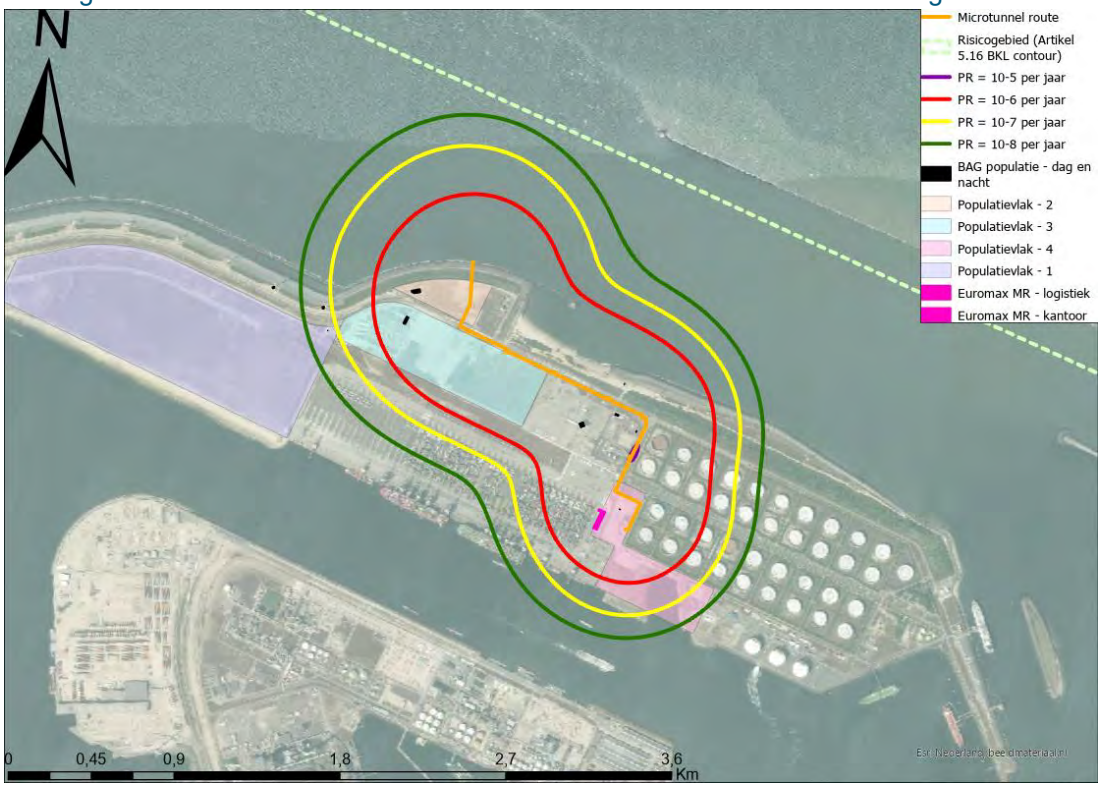
4. Plaatsgebonden risico contouren - standaard risicoreducerende maatregelen

Royal HaskoningDHV

Plaatsgebonden risicocontouren voor de direct pipe route met ‘standaard mitigerende maatregelen’



Plaatsgebonden risicocontouren voor de microtunnel route met ‘standaard mitigerende maatregelen’



Bijlage

5. Uitwerking uitstromingscenario's

Royal HaskoningDHV

Uitwerking uitstroming scenario's
In Tabel 10-20 zijn gegevens zoals ingevoerd om het leidingsysteem te modelleren opgenomen. In Tabel 10-21 zijn de gegevens voor de faalscenario's opgenomen

De exportklep van het compressorstation en de beach valve hebben beide een ESD functie. Ingeval van een breuk zullen deze kleppen binnen 120 seconden gesloten zijn (= tijdsbestek van detectie, initiatie, en uitvoering).

Tabel 10-20: Leiding gegevens faalscenario

Parameter	Waarde	Eenheid	Toelichting
Modelstof	Koolstofdioxide	[-]	Modelstof standaard aanwezig in Safeti-NL
Rekenmodel	Long pipeline	[-]	
Druk	200	bar	
Temperatuur	9,8	graden Celsius	Standaard te gebruiken instelling Safeti-NL volgens rekenvoorschrift voor buisleidingen
Ruwheidslengte buisleiding	45	µm	Standaard te gebruiken instelling Safeti-NL volgens rekenvoorschrift voor buisleidingen
Diepte ligging	Zie paragraaf 6.6 met betrekking tot 'Gronddekking'	meter	expansielussen en in- en uittrede punten leidingstraat zijn met een meter gronddekking gemodelleerd.
Grondsoort bedekking	Zandgrond	[-]	Grondsoort standaard aanwezig in Safeti-NL
Lengte zeeleiding (terugstroming)	> 150	km	

Tabel 10-21: Safeti-NL model gegevens

Parameter	Waarde	Eenheid	Toelichting
Uitstroommodel	Kratermodel	[-]	
Uitstroom richting	Verticaal	[-]	
Model hoogte	0,01	m	Standaard te gebruiken instelling Safeti-NL volgens rekenvoorschrift voor buisleidingen
Toevoerdebiet vanuit compressor station (pumped-in flow)	700	kg/s	Risicoprofiel zeeleiding gebaseerd op maximale doorzet
Diameter breuk	Full bore	[-]	Ingevoerd als 'relative aperture = 1'
Diameter lek	20	mm	Vaste waarde volgens rekenvoorschrift voor buisleidingen

Appendix

6. SMEZ rapport

Zie MER-Bijlage 13-6. QRA transportleiding landdeel SMEZ rapport - F1

Royal HaskoningDHV

Appendix

7. Memo met onderwerp: CCS Aramis – Ondergrond’

Royal HaskoningDHV

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Mobility & Infrastructure

Aan:	Aramis Project Team
Van:	Tom Hijnekamp
Datum:	02 februari 2024
Kopie:	Paul Mink
Ons kenmerk:	BH8744-MI-ME-240125-0924
Classificatie:	Projectgerelateerd
Gecontroleerd door	Gilles Colard

Onderwerp: **CCS Aramis - Ondergrond**

---

1 Inleiding

In de Aramis pijpleiding QRA is voorgesteld om een reductiefactor 10 op de faaloorzaak natuurlijke oorzaken toe te passen. Voor het toepassen van deze reductiefactor is het nodig om aan te tonen dat de ondergrond stabiel is.In deze memo wordt de ondergrond van de trunkline van CCS Aramis beschouwd. Hiertoe is eerst de randvoorwaarde voor toepassing van de reductiefactor weergegeven, gevolgd door de uitgangspunten van de leiding en de grondopbouw. Met als laatste welke factor toegepast kan worden op basis van deze gegevens.

In onderstaande figuur is de locatie van de beschouwde leiding weergegeven. Inmiddels is bekend dat de microtunnel route (met geel aangegeven) het voorkeurstraject is en de DPI route (met roze aangegeven) links van de microtunnel route is daarom ook niet verder meegenomen in deze memo.



Figuur 1.1 Ligging van de Aramis leiding.

2 Referenties

[1] Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, versie maart 2022.

[2] Dinoloket.nl, portal met publiek beschikbare gegevens van de ondergrond, datum van raadpleging 25-01-2024.

[3] NEN-EN 9997-1+C1, 'Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels', d.d. november 2017

[4] Luchtfototijdreis.nl, website met luchtfoto's vanaf 2006. Datum van raadpleging 25-01-2024.

3 Randvoorwaarden 'natuurlijke oorzaken'

In Figuur 3.1 is de randvoorwaarden voor toepassing van de reductiefactor voor natuurlijke oorzaken weergegeven uit het rekenvoorschrift [1].

Randvoorwaarden 'natuurlijke oorzaken'

Ontoelaatbare zettingen/spanningen kunnen vergaand worden uitgesloten
Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen kunnen door middel van een evaluatie redelijkerwijs vergaand worden uitgesloten:

- Door nagaan van de bodemgesteldheid, met inventarisatie van kritische gebieden (b.v. mijnbouw, kunstwerken, veengebieden),
- Bij kritische gebieden een beheerste situatie te creëren, bijvoorbeeld meten/berekeningen van spanningen, meten met zet-/zakbakens, uitvoeren met rekstrookjes, onderheien, overdimensionering constructief ontwerp, ontbreken van koppelingen en overige appendages, spanningsvrije ligging.

Rapportage van de evaluatie dient binnen 1 jaar na het claimen van de reductiefactor beschikbaar te zijn.

Natuurlijke oorzaken kunnen worden uitgesloten
Natuurlijke oorzaken kunnen worden uitgesloten wanneer een onderbouwende rapportage het bewijs levert van een dichte en stabiele ondergrond (bijvoorbeeld zandgronden).

- Door nagaan van de bodemgesteldheid op basis waarvan kritische gebieden kunnen worden uitgesloten (b.v. stabiele klei, zand),
- Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen zijn aantoonbaar uitgesloten (b.v. op basis van langjarige casuïstiek).

Figuur 3.1 Uitsnede van het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid [1].

4 Leiding

Hieronder zijn de ligging van de leiding en de belangrijkste eigenschappen met invloed op de zetting weergegeven.

4.1 Ligging

Vanaf het compressor station in het zuiden tot aan de verbinding naar de microtunnel in Figuur 1.1 ligt de leiding in een leidingstrook. Hierin wordt de leiding door middel van openontgraving aangelegd waarna de sleuf weer wordt aangevuld met de ontgraven grond en wordt het maaiveld hersteld.

De dekking hier betreft voor het merendeel 1.0 m met uitzondering van kruisingen en mogelijke expansielussen waarbij de maximale dekking op 2.7 m uitkomt. De verbinding naar de microtunnel (oranje deel) ligt buiten de leidingstrook en de dekking hier verloopt van 2 tot 1.5 m.

De kruisingen zijn zichtbaar als verdikking of lus in de DPI route in Figuur 1.1.

4.2 Afmeting en gewicht

Stalen leiding:

- Binnendiameter 756 mm.
- Buitendiameter 832 mm.
- PE, 3 mm coating en mantelbuis met buitendiameter 1000 mm en wanddikte 11 mm.
- Isolatiemateriaal (PUR), tussen de coating en de mantelbuis.

Volumieke gewichten:

- Staal 7800 kg/m^3 of 76.5 kN/m^3.
- Volumiek gewicht van het medium is temperatuursafhankelijk, volumiek gewicht is;
    - Minimaal 450.9 kg/m^3 of 4.45 kN/m^3 (bij 0 °C).
    - Maximaal 1070.4 kg/m^3 of 10.5 kN/m^3 (bij 65 °C).
- PE-HD, 0.963 g/cm^3 of 9.4 kN/m^3.
- PUR, 180 kg/m^3 of 1.76 kN/m^3.

Wanneer de gewichten en afmetingen van de leiding gecombineerd worden komt er een gemiddeld volumiek gewicht uit van tussen de 12.8 en 16.2 kN/m^3, afhankelijk van de temperatuur.

5 Grondopbouw en geschiedenis

Met betrekking tot zetting zijn voornamelijk de bovenste meters onder maaiveld relevant. In dit geval is er vanwege de ligging op de Maasvlakte in de opgespoten bovenste meters alleen zand te verwachten, dit is nagegaan door de sonderingen en boringen in het Dinoloket [2] in de directe omgeving na te gaan. Onder dit pakket kunnen kleilagen voorkomen als zijn die (inmiddels) wel gering in dikte en is dus niet de verwachting dat deze tot zetting zullen leiden. In het opgespoten pakket zijn wel relatief los gepakte (zand)lagen zichtbaar, het voorkomen hiervan is dus niet uit te sluiten.

Met betrekking tot de zetting is dit echter nog steeds een zeer gunstige grondslag. Enerzijds omdat zandgronden niet erg zettingsgevoelig zijn en anderzijds omdat eventuele zetting in zand relatief snel optreedt waardoor de zetting ten gevolge van werkzaamheden in het verleden ook vrijwel uitgesloten kan worden.

In tabel 2.b van de NEN9997 [3] worden conservatieve waarde gegeven voor de volumieke gewichten van grond. Voor zand geldt:

- 17 en 19 kN/m^3 voor los gepakt droog en nat zand
- 18 en 20 kN/m^3 voor matig gepakt droog en nat zand

5.1 Recente geschiedenis

Op basis van luchtfoto's vanaf 2006 [4] is te zien dat vanaf 2013 de weg waarnaast de leiding komt te liggen aanwezig is. De mogelijke zetting ten gevolge van deze aanleg is naar verwachting allemaal opgetreden.

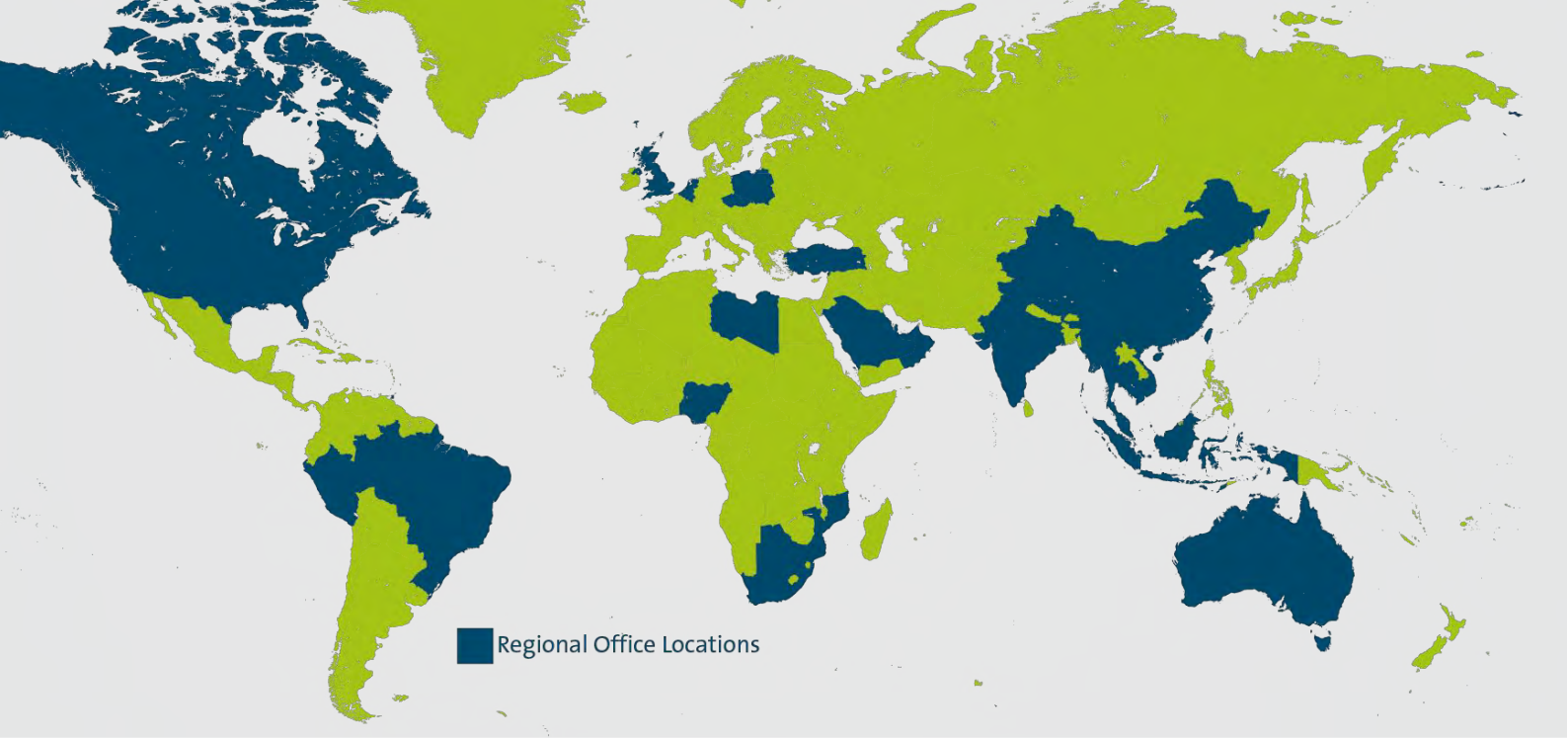
Nabij de aansluiting op de microtunnel is echter wel iets gebeurd na de aanleg van de weg, vanaf 2021 is hier zand zichtbaar op de luchtfoto's, dit lijkt echter op egaliseren van het maaiveld en niet zozeer ophogen. Deze werkzaamheden zullen ten tijde van de aanleg van de leiding geen of nog slechts zeer geringe zetting als gevolg hebben.

6 Beschouwing

Op basis van de aangetroffen zandige grondslag zijn er geen zettingen ten gevolge van de aanleg van de Maasvlakte of eerdere werkzaamheden langs het tracé, niet direct gerelateerd aan de aanleg van deze leiding meer te verwachten. Enige zetting vanuit lagen onder het zandpakket (achtergrondzetting) is niet uit te sluiten maar zal naar verwachting relatief gering zijn en optreden in het hele gebied en dus niet tot significante verschilzetting over de leiding leiden.

Hierbij komt dat de leiding als geheel genomen onder het volumieke gewicht van los gepakt zand uitkomt. De belasting onder de leiding is dus hoger voordat de leiding aangebracht is. Wanneer de leiding zorgvuldig aangebracht wordt, met verdichting van de werkvloer (0.3 m direct onder de leiding) ter voorkoming van zakking direct na aanleg is het aannemelijk dat geen significante zetting zal optreden.

Hiermee zijn dus zowel ontoelaatbare zettingen/spanningen en natuurlijke oorzaken redelijkerwijs vergaand uitgesloten en kan reductiefactor 10 worden toegepast.



With its headquarters in Amersfoort, The Netherlands, Royal HaskoningDHV is an independent, international project management, engineering and consultancy service provider. Ranking globally in the top 10 of independently owned, nonlisted companies and top 40 overall, the Company's 6,500 staff provide services across the world from more than 100 offices in over 35 countries.

Our connections

Innovation is a collaborative process, which is why Royal HaskoningDHV works in association with clients, project partners, universities, government agencies, NGOs and many other organisations to develop and introduce new ways of living and working to enhance society together, now and in the future.

Memberships

Royal HaskoningDHV is a member of the recognised engineering and environmental bodies in those countries where it has a permanent office base.

All Royal HaskoningDHV consultants, architects and engineers are members of their individual branch organisations in their various countries.

royalhaskoningdhv.com

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Equipment Item	Equipment Item Type	Scenario Name	Scenario Type	Path To Root	Substance	Inventory [kg]	LocationX [m]	LocationY [m]	Event frequency [/AvgeYear]
Trunkline - Windturbine bijdrage	Long pipeline	RDS 3_Breuk	Rationalised Discharge Scenario	DPI route\Windturbine\Trunkline - Windturbine bijdrage\Auto-generated sections\Breuk\Hoek van Holland, dag Dag\RDS 3_Breuk	CARBON DIOXIDE (HSE_RR749 PROBITS)		61358,793	444853	6,54805E-08

Hole Size / Pipe Diameter [m]	Weather	Discharge mass [kg]	Discharge rate [kg/s]	Release duration [s]	Largest Distance to 1% lethality [m]
1,0685798	B 3		33102,62971	58,46738406	827,8382919
1,0685798	D 1.5		33102,62971	58,46738406	1018,424021
1,0685798	D 5		33102,62971	58,46738406	806,7507861
1,0685798	D 9		33102,62971	58,46738406	435,9933306
1,0685798	B 3		33102,62971	87,04525227	955,7151732
1,0685798	D 1.5		33102,62971	87,04525227	1238,422797
1,0685798	D 5		33102,62971	87,04525227	932,5176186
1,0685798	D 9		33102,62971	87,04525227	460,5568505
1,0685798	B 3		33102,62971	13,8383363	629,8151716
1,0685798	D 1.5		33102,62971	13,8383363	742,3832718
1,0685798	D 5		33102,62971	13,8383363	602,2688388
1,0685798	D 9		33102,62971	13,8383363	513,4075395
1,0685798	B 3		33102,62971	35,46552669	746,5299381
1,0685798	D 1.5		33102,62971	35,46552669	893,5733439
1,0685798	D 5		33102,62971	35,46552669	697,9631643
1,0685798	D 9		33102,62971	35,46552669	473,5718304
1,0685798	B 3		33102,62971	4,791979394	631,7620087
1,0685798	D 1.5		33102,62971	4,791979394	681,0396041
1,0685798	D 5		33102,62971	4,791979394	621,8222113
1,0685798	D 9		33102,62971	4,791979394	538,2311759
1,0685798	B 3		33102,62971	14,11671618	684,0451246
1,0685798	D 1.5		33102,62971	14,11671618	763,1961023
1,0685798	D 5		33102,62971	14,11671618	643,9374967
1,0685798	D 9		33102,62971	14,11671618	531,8519031
0,02	B 3		35,63924057	180	0,612010111
0,02	D 1.5		35,63924057	180	0,680563874
0,02	D 5		35,63924057	180	0,608762803
0,02	D 9		35,63924057	180	0,585417678
1,0685798	B 3		33102,62971	58,00442309	912,7162172
1,0685798	D 1.5		33102,62971	58,00442309	1120,021241
1,0685798	D 5		33102,62971	58,00442309	842,1333859
1,0685798	D 9		33102,62971	58,00442309	478,2087884
1,0685798	B 3		33102,62971	32,34965335	754,162309
1,0685798	D 1.5		33102,62971	32,34965335	950,7619763
1,0685798	D 5		33102,62971	32,34965335	700,1514887
1,0685798	D 9		33102,62971	32,34965335	478,0068432
1,0685798	B 3		33102,62971	31,99612735	832,7293086
1,0685798	D 1.5		33102,62971	31,99612735	1019,247689
1,0685798	D 5		33102,62971	31,99612735	780,7049107
1,0685798	D 9		33102,62971	31,99612735	674,9906212
0,02	B 3		35,65768178	180	0,611901357
0,02	D 1.5		35,65768178	180	0,680200994
0,02	D 5		35,65768178	180	0,608672731
0,02	D 9		35,65768178	180	0,585338195
1,0685798	B 3		33102,62971	44,54251839	928,199653
1,0685798	D 1.5		33102,62971	44,54251839	1126,549001
1,0685798	D 5		33102,62971	44,54251839	858,6286588
1,0685798	D 9		33102,62971	44,54251839	684,207471
1,0685798	B 3		33102,62971	47,60284399	869,6638833
1,0685798	D 1.5		33102,62971	47,60284399	1109,859805
1,0685798	D 5		33102,62971	47,60284399	806,9215772
1,0685798	D 9		33102,62971	47,60284399	489,9290173
1,0685798	B 3		33102,62971	15,25659168	683,0570428
1,0685798	D 1.5		33102,62971	15,25659168	780,6838318
1,0685798	D 5		33102,62971	15,25659168	641,6529022
1,0685798	D 9		33102,62971	15,25659168	523,722035
1,0685798	B 3		33102,62971	29,87437881	805,5383621
1,0685798	D 1.5		33102,62971	29,87437881	992,3923628
1,0685798	D 5		33102,62971	29,87437881	774,4919246
1,0685798	D 9		33102,62971	29,87437881	642,8147893
1,0685798	B 3		33102,62971	5,637040815	644,3896331
1,0685798	D 1.5		33102,62971	5,637040815	697,4305612
1,0685798	D 5		33102,62971	5,637040815	630,8404253
1,0685798	D 9		33102,62971	5,637040815	555,8553767
0,02	B 3		35,63345899	180	0,612044055
0,02	D 1.5		35,63345899	180	0,680666496
0,02	D 5		35,63345899	180	0,608791007
0,02	D 9		35,63345899	180	0,585442618
1,0685798	B 3		33102,62971	32,61070986	855,4516623
1,0685798	D 1.5		33102,62971	32,61070986	1086,780712
1,0685798	D 5		33102,62971	32,61070986	821,4092334
1,0685798	D 9		33102,62971	32,61070986	747,6066058
1,0685798	B 3		33102,62971	45,71120839	921,0102899
1,0685798	D 1.5		33102,62971	45,71120839	1122,160455
1,0685798	D 5		33102,62971	45,71120839	853,6840579
1,0685798	D 9		33102,62971	45,71120839	664,7325865
1,0685798	B 3		33102,62971	6,267606966	786,8785437
1,0685798	D 1.5		33102,62971	6,267606966	914,2688284
1,0685798	D 5		33102,62971	6,267606966	738,8692459
1,0685798	D 9		33102,62971	6,267606966	778,5284254
0,02	B 3		35,65867851	180	0,611895611
0,02	D 1.5		35,65867851	180	0,680180318
0,02	D 5		35,65867851	180	0,608667899
0,02	D 9		35,65867851	180	0,585333886
1,0685798	B 3		33102,62971	16,26776734	753,6556396
1,0685798	D 1.5		33102,62971	16,26776734	780,016427
1,0685798	D 5		33102,62971	16,26776734	739,4368966
1,0685798	D 9		33102,62971	16,26776734	748,583337
1,0685798	B 3		33102,62971	31,88503481	853,3547701
1,0685798	D 1.5		33102,62971	31,88503481	1061,70911
1,0685798	D 5		33102,62971	31,88503481	813,1990634
1,0685798	D 9		33102,62971	31,88503481	746,9624137
1,0685798	B 3		33102,62971	45,83381415	920,2594528
1,0685798	D 1.5		33102,62971	45,83381415	1122,088698
1,0685798	D 5		33102,62971	45,83381415	853,1649113
1,0685798	D 9		33102,62971	45,83381415	662,31976
0,02	B 3		35,65769072	180	0,61190131
0,02	D 1.5		35,65769072	180	0,680200828
0,02	D 5		35,65769072	180	0,608672688
0,02	D 9		35,65769072	180	0,585338155

RAPPORT

Nautische Veiligheid

MER Aramis CO2 transportinfrastructuur

Klant: Aramis

Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2007

Status: Definitief/01

Datum: 9 februari 2024

ARAMIS	**CCS-ARAMIS Project** **Environment Impact Assessment – Baseline report** Document No. ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2007 Document title Nautical safety report Revision Final 4.0

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Nautische Veiligheid

Sub titel: MER Aramis CO2 transportinfrastructuur
Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2007
Status: 01/Definitief
Datum: 9 februari 2024
Projectnaam: MER CCS Aramis
Projectnummer: BH8744-106-101

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderzins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	**Inleiding**	**1**
1.1	Korte introductie van het Aramis initiatief	1
1.2	Korte introductie op het thema Nautische Veiligheid	3
1.2.1	Relevante fases	3
1.2.2	Relevante milieuaspecten	4
1.2.3	Relevante alternatieven en varianten	4
1.3	Opbouw van het MER en dit detailrapport	5
2	**Beleid, wet- en regelgeving**	**7**
2.1	Wettelijk kader	7
2.2	Beleidskader	7
2.3	Relevantie wet- en regelgeving voor criteria en beoordeling	8
2.3.1	Programma Noordzee 2022-2027	8
2.3.2	Relevante wet- en regelgeving voor waterkeringen	8
2.3.3	Gronddekking kabels en leidingen vanuit Rijkswaterstaat	9
2.3.4	Normering	9
3	**Beschrijving onderzoeks- en beoordelingsmethodiek**	**11**
3.1	Onderzoeksmethodiek	11
3.2	Nautische risico's	12
3.2.1	Terminal en scheepvaart	12
3.2.2	Zeeleidingen	13
3.2.3	Platformen; distributieplatform, nieuwe en bestaande platforms	15
4	**Beschrijving referentiesituatie**	**17**
4.1	Huidige situatie en autonome ontwikkeling	17
4.2	Geplande Aramis ontwikkeling	19
4.2.1	Terminal en scheepvaart	19
4.2.2	Zeeleidingen	20
4.2.3	Platformen; distributieplatform, nieuwe en bestaande platforms	22
5	**Milieuaspecten Gebruiksfase, inclusief onderhoud, calamiteiten**	**23**
5.1	Terminal en scheepvaart	23
5.2	Zeeleidingen	26
5.3	Platforms; distributieplatform, nieuwe en bestaande platforms	30
5.4	Samenvatting en conclusies	33
6	**Milieuaspecten aanlegfase en ontmantelingsfases**	**36**
6.1	Terminal en scheepvaart	36
6.2	Zeeleidingen	38

6.3 Platforms; distributieplatform, nieuwe en bestaande platforms 42
6.4 Samenvatting en conclusies 43

7 Milieuaspecten van Aramis als integraal systeem 46

8 Milieueffecten buiten Aramis scope 47

9 Leemten in kennis en voorstel voor monitoring 48
9.1 Leemten in kennis 48

10 Samenvatting bevindingen en toetsing wet- en regelgeving 49

1 Inleiding

Voor u ligt het detailrapport over Nautische veiligheid bij het MER voor het Aramis initiatief (kortweg Aramis). Het Aramis initiatief bestaat uit de aanleg en exploitatie van een open CCS-infrastructuur. Hiermee is het mogelijk om bij de industrie afgevangen CO_2 te vervoeren naar leeg geproduceerde gasvelden onder de Noordzee, om het daar permanent op te slaan. Hiermee leveren de Aramis initiatiefnemers een bijdrage aan het behalen van de Nederlandse klimaatdoelstellingen.

Dit detailrapport heeft betrekking op het milieuthema nautische veiligheid. Hierbij zijn de mogelijke risico's vanuit nautisch perspectief beschreven.

Dit detailrapport bevat een gedetailleerde beschrijving en beoordeling van de effecten van alle onderdelen van het Aramis initiatief, en een globale beschrijving en beoordeling van de effecten van onderdelen die niet tot het Aramis initiatief behoren, maar wel tot de CCS-keten.

1.1 Korte introductie van het Aramis initiatief

Integrale Aramis CCS-keten

Om de klimaatdoelstellingen te behalen, is er behoefte aan additionele transportinfrastructuur voor CO_2, waarmee meerdere opslaglocaties op zee worden ontsloten voor verschillende industriële emissiebronnen. Het Aramis initiatief speelt in op die behoefte door een nieuwe integrale en open CCS-keten mogelijk te maken. Het Aramis initiatief vormt een onderdeel van deze CCS-keten en bestaat uit de aanleg en exploitatie van een open CO_2-transportinfrastructuur. Het Aramis initiatief wordt in de rapportage dan ook wel aangeduid als Aramis CO_2-transportinfrastructuur. Samen met de afvanginfrastructuur en opslaginfrastructuur vormt dit de integrale CCS keten met onderstaande samenhangende onderdelen (zie figuur 1-1).

CO_2-afvanginfrastructuur

1 CO_2-afvang bij industrie, en geschikt maken voor transport;

2 CO_2-transport naar het verzamelpunt op de Maasvlakte, middels de Porthos landleiding of per schip;

CO_2-transportinfrastructuur (Aramis initiatief)

3 CO_2-verzamelpunt op de Maasvlakte met een compressorstation en een terminal.

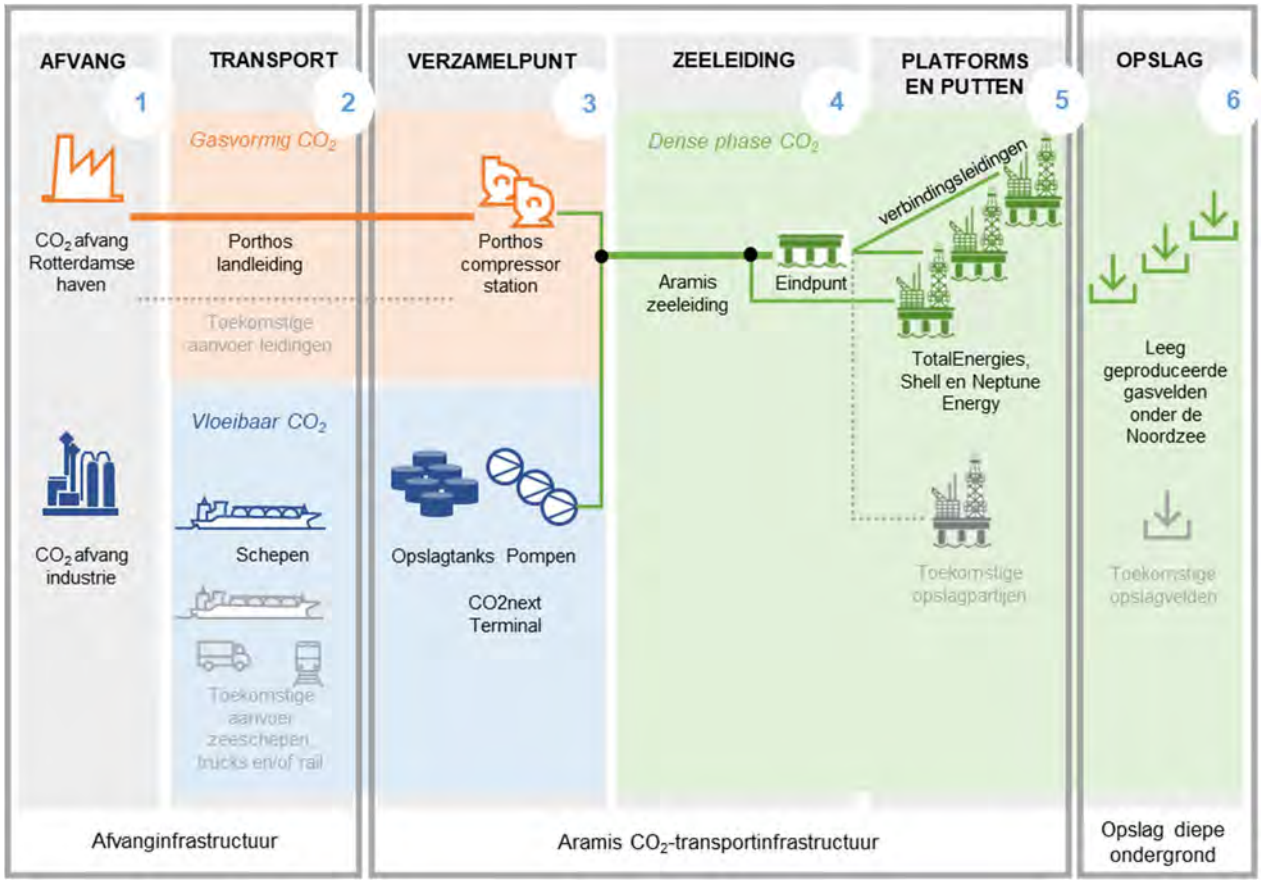
- Het compressorstation ontvangt gasvormig CO_2 dat aangevoerd wordt per landleiding (via de Porthos-landleiding) en brengt het op druk voor het transport per zeeleiding;
- De terminal ontvangt vloeibaar CO_2 aangevoerd per schip. De terminal locatie bevat steigers, opslagtanks voor tijdelijke opslag van CO_2 en hogedrukpompen voor levering aan de zeeleiding. CO_2 uit het compressorstation en vanaf de terminal komen samen in de CO_2-zeeleiding;

4 CO_2-transport door de centrale CO_2-zeeleiding naar het distributieplatform op de Noordzee. Dit platform is uitgerust met een verdeelstation voor toevoer van CO_2 naar de verschillende platforms. Er zijn tevens connectiepunten in de zeeleing waar vandaan CO_2 aan platforms geleverd kan worden;

5 CO_2-injectie: via verbindingsleidingen komt de CO_2 vanaf de zeeleiding bij injectieplatform. Middels putten bij deze platforms wordt CO_2 geïnjecteerd in leeg geproduceerde gasvelden in de diepe ondergrond van de Noordzee.

CO_2-opslag diepe ondergrond

6 CO_2-opslag: permanente CO_2 opslag in de diepe ondergrond.



Figuur 1-1: Overzicht van de integrale CCS-keten met daarin de componenten die onderdeel zijn van de voorgenomen activiteit, namelijk: transport per schip, terminal CO2next, uitbreiding compressorstation Porthos, zeeleiding met eindpunt en connectiepunten, aansluitleidingen en platforms

Het Aramis initiatief

Het Aramis initiatief heeft als doel het verzamelpunt (onderdeel 3), de zeeleiding (onderdeel 4) en de injectie (onderdeel 5) te realiseren. Hiervoor wordt door het Aramis consortium (bestaande uit Shell, TotalEnergies, Gasunie en EBN) samengewerkt met CO2next (voor de terminal) en Porthos (voor het compressorstation). De opslag vindt plaats vanaf de platforms van Shell, TotalEnergies en Neptune Energy.

De afvang (onderdeel 1) en transport van CO_2 naar het verzamelpunt (onderdeel 2) vallen buiten het Aramis initiatief[1]. In het MER worden deze aspecten wel benoemd en op hoofdlijnen beschreven, omdat ze integraal onderdeel uitmaken van de integrale Aramis CCS keten.

De opslag in de diepe ondergrond (onderdeel 6) valt eveneens buiten het initiatief. Voor de diepe ondergrond gelden geen milieuregels. De mogelijke gevolgen van opslag in de diepe ondergrond wordt echter wel apart beschreven in het MER middels de deelrapporten opslag diepe ondergrond.

[1] *Een deel van de schepen die CO_2 leveren aan de terminal is afkomstig van Aramis-initiatiefnemers.*

Bij de aanleg van Aramis wordt rekening gehouden met toekomstige uitbreiding met meer leveranciers van CO_2 en meer opslagpartijen. In eerste instantie wordt vergunning aangevraagd voor een startsituatie en de eerste uitbreidingssituatie. Dit wordt in het MER getoetst. Toekomstige initiatieven *na* de eerste uitbreidingssituatie behoren niet tot de vergunningaanvraag maar worden in het MER wel (globaal) beschreven.

De ingebruikname verwachten de Aramis initiatiefnemers in 2028, waarbij tegelijk al de eerste activiteiten zoals beschreven in de eerste uitbreidingsituatie kunnen starten. Voor het bereiken van de maximale doorvoercapaciteit is enkele jaren later als uitgangspunt in het MER aangehouden.

Een uitgebreide beschrijving van het Aramis initiatief is opgenomen in het deelrapport technische beschrijving en het samenvattend hoofdrapport MER (zie figuur 1-2).

1.2 Korte introductie op het thema Nautische Veiligheid

Bij het milieuthema nautische veiligheid worden risico's in beeld gebracht. Andere milieuthema's hebben veelal betrekking op milieueffecten, dat wil zeggen gevolgen die zullen optreden ten gevolgen van activteiten. Bij nautische veiligheid wordt in beeld gebracht wat de kans en gevolgen van een gebeurtenis zijn. Dat wordt voor de eenduidigheid met de andere thema's als effect omschreven.

Voor het milieuthema nautische veiligheid zijn de aspecten *scheepvaart, aanvaring (van de buisleiding, van de steiger, van het platform, van derden, door derden)* van belang. Daarnaast is ook het *falen van de buisleiding* een aspect dat onderdeel is van nautische veiligheid.

Voor het aspect Nautische Veiligheid is daarom gekeken naar:

1. Verscheping in de omgeving Rotterdam
    a. Doorvaart van CO_2 zeeschepen in de Maasgeul;
    b. Doorvaart van CO_2 binnenvaart door Rotterdam;
    c. Afmeren;
    d. Verlading;
    e. Effecten van (gebruik van) de marine terminal van CO_2next.
2. Zeedeel Leiding
    a. Aanlanding in Rottterdam;
    b. kruising van de Maasgeul;
    c. Zeeleiding tracé (op de zeebodem en ingegraven) naar het distributieplatform;
    d. Verbindingsleidingen (op zeebodem en deels ingegraven) van het distributieplatform naar de injectieplatforms
    e. Kruisingen van pijpleidingen en kabels;
    f. Kruisingen met navigatiegebieden.
3. Platforms
    a. Distributieplatform;
    b. Nieuwe platforms (Neptune Energy en Shell);
    c. Connectie op bestaand platform (TotalEnergies).

Zowel de aanlegfase als de operationele fase is beschouwd.

1.2.1 Relevante fases

Het MER bestudeert die aspecten van een activiteit die de fysieke leefomgeving kunnen beïnvloeden. De milieueffecten van de alternatieven en varianten voor het milieuthema nautische veiligheid worden

beschreven. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de aanlegfase en gebruiksfase, en worden de mogelijke effecten van een incident beschreven; namelijk bijvoorbeeld:

- De aanlegfase bestaat uit de aanleg van de terminal, het aanpassen van het compressorstation, plaatsen van de buisleiding op en in de zeebodem) en het installeren en aanpassen van platforms.
  - De effecten tijdens de aanleg betreffen het hinderen van de scheepvaart en de risico's van een aanvaring. Bij inspectie, reparaties en/of herbegraven zijn vergelijkbare effecten op de scheepvaart te verwachten als bij de aanleg.

- De gebruiksfase bestaat uit de start-up en shutdown van de buisleiding waarbij de druk en temperatuur van CO_2 in de buisleiding zal toenemen en afnemen. Gedurende de normale gebruiksfase wordt een constante druk en temperatuur aangenomen.
  - De effecten tijdens de gebruiksfase zijn met name het beschadigen van de buisleiding en platforms door ongecontroleerde aanvaring van schepen (met name derden)

Een verdere uiteenzetting van de effecten tijdens aanleg en gebruiksfase kan gevonden worden in hoofdstuk 3.2.
In de eerste fase van de m.e.r.-procedure voor het Aramis initiatief is afgebakend welke onderwerpen binnen dit thema relevant zijn om te onderzoeken en hoe. Dit is beschreven in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau die 18 november 2022 definitief is vastgesteld door de Minister voor Klimaat en Energie.

1.2.2 Relevante milieuaspecten

Voor het milieuthema nautische veiligheid zijn met name de volgende potentiële gebeurtenissen relevant:

- Aanvaring van platforms en aanmeervoorzieningen
- Beschadiging van buisleidingen

Voor meer details wordt verwezen naar de tekst in hoofdstuk 1.2 en de gedetailleerde effect inventarisatie in hoofdstuk 3.2.

Dit detailrapport beschrijft de milieueffecten van de potentiële gebeurtenissen.

Cumulatie
De term cumulatie wordt gebruikt voor het opstapelen van effecten veroorzaakt door verschillende gebeurtenissen. Door dit opstapelen kunnen de *gezamenlijke* effecten groter zijn dan die van een enkel gebeurtenissen.

1.2.3 Relevante alternatieven en varianten

In het MER zijn verschillende alternatieven en varianten onderzocht. Deze alternatieven en varianten zijn voor het milieuthema nautische veiligheid niet allemaal relevant. In Tabel 1-1 zijn de relevante varianten opgenomen.

Tabel 1-1. Relevante alternatieven en varianten voor het aspect nautische veiligheid.

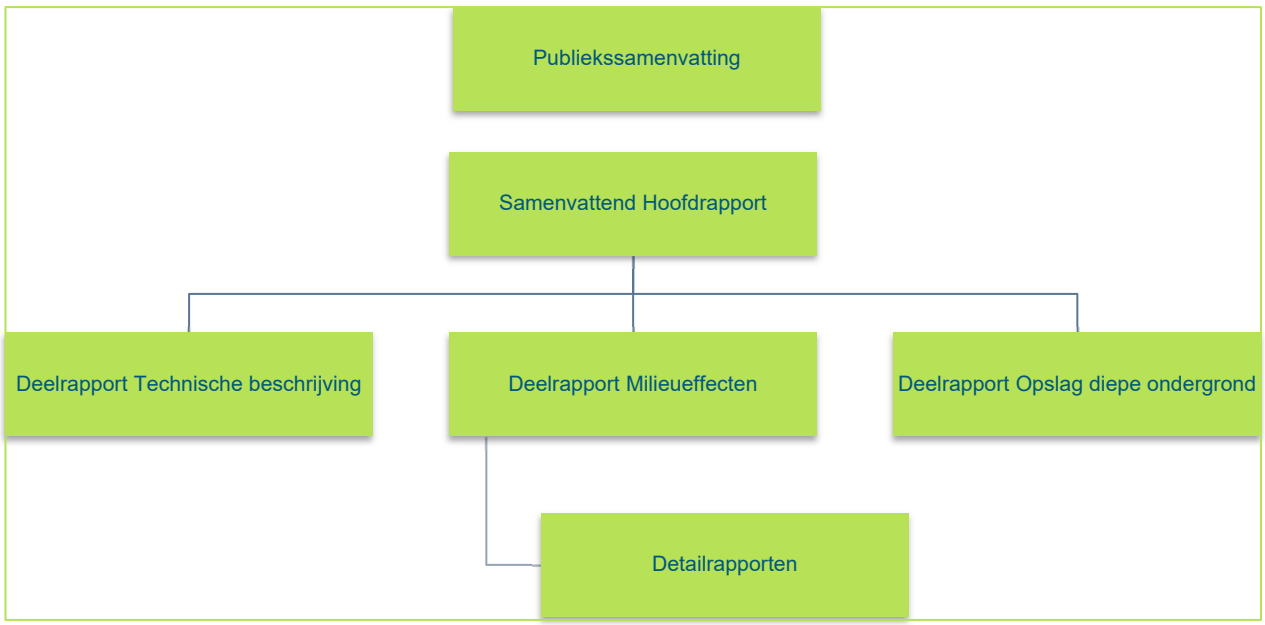
Locatie	Voorgenomen activiteit	Alternatief/ variant
Locatie van de terminal	Op het MOT-terrein, ten zuidoosten van de meest oostelijke opslagtanks voor aardolie	Tank 05 locatie bij Gate, ten oosten van de Yukonhaven
Kruising Maasgeul	Microtunnel vanaf haaienvin bij Edisonbaai	Direct Pipe boring nabij kruising Porthos leiding
Leiding tracé	Tracé volgens figuur 4.5	NA

Een uitgebreide beschrijving van al de alternatieven en varianten is opgenomen in het deelrapport Technische beschrijving bij het MER.

1.3 Opbouw van het MER en dit detailrapport

Voor het Aramis initiatief is een gecombineerd Plan-/ProjectMER opgesteld. Figuur 1-2 geeft de rapportagestructuur van het MER Aramis. Het MER bestaat uit een Samenvattend Hoofdrapport, voorzien van een Publiekssamenvatting. Ter onderbouwing van het Samenvattend Hoofdrapport zijn deelrapporten opgesteld. Dit betreft het deelrapport Technische beschrijving van Aramis, het deelrapport Milieueffecten met daarbij de onderliggende technische detailstudies en de deelrapporten Opslag diepe ondergrond. Doordat CO_2 in meerdere geologische voorkomens wordt opgeslagen, zijn er voor de opslag diepe ondergrond meerdere deelrapporten opgesteld.

Het voorliggende rapport is het detailrapport nautische veiligheid. De bevindingen uit dit detailrapport zijn opgenomen in het Deelrapport Milieueffecten, en op hoofdlijnen in het Samenvattend Hoofdrapport.



Figuur 1-2. Overzicht rapportagestructuur MER Aramis

Opbouw van dit detailrapport

Dit deelrapport beschrijft in het volgende hoofdstuk allereerst welk kader van beleid, wet- en regelgeving van toepassing is voor het thema Nautische Veiligheid. Nadat in hoofdstuk 3 is toegelicht hoe het onderzoek is uitgevoerd en hoe de effecten zijn beoordeeld, beschrijft hoofdstuk 4 de referentiesituatie. De referentiesituatie is de situatie die ontstaat op grond van de huidige situatie en alle relevante autonomie ontwikkelingen die verwacht worden in het studiegebied. Het dent veelal als vergelijkingsbasis voor het bepalen van de milieueffecten. In de dan volgende hoofdstukken (5, 6 en 7) worden de milieueffecten beschreven en beoordeeld, voor:

- de gebruiksfase, inclusief onderhoudswerkzaamheden en onvoorziene situaties
- tijdens de aanleg en ontmanteling.

Hoofdstuk 8 gaat op globaal niveau in op de effecten van alle ketenonderdelen die niet binnen de scope vallen van het Aramis initiatief, maar hier wel mee samenhangen. Tot slot bevat hoofdstuk 9 een opsomming van alle ontbrekende informatie voor het thema Nautische Veiligheid en een voorstel voor hoe de effecten op Nautische Veiligheid gemonitord kunnen worden.

2 Beleid, wet- en regelgeving

Dit hoofdstuk beschrijft welk beleid en welke wet- en regelgeving relevant is voor het Aramis initiatief voor het thema Nautische veiligheid. Dit maakt duidelijk binnen welke randvoorwaarden het Aramis initiatief tot stand moet komen.

2.1 Wettelijk kader

Deze paragraaf beschrijft het wettelijk kader voor het thema van dit deelrapport, inclusief alle criteria specifieke wettelijke kaders. Dit wordt weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 2-1. Wettelijk kader scheepvaart en veiligheid

Omgevingswet (2024)	Per 1 januari 2024 zijn de bepalingen van de Waterwet opgenomen in de Omgevingswet. De normen voor de primaire waterkeringen zijn vastgelegd als omgevingswaarde in het Besluit kwaliteit leefomgeving.
Arbeidsomstandighedenbesluit (2023)	Dit besluit stelt eisen aan de opsporing van niet-gesprongen explosieven. In artikel 4.10 van het Arbobesluit is bepaald dat bedrijven die werkzaamheden samenhangende met het opsporen van Niet-Gesprongen Explosieven (NGE) verrichten in het bezit dienen te zijn van een ‘procescertificaat opsporen conventionele explosieven dat is afgegeven door onze minister of een certificerende instelling’. De certificatieplicht geldt per 2007. In artikel 4.17f van de Arboregeling wordt als grondslag voor certificatie van opsporingsbedrijven verwezen naar het werkveldspecifieke certificatieschema voor het systeemcertificaat opsporing conventionele explosieven (WSCSOCE), zoals opgenomen in bijlage XII van de Arboregeling.
Noordzeeakkoord (2020) (waaronder OSPAR5, ASCOBANS6, Kaderrichtlijn Mariene Strategie);	Met het Noordzeeakkoord (NZA) geven overheid en stakeholders samen invulling aan de opgaven voor de Noordzee, zoals aan de natuur-, voedsel- en energietransities op de Noordzee. Ook wordt met het NZA een bijdrage geleverd aan de invulling van het klimaatakkoord. De afspraken, ook over de winning van fossiele energie, zijn gemaakt in het licht van de afspraken van COP-Parijs.
Regeling provinciale risicokaart	Provincies maken en beheren de Risicokaart. Dit is wettelijk verankerd in de Wet Veiligheidsregio’s. In een ministeriële regeling zijn nadere, algemeen verbindende voorschriften voor de Risicokaart opgenomen. Op de risicokaart staan kwetsbare objecten en risicovolle situaties. Bevat o.a. maximale waterhoogte bij dijkdoorbraak.

2.2 Beleidskader

Deze paragraaf beschrijft het beleidskader voor het thema van dit deelrapport, inclusief alle criteria specifieke beleidskaders. Dit wordt weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 2-2. Beleidskader scheepvaart en veiligheid

CS-OOO (2021)	Certificatieschema voor het managementsysteemcertificaat Opsporen van ontplofbare oorlogsresten. Certificatie van opsporingsbedrijven vindt plaats op basis van het Certificatieschema opsporen ontplofbare oorlogsresten (CS-OOO). Het CS-OOO heeft per 1 januari 2021 het zogenoemde WSCS-OCE vervangen. Het certificatieschema heeft betrekking op het opsporen van ontplofbare oorlogsresten die in de (water)bodem zijn achtergebleven tijdens en na de Eerste en Tweede wereldoorlog.

Nationaal Water Programma 2022-2027 (2022)	Het Nationaal Water Programma 2022–2027 (NWP) geeft een overzicht van de ontwikkelingen binnen het waterdomein en legt nieuw ontwikkeld beleid vast. Er wordt omschreven hoe er wordt gewerkt aan schoon, veilig en voldoende water dat klimaatadaptief en toekomstbestendig is. Het NWP beschrijft de nationale beleids- en beheerdoelen op het gebied van o.a. waterveiligheid en scheepvaart.
Programma Noordzee 2022-2027 (2022)	Het Programma Noordzee 2022-2027 richt zich op het bereiken van een duurzaam en veilig gebruik van de Noordzee dat bijdraagt aan de maatschappelijke, economische en ecologische doelstellingen van Nederland. Het plan is als bijlage onderdeel van het Nationaal Water Programma 2022-2027 en bevat onder andere nieuw beleid over het in stand houden en verder ontwikkelen van hoofdinfrastructuur (o.a. scheepvaartroutes).
Recente aanwijzingen van Natura 2000-gebieden op Noordzee, zoals Bruine Bank.	

2.3 Relevantie wet- en regelgeving voor criteria en beoordeling

In deze paragraaf wordt van een aantal beleidskaders aangegeven hoe deze de criteria en beoordeling daarvan beïnvloeden.

2.3.1 Programma Noordzee 2022-2027

Voor het goed kunnen functioneren en de toekomstbestendigheid van de zeehavens zijn voldoende ankergebieden van voldoende grootte essentieel. Aangrenzend aan deze ankergebieden wordt voldoende manoeuvreerruimte (c.q. voldoende afstand tot windparken) voor zeeschepen in stormsituaties vrijgehouden. Dit is belangrijk voor schepen die niet langer veilig ten anker kunnen liggen. Zij hebben voldoende ruimte nodig om snelheid te kunnen maken ter wille van de manoeuvreerbaarheid. gedurende de storm. In verkeersscheidingsstelsels, diepwaterroutes, ankergebieden, precautionary area's en clearways gaat scheepvaart vóór ander gebruik.

2.3.2 Relevante wet- en regelgeving voor waterkeringen

Waterkeringen (dijken, dammen en andere verhogingen die water kunnen keren) beschermen het Nederlandse land en haar bewoners tegen hoogwater van de zee of de binnenwateren. Waterkeringen zijn verdeeld in primaire, secundaire en regionale waterkeringen. Elke waterkering heeft een bepaalde normering die beschrijft hoe hevig de situatie is waartegen deze waterkering minimaal bestand moet zijn. Ook heeft elke waterkering een beschermingszone waarbinnen beperkte functies kunnen plaatsvinden. De normeringen en beschermingszones kunnen per waterkering verschillen, en staan beschreven in nationaal, provinciaal en regionaal (waterschappen) beleid. Deze staan tot 1 januari 2024 beschreven in de Waterwet, de provinciale omgevingsverordeningen van de provincies. Inmiddels zijn deze opgenomen in de Omgevingswet, Omgevingsregeling, Besluit kwaliteit leefomgeving en, voor zover al vastgesteld, de Waterschapsverordeningen[2].

De relevante zeewering voor Aramis wordt door RWS beschouwd als een primaire zeewering. Deze ligt echter buitendijks en helpt dus niet mee om overstromingen te voorkomen.

Het aanleggen van kabels, leidingen en tunnels mag niet leiden tot een vermindering van de veiligheid van een waterkering. In principe doorkruist elk mogelijk concept minimaal een waterkering. Dit gebeurt in de regel door middel van een boring onder de kering door, om eventuele effecten op de waterkering

[2] *Waterschappen moeten op 1 januari 2026 een waterschapverordening hebben vastgesteld*

zoveel mogelijk te minimaliseren. Tijdens het vormgeven van het concept, moet per tracé worden meegenomen wat de specifieke normeringen en beschermingszones van een waterkering zijn. Voor het abstractieniveau van dit deelrapport echter, is slechts de hoeveelheid kruisingen met een waterkering van belang.

2.3.3 Gronddekking kabels en leidingen vanuit Rijkswaterstaat

Indien het begraven van leidingen en kabels nodig is en toegepast, hanteert Rijkswaterstaat een minimale gronddekking op de kabel of leiding ten opzichte van de actuele bodem.

Rijkswaterstaat hanteert hiervoor de volgende categorieën en gronddekkingen:

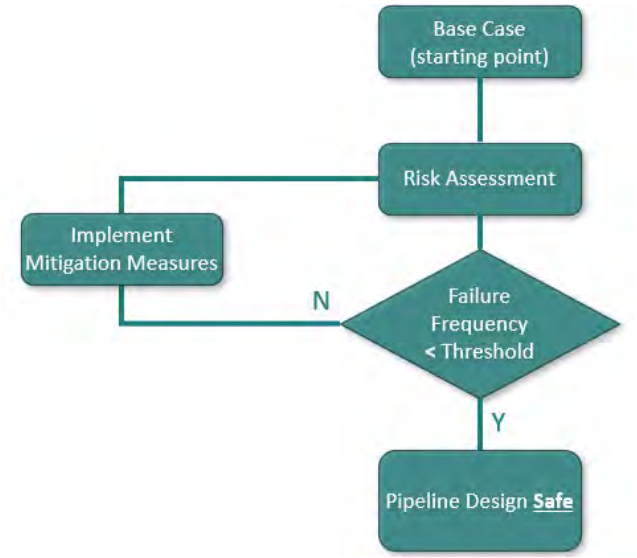
- Gronddekking buiten vaarwegen ≥ 1 meter;
- Gronddekking in vaarwegen ≥ 2,5 meter;
- Gronddekking kruising vaarwegen ≥ 2,5 meter

2.3.4 Normering

Het project wordt uitgevoerd conform onder andere de volgende relevante NEN- normen, waardoor de optredende risico's aanzienlijk worden gemitigeerd. Het recht wordt voorbehouden om gelijkwaardige normen toe te passen.

- NEN 3650-1 (2020) – Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 1: Algemene eisen
- NEN 3650-2 (2020) - Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 2: Aanvullende eisen voor leidingen van staal
- NEN 3651 (2020) - Aanvullende Eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken
- NEN 3655 (2020) - Veiligheidsbeheerssysteem (VBS) voor buisleidingsystemen voor het transport van gevaarlijke stoffen – Functionele eisen
- NEN 3656 (2022) - Eisen voor stalen zeeleidingsystemen.

De toe te passen methode is dat een risico assessment wordt uitgevoerd als onder deel van ontwerp. Het ontwerp wordt zo aangepast dat de risico's acceptabel zijn, omdat voldaan wordt aan de grenswaarde genoemd in de (NEN) normen. Deze methodiek is als volgt grafisch weergegeven.



3 Beschrijving onderzoeks- en beoordelingsmethodiek

Dit hoofdstuk beschrijft de aanpak waarmee de milieueffecten worden bepaald en beoordeeld. De beoordeling maakt gebruik van een risico inventarisatie.

In het kader van het vervolg van de studie wordt hier het onderscheid gemaakt tussen effecten en risico's.

De effecten zijn de gevolgen van het ontwikkelen, bouwen en opereren van de elementen binnen het kader van de Aramis m.e.r. Deze effecten worden in dit rapport geïnventariseerd en beoordeeld.

Risico is de kans dat een potentieel gevaar resulteert in een daadwerkelijk incident en de ernst van het letsel of de schade die dit tot gevolg heeft. In het kader van deze studie wordt het risico gebruikt om tot een beoordeling van het effect te komen.

3.1 Onderzoeksmethodiek

Onafhankelijk van de ontwerpen en uitgevoerde studies heeft een team van (Maritieme) Veiligheidsexperts op basis van de geplande activiteiten en onderdelen een interne effect-inventarisatie gemaakt, waarin ook de relevante nautische risico's zijn onderkend.

De effecten zijn gekwalificeerd en voor elk relevant effect is onderzocht

- hoe het project omgaat met het risico in ontwerp en uitvoering;
- Welke alternatieven zijn onderzocht;
- Welke mitigerende maatregelen zijn voorgesteld;
- Hoe bovenstaande is vastgelegd in studies.

Voor elk niet voldoende gemitigeerd effect is een voorstel gedaan voor verdere mitigatie.

Wijze van bepalen en beoordelen van effecten Nautische Veiligheid
In een milieueffectrapportage worden de milieueffecten van een voornemen in beeld gebracht en beoordeeld. De effecten bepalen we veelal door de toekomstige situatie die ontstaat door het voornemen te vergelijken met de situatie die ontstaat zonder het voornemen, ook wel de referentiesituatie genoemd.

Aan het verschil tussen die twee situaties, het effect, wordt een kwalitatief oordeel toegekend. Hierbij passen we een zeven-punts scoreschaal toe van plussen en minnen zoals hieronder voor elk beoordelingscriterium weergegeven. Op die manier worden de effecten voor alle relevante milieuthema's bepaald en beoordeeld.

Tabel 2-1. Maatlat effectbeoordeling Nautische Veiligheid

Effect	Omschrijving
+ + +	Sterk positief effect, groot van omvang en zodanig dat een overschrijding van normen wordt opgeheven
+ +	Positief effect, relatief groot of in een kritische periode of gebied
+	Licht positief effect, relatief beperkt, tijdelijk of lokaal
0	Geen effect
-	Licht negatief effect, relatief beperkt, tijdelijk of lokaal
- -	Negatief effect, relatief groot of in een kritische periode of gebied, mitigatie in de vorm van nader onderzoek naar risico's is nodig

- - -	Zeer negatief effect, zodanig dat milieueffect buiten de normen van regelgeving en beleid valt, nader onderzoek naar risico's in nodig en mitigerende maatregelen moeten worden toegepast
Nvt	Niet van toepassing

3.2 Nautische risico's

3.2.1 Terminal en scheepvaart

Met scheepvaart wordt hier bedoeld de schepen die CO_2 aanleveren in Rotterdam. Het gaat hier om zowel binnenvaart schepen als zeevaartschepen. Voor de zeevaart wordt het traject vanaf de Maasgeul tot aan de aanlegplaats beschouwd, voor de binnenvaart is het traject in de haven van Rotterdam naar de aanlegplaats beschouwd.

Aanlegfase
In de aanlegfase worden de steigers gebouwd, veelal gebruik makend van drijvend materieel.

Tabel 3-2. Effect inventarisatie terminal Aanlegfase

Nummer	Aspect	Effect	Risico
1.1.1	Marine terminal	Ongecontroleerd drijvend bouwmaterieel	Rammen van derden met als gevolg materiele schade, stremming van het Beerkanaal of Yangtzekanaal
1.1.2		Verankeringen voor drijvend materieel hinderen doorgaand scheepvaartverkeer	Rammen door derden met als gevolg materiele schade, stremming van het Beerkanaal of Yangtzekanaal
1.1.3		Rammen van bouwmaterieel of mariene constructies door derden	Rammen door derden met als gevolg materiele schade, stremming van het Beerkanaal of Yangtzekanaal

Gebruiksfase
In de gebruiksfase meren CO_2 zeeschepen en CO_2 binnenvaartschepen aan de steigers aan, waarna zij CO_2 verladen. De steigers liggen aan de rand van het Yangtzekanaal, de doorgaande ingang naar de Tweede Maasvlakte.

Tabel 3-3. Effect inventarisatie terminal Gebruiksfase

Nummer	Aspect	Effect	Risico
1.2.1	Doorvaart CO_2 zeeschepen	Uit de koers lopen door ondeugdelijk materiaal of menselijke fouten	Rammen van andere schepen, met als gevolg lekken CO_2, materiele schade, milieutechnische schade en economische schade door stremming van de Nieuwe Waterweg, het Beerkanaal of Yangtzekanaal
1.2.2		Uit de koers lopen door ondeugdelijk materiaal of menselijke fouten	Rammen van assets, zoals buisleidingen, steigers en oevers, met als gevolg lekken CO_2, materiele schade, milieutechnische schade en economische schade door stremming van de Nieuwe Waterweg, het Beerkanaal of Yangtzekanaal

Nummer	Aspect	Effect	Risico
1.2.3	Doorvaart CO_2 binnenvaart	Uit de koers lopen door ondeugdelijk materiaal of menselijke fouten	Rammen van andere schepen, met als gevolg materiele schade, milieutechnische schade en economische schade door stremming Nieuwe Waterweg
1.2.4		Uit de koers lopen door ondeugdelijk materiaal of menselijke fouten	Rammen van assets, zoals buisleidingen, steigers en oevers, met als gevolg materiele schade, milieutechnische schade en economische schade door stremming Nieuwe Waterweg
1.2.5	Afmeren van CO_2 zee schepen of CO_2 binnenvaart	Uit de koers lopen door ondeugdelijk materiaal of menselijke fouten	Rammen van andere schepen, met als gevolg materiele schade, milieutechnische schade en economische schade door stremming van het Beerkanaal of Yangtzekanaal
1.2.6	Verlading van CO_2	Verlies van CO_2 product tijdens de verlading door proces fouten, ondeugdelijk materiaal of brekende afmeerlijnen, bijvoorbeeld door passerende schepen of stroming uit uitlaat	Verlies van product met als gevolg milieuschade of persoonlijk gevaar
1.2.7	Marine terminal	Rammen van de constructie door derden	Rammen door derden met als gevolg materiele schade, stremming van het Beerkanaal of Yangtzekanaal

3.2.2 Zeeleidingen

Aanlegfase

De effecten tijdens de aanleg betreffen het hinderen van de scheepvaart en de risico's van een aanvaring. Bij inspectie, reparaties en/of herbegraven zijn vergelijkbare effecten op de scheepvaart te verwachten als bij de aanleg.

Tabel 3-4. Effect inventarisatie zeeleidingen Aanlegfase

Nummer	Aspect	Effect	Risico
2.1.1	Aanlanding pijpleiding op Maasvlakte	Aanlegwerkzaamheden doorkruising leiding tasten stabiliteit waterkering aan	Overstroming, economische schade voor herstel werkzaamheden
2.1.2	Kruising van de Maasgeul	Beschadigen bestaande pijplijnen door: a. gestuurde boring b. Drijvend materieel verankering c. Spudpalen/ heien d. Baggeren	Milieuschade, Economische schade voor herstel werkzaamheden Economische schade door onbruikbaar zijn van pijpleiding
2.1.3		hinderen doorgaand scheepvaartverkeer, bijvoorbeeld door verankeringen voor drijvend materieel of druktesten leiding	Rammen door derden met als gevolg materiele schade, Geplande stremming van de Nieuwe Waterweg, met als gevolg economische schade voor Haven van Rotterdam

Nummer	Aspect	Effect	Risico
2.1.4		Rammen van bouwmaterieel of mariene constructies, inclusief ontvangstschacht, door derden	Rammen door derden met als gevolg materiele schade, stremming van de Nieuwe Waterweg Beschadigen ontvangstschacht, met potentieel vollopen van tunneldeel. Personele risico's.
2.1.5		Ongecontroleerd drijvend bouwmaterieel	Rammen van derden met als gevolg materiele schade, stremming van de Nieuwe Waterweg
2.1.6	Zeeleiding tracé tot distributieplatform	Beschadigen bestaande- Niet bekende-pijpleidingen door baggeren of verankering drijvend materieel	Milieuschade, Economische schade voor herstel werkzaamheden Economische schade door onbruikbaar zijn van pijpleiding
2.1.7	Kruisingen van pijpleidingen en kabels	Beschadigen bestaande pijpleidingen en kabels door baggeren, verankering drijvend materieel of kruisingswerkzaamheden	Milieuschade, Economische schade voor herstelwerkzaamheden Economische schade door onbruikbaar zijn van pijpleiding
2.1.8	Kruisingen met navigatiegebieden	Verankeringen voor drijvend materieel hinderen doorgaand scheepvaartverkeer	Rammen door derden met als gevolg materiele schade, Geplande stremming van de navigatiegebieden, met als gevolg economische schade voor Haven van Rotterdam
2.1.9		Rammen van bouwmaterieel of mariene constructies door derden	Rammen door derden met als gevolg materiele schade, stremming van de navigatiegebieden
2.1.10		Ongecontroleerd drijvend bouwmaterieel	Rammen van derden met als gevolg materiele schade, stremming van navigatiegebieden

Gebruiksfase

De zeeleiding heeft een zeker faalkans (*falen buisleiding)*. Indien de CO_2 vrijkomt onderwater, dan zal zich een zogenaamde "bubble plume" vormen. De effecten van de zeeleiding op de visserij wordt bepaald door de kans op een ongeval door contact van vissersgerei en ankers met de transportleiding (*schade buisleiding door netten en ankers*).

Tabel 3-5. Effect inventarisatie zeeleidingen Gebruiksfase

Nummer	Aspect	Effect	Risico
2.2.1	Aanlanding in Rotterdam	Lekken primaire waterkering door doorkruising van de leiding	Overstroming, economische schade voor herstel werkzaamheden
2.2.2	Kruising van de Maasgeul	Verankeringen voor drijvend materieel tijdens onderhoud hinderen doorgaand scheepvaartverkeer	Rammen door derden met als gevolg materiele schade, Geplande stremming van de Nieuwe Waterweg, met als gevolg economische schade voor Haven van Rotterdam

Nummer	Aspect	Effect	Risico
2.2.3	Zeeleiding tracé tot distributieplatform Zeeleiding tracé to platforms	Falen van de buisleiding door: a. Corrosie b. Te hoge druk in de pijplijn	Zinkend schip van derden door verlies van hydrostatische druk
2.2.4		Beschadigen van de buisleiding door: a. Zinken schip na rammen of anderszins b. Slepen van ankers c. Slepen van vissers gerei d. Gevallen lading e. Aanraking door kiel schip of bouwmaterieel	Milieuschade, Economische schade voor herstel werkzaamheden Economische schade door onbruikbaar zijn van pijpleiding Zinkend schip van derden door verlies van hydrostatische druk Reputatieschade en obstructie
2.2.5	Kruisingen van pijpleidingen en kabels	Beoogd tracé interfereert met bestaande infrastructuur	Verplaatsen bestaande infrastructuur, verlengd vergunningen traject, reputatieverlies, obstructie
2.2.6	Kruisingen met navigatiegebieden	Beoogd tracé interfereert met bestaande navigatiegebieden	Verplaatsen bestaande navigatiegebieden, verlengd vergunningen traject, reputatieverlies, obstructie

3.2.3 Platformen; distributieplatform, nieuwe en bestaande platforms

De nautische veiligheid heeft betrekking op het risico van aanvaring van het platform. Tijdens werkzaamheden op het platform bevinden zich schepen bij het platform. Deze kunnen tegen het platform komen, wat wordt aangeduid als driften (of aandrijven). In de gebruiksfase varen schepen rond het platform. Als deze tegen het platform komen, wordt dit als rammen omschreven.

Aanlegfase

Tabel 3-6. Effect inventarisatie platformen Aanlegfase

Nummer	Aspect	Effect	Risico
3.1.1	Nieuwe platforms (Neptune Energy en Shell)	Schade aan het platform bij - de load out (Door vallende kraan , vallende objecten), - transport (Door zinkend transport schip, overbelaste constructie) of - installatie (Door botsend installatieschip, overbelaste constructie)	Schade aan platform, vertraging project
3.1.2	Distributieplatform Connectie bestaande en nieuwe platforms	Schade aan het platform bij connectie (Door botsend installatieschip, overbelaste constructie)	Schade aan platform, vertraging project
3.1.3	Veranderingen aan bestaande platforms	Schade aan het platform door extra functionaliteit van CO_2 transport over het platform, overbelaste constructie	Schade aan platform, vertraging project

Gebruiksfase

Tijdens de gebruiksfase worden de platforms ge-serviced, gebruik makend van Offshore Support Vessels (OSV's). De platforms zijn gesitueerd in de drukbevaren Noordzee. Er bestaat daarom een risico dat de platforms worden aangevaren en beschadigd door ongecontroleerde schepen.

Tabel 3-7. Effect inventarisatie platformen Gebruiksfase

Nummer	Aspect	Effect	Risico
3.2.1	Distributieplatform Nieuwe platforms (Neptune Energy en Shell) Connectie op bestaande platforms (Shell Total en distributieplatform)	Platform faalt door aanvaring service schip	Platform buiten gebruik, met als gevolg verlies van operability Aramis, of opslagcapaciteit bij opslagpartij. Service schip beschadigd
3.2.2		Platform faalt door aanvaring schip van derden	Platform buiten gebruik, met als gevolg verlies van operability Aramis, of opslagcapaciteit bij opslagpartij. Schip van derden beschadigd
3.2.3		Impact van service operaties op marine leven	Additionele milieuschade door toename aantal scheepsbewegingen
3.2.4		Service schepen botsen met derden (Scheepvaart, platforms, windpark)	Materiele schade,

4 Beschrijving referentiesituatie

In een milieueffectrapportage worden de milieueffecten van een voornemen in beeld gebracht en beoordeeld. De effecten bepalen we veelal door de toekomstige situatie die ontstaat door het voornemen te vergelijken met de situatie die ontstaat zonder het voornemen, ook wel de referentiesituatie genoemd. Aan het verschil tussen die twee situaties, het effect, wordt een kwalitatief oordeel toegekend. Dit hoofdstuk beschrijft allereerst de huidige situatie en de situatie die ontstaat als gevolg van alle autonome ontwikkelingen; de referentiesituatie. Daarna wordt de toekomstige situatie gecreëerd door Aramis geschetst.

4.1 Huidige situatie en autonome ontwikkeling

Verschillende activiteiten vinden plaats op de Noordzee:

- Scheepvaart (navigatie)
- Windparken
- Offshore platformen
- Visserij
- Kabels en pijpleidingen

De Noordzee is een van de drukst bevaren zeeën ter wereld. Een deel van de scheepvaart verlaat of komt de haven van Rotterdam binnen via de Maasgeul. Het deel van de scheepvaart met een grote diepgang vaart enkele tientallen kilometers westwaarts om vervolgens naar het zuiden of noorden af te buigen. Scheepvaart met een kleinere diepgang met bestemming IJmuiden, Hamburg of andere havens in de omgeving slaat al eerder af in noordelijke richting. Hier bevindt zich ook een verkeersscheidingsstelsel (het Maas Noord VSS).



Figuur 4-1: Overzicht van de geplande pijpleidingen nabij landingspunt Source: Imagery from © 2022 Microsoft Corporation © 2022 Maxar © CNES (2022) Distribution Airbus DS, assets from drawing ARM-CPT-BB3-PLR-LAY-0045

De Tennet kabels en TAQA gas pijplijn zijn bestaand.

De zeescheepvaart, welke de Rotterdamse haven binnenvaart, passeert onder andere het scheepvaartkanaal de Maasgeul. Dit is een regelmatig gebaggerd kanaal met een breedte van circa 1km. Door de intensieve bevaring en het belang van de Maasgeul voor de haven van Rotterdam is het van groot belang dat stremmingen tot een minimum beperkt blijven.

Het gebied is intensief gebombardeerd in WWII en achtergelaten niet-ge explodeerde bommen (NGE) moeten verwacht worden.

Nabij het landingspunt op de Maasvlakte zijn de volgende bestaande en geplande assets geïdentificeerd:

- Tennet Power kabels. Deze worden geïnstalleerd, gebruik maken van de HDD methode bij de oeverkruising. Ze worden begraven ter plaatse van de Maasgeul.
- 26 Inch gas pijplijn (TAQA Energy B.V.) aan de oostzijde,

Autonome ontwikkeling

Voor het Aramis initiatief relevante autonome ontwikkelingen betreffen in ieder geval:

- Ontwikkeling van het Porthos project;
  - Voorgestelde Porthos (CO_2) pipeline aan de westzijde van het Aramis tracé
- Ontwikkeling aanlanding van TenneT kabels en nieuwe installaties;
- Beëindigen aardgasproductie in de geselecteerde opslagvelden;
- Windparken op zee (bijvoorbeeld IJmuiden Ver Beta, Gamma en Nederwiek Beta);

- Verwachte toename scheepvaart komende 40 jaar door verder ontwikkeling van de Maasvlakte (Alexiahaven en Amaliahaven).

4.2 Geplande Aramis ontwikkeling

In het Deelrapport Technische beschrijving zijn de technische aspecten van het Aramis initiatief inclusief de aanlegfase beschreven. Relevant voor het milieuaspect Nautische Veiligheid zijn:

- De terminal met de bijbehorende scheepsvaart
- De leidingen op of in de zeebodem en de kruisingen met de waterkering
- De platforms

Onderstaand wordt op deze elementen ingegaan.

4.2.1 Terminal en scheepvaart

Het aantal jaarlijks verwachte schepen, weergegeven in tabel 4-1, welke de basis is van de beoordeling in dit rapport, is gebaseerd op de stand per 1 November 2023 en is als volgt.

Gedurende de verder ontwikkeling van het project wordt het aantal scheepsbewegingen aangepast aan bijvoorbeeld de aanwezige stikstofruimte. In het geval de aantallen schepen significant afwijken van de getoetste hoeveelheden, zal een nieuwe toetsing moeten plaatsvinden.

Tabel 4-1. Aantal CO2next schepen per jaar

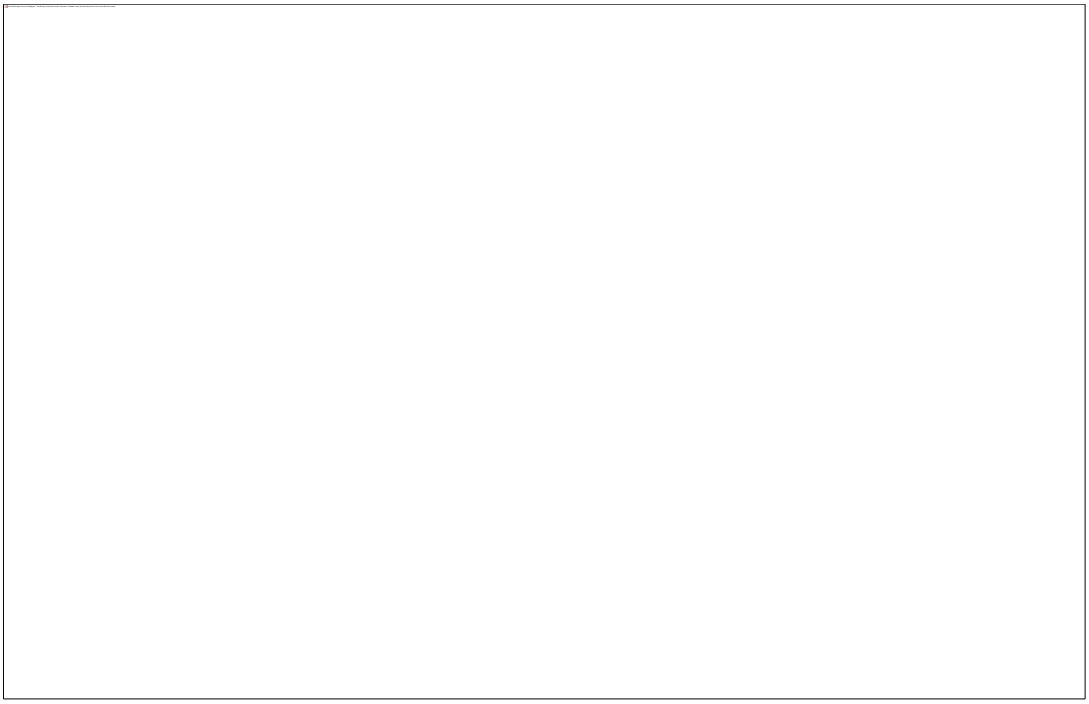
		Start	Eerste uitbreiding	Maximaal
Capaciteit Terminal		5.4 mtpa	10 mtpa	15 mtpa
#vessel arrivals				
	2,1k-barge	6	6	6
	6k-barge			
	7,5k-barge	431	431	431
	11,7k-barge	207	739	1059
	16k-coaster (Export)	76	76	83
	Totaal	720	1252	1579

De CO_2 zeeschepen zullen door de Maasgeul de haven van Rotterdam binnenvaren en direct door het Beerkanaal naar de locatie van de steigers koers vatten. Het verkeer in de haven wordt gereguleerd door de Havenautoriteit. Het totaal aantal zeeschepen dat de haven van Rotterdam aandoet is gemiddeld 80 per dag.

Het plan is de terminal te ontwikkelen op het terrein van de Maasvlakte Olie Terminal (MOT), of als alternatief op het huidige terrein van Gate terminal. Het is de bedoeling dat de activiteiten van Gate terminal en MOT ongestoord kunnen blijven doorgaan. Aan de zuidzijde van het terrein wordt ruimte gereserveerd voor het aanmeren van schepen.

De aanlandingsactiviteit wordt als voorgenomen activiteit gerealiseerd door de aanleg van steigers, die parallel aan de zuidoever van het Gate terminalterrein met het Yangtzekanaal gaan lopen. Voor de vergunningaanvragen wordt uitgegaan van 3 steigers. De eindsituatie is 3 of 4 steigers.

Indien een alternatieve locatie wordt gebruikt voor de terminal, zal dit niet leiden tot een wijziging van de locatie van de steigers, zoals weergegeven in onderstaande figuur.

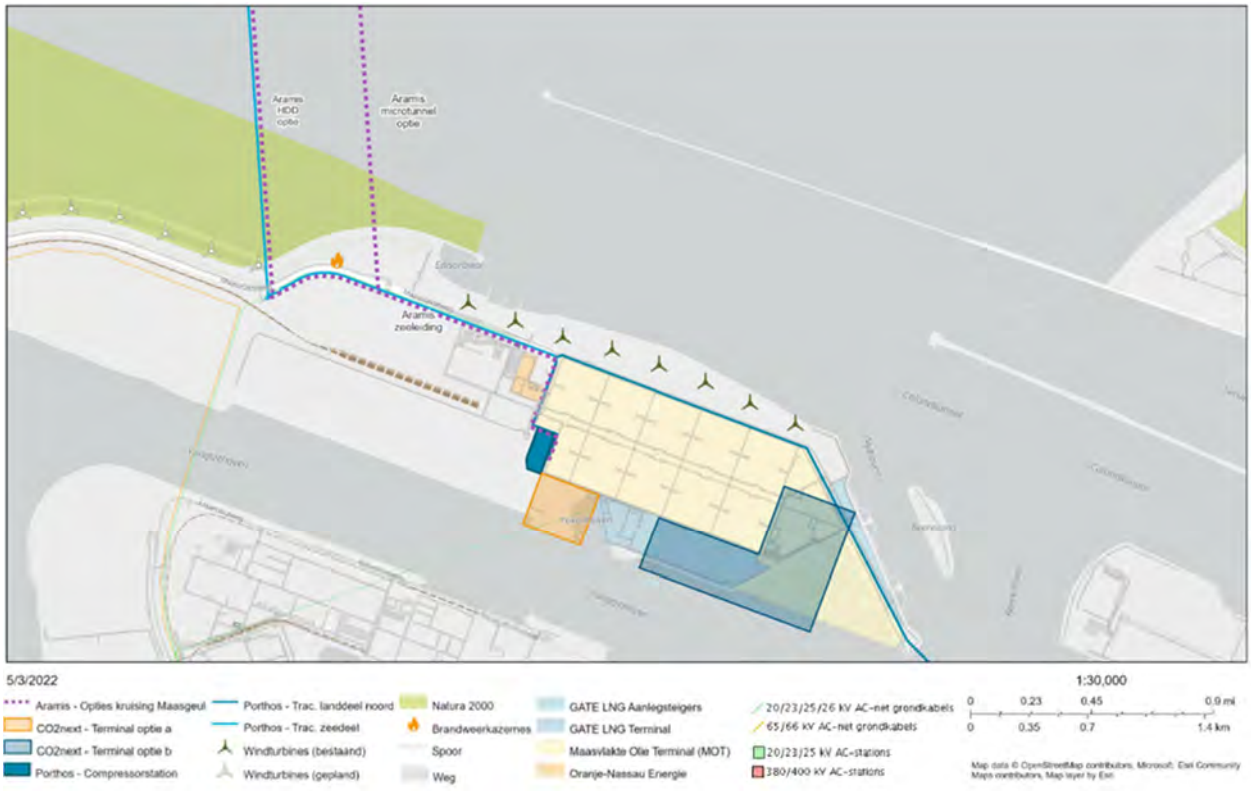


Figuur 4-2. Overzicht van de locatie van CO2next.

4.2.2 Zeeleidingen

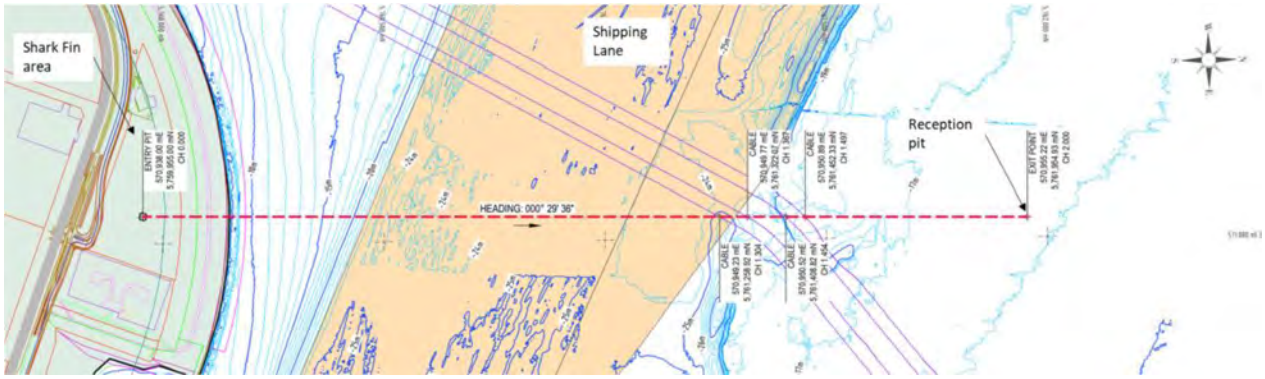
Er is gekozen voor de diameter die dermate groot is dat in de toekomst tot 22 Mton CO_2 per jaar kan worden getransporteerd. In het ontwerp wordt uitgegaan van een diameter van 32 inch (circa 80 cm). De druk in de leiding is 140 tot 180 bar, met ontwerpdruk van 200 bar. De CO_2 wordt in vloeibare vorm (dense phase) getransporteerd. De druk en temperatuur in de zeeleiding wordt aangestuurd vanaf het compressorstation en de hogedrukpompen bij de terminal.

Het zeedeel van de Aramis leiding bevindt zich vanaf de Maasvlakte in voornamelijk noordwaartse richting.



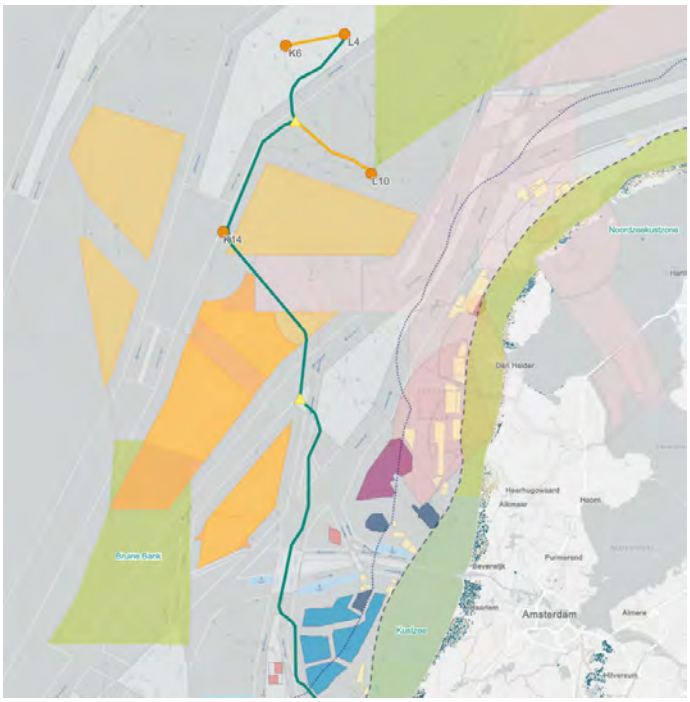
Figuur 4-3. Overzicht locatie aanlanding Aramis zeeleiding

Direct voor de kust van de Maasvlakte bevindt zich de Maasgeul. Deze vaargeul is bestemd voor (zee-) schepen van en naar de Rotterdamse haven.



Figuur 4-4. Overzicht van de kruising van de Maasgeul. Bron: "Mircotunnel Trajectory - North Option Plan View & Profile" Uit scope of work document 416010-00257 - ARM-CPT-BB3-PLR-REP-0047_1.0

De zeeleiding scope is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 4-5. Overzicht zeeleiding tracé CCS Aramis

4.2.3 Platformen; distributieplatform, nieuwe en bestaande platforms

Er komt een nieuw platform aan het uiteinde van de zeeleiding, het distributieplatform. Verder gaan Shell en Neptune Energy een nieuw platform plaatsen, terwijl TotalEnergies gebruik maakt van een bestaand platform.

De platformen zullen ge-serviced worden met OSV's.

Autonoom zal er op de Noordzee ook rekening gehouden moeten worden met een toename van het aantal schepen. Rondom offshore mijnbouwinstallaties is een veiligheidszone van 500 m aanwezig. Hierbinnen is geen enkele activiteit is toegestaan, tenzij ten bate van de mijnbouw activiteit.

5 Milieuaspecten Gebruiksfase, inclusief onderhoud, calamiteiten

Dit hoofdstuk gaat per Aramis onderdeel in op de effecten op het thema Nautische veiligheid, zoals die verwacht worden tijdens het gebruik van de CCS-keten.

In dit hoofdstuk wordt de nautische veiligheid getoetst voor de gebruiksfase. De effecten zijn genummerd conform de aanduiding in hoofdstuk 3.

5.1 Terminal en scheepvaart

Effect 1.2.1 - Doorvaart CO_2 zeeschepen – rammen van schepen (0)
Uit de koers lopen door ondeugdelijk materiaal of menselijke fouten

De risicobepaling is gebaseerd op de MARIN studie 33932.601_v1 van 7 maart 2022, waarin het aanvaarrisico van de geplande CO_2 faciliteiten middels een desktopstudie is bepaald.

In deze studie is het aantal scheepvaart bewegingen in het Yangtzekanaal bepaald middels AIS data. Deze AIS data geeft aan dat er momenteel (2020) circa 330 schepen per dag passeren (120 zeeschepen en 210 binnenvaart). Autonome ontwikkelingen zullen verder leiden tot een significante vermeerdering. Het totaal aantal zeeschepen dat de haven van Rotterdam binnen vaart is circa 80 per dag.

Omdat de intensiteit van de CO2next zeeschepen te verwaarlozen is in vergelijking met het totaal aantal schepen in de haven van Rotterdam, het Beerkanaal en de Yangtzehaven wordt het effect als nihil (0) ingeschaald.

Effect 1.2.2 - Doorvaart CO_2 zeeschepen – rammen van assets (-)
Uit de koers lopen door ondeugdelijk materiaal of menselijke fouten

Met betrekking tot de doorvaart naar de Maasvlakte, het aantal incidenten in de haven van Rotterdam (Zeevaart en Binnenvaart) per jaar is circa 140, wat neerkomt op ongeveer 0,05% van de scheepsbewegingen in Rotterdam. Het aantal zeeschepen dat de CO2next terminal aan zal doen bedraagt maximaal 83 per jaar. In de te volgen route is het aantal obstakels en belendende terminals gering.

Met betrekking tot de manoeuvre naar de steiger:
De volgende faciliteiten zijn kwetsbaar (Zie ook figuur 5-1):

1. Indorama jetty in de Tenesseehaven
2. Loodswezen faciliteiten in de Pistoolhaven
3. MOT faciliteiten in de 8^{e} Petroleum haven en LNG Gate activiteiten in de Yukonhaven



Figuur 5-1. Schets van aanvaarmanoeuvre zeeschepen naar CO2next steigers

De route is vanuit nautisch oogpunt uitdagend, hoewel het een bestaande route is, die gecontroleerd wordt door de Havenauthoriteit.

In de brief HBR-2244094 (3-3-2022) geeft de havenmeester aan dat hij het risico van aanvaren acceptabel vindt, gebaseerd op de huidige ervaringen en uitgevoerde studies.

Maatregelen
Aangeraden wordt om de volgende voorzorgsmaatregelen in te stellen:

- Door middel van Real Time Simulaties het risico voor de specifieke te verwachten schepen inschatten
- Operationele grenzen bepalen
- Training

Met deze maatregelen wordt het effect als licht negatief beschouwd (-). Er zijn voorzorgsmaatregelen benodigd in de voorbereiding, waarmee de effecten afdoende beperkt worden.

Effect 1.2.3 - Doorvaart CO_2 binnenvaartschepen – rammen van schepen (0)
Uit de koers lopen door ondeugdelijk materiaal of menselijke fouten

Informatie is afkomstig uit MARIN studie 33932.601_v1 van 7 maart 2022, waarin het aanvaarrisico van de geplande CO_2 faciliteiten middels een desktopstudie is bepaald.

In deze studie is het aantal scheepvaart bewegingen in het Yangtzekanaal bepaald middels AIS data. Deze AIS data geeft aan dat er momenteel (2020) circa 330 schepen per dag passeren (120 zeeschepen en 210 binnenvaart). Autonome ontwikkelingen zullen verder leiden tot een significante vermeerdering.

De binnenvaart schepen zullen door het Hartelkanaal of de Nieuwe Waterweg door de haven van Rotterdam varen, om vervolgens door het Beerkanaal naar de locatie van de steigers koers te vatten. Het verkeer in de haven wordt gereguleerd door de Havenauthoriteit. Het totaal aantal binnenvaartschepen dat de haven van Rotterdam dagelijks aandoet is gemiddeld 275 per dag.

Omdat de intensiteit van de CO2next binnenvaartschepen te verwaarlozen is (Maximaal circa 4,5 per dag) op het totaal aantal schepen in de haven van Rotterdam en het Beerkanaal wordt het effect als nihil (0) ingeschaald.

Effect 1.2.4 - Doorvaart CO_2 zeeschepen – rammen van assets (-)
Uit de koers lopen door ondeugdelijk materiaal of menselijke fouten

Met betrekking tot de doorvaart naar de Maasvlakte, het aantal incidenten in de haven van Rotterdam (Zeevaart en Binnenvaart) per jaar is circa 140, wat neerkomt op ongeveer 0,05% van de schepen die Rotterdam aandoen.

Het aantal binnenvaart schepen dat de CO2next terminal aan zal doen bedraagt 1496 per jaar. In de te volgen route binnen de haven van Rotterdam zit een groot aantal obstakels en belendende terminals. Desondanks is de route vanuit nautisch oogpunt voor binnenvaartschepen niet uitdagend. Het is een bestaande route die dagelijks door vele schepen wordt bevaren, zonder noemenswaardige incidenten.

Met betrekking tot de manoeuvre naar de steigers, verwezen wordt naar brief HBR-2244094 (3-3-2022) waarin de havenmeester aangeeft dat hij het risico van aanvaren acceptabel vindt, gebaseerd op de huidige ervaringen en uitgevoerde studies.

Het effect wordt als licht negatief ingeschat (-), wat aangeeft dat voorzorgsmaatregelen benodigd zijn in de voorbereiding, maar dat verwacht wordt dat de effecten daarmee afdoende gemitigeerd zullen kunnen worden. Zie voor de voorzorgsmaatregelen de beschrijving bij Effect 1.2.2.

Effect 1.2.5 - Afmeren van CO2 zee schepen of CO_2-binnenvaart (0)
Uit de koers lopen door ondeugdelijk materiaal of menselijke fouten

Informatie afkomstig uit de brief HBR-2244094 (3-3-2022) waarin de havenmeester aangeeft dat hij het risico van aanvaren acceptabel vindt, gebaseerd op de huidige ervaringen en uitgevoerde studies.

De finale benadering van de afmeervoorzieningen wordt niet als uitdagend gezien. Het volgen van een normaal ontwerp proces, inclusief Real Time Simulatie van de afmeerprocedure zal verder bevestigen dat er geen zorgen zijn met betrekking tot de nautische veiligheid. Het effect wordt als nihil ingeschat (0).

Effect 1.2.6 - Verlading van CO_2 (0)
Verlies van CO_2-product tijdens de verlading door proces fouten, ondeugdelijk materiaal of brekende afmeerlijnen, bijvoorbeeld door passerende schepen of stroming uit uitlaat

De veiligheid van het verladen van CO_2 op de steiger is geen onderdeel van de Nautische veiligheidsaspecten, behalve daar waar het gaat om de stabiliteit van het afmeersysteem. Specifieke aspecten voor de situatie in de Yangtze haven zijn:

- Hydraulische belastingen ten gevolge van passerende schepen
- Stromingen ter plaatse van de koelwater uitlaat

Informatie is afkomstig uit studie D10054101:43 (19-5-2022) van ARCADIS en naar 33932.600/v2 (8-2-2022) van MARIN, waarin het afmeersysteem is geconfirmeerd middels Dynamische Mooring Analysis (DMA), rekening houdend met passerende schepen en stromingen uit het uitlaatsysteem.
In overleg met de havenautoriteit zouden voorzorgsmaatregelen zoals een snelheidsbeperking ingesteld kunnen worden.

Deze effecten zijn goed te voorspellen in gedetailleerde studies en vormen daarom geen significante bedreiging voor het afmeersysteem. Het effect wordt als nihil ingeschat (0).

Effect 1.2.7 - Marine terminal - Rammen van de constructie door derden (-)
Informatie is afkomstig uit MARIN studie 33932.601_v1 van 7 maart 2022, waarin het aanvaarrisico van de geplande ligplaatsen voor Liquid CO_2 (LCO2) schepen middels een desktopstudie is bepaald.

In deze studie is het aantal scheepvaart bewegingen in het Yangtzekanaal bepaald middels AIS data. Deze AIS data geeft aan dat er momenteel (2020) circa 330 schepen per dag passeren (120 zeeschepen en 210 binnenvaart). Autonome ontwikkelingen zullen verder leiden tot een significante vermeerdering.

Verwezen wordt naar brief HBR-2244094 (3-3-2022) waarin de havenmeester aangeeft dat hij het risico van aanvaren acceptabel vindt, gebaseerd op de huidige ervaringen en uitgevoerde studies.

In de MARIN studie worden de risico's ingeschat als soortgelijk aan de risico's in een studie uitgevoerd in 2011 voor toendertijd geplande ligplaatsen voor LNG schepen. De praktijk in de laatste 10 jaar bevestigt het gemodelleerde beeld.

Omdat autonome ontwikkelingen zullen leiden tot een toename van het aantal scheepsbewegingen in het Yangtzekanaal wordt geadviseerd, in navolging van de voorwaarde van de havenmeester, om een Risico studie en effectenstudie voor de situatie 2040/2050 uit te voeren.

Ondanks de uitgevoerde studies, wordt het risico van aanvaring van de steiger door derden vooralsnog als significant ingeschat en daarom licht negatief gescoord (-). Verdere probabilistische analyse, zoals gepland te worden uitgevoerd in 2023, zal uitwijzen in hoeverre het risico gemitigeerd zal moeten worden.

5.2 Zeeleidingen

Effect 2.2.1 - Aanlanding in Rotterdam (0)
Lekken primaire waterkering door doorkruising van de leiding.

De zeewering wordt door RWS beschouwd als een primaire zeewering. Deze ligt echter buitendijks en helpt dus niet om overstromingen te voorkomen. Er mag vanuit gegaan worden dat het ontwerp en de constructie van de aanlanding voldoende adequaat zal zijn. Aangezien het haventerrein boven het waterniveau ligt, is er geen risico van overstroming (0).

Effect 2.2.2 - Kruising van de Maasgeul (0)
Verankeringen voor drijvend materieel tijdens onderhoud hinderen doorgaand scheepvaartverkeer

Er wordt vanuit gegaan dat er geen uitwendig onderhoud nodig is gedurende de levensduur van de buisleiding en het effect is daarom nihil (0).

Effect 2.2.3 - Zeeleiding tracé tot distributieplatform (0)
Falen van de buisleiding door:
a. Corrosie

b. Te hoge druk in de pijplijn

Volgens de MER Porthos, I&BBF8260R001.D0.1, datum 1-9-2020, heeft de zeeleiding een zekere faalkans. De kans op falen wordt voor circa 50% bepaald door corrosie en materiaal defecten en voor 25% door impact van bijvoorbeeld ankers. De faalkans van niet-begraven transportleidingen over zee, met een diameter kleiner dan 24 inch is circa 5,0 * 10-5 per km per jaar. De Aramis pijplijn is 32” en kent een soortgelijk risico van falen.

Indien de CO_2 vrijkomt onderwater, dan zal zich een zogenaamde “bubble plume” vormen. Deze bubble plume zal de uitstromingssnelheid van het CO_2 reduceren en voorkomen dat er jet dispersie optreedt. De intensieve menging van CO_2 bij vrijkomen met het zeewater zal ervoor zorgen dat vrijgekomen CO_2 direct de temperatuur aanneemt van het zeewater. Daarnaast kan een gedeelte van het CO_2 in het water oplossen. Bij kleinere waterdieptes zal de “bubble plume” leiden tot verminderde dichtheid van het water en potentieel instabiliteit van een schip.

De kans dat een (vissers-) schip zich direct boven een falende buisleiding zal bevinden wordt als zeer klein ingeschat, tenzij het (vissers-) schip zelf de oorzaak is van het falen. Het wordt daarnaast niet waarschijnlijk geacht dat het plaatselijke verlies van hydrostatische druk zal leiden tot verlies van stabiliteit van een (Vissers-) schip (0).

Effect 2.2.4 Zeeleiding tracé tot distributieplatform (--)
Beschadigen van de buisleiding door:
a. Zinken schip na rammen of anderszins
b. Slepen van ankers
c. Slepen van vissers gerei
d. Gevallen lading
e. Aanraking door kiel schip of bouwmaterieel

Het risico op een ongeval is aanwezig bij beschadiging van de buisleiding door aanvaring door de scheepvaart.

In 2011 heeft MARIN voor een soortgelijk project uitgevoerd (CO_2 opslag met een buisleiding vanaf de Maasvlakte), ref. 24114.620/3B, gedateerd 22 februari 2011. Daarin is onderzoek gedaan naar de kans op een incident met de buisleiding door passerende scheepvaart.

De kans op een incident is bepaald met ongevalskansmodules van het SAMSON model (Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea). Het model is ontwikkeld voor Rijkswaterstaat Noordzee en wordt gebruikt om de kansen en consequenties van alle type ongevallen op zee te schatten. Ook wordt het SAMSON model gebruikt om de impact van deze ongevallen op het veiligheidsniveau te voorspellen. Voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van een verkeersdatabase die de dichtheid, samenstelling en het gedrag van het scheepvaartverkeer beschrijft.

Het verkeer op zee wordt onderverdeeld in twee groepen, namelijk het ‘routegebonden’ en het ‘niet routegebonden’ verkeer (R-schepen en N-schepen). Het routegebonden verkeer bevat de scheepsbewegingen van de koopvaardijschepen, die op weg zijn van haven A naar haven B. Het niet routegebonden verkeer bevat de scheepsbewegingen van de schepen die een missie ergens op zee hebben, zoals visserij, bevoorradingsvaart, werkvaart en recreatievaart.
De vier hoogste ongevalfrequenties zijn:

- Vissende vissersschepen die over de buisleiding varen;
- Anker haakt achter de buisleiding;

- Containers vallen overboord op de buisleiding;
- Schip zinkt op buisleiding (wel of niet als gevolg van een aanvaring).

Tabel 5-1. Frequenties gebeurtenissen voor elk deel van de zeeleiding

Tabel 4-1 Frequentie per gebeurtenis voor elk deel van de pijpleiding

Pijp	Van		Naar		Lengte	Passages over pijp			Gezonken op pijp na een aanvaring			Gezonken op pijp zonder aanvaring		
	NB	OL	NB	OL		aantal/km/jaar			aantal/km/miljoen jaar			aantal/km/miljoen jaar		
Sectie	° ‘	° ‘	° ‘	° ‘	km	R-schip	N-schip	Totaal	R-schip	N-schip	Totaal	R-schip	N-schip	Totaal
1	5208	356	5208	357	0.446	0	89	89	0.000	0.593	0.593	0.000	0.256	0.256
2	5208	357	5204	403	10.383	878	301	1179	1.556	1.128	2.684	1.426	0.517	1.943
3	5204	403	5202	403	3.496	0	706	706	0.000	1.868	1.868	0.000	0.827	0.827
4	5202	403	5200	402	2.575	0	699	699	0.000	1.651	1.651	0.000	0.707	0.707
5	5200	402	5159	402	2.380	27253	699	27952	39.098	1.649	40.748	32.699	0.707	33.406
Totaal					19.280	3837	472	4309	5.664	1.384	**7.048**	4.804	0.616	**5.420**

Tabel 4-2 Frequentie per gebeurtenis voor elk deel van de pijpleiding (vervolg)

Pijp	Container overboord op pijp			Dek lading op pijp			Anker op pijp			Anker haakt achter pijp			Vissend vissersschip vaart over pijp
	aantal/km/miljoen jaar			aantal/km/miljoen jaar			aantal/km/miljoen jaar			aantal/km/miljoen jaar			aantal/km/jaar
Sectie	R-schip	N-schip	Totaal	R-schip	N-schip	Totaal	R-schip	N-schip	Totaal	R-schip	N-schip	Totaal	Vissersschip
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.006	0.000	0.076	0.076	0.000	0.272	0.272	57
2	20.787	0.000	20.787	0.129	0.018	0.148	0.401	0.171	0.572	4.166	0.574	4.741	67
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.037	0.000	0.327	0.327	0.000	0.913	0.913	90
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.034	0.000	0.306	0.306	0.000	0.773	0.773	78
5	62.678	0.000	62.678	4.205	0.034	4.239	12.916	0.305	13.221	140.784	0.772	141.555	78
Totaal	18.932	0.000	**18.932**	0.589	0.026	0.614	1.810	0.232	2.042	19.623	0.680	**20.302**	74

De frequenties die samenhangen met R-schepen zijn uitsluitend relevant voor trajecten in de directe nabijheid van navigatiekanalen. Op die lokaties zullen mitigerende maatregelen getroffen worden zoals bijvoorbeeld het begraven van de buisleiding.

Op andere lokaties wordt er mitigerende maatregelen getroffen om het risico te verminderen van zinkende schepen en vallende lading, zoasl bijvoorbeeld het aanhouden van een minimale afstand van 1 nautical mile tussen de vaarweg en het tracé van de zeeleiding De inschatting binnen het kader van dit rapport is dat de kans op vallende lading buiten de vaargeul verwaarloosbaar is. Begraven zou een passende mitigerende maatregel zijn.

Voor de N-schepen is met name de frequentie van passerende vissende vissersschepen van belang. Op basis van de analyse van MARIN voor het soortgelijke project, worden alle andere risico’s als beperkt ingeschaald.

Voor het risico van beschadigingen ten gevolge van vissende vissersschepen, waarbij de slepende netten de pijpleiding beschadigen, (Er passeren circa 80 vissende schepen/ km/ jaar) wordt geadviseerd aanvullende maatregelen te treffen.

In afwachting van deze studie en op basis van de MARIN studie wordt het risico op beschadiging vooralsnog als hoog ingeschat en daarom negatief gescoord (- -).

Opgemerkt wordt dat er een risico gedreven aanpak in het ontwerp zal worden toegepast waarin de risico’s geïnventariseerd worden en het ontwerp aangepast totdat de risico’s acceptabel zijn in overeenstemming met de geldende (NEN) normen.

Effect 2.2.5 - Kruisingen van pijpleidingen en kabels (0)

Beoogd tracé interfereert met bestaande infrastructuur

Het traject van de buisleiding is bepaald, rekening houdend met de bestaande infrastructuur. Informatie is afkomstig uit rapport 416010-00257 - ARM-CPT-BB3-PLR-REP-0066_1, 05 April 2023, Routing.

Informatie is afkomstig uit rapport 416010-00257 - ARM-CPT-BB3-PLR-REP-0048_2, van datum 19 March 2023; Crossing inventory.
Het totaal aantal kruisingen van pijpleidingen is 47, exclusief Neptune Energy aansluiting.

Tabel 5-2. Aantal kruisingen pijpleidingen

Section	Type 1	Type 2	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Type 9	Type 10	Total
NS HDD	1		1	1				2	1	6
A	5				1	9	1	7	5	28
C		2	1				1		2	6
D		1			1				1	3
F			3		1					4
Total	6	3	5	1	3	9	2	9	9	47

De kruisingen zijn onderverdeeld in 10 typen.

Tabel 5-3. Definitie typen kruisingen

Crossed infrastructure	Aramis buried	Aramis on seabed
Pipeline buried, < 16-inch	Type 1	Type 2
Pipeline on seabed, 16 to 24-inch	Type 3	Type 4
Pipeline on seabed, 24 to 36-inch	Type 5	Type 6
cable buried	Type 7	Type 8
cable abandoned/OOS	Type 9 cut and remove section	Type 10 no action

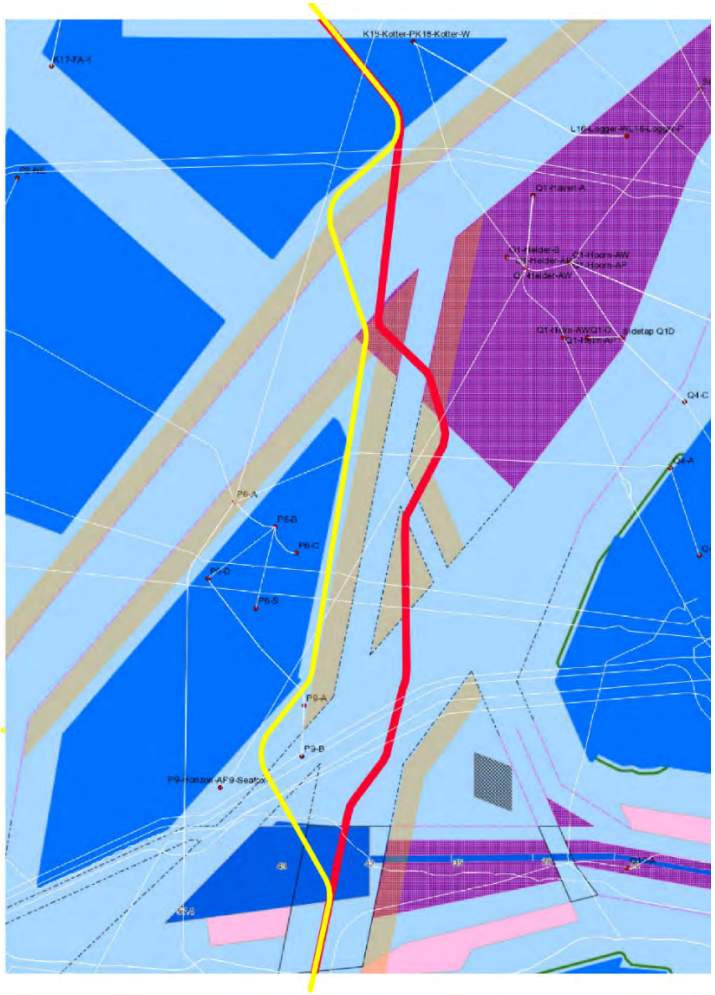
Voor elk type is een ontwerp gemaakt, waarin op gecontroleerde wijze de kruising tot stand gebracht kan worden.

De impact van het traject wordt daarom als nihil beschouwd (0).

Effect 2.2.6 - Kruisingen met navigatiegebieden (0)

Beoogd tracé interfereert met bestaande navigatiegebieden
Het traject van de buisleiding is bepaald, rekening houdend met bestaande infrastructuur, zoals het Verkeers Scheidings Stelsel en bestaande pijpleidingen en kabels. Informatie is afkomstig uit rapport 416010-00257 – ARM-CPT-BB3-PLR-REP-0066_1, 05 April 2023, Routing.

Er wordt een bufferzone tussen de navigatieroute en de leidingen tracé aangehouden van minimaal 1 nm. Daarnaast wordt de navigatieroute gekruist met een minimale hoek van 30 graden.


K15-Kotter-PK15-Kotter-W
K17-FA-1
Q1-Halfder-A
Q1-Halfder-B
Q1-Halfder-AW
Q1-Hoorn-AW
Q1-Hoorn-AP
Q1-Halfder-AW
Q1-Halfder-AW/Q1D
Q1-Halfder-AW/Q1D
Q1-Halfder-AW/Q1D

- Abbott risk consulting, ARC-001-231-R004, April 2022, TEPNL Passing Vessel Collision Study L4A

In deze rapporten worden de risico's van rammen door "Infield" schepen (Schepen direct betrokken bij de operatie van de platforms) bepaald. De geschiedenis geeft aan dat met dit soort schepen de risico's van rammen relatief groot zijn:

- De schepen zijn per definitie regelmatig in de nabijheid van de platforms
- De afmeting van de schepen is relatief groot
- De schepen hebben een relatief grote aankomstsnelheid

Veel operaties worden uitgevoerd met walk-to-work vessels (W2W), welke voorzien zijn van 3D bewegingscompensatie voor de kranen en loopbruggen. Ook jack up platforms (JUP) kunnen gebruikt worden, welke een stabiel platform bieden. W2W vessels zijn self propelled, terwijl JUP's door sleepboten naar hun positie worden gebracht.

Door meer betrouwbaar materieel en betere veiligheidsprocedures is het aantal incidenten over de afgelopen jaren significant afgenomen. De kans op impact wordt uitgerekend als 1/150 jaar, wat hoger is dan voor passerende schepen. De impact energie is echter, door de lage snelheid, lager.

Voorzorgsmaatregelen kunnen bestaan uit bijvoorbeeld

- Instellen van operationele beperkingen
- Ontwerpen van afmeervoorziening welke geen invloed heeft op de product verlading
- Emergency ShutDown faciliteiten
- Training
- Adequaat liftplan
- Collision risk management plan, inclusief remote monitoring
- Remote operations waar mogelijk
- Platform voldoende sterk ontwerpen;
- Kwetsbare elementen zoals conductors en stijgpijp beschermen door constructie

Al met al, met name door de mogelijke goede voorbereiding en de geringe gevolgen, wordt het effect van aanvaring en beschadiging door werkschepen als klein ingeschat (-).

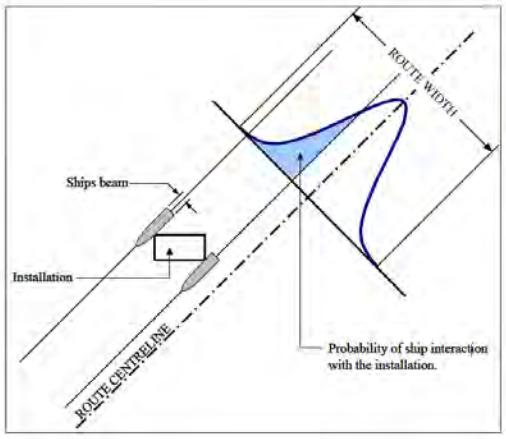
Effect 3.2.2 - Platform faalt door aanvaring schip van derden (--)
Informatie is afkomstig uit:

- rapport A4863-SHE-CRA-1, gedateerd 1 juni 2022, Aramis project, Vessel collision risk assessment.
- A07 External Hazards Assessment, K6CC, March 2023
- Abbott risk consulting, ARC-001-231-R004, April 2022, TEPNL Passing Vessel Collision Study L4A

In deze rapporten worden de risico's van rammen van de platforms door verschillende schepen geanalyseerd:

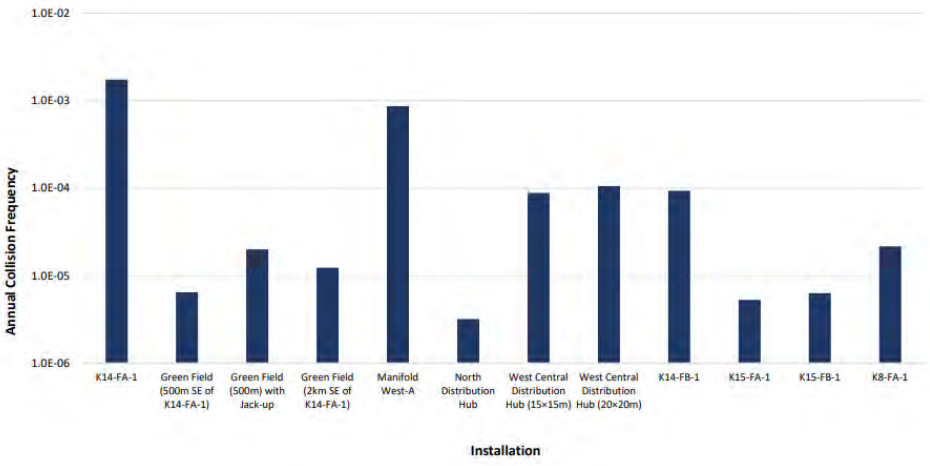
1. Passerende schepen
2. Passerende driftende schepen
3. Passerende vissersschepen

Ad 1:
Het programma COLLRISK is gebruikt om de risico's op aanvaring van de offshore platforms door derden te bepalen. Het model is erop gebaseerd dat de aanvaring frequentie proportioneel is met het volume en de nabijheid van naburige schepen. Historische data laat zien dat de meest waarschijnlijke oorzaak van het rammen van schepen ligt in menselijke fouten.
In het model is de verkeersintensiteit, gemiddelde positie en standaarddeviatie van de scheepsvaartroutes gebruikt om het ram risico van de platforms te bepalen.



Figuur 5-3: Definitieschets standaarddeviatie scheepvaartroute

De hoogste bepaalde frequentie is een kans op voorkomen van 1 op de 570 jaar. Platform K14-F-1A en Manifold West A hebben de hoogste kans op aanvaring.



Figuur 5-4: Kans op aanvaring Aramis platformen (Bron: rapport A4863-SHE-CRA-1, gedateerd 1 juni 2022, Aramis project, Vessel collision risk assessment)

Het centrale platform is nog in ontwikkeling. Meer studie is nodig om de exacte risico's en effecten van passerende schepen op het centrale platform in kaart te brengen. In afwachting van deze studie is het effect op significant ingeschat.

Ad 2.
Het programma COLLRISK is gebruikt om de risicos op aanvaring van de offshore platforms door derden te bepalen. De module voor driftende schepen gaat ervan uit dat de motor moet falen voordat een schip

gaat driften. Het model houdt rekening met de mogelijkheid dat schepen meerder motoren kunnen hebben.

De hoogste bepaalde frequentie is een kans op voorkomen van 1 op de 6800 jaar.

Ad 3.
De activiteiten door vissers schepen zijn niet-routine activiteiten en kunnen daarom niet met COLLRISK worden gesimuleerd. Het gebruikte model benut AIS data om de kans te bepalen dat vissersschepen in de buurt van de platforms komen, met het risico op rammen als gevolg.

De hoogst gevonden frequentie dat een vissersschip een platform raakt is eens per 12.000 jaar.

Aangezien een aantal platforms relatief dicht bij de VSS liggen, is de kans op rammen daardoor relatief hoog. De mogelijke voorzorgsmaatregelen om rammen te voorkomen, zoals NAVAIDS, lichten voor zichtbaarheid vanuit platforms, lijken beperkt, alhoewel de veiligheidsafstand van 500m bijdraagt aan de vermindering van het risico. Er zijn wel maatregelen mogelijk om de nadelige gevolgen te mitigeren, zoals bijvoorbeeld robuust constructief ontwerp of implementatie van Emergency Shutdown Systems.

Met name vanwege de onzekerheden en nog niet definitieve studies omtrent het centrale platform wordt het effect als significant ingeschat (--).

Effect 3.2.3 - Impact van service operaties op marine leven (0)
Het aantal additionele service schepen is beperkt, in vergelijking tot het aantal schepen op de Noordzee. De effecten zijn daarom nihil (0).

Effect 3.2.4 - Service schepen botsen met derden (Scheepvaart, platforms, windpark) (0)
Het aantal service activiteiten per platform wordt ingeschat als volgt (Referentie rapport A4863-SHE-CRA-1, gedateerd 1 juni 2022, Aramis project, Vessel collision risk assessment).

Tabel 5-4. Service activiteiten per platform

Type of Operation	Vessel type	Typical Vessel	Number of Days over 15 Years	Annual Hours
Planned	W2W / Support vessel	Kasteelborg / Kroonborg	299	239
	Stimulation vessel	Island Captain / Island Centurion	48	38
	Supply Vessel	VOS Patience	100*	27
Unplanned	50% W2W / 50% using synergy with other works (i.e., no additional visits)	Kasteelborg / Kroonborg	30	24
	50% W2W / 50% using synergy with other works (i.e., no additional visits)		30	24

*The number of supply vessel visits is based on information provided by the client. Visits are conservatively assumed to take an average of four hours.

Het aantal additionele service schepen is beperkt, in vergelijking tot het huidig aantal schepen op de Noordzee. De effecten zijn daarom nihil (0).

5.4 Samenvatting en conclusies

Tabel 5-5. Samenvatting effectbeoordeling Gebruiksfase

Nummer	Aspect	Effect	Effectbeoordeling	Gebruikte studie
1.2.1	Doorvaart zeeschepen	Uit de koers lopen door ondeugdelijk materiaal of menselijke fouten, met als gevolg rammen van schepen	(0)	AIS Data, MARIN studie 33932.601_v1 7-3-2022 Data Website HbR Inschatting CO2next schepen
1.2.2		Uit de koers lopen door ondeugdelijk materiaal of menselijke fouten, met als gevolg rammen van assets	(-)	brief HBR-2244094 (3-3-2022) Data website HbR
1.2.3	Doorvaart binnenvaart	Uit de koers lopen door ondeugdelijk materiaal of menselijke fouten, met als gevolg rammen van schepen	(0)	AIS Data, MARIN studie 33932.601_v1 7-3-2022 AIS Data Data website HbR Inschatting CO2next schepen
1.2.4		Uit de koers lopen door ondeugdelijk materiaal of menselijke fouten, met als gevolg rammen van assets	(-)	HBR-2244094 (3-3-2022) Data website HbR
1.2.5	Afmeren	Uit de koers lopen door ondeugdelijk materiaal of menselijke fouten	(0)	HBR-2244094 (3-3-2022) Expert judgement
1.2.6	Verlading	Verlies van CO_2 product tijdens de verlading door proces fouten, ondeugdelijk materiaal of rammen door derden	(0)	D10054101:43 (19-5-2022) van ARCADIS 33932.600/v2 (8-2-2022) MARIN
1.2.7	Marine terminal	Rammen van de constructie door derden	(-)	HBR-2244094 (3-3-2022) MARIN studie 33932.601_v1 7-3-2022
2.2.1	Aanlanding in Rotterdam	Lekken primaire waterkering door doorkruising van de leiding	(0)	Expert judgement
2.2.2	Kruising van de Maasgeul	Verankeringen voor drijvend materieel tijdens onderhoud hinderen doorgaand scheepvaartverkeer	(0)	Expert judgement
2.2.3	Zeeleiding tracé tot distributieplatform Zeeleiding tracé to platforms	Falen van de buisleiding door: a. Corrosie b. Te hoge druk in de pijplijn	(0)	MER Porthos, I&BBF8260R001.D0.1, datum 1-9-2020
2.2.4		Falen van de buisleiding door: a. Zinken schip na clash of anderszins b. Draggen van ankers c. Draggen van vissers netten d. Gevallen lading e. Aanraking door kiel schip	(- -)	MARIN ref. 24114.620/3, 22 februari 2011

Nummer	Aspect	Effect	Effectbeoordeling	Gebruikte studie
2.2.5	Kruisingen van pijpleidingen en kabels	Beoogd tracé interfereert met bestaande infrastructuur	(0)	416010-00257 – ARM-CPT-BB3-PLR-REP-0066_1, 05 April 2023, Routing. 416010-00257 – ARM-CPT-BB3-PLR-REP-0048_2, 19 March 2023; Crossing inventory
2.2.6	Kruisingen met navigatiegebieden	Beoogd tracé interfereert met bestaande navigatiegebieden	(0)	416010-00257 – ARM-CPT-BB3-PLR-REP-0066_1, 05 April 2023, Routing.
3.2.1	Distributieplatform Nieuwe platforms (Neptune Energy en Shell) Connectie op bestaande platforms	Platform faalt door aanvaring service schip	(-)	A4863-SHE-CRA-1, 1 juni 2022, Vessel collision risk A07 External Hazards Assessment, K6CC, March 2023 ARC-001-231-R004, April 2022, TEPNL L4A
3.2.2		Platform faalt door aanvaring schip van derden	(--)	A4863-SHE-CRA-1, 1 juni 2022, Vessel collision risk A07 External Hazards Assessment, K6CC, March 2023 ARC-001-231-R004, April 2022, TEPNL L4A
3.2.3		Impact van service operaties op marine leven	(0)	Expert judgement
3.2.4		Service schepen botsen met derden (Scheepvaart, platforms, windpark)	(0)	A4863-SHE-CRA-1, 1 juni 2022, Vessel collision risk

De belangrijkste aandachtspunten zijn:

- De LCO_2 schepen zullen moeten manoeuvreren door de druk bevaren Rotterdamse haven. Dit is niet ongebruikelijk, maar zal wel met de nodige afstemming gepand moeten worden.
- De platforms zijn kwetsbaar voor passerende schepen, als ook serviceschepen.
- Het aantal passerende schepen in het Yangtzekanaal zal autonoom verder groeien, met significante kans op aanvaring van de CO2next steigers. De afgemeerde CO2next schepen dienen fysiek of operationeel beschermd te worden tegen aanvaring.
- Met name de vissersschepen hebben een redelijke kans om de buisleiding te beschadigen op lokaties waar de buisleiding niet begraven is.

6 Milieuaspecten aanlegfase en ontmantelingsfases

Dit hoofdstuk gaat per Aramis onderdeel in op de effecten op het thema nautische veiligheid, zoals die verwacht worden tijdens de aanleg en de ontmanteling van de CCS-keten. Waar nodig wordt onderscheid gemaakt naar de startfase en de eerste uitbreidingsfase. Tevens bevat het hoofdstuk een doorkijk naar de effecten (Consequenties) die verwacht worden voor de eindfase.

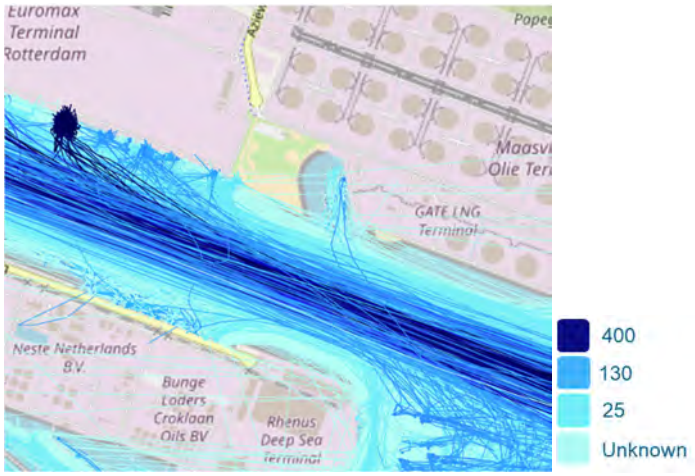
6.1 Terminal en scheepvaart

De effecten tijdens de aanleg betreffen het hinderen van de scheepvaart en de risico's van een aanvaring. Bij inspectie, reparaties en/of herbegraven zijn vergelijkbare effecten op de scheepvaart te verwachten als bij de aanleg.

Effect 1.1.1 - Ongecontroleerd drijvend bouwmaterieel (-)
Informatie is afkomstig uit MARIN studie 33932.601_v1 van 7 maart 2022, waarin het aanvaarrisico van de geplande CO_2 faciliteiten middels een desktopstudie is bepaald.

De breedte van het Yangtzekanaal is circa 500m, waarvan 300m beschikbaar is voor doorvaart. Het Yangtzekanaal biedt daarom relatief weinig ruimte voor drijvend materieel, terwijl de normale scheepvaart doorgang zal moeten hebben. In het geval van ongecontroleerd drijvend materieel, zal er redelijke kans zijn dat de doorgaande scheepvaart daar hinder van zal ondervinden.

Een overzicht van de huidige scheepvaart bewegingen in het Yangtzekanaal gebaseerd op AIS data. Deze AIS data geeft aan dat er momenteel (2020) circa 330 schepen per dag passeren (120 zeeschepen en 210 binnenvaart). Autonome ontwikkelingen zullen leiden tot een significante vermeerdering.



Figuur 6-1: Overzicht scheepvaartbewegingen in de nabijheid van Gate terminal, in een periode van 4 weken in 2023, colour-coded op scheepslengte

De werkmethodiek van de aanleg van de CO2next steigers zal hier rekening mee moeten houden, door voorzorgsmaatregelen te treffen in bijvoorbeeld extra verankeringen of het gebruik van Jack up platformen (JUP), welke niet verankerd zijn maar op spudpalen staan, danwel de inzet van sleepboten.

Het effect wordt licht negatief gescoord (-).

Effect 1.1.2 - Verankeringen voor drijvend materieel hinderen doorgaand scheepvaartverkeer (0)
Informatie is afkomstig uit MARIN studie 33932.601_v1 van 7 maart 2022, waarin het aanvaarrisico van de geplande CO_2 faciliteiten middels een desktopstudie is bepaald.
Het Yangtzekanaal biedt relatief weinig ruimte voor drijvend materieel, terwijl de normale scheepvaart doorgang zal moeten hebben. Drijvend materieel wordt vaak op ankers vastgelegd, waar hier beperkte ruimte voor is.
Mitigerende maatregelen zouden kunnen inhouden dat de constructiemethode van de steigers aangepast wordt, bijvoorbeeld door vanaf de oever uit te bouwen, of middels het gebruik van JUP's.

Daarmee zal de beperking van het scheepsvaartverkeer in het Yangtze kanaal tot een minimum beperkt kunnen worden, en dit effect is daarom neutraal gescoord (0).

Effect 1.1.3 - Rammen van bouwmaterieel of mariene constructies door derden (-)
Informatie is afkomstig uit MARIN studie 33932.601_v1 van 7 maart 2022, waarin het aanvaarrisico van de geplande CO_2 faciliteiten middels een desktopstudie is bepaald.

Het Yangtzekanaal biedt relatief weinig ruimte voor drijvend materieel, terwijl de normale scheepvaart doorgang zal moeten hebben. In het geval van ongecontroleerde scheepvaart, zal er redelijke kans zijn dat zij de in aanbouw zijnde faciliteiten rammen.

Een overzicht van de huidige scheepvaart bewegingen in het Yangtzekanaal gebaseerd op AIS data. Deze AIS data geeft aan dat er momenteel (2020) circa 330 schepen per dag passeren (120 zeeschepen en 210 binnenvaart). Autonome ontwikkelingen zullen leiden tot een significante vermeerdering.

De werkmethodiek van de CO2next steigers zal hier rekening mee moeten houden, bijvoorbeeld door mitigerende maatregelen te treffen in bijvoorbeeld extra beschermende maatregelen, zoals boeien of sleepboot bescherming of operationele beperkingen van de scheepvaart in overleg met de Havenauthoriteit.

Het effect wordt licht negatief gescoord (-).

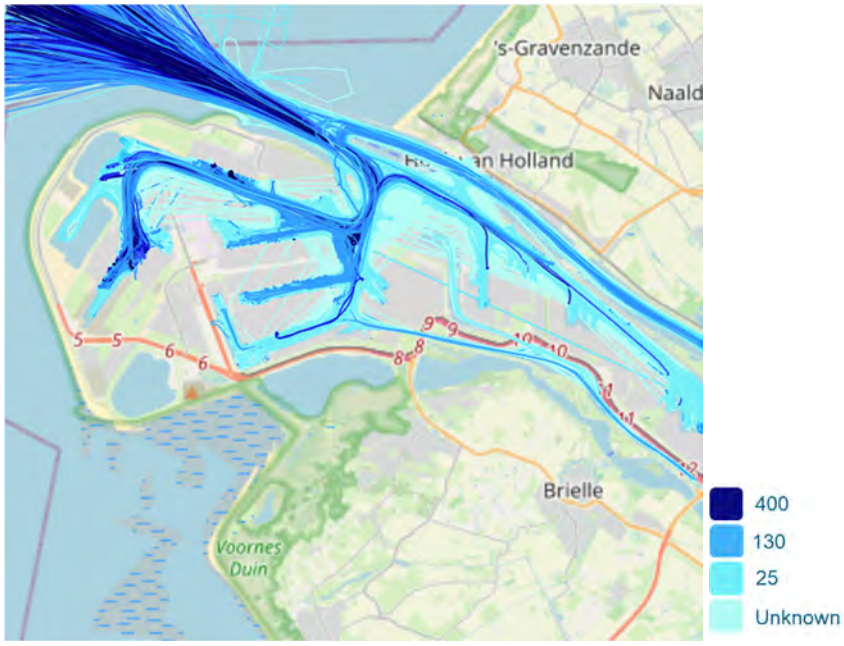
6.2 Zeeleidingen

Informatie is afkomstig uit “Overall Method Statement Construction Activities Aramis” gedateerd 11 Mei 2023, waarin globaal de constructiemethodiek van de zeeleiding wordt beschreven.

Effect 2.1.1 - Aanlanding pijpleiding op Maasvlakte (0)
Aanlegwerkzaamheden doorkruising leiding tasten stabiliteit waterkering aan.

Bij adequaat ontwerp en de uitvoering van de aanlanding zal er geen risico zijn voor instabiliteit van de oever. Aangezien het haventerrein boven het waterniveau ligt, is er geen risico van overstroming.

De drukte van de Maasgeul wordt weergegeven in de volgende figuur.



Figuur 6-2: Overzicht scheepvaartbewegingen in de Maasgeul (four weeks 2023), colour-coded by vessel length

In principe zullen de werkzaamheden voor de aanleg van een kruising op het land gedaan worden, van waaruit onder de waterkering en de Maasgeul geboord zal worden.

Het effect wordt als verwaarloosbaar gescoord (0).

Effect 2.1.2 - Kruising van de Maasgeul - Beschadigen bestaande pijplijnen (0)
Beschadigen bestaande pijplijnen door:
a) gestuurde boring
b) Drijvend materieel verankering
c) Spudpalen/ heien
d) Baggeren

De locatie van de bestaande leidingen is bekend en daar zal in de constructie rekening mee gehouden worden. Wel zal er NGE onderzoek (Onderzoek naar niet gesprongen oorlogsresten/ explosieven) uitgevoerd moeten worden voorafgaand aan de aanleg van de leiding.

De kans dat er onbekende leidingen beschadigd raken wordt als nihil ingeschat (0).

Effect 2.1.3 - Kruising van de Maasgeul - hinderen doorgaand scheepvaartverkeer (0) / (--)
Hinderen doorgaand scheepvaartverkeer bijvoorbeeld door verankeringen voor drijvend materieel of druktesten leiding

Er zijn twee alternatieven voor de kruising van de Maasgeul, welke beide uitgaan van een gestuurde boring.

In de varianten met tunnel boringen ligt de geboorde buisleiding circa 10 m diep onder het diepste punt van de vaargeul en heeft daardoor geen impact op de scheepvaart en geen risico op aanvaring van de buisleiding. Een tijdelijk werkschip om de transportleiding en eventuele kabel te begeleiden die onder de Maasgeul wordt getrokken bij de boring onder de Maasgeul, zal ten noorden van de Maasgeul liggen. Gezien de vaste ligging van dit werkvaartuig is effect op het scheepvaartverkeer in de Maasgeul niet te verwachten. Scheepvaart ondervindt daarom nagenoeg geen hinder voor de aanleg van de leiding onder de Maasgeul door en worden de effecten als nihil beschouwd (0).

Voor de Direct Pipe uitvoeringsmethode wordt er een sleuf gegraven door de Maasgeul . Het verkeer in de Maasgeul zal daardoor enige tijd hinder ondervinden. Door een slimme planning waarbij de vaargeul niet volledig wordt afgesloten en geen gebruik gemaakt wordt van brede ankerlijnen, zal het effect nog enigszins beperkt kunnen worden. Tevens is het van belang dat de mogelijke stremming goed wordt gecommuniceerd aan de scheepvaart en loodsen, voorafgaand aan de werkzaamheden. Het effect wordt desalniettemin als hoog ingeschat en daarom negatief gescoord (- -).

Effect 2.1.4 - Kruising van de Maasgeul – rammen materiaal (-) / (0)
Rammen van bouwmaterieel of mariene constructies, inclusief ontvangstschacht, door derden

Voor de gestuurde boring, zal er een ontvangstschacht worden aangelegd ten noorden van de Maasgeul. Deze ontvangstschacht zal enkele weken in bedrijf zijn, voordat de buisleiding aan beide zijden aangesloten is. De ontvangstschacht ligt buiten de Maasgeul. Hoewel de werkzaamheden gecontroleerd worden uitgevoerd en er mitigerende maatregelen kunnen worden ingesteld om de schacht te beschermen, zoals bijvoorbeeld een beschermingsconstructie of permanente wachtschepen, wordt het effect als licht negatief gescoord (-). De reden is het grote aantal schepen dat passeert en de grote potentiële consequenties (Overlijden).

Voor het Direct pipe alternatief is dit geen issue (0).

Effect 2.1.5 - Kruising van de Maasgeul – Ongecontroleerd drijvend bouwmaterieel (0)
Tijdens de aanleg van de transportleiding zullen werkvaartuigen in de Maasmond aanwezig zijn. De werkzaamheden zijn van tijdelijke aard. Maatregelen zullen worden ingesteld in overleg met de Havenmeester zodanig dat de kans op rammen nihil zal zijn (0).

Effect 2.1.6 – zeeleiding tracé – beschadiging leidingen (0)
Beschadigen bestaande, niet bekende, pijpleidingen door baggeren of verankering drijvend materieel

Het werkvaartuig dat de transportleiding legt, start de werkzaamheden ten noorden van de Maasgeul in het geval van de microtunnel optie. De drukke Maasgeul scheepvaartroute zal dus niet gekruist worden.

Voor de Direct Pipe optie wordt de Maasgeul wel gekruist.

Informatie is afkomstig uit rapport 416010-00257 - ARM-CPT-BB3-PLR-REP-0048_2, van datum 19 March 2023; Crossing inventory. Er is een inventarisatie gemaakt van de kruisingen op het tracé van de buisleiding, gebaseerd op Noordzeeloket, https://www.noordzeeloket.nl/en/up-date-atlas/.

De buisleiding zal worden begraven op de lokaties waar een navigatiekanaal wordt gekruist, of op de lokaties waar zand duinen kunnen zorgen voor constructieve instabiliteit. De totale lengte van de buisleiding die begraven zal worden is 110 km (105 km Sectie A, 5 km Sectie C),

- lengte 10 km, startend bij de aanlanding; reden scheepvaartactiviteiten
- lengte 75 km, start bij platform P18-A, reden zand duinen
- lengte 20 km, reden ondiep water scheepvaartactiviteiten
- Lengte 5 km, sectie C, reden diepwater scheepvaartactiviteiten

De locatie van de bestaande leidingen is bekend en daar zal in de constructie rekening mee gehouden worden. De kans dat er onbekende leidingen beschadigd raken wordt als nihil ingeschat (0).

Effect 2.1.7 – Kruisng leidingen en kabels (0)
Beschadigen bestaande pijpleidingen en kabels door baggeren, verankering drijvend materieel of kruisingswerkzaamheden
Informatie is afkomstig uit rapport 416010-00257 - ARM-CPT-BB3-PLR-REP-0048_2, van datum 19 March 2023; Crossing inventory.

Het totaal aantal kruisingen van pijpleidingen is 47, exclusief Neptune Energy aansluiting.

Tabel 6-1. Aantal kruisingen pijpleidingen

Section	Type 1	Type 2	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Type 9	Type 10	Total
NS HDD	1		1	1				2	1	6
A	5				1	9	1	7	5	28
C		2	1				1		2	6
D		1			1				1	3
F			3		1					4
Total	6	3	5	1	3	9	2	9	9	47

De kruisingen zijn onderverdeeld in 10 typen.

Tabel 6-2. Definitie typen kruisingen

Crossed infrastructure	Aramis buried	Aramis on seabed
Pipeline buried, < 16-inch	Type 1	Type 2
Pipeline on seabed, 16 to 24-inch	Type 3	Type 4
Pipeline on seabed, 24 to 36-inch	Type 5	Type 6
cable buried	Type 7	Type 8
cable abandoned/OOS	Type 9 cut and remove section	Type 10 no action

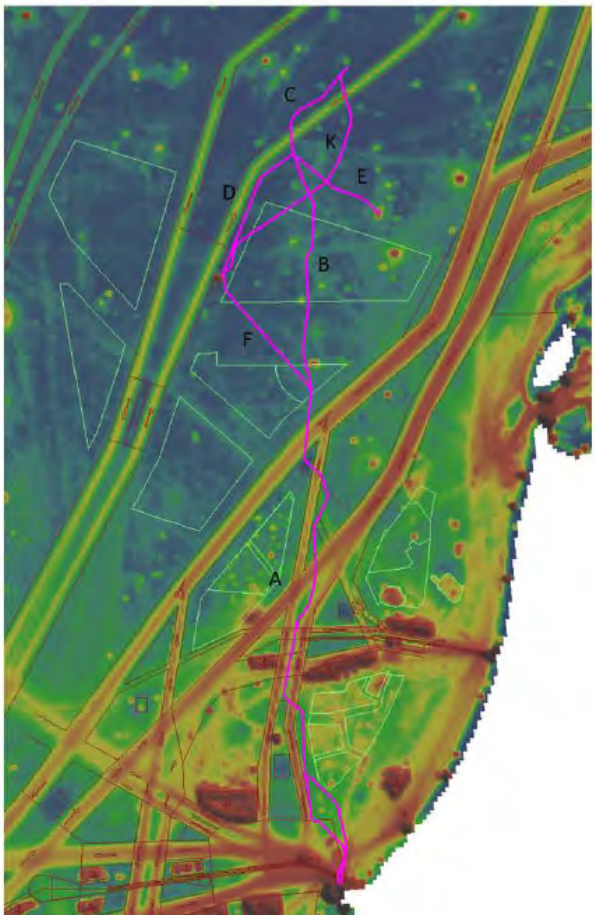
Voor elk type is een ontwerp gemaakt, waarin op gecontroleerde wijze de kruising tot stand gebracht kan worden. De kans op schade aan bestaande leidingen wordt daarom als nihil ingeschat (0).

Effect 2.1.8 - Kruisingen met navigatiegebieden (-)
Verankeringen voor drijvend materieel hinderen doorgaand scheepvaartverkeer.

Het tracé kruist meerdere Verkeers Scheiding Stelsels (VSS). Het tracé kruist, naast de Maasgeul, 6 maal een navigatieroute en grenst op 2 lokaties aan een navigatieroute.

Het leggen van een ingegraven buisleiding zal gedaan worden door een combinatie van een legschip en een ingraafmachine. Afhankelijk van het type ingraafmachine, wordt de ingraafmachine begeleid door een ingraafschip of heeft deze een eigen aandrijving. In de effectbepaling wordt uitgegaan van een combinatie met een geschatte lengte van maximaal 2.000 m. De snelheid waarmee gevaren wordt is geschat op 3 km per dag.

Veelal zijn de hoeken van het werkvaartuig en het VSS niet haaks, en zal naar schatting maximaal 50% door het werkvaartuig worden ingenomen. Gezien de korte afstand en de werksnelheid, zal deze hinder naar verwachting gedurende een dag plaats vinden en is daarom licht negatief gescoord (-).



Figuur 6-3: Overzicht scheepvaartbewegingen in de Noordzee

Effect 2.1.9 – Kruising navigatiegebieden – rammen materieel (0)
Rammen van bouwmaterieel of mariene constructies door derden

Tijdens de aanleg van de transportleiding zullen werkvaartuigen in de VSS aanwezig zijn. Aanwezigheid van een guardvessel of sleepboot als begeleiding kan een goede voorzorgsmaatregel zijn. De werkzaamheden zijn van tijdelijke aard. Maatregelen zullen worden ingesteld in overleg met de Havenmeester en Kustwacht zodanig dat de kans op rammen nihil zal zijn (0).

Effect 2.1.10 – Kruising navigatiegebieden - ongecontroleerd drijvend bouwmaterieel (0)
Tijdens de aanleg van de transportleiding zullen werkvaartuigen in de VSS aanwezig zijn. De werkzaamheden zijn van tijdelijke aard. Maatregelen zullen worden ingesteld in de constructie methodes zodanig dat de kans op losbreken nihil zal zijn (0).

Aanwezigheid van een sleepboot als begeleiding kan een goede mitigerende maatregel zijn.

6.3 Platforms; distributieplatform, nieuwe en bestaande platforms

Effect 3.1.1 - Nieuwe platforms (Neptune Energy en Shell) – (0)
Schade aan het platform bij:

- de load out (Door vallende kraan , vallende objecten);
- transport (Door zinkend transport schip, overbelaste constructie) of;
- installatie (Door botsend installatieschip, overbelaste constructie).

Informatie is afkomstig uit document 27.1726-GMT-210, offshore installation manual- Volume 1, Installation Manual for the D18a-A platforms van Seaway Heavy Lifting, waarin de installatie van 4 platforms wordt beschreven, inclusief:

- Transport;
- Pre-installatie activiteiten;
- Jacket installatie;
- Topsides installatie en;
- Commissioning.

Deze methodologie is beschreven voor daadwerkelijk in 2013 geïnstalleerde platforms. Er wordt vanuit gegaan dat een soortgelijke methodologie zal worden opgesteld voor de Aramis en Neptune platforms, waarbij de geleerde lessen uit 2013 zullen worden meegenomen.

Hoewel de activiteiten, door bijvoorbeeld de gewichten en de complexiteit van de activiteiten als risicovol beschouwd kunnen worden, is in de methodologie duidelijk dat de risico's onder controle zijn en afdoende gemitigeerd. De risico's op beschadiging van de platforms wordt daarom als nihil (0) beoordeeld.

Effect 3.1.2 – Distributieplatform - Connectie bestaande en nieuwe platforms (0)
Schade aan het platform bij connectie door botsend installatieschip, overbelaste constructie

Informatie is afkomstig uit het rapport A4863-SHE-CRA-1, gedateerd 1 juni 2022, Aramis project, Vessel collision risk assessment. In dit rapport wordt het risico van rammen door "Infield" schepen (Schepen direct betrokken bij de operatie van de platforms) bepaald. De geschiedenis geeft aan dat met dit soort schepen de risico's van rammen relatief groot zijn:

- De schepen zijn per definitie regelmatig in de nabijheid van de platforms.
- De afmeting van de schepen is relatief groot.
- De schepen hebben een relatief grote aanmeersnelheid.

Veel operaties worden uitgevoerd met walk-to-work vessels (W2W), welke voorzien zijn van 3D bewegingscompensatie voor de kranen en loopbruggen. Ook jack up platforms (JUP) kunnen gebruikt worden, welke een stabiel platform bieden. W2W vessels zijn self propelled, terwijl JUP's door sleepboten naar hun positie worden gebracht.

Door meer betrouwbaar materieel en betere veiligheidsprocedures is het aantal incidenten over de afgelopen jaren significant afgenomen. De kans op impact wordt uitgerekend als 1/150 jaar, wat hoger is dan voor passerende schepen. De impact energie is echter, door de lage snelheid, lager.

Mitigerende maatregelen kunnen bestaan uit bijvoorbeeld

- Instellen van operationele beperkingen;
- Goed liftplan.

Al met al, met name door de tijdelijke natuur en de mogelijke goede voorbereiding, inclusief het instellen van operationele restricties, wordt het effect van aanvaring en beschadiging door werkschepen als nihil ingeschat (0).

Effect 3.1.3 - Veranderingen aan bestaande platforms (0)
Schade aan het platform door extra functionaliteit van CO_2-transport over het platform, overbelaste constructie

De extra functionaliteit bestaat bijvoorbeeld uit een riser, pompen, etc. Er wordt geadviseerd een technische inspectie uit te voeren op het platform, waarbij ook de onderhoudsrapporten worden beschouwd.

De aanpassing van de constructie zal worden ontworpen, rekening houdend met de huidige staat van het platform en de benodigde versterking. De kans op schade aan de constructie door de extra belasting wordt daarom als nihil ingeschat (0).

6.4 Samenvatting en conclusies

Tabel 6-3. Samenvatting effectbeoordeling Constructiefase

Nummer	Aspect	Effect	Effect-beoor-deling	Gebruikte studie
1.1.1	Marine terminal	Ongecontroleerd drijvend bouwmaterieel	(-)	AIS data, MARIN studie 33932.601_v1 van 7 maart 2022
1.1.2		Verankeringen voor drijvend materieel hinderen doorgaand scheepvaartverkeer	(0)	AIS data, MARIN studie 33932.601_v1 van 7 maart 2022
1.1.3		Rammen van bouwmaterieel of mariene constructies door derden	(-)	AIS data MARIN studie 33932.601_v1 van 7 maart 2022
2.1.1	Aanlanding in Rotterdam	Lekken waterkering door doorkruising van de leiding Impact op doorgaand scheepvaartverkeer	(0)	Overall Method Statement Construction Activities Aramis, (11 Mei 2023)
2.1.2	Kruising van de Maasgeul	Beschadigen bestaande pijplijnen door: a. gestuurde boring	(0)	Overall Method Statement Construction Activities Aramis, (11 Mei 2023)

Nummer	Aspect	Effect	Effect-beoor-deling	Gebruikte studie
		b. Drijvend materieel verankering c. Spudpalen/ heien d. Baggeren		
2.1.3		Verankeringen voor drijvend materieel hinderen doorgaand scheepvaartverkeer Tunnel Direct pipe	(0) (- -).	Overall Method Statement Construction Activities Aramis, (11 Mei 2023)
2.1.4		Rammen van bouwmaterieel of mariene constructies, inclusief ontvangstschaft, door derden Tunnel Direct Pipe	(-) (0).	Overall Method Statement Construction Activities Aramis, (11 Mei 2023)
2.1.5		Ongecontroleerd drijvend bouwmaterieel	(0)	Overall Method Statement Construction Activities Aramis, (11 Mei 2023)
2.1.6	Zeeleiding tracé tot distributieplatform Zeeleiding tracé tot platforms	Beschadigen bestaande- Niet bekende- pijpleidingen door baggeren of verankering drijvend materieel	(0)	Overall Method Statement Construction Activities Aramis, (11 Mei 2023) 416010-00257 – ARM-CPT-BB3-PLR-REP-0048_2, van datum 19 March 2023; Crossing inventory
2.1.7	Kruisingen van pijpleidingen en kabels	Beschadigen bestaande pijpleidingen door baggeren, verankering drijvend materieel of kruisingswerkzaamheden	(0)	Overall Method Statement Construction Activities Aramis, (11 Mei 2023) 416010-00257 – ARM-CPT-BB3-PLR-REP-0048_2, 19 March 2023; Crossing inventory
2.1.8	Kruisingen met navigatiegebieden	Verankeringen voor drijvend materieel hinderen doorgaand scheepvaartverkeer	(-)	Overall Method Statement Construction Activities Aramis, (11 Mei 2023)
2.1.9		Rammen van bouwmaterieel of mariene constructies door derden	(0)	Overall Method Statement Construction Activities Aramis, (11 Mei 2023)
2.1.10		Ongecontroleerd drijvend bouwmaterieel	(0)	Overall Method Statement Construction Activities Aramis, (11 Mei 2023)
3.1.1	Nieuwe platforms (Neptune Energy en Shell)	Schade aan het platform bij de load out (Door vallende kraan, vallende objecten), transport (Door zinkend transport schip, overbelaste constructie) of installatie (Door botsend installatieschip, overbelaste constructie)	(0)	Constructie methode installatie platform 27.1726-GMT-210, 14 juni 2013

Nummer	Aspect	Effect	Effect-beoor-deling	Gebruikte studie
3.1.2	Distributie-platform Connectie op bestaande platforms	Schade aan het platform bij connectie (Door botsend installatieschip)	(0)	A4863-SHE-CRA-1, gedateerd 1 juni 2022, Aramis project, Vessel collision risk assessment
3.1.3		Schade aan het platform door extra functionaliteit, overbelaste constructie	(0)	Expert judgement

De belangrijkste aandachtspunten zijn:

- De CO2next steigers worden geconstrueerd direct naast het drukbevaren Yangtzekanaal. Mitigerende maatregelen dienen te worden genomen om de invloed van het drijvend bouwmaterieel op de passerende schepen te minimaliseren. Daarnaast dienen de te bouwen constructies fysiek of operationeel beschermd te worden tegen aanvaring.
- De Maasgeul is drukbevaren. Elke belemmering, bijvoorbeeld door de bouwactiviteiten van de aanlanding zullen impact hebben.
- Voor de gestuurde boring, benodigd voor de kruising van de Maasgeul, is een ontvangstschacht nodig. De eventuele consequenties van aanvaring van deze ontvangstschacht zijn zeer groot.
- Het doorgaand verkeer in de VSS dient beschermd te worden voor impact van verankeringen van drijvend materieel.

7 Milieuaspecten van Aramis als integraal systeem

In voorgaande hoofdstukken zijn de milieueffecten beschreven die de verschillende onderdelen van het Aramis initiatief teweegbrengen. Sommige aspecten zijn echter afhankelijk van het presteren van het systeem als geheel. Deze aspecten zijn in dit hoofdstuk beschreven.

Voor het aspect Nautische Veiligheid zijn geen aspecten met betrekking tot het integraal systeem geïdentificeerd. Dit hoofdstuk is daarom opzettelijk leeg gelaten.

8 Milieueffecten buiten Aramis scope

Zoals eerder beschreven behoren sommige CCS-ketenonderdelen niet tot het Aramis initiatief. Het is belangrijk om van deze onderdelen op hoofdlijnen wel de milieugevolgen in beeld te brengen. Het betreft immers effecten die mede via het Aramis initiatief ontstaan. Door de effecten van deze onderdelen ook te beschouwen ontstaat een beeld van de gevolgen van de totale CCS keten. Omdat deze onderdelen niet door de Aramis initiatiefnemers worden ondernomen en omdat hierover slechts beperkt informatie beschikbaar is, worden deze milieugevolgen slechts op globaal niveau beschouwd.

De levering van CO_2 vanaf leveranciers naar het verzamelpunt, zal deels plaatsvinden in gasvorm via de Porthos landleiding en deels in vloeibare vorm via schepen. In het MER is onderzoek gedaan naar de nautische veiligheid voor de schepen nabij de terminal, vanaf het heersende verkeersbeeld. Buiten de Aramis scope, maar wel ten gevolge van Aramis, vindt er het laden van de schepen bij de leverancier plaats en het transport vanaf de leverancier tot aan de haven van de terminal.

Het laden en transport heeft betrekking op CO_2 schepen, wat relatief nieuw is. De veiligheid bij het laden en transporteren, zowel de barges als de coasters zal door de leveranciers in beeld moeten worden gebracht en valt dus buiten de scope van dit MER.

Een deel van de transport en de constructie van 2 barges vindt plaats door de partijen betrokken bij Aramis. Deze activiteiten vallen echter niet onder de scope van de Aramis MER.

9 Leemten in kennis en voorstel voor monitoring

Dit beschrijft of en zo ja welke leemten in kennis er zijn voor de besluitvorming over het Aramis initiatief. Daarnaast bevat het een voorstel voor welke milieu-aspecten gemonitord moeten worden.

9.1 Leemten in kennis

Voorafgaand aan de werkzaamheden zal in overleg met de (Rijks)Havenmeester van Rotterdam, de Kustwacht en de directie Noordzee van RWS bepaald worden welke veiligheidsmaatregelen in acht genomen dienen te worden. Dit zal moeten gebeuren met de dan heersende kennis en ervaring.

Hiermee zullen eventuele negatieve effecten als hinder en aanvaarrisico's zoveel mogelijk worden vermeden.

Rapportages die later beschikbaar komen

- MARIN rapport 'Effecten scheepvaartveiligheid (DHUB en leidingen)' met hierin oa. een indicatie van de aanvarings-/ aandrijvingskansen en drijfvermogen bij lekkage leiding

10 Samenvatting bevindingen en toetsing wet- en regelgeving

De samenvattingen van de bevindingen en toetsing zijn gegeven in hoofdstuk 5 en 6 en worden omwille van uniformiteit hier niet herhaald.



Royal HaskoningDHV is een onafhankelijk internationaal advies- en ingenieursbureau. We combineren 140 jaar engineering- en ontwerpexpertise met consultancy, software en technology diensten. We leveren hiermee toegevoegde waarde voor klanten en hebben een positieve impact op mensen en onze leefomgeving. Dat is onze drijfveer: Enhancing Society Together. Daar hoort bij dat we onszelf en anderen voortdurend uitdagen om bij te dragen aan duurzame oplossingen voor lokale en wereldwijde vraagstukken in de gebouwde omgeving en de industrie.

In onze snel veranderende wereld wordt de agenda bepaalt door onder meer klimaatverandering, de digitale transformatie, een veranderende consumentenvraag en hybride werken. Met onze geïntegreerde duurzame oplossingen willen we bijdragen aan het bredere technologische en maatschappelijke plaatje.

Gesteund door de kennis en ervaring van meer dan 6.000 collega's werken we vanuit kantoren in meer dan 20 landen. We ondersteunen klanten om de transitie te maken naar een slimme en duurzame organisatie. We koppelen onze engineering- en ontwerpexpertise aan onze software- en technologische diensten om toegevoegde waarde te leveren voor onze klanten en de lifecycle van hun assets.

We zijn oprecht, handelen integer en transparant in al onze activiteiten, ook onze bedrijfsvoering Ons team is divers en inclusief. De veiligheid en het welzijn van mensen, in ons team en daarbuiten, staat onder alle omstandigheden voorop.

In projecten en initiatieven werken we actief samen met overheden en het bedrijfsleven, partners en stakeholders. We zien een belangrijke rol voor onszelf in innovatieve duurzame ontwikkeling en willen bijdragen aan een betere leefomgeving, nu en in de toekomst.

Ons hoofkantoor is gevestigd in Nederland en we hebben kantoren in Europa, Azie, Afrika, Australie en Amerika.

royalhaskoningdhv.com

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Nautical QRA CO2next terminal

VOPAK LNG Holding B.V.

Report no.: 10494402-1, Rev. 0
Document no.: 10494402-1
Date: 10-07-2024



DNV Energy Systems
Safety & Risk Management Benelux
Zwolseweg 1
2994 LB Barendrecht,
The Netherlands
Tel: +31 10 2922600
NL008585635B01

Report title:	Nautical QRA CO2next terminal
Customer:	VOPAK LNG Holding B.V., Westerlaan 10, 3016 CK Rotterdam, The Netherlands
Customer contact:	Marco de Groote
Date of issue:	10-07-2024
Project no.:	10494402
Organisation unit:	Safety & Risk Management Benelux
Report no.:	10494402-1, Rev. 0
Document no.:	10494402-1

Applicable contract(s) governing the provision of this Report:

Objective: Developing a nautical QRA of the collision risks at the planned CO2next terminal in Maasvlakte

Prepared by:	Verified by:	Approved by:
Niek Wessels Senior consultant	Dennis van der Meulen Principal consultant	Benjamin Barbette Principal consultant – Team Leader

Keywords CO2, QRA

Rev. no.	Date	Reason for issue	Prepared by	Verified by	Approved by
A	2024-06-14	Draft report	N. Wessels	D. van der Meulen	B. Barbette
0	2024-07-10	Final report, incorporate client feedback	N. Wessels	D. van der Meulen	B. Barbette

Copyright © DNV 2024. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited.

DISCLAIMER

Independence, impartiality, and advisory limitations

This document contains content provided by DNV. Please note the following:

Ethical safeguards

To maintain integrity and impartiality essential to its third-party roles, DNV performs initial conflict-of-interest assessments before engaging in advisory services.

Priority of roles

This report is generated by DNV in its advisory capacity, subsequent to conflict-of-interest assessments. It is separate from DNV's responsibilities as a third-party assurance provider. Where overlap exists, assurance activities conducted by DNV will be independent and take precedence over the advisory services rendered.

Future assurance limitation

The content in this document will not obligate or influence DNV's independent and impartial judgment in any future third party assurance activities with DNV.

Compliance review

DNV's compliance with ethical and industry standards in the separation of DNV's roles is subject to periodic external reviews.

Table of contents

1 INTRODUCTION 4
1.1 Background 4
1.2 Objectives and scope limitations 4
1.3 Report structure 4

2 LEGAL FRAMEWORK AND TERMINOLOGY 5
2.1 Location-specific individual risk 5
2.2 Focus areas 5
2.3 Risk area (formerly safety contour) 6

3 DESCRIPTION OF NAUTICAL SITUATION 8
3.1 CO2 vessel types 8
3.2 Present and future traffic situation 9

4 QRA METHODOLOGY 10

5 FAILURE FREQUENCIES 12

6 MODELLING 13
6.1 CO2 probit 13
6.2 Underwater release 13
6.3 Tank filling 13
6.4 Discharge modelling 14
6.5 Shielding from bunker vessels 14
6.6 Type of surface for pools 14
6.7 Type of terrain for dispersion 14
6.8 Repressive systems 14

7 ENVIRONMENT 15
7.1 Weather data 15
7.2 Roughness length 15

8 RISK RESULTS 16
8.1 Location-specific individual risk 16
8.2 Focus areas 18

9 CONCLUSIONS 20

10 REFERENCES 21

1 INTRODUCTION

1.1 Background

VOPAK LNG Holding B.V. (VOPAK) has asked DNV to carry out a Nautical jetty QRA for the foreseen CO2next terminal. The QRA for the CO2next terminal is performed by RHDHV (Ref. /3/), however the Port of Rotterdam Authority has requested an additional QRA showing the risks from a large leakage of the CO2 cargo tank of an LCO2 ship due to a collision, while the vessel is moored at the CO2 terminal.

Risk calculations are performed in Safeti-NL 8.8 following the Risk calculation method environmental safety (Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid) (Ref. /2/).

The risks of the nautical QRA will be combined at a later stage with the risks of the terminal by RHDHV. The collision scenarios that are used as the basis of this nautical QRA have been developed by MARIN in the report 'collision risk assessment for CO2next terminal' (Ref. /1/). The more detailed and location-specific collision frequencies and hole sizes as determined by MARIN have been used instead of the default collision scenarios in the Risk calculation method.

1.2 Objectives and scope limitations

The objective of the nautical QRA is the calculation of location-specific individual risk contours and focus areas for the collision of a vessel with CO2 vessels that are moored at the CO2next terminal and the subsequent release of CO2 from the CO2 cargo tank.

The scope is limited to only the collision risks with CO2 vessels that are moored at the terminal. The assessment of collision risk during transportation (i.e. when CO2 vessels are sailing through the port) is not part of the scope of this study.

Calculation of societal risk (FN-curves) and the proposal of risk mitigation measures are both out of scope.

To assess the acceptability of the risks compared to the Environmental Quality Decree (Besluit kwaliteit leefomgeving, Bkl) risk criteria the nautical QRA has to be combined with the terminal QRA for the CO2next terminal. This is not in scope of this study.

1.3 Abbreviations and acronyms

Bkl	Besluit kwaliteit leefomgeving (Environmental Quality Decree)
IR	Individual Risk
LBW	Levensbedreigende waarde (Life threatening value, threshold value used in the Netherlands for lethal toxic effects)
LCO2	Liquid CO2
LoC	Loss of Containment
LSIR	Location-specific Individual Risk
QRA	Quantitative Risk Assessment
SIMOPS	Simultaneous Operations
TVDM	Time varying discharge model

1.4 Report structure

The structure of this report is as follows:

- Legal Framework and Terminology (chapter 2);

- Description of nautical situation (chapter 3);
- QRA Methodology (chapter 4);
- Failure frequencies (chapter 5);
- Modelling (chapter 6);
- Environment (chapter 7);
- Risk results (chapter 8);
- Conclusions (chapter 9);
- References (chapter 10).

2 LEGAL FRAMEWORK AND TERMINOLOGY

A quantitative risk assessment (QRA) is used to make decisions about the acceptability of the risk in relation to developments at a company or in the vicinity of a Seveso establishment. The criteria for assessing the acceptability of risks are outlined in the Bkl. However, it should be noted that a 'Nautical QRA', assessing the collision risks for vessels with hazardous goods that are moored at a terminal, is not a separate type of study in the Bkl. Rather, it is typically a part of the QRA of the facility where these vessels are transferring to/from. As such, there are no specific risk criteria to assess the acceptability of the nautical collision risks. To assess the acceptability of the nautical risks they have to be combined with the risks of the facility, in this case the CO2next terminal. The combined nautical and terminal risk contours can then be compared with the risk areas of Maasvlakte 1 and 2 to assess the acceptability of the risks. The nautical QRA is performed upon request of the Port of Rotterdam Authority.

The Bkl distinguishes between two forms of risk: the location-based risk (LSIR) and focus areas. Both should be determined with a QRA.

The relevant concepts are further explained in the following paragraphs.

2.1 Location-specific individual risk

The location-specific individual risk (LSIR), or individual risk (IR), is the probability of the death of an unprotected and continuously present person outside the boundaries of the location where an activity is carried out as a direct result of an incident caused by that activity.

The location-specific individual risk is represented as LSIR contours. For example, the 10^{-6} per year LSIR contour shows those places where the chance of a person's death is once in a million per year. The LSIR is independent of the actual population distribution in the vicinity of the activity.

2.2 Focus areas

Focus areas are areas around activities with hazardous goods that indicate where people indoors are insufficiently protected against the consequences of accidents involving hazardous goods, without additional safeguarding measures. This means that, in the event of an accident involving hazardous goods, life-threatening hazards to people in buildings can occur. A distinction is made between three types of focus areas:

- Fire focus area;
- Explosion focus area;
- Toxic focus area.

Due to the properties of CO2 only the Toxic focus area is relevant for this study. Fire and Explosion focus areas are not further considered in this study.

The focus areas provide insight into which hazards can occur in an area and where extra protection might be required. In the environmental vision and the environmental plan, the competent authority makes and motivates a choice about what is sufficiently safe and how health and the environment are protected. The competent authority also assesses whether, and if so, what measures are necessary to adequately protect people in the focus areas.

The competent authority can use various measures to protect people within the focus areas:

- keep distance from the source of risk within the focus area;
- additional risk communication;
- limiting the density of people in the vicinity of the source of risk;
- escape and shelter options;
- environmental measures;
- additional building measures in a regulatory area.

A municipality can designate regulatory areas within a focus area where additional building requirements may apply to the new construction and replacement of buildings that are limited vulnerable, vulnerable and very vulnerable.

2.3 Risk area (formerly safety contour)

A risk area (formerly safety contour under the External Safety Establishments Decree (Bevi)), offers the possibility of reserving space for high-risk activities and is part of the environmental plan. This is mapped as an outline of the location-specific individual risk. The risk area is based on the underlying vision of the (general) use of an area. The space between high-risk activities on the one hand and the development of residential areas on the other is divided and separated by the risk area. This contour indicates the limits that the LSIR contour (10^{-6} per year) of an environmentally harmful activity may reach.

If, for example, the 10^{-6}/year risk contour of an activity remains within the risk area, there is no need to assess the presence of limited vulnerable, vulnerable or very vulnerable objects or locations within the contour. Within the risk area, the location-specific individual risk does not need to be assessed against the Bkl criteria. This means that (limited) vulnerable buildings and sites are permitted in the area under certain conditions, even if they are located within the 10^{-6} per year LSIR contour of an activity in Annex VII of the Bkl (such as e.g. a Seveso establishment). The condition for permitting a (limited) vulnerable building or location within the risk area is that there is a 'functional link' between the (limited) vulnerable building/locations and the surrounding area.

The CO2next terminal is located within the risk area ‘Maasvlakte 1 and Maasvlakte 2’, shown in Figure 2-1.



Figure 2-1: Risk area Maasvlakte 1 and Maasvlakte 2. Location of the CO2next terminal is indicated by the red circle

3 DESCRIPTION OF NAUTICAL SITUATION

The nautical QRA considers only the collision risk for the moored CO2 vessels at the CO2next terminal. The nautical QRA is based on the collision risk calculated by MARIN in the report “Collision risk assessment for CO2next terminal” (Ref. /1/).

Figure 3-1 shows the 4 berth mooring layout that was used for MARIN’s collision study. During the start of 2024 the proposed layout of the terminal has been changed from 4 jetties to a layout with 3 jetties (shown in Figure 3-2). The impact of this change in the design on the collision frequencies has been qualitatively assessed by MARIN in the memo “Final memo on the impact of a change in terminal layout for the CO2NEXT terminal”. The conclusion of this assessment is that the collision frequencies for the terminal consisting of 3 jetties is expected to be lower than when the terminal consists of 4 jetties (Ref. /4/). For more details on the layout changes reference is made to the memo from MARIN.

Since the MARIN collision study was performed for the 4 berth layout, the available collision frequencies are for the 4 berth layout and this is thus also the layout used in the nautical QRA. The results of the nautical QRA are expected to be conservative for the updated 3 berth layout.

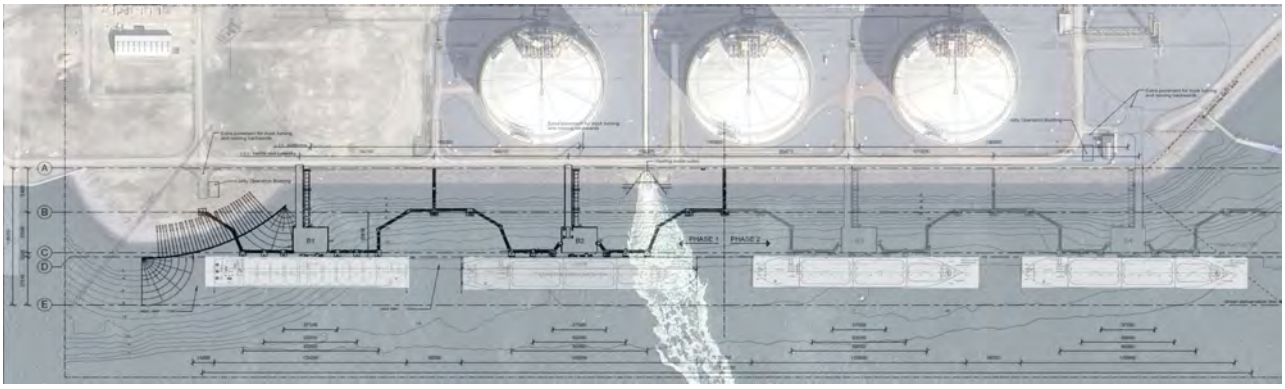


Figure 3-1: Four berth mooring layout for LCO2 ships at CO2next terminal.

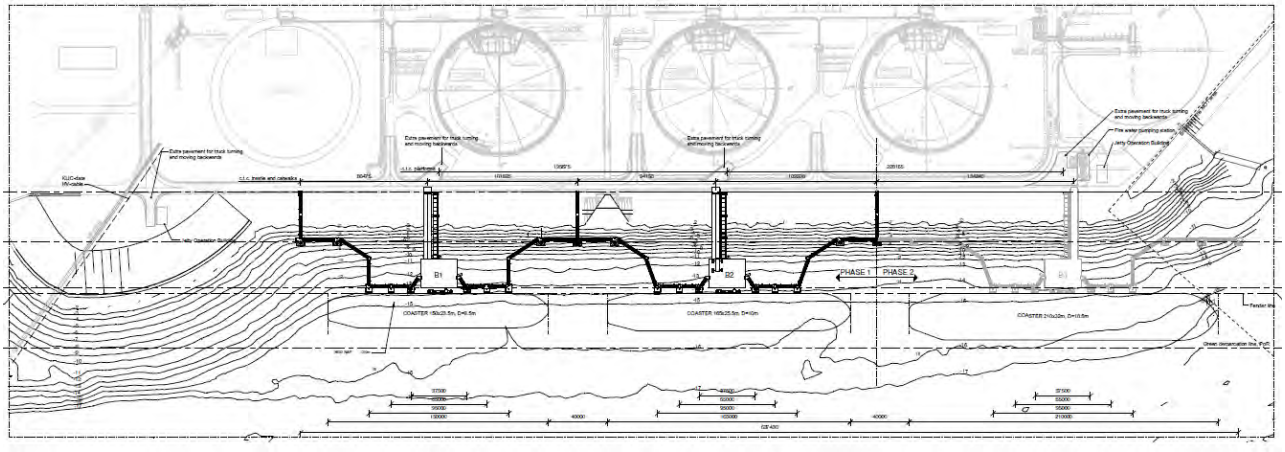


Figure 3-2: Updated three berth mooring layout for LCO2 ships at CO2next terminal (not used in the QRA).

3.1 LCO2 ship types

Input and conservative assumptions on the types of vessels and their CO2 cargo capacity has been provided by VOPAK. The capacity of the vessels is based on current designs of CO2 vessels, which have been increased by 25% to

account for larger vessels in the future. Collision data and the subsequent probability of damage to the CO2 cargo tanks have been provided by MARIN.

Both inland barges and coasters can moor at the CO2 terminal. For the QRA it is assumed that barges moor at jetty 1 and coasters moor at jetty 2, 3 and 4. Barges are assumed to have 9 tanks on board, each with a volume of 1083 m^3. Coasters are assumed to have 3 storage tanks onboard, 2 with a volume of 6224 m^3 and 1 with a volume of 2758 m^3. CO2 on both barges and coasters is assumed to be stored at 16 barg and -25 °C.

For the collision scenarios it is assumed that at most 1 single storage tank is penetrated. The volume of the largest storage tank for each type of vessel is used in the risk calculation (i.e. 1083 m^3 for a barge and 6224 m^3 for a coaster). Each berth is assumed to be occupied 75% of the time.

The development of the CO2 terminal is split into two stages. In the first stage only the first two jetties will be operational. In the second stage the second two jetties will also be in use.

3.2 Present and future traffic situation

In the MARIN collision study two separate traffic scenarios have been considered: present and future. Present traffic is based on the current traffic around the CO2next terminal. The future traffic situation is based on the expected traffic situation in 2050.

In this QRA the risks of 4 separate situations have been calculated:

1. Present traffic with only the first stage of the terminal developed (2 operational jetties).
2. Present traffic with the second stage of the terminal developed (4 operational jetties).
3. Future traffic with only the first stage of the terminal developed (2 operational jetties).
4. Future traffic with the second stage of the terminal developed (4 operational jetties).

The first situation is the least conservative and the fourth is the most conservative. Since it is unknown when the second stage of the terminal will be developed, all four situations are calculated in this nautical QRA.

4 QRA METHODOLOGY

A Quantitative Risk Assessment is a well-known and widely accepted methodology to quantify safety risks. It is an approach to determine risk levels associated with accidental LoC events (e.g. spills, gas releases).

A QRA can give insight into the risks to human life of a certain activity by calculating the potential hazardous effects of a variety of scenarios as well as considering the probability of occurrence of these scenarios. The QRA methodology is visualized in Figure 4-1.

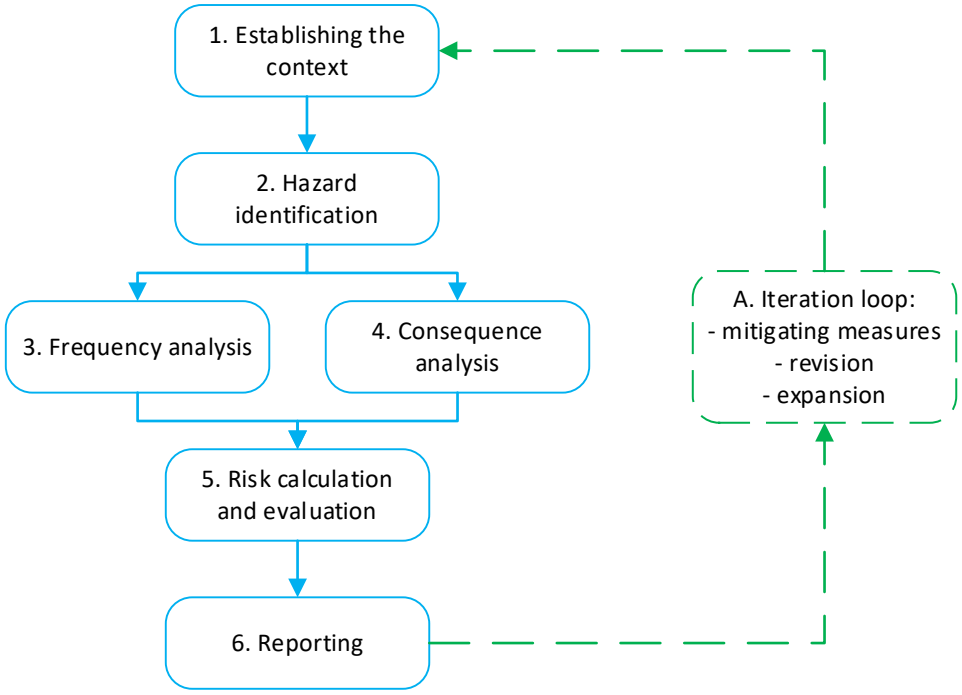


Figure 4-1: QRA methodology

In general, a QRA tries to answer six simple questions. Beside each question, the technical term is listed for that activity in the QRA:

1.	What can go wrong?	Hazard identification
2.	How bad?	Consequence analysis
3.	How often?	Frequency analysis
4.	What is the risk?	Risk calculation
5.	So What?	Risk assessment (or evaluation) (**out of scope**)
6.	What do I do?	Risk management (proposal of risk mitigation measures) (**out of scope**)

These activities are explained in more detail underneath.

What can go wrong? Hazard identification

Potential hazards to people can arise if Loss of Containment of a hazardous material occurs. An inventory of main equipment items or isolatable sections containing hazardous inventories is made (chapter 5). The failure scenarios for this nautical QRA are based on the collision study performed by MARIN (Ref. /1/).

How bad? Consequence analysis

In parallel with the frequency analysis, consequence analysis (modelling) evaluates the resulting effects if the accidents occur, and their impact on people. The consequence assessment must be carried out using recognized consequence modelling tools that can determine the resulting effects and their impact on people. These tools are normally validated by experimental test data appropriate for the size and conditions of the hazard to be evaluated.

The consequences for the scenarios in this QRA are modelled with use of software program Safeti-NL 8.8, which is currently the prescribed software program for QRA's in the Netherlands.

How often? Frequency analysis

After the hazards of a system or activity have been identified, the next step in performing the QRA is to estimate the frequency at which the hazardous events (or scenarios) may occur. Default failure frequencies are taken from the Dutch risk guideline (Ref. /2/) and adjusted for the total time that the operation takes place in an average year.

What is the risk? Risk calculation

Once the potential physical damage zones are estimated by a consequence analysis, the probability of actual damage realization (i.e. safety risk) is calculated by taking various event probabilities into account. For example, frequent occurrence of an undesirable event by itself may not cause damage. Actual damage realization depends on several event probabilities like:

- Weather stability class;
- Wind direction probability;
- Wind velocity and stability probability[2];

The likelihood of the damage realization is determined by an event tree analysis taking the above event probabilities into account. Another important factor that determines the actual damage caused is the vulnerability of people/property in the effected zone and the time of exposure using e.g. probit functions or other vulnerability criteria.

The event trees, vulnerability criteria and other technical model parameters used in this QRA are primarily based on the Risk calculation method environmental safety (Ref. /2/). The software program used to calculate the risk is Safeti-NL 8.8.

So What? Risk assessment

The next stage is to introduce criteria which are yardsticks to indicate whether the risks are "acceptable", "tolerable" or "negligible" or to make some other value-judgment about their significance. This step begins to introduce non-technical issues of risk acceptability and decision making, and the process is then known as risk assessment. The QRA involves a comparison of the calculated risk level with the risk acceptance criteria for individual and societal risk defined in Bkl (see chapter 2), however, it should be noted that the criteria in the Bkl do not apply to a nautical QRA. To assess the acceptability of the collision risks they have to be combined with the terminal risks of the CO2 terminal (see also paragraph 1.2).

What do I do? Risk management

Since the risks in the nautical QRA are related to large holes in the CO2 cargo tank of a vessel, risk mitigating measures that limit the outflow of a scenario are typically not very effective. Risk mitigation will mostly be focussed on the probability of a ship collision. This is not part of the scope of this QRA and is more so part of the MARIN study on the probability of ship collisions (Ref. /1/).

[2] A variety of multiple representative weather types (Pasquill stability class and velocity) is considered in the QRA reflecting the wind rose data for the location where activity takes place.

5 FAILURE FREQUENCIES

The collision study from MARIN calculates the probability of different hole sizes in a CO2 cargo tank as a result of a collision while moored at the CO2next terminal. The frequencies are calculated per jetty for both the present and future traffic scenario. When the risks for the first stage of the terminal development are calculated, only the leak scenarios for jetty 1 and jetty 2 are modelled.

The leak size distribution is provided in Table 5-1 and Table 5-2 for the present and future traffic situation respectively. The leak sizes are modelled as the upper bound of the hole size range, i.e. leak sizes of <1 meter diameter are modelled as 1 meter diameter leaks, 1-2 meter diameter are modelled as a 2 meter diameter leak and leaks with a diameter of >7 m are modelled as an 8 meter diameter leak. Considering that the cargo tank is empty within a couple seconds (<5 s) for an 8 meter hole, this is considered to be sufficiently large.

These leak frequencies are further multiplied with the time fractions in paragraph 6.3 to get the final failure frequencies used in the QRA.

Table 5-1: Present traffic – leak size distribution

Hole size (m)	Probability of LoC at jetty 1 - barge (per year)	Probability of LoC at jetty 2- coaster (per year)	Probability of LoC at jetty 3 - coaster (per year)	Probability of LoC at jetty 4 - coaster (per year)
<1	6.64E-06	1.51E-05	1.42E-05	1.40E-05
1-2	1.19E-06	3.16E-06	3.01E-06	2.91E-06
2-3	1.02E-06	2.97E-06	2.84E-06	2.72E-06
3-4	6.68E-07	1.43E-06	1.36E-06	1.29E-06
4-5	9.15E-07	3.33E-07	3.19E-07	3.06E-07
5-6	3.08E-07	4.53E-07	4.36E-07	4.19E-07
6-7	2.86E-07	4.28E-07	4.12E-07	3.97E-07
>7	1.85E-06	5.24E-06	4.99E-06	4.75E-06

Table 5-2: Future traffic – leak size distribution

Hole size (m)	Probability of LoC at jetty 1 - barge (per year)	Probability of LoC at jetty 2- coaster (per year)	Probability of LoC at jetty 3 - coaster (per year)	Probability of LoC at jetty 4 - coaster (per year)
<1	9.34E-06	1.79E-05	1.70E-05	1.68E-05
1-2	1.52E-06	3.88E-06	3.72E-06	3.58E-06
2-3	1.26E-06	3.79E-06	3.63E-06	3.48E-06
3-4	9.57E-07	1.96E-06	1.87E-06	1.78E-06
4-5	1.20E-06	5.21E-07	5.02E-07	4.84E-07
5-6	4.66E-07	6.35E-07	6.12E-07	5.93E-07
6-7	3.92E-07	6.28E-07	6.03E-07	5.85E-07
>7	2.25E-06	6.83E-06	6.52E-06	6.23E-06

6 MODELLING

6.1 CO2 probit

For the modelling of the toxic effects of CO2 the HSE RR749 probit is used. This probit relation is recommended by the RIVM for CO2 and is the standard CO2 probit used in Safeti-NL 8.8.

6.2 Underwater release

A hole in the CO2 cargo tank as a result of a collision can result in CO2 leak above the water line, or below it. The location of the leak will impact the outflow of CO2.

A leak below the water line will have less momentum, as the water resists the liquid CO2 outflow more than air would. Additionally, CO2 dissolves in water, meaning that part of the released CO2 will not be released into the atmosphere, but instead will dissolve in the water. As a result, a leak below the water line is expected to be less severe than a leak above the water line.

Based on the MARIN collision study, most holes will be partially below the water line and partially above it. Additionally, the subsea release behaviour of CO2 is currently still being studied and there is no commonly accepted method to model a below water release of CO2. Therefore all releases in this QRA are modelled as above water releases. This is expected to be a conservative approach.

6.3 Tank filling

For most of time that a CO2 vessel is moored at the terminal, unloading takes place. This means that the total amount of CO2 that can be released in case of a collision depends on how long the vessel has been unloading. An indication on the presence time for the vessel with different tank filling percentages has been provided by VOPAK.

Each barge is estimated to be present at the jetty for 12.8 hours. This is split into 4 hours preparation time, 5.8 hours unloading time and 3 hours post-loading time. During loading it is assumed that the inventory of the cargo tank decreases linearly. Based on these estimates it is assumed that the barge is full 30% of the presence time, unloading for 50% of the presence time and empty for 20% of the presence time.

Each coaster is estimated to be present at the jetty for 18.4 hours. This is split into 4 hours preparation time, 11.4 hours unloading time and 3 hours post-loading time. During loading it is assumed that the inventory of the cargo tank decreases linearly. Based on these estimates it is assumed that the coaster is full 20% of the presence time, unloading for 60% of the presence time and empty for 20% of the presence time.

During unloading it is assumed that the mass remaining in the cargo tank decreases linearly. Table 6-1 shows the different filling percentages and time fractions that have been used for the CO2 cargo tank in the QRA.

Table 6-1: time fractions for different filling levels of the CO2 cargo tank

Tank filling	Modelled as:	Time fraction for barge	Time fraction for coaster
100%	100% full	0.3	0.2
100%-66%	100% full	0.167	0.2
66%-33%	66% full	0.167	0.2
33%-0%	33% full	0.167	0.2
0%	No failure scenarios have been defined	0.2	0.2

6.4 Discharge modelling

Due to the large hole sizes used in this nautical QRA and the large release volumes, the discharge modelling is done using a time varying discharge model (TVDM). This model adjusts the outflow rates based on the changing mass and pressure in the cargo tank. This is considered to be a more accurate approach than using a constant outflow rate at the initial pressure and tank volume.

The time varying discharge is based on 10 time segments. It is assumed that the entire content of a single CO2 cargo tank is released in case of a collision resulting in damage to a CO2 cargo tank.

6.5 Shielding from bunker vessels

In some situations a CO2 vessel might be unloading CO2 towards the CO2next terminal, while simultaneously being bunkered. In this case the bunker vessel might shield the CO2 vessel from a collision. Simultaneous Operations (SIMOPS) like this are not currently considered in the scope of the QRA study. Shielding from bunker vessels has therefore not been taken into account.

6.6 Release height

All release scenarios are modelled at a height of 1 meter above water level.

6.7 Type of surface for pools

The surface for pools is selected as ‘Deep river or channel’, as the release from the CO2 cargo tank is expected to end up in the waterway.

6.8 Type of terrain for dispersion

The type of terrain for dispersion is selected as ‘Land’, since (limited/very) vulnerable buildings/locations are located on land.

6.9 Repressive systems

Impact of any repressive systems to limit the outflow in case of an LoC has not been taken into account in the QRA. It is not expected that repressive systems will be successful in limiting or stopping the outflow from a hole in the cargo tank after a collision. For mitigating measures that reduce the frequency of a collision reference is made to the MARIN study on probability of a collision (Ref. /1/).

7 ENVIRONMENT

Since CO2 is not flammable and societal risk is outside of the scope of the QRA, ignition sources and population data are not relevant for this QRA and have thus not been defined.

7.1 Weather data

For the nautical QRA the weather data for weather station ‘Hoek van Holland’ has been used.

7.2 Roughness length

The roughness length is an (artificial) linear measure that indicates the influence of the environment on the wind speed. The roughness length can be based on the distance between obstacles and the height of these obstacles in the vicinity of the activity.

This QRA uses the same surface roughness length as was used for the CO2next terminal QRA, performed by RHDHV (Ref. /3/). The roughness length used in this QRA is 100 mm.

8 RISK RESULTS

8.1 Location-specific individual risk

The location-specific risk contours for all four situations are shown in the figures below. Figure 9-1 and Figure 9-2 show the nautical risk for terminal phase 1 for the present and future traffic situation respectively. Figure 9-3 and Figure 9-4 show the nautical risk for terminal phase 2 for the present and future traffic situation respectively.

For all cases the 10^{-6} per year contour (and even the 10^{-7} and 10^{-8} per year contours) remain within the risk area of Maasvlakte 1 and Maasvlakte 2. However, for a complete risk picture and a proper assessment of the total risk, the collision risk calculated in this QRA has to be added to the terminal risk.

Only for the largest case, terminal phase 2 with the future traffic situation (see Figure 9-4) is there a significant 10^{-5} per year contour that extends over Gate and MOT. For all other cases the 10^{-5} per year contours are localised around the leak sources at the jetties.



Figure 9-1: Location-specific individual risk contours for terminal phase 1 – present traffic situation



Figure 9-2: Location-specific individual risk contours for terminal phase 1 – future traffic situation



Figure 9-3: Location-specific individual risk contours for terminal phase 2 – present traffic situation



Figure 9-4: Location-specific individual risk contours for terminal phase 2 – future traffic situation

8.2 Focus areas

For CO2 only the toxic focus areas are relevant, as CO2 is not flammable. The RIVM has prescribed a methodology for determining toxic focus areas based on a toxic dose, where the size of the focus area is determined both by the toxic concentration in the toxic cloud and the exposure duration. However, the material data in Safeti-NL 8.8 is currently not sufficient to calculate the toxic focus areas based on the dose method. The focus areas below are shown based on the older concentration method where the focus area is marked by the 2.54xLBW outdoor concentration[3].

Since the focus areas are not dependant on the frequencies of the release scenarios, but only on the maximum release scenarios, the toxic focus areas for the present and future traffic situations are the same. Figure 9-5 and Figure 9-6 show the toxic focus areas for phase 1 and 2 of the CO2 terminal respectively.

The focus area for the collision risk extends around 1.7 km in each direction from each jetty. It should again be noted that for a complete risk picture the toxic focus area of the terminal has to be added to the focus area of the collision risk. It is possible that the size of the focus area is determined by a failure scenario for the CO2 terminal, and not a collision scenario.

[3] RIVM has been contacted via email and has confirmed that calculating the toxic focus areas via the doses approach is currently not possible for CO2, as there is no LBW N-value available for CO2. There is thus no 'Toxic dose threshold N' included in Safeti-NL 8.8 for CO2.
It is therefore proposed to calculate the toxic focus area based on the previous approach by using the concentration method (2.54xLBW)



Figure 9-5: Toxic focus area (2.54xLBW outdoor) for terminal phase 1 – present/future traffic situation



Figure 9-6: Toxic focus area (2.54xLBW outdoor) for terminal phase 2 – present/future traffic situation

9 CONCLUSIONS

VOPAK has asked DNV to carry out a Nautical jetty QRA for the foreseen CO2next terminal. The QRA for the CO2next terminal is performed by RHDHV, however the Port of Rotterdam Authority has requested an additional QRA showing the risks from a large leakage of the CO2 cargo tank of an LCO2 ship due to a collision, while the vessel is moored at the CO2 terminal.

The nautical QRA considers only the risk of damage to the CO2 cargo tank as a result of a collision with a CO2 vessel moored at the CO2next terminal. The nautical QRA is based on the collision risk calculated by MARIN in the report "Collision risk assessment for CO2next terminal".

In this QRA the risks of 4 separate situations have been calculated:

1. Present traffic with only the first stage of the terminal developed (2 operational jetties).
2. Present traffic with the second stage of the terminal developed (4 operational jetties).
3. Future traffic with only the first stage of the terminal developed (2 operational jetties).
4. Future traffic with the second stage of the terminal developed (4 operational jetties).

For all cases the 10^{-6} per year contour (and even the 10^{-7} and 10^{-8} per year contours) remain within the risk area of Maasvlakte 1 and Maasvlakte 2.

Only for the largest case, terminal phase 2 with the future traffic situation is there a significant 10^{-5} per year contour that extends over Gate and MOT. For all other cases the 10^{-5} per year contours are localised around the leak sources at the jetties. The Bkl has no criteria for the 10^{-5} per year contour.

Toxic focus areas have been calculated based on the older method where the focus area is limited by the 2.54xLBW outdoor effect level, since the material data for CO2 in Safeti-NL 8.8 is incomplete the newer dose method cannot currently be used.

As focus areas are consequence based and mostly independent from the frequencies of a scenario, the focus areas for the present and future traffic situations are the same.

The toxic focus area for the collision risk extends roughly 1.7 km in every direction from each jetty.

For a complete risk picture and a proper assessment of the total risk, the collision risk calculated in this QRA has to be added to the terminal risk as calculated by RHDHV (Ref. /1/).

It is recommended to add the collision risk calculated in this QRA to the terminal QRA for a complete risk picture enabling a proper assessment of total risk. Verification is needed whether the cumulative 10^{-6}/year contour remains within the risk area of Maasvlakte 1 and Maasvlakte 2 and the true size of the toxic focus area should be determined. In addition, a total risk picture will give better insight in the risk exposure to neighbouring terminals (Gate/MOT/Euromax etc.) caused by all activities from the CO2next terminal.

10 REFERENCES

/1/ MARIN, Collision risk assessment for CO2next terminal, report No. 33932-1-MO-rev.2.0, 24-04-2024

/2/ RIVM, Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid, Module I en Module II, versie oktober 2020

/3/ RHDHV, QRA CO2next terminal (Draft version of May 2024)

/4/ MARIN, FINAL MEMO on the impact of a change in terminal layout for the CO2NEXT terminal, 12 Juni 2024



About DNV

DNV is the independent expert in risk management and assurance, operating in more than 100 countries. Through its broad experience and deep expertise DNV advances safety and sustainable performance, sets industry benchmarks, and inspires and invents solutions.

Whether assessing a new ship design, optimizing the performance of a wind farm, analyzing sensor data from a gas pipeline or certifying a food company's supply chain, DNV enables its customers and their stakeholders to make critical decisions with confidence.

Driven by its purpose, to safeguard life, property, and the environment, DNV helps tackle the challenges and global transformations facing its customers and the world today and is a trusted voice for many of the world's most successful and forward-thinking companies.

Bijlage 9

Archeologie

Aramis Pipeline Routing Desktop Study - Expected Site Conditions

Consultancy Report | Dutch Sector of the North Sea

R201644 03 | 10 February 2022

TotalEnergies

Document Control

Document Information

Project Title	Aramis Pipeline Routing
Document Title	Aramis Pipeline Routing Desktop Study - Expected Site Conditions
Fugro Project No.	P201644
Fugro Document No.	R201644
Issue Number	03
Fugro Legal Entity	Fugro France SAS
Issuing Office Address	Le Carillon – 5-6 Esplanade Charles de Gaulle – 92000 NANTERRE - FRANCE

Client Information

Client	TotalEnergies
Client Address	2 place Jean Millier, La Défense 6, 92078 Paris La Défense Cedex, France
Client Contact	Julien Contet

Revision History

Issue	Date	Status	Comments on Content	Prepared By	Checked By	Approved By
01	21 January 2022	Draft	Awaiting client comments	ABL/PSR/BBK	WVK	SPO
02	07 February 2022	Final	Final report	ABL/PSR/BBK	WVK	SPO
03	10 February 2022	Final	Update of cables	ABL	SPO	SPO

Project Team

Initials	Name	Role
ABL	Arthur Blouin	Engineering Geologist
PSR	Peter Schilder	Geologist
BBK	Bogusia Klosowska	Principal Geologist – Project Lead
WVK	Wessel van Kesteren	Principal Geologist – Project Reviewer
AFI	Anna Fioravanti	GIS Specialist
SPO	Stanislas Po	Manager Marine Geotechnics – Project Manager

FUGRO
Fugro France SAS
Le Carillon
5-6 Esplanade Charles de Gaulle
92000 Nanterre
France

TotalEnergies
La Coupole
2 place Jean Millier
92078 Paris La Défense Cedex
France

Nanterre, 10 February 2022

Dear Mr. Contet,

Please find attached the final version of the Desktop Study performed as part of the ARAMIS Pipeline Routing project.

This report, referenced R201644 (03), was prepared by the joint efforts of Dr. Arthur Blouin, Engineering Geologist, Peter Schilder, Geologist, Bogusia Klosowska, Principal Geologist. It was reviewed by Wessel van Kesteren, Principal Geologist, under the supervision of Stanislas Po.

Thank you for giving us the opportunity to work for you.

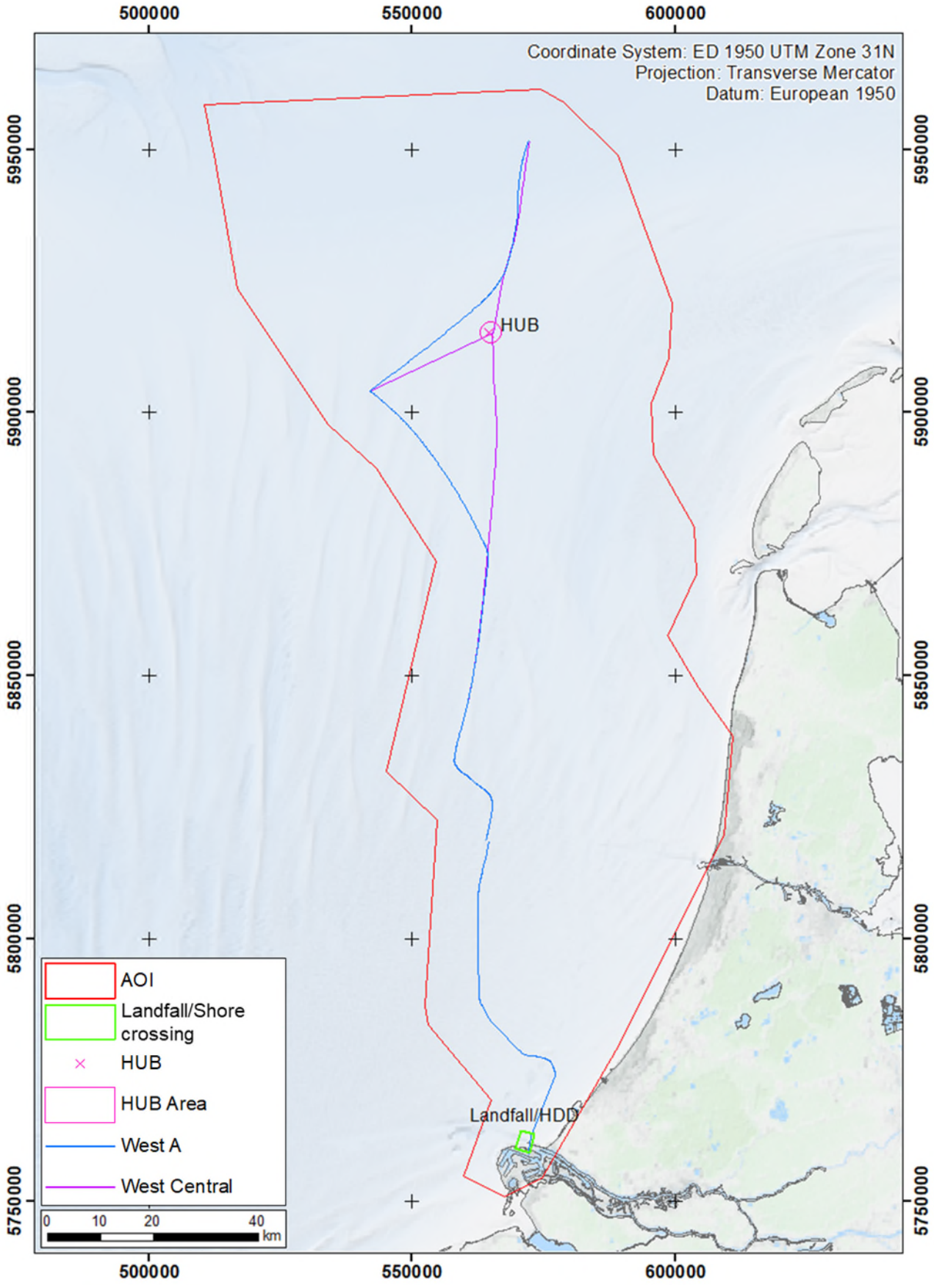
Please do not hesitate to contact us should you have any queries.

Yours faithfully,



Dr Arthur BLOUIN
Engineering Geologist

Frontispiece



Executive Summary

TotalEnergies requested Fugro to perform a desktop study (DTS) aimed at characterising soil conditions and site use based on publicly available data and Fugro experience over an area of 11,355 km^2 within the Dutch sector of the North Sea. Two areas of particular attention were differentiated within the general area of interest (AOI). These are the Landfall/Shore crossing Area and the Offshore Distribution HUB Area.

The main results of the DTS are summarised as follows:

- Information relating to site use, restricted areas, past or present activities, and any seafloor objects that may affect and constrain development of the proposed pipeline infrastructure was gathered and presented in the report in the form of text and maps;
- Water depths range from 0 m to a maximum of approximately 46 m relative to lowest astronomical tide (LAT). Seafloor gradients are generally less than 1°, but may be locally up to 30° and are related to anthropogenic features and crests of bedforms;
- Three zones with a distinct seafloor morphology were identified within the AOI: a coastal zone, a shallow continental shelf with low-angle topography covered by a complex compound of rhythmic bedforms, and a relatively deep low-energy zone with low-angle seafloor gradient;
- Three types of bedforms were observed within the AOI: sand banks, sand waves and megaripples;
- Sand waves are mobile over the lifetime of a pipeline and are considered to have a significant impact on pipeline foundation design and asset integrity;
- Six groups of surficial sediments were identified across the AOI: Sandy GRAVEL, (slightly) gravelly SAND, (slightly) gravelly muddy SAND, SAND, muddy SAND and sandy MUD. The main constituent is SAND;
- The AOI is characterised by variable soil conditions down to the depth of interest, which were grouped into geotechnical soil units based on the available data (geological, geophysical and geotechnical);
- Separate ground models are presented for the AOI, the Landfall/Shore crossing Area and the Offshore Distribution HUB Area. These ground models take into account the different depths of interest and site-specific site conditions;
- Eighteen soil profiles were generated to display the lateral and vertical variability across the AOI;
- In the Landfall/Shore crossing Area, the surficial sediments comprise predominantly sand to locally sandy gravel, and very soft clay in the Maasmond Kanaal. In the subsurface, the main units are the Naaldwijk Formation, comprising of interbedded sand and clay, with locally peat (laminae to thin beds), and the Kreftenheye, IJmuiden Ground and Winterton Shoal Formations, which comprise dense to very dense sand, with locally layers of silty sand and/or (laminated) clay in the lower part of the depth of interest.
- Three soil province maps were created to depict the spatial extent of each predicted soil profile within the AOI, Landfall/Shore crossing Area and Offshore Distribution HUB Area;
- A geohazards inventory list is provided, detailing (geo)hazards, soil and anthropogenic constraints and man-made obstructions identified across the AOI;

- Recommendations for site-specific geophysical and geotechnical surveys are detailed at the end of the report. These recommendations may aid in reducing uncertainties and aid decision making regarding the ARAMIS Pipeline routing.

Table of Contents

Document Control		**i**
Frontispiece		**iii**
Executive Summary		**iv**
Table of Contents		**vi**
Table of Appendices		**vii**
List of Figures		**viii**
List of Tables		**ix**
Abbreviations		**x**
1.	**Introduction**	**1**
1.1	Purpose	1
1.2	Study Areas	1
1.3	Scope of Work	3
1.4	Study Limitations	3
1.5	Geodetic Parameters	3
1.6	Data Use	4
1.7	Guidelines on Use of Report	4
2.	**Approach and Data Review**	**5**
2.1	Desktop Study Approach	5
2.2	Available Data	5
2.2.1	Client-Supplied Information	6
2.2.2	Fugro Database	6
2.2.3	Public Domain	6
3.	**Regional Geology**	**9**
3.1	Regional Geodynamics and Geological History	9
3.2	Pre-Quaternary Geology	9
3.3	Quaternary Geology	9
3.3.1	Elsterian Glaciation (Middle Pleistocene)	9
3.3.2	Holsteinian Interglacial (Middle Pleistocene)	10
3.3.3	Saalian Glaciation (Middle to Late Pleistocene)	10
3.3.4	Eemian Interglacial (Late Pleistocene)	11
3.3.5	Weichselian Glaciation (Late Pleistocene)	11
3.3.6	Holocene (Recent)	12
3.4	Maximum Ice Sheet Extent and Subglacial Valleys	14
4.	**Site-Specific Conditions**	**16**
4.1	Site Use	16

4.1.1 AOI 16
4.1.2 Landfall/Shore Crossing Area 24
4.1.3 Offshore Distribution HUB Area 24
4.2 Seafloor Conditions 26
4.2.1 Bathymetry and Seafloor Gradient 26
4.2.2 Seafloor Morphology 39
4.2.3 Seafloor Sediments 44
4.2.4 Man-Made Seafloor Features 48
4.3 Seafloor Mobility 49
4.4 Sub-seafloor Conditions 51
4.4.1 AOI 52
4.4.2 Landfall/Shore Crossing Area 60
4.4.3 Offshore Distribution HUB Area 64
4.5 Ground Models 65
4.5.1 AOI 65
4.5.2 Landfall/Shore Crossing Area 71
4.5.3 Offshore Distribution HUB Area 76
5. Geohazards, Hazards and Site Constraints 81
5.1 General 81
5.2 Seismicity 85
6. Conclusions and Recommendations 87
6.1 Conclusions 87
6.2 Recommendations 87
6.2.1 Further Specific Studies 87
6.2.2 Geophysical Site Surveys 88
6.2.3 Geotechnical Site Surveys 88
7. References 90

Table of Appendices

Appendix A Guidelines on Use of Report
A.1 Guidelines on Use of Report
Appendix B Archaeological Desktop Study
Appendix C UXO desktop Study

List of Figures

Figure 1.1: Extent of the AOI and definition of the Landfall/Shore crossing and Offshore Distribution HUB Areas 2
Figure 3.1: Paleo-geographical reconstructions of the Netherlands during the Middle to Late Pleistocene 13
Figure 3.2: Maximum ice extent of the Pleistocene glaciations and associated paleo-valleys 15
Figure 4.1: Navigation areas or infrastructures identified within the AOI 17
Figure 4.2: Restricted areas identified within the AOI 18
Figure 4.3: Oil and gas seafloor infrastructures identified within the AOI 19
Figure 4.4: Cable and wind-energy related infrastructures identified within the AOI 20
Figure 4.5: Total vessel routes density given as routes per km² per year for 2020 22
Figure 4.6: Average fishing activity density given in hours per km² per month for 2020 23
Figure 4.7: Site use across the Landfall/Shore crossing Area 25
Figure 4.8: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the entire AOI based on EMODnet 2020 data 28
Figure 4.9: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the Hollandse Kust (noord) WFZ area based on Fugro 2018 MBES data 29
Figure 4.10: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the Hollandse Kust (west) WFZ area based on Fugro 2019 MBES data 30
Figure 4.11: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the Hollandse Kust (zuid) WFZ area based on Fugro 2016 MBES data 31
Figure 4.12: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the Rotterdam approach area based on EMODnet 2020 high-resolution data 32
Figure 4.13: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the southern coastal area based on EMODnet 2018 high-resolution data 33
Figure 4.14: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the northern coastal area based on EMODnet 2018 high-resolution data 34
Figure 4.15: Left: bathymetric map and Right: Slope gradient map of the Landfall/Shore crossing Area based on the EMODnet 2020 data 36
Figure 4.16: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the Offshore Distribution HUB Area based on the EMODnet 2020 data 38
Figure 4.17: Map of the identified bedform and man-made seafloor features across the AOI 40
Figure 4.18: Example of sand banks with superimposed sand waves 41
Figure 4.19: Example of sand waves with superimposed megaripples 42
Figure 4.20: Surficial sediments across the AOI 45
Figure 4.21: Surficial sediment stratigraphy across the AOI 46
Figure 4.22: Surficial sediment nature across the Landfall/Shore crossing Area 47
Figure 4.23: Surficial sediment nature across the Offshore Distribution HUB Area 48
Figure 4.24: Surficial sediment nature across the Landfall/Shore crossing Area 49
Figure 4.25: Former dredging area where sand waves are building back 50
Figure 4.26: Example seismic reflection (2DUHR) cross section within the Hollandse Kust (west) WFZ 52
Figure 4.27: Schematic profile (with 50x vertical exaggeration) of the north-west part of the AOI 55
Figure 4.28: Expected thickness of the Holocene in the AOI 56
Figure 4.29: Distribution of the Late Pleistocene formations and members 57
Figure 4.30: Distribution of the Early to Middle Pleistocene formations and members 58

Figure 4.31: Distribution of the Early Pleistocene formations 59
Figure 4.32: Synthetic ground models showing geological units (top image) and most probable lithologies (bottom image) in the vicinity of the Landfall/Shore crossing Area 60
Figure 4.33: Schematic simplified cross section across the Maasmond Kanaal (based on geotechnical Fugro experience) 62
Figure 4.34: Distribution of the early Holocene (Naaldwijk Formation) paleo-channels in the Landfall/Shore crossing Area 63
Figure 4.35: Predicted soil profiles across the AOI 69
Figure 4.36: Soil province map across the AOI 70
Figure 4.37: Predicted soil profiles across the Landfall/Shore crossing Area 73
Figure 4.38: Soil province map across the Landfall/Shore crossing Area 75
Figure 4.39: Predicted soil profiles across the Offshore Distribution HUB Area 78
Figure 4.40: Soil province map across the Offshore Distribution HUB Area 80
Figure 5.1: Map of identified soil constraints and potential geohazards across the AOI 85

List of Tables

Table 1.1: Geodetics parameters 3
Table 2.1: Project information 6
Table 2.2: Public domain data sources 6
Table 4.1: Summary of water depths and seafloor gradients 27
Table 4.2: Summary of water depths and seafloor gradients at the Landfall/Shore crossing Area 35
Table 4.3: Summary of water depths and seafloor gradients at the Offshore Distribution HUB Area 37
Table 4.4: Bedform characteristics in the AOI 39
Table 4.5: Sand wave migration rates in the southern North Sea 51
Table 4.6: Overview of the stratigraphy in the AOI specifying the geological units present 54
Table 4.7: Expected stratigraphy for the Landfall/Shore crossing Area 61
Table 4.8: Expected stratigraphy for the Offshore Distribution HUB Area 64
Table 4.9: Predicted preliminary geotechnical parameters for the AOI 67
Table 4.10: Area covered by each soil province 68
Table 4.11: Predicted preliminary geotechnical parameters for the Landfall/Shore crossing Area 72
Table 4.12: Area covered by each soil province across the Landfall/Shore crossing Area 74
Table 4.13: Predicted preliminary geotechnical parameters for the Offshore Distribution HUB Area 77
Table 4.14: Area covered by each soil province across the Offshore Distribution HUB Area 79
Table 5.1: Summary of potential and identified geohazards and soil constraints across the AOI 81
Table 5.2: Summary of identified man-made obstructions and constraints across the AOI 83

Abbreviations

AOI	Area of interest
BH	Borehole
bLAT	below Lowest Astronomical Tide
BP	Before Present
BSF	Below seafloor
CD	Chart datum
CM	Central meridian
CPT	Cone penetration test
DTM	Digital terrain model
DTS	Desktop study
ED	European Datum
Fm.	Geological formation
GIS	Geographic information system
ETRS	European terrestrial reference system
LAT	Lowest Astronomical Tide
ka	Period of thousand years
LGM	Last Glacial Maximum
Ma	Million years ago
Mb.	Geological formation member
MBES	Multibeam echosounder
MSL	Mean Sea Level
OWF	Offshore wind farm
SBP	Sub-bottom profiler
SHOM	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine
SSS	Side Scan Sonar
UHR	Ultra High resolution
UTM	Universal Transverse Mercator
UXO	Unexploded ordnance
WFZ	Wind farm zone
WGS	World Geodetic System
WMS	Web Map Service

1. Introduction

1.1 Purpose

Fugro France SAS (Fugro) was contracted by TotalEnergies (client) to provide a desktop study to characterise the site conditions for the ARAMIS Pipeline Routing project.

This geological desktop study (DTS) aims to better understand the ground conditions along the future ARAMIS Pipeline located in the Dutch sector of the North Sea.

The final purpose is to provide the client with a geological and geotechnical model across area of interest (AOI), providing the necessary information to help decision making for the pipeline routing.

1.2 Study Areas

The AOI comprises an area of 11355 km^2 and is located in the southern North Sea, north-west off the coast of the Netherlands, within the Dutch administrative zone (Figure 1.1). Along the coastline, the AOI extends from Maasvlakte within the Port of Rotterdam in the south, to Egmond aan Zee in the north. The AOI extends over approximately 210 km in a north–south direction and 90 km in a west–east direction.

Within the AOI, two areas of particular attention were differentiated. These are:

- Landfall/Shore crossing Area: the first 3 km of the planned pipeline routing for horizontal directional drilling (HDD) and trenching at Maasvlakte;
- Offshore Distribution HUB Area: a 2 km radius area around the planned Offshore Distribution HUB location. This area is mentioned as HUB Area in maps throughout the report.

The depth of interest is 20 m below seafloor (BSF) for the entire AOI, except for the Landfall/Shore crossing Area, where it is 40 m to 50 m BSF and the Offshore Distribution HUB Area, where it is 100 m BSF.

Client provided preliminary offshore rigid pipeline routing (two options: West A and West Central). At this point the final pipeline routing is not defined.

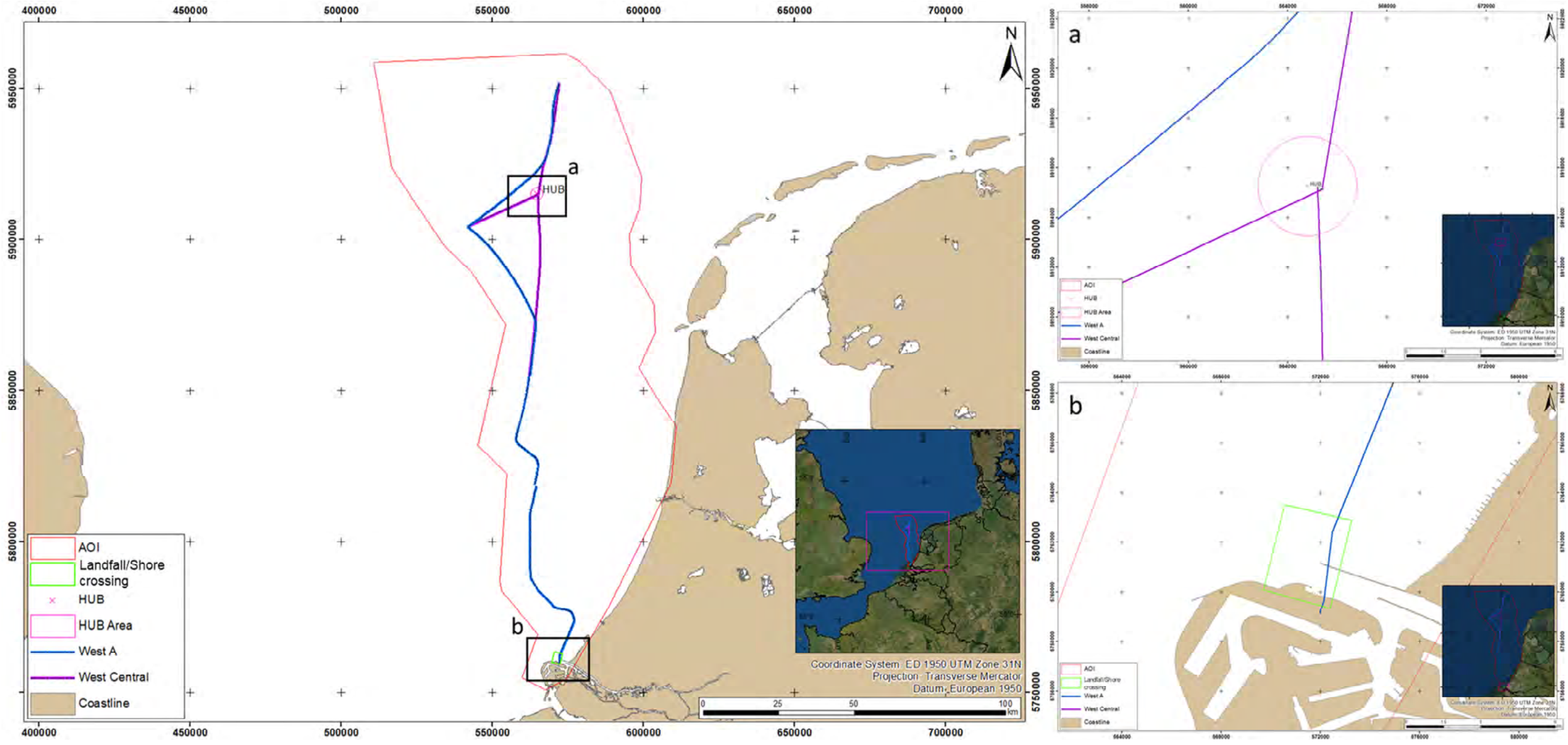


Figure 1.1: Extent of the AOI and definition of the Landfall/Shore crossing and Offshore Distribution HUB Areas

1.3 Scope of Work

The report presents the site-specific seafloor and sub-seafloor conditions derived from available data and the present understanding of the regional geology. These elements will be described across the AOI, Landfall/Shore crossing and Offshore Distribution HUB Areas.

This study includes comments on the site suitability considering a list of potential site-specific (geo)hazards, as well as soil and anthropogenic constraints across the AOI.

The UXO historical desktop study and archaeological desktop study were sub-contracted. Reports from sub-contractors are provided as Appendix B and Appendix C.

1.4 Study Limitations

This report does not cover the following topics:

- Metocean conditions;
- Environmental impact of foundations, if any;
- UXO risk assessment at the AOI.

The results of this study are dependent on the origin, quality, and quantity of available data. The presented ground model is preliminary and should only be used to help decision making during the bidding process.

Geotechnical parameters presented in this report are estimates, derived from Fugro experience over analogous representative areas within the AOI (e.g. planned wind farm sites). Future site-specific in situ measurements are required to confirm or adjust the presented geotechnical parameter ranges before any installation

1.5 Geodetic Parameters

Table 1.1 presents the coordinate reference system for this project. All illustrations in the report as well as the A3 maps are prepared using the ED50 datum and UTM Zone 31N projection.

Table 1.1: Geodetics parameters

Geodetic Datum	
Datum	International_1924
Spheroid	D_European_1950
Semi major axis	a = 6 378 137.0 m
Semi minor axis	b = 6 356 911.946127946 m
Inverse flattening	$^1/_f$ = 297.0
Map Projection	
Projection system	Transverse Mercator (UTM Zone 31N)
Central meridian	3°
Latitude of origin	0°

False easting	500 000 m
False northing	0 m
Linear unit	Metre

1.6 Data Use

Fugro understands that this report will be used for the purposes described in the 'Introduction' section. These purposes are a key factor in defining the scope and level of services offered.

It should also be noted that the geological and geotechnical data presented in this report are based on interpretations, correlations, and extrapolations, which implies a certain degree of uncertainty to be considered. This study will emphasise the level of confidence in the geological model and will detail the uncertainties related to stratigraphic conditions, the nature and thickness of the geological formations and geotechnical parameters.

However, the results of this report should not be used for purposes other than those for which this report was prepared, or if the original development or activity is modified by the client without prior control of their suitability.

1.7 Guidelines on Use of Report

Appendix A outlines the limitations of this report, in terms of a range of considerations including, but not limited to, its purpose, its scope, the data on which it is based, its use by third parties, possible future changes in design procedures and possible changes in the conditions at the site with time. It represents a clear description and explanation of the constraints which apply to all reports issued by Fugro. It should be noted that the Guidelines do not in any way supersede the terms and conditions of the contract between Fugro and TotalEnergies.

2. Approach and Data Review

2.1 Desktop Study Approach

The first step for the desktop study was to gather any relevant data, both public and internal, related to geological, geophysical and geotechnical features within the AOI but also covering a wider area. Based on these, the regional geological background was determined. This allowed for a better understanding and identification of potential or identified geological features or processes that may be expected across the AOI.

In addition, information relating to site use, restricted areas, past or present activities, and any seafloor objects that may affect and constrain development of the proposed pipeline infrastructure was gathered and presented in a number of maps.

These data were then reviewed and studied to characterise the different geological features, stratigraphic units, geotechnical parameters and constraints (geological and site-use) across the AOI, with a particular focus on the Landfall/Shore crossing Area and the Offshore Distribution HUB Area. Geotechnical parameters were derived mainly based on public information and Fugro experience. Note that no project names or locations are shared for confidentiality reasons. The data that were used are introduced in Section 2.2.

Attention is given to the identification of possible missing data or areas of uncertainties to establish recommendations for future geophysical and geotechnical site-specific surveys.

The ultimate result of the DTS is to provide a geotechnical ground model allowing to describe the soil variability, both vertically (soil profiles) and laterally (soil provinces), in the AOI (including Landfall/Shore crossing and Offshore Distribution HUB Areas).

The available data used for this study were compiled in a GIS (Geographic Information System) geodatabase. The maps were created using ArcGIS® software by Esri (version 10.8).

The final GIS project is delivered along with the final revision of the report.

2.2 Available Data

The main sources of information used in this study include:

- Client-supplied information (Table 2.1);
- Fugro internal databases;
- Digital public domain data (Table 2.2);
  - WMS
  - Freely downloadable GIS-compatible data
- Published literature.

For those sources that are not included in the GIS database deliverable, URL links are given to allow TotalEnergies to retrieve the relevant information.

2.2.1 Client-Supplied Information

Table 2.1: Project information

Data	Data Format	Date Provided
Boundaries of Area of Interest (AOI)	Shapefile	06 December 2021
WEST A and WEST CENTRAL Routings	Shapefile	07 December 2021
Offshore Distribution Area	Shapefile	04 November 2021
Outline of Landfall/Shore crossing Area	Coordinates	15 December 2021

2.2.2 Fugro Database

This report uses and summarises Fugro-held information:

- Information about regional geology;
- General geotechnical data;
- Previous geotechnical and geophysical investigation data applicable to development sites within the AOI.

2.2.3 Public Domain

Data from public sources have been gathered and reviewed. These data are accessible for consultation online, to download or using WMS servers. Table 2.2 presents the data sources used.

Table 2.2: Public domain data sources

Type	Source	Link
SITE USE		
Landing stations	EMODnet	https://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php
Telecommunication cables	EMODnet, SHOM, Rijkswaterstaat	https://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php https://www.rijkswaterstaat.nl/en
Power cables	Rijkswaterstaat	https://www.rijkswaterstaat.nl/en
Buoys	Rijkswaterstaat	https://www.rijkswaterstaat.nl/en
Offshore facilities	NLOG	https://www.nlog.nl/index.php/en/files-interactive-map
Wells	NLOG	https://www.nlog.nl/index.php/en/files-interactive-map
Pipelines	EMODnet	https://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php
Active HC licenses	EMODnet	https://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php
Navigation channels	Noordzeeloket	https://www.noordzeeloket.nl/en/up-date-atlas/

Type	Source	Link
Anchoring areas	Noordzeeloket	https://www.noordzeeloket.nl/en/up-date-atlas/
Harbour approach areas	Noordzeeloket	https://www.noordzeeloket.nl/en/up-date-atlas/
Wind farm active areas	Noordzeeloket	https://www.noordzeeloket.nl/en/up-date-atlas/
Wind farm development areas	Noordzeeloket	https://www.noordzeeloket.nl/en/up-date-atlas/
Dredging areas	EMODnet	https://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php
Military areas	EMODnet	https://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php
Environment Natura 2000 areas	EMODnet	https://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php
Dredging areas	Rijkswaterstaat	https://geo.rijkswaterstaat.nl/services/ogc/gdr/stort_loswal/ows?
Fishing and shipping activities	EMODnet	https://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php
BATHYMETRY		
AOI	EMODnet (2020)	https://portal.emodnet-bathymetry.eu/
Rotterdam approach area	EMODnet (2020)	https://portal.emodnet-bathymetry.eu/
Landfall/Shore crossing Area	EMODnet (2018)	https://portal.emodnet-bathymetry.eu/
Hollandse Kust WFZs	RVO	https://offshorewind.rvo.nl/
SOIL		
Substrate type	EMODnet	https://www.emodnet-geology.eu/map-viewer/?p=seabed_substrate
Grab samples, vibrocores and boreholes	DINOloket	https://www.dinoloket.nl/en/subsurface-data
Hollandse Kust WFZs	RVO	https://offshorewind.rvo.nl/
GEOLOGICAL INFORMATION		
Southern Bight Fm.	Balson et al. (1991), NITG–TNO (2004b)	-
Urania Fm.	NITG–TNO (2004b)	-
Naaldwijk Fm.	Cameron et al. (1984), Harrison et al. (1987), Balson et al. (1991)	-
Boxtel (Twente) Fm.	NITG–TNO (2004d)	-
Eem Fm / Brown Bank Mb.	NITG–TNO (2004d)	-
Kreftenheye Fm.	NITG–TNO (2004d)	-
Eem Fm.	Cameron et al. (1984, 1986)	-
Drente (Borkum Riff) Fm.	Laban (1995)	-
Drente (Cleaver Bank) Fm.	Laban (1995), NITG–TNO (2004d)	-
Tea Kettle Hole Fm.	Laban (1995)	-

Type	Source	Link
Egmond Ground Fm.	Cameron et al. (1984, 1986), Laban (1995)	-
Peelo (Swarte Bank) Fm.	Cameron et al. (1986), Laban (1995), Laban & van der Meer (2011)	-
Yarmouth Roads Fm.	Cameron et al. (1984, 1986)	-
Ice sheet extents	Laban (1995)	-
Notes: Data was accessed between December 2021 and January 2022		

3. Regional Geology

3.1 Regional Geodynamics and Geological History

The large-scale tectonic setting of the Netherlands and adjacent areas is driven by the north–south collision of Gondwana and Laurussia during the Late Carboniferous to form Pangaea, and the subsequent rifting during the Triassic in the Arctic–North Atlantic and western Tethys domains. This formed, in conjunction with the anisotropic and thickened crust of the Variscan fold belt, a complex system of basins and rifts in Northwest Europe (Geluk, 2005). Alpine inversion of these basins took place during the Late Cretaceous and early Paleogene as a result of the collision of Iberia and Europe. This was followed by multiple phases of subsidence from the Eocene up to recent times (Wong et al., 2007).

3.2 Pre-Quaternary Geology

From the late Miocene onwards, a complex fan delta system developed, which gradually evolved into an alluvial plain prograding from the east. Until the end of the Neogene, deposition in the North Sea was dominated by sediment input from the Eridanos (Baltic) river system (Overeem, 2002; Knox et al., 2010; Rasmussen & Dybkjaer, 2014; Thöle et al., 2014).

3.3 Quaternary Geology

During the Pleistocene, the depositional evolution of the North Sea basin was strongly influenced by climatic variations, glaciations and associated sea level fluctuations (Funnell, 1996; Overeem et al., 2001; Kuhlmann & Wong, 2008; Thöle et al., 2014). This resulted in a complex interplay of glacial, glaciolacustrine, glaciofluvial, fluvial, aeolian, deltaic and (shallow) marine environments and deposits (Laban, 1995; Laban & Rijswijk, 2002; Joon et al., 1990; Peeters et al., 2015).

By the mid-Pleistocene (~1 Ma), the Rhine, Meuse and Scheldt rivers had become important contributors of sediment influx to the North Sea basin, as a result of uplift of highland areas in Germany (Laban and Rijsdijk, 2002). Subsidence decreased during this time and the basin had become largely filled with deltaic deposits.

The AOI has been affected by an alternating series of glacial and interglacial periods that has occurred since the Pleistocene and continues to the present day. Below follows a more detailed description of the three glacial and three interglacial periods that took place.

3.3.1 Elsterian Glaciation (Middle Pleistocene)

During the Elsterian glaciation (475 ka to 410 ka BP), the Scandinavian and British ice masses coalesced and spread in southern direction to cover the northern part of the Netherlands and the southern North Sea (Ehlers, 1990; De Gans, 2007). The northern half of the AOI has been affected by the Elsterian ice sheet, while the southern half was influenced by the Rhine and Meuse river systems (Figure 3.1a). The Aramis area was also influenced by the Eridanos river

system, which was deflected south of the ice limit. Deposition of predominantly low energy open marine deltaic sediments consisting of siliceous sands and clays ensued, which are thought to belong to the Yarmouth Roads Formation (Laban, 1995; Laban & Rijsdijk, 2002; Rijsdijk et al., 2005). Elsterian tunnel valleys occur within the Yarmouth Roads Formation. The infill of these tunnel valleys comprises glaciofluvial, glaciolacustrine and proglacial clays and sands of the former Swarte Bank Formation (now part of the Peelo Formation; Praeg, 1996; Rijsdijk et al., 2005; Graham et al., 2011; Moreau et al., 2012).

3.3.2 Holsteinian Interglacial (Middle Pleistocene)

During the subsequent Holsteinian interglacial (410 ka to 370 ka BP), sea level rose because of climate amelioration and melting ice masses. This resulted in a transgression phase in the AOI.

Fluvial and marine deposits were prevalent in this period. The fluvial deposits have been defined as the onshore Urk Formation (Bosch et al., 2003), while the offshore equivalent comprises marine deposits belonging to the Egmond Ground Formation (Bosch et al., 2003; Rijsdijk et al., 2005). Laterally, the Urk Formation grades into the Egmond Ground Formation (Bosch et al., 2003). The Urk Formation can contain clay interbeds, while the Egmond Ground Formation can contain marine shells. The Urk Formation and Egmond Ground Formation may locally incise into the underlying Yarmouth Roads Formation.

3.3.3 Saalian Glaciation (Middle to Late Pleistocene)

During the Saalian glaciation (370 ka to 130 ka BP), the eastern half of the AOI was probably covered by the Saalian ice sheet while the western half was located in close proximity to the Saalian Ice Margin (Figure 3.1b). However, the exact limit of the ice sheet advance offshore remains uncertain.

Ice masses formed glacially scoured basins and several ice-pushed ridges (moraines). The ice-pushed ridges were recognised directly south of the Hollandse Kust (noord) wind farm zone (WFZ) (Laban & van der Meer, 2011; Peeters et al., 2015; Cartelle et al., 2021).

Numerous tunnel valleys were created during the Saalian in subglacial and proglacial settings. A major tunnel valley is present in the centre of the site, and more tunnel valleys may be present near the north-eastern boundary of the Aramis area (Cameron et al., 1984a; Joon et al., 1990; Laban, 1995; Stouthamer et al., 2015).

Fluvial erosion of underlying formations occurred. During the Saalian glaciation, the Rhine–Meuse river system merged with a proglacial river system south of the ice margin (Peeters et al, 2015). This setting implies variable soil conditions dominated by extensive areas of glaciofluvial sands and gravels (outwash plains/sandurs) deposited in front of the ice sheet, with clays deposited in glaciolacustrine environments. Local aeolian deposition took place near the Saalian Ice Margin. The glaciofluvial and aeolian sediments belong to the Drachten Formation (formerly Tea Kettle Hole Formation), while the glaciolacustrine sediments belong

to the Uitdam Member of the Drenthe Formation (formerly Cleaver Bank Formation). The latter is mainly confined to the Saalian tunnel valleys (Laban, 1995).

Between the coast of the island of Texel to a position about 14 km to the west, a till plateau is present.

TILL is unsorted glacial sediment. Within the AOI the TILL is expected to comprise silty, sandy CLAY, with matrix-supported gravel to boulder-sized grains. It is present in the north-east of the AOI and belongs to the Drenthe Formation (Gieten Member). Glacial TILL may pose a risk to the installation of offshore structures due to its heterogenic grain size composition and overconsolidated nature.

The Saalian glaciation is associated with widespread glacial deformation both onshore and offshore. Large deformation structures have been reported within the AOI (Joon et al., 1990; Laban, 1995). Some indications of glacial deformation have been identified in the Hollandse Kust WFZs.

Saalian sediments in the southern North Sea have been largely eroded by the subsequent Eemian transgression but are still present in Saalian channels and valleys.

3.3.4 Eemian Interglacial (Late Pleistocene)

A major marine transgression affected AOI during the Eemian interglacial (130 ka to 115 ka BP). The AOI became part of the delta plain of the river Rhine. Shallow marine sands (Eem Formation), lagoonal and estuarine clays and sands, and fluvial sands (Kreftenheye Formation) were laid down in a complex depositional setting (Peeters et al., 2015). Existing glacial valleys and channels were inundated by the marine transgression (Figure 3.1c).

With the onset of the marine regression at the end of the Eemian and beginning of the Weichselian glaciation, brackish marine clays and lagoonal or lacustrine silty laminated clays, identified as the Brown Bank Member (part of Eem Formation), were deposited in a low-energy environment in the (north-)western part of the AOI (Figure 3.1d; Cameron et al., 1984a; Peeters et al., 2015; GDN, 2018).

3.3.5 Weichselian Glaciation (Late Pleistocene)

During the youngest glacial period, the Weichselian (115 ka to 18 ka BP), the limit of the ice sheet extent was just north-west of the AOI. At the time, deposition in the southern North Sea was dominated by periglacial conditions with temporary fluvial influences of the Rhine–Meuse river system (Figure 3.1e).

The periglacial deposits comprise sand, sandy loam, peat, thaw-lake deposits and aeolian sediments belonging to the Boxtel Formation. The aeolian deposits are considered to have little preservation potential in a dominantly (glacio)fluvial environment (NITG–TNO, 2004). The glaciofluvial deposits comprise sand, gravelly sand and clay of the Kreftenheye Formation. Erosion of underlying formations probably occurred.

3.3.6 Holocene (Recent)

With the transition from late glacial to early Holocene (11.6 ka BP to present), climatic amelioration resulted in sea level rise, and the North Sea basin became flooded. Deposition took place in a terrestrial periglacial environment, transitioning into tidal and lagoonal as the sea level rose. Sediments from this period belong to the Naaldwijk Formation and are preserved as (scattered) sands and clays that often infill channels. Locally, peat beds were deposited in shallow marsh settings (Nieuwkoop Formation). As transgression progressed, the AOI was overlain by sands of the Southern Bight Formation and muddy sands of the Urania Formation.

The North Sea Basin has remained essentially sediment starved since the start of the Holocene (Jacobs & De Batist, 1996), and deposits occur mainly in the form of sand banks and sand waves (Liu et al., 1993). Surficial sediments in the AOI mainly consist of sand with shell and shell fragments typical of a high energy, open marine environment. These sands are partially derived from reworking of the sediments from the underlying fluvial deposits. Sands with a higher mud fraction are present in a bathymetric depression in the northern part of the AOI. These sediments belong to the Urania Formation and are indicative of a low energy open marine environment.

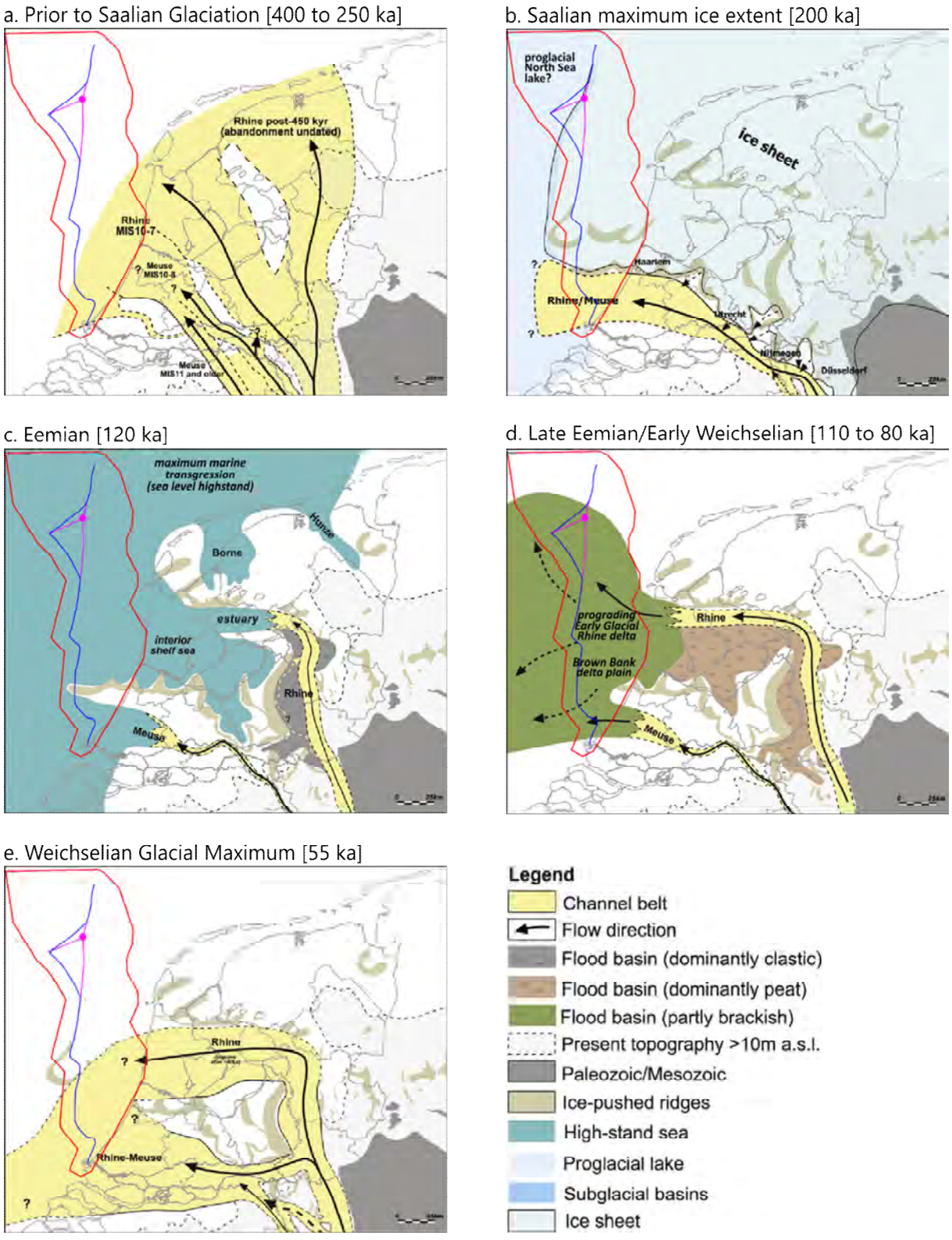


Figure 3.1: Paleo-geographical reconstructions of the Netherlands during the Middle to Late Pleistocene illustrated by five successive time frames. a) Rhine–Meuse drainage configuration prior to Saalian Glaciation. b) Maximum Saalian ice extent. c) Eemian interglacial maximum transgression during sea level highstand. d) Rhine delta prograding into lower-deltaic flood basin environment. e) Configuration of the Rhine and Meuse during the Weichselian glacial maximum (modified after Peeters et al., 2015).

3.4 Maximum Ice Sheet Extent and Subglacial Valleys

Three Pleistocene glaciations resulted in ice sheets covering large parts of the Dutch sector of the North Sea. From the oldest to the youngest, these glaciations are named Elsterian, Saalian and Weichselian. Figure 3.2 presents the maximum extent of the Pleistocene ice sheets and the location of the associated subglacial valleys.

The Elsterian valleys form a complex system of anastomosing, but mainly NNE–SSW trending, broad (approximately 1 km to 10 km wide) and deep (up to 400 m BSF) erosional features. They are present in the northern half of the AOI. These subglacial valleys were mainly filled with glaciofluvial SAND near the base and glaciolacustrine CLAY near the top, belonging to the Peelo Formation (Cameron et al., 1986; Laban, 1995).

A major Saalian subglacial valley runs in a N–S direction, along the margin of the maximum extent of the Saalian ice sheet, located in the centre of the AOI. It is approximately 10 km wide and up to 80 m deep. The infill consists locally of glaciolacustrine CLAY (Uitdam Member) near the base, covered with marine SAND of the Eem Formation (Laban, 1995, Fugro, 2020).

Weichselian subglacial valleys occur as close as 6 km north of the AOI (Laban, 1995).

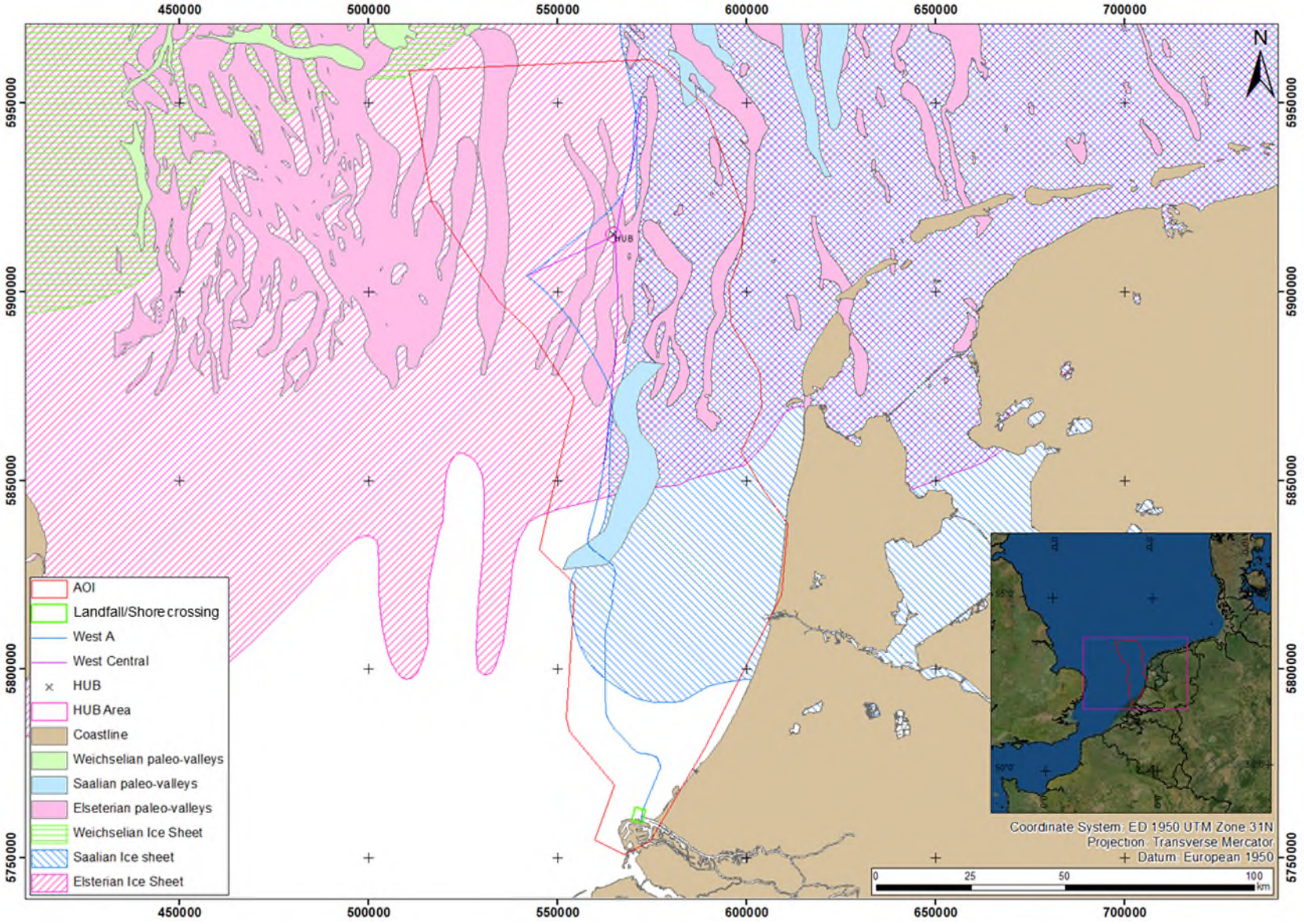


Figure 3.2: Maximum ice extent of the Pleistocene glaciations and associated paleo-valleys (Laban, 1995)

4. Site-Specific Conditions

4.1 Site Use

4.1.1 AOI

Past and/or present activities in the AOI can affect and constrain development of the pipeline infrastructure. Evidence of human activity and seafloor objects are documented in the Archaeological Desktop Study (Appendix B) and in the UXO Desktop Study (Appendix C).

Figure 4.1 presents navigation areas or infrastructure identified within the AOI:

- 197 navigation buoys;
- 7 navigation channels;
- 6 anchoring areas;
- 4 harbour approach areas.

Figure 4.2 presents restricted areas identified within the AOI:

- 7 navigation channels;
- 6 anchoring areas;
- 4 harbour approach areas;
- 3 wind farms in operation;
- 4 wind farms under development;
- 121 dredging areas;
- 11 dredge spoil areas;
- 4 military exercise areas;
- 7 natural protected areas.

Figure 4.3 presents seafloor oil and gas infrastructure identified within the AOI:

- 149 offshore facilities;
- 1153 wells;
- 227 pipelines.

Figure 4.4 presents seafloor cable and wind energy related infrastructure identified within the AOI:

- 1 cable landing station;
- 8 telecommunication cables;
- 139 wind turbine generators;
- 23 power cables.

Based on the currently available information, 36 cables and 35 pipeline crossings are to be expected in the AOI considering the current proposed pipeline routes.

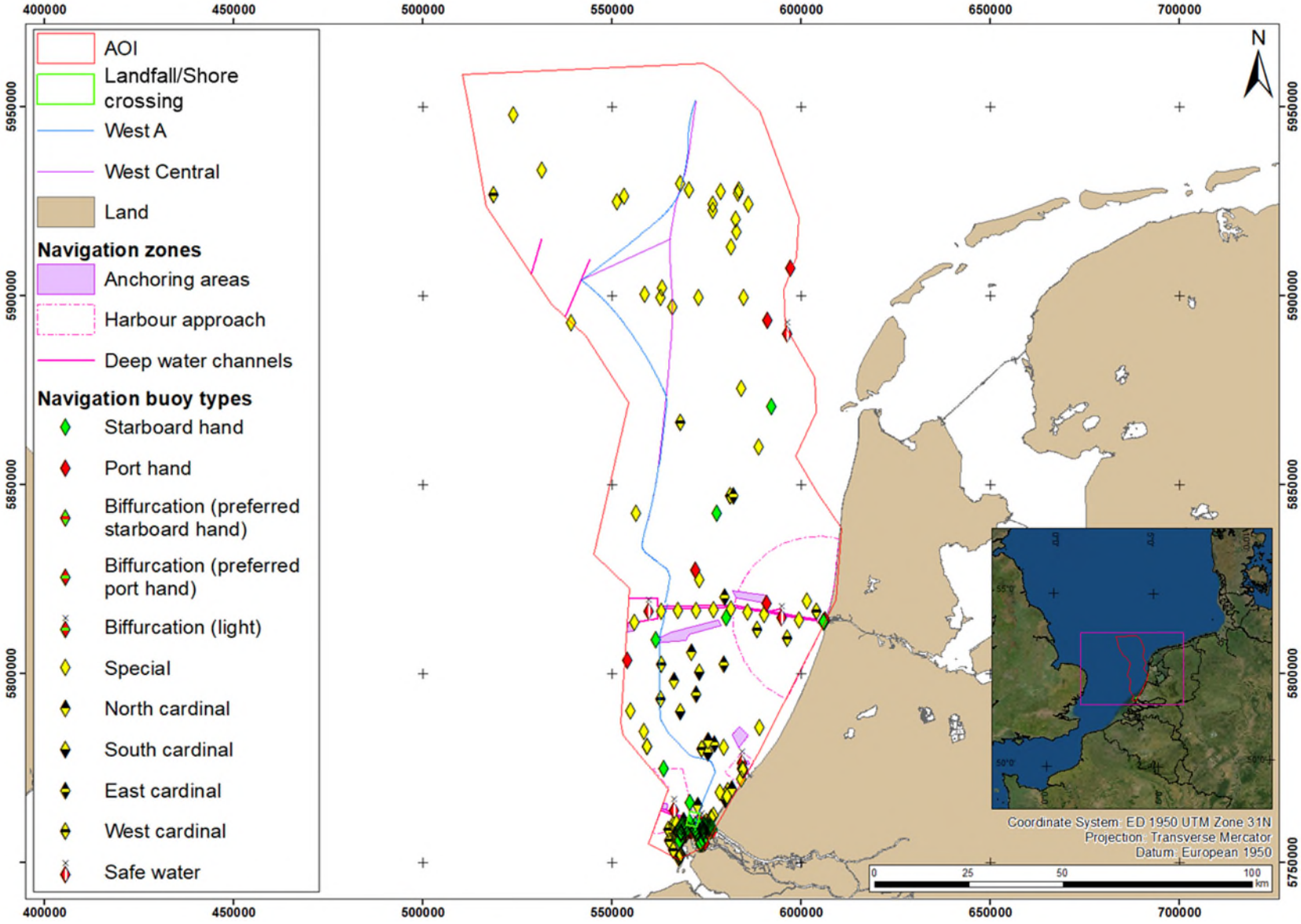


Figure 4.1: Navigation areas or infrastructures identified within the AOI

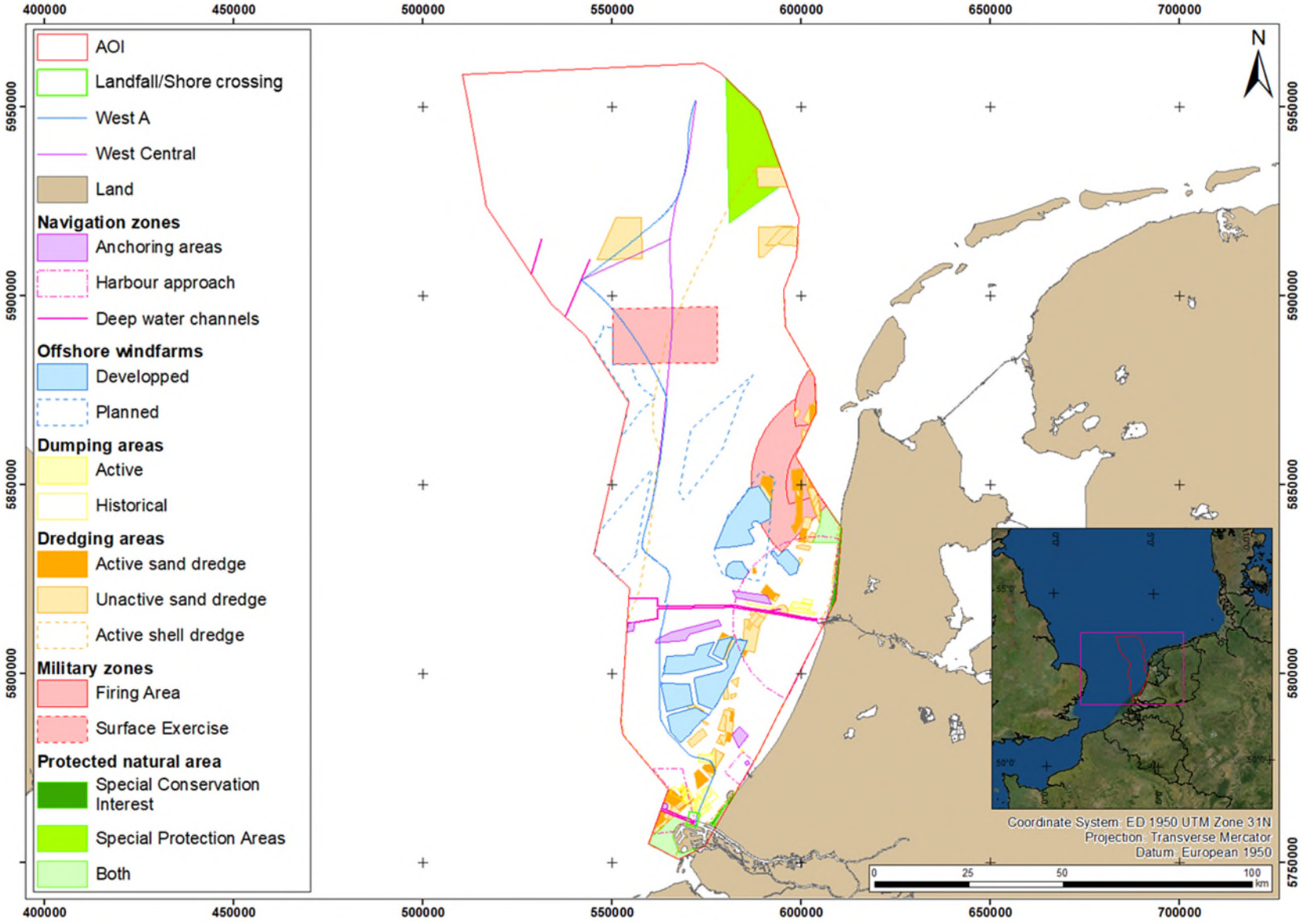


Figure 4.2: Restricted areas identified within the AOI

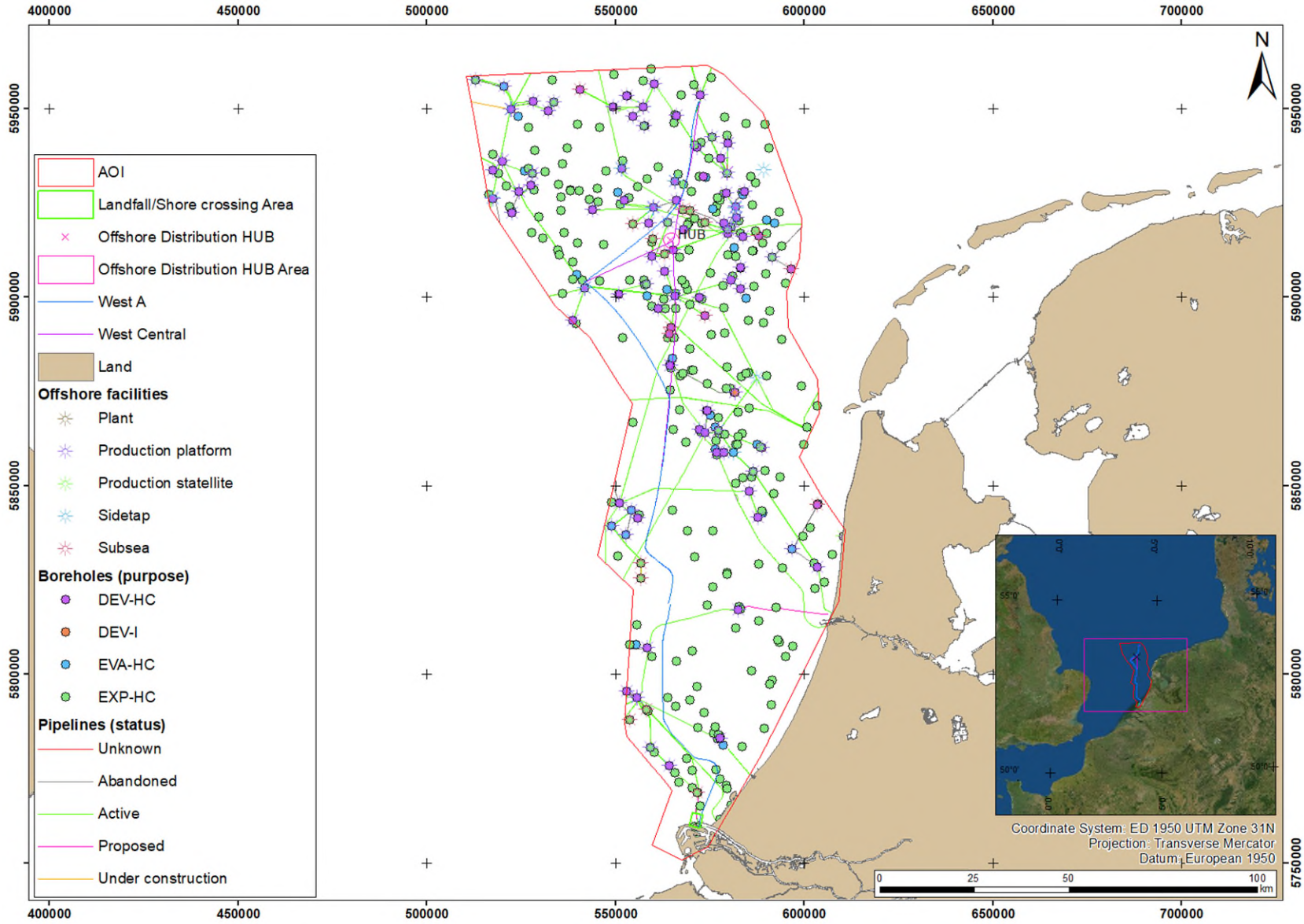


Figure 4.3: Oil and gas seafloor infrastructures identified within the AOI

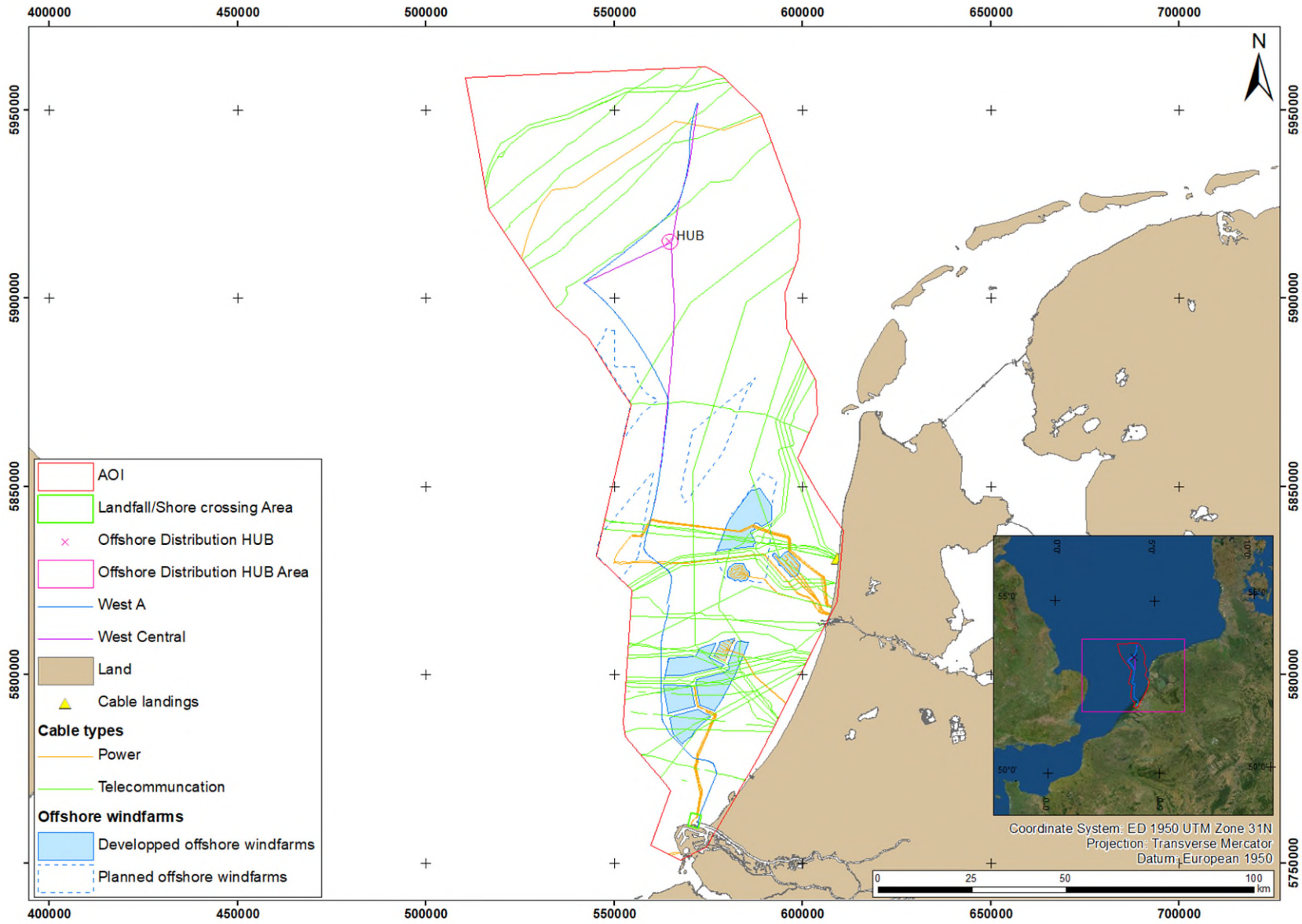


Figure 4.4: Cable and wind-energy related infrastructures identified within the AOI

Vessel route densities per type of vessels as well as vessel density per activity for 2020 were extracted from EMODnet.

Figure 4.5 present the total vessel route density for 2020 within and around the AOI, regardless of the types of boats. The main commercial routes are clearly visible as red lines, connecting the North Sea, Baltic Sea and English Channel as well as joining the main harbours (such as Rotterdam and IJmuiden). The present pipeline layout crosses three of the highest density routes. The Offshore Distribution HUB Area is within an area with medium density routes, probably corresponding mainly to small cargos, fishing, or leisure vessels.

Figure 4.6 presents the average fishing activity for 2020 within and around the AOI. Fishing activity is medium in the southern half of the AOI, and low within the northern half (and close to the Offshore Distribution HUB Area). Fishing activity is high within 20 km from the shore. However, within the Maasmond Kanaal, it is expected that fishing activity is low due to the presence of dense shipping traffic.

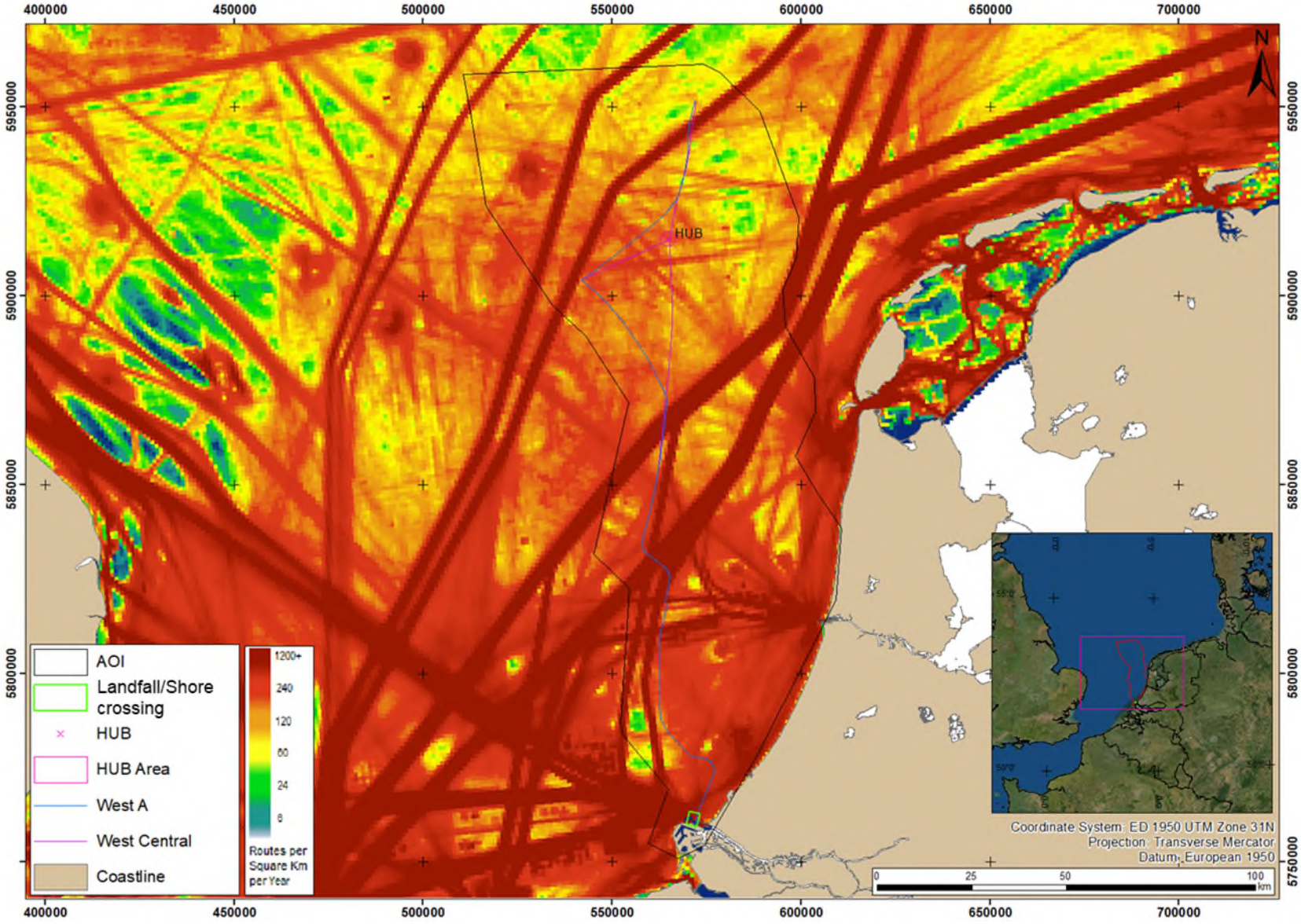


Figure 4.5: Total vessel routes density given as routes per km² per year for 2020 (EMODnet, 2022)

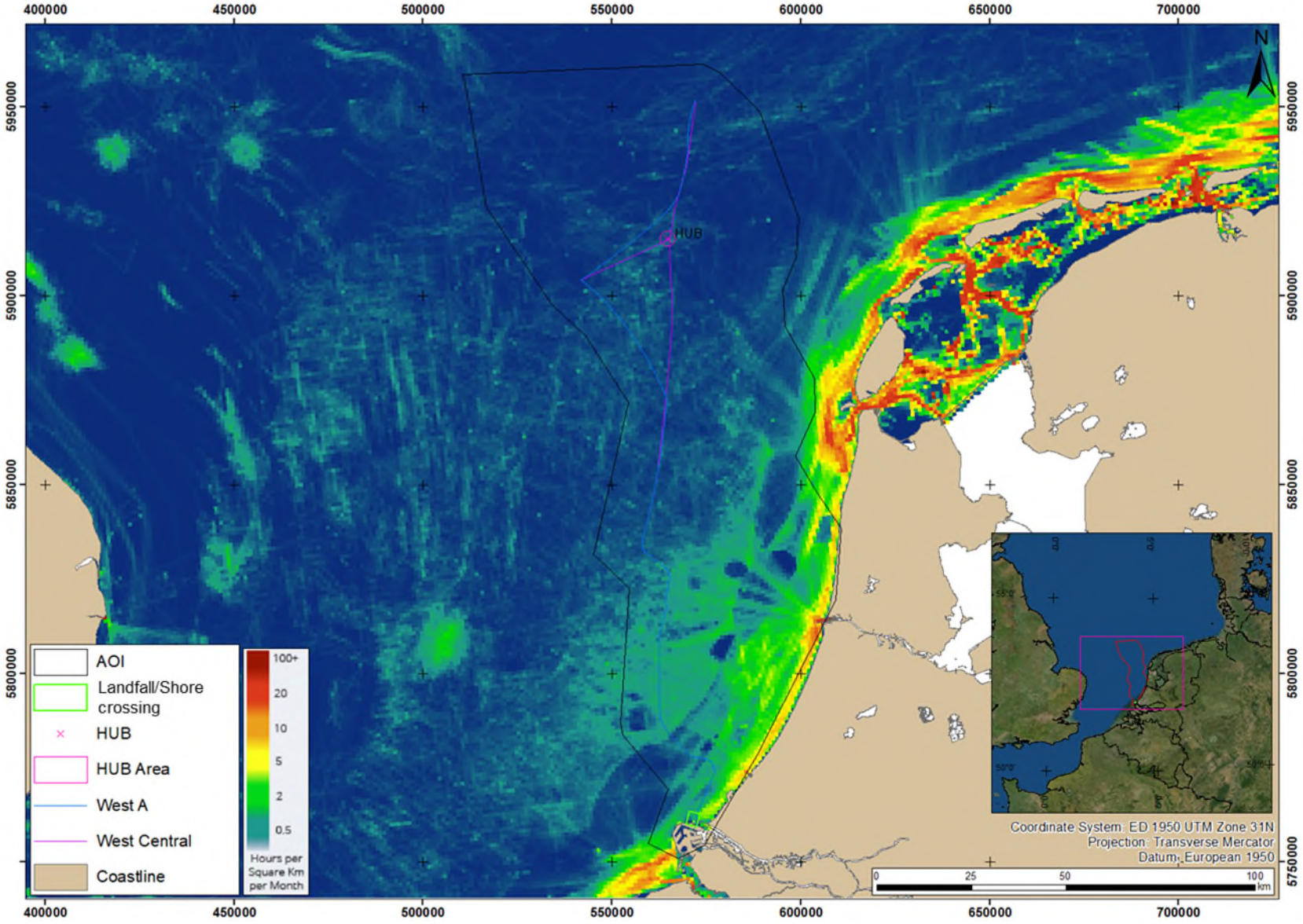


Figure 4.6: Average fishing activity density given in hours per km² per month for 2020 (EMODnet, 2022)

4.1.2 Landfall/Shore Crossing Area

Within the Landfall/Shore Crossing Area a number of restricted areas and infrastructure was identified.

Figure 4.7 presents the following:

- restricted areas and navigation infrastructures identified within the AOI:
  - 2 navigation buoys;
  - 1 (deep water) navigation channel;
  - 1 harbour approach area;
  - 1 dredge spoil area;
  - 1 natural protected area.
- seafloor oil and gas infrastructure identified within the AOI:
  - 1 production facility;
  - 4 wells;
  - 3 pipelines.
- power cables, related to wind energy infrastructure, identified within the AOI:
  - 4 power cables.

4.1.3 Offshore Distribution HUB Area

No specific site use or seafloor obstructions of any type are expected within the Offshore Distribution HUB Area, except for fishing activities and vessels crossing the area.

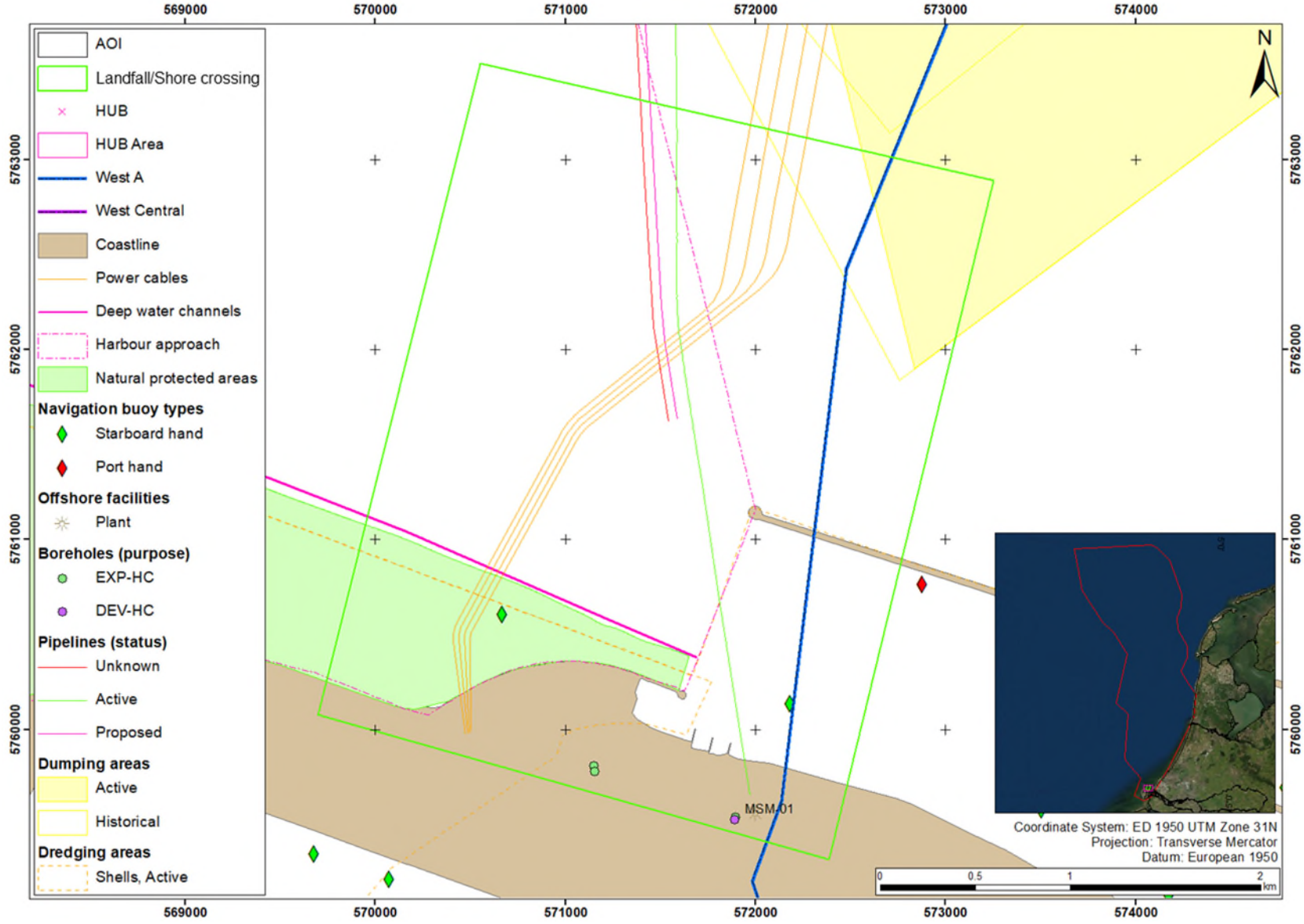


Figure 4.7: Site use across the Landfall/Shore crossing Area

4.2 Seafloor Conditions

4.2.1 Bathymetry and Seafloor Gradient

4.2.1.1 AOI

The Dutch offshore sector has been extensively surveyed by the Dutch Hydrographic Office, and historical data have been acquired and interpolated since 1979 (Deltares, 2016, 2020). This includes bathymetric data, which is publicly available on EMODnet.

Table 4.1 summarises the water depth and slope gradient values as observed in the individual bathymetry datasets available for the AOI. Included in the table is the resolution of the respective bathymetry datasets. Bathymetry and seafloor gradients of the AOI are presented in Figure 4.8. Close-ups for the Rotterdam approach, northern coastal, southern coastal, Hollandse Kust (noord), Hollandse Kust (west) and Hollandse Kust (zuid) WFZs are given in Figure 4.9 to Figure 4.14, respectively.

In general, the seafloor is gently dipping towards the west to west-north-west, perpendicular to the coast. The water depth in the AOI averages approximately 25 m below lowest astronomical tide (bLAT). Approximately 15 km north of the Offshore Distribution HUB Area, the seafloor deepens in a northern direction from approximately 20 m to 39 m bLAT over a distance of 20 km.

Most of the AOI is characterised by low seafloor gradients of less than 5°. Locally, higher seafloor gradients were observed and can have either a hydrodynamic (natural) or man-made origin.

The highest seafloor gradients associated with bedforms were observed on the lee side of sand waves (up to 30°). In the coastal area seafloor gradients up to approximately 19° were observed.

Man-made seafloor features resulting in higher seafloor gradients in the AOI include navigation channels, dredging areas, dumping areas, wrecks and other seafloor obstructions.

However, it should be noted that slope gradients are computed from bathymetry maps and therefore dependant on the data resolution. Where multibeam echosounder (MBES) data were acquired (WFZs), the calculated slope gradients are considered reliable and allow to visualise slope breaks linked to features as small as 2 m to 5 m. Outside of the wind farm sites, the grid resolution is either 30 m or 100 m and therefore smaller features cannot be imaged, and slope gradients are likely to be underestimated or overestimated locally.

Since the AOI covers a large area, Fugro does not recommend acquiring higher-resolution data at this stage. However, acquisition of MBES data along the final pipeline route will be paramount in order to assess and mitigate any seafloor hazards.

Table 4.1: Summary of water depths and seafloor gradients as observed in the different bathymetry datasets

Area	Maximum Water Depth [m LAT]	Minimum Water Depth [m LAT]	Average Slope Angle [°]	Maximum Slope Angle [°]	Minimum Slope Angle [°]	Bathymetry Grid Resolution [m]
AOI	-46.3	0	0.1	8	0	100
Hollandse Kust (noord) WFZ	-28.1	-14.9	1.7	29.9	0	2
Hollandse Kust (west) WFZ	-33.1	-22.5	2.2	20.6	0	2
Hollandse Kust (zuid) WFZ	-27.8	-16.1	0.6	14.9	0	5
Rotterdam approach area	-41.5	-13.5	0.3	9.5	0	30
Coastal area	-15.2	36.4	1.0	18.8	0	30

Notes:
m LAT = metres relative to Lowest Astronomical Tide

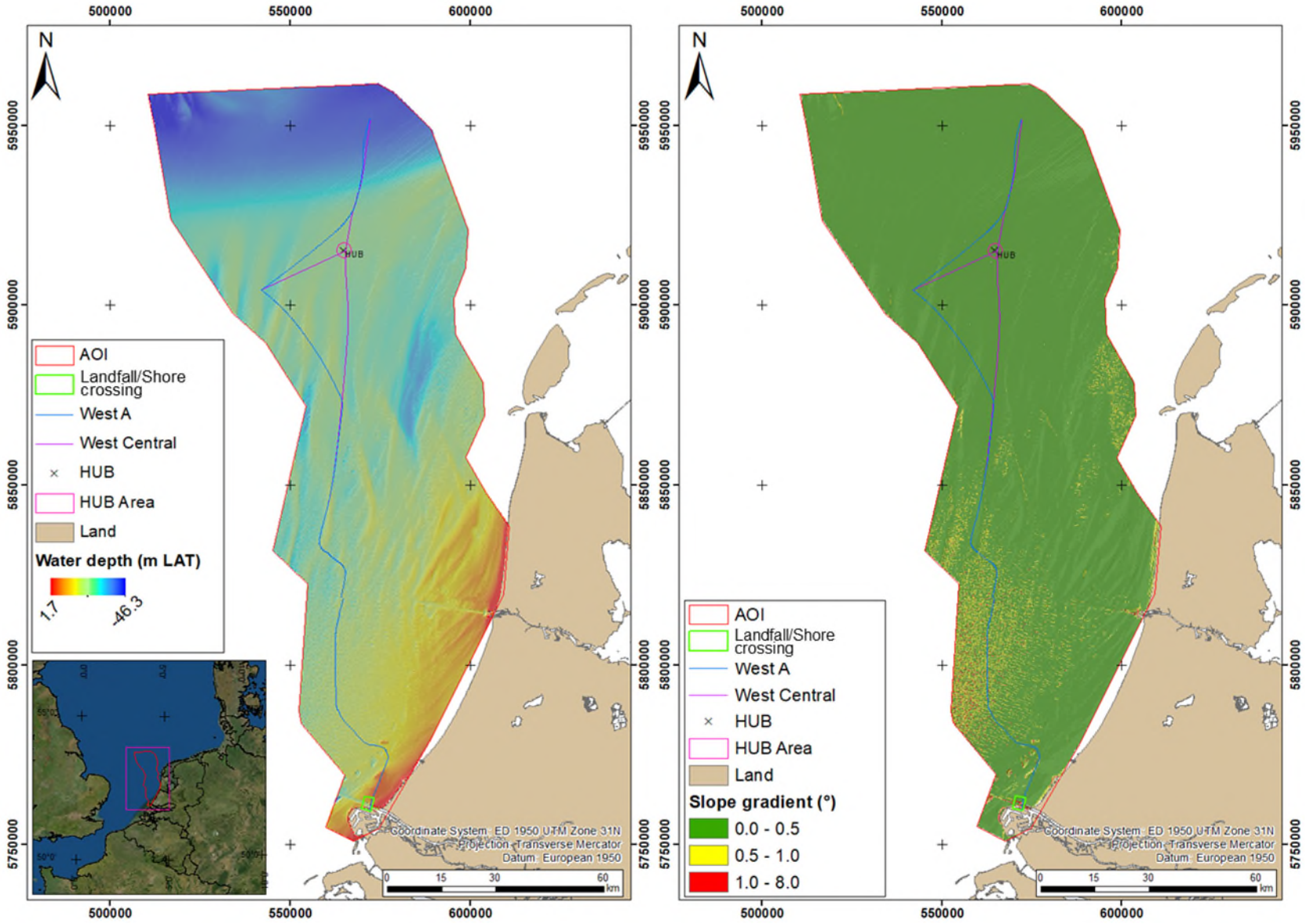


Figure 4.8: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the entire AOI based on EMODnet 2020 data

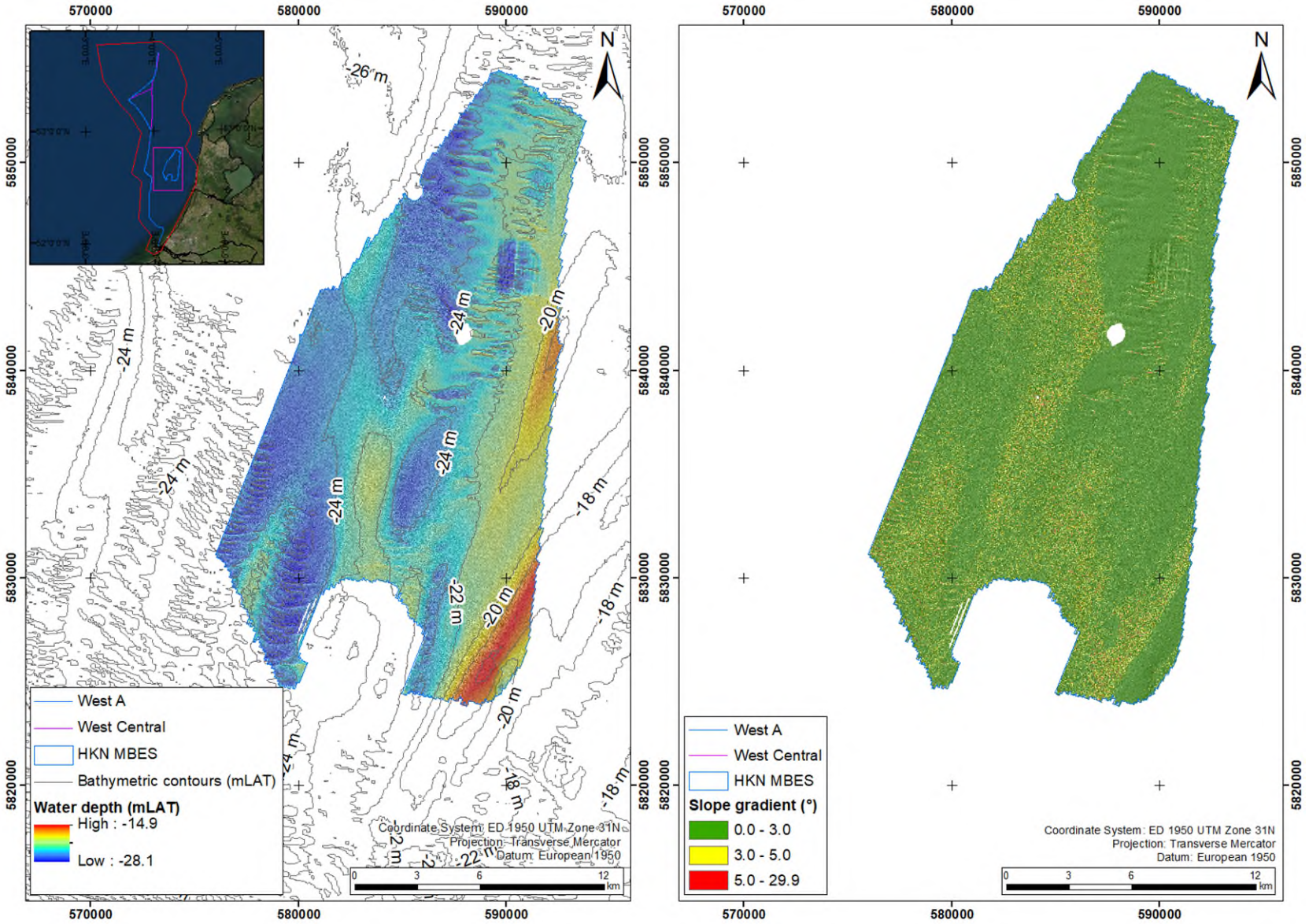


Figure 4.9: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the Hollandse Kust (noord) WFZ area based on Fugro 2018 MBES data

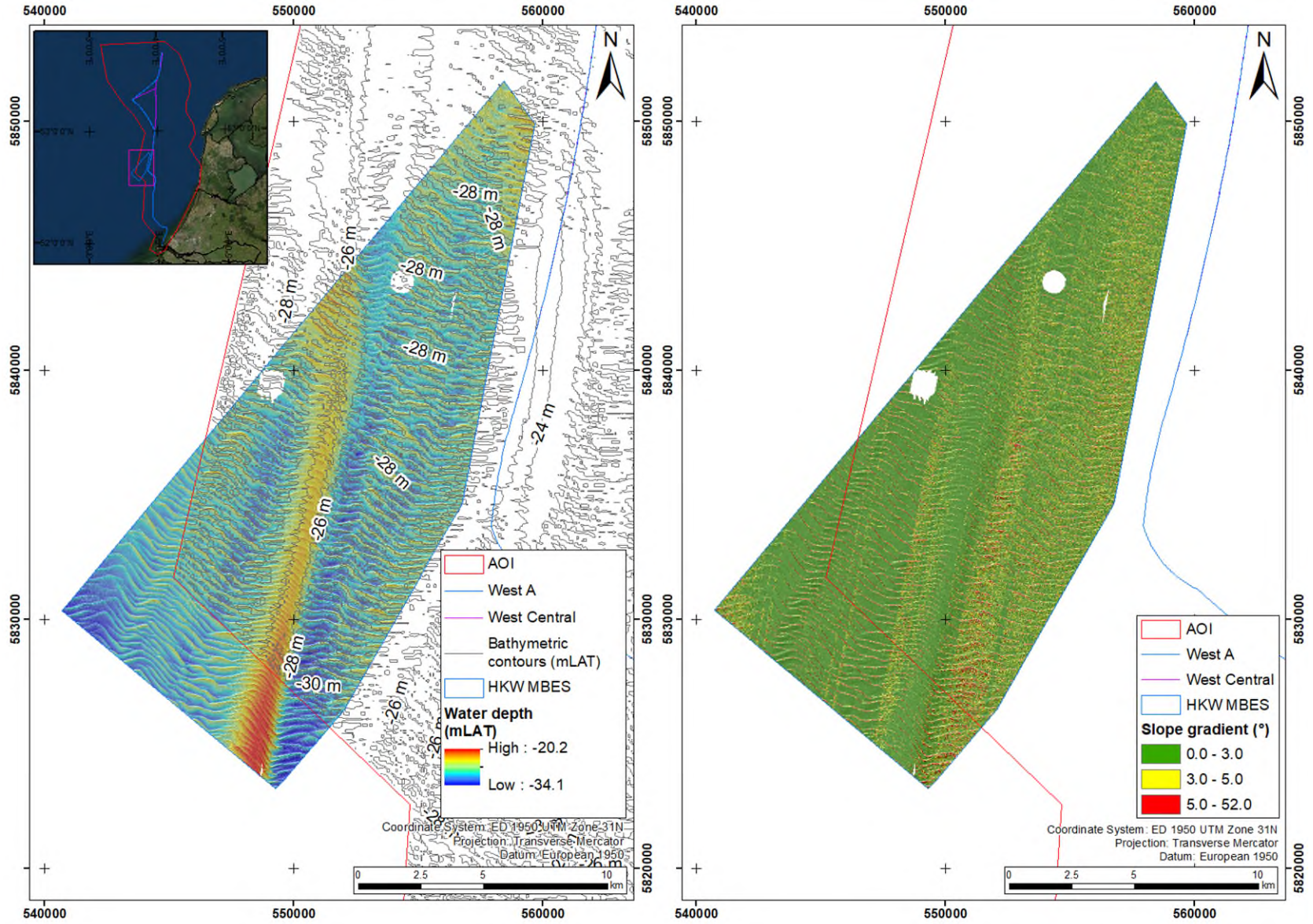


Figure 4.10: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the Hollandse Kust (west) WFZ area based on Fugro 2019 MBES data

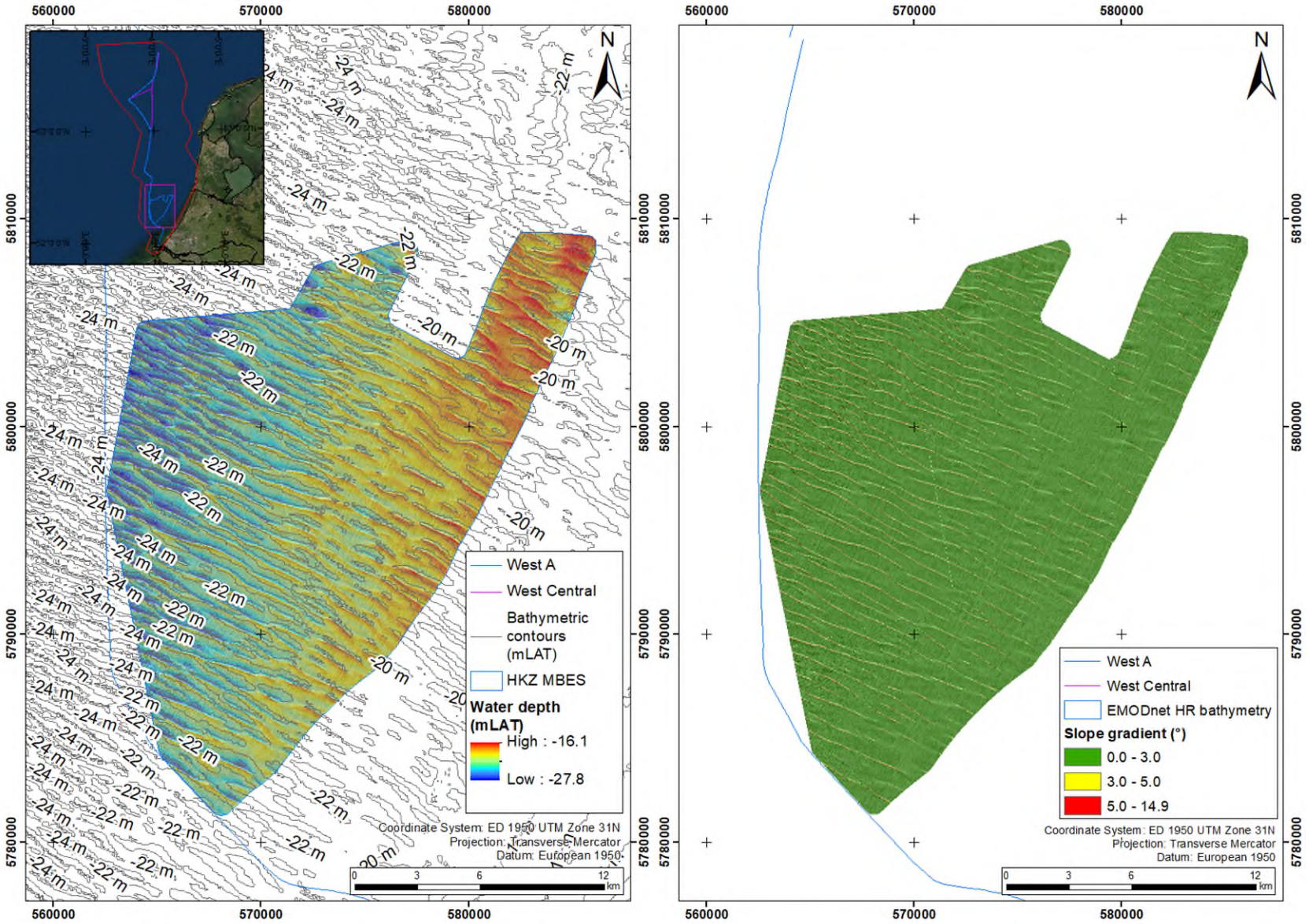


Figure 4.11: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the Hollandse Kust (zuid) WFZ area based on Fugro 2016 MBES data

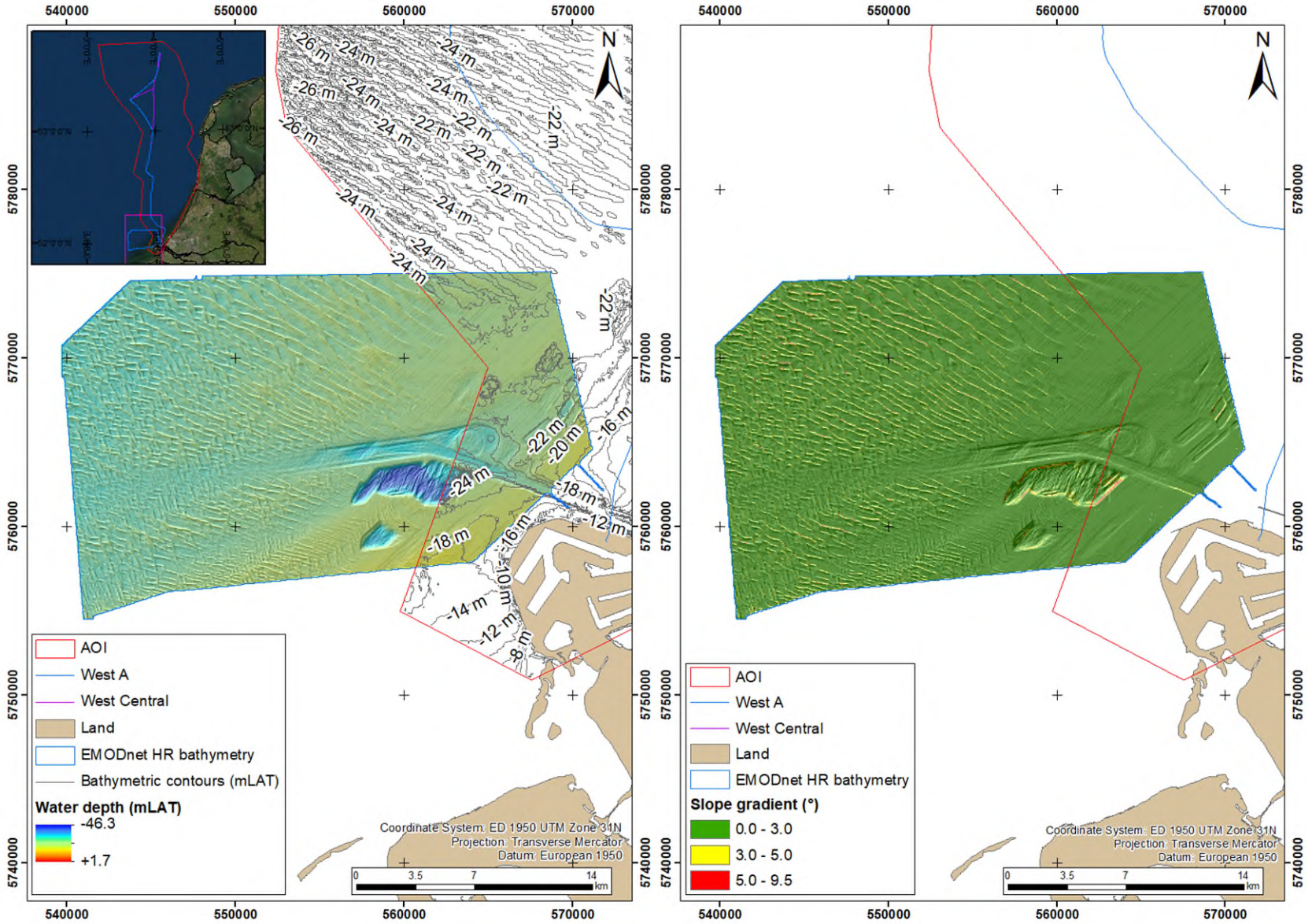


Figure 4.12: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the Rotterdam approach area based on EMODnet 2020 high-resolution data

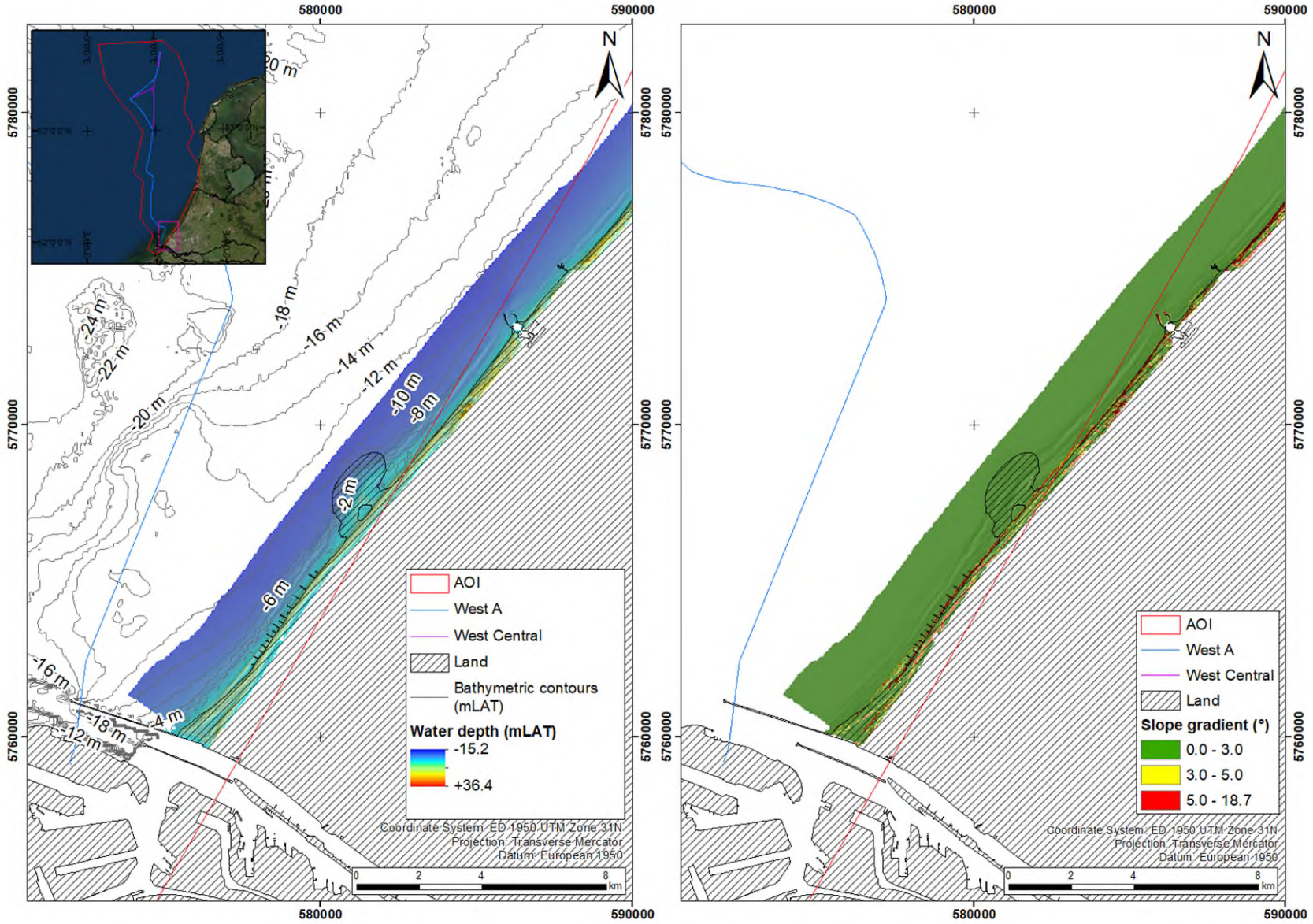


Figure 4.13: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the southern coastal area based on EMODnet 2018 high-resolution data

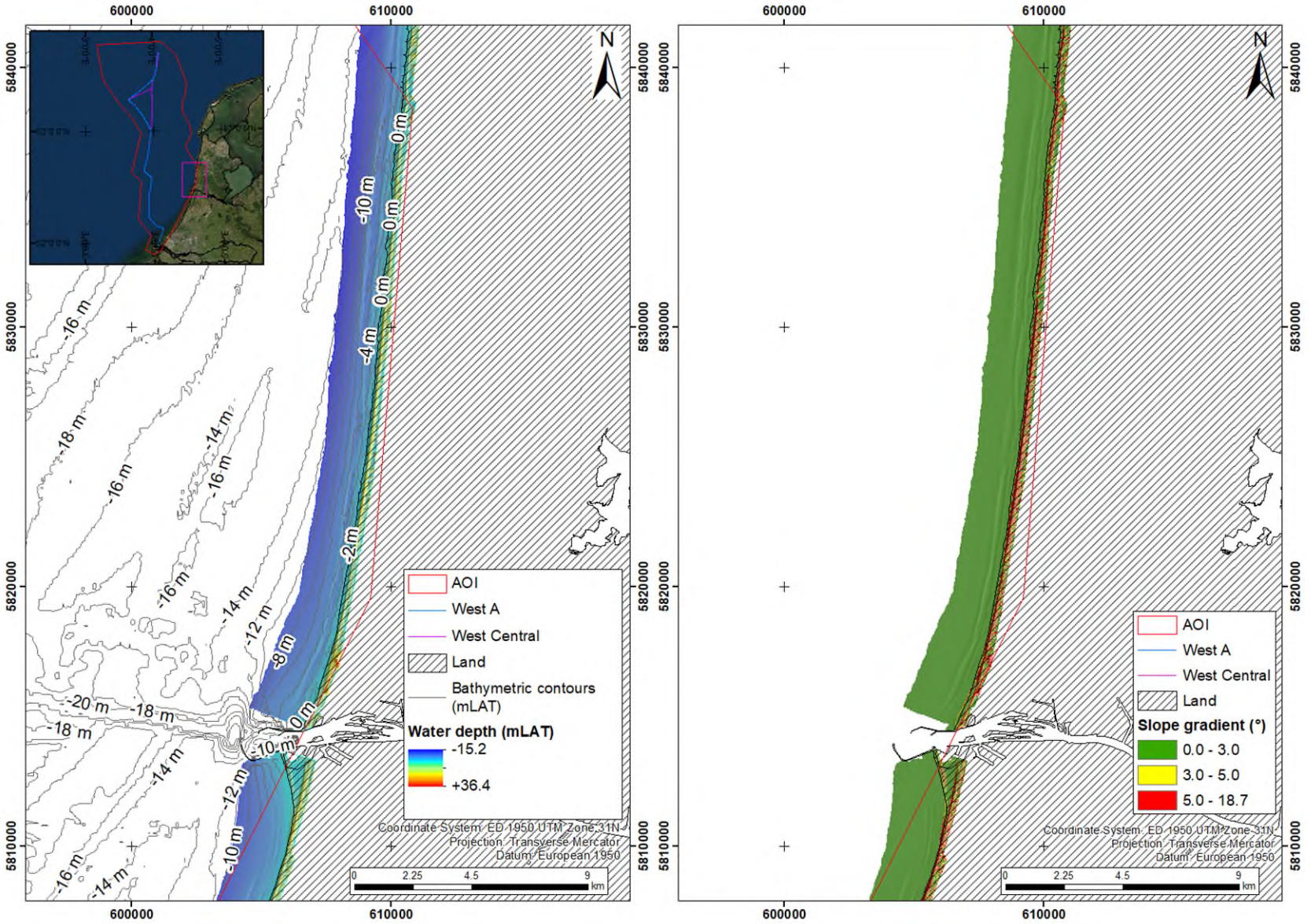


Figure 4.14: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the northern coastal area based on EMODnet 2018 high-resolution data

4.2.1.2 Landfall/Shore Crossing Area

The Landfall/Shore crossing Area is covered by the EMODnet 2020 tile having a 100 m grid resolution.

Table 4.2 provides the water depth and slope gradient values for the Landfall/Shore crossing Area based on the available EMODnet data.

Table 4.2: Summary of water depths and seafloor gradients at the Landfall/Shore crossing Area

Area	Maximum Water Depth [m LAT]	Minimum Water Depth [m LAT]	Average Slope Angle [°]	Maximum Slope Angle [°]	Minimum Slope Angle [°]
Landfall/Shore crossing	-31.1	0	0.7	6.8	0
Notes: m LAT = metres Lowest Astronomical Tide Values derived from publicly available EMODnet (2020) bathymetry data, DTM with 100 m of grid resolution					

The bathymetric map for the Landfall/Shore crossing Area is given in Figure 4.15.

Water depth within the Landfall/Shore crossing Area varies between 0 m and 31.1 m bLAT. The major bathymetric feature in this area is the relatively deep navigation channel (Maasmond Kanaal). The navigation channel is well imaged by the EMODnet bathymetry data, forming a WNW–ESE oriented depression. The water depth at the edges of the Maasmond Kanaal is approximately 15 m bLAT, whereas in the navigation channel it is ranging between approximately 20 m 25 m bLAT. In local depressions within the Maasmond Kanaal water depths may exceed 30 m bLAT.

North of the navigation channel, no seafloor features are visible, and the seafloor gently dips from SE to NW ranging between 11 m to 18 m bLAT.

The slope gradients range from 0° to 7° with an average value of 0.7°. Slope gradients up to 20° are expected at the flanks of the navigation channel.

The southern flank of the Maasmond Kanaal appears regular, steep and narrow in the south-east and widens towards the south-west. The northern flank of the Maasmond Kanaal has locally an irregular shape, possibly as a result of slumping observed in this area. Seafloor gradients of up to 34° are related to these slumped areas (Fugro database).

A site-specific MBES survey across the entire Landfall/Shore crossing Area would allow to increase the resolution of these maps and highlight any features smaller than 100 m (which cannot be imaged based on the present data resolution).

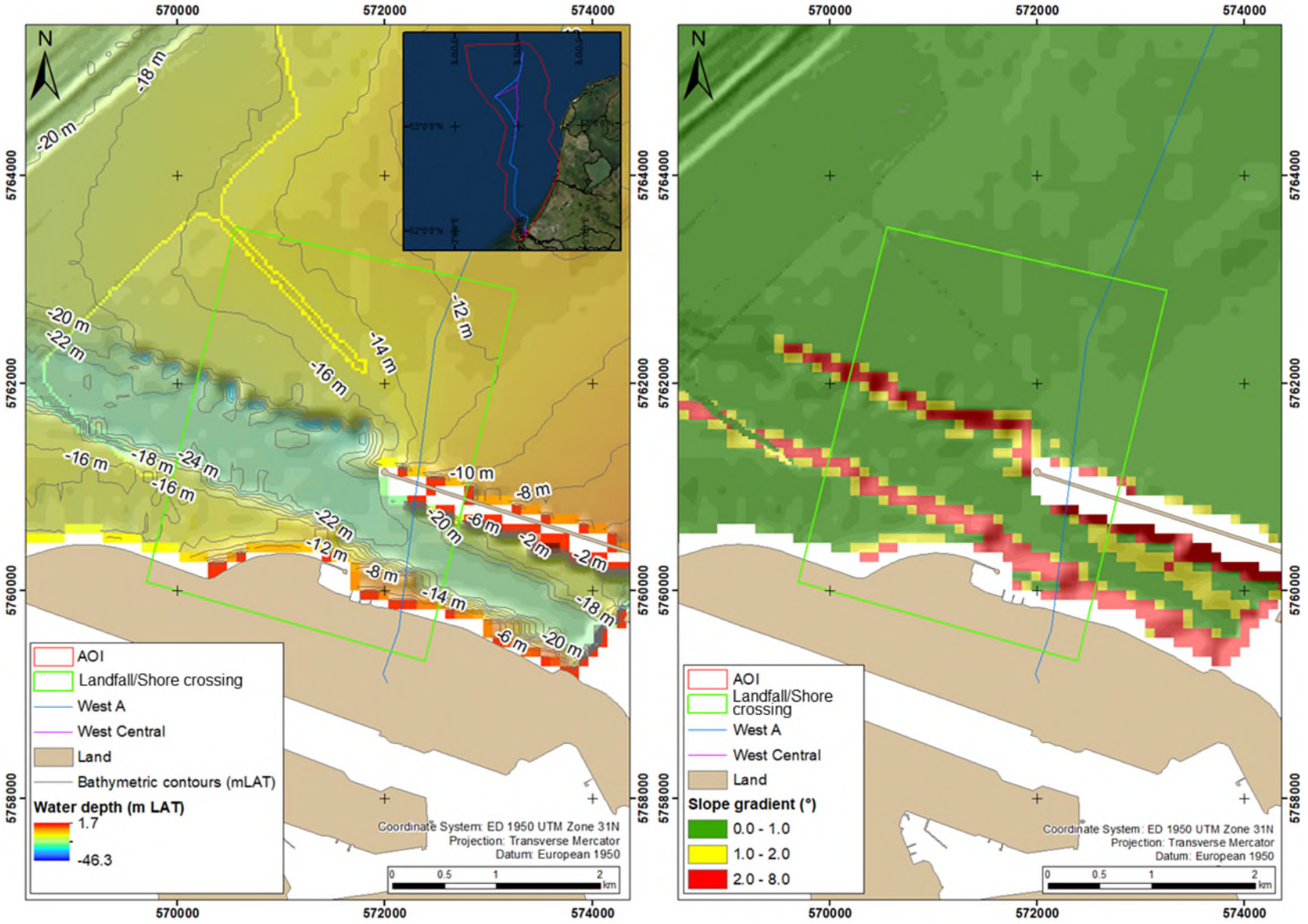


Figure 4.15: Left: bathymetric map and Right: Slope gradient map of the Landfall/Shore crossing Area based on the EMODnet 2020 data

4.2.1.3 Offshore Distribution HUB Area

The Offshore Distribution HUB Area is covered by the EMODnet 2020 tile having a 100 m grid resolution.

Table 4.3 provides the water depth and slope gradients values for the Offshore Distribution HUB Area based on the available EMODnet data.

Table 4.3: Summary of water depths and seafloor gradients at the Offshore Distribution HUB Area

Area	Maximum Water Depth [m LAT]	Minimum Water Depth [m LAT]	Average Slope Angle [°]	Maximum Slope Angle [°]	Minimum Slope Angle [°]
Offshore Distribution HUB Area	-26.2	-25.2	0.05	0.1	0

Notes:
m LAT = metres Lowest Astronomical Tide
Values derived from publicly available EMODnet (2020) bathymetry data, DTM with 100 m of grid resolution

Water depth within the Offshore Distribution HUB Area varies between 25.2 m and 26.2 m bLAT.

The bathymetric map for the Offshore Distribution HUB Area is given in Figure 4.16. The seafloor appears smooth, with a maximum water depth to the west of the Offshore Distribution HUB Area and minimum values to the north-east. No clear dipping trends can be noticed, except with bathymetric contours that tend to show that the Offshore Distribution HUB Area is crossed by a NE–SW oriented trough of less than 1 m deep (probably linked to a small seafloor bedform).

The slope gradients range from 0° to 0.1° confirming the presence of a flat and smooth seafloor. However, it has to be noted that slope gradients were computed based on the 100 m grid resolution bathymetry and that local features presenting higher seafloor gradients may occur.

A site-specific MBES survey across the entire Offshore Distribution HUB area would allow to increase the resolution of these maps and highlight any feature smaller than 100 m such as sand waves, megaripples and any other types of bedforms and seafloor obstructions that may occur.

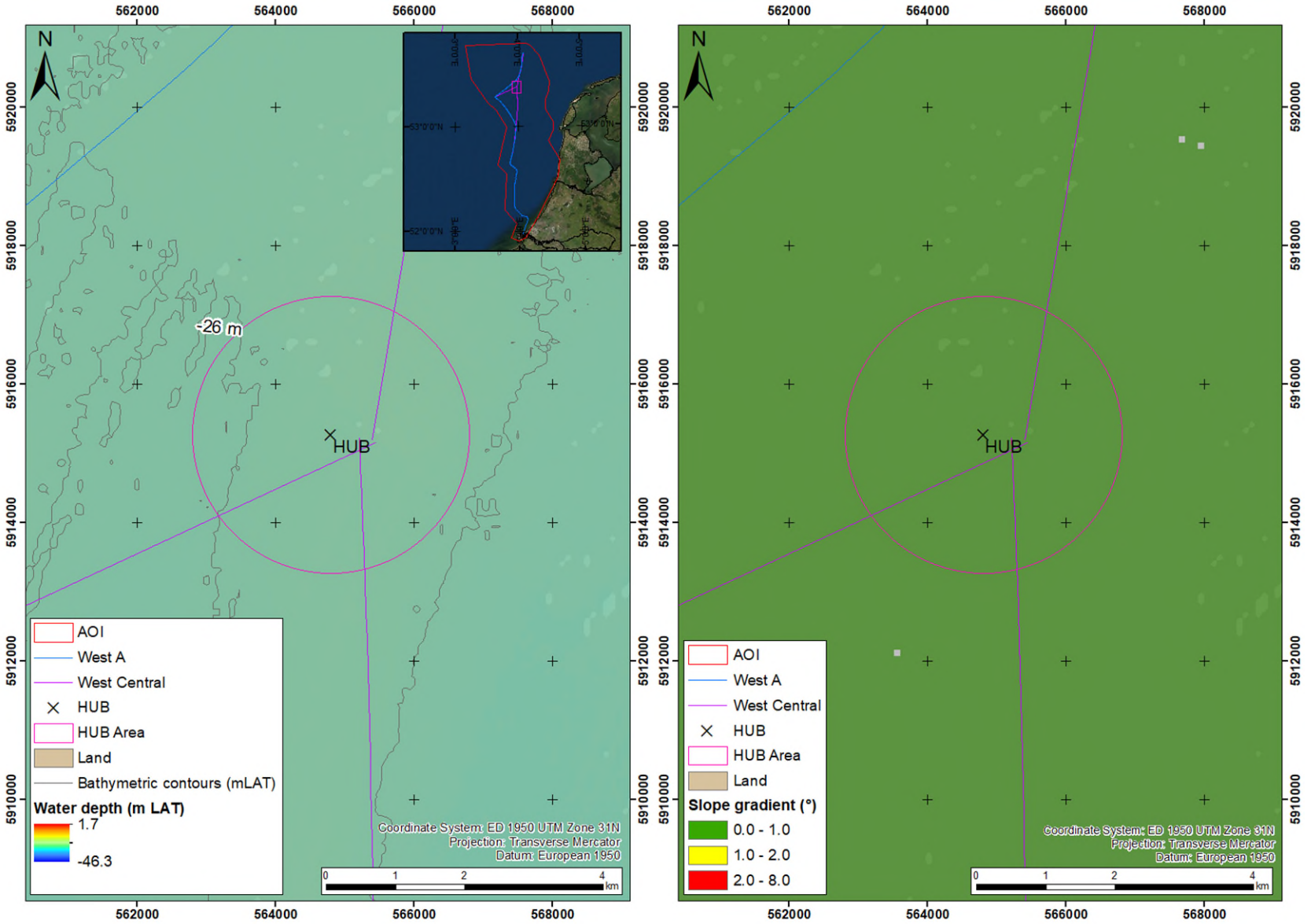


Figure 4.16: Left: bathymetric map and Right: slope gradient map of the Offshore Distribution HUB Area based on the EMODnet 2020 data

4.2.2 Seafloor Morphology

4.2.2.1 AOI

The seafloor morphology within the AOI can be divided into three distinct zones as illustrated in Figure 4.17: 1) a coastal zone covered by a complex compound of rhythmic bedforms, 2) a shallow continental shelf with low-angle topography covered by a complex compound of rhythmic bedforms, and 3) a relatively deep low-energy zone with low-angle topography (Figure 4.8).

The bedforms observed in Zones 1 and 2 include sand banks, sand waves, megaripples and ripples. These bedforms have been classified by Deltares (2016, 2019 and 2020), as part of morphodynamic desktop studies to aid development of the wind farms. The classification considers different parameters such as wavelength, wave height and mobility, which are the result of the complex interaction between hydrodynamics, sediment grain-size and character, sediment transport and morphology.

Below follows a more detailed description of the bedforms observed in the AOI. Table 4.4 summarises the characteristics of the different bedform types observed in the AOI.

Table 4.4: Bedform characteristics in the AOI

Type	Wavelength [m]	Wave Height [m]	Orientation
Sand bank	3000 to 10000	2.5 to 8	N–S to NNE–SSW
Sand wave	120 to 1750	0.5 to 6	NW–SE to WNW–ESE
Megaripple	4 to 20	0.1 to 0.4	NW–SE to WNW–ESE
Notes: N: North E: East		S: South W: West	

Bedforms across the AOI were mapped based on what is imaged on the EMODnet 100 m grid resolution data. Elements that were identified include sand banks, areas with sand waves as well as troughs and other depression features. Megaripples are below resolution of the EMODnet data. The resulting map is presented in Figure 4.8. The identified and expected bedforms across the AOI are further detailed hereafter.

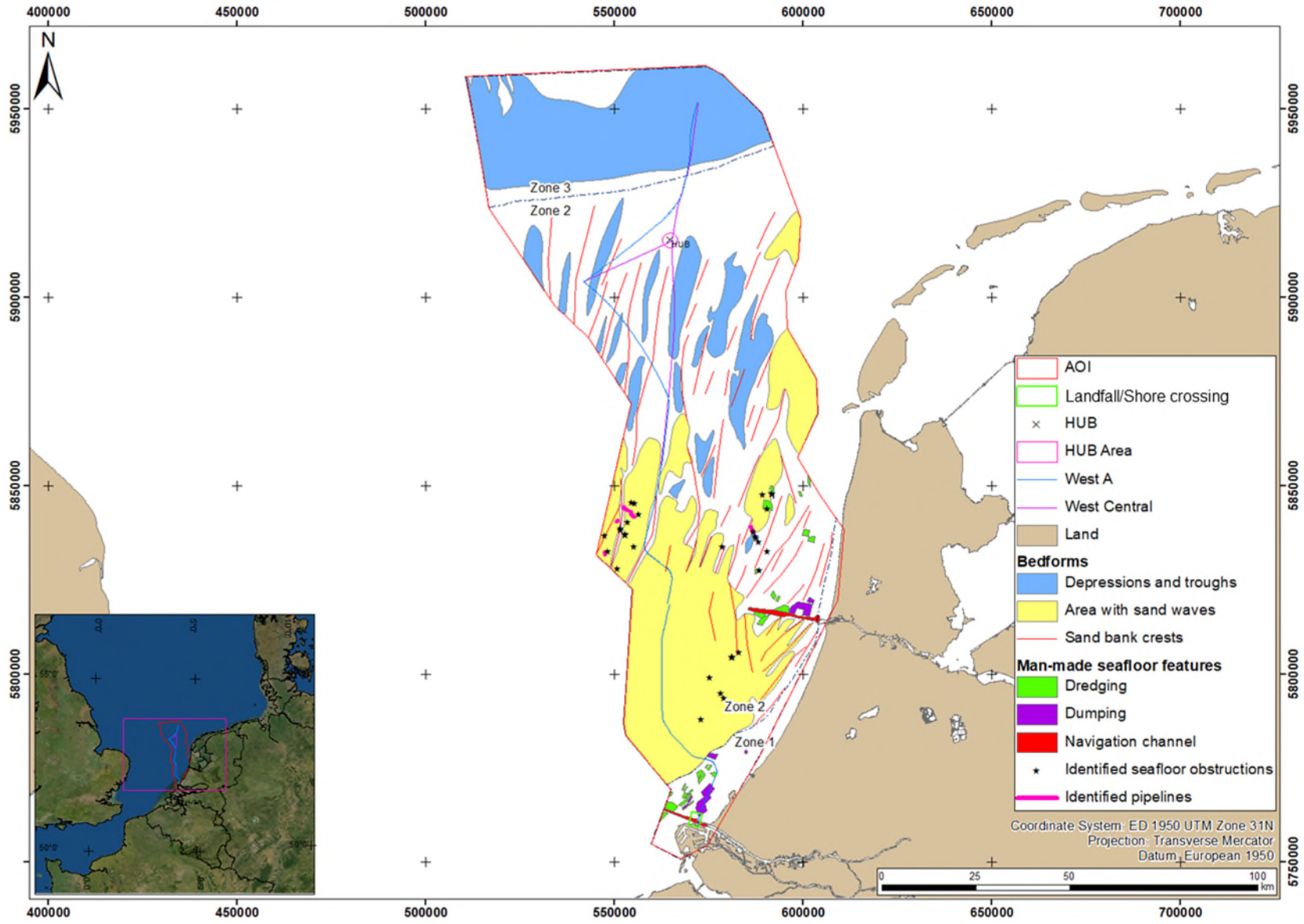


Figure 4.17: Map of the identified bedform and man-made seafloor features across the AOI

Sand Banks

The largest bedforms within the AOI are sand banks. They are present only in Zones 1 and 2 of the AOI (Figure 4.17). They form elongated ridges (sub-)parallel to the coast with a N–S to NNE–SSW orientation. The ridges are tens of kilometres long with a symmetric cross profile and lie several kilometres apart. They are on average 10 m high. An example of sand banks as imaged in Hollandse Kust (west) MBES data is given in Figure 4.18, with a bathymetric section perpendicular to the sand bank crest allowing to illustrate the morphology, height, and wavelength of sand banks in the AOI.

The sand banks are orientated roughly parallel to the main current direction (Hulscher et al., 1993). Near the coast they may be orientated more obliquely to the tidal current (Calvete et al., 2001). The sand banks closer to the shore are classified as tidal ridges (van Dijk et al., 2012). The formation of sand banks can broadly be divided into two categories (Dyer and Huntley, 1999):

- relict features, remaining after postglacial sea level rise;
- newly formed, in the present hydrodynamic regime.

The offshore sand banks may have formed during the early Holocene and the tidal ridges have been possibly formed more recently. Formation of tidal ridges is related to tidal currents in a tide-dominated coastal embayment (Ashley, 1990).

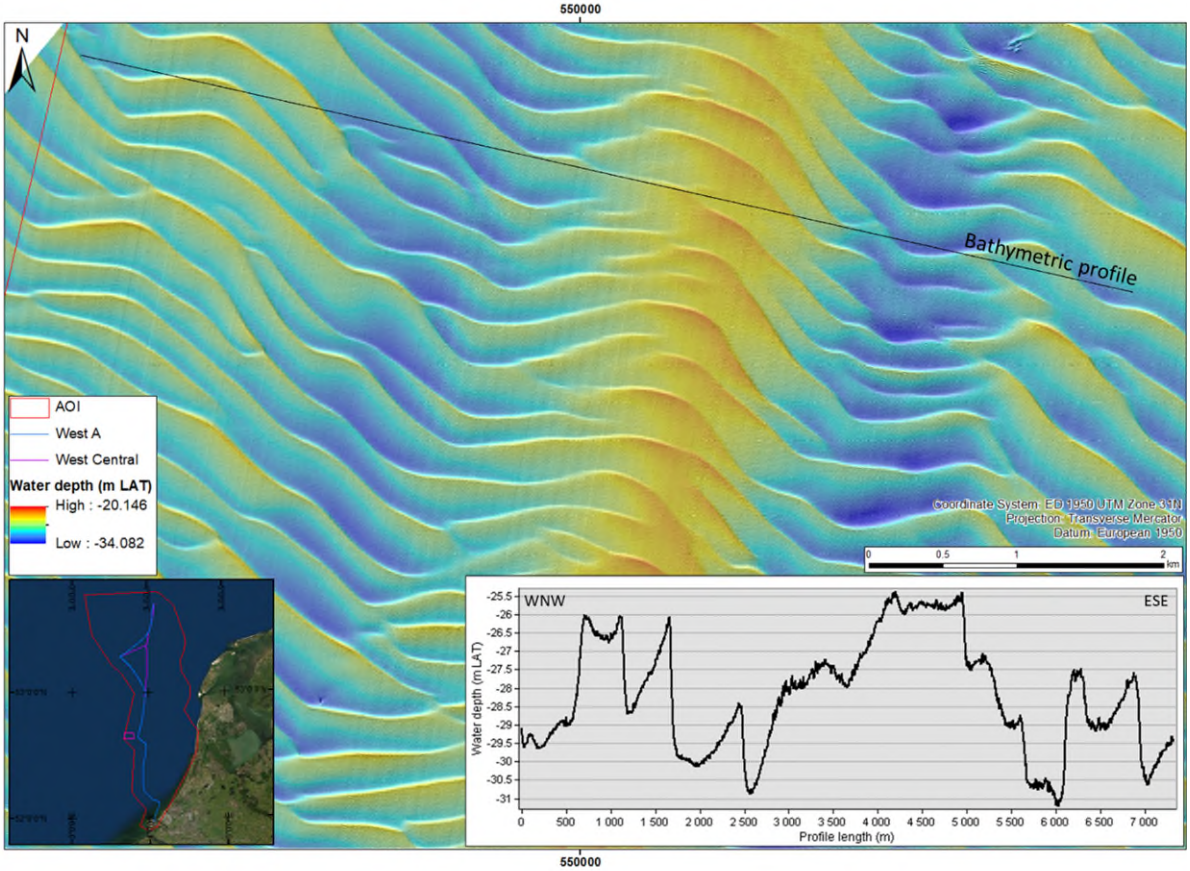


Figure 4.18: Example of sand banks with superimposed sand waves in the Hollandse Kust (west) WFZ as imaged on MBES bathymetry data. A bathymetric profile is given in a perpendicular direction to the sand banks.

Sand Waves

Sand waves are superimposed on the sand banks. They are observed in water depths of approximately 20 m to 28 m bLAT within Zones 1 and 2 of the AOI (Figure 4.17). The crests of the sand waves are orientated NW–SE to WNW–ESE, roughly perpendicular to the sand banks (see Figure 4.18). Their wavelength ranges between approximately 120 m and 1750 m, while wave height varies between 0.5 m and 4 m. The sand waves typically have an asymmetric profile with a lower angle stoss side and a steep lee side facing the direction of propagation. This morphology implies that the dominant migration direction is north to north-north-east (for sediment mobility refer to Section 4.3).

Sand waves are created due to tidal flow and may be as high as 25% of the water depth (McCave, 1971), and have wavelengths in the order of hundreds of metres (Ashley, 1990; van Dijk & Kleinhans, 2005; Deltares, 2016).

An example of sand waves as imaged in Hollandse Kust (west) MBES data is given in Figure 4.19, with a bathymetric section perpendicular to their direction, allowing to illustrate the morphology, height, and wavelength of sand waves in the AOI. Sand waves are also visible in Figure 4.18, perpendicular to the sand banks.

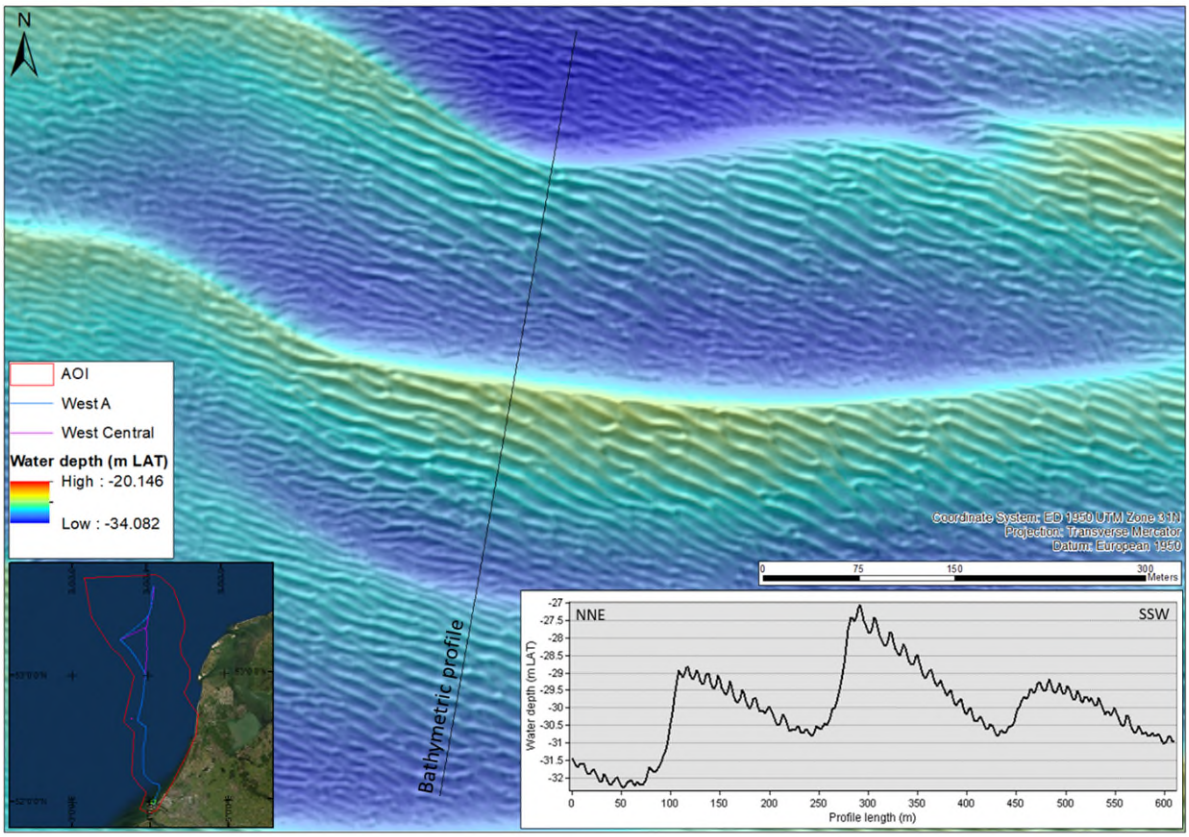


Figure 4.19: Example of sand waves with superimposed megaripples in the Hollandse Kust (west) WFZ as imaged on MBES bathymetry data. A bathymetric profile is given in a perpendicular direction to the sand waves.

Megaripples

High resolution bathymetry datasets for the wind farm sites located within the AOI allowed to capture the presence of megaripples. Megaripples are ubiquitous, superimposed on the stoss side of sand waves and are similarly orientated (Figure 4.19). They have wavelengths of approximately 4 m to 20 m, with heights between 0.1 m and 0.4 m.

An example of megaripples as imaged in Hollandse Kust (west) MBES data is given in Figure 4.19, with a bathymetric section perpendicular to their direction allowing to illustrate their morphology, height, and wavelength in the AOI.

Ripples

Ripples are the smallest bedforms, with dimensions in the order of centimetres. Because of their limited size, they cannot be observed in bathymetry data. They are superimposed on the megaripples and are similarly orientated. Because of their small size, ripples are not a concern for offshore pipeline design. They are, however, relevant for the seafloor roughness and sediment transport in the area (Deltares, 2020).

Troughs and Depressions

Troughs are linked to the presence of the sand banks in areas that are not affected by sand waves (deeper than 28 m bLAT). These troughs can be 4 m to 6 m deep and are elongated in a N–S direction (parallel to the sand banks). Where sand waves are present, these troughs were probably subsequently filled by sediments through the formation and evolution of the sand waves. Seafloor within the troughs appears to be smooth and regular on the EMODnet bathymetry. Troughs are only found in Zone 2 of the AOI as mapped in Figure 4.17.

Moreover, the northern depression (Zone 3) is characterised by a smooth seafloor and no bedform is imaged at the resolution of the EMODnet bathymetry. This is probably linked to the sudden increase of water depth (from 30 m bLAT to 42 m bLAT).

4.2.2.2 Landfall/Shore crossing Area

No bedforms were imaged at the EMODnet 2020 grid resolution of 100 m in the Landfall/Shore crossing Area. A site-specific MBES survey will provide a higher resolution, potentially imaging small-scale bedforms such as megaripples or ripples.

4.2.2.3 Offshore Distribution HUB Area

No bedforms were imaged at the EMODnet 2020 grid resolution of 100 m in the Offshore Distribution HUB Area. However, the Offshore Distribution HUB Area is located within an area containing sand banks (Zone 2), to the north of a trough (Figure 4.17). As the sand banks are the largest expected bedforms in the AOI (Table 4.4), it is likely that the Offshore Distribution HUB Area is too small to capture the typical sand bank morphology entirely. A site-specific MBES survey will provide a higher resolution, potentially imaging small-scale bedforms such as sand waves and/or megaripples.

4.2.3 Seafloor Sediments

4.2.3.1 AOI

An overview of the substrate type classification (Folk, 1954) is presented in Figure 4.20 (EMODnet). The seafloor sediments map is corroborated by information contained in the DINOloket (2021) database, which includes grab sample data, vibrocore data and sampling borehole data. In addition, seafloor sediments were mapped in high detail at the Hollandse Kust (noord), Hollandse kust (west) and Hollandse Kust (zuid) WFZs.

The following seafloor sediments are present in the AOI:

- Sandy GRAVEL
- (Slightly) gravelly SAND
- (Slightly) gravelly muddy SAND
- SAND
- Muddy SAND
- Sandy MUD

MUD is defined in the geological maps as the fraction composed of clay-sized to silt-sized sediments.

The AOI is covered by predominantly SAND with numerous patches of (slightly) gravelly SAND. North of the Offshore Distribution HUB Area, the seafloor comprises mainly muddy SAND with some patches of (slightly) gravelly muddy SAND and sandy MUD. This area with a higher MUD fraction coincides with the deeper low-energy marine environment as described in Section 4.2.2.1. Areas of (slightly) gravelly SAND correspond to areas where sand banks and sand waves are expected based on Figure 4.17 and Figure 4.20.

In terms of expected stratigraphy at the seafloor, three main Holocene units were mapped (Figure 4.21):

- Southern Bight Formation, deposited in a high-energy open-marine environment, mainly composed of SAND to (slightly) gravelly SAND, distributed in Zone 2 of the AOI;
- Urania Formation, deposited in a low-energy open-marine environment mainly composed of sandy MUD to muddy SAND, covering Zone 3 entirely;
- Naaldwijk Formation, deposited in a coastal to tidal-dominated environment and is mainly composed of (slightly) gravelly SAND, covering Zone 1 (not completely mapped).

Fugro recommends acquiring site-specific geotechnical data along the final pipeline layout prior to pipe installation in order to verify and refine the seafloor sediment types.

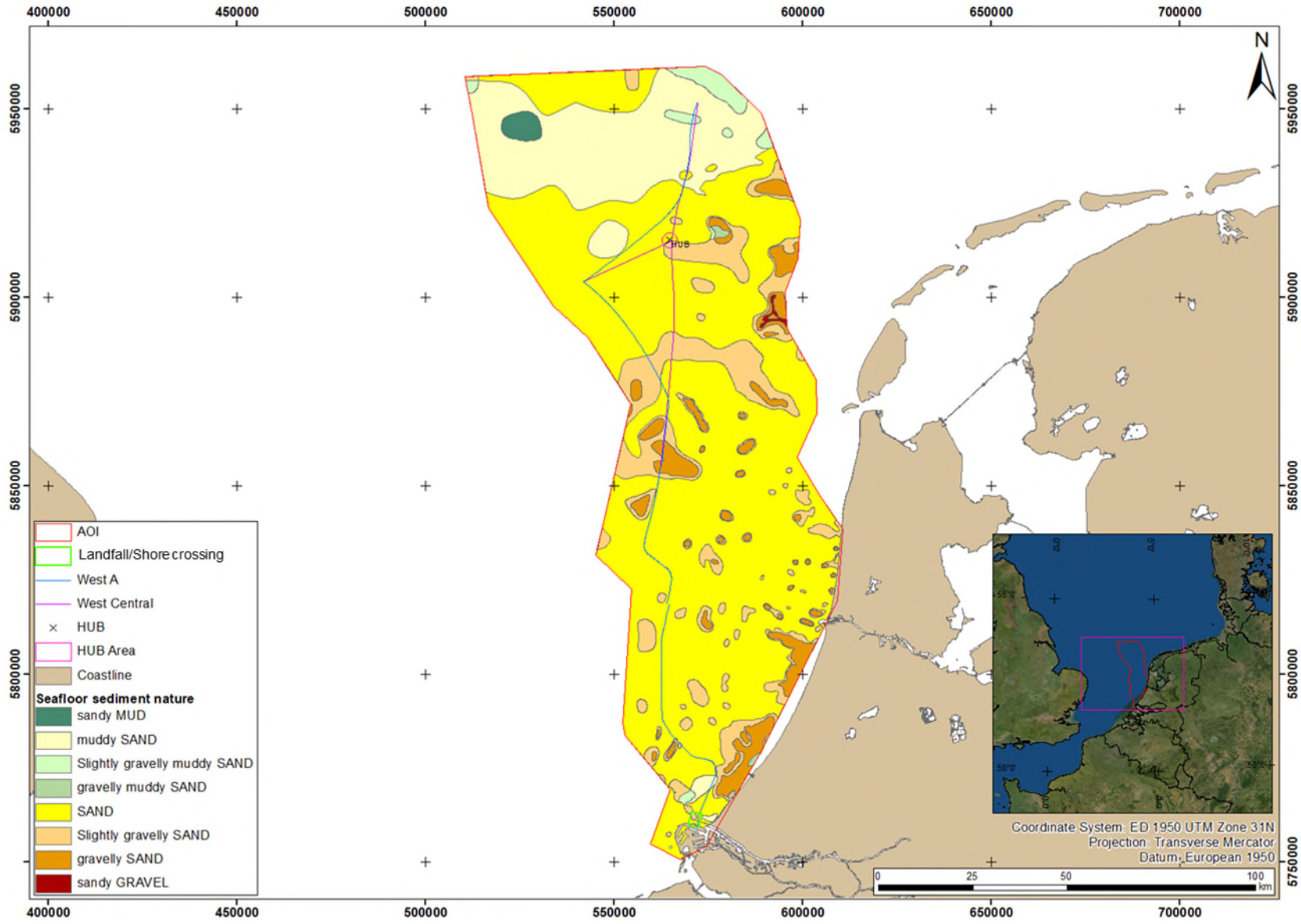


Figure 4.20: Surficial sediments across the AOI

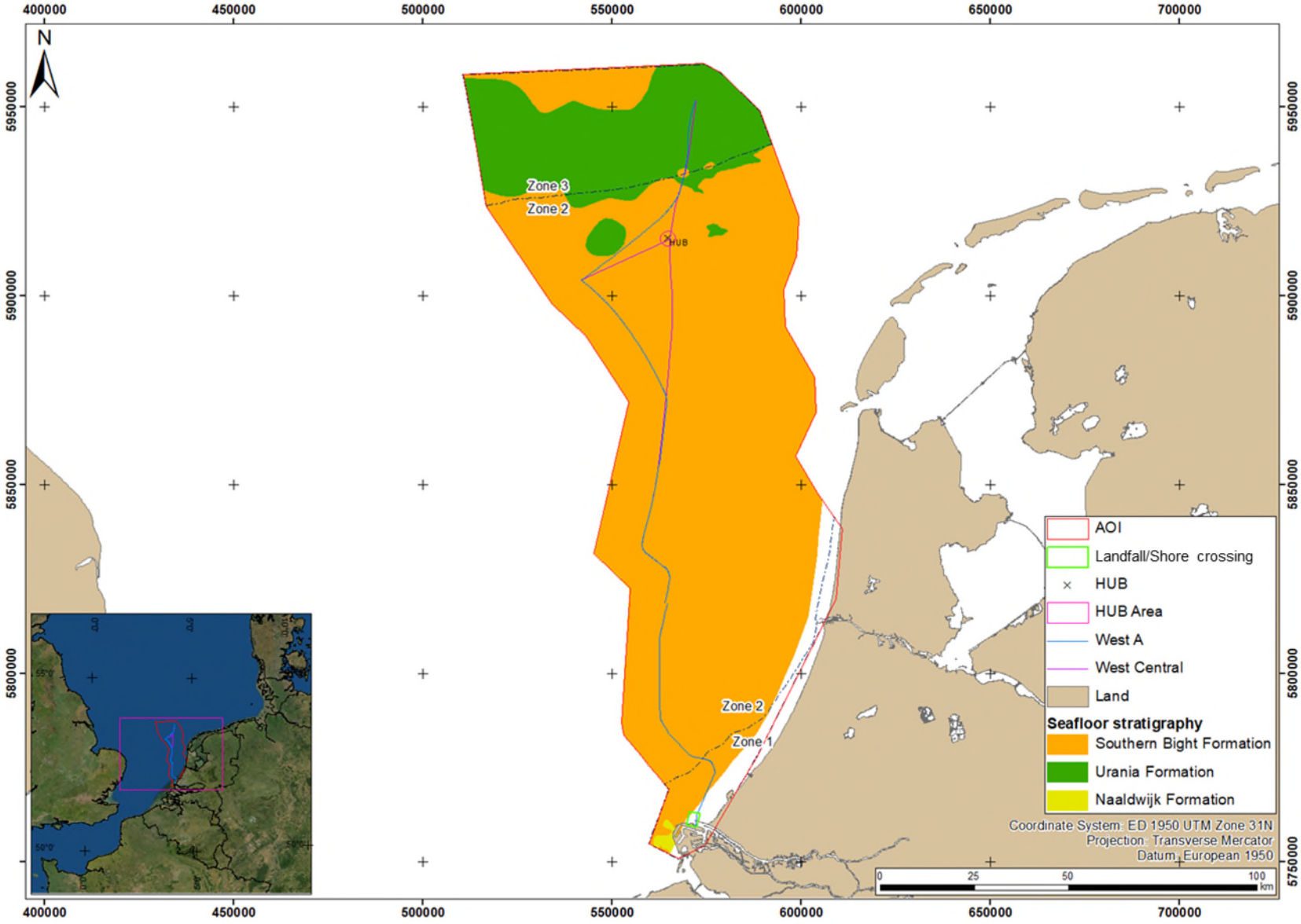


Figure 4.21: Surficial sediment stratigraphy across the AOI. Coverage is missing along the coastal area. In this area the Naaldwijk Formation is expected

4.2.3.2 Landfall/Shore Crossing Area

Two main seafloor sediment types are to be expected in the Landfall/Shore crossing Area (Figure 4.22):

- SAND;
- Slightly gravelly SAND, in the north-west corner.

Based on Fugro experience, clayey or silty SAND, locally slightly gravelly dominates at seafloor in areas outside the Maasmond Kanaal. In the Maasmond Kanaal very soft to soft CLAY dominates, with localised patches of clayey SAND.

Site-specific geotechnical surveys would allow to refine the sediment nature within the Landfall/Shore crossing Area.

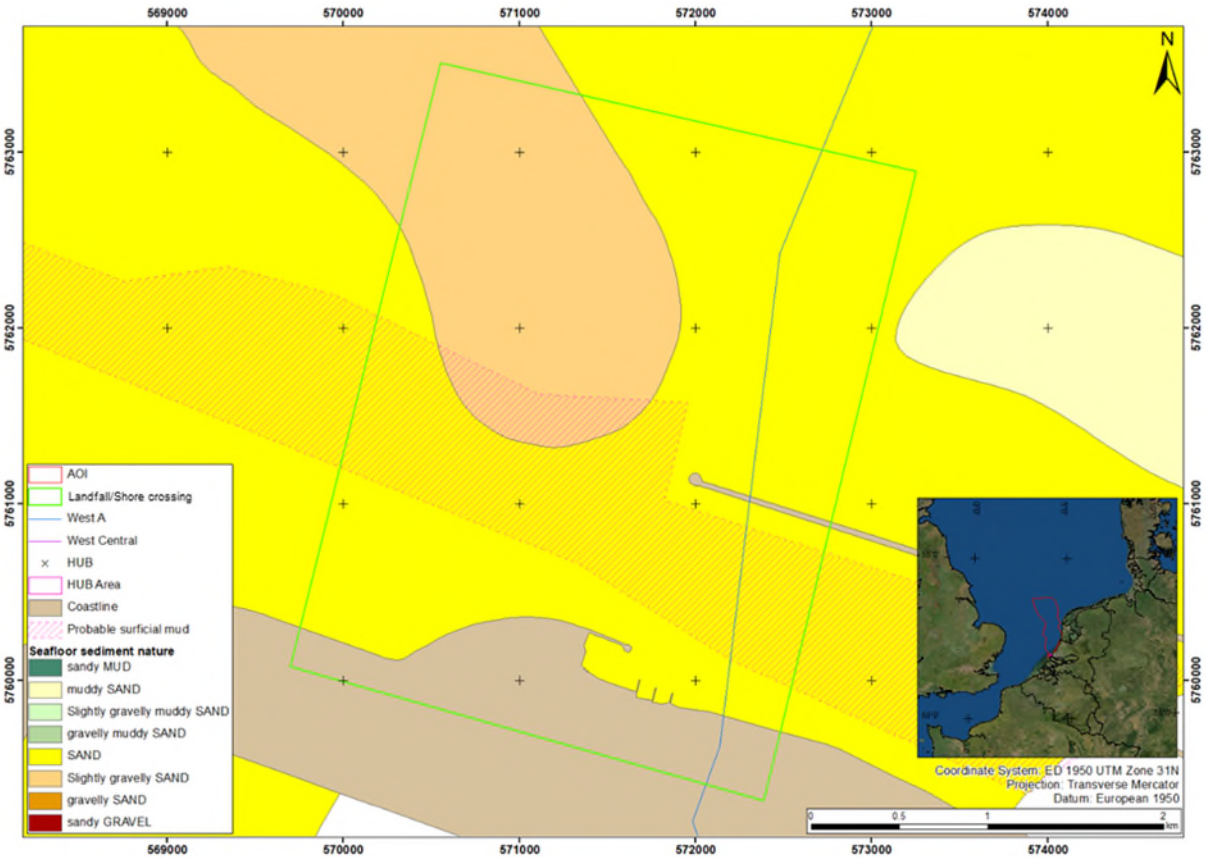


Figure 4.22: Surficial sediment nature across the Landfall/Shore crossing Area

4.2.3.3 Offshore Distribution HUB Area

The Offshore Distribution HUB Area comprises two main seafloor sediment types that are presented in Figure 4.23:

- SAND;
- Slightly gravelly SAND, in the south.

Site-specific geotechnical surveys would allow to refine the sediment nature within the Offshore Distribution HUB Area.

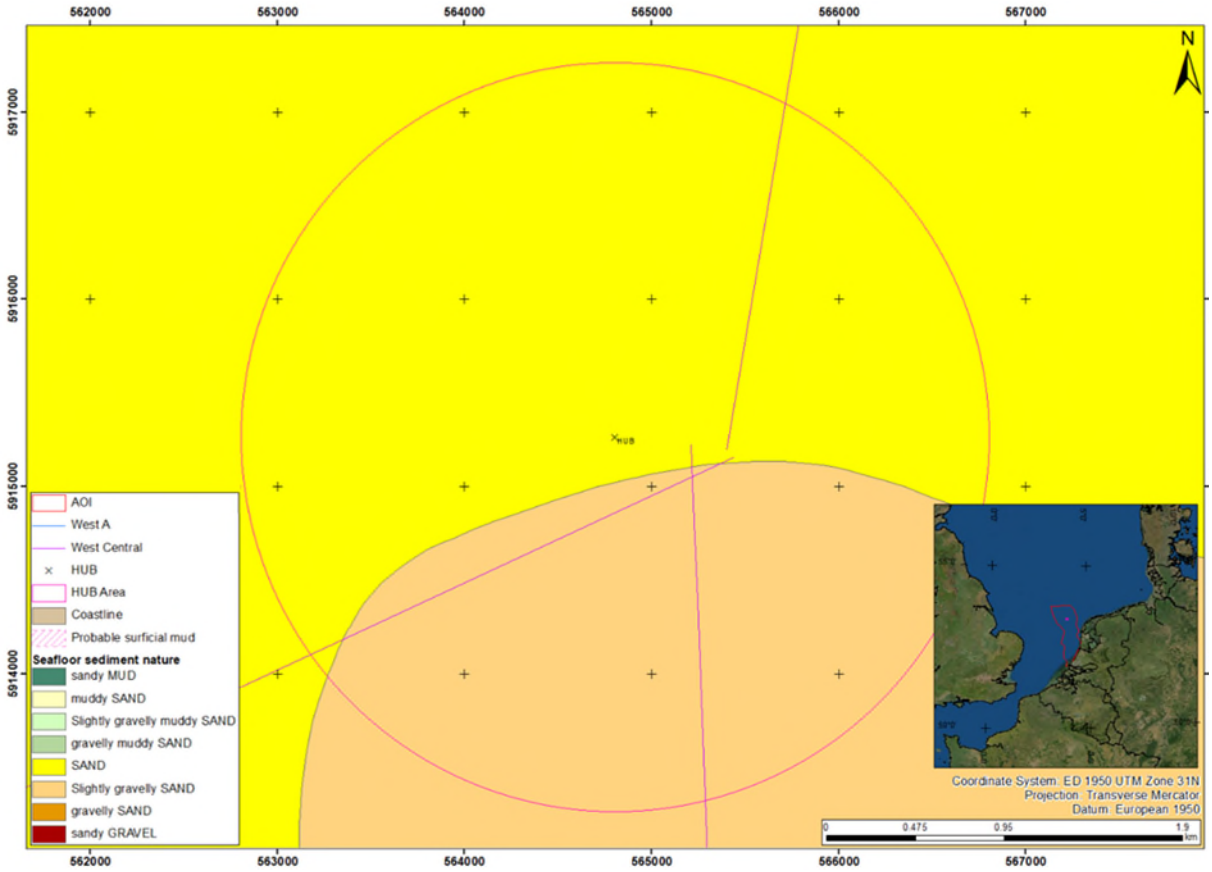


Figure 4.23: Surficial sediment nature across the Offshore Distribution HUB Area

4.2.4 Man-Made Seafloor Features

4.2.4.1 AOI

Man-made seafloor features were identified in the different bathymetric data. These features include:

- Unidentified seafloor obstructions (including probably several wrecks and wellheads);
- Pipelines;
- Dredged areas;
- Dumped material;
- Navigation channels.

These elements were mapped and are displayed in Figure 4.17. The man-made obstructions could only be mapped on the high-resolution MBES data. More details on the man-made obstructions are provided in the UXO and Archaeological DTS reports (Appendix C and Appendix B).

4.2.4.2 Landfall/Shore Crossing Area

The Maasmond Kanaal navigation channel and a dumping area were recognised within the Landfall/Shore crossing Area as mapped in Figure 4.24. In addition, ROCK dumps related to coastal defence structures are present on the shores of the Maasmond Kanaal as well as numerous seafloor scars related to dredging operations (Fugro database).

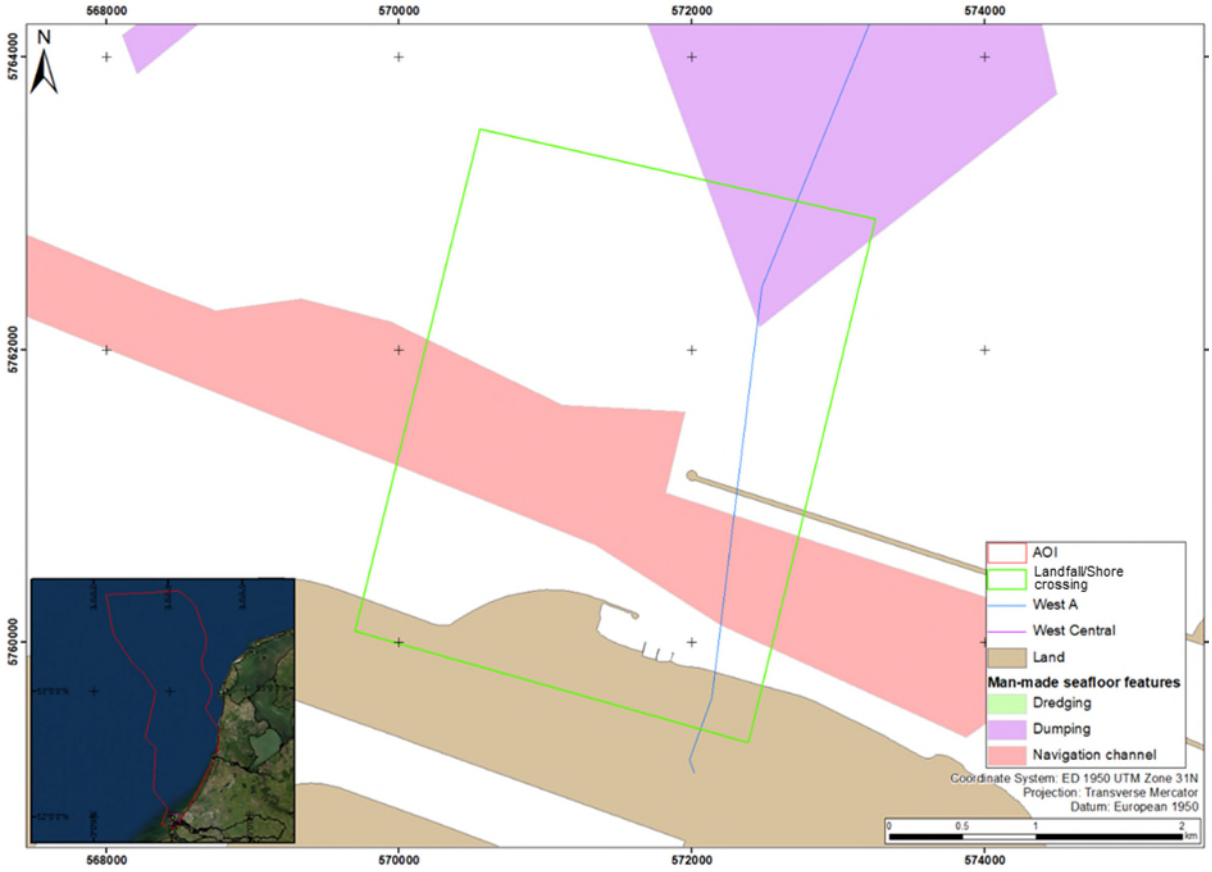


Figure 4.24: Surficial sediment nature across the Landfall/Shore crossing Area

4.2.4.3 Offshore Distribution HUB Area

No man-made seafloor features were recognised within the Offshore Distribution HUB Area.

4.3 Seafloor Mobility

The high availability of sand at seafloor facilitates the formation of dynamic bedforms (refer to Section 4.2.2 for description of bedforms), which are mobile in response to (tidal) currents.

Sand waves and sand banks have dimensions that are significant for pipeline foundation design, while megaripples and ripples are perceived as not having a significant impact. The sand banks are considered stationary over the lifetime of a pipeline, whereas the sand waves may migrate at a speed up to tens of metres per year (van Dijk & Kleinhans, 2005; Dorst et al., 2009; van Santen et al., 2011) and cause metres-scale vertical seafloor variations over the lifetime of a pipeline.

If sand waves are removed by dredging, they may regenerate within a period of years (Knaapen and Hulscher, 2002). This is illustrated in Figure 4.25, where sand waves appear to be building back within a former dredging area.

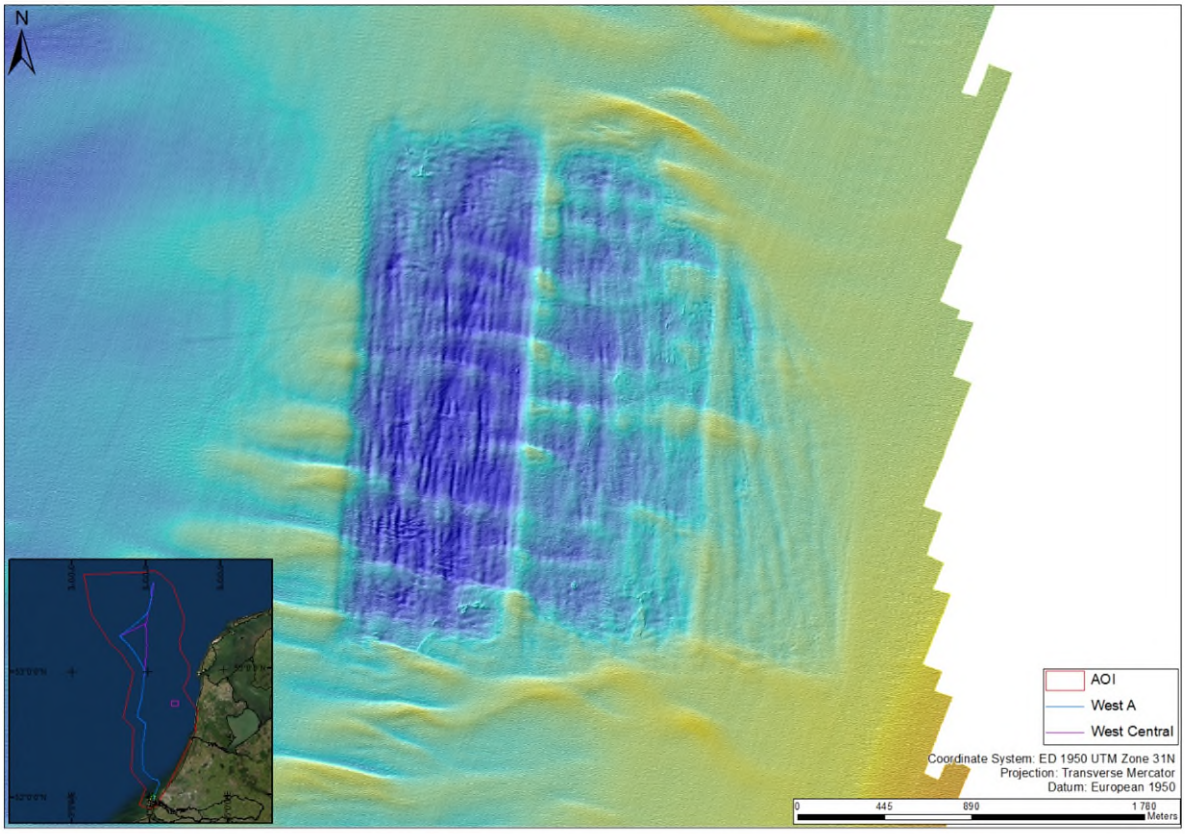


Figure 4.25: Former dredging area where sand waves are building back , as imaged in Hollandse Kust (noord) MBES bathymetry

Table 4.5 provides a summary of sand wave migration rates based on a selection of studies performed in the southern North Sea.

Table 4.5: Sand wave migration rates in the southern North Sea

Location	Average Migration Rate [m/year]	Source
Hollandse Kust (noord) WFZ	1.9 to 5.4	Deltares (2019)
Hollandse Kust (west) WFZ	1 to 3.9	Deltares (2020)
Hollandse Kust (zuid) WFZ	1 to 2.6	Deltares (2016)
Prinses Amalia OWF	4	Deltares (2017)
Luchterduinen OWF	2 to 3	Deltares (2017)
Texel	> 20	Van der Meulen et al. (2004)
Rotterdam Harbour	0	Van der Meulen et al. (2004)
Belgian Sector	1 to 4	Fugro database
UK Sector – east of Norfolk Banks	0 to 4	Fugro database

Typical sand wave migration rates in the southern North Sea are between 1 m/year to 10 m/year and in exceptional cases, as for example coastal zones, up to 20 m/year (Deltares, 2020). The sand wave morphology indicates that the dominant migration direction in the North Sea is to the north-north-east.

The migration rates of sand waves vary spatially and over time. In general sand waves in shallower water depths, e.g., on top of the sand banks migrate faster than in the deeper parts and locally migration speeds as high as 9.0 m/year are observed (Deltares, 2019).

The migration distance may increase in the event of storms or exceptional weather surge. Winter storm events can change the morphology of sand waves. For example, sediment can be transported from crest to trough, decreasing the height of bedforms. Additionally, megaripples and ripples may be smoothened. These small-scale bedforms will reappear once the rhythmic currents' regime is re-established (Deltares, 2016).

Van der Meulen et al. (2004) reported a migration rate of over 20 m/year near the island of Texel, with typical migration rates decreasing southwards to a stationary (0 m/year) field near the Rotterdam harbour. Migration rates in the Prinses Amalia offshore wind farm (OWF) and Luchterduinen OWF, located in the centre of the AOI, were assessed to be in the order of 4 m/year and 2 m to 3 m per year, respectively.

Fugro performed several seafloor mobility studies in the North Sea, which included comparison of MBES data between different years. For example, in the Belgian sector, MBES data acquired 3 years apart revealed sand wave migration rates in the order of 1 m to 4 m per year. In the UK sector, east of Norfolk Banks, the MBES data between consecutive years revealed sand waves migration rates from 0 m to 4 m per year.

4.4 Sub-seafloor Conditions

Section 3 provides background information on the regional geological setting. The following sections provide project-specific results on sub-seafloor conditions. The Stratigraphic

Nomenclature by TNO – the Geological Survey of the Netherlands is used and is available on the DINOloket website (TNO-GDN, 2022).

4.4.1 AOI

The expected geological formations that occur in the AOI and description of the lithologies associated with these formations are summarised in Table 4.6. Included are the expected thickness ranges and distribution of the formations across the AOI. The expected thickness values are based on Cameron et al. (1984; 1986), Laban et al. (1992), Laban (1995), Fugro (2019a, 2020) and DINOloket (2022). The distribution of the geological formations was compiled from maps by Cameron et al. (1984, 1986), Harrison et al. (1987), Balson et al. (1991), Laban (1995), NITG–TNO (2004b, 2004d) and Laban & van der Meer (2011), which are stored in the GIS database for easy access.

To illustrate the subsurface stratigraphy a schematic profile from northern part of the AOI is provided on Figure 4.27. Figure 4.26 shows a detailed interpreted seismic profile taken from the Hollandse Kust (west) WFZ (Fugro, 2020) situated in the central-west part of the AOI.

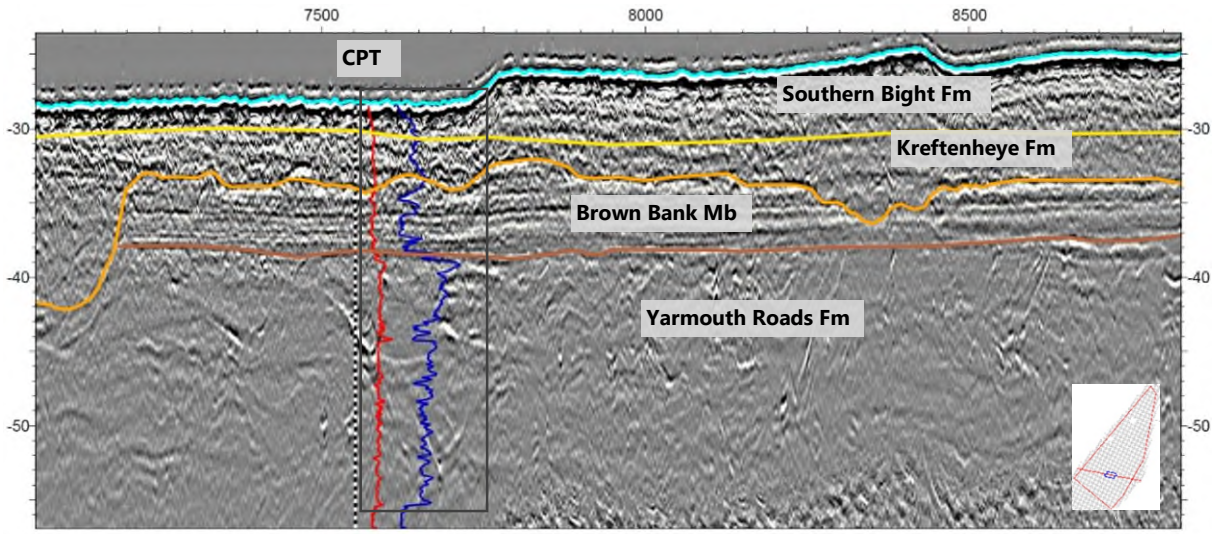


Figure 4.26: Example seismic reflection (2DUHR) cross section within the Hollandse Kust (west) WFZ (modified from Fugro, 2020). *Vertical scale is in metres reduced to LAT. The horizontal scale shows relative distance in metres along the seismic line. Width of the Cone Penetration Test (CPT) box shows cone resistance values (blue curve) within range of 0 to 60 MPa and sleeve friction values (red curve) from 0 to 1 MPa*

Maps showing distribution of the geological formations are provided in the following figures:

- Figure 4.21 shows the geological formations occurring at the seafloor;
- Figure 4.28 shows the thickness of the Holocene;
- Figure 4.29 shows distribution of the Late Pleistocene formations (directly below Holocene sediments);
- Figure 4.30 shows distribution of the Early to Middle Pleistocene formations, from the Drente Formation (Gieten Member) down to the Yarmouth Roads Formation;
- Figure 4.31 shows the distribution of the Early Pleistocene formations, comprising the Peelo Formation and the Yarmouth Roads Formation.

Note that the formations may have a larger extent than indicated on these figures (display effect—younger formation may partially cover the older formation). Refer to the GIS database for their full extents.

Table 4.6: Overview of the stratigraphy in the AOI specifying the geological units present

Age	Geological Formation / *Member**	Expected Thickness Range [m]	Soil Type†	Depositional Environment	Distribution and Comments
Holocene	Southern Bight	0 to 25	Very loose to very dense, fine to coarse SAND with shells and shell fragments, locally silty	High energy open marine	Present across the entire AOI, except the depression in the north and locally in the south The unit is thicker at the crests of the sand waves and thinner in the troughs between them. The maximum thickness is approximately 10 m. The extreme values are reached locally in the coastal area
Holocene	Urania	0 to 7	Very soft to soft (sandy) CLAY or very loose to medium dense (clayey) SAND	Low energy open marine	Present in the depression in the north
Early Holocene	Naaldwijk	0 to 15	Medium dense to very dense fine to medium (clayey) SAND and/or loose to medium dense (sandy) SILT or soft (low strength) CLAY, locally with beds of PEAT, locally thin beds of gravelly sand	Coastal to tidal	Present locally across the entire AOI, mostly as infill in shallow paleo-channels, which are highly variable in lateral and vertical extent. In general, the unit is more extensive and increase in thickness towards the coastline.
Weichselian	Boxtel (Twente)	0 to 5	Medium dense to very dense fine SAND, with minor intercalations of clay, silt, gravel and/or peat	Periglacial, aeolian	Patchy distribution across the AOI
Weichselian	Kreftenheye	0 to 25	Dense to very dense fine to medium SAND, with locally beds of gravelly sand, silty clay, clayey peat	Glaciofluvial to fluvial	Mainly present in the southern half of the AOI. Reaches maximum thickness in the southern part (Landfall/Shore crossing Area) and is absent in the northern part of the AOI
Late Eemian to Early Weichselian	Eem / *Brown Bank* (Brown Bank)	0 to 20	Firm to very stiff calcareous CLAY or SILT, with extremely closely to very closely spaced laminae to thick beds of sand	Brackish marine lagoonal to lacustrine	Present in the north-western part of the AOI. The unit reaches largest thickness (>10 m) very locally, where it forms infill of channelling features
Eemian	Eem	0 to 15	Medium dense to very dense fine SAND with shells and shell fragments; locally clay and silt beds	Shallow to open marine, locally glaciofluvial	Present in the most of the AOI, can be locally absent. Absent in the southernmost part of the AOI
Saalian	Drente / *Gieten* (Borkum Riff)[2)]	0 to 5	Very stiff to hard silty sandy gravelly CLAY (glacial TILL)	Glacial	Locally present only in the north-eastern part of the AOI
Saalian	Drente / *Uitdam* (Cleaver Bank)[2)]	0 to 25	Stiff to hard CLAY, locally with silt, sand, and gravel beds	Periglacial, glaciolacustrine	Mainly confined to Saalian tunnel valleys in the northern half of the AOI. The unit thickness is typically <10 m, larger thickness observed only very locally
Saalian	Drachten (Tea Kettle Hole)	0 to 10	Medium dense to dense, fine to medium SAND, with locally laminae of silt or/and clay	Periglacial, glaciofluvial, aeolian	Present locally in the northern half of the AOI
Holsteinian	Egmond Ground	0 to 40	Medium dense to very dense fine SAND with shells and shell fragments, with thin clay and silt interbeds	Open marine	Present across the northern half of the AOI
Elsterian	Peelo (Swarte Bank)	0 to > 100	Interbedded medium dense to very dense (silty) SAND and very stiff to hard (sandy) CLAY	Glacial, glaciofluvial (infill of valleys) to glaciolacustrine	Present across northern half of AOI, thickness significantly increases in (deep) tunnel valleys
Early to Middle Pleistocene	Yarmouth Roads	0 to > 100	Interbedded medium dense to very dense, slightly silty to very silty, fine to medium SAND, and stiff to very stiff CLAY or SILT with laminae of sand; locally laminae to thin beds of PEAT	Fluvio-deltaic to marine	Present across the AOI, except in the most south-eastern part
Early Pleistocene	Winterton Shoal / IJmuiden Ground	0 to > 100	Interbedded medium dense to very dense, silty, fine to medium SAND, with laminae to thick beds of (organic) clay and stiff to hard CLAY or SILT with laminae of sand; locally laminae of PEAT	Fluvio-deltaic to marine	Present in the south-eastern part of the AOI (Landfall/Shore crossing Area)

Notes:

Information is presented for depth range of interest (to 100 m BSF)

'Greater than' sign ('>') indicates minimum observed thickness

* = BGS naming convention between brackets

† = May contain boulders

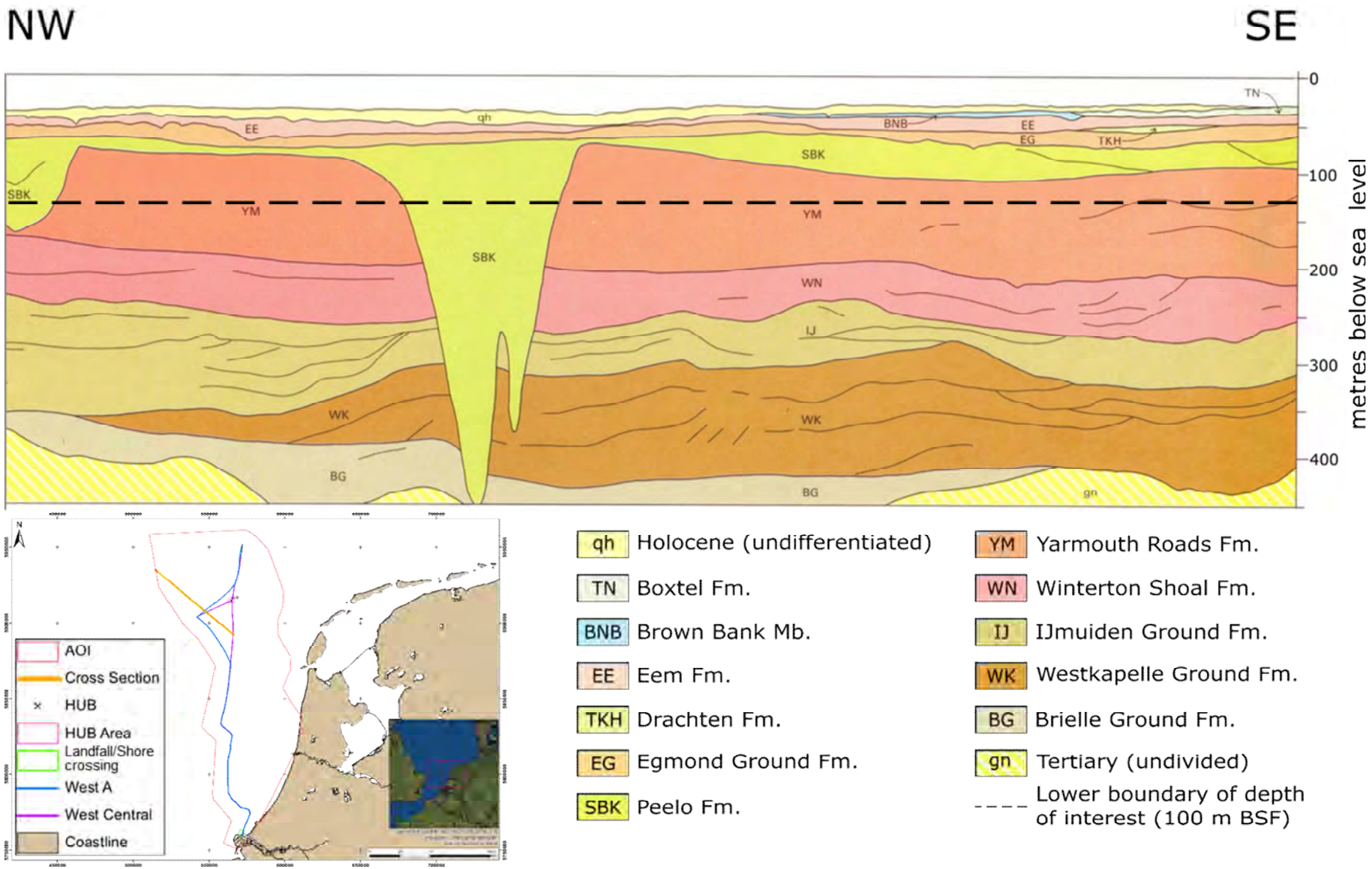


Figure 4.27: Schematic profile (with 50x vertical exaggeration) of the north-west part of the AOI. See the inset in the bottom left-hand corner for the location of the cross section (in orange). Modified after Cameron et al. (1986)

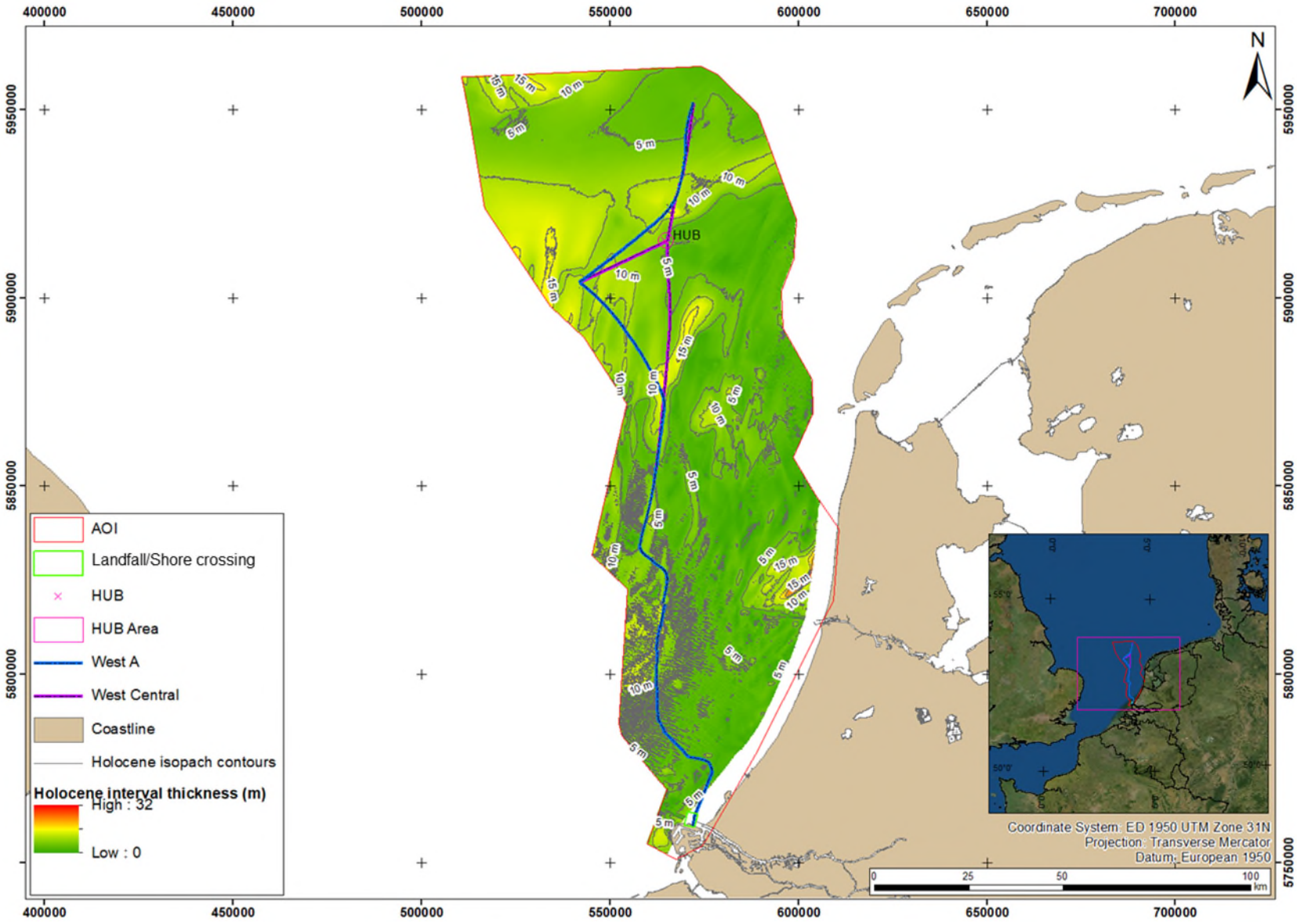


Figure 4.28: Expected thickness of the Holocene in the AOI

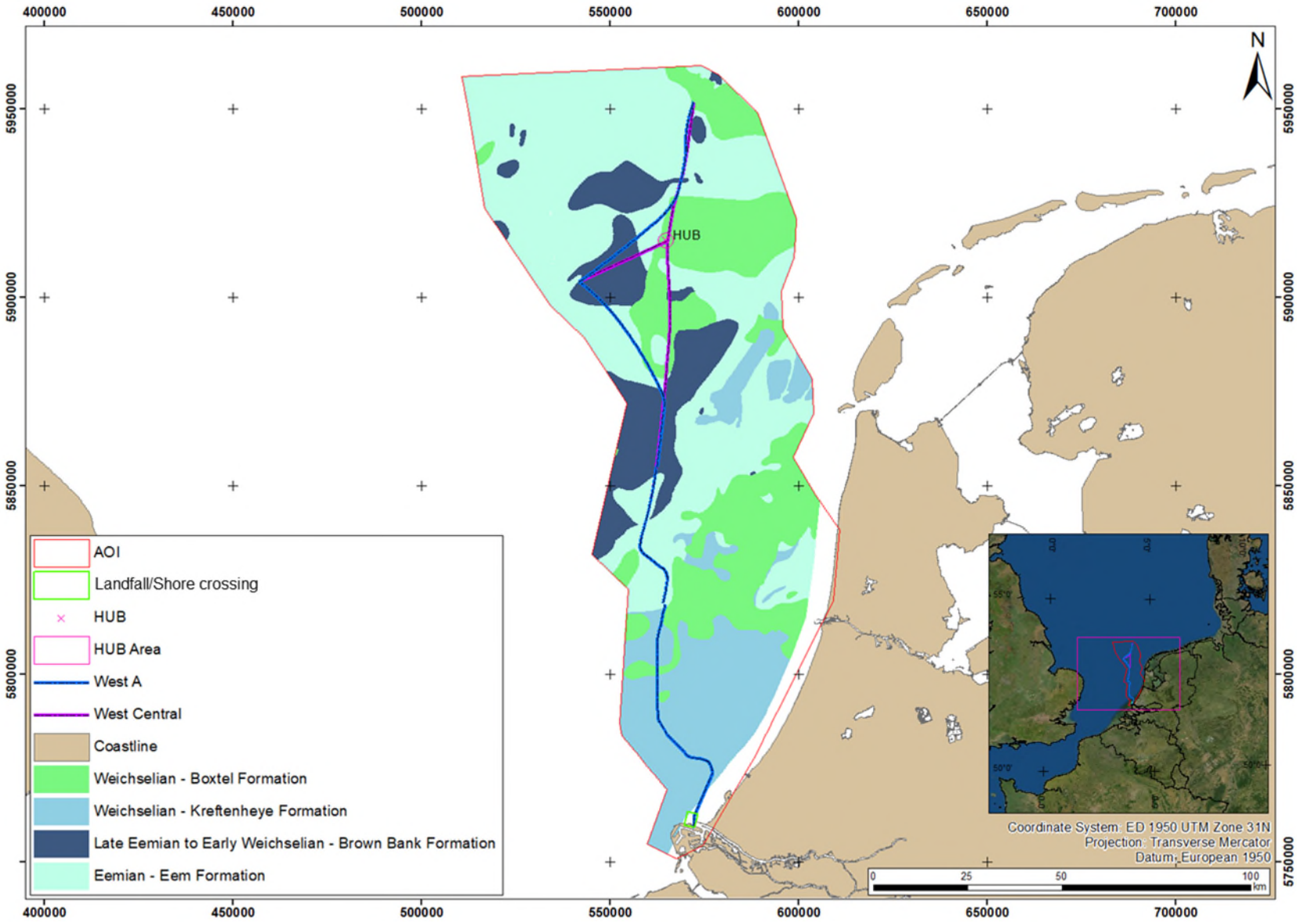


Figure 4.29: Distribution of the Late Pleistocene formations and members

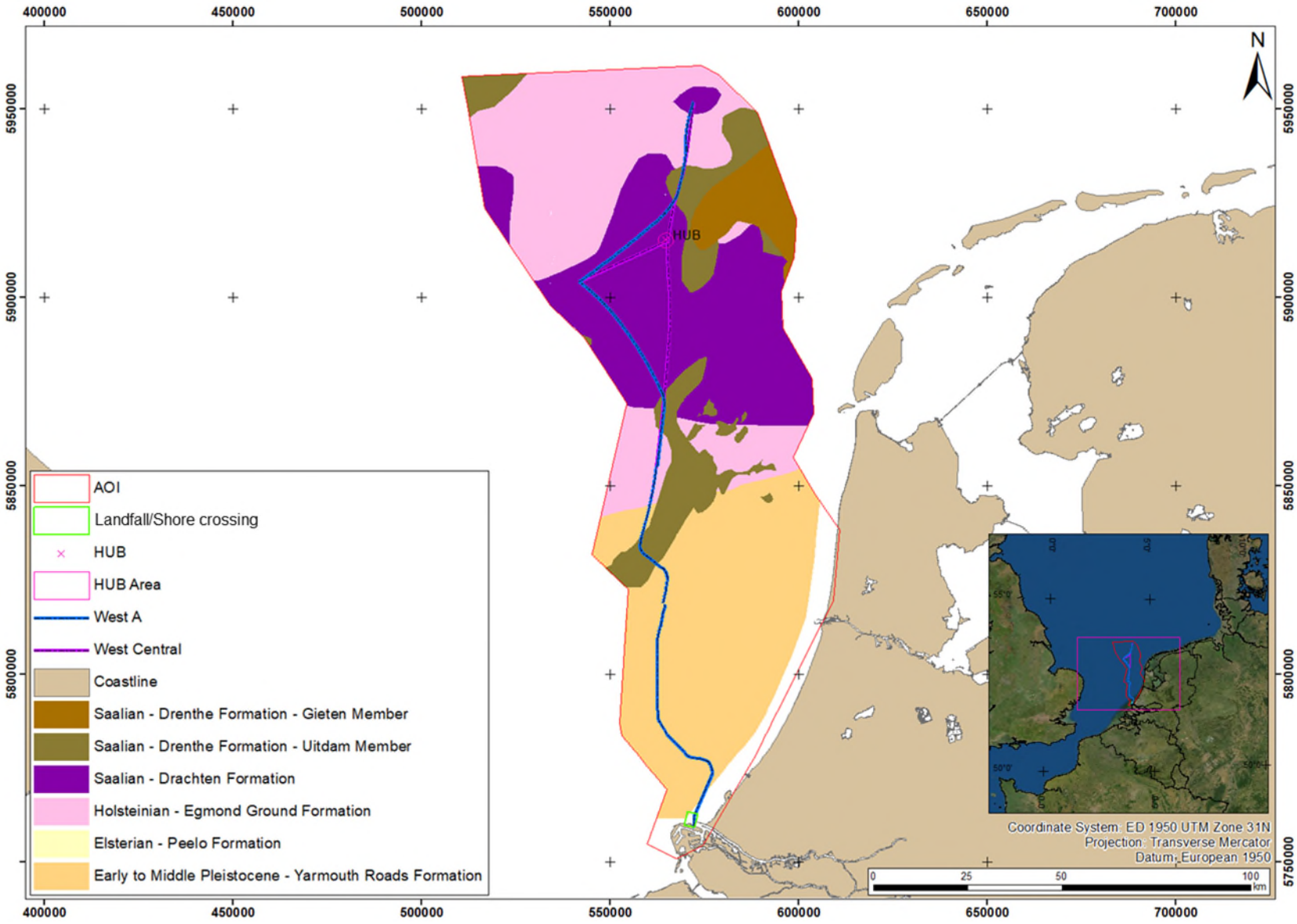


Figure 4.30: Distribution of the Early to Middle Pleistocene formations and members

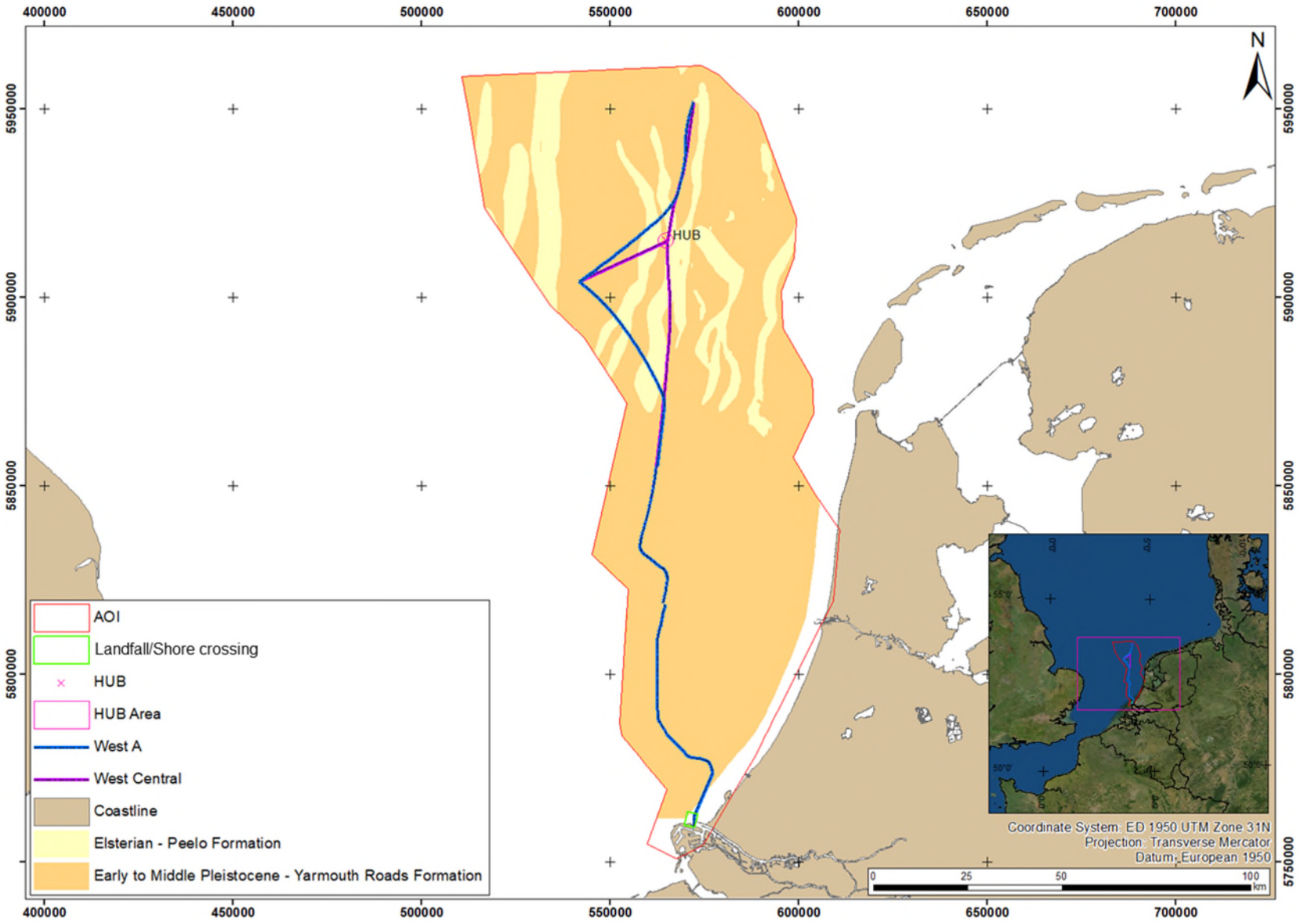


Figure 4.31: Distribution of the Early Pleistocene formations

4.4.2 Landfall/Shore Crossing Area

The expected stratigraphy and lithologies in the Landfall/Shore crossing Area, based on the information from DINOloket is presented in Figure 4.32.

There are three main units/geological formations to be expected, from top: Naaldwijk, Kreftenheye and Early Pleistocene formations, which comprise the Winterton Shoal and/or IJmuiden Ground Formations. The Naaldwijk Formation is internally very variable with dominant clay and locally some inclusions of peat. Kreftenhaye Formation is dominated by SAND and the Early Pleistocene deposits by SAND mixed with CLAY.

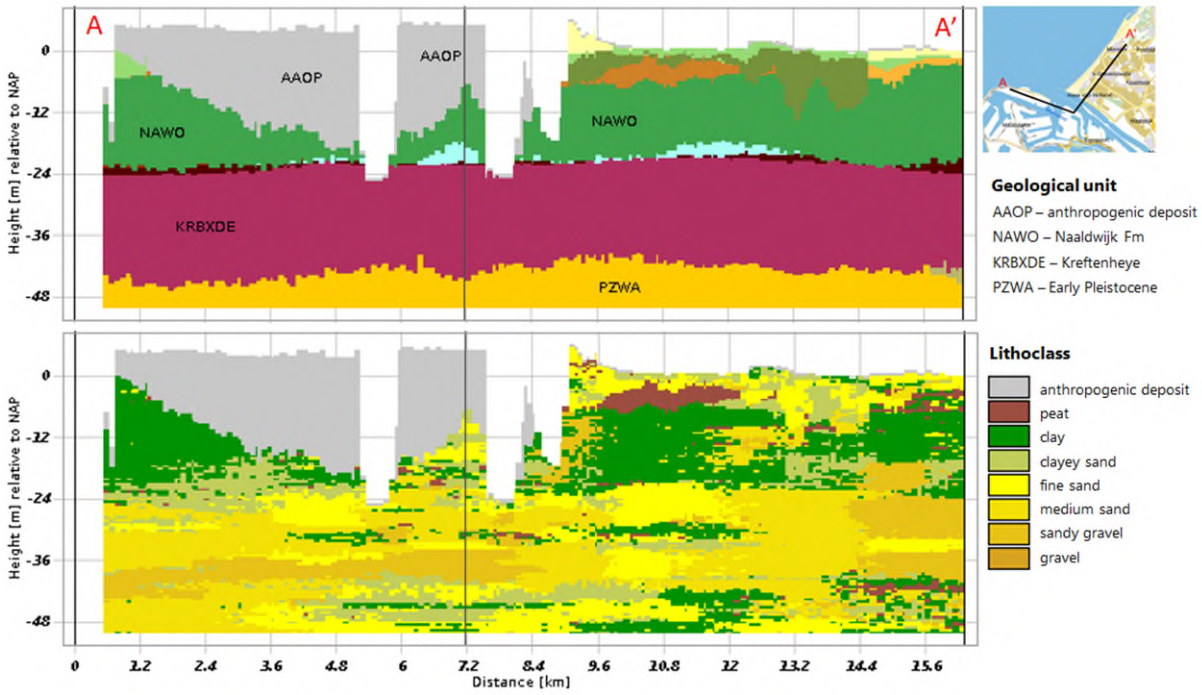


Figure 4.32: Synthetic ground models showing geological units (top image) and most probable lithologies (bottom image) in the vicinity of the Landfall/Shore crossing Area (source: DINOloket)

Table 4.7 presents the expected stratigraphy and spatial soil variability at the Landfall/Shore crossing Area. The information presented is based on (1) three geotechnical boreholes with penetration depth from approximately 17 m to 35 m BSF (Fugro, 2019c); (2) numerous geotechnical sampling and CPT testing locations from Fugro database, with various penetration depths from a few metres to approximately 40 m BSF. The geotechnical borehole data are within the boundaries of the Landfall/Shore crossing Area, located mainly in the western part.

Particularly, the presented depth and thickness values for the identified stratigraphic units/geological formations, as well as the spatial soil variability are based on previous geotechnical and geophysical investigation data performed by Fugro in the area. Figure 4.33 presents a schematic cross section along the first 3 km of the proposed pipeline route based on the interpretation of these data.

Table 4.7: Expected stratigraphy for the Landfall/Shore crossing Area

Geological Formation	Depositional Environment	Expected Thickness [m]	Soil Type	Distribution and Spatial Variability*
Disturbed Soil (DS)	Recent accumulation	0 to 5	Very soft to soft CLAY, locally sandy, locally gravelly	Present in the Maasmond Kanaal
Southern Bight	Marine	0 to 1	Very loose to dense, medium SAND with frequent shells and shell fragments	Locally present as a thin cover or in form of possible localised small-scale bedforms; can be present especially in the northern part of the area
Naaldwijk	Coastal, tidal channel and tidal flat	0 to 13	Medium dense to very dense, fine and medium SAND and soft to firm (sandy) CLAY, locally PEAT interlayers	Present across the entire area. Locally this unit might be removed due to dredging activities (i.e., in the Maasmond Kanaal) The unit is characterised by very high spatial soil variability. The unit locally forms infill of paleo-channels, where it reaches maximum thickness. More extensive paleo-channels are expected in the northern part of the area (Figure 4.34)
Kreftenheye	Fluvial	10 to 25	Very dense fine to medium SAND, locally slightly gravelly to gravelly, locally with traces to few gravels; locally with laminae to thin beds of clay	Present across the entire area. Relatively homogenous unit, with minor localised laminae to thin beds of clay
IJmuiden Ground/ Winterton Shoal	Deltaic to fluvial	> 20	Medium dense to very dense (slightly) silty SAND, locally beds of laminated CLAY, locally with thin to thick beds of very stiff to hard CLAY	The entire area; high variability in relative density of sand or an alternation of sand and clay; beds of laminated sandy clay can be (locally) present

Notes:
Information is presented for depth range of interest (to 40 m BSF)
'Greater than' sign ('>') indicates minimum observed thickness
* = refer to Figure 4.33 for schematic cross section

Comments are as follows:

- The base of the Maasmond Kanaal has been dredged up to 10 m depth. As a result, the upper strata (i.e., the Naaldwijk Formation) were likely removed or reduced to thickness of occasionally less than 1 m.
- In the Maasmond Kanaal the top comprises very soft to soft clay or medium dense (clayey or silty) sand laminated with clay. This top relatively weak layer can be a recent deposit in the channel and/or partly a remnant or of the Naaldwijk Formation. Thickness of this layer is on average between 1 m and 3 m, but locally can be up to 6 m.

- Peat/organic clay layers (laminae to thin beds) can be present locally within the Naaldwijk Formation outside of the Maasmond Kanaal, and within the top layer in the Maasmond Kanaal. On seismic reflection data, localised areas of acoustic blanking were observed in and outside of the Maasmond Kanaal, which can be related to the peat and/or possible accumulations of gas as a result of decomposition of the organic material.
- Localised gravel beds may be present in the subsurface. A thick bed of very sandy gravel was encountered at a depth of approximately 5 m BSF at a single location south of the Maasmond Kanaal.
- Rock dumps made of gravel, cobbles and boulders (as part of the flood-defence structure) are present in the coastal zones. Side scan sonar (SSS) data indicated that submerged rock dump extent from several metres to tens of metres from the shoreline. No information on the thickness of this layer is available. In boreholes located onshore 2 m to 6 m-thick layers of gravel/cobbles were encountered.
- Seafloor depressions associated with objects interpreted as possible boulders were observed sporadically on the MBES data in the Landfall/Shore crossing Area. Boulders were not encountered or reported in the subsurface, based on the available information.

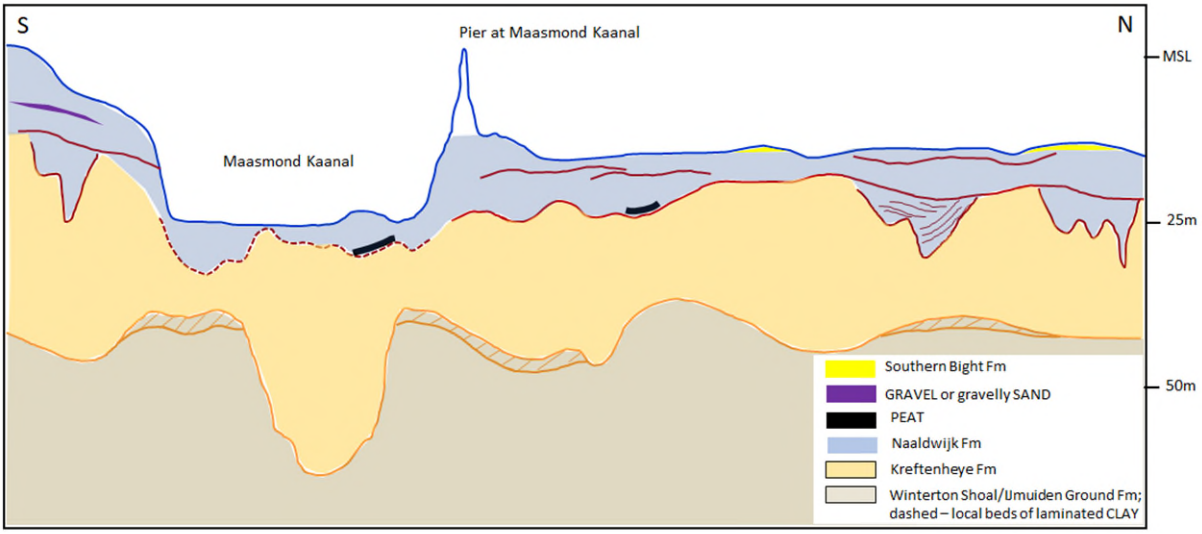


Figure 4.33: Schematic simplified cross section across the Maasmond Kanaal (based on geotechnical Fugro experience). Refer to Table 4.7 for detailed description of the units/geological formations

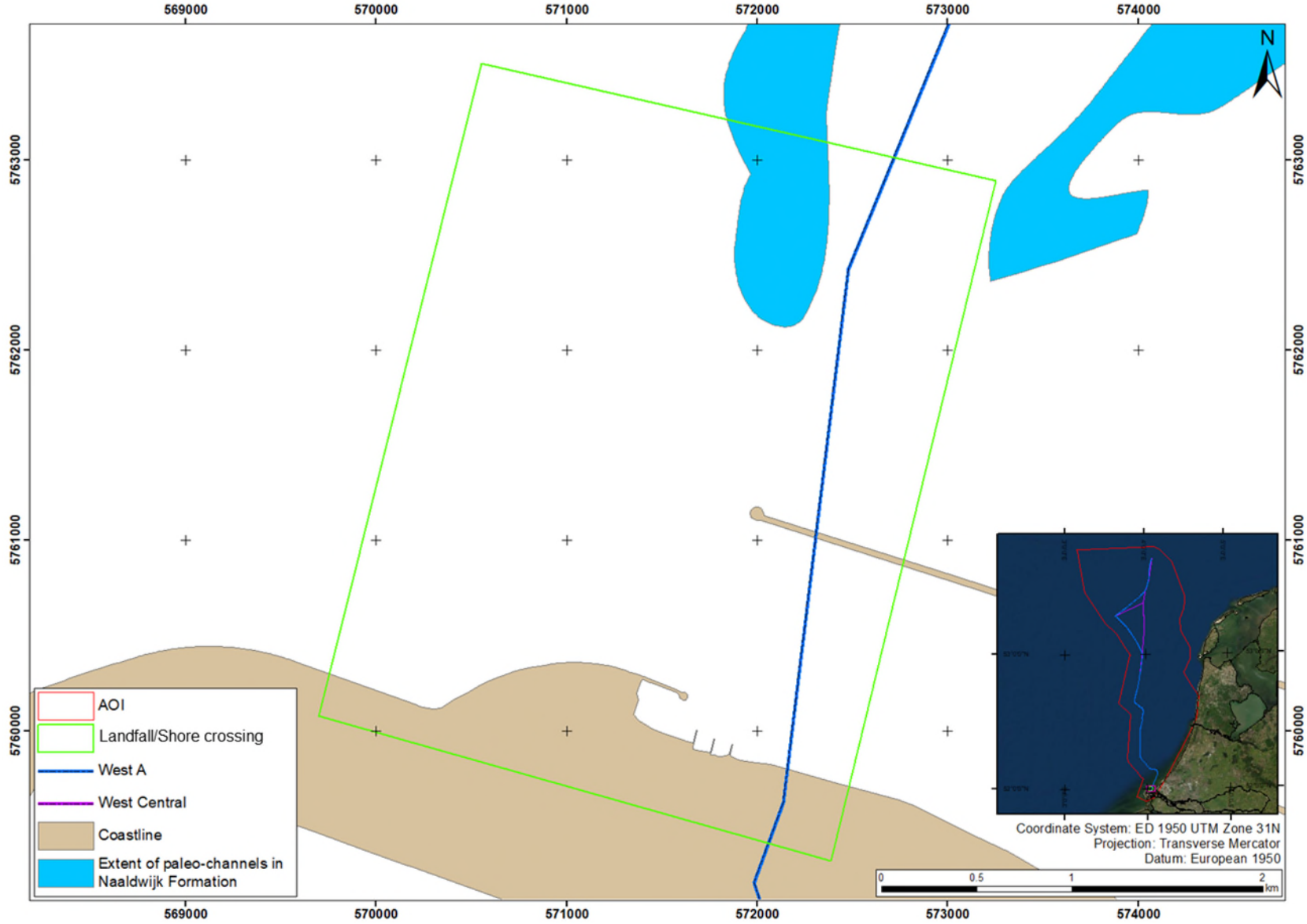


Figure 4.34: Distribution of the early Holocene (Naaldwijk Formation) paleo-channels in the Landfall/Shore crossing Area

4.4.3 Offshore Distribution HUB Area

Table 4.8 presents the general stratigraphy and spatial soil variability at the Offshore Distribution HUB Area. The information presented is based on geological maps and three geotechnical boreholes located approximately 3 km from the Offshore Distribution HUB Area boundary (Fugro confidential experience). No borehole information is available within the Offshore Distribution HUB Area.

Table 4.8: Expected stratigraphy for the Offshore Distribution HUB Area

Geological Formation / *Member*	Depositional Environment	Expected Thickness [m]	Soil Type	Distribution and Spatial Variability
Southern Bight	Marine	2 to 10	Very loose to very dense SAND with shells and shell fragments, locally silty	Present across the entire area
Naaldwijk	Coastal to tidal	0 to 5	Highly variable; generally soft CLAY, with silt, sand and peat beds	May be present (locally)
Boxtel	Periglacial, aeolian	0 to 5	Medium dense to very dense fine SAND	May be present (locally)
Eem / *Brown Bank*	Brackish marine lagoonal to lacustrine	0 to 10	Firm to very stiff calcareous CLAY or SILT, with extremely closely to very closely spaced laminae to thick beds of sand	May be present (locally)
Eem	Marine	5 to 15	Medium dense to very dense SAND with shells and shell fragments, locally silty and with peat beds	Expected to be present
Drente / *Uitdam*	Periglacial, glaciolacustrine	0 to 5	Stiff to hard CLAY, locally with silt, sand, and gravel beds	May be present (locally)
Drachten	Periglacial, aeolian	0 to 5	Medium dense to dense, fine to medium silty SAND	Expected to be present
Egmond Ground	Marine	10 to 40	Medium dense to very dense SAND with shells and shell fragments and beds of clay and silt	Expected to be present
Peelo	Glacial, glaciofluvial to glaciolacustrine	> 20	Interbedded medium dense to very dense SAND and very stiff to hard sandy CLAY	Expected to be present, although thickness may vary within the area
Yarmouth Roads	Fluvio-deltaic to marine	> 40	Dense to very dense SAND with shells and shell fragments, locally slightly silty	Expected to be present, although thickness may vary within the area

Notes:
Information is presented for depth range of interest (to 100 m BSF)
'Greater than' sign ('>') indicates minimum observed thickness

Comments are as follows:

- Based on the available geological maps, the Naaldwijk Formation and the Brown Bank Member may be (partly) present in the Offshore Distribution HUB Area. Based on

information from the nearby boreholes it is not possible to distinguish between these formations and member. However, CLAY with a thickness of 0.5 m to 5 m between the Southern Bight Formation and the Eem Formation was observed. Therefore, either Naaldwijk or Brown Bank is expected to be (locally) present.

- Beds of PEAT may be present locally and belong to either the Naaldwijk, or the Brown Bank Member.
- Stratigraphy descriptions for the nearby geotechnical boreholes incorporated the Drachten Formation and Uitdam Member into the Eem Formation and/or Egmond Ground Formation. Therefore, it is not possible to confirm the presence of these strata. The geological maps suggest that the Drachten Formation should be present, while the Uitdam Member might be (locally) present. The expected thickness of each of these formations is up to 5 m.
- The thickness of the Peelo Formation as observed in the nearby boreholes is approximately 22 m and 29 m. Regional geophysical and geotechnical information suggests that the formation is present throughout the area (Figure 4.27; Cameron et al., 1986; Laban, 1995).
- The base of the Yarmouth Roads Formation was not encountered in the nearby geotechnical boreholes. However, regional geophysical and geotechnical information suggests the formation is present throughout the wider area and has a thickness of at least 40 m (Figure 4.27; Cameron et al., 1986; Laban, 1995).

4.5 Ground Models

One ground model per study area is presented in this report, allowing to capture site-specific details and the different depth of interest for each site.

4.5.1 AOI

4.5.1.1 Predicted Soil Units and Geotechnical Parameters

To predict soil units across the AOI, the seafloor and sub-seafloor features identified in the available geological, geophysical and geotechnical data and literature were reviewed and summarised (Sections 4.2 and 4.4). Predicting soil units enables soil profiles and associated soil province map(s) to be generated.

Soil units were defined by grouping together stratigraphic formations expected to have similar lithologies (e.g., principal soil type). A geotechnical description is given allowing to encompass the possible variability and change in lithology within each of the soil units.

Eight soil units were predicted to be present across the AOI and within the depth of interest. Table 4.9 presents the predicted soil units and the associated preliminary geotechnical parameters defined for each unit.

The geotechnical description of soil units, detailed below, are applicable for the complete AOI as well as on the specific Landfall/Shore crossing and Offshore Distribution HUB Areas:

- Soil unit i, comprising the Holocene surficial sediments:
  - ia: sandy very soft MUD to muddy loose SAND;
  - ib: very loose to very dense SAND;
  - ic: slightly gravelly loose SAND to sandy GRAVEL;
- Soil unit ii, comprising tidal and coastal deposits of Early Holocene: interbedded very thin to thick beds of CLAY and SAND;
- Soil unit iii, grouping the Pleistocene formations dominated by SAND: SAND, locally (slightly) silty, with locally (and minor) beds of CLAY, SILT, GRAVEL and PEAT;
- Soil unit iv, grouping the Pleistocene formations dominated by CLAY, subdivided based on age (strength):
  - iva: overconsolidated (firm to stiff) CLAY with SAND laminae/thin beds;
  - ivb: overconsolidated (stiff to hard) CLAY, with beds of SILT to SAND;
- Soil unit v, corresponding to glacial TILL: very stiff to hard silty sandy gravelly CLAY.

Geotechnical parameters are derived from Fugro experience comprising numerous geotechnical sampling and CPT boreholes across the AOI. Thicknesses given are based on the same experience as well as on geological maps used in this report. The AOI being very large, the geotechnical parameters values cannot be detailed precisely, and ranges given in Table 4.9 allow to encompass potential range of values across the AOI.

Fugro recommends geotechnical sample data and CPTs along the final pipeline route to refine parameter ranges, and precise the expected thicknesses of the different units along the pipeline route. It is also recommended that the siting of the sampling and CPT locations is performed once geophysical data has been acquired to ensure areas of variability are sufficiently characterised and consistent areas only collect the required information. Based on these future geophysical and geotechnical surveys, the soil units may be discriminated further along the pipeline route.

Table 4.9: Predicted preliminary geotechnical parameters for the AOI

Stratigraphic Unit (Geological Formation)	Soil Unit	Description	Soil Type	Thickness [m]	γ′ [kN/m³]	D_r [%]	s_u [kPa]	S_t [-]	Φ′ [°]	q_c [MPa]
Surficial Sediments (Southern Bight and Urania)	**ia**	sandy very soft MUD to muddy loose SAND	CLAY	0 to 5	18 to 19	N/A	5 to 50	-	N/A	<2
	ib	very loose to very dense SAND	SAND	0 to 10	18 to 19.5	<35 to >100		N/A	25 to 45	2 to 20
	ic	slightly gravelly loose SAND to sandy GRAVEL	SAND	0 to 5	19 to 20	<35		N/A	25 to 30	4 to 20
Naaldwijk	**ii**	interbedded very thin to thick beds of CLAY and SAND	CLAY	0 to 15	18 to 19.5	N/A	20 to 100	1 to 3	N/A	1 to 3
			SAND			25 to 85		N/A	25 to 35	2 to 10
Boxtel (Twente) Kreftenheye, Eem Drachten (Tea Kettle Hole) Egmond Ground Yarmouth Roads	**iii**	SAND, locally slightly silty, with locally beds of CLAY, SILT, GRAVEL and PEAT	CLAY	0 to >20	18.5 to 20.5	N/A	100 to 200	~1 to 3	N/A	2 to 4
			SAND			65 to >100		N/A	30 to 45	15 to 90
Brown Bank	**iva**	overconsolidated firm to stiff CLAY with SAND laminae/thin beds	CLAY	0 to 10	18.5 to 19.5	N/A	50 to 200	1 to 3	N/A	1 to 4
			SAND			25 to 75		N/A	30 to 40	2 to 10
Drenthe (Cleaver Bank) Peelo (Swarte Bank)	**ivb**	overconsolidated stiff to hard CLAY, with beds of SILT to SAND	CLAY	0 to >20	19.5 to 21	N/A	200 to 400	~1 to 2	N/A	4 to 8
			SAND			65 to >100		N/A	35 to 45	15 to 90
Drenthe (Borkum Riff)	**v**	sandy, gravelly CLAY (glacial TILL)	CLAY	0 to 5	20 to 22	N/A	200 to 600	~1 to 2	N/A	4 to 12

Notes:
N/A = not applicable
- = no information available
γ′ = total unit weight
s_u = undrained shear strength
S_t = sensitivity
Dr = relative density
Φ′ = drained peak effective friction angle
q_c = CPT cone resistance

4.5.1.2 Geotechnical Profiles

Nine soil profiles were generated for the AOI based on available data. These soil profiles describe the possible lateral and vertical variability of soil units predicted to be present to 20 m BSF across the AOI. Soil profiles are presented in Figure 4.35. They were designed to discriminate areas with presence of:

- glacial TILL (profiles numbered 2);
- firm to stiff CLAY from the Brown Bank Formation (profiles numbered 3);
- neither glacial TILL or Brown Bank CLAY (soil profiles numbered 1).

The other criteria differentiating between the soil profiles are the types of surficial sediments: (a) mud-rich, (b) sand and (c) gravel-rich.

Bedforms were considered as positive features relatively to the mean seafloor level and are shown as positive triangles at the top of the profiles.

4.5.1.3 Soil Provinces

A soil province map, presented in Figure 4.36, was generated for entire AOI to depict the spatial extent of each predicted soil profile (Figure 4.35). The soil province map allows the lateral variability in soil units to be better understood and pictured.

Areas covered by each soil province are given in Table 4.10 along with the percentage of the total AOI surface area they represent. From this table, it appears that over 84 % of the AOI is characterised by the normal soil profiles (profiles numbered 1 in Figure 4.35). Less than 4% of the AOI is likely to present glacial TILL (unit v) within the depth of interest (profiles numbered 2), while 12% of the AOI present firm to stiff CLAY of the Brown Bank Formation (unit iva) within the depth of interest (profiles numbered 3). 65% of the area is covered by SAND rich surficial sediments (profiles numbered ‘b’), less than 19% is covered by MUD-rich sediments (profiles numbered ‘a’) and 16% is covered by GRAVEL-rich surficial sediments (profiles numbered ‘c’).

Table 4.10: Area covered by each soil province

Soil Province	Area (km^2)	% of AOI
AOI - 1a	1920.2	16
AOI - 1b	6455.9	56
AOI - 1c	1395.2	12
AOI - 2a	18.6	<1
AOI - 2b	321.7	2
AOI - 2c	123.8	1
AOI - 3a	235.3	2
AOI - 3b	807.3	7
AOI - 3c	347.1	3

Figure 4.36 presents the maximum extent of units consisting of stiff to hard CLAY (unit ivb) as hatched areas. However, the stiff to hard CLAY is in general likely to occur below the depth of interest of the AOI.

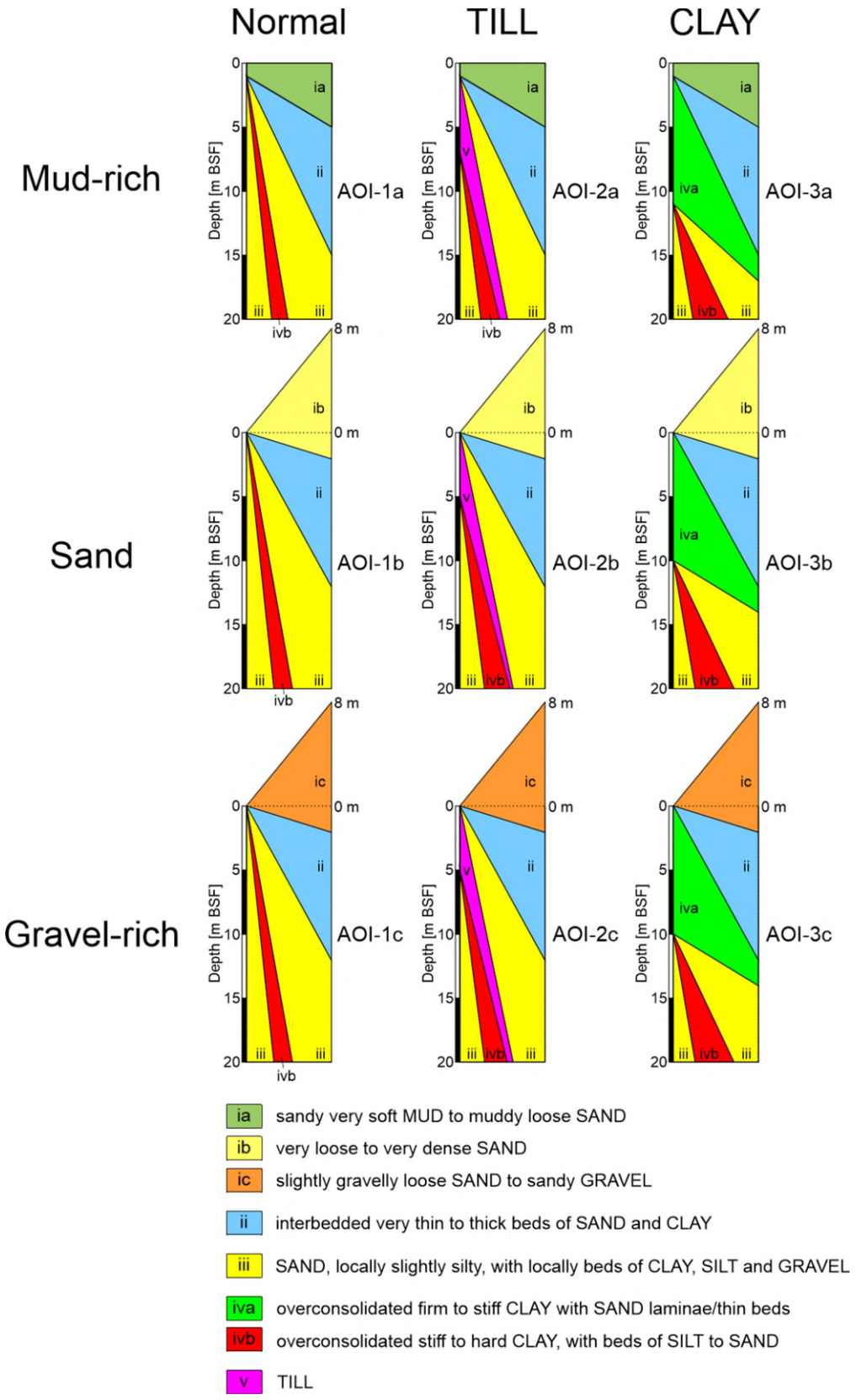


Figure 4.35: Predicted soil profiles across the AOI

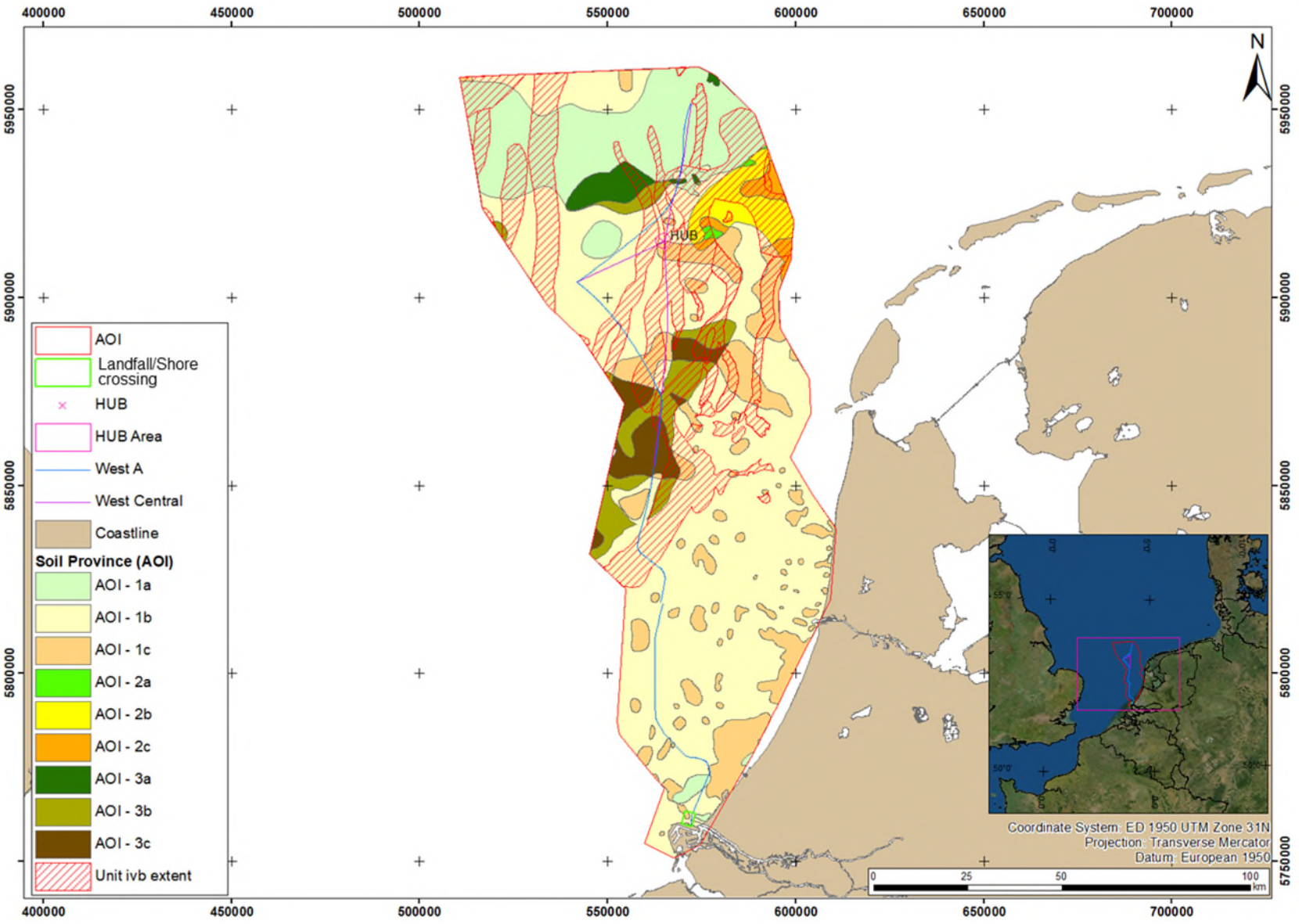


Figure 4.36: Soil province map across the AOI

4.5.2 Landfall/Shore Crossing Area

4.5.2.1 Predicted Soil Units and Geotechnical Parameters

Five soil units were predicted to be present in the Landfall/Shore crossing Area and within the depth of interest (40 m to 50 m BSF). Table 4.11 presents the predicted soil units and the associated preliminary geotechnical parameters defined for each unit.

Geotechnical descriptions and soil units are the same as those defined for the AOI (Section 4.5.1.1), with the addition of unit 'ds' corresponding to disturbed soil/recent accumulation consisting of very soft CLAY or very loose to medium dense SAND. This unit is limited to the Maasmond Kanaal and probably comprises residues of dredging operations.

Unit iii also includes the Early Pleistocene Winterton Shoal/IJmuiden Ground Formations, which are lateral equivalents of the Yarmouth Road Formation.

GRAVEL beds may be present locally in the subsurface. In the coastal zones there are gravel/cobbles/boulders accumulations (as part of rock dumps of the flood-defence structure). These deposits extent laterally from metres to several tens of metres from the shoreline. The thickness is unknown but may be up to several metres. No boulders were encountered in the subsurface, however presence of boulders cannot be entirely excluded (see also Section 4.4.2).

Geotechnical parameter values and thickness ranges are specific to the Landfall/Shore crossing Area and were derived from geotechnical Fugro experience in the Landfall/Shore crossing Area.

Fugro recommends acquisition and interpretation of site-specific geophysical data (sub-bottom profiler (SBP), MBES and SSS) across the Landfall/Shore crossing Area in order to confirm or refine the pipeline routing. Once the final routing is agreed, a site-specific survey should be planned depending on the expected soil variability. This would then allow to confirm and further refine geotechnical parameters and soil unit vertical and lateral variability. An update of the ground model may be subsequently considered based on any new findings.

Table 4.11: Predicted preliminary geotechnical parameters for the Landfall/Shore crossing Area

Stratigraphic Unit (Geological Formation)	Soil Unit	Description	Soil Type	Thickness [m]	γ′ [kN/m³]	D_r [%]	s_u [kPa]	S_t [-]	Φ′ [°]	q_c [MPa]
Disturbed Soil	ds	very soft CLAY	CLAY	0 to 5	15 to 19	N/A	< 2	-	N/A	< 2
		very loose to medium dense SAND	SAND			<35 to 65		N/A	25 to 35	2 to 10
Surficial Sediments (Southern Bight and Urania)	ib	very loose to very dense SAND	SAND	0 to 5	18 to 19.5	<35 to 100		N/A	25 to 35	2 to 20
	ic	slightly gravelly loose SAND to sandy GRAVEL	SAND	0 to 5	18 to 19	<35		N/A	25 to 35	4 to 10
Naaldwijk	ii	interbedded very thin to thick beds of CLAY, SAND and locally PEAT	CLAY	0 to 13	18 to 19.5	N/A	2 to 100	1 to 3	N/A	1 to 4
			SAND			25 to 100		N/A	25 to 45	2 to 20
Kreftenheye,	iii	Dense to very dense SAND	SAND	10-25	18.5 to 20.5	80 to >100		N/A	25 to 45	20 to 60
Winterton Shoal / IJmuiden Ver		SAND, silty, with locally beds of CLAY and/or SILT	CLAY	>40		N/A	100 to 300	~1 to 3	N/A	2 to 6
			SAND			35 to >100		N/A	25 to 45	15 to 90

Notes:
N/A = not applicable
- = no information available
γ′ = total unit weight
s_u = undrained shear strength
S_t = sensitivity
Dr = relative density
Φ′ = drained peak effective friction angle
q_c = CPT cone resistance

4.5.2.2 Geotechnical Profiles

Four soil profiles were drawn for the Landfall/Shore crossing Area based on available data. These soil profiles describe the possible lateral and vertical variability of soil units predicted to be present to 40 m BSF across the Landfall/Shore crossing Area.

Soil profiles are presented in Figure 4.37. They were designed to discriminate areas with different surficial sediment types (GRAVEL and MUD above SAND), as well as areas with anthropogenic reworked material. Profile 1 was subdivided to discriminate areas where unit ii may be thicker (up to 14 m) due to the presence of paleo-channels from the Early Holocene.

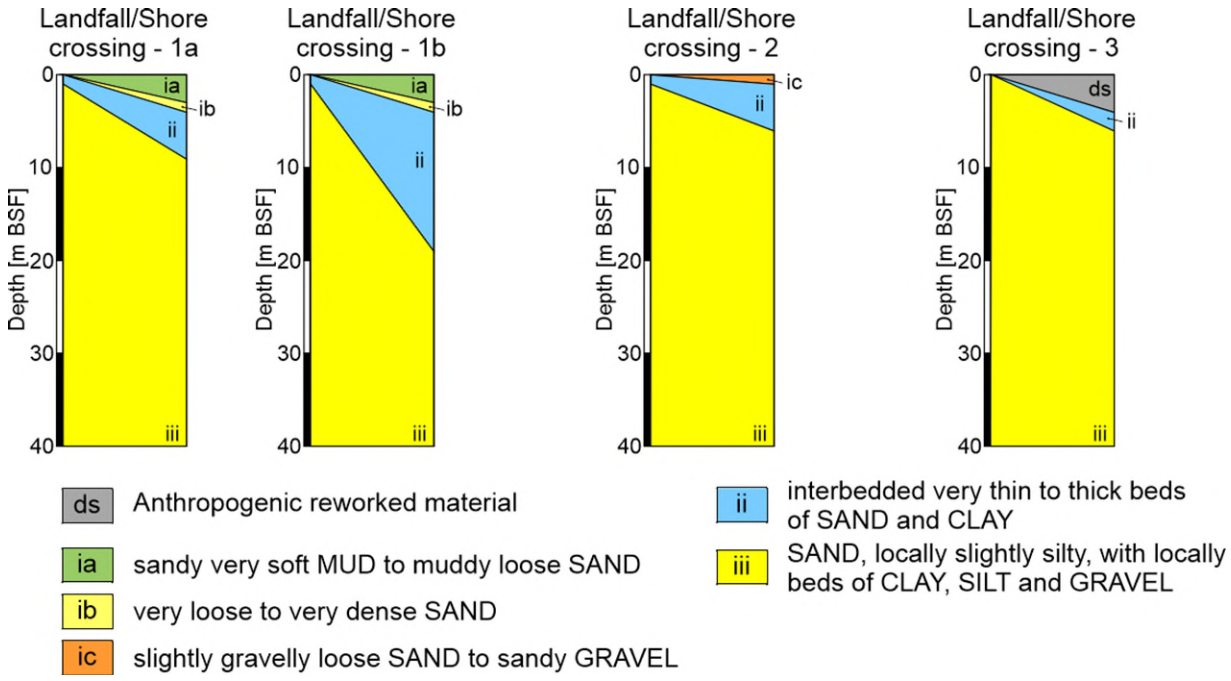


Figure 4.37: Predicted soil profiles across the Landfall/Shore crossing Area

4.5.2.3 Soil Provinces

A soil province map presented in Figure 4.38 was generated for the entire Landfall/Shore crossing Area to depict the spatial extent of each predicted soil profile (Figure 4.37). The soil province map allows the lateral variability in soil units to be better understood and pictured.

Areas covered by each soil province are given in Table 4.12 along with the percentage of the total Landfall/Shore crossing Area they represent. From this table, it appears that 38% of the area is characterised by mud-rich and muddy SAND surficial sediments (units ia and ib) with thin unit ii. 25% of the area, to the north-eastern corner, is expected to be covered by GRAVEL-rich sediments (unit ic). 21% of the area corresponds to the Maasmond Kanaal, potentially covered by disturbed/reworked deposits. Finally, only 4% of the area corresponds to the potential extent of paleo-channels (Naaldwijk Formation) based on geological maps (Figure 4.34).

About 12% of the Landfall/Shore crossing Area is covered by land and is not covered by any soil province.

Table 4.12: Area covered by each soil province across the Landfall/Shore crossing Area

Soil Province	Area (km^2)	% of AOI
Landfall/Shore crossing - 1a	3.8	38.3
Landfall/Shore crossing - 1b	0.4	4.4
Landfall/Shore crossing - 2	2.5	24.9
Landfall/Shore crossing - 3	2.1	20.8
Notes: 11.6% of the Landfall/Shore crossing Area is covered by land		

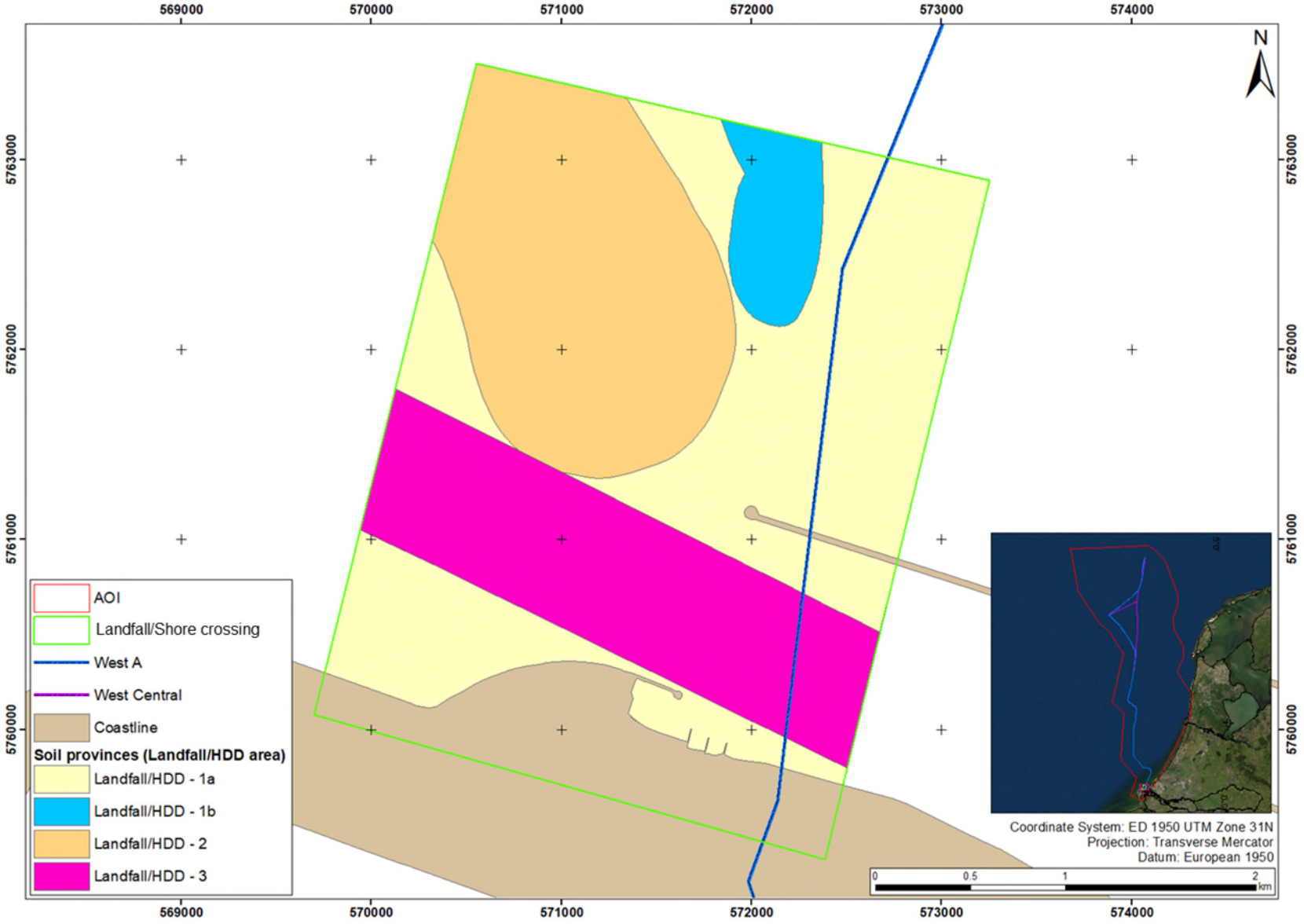


Figure 4.38: Soil province map across the Landfall/Shore crossing Area

4.5.3 Offshore Distribution HUB Area

4.5.3.1 Predicted Soil Units and Geotechnical Parameters

Five soil units were predicted to be present across the Offshore Distribution HUB Area and within the depth of interest (e.g., 100 m BSF). Table 4.13 presents the predicted soil units and the associated preliminary geotechnical parameters defined for each unit.

Geotechnical descriptions and soil units are the same as those defined for the AOI (Section 4.5.1.1).

Geotechnical parameters are the same as those presented for the entire AOI (Section 4.5.1.1). Fugro experience does not cover the Offshore Distribution HUB Area specifically, but the geotechnical parameter ranges for the AOI are likely to apply for the Offshore Distribution HUB Area to a depth of 100 m BSF. Expected thicknesses were adapted based on information from publicly available data and three geotechnical boreholes (Fugro experience) within 3 km of the Offshore Distribution HUB Area boundary.

Fugro recommends acquisition and interpretation of site-specific geophysical data (SBP, MBES and SSS) across the Offshore Distribution HUB Area to confirm or refine the pipeline routing. Once the final routing is agreed, a site-specific survey should be planned depending on the expected soil variability. This would then allow to confirm and further refine geotechnical parameters and soil unit vertical and lateral variability. An update of the ground model may be subsequently considered based on any new findings.

Table 4.13: Predicted preliminary geotechnical parameters for the Offshore Distribution HUB Area

Stratigraphic Unit (Geological Formation)	Soil Unit	Description	Soil Type	Thickness [m]	γ′ [kN/m³]	D_r [%]	s_u [kPa]	S_t [-]	Φ′ [°]	q_c [MPa]
Surficial Sediments (Southern Bight and Urania)	ib	very loose to very dense SAND	SAND	4 to 9	18 to 19.5	<35 to >100		N/A	25 to 45	2 to 20
	ic	slightly gravelly loose SAND to sandy GRAVEL	SAND	4 to 9	19 to 20	<35		N/A	25 to 30	4 to 20
Naaldwijk	ii	interbedded very thin to thick beds of CLAY and SAND	CLAY	0 to 1	18 to 19.5	N/A	20 to 100	1 to 3	N/A	1 to 3
			SAND			25 to 85		N/A	25 to 35	2 to 10
Boxtel (Twente) Kreftenheye, Eem Drachten (Tea Kettle Hole) Egmond Ground Yarmouth Roads	iii	SAND, locally slightly silty, with locally beds of CLAY, SILT, GRAVEL and PEAT	CLAY	40 to >100	18.5 to 20.5	N/A	100 to 200	~1 to 3	N/A	2 to 4
			SAND			65 to >100		N/A	30 to 45	15 to 90
Drenthe (Cleaver Bank) Peelo (Swarte Bank)	ivb	overconsolidated stiff to hard CLAY, with beds of SILT to SAND	CLAY	0 to 30	19.5 to 21	N/A	200 to 400	~1 to 2	N/A	4 to 8
			SAND			65 to >100		N/A	35 to 45	15 to 90

Notes:
N/A = not applicable
- = no information available
γ′ = total unit weight
s_u = undrained shear strength
S_t = sensitivity
Dr = relative density
Φ′ = drained peak effective friction angle
q_c = CPT cone resistance

4.5.3.2 Geotechnical Profiles

Four soil profiles were drawn for the Offshore Distribution HUB Area based on available data. These soil profiles describe the possible lateral and vertical variability of soil units predicted to be present to 100 m BSF across the Offshore Distribution HUB Area.

Soil profiles are presented in Figure 4.39. They were designed to discriminate areas with overconsolidated stiff to hard CLAY (unit ivb) at depth from the Peelo Formation. A subdivision was made to differentiate areas where SAND (ib) is expected at the seafloor from areas where GRAVEL-rich sediments (unit ic) are mapped.

The Offshore Distribution HUB Area is localised in-between two sand banks and therefore positive features of 1 m have been drawn to encompass the presence of the flanks of these bedforms.

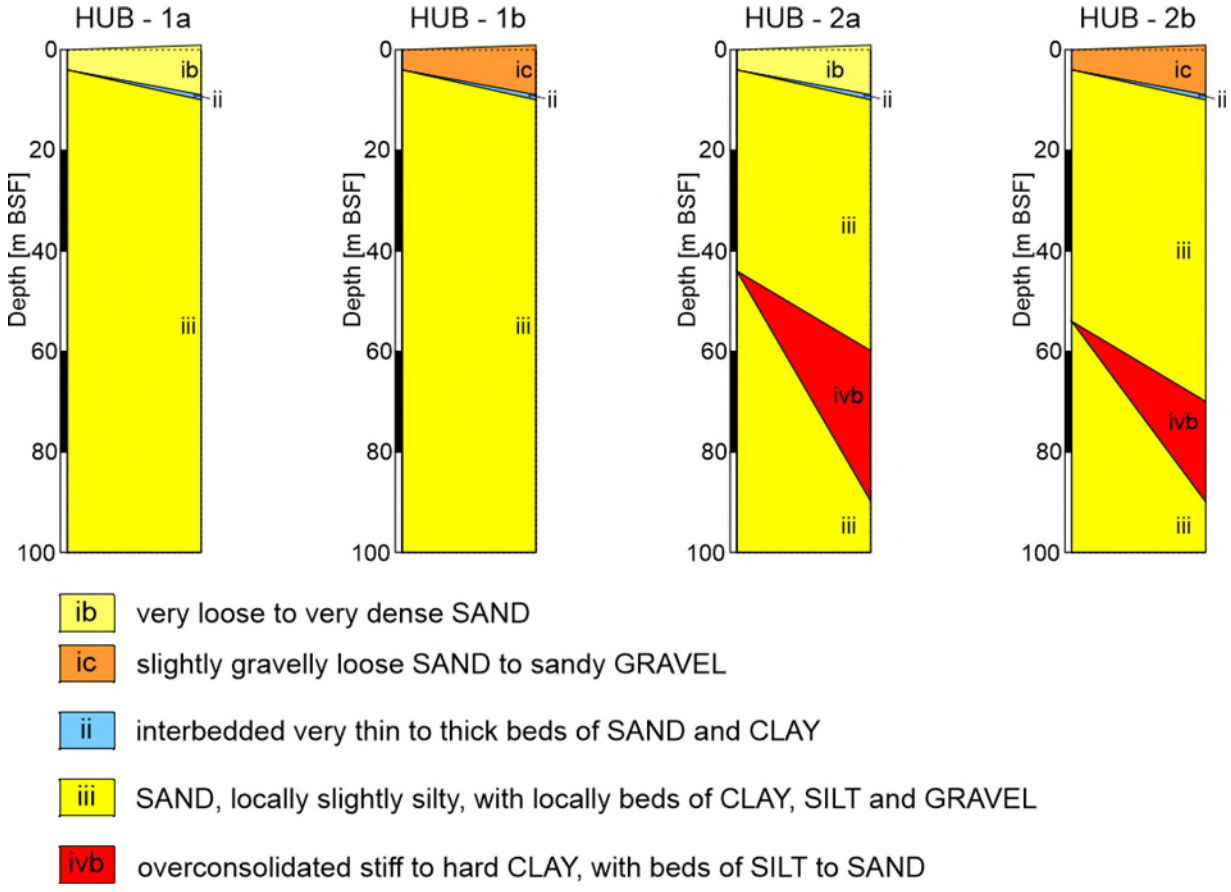


Figure 4.39: Predicted soil profiles across the Offshore Distribution HUB Area

4.5.3.3 Soil Provinces

A soil province map presented in Figure 4.40 was generated for the entire Offshore Distribution HUB Area to depict the spatial extent of each predicted soil profiles (Figure 4.37). The soil province map allows the lateral variability in soil units to be better understood and pictured.

Areas covered by each soil province are given in Table 4.14 along with the percentage of the total Offshore Distribution HUB Area they represent. From this table, it appears that 54% of the area is characterised by the potential presence of stiff to hard CLAY (unit ivb) within the depth of interest. This surface is divided within two distinct areas covering the western and eastern sides of the Offshore Distribution HUB Area. The areas correspond to two distinct paleo-channels from the Peelo Formation orientated north–south. More than 60% of the area is expected to be covered by SAND, while the southern part (40%) is expected to be composed of GRAVEL-rich material.

Table 4.14: Area covered by each soil province across the Offshore Distribution HUB Area

Soil Province	Area (km^2)	% of AOI
HUB - 1a	3.6	28
HUB - 1b	2.3	18
HUB – 2a	4.4	35
HUB – 2b	2.3	19

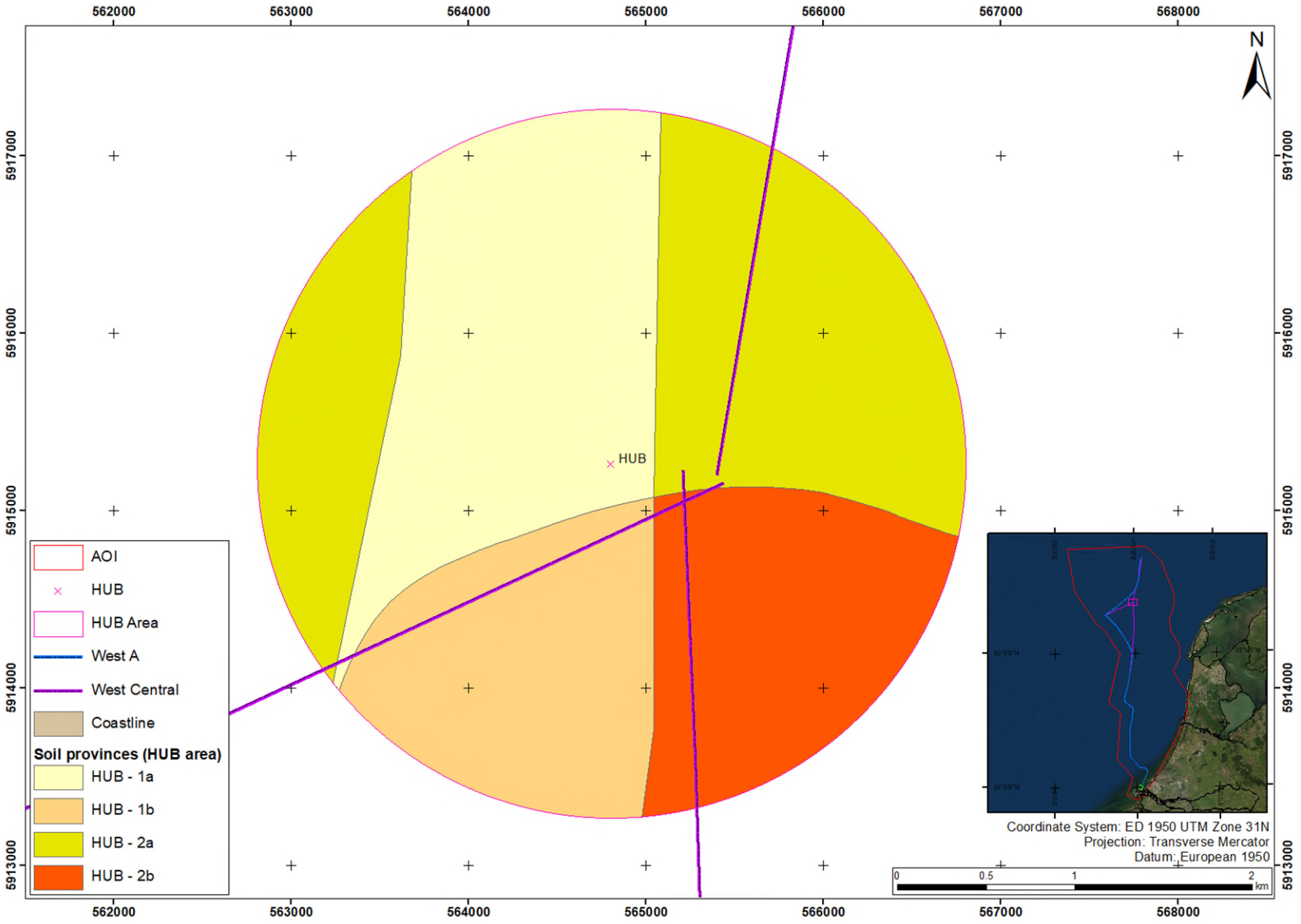


Figure 4.40: Soil province map across the Offshore Distribution HUB Area

5. Geohazards, Hazards and Site Constraints

5.1 General

Table 5.1 presents potential and identified geohazards and soil constraints for pipeline and other offshore infrastructures as well as for their installation. The information provides screening-level hazard characterisation (i.e. indicative) and may not be complete or comprehensive. Mitigation measures are proposed to reduce associated risks.

Table 5.2 presents potential and identified man-made related hazards, obstructions and site constraints for a pipeline and other offshore infrastructures. The information provides screening-level hazard characterisation (i.e. indicative) and may not be complete or comprehensive. Mitigation measures are proposed to reduce associated risks.

Table 5.1: Summary of potential and identified geohazards and soil constraints across the AOI

Constraint / Geohazard	Location / Distribution	Impact on Structure	Possible Mitigation
(Migrating) bedforms	Entire AOI, except northern part (Zone 3)	• Exposure or burial of structure; leading to snagging from trawling or anchoring, scour affecting structure stability • Spanning leading to uneven support of structure, critical stresses on structure • Temperature variations may lead to expansion / contraction of pipeline (increased susceptibility to walking in areas of exposure)	• Detailed mapping of bedforms through MBES data acquisition along pipeline route and within specific areas (Landfall/Shore crossing, Offshore Distribution HUB Areas) • Sediment mobility assessment, morphodynamic assessment and specific site survey works in areas of high risk • Meteocean site-specific desktop study to precisely assess migration/stability of bedforms • Avoid where possible areas with sand waves • Trenching to a certain depth (depending on bedform amplitude)
Storm events / wave action	Entire AOI. Probably lower impact within the areas deeper than 30 m LAT (northern AOI)	• Dynamic and cyclic loading • Burial or exposure, leading to loss of support, instability and damage	• Meteocean site-specific desktop study • Scouring site-specific study • Trenching to a certain depth (depending on estimated wave action depth)
Steep slopes / irregular topography	Flanks of Maasmond Kanaal Steep slopes also associated with bedforms, seafloor objects and dredging areas	• Uneven support of structure • Critical stresses on structure • Non-uniform penetration	• Avoidance • Trenching within bedforms

Constraint / Geohazard	Location / Distribution	Impact on Structure	Possible Mitigation
		• Slope failure • Lateral displacement of structure • Trenching difficulties	
Slumping	Northern flank of Maasmond Kanaal	• Slope instability and failure • Critical stresses • Scour and spanning or burial and loading • Rupture or failure of pipeline	HDD solution
Very soft clays	In Maasmond Kanaal and locally across the entire AOI, especially in paleo-channels	• Potential plough sinkage • Non-uniform penetration	• Jetting to install pipeline in soft sediments • Geophysical survey data to perform precise mapping of paleo-channels using UHR seismic or SBP data
Interbedded sand and clay sediments	Offshore Distribution HUB Area	Punch-through risk for foundation	Geotechnical survey at Offshore Distribution HUB location to refine geotechnical unitisation and parameters
Very dense sand	Entire AOI	• Trenching difficulties • Early refusal/limited penetration with plough	Selection of tools for pipeline emplacement suitable to deal with geotechnical properties
Gravel, cobbles and / or boulders	Localised areas across the AOI, particularly close to shore in the Landfall/Shore Crossing Area (in rock dumps of the flood-defence structure) and in deposits of Drente Formation	• Obstruction, trenching difficulties, possible early refusal or damage to structure • Gravel layers may impact HDD operations	• Detailed mapping of seafloor sediments along pipeline routing and across Offshore Distribution HUB area (MBES, SSS) • Detailed mapping of boulders expected at depth in UHR seismic and SBP data • Avoid areas with boulders
Peat / organic material	Locally present across AOI	• High compressibility, non-uniform support • chemical reaction between soil and steel • shallow gas	Geophysical and geotechnical survey in order to map and avoid areas where peat is expected
Pockmarks / shallow gas (peat)	Locally present in the Landfall/Shore crossing Area. Can be locally present in the AOI	• Laterally variable soil strength, steel corrosion, spanning of pipeline • Masking of acoustic signal • Risk of blowout and gas release during drilling and piling operations	• Geophysical survey data to detect shallow gas accumulations within seismic data • Map related seafloor features (pockmarks) • Avoid areas with shallow gas or identified markers (pockmarks)

Constraint / Geohazard	Location / Distribution	Impact on Structure	Possible Mitigation
Glacial TILL / boulder clay	Present locally in NE of AOI (Gieten Member)	• Spatially variable soil conditions • Heterogenous soil • Cobbles and boulders leading to challenging installation conditions	• Geophysical survey data to perform precise mapping and identification of these type of deposits using UHR seismic or SBP data • Geotechnical data collection to characterise conditions • Selection of pipeline emplacement method that can cope with variable soil conditions
Glaciotectonic deformation features	Present locally in NE and centre of AOI, related to the Gieten Member and Drachten Formation	• Variable soil conditions • Lower lateral resistance	• Geophysical survey data to perform precise mapping and identification of these type of deposits using UHR seismic or SBP data • Geotechnical data collection to characterise conditions
Regional subsidence / (historic) oil and gas extraction	Entire AOI	• Time-dependent reduction of freeboard of pipeline • Damage to structure	Monitoring during ongoing pipeline inspection surveys

Table 5.2: Summary of identified man-made obstructions and constraints across the AOI

Constraint / hazard	Location / Distribution	Impact on Structure	Possible Mitigation
Existing and planned future structures	Across AOI	• Obstruction • Potentially disturbed ground • Potential interruption in hydraulic flow regime affecting scour and soil deposition processes	• Relocation • Design pipeline/cable crossing • Collection of specific geophysical survey data at crossing locations
Rock dump / fill	Shorelines in the Landfall/Shore crossing Area related to coastal defence structures	• Disturbed soil / variable soil conditions • Potential interruption in hydraulic flow regime affecting scour and soil deposition processes • Pipeline abrasion • Installation problems	• Identify and map • Avoidance and relocation
Artificial soil / contaminated soil	Landfall/Shore crossing Area and dumping areas	• Variable soil conditions • Contamination	Avoidance and relocation
Wellheads	Across AOI	• Obstruction • Potentially pressurised shallow gas in soil	Avoidance and relocation

Unexploded ordnance (UXO)	See Appendix C	• Obstruction • Damage to structures • Uneven seafloor, disturbed soil	• UXO precise identification along pipeline route via magnetometer survey • UXO hazard risk assessment • Relocation • UXO clearance processes
Shipwrecks / dropped objects	See Appendix B and Appendix C	Obstruction	• Archaeological study and identification along pipeline route • Relocation • Investigate and remove if required
Potential archaeological targets	See Appendix B	• No / limited access • Project delay	• Archaeological study and identification along pipeline route • Relocation • Investigate and remove if required
Restricted areas (nature reserve, military exercise)	Across AOI	No / limited access	• Relocation • Permission requirements
Dredging and dumping areas	Across AOI	• Uneven seafloor • Disturbed soil • Variable soil conditions • Lateral displacement • No / limited access	• Damage to structures • Relocation • Permission requirements
Fishing activity (anchor and / or trawl scars)	Throughout most of AOI	• Disturbed soil / variable soil conditions • Entanglement of fishing gear • Damage to structure and offshore equipment • Lateral displacement	• Clearance operations before any site surveys, fishing liaison officer during survey works • Trenching to avoid damage from anchors or trawls
High level of shipping activity and anchorage areas	• Near Rotterdam and IJmuiden harbours • Navigation Channels	• Entanglement of anchor(line) • Damage to structure • Lateral displacement	• Clearance operations before any site surveys • Trenching to avoid damage from anchors or trawls

Figure 5.1 displays the extent of some mapped and identified soil constraints and geohazards. These includes:

- Glacial TILL;
- Areas with expected boulders;
- Areas with very soft surficial sediments;
- Expected paleo-channels;
- Extent of unit ivb, composed of stiff to hard CLAY.

Bedforms are mapped and highlighted as part of Figure 4.17, while steep slopes are highlighted in Figure 4.8 to Figure 4.16.

Most of the identified man-made seafloor obstructions and constraints are listed and mapped within Sections 4.1 and 4.2.4 of the report. More details on UXO and archaeological related features are provided within specific reports (see Appendix B and Appendix C).

Soils containing the mineral glauconite and/or carbonate soils are not expected to be present in the AOI (including the Landfall/Shore crossing Area) within the depth of interest based on available data.

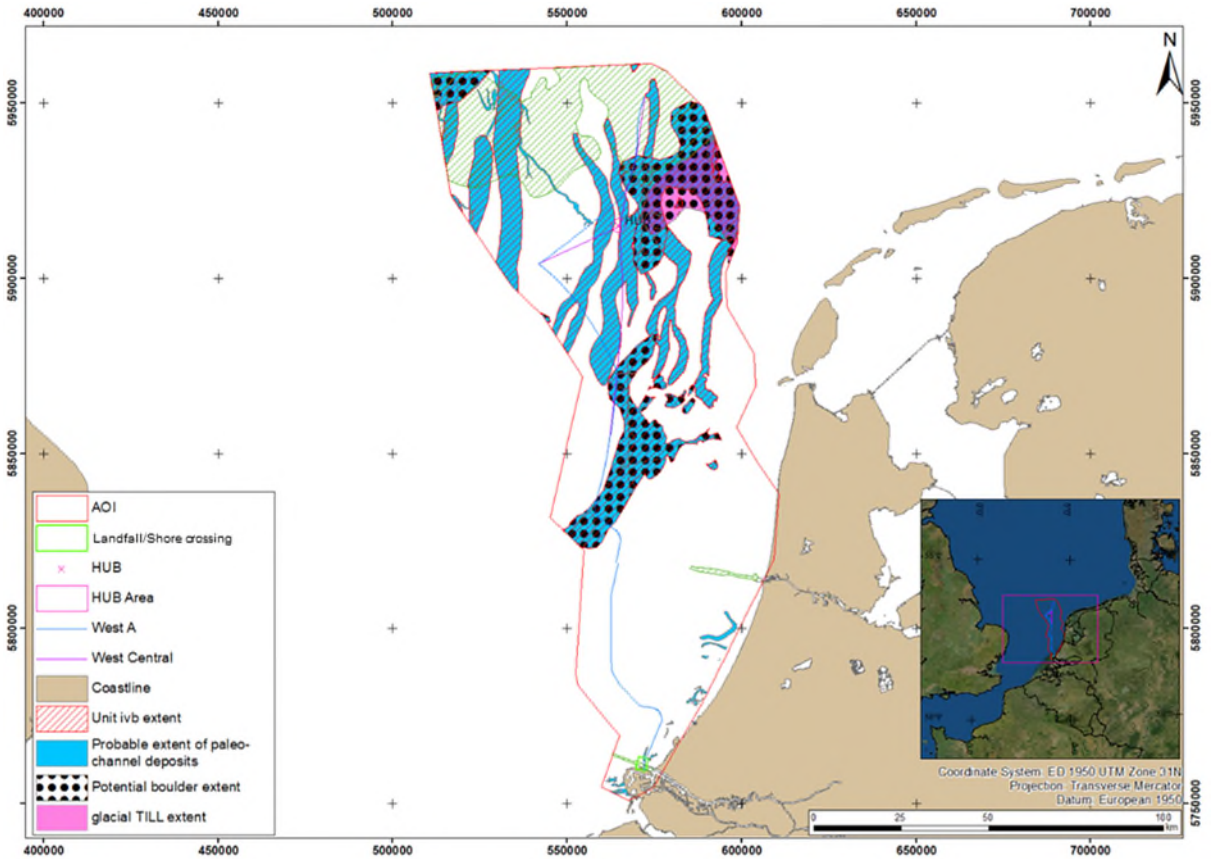


Figure 5.1: Map of identified soil constraints and potential geohazards across the AOI

5.2 Seismicity

Natural seismicity is mainly restricted to the southern (onshore) part of the Netherlands, where earthquakes with magnitudes of 2.5 to 6.0 are possible. The AOI lies within a tectonic region known as the West Netherlands Basin, which has been seismically quiet since the Neogene (Deltares, 2017).

The extraction of natural gas is known to produce induced seismicity. A total of 186 oil and gas fields are located in the AOI. Several induced seismic events related to these fields were recorded. These earthquakes had a magnitude between 2 and 4 (Deltares, 2017; Arcadis, 2018).

It is recommended that a probabilistic seismic hazard assessment is performed for the gas fields that are within a 5 km radius of the Landfall/Shore crossing Area and Offshore Distribution HUB Area to confirm the actual seismic hazard.

6. Conclusions and Recommendations

6.1 Conclusions

This desktop study aimed at characterising the soil conditions based on available public data and Fugro experience over an area of 11355 km^2 within the southern North Sea, Dutch sector. The ultimate purpose of the report is to provide information to help TotalEnergies in decision making regarding the ARAMIS Pipeline routing and provide recommendations regarding future site-specific surveys.

Based on available data, three preliminary geotechnical ground models focusing on three different areas are provided. These allow to picture the soil conditions and vertical and lateral variability to depth of interest. Geotechnical parameters were derived based on Fugro experience across the southern North Sea. The data review and analysis also allowed to list potential (geo)hazards, soil and anthropogenic constraints and man-made obstructions within the AOI.

The results provided within this desktop study are dependent on the available data and on data quality. Due to the large surface covered by the AOI, approximations and simplifications were made to create a comprehensive ground model allowing to capture the expected range of soil conditions. Variability within the defined soil units is expected, arising from varying depositional environments captured within independent units.

Site-specific data acquisition should be considered to refine and confirm the findings of the present study, once a more precise pipeline routing has been decided. Some recommendations are provided hereafter to help reducing uncertainties and mitigate identified (geo)hazards in the AOI.

6.2 Recommendations

Possible mitigation of identified or potential (geo)hazards and anthropogenic or soil constraints, including relocation of pipeline, engineering solutions or avoidance of certain features are already detailed in Table 5.1 and Table 5.2. These elements should help TotalEnergies in the decision making for the final pipeline route.

To better capture site conditions and soil variability along the future pipeline route and at specific areas (Offshore Distribution HUB and Landfall/Shore crossing Areas), several recommendations on further specific studies, geophysical and geotechnical site surveys are listed in this section. Most of these recommendations, in particular geophysical and geotechnical surveys will have to be considered once the pipeline route is decided.

6.2.1 Further Specific Studies

To better characterise some elements that are highlighted or identified within the present DTS, Fugro recommends performing specific studies including, but not limited to:

- Metocean site-specific desktop study to better understand mobility of bedforms and sediments due to currents, waves and tides;
- A sediment mobility assessment and study based on bathymetric data acquired at different dates across the area. This could be accompanied by specific site surveys in areas of identified high risks;
- UXO risk assessment study as defined in the conclusions of the UXO historical DTS (Appendix C) allowing to set fitting mitigation strategies.

6.2.2 Geophysical Site Surveys

Once the pipeline route corridor is agreed on, a number of geophysical methods should be considered to refine the mapping and identification of seafloor features and better define the variability of sub-seafloor soil units. They will in turn allow to better mitigate soil constraints and (geo)hazard-relatedrisks. Data acquired during these geophysical site surveys may include:

- MBES data to be acquired along the pipeline route with a typical corridor of 2 km allowing any re-routing if avoidance of any identified feature is required. MBES data will provide a high-resolution bathymetry along the route allowing to compute precise slope maps. Reflectivity may also be acquired during MBES operations giving a detailed representation of the seafloor rugosity. MBES should also be acquired around the planned Offshore Distribution HUB Area;
- SSS data to be acquired along the pipeline corridor with a typical corridor of 2 km and around the Offshore Distribution HUB location. SSS data helps identifying seafloor features and sediment types;
- SBP data to be acquired along the pipeline corridor. This will better characterise the sub-seafloor variability at the pipeline location, helping in the planning of the geotechnical site survey. At the Offshore Distribution HUB location and along the planned Landfall/Shore crossing Area, SBP grids should be acquired before any operations to identify potential sub-seafloor soil constraints and estimate soil variability. SBP can also provide valuable information when identifying preserved paleo-landscapes and potential prehistorical archaeological sites (Appendix B);
- UHR seismic data can be planned locally where specific designs are needed (such as HDD, piling at the Offshore Distribution HUB Area, trenching, tunnelling). UHR seismic data will provide a better penetration within deeper dense/hard units;
- A magnetometer survey must be performed along the entire pipeline corridor to identify any wrecks and UXOs at or close to the seafloor.

6.2.3 Geotechnical Site Surveys

Soil sampling and in situ testing (CPTs) are paramount to refine the geotechnical soil conditions and variability with depth. A geotechnical survey should be designed after geophysical data are acquired and interpreted to optimise the sampling and locations (both distribution and quantities). Where variable conditions or specific risks are identified, more

locations may be required to better constrain them. Where more homogeneous conditions are expected, less locations could be planned. Geotechnical surveys should include:

- Sediment sampling to identify, log and test soil types. Sampling methods include gravity corers, box corers, grab samples and vibrocorers. A variety of laboratory testing can be considered, including geological testing (Multi-Sensor Core Logging, mineralogy, or dating) or geotechnical testing (water content, P-wave velocity, electrical resistivity, thermal conductivity, shear vane and oedometer tests). Specific geotechnical testing could be considered in order to measure the clay sensitivity;
- CPT allows to capture the site-specific soil conditions through a variety of measurements such as cone resistance and sleeve friction. It allows to identify soil units at depth and measure in situ mechanical properties such as sediment undrained shear strength (s_u) for clay or relative density for sand.

Along the pipeline route the depth of geotechnical locations can be limited to the first 5 m to 6 m BSF, while geotechnical locations within the Landfall/Shore crossing Area and at the Offshore Distribution HUB location should have greater penetration depths. For these deeper locations Fugro recommends downhole sampling and testing from a dedicated drilling platform (e.g. geotechnical drilling vessel or jack-up platform).

7. References

Arcadis (2018). *Geological Desk Study, Hollandse Kust (west) Wind Farm Zone* (Document No. WOZ2180087, dated 6 June 2018 to RVO). Arcadis Germany GmbH.

Ashley, G. M. (1990). Classification of large-scale subaqueous bedforms; a new look at an old problem. *Journal of Sedimentary Research, 60*(1), 160–172. https://doi.org/10.2110/jsr.60.160

Bosch, J.H.A., Weerts, H.J.T. & Busschers, F.S. (2003). Formatie van Urk. In *Lithostratigrafische Nomenclator van de Ondiepe Ondergrond*. Retrieved 18 October 2016 from https://www.dinoloket.nl/formatie-van-urk

Calvete, D., Walgreen, M., De Swart, H. E., & Falqués, A. (2001). A model for sand ridges on the shelf: Effect of tidal and steady currents. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, *106*(C5), 9311–9325. https://doi.org/10.1029/2001JC900001

Cameron, T.D.J., Laban, C. & Schüttenhelm, R.T.E. (1984). *Flemish Bight, Sheet 52˚N–02˚E, Quaternary Geology (1:250.000 Series).* British Geological Survey & Rijks Geologische Dienst.

Cameron, T.D.J., Laban, C., Mesdag, C.S. & Schüttenhelm, R.T.E. (1986). *Indefatigable, Sheet 53˚N–02˚E, Quaternary Geology (1:250.000 Series).* British Geological & Survey Rijks Geologische Dienst.

Deltares (2016). *Morphodynamics of Hollandse Kust (zuid) Wind Farm Zone* (Document No. CR-SC-DNVGL-SE-0190-02453-2_Morphodynamics, issue 2, dated 24 December 2016 to RVO).

Deltares (2017). *Geological Study Hollandse Kust (noord) Wind Farm Zone* (Document No. 11200513-002-BGS-0001, issue 2, dated 23 March 2017 to RVO).

Deltares (2019). *Morphodynamics and Scour Mitigations for Hollandse Kust (noord) Wind Farm Zone* (Document No. 11202796-000-HYE-0002, issue 1, dated 15 March 2019 to RVO).

Deltares (2020). *Morphodynamics of Hollandse Kust (west) Wind Farm Zone* (Document No. 11204811-002-HYE-0001, issue 1, dated 6 July 2020 to RVO).

DINOloket, Data and Information of the Dutch Subsurface. (offshore dataset received on 29 December 2021). TNO, Geological Survey of the Netherlands. https://www.dinoloket.nl/en

Dorst, L. L., Roos, P. C., Hulscher, S. J., & Lindenbergh, R. C. (2009). The estimation of sea floor dynamics from bathymetric surveys of a sand wave area. *De Gruyter, 3*(2), 97–120. https://doi.org/10.1515/JAG.2009.011

Dyer, K. R., & Huntley, D. A. (1999). The origin, classification and modelling of sand banks and ridges. *Continental Shelf Research*, *19*(10), 1285–1330. https://doi.org/10.1016/S0278-4343(99)00028-X

Ehlers, J. (1990). Reconstructing the dynamics of the north-west European Pleistocene ice sheets. *Quaternary Science Reviews, 9*(1), 71–83. https://doi.org/10.1016/0277-3791(90)90005-U

Folk, R. L. (1954). The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *The Journal of Geology*, 62(4), 344-359. https://doi.org/10.1086/626171

Fugro (2018). *Geophysical Site Investigation Survey, Dutch Continental Shelf, North Sea, Hollandse Kust (noord) Wind Farm Zone Survey 2017* (Document No. GH216-R3, issue 3, dated 18 May 2018 to RVO).

Fugro (2019a). *Geological Ground Model, Hollandse Kust (noord) Wind Farm Zone, Dutch Sector, North Sea* (Document No. P903749(03), issue 5, dated 1 May 2019 to RVO).

Fugro (2019b). *Geophysical Results Report, Hollandse Kust (west) Wind Farm Zone Survey 2018, Dutch Continental Shelf, North Sea* (Document No. P904162(03), issue 4, dated 19 August 2019 to RVO).

Fugro (2019c). *Project Porthos Maasgeul Crossing Dutch Sector North Sea* Investigation Results Geotecnics (Document No. P905721/01, issue 2, dated 4 September 2019 to Port of Rotterdam).

Fugro (2020). Geological Ground Model, Hollandse Kust (west) Wind Farm Zone, Dutch Sector, North Sea (Document No. P904711(06), issue 3, dated 12 May 2020 to RVO).

Funnell, B.M. (1996). Plio-Pleistocene palaeogeography of the southern North Sea basin (3.75–0.60 Ma). *Quaternary Science Reviews, 15*(5–6), 391–405. https://doi.org/10.1016/0277-3791(96)00022-4

De Gans, W. 2007. Quaternary. In Wong, T.E., Batjes, D.A.J. & De Jager, J. (Eds.) *Geology of the Netherlands* (pp. 173–195). Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences.

GDN (2018). *Geological Overview Map of the Kingdom of the Netherlands 1:600,000 (centennial edition)*, Utrecht: TNO–Geological Survey of the Netherlands, 1 map sheet.

Geluk, M. C (2005). *Stratigraphy and tectonics of Permo–Triassic basins in the Netherlands and surrounding areas*. [PhD Thesis, Utrecht University].

Graham, A. G., Stoker, M. S., Lonergan, L., Bradwell, T., & Stewart, M. A. (2011). The Pleistocene glaciations of the North Sea basin. In Ehlers J., Gibbard, P.L. & Hughes, P.D. (Eds.) *Developments in Quaternary Sciences* (Vol. 15, pp. 261–278). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53447-7.00021-0

Hulscher, S. J., de Swart, H. E., & de Vriend, H. J. (1993). The generation of offshore tidal sand banks and sand waves. *Continental Shelf Research*, *13*(11), 1183–1204. https://doi.org/10.1016/0278-4343(93)90048-3

Jacobs, P. & De Batist, N. (1996). Sequence stratigraphy and architecture on a ramp-type continental shelf: the Belgian Palaeogene. In De Batist, N. & Jacobs, P. (Eds.) *Geology of Siliciclastic Shelf Seas* (pp. 23–48). Geological Society Special Publications, 117. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1996.117.01.03

Joon, B., Laban, C. & Van der Meer, J.J.M. (1990). The Saalian Glaciation in the Dutch part of the North Sea. *Geologie en Mijnbouw, 69*(2), 151–158.

Knaapen, M. A. F., & Hulscher, S. J. (2002). Regeneration of sand waves after dredging. *Coastal Engineering*, *46*(4), 277–289. https://doi.org/10.1016/S0378-3839(02)00090-X

Knox, R.W.O'B., Bosch, J.H.A., Rasmussen, E.S., Heilmann-Clausen, C., Hiss, M., De Lugt, I.R., Kasiński, J., King, C., Köthe, A., Słodkowska, B., Standke, G. & Vandenberghe, N. (2010). Cenozoic. In Doornenbal, J.C. & Stevenson, A.G. (Eds.) *Petroleum geological atlas of the Southern Permian Basin area* (pp. 211–223). EAGE Publications B.V., Houten.

Kuhlmann, G. & Wong, T.E. (2008). Pliocene paleoenvironment evolution as interpreted from 3D-seismic data in the southern North Sea, Dutch offshore sector. *Marine and Petroleum Geology, 25*(2), 173–189. https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2007.05.009

Laban, C., Schüttenhelm, R.T.E., Balson, P.S., Baeteman, C. & Paepe, R. (1992). *Ostend, Sheet 51˚N–02˚E, Quaternary Geology (1:250.000 Series)*. British Geological & Survey Rijks Geologische Dienst & Belgische Geologische Dienst.

Laban, C. (1995). *The Pleistocene glaciations in the Dutch sector of the North Sea: a synthesis of sedimentary and seismic data*. [PhD Thesis, University of Amsterdam].

Laban, C. & Rijsdijk, K.F. (2002). De Rijn–Maasdelta's in de Noordzee. *Grondboor & Hamer 56*(3/4), 60–65.

Laban, C., & van der Meer, J. J. (2011). Pleistocene glaciation in the Netherlands. In Ehlers J., Gibbard, P.L. & Hughes, P.D. (Eds.) *Developments in Quaternary Sciences* (Vol. 15, pp. 247–260). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53447-7.00020-9

Liu, A. C., De Batist, M., Henriet, J. P., & Missiaen, T. (1993). Plio–Pleistocene scour hollows in the Southern Bight of the North Sea. *Geologie en Mijnbouw, 71*(3), 195–204.

McCave, I. N. (1971). Sand waves in the North Sea off the coast of Holland. *Marine geology, 10*(3), 199–225. https://doi.org/10.1016/0025-3227(71)90063-6

Moreau, J., Huuse, M., Janszen, A., van der Vegt, P., Gibbard, P. L., & Moscariello, A. (2012). The glaciogenic unconformity of the southern North Sea. *Geological Society, London, Special Publications, 368*(1), 99–110. https://doi.org/10.1144/SP368.5

NITG–TNO (2004d). *Top Pleistocene Formations*. Scale 1:750.000.

NITG–TNO (2004b). *Distribution of Holocene Formations at Seafloor*. Scale 1:750.000.

Overeem, I., Weltje, G.J., Bishop-Kay, C. & Kroonenberg, S.B. (2001). The Late Cenozoic Eridanos delta system in the southern North Sea basin: a climate signal in sediment supply? *Basin Research*,*13*(3), 293–312. https://doi.org/10.1046/j.1365-2117.2001.00151.x

Overeem, I. (2002). *Process–response simulation of fluvio–deltaic stratigraphy*. [PhD Thesis, Delft University of Technology, Department of Applied Earth Sciences].

Peeters, J., Busschers, F.S. & Stouthamer, E. (2015). Fluvial evolution of the Rhine during the last interglacial–glacial cycle in southern North Sea basin: a review and look forward. *Quaternary International, 357*, 176–188. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.03.024

Praeg, D. (1996). *Morphology, stratigraphy and genesis of buried Mid-Pleistocene tunnel-valleys in the southern North Sea basin*. [PhD Thesis, University of Edinburgh]. http://hdl.handle.net/1842/15659

Rasmussen, E.S. & Dybkjær, K. (2014). Patterns of Cenozoic sediment flux from western Scandinavia: discussion. *Basin Research, 26*(2), 338–346. https://doi.org/10.1111/bre.12024

Rijsdijk, K.F., Passchier, S., Weerts, H.J.T., Laban, C., Van Leeuwen, R.J.W. & Ebbing, J.H.J. (2005). Revised Upper Cenozoic stratigraphy of the Dutch sector of the North Sea basin: towards an integrated lithostratigraphic, seismostratigraphic and allostratigraphic approach. *Netherlands Journal of Geosciences, 84*(2), 129–146. https://doi.org/10.1017/S0016774600023015

Stouthamer, E., Cohen, K., & Hoek, W. (2015). De vorming van het land. *Geologie en geomorfologie*. Perspectief Uitgevers, ISBN 978 94 91269 11 0.

Thöle, H., Gaedicke, C., Kuhlmann, G. & Reinhardt, L. (2014). Late Cenozoic sedimentary evolution of the German North Sea – a seismic stratigraphic approach. *Newsletters on Stratigraphy, 47*, 299–329. https://doi.org/10.1127/0078-0421/2014/0049

TNO-GDN (2022). Upper North Sea Group. In: *Stratigraphic Nomenclature of the Netherlands*, TNO – Geological Survey of the Netherlands. Accessed during December 2021 and January 2022 from https://www.dinoloket.nl/en/stratigraphic-nomenclature.

Van der Meulen, M.J., van Gessel, S.F., Tiemersma, J.J. & van Dijk, T.A. (2004). Grind en stenen voor de kust van Texel en de winbare voorraad suppletiezand (Document No. NITG 04-236-B1299). TNO–NITG.

Van Dijk, T. A., & Kleinhans, M. G. (2005). Processes controlling the dynamics of compound sand waves in the North Sea, Netherlands. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, *110*(F4). https://doi.org/10.1029/2004JF000173

Van Dijk, T. A., van Dalfsen, J. A., Van Lancker, V., van Overmeeren, R. A., van Heteren, S., & Doornenbal, P. J. (2012). Benthic habitat variations over tidal ridges, North Sea, the Netherlands. In *Seafloor geomorphology as benthic habitat* (pp. 241–249). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385140-6.00013-X

Van Heteren, S (2010). *Analyses of seabed and soil quality required for wind farms*. Final report We@Sea Project 2005-005, dated April 2010.

Van Santen, R. B., De Swart, H. E., & van Dijk, T. A. G. P. (2011). Sensitivity of tidal sand wavelength to environmental parameters: A combined data analysis and modelling approach. *Continental Shelf Research*, *31*(9), 966–978. https://doi.org/10.1016/j.csr.2011.03.003

Wong, T.E., Batjes, D.A. & de Jager, J. (2007). *Geology of the Netherlands*. Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Amsterdam.

Appendix A

Guidelines on Use of Report

A.1 Guidelines on Use of Report

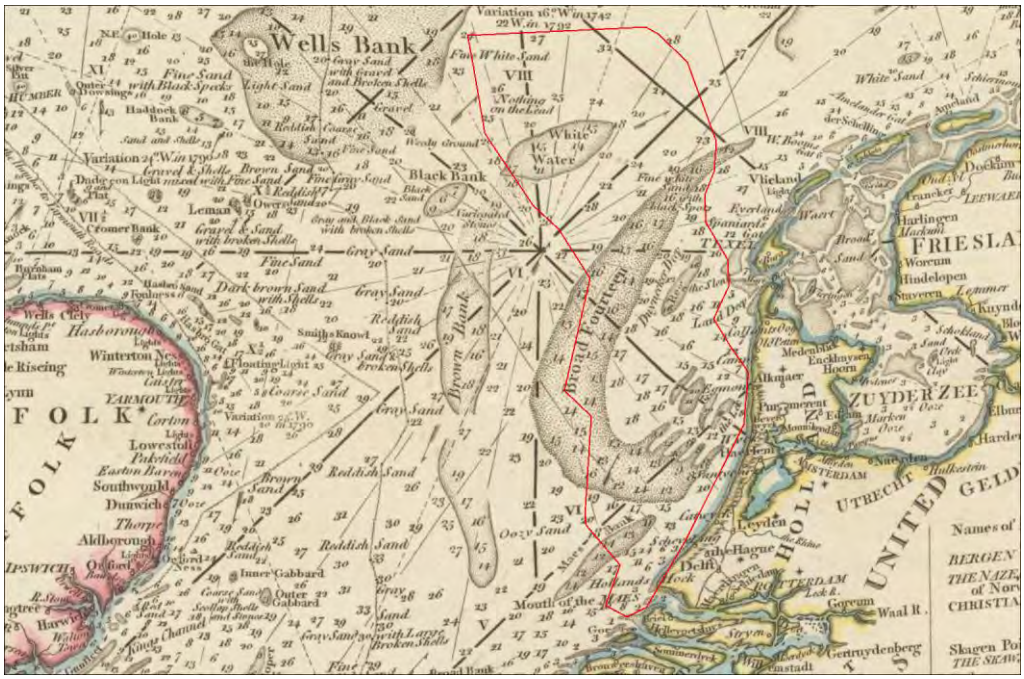
This report (the "Report") was prepared as part of the services (the "Services") provided by Fugro France SAS ("Fugro") for its client (the "Client") under the terms of the relevant contract between the two parties (the "Contract"). The Services were performed by Fugro based on requirements of the Client set out in the Contract or otherwise made known by the Client to Fugro at the time. Fugro's obligations and liabilities to the Client or any other party in respect of the Services and this Report are limited in time and value as defined in Contract (or in the absence of any express provision in the Contract as implied by the law of the Contract) and Fugro provides no other representation or warranty whether express or implied, in relation to the Services or for the use of this Report for any other purpose. Furthermore, Fugro has no obligation to update or revise this Report based on changes in conditions or information which emerge following issue of this Report unless expressly required by the Contract.
The Services were performed by Fugro exclusively for the Client and any other party identified in the Contract for the purpose set out therein. Any use and/or reliance on the Report or the Services for purposes not expressly stated in the Contract, by the Client or any other party, is at that party's risk and Fugro accepts no liability whatsoever for any such use and/or reliance.

Appendix B

Archaeological Desktop Study

Periplus Archeomare

Archaeological Desk Study
Area of interests
Aramis pipelines



Authors
S. van den Brenk & R. van Lil
At the request of

FUGRO

Document Control	
Revision	2.0
Date	February 04, 2022
Periplus Archeomare Reference	21A036-01
Client reference	Aramis

Reviewers	
Organization	Name
Fugro	S. Po
Rijkswaterstaat	J.F.M. Bos
Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed	M. Snoek J. Opdebeeck B.I. Smit
Gemeente Rotterdam	B.A. Corver

Colophon

Periplus Archeomare Report 21A036-01

Archaeological desk study area of interest Aramis pipelines
Authors: S. van den Brenk and R. van Lil
At the request of: Fugro
Contact: S. Po

© Periplus Archeomare, Februay 2022.
Photographs and drawings are owned by Periplus Archeomare, unless specified differently

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form
or by any means without the prior permission of the Publisher.
Periplus Archeomare BV does not accept any liability for damage resulting
from the advice or the use of the results from this investigation.

ISSN 2352-9547

Revision details

Revision	Description	Authors	Checked by	Authorisation	Date
2.0	Final (comm. Inc.)	SvdB/RvL	BvM	BvM	04-02-2022
1.0	Draft	SvdB/RvL	BvM	BvM	15-01-2022

Authorization:



B.E.J.M. van Mierlo
KNA Senior prospector waterbodems

Periplus Archeomare
Kraanspoor 14
1033 SE - Amsterdam
Tel: 020-6367891
Email: info@periplus.nl
Website: www.periplus.nl

Contents

Samenvatting (in Dutch) **3**

Summary **4**

1 Introduction **6**

1.1 Background 7

1.2 Objective 7

1.3 Research questions 8

1.4 Research and management framework 8

2 Methodology **10**

2.1 Sources 11

3 Results **12**

3.1 Definition of the area of interest and consequences of future use (LS01) 12

3.2 Description of the current situation (LS02) 14

3.3 Historical situation and possible disturbances (LS03) 18

3.4 Geological setting within which the archaeological objects are to be found (LS04) 23

3.5 Known archaeological values and other objects (LS04) 34

3.6 Specified archaeological expectancy (LS05) 43

4 Synthesis **45**

5 Summary and recommendations **47**

List of figures **49**

List of tables **49**

Glossary and abbreviations **50**

References **51**

Appendix 1. Phases of maritime archaeological research **54**

Appendix 2. Archaeological and geological periods and time scale **56**

Table 1. Dutch archaeological periods

Period	Time in Years				
Post-medieval / Modern Times	1500	A.D.	-	Present	
Late medieval period	1050	A.D.	-	1500	A.D.
Early medieval period	450	A.D.	-	1050	A.D.
Roman Times	12	B.C.	-	450	A.D.
Iron Age	800	B.C.	-	12	B.C.
Bronze Age	2000	B.C.	-	800	B.C.
Neolithic (New Stone Age)	5300	B.C.	-	2000	B.C.
Mesolithic (Stone Age)	8800	B.C.	-	4900	B.C.
Palaeolithic (Early Stone Age)	300.000	B.C.	-	8800	B.C.

Table 2. Administrative details

Location:	North Sea		
Toponym:	Aramis pipelines		
Chart:	1801-01		
Coordinates Geodetic datum: ED50 Projection: UTM31N	Centre:	E 560722	N 5856233
	NW	E 510577	N 5961562
	NE	E 610866	N 5961562
	SW	E 510577	N 5750904
	SE	E 610866	N 5750904
Depth (LAT):	0 to 46.1 meter, average 26.7 meter		
Surface investigation area	11,355 km^2		
Environment:	Tidal currents, salt water		
Area use:	Shipping , fishing, wind farm zones		
Area administrator:	Rijkswaterstaat Zee en Delta Municipality of Rotterdam		
ARCHIS number:	5144645100		
Periplus-project reference:	21A036-01		
Period of execution	January 2022		

Samenvatting (in Dutch)

Periplus Archeomare heeft in opdracht van Fugro een archeologisch bureauonderzoek uitgevoerd naar het plangebied voor de Aramis-leidingroutes. Het gebied van 11.355 km2 ligt in de Noordzee, voor de kust van Nederland.

Door de aanleg van de leidingen kunnen eventueel aanwezige archeologische resten in het gebied worden bedreigd. Volgens de Erfgoedwet (2016) is een wettelijke verplichting om archeologisch onderzoek te doen om archeologische resten te beschermen. Dit archeologische bureauonderzoek is de eerste stap in het archeologisch proces om vast te stellen of archeologische resten aanwezig zijn en of deze resten kunnen worden aangetast door de aanleg van de geplande pijpleidingen. De resultaten zijn hieronder samengevat.

Het gebied heeft hoge verwachtingen voor de aanwezigheid van (overblijfselen van) scheepswrakken en vliegtuigwrakken uit de Tweede Wereldoorlog. Intacte prehistorische landschappen en verwante in situ overblijfselen van paleolithische en vroeg-mesolithische campings en opgravingen kunnen op bepaalde plaatsen bewaard zijn gebleven. De voorlopige pijpleidingroutes zijn nog niet onderzocht door gedetailleerde geofysische onderzoeken. Deze gebieden bevatten mogelijk meer onontdekte scheepswrakken of overblijfselen van scheepswrakken dan nu bekend is.

Op dit moment is er nog weinig bekend over de integriteit van het Pleistoceen landschap. Door middel van seismiek kunnen hierin de voorkomende geologische eenheden (zowel horizontaal als verticaal) en archeologische niveaus in kaart worden gebracht. Het karakter van laaggrenzen (erosief of niet-erosief) kan worden geïnterpreteerd. Het is echter onwaarschijnlijk dat archeologische overblijfselen van paleolithische en mesolithische nederzettingsresten op basis van geofysisch en geotechnisch onderzoek met voldoende zekerheid kunnen worden geïdentificeerd om beperkingen op te leggen aan de aanleg van pijpleidingen. In dit stadium moet daarom niet worden geconcentreerd op het opsporen van prehistorische nederzettingsresten, maar op een pragmatische inzet geofysische technieken inzetten om een beter inzicht te krijgen in (de integriteit van) het Pleistoceen landschap. De verkregen inzichten zullen worden gebruikt om a) het archeologische verwachtingsmodel te verfijnen en b) gebieden met een hoge verwachting voor in situ prehistorische overblijfselen toe te wijzen.

Conform de AMZ-cyclus wordt geadviseerd om een inventariserend veldonderzoek uit te voeren om de archeologische verwachting. In het algemeen bestaan vergelijkbare onderzoeken uit een geofysisch onderzoek met side scan sonar, magnetometer en subbottom profiler en een geotechnisch onderzoek. De resulterende gegevens moeten worden geanalyseerd nadat de algemene verwerking, interpretatie en rapportage door de onderzoeksaannemer is uitgevoerd.

De archeologische beoordeling van de gegevens dient te worden uitgevoerd door een geofysisch specialist (KNA prospector Waterbodems). De datakwaliteit van de onderzoeken moet aansluiten bij de eisen voor deze archeologische beoordeling. Om de afstemming tussen het geofysisch onderzoek en de vereiste kwaliteit voor deze beoordeling te waarborgen, dient een Programma van Eisen opgesteld te worden conform de KNA (Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie 4.1) dat door de bevoegde autoriteit wordt beoordeeld en goedgekeurd.

Summary

Periplus Archeomare was assigned by Fugro to conduct an archaeological desk study of the area of interest for the Aramis pipeline routes. The area of interest of 11.355 km^2 is located in the North Sea, off the coast of the Netherlands.

The installation of the pipelines may affect archaeological remains in the area, if present. According to the Law on Archaeological Heritage (Dutch: Erfgoedwet 2016) there is a statutory obligation to conduct archaeological research in order to protect the remains. This archaeological desk study is the first step in the archaeological process aiming to establish whether archaeological remains are, or are likely to be, present, and whether these remains could be effected by the development of the planned pipelines. The results are summarized below.

The area of interest has a high expectation for the presence of (remains of) ship wrecks and WWII plane wrecks. Intact prehistoric landscapes and related *in situ* remains of Palaeolithic and Early Mesolithic camp sites and inhumations are expected to have been preserved in places.

The proposed pipeline routes have not been investigated by detailed geophysical surveys yet. These areas may contain more undiscovered shipwrecks or remains of shipwrecks than currently known.

At this stage little is known about the integrity of the *Pleistocene* landscape. By means of subbottom profiling the occurrence geological units (both horizontal as vertical) and archaeological levels herein can be mapped. The character of layer boundaries (erosive or non-erosive) can be interpreted. It is unlikely however that archaeological remains of Palaeolithic and Mesolithic camp sites can be identified with sufficient certainty (based on the geophysical and geotechnical surveys) to impose restrictions on pipeline development. At this stage focus should therefore not be put on tracing prehistoric camp sites but on a pragmatic employment of geophysical techniques in order to obtain a better insight in (the integrity of) the *Pleistocene* landscape. The insights gained shall be used to a) refine the archaeological expectancy model and b) allocate areas with a high expectancy for *in situ* prehistoric remains.

In accordance with the AMZ cycle it is advised to conduct a field investigation (in Dutch '*Inventariserend veldonderzoek opwaterfase*') in order to test the archaeological predictive model and further specify the type, vertical and lateral extent, age, integrity and preservation of ship wrecks, prehistoric landscapes and potential archaeological levels.

Archaeological Expectancy	**Method**		**Goal**	**Remarks**
Ship and aircraft wrecks	Geophysical	Side Scan Sonar	detect and map wreck sites	wrecks exposed at, or protruding from the seabed
		Multibeam	characterize wreck sites morphologically; detect (partially) buried wrecks by the occurrence of scours	in addition to side scan sonar
		Sub-bottom Profiler	detect buried objects including possible ship wrecks and remains of aircraft	nature of the buried object cannot be determined directly
		Magnetometer		
Prehistoric settlements		Sub-bottom Profiler	map the Pleistocene landscape; specify expectancy	supported by, and validated with drill data

Archaeological Expectancy	Method		Goal	Remarks
(camp sites)	Geotechnical	Geological Sampling	determine lithostratigraphy, soil layer boundaries (erosive or gradual) and characteristics of soil formation and maturation; specify expectancy	designation of borehole and/or vibrocore locations for geo-archaeological research based on SBP data
		Cone Penetration Test	determine lithostratigraphy	correlate with drilling data

In general, similar investigations carried out in the past consist of a geophysical survey with *side scan sonar*, *magnetometer* and *subbottom profiler* and a geotechnical survey. The resulting data should be assessed after the general processing, interpretation and reporting has been performed by the survey contractor.

The archaeological assessment of the data shall to be conducted by a geophysical specialist (KNA prospector Waterbodems). The data quality from the surveys needs to match the demands for this archaeological assessment. To ensure compatibility between the site investigation and the required quality for this assessment it is recommended to define a Program of Requirements (In Dutch: 'Programma van Eisen') in accordance with the 'KNA' (the Dutch quality standards for archaeological research), to be authorized by the competent authority.

1 Introduction

Periplus Archeomare was assigned by Fugro to conduct an archaeological desk study of the area of interest for the proposed Aramis pipeline routes. The area of interest of 11.355 km^2 is located in the North Sea off the coast of the Netherlands.

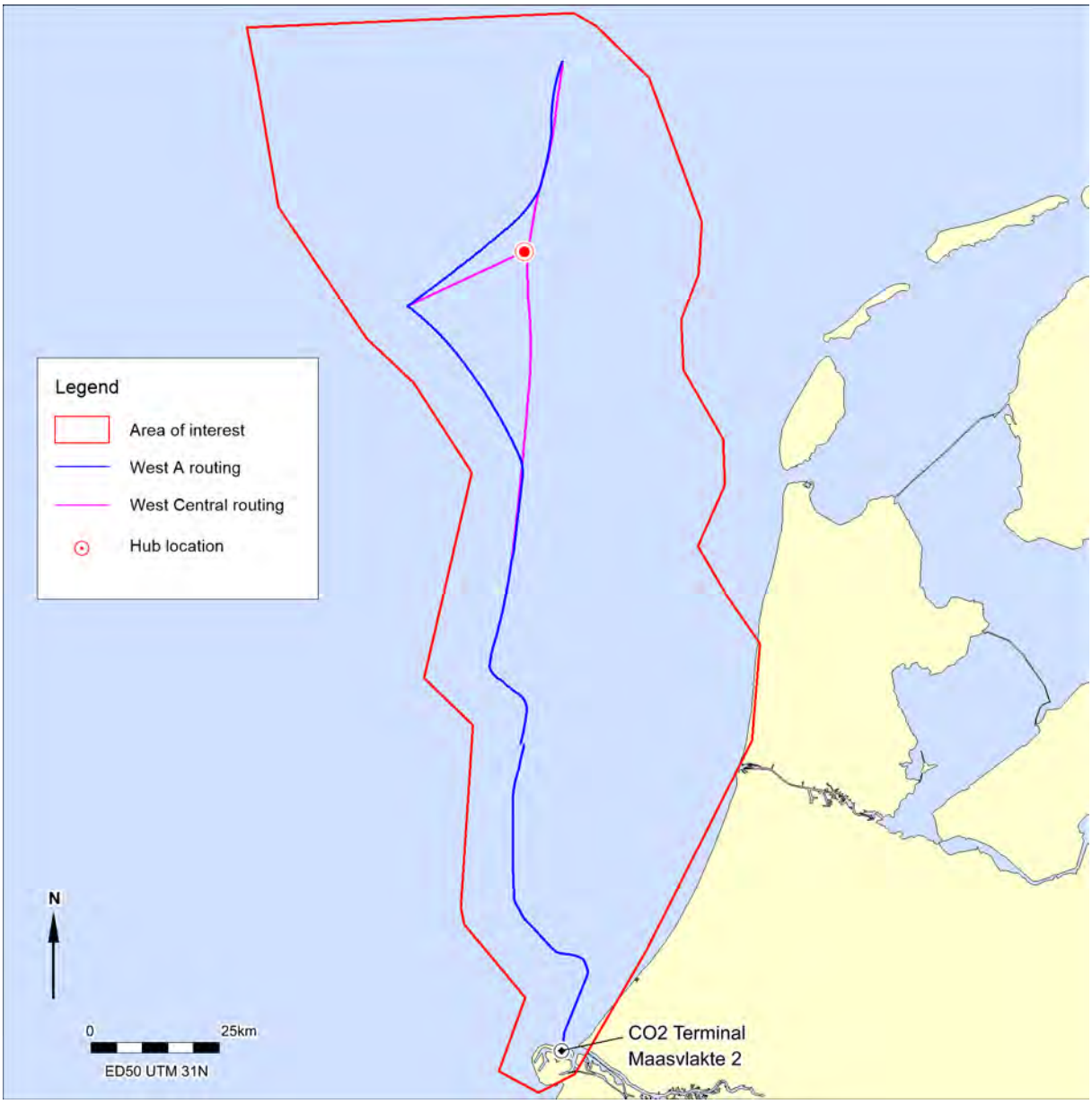


Figure 1. Location map of the area of interest

The desk study and reporting were carried out in accordance with the Dutch Quality Standard for archaeological research[1].

[1] Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA waterbodems 4.1).

1.1 Background

TotalEnergies plans to build a new pipeline from Maasvlakte 2 to offshore blocks L4/K6 as part of the CCS Aramis project. The area to be investigated encompasses:

(1) the shore approach/Landfall pipeline routing for HDD and dredging part at Maasvlakte
(2) the offshore rigid pipeline routing from Maasvlakte to blocks L4/K6
(3) the offshore distribution hub.

As a preparation phase of the future surveys to be performed, TotalEnergies intends to conduct desktop studies of the area of interest. The final routing and the location of the distribution hub are not defined yet.

In the Law on Archaeological Heritage (Erfgoedwet 2016), emerged from the Malta Convention (1992), incorporated in the Monuments Act through the Archaeological Heritage Act, the protection of the archaeological heritage is regulated. Planned activities, such as the installation of pipelines in the North Sea, may affect the archaeological values if present. If effects on possible remains are expected, there is a statutory obligation to conduct archaeological research. This process is also outlined in the Water Decree (Dutch: Waterbesluit).

This archaeological desk study for the proposed Aramis pipeline is the first step in the archaeological process as part of the so-called *AMZ* cycle.

1.2 Objective

The purpose of an archaeological desk study in general is to specify the archaeological expectancy for a certain area. More in detail, the purpose of this desk study is to establish whether archaeological remains are, or are likely to be, present along the pipeline route, and whether these (possible) remains could be affected by the installation of the pipeline. Where possible, the desk study aims to give insight into the (possible) archaeological value of these remains in terms of their physical or scientific value, such as the overall quality of preservation and the rarity of the remains. Furthermore, this report aims to make recommendations regarding subsequent steps in dealing with known and expected archaeological remains along the pipeline route.

The archaeological management procedure (‘AMZ-cycle’) is a defined sequence of steps and decisions within archaeological heritage management in the Netherlands. The procedure is embedded in the Dutch Quality Standard for Archaeology (KNA Waterbodems 4.1) as the mandatory workflow for archaeologists. A detailed description of the different phases of archaeological research is included in appendix 1.

1.3 Research questions

For an archaeological desk study, the following research questions are applicable:

- Are there any known archaeological values present within the area of interest? If so, what is the nature, extent (depth) location and dating of these sites?
- Are there, in addition to any known values, archaeological remains to be expected? If so, what are the nature, extent (depth) location and date of the expected archaeological remains?
- Can the proposed activities affect known or expected archaeological values? If so, can an impact on archaeological assets be prevented or restricted by planning adaptation?
- If the archaeological values cannot be saved: What kind of further research is needed to determine the presence of archaeological values and their size, location, type and date to be determined enough to come to a selection decision?
- What are the possible effects of the installation of the pipeline on the areas with specific archaeological interest?
- What are the possibilities to mitigate the disturbance of areas with specific archaeological interests?
- Should further investigations be carried out from archaeological point of view and what are the recommendations on the scope and specifications of these investigations?

If, on the basis of this desk study, a connection can be made with other questions from the *NoaA* 2.0, then these must be answered. Given the nature of the research and the often limited possibilities for the identification of archaeological object, it is not possible to select all the questions in advance. As far as the possible find categories are concerned, there are also various ongoing research programs at universities, with which a relationship can be established.

1.4 Research and management framework

Our knowledge of the development of *Pleistocene* and Early *Holocene* landscapes and the plants, animals and humans who lived in the North Sea area is limited. This gap in geo-archaeological knowledge was recognized by the Dutch Cultural Heritage Agency (Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed). To provide tools to fill this gap the 'North Sea Prehistory Research and management Framework (NSPRMF)' was published, in which the foundation was laid for future research and management of the prehistoric heritage. The themes and topics of the NSPRMF are listed in table 3.

Theme	Topics
A. Stratigraphic and chronological frameworks	A.1: Lithostratigraphic classification and chronological anchoring A.2: Sea level change and glacio-isostacy A.3: Survival of deposits of archaeological significance A.4: Biostratigraphies and absolute dating
B. Palaeogeography and environment	B.1: Middle/Late Pleistocene reshaping of topography and river drainage B.2: Development of the Weichselian/Devensian landscape B.3: Palaeogeographic evolution after the Last Glacial Maximum (LGM) B.4: Quaternary palaeoecology
C. Global perspectives on intercontinental hominin dispersals	C.1: North Sea coastal dynamics and human uses of the coastal zone C.2: Pleistocene North Sea level oscillations and population of islands
D. Pleistocene hominin colonisations of northern Europe	D.1: Early human exploitation strategies in changing environments D.2: Natural barriers for hominin expansion
E. Reoccupation of northern Europe after the Last Glacial Maximum (LGM)	E.1: Post-LGM occupation flux E.2: Occupation strategies
F. Post-glacial land use dynamics in the context of a changing landscape	F.1: Changing landscape structure F.2: Behavioural diversity among hunter-gatherers F.3: Maritime archaeologies of the North Sea
G. Representation of prehistoric hunter-gatherer communities and lifeways	G.1: Spatial perspectives on North Sea palaeolandscapes G.2: The distributional nature of early hominin communities G.3: Enculturated hunter-gatherer landscapes

* Despite the fact that theme G primarily focusses on post-LGM hunter-gatherers, topic G.2 was broadly defined, and of equal relevance to theme D.

Table 3. NSPRMF - research themes and topics (Peeters 2009)

In 2019 the NSPRMF agenda was retuned based on the developments in the previous decade. This report contains the basis for policy in the years to come. The archaeological studies currently conducted in the context of wind farm development, pipeline and cable installation, sand extraction and exploration for oil and gas in the North Sea area, are conducted in accordance to the AMZ-cycle. These studies shall contribute to the goals set in the NSPRMF.

As described above little is known about the early *Holocene* inhabitants of the North Sea region, their settlements and the way in which they maintained themselves in the rapidly changing landscape. The information value of the expected settlements is therefore large. This is also stated in the National Research Agenda for Early Prehistory: *Locations and any surrounding phenomena that are located in paleo-landscape contexts that have not or have hardly been investigated have by definition a large information value.* For future investigations, reference shall therefor be made to the framework and the research questions in the *NOaA* in addition to the NSPRMF.

2 Methodology

The desk study was conducted in accordance with the Dutch Quality Standard for Archaeology (KNA Waterbodems 4.1, Protocol 4002). This concerns in particular the specifications LS01, LS02, LS03, LS04 and LS05. The study is reported in accordance with specification LS06.

In order to comply with the main objectives and answer the research questions, the archaeological desk study is carried out according to the scope of Work as described in the following steps:

- Description of the Area of Interest and determination of the consequences for future use (LS01);
- Description of the current usage of the area of Interest (LS02);
- Description of the historical situation and possible disturbances (LS03);
- Description of the geological setting within which the archaeological objects are to be found (LS04);
- Description of the known archaeological features and objects (LS04);
- Definition of a specified archaeological expectation (LS05).

Based on these components a specified archaeological expectation is defined. It is expressed whether, and if so, which archaeological values can be expected. The properties of these values will be indicated in as much detail as possible. The results of the study are summarized in chapter 3. Based on the results the research questions are answered in chapter 4. The study concludes with a summary and recommendation in chapter 5.

The research and reporting were conducted by S. van den Brenk (senior marine archaeologist) and R. van Lil (senior marine prospector). The results were approved and authorized by B. van Mierlo (Senior marine prospector).

2.1 Sources

The following sources were consulted for the study:

- Archis III, archaeological database of the Dutch Cultural Heritage Agency
- Databases of Periplus Archeomare
- Dutch Federation for Aviation Archaeology (NFLA)
- Geological maps
- Geological publications
- Scope of Work NL DTS Aramis (Memo TotalEnergies)
- National Contact Number (NCN) database Rijkswaterstaat
- Rijkswaterstaat Zee en Delta
- The Hydrographic Service of the Royal Netherlands Navy
- *TNO-NITG*; geological borehole data and maps
- Various results from previous investigations in the area of interest
- Various sources from the Internet

For a complete overview of the sources and literature see references on page 51. Words in *italics* and abbreviations are explained in the glossary on page 50.

3 Results

3.1 Definition of the area of interest and consequences of future use (LS01)

The area of interest is located off the west coast of the Netherlands and stretches from Maasvlakte 2 to mining block L4, 75 km northwest of the island of Texel.

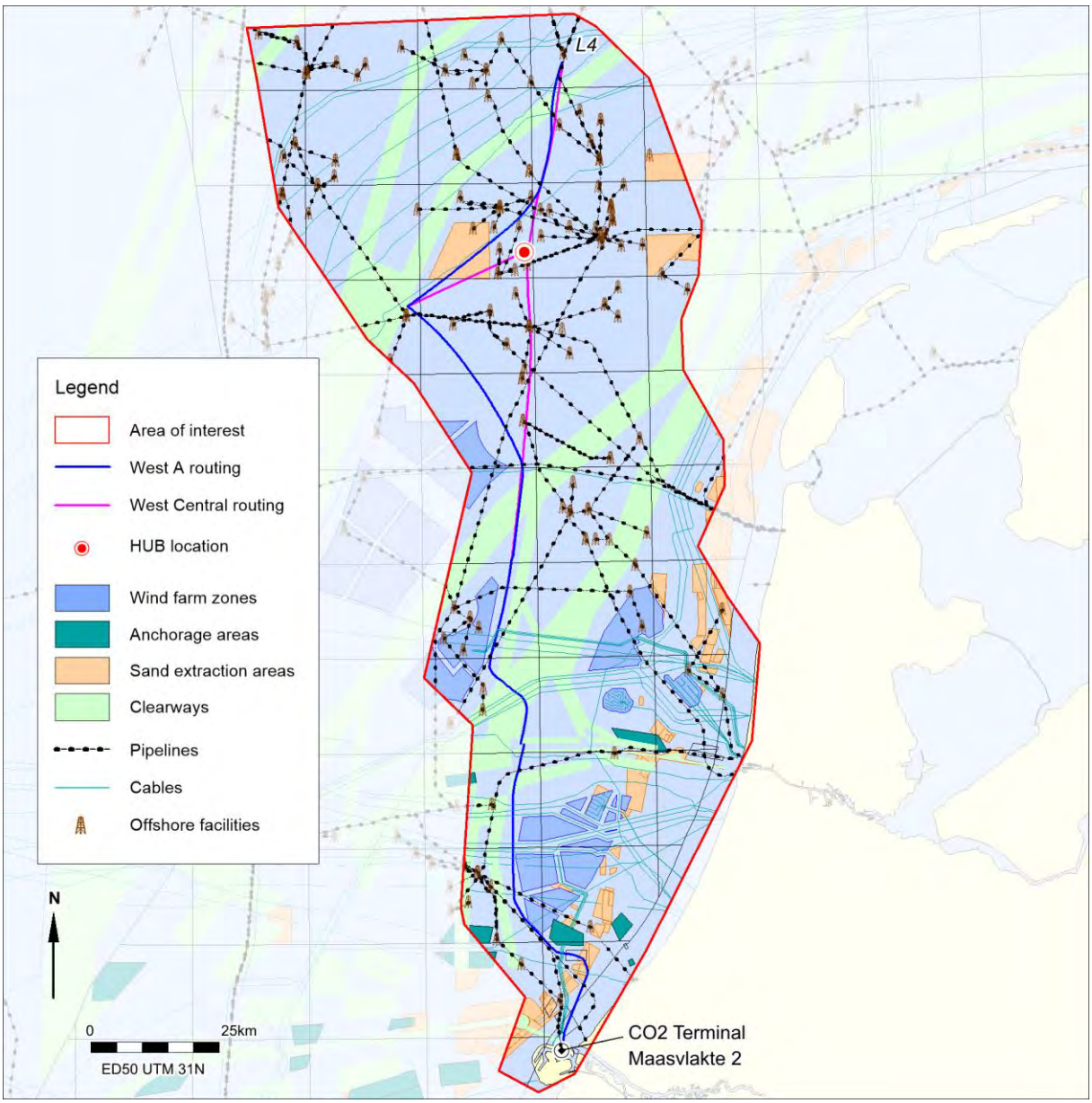


Figure 2. Overview of the area of interest in relation to other areas of use

The trenching of the pipelines has a direct impact on the seafloor, which might have an effect on the possible presence of cultural heritage. In the longer term, exposed pipelines can cause a change in seafloor morphology due to change of tidal currents. This may cause, in turn buried ship wrecks to emerge at the surface, exposing them to erosion.

Previous research

Parts of the area of interest have been investigated in the past for archaeological purposes:

- Several offshore drill locations
- Wind farm zones Hollandse Kust North, South and West
- Cable and pipeline corridors

The outlines of the investigated areas are shown in the figure below.

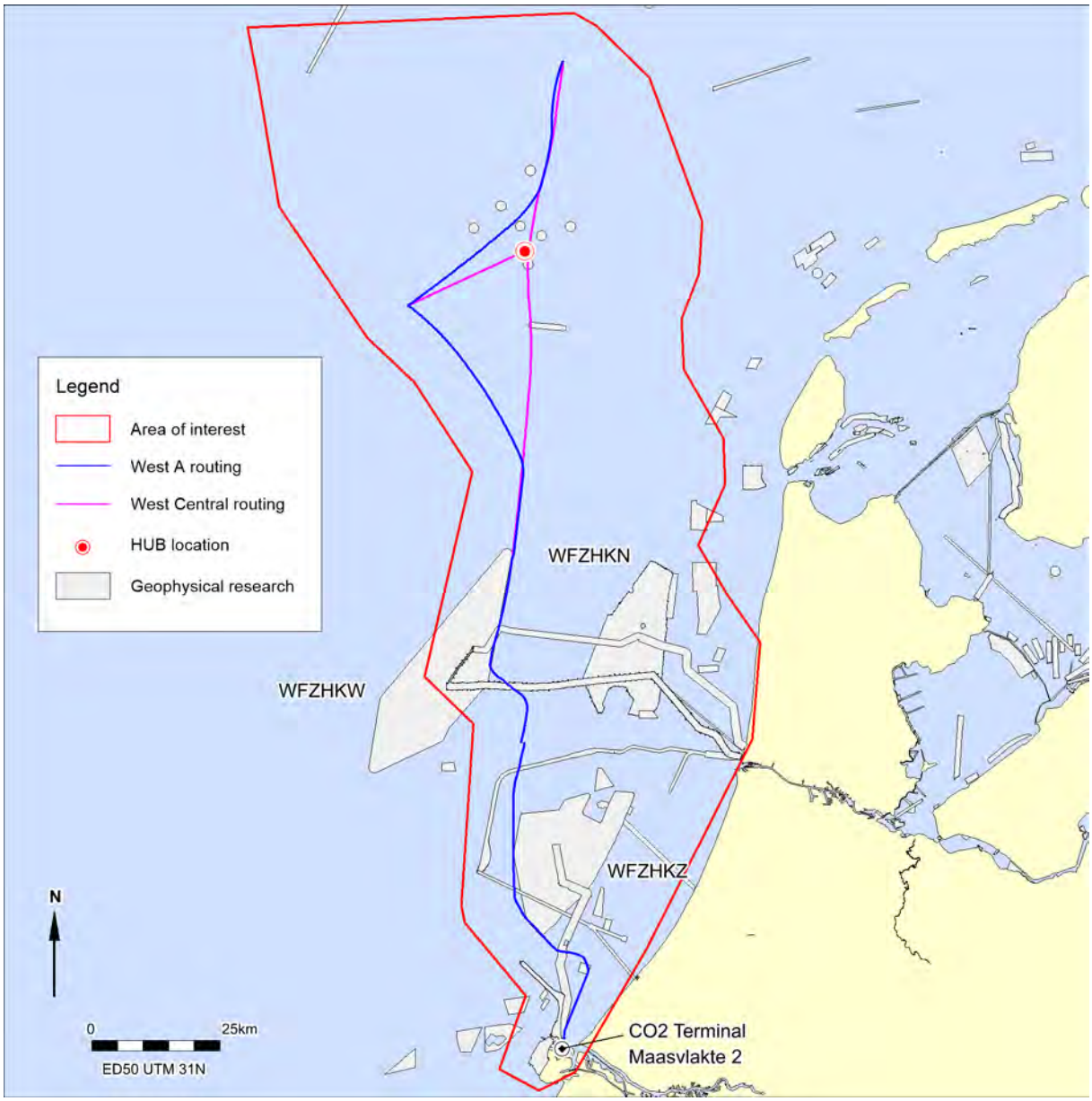


Figure 3 Previous conducted archaeological investigations in the area

The results of these investigations have been incorporated in paragraph 3.5, description of known archaeological values.

3.2 Description of the current situation (LS02)

The figure below shows a colour depth map based on composite data from the Hydrographic Service (25m grid, 2009) and data from various wind farm zones (5m, 2026-2020).

The water depth within the area of interest varies from 0 to 46.1 meter (LAT), with an average of 26.7 meter (LAT).

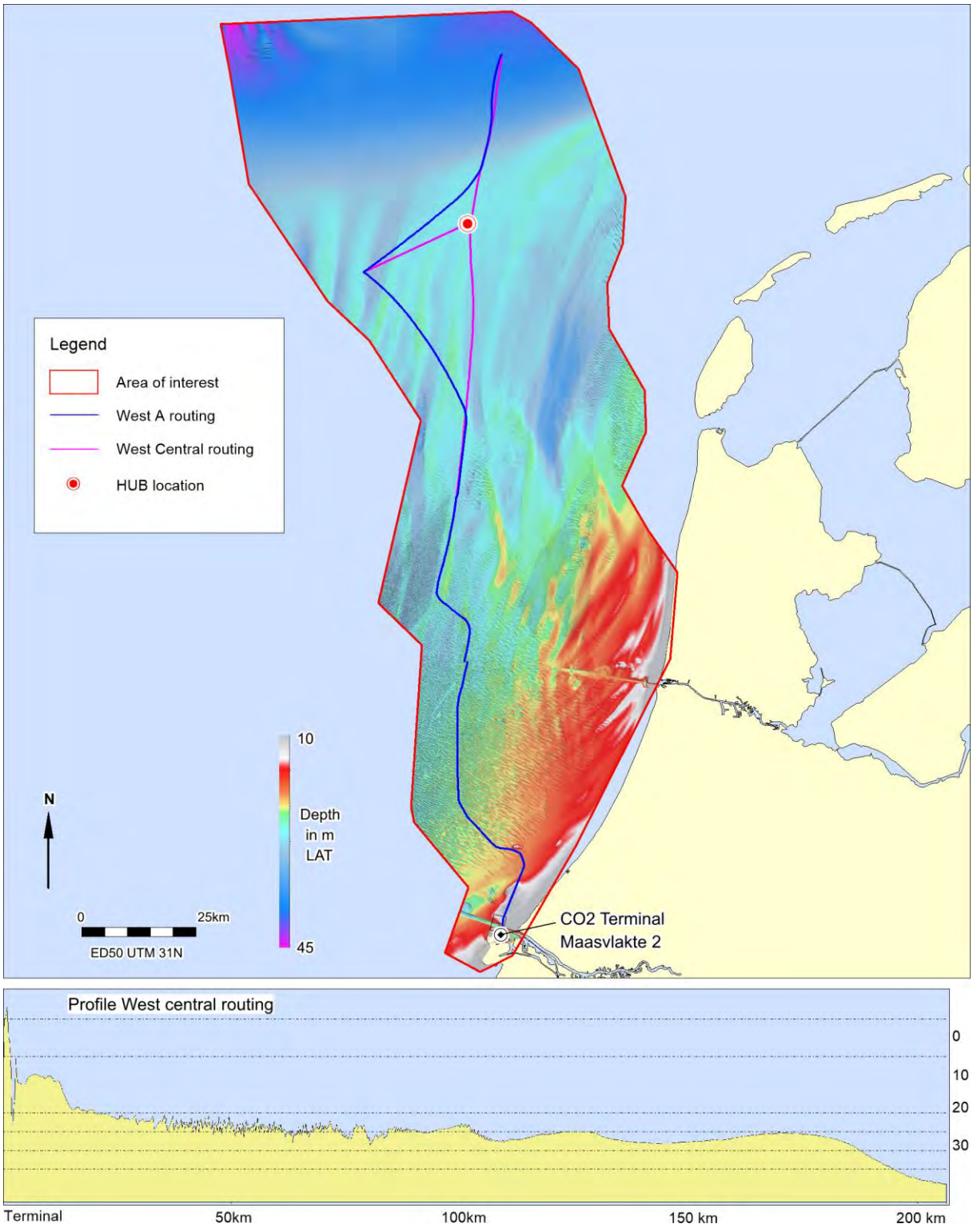


Figure 4. General bathymetry of the seabed and profile along the West central routing

The seabed is characterized by three types of morphological structures. The largest structures are north-south orientated ridges. The ridges vary in width from 1km to 4km and are generally up to 10m in height. Superposed on the ridges sand waves have developed. The occurrence of sand waves is confined to the southwestern and central part of the area. The sand waves are up to 4m in height; the average distance between the crests is 300m. The crest heights tend to diminish towards the north. The sand wave crest orientation changes from west-east to northwest-southeast at the intersections with the large north-south orientated ridges.

Mega-current ripples which developed on top of the sand waves cannot be distinguished due to the grid-scale available (25m), but are nonetheless expected to be present. The ripple height is often less than a few dm; the distance between the current ripple crests is up to 10m.

The large ridges, sand dunes and current ripples have formed in the top layer of mobile sand. The ripples migrate along with tidal currents; the sand dunes typically migrate with a speed of 1 to 10 m/year. The migration rate of sand dunes in the Princes Amalia Wind Farm Zone was assessed to be in the order of 4 m/year[2].

[2] Laban 2004.

Landfall area

An overview of the recent bathymetry in the landfall area is constructed based on composite data from various surveys (Hydrographic service, Rijkswaterstaat and Tennet, with permission).

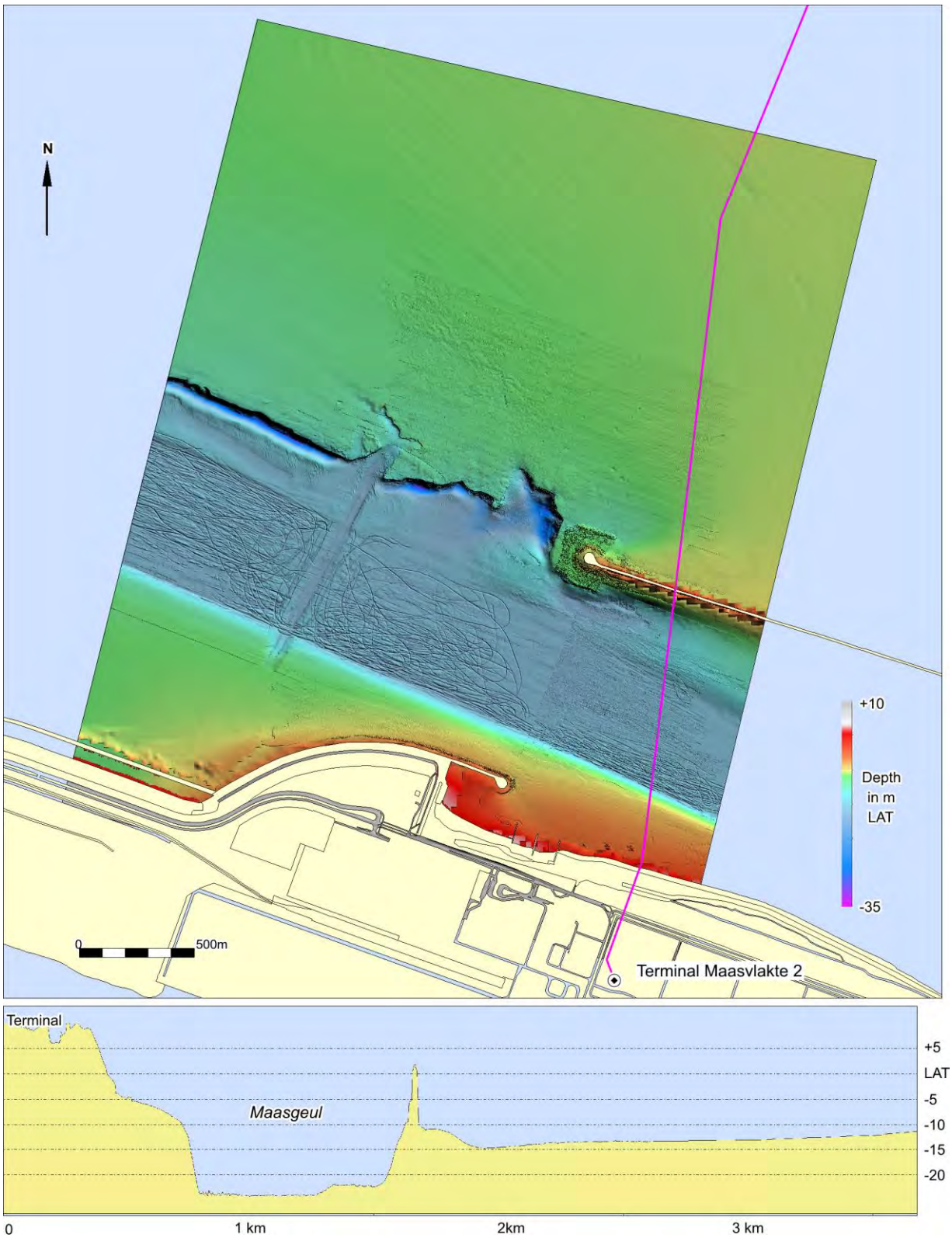


Figure 5. Bathymetry of the seabed in the landfall area

Seabed morphology

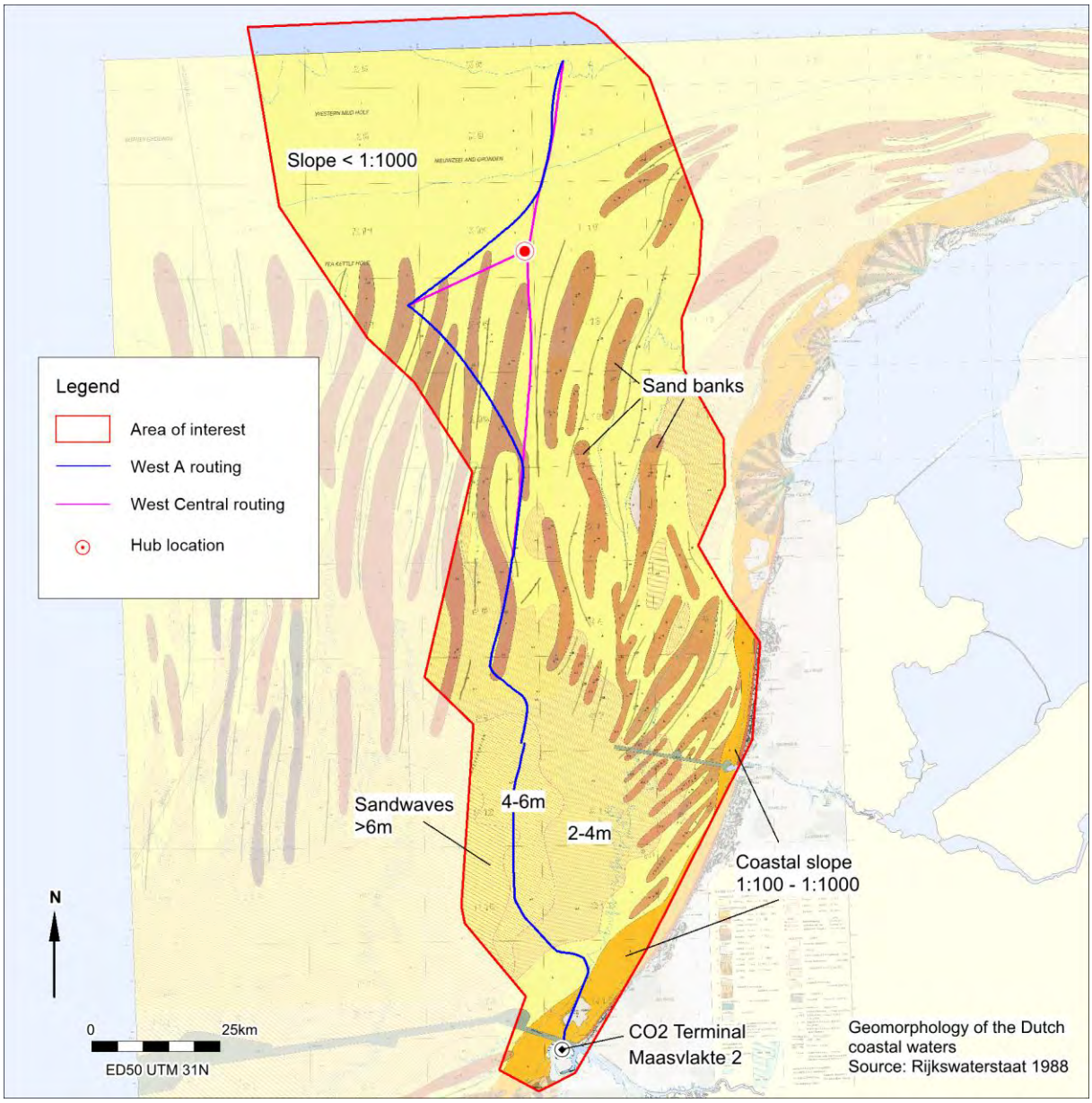


Figure 6. Geomorphology of the seabed

The southern part of the area of interest is dominated by sand waves with a northwest-southeast orientation and a height of 4 to 6 meters. The central area is dominated by large north-south oriented sand banks, superimposed by sand waves. The northern part is predominantly flat and featureless.

3.3 Historical situation and possible disturbances (LS03)

The North Sea basin formed about 12000 years ago as an extensive aeolian sand landscape with a tundra climate. At the end of the last Ice Age (ca 11500 years ago), the temperature rose as a result, the northern glaciers melted. The sea level rose and the North Sea basin was gradually filled. The filling of the North sea plains did occur over a period of 3500-5000 years. During this time the landscape changed, from freezing tundra to woodland where birch dominated the region, with some alder, hazel, juniper, and pine[3]. During this time, the North sea rose more rapidly than it does today, therefore, the residents of the area had to leave eventually for higher ground.[4]



Figure 7. Reconstruction of the historical coast lines in the North Sea basin (map by: McNulty, W.E. and J.N. Cookson in National Geographic Magazine)

The Dogger Bank in the North of the Dutch Continental Shelf is an example of an elevated area. Remnants of the tundra landscape and its inhabitants are regularly found in the nets of fishermen. However, all over the North Sea, remnants are found of hominin occupation of the region. For example, the only known Neanderthal from the Netherlands was found in the North sea. Moreover, multiple Palaeolithic and Mesolithic artefacts and even human remains have been found within the remains of the North Sea[12]. A number of artefacts have been found within the area of interest [5.] By 6000 years ago, the North sea plains were fully submerged, and the North sea looked very much as it does today.

[3] Van de Noort, 2011

[4] Gaffney e.a. 2005.

[5] Louwe Kooijmans 1970.

Due to the sea level rise the ancient landscapes drowned. These landscapes are depicted through geophysical and geotechnical engineering. Recently, for example, on the basis of seismic data from the oil industry a prehistoric landscape was reconstructed near the east coast of England[6]. Authors concluded that a large part of the Southern North Sea contains an in-situ prehistoric landscape.

Figure 8 shows the remains of mammal bones, among which many remains of mammoths which have been found in the nets of fishermen in the North Sea area. Among the finds is a well-preserved prehistoric human skull. Possibly the skull has been found near the Brown Bank area, but unfortunately the location of these finds is not known [7].

The finds are done by different fishermen, but given to fisherman Kommer Tanis who preserves and collects the finds. Tanis reports important finds, such as the human skull shown in figure 8 to scientists. In close cooperation with the scientists he makes the finds available for further analysis, such as DNA research.



Figure 8. Human skull found in the nets of fishermen in 'North sea/Doggerland' in November 2019

[6] Project 'North sea paleo-landscapes' of the University of Birmingham

[7] Pers. Comm. Fisherman and collector Kommer Tanis.



Figure 9. Prehistoric artefacts collected by fishermen and found at the beach (after Kooijmans 1970 en Armkreutz 2018).

Shipping

The earliest evidence of shipping in the North Sea dates from the Neolithic. For example, evidence of this can be found in prehistoric Rhineland burials. In this region the access of tin was limited and was therefore considered a luxury good. It had to be imported from other regions. One of such regions is South-West Britain[8]. It can be seen the other way around as well, Alpine jade axe heads have been sporadically found across the British Isles. Since this age, there is an increase of shipping in the North Sea with a few well-documented historical peaks. During Roman times, the North Sea and in particular the Channel served as connecting bridge for the empire. From the Early and High Middle Ages new centres of power arose along the North Sea coast. Furthermore, the raids of the Vikings should also be mentioned in this context. From the late Middle Ages, the international trade and the shipbuilding industry developed so that the North Sea was a stepping stone for global shipping routes. In all periods, ships were lost at sea. Ship wrecks are

[8] Van de Noort 2011.

the traces of the maritime past and this can be preserved under favourable storage conditions in sediment. Obviously, the possible existing wreck sites only occupy a very small area of the total area of interest.

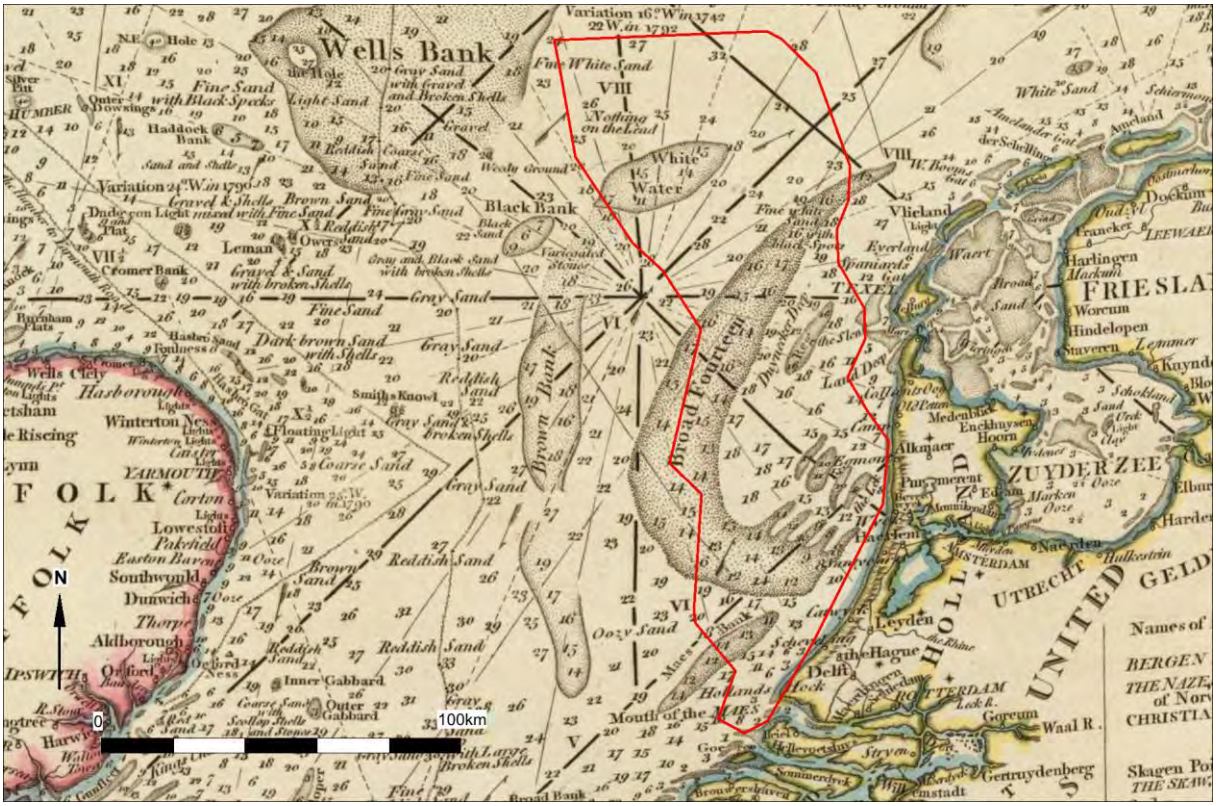


Figure 10. The area of interest on the historical map of 1777 (Faden)

Known disturbances of the seabed

In the past, parts of the seabed within the area of interest have been disturbed by trenches for cables and pipelines. The initial depth of burial of the cables is unknown, but should be a minimum of 1 meter according to the environmental permits. It is however expected that the cables are laid at a depth of 2 meters up to a maximum of 5 meters below the seabed. This also applies to the pipelines in the area.
Within the area of interest, more than 100 areas are known where sand is extracted, generally to a depth of 2 meters in relation to the seabed.

In general, large parts of the seabed have been disturbed by trawl nets of fishermen.

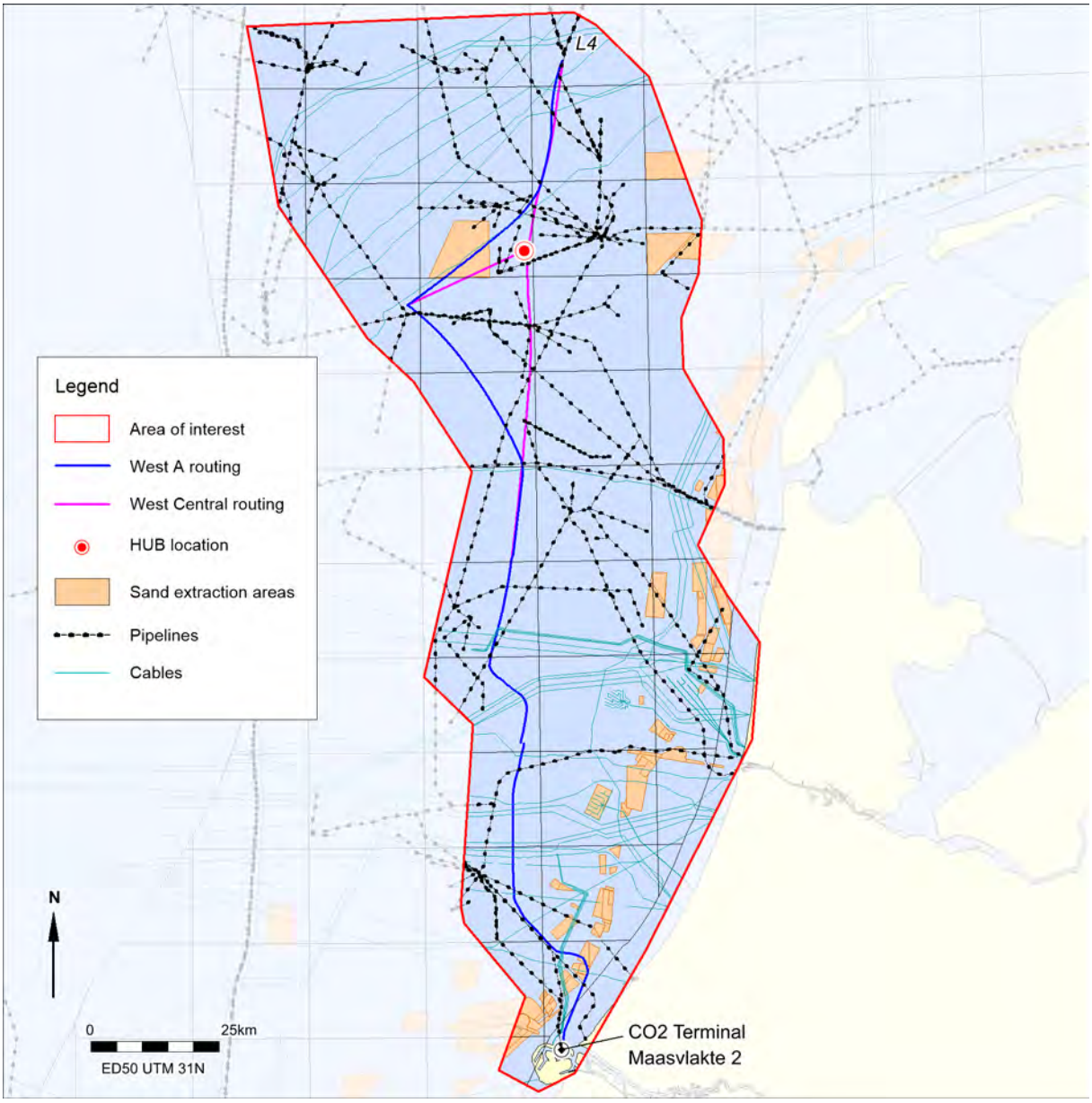


Figure 11. Pipelines, cables and sand extraction areas in the area

Locations and status of cables, pipeline and sand extraction areas are based on the database of Rijkswaterstaat (November 2021). This may differ from the as-built data from the operators.

3.4 Geological setting within which the archaeological objects are to be found (LS04)

The archaeological prospect for (pre)historic settlements is strongly related to the geogenesis of the plan area. The geogenesis is reflected by the lithostratigraphic units present, the character of layer boundaries (erosive vs non-erosive) and indications for the development of soils within the sediments in prehistoric times. Therefore geophysical and geological data are an important source to answer questions with respect to the nature, age, depth and location of occurrence, integrity and preservation of the archaeological remains which are to be expected within the area of interest.

Seabed sediments

The seabed sediments in the area of interest consist mainly of sand, with patches of gravelly sand in the southern and central area. In the northern part the sediments become finer (muddy sand).

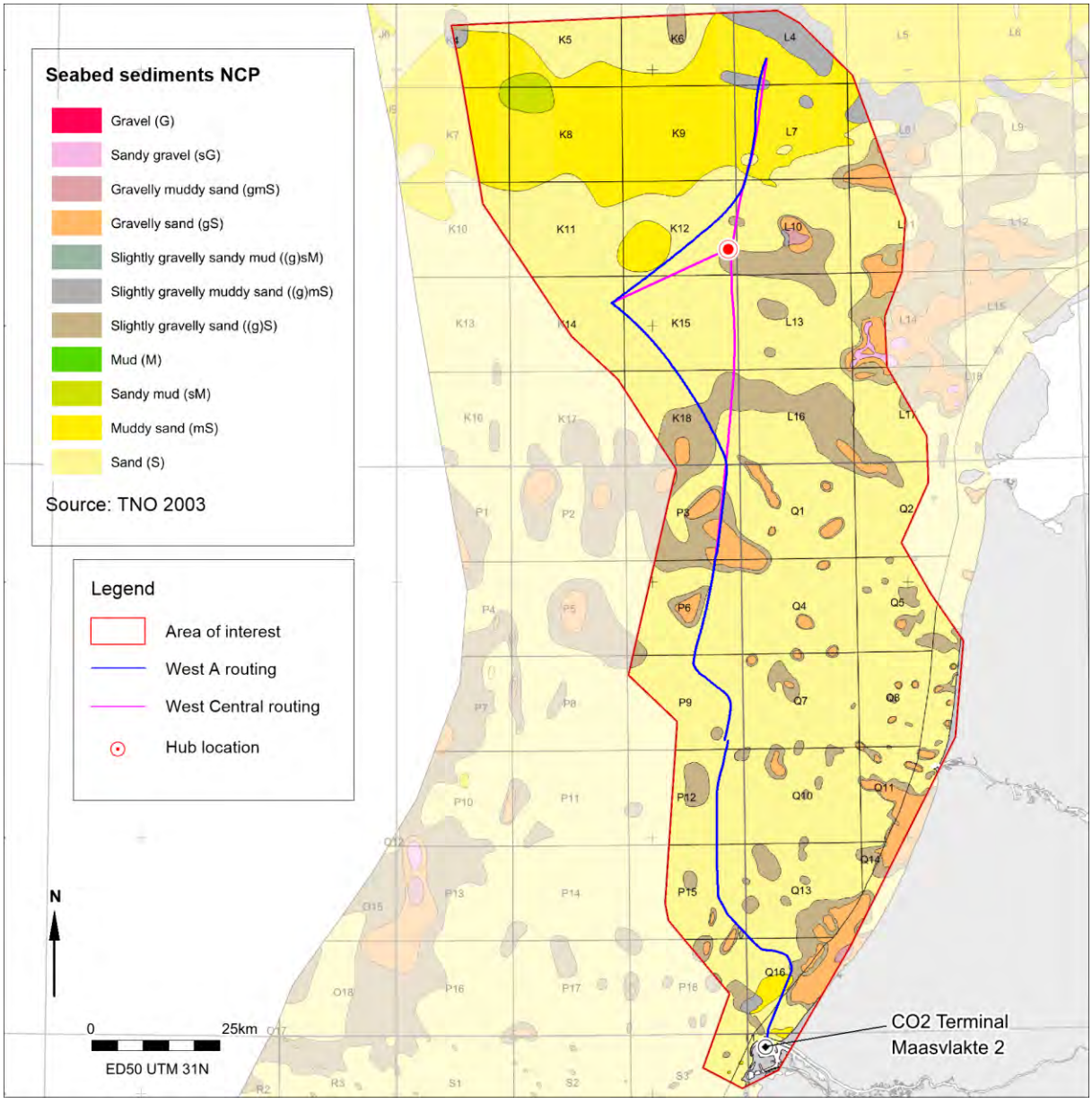


Figure 12. Seabed Sediments (Laban 2003)

Pleistocene Units

Figure 13 shows the different subcropping *Pleistocene* units in the area of interest[9].

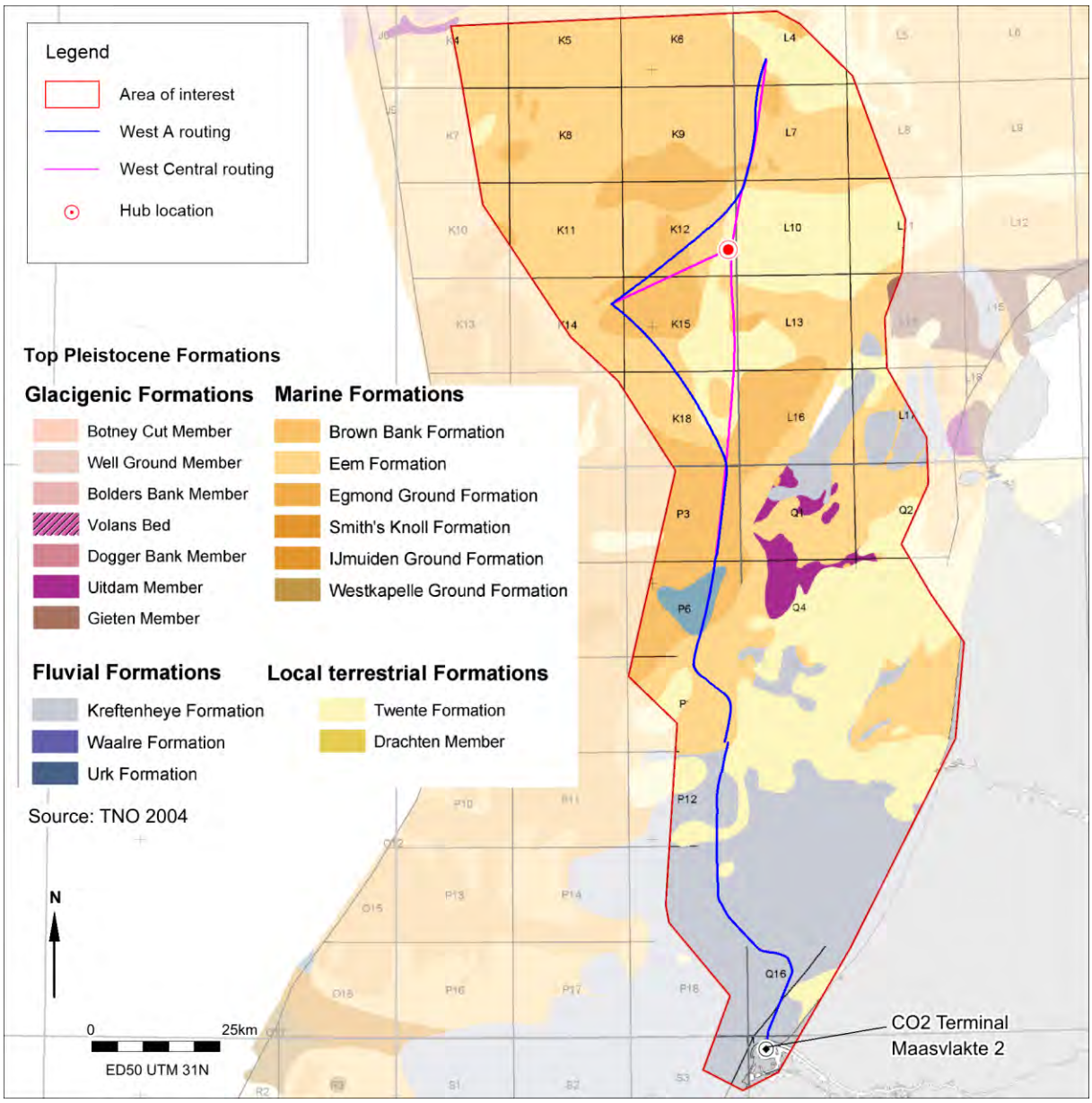


Figure 13. Subcropping Pleistocene formations

Within the boundaries of the area of interest several subcropping *Pleistocene* units have been mapped. The most relevant are described below.

Yarmouth Roads Formation

The Yarmouth Roads Formation consists of fine or medium-grained grey-green sands, typically non-calcareous, with variable clay lamination and local intercalations of reworked peat. According to the Lexicon of Named Rock Units of the British Geological Survey the depositional environment of the Yarmouth Roads Formation is interpreted to be 'mainly fluviatile, with possible shallow marine incursions'.[10]

[9] Laban 2004.

[10] https://webapps.bgs.ac.uk/lexicon/lexicon.cfm?pub=YM.

In the DINO nomenclature the depositional setting is described as 'predominantly low energy open-marine deltaic, delta top and fluvial'.[11] The Yarmouth Roads Formation is older than 500 kyr. The unit has been glacially deformed into ice-pushed ridges in the section that is crossed by the current Aramis route trajectory.

Egmond Ground Formation

The Egmond Ground Formation consists of fine-grained, sparsely shelly marine sands with clay interbeds. The amount of shells and shell fragments is markedly less than the overlying younger sands of the Eem Formation.[12] The marine deposits date from the Holsteinian interglacial period. The exact age of the deposit is uncertain, including both Marine Isotope Stage 11 (424 kyr – 374 kyr ago) and Marine Isotope Stage 11 (424 kyr – 374 kyr ago) and Marine Isotope Stage 9 (300 kyr – 337 kyr years ago). The deposits of the Egmond Ground Formation predate the Saalian glacial period and can therefore be part of the ice-pushed ridges.

Eem Formation

The Eem Formation predominantly consists of shell bearing fine sands deposited in an open marine environment during the Remain interglacial (warm) period.[13]

Brown Bank Member (Eem Formation)

At the end of the Eemian period brackish and fresh water clays were deposited in lagoons and lakes which remained in the glacial basins during regression of the Eemian Sea. These lake and lagoonal deposits have separately been classified as the Brown Bank Member within the Eem Formation. The Brown Bank Member was previously referred to as Brown Bank Bed or Brown Bank Formation.

Woudenberg Formation

In the Early Weichselian cooling climate peat was locally deposited on top of the clayey Brown Bank Member. At its base the peat is often rich in wood remains; at the top moss is a major constituent. The unit consists of firm, amorphous, clayey, non-calcareous, brown to black peat or gyttja. The peat has been deposited in a nutrient-poor (moss peat) to nutrient-rich (reed, sedge and woody peat) marsh or swamp. Occurrences of the Woudenberg Formation have been described in the Amersfoort Basin, not in the North Sea area. Formerly, this unit was part of the Eem Formation. As the Saalian glacial basins are present in the North Sea area which is crossed by the proposed Aramis pipeline routes, local occurrences of this unit could be crossed.

Kreftenheye Formation (Weichselian)

The Kreftenheye Formation consists of sands of the Rhine | Meuse fluvial system. The depositional environment includes braided and meandering stream, and braidplain and floodplain. The deposits consist of yellowish grey to greyish brown medium to very coarse sand. The sands are moderately to very gravelly. Locally, fine to coarse gravel lags occur. Occasional thin clay laminae and clay pebbles can be present intercalations in the predominantly sandy sequence. Characteristic of the Kreftenhye river deposits is a parallel layering on mm- to cm-scale which is related to small variations in grain size and composition. Offshore the coast of South Holland, small shallow channel incisions are observed in subbottom profiler data. These incisions occur in the top of the Kreftenheye Formation which is truncated by the Bligh Bank

[11] In accordance with Rijsdijk 2005.

[12] British Geological Survey: Lexicon of Named Rock Units.

[13] Eemien: interglacial period between 128.000 and 115.000 years ago.

Member. The channels are filled with fine sand. An impression of the stratigraphy that is to be expected in the southern part of the current Aramis route trajectory in the vicinity of sand extraction areas Q16H and Q16H is illustrated in figure 14 below.

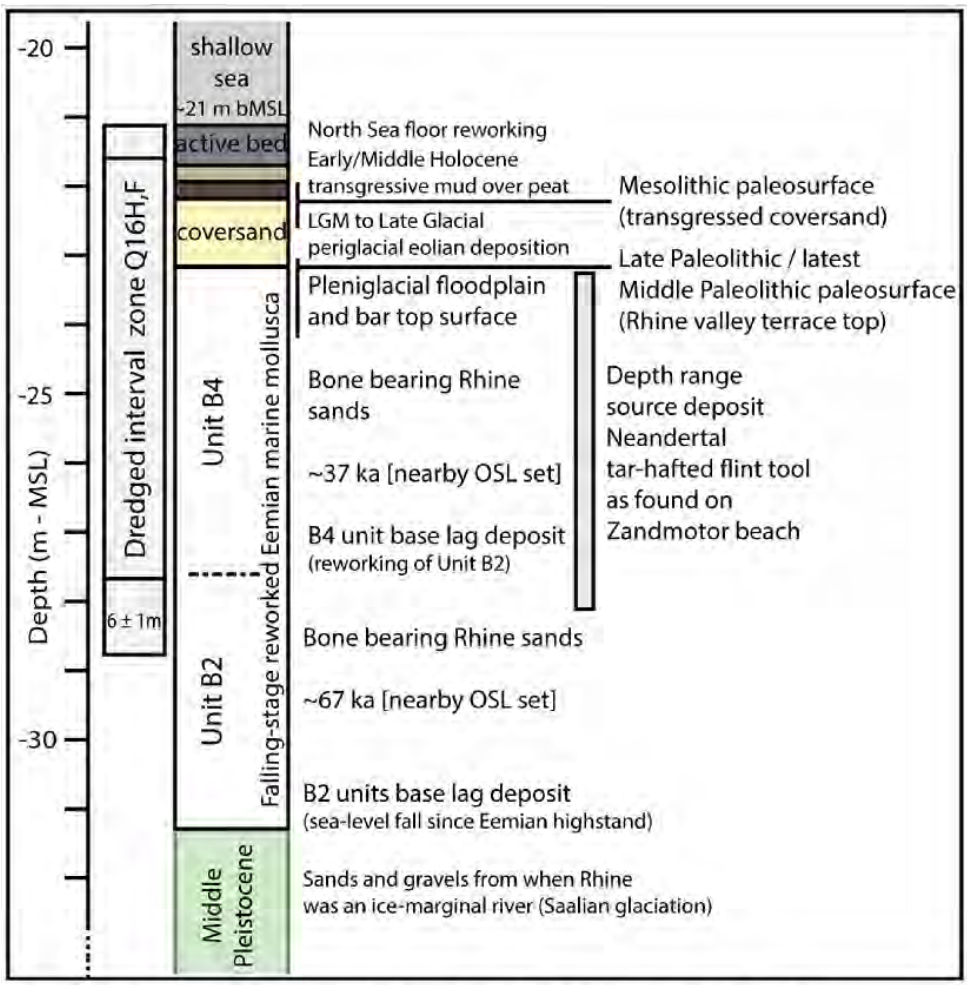


Fig. S2. Stratigraphy of the dredging area Q16. The upper 6-8 meters of the sedimentary column consist of: 1) a dynamic sheet of shelly sand of the active sea bed, 2) beds of Early-Middle Holocene transgressive tidal muds on basal peat, 3) Late Glacial eolian coversands containing Mesolithic materials (27, 28), and 4) medium to coarse grained fluvial sands of the Rhine-Meuse valley, Units B2 and B4, dating to 70-30 ka.

Figure 14. Stratigrafie van het zandwingebied Q16 (Niekus 2019).

During the installation of the Hollandse Kust (zuid) export cables mammoth bones were found on the trencher when the trencher emerged above water (see for site location figure 1). The very well preserved mammoth bones probably originate from an infilled channel.

The course of the river Rhine changed during the Weichselian. The extent and distribution of the Rhine - Meuse channel belts is shown in figure 15, below.

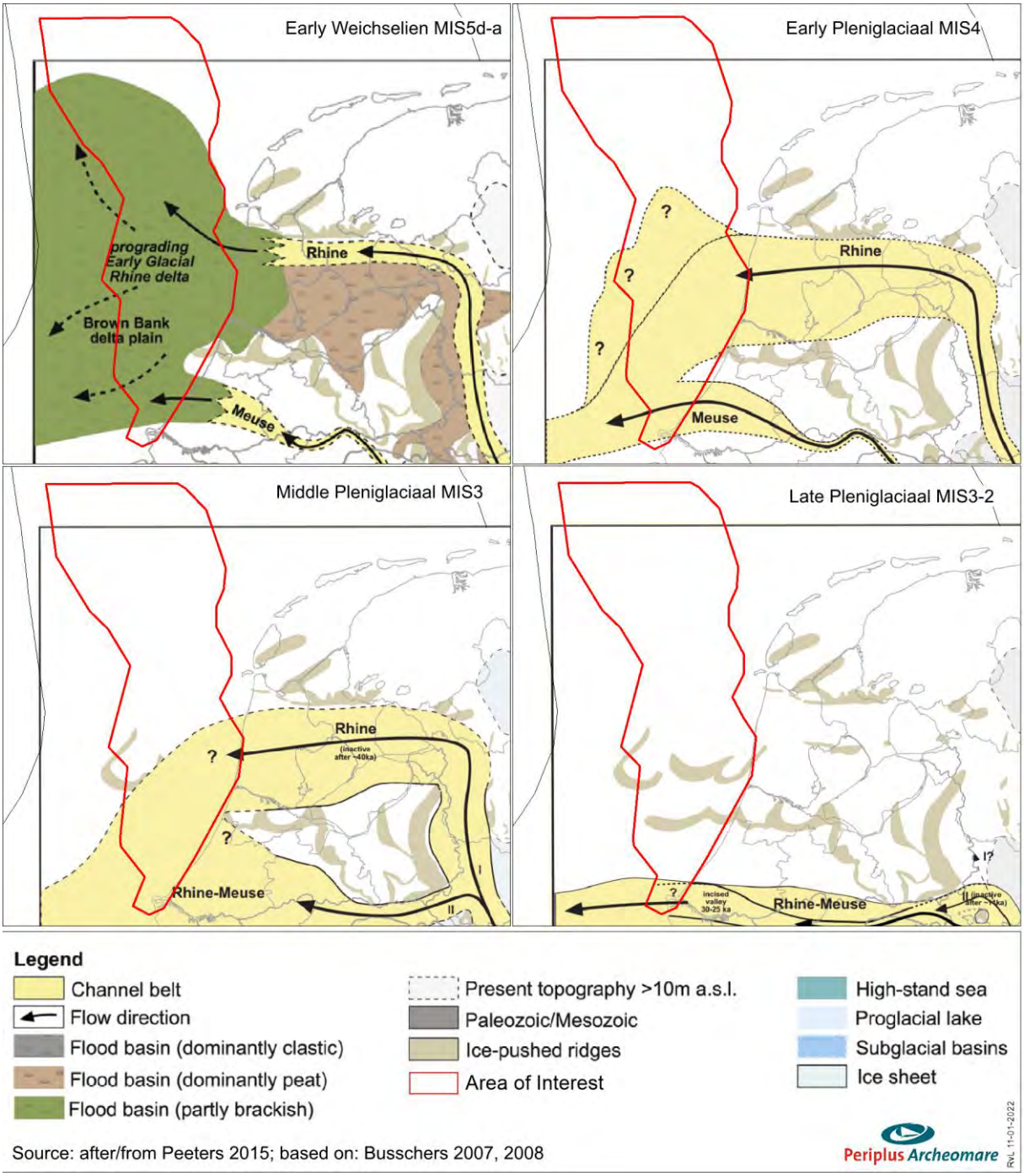


Figure 15. Paleogeographic maps of the Weichselian.

North and south of Maasgeul firm beds of clay and loam occur at the top of the Kreftenheye Formation. The firm clay dates from the Late Weichselian (Allerød interstadial) and Early *Holocene* and is separately classified as the Wijchen Bed. The Wijchen Bed has been deposited in meandering floodplain of the Rhine which is subject to frequent overbank flow.[14] The deposition of the Wijchen Bed is related to the evolution of the Rhine – Meuse river pattern from braided to meandering. The change to a meandering river pattern is triggered by a warming of the climate, which resulted in the development of a vegetation cover. The landscape morphology is more or less fixed by the vegetation, thus promoting incision of the river. This

[14] Törnqvist 1994; Makaske 1995; Busschers 2008.

also explains why the overbank clay of the Wijchen Bed is characterized as 'humic and non-calcareous, especially at the organic-rich top, which may be marked by a palaeosol'.[15]

The Late Glacial fluvial evolution of the Niers–Rhine and Maas in relation to climate and vegetation changes is nicely illustrated by Kasse (see, below).[16]

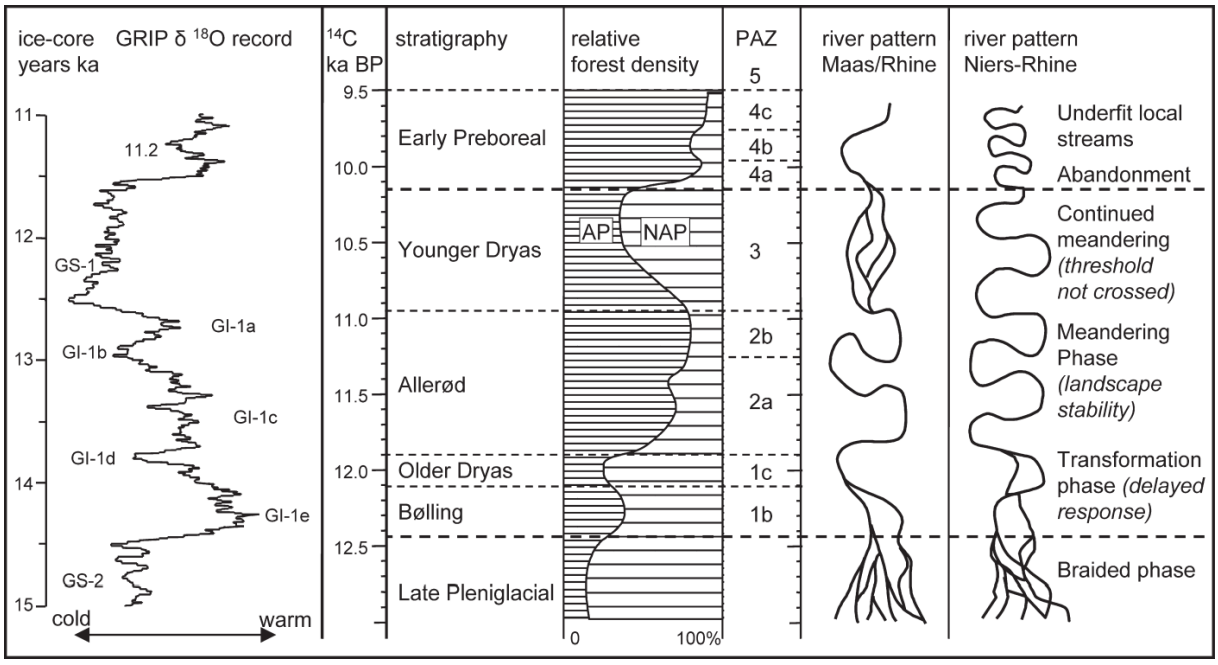


Figure 16. Late Glacial fluvial evolution of the Niers–Rhine and Maas in relation to climate and vegetation changes (from: Kasse 2005).

In the Yangtze area two separate beds are distinguished in the Wijchen Bed:[17] a lower bed that is described as 'grey loam, sandy clay and clayey sand, and is internally stratified', and an upper bed that is described as 'moderately silty to strongly silty and humic (often humically stratified), and at the base sandy and mostly sandy-stratified.' The lower bed was found between 23m and 22m – asl; the upper bed between 22m and 19m – asl. In the upper bed charcoal is found which is related to the archaeological sites that were found on the nearby river dunes.

Boxtel Formation (Weichselian and Early *Holocene*)

The Boxtel Formation consists of terrestrial deposits. The upper part of the unit subcrops below a cover of *Holocene* deposits in parts of the area of interest (figure 13). The subcrops of the Boxtel Formation shown in figure 13 date from the latest ice age, the Weichselian, and Early *Holocene*. This upper part of the unit most probably consists of aeolian deposits of the Wierden Member (cover sands) and loamy stream deposits of the Singraven Member. Apart from loam (=silt) the Singraven Member can contain sand, clay and peat. The Boxtel Formation overlies brackish to fresh water lagoonal and deposits or laminated fresh water lacustrine clays of the Brown Bank Member and peat of the Woudenberg Formation. The thickness of the Boxtel Formation is unknown.

[15] TNO-GDN (2022). Wijchen Bed. In: Stratigraphic Nomenclature of the Netherlands, TNO – Geological Survey of the Netherlands. Accessed on 13-01-2022 from http://www.dinoloket.nl/en/stratigraphic-nomenclature/wijchen-bed-0.

[16] Kasse 2005.

[17] Moree and Sier 2015; The Wijchen Bed is refered to as Wijchen Member.

During the Early *Holocene* aeolian sands were deposited within the floodplain bordering the dry bed of the river Rhine (these river deposits themselves are part of the Kreftenheye Formation; see above). The so-called river dunes are found in the subsurface of the route trajectory north and south of the Maasgeul. The river dune deposits are described as grey to brown, fine to medium, moderately sorted sand, mostly non-calcareous but calcareous near base, with sporadic silt layers or granule laminae. The river dune deposits are separately classified as the Delwijnen Member within the Boxtel Formation.

Drachten Formation

Terrestrial deposits can also occur at a deeper stratigraphic level. The Drachten Formation is located in between the Egmond Ground Formation and the Eem Formation. Formerly the Drachten Formation was onshore classified as the Eindhoven Formation and later as a member of the Boxtel Formation. Offshore the Drachten Formation was referred to as the Tea Kettle Hole Formation. The local terrestrial deposits date from the Saalian ice age and consist of fine grained periglacial aeolian, fluvial and lacustrine sands. The Drachten Formation predates the Saalian glaciation and is often deformed due to the overriding ice-sheet. Deposition took place during the Hoogeveen and Bantega interstadials (227 – 180 ka. ago), when the landscape was covered by temperate zone forests. In the 1980s, Neanderthal camps related to the Hoogeveen or Bantega interstadials were excavated in the Maastricht-Belvédère quarry in Limburg. Therefore, remains of Neanderthal camps may exist *in situ* if intact palaeosol are present.

Holocene Units

The *Pleistocene* units are - except from some local outcrops - covered in by a sequence of *Holocene* deposits. The overall thickness of the *Holocene* sediments ranges from 0m to 37m. The differences in thickness are for a major part related to the present-day seabed morphology, which is characterized by sand dunes, ridges and valleys. The occurrence of *Holocene* units which are exposed at the seabed is shown in figure 17. Because this map displays the exposed lithostratigraphic units, under these units older *Holocene* deposits can occur.

Nieuwkoop Formation (*Holocene*)

Fluvial deposits of the Kreftenheye Formation and terrestrial deposits of the Boxtel Formation are in places covered by peat. This Early *Holocene* peat layer is classified as the Basal Peat Bed within the Nieuwkoop Formation. Occurrences of the Basal Peat Bed could indicate that the underlying *Pleistocene* landscape has been preserved intact, provided that no erosion as taken place prior to the deposition of the peat. If the Basal Peat Bed is found in borehole or vibrocore samples, signs that the top of the underlying unit is intact can be found in the occurrence of palaeosol horizons. Known are the podzol soils which developed at the higher parts of the cover sand landscape during the Early *Holocene*. These cover sands are classified as the Wierden Member within Boxtel Formation (see text above).

Echteld Formation (*Holocene*)

Both north and south of the Maasgeul a bed of silty humic clay with silty laminae occurs. The presence of washed-in wood remains is characteristic.[18] The clay is deposited in a freshwater environment, with slight tidal influence. Presumably, sedimentation took place under water (subaquatic, subtidal). The bed of humic clay is classified by Hijma as Terbregge Member | Echteld Formation. The classification as a separate member has not been formalized in the DINO nomenclature, yet. The Terbregge Member covers the Early *Holocene* Basal Peat Bed and is itself covered by the Wormer Member | Naaldwijk Formation.

Naaldwijk Formation (*Holocene*)

Pleistocene units and the Early *Holocene* Basal Peat Bed are in places covered by *Holocene* tidal deposits (clay and fine sand). These layered and laminated tidal deposits are part of the Wormer Member within the Naaldwijk Formation. The earliest clastic deposits are those of the Velsen Bed. The Velsen Bed consists of firm to stiff humic clay, sometimes containing considerable amounts of Hydrobia shells. The lower boundary can be present as a gradual transition from peat deposits of the Basal Peat Bed to clastic lagoonal deposits of the Velsen Bed.

Southern Bight Formation (*Holocene*)

The Southern Bight Formation consists of reworked sediments. The Southern Bight Formation is exposed at the seabed surface in major part of the Aramis route trajectory (see figure 17). Along the route, three members of this formation have been mapped. The Bligh Bank Member is a mobile sand layer in which sand ridges, dunes and mega-ripples have developed. This unit predominantly consists of marine sands with variable admixtures of gravel. The formation often has a more gravelly structure towards the base. It should be noted that shell fragments over 4 mm are considered to be 'gravel'.

In the northern part of route, the Bligh Bank Member changes into the Terschellingerbank Member, which consists of reworked (peri-)glacial sand with a small amount (< 10%) of mud.[19]

[18] Moree and Sier 2015.

[19] Mud = clay (< 2µm) + silt (>2µm and <63µm)

Urania Formation (*Holocene*)

The Urania Formation is found in the northernmost of the route, where the Western Mudhole Member is mapped. Alike the Terschellingerbank Member, the Western Mudhole Member consists of reworked (peri-)glacial material, but the grain size of the sediments is smaller. The unit is described as very fine sand with a considerable admixture (> 10%) of mud.



Figure 17. Geological overview map (De Mulder 2003).

Only the total thickness of the *Holocene* sequence including the Basal Peat Bed, the Naaldwijk Formation, the Southern Bight Formation and Urania Formation is known. The total thickness of the *Holocene* layer ranges from less than 1 to over 10 meters in the area of interest (see figure below).

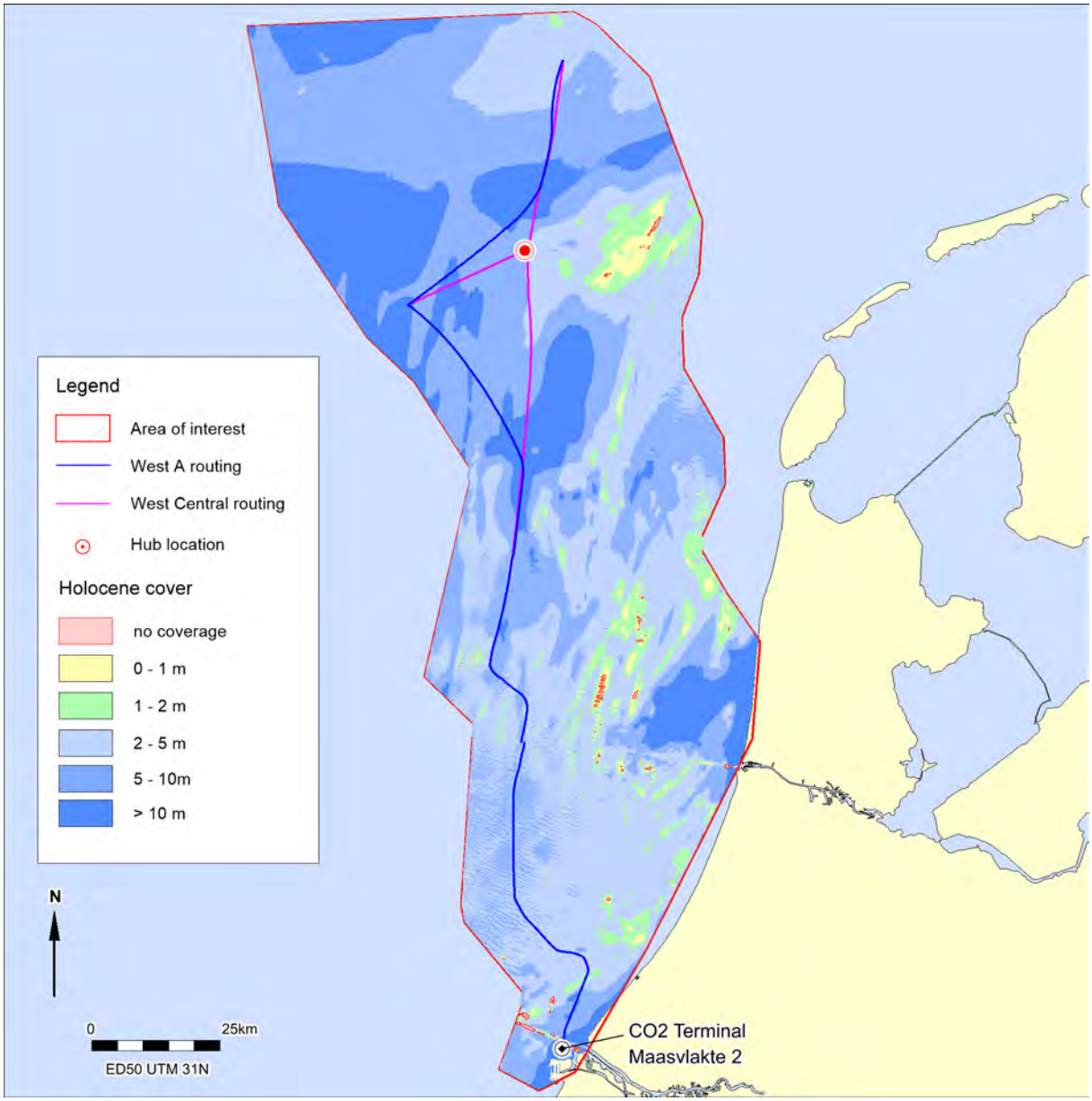


Figure 18. Thickness of Holocene cover

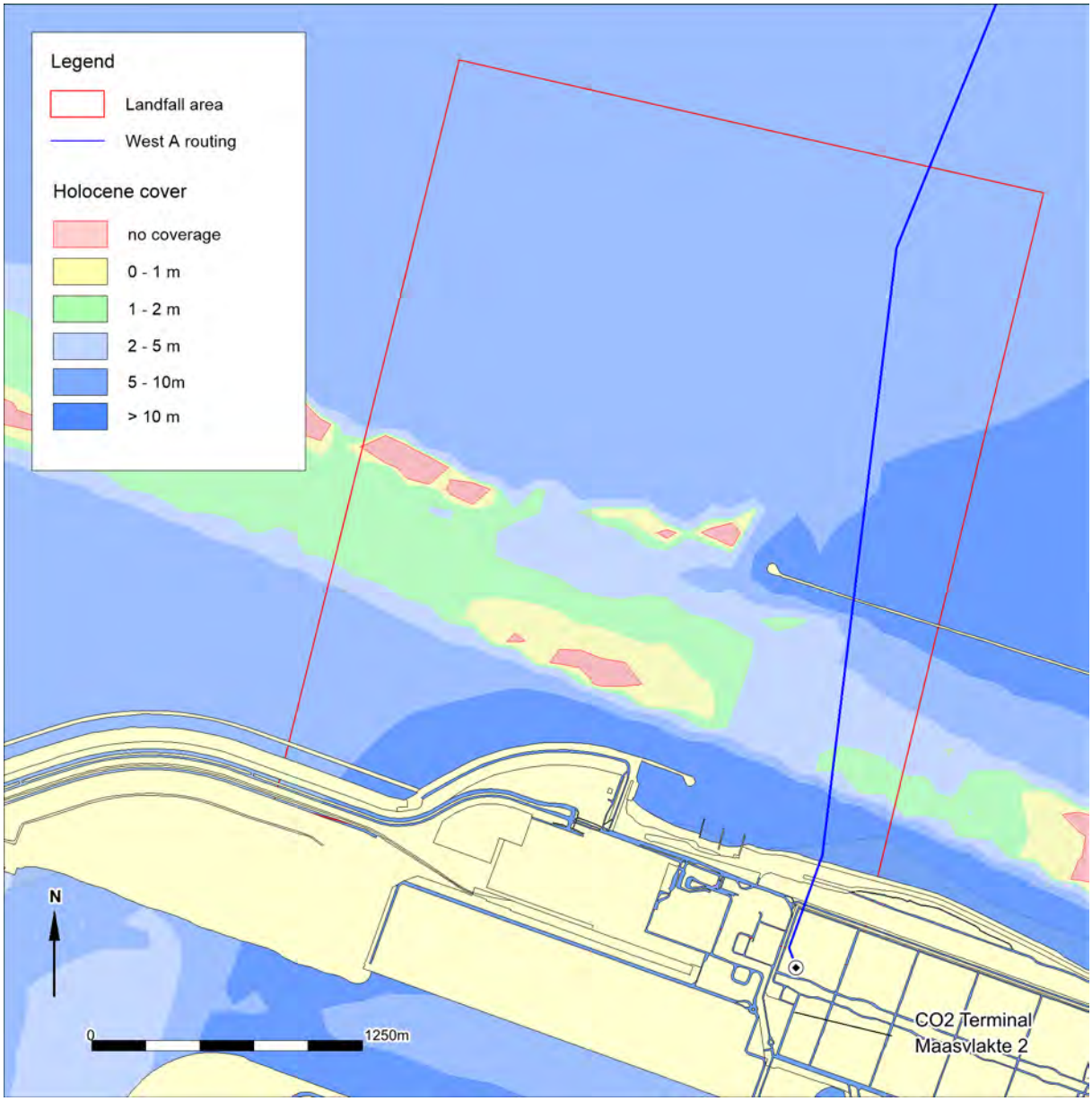


Figure 19. Holocene cover within the landfall area

3.5 Known archaeological values and other objects (LS04)

The former National Service for Archaeological Heritage (ROB, now Dutch Cultural Heritage Agency or RCE) in collaboration with Rijkswaterstaat and TNO NITG has developed a comprehensive archaeological map of the continental shelf based on geological and archaeological observations (see figure below)[20].

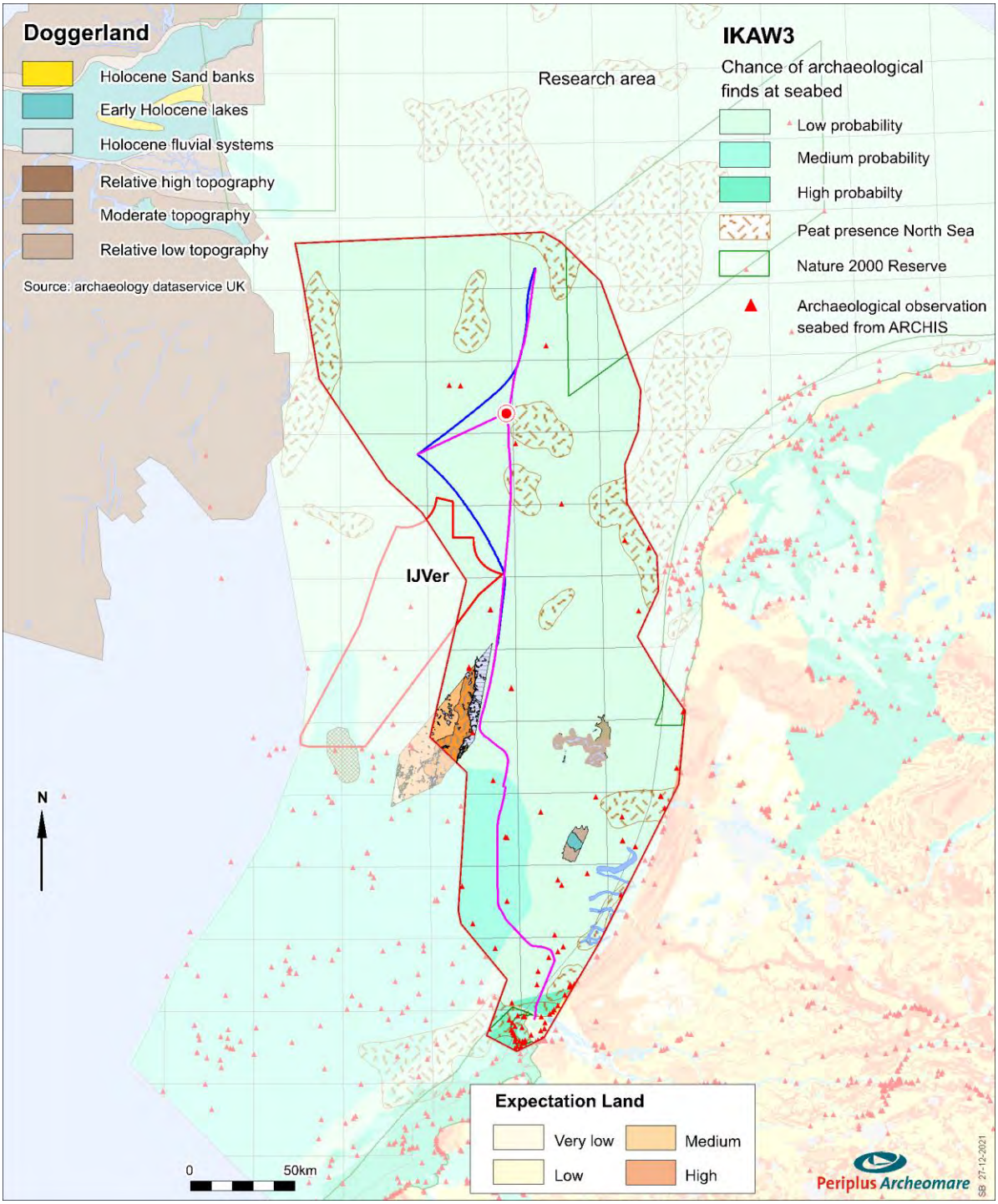


Figure 20. Overview indicative map of archaeological values (IKAW)

[20] IKAW 3e generatie, RCE 2008.

This global map presents the probability of well-preserved shipwrecks to be encountered (and often a ship's discovery of high archaeological value) in the Dutch part of the Continental Shelf, expanded with available palaeogeographic reconstructions.

However, this map is of very limited use. This is partly due to the large scale (1: 500,000). Further the map has become outdated, because it shows the state of knowledge 25 years ago. The degree of conservation of wreck remains is closely related to geology and morphology which has not been taking into account in the IKAW3 map. The idea here is that in channel deposits or regions with soft sediment, a wreck quickly sinks into the seabed and therefore remains in good condition. In other areas with harder top sediments the chance of a find is not necessarily lower, but the chance to find a well-preserved ship with the cargo and equipment still intact is considerably less.

Figure 20 also indicates areas where peat and clay have been preserved. This cover with clay / peat only refers to the possible location of *Pleistocene* deposits on / near the seabed. Where *Holocene* clay or peat is eroded *Pleistocene* layers with artefacts and fauna fossils may be present. The presence of early *Holocene* sediments could indicate the presence of a well preserved prehistoric landscape. West of the area of interest lies the nature reserve Brown Bank, a shoal known for its paleontological and prehistorical finds. At this archaeological hotspot rigid *Pleistocene* clays and silts of the Brown Bank Member are exposed at the seabed. These sediments contain the prehistoric remains which are found in the nets of fishermen.

Research in the last decade has shown that the probability of encountering prehistoric residues in the North Sea is much greater than originally thought. The archaeological map for the Dutch continental shelf is therefore being revised. In 2016, an indicative model of the archaeological potential of the North Sea was published by Deltares[21]. A detail of this map is shown in figure 21. The potential for prehistoric remains is closely related to the lithostratigraphic units which have been discussed and outlined in previous paragraphs. For instance the potential for Middle Palaeolithic remains indicated in red coincides with the occurrence of the Kreftenhye Formation and Brown Bank Member, the potential for residual Mesolithic and Late Palaeolithic remains indicated in beige coincides with the occurrence of the Boxtel Formation and the limited potential for prehistoric remains in areas indicated in grey relates to the occurrence of the marine deposits of the Egmond Ground Formation and the Eem Formation[22].

It should however be stressed that figure 21 offers a two dimensional view. The occurrences of the Eem Formation (grey), the Kreftenheye Formation and the Brown Bank Member (red) are not limited to the mapped areas but extend underneath the Boxtel Formation (beige). This means that Middle Palaeolithic remains are also to be expected in those areas.

It is important to bear in mind that the occurrences and boundaries of the lithostratigraphic units mapped are based on a limited amount of geological data. The occurrences and boundaries should therefore not be considered definite, but an indication of what is to be expected in the area and a framework for further research. Also morphological phenomena like the ice-pushed ridges have not been taken into account in this map.

[21] Vonhögen et al, 2016.

[22] Occurrence Naaldwijk Fm according to Deltares grids (2004).

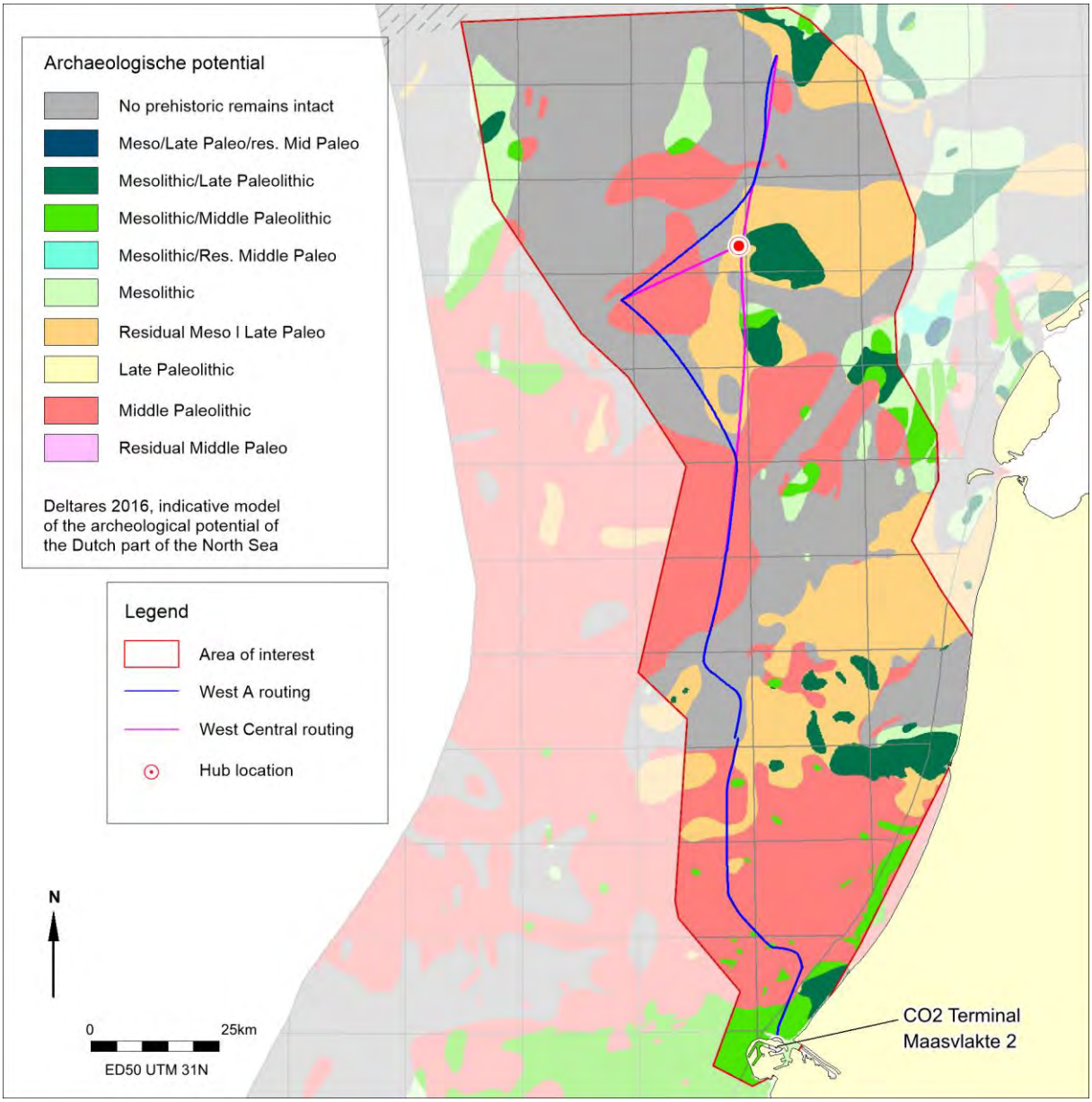


Figure 21. Archeological potential for prehistoric remains

Ice-pushed ridges

The ice-pushed ridges have been formed by Saadian glaciers which stretched into the North Sea area. pre-dates the Eemian, Weichselian and Early *Holocene* deposits. The ice-pushed river sands of the Yarmouth Roads Formation can contain reworked flint artefacts from Lower and Middle Palaeolithic times. At the top of the ice-pushed ridge in situ remains of camp sites and inhumations of Neanderthal and Late Palaeolithic and Mesolithic hunters and gatherers can be expected.

Open sea (Eemian)

The Eem Formation consists predominantly of marine sand deposited in the Eem Sea during the Eemian interglacial (warm) period.[23] Within the sandy marine deposits no *in situ* archaeological remains are expected.

[23] Eemien: interglacial which lasted from 130.000 till 115.000 years ago.

Lagoons, lakes and fens (Eemian to Early Weichselian)

The Brown Bank Member at the top of the Eem Formation consists of lacustrine fresh water and coastal marine brackish water deposits of silty clay. At the end of the Eemian the sea regressed and the Brown Bank clays were deposited. This layer can contain Middle Palaeolithic artefacts from, or remains of Neanderthals who in this period populated the Netherlands and the North Sea area. Little archaeological research has been done into this often deep-seated stratigraphical unit. Camp sites are expected to be intact and well preserved, especially when the remains are contained in a clayey context and covered by peat of the Woudenberg Formation and/or cover sands of the Wierden Member | Boxtel Formation. The Woudenberg Formation can contain dumps from close-by camps, lost hunting gear and intended depositions. The available geological information does not suffice to assess whether the Late Eemian to Early Weichselian facies of sandy lagoonal beaches and/or clayey shores of lakes and fens is present.

The top of the Brown Bank Member is expected at depths varying from 0m to 30m below the seabed.

River valley (Weichselian)

The Kreftenheye Formation consists of fluvial deposits of the Rhine and Rhine - Meuse system. The extent and distribution of the channel belts during the Pleniglacial (74 ka – 15 ka ago) is illustrated in Figure 15. Well-preserved finds prove that Neanderthal occupied the Rhine valley. Melt water discharged through the braided channels of the Rhine. Peak discharge occurred during the summer months, when temperatures rose above freezing point in the hinterland. Large mammals including woolly mammoths, woolly rhinoceros, musk ox and steppe wisent migrated over the steppe-tundra landscape. This landscape was vegetated with grasses, herbs and occasional dwarf birches. The water-intake of mammoths was immense, so the fresh-water-filled channels must have had a large attraction to these animals, thus offering Neanderthal the opportunity to hunt them. The change of encountering *in situ* remains in the residual infilled channels of the Kreftenheye Formation is considered to be relatively large. It is believed that the Neanderthal became extinct some 40 kyr to 35 kyr ago, prior to the Late Glacial Maximum, some 27 kyr to 19 kyr ago.

The Wijchen Bed at the top of the Kreftenheye Formation consists of firm, matured humic clays in which locally palaeosol developed. In the clayey context of this bed well-preserved Late Palaeolithic and Mesolithic remains could be encountered. These remains include lost hunting gear and waste of camp sites which are found on nearby river dunes. Also the presence of camp site relics on the overbanks deposits cannot fully be excluded.

Cover sand landscape (Late Weichselian and Early *Holocene*)

The camp sites of Late Palaeolithic and Mesolithic hunters and gatherers are found in a cover sand landscape with ridges and dunes and valleys formed by small streams. Stream valleys offered fresh water, a large variety of plant species and ample opportunities for hunting. Camps were installed along the borders of those valleys. The remains of sites can be encountered in the context of sandy, loamy, clayey or peaty beak deposits of the Singraven Member. The lithological context of settlements found at the dunes and ridges comprises well sorted non-calcareous fine cover sand of the Wierden Member. Both Singraven and Wierden Member are part of the Boxtel Formation.

Late Palaeolithic and Mesolithic remains are expected at two distinct levels within the cover sand sequence. The first is a palaeosol found in between two cover sand layers Late Palaeolithic remains of camp sites of reindeer hunters are to be expected. The palaeosol is a charcoal rich layer called the Usselo Bed, which has been formed during the Bølling and Allerød interstadials. The second level is the top of the

cover sand sequence. The sandy dunes and ridges often display a well-developed podzol, if not eroded. Due to the low carbonate content presence of oxygen in the pores of the sand the preservation conditions for organic remains (wood, bone, et cetera) is a priori not so good in cover sands. The preservation of organic remains is therefore highly dependent on the timing of the water table rising above the archaeological level.

If the Boxtel Formation is covered by the Basal Peat Bed or the Velsen Bed the integrity and conservation of archaeological remains is expected to be high. Considering our limited knowledge of prehistoric sites in the North Sea area such well-preserved finds would *a priori* be worth preserving. Archaeological markers consist of flint and bone artefacts, burnt nuts and seeds and charcoal. Zones of interest are locations where the top of the cover sands and river dunes (if present) are not eroded. The presence of the Basal Peat Bed and Velsen Bed indicate that underlying Boxtel Formation and possible archaeological remains herein could be intact.

Peat and humic clays

The Basal Peat Bed and Velsen Bed themselves can also contain archaeological remains. These remains include dumped waste from nearby camp sites, lost hunting gear or intentional (e.g. ritual) depositions. Due to the low levels of oxygen and wet conditions both organic and inorganic remains might be very well preserved.

Site characteristics

The expected camp sites of hunters and gatherers are generally small (a few sqm), although larger settlements (up to approximately 2000 sqm) can occur in case the site repeatedly or for prolonged period of time was occupied. Sites are characterized by the presence of concentrations of charcoal, flint artefacts, bone remains, burnt seeds and nuts, natural stones and artefacts of bone or horn. Inhumations can occur. The density of finds (debris of flint processing) can vary from low to high.

Physical Quality

It is not known to what extent erosion has affected the integrity of the *Pleistocene* landscape and embedded remains of prehistoric settlements. The presence of the Basal Peat Bed, the Terbregge Member (Maasgeul area) and/or Velsen Bed provides an indication for an intact *Pleistocene* landscape, although it should be noted that erosion could have taken place prior to the deposition of peat and clay, leading to degradation or even annihilation of prehistoric remains. If the *in situ* prehistoric remains did not suffer from erosion, the very rapid Early *Holocene* 'drowning' of the *Pleistocene* landscape and local deposition of a peat and/or clay cover offered perfect conditions for the conservation of both organic and inorganic remains. In this situation well-preserved sites of high physical quality can occur.

Occurrence and spacial distribution

The occurrence and spacial distribution of Late Saalian ice pushed-ridges, Early Weichselian lagoons, lakes and fens, Pleniglacial river deposits and the Late Weichselian wind-blown dunes and stream valleys in the area of interest is not known in detail. Surely the available geological maps of the Flemish Bight Map (1984), the Indefatigable Map (1986), the Top *Pleistocene* Formation map and Deltares' grid data (2004) and palaeogeographic maps (2015) provide an indication, but the actual situation can only be established through subbottom profiling in combination with borehole sample analysis. The depth below the seabed of the *Pleistocene* landscape ranges from 0m (*Pleistocene* exposed) to nearly 30m.

Known objects and shipwrecks

For a listing of known objects and shipwrecks within the area of interest, the united NCN database is consulted[24].

The National Contact Number (NCN)

The NCN database combines the data from three governmental databases:

- The Dutch Continental Shelf and Westerschelde wrecks register from The Hydrographic Service of the Royal Netherlands Navy.
- The SonarReg92 object database of Rijkswaterstaat
- The ARCHIS database (the official archaeological database of the Ministry of Cultural Heritage)

The permission for the use of the NCN database was granted by the owner (Rijkswaterstaat Sea and Delta)

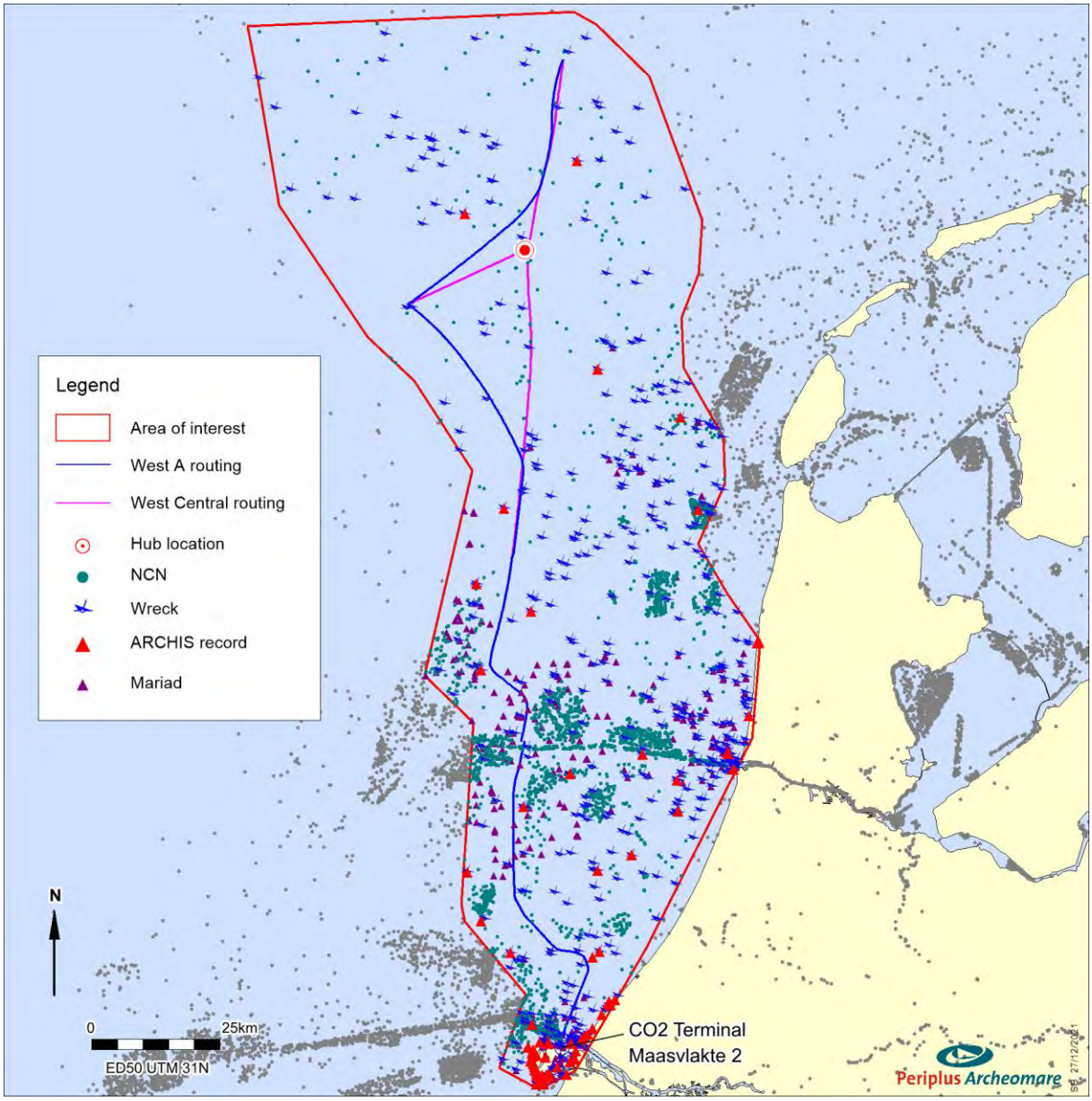


Figure 22. Overview of known objects and contacts in the area of interest

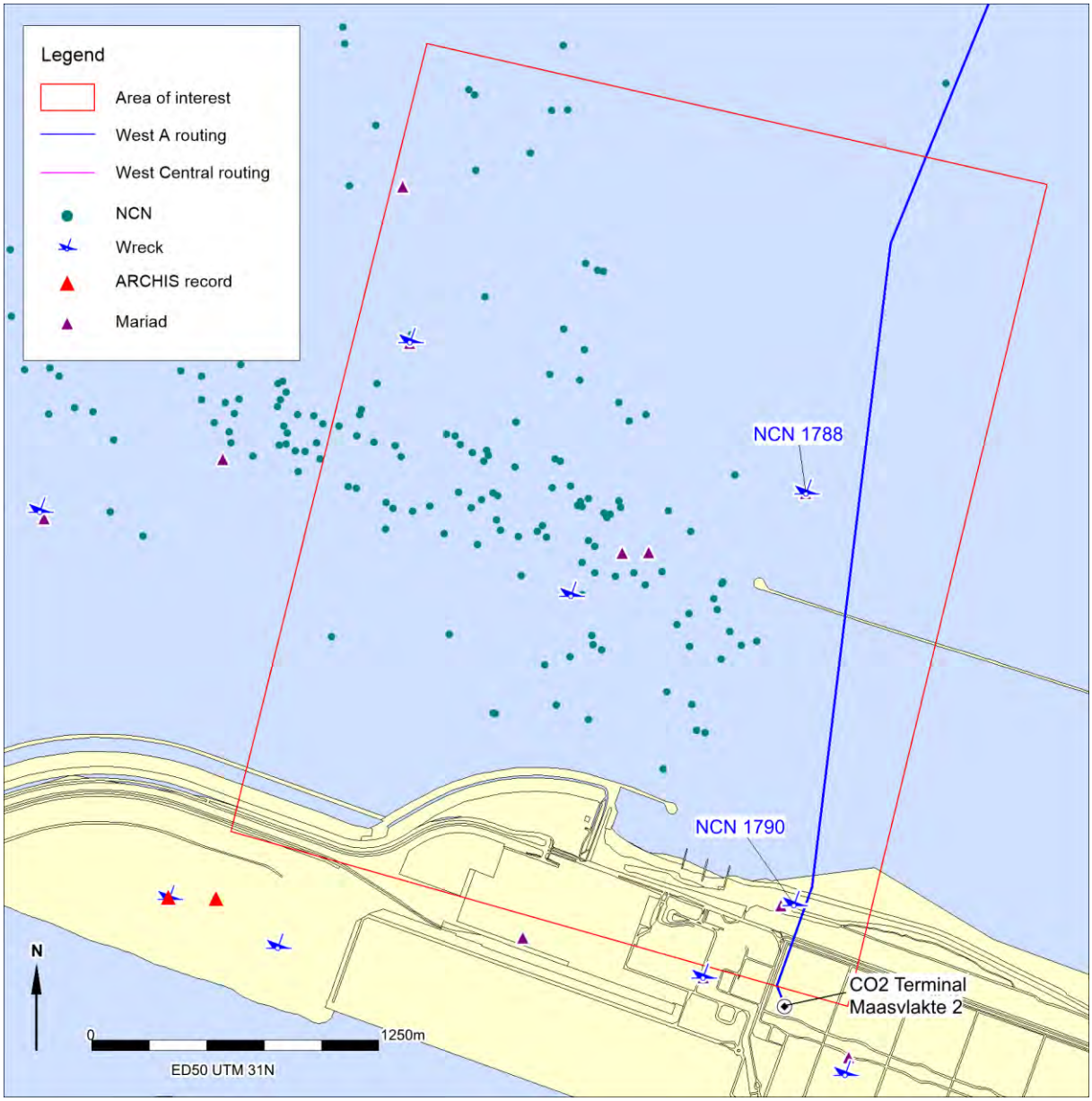


Figure 23. Overview of known objects and contacts in the landfall area

Archaeological records.

Within the area of interest, 316 records of archaeological finds are known with the ARCHIS 3 database. These vary from prehistoric artefacts (mainly concentrated around Maasvlakte 2) to remains of shipwrecks, (see next paragraph).

Shipwrecks

There are 458 known shipwrecks within the area of interest of which 38 are officially recorded in the ARCHIS database. 307 wrecks are identified and date from the 16th to the 21st century. The remaining 151 wrecks have not been identified and dated yet. Additional research is needed to determine the cultural-historical value.

Within the landfall area, two records of ship wrecks are known in the vicinity of the proposed route. NCN 1788 was the wreck of the *SS Ceres*, sunk in 1934, and was cleared away to a depth 0f 75 dm. Remains may still be present. NCN 1790 was the wreck of the *Hertha Engelina Frit, sunk in 1941.* It is now covered by sand in reclaimed area.

In general, when a sinking ship ends up on the seabed, the tidal currents will create scouring around the wreck, and bury it down to a level of a harder surface within the sedimentary sequence. The thicker the layer of loose material, the more the ship will be packaged therein and will be retained. Especially in areas where the sediments have high clay content the wreck remains will be sealed and well preserved. In more sandy areas this effect is much smaller. Uncovered wooden parts may be affected by a naval shipworm (Teredo Navalis).

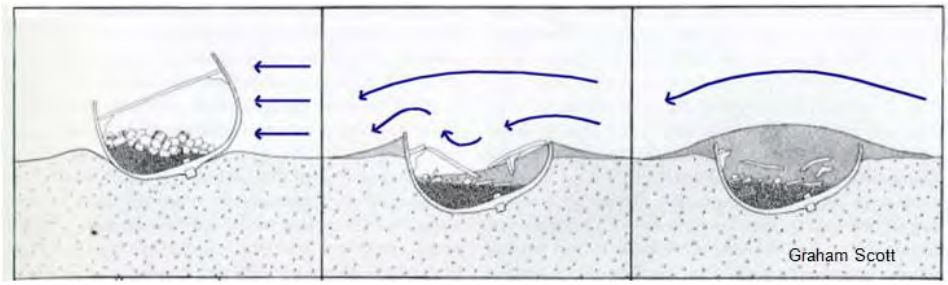


Figure 24. Example of wreck site formation (Graham Scott)

Other know objects

Besides wrecks, the SonarReg database contains records of 3494 other known objects within the area of interest. A summary is listed below.

Classification	Amount
Anchors	121
Boulders	77
Cables/Chains	304
Man-made objects	193
Natural phenomena	10
Seabed disturbances	226
Unidentified objects	2563
Total	**3494**

Table 4. Observations of known objects

Among the man-made objects and unidentified objects archaeological artefacts may be present.

Airplane wrecks

During World War II, many airplanes crashed into the North Sea. Several sources are ambiguous about the number of aircraft still missing. It is at least hundreds[25]. Remains are found on a regular basis by fishermen or during sand extraction or and beach protection projects. Within the area of interest, five locations with remains of aircrafts are known.

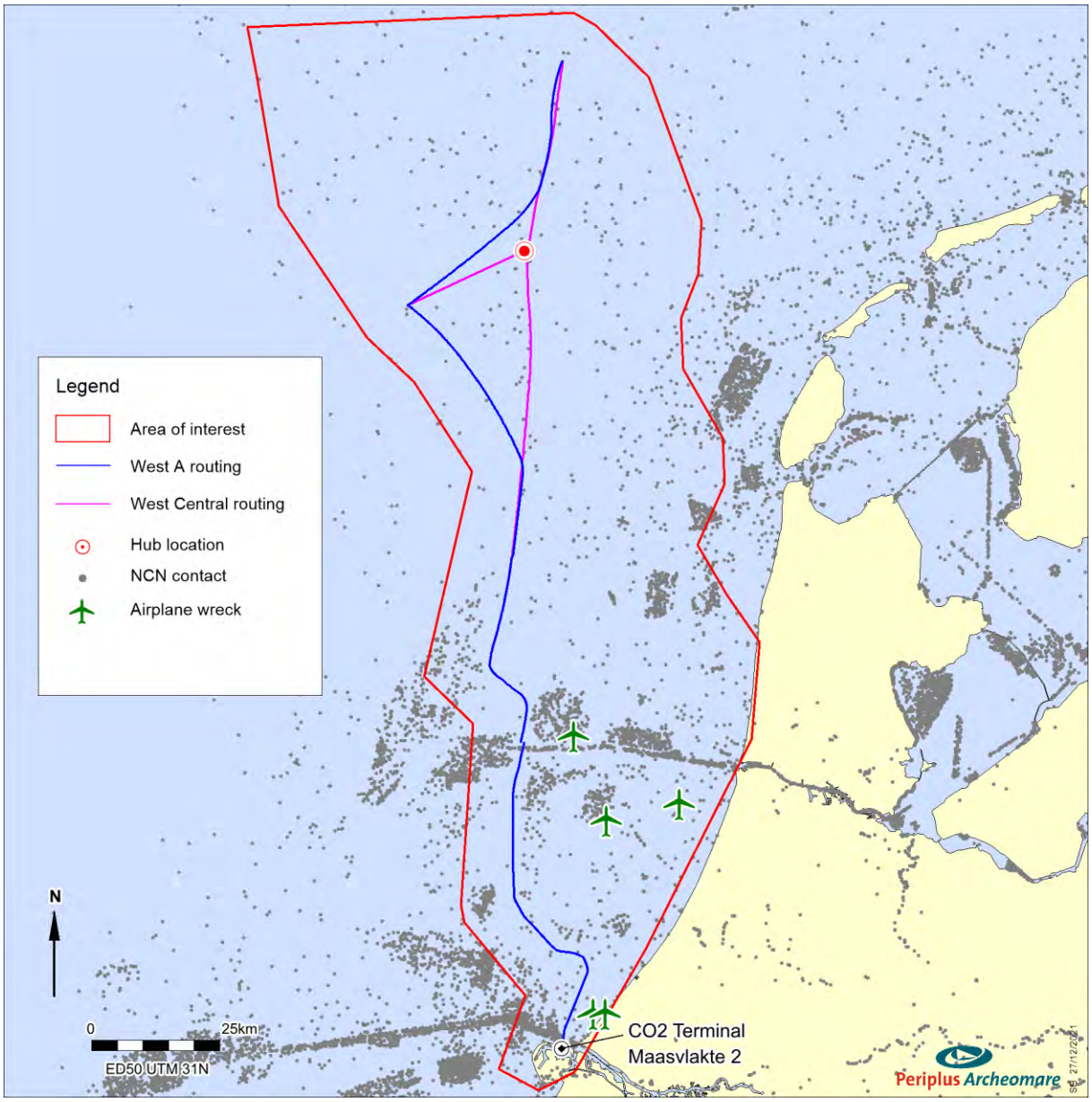


Figure 25. Known airplane wrecks within the area of interest

A complete listing of all known wrecks and objects within the area of interest can be made digitally available in consult with the administrator, Rijkswaterstaat Zee en Delta.

[25] Dutch Federation of Aviation Archaeology

3.6 Specified archaeological expectancy (LS05)

Shipwrecks

The area has a high expectation for shipwrecks from all periods. A total of 458 shipwrecks are known in the area, and more undiscovered wrecks can be expected. For some of the wrecks details like names, types and date of sinking are not known. Further research is needed to determine the cultural-historical value of these wrecks.

Plane wrecks

The area has a high expectation for plane wrecks from the Second World War. Several sources are ambiguous about the number of aircraft still missing. It is at least hundreds [26]. Within the area of interest, five locations with remains of aircrafts are known.

> **Current theme : wrecks from the First and Second World Wars**
> In addition to archaeological and cultural-historical value, ship and aircraft wrecks can also have a, memorial or emotional value. The commotion that arose as a result of the clearing of WWII wrecks in the Java Sea can be mentioned as an example. With regard to wrecks from the World Wars in Dutch waters, more and more voices are coming from society to deal with this respectfully.

Prehistory

During the last ice ages the area of interest was exposed due to very low sea levels. In those times the landscape was occupied by hunters and gatherers. Therefore camps sites are to be expected in the top of *Pleistocene* formations. The archaeological expectancy is discussed below by means of the geogenesis of the area and lithostratigraphic units present. As discussed in the section on ship wrecks, also for the *Pleistocene* landscape applies that our specific knowledge is limited, because a major part of the area has not been investigated by detailed geophysical surveys or the analysis of high quality borehole samples. As part of the Aramis pipeline development shall therefore be strived to gather additional information to broaden and deepen our geo-archaeological knowledge of the area, as outlined in the NSPRMF report.

[26] Dutch Federation of Aviation Archaeology.

Formation	Member / Bed	Lithology	Environment	Age	Arch. Potential*	Period
Southern Bight	Bligh bank	sand	open marine	Holocene	I, IV	Historical periods
Naaldwijk	Wormer	clay and sand	tidal		I	
	Velsen	humic clay	lagoon	Early Holocene	II	Meso
Echteld	Terbregge	humic clay with plant remains	freshwater tidal		II	
Nieuwkoop	Basal Peat	Peat	coast marsh		II	
Boxtel	Singraven	sand, loam, clay and peat	small-scale fluvial	Weichselian and Early Holocene	II and III	LPaleo + Meso
	Delwijnen	sand	river dune		III	
	Wierden	fine sand	cover sand		III	
Kreftenheye	Wijchen	clay and loam	overbank	Weichselian and Early Holocene	II and III	
		sand	bedding sand		II and III	MPaleo
Woudenberg		Peat	lakes	Eemian and Early Weichselian	II	
Eem	Brown Bank	humic clay and silt	lagoons and lakes	Eemian and Early Weichselian	II and III	
		sand and clay	open marine	Eemian	IV	
Boxtel | Drachten		gravel, sand, loam, peat	terrestrial	Late Saalian to Early Eemian	II and III	
Egmond Ground (ice-pushed)		sand with clay beds	open marine	Pre-Saalian deposition; Saalian (ice-push event)	II, III and IV	MPaleo - Meso
Yarmouth Roads (ice-pushed)		sand and clay	open-marine deltaic, delta top and fluvial	Pre-Saalian deposition; Elsterian/Saalian (ice-push event)	II, III and IV	Paleo - Meso

Table 5. Relation between lithostratigraphy and archaeological potential

*

Archaeological Expectancy	
I	Ship wrecks and shipping related objects; air planes from World War I and II
II	Lost or dumped objects including flint and bone hunting gear, fish weir, fish traps and dugout boats
III	Camp sites and inhumations
IV	Artefacts in reworked context

Archaeological levels are contained in the stacked sequence of *Pleistocene* and *Holocene* units. The relationship between the lithostratigraphic units and archaeological levels contained herein is summarized in table 5.

4 Synthesis

Based on the results of de data analysis the research questions are answered.

Are there any known archaeological values present within the area of interest? If so, what is the nature, extent (depth) location and dating of these sites?
Yes, within the area of interest, 316 records of archaeological finds are known with the ARCHIS 3 database. These vary from prehistoric artefacts (mainly concentrated around Maasvlakte 2) to remains of shipwrecks.

Are there, in addition to any known values, archaeological remains to be expected? If so, what are the nature, extent (depth) location and date of the expected archaeological remains?
Yes. There are 458 known shipwrecks within the area of interest of which only 38 are officially recorded in the ARCHIS database. 307 wrecks are identified and date from the 16th to the 21st century. The remaining 151 wrecks have not been identified and dated yet. Additional research is needed to determine the cultural-historical value.

The area may contain shipwrecks, remains of shipwrecks or remains of airplanes from the Second World War which have not been discovered to date. Apart from undiscovered ship and plane wrecks it is expected that locally prehistoric landscapes have been preserved intact. Related to these intact landscapes *in situ* prehistoric remains left behind by Palaeolithic and Mesolithic hunters and gatherers can be encountered.

Those *in situ* prehistoric remains include camp sites, burials, lost hunting gear, et cetera. Remains of camp sites are characterized by the presence of flint and bone artefacts, burnt nuts and seeds, charcoal and hunting gear.

Can the proposed activities affect known or expected archaeological values? If so, can an impact on archaeological assets be prevented or restricted by planning adaptation?
This question can only be answered once the area has been geophysically investigated and when the cultural historic value of the objects in the area has been determined.

If the archaeological values cannot be saved: What kind of further research is needed to determine the presence of archaeological values and their size, location, type and date to be determined enough to come to a selection decision?

Further research is to be performed within the framework of the standardized sequence of phases of maritime archaeological research as defined in the Dutch archaeological management procedure (Dutch: 'AMZ Cycle'). The research strategy is further determined by the type of archaeological remains which, based on the archaeological expectancy outlined in section 3.6 of this report, are to be expected. In summary the expectancy is two-fold comprising plane and ship wrecks on one hand and prehistoric remains on the other. The first phase after the archaeological desk study is an inventory field research. This field research comprises a geophysical survey. The methods employed include multibeam echo sounder, side scan sonar and magnetometer to trace and map wrecks and shipping related objects. A subbottom profiler is used to assess the potential for prehistoric remains by mapping the top of the buried *Pleistocene* landscape, identify seismostratigraphic units and correlate those units with the expected lithostratigraphic units (and potential archaeological remains herein), and determine the locations at which archaeological levels have been affected by erosion.

What are the possible effects of the installation of the pipeline on the areas with specific archaeological interest?

Archaeological values can be affected by human activities which result in a disturbance of the seabed. Direct disturbances are caused by trenching operations. Scouring adjacent to the pipeline is considered to be an indirect disturbance which might lead to the exposure of wrecks and erosion of the prehistoric landscape.

What are the possibilities to mitigate the disturbance of areas with specific archaeological interests?

In general, a buffer or safety zone of 100 meters around an archaeological object or an object with an archaeological expectation is to be defined in which seabed disturbing activities are not allowed[27]. If additional research shows that the object has no archaeological value, the location and the buffer zone can be omitted. The identification and mapping of camp sites from the Palaeolithic and Mesolithic is, due to their limited size and depth of burial, in practice troublesome. Mitigating measures to preserve those sites can therefore only be effected by excluding areas in which prehistoric landscapes have been preserved intact and which are considered to have a high probability for containing those sites.

Should further investigations be carried out from archaeological point of view and what are the recommendations on the scope and specifications of these investigations?

Additional research in the form of a geophysical survey is standard in the process of archaeological investigations. (in Dutch: *Inventariserend veldonderzoek opwaterfase*). The scope and specifications for this geophysical survey are to be recorded in a mandatory Program of Requirements (PvE). Typical requirements include restrictions about the maximum range and minimum frequency of the side scan sonar, survey speed and line spacing.

[27] Beleidsregels ontgrondingen in Rijkswateren, see http://wetten.overheid.nl/BWBR0028498/

5 Summary and recommendations

The installation of the pipelines may affect archaeological remains in the area, if present. According to the Law on Archaeological Heritage (Dutch: Erfgoedwet 2016) there is a statutory obligation to conduct archaeological research in order to protect the remains. This archaeological desk study is the first step in the archaeological process aiming to establish whether archaeological remains are, or are likely to be, present, and whether these remains could be effected by the development of the planned pipelines. The results are summarized below.

The area of interest has a high expectation for the presence of (remains of) ship wrecks and WWII plane wrecks. Intact prehistoric landscapes and related *in situ* remains of Palaeolithic and Early Mesolithic camp sites and inhumations are expected to have been preserved in places.

The proposed pipeline routes have not been investigated by detailed geophysical surveys yet. These areas may contain more undiscovered shipwrecks or remains of shipwrecks than currently known.

At this stage little is known about the integrity of the *Pleistocene* and Early *Holocene* landscapes. By means of subbottom profiling the occurrence geological units (both horizontal as vertical) and archaeological levels herein can be mapped. The character of layer boundaries (erosive or non-erosive) can be interpreted. It is unlikely however that archaeological remains of Palaeolithic and Mesolithic camp sites can be identified with sufficient certainty (based on the geophysical and geotechnical surveys) to impose restrictions on pipeline development. At this stage focus should therefore not be put on tracing prehistoric camp sites but on a pragmatic employment of geophysical techniques in order to obtain a better insight in (the integrity of) the *Pleistocene* landscape. The insights gained shall be used to a) refine the archaeological expectancy model and b) allocate areas with a high expectancy for *in situ* prehistoric remains.

In accordance with the AMZ cycle it is advised to conduct a field investigation (in Dutch '*Inventariserend veldonderzoek opwaterfase*') in order to test the archaeological predictive model and further specify the type, vertical and lateral extent, age, integrity and preservation of ship wrecks, prehistoric landscapes and potential archaeological levels.

Archaeological Expectancy	Method		Goal	Remarks
Ship and aircraft wrecks	Geophysical	Side Scan Sonar	detect and map wreck sites	wrecks exposed at, or protruding from the seabed
		Multibeam	characterize wreck sites morphologically; detect (partially) buried wrecks by the occurrence of scours	in addition to side scan sonar
		Sub-bottom Profiler	detect buried objects including possible ship wrecks and remains of aircraft	nature of the buried object cannot be determined directly
		Magnetometer		
Prehistoric settlements (camp sites)		Sub-bottom Profiler	map the Pleistocene landscape; specify expectancy	supported by, and validated with drill data
	Geotechnical	Geological Drilling	determine lithostratigraphy, soil layer boundaries (erosive or gradual) and characteristics of soil formation and maturation; specify expectancy	designation of borehole and/or vibrocore locations for geo-archaeological research based on SBP data
		Cone Penetration Test	determine lithostratigraphy	correlate with drilling data

Table 6. Testing of archaeological expectation with geophysical and geotechnical methods

In general, similar investigations carried out in the past consist of a geophysical survey with *side scan sonar*, *magnetometer* and *subbottom profiler* and a geotechnical survey. The resulting data should be assessed after the general processing, interpretation and reporting has been performed by the survey contractor.

The archaeological assessment of the data shall to be conducted by a geophysical specialist (KNA prospector Waterbodems). The data quality from the surveys needs to match the demands for this archaeological assessment. To ensure compatibility between the site investigation and the required quality for this assessment it is recommended to define a Program of Requirements (In Dutch: 'Programma van Eisen') in accordance with the 'KNA' (the Dutch quality standards for archaeological research), to be authorized by the competent authority.

List of figures

Figure 1. Location map of the area of interest 6
Figure 2. Overview of the area of interest in relation to other areas of use 12
Figure 3 Previous conducted archaeological investigations in the area 13
Figure 4. General bathymetry of the seabed and profile along the West central routing 14
Figure 5. Bathymetry of the seabed in the landfall area 16
Figure 6. Geomorphology of the seabed 17
Figure 7. Reconstruction of the historical coast lines in the North Sea basin (map by: McNulty, W.E. and J.N. Cookson in National Geographic Magazine) 18
Figure 8. Human skull found in the nets of fishermen in 'North sea/Doggerland' in November 2019 19
Figure 9. Prehistoric artefacts collected by fishermen and found at the beach (after Kooijmans 1970 en Armkreutz 2018). 20
Figure 10. The area of interest on the historical map of 1777 (Faden) 21
Figure 11. Pipelines, cables and sand extraction areas in the area 22
Figure 12. Seabed Sediments (Laban 2003) 23
Figure 13. Subcropping Pleistocene formations 24
Figure 14. Stratigrafie van het zandwingebied Q16 (Niekus 2019). 26
Figure 15. Paleogeographic maps of the Weichselian. 27
Figure 16. Late Glacial fluvial evolution of the Niers–Rhine and Maas in relation to climate and vegetation changes (from: Kasse 2005). 28
Figure 17. Geological overview map (De Mulder 2003). 31
Figure 18. Thickness of Holocene cover 32
Figure 19. Holocene cover within the landfall area 33
Figure 20. Overview indicative map of archaeological values (IKAW) 34
Figure 21. Archeological potential for prehistoric remains 36
Figure 22. Overview of known objects and contacts in the area of interest 39
Figure 23. Overview of known objects and contacts in the landfall area 40
Figure 24. Example of wreck site formation (Graham Scott) 41
Figure 25. Known airplane wrecks within the area of interest 42

List of tables

Table 1. Dutch archaeological periods 2
Table 2. Administrative details 2
Table 3. NSPRMF - research themes and topics (Peeters 2009) 9
Table 4. Observations of known objects 41
Table 5. Relation between lithostratigraphy and archaeological potential 44
Table 6. Testing of archaeological expectation with geophysical and geotechnical methods 48

Glossary and abbreviations

Terminology	Description
AMZ	Archeologische Monumenten Zorg
CPT	Cone penetration test
Ferrous	Material which is magnetic or can be magnetized, and well known types are iron and nickel
Holocene	Youngest geological epoch (from the last Ice Age, around 10,000 BC. To the present)
In situ	At the original location in the original condition
KNA	Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie
Magnetometer	Methodology to measure deviations from the earth's magnetic field (caused by the presence of ferro-magnetic = ferrous objects)
Multibeam	Acoustic instrument that uses different bundles or beams to measure the depth in order to create a detailed topographic model
NoaA	Nationale Onderzoeksagenda Archeologie
NSPRMF	North Sea Prehistory Research and management Framework
Pleistocene	Geological era that began about 2 million years ago. The era of the ice ages but also moderately warm periods. The *Pleistocene* ends with the beginning of the *Holocene*
PvE	Program of Requirements (Programma van Eisen)
RCE	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
ROV	Remotely Operated Vehicle
Side scan sonar	Acoustic instrument that registers the strength of reflections of the seabed. The resulting images are similar to a black / white photograph. The technique is used to detect objects and to classify the morphology and type of soil
Current ripples	Asymmetrical wave pattern at the seabed caused by currents. The steep sides of the ripples are always on the downstream side.
Subbottom profiler	Acoustic system used to create seismic profiles of the sub surface.
Trenching	Construction of a trench for the purpose of burying a cable or pipeline
Vibrocore	A special drilling technique where a core tube is driven by means of vibration energy in the seabed. In addition, the core tube is provided with a piston so that the bottom material in the core tube remains in place.

References

Literature

- Busschers, F.S. 2008. Unravelling the Rhine. Response of a fluvial system to climate change, sea-level oscillation and glaciation. PhD Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, 184 p.
- Busschers, F.S., C.W. Dubelaar, J. Stafleu en D. Maljers, 2010: Lithological and sand grain-size variability in the three-dimensional GeoTOP model of Zuid-Holland, Delft.
- De Mulder, E. e.a., 2003: *De ondergrond van Nederland*, Groningen.
- Deeben, J., D.P. Hallewas & Th.J. Maarleveld, 2002: Predictive modelling in Archaeological Heritage Management of the Netherlands: the Indicative Map of Archaeological Values (2nd Generation), Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek 45, 9-56.
- Forzoni, A., Vermaas, T., Mesdag, C., Hijma, M., de Lange, G. and de Kleine, M., 2017. Geological study Hollandse Kust (West) Wind Farm Zone).
- Gaffney, V.L., K. Thomson en S. Fitch, 2005: The Archaeology and geomorphology of the North Sea, Kirkwall.
- Hessing, W.A.M., 2005: Het Nederlandse kustgebied, in: Bechert, T en W.J.H. Willems (red.), De Romeinse rijksgrens tussen Moezel en Noordzeekust, 89-102.
- Hijma, M., 2009: From river valley to estuary, The early-mid holocene transgression of the Rhine-Meuse valley, The Netherlands, Netherlands Geographical Studies 389, Utrecht.
- Huizer, J. en H.J.T. Weerts, 2003: Formatie van Maassluis, In: Lithostratigrafische Nomenclator van de Ondiepe Ondergrond, Geologische Dienst Nederland (DINOloket).
- IMAGO projectgroep, 2003: Eindrapportage IMAGO: Samenvatting en conclusies, RDIJ rapport 2003-13a.
- Kasse, C., W.Z. Hoek, S.J.P. Bohncke, M. Konert, J.W.H. Weijers, M.L. Cassee and R.M. van der Zee, 2005. Late Glacial fluvial response of the Niers-Rhine (western Germany) to climate and vegetation change. Journal of Quaternary Science 20 (4): 377-394.
- Kramer, E. e.a., 2003 (red.): Koningen van de Noordzee, 250-850, Leeuwarden / Nijmegen.
- Laban, C. 2004: Top Pleistocene Formations map. Netherlands Institute of Applied Geoscience TNO. Department of Geo Marine and Coast. Utrecht.
- Louwe Kooijmans, L.P., 1970-1971. *Mesolithic Bone and Antler Implements from the North Sea and from the Netherlands*.- Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, 20-21: 69-70.
- Maarleveld, Th. J. en E.J. van Ginkel, 1990: Archeologie onder water, het verleden van een varend volk, Amsterdam.
- Maarleveld, TH.J. , Almere 1998: Archaeological heritage management in Dutch waters: exploratory studies.
- Makaske, B., NAP, R.L. 1995. A transition from a braided to a meandering channel facies, showing inclined heterolithic statification (Late Weichselian, central Netherlands). Geologie en Mijnbouw, 74, 1-8.
- Niekus, Marcel J. L. Th., Paul R. B. Kozowyk, Geeske H. J. Langejans, Dominique Ngan-Tillard, Henk van Keulen, Johannes van der Plicht, Kim M. Cohen, Willy van Wingerden, Bertil van Os, Bjørn I. Smit, Luc W. S. W. Amkreutz, Lykke Johansen, Annemieke Verbaas, Gerrit L. Dusseldorp, 2019: Middle Paleolithic complex technology and a Neandertal tar-backed tool from the Dutch North Sea. Proceedings of the National Academy of Sciences 116(44).
- Peeters J.H.M., L.W.S.W. Amkreutz, K.M. Cohen and M.P. Hijma, 2019. North Sea Prehistory Research and Management Framework (NSPRMF) 2019. Retuning the research and management agenda for prehistoric landscapes and archaeology in the Dutch sector of the continental shelf. Nederlandse Archeologische Rapporten (NAR) 63
- Rieu, R., van Heteren, S., van der Spek, J.F., and de Boer, P.L., 2005: Development and preservation of a Mid-holocene Tidal-Channel Network Offshore the Western Netherlands. Journal of Sedimentary Research, 75-3, p 409-419.

- Rijsdijk, K.F, S. Passchier, H.J.T. Weerts, C. Laban, R.J.W. van Leeuwen & J.H.J. Ebbing, 2005: Revised Upper Cenozoic stratigraphy of the Dutch sector of the North Sea Basin: towards an integrated lithostratigraphic, seismostratigraphic and allostratigraphic approach. Netherlands Journal of Geoscience 84-2, p 129-146
- Schüttenhelm, R.T.E.and Laban, C. 2005. Heavy minerals, provenance and large scale dynamics of seabed sands in the Southern North Sea.
- Thal, J., Socko, L., Feldmann, S, Brock, J. P. (2018). Geological Desk Study for the Hollandse Kust (west) Wind Farm Zone. Arcadis Nederland B.V. and Geo-Engineering.org GmbH, 180017. Netherlands Enterprise Agency. (RVO).
- Thal, J., Feldmann, S., Brock, J. P. (2019). Geological Desk Study for the IJmuiden Ver Wind Farm Zone. Arcadis Nederland B.V. and Geo-Engineering.org GmbH, 180017. Netherlands Enterprise Agency. (RVO).
- Törnqvist, T.E., Weerts, H.J.T., Berendsen, H.J.A. 1994. Definition of two new members in the upper Kreftenheye and Twente Formations (Quaternary, the Netherlands): a final solution to persistent confusion? Geologie en Mijnbouw, 72, 251-264.
- Van de Noort, R., 2011. North sea archeaeologies: A maritime biograph, 10,000 BC to AD1500. Oxford university press
- Van den Brenk, S., B.E.J.M. van Mierlo en W.B.Waldus, 2008. Archeologisch bureauonderzoek aanleg windturbinepark Tromp-Binnen en kabelroutes naar de Nederlandse kust. Periplus Archeomare rapport 08A014
- Van Lil, R. en van den Brenk, S., 2014. Windturbinepark Q4 en kabelroute naar de Nederlandse kust. Periplus Archeomare rapport 14A021
- Van Lil, R. en van den Brenk, S., 2018. Net op Zee Hollandse kust (Noord) and (west Alpha), offshore export cable routes. Periplus Archeomare report 18A013-01 (English)
- Verhart, L., 2005: Een verdronken land. Mesolithische vondsten uit de Noordzee, in: Louwe Kooijmans, L.P. e.a. (red.), de Prehistorie van Nederland, 157-160.
- Vonhögen-Peeters, L.M., S. van Heteren and J.H.M. Peeters, 2016. Indicatief model van het archeologische potentieel van de Noordzeebodem. Deltares rapport 209133-000
- Waasdorp, J.A., 1999: Van Romeinse soldaten en Cananefaten, Den Haag.
- Zijverden, W.K. van, 2017: After the deluge, a palaeogeographical reconstruction of bronze age West-Frisia (2000-800 BC), Leiden University dissertation, Leiden.

Atlases and Maps

- GeoTOP-model Laag van Wijchen en Hollandveen Laagpakket
- Globale Archeologische Kaart van het Continentale Plat

Sources from the Internet

- Dienst der Hydrografie (www.hydro.nl)
- Geologische Dienst Nederland - Data Informatie Nederlandse Ondergrond (www.dinoloket.nl)
- Noordzeeloket (www.noordzeeloket.nl)
- North sea paleolandscapes, University of Birmingham (http://www.iaa.bham.ac.uk)
- Olie en Gasportaal (www.nlog.nl)
- Stichting Aircraft recovery Group 40-45 (http://www.arg1940-1945.nl)
- Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB.nl)
- Stichting Maritiem Historische Databank (http://www.marhisdata.nl/)

Various sources

- Archis III, archeologische database Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
- Databases Periplus Archeomare
- KNA Waterbodems 4.1
- Nationaal Contactnummer Nederland (NCN)
- SonarReg92, objectendatabase Rijkswaterstaat Zee en Delta

Appendix 1. Phases of maritime archaeological research

The Dutch Quality Standard for Archaeology (KNA waterbodems, version 4.1) describes all procedures and requirements for the archaeological research process. Below a brief description of the steps involved:

Desk study
The purpose of a desk study is to collect and report all available historical data, geological information and information about disturbances in the past. The result is an archaeological expectation map or model.
The desk study may be expanded with an analysis of sonar and multibeam data, if available.

IF the outcome of the desk study shows that there is a risk of occurrence of archaeology, then the next phase must be carried out:

Exploratory geophysical field research (opwaterfase)
In order to test the archaeological expectation, a geophysical survey is carried out. The type of survey depends on the type of expected objects, local geology and expected depth of the objects below the seafloor. In practice, the research usually consists of a side scan sonar survey, if necessary, supplemented with multibeam echo sounder recordings, subbottom profiling and magnetometer measurements. The requirements of the survey are based on the desk study and should be included in a program of requirements which must be approved by the competent authorities.

IF potential archaeological objects are found, then the next phase must be carried out:

Exploratory field research under water (onderwaterfase verkennend)
The suspected sites are investigated by specialized divers in order to identify the objects. The requirements of the underwater research are included in a program of requirements which must be approved by the competent authorities.

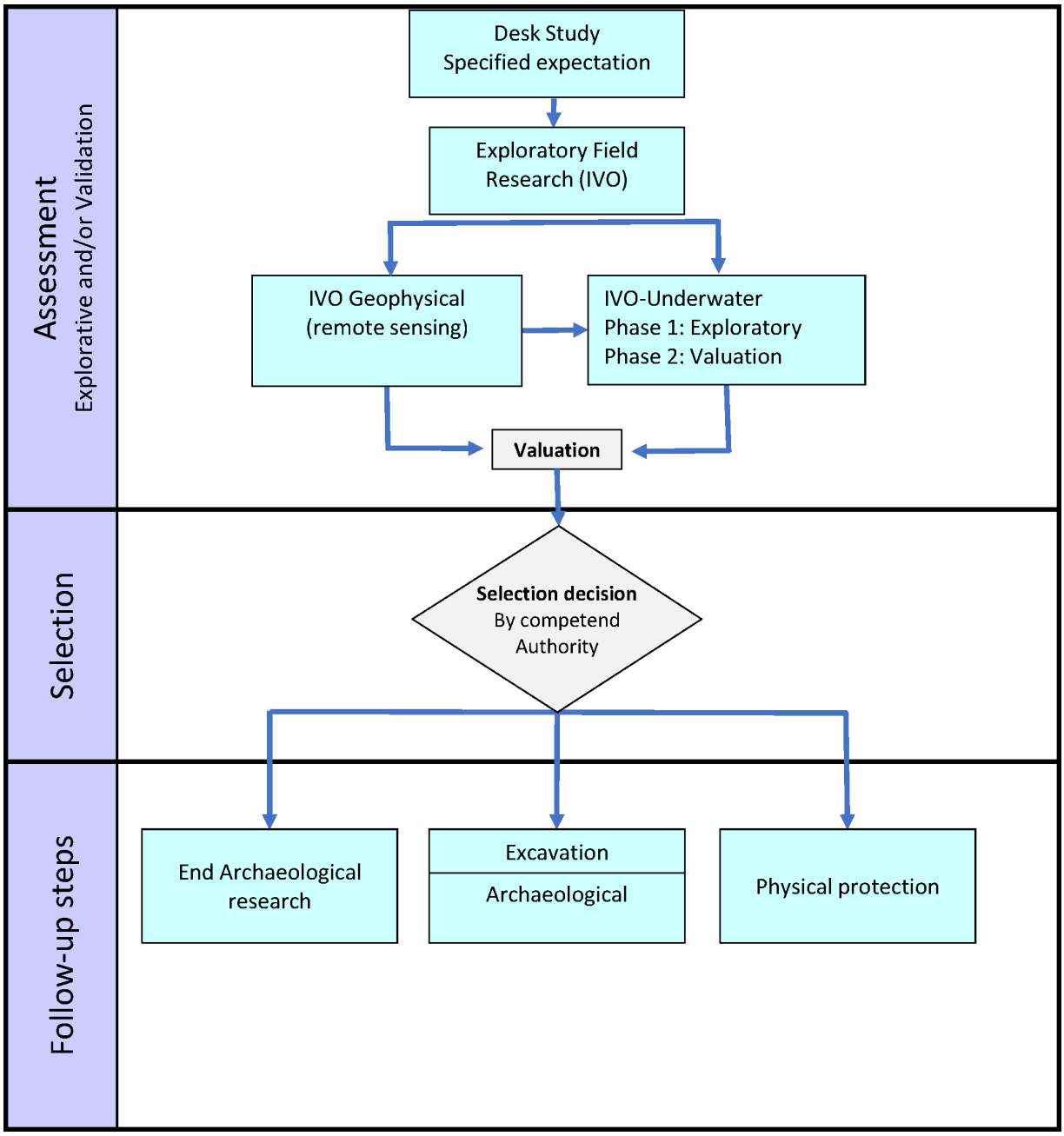
IF as site is identified as an archaeological object or structure then the next phase must be carried out:

Validating field research (onderwaterfase waarderend)
The archaeological remains at the site are thoroughly investigated and mapped by a specialized archaeological diving team and samples are collected for additional research. Then a decision will be made whether the archaeological remains are worth preserving. If the latter is the case, then there are two possibilities: either the remains can be preserved in situ (adjustment of plans) or the next phase will be conducted:

Archaeological excavation
The archaeological remains are excavated under supervision of a senior maritime archaeologist. All remains need to be documented, registered and conserved. The requirements of the underwater research are included in a program of requirements which must be approved by the competent authorities.

The phases described above contain a number of decision points that are dependent on the detected archaeological objects and structures. The figure on the next page shows these moments schematically.

Schematic overview KNA Waterbodems version 4.1



Appendix 2. Archaeological and geological periods and time scale

CHRONOSTRATIGRAFIE				ARCHEOLOGISCHE PERIODE				
SERIE	ETAGE - CHRONOZONE		TIJD	TIJDPERK				DATERING
Holoceen	**Laat Subatlanticum**		**1150 n. Chr**	Nieuwe tijd		C		1850
						B		1650
						A		1500
				Middeleeuwen	Laat	B		1250
						A		1050
					Vroeg	D		900
						C		725
						B		525
						A		450
	Vroeg Subatlanticum		0	Romeinse tijd		Laat		270
						Midden		70 n. Chr.
						Vroeg		15 v. Chr.
			450 v. Chr	Prehistorie	Metaaltijden	IJzertijd	Laat	250
							Midden	500
							Vroeg	800
						Bronstijd	Laat	1100
							Midden	1800
							Vroeg	2000
	Subboreaal		3700		Steentijd	Neolithicum	Laat	2850
							Midden	4200
							Vroeg	4900/5300
	Atlanticum		7300			Mesolithicum	Laat	6450
	Boreaal		8700				Midden	8640
	Preboreaal		9700				Vroeg	9700
Pleistoceen	Weichselien	Laat Glaciaal	Jonge Dryas			Paleolithicum	Laat	B	12.500
			Allerød						
			Oude Dryas						
			12.100						
			Bølling						
			13.000						
		Pleniglaciaal	17.000						
			L	Late Glacial Max					
				20.000					
				31.500					
				Denekamp					
			M	34.000					
				40.000					
				Hengelo					
				41.500					
				45.000					
			V	Moershoofd					
				50.000					
				71.000					
		Vroeg Glaciaal	Odderade	74.000					
			Brørup						
			Amersfoort						
			114.000						
	Eemien		126.000						
	Saalien		236.000						
	Oostermeer		241.000						
	onbenoemd		322.000						
	Belvédère		336.000						
	onbenoemd		384.000						
	Holsteinien		416.000						
	Elsterien		463.000						
							Jong	A	35.000
							Midden		250.000
							Oud		

Appendix C

UXO desktop Study

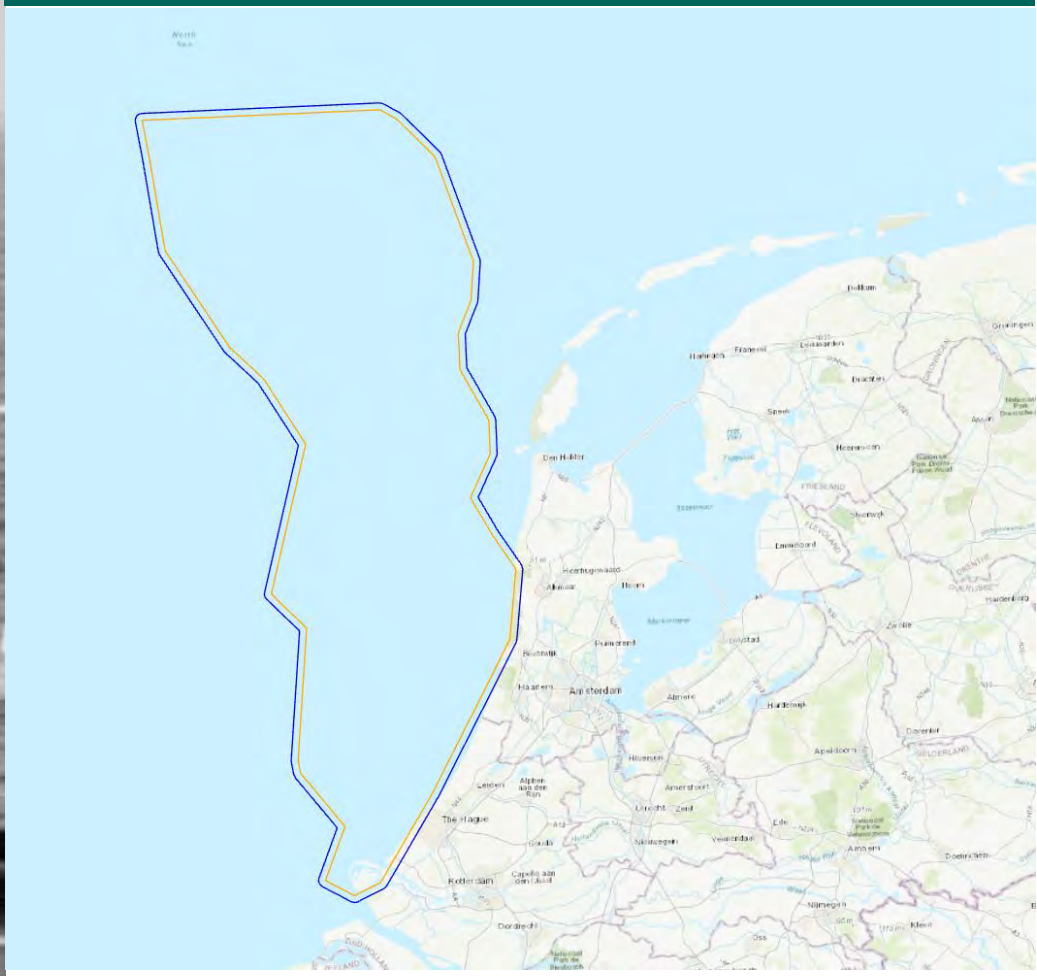


Historical Desktop Study

Unexploded Ordnance (UXO)

Maasvlakte Aramis CCS Project

RO-220005 Report version 1.0 (final)
9th February 2022



Riel Explosive Advice & Services Europe B.V. • Vijfhuizenbaan 1b 5133 NH Riel Nederland
Postbus 21 5133 ZG Riel Nederland • T +31 (0) 13 518 6076 • www.reaseuro.com • info@reaseuro.com

Historical Desktop Study

Unexploded Ordnance (UXO)

Maasvlakte Aramis CCS Project

Client	:	Fugro GB Marine Limited
Label	:	74497 / RO-220005 version 1.0 (final)
Place, Date	:	Riel, 9th February 2022

REASeuro			
	Name/Function	Signature	Date
Authors	Mr. T. van Wijk, MA, Historian		9th February 2022
GIS-Assistance	Mr. J. van Schijndel, GIS-Specialist		9th February 2022
Checked by	Mr. B. Looijen, Historian		19th January 2022
	Mr. J. Kapel, Senior UXO expert		19th January 2022
Approved by	Mr. T.P. Kloosterman, Head of the Advice Department		9th February 2022
Fugro			
Accepted	Mr. S. Po, Manager Marine Geotechnics		

Front page image: Fragment of oblique aerial photograph showing Bristol Beaufighter's of the North Coates Strike Wing attacking a small enemy convoy off Terschelling, Holland. The nearest trawler is being attacked with cannon gunfire, and also with rocket projectiles fired by the aircraft from which the photograph was taken. Source: Imperial War Museum.

TABLE OF CONTENTS

Page

SUMMARY **3**

1 GENERAL INFORMATION **5**

2.1 INTRODUCTION 5
2.2 AREA OF INTEREST AND AREA OF INVESTIGATION 5
2.3 PURPOSE AND MAIN OBJECTIVES 6

3 APPRAISAL OF HISTORICAL SOURCES **7**

3.1 METHODOLOGY OF HISTORICAL RESEARCH 7
3.2 SOURCES 7

4 ANALYSIS OF WAR RELATED EVENTS **10**

4.1 NAVAL MINES 11
4.1.1 First World War 12
4.1.2 Second World War 17
4.1.3 Post-war mine clearance 20
4.1.4 Conclusion 23
4.2 AIR WAR 26
4.2.1 Air strikes on surface vessels 26
4.2.2 Jettisoned bombs 27
4.2.3 Anti-aircraft gunfire 28
4.2.4 Post-war UXO encounters 28
4.2.5 Conclusion 31
4.3 COASTAL GUNS 32
4.3.1 Conclusion 34
4.4 WAR AT SEA 35
4.4.1 Conclusion 36
4.5 MILITARY EXERCISE 37
4.5.1 Conclusion 40
4.6 WRECKS 41
4.6.1 Conclusion 42
4.7 MUNITION DUMPING 43
4.7.1 Conclusion 44
4.8 V1 AND V2 BOMBS 45
4.8.1 Conclusion 46

5 GAPS IN KNOWLEDGE **47**

6 OVERVIEW OF UXO RISK AREAS **48**

7 CONCLUSION AND ADVICE **55**

8 ANNEXES **56**

ANNEX 1 GLOSSARY TERMS 57
ANNEX 2 LITERATURE 59
ANNEX 3 (INTERNATIONAL) ARCHIVES 64
ANNEX 4 WRECKS WITHIN THE AREA OF INTEREST 100
ANNEX 5 POST-WAR UXO CLEARANCE 102

SUMMARY

Historical research

The Central North Sea was the scene of several war related events during World War I and II. Among these are the sinking of a large amount of vessels and aircraft, bombing by planes, naval battles and the presence of minefields, military exercise zones and munition dumping grounds. Due to these events UXO may be located within the area of interest. The UXO items considered most likely to be present within the investigation area are shown in the overview below. Note that the overview shows the likelihood of presence of generic UXO types within the site based on the evidence available in the REASeuro GIS-Database at the time of writing this report.

UXO type	Likelihood of presence	Subtype / calibre	Remarks
Naval mines (WWII)	Feasible	German E-Mine moored contact mines British Vickers / British Elia and H Mark II moored contact mines	The area of interest was situated between the British coast and Germany. During the First World War this area was a theatre of mine warfare. Multiple German and British minefields were laid within the area of investigation. This evidence supports a strong likelihood that naval mines are present within the boundaries of the known minefields. Outside these boundaries likelihood of presence is determined to be feasible.
	Probable		
Naval mines (WWII)	Probable	British Mk I-IV ground mines and British Mk VII- VIII and Mk XIV German EMB, EMC, EMD, UMA, RMA, KMA contact mines German LMB Ground mines German Exploding Floats (and also non explosive sweep obstructors) Dutch Model 1921 '2e soort'	During the Second World War the area of interest was situated between the British oast and the German occupied coasts of Europe. During the Second World War this area was once again a theatre of mine warfare. Multiple German and British minefields (filled with mines and sweeping obstructers) were laid within the area of investigation. Primary sources lead to the conclusion that within the boundaries of the known minefields, the likeliness of presence of naval mines is certain. Outside these boundaries likelihood of presence is determined to be probable.
	Certain		
Aerial bombs	Certain	4 lbs, 25 lbs, 30 lbs, 100 lbs, 250 lbs, 260 lbs, 300 lbs, 500 lbs, 1.000 lbs, 4.000 lbs	During the Second World War, aerial warfare played a huge factor. Research shows that a large amount of allied airstrikes took place in the area of investigation. Depending on the target bombs, rockets, torpedoes and depth charges could be deployed. Besides airstrikes, allied aircraft often jettisoned bombs over the North Sea. At least one direct indication of jettisoning in the area of investigation has been derived from the historical sources. Indirect indications are plentiful. Due to the large amount of sources stating attacks near the convoy routes it is deemed certain that UXO as a result of aerial warfare might still be present near these convoy routes. In the rest of the area of investigation the likelihood of presence of UXO is deemed probable due to the large amount of jettisons in the North Sea.
	Probable		
Rockets	Certain	3 inch rocket with 25 lbs or 60 lbs (SAP) warhead	
	Probable		
Under water ammunition	Certain	18 inch torpedo Mk XV Depth charge	
	Probable		

UXO type	Likelihood of presence	Subtype / calibre	Remarks
Artillery Shells Small calibre ammunition (Naval weaponry)	Probable Remote	Small Calibre Ammunition .303 .50 13,2 mm 15 mm Artillery Shells 2 cm/20 mm 2 pr. pompom 3.7 cm 6 pr. 8.8 cm	As mentioned, German shipping was attacked regularly by Allied aircraft. As a countermeasure German ships were equipped with anti-air (machine)guns. Due to the deployment of these guns, UXO might be present near the commonly used German convoy routes. Outside of these convoy routes the likelihood of presence of UXO is deemed remote. This statement is further enhanced by the fact that British surface craft tried to infiltrate the German convoy routes and, in some instances, fought small scale naval battles with German ships.
Artillery Shells	Probable Negligible	Coastal guns: 5 cm 7,5 cm 9,4 cm 10,5 cm 12 cm 14,91 cm 15 cm 15,2 cm 24 cm 28 cm	After the German occupation coastal guns were installed along the Dutch coast as part of the *Atlanikwall.* The coastal guns covered the whole coast in order to repel a possible Allied attack. Due to exercises and combat UXO of artillery shells could be present within the area of investigation. However, UXO could only have reached as far as the range of the coastal guns. Within range of the coastal guns the likelihood of presence is deemed to be probable, outside of this range the likelihood of presence is deemed negligible.
Unknown (exercise) munition	Certain Negligible	Each military exercise zones had it's own purpose, it is outside the scope if this research to determine the munition used in each zone.	Within the area of investigation there were several military exercise zones. Some were already in use by German troops during the Second World War, others taken into use by the Dutch military after the war. It is deemed certain that UXO of (exercise) munition is still present within the boundaries of the military exercise zones, outside these zones the presence of UXO of (exercise) munition is deemed negligible.
Unknown dumped munition	Certain Probable Negligible	-	A total of three known munition dumping grounds overlap with the area of investigation. Sources state that fishermen found munition outside of the dumping grounds, therefore a buffer of three nautical miles was projected around dumping grounds. 'Fishing, intrusive, and seismographic activities' were deemed dangerous within this buffer. The presence of munition dumping grounds lead to the determination of a UXO Risk Area at the location of the dumping ground. The likelihood presence of UXO at this location is deemed certain. Within the buffer of three nautical miles this likelihood presence is deemed probable, in the rest of the area of investigation the likelihood presence is set to negligible.

Table 1: UXO items likely to be encountered in the area of interest.

1 GENERAL INFORMATION

This chapter describes the context and goal for the Historical Desktop Study–Unexploded Ordnance (HDTS-UXO). Furthermore the area of investigation, the area of interest, the purpose and methodology are described. The chapter concludes with a general structure of the report.

2.1 INTRODUCTION

Fugro has invited REASeuro to conduct an HDTS-UXO for the CCS Aramis project. The plans are to build a new pipeline from Maasvlakte (man-made westward extension of the Europoort port and industrial facility within the Port of Rotterdam) to offshore blocks L4/K6. To obtain insight in the possible chance of encountering UXO during this project, Fugro Survey B.V. has requested REASeuro to provide a HDST-UXO.

2.2 AREA OF INTEREST AND AREA OF INVESTIGATION

The area of interest is located off the Maasvlakte, Netherlands to offshore blocks L4/K6, located within the northwestern part of the North Sea. The area of investigation is the given radius, based on the inaccuracies inherent to conducting offshore desk research. The positions of naval minefields, air strikes, crashes and convoy routes in historical sources are given approximately only, since navigation equipment was not nearly as accurate as it is in modern systems. The most common method of marking locations during the World Wars was based on decimal degrees, which were accurate down to 1 naval mile (1,852 meters). Another way of positioning is found in German sources, which are based on the German Naval Grid (*Kriegsmarine Quadranten*), with a grid size of 6x6 nautical miles. Historical sources based on this grid thus position war related events in an area of 123 square kilometres.

Besides these inherent inaccuracies from historical sources, one must take into account the displacement of UXO on the seabed. Bottom trawling, tides and currents, and recent developmental activities may have caused this displacement. The area of interest and research area are shown in Figure 1.



Figure 1: Area of interest and area of investigation (Source of base map: ESRI).

2.3 PURPOSE AND MAIN OBJECTIVES

The HDTS-UXO will be performed with sources which are currently in the REASeuro-database and open sources in a short amount of time. Therefore, it provides an indication if UXO might be present in the Area of interest. By conducting the sources which are mentioned above, historical research will be conducted on the war-related events that took place within the Area of Interest. More specifically, the HDTS-UXO will provide historical research on:

- Aerial attacks on ships
- Airplane crashes
- Shipwrecks
- Laying of minefields (WWI, WWII)
- Dumping of UXO
- Military zones

The starting point of REASeuro is, that the presence of UXO cannot be excluded. In the HDTS-UXO REASeuro will examine whether this premise is true and if there are areas with an increased risk of UXO. Based on the historical sources, the possible calibres and type of UXO are determined which could be present within the Area of Interest.

The HDTS-UXO will provide historical research on:

1. The military events, battle activities, aerial attacks on ships, airplane crashes, shipwrecks, laying of minefields (WWI, WWII), dumping and submarine activities.
2. The possible calibres and type of expected UXO.

3 APPRAISAL OF HISTORICAL SOURCES

This chapter describes the consulted sources. Detailed information extracted from each source is included within the annexes. Information extracted from the sources, results in an overview of relevant war events. These events are the starting point for the review and analysis of sources in chapter 4 of this historical research.

3.1 METHODOLOGY OF HISTORICAL RESEARCH

This research report is conducted in accordance with the Dutch CS-OOO regulations for UXO research and REASeuro's internal standards for offshore desk top studies. War related events that took place in the area of investigation are derived from historical sources, and subsequently analysed. Based on this analysis a UXO risk area may be demarcated.

Due to several years of experience with offshore research, REASeuro has built up a substantial database regarding war related events in the North Sea. A multitude of sources are consulted for this report. All consulted sources are listed and explained in paragraph 2.2.

The research has been conducted by an historian. Page 1 of this report mentions the involved experts. ArcGIS Pro version 2.9.0[1] has been used as a tool to conduct this research. Historical maps and other information have been gathered and projected in this geographical information system for analysis[2]. GIS is also used to position and clarify the relevant war related events mentioned in the list of war related events in chapter 3.

3.2 SOURCES

For more than twenty years, REASeuro has collected historical sources regarding war-related events within the North Sea. Many of these sources have been made available for historical research through an internal database in our own Geographical Information System (GIS). This database contains a wide variety of sources. The following sources will be consulted for the HDTS-UXO:

Sources
Literature • Maps and charts regarding minefields
Nationaal Archief, The Hague, The Netherlands • Coastal guns
Noorzeeloket, The Netherlands • Military zones
Dienst der Hydrografie, Koninklijke Marine, The Netherlands • Wrecks • Military zones
Nederlands Instituut voor Militaire Historie, The Hague, The Netherlands • Minefields
Marinemuseum, Den Helder, The Netherlands • Coastal guns
Bundesarchiv-Militärarchiv, Freiburg, Germany • ZA 5 Deutscher Minenräumdienst (German Minesweeping Administration) – mine-clearance operations
The National Archives, Richmond, United Kingdom • Bomber Command: aerial attacks and minelaying within the North Sea

[1] Mentioned as 'GIS' throughout this report.

[2] Historical charts are "georeferenced" in GIS and used for this report. Georeferencing is the name given to the process of transforming a scanned map or aerial photograph so it appears "in place" in GIS. By associating features on the scanned image with real world x and y coordinates, the software can progressively warp the image so it fits to other spatial datasets. For this research, historical charts have been georeferenced by distinguishing points of recognition on both the historical and present maps and placing 'those points together' so that both maps align. Since several of these charts are hand-drawn or lack exact coastlines, inaccuracies may occur and exact inaccuracies in meters could not be given.

• Coastal Command: aerial attacks and minelaying within the North Sea • Squadrons: Loss charts
National Archives and Records Administration, College Park (MD), United States • Documents from the US Army Air Forces (USAAF)
Beneficial Cooperation - The Royal Netherlands Navy and the Belgian Navy • UXO-clearance operations • Military zones
OSPAR-convention • UXO-clearance operations
Wrecksite • Locations of wrecks (airplanes/ships etc.) within the North Sea
UK Hydrographic Office • Charts regarding minefields • Charts regarding naval routes
Library of Congress • Charts regarding minefields

Literature

An overview of used literature can be found in Annex 2. Literature is consulted in order to get a general depiction of the war related events (especially the laying of minefields) within the area of investigation. The resulting events are shown in chronological order in tables. The references (book and page) for each event are included in the tables.

Nationaal Archief, The Hague, The Netherlands

The Dutch National Archives have been consulted for more information on the coastal guns on the Dutch Coast.

Noordzeeloket, The Netherlands

The Noordzeeloket is a comprehensive website, covering relevant Dutch maritime policy related North Sea information. On the website relevant information about the locations of Voormalige munitiestortplaatsen (Former munitions dump locations), Oefengebieden Mijnenruimen (Mine clearance training areas), (Laag)vlieggebieden ((Low) flying areas) and Schietterrein / onveilige zone (Shooting site / unsafe area) is available.

Dienst der Hydrografie, Koninklijke Marine, The Netherlands

Naval charts of the area of analysis have been acquired through the Hydrographic Service. Besides naval charts regarding military usage the HP39 (wreck registry) publication has been consulted to gain information on possible wrecks in the area of investigation.

Nederlands Instituut voor Militaire Historie, The Hague, The Netherlands

The 'Nederlands Instituut voor Militaire Historie' has been consulted on information about Dutch naval minefields.

Marinemuseum, Den Helder, The Netherlands

The map collection of the Marinemuseum (Navy Museum) in Den Helder has been consulted. NEMEDRI-maps were found in this collection. These maps offer information on minesweeping after the Second World War. The NEMEDRI maps show some information about mine clearance shortly after the war.

Bundesarchiv-Abteilung Militärarchiv (BAMA) in Freiburg

The German military archives were severely damaged during World War II. The remains of the archives are kept and maintained in the Bundesarchiv in Freiburg. The archives of the German navy (*Kriegsmarine*) survived the war relatively well compared to the other service branches. These have been consulted for this

desktop study, as well as the German Air Force (*Luftwaffe*) archives, of which only 2% of the documents survived the war. Annex 4 contains the relevant information from the BAMA.

The National Archives (TNA) in Londen

The National Archives have been consulted for information on naval minefields, air strikes, naval combat, bomb jettisoning and other relevant war related events. The Admiralty, War Cabinet and Air Ministry archives have been consulted for this information. Annex 4 contains relevant results from TNA.

National Archives and Records Administration (NARA) in College Park (MD)

Research has been conducted in the US National Archives and Records Administration. The NARA has been consulted for documents from the US Army Air Forces (USAAF) and for the collection of captured German records. Annex 4 contains the relevant information from the NARA.

Beneficial Cooperation - The Royal Netherlands Navy and the Belgian Navy

The Dutch navy is working with the Belgian navy to keep the sea, coastal waters and harbour mouths free of mines. Therefore, the UXO-related interventions in the database of the Beneficial Cooperation is consulted.

Post-war UXO clearance: OSPAR

The area of interest is situated in the North Sea. Therefore, the UXO-related interventions in the database of the OSPAR Commission[3] were consulted. The results are shown in Annex 4.

Wrecksite

The wreck site is the world's largest online wreck database. The website has information about 205.740 wrecks around the world. When information about the reason for the sinking of a ship is known, it is mentioned on the website.

UK Hydrographic Office

The UK hydrographical office maintains a collection of historical naval charts, including charts that contain minefields and convoy routes. Naval charts showing the area of investigation have been consulted, but no map has been found with information regarding the area of interest.

Library of Congress

On the website of the Library of Congress, which is known as the national library of the United States, a chart has been consulted regarding minefields in the First World War. This chart is shown in Annex 5.

[3] The Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR-convention) provides a framework for reporting encounters with conventional and chemical munitions in the OSPAR maritime area.

4 ANALYSIS OF WAR RELATED EVENTS

The consulted historical sources (see annexes) indicate several war related events within the area of interest. The war related events derived from the historical sources that are relevant for the area of interest are listed categorically in the tables underneath. The events are grouped into four categories: war at sea, the air war, naval mines, and other UXO-related events. Following these tables per category, the UXO type and likeliness of presence within the area of interest is determined. Before each category is analysed below, the method of defining UXO risk areas is explained.

Defining the UXO risk area

The UXO items considered most likely to be present within the area of interest are shown in each specified category. Note that the table at the end of each paragraph shows the probable presence of generic UXO types within the site based on the evidence gathered about potential UXO sources. It's important to recognise that the presence of a UXO type does not necessarily mean that it will be encountered. The likelihood of encounter (i.e. a positive interaction with the UXO during a specific project activity), will generally be less than the probability of items of that particular UXO type being present across the whole area of interest; given that the actual footprint of the anchor locations will be less than the total investigation area volume. In the following table the terminology used for the likely presence of UXO is shown.

"Presence" Term	Meaning
Negligible	No evidence pointing to the presence of this type of UXO within an area but it cannot be discounted completely.
Remote	Some evidence of this type of UXO in the wider region but it would be unusual for it to be present within the area of study.
Feasible	Evidence suggests that this type of UXO could be present within the area.
Probable	Strong evidence that this type of UXO is likely to be present within the area.
Certain	Indisputable evidence that this type of UXO is present within the area.

Table 2: Definitions of terminology used for the likely presence of UXO.

Condition of expected UXO

The majority of the expected UXO are likely to be in an armed condition. This means that the safety devices preventing the UXO from premature detonation, e.g. during handling, have been removed. Therefore, the explosive train, is in line.

The explosive train is a sequence of events that culminates in the detonation of explosives and can be different for each type of UXO:

- In the case of aerial bombs which were dropped by aircraft in distress situations, the bombs could have been dropped with safety features still in place, however they still present an explosive risk, e.g. as a result of corrosion of vital safety features.
- Some of the expected UXO, e.g. naval munitions, contain a large quantity of explosives and may be encountered in very poor condition as the thin metal casings may have severely eroded. In many cases, the explosive capability could remain more or less undiminished. Some explosive charges neither absorb nor dissolve in water, and some charges do. However, stability of the explosive charge may have deteriorated with age.
- Naval contact mines from the period of interest typically contained a dry cell battery with an electrical detonating circuit which was connected to external conventional switch horns. These batteries will have now deteriorated and no longer have the ability to supply sufficient power to function. However, the condition of the explosives can be unstable.
- Contact mines with Hertz Horns were also common from World War I and onwards. Each horn contains a container of acid. Heavy contact with the horn can brake the acid container within, which

subsequently energizes a battery and detonates the main charge. Therefore, this type of mine (like all other UXO) must be handled with extreme caution.

Although corrosion can make a UXO more sensitive, it can also make it less likely to detonate, as i.e. electrical wiring may have corroded resulting in a break in the explosive train. As a wide range of UXO can be expected, all UXO must be handled with extreme caution until the exact state is determined after positive identification by an EOD-expert.

4.1 NAVAL MINES

Naval mines were laid in the North Sea during the First and Second World War. The purpose was twofold. Mines were used in a defensive way to protect own waters and ports and to hold off enemy ships. At the same time, mines could be used to harass enemy shipping and obstruct military movements. Mines could be laid by surface ships, submarines and aircraft. During the First World War moored contact mines were used almost uniquely. Moored mines float beneath the water surface and are kept in position with an anchor and anchor cable. This technique was also used during the Second World War. Next to contact mines, the belligerent parties developed influence mines. These mines were laid on the sea bottom and would detonate if sensors in the mine detect a difference in pressure, sound, or magnetism caused by a passing ship.

The area of investigation has overlap with a suspected British minefield from the First World War and several German minefields from the Second World War. These minefields, the post-war clearance and UXO encounters are discussed in the next paragraphs. A conclusion is added in paragraph 4.1.4.

4.1.1 First World War

A map from the Library of Congress (see Annex 3) shows two minefields on relatively large distance from the area of investigation. It was a large German minefield (red, marked with a '3') lying along the Dutch coast. The map title (see subscript of Figure 2) explains that only the approximate position of the minefield is showed. The presence of the minefield is confirmed in the book *The Hidden Threat* (see Annex 2). According to this book 664 mines were laid in the field. No information about the exact type of mines was found, but the belligerent parties during the First World War used almost uniquely moored contact mines.

The second Minefield was British (bordered in red, northeast of the area of investigation). The border indicates an area in which multiple smaller minefields were laid. The mined area, the German Bight, was a major theatre of naval warfare during World War I. British forces laid 42.899 naval mines in the Bight. Only few German minefields can be found in the German Bight.

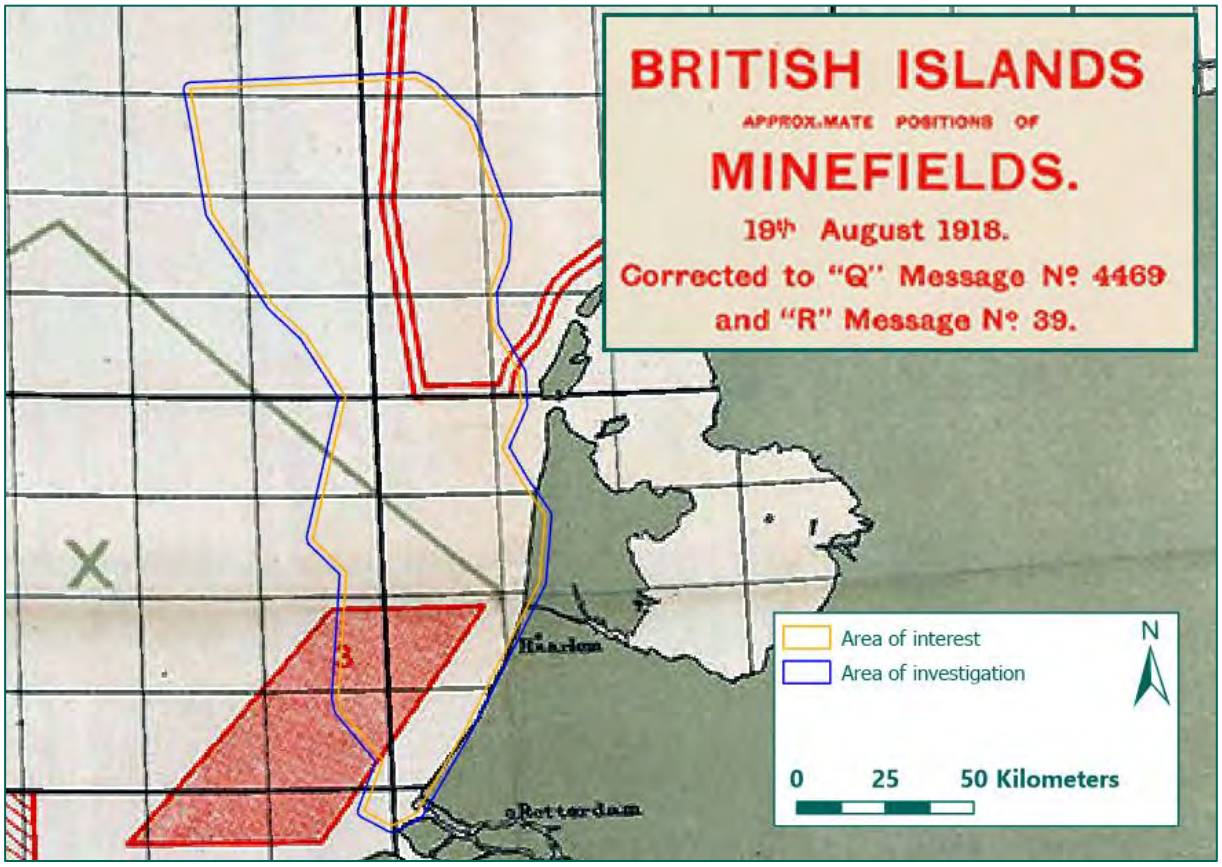


Figure 2: Cutout of the map *British Islands. Approximate position of minefields*, *19th August 1918,* showing minefields around the British Islands (Source: Library of Congress).

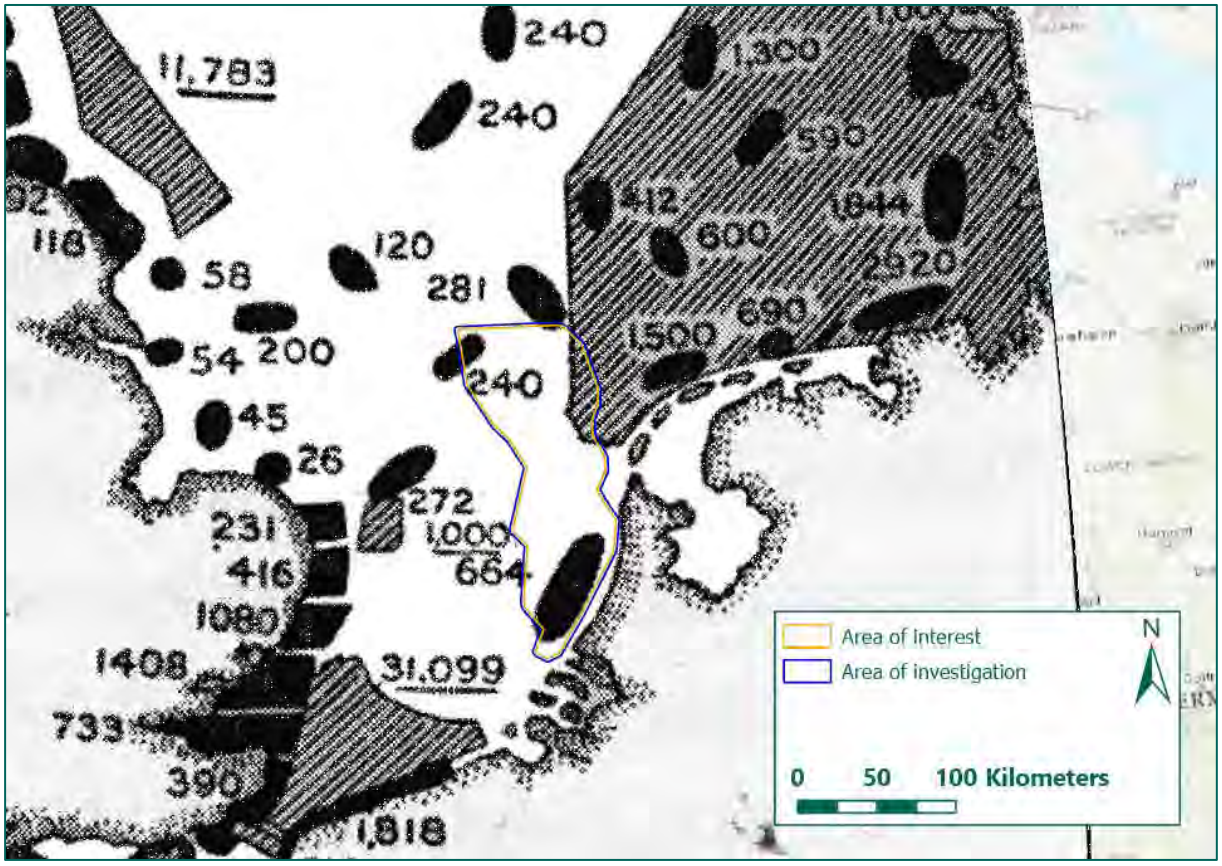


Figure 3: British, German and American mines laid during the First World War (Source: Literature CRO 62).

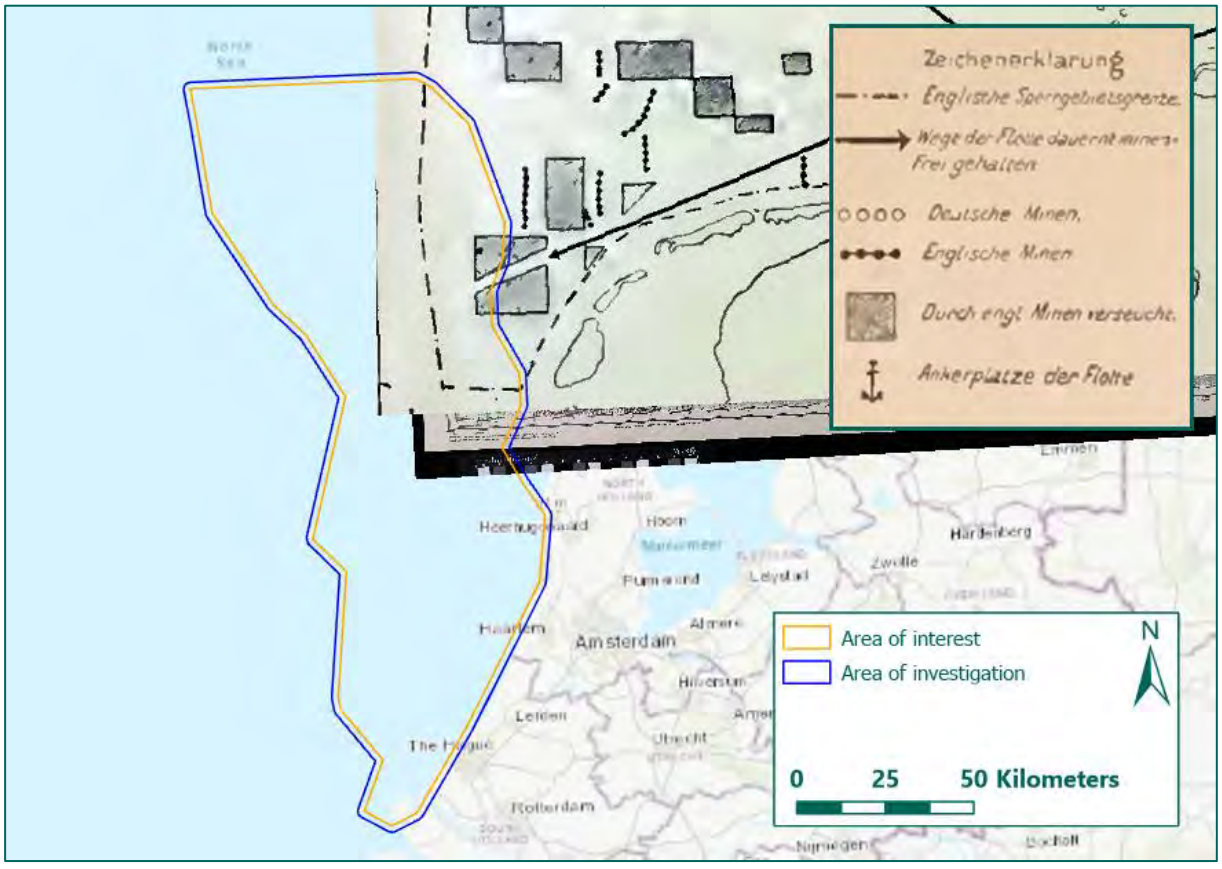


Figure 4: Details about minefields near the Dutch coast (Source: Literature SCH 288)

According to German sources derived from the Bundesarchiv, the area of investigation has overlap with an area which is suspected to have been mined. Reports from the *Kommando der Hochseestreitkräfte* (Command of the Naval Forces) contain a map showing the minefield. *Treibende Minen* (Contact mines) were laid on the Dutch Coast. Additional information about these minefields is not given.

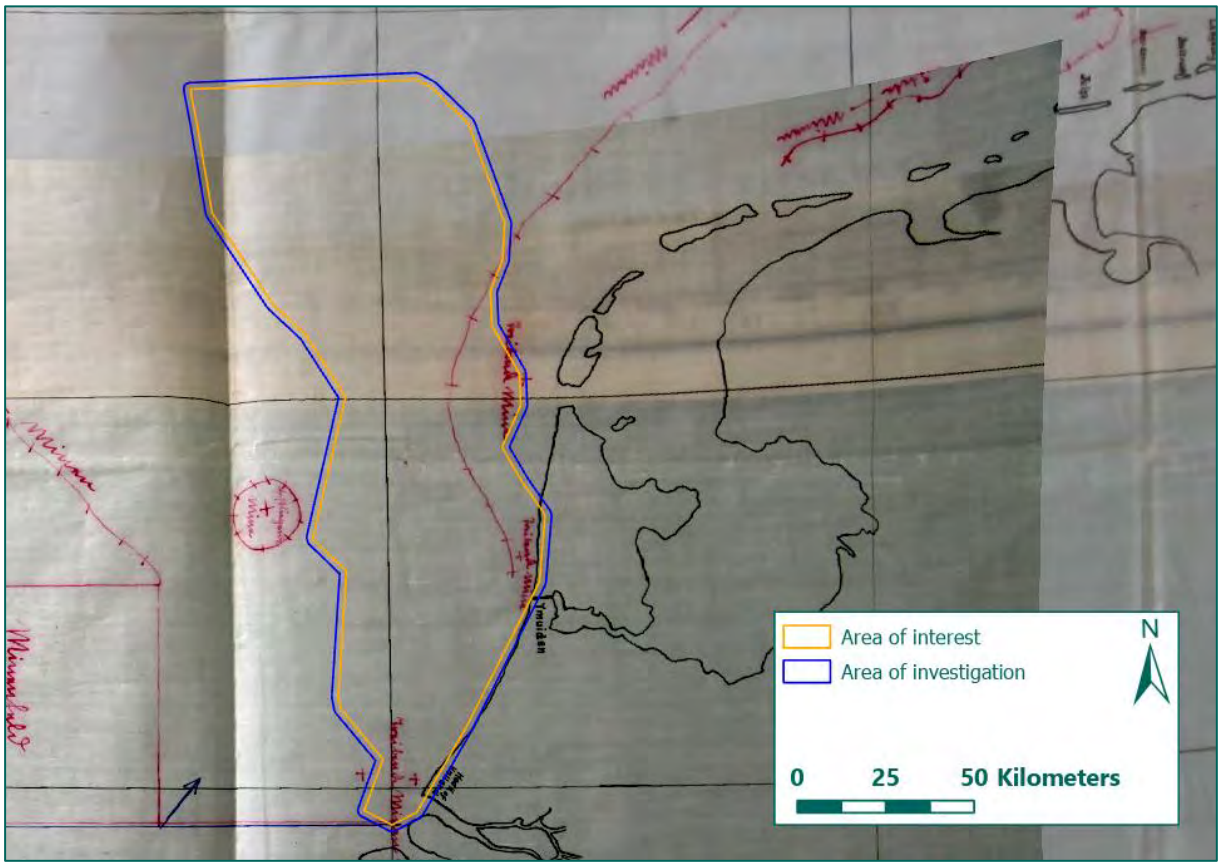


Figure 5: German map showing the suspected Allied minefield, according to the situation of March 1915 (Source: BaMa, RM 5/4721K).

During the First World War, a lot of mines broke loose from their anchor and drifted away. A total of 6.000 mines washed ashore on the Dutch beaches. Amongst those mines 4.981 were from British origin, 431 were German, 81 were French, and 500 mines were from other or unknown origins. It is estimated that no less than 240.000 mines have been spread out in the North Sea.

The information about minefields have been entered into our GIS-system. Relevant minefields within the area of investigation are shown below.

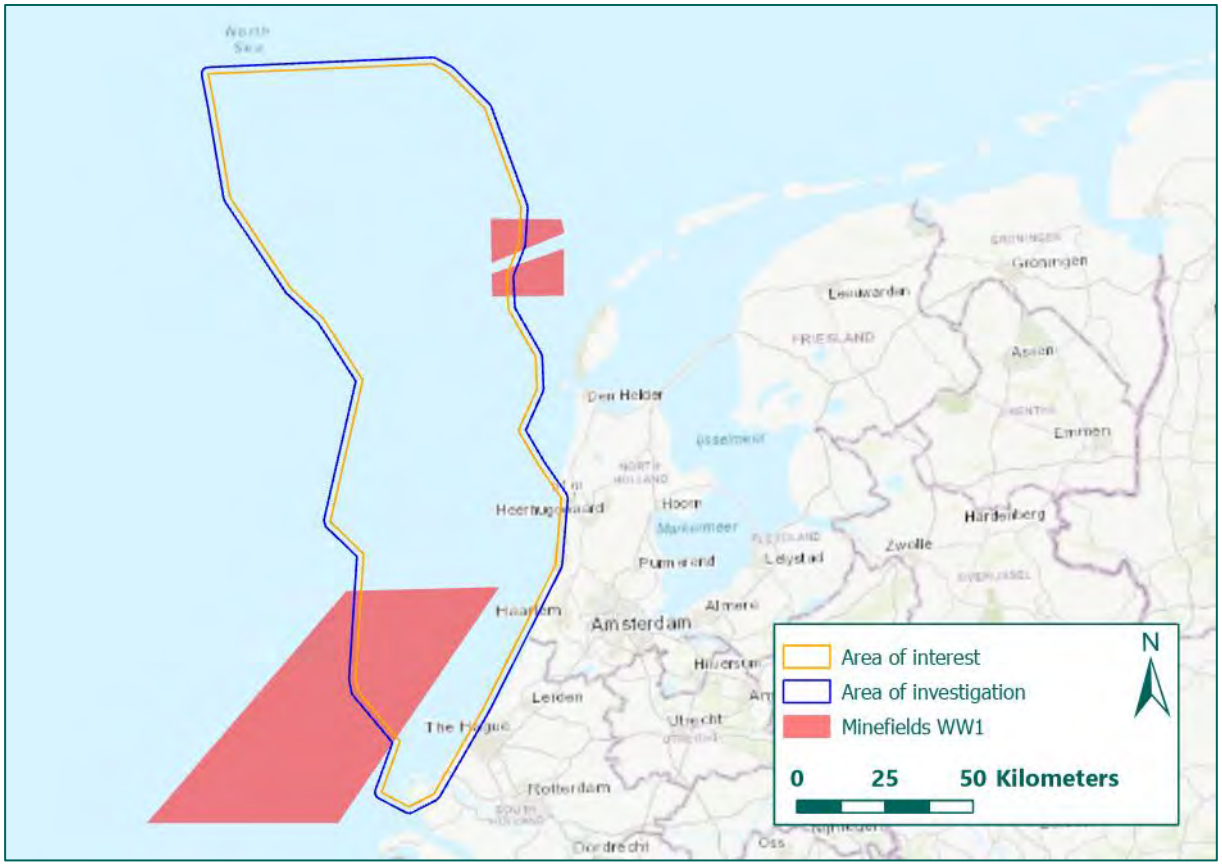


Figure 6: British and German minefields during WW1 (Source basemap: ESRI).

Records from The Dutch National Archives (see Annex 3) contain evidence that mines were present in the area of investigation during the First World War. On a map obtained in the "Nationaal Archief" (Dutch National Archives) it is shown that during 1914-1916 multiple Dutch ships ran onto mines. Most of these accidents happened outside of known minefields. One of these incidents occurred within the area of investigation. As can be seen in the figure below, the black dots indicate the locations where Dutch ships ran onto contact mines. Several black dots are visible within the area of investigation. However, no details have been provided about the ship that sunk at this location. Because there are no known minefields near the locations of the incidents, it is possible that the ships ran upon a contact mine that broke loose from the minefields seen in Figure 2, Figure 3, Figure 5.

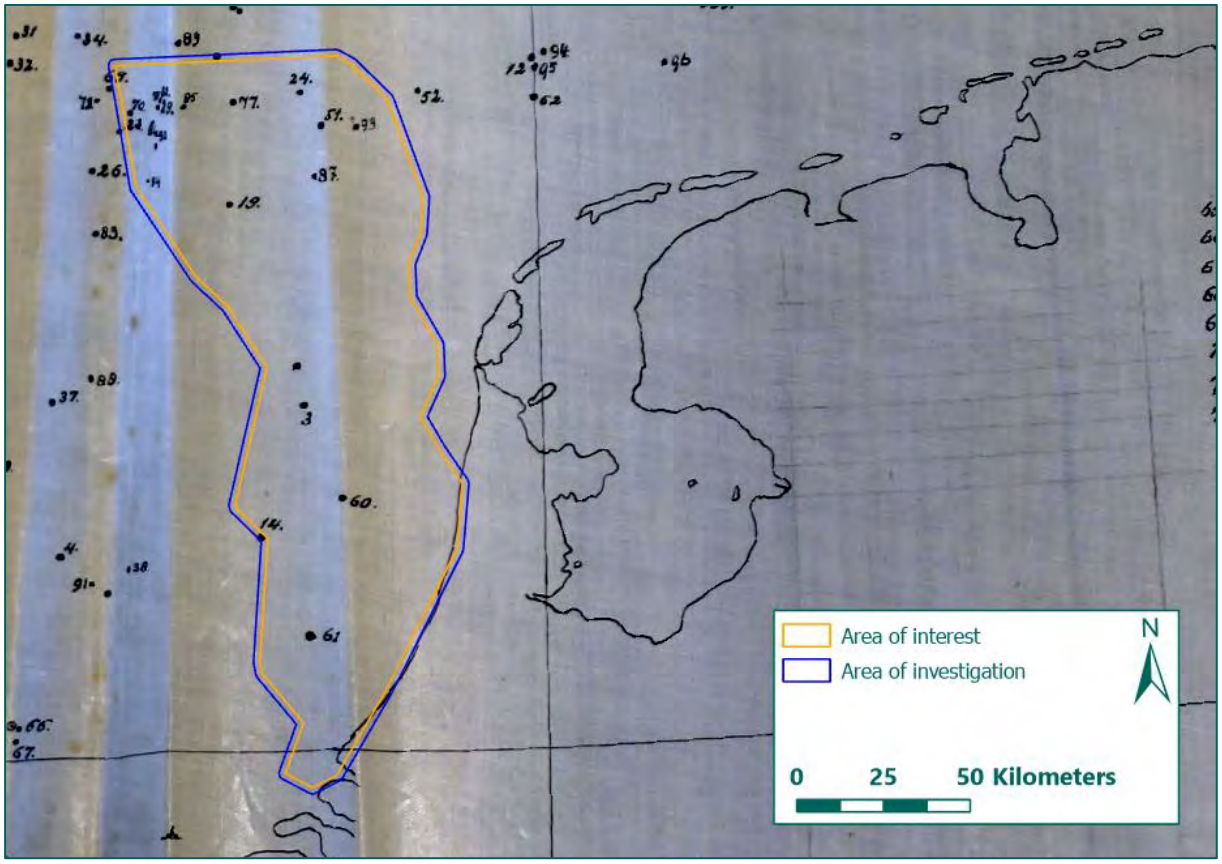


Figure 7: Map showing locations where Dutch ships ran onto mines during 1914-1916 (Source: NA, 2.05.32.09, file 44).

Wrecksite.eu also shows a lot of wrecks within the North Sea. A total of 39 ships were sunk due to mines laid in WW1 and WW2. Besides that a lot of ships were sunk due to unknown causes. The book 'HP39 Wrakkenregister, Nederlands Continentaal Plat en Westerschelde' (abbreviated to HP39), drawn up by the Dutch navy, show an abundance of wrecks (ships and aircraft) within the area of interest. In HP39 no details are given about the reason/cause of the sinking of the ships or aircraft. However. An overview of all wrecks according to this book is shown below.

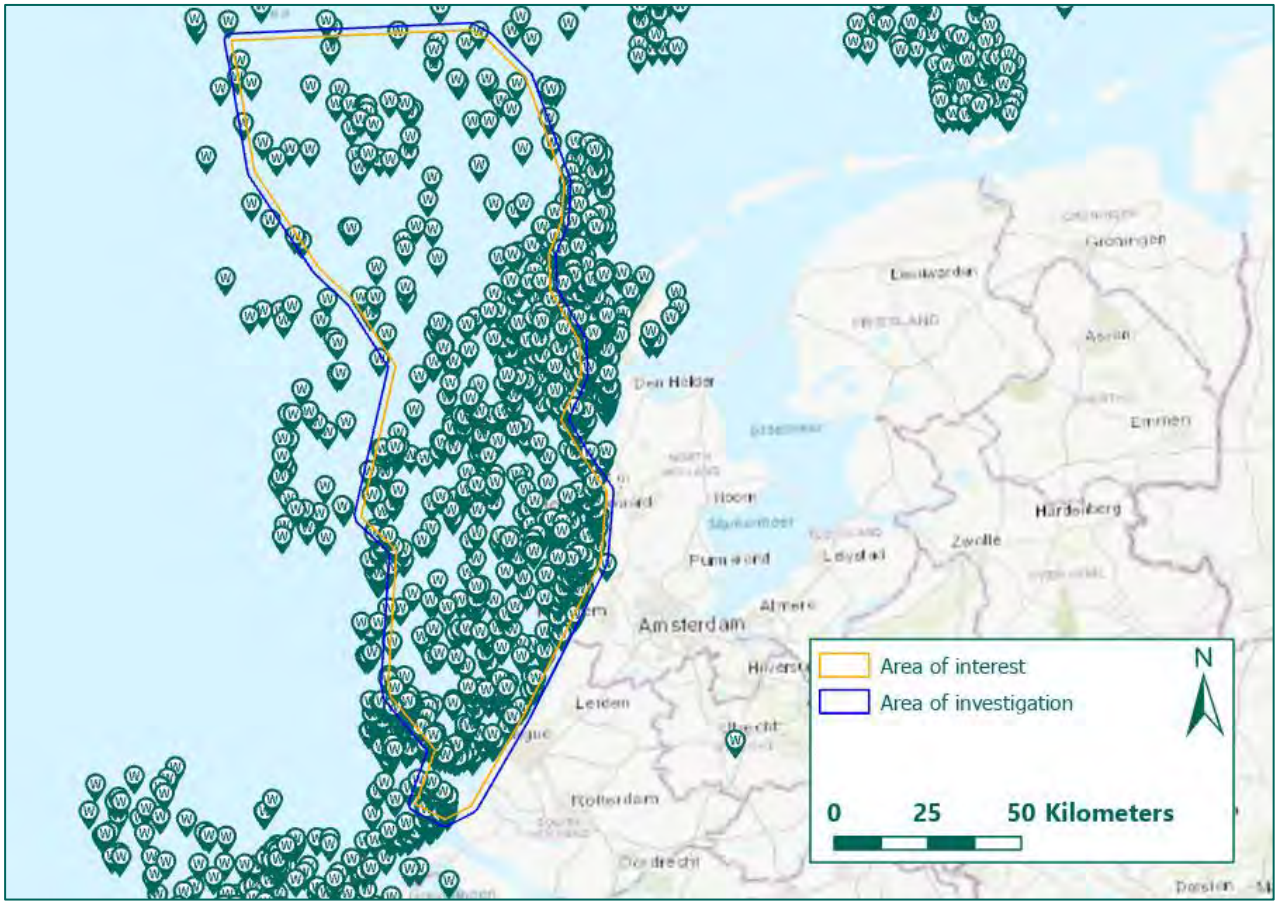


Figure 8: Overview of wrecks within the area of interest according to HP39 (Source: HP39).

According to sources that were consulted by REASeuro British and German minefields overlapped the area of investigation during the First World War. Several ships were sunk due to mines laid within the Area of investigation.

Based upon the sources available, it is concluded that First World War German and British contact mines could be present in the area of investigation. Since no information is found about the precise types of the mines, it is presumed that the most common types of German and British mines could be present in the area of investigation, the German E-Mine and British Vickers / British Elia and H Mark II moored contact mines. Conclusions about the UXO Risk Area as a result of naval mines is given in paragraph 4.1.4.

4.1.2 Second World War

During the Second World War several German minefields were laid in the area of investigation. The German minefields were laid defensively, with the intention to hinder allied ships from approaching the Dutch Coast. British offensive minelaying was aimed against German convoy routes sailing by the Dutch Coast. Some of these British offensive minefields overlap the area of Investigation.

Different sources show maps and coordinates of German and British minefields within the area of investigation. The German minefields within the area of investigation are well documented. During the war the British authorities were quite aware of the locations of German minefields, as can be seen in Figure 9 several minefields overlapped with the area of investigation. The large minefield 404X consists of many smaller minefields. Detailed information about these, and other, minefields that overlap with the area of investigation can be found in the Bundesarchiv (see Figure 10). The German minefields were also littered with sweeping obstructers, suchs as Exploding floats, *Sprengboje* (with explosive load) and Static cutters/Static Conical Sweep Obstructor, *Reisboje* (without explosive load). It is also known that some Dutch

minefields were laid in the beginning of WW2. Most Dutch and German mines were laid by surface crafts. Although the British used surface craft as well, they also deployed aircraft.

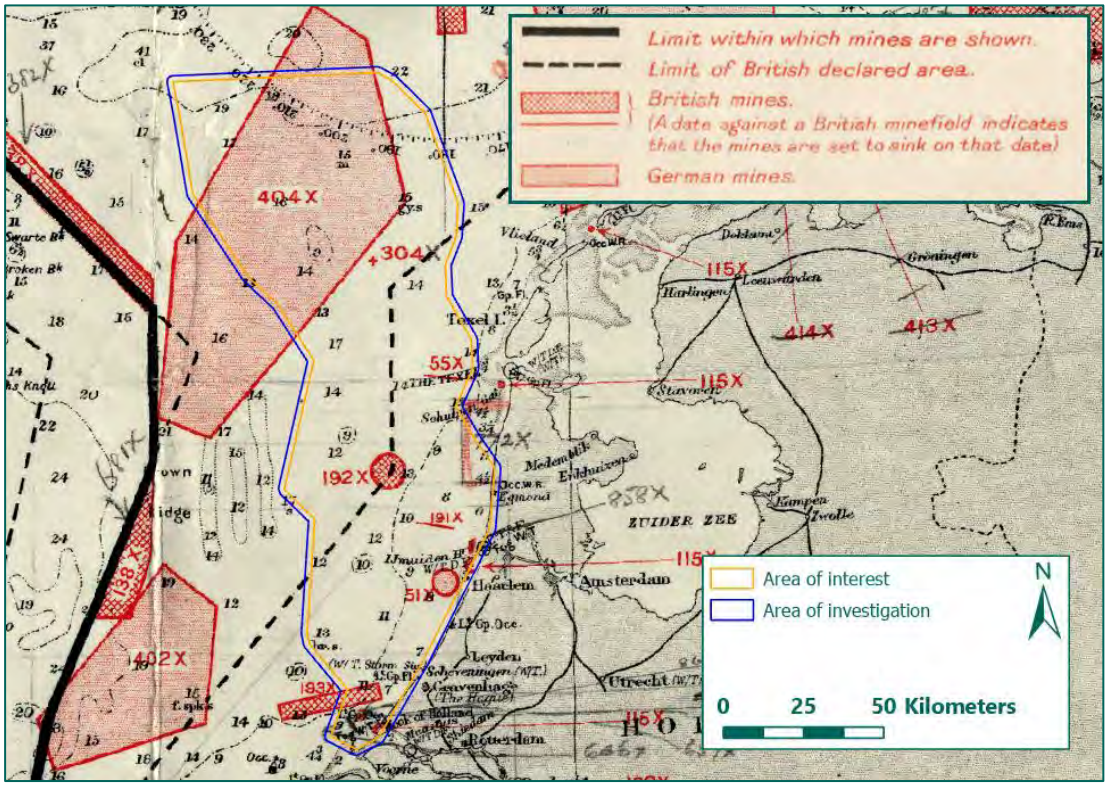


Figure 9: British map showing German and British minefields (Source: TNA, ADM 239/304).

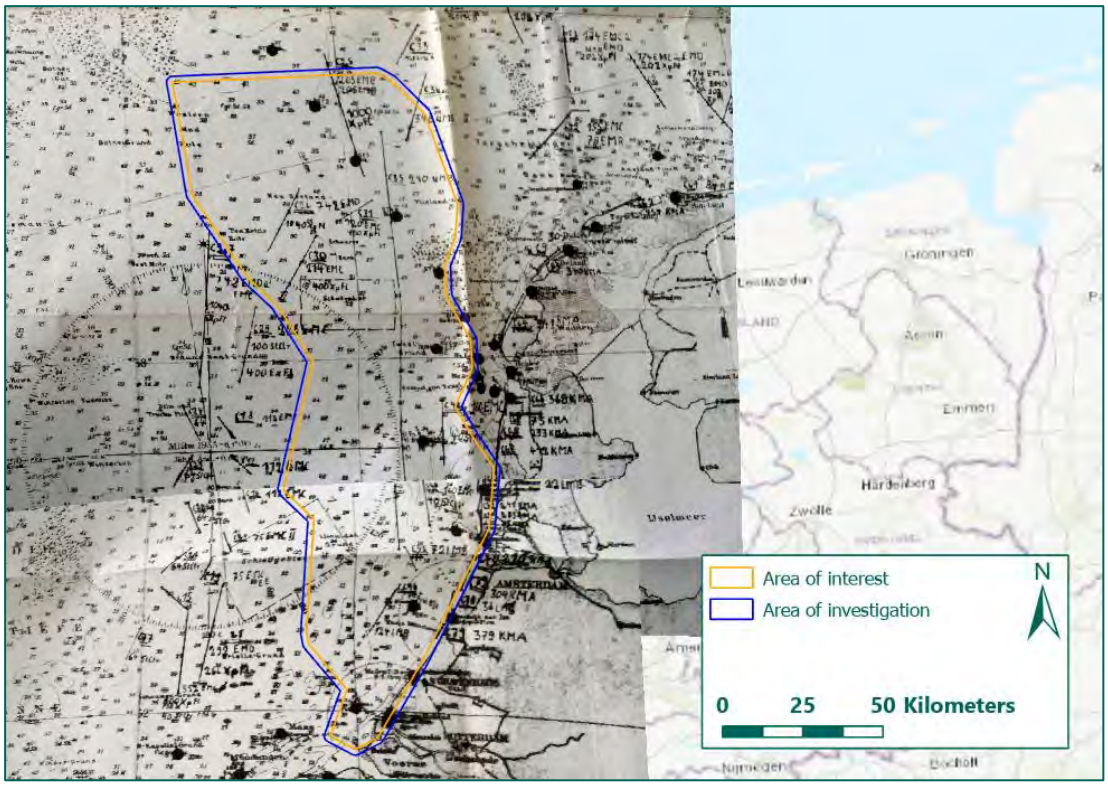


Figure 10: Naval chart showing numbered German minefields. Multiple minefields are present in the area of interest. (Source: BAMA, ZA 5/27).

Another means of minelaying were the "Gardening" operations. These operations were carried out by the Royal Air Force. Planes dropped mines into designated zones. Three zones laid in front of the Dutch coast. Two of these zones, "Whelks" and "Trefoil", have overlap with the area of investigation. The mines laid by planes were ground mines. Over 1200 mines were laid in these 'gardens'.

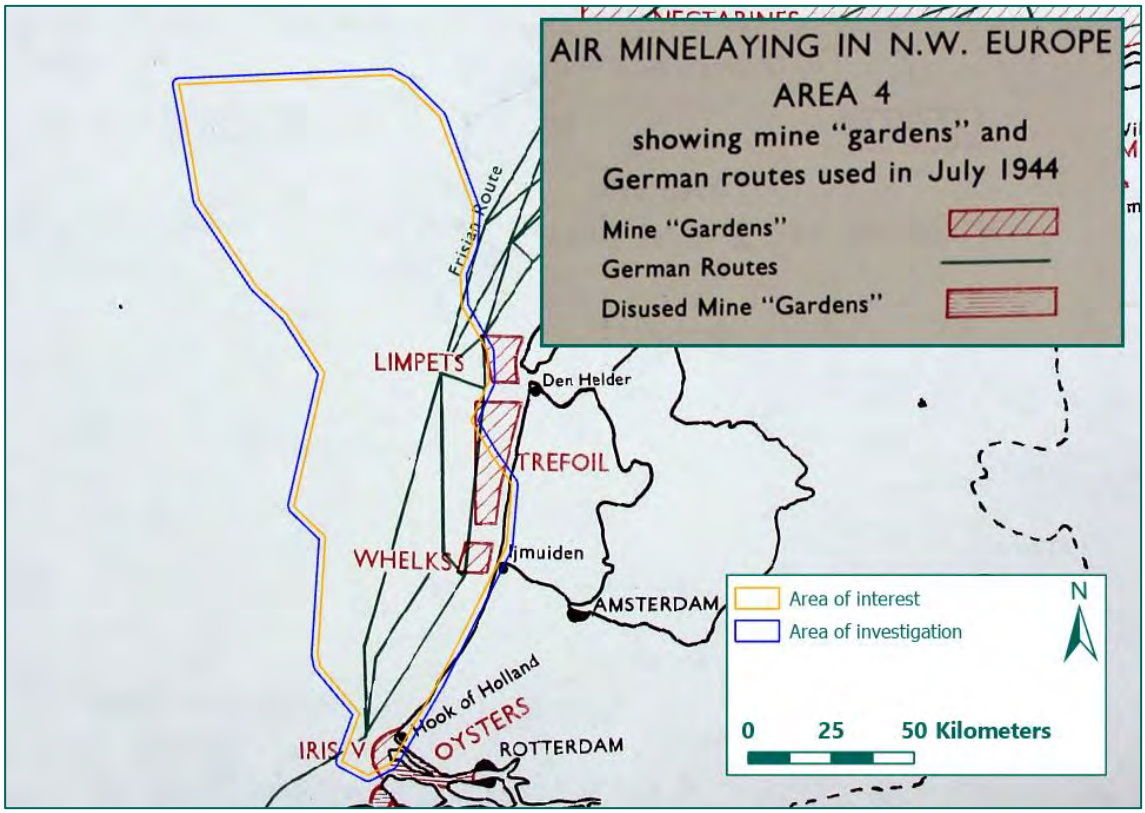


Figure 11: British 'Gardens' within the area of investigation (Source: TNA, ADM 234/561).

All minefields that were mentioned within the consulted sources have been incorporated in our GIS-system. In the figure below all these minefields are shown.

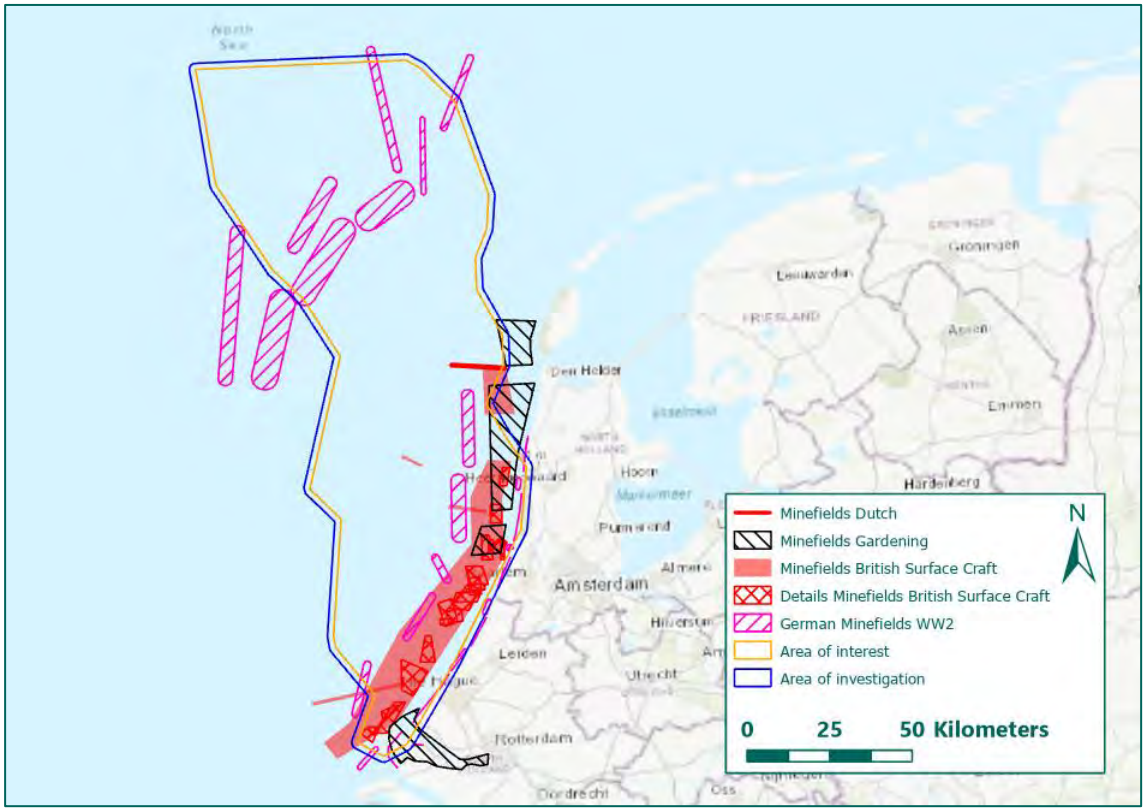


Figure 12: Minefields in WW2 (Source basemap: ESRI).

It is not known what kind of mines were laid in the Dutch and British minefields. Therefore, it is assumed that the most common types of mines were used within these minefields. In the Dutch minefields it is assumed that contact mines from the type 'Model 1921 2e soort' can be encountered. The British minefields consist of minefields laid by surface craft and aircraft. Mines dropped by aircraft were ground mines, mines laid by surface craft are either ground mines or contact mines. The most used types of British ground mines are Mk I-IV. The most common types of British contact mines are Mk VII- VIII and Mk XIV contact mines. The German mines used within the Area of investigation are EMB, EMC, EMD UBA and KMA contact mines, and LMB ground mines. Some German minefields were also fitted with German sweep obstructers: Exploding floats, *Sprengboje* (with explosive load) and Static cutters/Static Conical Sweep Obstructor, *Reisboje* (without explosive load).

4.1.3 Post-war mine clearance

After the First World War, a large effort was made to clear shipping lanes of naval mines. It took several months and a fleet of minesweepers to clear the minefields. Sweeping was carried out by sweeping a cable with anchors below the water surface. The cable was dragged by two ships (see Figure 13).

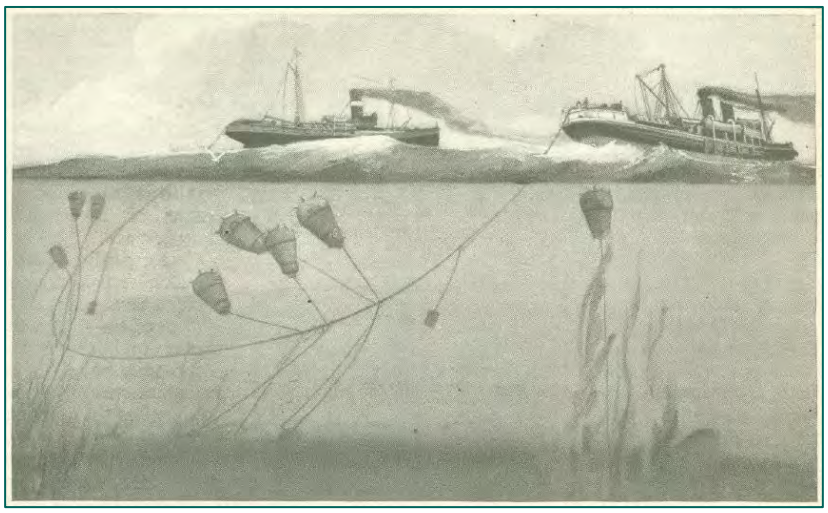


Figure 13: Post WWI-mine sweeping. (Source: http://www.digitalhistoryproject.com/2012/06/submarine-mines-in-world-war-i-byleland.html)

Mines also continued to pose a danger to shipping after the Second World War. In order to combat this threat, a large-scale minesweeping campaign was set up. The area of investigation was situated in the Dutch sweeping zone. Charts of the *Marinemuseum* (see Annex 3) show some details of minesweeping in the area of investigation. Details about minesweeping have not been found in the consulted sources. Minesweeping was conducted with a variety of methods. Moored mines were usually swept with Oropesa sweeping gear[4] (see Figure 14).

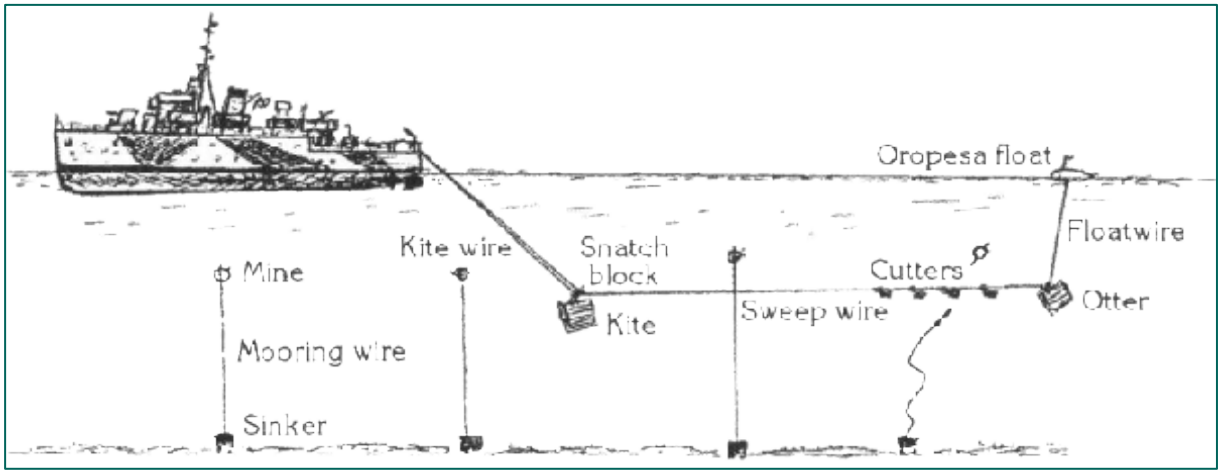


Figure 14: Oropesa sweeping (source: 'The 'Art' of Minesweeping', 27 May 2013, http://www.minesweepers.org.uk/sweeping.htm, consulted 2 August 2019).

The moorings of the mines were cut with cutters dragged on a wire behind a ship. Cutting the mooring wires/cables caused the mines to float to the surface, where the mines could easily be shot with cannon or rifle fire (see Figure 15). Shooting the mines caused them to sink or to detonate. Ground mines were swept with acoustic hammer boxes, triggering the acoustic mines, or by magnetic sweeping gear to trigger magnetic mines.

[4] So named after the World War I trawler in which the technique was first developed. Till then all sweeping was done using two ships joined by a single wire.



Figure 15: Mine disposal team preparing to fire on swept mines. (Source: TNA, ADM 199/154).

Minesweeping was not synonymous to mine clearance. Objective of the operations was to clear the shipping lanes for navigation. The sea bottom is still littered with unexploded mines, including swept and sunken moored mines, self-disarming mines and ground mines with empty batteries[5]. Nowadays, fishermen and dredging ships still encounter these naval mines on a regular basis.

As a result of clearance operations, tidal and other weather conditions, moored mines could break loose from their anchor and migrate. Furthermore, due to extensive pair and beam trawling there is often no clear relation between the positions of encountered mines and the locations of historical minefields. This observation is confirmed in the paragraphs 4.1.1 and 4.1.2. These paragraphs show mine incidents/ encounters outside known minefields. Clearance reports of the Dutch Coast Guard and the OSPAR Commission also show that mines can be found outside the boundaries of known minefields. In Figure 16 the locations of cleared mines are shown relative to the area of investigation.

[5] According to international laws, mines are obligated to include mechanisms to automatically disarm or 'self-sterilize' them after a set time. Moored mines were to sink to the seabed after a given time through, for example, a soluble plug, while ground mines disarmed automatically through a timing mechanism or simply at the end of their battery life. These mechanisms move the mine out of harm's way, but do not disable mechanical fusing mechanisms like *herz horns* and anti-handling devices.

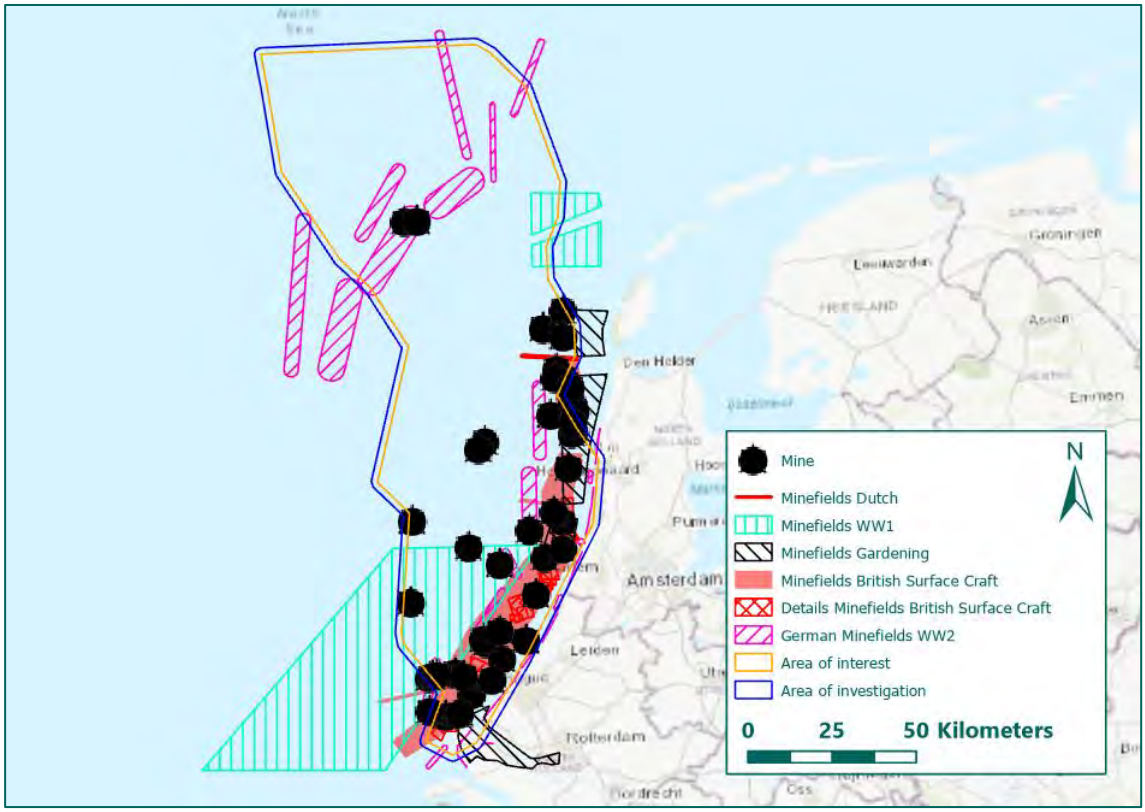


Figure 16: Locations of known minefields and locations where the Dutch Coastguard cleared mines (Source basemap: ESRI).

4.1.4 Conclusion

The area of investigation intersects several minefields. During World War I, British and German minefields overlapped the area of investigation. Within the area of investigation, several mine related incidents occurred during the First World War. Most of these incidents happened outside of known minefields.

During the Second World War the German navy laid 33 minefields that intersect with the area of investigation. No information about the clearance of these fields is known to REASeuro. Several British and two Dutch minefields also overlapped with the area of investigation. Information about the clearance of these fields is also unknown to REASeuro.

Post-war (both World War I and II) minesweeping succeeded in securing the shipping lanes, but did not manage to dispose of all mines. Many mines still litter the seabed, with fuzes still intact. Sweeping, trawling, tides and currents have caused these mines to migrate over the years, resulting in a situation in which there is no longer a clear link between the location of the original minefields and the current positions of the naval mines. As a result of this, it is possible that UXO is still encountered within the area of investigation.

A distinction needs to be made between the likelihood of encountering UXO related to World War I and to World War II. During World War II multiple minefields overlapped the area of investigation. A total of thousands of mines were laid by German surface craft and British surface craft and aircraft. Sweeping operations could have these mines and sweep obstructors (*Sprengboje*) to have sunken to the seabed within the area of investigation. The likelihood of encountering UXO related to World War II minefields is deemed certain within the borders of the minefields and, due to migration, probable outside of these borders.

During World War I the area of investigation only overlapped with a single suspected German minefield and some small British minefields. The consulted sources do not state the amount or types of mines laid in this field. However, factual evidence points out that multiple mine related incidents occurred within the area of investigation. Because of the relative sparse amount of information known about World War I minefields within the area of investigation the likelihood of encountering UXO related to World War I minefields is lower than the World War II minefields. Therefore encountering UXO of WW1 naval mines is deemed probable to within the borders of the WW1 minefields, and feasible outside of these minefields.

UXO type	Reference Nr.	Type/calibre	Condition
Naval Mines	1	German E-Mine moored contact mines	Armed
	2	British Vickers / British Elia and H Mark II moored contact mines	Armed
	Outside the borders of the known minefields all abovementioned types of naval mines can be encountered. The likelihood of presence outside the known minefields is set to feasible.		

Table 1: Expected UXO due to WW1 Minefields.

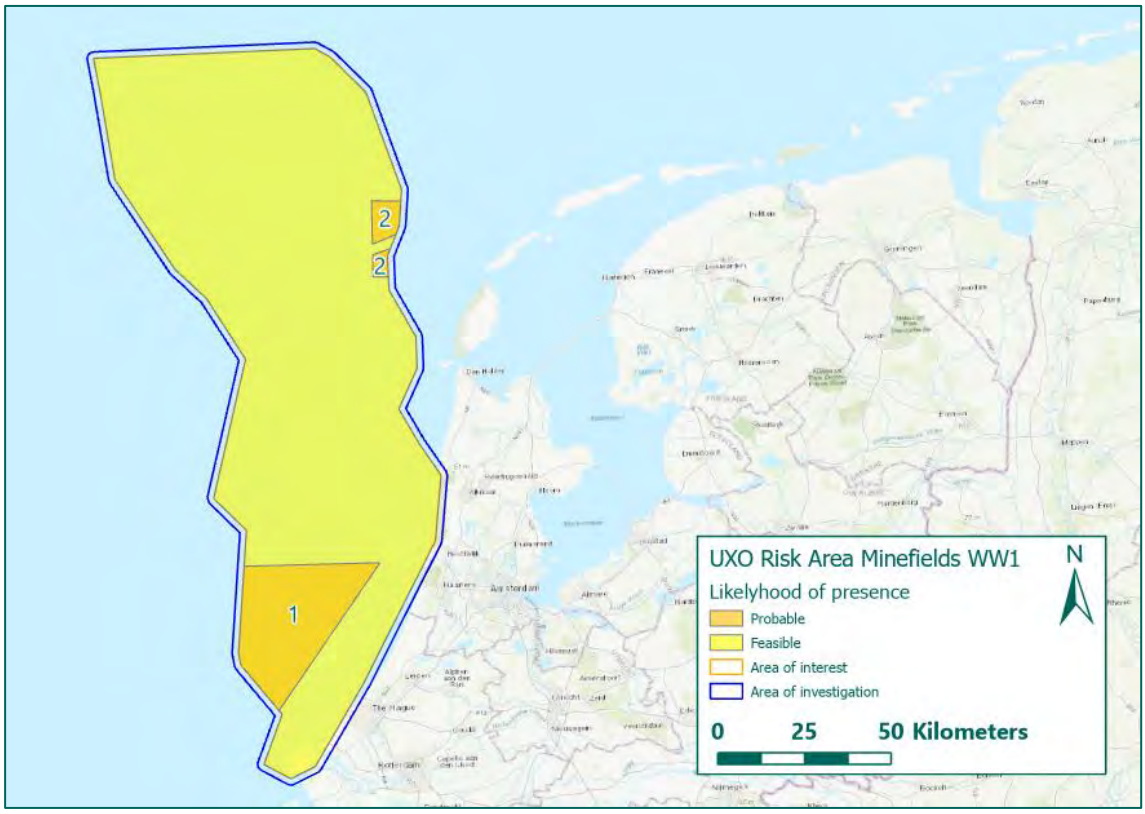


Figure 17: Likelihood of presence of UXO as result of the WW1 minefields. (Source basemap: ESRI).

UXO type	Reference Nr.	Type/calibre	Condition
Naval Mines	1	British ground mines Mk I-IV	Armed
	2	German EMB Contact mines and Exploding Floats	
	3	German EMC Contact mines (also non explosive sweep obstructors)	
	4	German EMC Contact mines and Exploding Floats	
	5	German EMD Contact mines and Exploding Floats	
	6	German KMA Contact mines	
	7	German LMB Ground mines	
	8	German LMB Ground mines and German EMC Contact mines	
	9	German UMB Contact mines	
	10	German RMA Contact mines	
	11	British Mk I-IV ground mines and British Mk VII-VIII and Mk XIV contact mines	
	12	Dutch Model 1921 '2e soort'	
	Outside the borders of the known minefields all abovementioned types of naval mines can be encountered. The likelihood of presence outside the known minefields is set to probable.		

Table 2: Expected UXO due to WW2 Minefields.

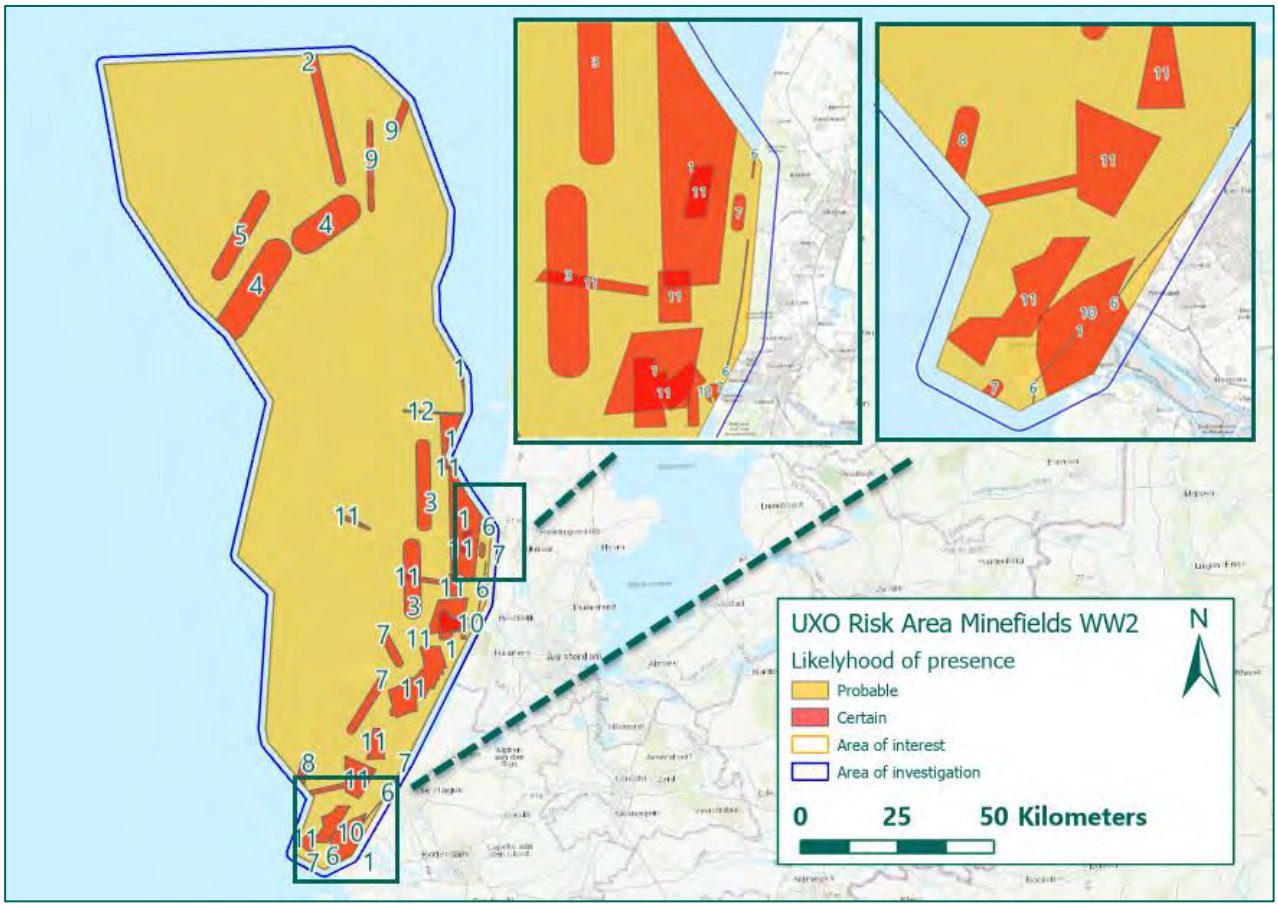


Figure 18: Likelihood of presence of UXO as result of the WW2 minefields. (Source basemap: ESRI).

4.2 AIR WAR

In and in the vicinity of the area of investigation many events relating to the air war did occur. This concerns air strikes on shipping, jettisons of bombs, and anti-aircraft gunfire.

4.2.1 Air strikes on surface vessels

A German convoy route crossed the area of analysis. During the Second World War the British Air Force almost continuously attacked the German convoys and other ships like minesweepers or the *Vorpostenboote*. From November 1944 onwards, attacks were also carried out on submarines and midget submarines (Anti-Seehund missions) which threatened the Allied convoys towards the harbour of Antwerp.

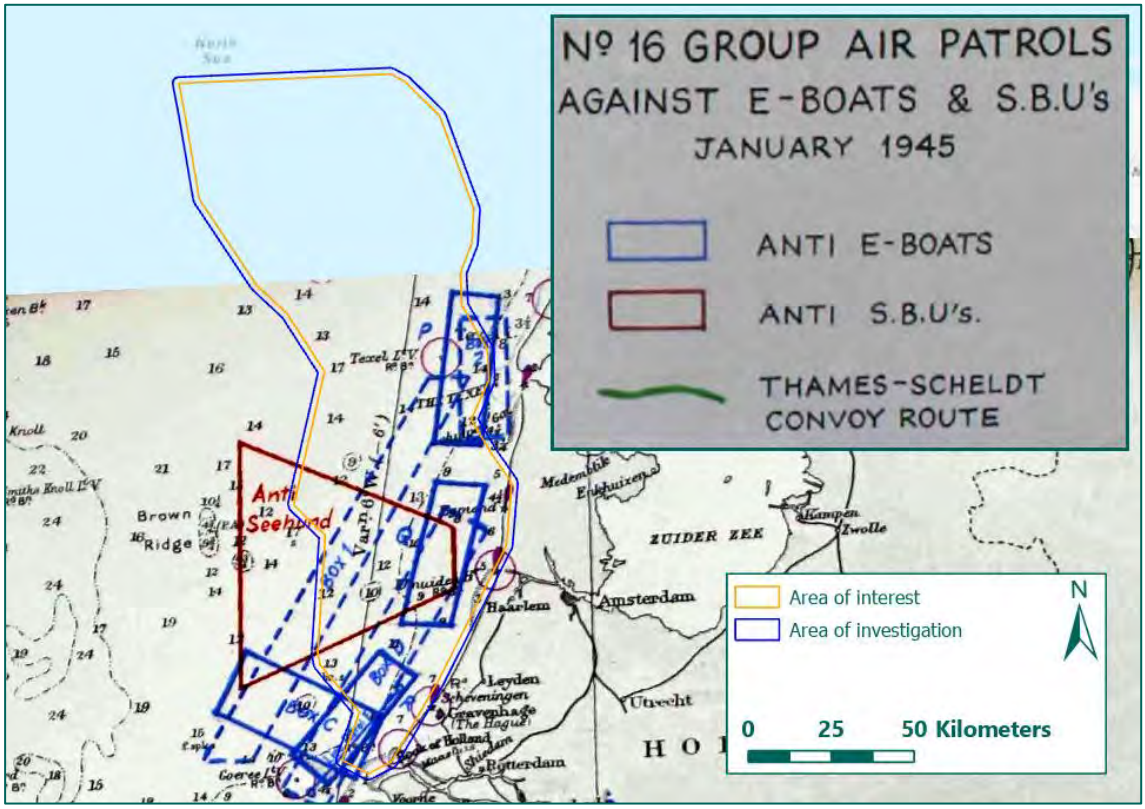


Figure 19: Coastal Command, No.16 Group, Air Patrols against E-Boats & S.B.U.'s January 1945 (Source: CAB 101/324).

The locations of the air strikes are seldom very accurate. Navigating above the sea was not an easy task. The consulted literature (see Annex 2) points out that a lot of ships were attacked along the Dutch coast. It started with the German invasion on 10 May 1940.

The air attacks by the British Bomber Command and Coastal Command are added in a geodatabase, if possible. Coastal Command used a code instead of decimal degrees. According to the information entered in the REASeuro database, a total of 508 attacks were made within the area of investigation by Coastal Command and Bomber Command. It is outside the scope of this research to examine the target and the results of each of these missions. Due to the large amount of attack locations near the known German routes, it is to be expected that a large amount of the attacks by the RAF was targeted at German shipping. In the figure below the relevant locations of attacks by Coastal Command and Bomber Command is shown. The locations of German convoy routes are also shown.

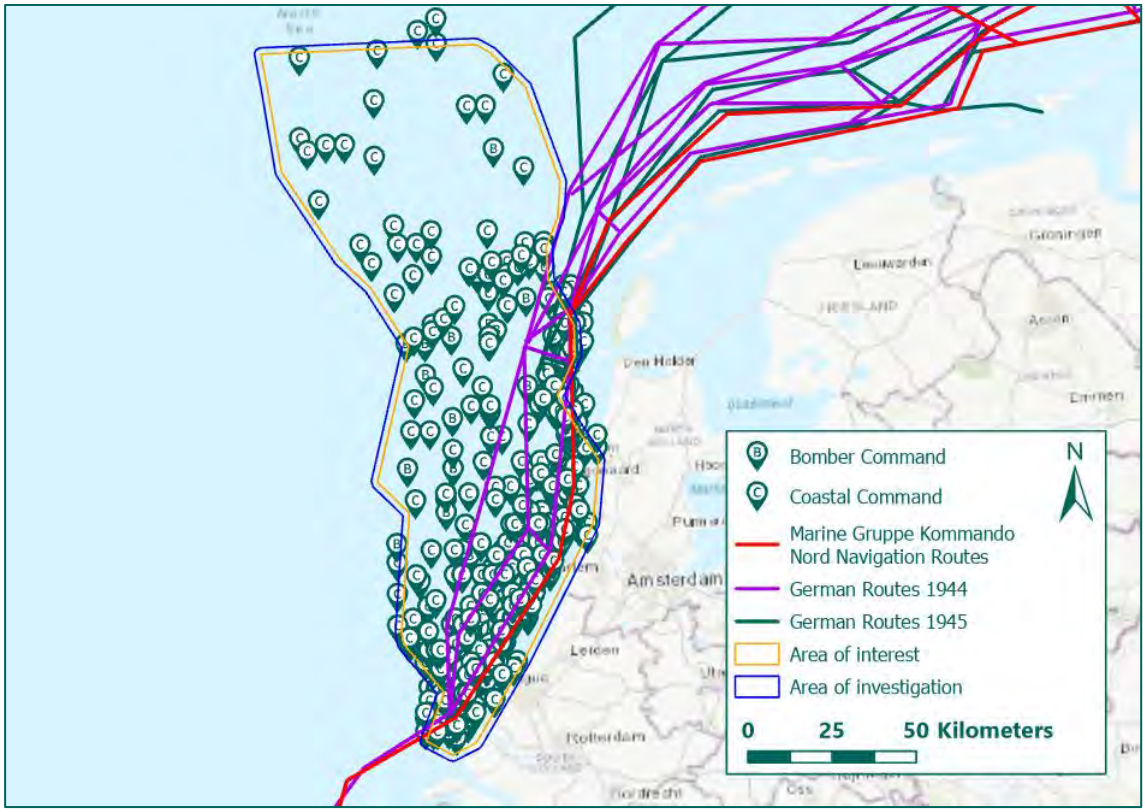


Figure 20: Attacks made by Coastal Command and Bomber Command, and relevant German convoy routes (Source basemap: ESRI).

Since more than 500 attacks took place in the area of investigation, it is expected that UXO remain. Air strikes on ships were carried out with aerial bombs, depth charges, torpedoes, and 3 inch rockets with a 60 lbs warhead semi armour piercing (SAP). The definition of the UXO risk area and the calibres is explained in paragraph 4.2.5.

4.2.2 Jettisoned bombs

During the Second World War groups varying from few to many British and American bombers flew almost on a daily basis (day and night) towards targets in Germany or German-occupied territory. The flight paths towards targets and back to base (in the United Kingdom) ran across the North Sea.

The Allied bombers were often attacked by German fighters in order to prevent the bombers from bombing their targets. Hundreds of planes were hit and/or shot down. When a bomber was involved in an air battle the procedure was to jettison the bombs. This would reduce the weight of the bomber enabling it to increase the speed and manoeuvrability, and thus the crew's chance to survive. Normally, bombs had to be jettisoned in a safe, thus unarmed, condition. This procedure is documented in a record from The National Archives (see annex 3).

Jettisons in the sea also happened when aircraft could not find a suitable target or in other cases when a crew could not drop their bombs. The reason to jettison the bombs was to avoid a landing with the bomb load, which was a risky event. Jettisons were seldom accurately documented. Furthermore, bombs were also jettisoned live, thus without their safety. An example of this is shown in the figure below.

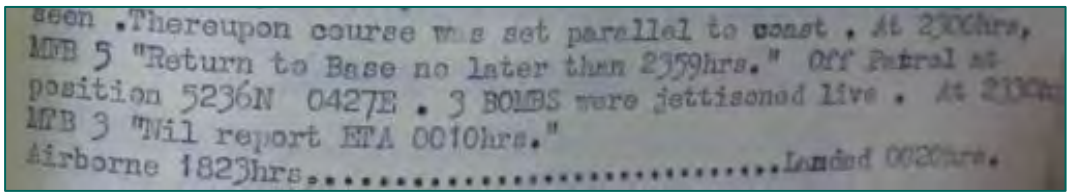


Figure 21: Example of a live jettison within the area of investigation, night 12/13 October 1944. (Source: TNA, AIR 25/367).

It is not clear how many times such jettisons occurred. The figure below gives an example of a flight path that crosses the area of analysis.

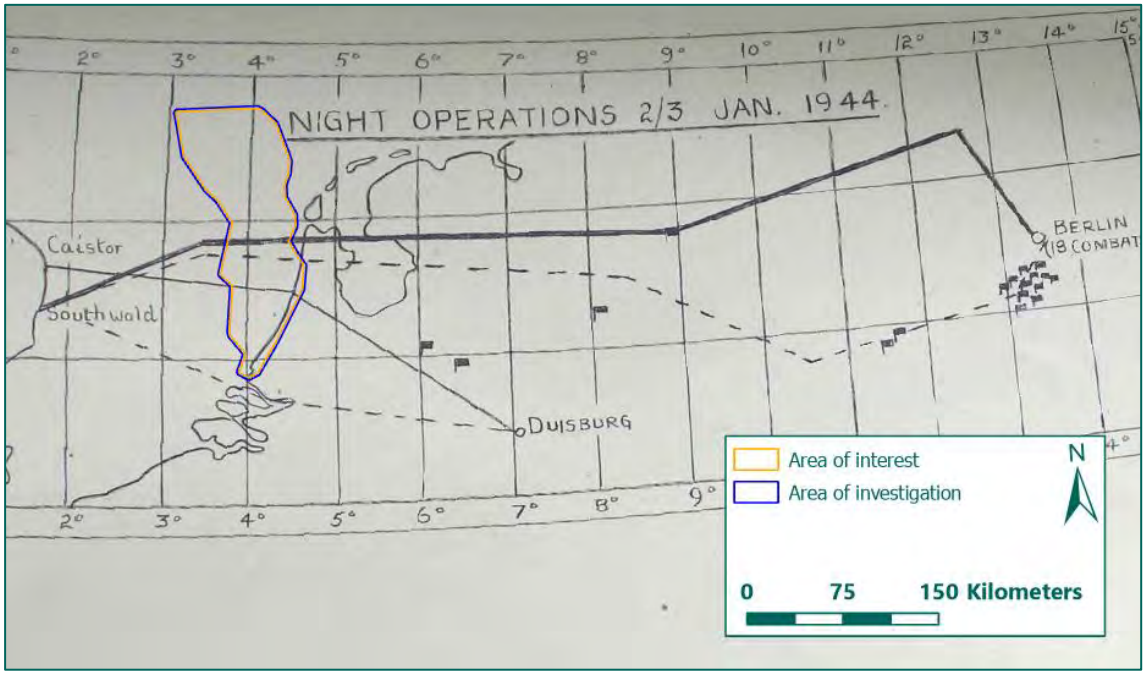


Figure 22: Example of a flight path over the area of investigation of bombers from Bomber Command, 2/3 January 1944 (Source, TNA, AIR 24/264).

Based upon the consulted sources, it is concluded that aerial bombs remain in the area of investigation as a result of jettisons. Because it is not possible to define the calibres specifically, the most common allied bombs are taken into account. The UXO risk area is specified in paragraph 4.2.5. Detailed information on the UXO is given in annex 10.

4.2.3 Anti-aircraft gunfire

The guns which were placed onto the German Vorpostenboote and escort ships were also used against enemy airplanes. The calibres of the guns vary from 2 cm to 8.8 cm. Machine guns (7.92 cm, 13,2 mm, 15 mm) completed the anti-aircraft weaponry on ships. Every time when ships and convoys were attacked, they opened fire.

Taking into account the large amount of air strikes on ships, UXO of anti-aircraft weapons are present in the area of investigation. Unexploded shells could come down and hit the sea level and sink to sea bottom. The UXO risk area is defined in paragraph 4.2.5

4.2.4 Post-war UXO encounters

As showed in annex 5, aerial bombs are encountered throughout the entire area of analysis. A total of 52 bombs have been encountered and disposed of since 2005. These bombs could originate from air strikes

and/or jettisons. The Dutch Coastguard also encountered a lot of UXO that have not been specified. It is therefore unknown whether more bombs have been cleared. It is also unknown how many bombs have been encountered before 2005. Next to aerial bombs, torpedoes, depth charges and artillery shells have also been encountered. The latter were possibly caused by the use of anti-aircraft gunfire. A total of 130 artillery shells have been cleared by the Dutch Coastguard. In the figures below the locations of encountered UXO are specified. A combined total of 31 torpedoes and depth charges were encountered.

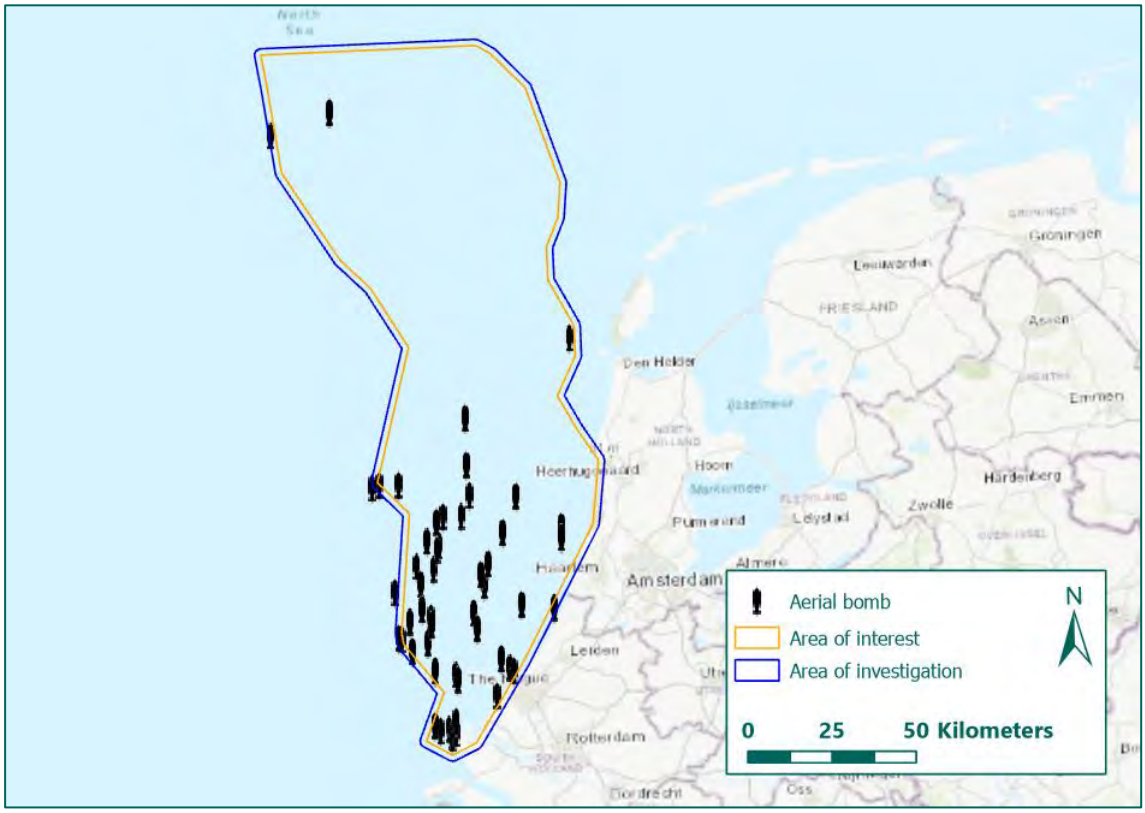


Figure 23: Cleared aerial bombs within the area of investigation (Source basemap: ESRI).

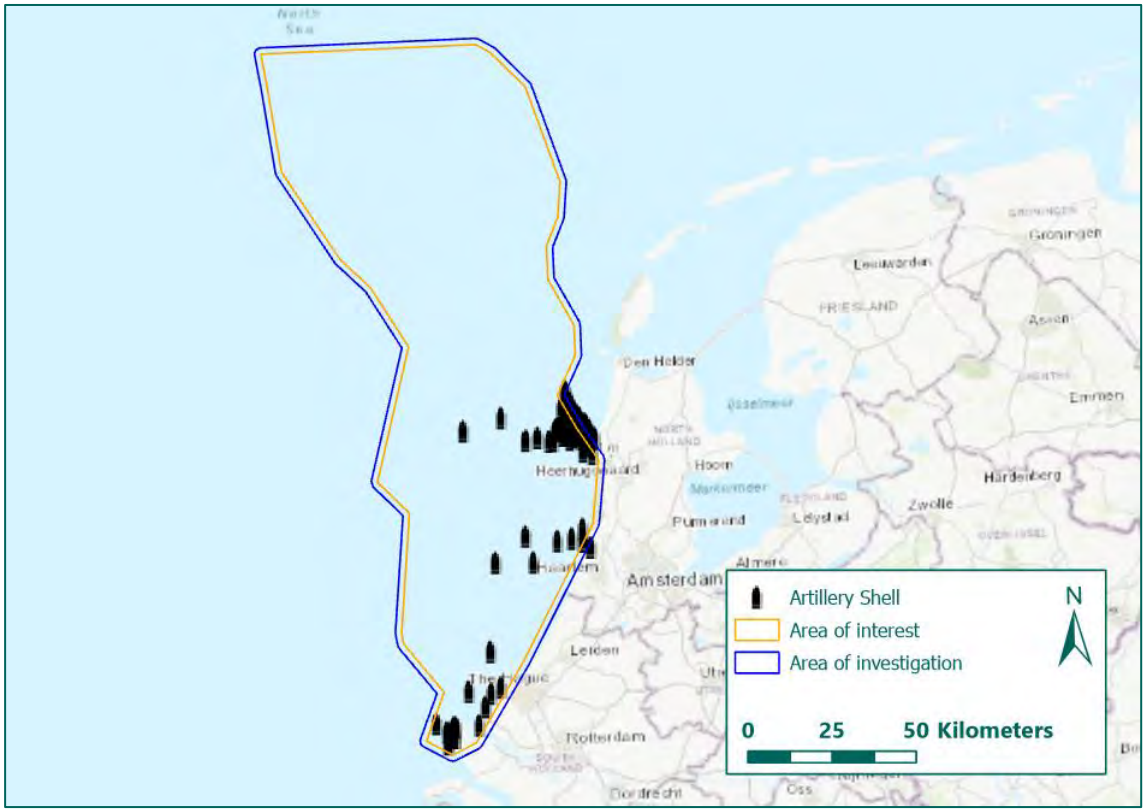


Figure 24: Cleared artillery shells within the area of investigation (Source basemap: ESRI).

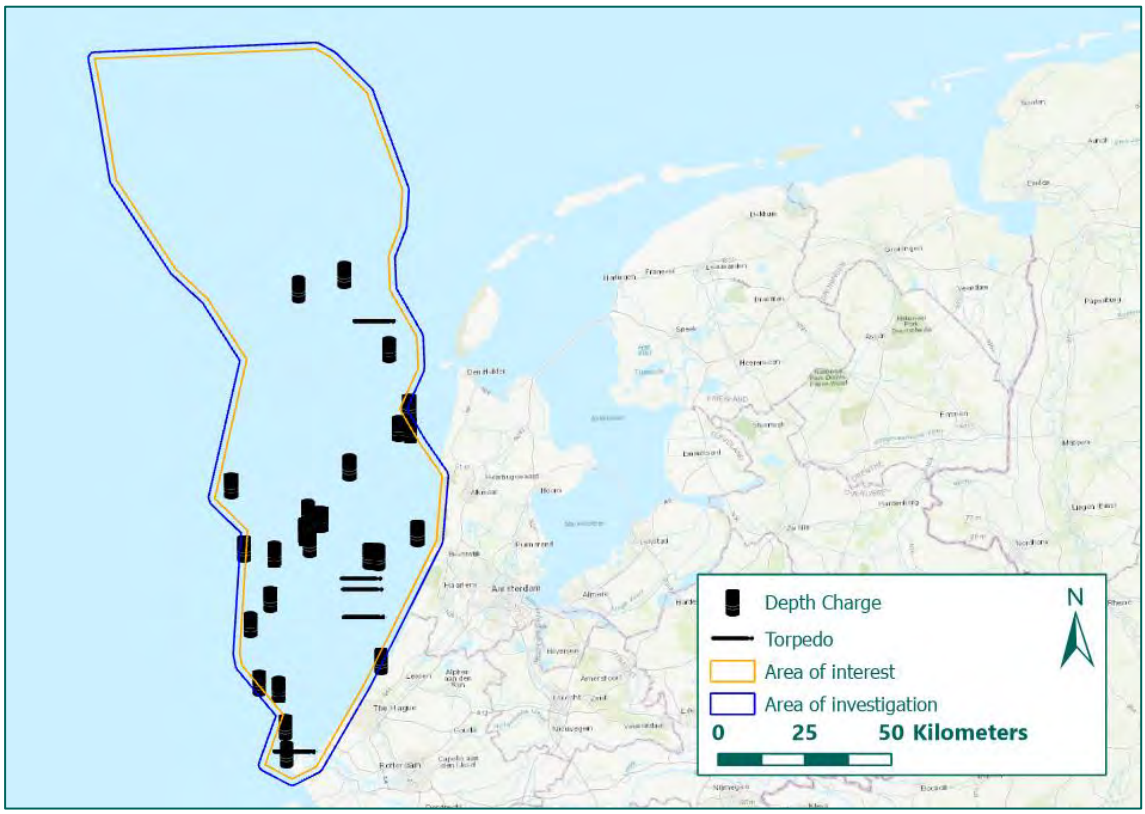


Figure 25: Cleared torpedoes and depth charges within the area of investigation (Source basemap: ESRI).

4.2.5 Conclusion

As a result of the various air strikes and jettisons UXO might still remain in the area of investigation. This is proved by the fact that since 2005 UXO have been encountered and disposed of in the area of investigation. Therefore, a UXO risk area is defined. The most probable locations of attacks are near the German convoy routes. This is confirmed by attack locations specified in the source material. Therefore the likelihood of presence of UXO regarding the air war is deemed certain along the convoy routes. The UXO risk area is projected between the most western route and the Dutch coast. A buffer of 1 nautical mile (1.852 meter) is taken into account for navigational inaccuracy of ships and aircraft. In the rest of the area of investigation the likelihood of presence of UXO is deemed probable due to the large amount of jettisons in the North Sea. In the figure and table below the UXO Risk Area regarding air war is shown. Details about calibres are also specified in the separately supplied shapefiles.

UXO type	Type/calibre	Condition
Aerial bombs	4 lbs, 25 lbs, 30 lbs, 100 lbs, 250 lbs, 260 lbs, 300 lbs, 500 lbs, 1.000 lbs, 4.000 lbs	Armed/not armed (safe)
Under water ammunition	18 inch torpedo Mk XV	Armed
	Depth charge	Armed
Rockets	3 inch rocket with 25 lbs or 60 lbs (SAP) warhead	Armed

Table 3: Expected UXO.

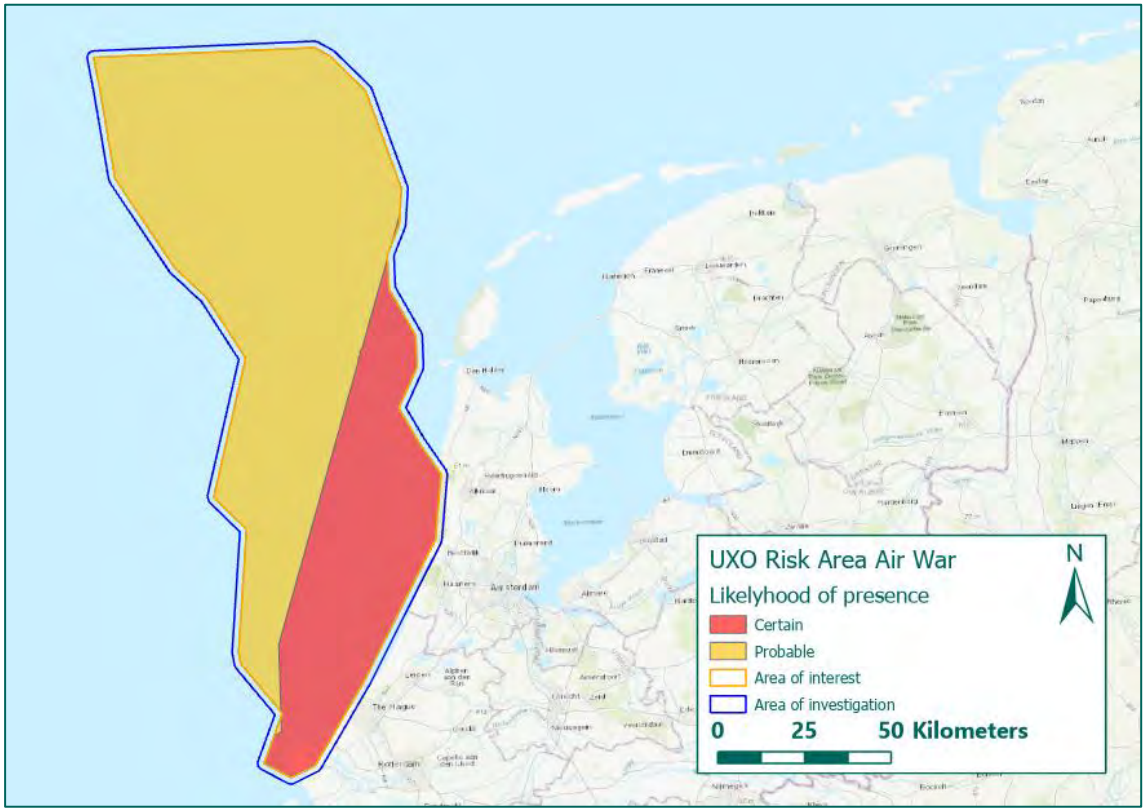


Figure 26: Likelihood of presence of UXO as result of the air war. (Source basemap: ESRI).

As on land, it is not possible to define a UXO risk area in response to the usage of anti-aircraft gunfire. The gunfire was aimed towards a moving target in the air. Unexploded shells could come down almost anywhere. It should be noted that probably most AA-projectiles came down between the shore and to the west of the convoy route. Part of this area was also covered by coastal guns. UXO of artillery shells that might be present in the coastal region will be further analysed in paragraph 4.3 and 4.4.

4.3 COASTAL GUNS

Coastal guns were traditionally used in strongpoints that had to defend harbours from enemy ships. At the start of WW2 some coastal guns were already installed on the Dutch Coast. After the German occupation of the Netherlands, a large amount of coastal guns were installed on the Dutch coast as part of the *Atlantikwall*. Source material shows that the German guns were used to stave off Allied ships nearing the Dutch Coast. Information from The National Archives (TNA) show that within the area of investigation shells fired by coastal guns exploded during an attack of the RAF. Below a strike photo is shown where the impact of a shell is highlighted.



Figure 27: Strike photo showing the impact of a shell, fired by a German coastal battery. 4 May 1942. (Source: TNA, AIR 28/595).

Various sources such as literature, records from the Dutch National Archives, the Bundesarchiv, maps and aerial photographs were used to determine the locations of coastal guns. These positions have been entered in the REASeuro GIS-database. The largest calibre that could strike the Area of investigation are 28 cm guns. They could hit targets at a range of 41100 meter. This range is extraordinary. Besides the 28 cm guns, guns from the calibres 17 cm and smaller were deployed along the coast. The maximum range of these 'smaller' calibre guns was 22000 meters. The known coastal guns near the area of investigation are shown in the figure below

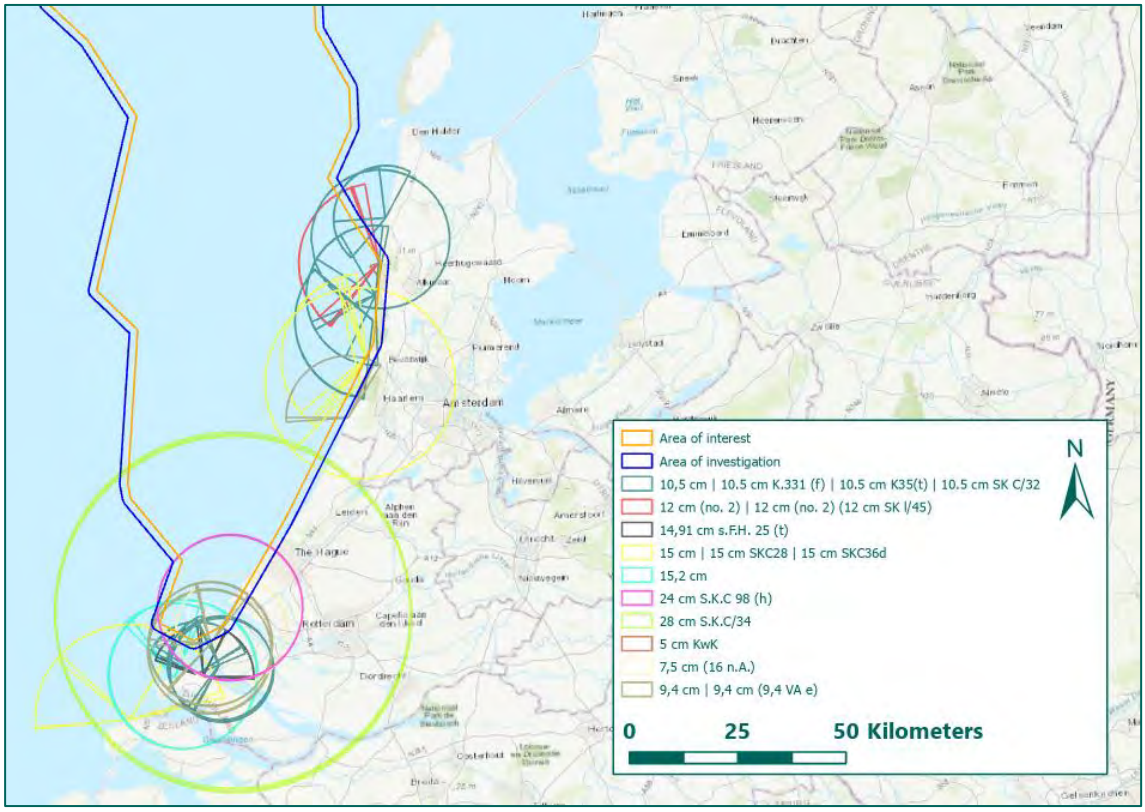


Figure 28: Locations and range of coastal guns near the area of investigation (Source basemap: ESRI).

Entering data in the REASeuro GIS-database is done on a project-by-project basis. Because REASeuro has not yet carried out Offshore Projects near the Dutch coast in the area between IJmuiden and Beverwijk, REASeuro does not yet have data on the coastal guns in this area. Consulting the Dutch 'Nationaal Archief' shows that strongpoints and military infrastructure were constructed on the Dutch coast. In order to find out the locations, calibres and range of the coastal guns on Texel and between IJmuiden and Beverwijk, REASeuro would need to visit the 'Nationaal Archief', analyse additional aerial photographs and consult literature and the internet. This is outside the scope of this research. As an example, a cutout of an 'Blokkaart' of the 'Nationaal Archief' is shown below. The map shows the contours of military infrastructure near Katwijk. Detailed information about the specific types of military infrastructure are not shown on these map, as is already mentioned, additional information is to be consulted separately.

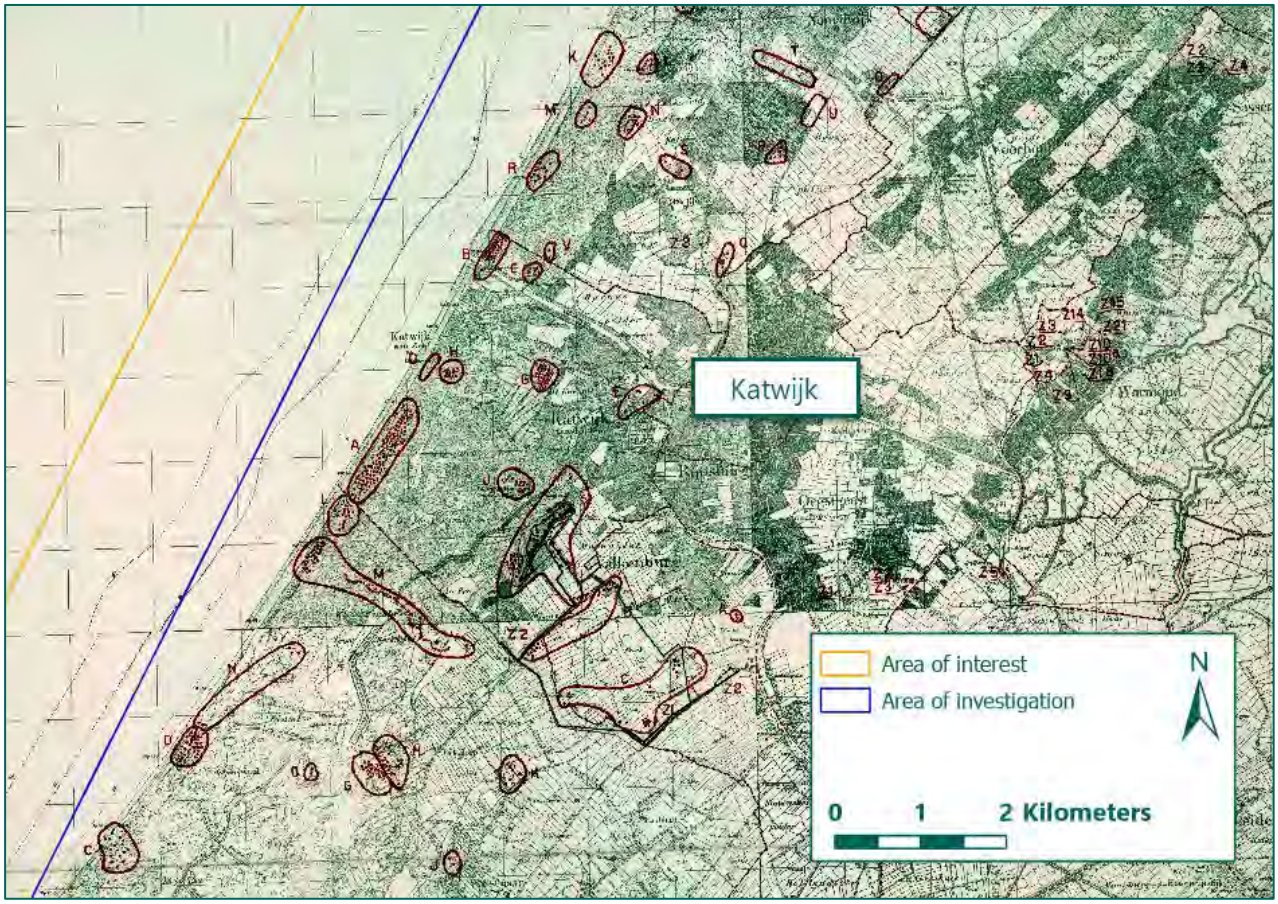


Figure 29: Cutout from a 'Blokkaart' showing the contours of military Infrastructure (Source: Nationaal Archief, 'Blokkaart' 275 3G).

4.3.1 Conclusion

Different guns could reach the area of investigation. Although the sources give only a few hints about the action of the coastal guns, it is estimated that all guns and crews had to practice from time to time. Due to the deployment of- and training with coastal guns it is probable that UXO of artillery shells are present in the area of investigation. These shells could possibly be encountered within, but no farther than, the maximum range of the coastal guns.

To cover the gap in knowledge about the coastal guns on Texel and between IJmuiden and Beverwijk the maximum range of coastal guns, not being 28 cm guns, is projected from the Dutch coast. This range is 22000 meters. Within the range of the known coastal guns and the range projected from the Dutch coast of Texel and between IJmuiden and Beverwijk an UXO Risk Area is projected. This UXO Risk area is shown in the figure below. Details about calibres are specified in the separately supplied shapefiles.

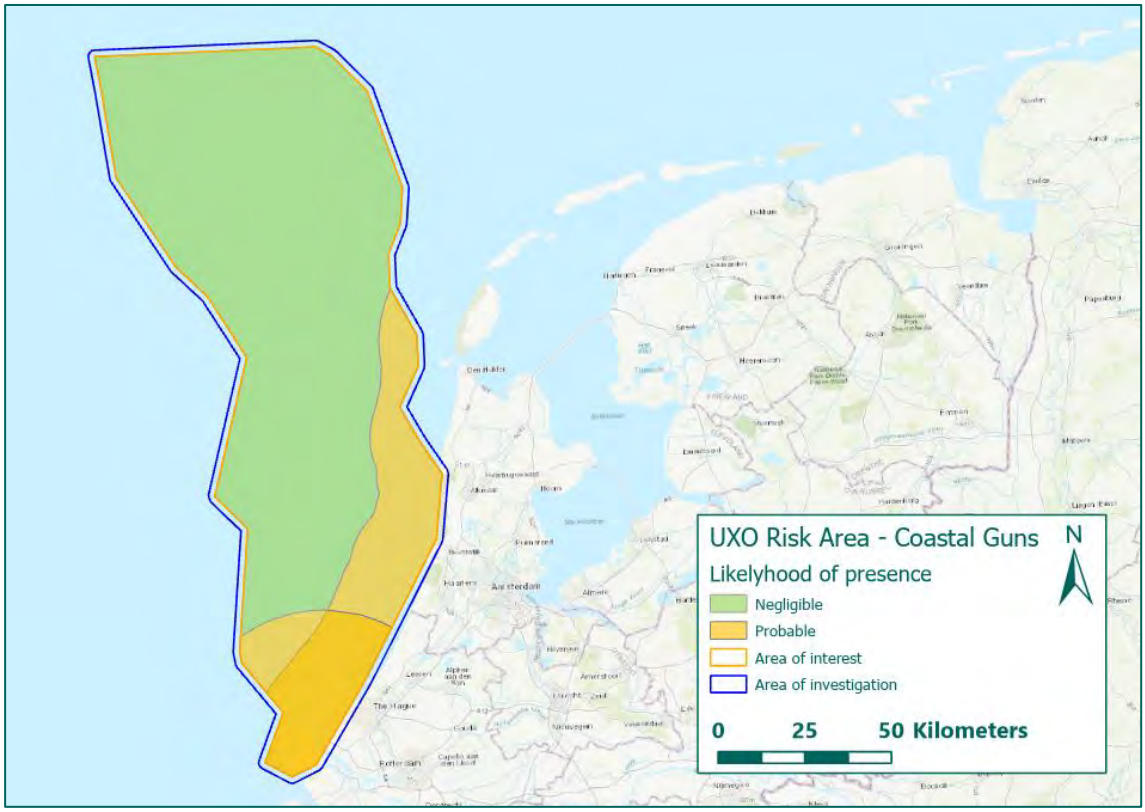


Figure 30: Likelihood of presence of UXO as result of the presence of coastal guns. (Source basemap: ESRI).

4.4 WAR AT SEA

Considering the surface craft battles, a large section of the area of investigation is situated on former German convoy routes. The convoys were accompanied with armed escort ships. Also, the convoy route itself was guarded by armed vessels and trawlers, the so-called "*Vorpostenboote*" that patrolled between checkpoints. The convoy routes are shown in Figure 31. Besides, IJmuiden and its harbour overlap the area of investigation. During the Second World War IJmuiden became an important base for the German fast attack boats (*Schnellboote*, S-Boats), for which a bunker was constructed. Later on, midget submarines also operated from IJmuiden.

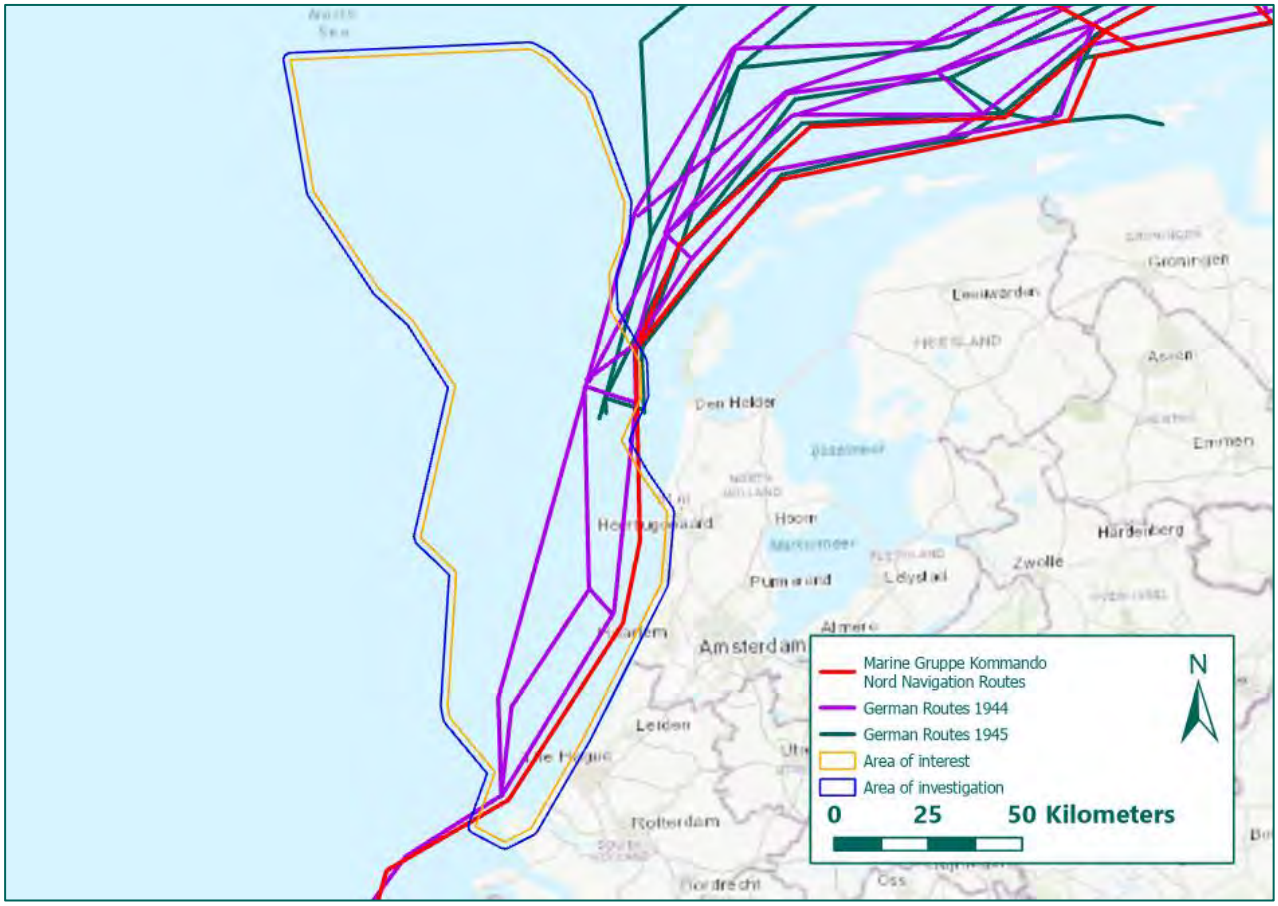


Figure 31: Convoy route "Weg Rot" and the quadrants used by the German navy. (Source basemap: ESRI).

The armed escorts and Vorpostenboote did not prevent the British Coastal Forces from attacking these ships and convoys. Detailed records about armed encounters between British and German ships can be found in German (BAMA), British (TNA) and American (NARA, Captured German Records) archives. Studying these records is outside the scope of this report. However, previously conducted studies by REASeuro (Amongst others 73556/RO-190149 Final Report DTS HKW Beta Export Cable Routes version 1.0) point out that near IJmuiden alone 36 confrontations between British and German vessels took place. The localisation is mainly based on the quadrants used by the German navy. The accuracy of these quadrants is not better than six to six nautical miles. For many of the surface craft battles only one source is available. Nevertheless, the German records show that most battles took place in a zone from the coast to the west of the convoy route.

4.4.1 Conclusion

Because of the large amount of naval battles that took place, an UXO risk area is defined. It is deemed probable that AA-shells and munition that could be used against enemy shipping might still be present in the area of investigation. UXO might be present near the convoy routes used by German ships. Therefore a UXO Risk Area is projected between the Dutch coast and the convoy routes. A buffer of 1 nautical mile (1.852 meter) is taken into account to mitigate the navigational inaccuracy. The likelihood of presence of UXO outside of the area between the Dutch coast and the convoy routes is deemed remote. In the table and figure below the UXO Risk Area is shown.

UXO type	Type	Condition
Small calibre ammunition	.303	Fired
	.50	
	13,2 mm	

	15 mm	
Artillery shells	2 cm/20 mm	
	2 pr. pompom	
	3.7 cm	
	6 pr.	
	8.8 cm	

Table 4: Expected UXO.

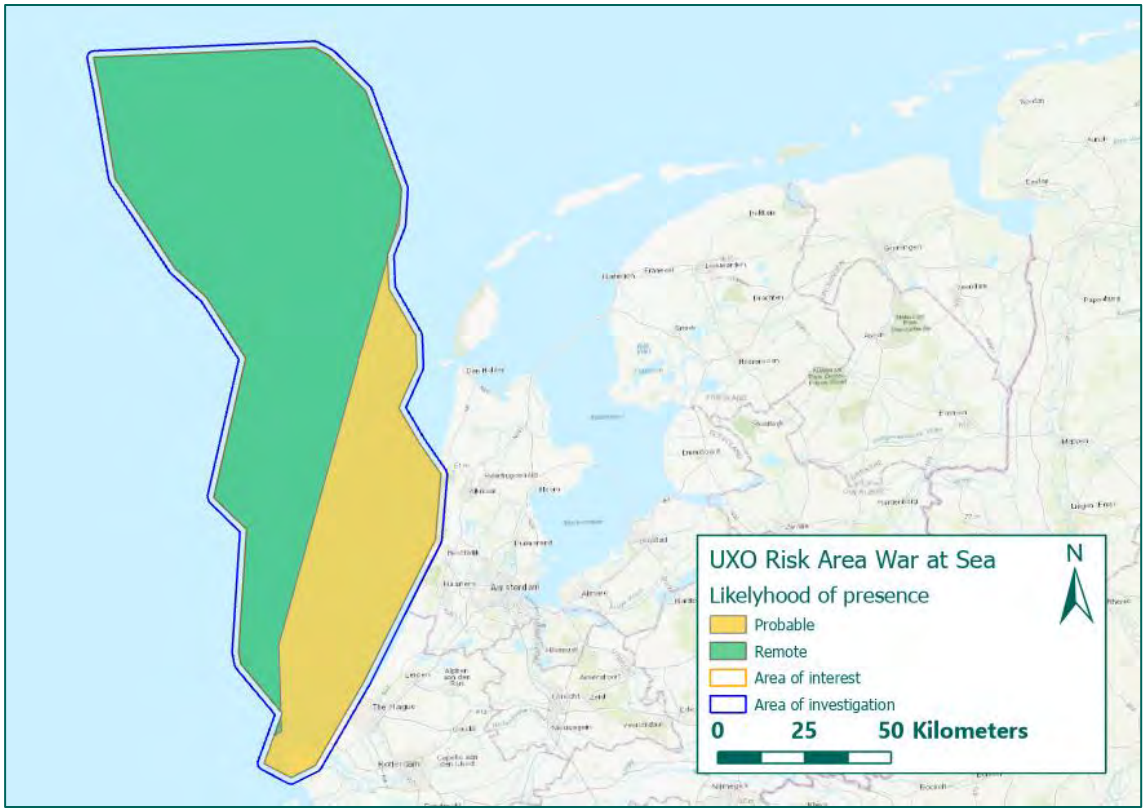


Figure 32: UXO risk area caused by surface craft battles. (Source basemap: ESRI).

4.5 MILITARY EXERCISE

On maps that show German minefields (used in paragraph 4.1.2) a German 'Schießgebiet' ('Shooting area') can be seen that overlaps with the area of investigation. The 'Schießgebiet' was drawn onto a map concerning German minefields in the North Sea. In the consulted sources there is no further mention about the 'Schießgebiet'. It is therefore unclear what kind of exercising took place within this area. It could either be exercises carried out by the Kriegsmarine or the Luftwaffe. It is expected that within this area small arms calibres and artillery shells have been used. It is known that wartime exercises are often carried out with live ammunition, this in contrast to post-war exercises.

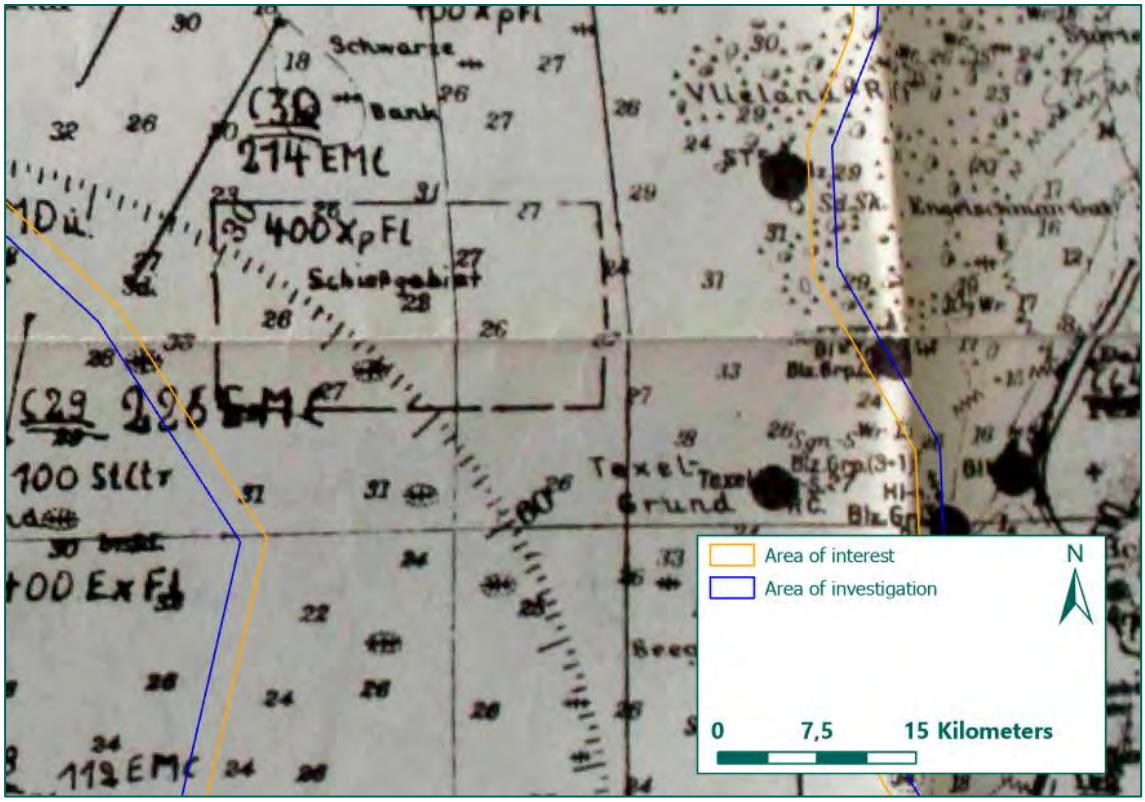


Figure 33: German map showing minefields and a 'Schießgebiet' ('Shooting area') within the area of analysis (Source: BAMA, ZA 5/27).

Based upon information from the 'Nationaal Archief' in the Hague it is known that the above mentioned 'Schießgebiet' was used by the Dutch Navy after World War II. The contours of the military exercise area appear to have an exact overlap with the contours of the German 'Schießgebiet' discussed above. Sources from the Noordzeeloket (see Annex 3) show that this military exercise zone was used as a "laag vlieggebied" (low fly zone) where one of the activities carried out was 'gun fire'[6]. The map on which the military exercise area is drawn dates from 1965. It is not known for how long the Dutch Navy used the area for exercises and whether only 'gun fire' was carried out.

[6] It is expected that in this low fly zone exercises with both machine gun- and cannon fire were carried out with aircraft.

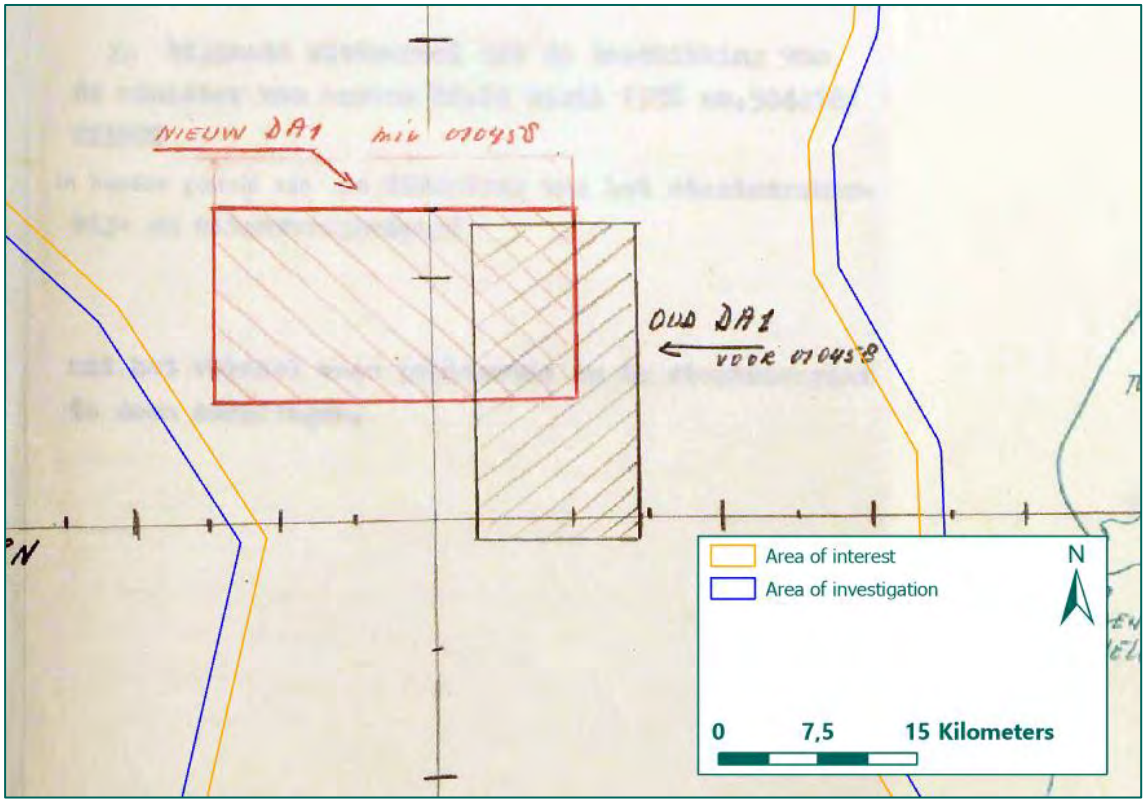


Figure 34: maps showing the location of a Dutch military exercise area within the area of investigation (Source: Nationaal Archief Toegang 2.12.56, folder 939).

Both during and after the war a military exercise area overlapped with the area of analysis. Normally, explosives are no part of exercise ammunition. However, as a result of German wartime practicing within the 'Schießgebiet', UXO could be encountered within the 'Schießgebiet' as wartime exercises were often carried out with live ammunition. It is to be expected that Dutch post-war exercises were carried out with small arms calibres and artillery shells. During peacetime military exercises would often be carried out with practice ammunition. Practice ammunition can incorporate devices to simulate the impact, like smoke markers or relatively small amounts of high explosives.

Besides the abovementioned 'Schießgebiet', several other military exercise zones were located within the Area of investigation. It is known that some of these zones were in use during World War II. However, it is not clear whether this is the case for all exercise zones. It is outside the scope of this HDTS-UXO to conduct research in the usage of each of these zones. Because of the possible usage of live munition within the different exercise areas, it cannot be ruled out that UXO might still be present within the area of investigation.

The different military exercise zones as mentioned in the consulted sources are shown in the figure below.

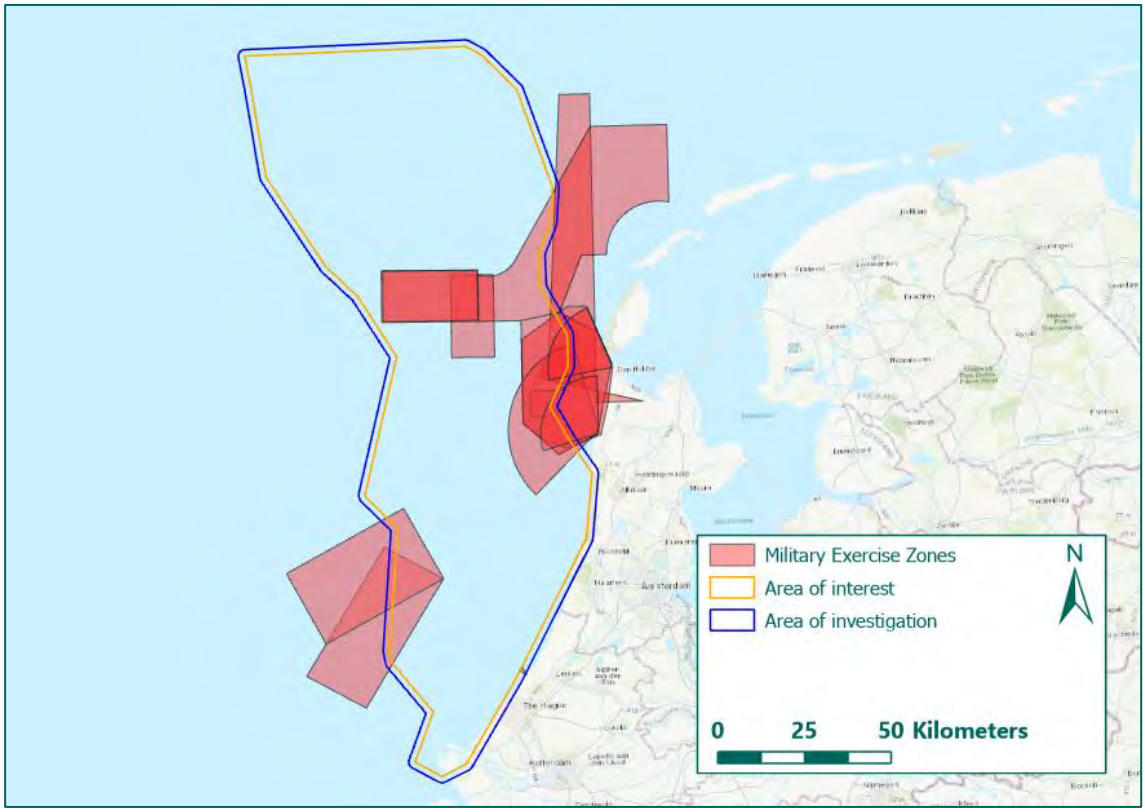


Figure 35: Military exercise zones within the area of investigation (Source basemap: ESRI)

4.5.1 Conclusion

The presence of several military exercise zones within the area of investigation, of which some were used during World War II, leads to the conclusion that UXO (either exercise ammunition or live ammunition) could still be present within the area of investigation. Additional research may be necessary to determine the type of munition used in each of the zones, and to determine whether or not live ammunition was used within the zones. This additional research is outside the scope of this research.

The sort, type, amount and condition of the munition used within the different military exercise zones can, at this time, not be determined. The consulted sources do not provide information about this. However, it cannot be ruled out that UXO might still be present within the area of investigation. Therefore, a UXO Risk Area is projected at the location of these military exercise zones. The likeliness of presence of UXO in these zones is deemed probable. The likeliness of presence of UXO in the other parts of the Area of investigation is deemed negligible.

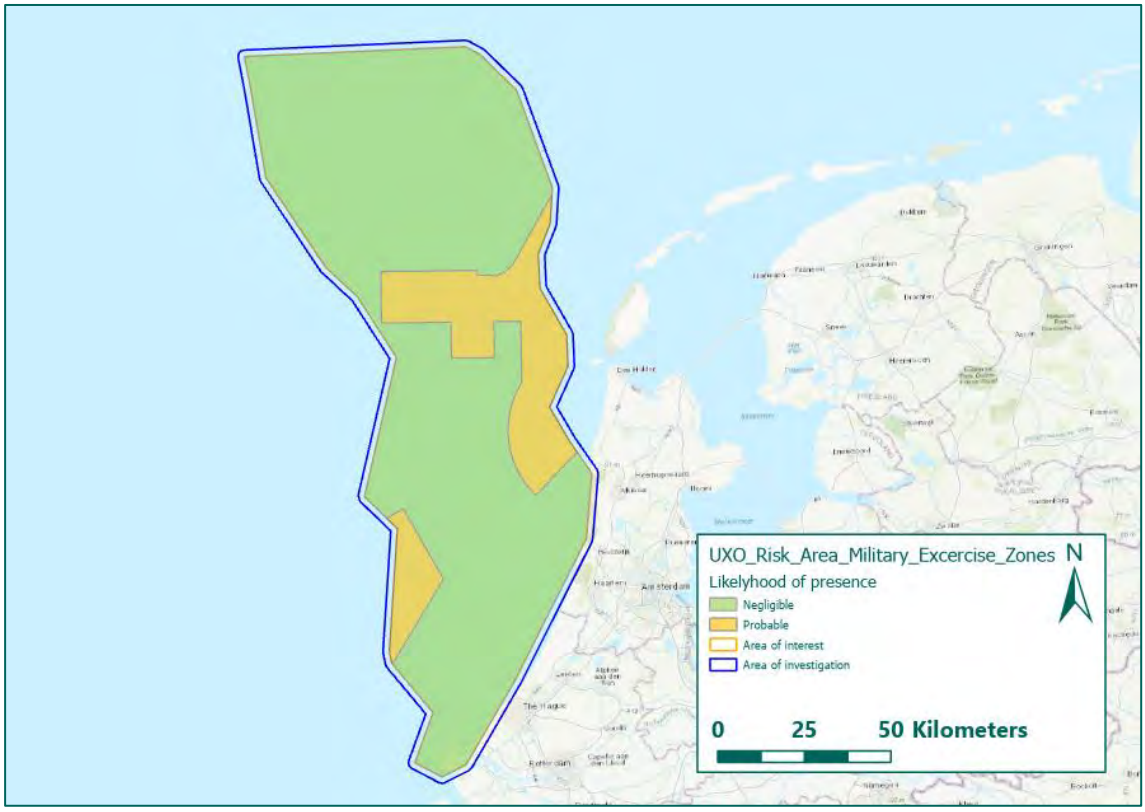


Figure 36: Likelihood of presence of UXO as result of the presence of coastal guns. (Source basemap: ESRI).

4.6 WRECKS

According to consulted sources (website of the Wrecksite and HP39 Wrakkenregister), various airplanes crashed into the area of investigation and boats sunk in the North Sea. For many crashes and shipwrecks the exact location is not known. Some wreck locations are therefore indicatively marked.

The wreck register (HP39 Wrakkenregister) shows 609 shipwrecks in the area of investigation (see annex 5). Detailed information about most wrecks are unknown. However, in some cases the name of the sunken vessel is known. It is possible to research whether or not these vessels sunk due to war related events. However, it is deemed outside the scope of this research to find additional information about 97 wrecks. Therefore, this additional research will not be conducted. In the figure below a total of all wrecks near the Area of investigation is shown.

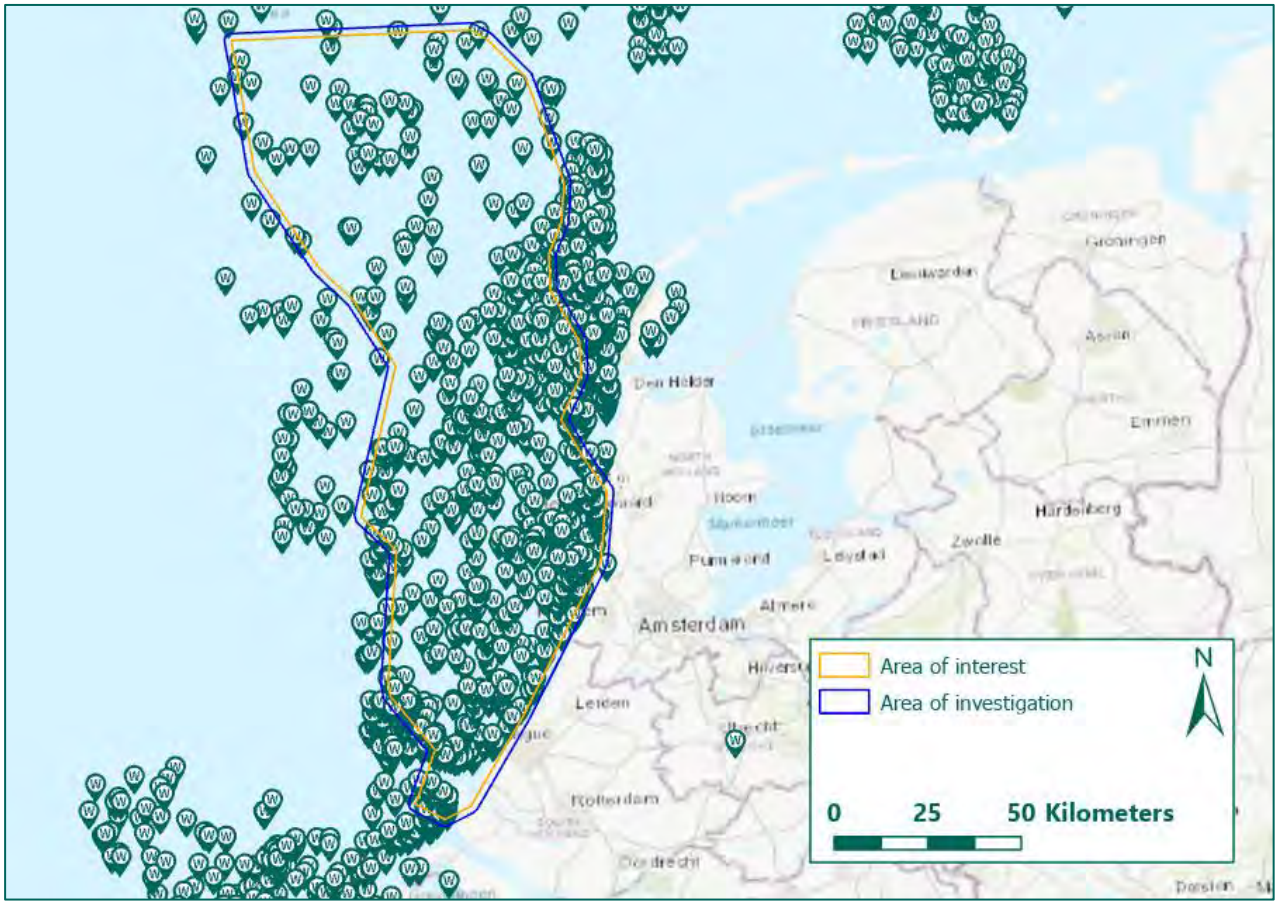


Figure 37: Overview of wrecks within the area of interest according to HP39 (Source: HP39).

The website of 'Wrecksite' also provides a lot of information about wrecks. Near the area of investigation, a total of more than 1800 wrecks lay within and near the area of interest. Plotting all these wrecks in the GIS-system would be too comprehensive and falls outside the scope of this report. In the table below a list of war related causes of sinking of ships/aircraft within the area of interest is shown. It should be mentioned that in most cases, no cause of sinking was mentioned.

Cause of sinking	Total number sunk
Airplane crashes, WW2	75
Air raids, WW2	19
Charges/explosives, WW1 and WW2	8
Depth charges , WW2	2
Explosions, WW2 and after WW2	4
Gunfire – shelled, WW1 and WW2	152
Mine, WW1 and WW2	39
Naval battles, WW1 and WW2	10
Torpedo, WW1 and WW2	21
War loss (Not specified), WW1	1

Table 3: Listing of ships/aircraft sunk by war related events.

4.6.1 Conclusion

As can be seen, most of the wrecks mentioned in this table can be ascribed to war related events described in paragraphs 4.1-4.3. The demarcation of UXO Risk Areas resulting from these war related events is also described in these paragraphs. Additional UXO Risk Areas will not be demarcated because of the possible

presence of wrecks of ships or aircraft. However, if a wreck is encountered during activities in the Maasvlakte the authorities are to be alerted. Wrecks can possibly still house the bodies of fallen troops or might be considered cultural heritage.

4.7 MUNITION DUMPING

As shown on the map of the Noordzeeloket (Figure 38) and the naval chart of the Royal Netherlands Navy Hydrographic service (Figure 39), ammunition dumping sites are situated within the area of investigation. According to archival documents, tons of German left behind ammunition were dumped into this zone shortly after World War II. In the 1960's, it appeared that fishermen encountered also ammunition outside the most northern dumping site, therefore a larger zone was marked as "*dangerous for fishing, intrusive, and seismographic activities*". The centre of the dump ground is marked with a buoy in position 52-33,5N, 04-03,6E. The dangerous area is defined by a radius of three nautical miles around this buoy. For the two southern dumping sites no such 'danger zones' were determined. In the figures below, the location of the dumping sites are indicated.

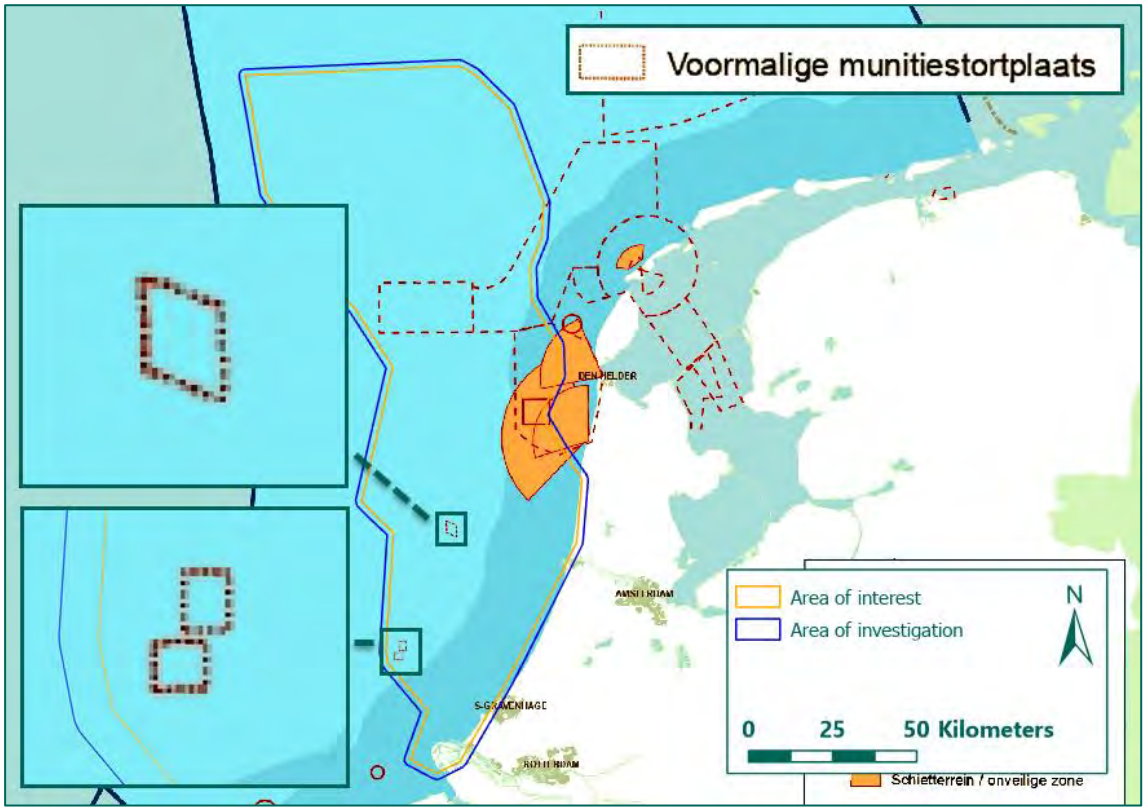


Figure 38: Map showing the military usage of parts of the North Sea, including munition dumping sites (Source: NZL).

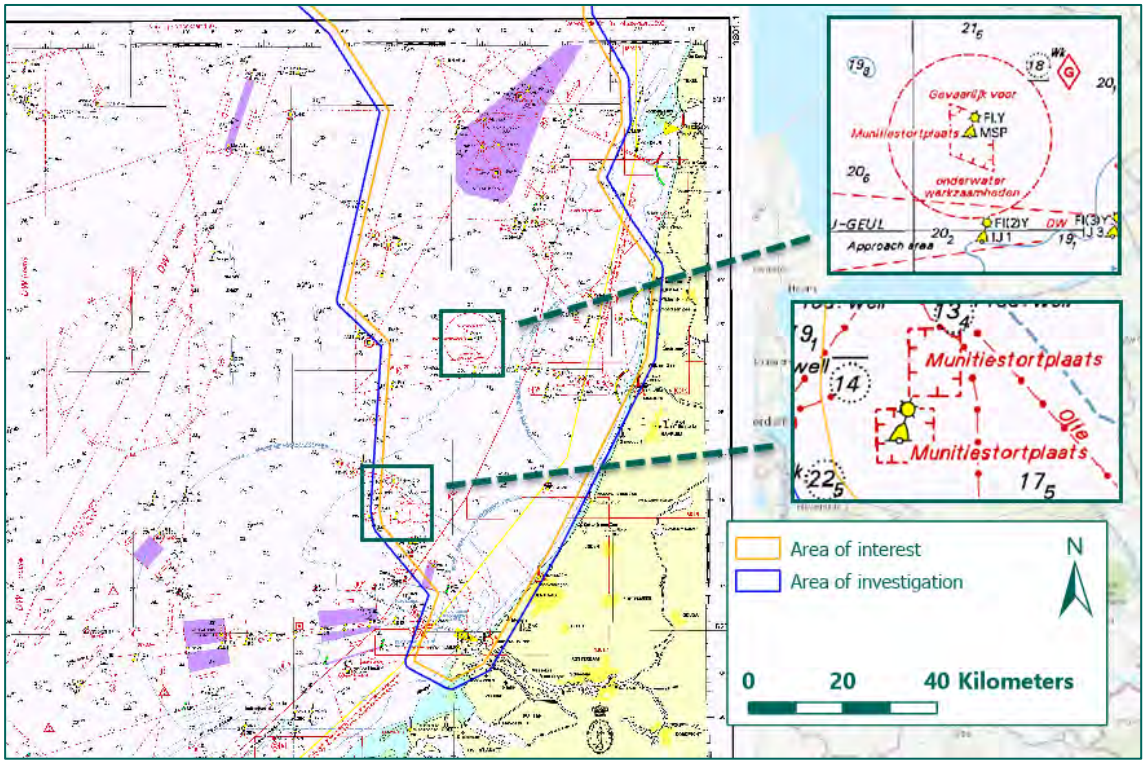


Figure 39: Naval chart (Source: Royal Netherlands Navy Hydrographic service).

4.7.1 Conclusion

Because of the large amounts of munition dumped within these sites, it is certain that UXO is still present within the dumping sites. It is also probable that munition was dumped outside of the determined dumping sites, as was the case near the most northern dumping site. Therefore, a buffer of three nautical miles is projected around these two munition dumping sites as well. Within these buffer zones the likelihood of presence is deemed probable. No information is available on the exact amount and type of the ditched ammunition. Therefore, the sort, type, amount and condition cannot be determined.

The consulted sources do not provide information about munition dumping in other parts of the Area of investigation. Therefore, the likeliness of presence of dumped munition in the other parts of the Area of investigation is deemed negligible.

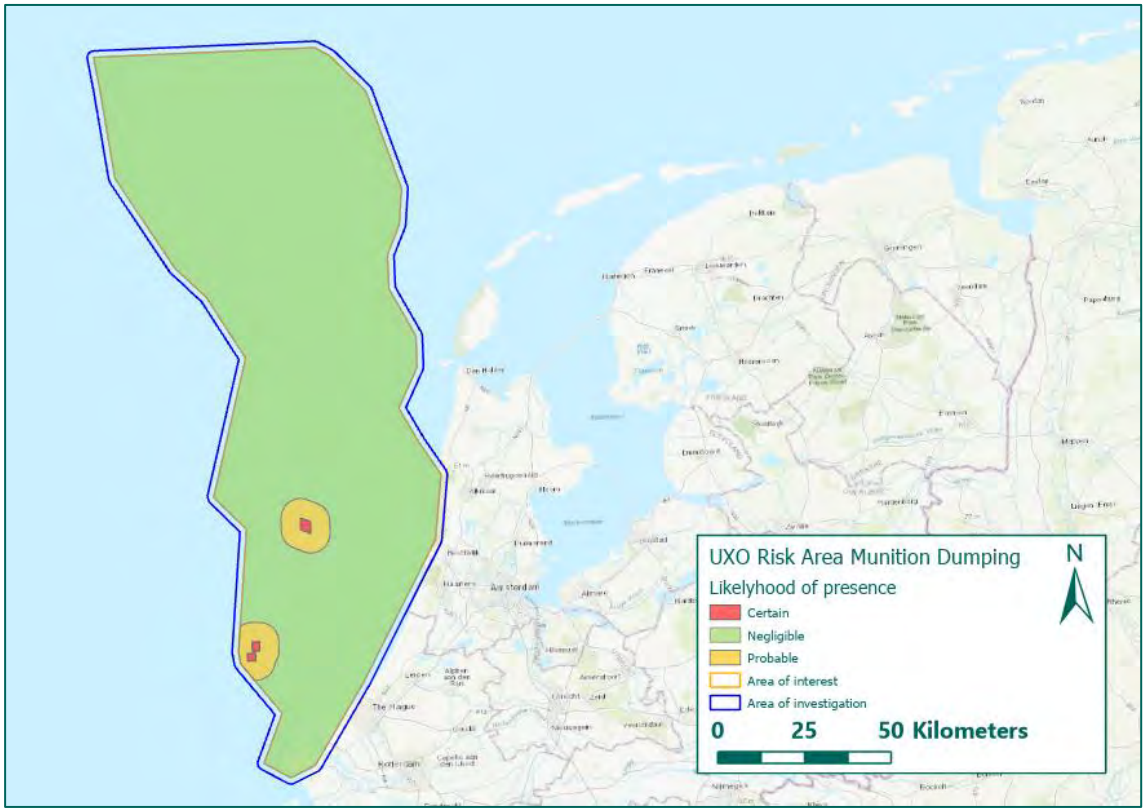


Figure 40: UXO risk area due to munition dumping. (Source basemap: ESRI).

4.8 V1 AND V2 BOMBS

During the last years of World War II, the German High Command started using new weapons with the hopes of stopping the Allied build-up and advance. These new weapons were the Vergeltungswaffe 1 (V1) and Vergeltungswaffe 2 (V2). The V1 was an early cruise missile with a pulsejet for power. The V2 was the world's first long-range guided ballistic missile. These weapons were targeted against, amongst others, Allied cities and harbours.



Figure 41: photographs of a V1 and V2 (Source: REASeuro-database).

V1 and V2 launch sites were constructed all over German-occupied territories. London was one of the main targets of the V1 and V2. Many of the V1s and V2s launched did not reach their target but landed prematurely or overshot their target due to navigational or technical errors. V1s and V2s were also vulnerable to Allied countermeasures such as anti-aircraft guns.

The consulted sources show that V1s and V2s could also land in the sea near the United Kingdom (see Figure 42). It is possible that, either through navigational or technical errors or through Allied countermeasures, UXO of V1s and V2s are left within the Area of investigation. However, in the consulted sources there are no indications that this has occurred.. A UXO Risk Area can therefore not be determined.



Figure 42: V1 and V2 bombs hitting targets in the United Kingdom (Source: V2, See Annex 2)

4.8.1 Conclusion

Although it is known that V1s and V2s could at times strike down at the sea, there are no indications in the consulted sources that this has occured within the area of investigation. It is therefore not possible to determine a UXO Risk Area within the Area of investigation.

5 GAPS IN KNOWLEDGE

During the analysis and review of historical sources some gaps in knowledge occurred that could not be filled in with the consulted sources:

- Knowledge of previous UXO clearance operations is often absent. Therefore, it is not fully known if during the period 1914-2016 UXO were encountered in and/or removed out of the area of investigation.
- It is unclear whether the source material concerning German convoy routes is complete. The consulted sources mention several attacks on convoys sailing outside the convoy routes that are known by REASeuro.
- Pinpointing the locations of all 1800 wrecks within and near the Area of Investigation was considered too comprehensive a task with regards of the scope of this research. Therefore, not all (approximate) locations of wrecks as mentioned in the consulted sources are pinpointed.
- The REASeuro-database did not contain detailed information about all individual coastal guns on the Dutch coast bordering the Area of investigation.
- Detailed records about armed encounters between British and German ships are not yet entered into REASeuro's GIS-Database. Therefore, it was not possible to give an overview of all (approximate) locations of these encounters.
- The type and amount of ammunition used by German and allied submarines, planes and ships is not always known.
- The types, calibres and amounts of munition used in the different military exercise zones are not always known
- It is unclear which types, calibres and amounts of munition were dumped in the munition dumping ground within the area of investigation.
- The REASeuro database does not contain every sortie made by Coastal Command planes during the Second World War.

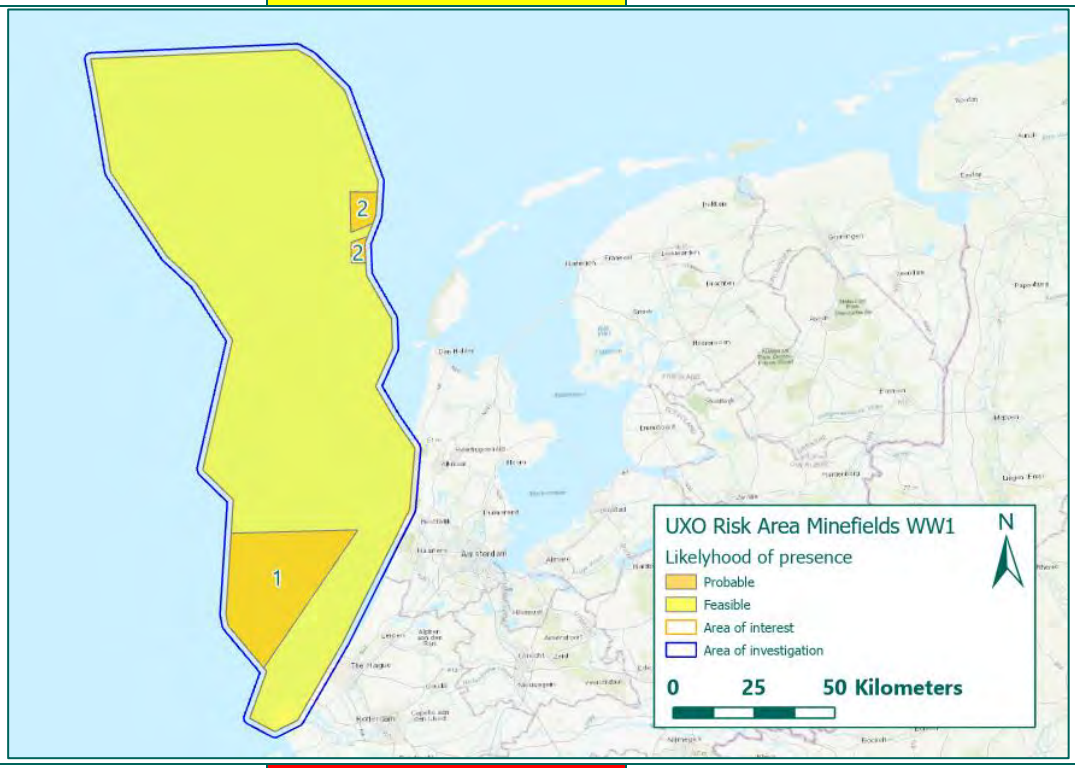
Besides these gaps of knowledge, there are also some uncertainties concerning source material relevant for this report:

- It is not possible to pinpoint exact locations of war-related events at sea. This problem is partly solved by defining a large area of investigation. Events that took place within this area could have led to a UXO risk area.
- Compared to land, the North Sea offers few reference points. Therefore, specific information about locations is often lacking. Furthermore, it must be noted that information can be inaccurate.
- Because of the systematic destruction of the *Luftwaffe* archives, there is only sporadic information available on German Air Force activity.
- Crash locations of planes during World War II are not exactly known. This is also the case for many shipwrecks, which are also unknown on Wrecksite.eu.
- There is no exact information about the locations, amounts, conditions and types of dropped bombs during aerial attacks or jettisoning above the North Sea.

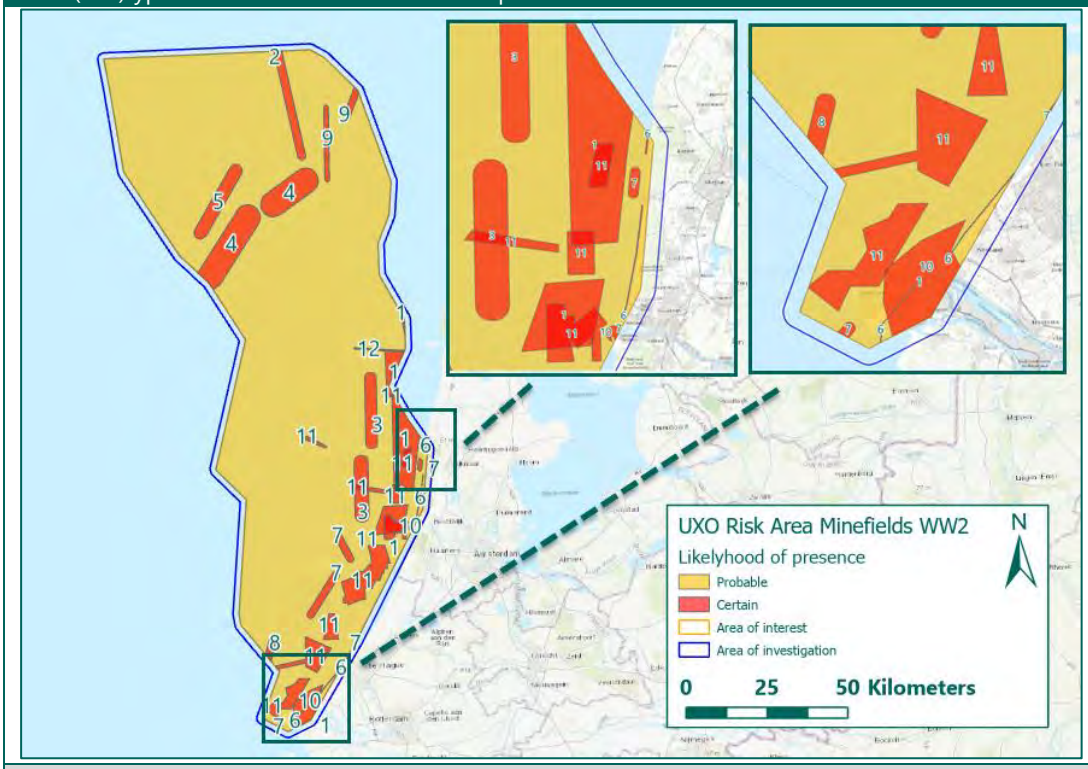
6 OVERVIEW OF UXO RISK AREAS

Based on the assessment and analysis of the source material, several UXO Risk Areas have been identified within the area of investigation. The main types of UXO found in each UXO risk area are outlined in chapter 4. The horizontal demarcation of UXO Risk Areas is discussed per type of warfare in the conclusions of paragraph 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.7 and are presented in tables below.

UXO Risk Area as a result of the naval mines (paragraph 4.1)

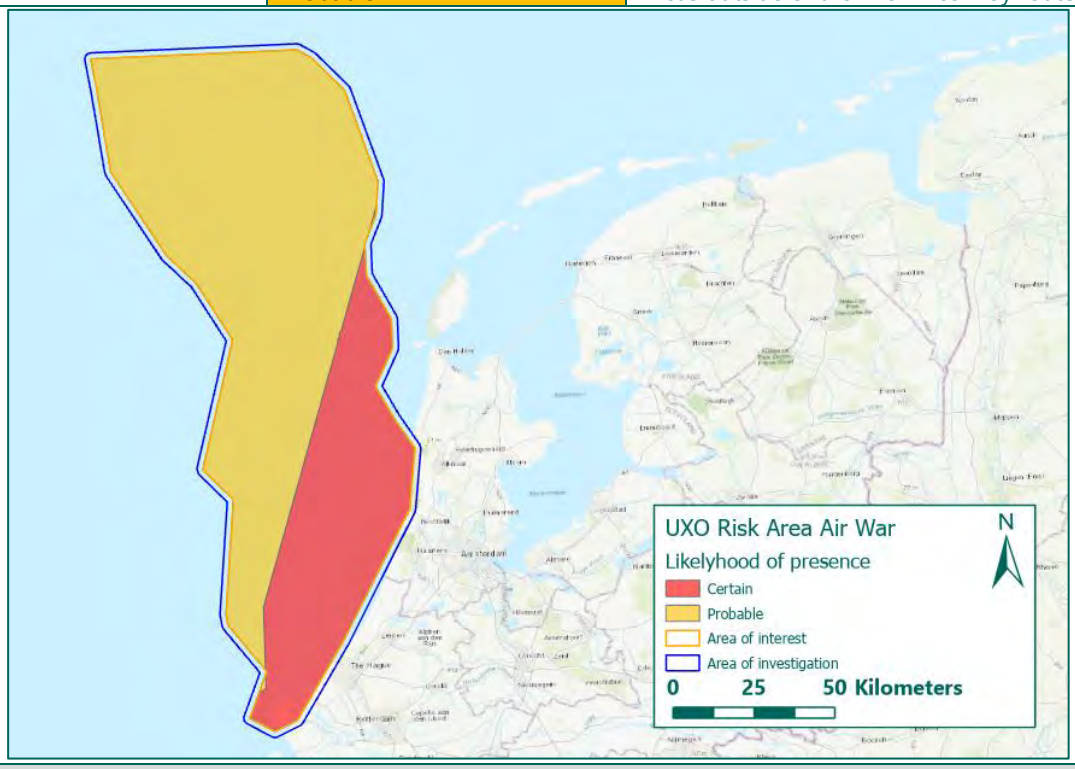
UXO (sub)type and calibre	Likelihood of presence	Demarcation
Naval Mines WW1: German E-Mine moored contact mines, British Vickers / British Elia and H Mark II moored contact mines	Probable	Within the boundaries of known minefields.
	Feasible	Outside the boundaries of known minefields.
		
Naval mines WWII: British Mk I-IV ground mines and British Mk VII- VIII and Mk XIV German EMB, EMC, EMD, UMA, RMA, KMA contact mines German LMB Ground mines German Exploding Floats (and also non explosive sweep obstructors) Dutch Model 1921 '2e soort'	Certain	Within the boundaries of known minefields.
	Probable	Outside the boundaries of known minefields.

UXO (sub)type and calibre	Likelihood of presence	Demarcation



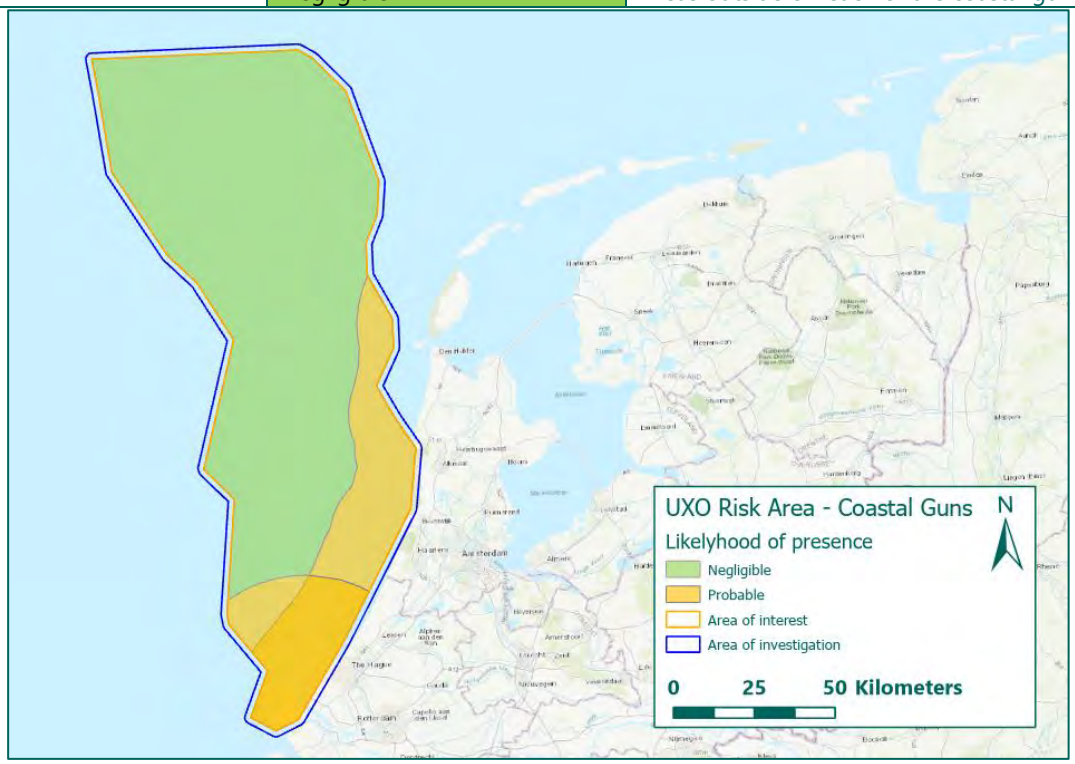
UXO Risk Area as a result of the air war (paragraph 4.2)

UXO (sub)type and calibre	Likelihood of presence	Demarcation
Aerial bombs: 4 lbs, 25 lbs, 30 lbs, 100 lbs, 250 lbs, 260 lbs, 300 lbs, 500 lbs, 1.000 lbs, 4.000 lbs	Certain	The UXO risk area is projected between the most western convoy route and the Dutch coast. A buffer of 1 nautical mile (1.852 meter) is taken into account for navigational inaccuracy of ships and aircraft.
	Probable	Areas outside of the known convoy routes.
Under water ammunition: 18 inch torpedo Mk XV Depth charge	Certain	The UXO risk area is projected between the most western convoy route and the Dutch coast. A buffer of 1 nautical mile (1.852 meter) is taken into account for navigational inaccuracy of ships and aircraft.
	Probable	Areas outside of the known convoy routes.
Rockets: 3 inch rocket with 25 lbs or 60 lbs (SAP) warhead	Certain	The UXO risk area is projected between the most western convoy route and the Dutch coast. A buffer of 1 nautical mile (1.852 meter) is taken into account for navigational inaccuracy of ships and aircraft.
	Probable	Areas outside of the known convoy routes.



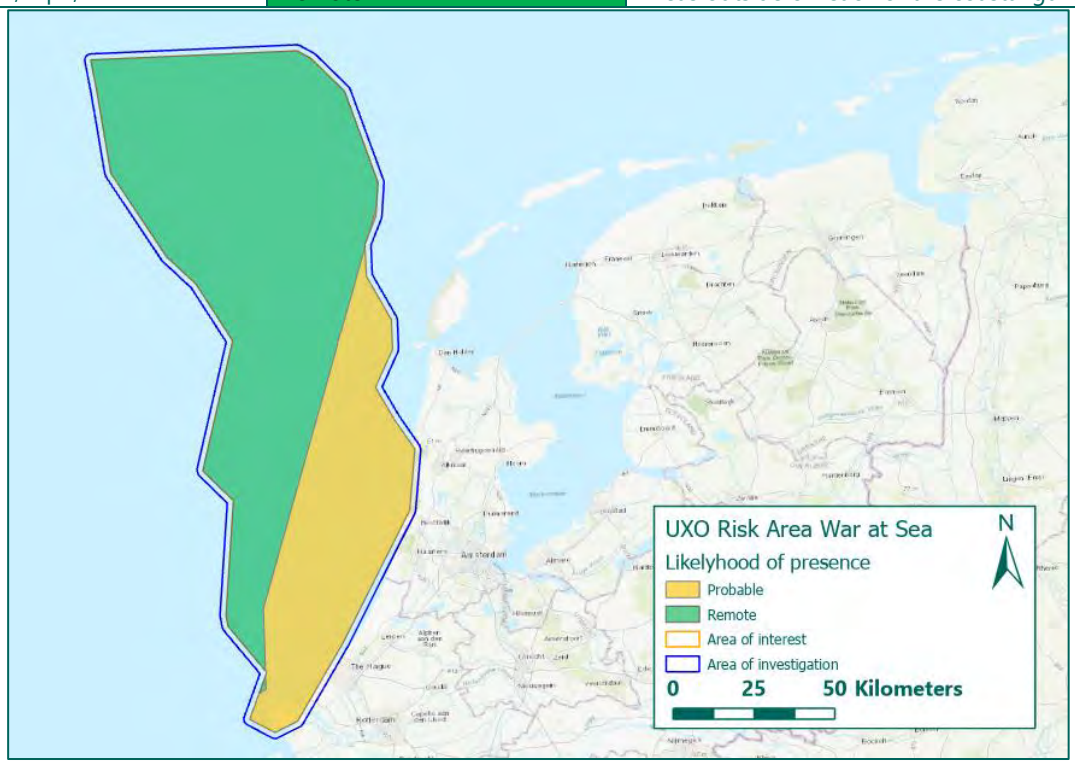
UXO Risk Area as a result of the coastal guns (paragraph 4.3)

UXO (sub)type and calibre	Likelihood of presence	Demarcation
Artillery shells: 5 cm, 7,5 cm, 9,4 cm, 10,5 cm, 12 cm, 14,91 cm, 15 cm, 15,2 cm, 24 cm, 28 cm	Probable	Within reach of the coastal guns. Where the REASeuro Database lacked information about coastal guns, the maximum range of coastal guns, not being 28 cm guns, is projected from the Dutch Coast.
	Negligible	Areas outside of reach of the coastal guns.



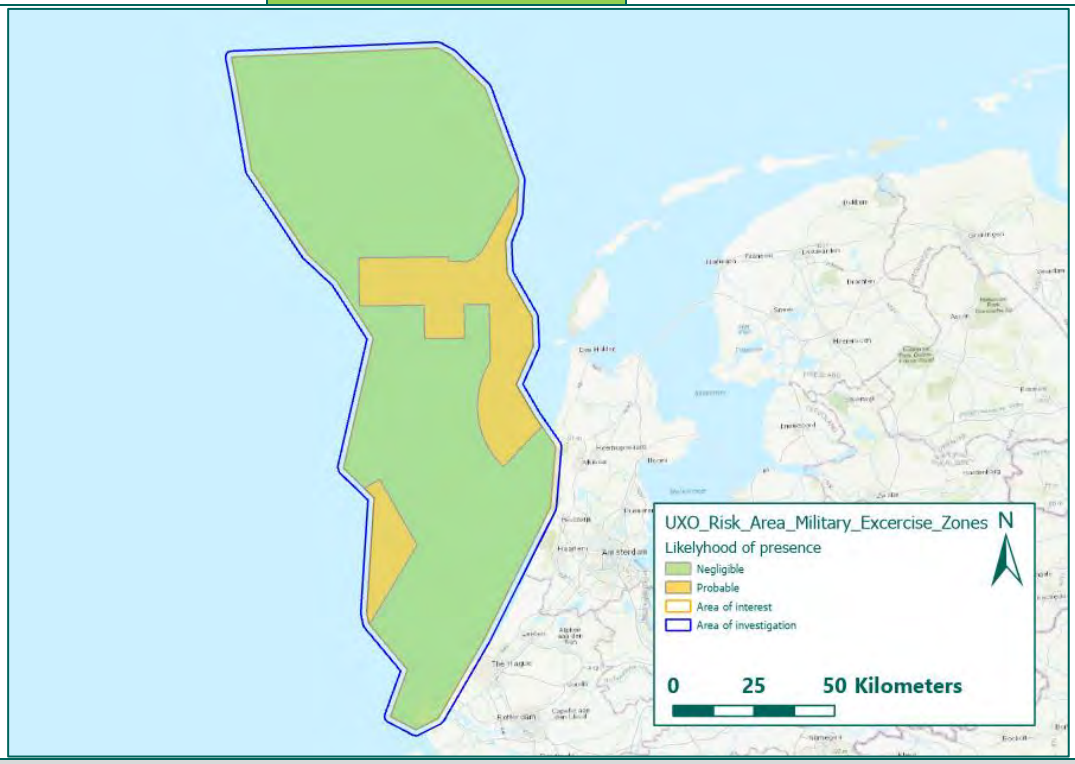
UXO Risk Area as a result of the war at sea (paragraph 4.4)

UXO (sub)type and calibre	Likelihood of presence	Demarcation
Small Calibre Ammunition: .303, .50, 13,2 mm, 15 mm Artillery Shells 2 cm/20 mm, 2 pr. Pompom, 3.7 cm, 6 pr., 8.8 cm	Probable	The UXO risk area is projected between the most western convoy route and the Dutch coast. A buffer of 1 nautical mile (1.852 meter) is taken into account for navigational inaccuracy of ships and aircraft.
	Remote	Areas outside of reach of the coastal guns.



UXO Risk Area as a result of military exercises (paragraph 4.5)

UXO (sub)type and calibre	Likelihood of presence	Demarcation
Unknown (exercise) munition: Each military exercise zone had it's own purpose, it is outside the scope if this research to determine the munition used in each zone.	Probable	Within the boundaries of known military exercise zones.
	Negligible	Outside of the boundaries of known military exercise zones.



UXO Risk Area as a result of munition dumping (paragraph 4.7)

UXO (sub)type and calibre	Likelihood of presence	Demarcation
Unknown dumped munition	Certain	Within the boundaries of known munition dumping sites
	Probable	Three nautical miles around the munition dumping sites due to large amounts of munition being found outside the munition dumping sites
	Negligible	Outside of the boundaries of known munition dumping sites



7 CONCLUSION AND ADVICE

The Historical Desktop Study leads to the conclusion that the presence of UXO within the whole Area of interest ranges from certain to negligible, depending on the type of UXO involved. In particular, the presence of UXO resulting from minefields, aerial warfare and the dumping of munition is deemed certain. Therefore, there is a severe risk of encountering UXO within the Area of interest.

Only a few specific locations wherein certain types of UXO could be present can be demarcated in this HDTS-UXO. Performing a full Historical Research will produce some further results. REASeuro advises to implement an UXO Risk Assessment (RA) alongside full Historical Research. The purpose of the RA is defining the risk that UXO poses to the planned activities in the area of analysis. This risk is a function of the 'Likelihood of Occurrence' and the 'Hazard Severity'. The 'Likelihood of Occurrence' is the product of the 'Likelihood of Presence' as defined in this HDTS-UXO and the likelihood of initiation of an item of UXO, which will be assessed in a RA. Therefore, the likelihood of presence alone is not enough to define the risk of UXO to the planned activities.

Several factors like the burial of UXO, migration of UXO, the planned intrusive activities, hazards of UXO likely to be encountered and effects of detonation are analysed and assessed for use in a Semi Quantitative Risk Assessment (SQRA). The following matrix is used to quantify the risk. Each generic UXO hazard is assessed for severity and likelihood of occurrence. This model is generally considered best practice for assessing risk in the marine environment, although it has been modified where required to ensure it is UXO centric. The risk matrix is presented in Table 3.

Once the risks have been identified fitting mitigation strategies to bring the risk down to an acceptable level will be proposed. The mitigation strategies are focused on bringing the risk down to a level that is defined as 'As Low As Reasonably Practicable' (ALARP).

		Hazard Severity				
Likelihood of Occurrence		1 = Negligible	2 = Slight	3 = Moderate	4 = High	5 = Very High
	1 = Very Unlikely	1 LOW	2 LOW	3 LOW	4 LOW	5 LOW/MODERATE
	2 = Unlikely	2 LOW	4 LOW	6 LOW/MODERATE	8 MODERATE	10 MODERATE/HIGH
	3 = Possible	3 LOW	6 LOW/MODERATE	9 MODERATE	12 MODERATE/HIGH	15 HIGH
	4 = Likely	4 LOW	8 MODERATE	12 MODERATE/HIGH	16 HIGH	20 HIGH
	5 = Very Likely	5 LOW/MODERATE	10 MODERATE/HIGH	15 HIGH	20 HIGH	25 HIGH

	Unacceptable
	ALARP with reduction measures
	ALARP
	Acceptable

Table 3: UXO Risk Assessment Matrix.

8 ANNEXES

ANNEX 1 GLOSSARY TERMS 57
ANNEX 2 LITERATURE 59
ANNEX 3 (INTERNATIONAL) ARCHIVES 64
ANNEX 4 WRECKS WITHIN THE AREA OF INTEREST 100
ANNEX 5 POST-WAR UXO CLEARANCE 102

ANNEX 1 GLOSSARY TERMS

Term	Definition
Historical Desk Study - UXO	Preliminary desk study in which war related events in the 1940-1945 period (including post-war detection and clearance) are being analysed. The aim is to determine whether there can be a UXO risk area in the area of interest. The historical desk study UXO consists of: - Reports. - Affirmative or negative recommendation. - In case of an affirmative recommendation: - Horizontal delimitation UXO-Risk area(s). - UXO risk map.
Historical Quick Scan - UXO	A narrower preliminary desk study than a Historical Desk Study – UXO. The aim of a HQS is to examine whether UXO cannot be excluded within the area of interest and if there are areas with an increased risk of UXO.
Unexploded ordnance (UXO)	- Unexploded ordnance (UXO) is explosive ordnance that has been primed fused, armed, or otherwise prepared for use and used in an armed conflict. It may have been fired, dropped, launched or projected, and should have exploded, but failed to do so. - For the purposes of this publication, the term UXO is used generically to also refer to explosive ordnance that has not been used during an armed conflict, which has been left behind or dumped by a party to an armed conflict, and is no longer under control of that party. Such UXO may or may not have been primed, fused, armed or otherwise prepared for use.
Area of interest	Area of focus for the historical desk study. The area of investigation is wider than the area of investigation in order to get a full view of any war related events which could be relevant.
Area of investigation	The area specified by the client in which regular work unrelated to UXO will be performed or in which a change of function will be implemented.
Detection area	The possibly contaminated area within the area of investigation where UXO detection is recommended prior to commencing regular work activities.
War related event	Events that could possibly have led to the presence of UXO. Examples of war related events are: - Aerial Bombardment - Artillery fire - Ammunition dumping or jettisoning - Ammunition related accidents - Aircraft crashes
UXO Risk map	Cartographic view of the UXO risk area(s).
UXO Investigation (Five phases policy)	REASeuro developed a five phases policy: the integral total approach to UXO related issues comprised of five separate phases. This allows the client to make a well-considered decision for each phase and to plan follow-up actions with the aim of keeping the client in control of the project. Five phases policy: 1. Historical research 2. Project risk assessment 3. Project management plan 4. Execution 5. Clearance certificate and final report
Risk assessment	The process of identifying potential threat and estimating the risks of harm and loss associated with that threat. A risk assessment also contains the evaluation of the acceptability of the assessed risk including the consequences of a materialised risk and identifies potential risk reduction and control measures.
Risk mitigation	Eliminating risk or reducing it from an identified unacceptable risk to an acceptable level.

Term	Definition
As low as reasonably practicable (ALARP)	A risk tolerability principle that has particular connotations in UK health and safety law. It requires a developer to reduce the risks from UXO until or unless the cost of implementing those measures is considered to be grossly disproportionate to the risk averted.
"CS-OOO"	The CS-OOO is the Dutch branch specific certification plan for the system certificate "detection of conventional explosives". This includes guidelines, process requirements and expertise standards. Since January 1st 2020, the CS-OOO has been the successor to the "*Werkveldspecifieke certificatieschema voor het Systeemcertificaat Opsporen Conventionele Explosieven*" (WSCS-OCE) and is legally anchored in the Working Conditions Act (Arbowet). In order to safeguard societal interests – health and safety in relation to work – the government has opted for a mandatory certification plan to guarantee the quality and safety of detecting conventional explosives.

ANNEX 2 LITERATURE

The scope of this research was to insight in the possible chance of encountering UXO within the area of investigation by consulting the REASeuro-Database. In addition several books have been consulted in order to get a clear depiction of war related events within the area of interest. In consulting literature the focus has been placed on the First World War to fill the gaps in the REASeuro-Database. For this research the following literary sources have been consulted:

Abbreviation	Author	Title	Relevant
AAS	Air and Space	*These Amateur Archaeologists Dig Up the Buzz Bombs That Fell on England in WW2* *Two brothers scour the English countryside for remnants of Hitler's vengeance weapons.*	Yes
CRO	Crossley, J.,	*The Hidden Threat. The story of mines and minesweeping by the Royal Navy in World War I* (South Yorkshire 2011).	Yes
SCH	Scheer, R.	*Germany's High Sea Fleet In The World War* (London 1920)	Yes
VER	Vergeltungswaffen	*http://www.vergeltungswaffen.nl/*	Yes
V2	V2 Rocket	*http://www.v2rocket.com*	Yes

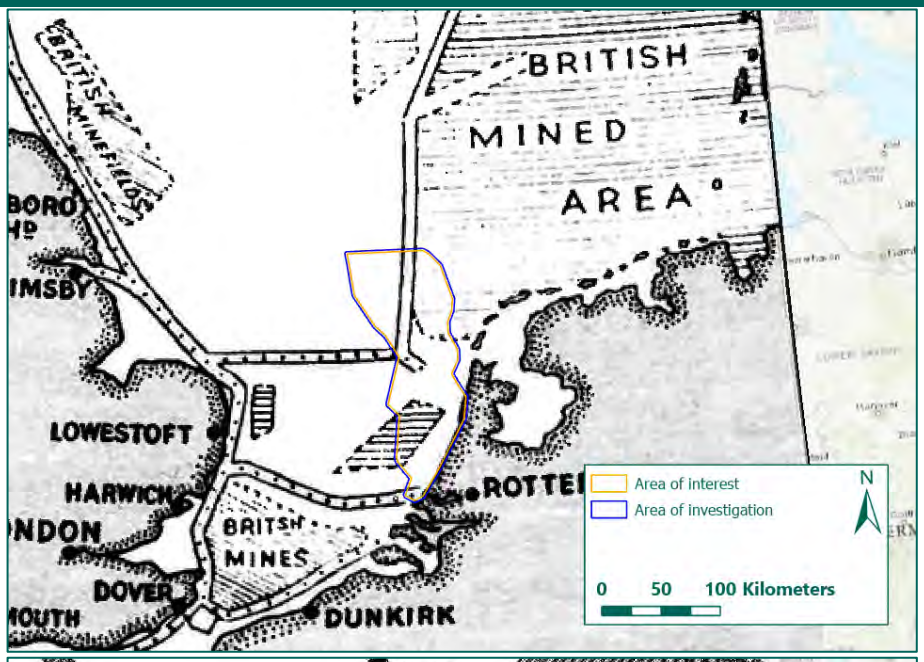
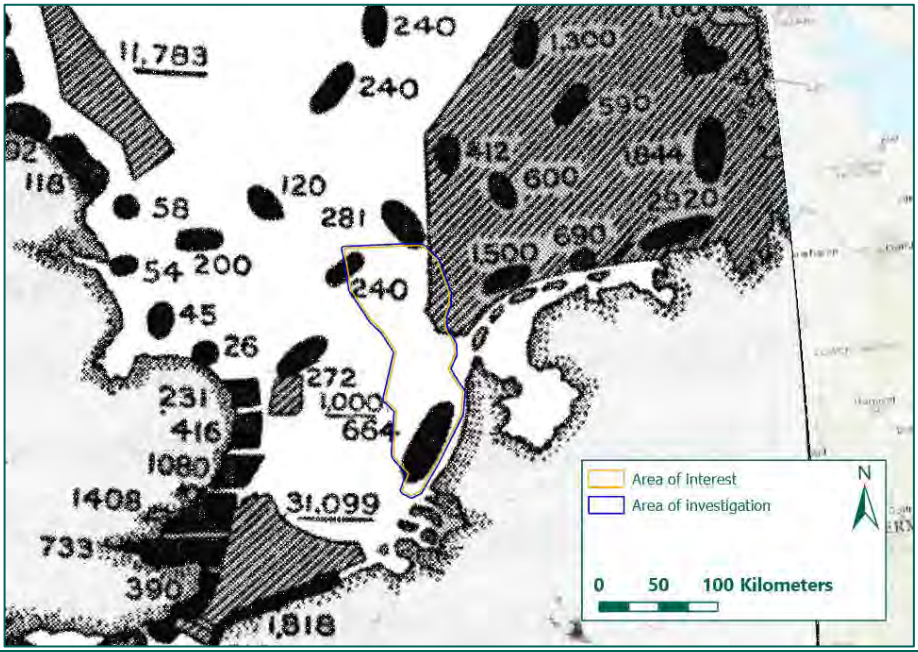
Table 4: Reference to literature.

The annex in this table contain the events that are considered relevant for the area of interest.

First World War mobilization and interbellum, 1914-1939

The First World War forced the armed forces of many nations to mobilize. Coastal guns were installed to protect strategic positions on the coast. Furthermore, shipping took considerable damage from mine and U-vessel warfare. Dozens of merchant vessels were sunk by the thousands of mines laid by the German and British navies. Large scale efforts to clear the minefields after the First World War did not succeed in clearing all these mines. The following literature is relevant for this period:

Date / year	Event	Source	Page
1914-1918	British, German and American mines laid during the war. The German minefields are in black, whereas the Allied fields are shaded. The underlined figures are numbers of Allied mines, and other figures are numbers of German mines. With their vastly greater resources, the Allies laid far more mines in the latter part of the war placing them strategically where they would effectively trap the maximum numbers of U-vessels. German mines were placed mainly close to headlands where ships would make landfalls and around the approach to major ports. From 1916 onwards, most of the German mines were laid by submarines, whereas the Allies were able to use surface ships, especially fast destroyer-minelayers, to operate close to enemy coasts. The chart gives an idea of how dangerous mine laying and minesweeping operations were as both enemy and friendly mines might be laid in the same areas. *Hatched areas in the figure below indicate allied minefields, solid areas indicate German minefields. No minefields are shown within the area of interest.*	CRO	55, 62

Date / year	Event	Source	Page
	 		
1918	Mines, of course, remain deadly irrespective of peace treaties or armistices. No fewer than 240,000 mines were scattered about the seas, some in their original position, some having dragged their moorings and settled in a new location, and some drifting freely. These constituted a major danger to shipping after the end of the war. To clear them up an international committee was formed, which included most belligerent and neutral countries, and was eventually joined by the defeated powers. This was called the International Mine Clearance Committee (IMCC) and was organized principally by the Royal Navy. All members carried out mine clearance activities and reported regularly to the IMCC, who issued regular charts and updates showing safe areas and known danger zones. The main part of the clearance work was divided between the maritime nations, Germany being responsible for sweeping Heligoland Bight, France the waters off the French and Belgian coasts, America the Northern Barrage and the UK, most of the rest, working through a new organization called the Mine Clearance Service. The service	CRO	149-160

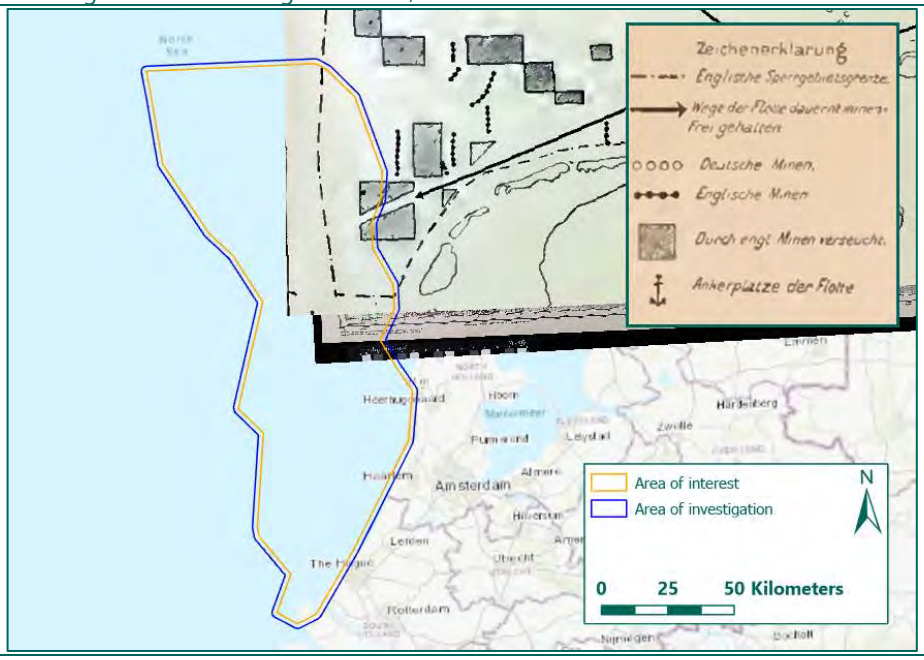
Date / year	Event	Source	Page
	was manned mainly by Royal Navy personnel and fishermen and consisted of 14,500 men and 700 officers at its peak. A particular danger when clearing dense fields was what was known as 'counter mining'. This occurred when exploding one mine would set off others in the vicinity – possibly dangerously close to the sweeper involved. Normally, deep minefields were left until last, as they did not constitute a serious danger to shipping, but sometimes some of the mines were laid incorrectly and finished up close to the surface. It was determined to skim of any of these shallow mines first, and the sweep began in the normal way. The intensive mining of the eastern North Sea also affected the German Navy to such an extent that it could not even undertake exercises safely, the British offensive mining campaign contributed to the collapse of fleet discipline and hence to the popular revolt against the Kaiser's government, which resulted in the Armistice.		
		SCH	288

Table 5: Overview of events World War 1 – Interbellum.

German invasion and subsequent occupation, 1939-1945 and Post-war period

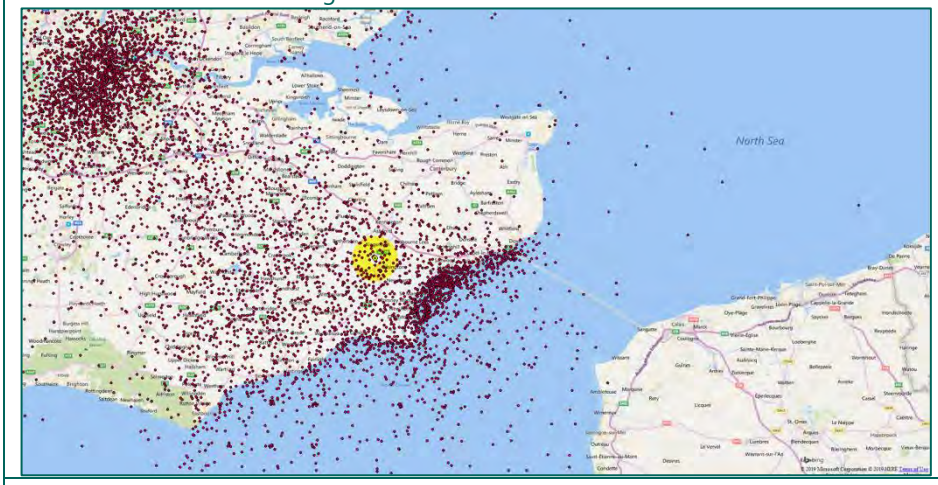
When the inevitability of the Second World War became clear in August 1939, the allied and non-aligned armies of the countries surrounding Germany once again mobilized to prepare for an imminent attack. While serious naval threats were not foreseen, preparations also took place on the coast and the sea. Coastal guns were once again installed, and vital waterways were mined.

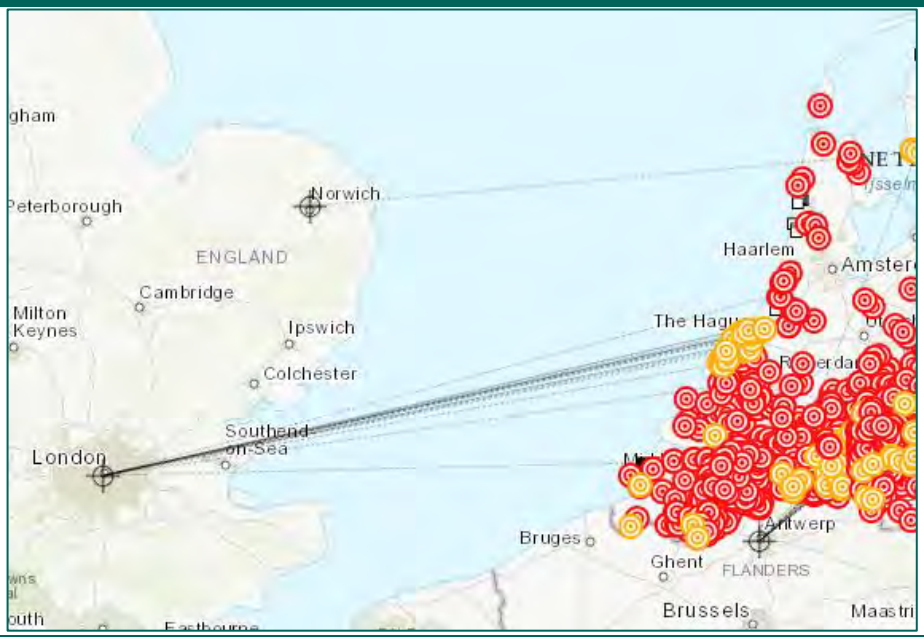
The North Sea became the frontline between Great-Britain and occupied mainland Europe. Fast attack craft from the Royal Navy coastal forces attacked German shipping close to the coast and laid mines to further hamper German navigation of the North Sea. Patrolling allied aircraft attacked convoys, submarines and surface vessels with all possible means, while heavy bombers dropped even more mines in the waters around de occupied European Coast. To make matters worse, thousands of aircraft flew over the North Sea on route to targets in Germany, jettisoning their bombs in the sea when they encountered German fighters or anti-air guns.

Immediately after the war, the reconstruction Europe began. Defensive works, bunkers and remaining UXO were cleaned up.

Literature about this period was not consulted for this report. The REASeuro-Database already contains a large quantity of sources about war related events within the North Sea. Moreover, consulting literature about this period is outside of the scope of this research.

Some information about the locations of V1s and V2s was consulted:

Date / year	Event	Source	Page
1944-1945	V1 and V2 bombs hitting the UK 	V2	-
	Locations of V1 bombs hitting the UK and the North Sea near Kent. 	AAS	-
	V1s and V2s were also launched from the Netherlands to the UK. It is possible that bombs that did not reach the UK landed in the North Sea and possibly within the Area of interest.	VER	-

Date / year	Event	Source	Page
			

ANNEX 3 (INTERNATIONAL) ARCHIVES

Several international archives have been consulted in order to gain information on the war related events in the area of investigation. The REASeuro database contains a large quantity of documents from the British, American and German archives. The following international archives yielded relevant documents for this desk top study:

- Noordzeeloket, The Netherlands.
- Dienst der Hydrografie, Koninklijke Marine, The Netherlands
- Nationaal Archief, The Hague, The Netherlands
- Nederlands Instituut voor Militaire Historie, The Hague, The Netherlands
- Marinemuseum (Navy Museum), Den Helder, The Netherlands
- UK Hydrographic Office (UKHO), Taunton, Somerset, United Kingdom.
- Library of Congress (LOC), Washington D.C., United States.
- The National Archives (TNA) in London, United Kingdom.
- National Archives and Records Administration (NARA) in College Park (MD), United States.
- Bundesarchiv-Militärarchiv (BaMa) in Freiburg, Germany.

Noordzeeloket (NZL)

The Noordzeeloket is a comprehensive website, covering relevant Dutch maritime policy related North Sea information. On the Website relevant information about the locations of Voormalige munitiestortplaatsen (Former munitions dump locations), Oefengebieden Mijnenruimen (Mine clearance training areas), (Laag)vlieggebieden ((Low) flying areas) and Schietterrein / onveilige zone (Shooting site / unsafe area) is available

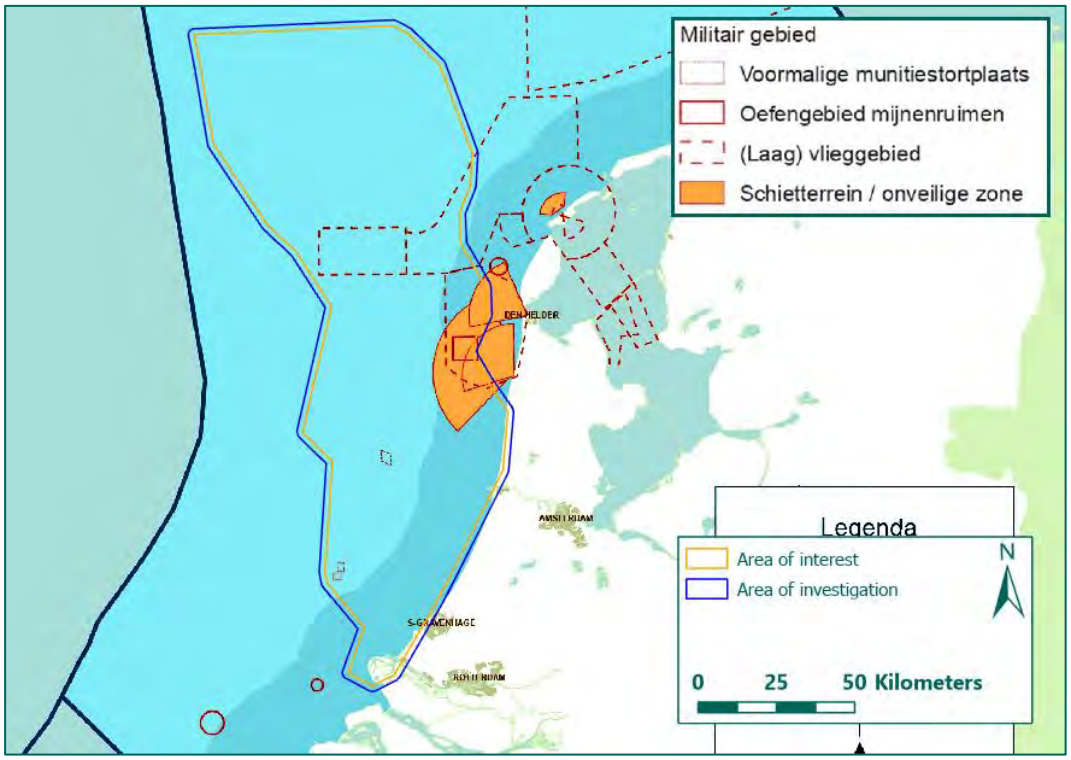


Figure 43: Map showing the military usage of parts of the North Sea (Source: NZL).

Dienst der Hydrografie, Koninklijke Marine (Royal Netherlands Navy Hydrographic service)

Naval charts of the area of analysis have been acquired through the Hydrographic Service. Besides naval charts the HP39 (wreck registry) publication has been consulted to gain information on possible wrecks in the area of investigation.

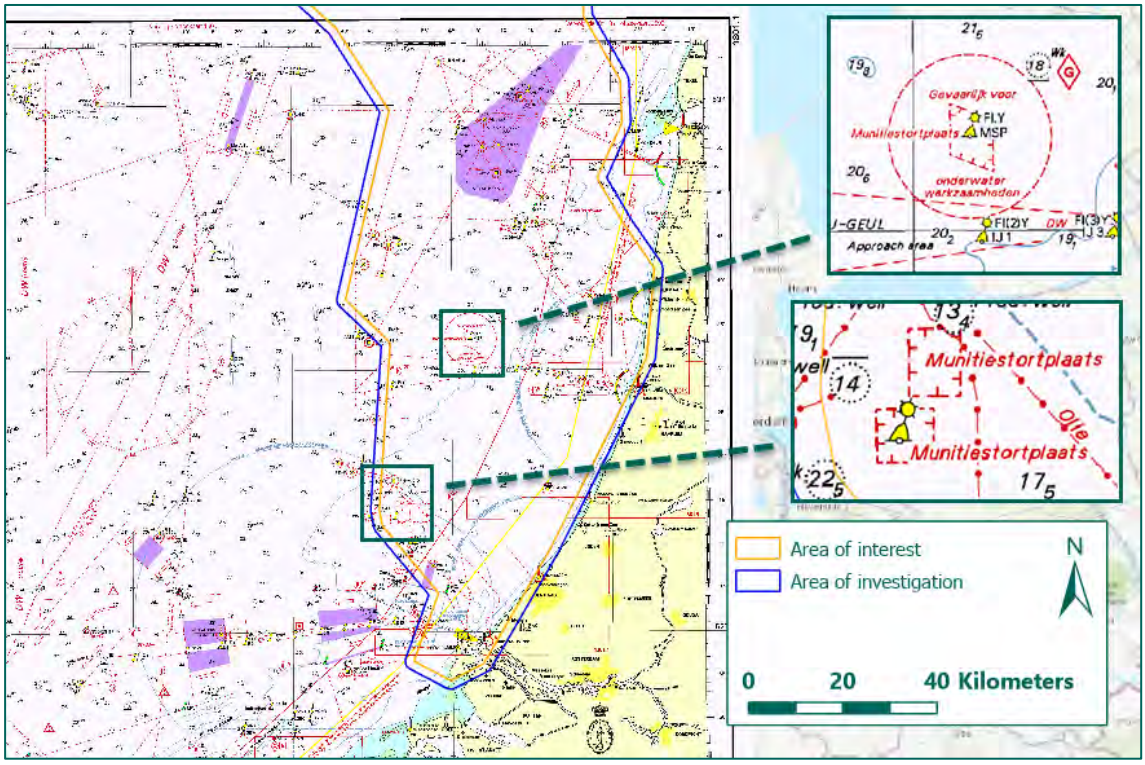


Figure 44: Naval chart (Source: Royal Netherlands Navy Hydrographic service).

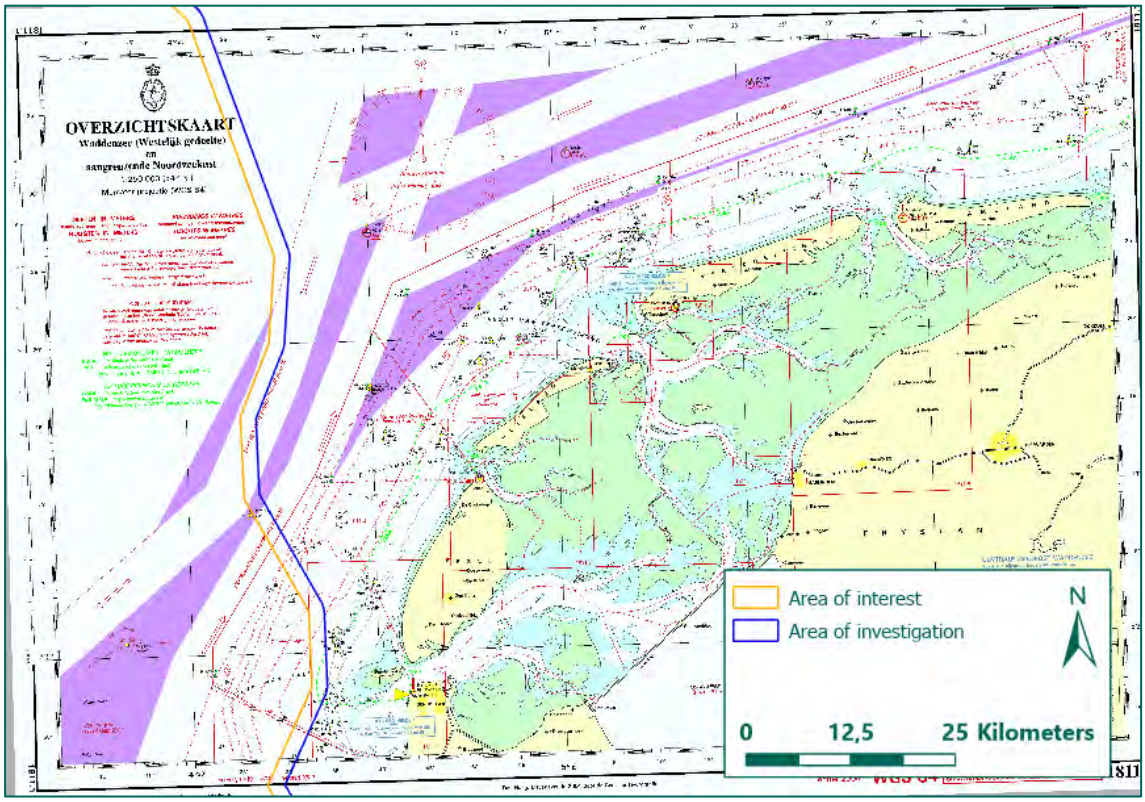


Figure 45: Naval chart (Source: Royal Netherlands Navy Hydrographic service).

Nationaal Archief

The Dutch 'Nationaal Archief' (National Archives) has been consulted for more information on the dumping of explosives, naval minefields and minesweeping, shipwrecks and other relevant information for the area of investigation.

Toegang 2.12.18: Archief van de Koninklijke Marine: Chef van de Marinestaf te ''s-Gravenhage, 1886-1942	
Inventaris 162	Stukken betreffende verboden en gevaarlijke vaargebieden 1914-1939

Map showing area's that are 'gevaarlijk voor de visserij' (Dangerous for fishing activities):

Onder verwijzing naar circulaire Nº. 41 der Visscherij-Inspectie, vestigt de Hoofdinspecteur der Visscherijen de aandacht van belanghebbenden er op, dat vanaf 22 November 1917, het door Duitschland als gevaarlijk aangegeven gebied in de Noordzee, inzooverre is gewijzigd, dat als Oostgrens daarvan dient te worden aangenomen een lijn loopende van het einde der Nederlandsch-Belgische grens over het punt:

	51°	35′	N.B.	2° 57′	O.L.
naar	52°	2′	N.B.	3° 52′	O.L.
„	52°	28′	N.B.	4° 22′	O.L.
„	52°	40′	N.B.	4° 25′	O.L.
„	52°	40′	N.B.	3° 40′	O.L.
„	54°	45′	N.B.	3° 40′	O.L.
„	55°	10′	N.B.	4° 0′	O.L.
„	56°	0′	N.B.	4° 0′	O.L.
„	56°	0′	N.B.	4° 50′	O.L.

verder daarvandaan langs den lengtegraad 4° 50′ O. tot op een punt, dat 10 zeemijlen van den vuurtoren van Udsire af ligt.

Het thans voor de visscherij gevaarlijke gebied in de Noordzee, alsmede de ligging van lichtschepen en lichtbrulboeien, zijn op bijbehoorend kaartje aangegeven.

's-GRAVENHAGE, 26 November 1917.

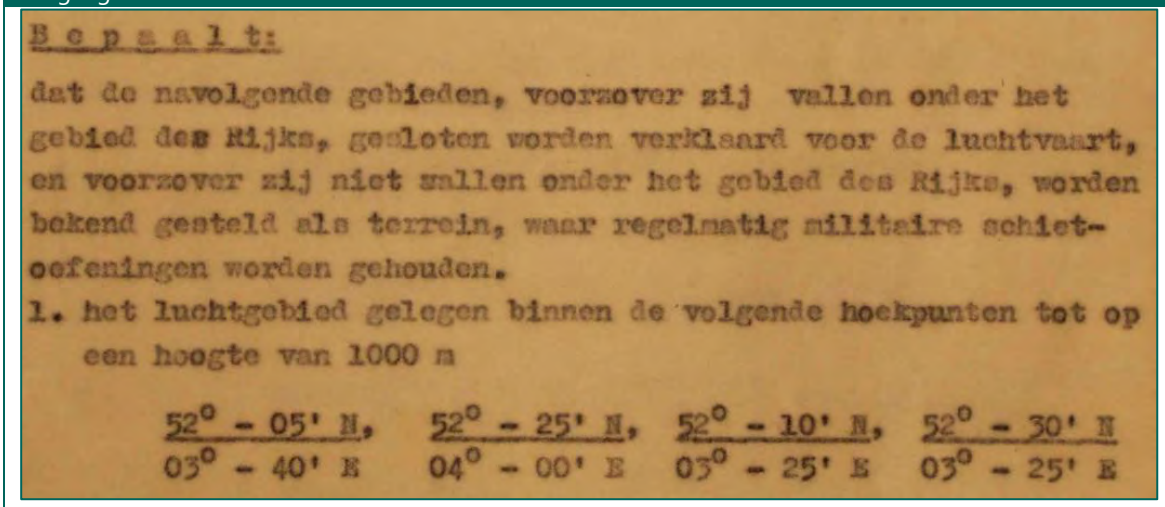
De Hoofdinspecteur voornoemd,
J. M. BOTTEMANNE.

Toegang 2.12.18: Archief van de Koninklijke Marine: Chef van de Marinestaf te ''s-Gravenhage, 1886-1942


Toegang 2.12.56: Marine na 1945	
Inventaris 939	Vaststelling oefengebieden voor schietoefeningen. 1950-1975

Maps and information about Military training area's in the North Sea. Relevant maps and information regarding the area of investigation are shown below:

Training Ground Aircraft:



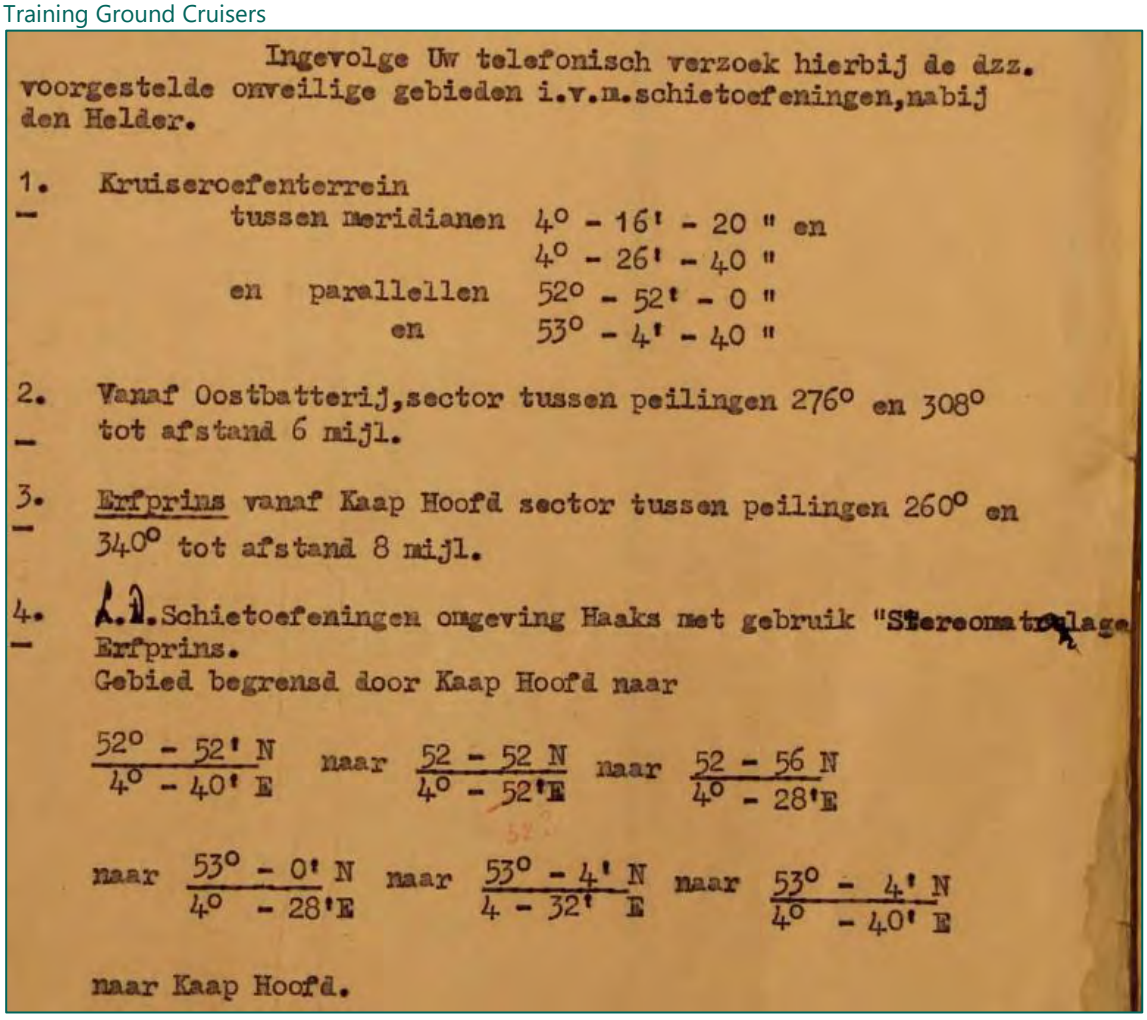
B e p a a l t:

dat de navolgende gebieden, voorzover zij vallen onder het gebied des Rijks, gesloten worden verklaard voor de luchtvaart, en voorzover zij niet vallen onder het gebied des Rijks, worden bekend gesteld als terrein, waar regelmatig militaire schiet-oefeningen worden gehouden.

1. het luchtgebied gelegen binnen de volgende hoekpunten tot op een hoogte van 1000 m

52° - 05' N, 03° - 40' E | 52° - 25' N, 04° - 00' E | 52° - 10' N, 03° - 25' E | 52° - 30' N 03° - 25' E

Training Ground Cruisers



Ingevolge Uw telefonisch verzoek hierbij de dzz. voorgestelde onveilige gebieden i.v.m.schietoefeningen,nabij den Helder.

1. Kruiseroefenterrein
tussen meridianen 4° - 16' - 20 " en 4° - 26' - 40 "
en parallellen 52° - 52' - 0 "
en 53° - 4' - 40 "

2. Vanaf Oostbatterij,sector tussen peilingen 276° en 308° tot afstand 6 mijl.

3. Erfprins vanaf Kaap Hoofd sector tussen peilingen 260° en 340° tot afstand 8 mijl.

4. L.D. Schietoefeningen omgeving Haaks met gebruik "Stereomatlage Erfprins.
Gebied begrensd door Kaap Hoofd naar

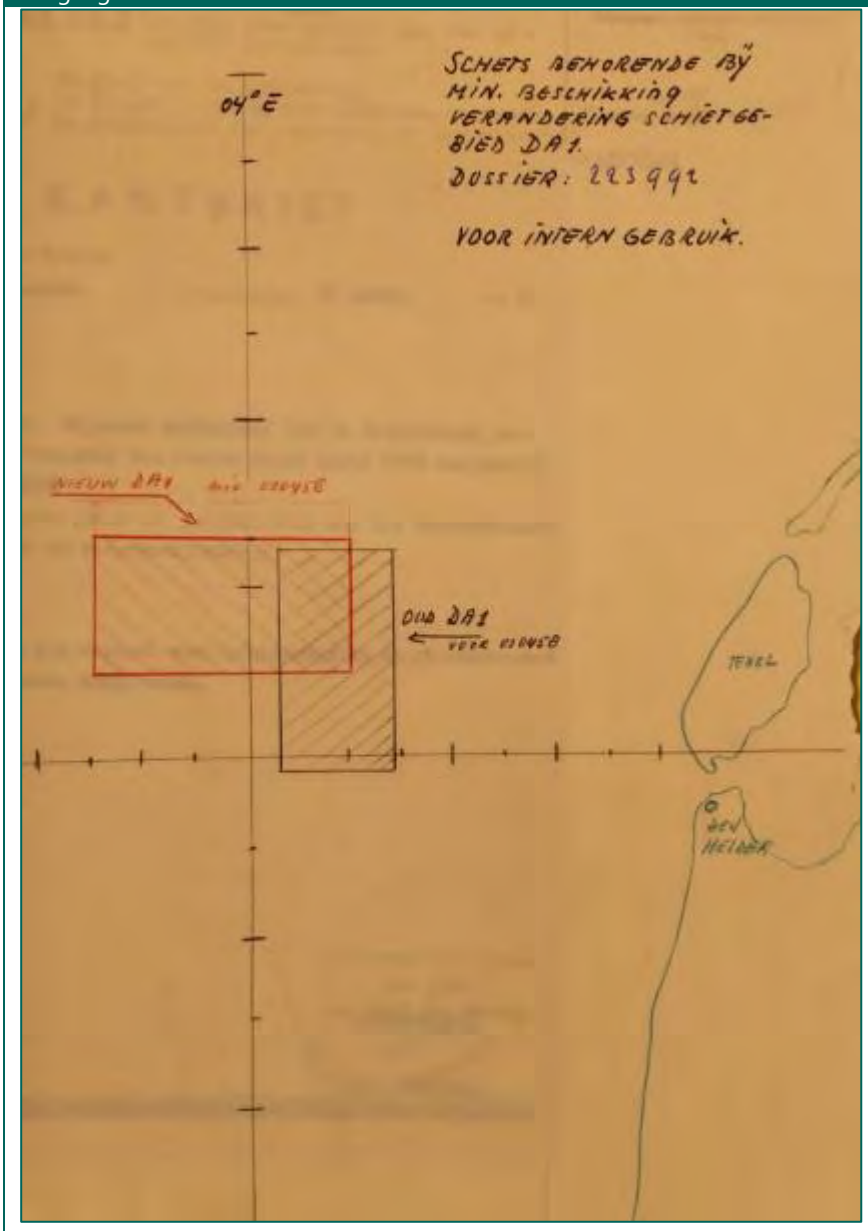
52° - 52' N / 4° - 40' E naar 52 - 52 N / 4° - 52'E naar 52 - 56 N / 4° - 28'E

naar 53° - 0' N / 4° - 28'E naar 53° - 4' N / 4 - 32' E naar 53° - 4' N / 4° - 40' E

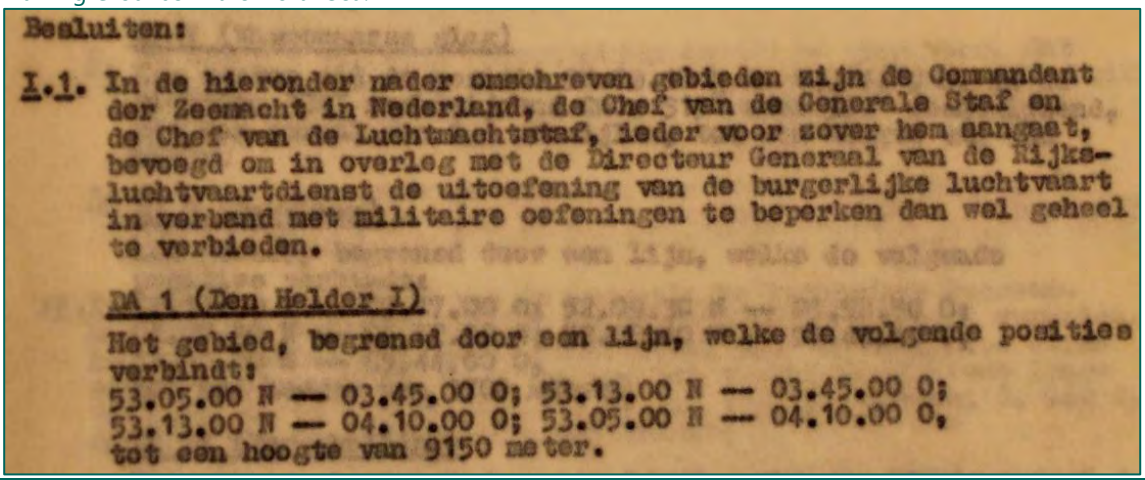
naar Kaap Hoofd.

Old en new site of DA1:

Toegang 2.12.56: Marine na 1945



Training Grounds in the North Sea:



Besluiten:

I.1. In de hieronder nader omschreven gebieden zijn de Commandant der Zeemacht in Nederland, de Chef van de Generale Staf en de Chef van de Luchtmachtstaf, ieder voor zover hen aangaat, bevoegd om in overleg met de Directeur Generaal van de Rijksluchtvaartdienst de uitoefening van de burgerlijke luchtvaart in verband met militaire oefeningen te beperken dan wel geheel te verbieden.

DA 1 (Den Helder I)

Het gebied, begrensd door een lijn, welke de volgende posities verbindt:
53.05.00 N — 03.45.00 O; 53.13.00 N — 03.45.00 O;
53.13.00 N — 04.10.00 O; 53.05.00 N — 04.10.00 O,
tot een hoogte van 9150 meter.

DA 2 (Den Helder II)

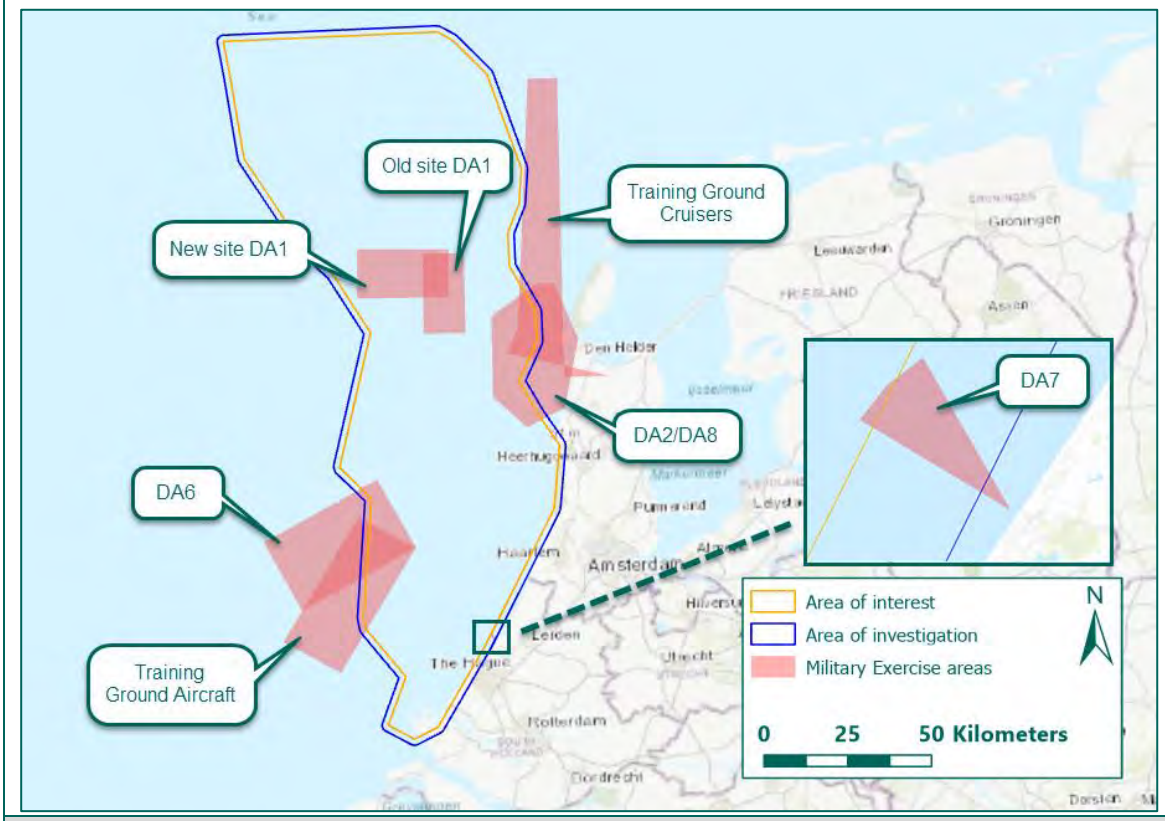
Het gebied, begrensd door een lijn, welke de volgende posities verbindt:
52.58.00 N — 04.44.00 O; 52.47.00 N — 04.40.00 O;
52.44.00 N — 04.30.00 O; 52.49.00 N — 04.21.00 O;
53.02.00 N — 04.21.00 O; 53.07.00 N — 04.33.00 O en
53.07.00 N — 04.38.00 O,
tot een hoogte van 10.000 meter.

DA 6 (Noordzee)

Het gebied, begrensd door een lijn, welke de volgende posities verbindt:
52.26.00 N — 03.20.00 O; 52.36.00 N —03.50.00 O;
52.25.00 N — 04.00.00 O; 52.15.00 N —03.30.00 O,
tot een grootste hoogte van 900 meter.

DA 7 (Wassenaarse slag)

Een sector uit de positie 52.09.48 N — 04.20.45 O, in de richting 300° rechtwijzend door 315° naar 330° rechtwijzend, met een straal van 1,4 zeemijlen, tot een hoogte van 500 meter.



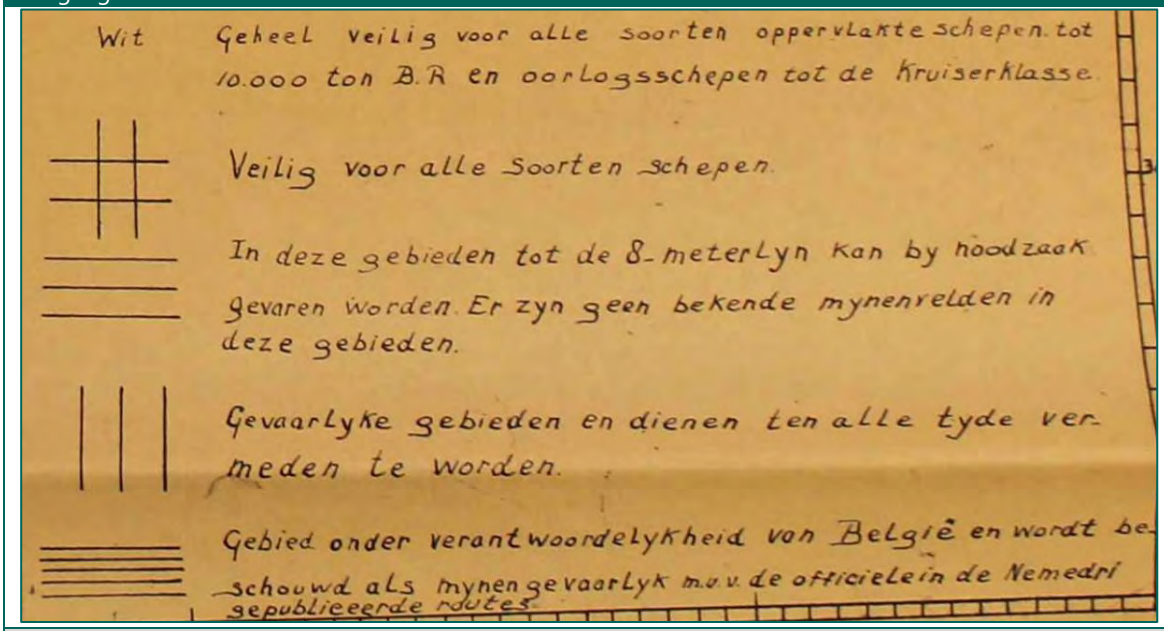
Inventaris 1882	Situatiekaarten van mijnen voor de Nederlandse kust. 1949-1950

Toegang 2.12.56: Marine na 1945





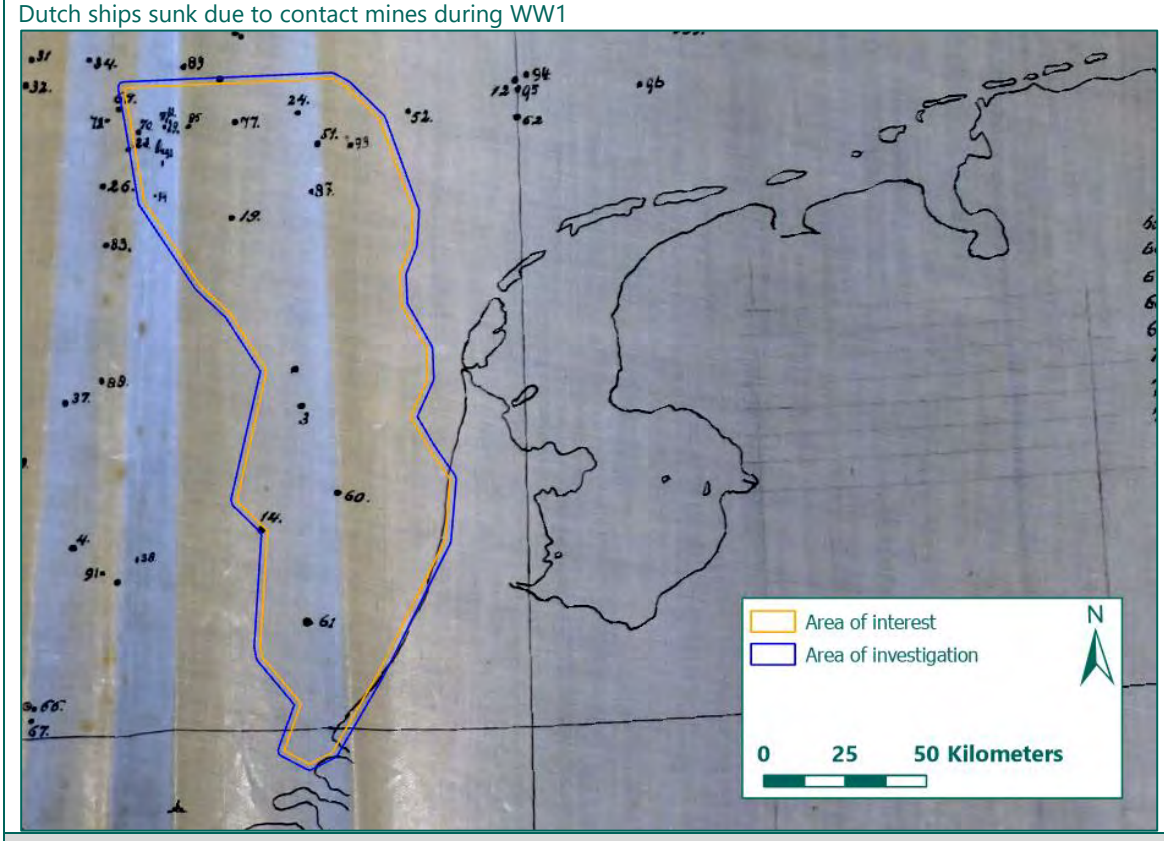
Toegang 2.12.56: Marine na 1945



Toegang 2.05.32.09 BuZa/Zeeoorlogschade

Inventaris 44	Kaart van de Noordzee met opgave van de plaatsen waar verankerde mijnen lagen, waarop Nederlandse schepen zijn gevaren in de jaren 1914-1916, op linnen, zonder datum

Dutch ships sunk due to contact mines during WW1



Nederlands Instituut voor Militaire Historie (NIMH)

The NIMH is a knowledge and research centre in the field of Dutch military history. The institute houses, amongs others, information about Dutch minefields in the North Sea. Some minefields were laid within the area of investigation.

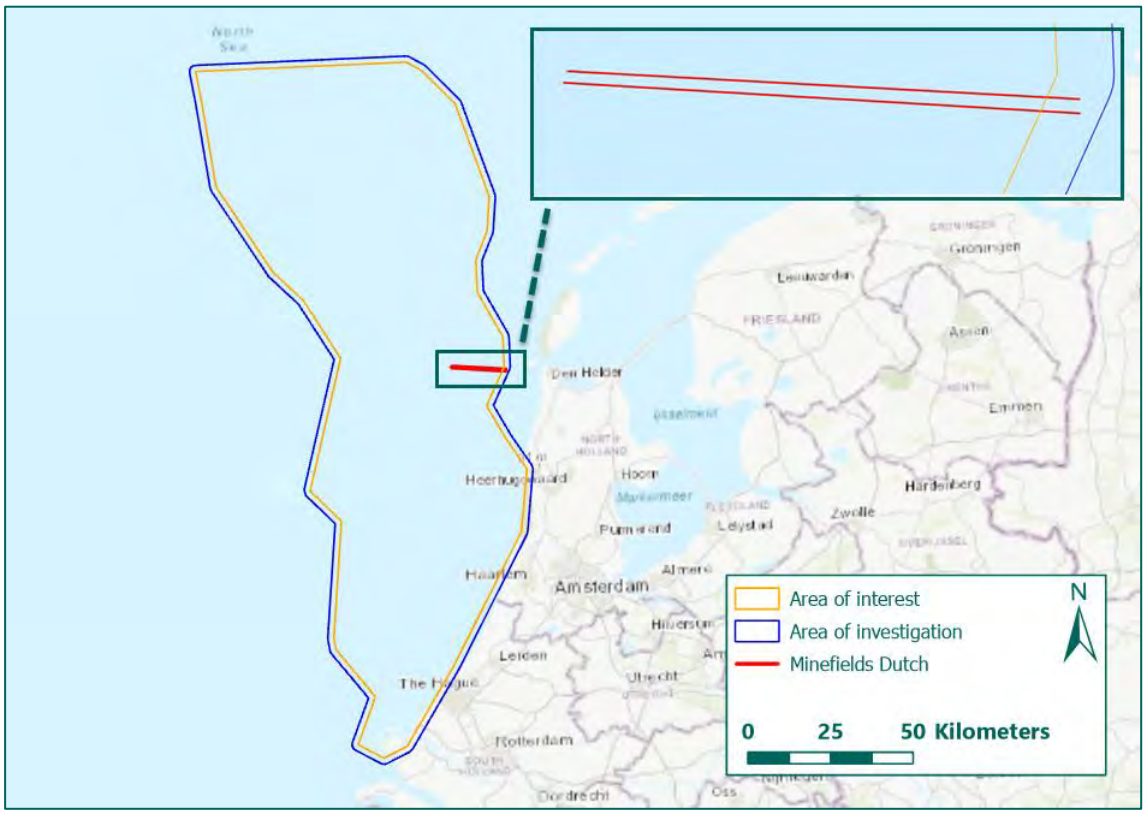
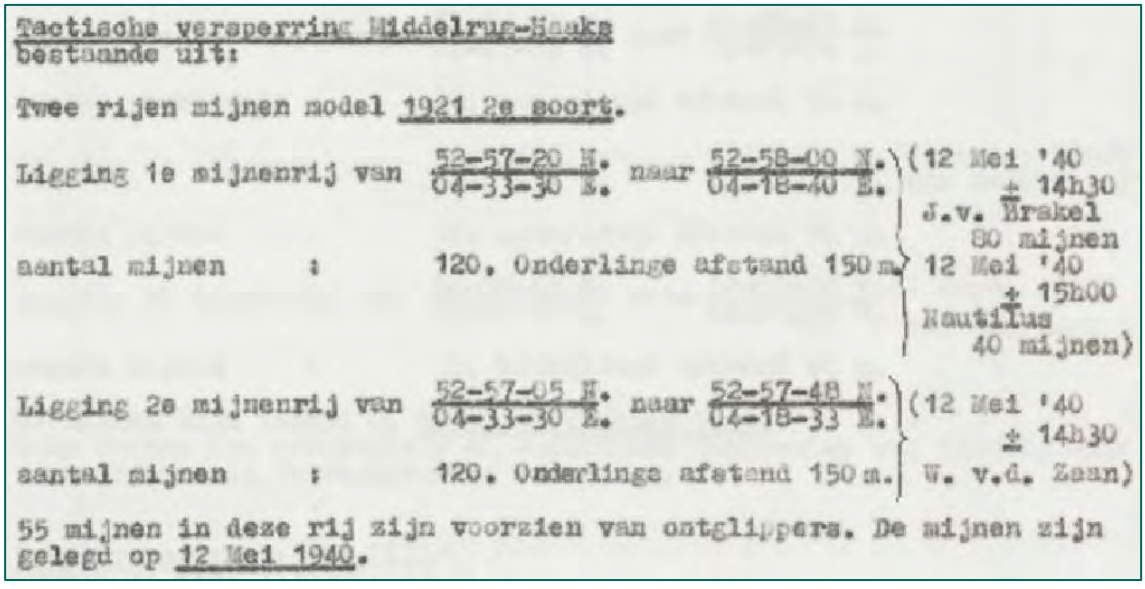


Figure 46: Dutch minefields within the Area of investigation (Source: NIMH 092).



Tactische versperring Middelrug-Haaks
bestaande uit:

Twee rijen mijnen model 1921 2e soort.

Ligging 1e mijnenrij van 52-57-20 N. 04-33-30 E. naar 52-58-00 N. 04-18-40 E. (12 Mei '40 ± 14h30 J.v. Brakel 80 mijnen

aantal mijnen : 120. Onderlinge afstand 150 m. 12 Mei '40 ± 15h00 Nautilus 40 mijnen)

Ligging 2e mijnenrij van 52-57-05 N. 04-33-30 E. naar 52-57-48 N. 04-18-33 E. (12 Mei '40 ± 14h30

aantal mijnen : 120. Onderlinge afstand 150 m. W. v.d. Zaan)

55 mijnen in deze rij zijn voorzien van ontglippers. De mijnen zijn gelegd op 12 Mei 1940.

Figure 47: information about relevant Dutch minefields (Source: NIMH 092).

Marinemuseum (Navy Museum), Den Helder

The map collection of the Marinemuseum (Navy Museum) in Den Helder has been consulted. NEMEDRI-maps were found in this collection. These maps offer information on minesweeping after the Second World War. The NEMEDRI maps show some locations some 'geveegde geulen' (shipping route in which minesweeping took place) within the area

of investigation shortly after the war. The area of investigation is consequently shown in a ubiquitous Danger Area, owing to naval mines.

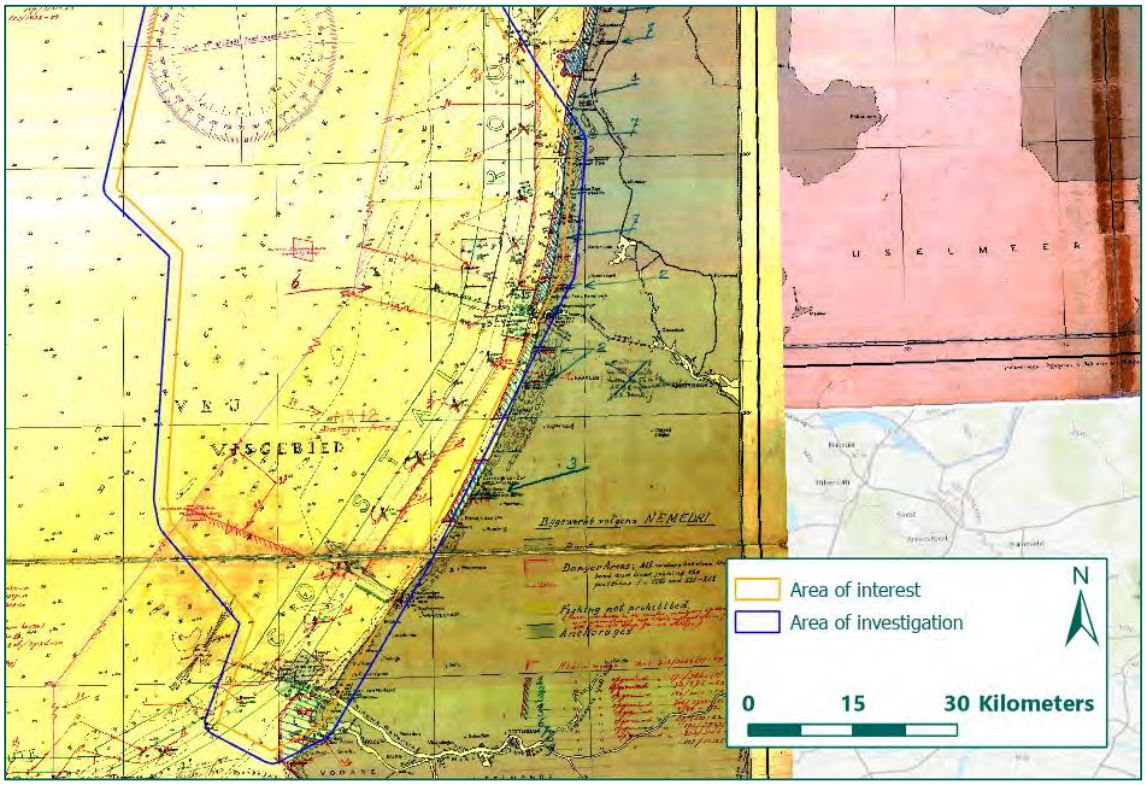


Figure 48: Map offer information on minesweeping after the Second World War (Source: Navy Museum NEMEDRI 227 West-Hinder tot Texel).

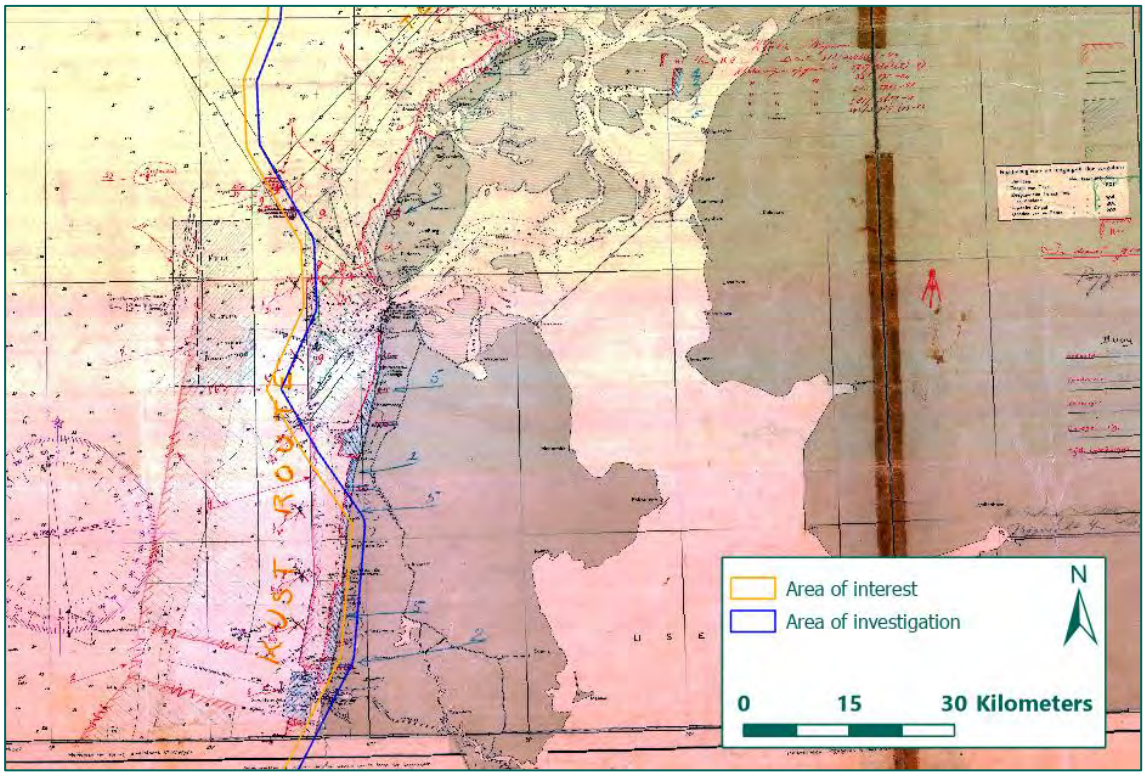


Figure 49: Map offer information on minesweeping after the Second World War (Source: Navy Museum NEMEDRI 226 IJmuiden tot de Weser).

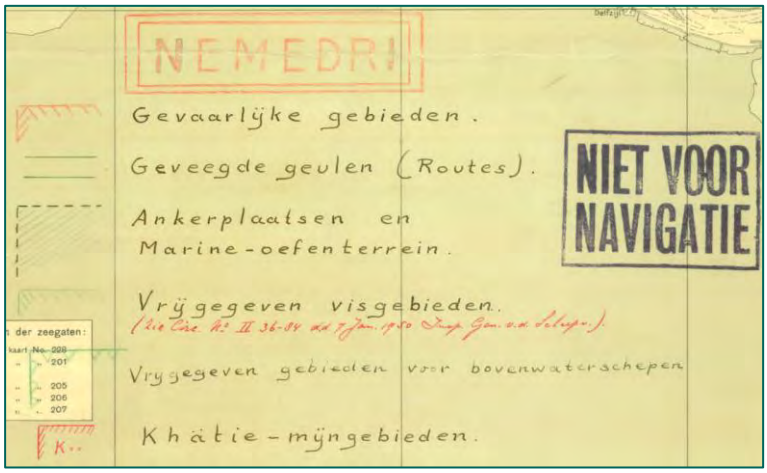


Figure 50: Legend of NEMERDI maps (Source: Navy Museum NEMEDRI 226 IJmuiden tot de Weser).

UK Hydrographic Office (UKHO)

The UK Hydrographic Office has a large amount of historical, maritime maps. This collection also includes maps showing the locations of minefields and shipping routes. These maps have been consulted.

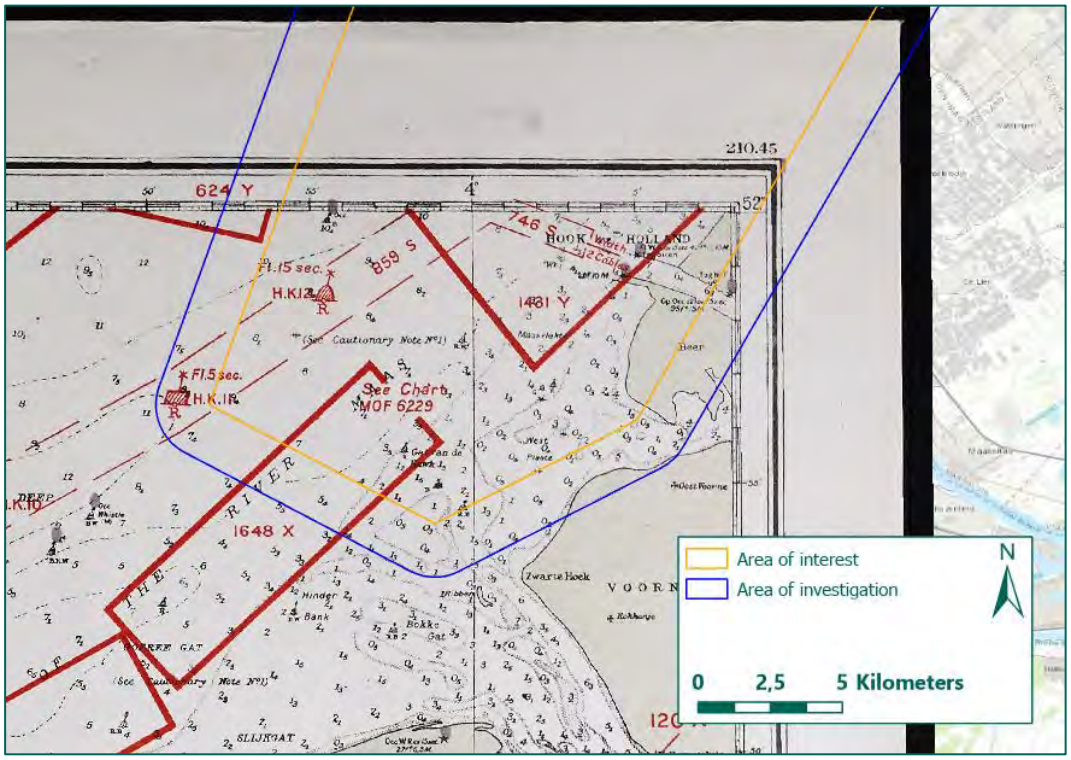


Figure 51: OCB MO F6550 Dunkerque to Hook of Holland, 1945. The red squares indicate minefields (Source: UKHO, Shelf 35).

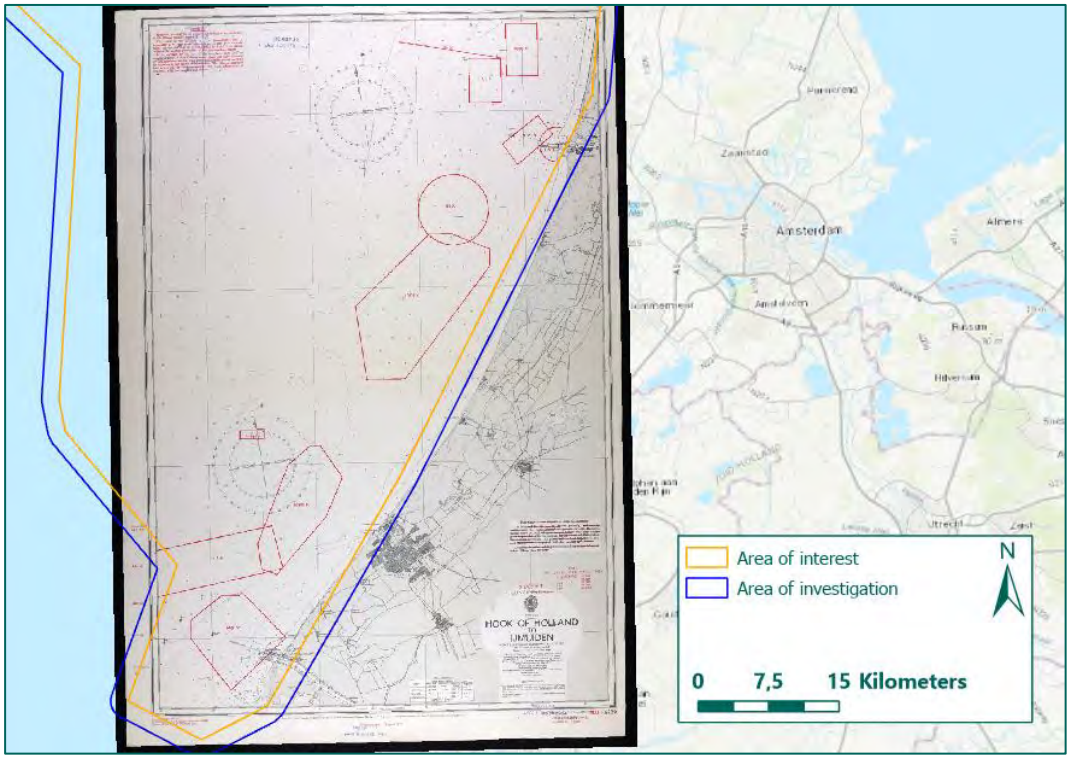


Figure 52: OCB MO F6229 Hook of Holland 1944. The red squares indicate minefields (Source: UKHO, Shelf 35).

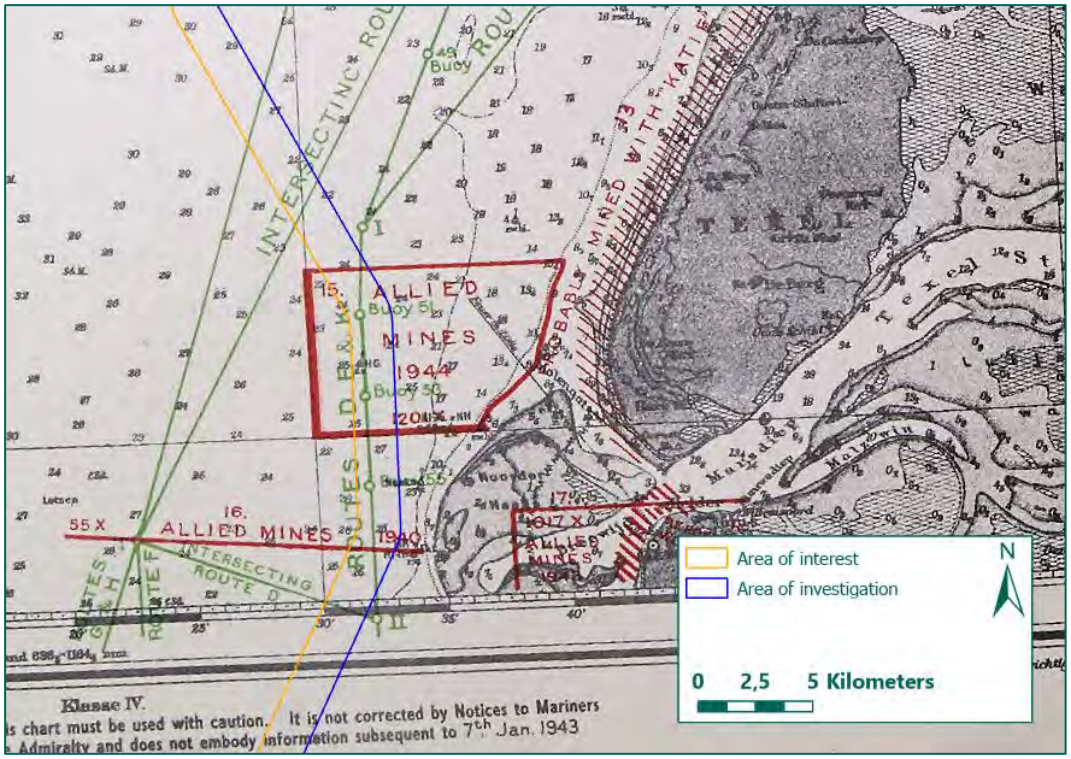


Figure 53: OCB MO 6590 Texel Bis Cuxhaven 1945. The red squares indicate minefields, green lines indicate convoy routes (Source: UKHO, Shelf 35).

Library of Congress

Library of Congress (LOC) has been consulted. Several maps about the First World War have been consulted in the LOC. Relevant maps are shown below.



Figure 54: locations of sunken ships due to submarine attacks between 1 February 1917 – 1 February 1918 (Source basemap: LOC).

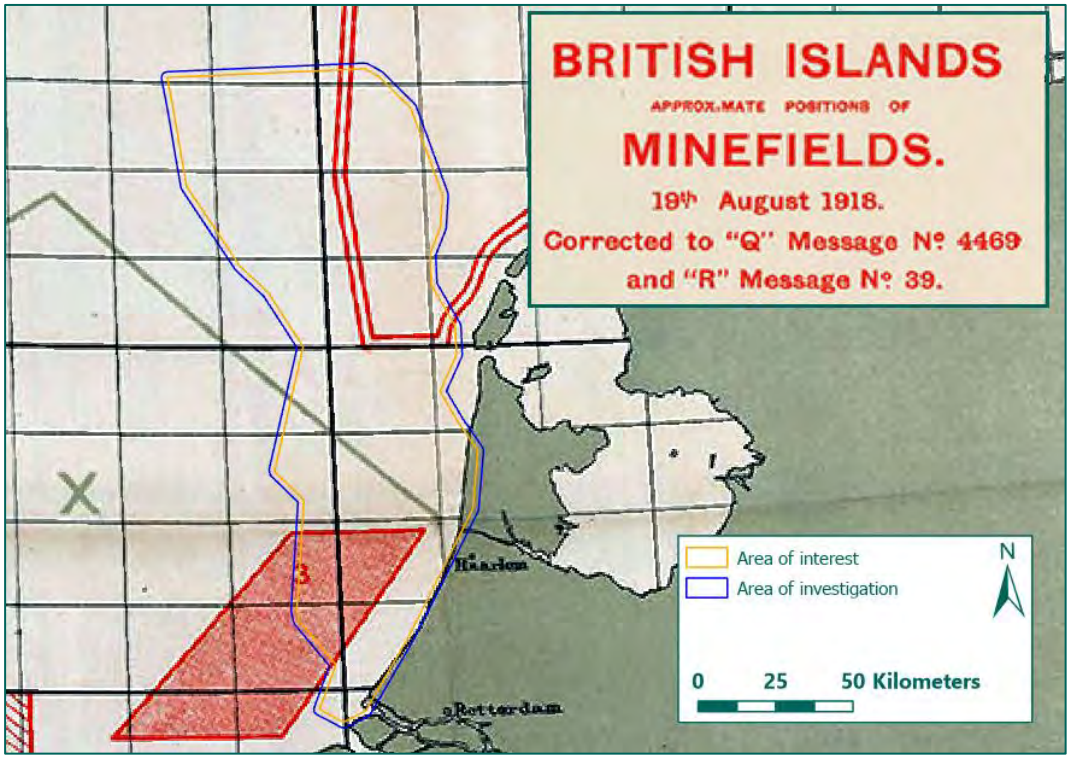


Figure 55: Minefields in the North Sea during 19 August 1918 (Source basemap: LOC).

The National Archives

The National Archives (TNA) have been consulted for more information on maritime and aerial warfare in the area of investigation. This annex contains relevant information from TNA. Information regarding maritime and aerial warfare is mentioned consecutively.

Admiralty series

The admiralty series (ADM) have been consulted for information concerning wrecks, naval combat, minefields and air strikes. Consulting these series yielded several files containing relevant information. These files are shown in the tables below.

Admiralty, and Ministry of Defence, Navy Department: Correspondence and Papers (ADM)	
ADM 1/18996	Results of British minelaying offensive.
General information about total amount of laid/dropped mines, 3rd September 1939 – 5th May 1945:	
MINES LAID IN ENEMY WATERS By Fast Minelayers and Destroyers 11,100 By M.T.Bs, M.Ls and M.G.Bs 6,450 By Submarines 3,000 By Aircraft 53,100 Total 73,650 Mines	
ADM 1/19745	Post-war mine clearance in European waters: first interim report of International Central Board. With charts, 1946-1947.
Relevant information: o Dangerous areas existing in March 1946.	

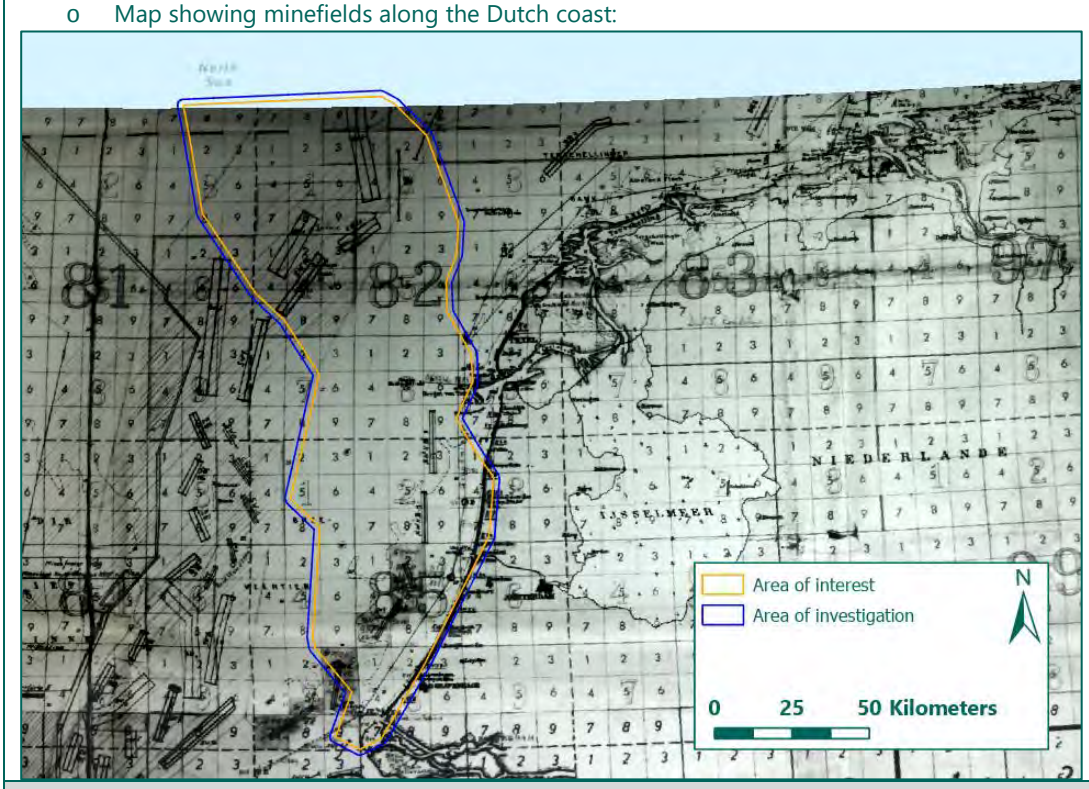
Admiralty, and Ministry of Defence, Navy Department: Correspondence and Papers (ADM)



ADM 199/154	British mining operations 1939-1945: Vol 1.

Relevant information:

- Map showing minefields along the Dutch coast:

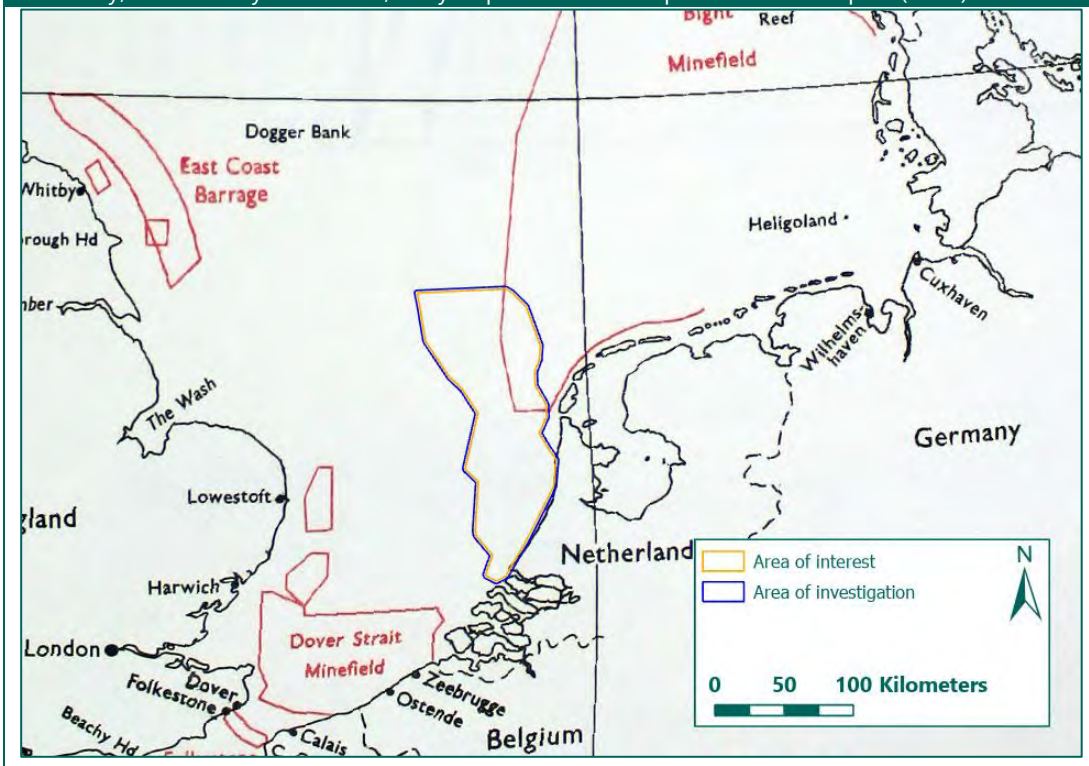


ADM 234/561	British mining operations 1939-1945: Vol 2.

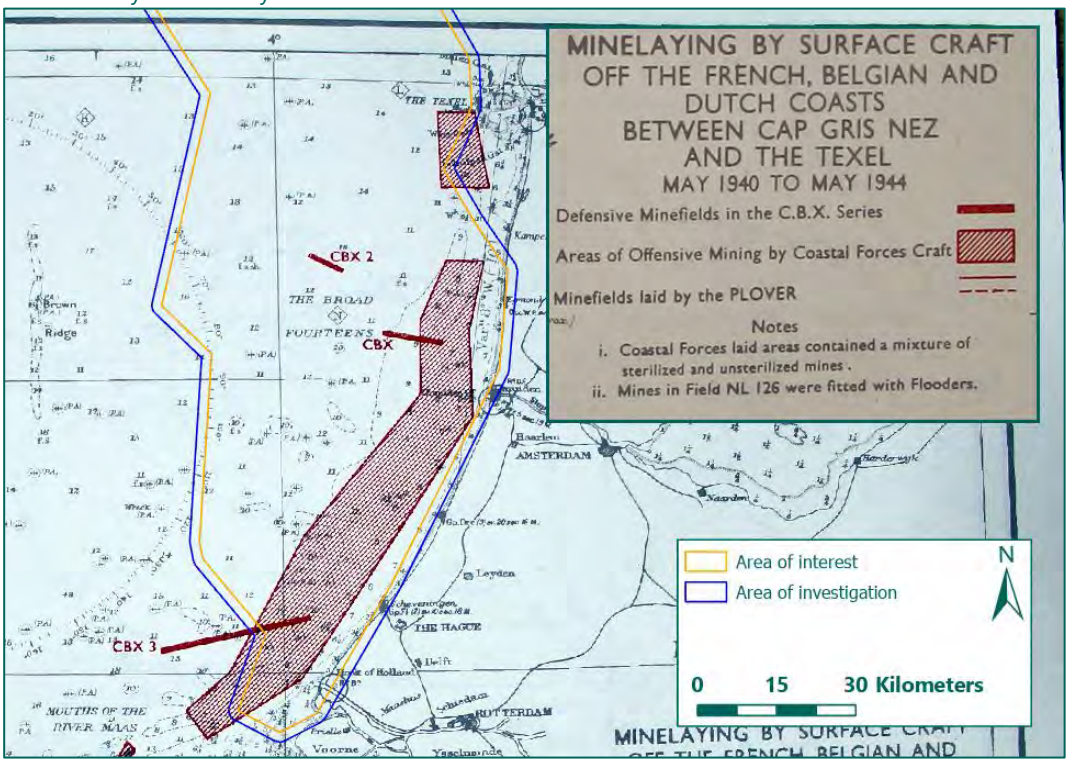
Relevant information:

- Map showing:
  British Minefields laid in the Chanel, North Sea and Kattegat 1914-1918. No minefields within area of interest.

Admiralty, and Ministry of Defence, Navy Department: Correspondence and Papers (ADM)

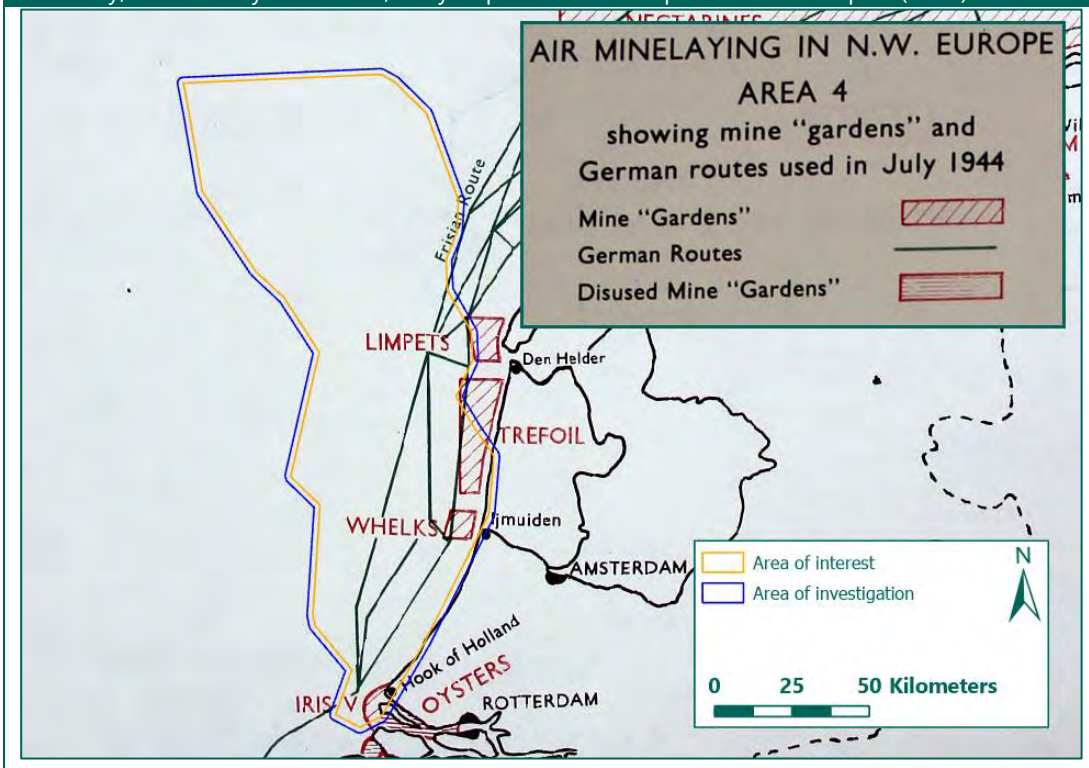


- Map showing:
  Minelaying by surface craft off the French, Belgian and Dutch Coasts between Cap Gris Nez and The Texel, May 1940 – May 1944:



- Map showing:
  Air Minelaying in NW Europe:

Admiralty, and Ministry of Defence, Navy Department: Correspondence and Papers (ADM)



In ADM 234-560 it is stated that mines were laid within the Minefields limpets, Trefoil, Whelks, Iris V and Oyster:

AREA 4

ANALYSIS OF OPERATIONS

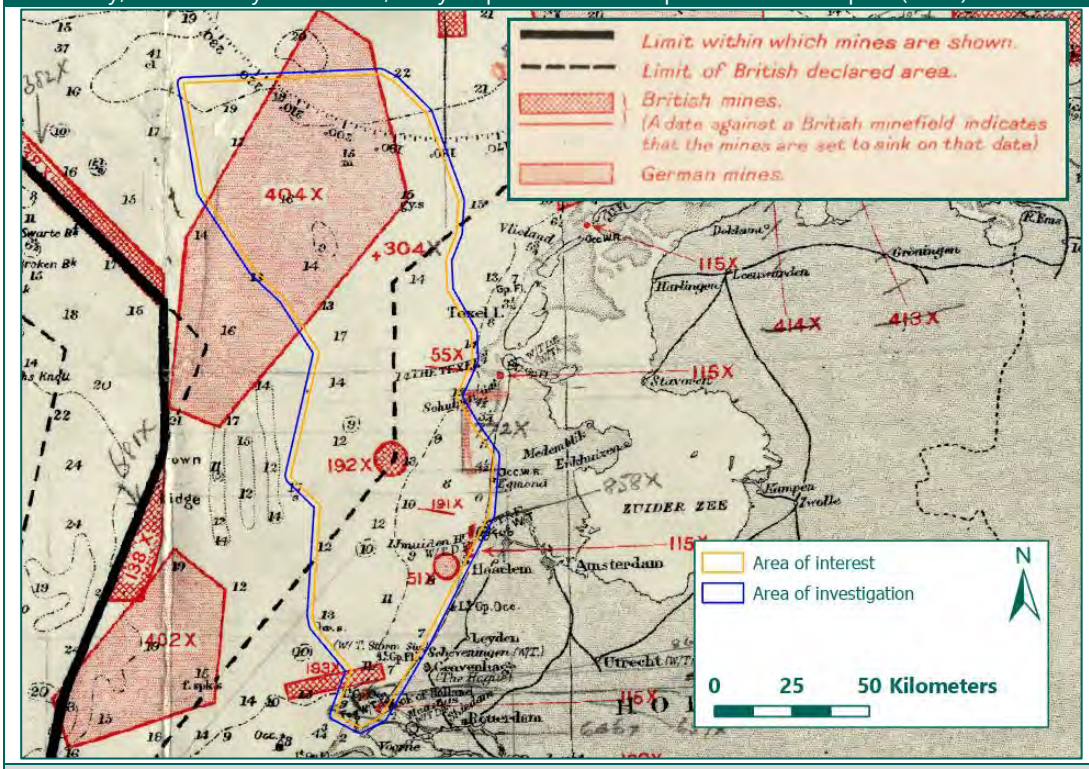
		DANISH COAST Hawthorn Rosemary	ELBE & WESER Eglantine Yams	GERMAN COAST & FRISIAN Is. Xeranthemum Zinnia Mussels Nectarine	DUTCH WEST COAST Limpets Whelks Trefoil	HOOK OF HOLLAND Oysters Iris V	SCHELDT Newts Juniper Iris II Flounders	ALL AREAS
1940	Mines	-	139	127	45	60	70	441
	Casualties	-	8	10	10	7	5	40
	Ratio	-	1:17	1:13	1:4.5	1:8.5	1:14	1:11
1941	Mines	37	116	268	-	2	-	423
	Casualties	1	11	18	4	2	-	36
	Ratio	1:37	1:10.5	1:15	∞	1:1	-	1:11.7
1942	Mines	698	133	3,921	170	-	-	4,922
	Casualties	18	10	67	4	-	-	99
	Ratio	1:39	1:13	1:58	1:42	-	-	1:49.5
1943	Mines	156	63	6,288	372	-	-	6,879
	Casualties	12	4	32	-	-	-	48
	Ratio	1:13	1:16	1:197	∞	-	-	1:143
1944	Mines	1,800	150	1,468	491	88	252	4,249
	Casualties	53	11	19	8	5	8	104
	Ratio	1:34	1:13.6	1:77	1:61	1:18	1:31	1:41
1945	Mines	296	361	-	-	-	-	657
	Casualties	1	14	-	2	-	-	17
	Ratio	1:296	1:26	-	∞	-	-	1:39
OVERALL	Mines	2,987	962	12,072	1,078	150	322	17,571
	Casualties	85	58	146	28	14	13	344
	Ratio	1:35	1:16.6	1:83	1:38.5	1:10.7	1:25	1:51

ADM 239/304	North Sea: chart 736 showing position of British and German minefields.

Relevant information:

- British map showing German and British minefields. There are two German minefields within the area of interest:

Admiralty, and Ministry of Defence, Navy Department: Correspondence and Papers (ADM)

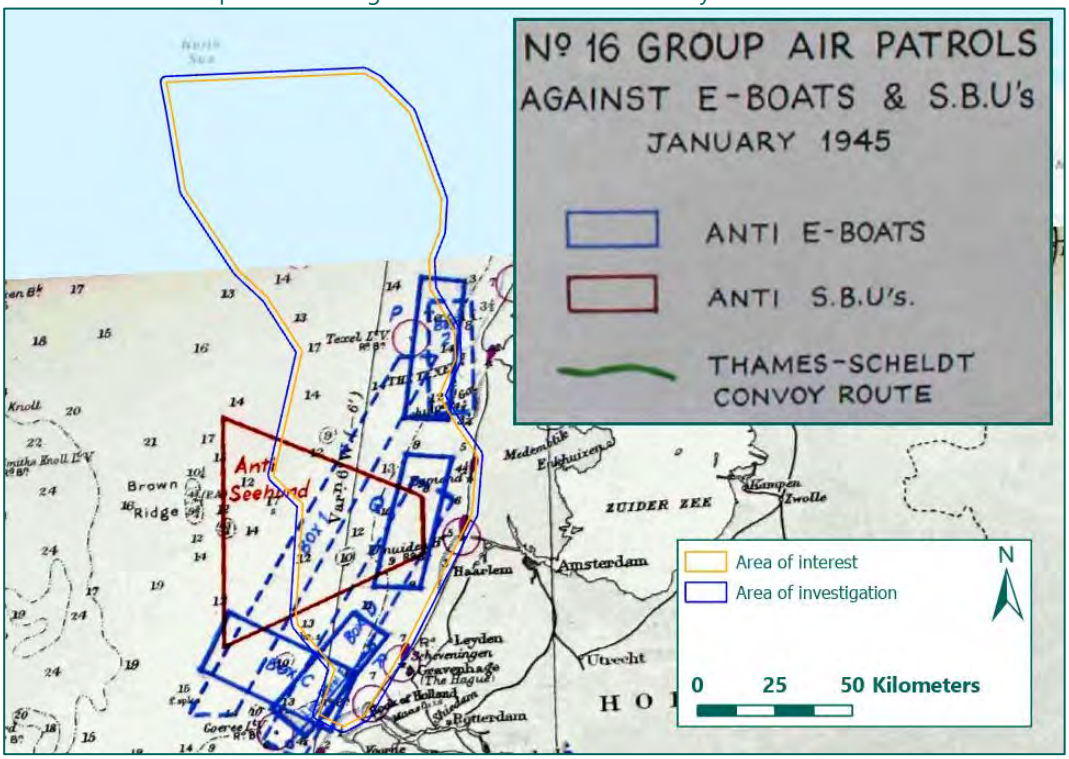


Cabinet and its committees (CAB)

Cabinet and its committees (CAB)	
CAB 101/324	Air Offensive Against Enemy Shipping and Bomber Command Minelaying Operations, 1 September 1944 - 5 May 1945

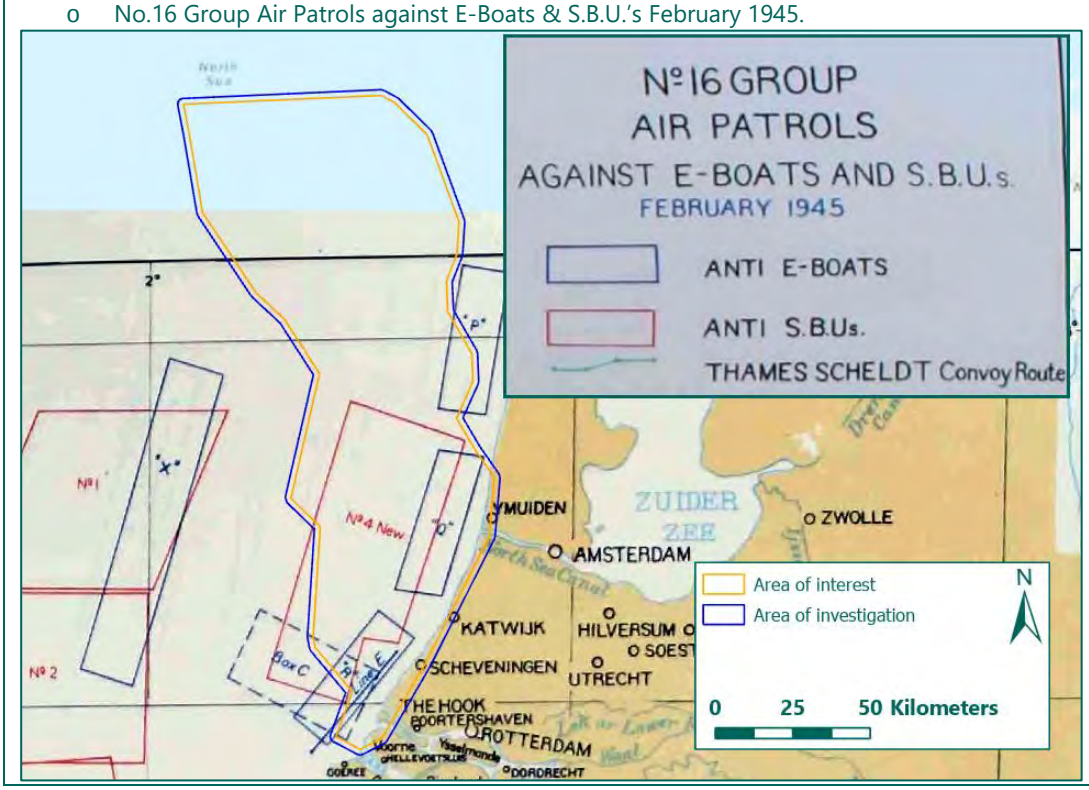
Relevant information:

- No.16 Group Air Patrols against E-Boats & S.B.U.'s January 1945.



Relevant information:

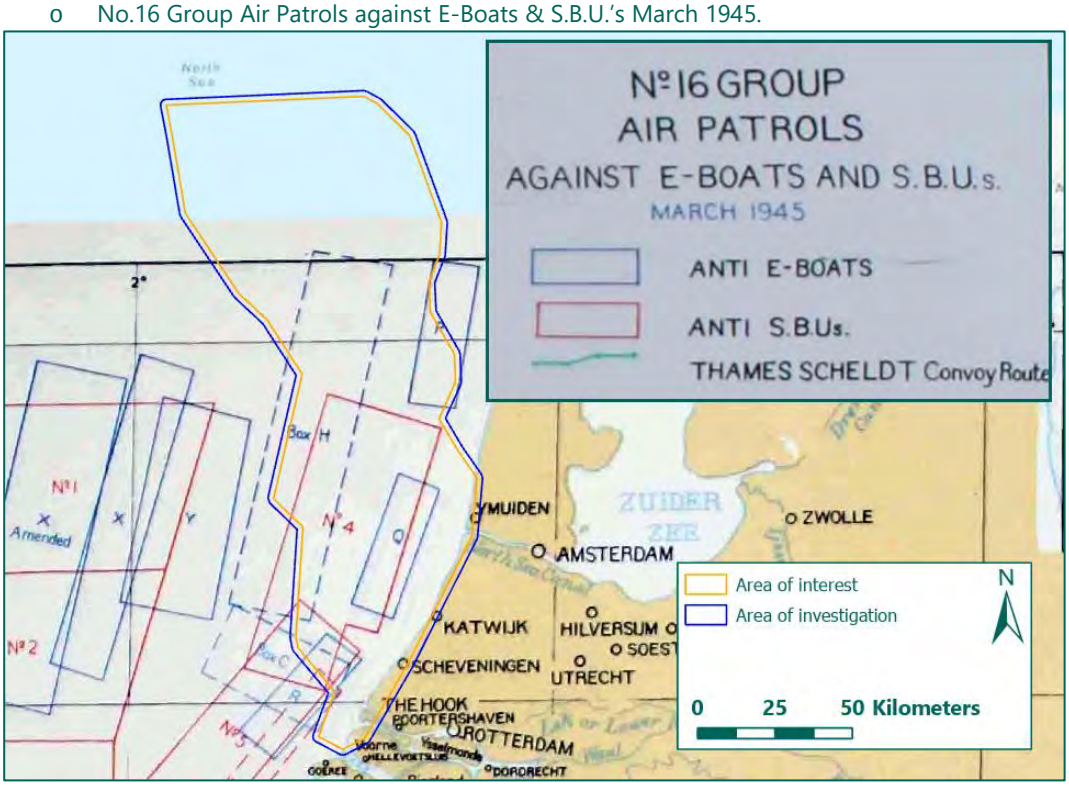
- No.16 Group Air Patrols against E-Boats & S.B.U.'s February 1945.



Cabinet and its committees (CAB)

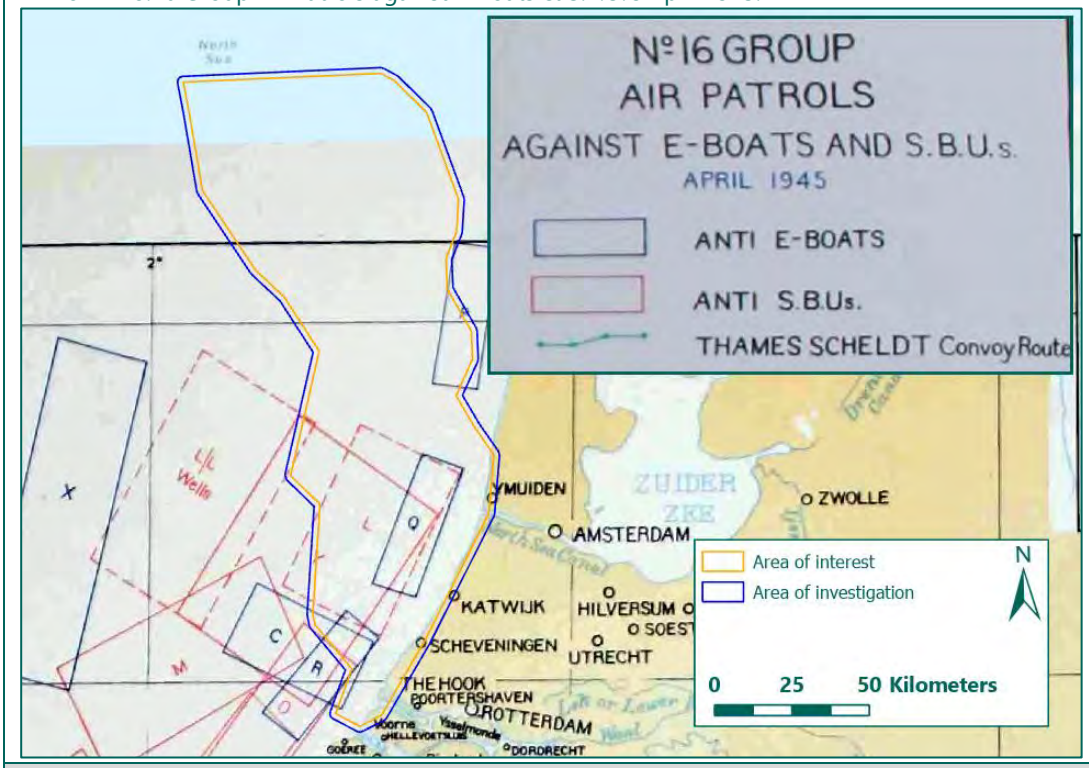
Relevant information:

- No.16 Group Air Patrols against E-Boats & S.B.U.'s March 1945.



Relevant information:

- No.16 Group Air Patrols against E-Boats & S.B.U.'s April 1945.



Air Ministry series

The Air Ministry series (AIR) contain information on aerial warfare during the Second World War. The Operations Record Books (ORBs) of units that operated in or near the area of investigation have been consulted:

- Headquarters Coastal Command, 1940-1945 (AIR 24/372 t/m AIR 24/427)
- 16 Group Coastal Command, 1940-1945 (AIR 25/313 t/m AIR 25/374)
- Headquarters Bomber Command, 1940-1945 (AIR 24/217 t/m AIR 24/319)
- Intelligence on USAAF missions (AIR 40)

16 Group Coastal Command patrolled the North Sea, attacking German shipping and conducting rescue operations. ORBs from this unit contain locations of air strikes, jettisoning, aircraft wreckages and Anti-Aircraft Artillery (AAA). Until halfway through 1942 the locations were noted in Coastal Command cypher which has only partially been decrypted by REASeuro. From 1942 onwards the ORBs mention locations in coordinates, based on decimal degrees. One must take into account that Coastal Command operated during the night as well, severely hampering navigational accuracy. When possible, war related events mentioned in the Coastal Command records have been coupled with records from the German point of view, resulting in more accurate positioning based on multiple sources.

Bomber Command, Coastal Command's famous land-based counterpart, was also active against German shipping during the first years of the war. Besides intentional bombing, Bomber Command aircraft also jettisoned bombs when in trouble. The jettisoning preferably took place over sea, since this dramatically reduced the chance of collateral damage.

In the figure below the attacks, jettisons, crashes and relevant observations from Bomber Command and Coastal Command are shown. Each feature refers to a passage of a primary source.

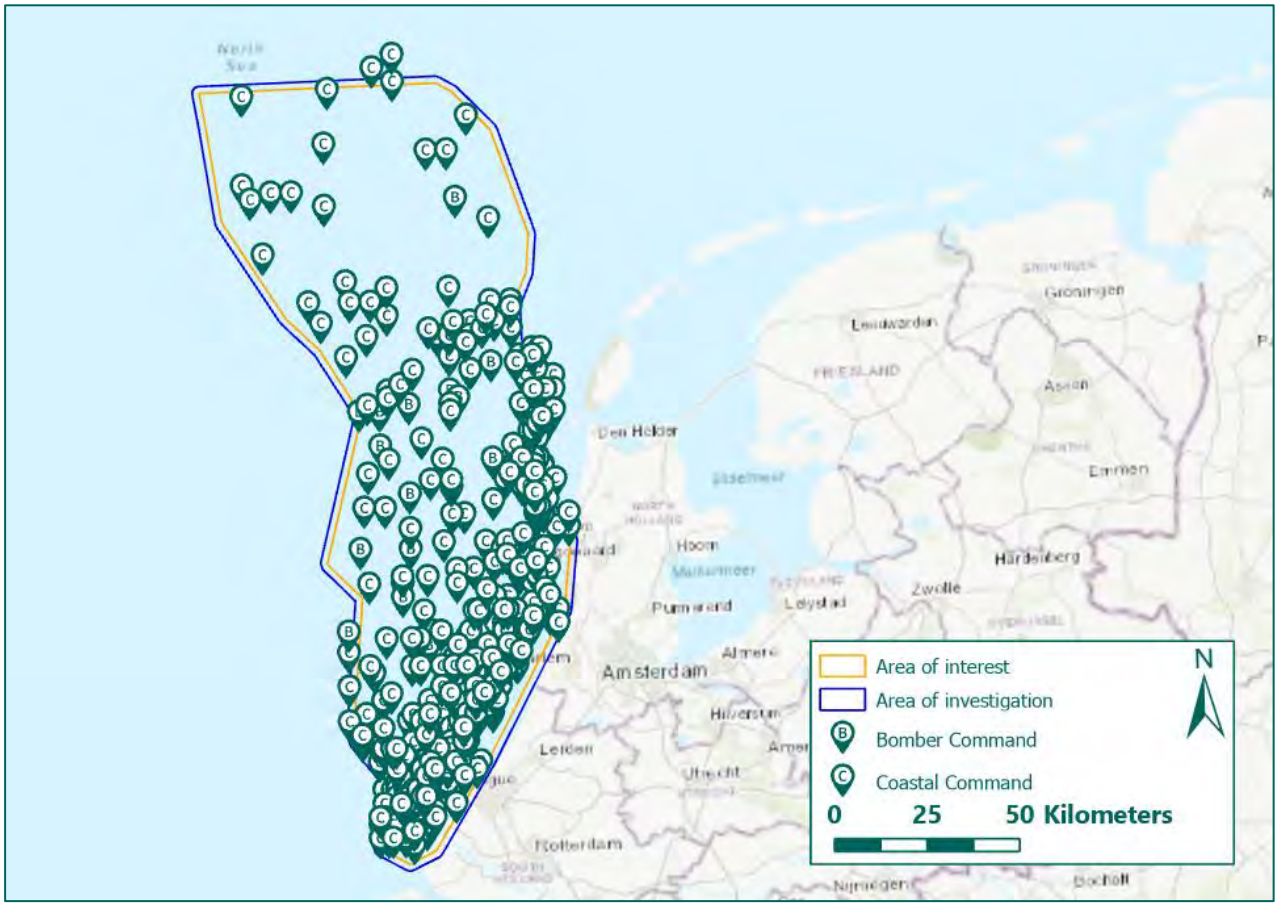


Figure 56: Locations of attacks, jettisons, crashes and relevant observations from Bomber Command and Coastal Command (Source basemap: ESRI).

The North Sea theatre of war saw also action of fighter planes of Fighter Command and 2nd Tactical Air Force (2TAF). Fighter Command patrolled the sea in order to intercept German planes heading for Britain and escorted bombers. From 1944 onward Fighter Command was involved in the war against the German V1 and V2 weapons. 2TAF mainly supported the ground forces by carrying out attacks on tactical ground targets, but also enemy shipping near the shores was attacked. No locations have been found of Fighter Command's and 2TAF's attacks within the area of interest.

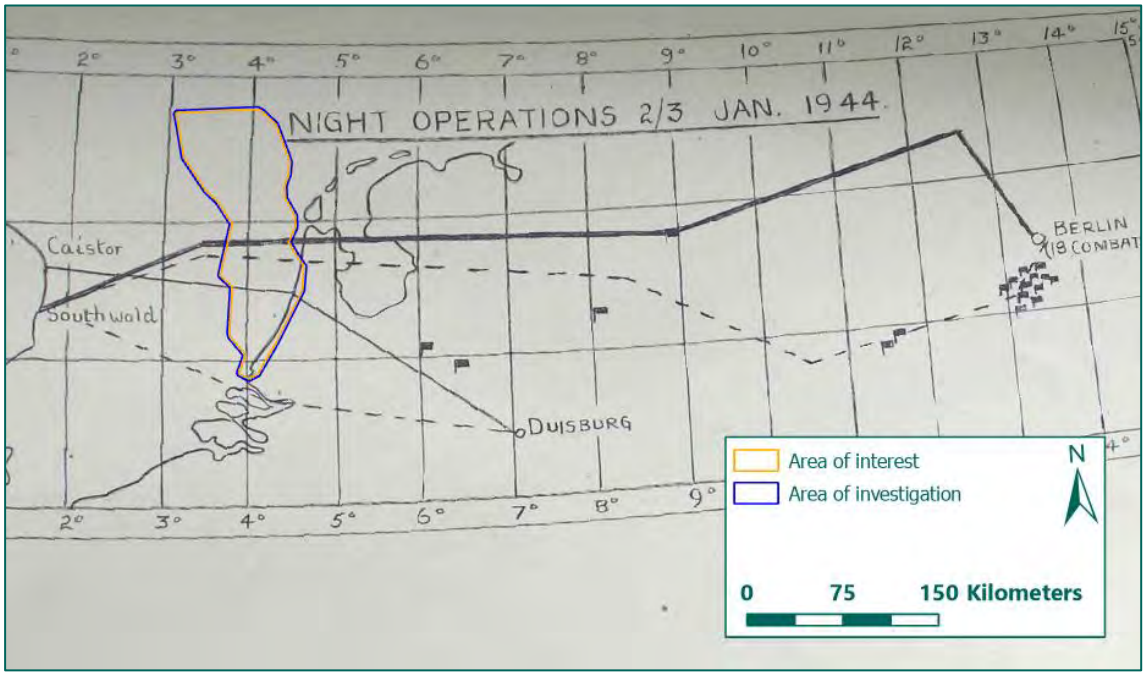


Figure 57: Example of a flight path over the area of investigation of bombers from Bomber Command, 2/3 January 1944 (Source, TNA, AIR 24/264).

Remark on jettisoning and flight paths

Related to the air war are jettisoning of bombs and the numerous flight paths of incoming and outgoing bombers above the North Sea. During bombing raids, allied bombers followed certain routes towards their target and backwards to base. In case of emergency or to avoid landing with the bomb load, the bombs were often released above the North Sea. The figure underneath is a document from The National Archives (AIR 14/110 Disposal of bombs not dropped on allotted targets) that describes what to with the remaining bomb load. It is stated that a captain could decide where ever the bombs are dropped, as long as they are dropped in safe condition. Despite this document, the logs of Coastal and Bomber Command prove that bombs were also jettisoned in live condition.

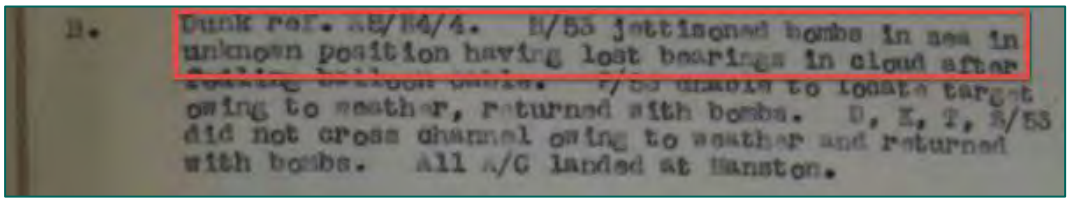


Figure 1: Blenheim Bomber jettisoned its bombs at an unknown position in the Northsea (Bron: TNA, AIR 24/375).

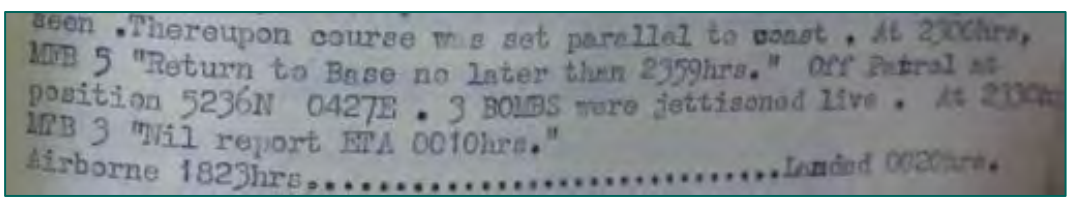


Figure 58: Example of a live jettison within the area of investigation, night 12/13 October 1944. (Source: TNA, AIR 25/367).

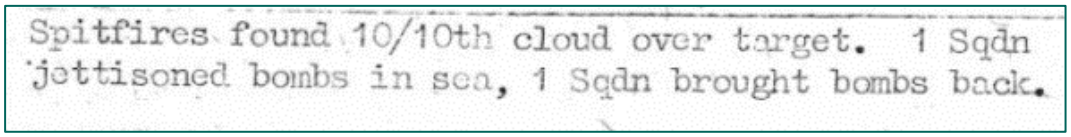

Spitfires found 10/10th cloud over target. 1 Sqdn jettisoned bombs in sea, 1 Sqdn brought bombs back.

Figure 2: A Squadron of Spitfires jettison their bombs in sea after being unable to locate the assigned target (Bron: TNA, AIR 37/713).

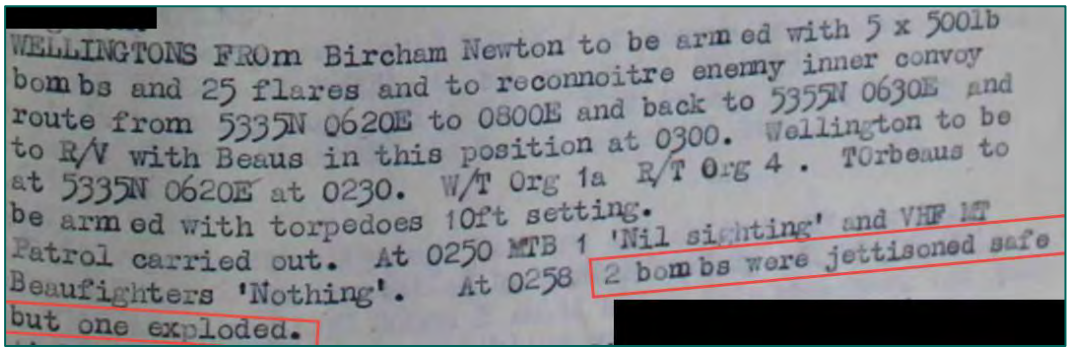
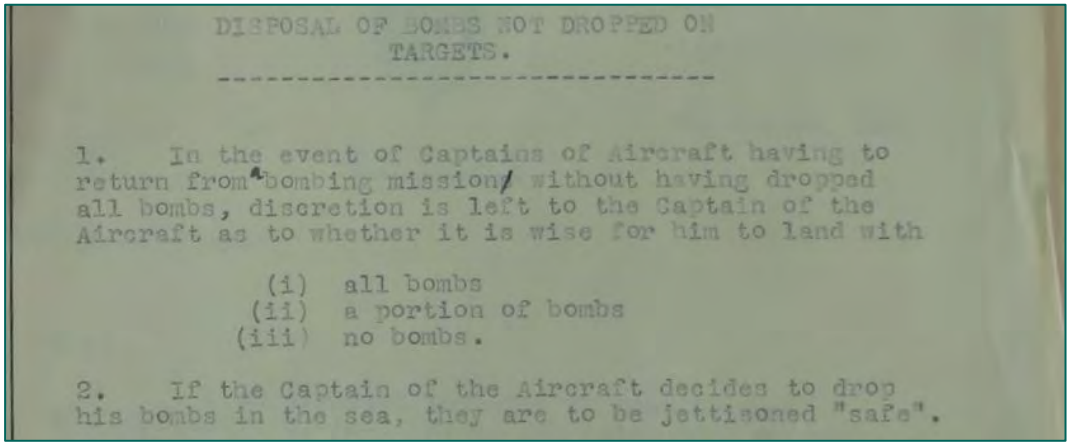

WELLINGTONS FROm Bircham Newton to be armed with 5 x 500lb bombs and 25 flares and to reconnoitre enemy inner convoy route from 5335N 0620E to 0800E and back to 5355N 0630E and to R/V with Beaus in this position at 0300. Wellington to be at 5335N 0620E at 0230. W/T Org 1a R/T Org 4. TOrbeaus to be armed with torpedoes 10ft setting.
Patrol carried out. At 0250 MTB 1 'Nil sighting' and VHF RT Beaufighters 'Nothing'. At 0258 2 bombs were jettisoned safe but one exploded.

Figure 3: Wellington bombers jettisoned two bombs at an undisclosed location at sea. Although the bombs are jettisoned "safe", one exploded (Bron: TNA, AIR25/363).


DISPOSAL OF BOMBS NOT DROPPED ON TARGETS.

1. In the event of Captains of Aircraft having to return from bombing mission/ without having dropped all bombs, discretion is left to the Captain of the Aircraft as to whether it is wise for him to land with

(i) all bombs
(ii) a portion of bombs
(iii) no bombs.

2. If the Captain of the Aircraft decides to drop his bombs in the sea, they are to be jettisoned "safe".

Figure 4: Extract from AIR 14/110 (Disposal of bombs not dropped on allotted targets) (Source: TNA).

Coastal guns

Coastal guns were traditionally used in strongpoints that had to defend harbours from enemy ships. Shortly before the beginning of World War II, more modern batteries were installed on the Dutch Coast. After the German Occupation the amount of Coastal Guns grew in order to strengthen the *Atlantikwall*. It is known that Coastal guns were active in the area of investigation. In the TNA a photograph showing an explosion of a shell from land battery was consulted. The photograph was dated 4 May 1942 and located at 52 36N, 04 22E (within the area of investigation).



Figure 59: Strike photo showing the impact of a shell, fired by a German coastal battery. 4 May 1942. (Source: TNA, AIR 28/595).

National Archives and Records Administration (NARA)

The following Record Groups have been consulted in the NARA:

- Record Group 18: Mission Reports.
  The mission reports contain detailed information on allied bombing raids, including height, air speed and the deployed munitions.
- Record Group 342: Records of U.S. Air Force Commands, Activities, and Organizations
  Record Group 342 contains additional details not mentioned in Record Group 18.

These Record Groups show several attacks by the USAAF on targets along the Dutch Coast. It is known that these aircraft operated above the area of investigation. No specific targets within the area of investigation were mentioned. It is possible that due to technical or navigational failures war related events took place within the area in investigation. In the figure below an example of a flight path over the area of investigation is shown.

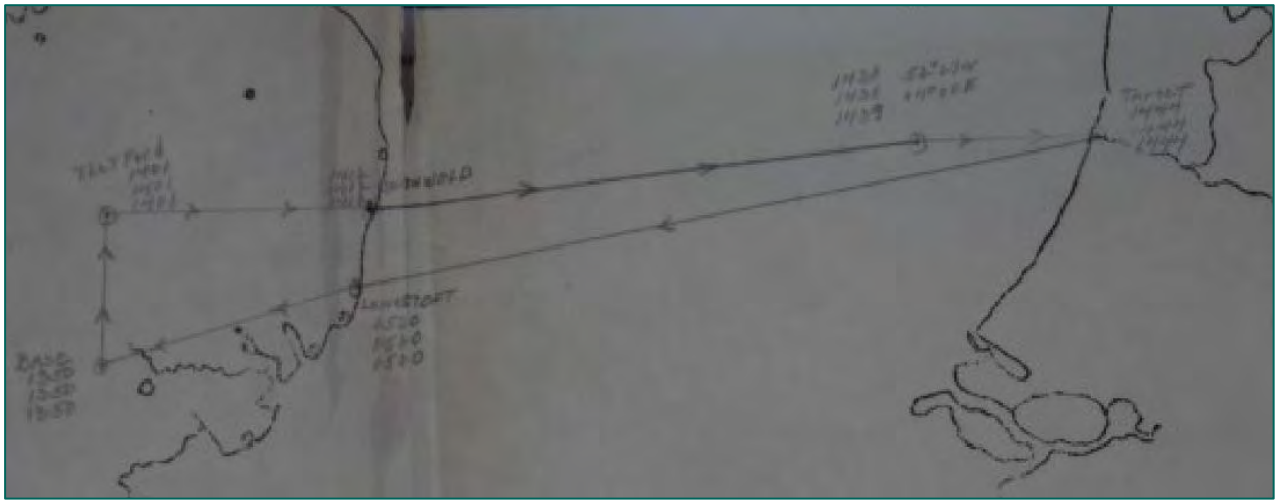


Figure 60: The flightpath of aircraft of USAAF on 26 March 1944 (Source: NARA Box RG18, Box 1388).

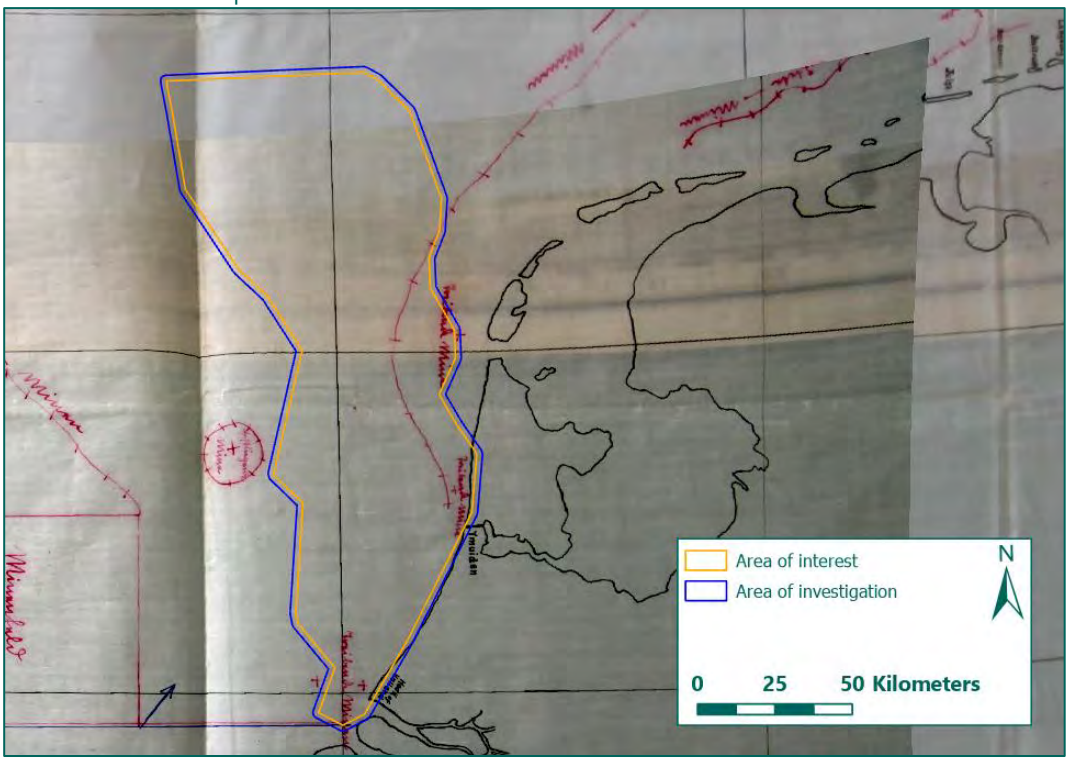
No further files have been consulted with regards of the area of investigation. Consulting these sources is outside the scope of this research.

Bundesarchiv-Militärarchiv (BAMA)

The German military archives have been consulted in the BAMA in Freiburg. This archive contains the documents from the German military in the Second World War. The following record groups have been consulted by REASeuro to gain more information about the German perspective of naval warfare in the area of investigation:

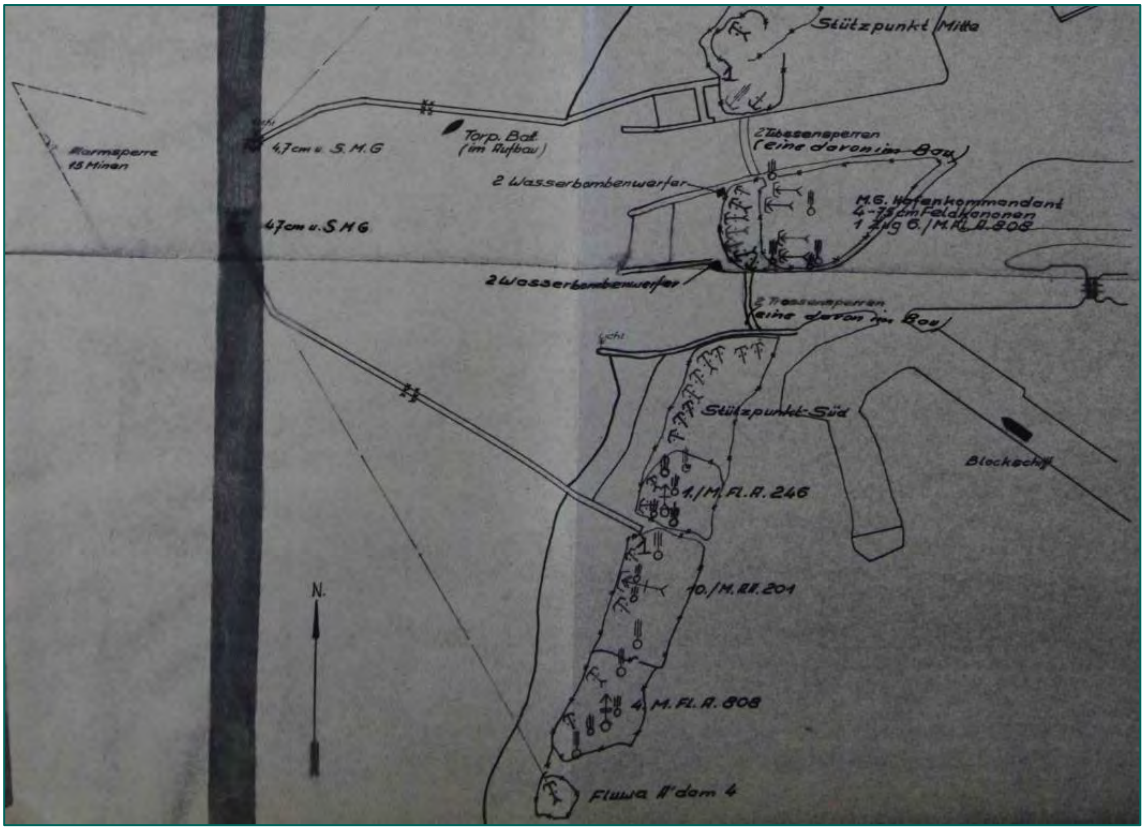
- RM 5: Admiralstab der Marine / Seekriegsleitung der Kaiserlichen Marine.
- ZA 5: Deutscher Minenräumdienst (German Minesweeping Administration).

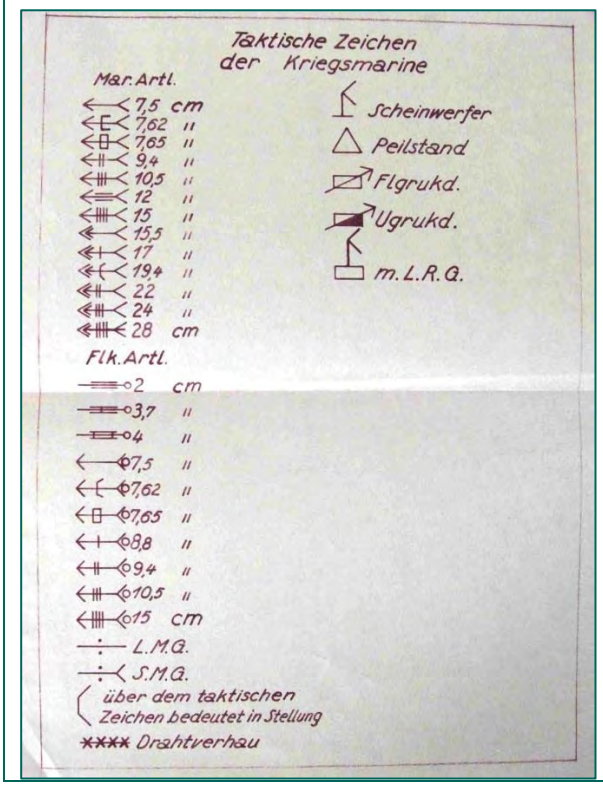
The following documents have been found relevant for the area of investigation:

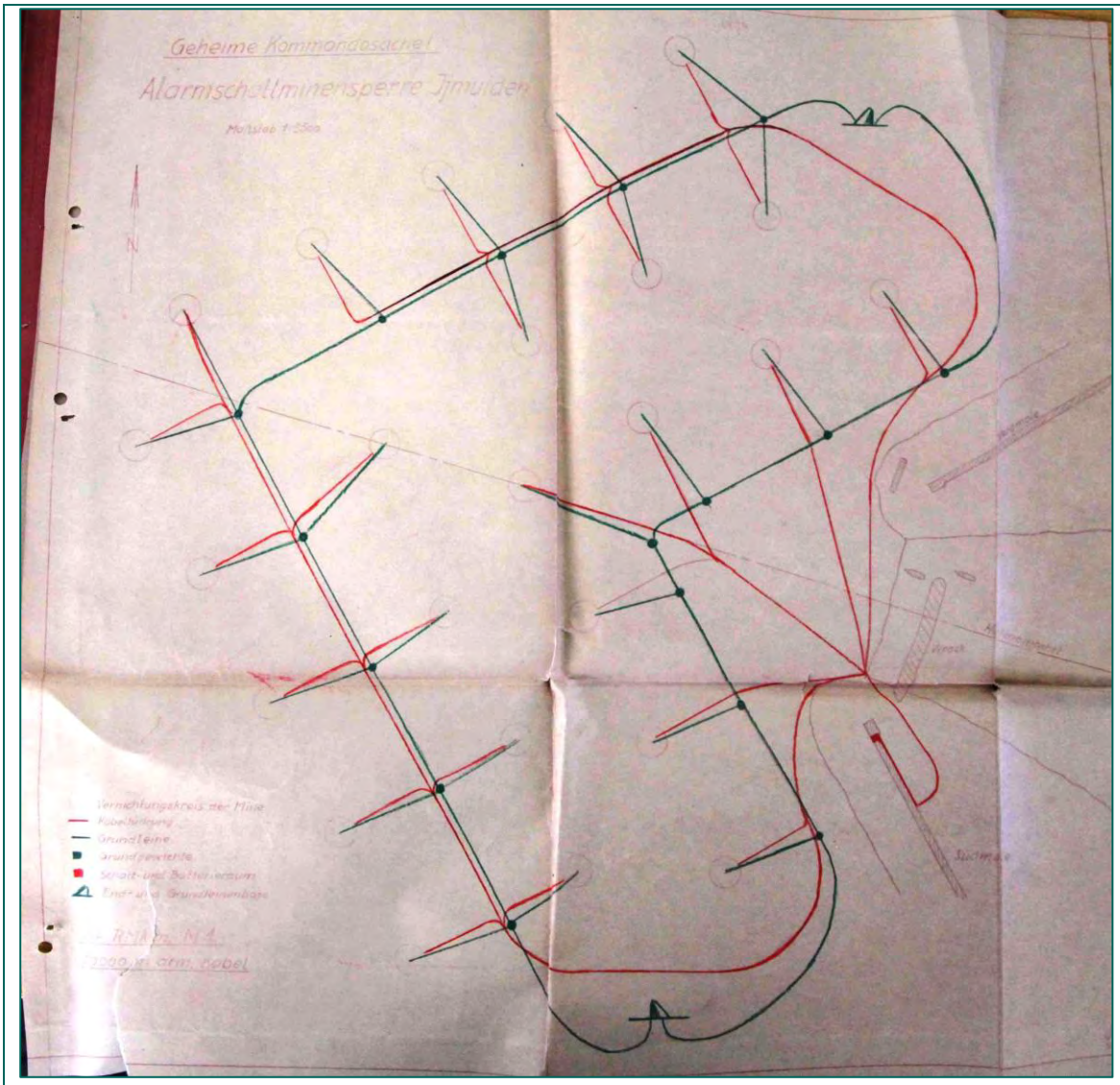
RM 5: Admiralstab der Marine / Seekriegsleitung der Kaiserlichen Marine.	
The Admiralty of the Imperial Navy was the highest level of command of the German Navy during the First World War. Record Group RM5 contains documents from the admiralty. The following documents are considered relevant for the area of investigation.	
RM 5/4721K	Kommando der Hochseestreitkräfte: "Zusammenstellung der bisher bekannten Minensperren und minenverdächtigen Gebiete". Druck, 3.3.1915
Map showing known and suspected allied minefields, situation March 1915. The area of interest has no overlap with an area which was suspected to be mined.	
	
Within the area of investigation the map shows 'Treibende Minen' (Contact mines).	

RM 35-I: Marinegruppenkommando Ost – Nord der Kriegsmarine.	
The *Marinegruppenkommando Ost – Nord* operated as the commander of the units that had to secure the East and North Sea.	
RM 35-I/277	Minenlage Nord (M.L.N.) 1. Mai 1942 - 1. Okt. 1943

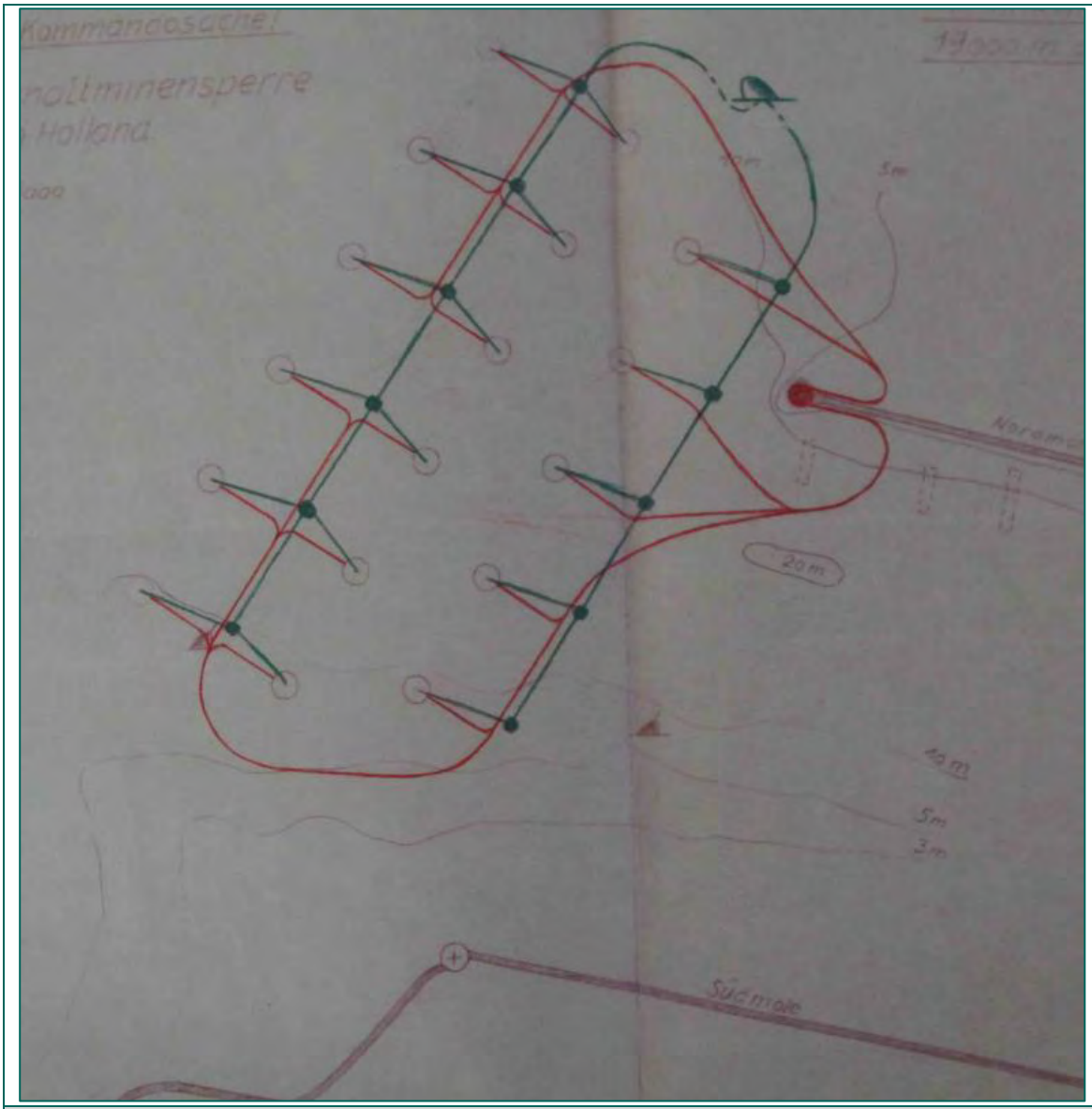
Map showing the defences of IJmuiden harbour. A warning minefield is situated in front of the port entrance. The minefield consisted of 24 RMA magnetic ground mines. The mines had a remote controlled detonator and each mine was coupled to a device on land. This gave the German defender the option to turn the mines on and off.



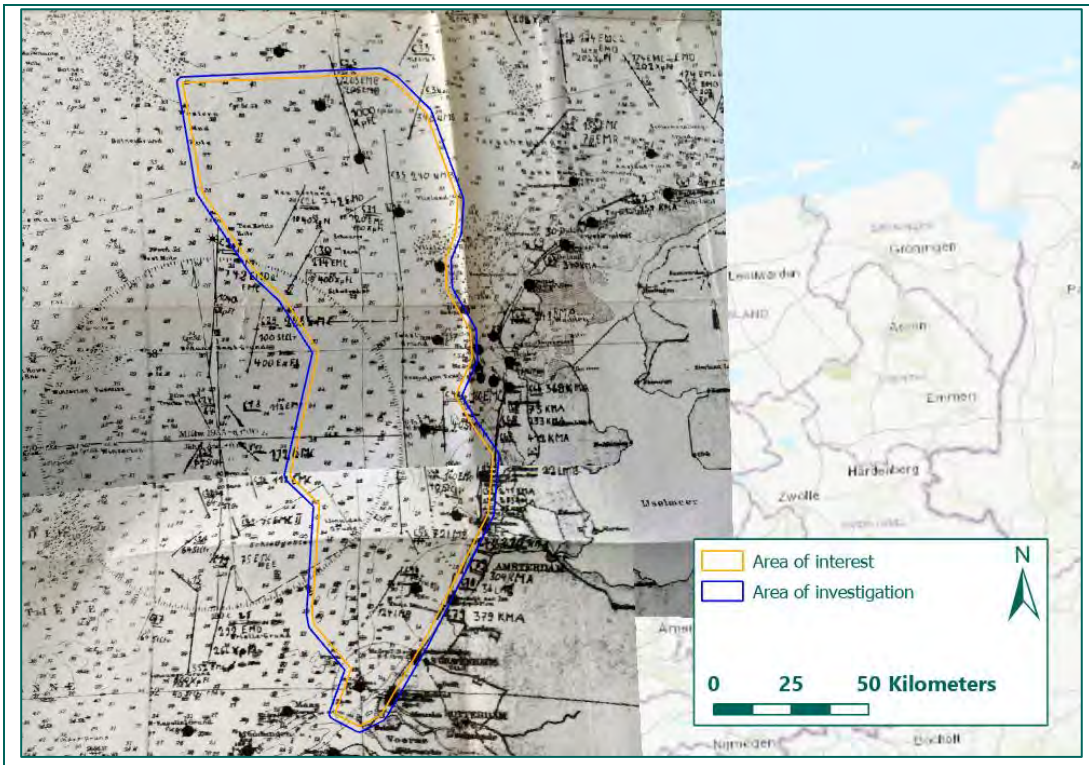




Map showing a minefield consisted of 17 RMA magnetic ground mines at the Hoek van Holland.



ZA 5 Deutscher Minenräumdienst (German Minesweeping Administration)	
The German Minesweeping Administration was responsible for post-war mine clearance of German waters. This administration also summarized and mapped all German minefields laid during the Second World War.	
ZA 5/27	Im Kriege geworfene Minensperren in der Ost- und Nordsee etc.
Naval chart showing numbered German minefields. Multiple minefields are present in the area of interest. For a more detailed map, see ZA 5/47.	



A large amount of minefields were present in the area of investigation:

- C25
- C26
- C27
- C29
- C30
- C31
- C35
- C36
- C44
- C45
- C46
- C47
- C48
- C67
- C69
- C70
- C71
- C72
- C73
- C78
- C79
- E25
- E26
- E38
- E41
- E42
- E43
- E44
- E45
- E46
- E47

ZA 5/44 | Chart B: The North Sea – Central Sheet

C25-C27

C25	SW-0	9/40	53 30.0 N 04 05.0 E 53 49.5 N 03 58.0 E	.5	205 EMB 205 EMB 1000 XpFl		M M M	8 8 17		1) 1)	220- 300	With AE Switch. Without AE Switch. To west of mines. Considered safe.
C26	SW-1	8/40	53 27.8 N 03 46.5 E 53 17.5 N 03 36.5 E	1	742 EMD 1040 XpFl		M M	7 16	65	3	50	AE Switch "OFF" Considered safe.
C27	SW-2	8/40	53 20.0 N 03 21.0 E 52 56.0 N 03 17.5 E	1	742 EMD and EMC 1040 XpFl		M M	7 17	65 50	3		AE Switch "OFF" Considered safe.

C29-C31

C29	SW-9	7/42	53 08.5 N 03 33.1 E 52 56.3 N 03 28.2 E	2	226 EMC 100 StOtr 400 ExFl		M M M	10 20 20		2 1		With 50 feet lower antenna. The 400 Ex-Floats are for lines C.29, C.30 and C.31. They are in the space between the mine lines.
C30	SW10	7/42	53 20.0 N 03 49.7 E 53 10.0 N 03 38.9 E	2	214 EMC 400 XpFl		M M	10 20		2		With 50 feet lower antenna. The 400 Ex-Floats are for lines C.29, C.30 and C.31. They are in the space between the mine lines.
C31	SW11	7/42	53 26.0 N 04 06.0 E 53 22.1 N 03 56.8 E	2	120 EMC 400 XpFl		M M	8 20		2		With 50 feet lower antenna. The 400 Ex-Floats are for lines C.29, C.30 and C.31. They are in the space between the mine lines.

C35-C36

C35	4c	10/43	53 26.0 N 04 12.0 E 53 38.2 N 04 12.0 E	.25	240 UMB		M	12		3	160	(Comment-another version shows 340 UMB). With SNAG LINES. Eight mines are missing from S. end of centre row.
C36	4d	10/43	53 36.6 N 04 17.8 E 53 48.0 N 04 25.7 E	.4	348 UMB		M	12		3		With SNAG LINES.

C44-C48

C44	SWK3	6/44	52 37.5 N 04 36.0 E 52 39.0 N 04 36.3 E	.25	22 LMB		G	30	250	2	165	Mean MINE spacing 125 yds.
C45	SWKA-1b	9/44	52 26.5 N 04 13.5 E 52 22.8 N 04 16.6 E	.5	72 LMB	DM-1	G		240	2	165	Mean MINE spacing 120 yds. Arming delay 24 hours (?)
C46	SWKA-2	9/44	52 20.2 N 04 12.5 E 52 13.6 N 04 05.5 E	.5	124 LMB	DM-1	G		260	2	165	Mean MINE spacing 130 yds. Arming delay 24 hours.
C47	SWKB-1	11/44	52 30.0 N 04 20.0 E 52 39.0 N 04 20.0 E	1	160 EMC 40 StOtr		M) M)	10	270	3	220	With chain 4 mines to 1 obstructor. Mean spacing 135 yards.
C48	SWKB-2	11/44	52 42.0 N 04 23.0 E) 52 53.0 N 04 23.0 E)	½-1	160 EMC) 40 StOtr)		M	10	330	3	330	Mines with chain. Four mines to one obstructor. Mean spacing 150 yards.

C67

C67	K-6	5-7 1944	52 46.0 N 04 39.1 E 52 40.2 N 04 37.5 E	Fairly accurate	412 KMA		G		58	2	33-66	Mean mine spacing 29 yards.

C69-C73

C69	K-7	7-8 1944	52 33.4 N. 04 36.2 E 52 36.7 N 04 37.0 E	Fairly accurate	241 KMA		G	3-8ø	56	2	43-55	ø Below HIGH water springs Mean mine spacing 28 yards.
C70	K-8	5/44	52 28.9 N 04 34.5 E 52 29.9 N 04 35.0 E	Exact	75 KMA		G	7ø	55	2	43-55	ø Below HIGH water springs. Mean mine spacing 27.5 yards.
C71	K-8a	5-7 1944	52 29.9 N 04 35.0 E 52 33.4 N 04 36.2 E	Exact	285 KMA		G	5-11ø	52	2	43-66	ø Below mean HIGH water springs. Mean mine spacing 26 yards.
C72	K-9	5-8 1944	52 24.0 N 04 31.7 E 52 20.0 N 04 29.1 E	Fairly accurate	304 KMA		G	5-8ø	55	2	43-55	ø Below high water springs. Mean mine spacing 27.5 yards.
C73	K-9a	5/44	52 26.4 N 04 33.7 E 52 24.0 N 04 31.7 E	Exact	210 KMA		G		55	2	43	Mean mine spacing 27.5 yards.

C78-C79

C78	SWK-6	6/44	52 17.3 N 04 26.4 E 52 19.3 N 04 27.8 E	.25	36 LMB		G	28	246	2	165-190	Mean mine spacing 123 yards.
C79	K10	8/44	52 16.7 N 04 27.0 E 52 12.0 N 04 22.6 E	Fairly accurate	379 KMA		G	5-10	55		44-55	Mean mine spacing 27½ yards. Below HIGH water springs.

E25-E26

E25	SWK7	6/44	52 08.2 N 04 17.1 E 52 11.4 N 04 21.1 E	.125	78 LMB	M1	G	23-30	210	2	165	Mean mine spacing 105 yds.
E26	SWK9	4/44	51 55.5 N 03 57.1 E 51 52.4 N 03 52.5 E	.25	90 LMB	M1	G		190	2	220	Mean mine spacing 95 yds.

E38

E38	SWK A3	9/44	52 09.2 N 03 55.0 E 52 01.2 N 03 51.7 E	.5	90 LMB 90 EMC	DM1	G M	10	180 180	1 1	165	Mean mine spacing 90 yds. Arming delay 24 hours. EMC with chain.

E41-E47

E41	K10	8/44	52 16.7 N 04 27.0 E 52 12.0 N 04 22.6 E	Fairly exact	739 KMA		G	5-10	55		44-55	Mean mine spacing 27½ yards. Below HIGH water springs.
E42	K11	5-8 1944	52 05.0 N 04 14.0 E 52 07.5 N 04 16.7 E	Exact	179 KMA		G	6-13	55		44	Mean mine spacing 27½ yards. Below HIGH WATER springs.
E43	K12	5/44	51 59.6 N 04 06.8 E 52 01.1 N 04 08.5 E	Exact	135 KMA		G		55	2	44	Mean mine spacing 27½ yards.
E44	K12A	4/44	52 01.1 N 04 08.5 E 52 04.8 N 04 13.6 E	Exact	334 KMA		G		55	2	44	Mean minespacing 27½ yards.
E45	K13	7-8 1944	51 58.4 N 04 04.2 E 51 56.7 N 04 01.8 E	Exact	134 KMA		G	5-8 below H.W.S.	66		44	Mean mine spacing 33 yards.
E46	K14	8/44	51 54.5 N 04 00.1 E 51 55.7 N 04 00.3 E 51 56.7 N 04 01.8 E	Exact	164 KMA		G	6-7 below H.W.S.	55	2	44	Mean mine spacing 27½ yards. (Comment: Alternative version gives 182 KMA).
E47	K15	8/44	51 54.3 N 04 00.1 E 51 52.3 N 04 02.5 E	Exact	182 KMA		G	6 below H.W.S.	55	2	44	Mean mine spacing 27½ yards.

E69

E69		11/44	Brielschegat from net barrage at Seeberg to 04 10E.	Exact	147 KMA		G	to 13 below H.W.S.	70	2	55	Mines scattered.

The information from ZA 5/27 and 5/44 is shown in the figure and table below.

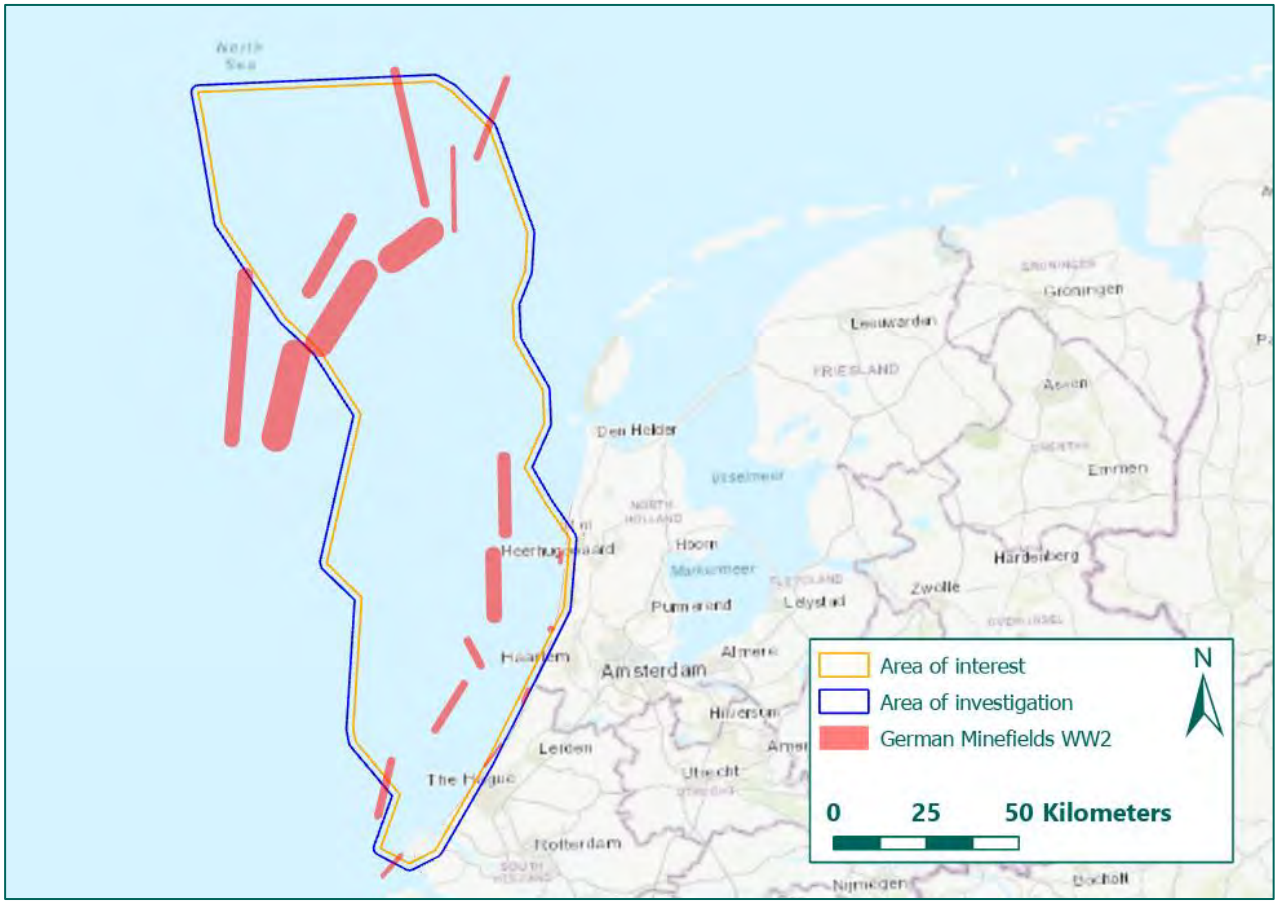


Figure 61: German Minefields within the Area of investigation (Source basemap: ESRI).

Number	Amount of mines	Rows	
		Amount	Spacing
C25	205 x EMB[7], 205 x EMB, 1000 x XpFl[8]	2	220/300 yards
C26	742x EMD[9], 1040 x XpFl	3	65 yards
C27	742 x EMD/EMC[10], 1040 x XpFl	3	65 yards
C29	226 x EMC, 100 x StCtr[11], 400 x XpFl	2, 1	Unknown
C30	214 x EMC, 400 x XpFl	2	Unknown
C31	120 x EMC, 400 x XpFl	2	Unknown
C35	240 x UMB[12]	3	Unknown
C36	348 x UMB	3	Unknown
C44	22 x LMB[13]	2	Unknown
C45	72 x LMB	2	Unknown

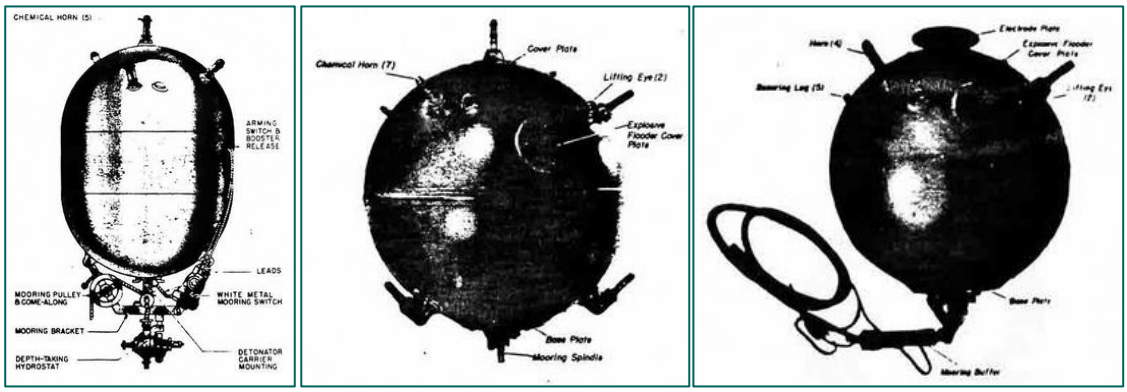
[7] *Einheidsmine* – Type B, Contact mine
[8] Exploding floats, *Sprengboje*
[9] *Einheidsmine* – Type D, Contact mine
[10] *Einheidsmine* – Type C, Contact mine
[11] Static cutters/Static Conical Sweep Obstructor, *Reisboje*
[12] *U-Bootabwehrmine* – Type B, Contact Mine
[13] *Luft Mine* – Type B, Influence Mine

Number	Amount of mines	Rows	
		Amount	Spacing
C46	124 x LMB	2	Unknown
C47	160 x EMC, 40 x StCtr	3	Unknown
C48	160 x EMC, 40 x StCtr	3	Unknown
C67	412 x KMA[14]	2	Unknown
C69	KMA (unknown amount)	2	Unknown
C70	75 x KMA	2	Unknown
C71	285 x KMA	2	Unknown
C72	304 x KMA	2	Unknown
C73	210 x KMA	2	Unknown
C78	36 x LMB	2	Unknown
C79	379 x KMA	Unknown	Unknown
E25	78 x LMB	2	Unknown
E26	90 x LMB	2	Unknown
E38	90 x LMB, 90 x EMC	2	Unknown
E41	739 x KMA	Unknown	Unknown
E42	179 x KMA		Unknown
E43	135 x KMA	2	Unknown
E44	334 x KMA	2	Unknown
E45	134 x KMA	Unknown	Unknown
E46	164 x KMA	2	Unknown
E47	182 x KMA	2	Unknown
E69	147 x KMA	2	Unknown
Unknown, Harbour Hoek of Holland	17 x RMA[15]	-	-
Unknown, Harbour IJmuiden	24 x RMA	-	-
Unknown, Harbour IJmuiden	LMB (unknown amount)	Unknown	Unknown

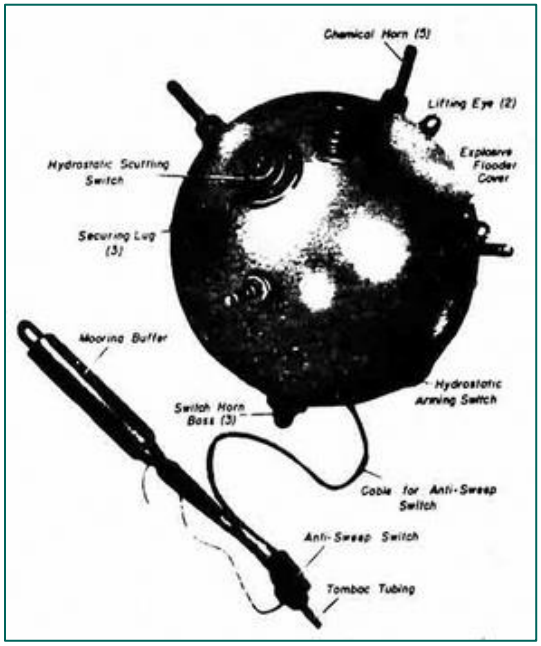
[14] Küstenmine – Type A, Contactmine
[15] Regulare Mine – Type A, Contactmine

German Mines (and sweep obstructors) within the area of investigation)

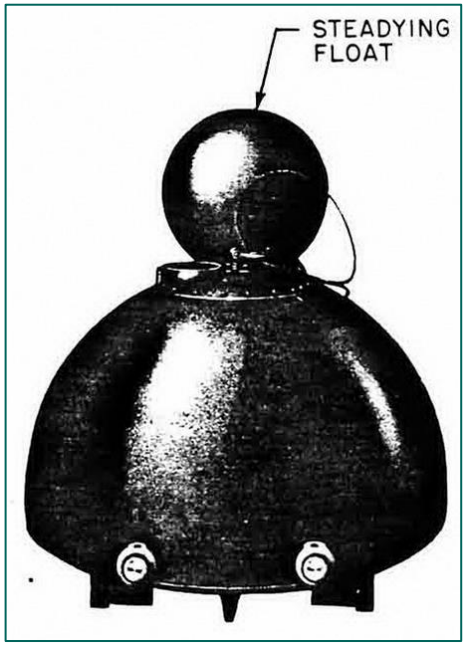
Einheidsmine – Type B, C and D Contact mine



U-Bootabwehrmine – Type A, Contact Mine



Regulare Mine – Type A, Contactmine



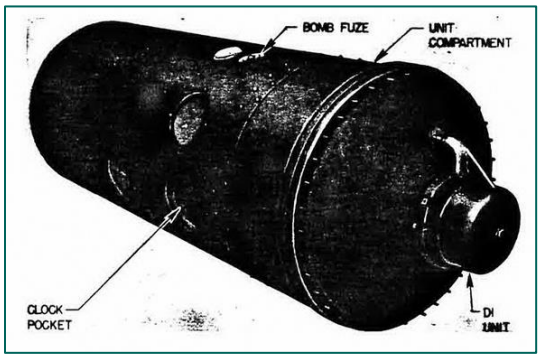
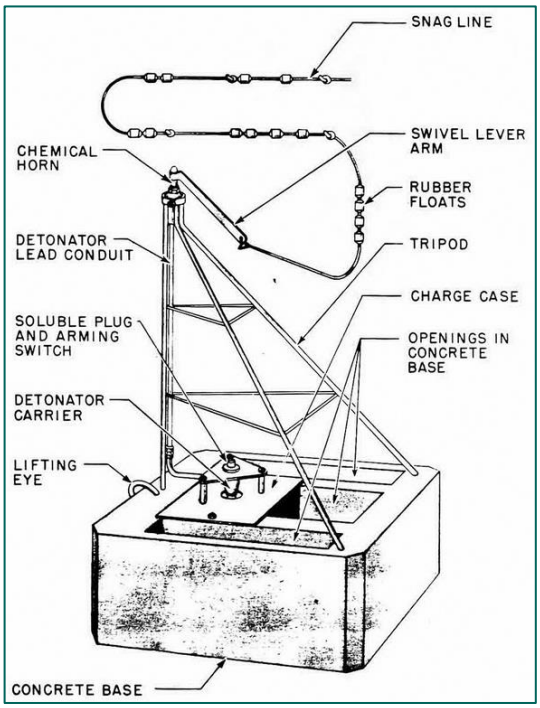
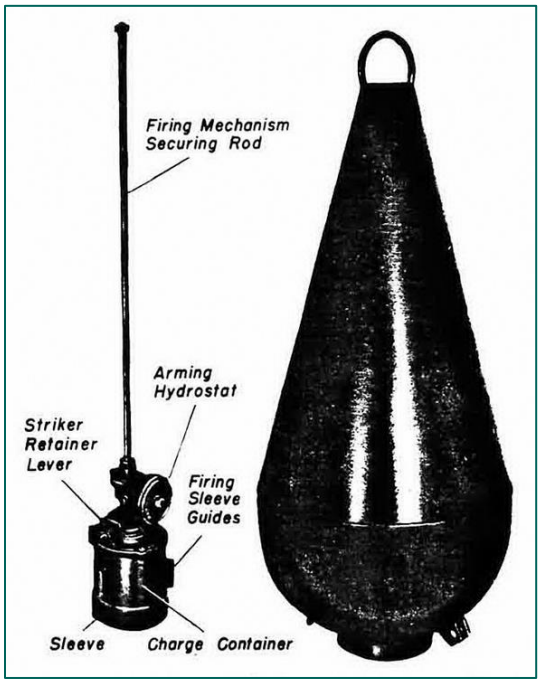
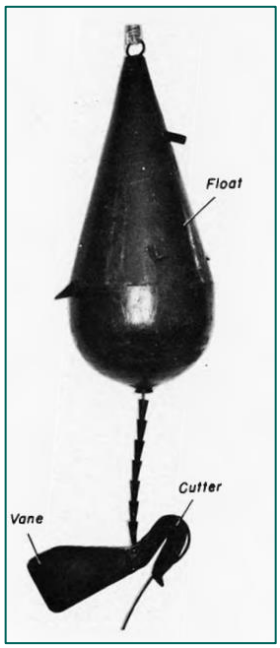
German Mines (and sweep obstructors) within the area of investigation	
Luft Mine – Type B, Influence/Ground Mine  	Küstenmine – Type A, Contactmine 
Exploding floats, *Sprengboje* (Explosive)  	Static cutters/Static Conical Sweep Obstructor, *Reisboje* (Non explosive) 

Table 6: German Mines (and sweep obstructors) within the area of investigation.

ANNEX 4 WRECKS WITHIN THE AREA OF INTEREST

The website 'Wrecksite' and the book 'HP39 Wrakkenregister, Nederlands Continentaal Plat en Westerschelde' (abbreviated to HP39), drawn up by the Dutch navy, show an abundance of wrecks (ships and aircraft) within the area of interest. In HP39 no details are given about the reason/cause of the sinking of the ships or aircraft. However. An overview of all wrecks according to this book is shown below.

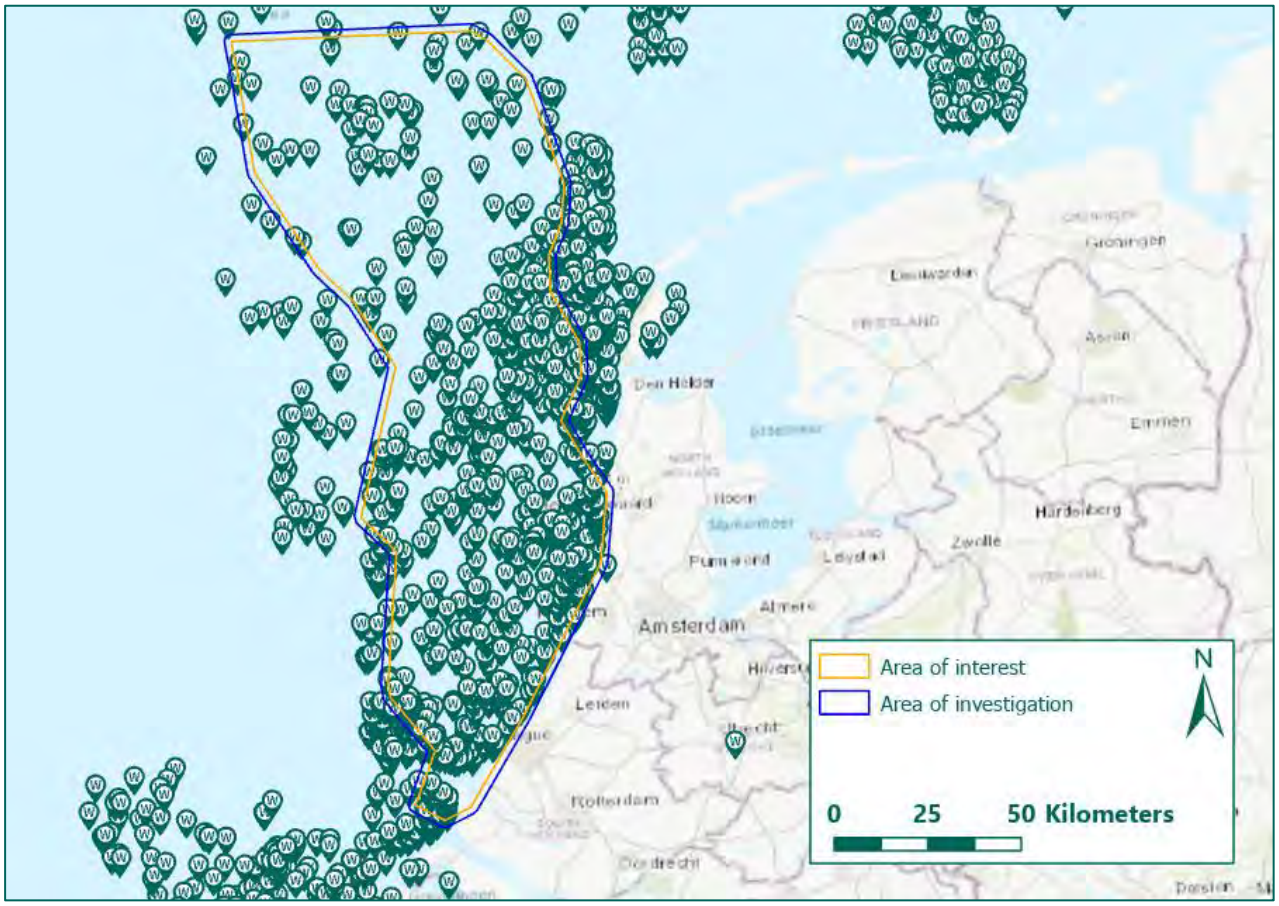


Figure 62: Overview of wrecks within the area of interest according to HP39 (Source: HP39).

The Website 'Wrecksite' shows more details with regards to the wrecks in the North Sea. The website shows a total of more than 1800 wrecks within and near the area of interest. Plotting all these wrecks in the GIS-system would be too comprehensive and would outside the scope of this report. In the table below a list war related causes of sinking of ships/aircraft within the area of interest is shown.

Cause of sinking	Total number sunk
Airplane crashes, WW2	75
Air raids, WW2	19
Charges/explosives, WW1 and WW2	8
Depth charges , WW2	2
Explosions, WW2 and after WW2	4
Gunfire – shelled, WW1 and WW2	152
Mine, WW1 and WW2	39
Naval battles, WW1 and WW2	10
Torpedo, WW1 and WW2	21
War loss (Not specified), WW1	1

Table 7: Listing of ships/aircraft sunk by war related events.

ANNEX 5 POST-WAR UXO CLEARANCE

OSPAR Commission

OSPAR is the mechanism by which 15 governments and the European Union cooperate to protect the marine environment of the North-East Atlantic. Since 1972 the OSPAR Convention has worked to identify threats to the marine environment and has organised, across its maritime area, programmes and measures to ensure effective national action to combat them. One of the Policy Issues of the OSPAR Convention is to report encounters with conventional and chemical munitions in the OSPAR maritime area. These encounters are kept in a database[16]. The munition encounters from 1999 onwards within the area of interest are rendered in Figure 63. Multiple UXOs were lifted from the area of interest. The exact type of UXO lifted is not mentioned in all cases. However, it is known that several aerial bombs, flares, mines, torpedo's and shells were lifted.

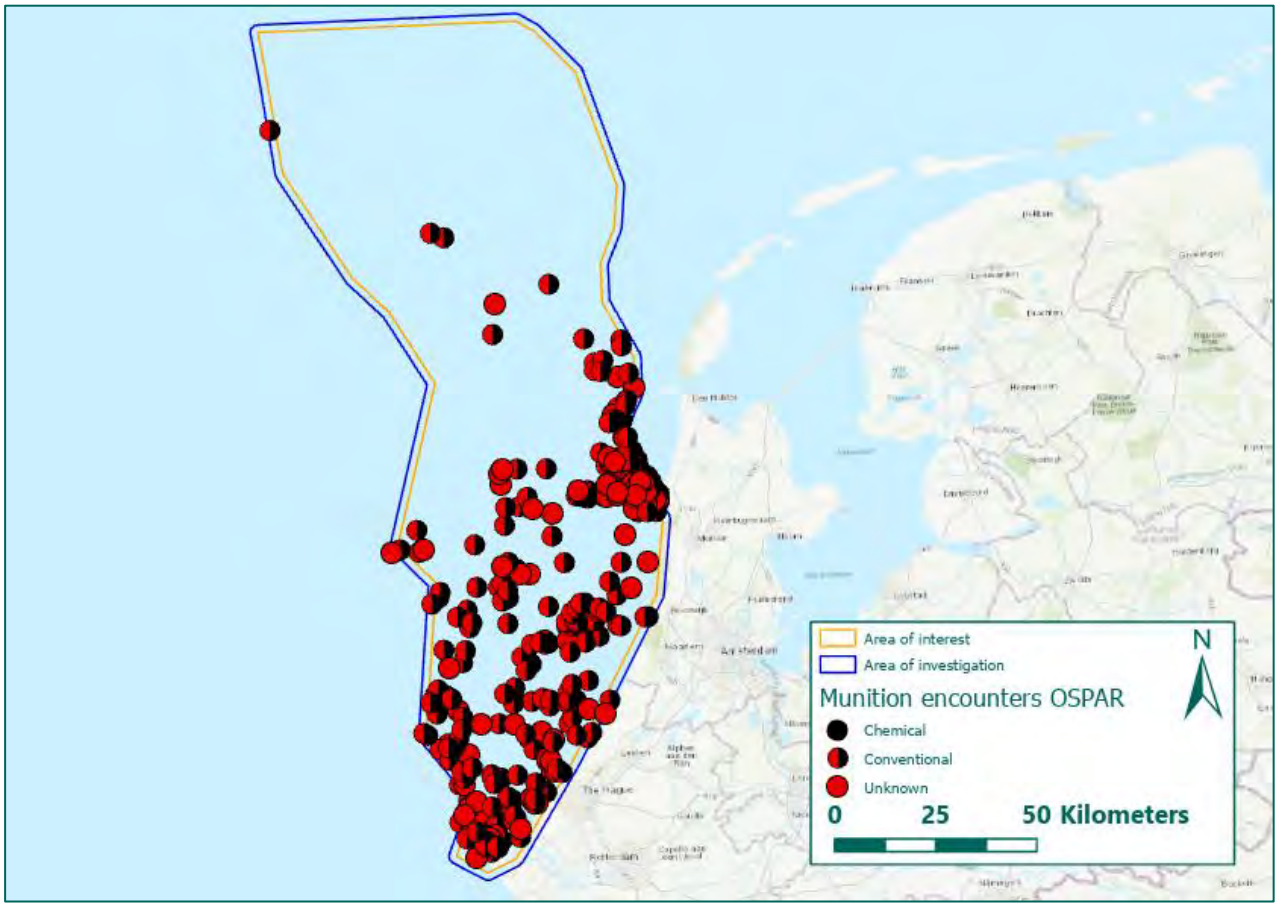


Figure 63: Overview OSPAR ammunition encounters within the area of interest (Source: OSPAR).

Dutch Coastguard (Nederlandse Kustwacht) and Beneficial Cooperation

The Dutch Coastguard (Nederlandse Kustwacht) cleared hundreds of UXO in the North Sea. Coordinates were used to keep track of the locations of encountered UXO. The Dutch Coastguard also cooperated with the Belgian Navy in clearing ammunition. This joint venture operates under the name Beneficial Cooperation.

The Dutch Coastguard manufactured lists that could help citizens (mainly citizens active in the fishing industry) identify any UXO found at sea. This additional information helped the Coastguard to be better prepared. These lists are shown at the end of this annex for clarification. When known, the numbers referring to the different types of UXO are shown in the GIS-shapefiles of the Dutch Coastguard and

[16] This database can be consulted at http://odims.ospar.org/layers/?limit=100&offset=0.

Beneficial Cooperation. The figures below respectively show cleared UXO reported by the Dutch Coastguard and Beneficial Cooperation.

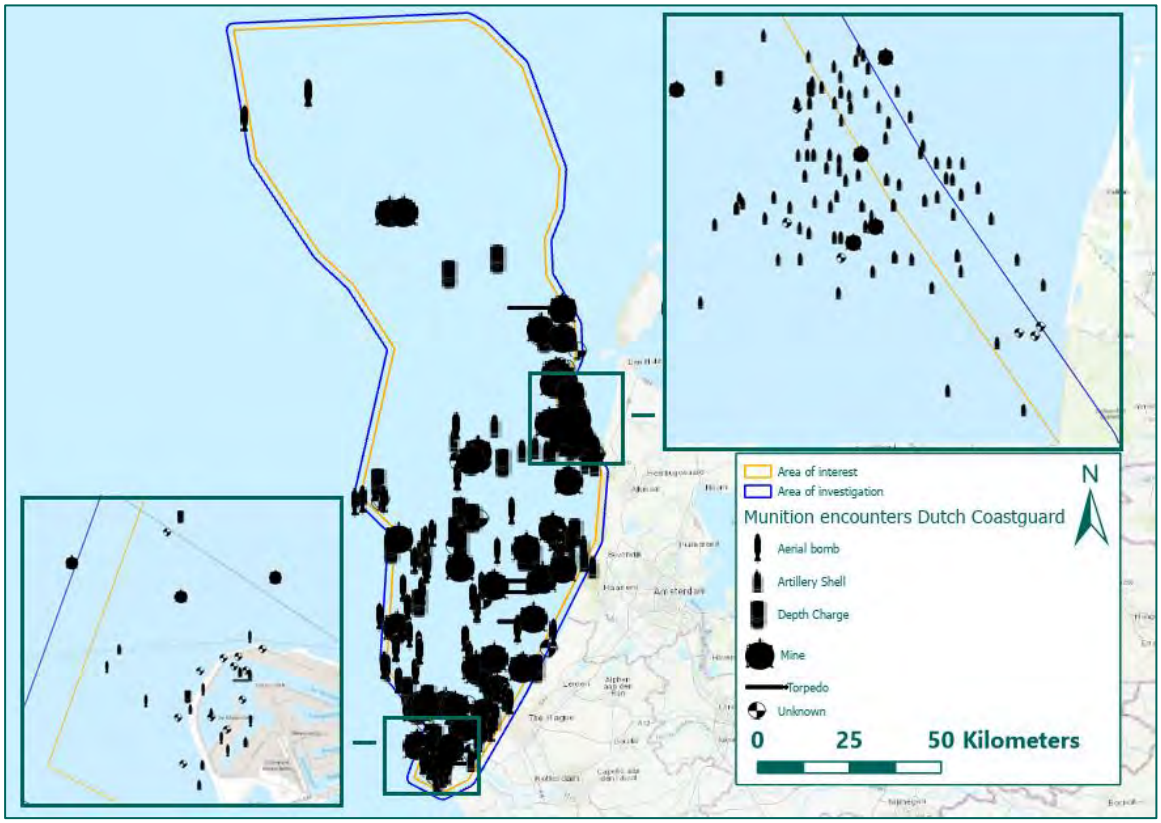


Figure 64: Overview of UXO lifted by the Dutch Coastguard (Source basemap: ESRI).

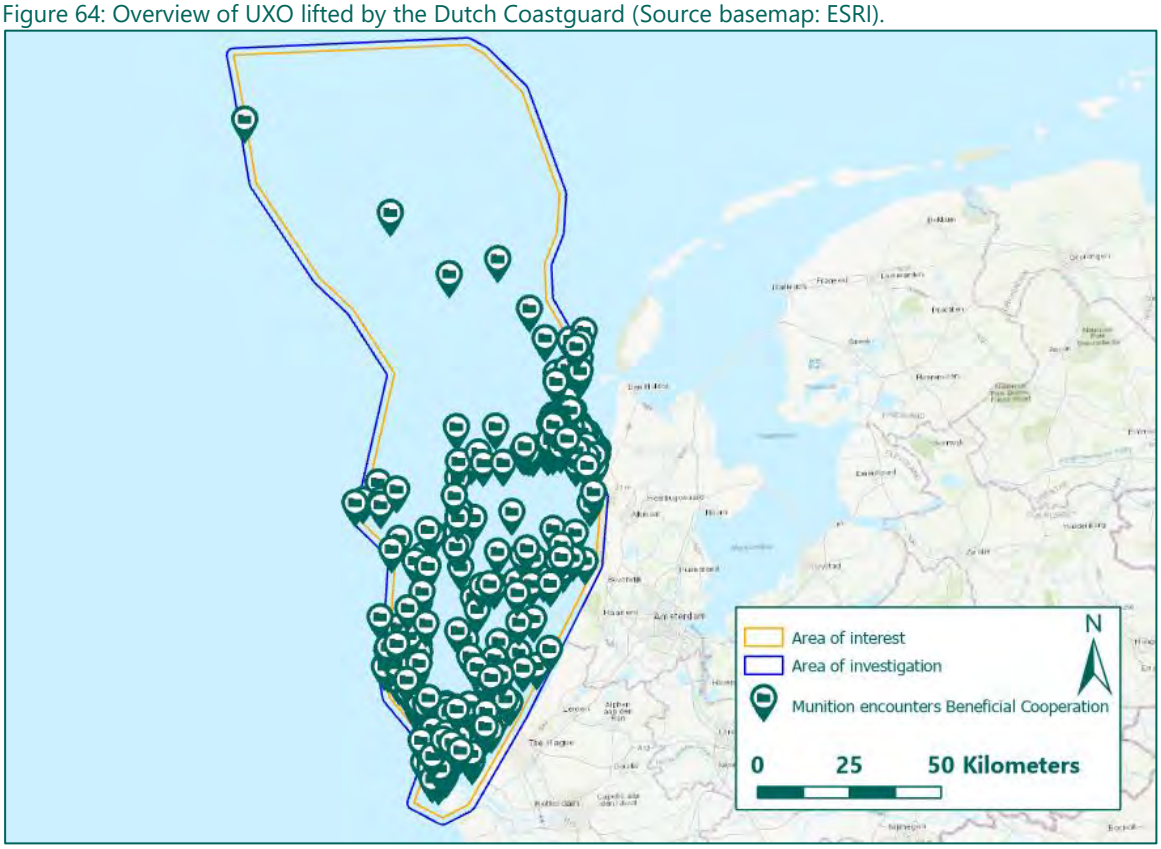
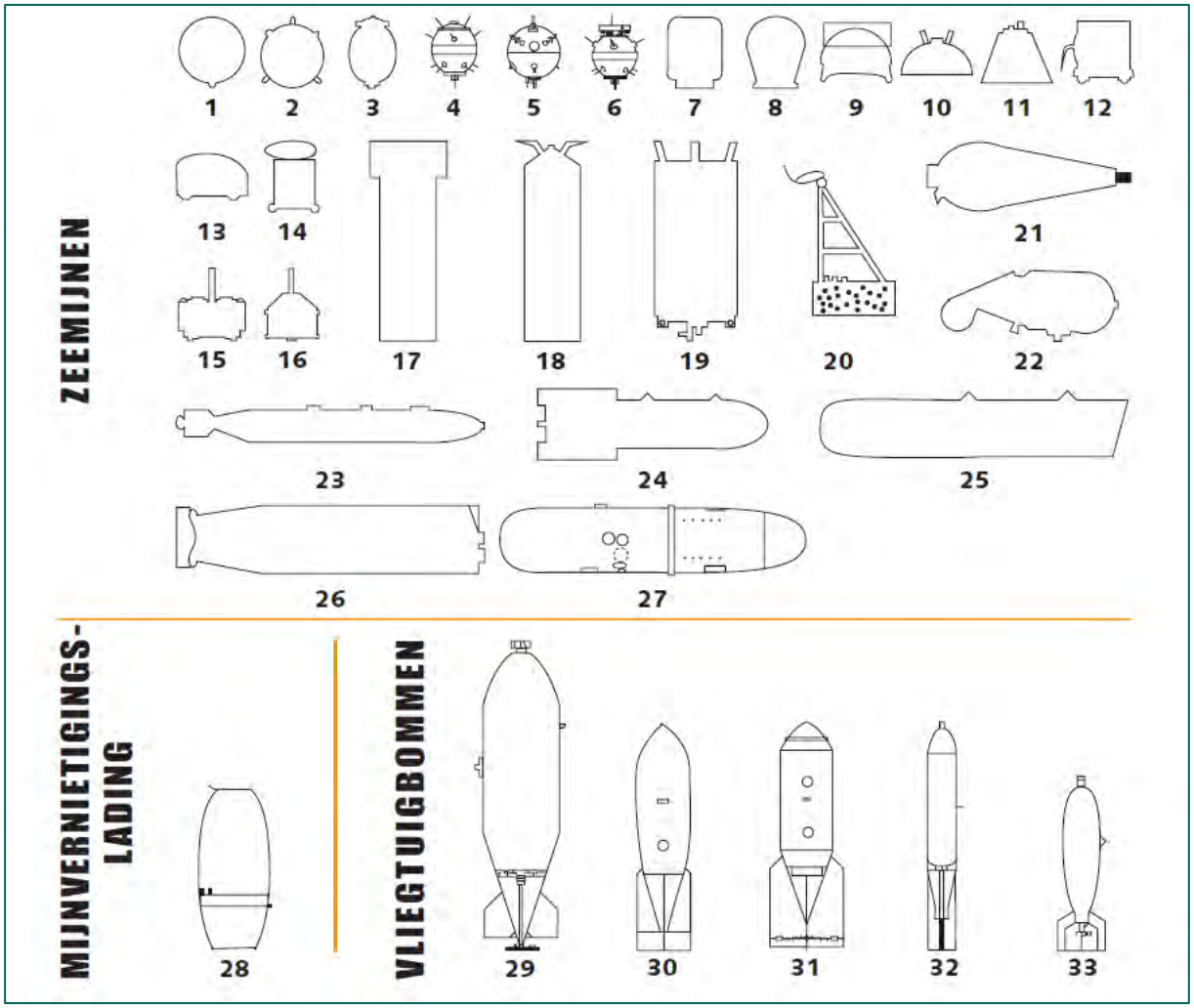


Figure 65: Overview of UXO lifted by the Beneficial Cooperation (Source basemap: ESRI).


ZEEMIJNEN
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
MIJNVERNIETIGINGS-LADING
28
VLIEGTUIGBOMMEN
29
30
31
32
33

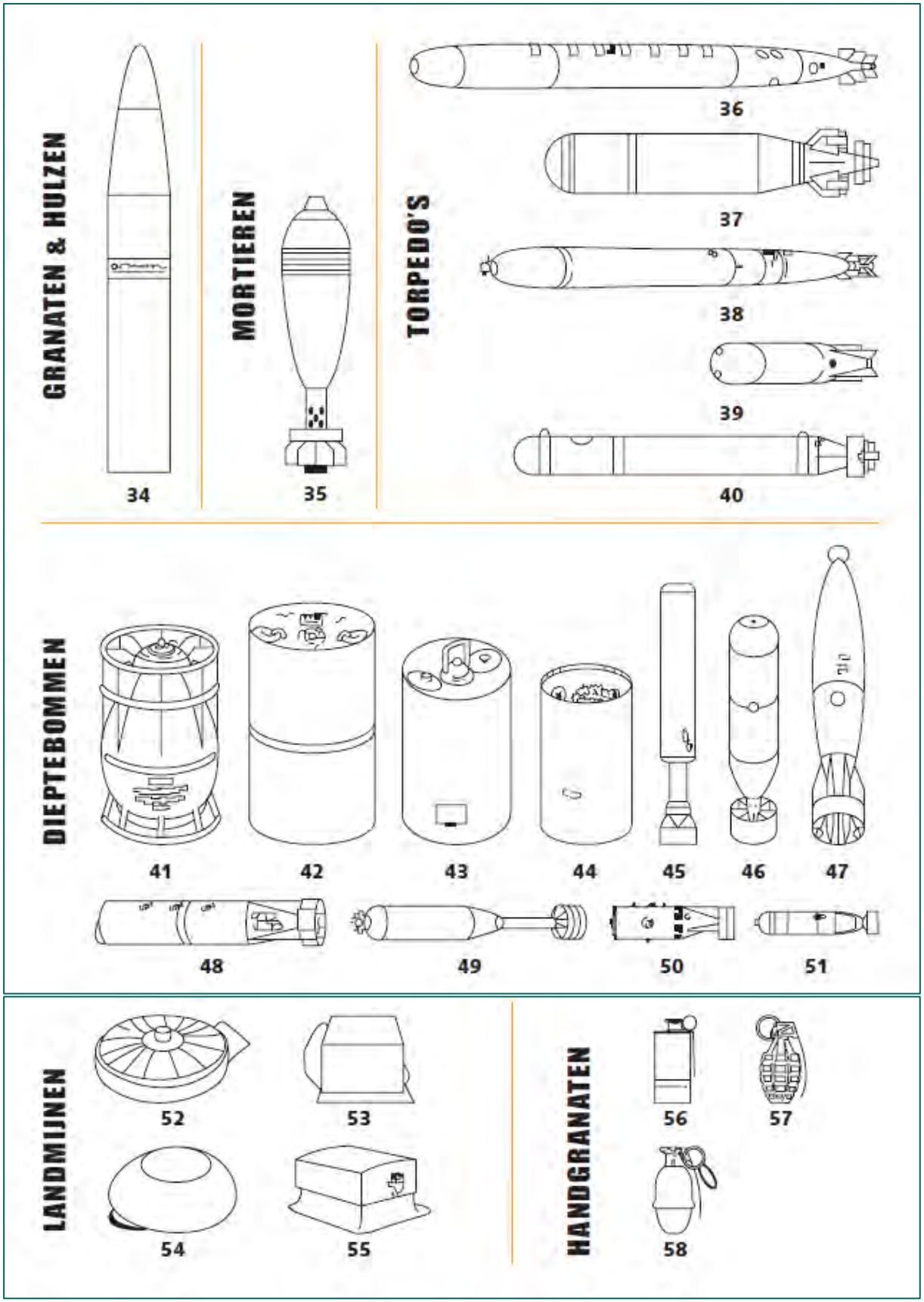


Figure 66: 'Explosievenkaart' (Explosives chart) of the Dutch Coastguard. This chart is used to help identify UXO (Source: Dutch Coastguard).

Dutch 'Explosieven Opruimingsdienst' (EOD)

Every year, the Dutch EOD clears an average of 2,500 explosives from the Second World War in the Netherlands. Most of these clearances take place onshore. However, the Dutch Navy does assist the Coastguard with offshore UXO encounters. In the figure below the locations of multiple UXO encounters are shown. The same 'Explosievenkaart' (Explosives chart) is used to identify these UXO. When known, the numbers referring to the different types of UXO are shown in the GIS-shapefiles of the EOD.

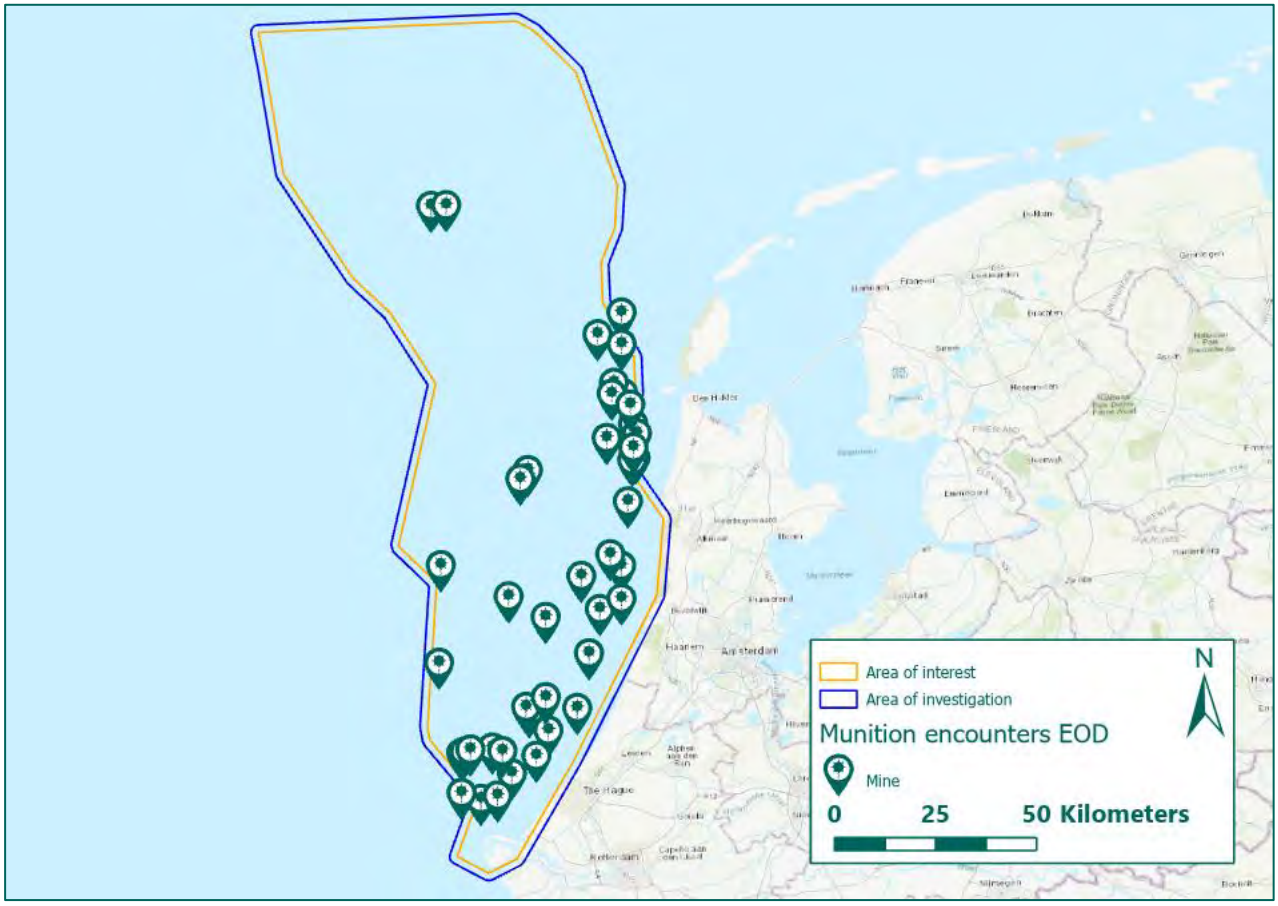


Figure 67: Overview of UXO lifted by the Dutch EOD (Source basemap: ESRI).

Periplus Archeomare

Aramis Pipeline

An archaeological assessment
Of geophysical survey results



Authors
R.W. Cassée, R. van Lil and S. van den Brenk

At the request of

TotalEnergies EP Nederland B.V.

TotalEnergies

Document Control	
Document 22A030-01 Aramis pipeline – An archaeological assessment of geophysical survey data	
Revision	3.0 (final)
Date	31-08-2023
Periplus Archeomare Reference	22A030-01
TotalEnergies reference	Aramis pipeline

Aramis Pipeline

An archaeological assessment Of geophysical survey results
Final report 31-08-2023
Periplus Archeomare reference 22A030-01

Periplus Archeomare

Samenvatting (Abstract in Dutch)

In opdracht van TotalEnergies Nederland B.V. heeft Periplus Archeomare een archeologische analyse uitgevoerd van de geofysische onderzoeksresultaten van het Aramis pijpleidingtracé.

Een grote hoeveelheid onderzoeksgegevens (*sidescan-sonar, magnetometer, multibeam echosounder* en *subbottom-profiler*) van een gebied met een totale oppervlakte van 243 km2 is geanalyseerd om een archeologische beoordeling uit te voeren.

Deze analyse van geofysische onderzoeksresultaten is de tweede stap in de AMZ-cyclus, na de bureaustudie. Het doel van deze analyse is het toetsen van de op de bureaustudie gebaseerde verwachting voor archeologische resten in het gebied. De verwachting omvat overblijfselen van scheepvaartgerelateerde resten (wrakken), vliegtuigen uit de Tweede Wereldoorlog en prehistorische nederzettingen.

Sidescan-sonar en multibeam-contacten
Binnen het onderzochte gebied is aan in totaal acht contacten een archeologische verwachting toegekend. In overeenstemming met de Nederlandse wet- en regelgeving mogen hier geen bodemverstoringen plaatsvinden. Indien er binnen een straal van 100 meter van een potentiële archeologische locatie activiteiten plaatsvinden, wordt in overleg met de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) van geval tot geval bekeken of de 100 meter gehandhaafd moet blijven.

Feature	NCN	Easting	Northing	Route section	Distance
BK_FSEA_SSS_0022	-	551288	5924521	D	**+50**
BK_FSEA_SSS_0179	-	555839	5929168	D	-240
BJ_FD_SSS_0015	-	548443	5894128	F	+230
BB_FS_SSS_0683	219	570384	5762003	East	-540
BH_FSEA_SSS_0104	531	559172	5935317	C	**+25**
BK_FSEA_SSS_0163	967	550165	5921956	D	**-56**
BN_FD_SSS_0025	945	576689	5920367	E Neptune	+220
BB_FS_SSS_0433	-	570711	5761481	East	-210

Tabel 1. Side scan sonar contacten met een archeologische verwachting.

Drie van de acht contacten vallen binnen 100 meters van de geplande route.

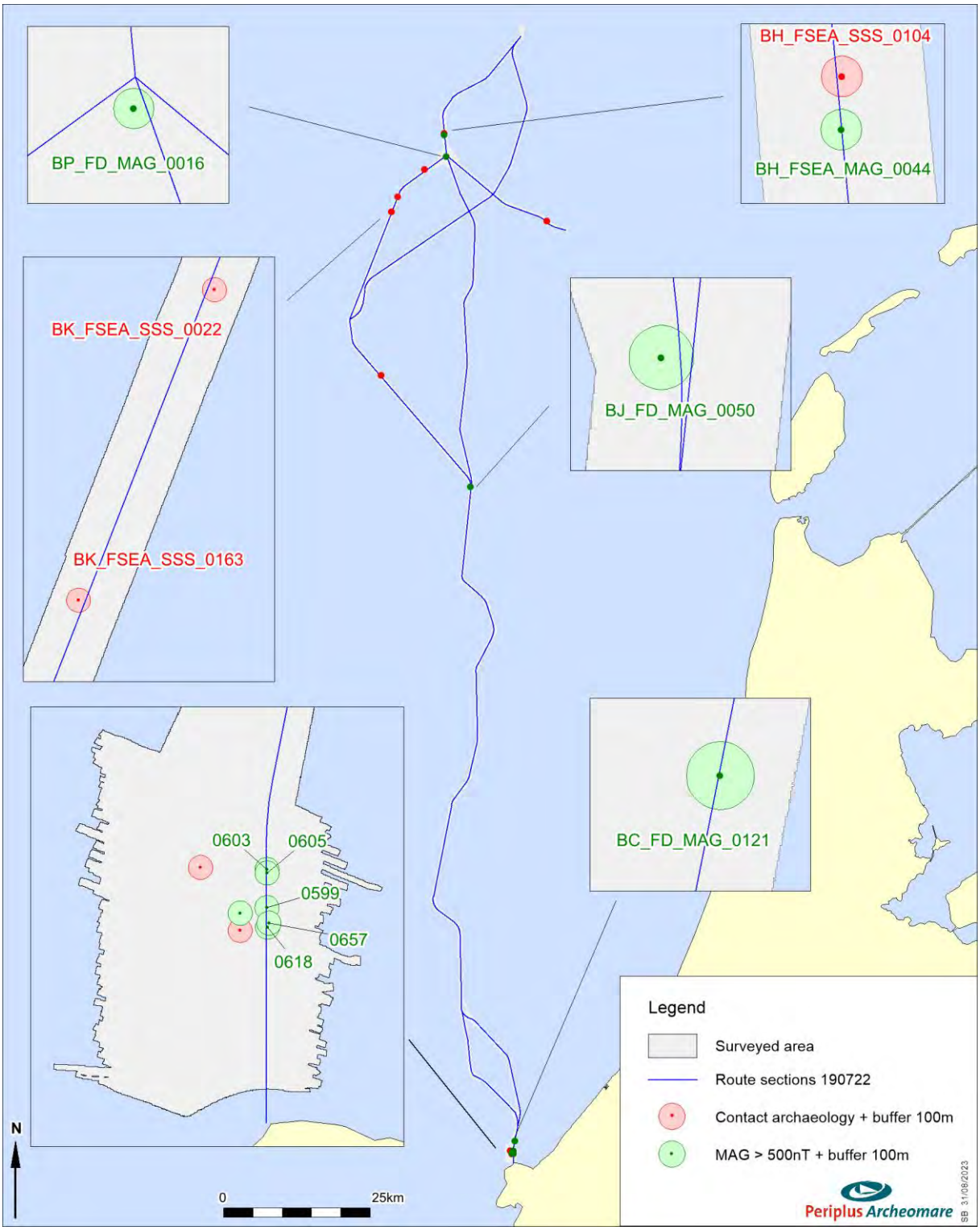
Magnetische afwijkingen

In totaal zijn op 2748 locaties magnetische afwijkingen waargenomen. Op tien locaties zijn magnetische afwijkingen met een piek-tot-piekwaarde van meer dan 500 nT in kaart gebracht, die niet gerelateerd kunnen worden aan bekende objecten zoals pijpleidingen of kabels en die van potentieel archeologisch belang kunnen zijn. De objecten die deze afwijkingen veroorzaken, zijn niet zichtbaar op sidescan-sonar- of multibeam-beelden en worden daarom geacht in de zeebodem te zijn begraven. Deze objecten kunnen (naast archeologische objecten) onder meer puin, explosieven, verloren ankers, et cetera zijn. Zolang het karakter van deze objecten niet is vastgesteld, worden de objecten geacht van potentieel archeologisch belang te zijn. Negen van de tien contacten vallen binnen een straal van 100 meter van de voorgestelde route.

Target	E	N	nT	Section	Distance
BAB_FS_UXO_0010	570711	5761625	808	East	-210
BAB_FS_UXO_0599	570931	5761671	514	East	**+5**
BAB_FS_UXO_0603	570932	5761987	2312	East	**+8**
BAB_FS_UXO_0605	570933	5761957	1158	East	**+8**
BAB_FS_UXO_0618	570936	5761510	729	East	**+11**
BAB_FS_UXO_0657	570948	5761543	1348	East	**+22**
BC_FD_MAG_0121	571170	5763666	666	East	**+4**
BH_FSEA_MAG_0044	559169	5935057	578	C	**-2**
BJ_FD_MAG_0050	563642	5875159	2089	F	**-59**
BP_FD_MAG_0016	559490	5931390	591	B	**-60**

Tabel 2. Magnetische anomalieën groter dan 500 nT met een archeologische verwachting.

Een overzicht van de contacten en magnetische anomalieën is weergegeven in de volgende figuur.



Figuur 1 Overzicht van de potentieel archeologische contacten binnen het onderzochte gebied.

In overeenstemming met de Nederlandse wet- en regelgeving mogen geen bodemverstoringen plaatsvinden op deze locaties. Indien binnen een straal van 100 meter van een potentiële archeologische locatie activiteiten plaatsvinden, wordt in overleg met de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) van geval tot geval bekeken of de 100 meter gehandhaafd moet blijven. Alle locaties van potentieel archeologisch belang binnen een straal van 100 meter van de voorgestelde route zijn weergegeven in figuur 1.

Prehistorische resten

Gebieden met een archeologische potentie voor prehistorische vondsten zijn hieronder samengevat

Depositional environment Areas of potential archaeological interest	**Lithostratigraphic Unit**	**Time of deposition**	**Archaeological period**
Peat-covered aeolian and small scale fluvial deposits	Boxtel Formation	*Late Glacial* and Early *Holocene*	Late Paleolithic and Early Mesolithic
Catchment of the Rhine	Kreftenheye Formation	Pleniglacial	Middle Paleolithic
Shores of lakes and lagoons	Brown Bank Member	Early *Weichselian*	Middle Paleolithic to Early Mesolithic

De fysieke kwaliteit, dat wil zeggen de integriteit en het behoud van prehistorische resten, is sterk afhankelijk van de mate waarin prehistorische landschappen en archeologische niveaus daarin zijn aangetast door erosie. De seismische gegevens geven aan dat een deel van het Pleistoceen-landschap is geërodeerd tijdens de mariene transgressie in het vroege Holoceen, waardoor de integriteit van mogelijke prehistorische nederzettingen is aangetast. Lokaal kunnen de geologische eenheden die zijn gedefinieerd als potentiële lagen met prehistorische overblijfselen intact zijn gebleven, vooral in gebieden waar veen is gevonden. De interpretatie van lithostratigrafische eenheden en het karakter van de laaggrenzen (erosief versus niet-erosief) uit de seismische gegevens is gebaseerd op de beschikbare geologische gegevens en het oordeel van deskundigen. De seismische interpretatie moet worden geverifieerd door middel van vibrocore-bemonstering. De werkelijke geologische sequenties die in het gebied aanwezig zijn en de integriteit van de laaggrenzen zullen worden geverifieerd, wat een instrument zal bieden voor verdere analyse van de prehistorische landschappen en het specificeren en testen van het archeologische potentieel.

Advies prehistorie

Periplus Archeomare beveelt aan verder archeologisch onderzoek uit te voeren dat zich richt op het ontstaan en de integriteit van paleo-landschappen langs de Aramis-routetrajecten voor algemene archeologische onderzoeksdoeleinden. Dit onderzoek omvat een inventarisatie van veldonderzoek door middel van vibrocore-bemonstering conform de Nederlandse Kwaliteitsnorm voor Archeologie (KNA Waterbodems 4.1). Er wordt een geotechnische campagne uitgevoerd om een geologisch model te genereren van de ondergrond van de pijpleidingcorridor en om de fysische eigenschappen van de aanwezige sedimentlagen te bepalen. Wij adviseren om een aantal vibrocore-locaties aan te wijzen waar sedimentmonsters worden verzameld die gebruikt kunnen worden voor geo-archeologisch onderzoek.

De intacte monsters moeten door een (senior) prospector worden onderzocht en beschreven volgens de Standaard Boorbeschrijvingsmethode (SBB). Monsters worden geselecteerd en gestabiliseerd om te worden geanalyseerd door specialisten op het gebied van OSL- en radiokoolstofdatering, sedimentpetrografie, palynologie, micropaleontologie (foraminiferen, ostracoden, diatomeeën, et cetera), macroresten van planten en dieren en weekdieren om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van landschappen in de loop van de tijd en de mate waarin deze paleolandschappen bewaard zijn gebleven.

Conform de Nederlandse Kwaliteitsnorm voor Archeologie (KNA Waterbodems 4.1) moet er een Programma van Eisen (PvE) en/of Plan van Aanpak (PvA) worden opgesteld. Dit PvE/PvA omvat de doelstelling, de onderzoeksstrategie en -methodiek, de kaders en de praktische uitvoering van het onderzoek, zodat het proces soepel verloopt en meervoudig gebruik van de op uniforme wijze verkregen data wordt bereikt. Geadviseerd wordt om deze PvE/PvA ter goedkeuring voor te leggen aan het Bevoegd Gezag en de RCE. Na afronding van het inventariserend veldonderzoek kunnen tijdens de aanleg van de pijpleiding gegevens worden verzameld die – vanuit archeologisch oogpunt – op gedetailleerd niveau waardevolle informatie opleveren. Het kan zeer nuttig zijn om deze informatie vanuit archeologisch oogpunt verder te onderzoeken. Het verdient aanbeveling om, nadat de plannen zijn uitgewerkt, in overleg met de RCE de mogelijkheden hiervoor te onderzoeken.

Tijdens de installatie van de leiding kunnen archeologische voorwerpen worden ontdekt die volledig zijn begraven of tijdens het geofysisch onderzoek niet als archeologisch object zijn herkend. Wij adviseren passieve archeologische begeleiding op basis van een goedgekeurd Programma van Eisen. Passieve archeologische begeleiding houdt in dat een archeoloog tijdens de uitvoering van de werkzaamheden niet aanwezig is, maar altijd op afroep beschikbaar is. Het opvolgen van deze aanbeveling voorkomt vertragingen tijdens de werkzaamheden wanneer er onverwacht archeologische resten worden aangetroffen. Op grond van de Erfgoedwet is het verplicht om deze bevindingen te melden aan de toezichthouder (Minister van OCW). Deze melding moet ook worden opgenomen in het bestek van het werk.

Colophon

Periplus Archeomare Report 22A030-01
Aramis Pipeline – An archaeological assessment of geophysical survey results
Authors: R.W. Cassée, R. van Lil and S. van den Brenk

At the request of TotalEnergies Nederland B.V.
Contact: C. Martini

© Periplus Archeomare, August 2023
Photographs and drawings are owned by Periplus Archeomare, unless specified differently.

The report has been reviewed by the Cultural heritage Agency of the Netherlands

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form or by any means without the prior permission of the Publisher. Periplus Archeomare BV does not accept any liability for damage resulting from the advice or the use of the results from this investigation.

ISSN 2352-9547

Revision details

Rev.	Description	Authors	Checked	Authorization	Date
3.0	Final	RC/RvL/SvdB	BvM	BvM	31-08-2023
2.0	For Comments Authorities	RC/RvL/SvdB	BvM	BvM	03-08-2023
1.0	For Client Comments	RC/RvL/SvdB	BvM	BvM	27-06-2023

Authorization:



B.E.J.M. van Mierlo

Periplus Archeomare
Kraanspoor 14
1033 SE – Amsterdam
Tel: 020-6367891
Email: info@periplus.nl
Website: www.periplus.nl

Table of contents

Samenvatting (Abstract in Dutch) **3**

Summary **5**

1 Introduction **10**

1.1 Background 11

1.2 Results desk study 12

1.3 Objective 13

1.4 Research questions 14

2 Methodology **16**

2.1 Introduction 16

2.2 Geophysical survey 17

2.3 Known objects. 17

2.4 Archaeological assessment of survey data 19

2.5 Data Analysis 21

2.6 Used Sources 23

3 Results **24**

3.1 Seabed bathymetry and morphology 24

3.2 Known objects: As Found positions versus database positions. 27

3.3 Side scan sonar 33

3.4 Multibeam 39

3.5 Magnetometer 40

3.6 Subbottom data 43

4 Synthesis **53**

5 Summary and recommendations **58**

List of Figures **63**

List of tables **64**

Glossary and abbreviations **65**

References **67**

Appendix 1. Listing of selected side scan sonar contacts **69**

Appendix 2. Phases of maritime archaeological research **74**

Appendix 3. X-sections **76**

Appendix 4. Integrated Geophysical and Geotechnical reports **80**

Table 1. Dutch archaeological periods

Period	Time in Years				
Post-medieval / Modern Times	1500	A.D.	-	Present	
Late medieval period	1050	A.D.	-	1500	A.D.
Early medieval period	450	A.D.	-	1050	A.D.
Roman Times	12	B.C.	-	450	A.D.
Iron Age	800	B.C.	-	12	B.C.
Bronze Age	2000	B.C.	-	800	B.C.
Neolithic (New Stone Age)	5300	B.C.	-	2000	B.C.
Mesolithic (Stone Age)	8800	B.C.	-	4900	B.C.
Paleolithic (Early Stone Age)	300.000	B.C.	-	8800	B.C.

Table 2. Administrative details

Location:	North Sea	
Province	Zuid-Holland	
Municipality	Rotterdam	
Toponym Dutch:	Aramis pipeline	
Chart:	1801-01, 1811-01	
Coordinates Geodetic datum: ETRS89 Projection: UTM31N	Geophysical survey area	
	Centre	E 564 944 - N 5 856 821
	Northwest	E 580 104 - N 5 953 697
	Northeast	E 542 599 - N 5 953 697
	Southwest	E 542 599 - N 5 759 945
	Southeast	E 580 104 - N 5 759 945
Depth (LAT):	4.8 to 39.6 meter, average 27.0 meter	
Area (km^2):	Survey area	243.25 km^2
Environment:	Tidal currents, salt water	
Area use:	Shipping, fishing, oil, and gas industry	
Area administrator:	Rijkswaterstaat Zee en Delta	
Competent authority	Rijkswaterstaat Zee en Delta	
Advising body	Cultural Heritage Agency of the Netherlands L. Derksen	
ARCHIS-research report (CIS-code):	5330686100	
Periplus-project reference:	22A030-01	
Period	May - August 2023	

Samenvatting (Abstract in Dutch)

In opdracht van TotalEnergies Nederland B.V. heeft Periplus Archeomare een archeologische analyse uitgevoerd van de geofysische onderzoeksresultaten van het Aramis pijpleidingtracé.

Een grote hoeveelheid onderzoeksgegevens (*sidescan-sonar, magnetometer, multibeam echosounder* en *subbottom-profiler*) van een gebied met een totale oppervlakte van 243 km2 is geanalyseerd om een archeologische beoordeling uit te voeren.

Deze analyse van geofysische onderzoeksresultaten is de tweede stap in de AMZ-cyclus, na de bureaustudie. Het doel van deze analyse is het toetsen van de op de bureaustudie gebaseerde verwachting voor archeologische resten in het gebied. De verwachting omvat overblijfselen van scheepvaartgerelateerde resten (wrakken), vliegtuigen uit de Tweede Wereldoorlog en prehistorische nederzettingen.

Sidescan-sonar en multibeam-contacten
Binnen het onderzochte gebied is aan in totaal acht contacten een archeologische verwachting toegekend. In overeenstemming met de Nederlandse wet- en regelgeving mogen hier geen bodemverstoringen plaatsvinden. Indien er binnen een straal van 100 meter van een potentiële archeologische locatie activiteiten plaatsvinden, wordt in overleg met de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) van geval tot geval bekeken of de 100 meter gehandhaafd moet blijven.

Magnetische afwijkingen
In totaal zijn op 2748 locaties magnetische afwijkingen waargenomen. Op tien locaties zijn magnetische afwijkingen met een piek-tot-piekwaarde van meer dan 500 nT in kaart gebracht, die niet gerelateerd kunnen worden aan bekende objecten zoals pijpleidingen of kabels en die van potentieel archeologisch belang kunnen zijn. De objecten die deze afwijkingen veroorzaken, zijn niet zichtbaar op sidescan-sonar- of multibeam-beelden en worden daarom geacht in de zeebodem te zijn begraven. Deze objecten kunnen (naast archeologische objecten) onder meer puin, explosieven, verloren ankers, et cetera zijn. Zolang het karakter van deze objecten niet is vastgesteld, worden de objecten geacht van potentieel archeologisch belang te zijn. Negen van de tien contacten vallen binnen een straal van 100 meter van de voorgestelde route.

In overeenstemming met de Nederlandse wet- en regelgeving mogen geen bodemverstoringen plaatsvinden op deze locaties. Indien binnen een straal van 100 meter van een potentiële archeologische locatie activiteiten plaatsvinden, wordt in overleg met de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) van geval tot geval bekeken of de 100 meter gehandhaafd moet blijven. Alle locaties van potentieel archeologisch belang binnen een straal van 100 meter van de voorgestelde route zijn weergegeven in figuur 1.

Prehistorische resten
De fysieke kwaliteit, dat wil zeggen de integriteit en het behoud van prehistorische resten, is sterk afhankelijk van de mate waarin prehistorische landschappen en archeologische niveaus daarin zijn aangetast door erosie. De seismische gegevens geven aan dat een deel van het Pleistoceen-landschap is geërodeerd tijdens de mariene transgressie in het vroege Holoceen, waardoor de integriteit van mogelijke prehistorische nederzettingen is aangetast. Lokaal kunnen de geologische eenheden die zijn gedefinieerd

als potentiële lagen met prehistorische overblijfselen intact zijn gebleven, vooral in gebieden waar veen is gevonden. De interpretatie van lithostratigrafische eenheden en het karakter van de laaggrenzen (erosief versus niet-erosief) uit de seismische gegevens is gebaseerd op de beschikbare geologische gegevens en het oordeel van deskundigen. De seismische interpretatie moet worden geverifieerd door middel van vibrocore-bemonstering. De werkelijke geologische sequenties die in het gebied aanwezig zijn en de integriteit van de laaggrenzen zullen worden geverifieerd, wat een instrument zal bieden voor verdere analyse van de prehistorische landschappen en het specificeren en testen van het archeologische potentieel.

Advies prehistorie

Periplus Archeomare beveelt aan verder archeologisch onderzoek uit te voeren dat zich richt op het ontstaan en de integriteit van paleo-landschappen langs de Aramis-routetrajecten voor algemene archeologische onderzoeksdoeleinden. Dit onderzoek omvat een inventarisatie van veldonderzoek door middel van vibrocore-bemonstering conform de Nederlandse Kwaliteitsnorm voor Archeologie (KNA Waterbodems 4.1). Er wordt een geotechnische campagne uitgevoerd om een geologisch model te genereren van de ondergrond van de pijpleidingcorridor en om de fysische eigenschappen van de aanwezige sedimentlagen te bepalen. Wij adviseren om een aantal vibrocore-locaties aan te wijzen waar sedimentmonsters worden verzameld die gebruikt kunnen worden voor geo-archeologisch onderzoek.

De intacte monsters moeten door een (senior) prospector worden onderzocht en beschreven volgens de Standaard Boorbeschrijvingsmethode (SBB). Monsters worden geselecteerd en gestabiliseerd om te worden geanalyseerd door specialisten op het gebied van OSL- en radiokoolstofdatering, sedimentpetrografie, palynologie, micropaleontologie (foraminiferen, ostracoden, diatomeeën, et cetera), macroresten van planten en dieren en weekdieren om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van landschappen in de loop van de tijd en de mate waarin deze paleolandschappen bewaard zijn gebleven.

Conform de Nederlandse Kwaliteitsnorm voor Archeologie (KNA Waterbodems 4.1) moet er een Programma van Eisen (PvE) en/of Plan van Aanpak (PvA) worden opgesteld. Dit PvE/PvA omvat de doelstelling, de onderzoeksstrategie en -methodiek, de kaders en de praktische uitvoering van het onderzoek, zodat het proces soepel verloopt en meervoudig gebruik van de op uniforme wijze verkregen data wordt bereikt. Geadviseerd wordt om deze PvE/PvA ter goedkeuring voor te leggen aan het Bevoegd Gezag en de RCE. Na afronding van het inventariserend veldonderzoek kunnen tijdens de aanleg van de pijpleiding gegevens worden verzameld die – vanuit archeologisch oogpunt – op gedetailleerd niveau waardevolle informatie opleveren. Het kan zeer nuttig zijn om deze informatie vanuit archeologisch oogpunt verder te onderzoeken. Het verdient aanbeveling om, nadat de plannen zijn uitgewerkt, in overleg met de RCE de mogelijkheden hiervoor te onderzoeken.

Tijdens de installatie van de leiding kunnen archeologische voorwerpen worden ontdekt die volledig zijn begraven of tijdens het geofysisch onderzoek niet als archeologisch object zijn herkend. Wij adviseren passieve archeologische begeleiding op basis van een goedgekeurd Programma van Eisen. Passieve archeologische begeleiding houdt in dat een archeoloog tijdens de uitvoering van de werkzaamheden niet aanwezig is, maar altijd op afroep beschikbaar is. Het opvolgen van deze aanbeveling voorkomt vertragingen tijdens de werkzaamheden wanneer er onverwacht archeologische resten worden aangetroffen. Op grond van de Erfgoedwet is het verplicht om deze bevindingen te melden aan de toezichthouder (Minister van OCW). Deze melding moet ook worden opgenomen in het bestek van het werk.

Summary

TotalEnergies Nederland B.V. has contracted Periplus Archeomare B.V. to conduct an archaeological assessment of geophysical survey results of the Aramis pipeline route survey.

A large quantity of survey data (*side scan sonar, magnetometer, multibeam echosounder* and *subbottom profiling*) covering a total area of 243 km^2 have been analyzed to conduct an archaeological assessment.

The current analysis of geophysical survey results is the second step in the AMZ-cycle, following the desk study. The purpose of this assessment is to test the desk study-based expectancy for archaeological remains in the area. The expectancy covers remains of shipping related objects (wrecks), airplanes from World War II and prehistoric settlements.

Side scan sonar and multibeam contacts

Within the surveyed area, an archaeological expectation was assigned to a total of 8 contacts. In accordance with Dutch Law and Legislation no seabed disturbances should be carried out within 100 meters of each of the marked locations. If any activities will take place within 100 meters of a potential archaeological location, it will be examined on a case-by-case basis whether the 100 meters should be maintained in consultation with the Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE).

Feature	NCN	Easting	Northing	Route section	Distance
BK_FSEA_SSS_0022	-	551288	5924521	D	**+50**
BK_FSEA_SSS_0179	-	555839	5929168	D	-240
BJ_FD_SSS_0015	-	548443	5894128	F	+230
BB_FS_SSS_0683	219	570384	5762003	East	-540
BH_FSEA_SSS_0104	531	559172	5935317	C	**+25**
BK_FSEA_SSS_0163	967	550165	5921956	D	**-56**
BN_FD_SSS_0025	945	576689	5920367	E Neptune	+220
BB_FS_SSS_0433	-	570711	5761481	East	-210

Three of the eight contacts fall within 100 meters of the proposed route.

Magnetic anomalies

A total of 2748 magnetic anomalies have been observed. At 10 locations magnetic anomalies with a peak-to peak value over 500 nT have been mapped which cannot be related to known objects like pipelines or cables and may be of potential archaeological interest. The objects that cause these anomalies are not visible on side scan sonar or multibeam images and are therefore considered to be buried in the seabed. These objects could, apart from archaeological objects, include debris, UXO, lost anchors, et cetera. As long as the character of these objects has not been determined, the objects are considered to be of potential archaeological interest.

Target	E	N	nT	Section	Distance
BAB_FS_UXO_0010	570711	5761625	808	East	-210
BAB_FS_UXO_0599	570931	5761671	514	East	**+5**
BAB_FS_UXO_0603	570932	5761987	2312	East	**+8**
BAB_FS_UXO_0605	570933	5761957	1158	East	**+8**
BAB_FS_UXO_0618	570936	5761510	729	East	**+11**
BAB_FS_UXO_0657	570948	5761543	1348	East	**+22**
BC_FD_MAG_0121	571170	5763666	666	East	**+4**
BH_FSEA_MAG_0044	559169	5935057	578	C	**-2**
BJ_FD_MAG_0050	563642	5875159	2089	F	**-59**
BP_FD_MAG_0016	559490	5931390	591	B	**-60**

Table 3. Magnetic anomalies over 500 nT with an archaeological expectation.

Nine of the ten contacts fall within 100 meters of the proposed route.

In accordance with Dutch Law and Legislation no seabed disturbances should be carried out within 100 meters of each of the marked locations. If any activities will take place within 100 meters of a potential archaeological location, it will be examined on a case-by-case basis whether the 100 meters should be maintained in consultation with the Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE). All locations of potential archaeological interest within 100 meters of the proposed route are shown in the next figure.

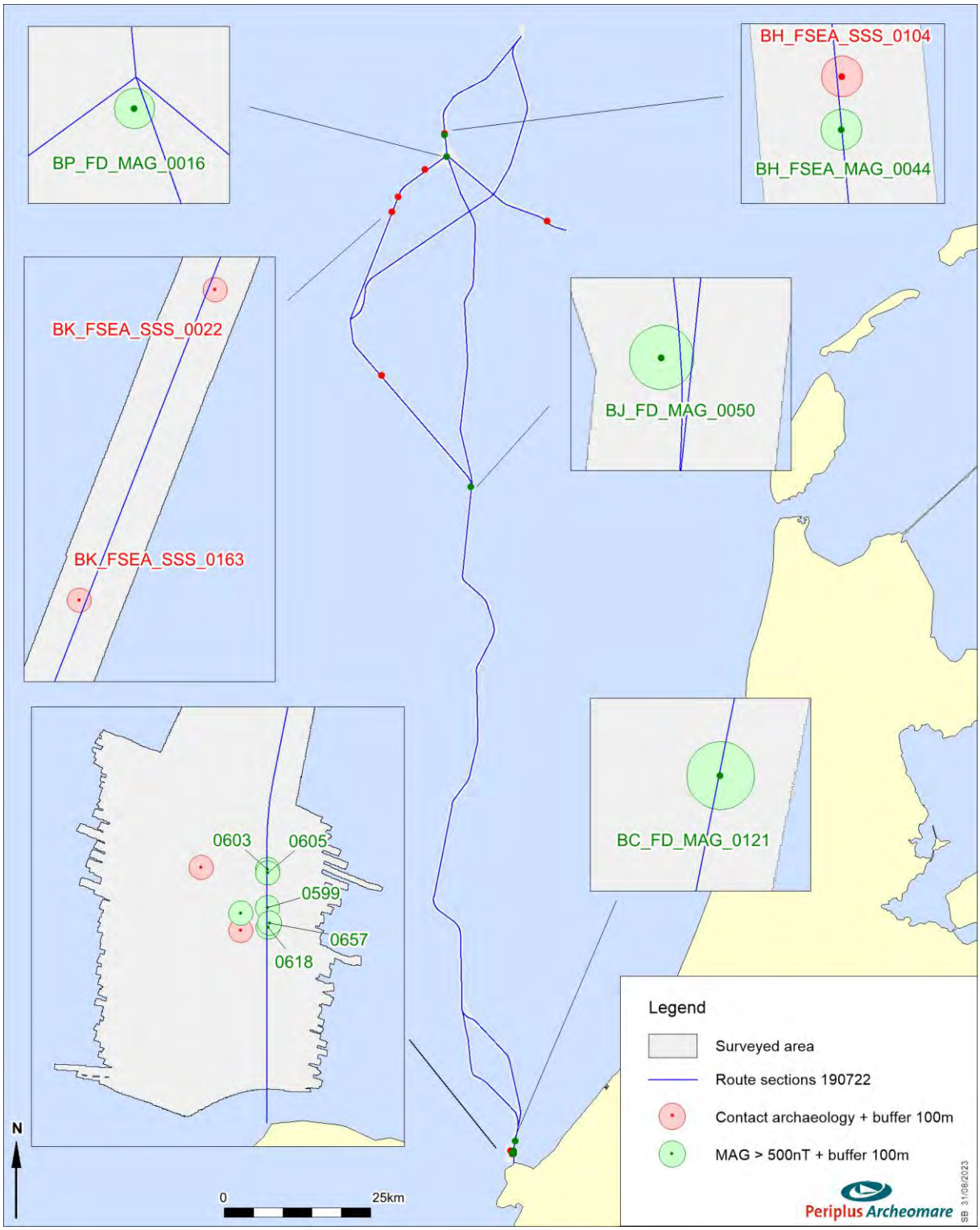


Figure 1. Overview of the potential archaeological targets within 100 meters of the proposed route

Prehistoric remains

Areas of potential archaeological interest listed below.

Depositional environment Areas of potential archaeological interest	Lithostratigraphic Unit	Time of deposition	Archaeological period
Peat-covered aeolian and small scale fluvial deposits	Boxtel Formation	*Late Glacial* and Early *Holocene*	Late Paleolithic and Early Mesolithic
Catchment of the Rhine	Kreftenheye Formation	Pleniglacial	Middle Paleolithic
Shores of lakes and lagoons	Brown Bank Member	Early *Weichselian*	Middle Paleolithic to Early Mesolithic

The physical quality, that is, the integrity and preservation of prehistoric remains is highly dependent on the extent to which prehistoric landscapes and archaeological levels herein have been affected by erosion. The seismic data indicate that part of the *Pleistocene* landscape has eroded during the Early *Holocene* marine ingression, thus affecting the integrity of possible prehistoric settlements. Locally the geological units defined as potential containers of prehistoric remains may have been preserved intact, especially in areas where peat has been found. The interpretation of lithostratigraphic units and the character of the layer boundaries (erosive versus non-erosive) from the seismic data is based on the geological data available and expert judgement. The seismic interpretation shall be ground-truthed by vibrocore sampling. The actual geological sequences present in the area and the integrity of layer boundaries will be verified, thus offering a tool for further analysis of the prehistoric landscapes and specify and test the archaeological potential.

Recommendation

Prehistory

Periplus Archeomare recommends conducting further archaeological research that focuses on the genesis and integrity of paleo-landscapes along the Aramis route trajectories for general archaeological research purposes. This research comprises an inventory of field research by means vibrocore sampling in accordance with the Dutch Quality Standard for Archaeology (KNA Waterbodems 4.1). A geotechnical campaign is carried out to generate a geological model of the subsurface of the pipeline corridor and to determine the physical properties of the sediment layers present. We recommend designating a number of vibrocore locations where sediment samples are collected that can be used for geo-archaeological research.

The intact samples must be examined by a (senior) prospector and described in accordance with the *Standaard Boorbeschrijvingsmethode* (SBB). Samples are selected and stabilized to be analyzed by specialists in the field of OSL and radiocarbon age dating, sediment petrography, palynology, micropaleontology (foraminifera, ostracods, diatoms, et cetera), macro-remains of plants and animals and molluscs to gain insight into the development of landscapes over time and the extent to which these paleolandscapes have been preserved.

In accordance with the Dutch Quality Standard for Archaeology (KNA Waterbodems 4.1), a Program of Requirements (PvE) and / or Plan of Action (PvA) must be drawn up. The PvE/PvA includes the objective, the research strategy and methodology, the frameworks and the practical implementation of the research, so that the process runs smoothly, and multiple use of the data acquired in a uniform manner is achieved. It is advised to submit this PvE / PvA for approval to the Competent Authorities and the RCE. After completion of the inventory field research, during the construction of the pipeline, data can be collected

that - from an archaeological point of view - provides valuable information at a detailed level. It can be very useful to investigate this information further from an archaeological point of view. It is advised to investigate the possibilities for this in consultation with the RCE, once the plans have been worked out.

During the installation of the pipeline, archaeological objects may be discovered which were completely buried or not recognized as an archaeological object during the geophysical survey. We recommend passive archaeological supervision based on an approved Program of Requirements. Passive archaeological supervision means that an archaeologist is not present during the execution of the work but always available on call. Following this recommendation would prevent delays during the work when unexpectedly archaeological remains are found. In accordance with the Erfgoedwet, it is required to report those findings to the enforcing authority (Minister of OCW). This notification must also be included in the Scope of Work.

1 Introduction

TotalEnergies Nederland B.V. has contracted Periplus Archeomare B.V. to conduct an archaeological assessment of geophysical survey results of the Aramis pipeline route survey.

The area of investigation (243 km^2) is located in the North Sea, and runs from Maasvlakte II to offshore block L4 over a distance of 192 km.



Figure 2. Location map of the area of investigation

1.1 Background

TotalEnergies plans to build a new pipeline from Maasvlakte 2 to offshore blocks L4/K6 as part of the Carbon Capture and Storage (CCS) project Aramis. The CCS system will consist of an onshore pipeline, the compressor station, an offshore pipeline and the storage of CO_2 in the deep subsoil of the North Sea (figure 3). The capture of CO_2 from the harbour's industries and the use of CO_2 of the storage of it underground is one of the measures to achieve the climate objectives. The area to be surveyed encompasses:

(1) the shore approach/Landfall pipeline routing for HDD and dredging part at Maasvlakte
(2) the offshore rigid pipeline routing from Maasvlakte to blocks L4/K6
(3) the offshore distribution hub[1].

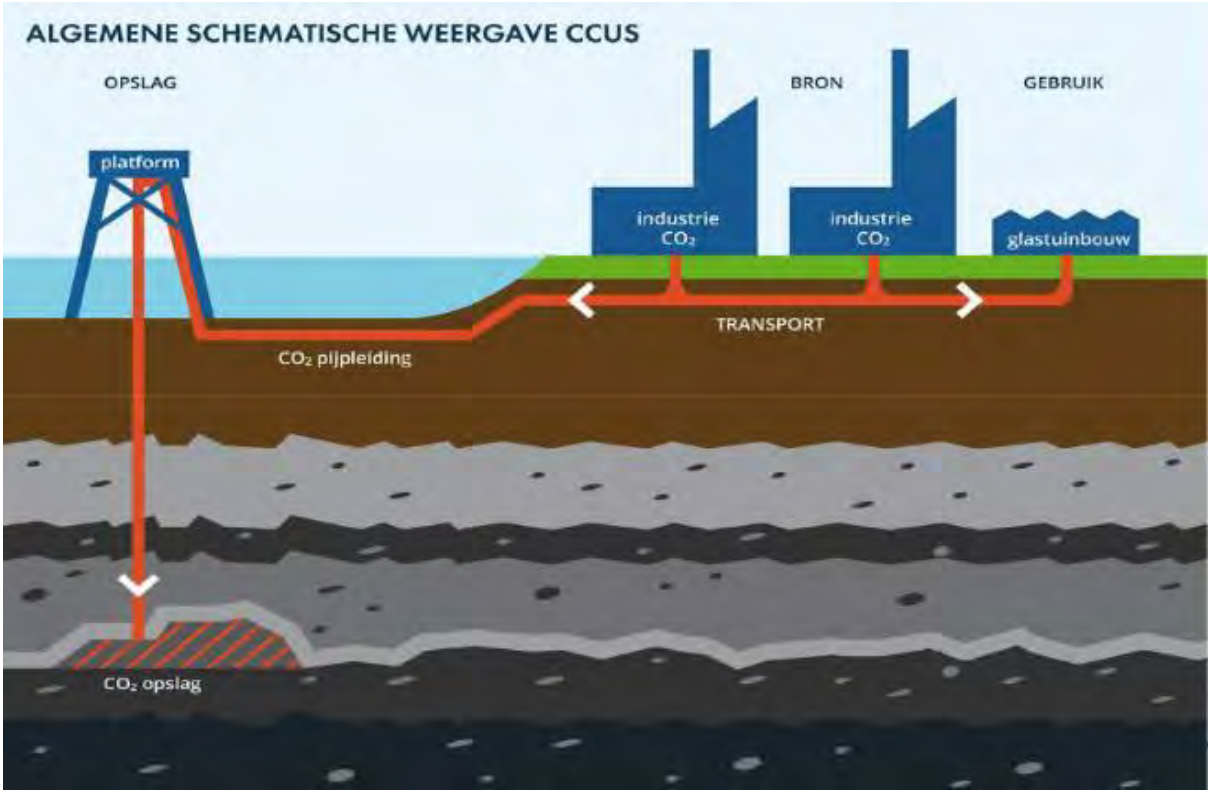


Figure 3: Schematic representation of the transport and storage system.

Offshore, the proposed 32 inch pipeline will be trenched into the seabed to a maximum depth of one meter[2].

In the Erfgoedwet[3] the protection of the archaeological heritage is embedded. Planned activities, such as the installation of a pipeline in the North Sea, may affect the archaeological values if present. If the remains are in jeopardy, there is a statutory obligation to conduct archaeological research. In line with this obligation an archaeological desk study has been carried out.

[1] Porthos project

[2] Concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau Aramis CO2-transportinfrastructuur

[3] De Erfgoedwet became effective on the 1st of July 2016.

An archaeological desk study is the first step in the so-called *AMZ* cycle (Archeologische Monumenten Zorg). The *AMZ* cycle includes a description of procedures for subsequent phases of archaeological research to be performed in order to ensure the protection of archaeological heritage in the Netherlands.

The second phase of the *AMZ* cycle is an inventory archaeological field study. As a rule, this field study comprises a geophysical survey of the seabed. The survey executed by Fugro was not primarily set to provide data to be used in the course of archaeological research. However, a scan of the survey data acquired, prove these data to be fit for an archaeological assessment.

The separate phases of the AMZ-cycle are embedded in the Dutch Quality Standard for Archaeology (KNA Waterbodems 4.1). This standard dictates a mandatory workflow for archaeologists. A detailed description of the different phases of archaeological research is included in appendix 4.

1.2 Results desk study

In January 2022 an archaeological desk study has resulted in specific information on the archaeological remains which are to be expected within the entire area of interest of the Aramis pipeline[4]. The results of the desk study will be discussed below.

The area of interest has high expectations for the presence of (remains of) ship wrecks and WWII plane wrecks. Intact prehistoric landscapes and related *in situ* remains of Palaeolithic and Early Mesolithic camp sites and inhumations are expected to have been preserved in places.

The proposed pipeline routes have not been investigated by detailed geophysical surveys yet. These areas may contain more undiscovered shipwrecks or remains of shipwrecks than are currently known.

At this stage little is known about the integrity of the *Pleistocene* landscape. By means of subbottom profiling the occurrence geological units (both horizontal as vertical) and archaeological levels herein can be mapped. The character of layer boundaries (erosive or non-erosive) can be interpreted. It is unlikely however that archaeological remains of Paleolithic and Mesolithic camp sites can be identified with sufficient certainty (based on the geophysical and geotechnical surveys) to impose restrictions on pipeline development. At this stage focus should therefore not be put on tracing prehistoric camp sites but on a pragmatic employment of geophysical techniques in order to obtain a better insight in (the integrity of) the *Pleistocene* landscape. The insights gained shall be used to a) refine the archaeological expectancy model and b) allocate areas with a high expectancy for *in situ* prehistoric remains.

In accordance with the AMZ cycle it is advised to conduct a field investigation (in Dutch '*Inventariserend veldonderzoek opwaterfase*') in order to test the archaeological predictive model and further specify the type, vertical and lateral extent, age, integrity and preservation of shipwrecks, prehistoric landscapes and potential archaeological levels.

[4] Van den Brenk en van lil, 2022

Archaeological Expectancy	Method		Goal	Remarks
Ship and aircraft wrecks	Geophysical	Side Scan Sonar	detect and map wreck sites	wrecks exposed at, or protruding from the seabed
		Multibeam	characterize wreck sites morphologically; detect (partially) buried wrecks by the occurrence of scours	in addition to side scan sonar
		Sub-bottom Profiler	detect buried objects including possible shipwrecks and remains of aircraft	nature of the buried object cannot be determined directly
		Magnetometer		
Prehistoric settlements (camp sites)		Sub-bottom Profiler	map the Pleistocene landscape; specify expectancy	supported by, and validated with drill data
	Geotechnical	Geological Sampling	determine lithostratigraphy, soil layer boundaries (erosive or gradual) and characteristics of soil formation and maturation; specify expectancy	designation of borehole and/or vibrocore locations for geo-archaeological research based on SBP data
		Cone Penetration Test	determine lithostratigraphy	correlate with drilling data

In general, similar investigations carried out in the past consist of a geophysical survey with *side scan sonar*, *magnetometer* and *subbottom profiler* and a geotechnical survey. The resulting data should be assessed after the general processing, interpretation and reporting has been performed by the survey contractor.

The archaeological assessment of the data shall be conducted by a geophysical specialist (KNA prospector Waterbodems). The data quality from the surveys needs to match the demands for this archaeological assessment. To ensure compatibility between the site investigation and the required quality for this assessment it is recommended to define a Program of Requirements (In Dutch: 'Programma van Eisen') in accordance with the 'KNA' (the Dutch quality standards for archaeological research), to be authorized by the competent authority.

1.3 Objective

The purpose of the archaeological assessment is to test the desk study-based expectancy for archaeological remains in the area. The expectancy covers remains of shipping related objects (wrecks), airplanes from World War II and prehistoric settlements.

The goals set for this assessment are:

- To determine the historical or archaeological value of contacts found in the geophysical survey;
- To validate the locations of known wrecks;
- Assess the prehistoric landscape based on seismic data.

1.4 Research questions

For the inventory archaeological field study, the following research questions have been defined in the Program of Requirements[5].

Primary Question : Are any archaeological remains present within the Area of Interest and to what extent are these remains traceable?
With respect to side scan sonar, magnetometer and multibeam survey:

- Are there any phenomena visible on the seabed?

If so:

- What is the description of these phenomena?
- Do these phenomena have a man-made or natural origin?

If these phenomena can be designated to be man-made:

- What classification can be attached?

If these phenomena can be classified as archaeological:

- Is it possible to interpret the nature of the archaeological objects?

If these phenomena can be identified as natural:

- What is the nature of these natural phenomena?
- Based on the acoustic image is it possible to designate zones of high, middle or low marine activity on the seabed?

If so:

- How can these zones be interpreted?

General:

- What is the relation between the observed objects and the topography of the seabed? Based on this relationship can risk-prone areas be marked selectively?
- If no acoustic phenomena can be observed, are there any clues that this is a consequence of either natural erosion, sedimentation or human interference?

With respect to the seismic data:

- What is the depth of the top of the Pleistocene and Holocene landscape(s) relative to a) LAT and b) the present seabed?
- What lithostratigraphic units can be distinguished along the pipeline routes?

The answer to this question shall include information on:

- the classification,
- the occurrence (lateral extent and depth),
- the lithologic and stratigraphic characteristics,
- the age and depositional environment,
- the character of the layer boundaries (gradual or instantaneous |erosive) of these units.

- Are channel-like features observed?

If so:

- What are the characteristics of the channel-like features in terms of spacial distribution (width, depth, shape, extent), channel infill composition, stratigraphic position and age.

- Are occurrences of peat and/or organic clay observed?

[5] Van den Brenk and van Lil, 2022.

If so:

- What is the spacial distribution (depth, extent) stratigraphic position and age of these deposits.

- Are intact prehistoric landscapes affected by the installation of the pipeline based on their vertical position related to the seabed?
- Are there any indications observed on the seismic profiles for the presence of buried (man-made) objects?

If so:

- Based on the presence of buried objects and their correlation with side scan sonar, magnetometer en multibeam data can something be said about the nature of these buried objects?

2 Methodology

2.1 Introduction

As part of the installation of the pipeline, a geophysical and geotechnical survey has been carried out by Fugro. The aim of the survey was to contribute to the bathymetrical, morphological, and geological understanding of area of interest, as defined in the scope of work. The results have been compiled in a survey report[6].

This geophysical survey provides the information needed for the planning and preparation of the geotechnical survey. The outcome of the geotechnical survey will be combined with the seismic data to create an Integrated Ground Model (IGM).

The following methods have been deployed:

- Side scan sonar (SSS)
- magnetometer (MAG)
- multibeam echo sounder (MBES)
- sub-bottom profiler (SBP)
- ultra-high resolution seismic (UHR)

The results of the survey and geotechnical activities have been recorded in reports, listings, drawings, and images. Prior to the execution of the archaeological assessment the quality and completeness of the delivered survey data have been judged. It is concluded that the data is of high quality and that the data are fit for the purpose of this archaeological assessment.

SSS	- event listings containing all contacts observed. - Geotiffs mosaics of all contacts listed
MAG	- event listings containing all anomalies observed
MBES	- validated *multibeam* XYZ point cloud dataset (grid 25x25cm)
SBP/UHR	- representative subbottom profiles
Report	- survey reports

Table 4. Data used for archaeological assessment.

[6] Fugro report F192961_REP_007 01, rev 00, 23 September 2022.

2.2 Geophysical survey

The geophysical survey was carried out by Fugro between July 2022 and April 2023. For the execution of the survey the vessels '*MV Fugro Discovery*', '*MV Fugro Seeker*', and the '*Fugro Searcher*' were employed. An overview of the survey campaign and the employed methods is presented in the table below.

Region	Survey Type	Vessel	Survey		Survey Methods
			Start	End	
Offshore	Geophysical	MV Fugro Discovery	11-11-2022	12-12-2022	Multibeam (MBES), Sub Bottom Profiler (SBP), Side Scan Sonar (SSS), Two-dimensional Ultra-heigh Resolution (2DUHR), and Magnetometer
Nearshore	Geophysical	MV Fugro Seeker	11-07-2022	22-09-2022	Multibeam (MBES), Sub Bottom Profiler (SBP), Side Scan Sonar (SSS), and Two-dimensional Ultra-heigh Resolution (2DUHR)
Offshore	Geophysical	MV Fugro Searcher	09-10-2022	23-01-2023	Multibeam (MBES), Sub Bottom Profiler (SBP), Side Scan Sonar (SSS), and Two-dimensional Ultra-heigh Resolution (2DUHR), and a Sparker
Offshore & Nearshore	Geotechnical	MV Normand Mermaid	11-11-2022	24-01-2023	CPT and Vibrocore
Offshore & Nearshore	Geotechnical	MV Kommandor Orca	02-12-2022	12-12-2022	CPT and Vibrocore

Table 5. Overview of the survey campaigns and the employed survey methods (source: Fugro report F197217-REP-001 | 01 | 18 April 2023).

77 geotechnical locations were investigated during the geotechnical surveys. All locations comprise of Vibrocore (VC) and Cone Penetration Test (CPT).

Details about the geophysical and geotechnical surveys can be found in the integrated Geophysical and Geotechnical reports in Appendix 3

2.3 Known objects.

Fugro has summarized the *side scan sonar* contacts and *magnetometer* anomalies encountered within the survey area in detailed event listings. From different databases the occurrence of a number of objects within the area is known, as described in the desk study[7]. The contacts included in the survey event listings are compared with the database objects in the area. For this comparison four different datasets are used:

- The Hydrographic Service database (hereafter referred to as NLhono database);
- The Rijkswaterstaat SonarReg database (hereafter referred to SR database);
- The Dutch Cultural Heritage Agency database ARCHIS;
- The Dutch Nationaal Contact Nummer database (hereafter referred to as NCN);
- The NCN database contains all basic information (E, N, and description) of the Nlhono, SR and Archis databases. More detailed information is gathered through the other datasets.

[7] Van den Brenk en van lil, 2022

The National Contact Number (NCN)

The NCN database combines the data from three governmental databases:

- The Dutch Continental Shelf and Westerschelde wrecks register from the Hydrographic Service of the Royal Netherlands Navy;
- The SonarReg object database of Rijkswaterstaat;
- The ARCHIS database (the official archaeological database of the Ministry of Cultural Heritage)

The permission for the use of the NCN database for the analysis was granted by the owner (Rijkswaterstaat Zee en Delta).

In addition to shipwrecks, information on contacts referred to as 'foul' or 'obstruction' are included. From these objects the origin is not always known, but information on the location, dimensions and other valuable information is listed. Besides the databases other sources containing information on wrecks and historic finds are consulted for comparison with the survey results.

All known data is combined and plotted in GIS. In this way an overview is made of the areas in which archaeological remains are present or to be expected. The known contacts are a reference framework for the assessment of data recorded during the route survey.

2.4 Archaeological assessment of survey data

The geophysical and hydrographic survey techniques employed include *side scan sonar* (SSS), *magnetometer* (MAG), *multibeam* (MBES), subbottom profiling (SBP) and ultra-high resolution multi-channel seismic (UHRS). The natures of those methods differ, with coherent strengths and weaknesses.

Table 6 provides a summary of the objective(s) the methods employed and the nature of those methods in terms of seabed penetration and coverage. Data are cross correlated because the methods are complementary. E.g., *multibeam* data can aid in the interpretation of a *side scan sonar* contact by providing information on its height with respect to the surrounding seabed, the occurrence of scouring next to the contact, and the accuracy and precision of the object. CPT's, borehole and vibrocore data will aid in the determination of geological units from seismic strata.

Method	**Objective**	**Seabed**		**Accuracy and Precision**	**Cross Correlation**
		Penetration	**Coverage**		
SSS	Identification of outcropping objects; seabed classification	No	Full	High	MBES / MAG
MBES	Charting of seabed morphology; identification of scours	No	Full	Very high	SSS
MAG	Identification of magnetic anomalies induced by ferromagnetic objects	Yes*1	Full*2	Accuracy = high Precision = poor*3	SSS
SBP/UHRS	Identification of seismic strata and buried objects such as pipelines, cables and boulders	Yes	No Profile data beneath sailed line	High	BH/VC/CPT*4 MAG
BH/VC	Determination physical properties of sediments and lithostratigraphy	Yes VC appr. 5 m bsb BH 60 to 80 m bsb	No Point location	High	CPT/ SBP/UHRS
CPT	Determination of physical properties of sediments and lithostratigraphy	Yes Up to 50 to 80 m bsb	No Point location	High	BH/VC/ SBP/UHRS

Table 6. Characteristics of geophysical and geotechnical methods employed.

NOTE:

*1 detection dependent on size of the ferromagnetic object, depth of burial, height of *magnetometer* above the seabed and distance cross course.

*2 distant and/or deeply buried objects can be missed.

*3 accuracy: perpendicular to ship heading = ½ * spacing of sailed lines; parallel to ship heading = approximately 1 m.

*4 interpretation of geology through correlation of seismic data with BH/VC/CPT-data.

With *side scan sonar* all objects and structures on the seabed can be made visible. Seabed sediment of different composition can be distinguished by their characteristic reflection. *Multibeam* images reveal the morphology of the seabed. Large objects and scouring can be mapped. Smaller objects, like thin cables, or flat objects lying on the seabed often are impossible to identify in *multibeam* images.

The strength of *side scan sonar* resides in the ability to visualize differences in reflectivity of seabed sediments and exposed objects. Variations in seabed composition cannot be observed in *multibeam* data, unless those variations are accompanied by morphological changes. This also applies for objects which are barely elevated above the seabed. Another strength of *side scan sonar* is the full coverage which is accomplished with a limited number of survey lines. A limitation of *side scan sonar* buried objects cannot be found with this technique.

The strength of *multibeam* lies in the high accuracy and high precision images of the seabed morphology the technique provides. Sand waves and current ripples can clearly be observed in *side scan sonar* data, but the height of those sedimentary structures can far better be established by means of *multibeam*. However, buried objects generally cannot not be traced with *multibeam*, scours caused by shallowly buried objects can lead to the identification of buried objects.

In this study *side scan sonar* and *multibeam* data were combined in the identification of objects which are of potential archaeological interest. The listing of potential archaeological objects is considered to be complete as far as it concerns exposed objects, although the presence of buried non-ferro-magnetic archaeological objects or objects which erroneously have been labelled as non-archaeological, can never be fully excluded.

Magnetometer contacts are identified by the presence of ferro-metallic objects which induce an anomaly in the earth magnetic field. These objects can be buried or lying on the seabed. Unlike *side scan sonar* and *multibeam* the contacts are tagged at the sailed survey line. The actual object can be located at both sides of the survey line. Given the 70-meter spacing of the run lines the precision perpendicular to the line is in the order of 35 meter. The precision parallel to the run line is in the order of one meter.

The strength of a *magnetometer* lies in its ability to trace buried objects, if those objects are ferro-magnetic. The technique provides a strong tool in mapping continuous linear structures like buried cables and pipelines. Also, an indication of the presence and distribution of isolated ferro-magnetic objects in an area of investigation is obtained.

An important limitation of the *magnetometer* is the poor accuracy and precision of the positions, size and weight of the objects found. An object must be boxed in by sailing additional lines with a *magnetometer* to pinpoint the location of the object. The measured amplitude of a magnetic anomaly is determined by different parameters, such as the size of the object, the depth of burial, the height of the *magnetometer* above the seabed and the distance cross course. Because the measured anomaly is influenced by multiple unknown parameters it is a priori not possible to deduce the size | iron content of the object from the measured anomaly. Magnetic anomalies are in many cases induced by buried objects. From the character of the magnetic anomaly (monopole or dipole) it is not possible to identify the nature of this buried object.

The listing of *magnetometer* anomalies is expected to be complete as far as it concerns large ferro-magnetic objects. As the line spacing employed is 100 meters it cannot be excluded that especially small distant buried objects have been missed.

Fugro processed their survey data and produced detailed event listings of the *side scan sonar* and *magnetometer* contacts encountered within the survey areas. Like the known objects the locations of the contacts are plotted in a GIS.

In the course of this archaeological assessment a selection was made based on the dimensions of the reported contacts. All contacts have been assessed, and the fraction of contacts larger than or equal to four (4) meters is investigated in more detail, because these objects are considered to be more likely to be related to wreck sites than the smaller contacts. This choice is based on best professional judgment and not prescribed by legislation or the KNA. The purpose of this analysis is to identify contacts that could reflect potential archaeological sites.

This is done by analyses of:

- *Side scan sonar* images included in the survey reports;
- raw *side scan sonar* data (XTF-files);
- raw *multibeam*-data (xyz-files);
- values of magnetic anomalies reported in the survey reports;
- comparison of *side scan sonar* and *magnetometer* contacts;

Apart from the survey data studied the geological constellation and seabed morphology of the area are considered as outcrops of geological strata and sedimentary structures can lead to (apparent) anomalies in the *side scan sonar* record.

The *side scan sonar* images are scanned to define potential archaeological sites. A selection of contacts was made of contacts to be studied in detail. The interpretation and selection of *side scan sonar* contacts is based on best professional judgment. If desired or needed the exact nature of the contacts observed can be established with certainty through the execution of additional research by means of a ROV or divers in a following phase.

Fugro has acquired and processed shallow seismic data using a sub-bottom profiler (SBP) and an ultra-high resolution multi-channel sparker (UHR). The processing involved an analysis of seismic profiles which had a line spacing of 70 m for both the main lines and the cross lines. Observed seismic strata have been digitized and – based on known geological data from the area – lithostratigraphic units have been identified. The base of each lithostratigraphic unit has been interpolated into a grid. The results have been summarized and reported. In addition to the identification and occurrence of lithostratigraphic units, seismic anomalies which are expected to reflect potential hazardous phenomena have been identified.

2.5 Data Analysis

The first step in the data analysis is to cross-reference known objects within the surveyed area with the survey data. For the comparison the results of the desk study and the survey datasets were used. All the known objects were projected in a GIS together with the survey data.

For cross-reference it was assumed that all present possible contacts and anomalies have been reported and described by the survey contractor. The raw data was used only to verify the description of found objects and anomalies as reported.

The positions of the interpreted contacts from the different surveys were compared with the positions of the known objects collected from the databases. Besides that, all the positions of both the survey contacts and the known objects were plotted on the high resolution *multibeam* grid to visualize the morphological influence of the presence of these objects. This assisted in the determination of possible archaeological

value of the present remains. If an object had a potential archaeological value, the description of the object was finalized.

Besides the objects detected from the *side scan sonar* survey also the *magnetometer* contacts were plotted on the high resolution *multibeam* grid. For the *magnetometer* contacts that corresponded with the *side scan sonar* contacts within 50 meters of each other, these contacts were related. When in the vicinity of a magnetic anomaly no visible object was found the size of the anomaly defines whether the buried object causing the magnetic anomaly is of potential archaeological interest. If the magnetic anomaly of a contact is more than 500 nT (nano-Tesla) then it is stated that the contact could possibly be of archaeological value[8]. All the *magnetometer* contacts above 500 nT but within 25 meters of the existing cable and pipeline routes are exempt for further investigation. It must be stressed that within this assessment no distinction can be made between anomalies related to possible archaeological objects or anomalies related to (for example) unexploded ordinance (UXO's).

An archaeological assessment has been undertaken for all visible contacts. This interpretation is based on the best 'professional judgment'.

The interpreted seismic data have been assessed to test the archaeological expectation with respect to remains of prehistoric settlements in the area. The archaeological desk study has resulted in the identification of lithostratigraphic units which could contain archaeological levels. The grids produced by Fugro have been used to get an insight in both the lateral and vertical distribution of the lithostratigraphic units and the expected archaeological levels herein. Thus, testing the desk study based archaeological expectation. An important factor included in the assessment is the integrity of layer boundaries, because erosion by natural processes poses a significant threat to archaeological levels. Based on the assessment, zones along the pipeline route which are expected to contain archaeological remains are mapped and presented. The results are reviewed in the context of the activities planned to predict possible influence on the potential archaeological remains.

The analysis was executed in June 2023 by R.W. Cassée (KNA Archaeologist Ma specialism Waterbodems), R. van Lil and S. van den Brenk (both KNA senior prospector). The investigation is carried out according to specifications set up within the Dutch Quality Standard for Archaeology (*KNA Waterbodems 4.1; protocol 4103*).

[8] The designated value of 50 nT to discriminate between anomalies that are induced by objects of possible archaeological value (>50nT) and that are not (<50 nT) is arbitrary. Given the employed lines spacing of 70 m, an anomaly that solely is observed on one survey line could be located within 35 m on either side of this survey line. It is estimated that an iron mass of 1000 kg located at 10 m from the magnetometer will result in a 50 nT magnetic anomaly. On the other hand, an iron mass of 1 kg located within 3 m of the magnetometer will also result in a 50 nT anomaly, albeit that the anomaly with will be less. It is estimated that an iron mass of 100 kg that is located at 30 m from the magnetometer will result in an anomaly of less than 2 nT. This value is often below the limit of detection. If those small values were to be labelled as anomalies caused by objects of possible archaeological interest all magnetic anomalies found in the survey area were to be labelled as such. Therefore, the arbitrary value of 50 nT is chosen, given the current line spacing. If a closer line spacing is used a larger value shall be considered.

2.6 Used Sources

The following sources were used for the analysis:

- Survey data Fugro, original survey data and reported interpretations;
- Archaeological desk study Periplus (19A029-01);
- ARCHIS database Cultural Heritage Agency;
- Archeomare Database;
- Nlhono database Hydrographic Service of the Royal Netherlands Navy;
- Wrecksite.eu;
- Database, Nationaal Contact Nummer (NCN).

For a complete list of used sources and literature see the reference list at page 67.

Italic written words are explained in the glossary at page 65.

3 Results

3.1 Seabed bathymetry and morphology

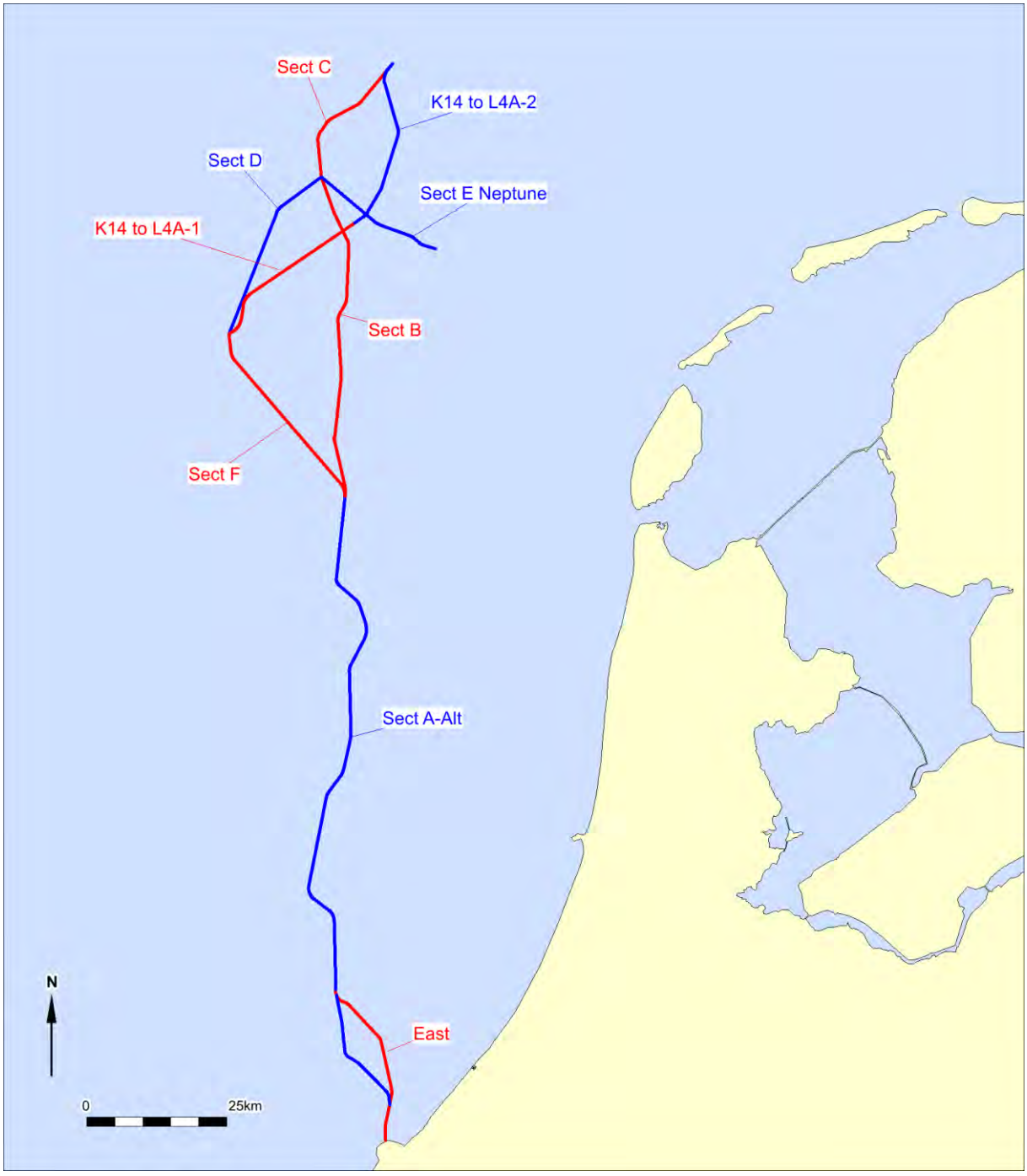


Figure 4. Sections bathymetric profiles based on the multibeam recordings (source data: Fugro 2022)

Based on the 2022 survey data the water depth within the survey corridor varies from 4.8 to 39.6 m, with an average depth of 27.0 m LAT. Bathymetric profiles along the different sections are presented in the next figure.

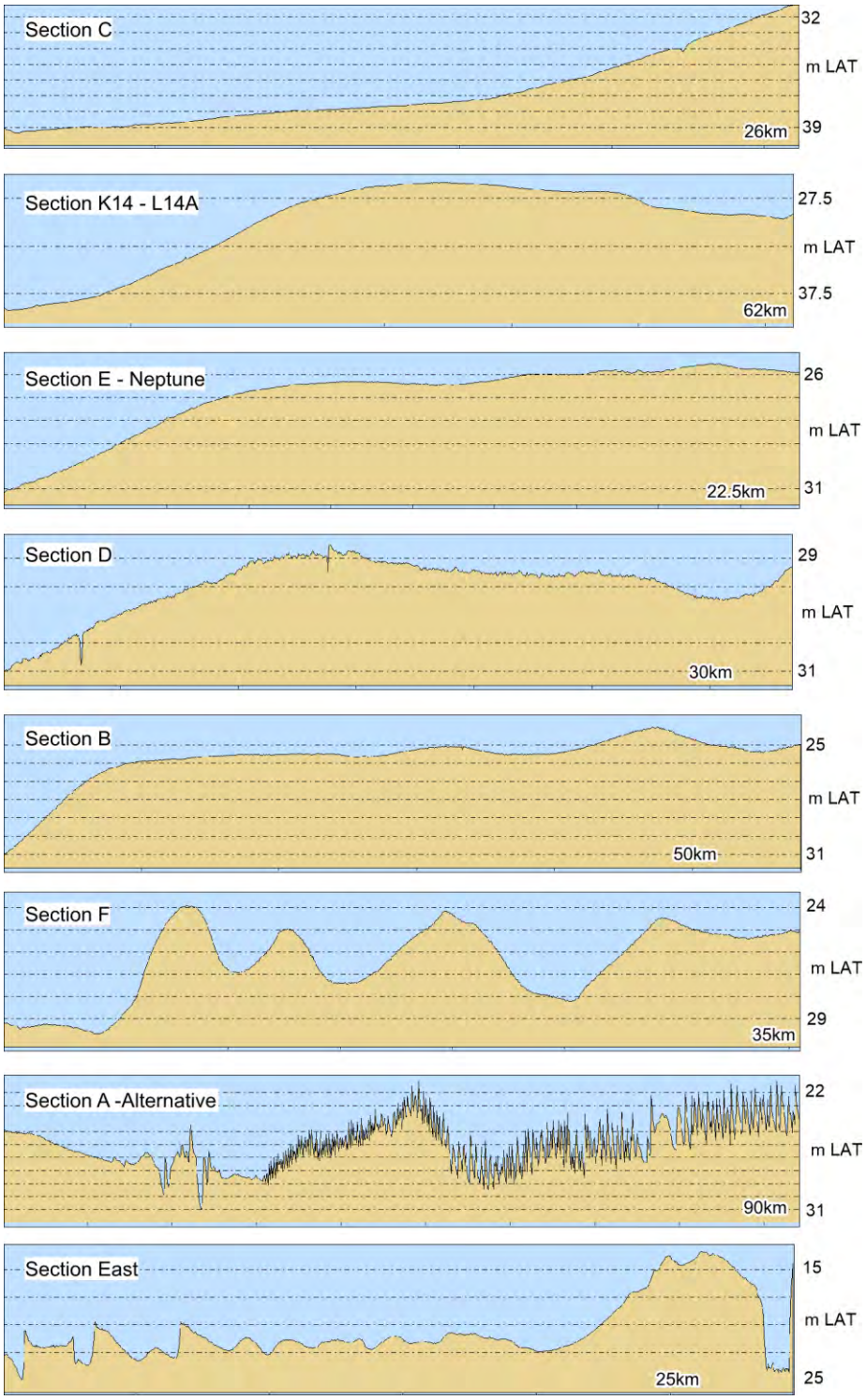


Figure 5. The seabed profiles along the different sections from north to south.

Seabed morphology

The seabed along the route is characterized by a complex pattern of bedforms of various orders. Those bedforms include very large ridges (hereafter sand banks), sand dunes, mega ripples and small ripples. The sand banks are some 2 to 2.5 km wide and stretch more or less north - south. The sand banks are separated by low-lying areas. The difference in height between the troughs and crests of the sand banks is up to 7.5 m. The wavelength of the sand dunes varies, the height of the ranges from 1 m to 3 m. Superimposed on the major sand dunes and sand banks lie mega ripples with an average wavelength of 20 m. The height of the mega ripples ranges from 0.2 m to 0.4 m. The mega ripple crests stretch west northwest - east.

Migration rate

The mobility of the seabed sediments imparts major implications to the prospection of archaeological remains in the area. Wreck remains can be covered by a layer of sandy seabed sediments, as a result the remains are not exposed to the seabed and cannot be traced with *side scan sonar.* Remains can become exposed at a later stage due to the ongoing migration of the sand dunes.

Each of the morphological features in the area has its typical migration rate. The position of the north-south oriented sand banks is fairly stable. Van der Meulen et al. (2004) reported a migration rate for sand dunes of over 20 m/year near the island of Texel, with typical migration rates decreasing southwards to a stationary (0 – 3 m/year) field near the entrance of the Rotterdam Harbour[9]. Deltares studied the migration rate of sand dunes in the Prinses Amalia WFZ and concluded that the dunes in this area migrate some 4 m/year[10].

To assess the migration rate of sand dunes in the IJmuiden Ver wind farm zone a comparison of *multibeam* data acquired 30 days apart was made. Within this short period of time a sand dune had migrated two meters and the shape of the sand dune had altered[11].

[9] Meulen, M.J. van der, et al. 2004.

[10] Fugro survey report P904162, Volume 3.

[11] Van Lil et al. 2023

3.2 Known objects: As Found positions versus database positions.

In the archaeological desk study report a total of 316 archaeological records, 458 shipwrecks, and 3494 other known objects have been reported.

However, the survey area (243 km^2) is considerably smaller than the area which had been defined as area of investigation for the archaeological desk study (11.355 km^2). Additionally, since the finalization of the archaeological desk study, new objects have been added to the NCN-database. The known objects which, according to their database positions are located within the survey area are listed in the table below.

Type	amount
Anchor with chain	2
Seabed distortion	9
Cable or chain	27
Unidentified object	124
Boulder	1
Wreck and wreck remains	8
Total	**171**

Table 7. Known objects within the surveyed area.

The SSS and MBES contacts and the MAG anomalies encountered during this survey have been stored in event listings. The positions of the contacts and anomalies in these listings are compared with the theoretical positions of objects in the NCN database. To conduct this comparison all SSS contacts and MAG anomalies found within a range of 25 meters around the database locations are selected.

The outcome of this comparison can be:

- The As Found position of a shipwreck is in agreement with the database position of a known wreck;
- The As Found position of a contact is in agreement with the position of a contact listed in the database, but the interpretations do not match;
- The As Found position of a shipwreck is not in agreement with the database position of a known wreck;
- A wreck listed in the database has not been found;
- A new wreck has been found.

Known NCN objects found

A total of 37 out of 171 known NCN objects were found during the survey.

NCN	Contact type	E	N	Survey_ID
219	Wreck remains	570384	5762003	BB_FS_SSS_0683
531	Wreck	559172	5935317	BH_FSEA_SSS_0104
967	Wreck remains	550165	5921956	BK_FSEA_SSS_0163
4543	Unidentified object	571058	5762056	BB_FS_MAG_0458
4547	Unidentified object	570585	5761590	BB_FS_SSS_0483
4559	Unidentified object	570645	5763097	BC_FD_MAG_0089
4623	Unidentified object	571139	5761040	BB_FS_MAG_0080
8099	Unidentified object	570782	5761179	BB_FS_MAG_0083
8104	Cable / Chain	570716	5761482	BB_FS_SSS_0433

NCN	Contact type	E	N	Survey_ID
8111	Unidentified object	569849	5761781	BB_FS_MAG_0129
8120	Unidentified object	570177	5761705	BB_FS_MAG_0164
8121	Cable / Chain	570729	5761506	BAB_FS_UXO_0074
13434	Unidentified object	571042	5761479	BB_FS_SSS_0431
13881	Unidentified object	570170	5761683	BB_FS_MAG_0139
13882	Unidentified object	570722	5761528	BAB_FS_UXO_0033
17443	Cable / Chain	570751	5760384	BB_FS_SSS_0019
17446	Unidentified object	569970	5761679	BB_FS_SSS_0513
17852	Unidentified object	570668	5761516	BB_FS_MAG_0147
17863	Unidentified object	570285	5761300	BB_FS_SSS_0307
17866	Unidentified object	570283	5761184	BB_FS_SSS_0241
17870	Seabed distortion	569820	5761550	BB_FS_SSS_0465
17873	Cable / Chain	570079	5761633	BB_FS_MAG_0106
17883	Unidentified object	571009	5761365	BB_FS_SSS_0355
19203	Unidentified object	570846	5761183	BB_FS_MAG_0089
19214	Unidentified object	570608	5761553	BB_FS_SSS_0464
19222	Unidentified object	571021	5761490	BB_FS_SSS_0439
19585	Unidentified object	562818	5899439	BF_FD_SSS_0019
20270	Unidentified object	571246	5761234	BB_FS_MAG_0141
20279	Seabed distortion	570157	5761591	BB_FS_SSS_0481
20280	Unidentified object	570772	5761331	BB_FS_SSS_0328
20282	Unidentified object	570154	5761363	BB_FS_SSS_0374
20283	Seabed distortion	570757	5760383	BB_FS_SSS_0019
20288	Unidentified object	571165	5761318	BB_FS_MAG_0143
29706	Unidentified object	569875	5762289	BB_FS_SSS_0835
33006	Unidentified object	563254	5896797	BF_FD_SSS_0026
33416	Unidentified object	558944	5814439	BD_FD_SSS_0218
33993	Cable / Chain	570971	5761365	BB_FS_SSS_0363

Table 8. As Found NCN objects

Known wrecks found and not found

NCN	E	N	Description	Arch value	Survey_ID
219	570384	5762003	Fishing vessel reported lost in 1945	Unknown	BB_FS_SSS_0683
531	559172	5935317	Wreck reported in 2011. 24x11x2.5m	Unknown	BH_FSEA_SSS_0104
967	550165	5921956	HMS Ivanhoe, sunk 01-09-1940 (ARCHIS ID 4030384100)	Yes	BK_FSEA_SSS_0163
1133	564181	5917118	Wreck reported in 1941, not found during several surveys	No	(not found)
1822	571084	5760899	Sailing vessel Lindis Farne, sunk 03-01-1908. Wreck cleared away according to Hydrographic service	No	(not found)
1902	569952	5777662	Wreck reported in 1945, not found during several surveys	No	(not found)

NCN	E	N	Description	Arch value	Survey_ID
2113	566176	5846859	Steam ship Nipponia, sunk 13-10-1908. Wreck cleared away to a depth of 17 m in 1909. Remains not found during several surveys	No	(not found)
32851	570262	5762370	Motorvessel Clearwater, sunk 29-08-1968. Wreck raised in 1968 according to Hydrographic service	No	(not found)

Table 9. Known shipwrecks found and not found

The five shipwrecks that have not been found during the survey are probably in a different location or completely salvaged in the past, because they were also not found during previous surveys. If they were covered in the seabed, this would have resulted in magnetic anomalies at the locations.

Examples of the shipwrecks that have been found are presented below.

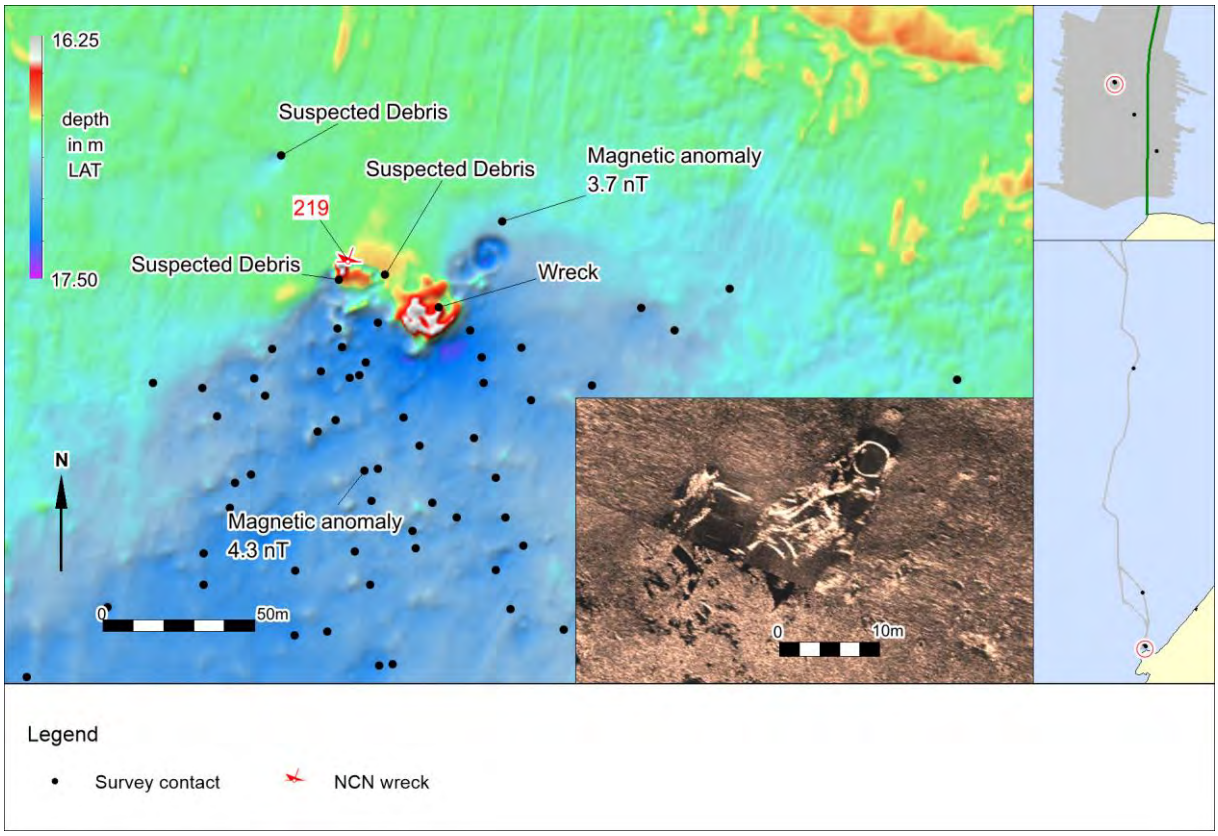


Figure 6. Multibeam image of NCN 219

NCN 219 represents the location of a fishing vessel reported lost in 1945. Both side scan sonar en multibeam images show an area of 22 x 20m scattered with debris at a depth of 17m LAT. Relatively small magnetic anomalies are observed in the surroundings of the area. The location is situated 544 meter west of the proposed route section C-East. The possible wreck remains have not been identified yet, so the archaeological value is not known. It is advised to avoid this location including a buffer zone of 100 meters during pipeline construction.

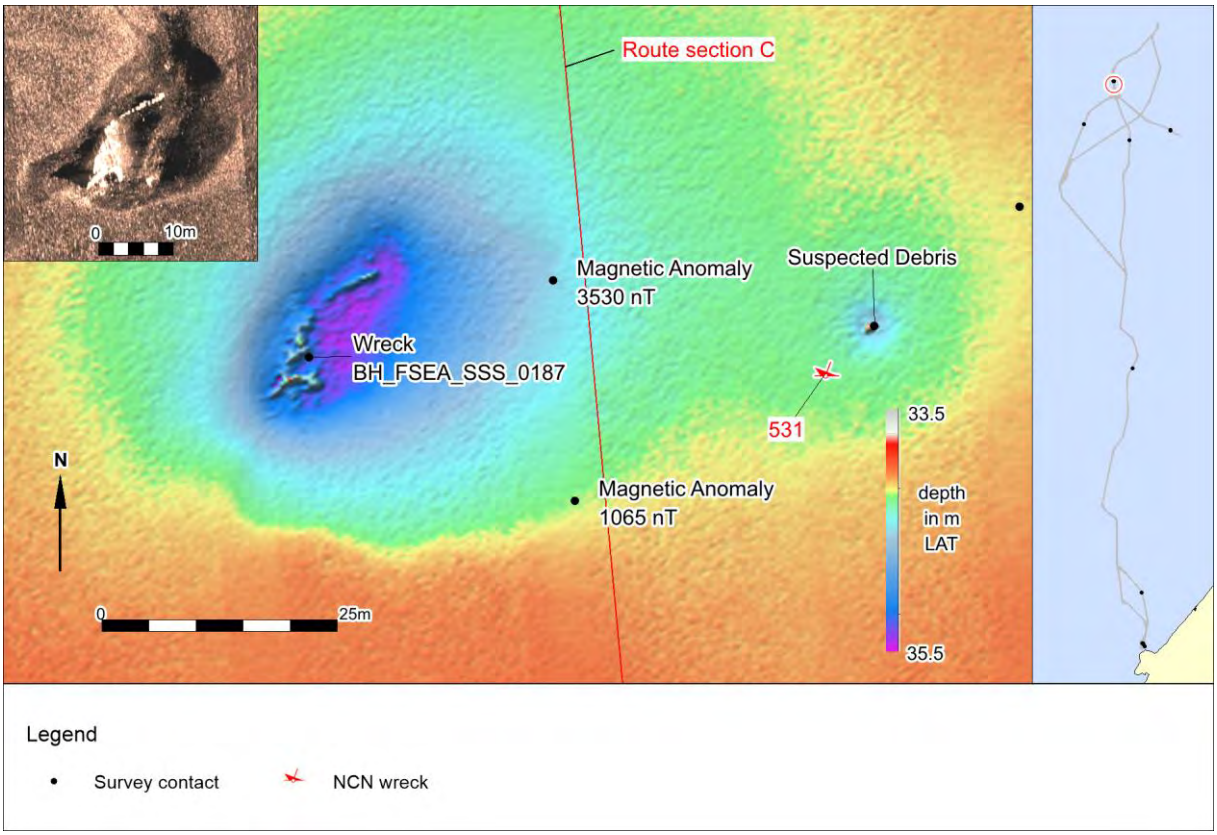


Figure 7. Sonar and multibeam image of NCN 531

NCN 531 is an unidentified wreck reported by the Hydrographic Office in 2011. Both side scan sonar en multibeam images show an area of 63 x 18m at the theoretical location of NCN 531 with a large structure in the west and a smaller object in the east at a depth of 34m LAT. Both locations lie within 30 meters of the proposed route (Section C) In between, very large magnetic anomalies are observed suggesting buried remains. The possible wreck remains have not been identified yet, so the archaeological value is not known. It is advised to avoid this location including a buffer zone of 100 meters during pipeline construction.

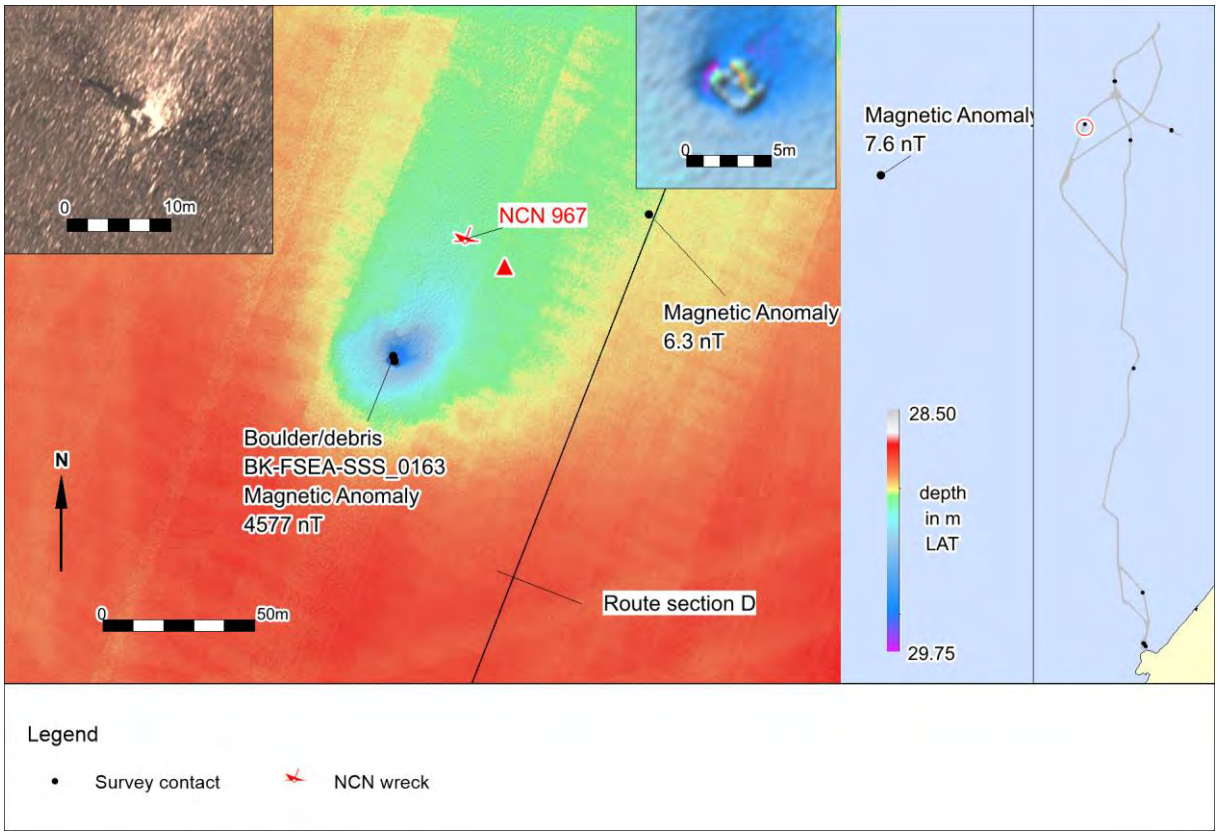


Figure 8. Sonar and multibeam image of NCN 967

Contact BK-FSEA-SSS-0163 is a square object of 2.9 x 2.6 m at a depth of 29m LAT surrounded by scouring. At the location, a very large magnetic anomaly of 4577 nT was observed. Smaller anomalies lie to the east of the object and may present buried wreck remains. The object is located within 50 meters of the theoretical position of NCN 967. This represents the wreck of the HMS *Ivanhoe*, a British destroyer built for the Royal Navy in the mid-1930's. Together with sistership HMS *Esk* it hit a mine on August 31, 1940 and sunk. The location of the wreck of the HMS ESk is confirmed and lies 2900m to the east.

The location is situated 63 meter west of the proposed route section D. If these are the remains of the HMS Ivanhoe, it is considered to be of archaeological value. It is advised to avoid this location including a buffer zone of 100 meters during pipeline construction.

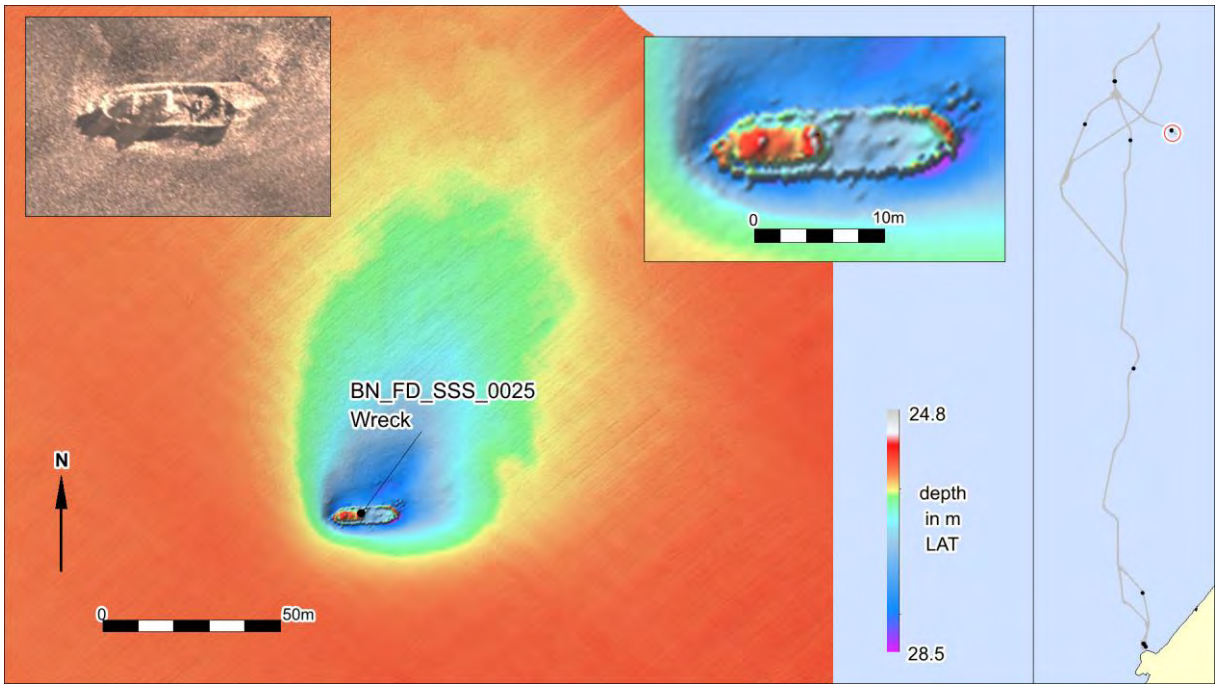


Figure 9. Sonar and multibeam image of contact BN_FD_SSS_0025

Contact BN-FD-SSS-0025 is an unidentified wreck. Both side scan sonar en multibeam images show a clear shipwreck with dimensions of 19.7 x 5.1 x 1.0 m at a depth of 25 m LAT. The location lies 220 m northeast of proposed pipeline section E.

The wreck has the characteristics of a fishing trawler. This might be a known wreck (NCN 945) which theoretical location is situated 200 meters to the north, just outside of the surveyed area. NCN 945 represents the fishing trawler *Stormvogel* (IJM 9) sunk at 7-04-1981 and has no archaeological value.

3.3 Side scan sonar

Fugro has identified 3806 *side scan sonar* contacts within the surveyed corridor. The classification of the contacts is listed below.

Classification	Amount
Boulder	3010
Debris	159
Depression Pockmark	5
Fishing Gear	7
Mattress	2
Pipeline	4
Seabed Mound	98
Suspected Debris	517
Wreck	4
Total	**3806**

Table 10. Side scan sonar contacts identified by Fugro

The objects classified as '*Boulder*' are found throughout the whole surveyed area. These probably also include clay boulders, because known stone boulders in the North Sea only occur north of the city of Den Helder.
All contacts which match known objects have been discussed in the previous paragraph. The remaining *side scan sonar* contacts and images have been scanned and checked for the presence of potential archaeological contacts. This is done by analyses of:

- *Side scan sonar* geotiffs;
- *Multibeam* grids;
- Comparison of *side scan sonar* and *magnetometer* contacts.

Apart from the survey data studied, the geological constellation and seabed morphology of the area are taken into account, as outcrops of geological strata and sedimentary structures can lead to (apparent) anomalies in the *side scan sonar* record.

All side scan sonar contacts greater than four meters in any dimension, 117 in total, have been examined in detail, because these objects are considered to be more likely to be related to wreck sites than the smaller contacts. The purpose of this analysis is to identify contacts that could reflect potential archaeological sites.

A summary of the outcome of the detailed inspection of selected contacts larger than four meters is presented in the table below. It should be noted that the seven contacts that are classified as '*wreck*' refer to four different wrecks, which are already discussed in the previous paragraph. Appendix 3 contains a complete listing of the results of this assessment.

Category	Amount
Anchor	1
Buoy anchor	1
Cable/chain	10
Matress	3
Natural ridge	1
Pipeline	4
Seabed disturbance	11
Shell bed	1
Shipwreck	7
Spudcan depression	4
Unidentified object	74
Total	**117**

Table 11. Results of the assessment of selected side scan sonar contacts

At total of seven side scan sonar contacts larger than four meters are attributed to four different wreck sites (which have been discussed in section 3.2) and three possible new wreck sites. Additionally, one side scan sonar contact is attributed to a large anchor. The summary of the side scan sonar records with potential archaeological interest is listed below.

Feature	Easting	Northing	Fugro	L	W	H	Z	Interpretation PPA
BK_FSEA_SSS_0022	551288	5924521	Boulder	5.6	2.9	5.2	-29.8	Buried remains with magnetic anomalies - wreck remains
BK_FSEA_SSS_0179	555839	5929168	Boulder	6.7	5.7	1.0	-30.3	Large anchor shaft 3.2m arms 2.1m with scouring
BJ_FD_SSS_0015	548443	5894128	Debris	5.6	1.8	0.0	-26.4	Elongated object 5.6m - wreck remains
BB_FS_SSS_0433	570711	5761481	Wreck	4.3	2.4	0.3	-18.9	Oval contact, possibly wreck remains

Table 12. Listing of side scan sonar records with potential archaeological interest.

The results with examples of the four objects are discussed below.

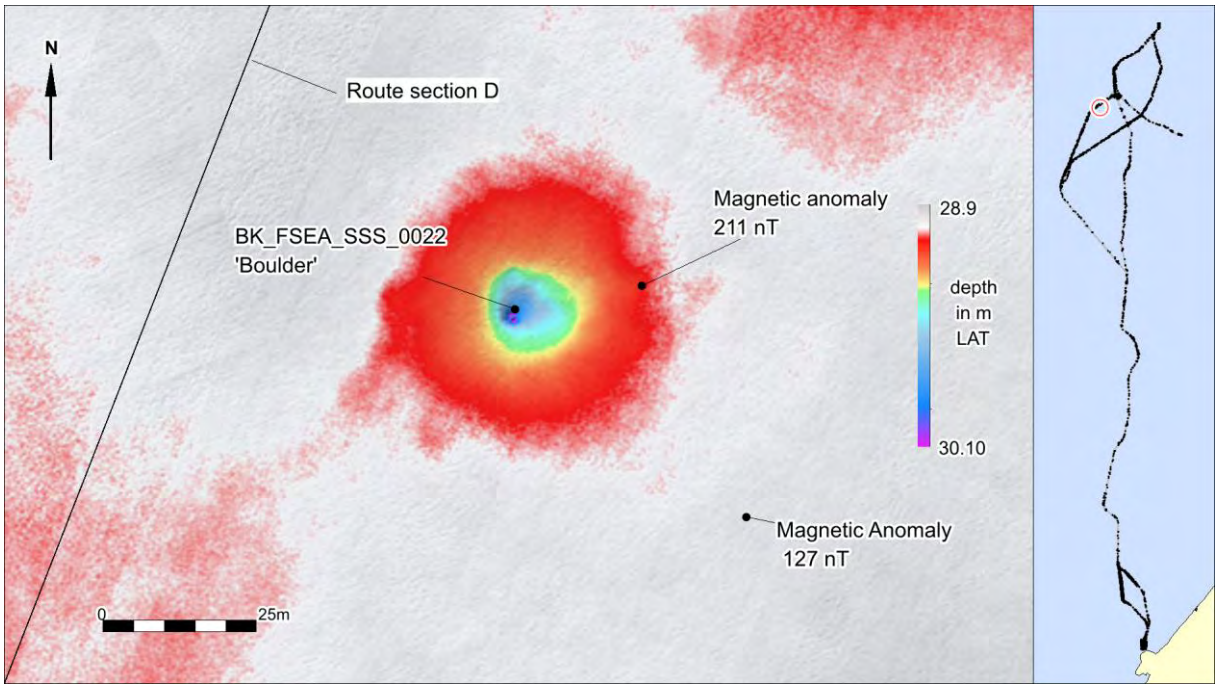


Figure 10. Multibeam image of survey contact BK-FSEA-SSS-022

Contact BK-FSEA-SSS-0022 was interpreted by Fugro as a '*boulder*'. The multibeam image shows an object surrounded by a round scour depression with a diameter of 30 meters and a relative depth of one meter.

Two large magnetic anomalies have been observed to the east of the contact. These might represent a buried structure; possibly unidentified wreck remains. The location lies 55 meters east of route section D.

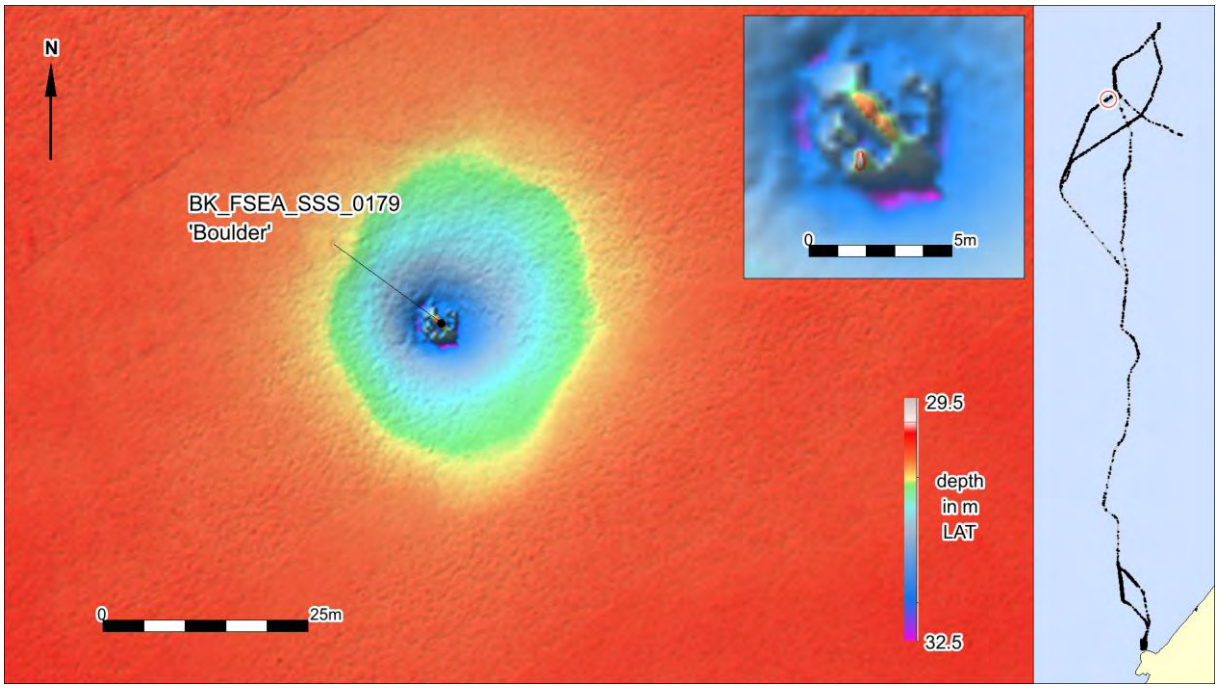


Figure 11. Multibeam image of survey contact BK-FSEA-SSS-0179

Contact BK-FSEA-SSS-0179 was interpreted by Fugro as a '*boulder*'. The multibeam image shows a triangular object surrounded by a round scour depression with a diameter of 20 meters and a relative depth of 1.5 meter. In more detail, the object resembles an anchor with a shaft length of 3.2 meters and arms of 2.1 meters. This might be an historical Admiralty Pattern anchor, or simply "Admiralty", commonly used in the 17th and 18th century. The location lies 240 meters west of route section D.

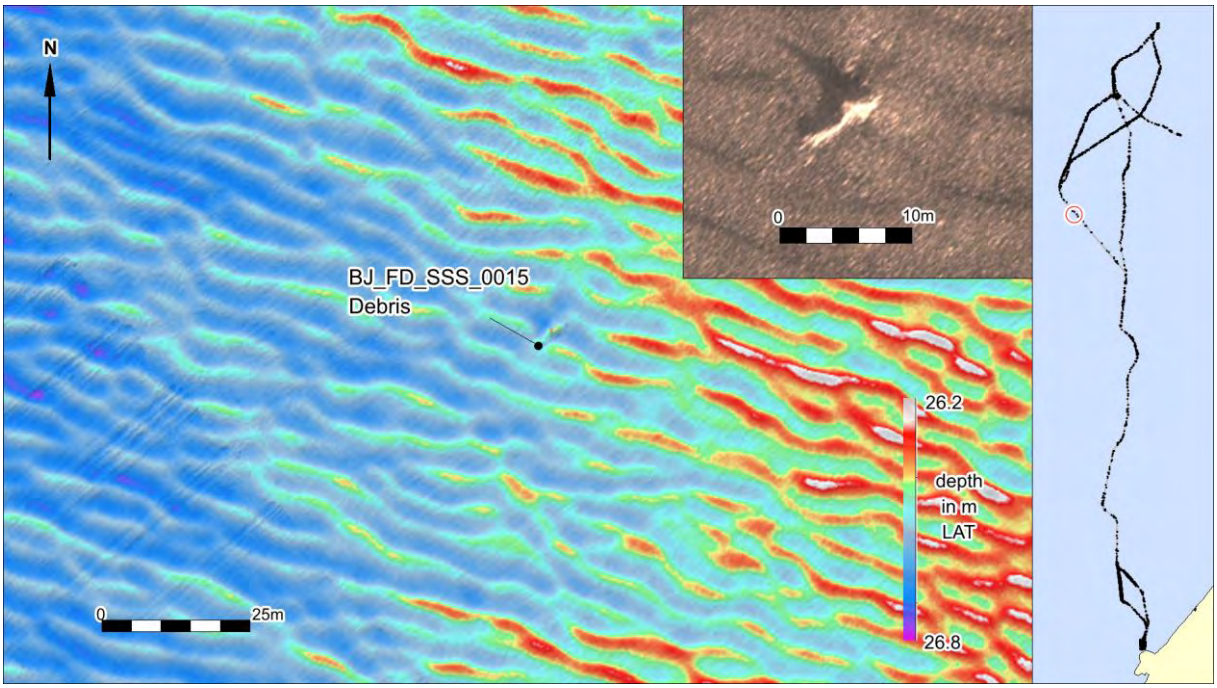


Figure 12. Sonar and multibeam image of survey contact BJ-FD-SSS-015

Contact BJ-FD-SSS-0015 was interpreted by Fugro as a '*debris*'. Both multibeam and side scan sonar images show an elongated irregular object of 5.6 x 1.5 x 1.0 meters perpendicular to the surrounding sand ripples. No magnetic anomalies have been observed in the surrounding area. The object might be the remains of a wreck. The location lies 232 meters east of route section F.

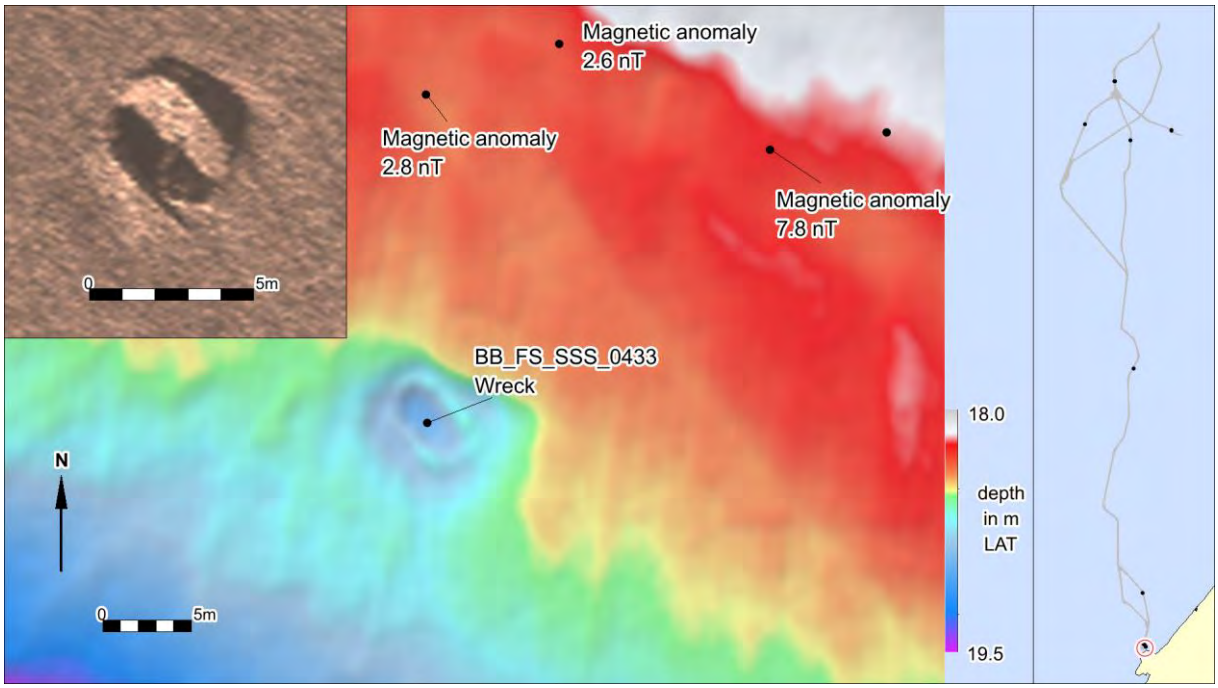


Figure 13. Multibeam image of survey contact BB-FS-SSS-0433

Contact BB-FS-SSS-0433 was interpreted by Fugro as a 'wreck'. Both multibeam and side scan sonar images show an oval object of 4.3 x 2.4 x 0.3 meters surrounded by (relatively small) magnetic anomalies. The object might be the remains of a wreck. The location lies 216 meters west of route section West.

Summary of side scan sonar / multibeam contacts

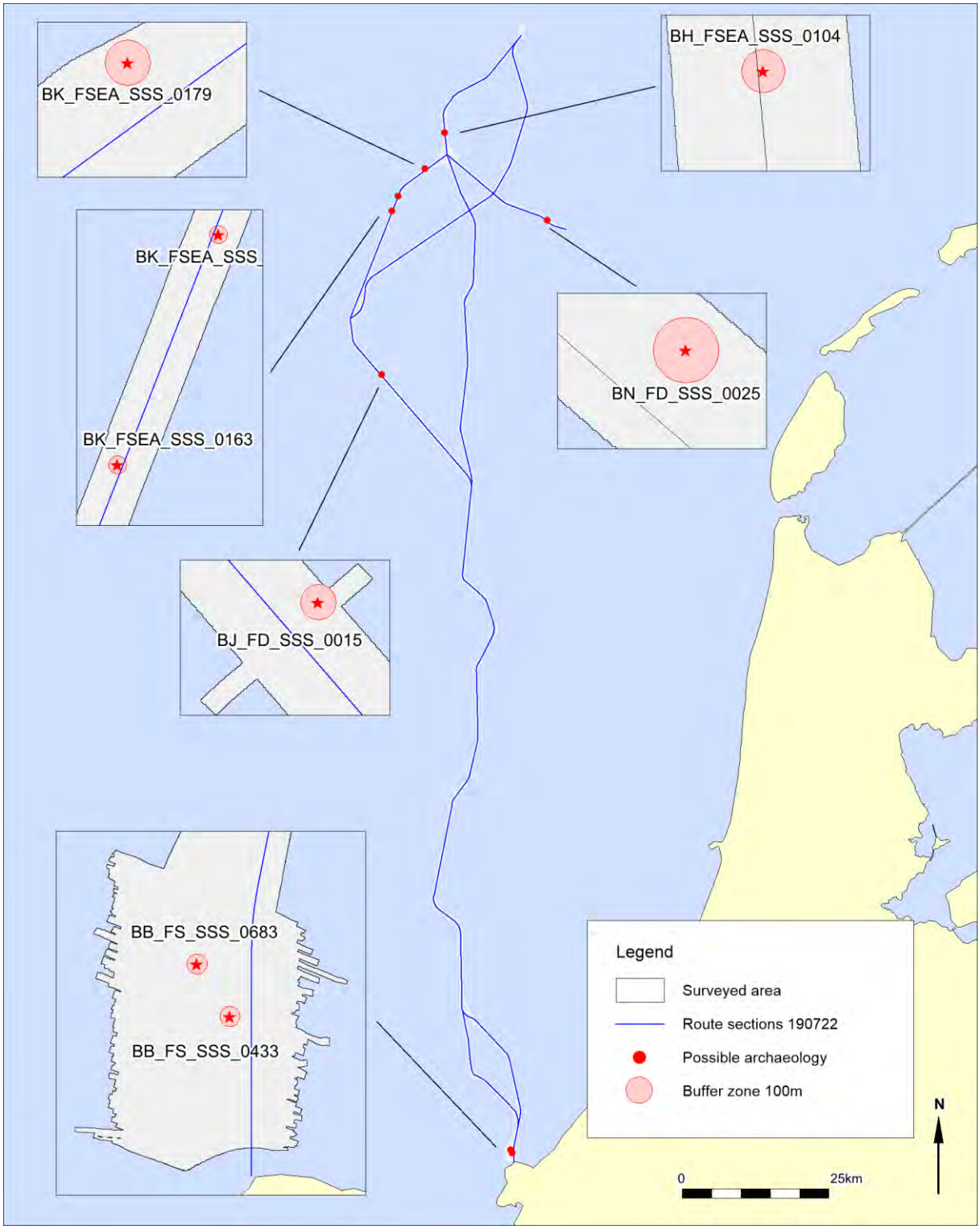


Figure 14. Overview of all side scan sonar / multibeam contacts with an archaeological expectation

3.4 Multibeam

Apart from the *multibeam* images discussed in the previous sections no *multibeam*-features have been observed outside the side scan sonar contacts which are interpreted to reflect the presence of archaeological objects or structures.

3.5 Magnetometer

A total of 2748 magnetic anomalies have been observed within the area of investigation. An overview is given in the next figure.



Figure 15. Spatial distribution of all magnetic anomalies

A number of these anomalies can be related to infrastructure (cables and pipelines), but the majority have an unknown origin. Although the nature of these objects is not known it is possible that the anomalies

represent archaeological remains buried in the seabed, and therefore have to be taken into account within this assessment. The average line spacing for the magnetometer was 20 to 40 meters. A minimum value of 500 nT has been used to classify the objects as potentially archaeological targets.

Note on magnetic anomalies and value of 500 nT.
A magnetic anomaly is a local deviation from the natural magnetic field, expressed in nanoTesla. The measured value depends on the mass of the iron contained by an object, but also largely on the distance between magnetometer and the object. With a relatively large line spacing (>= 100m) chances are, that objects are missed or have an apparent lower reading on the magnetometer.

For example: a mass of 1000 kg iron results in a value of 50 nT at 12 meters, and 500 nt at 5 meters. The term 'large anomaly' is therefore subjective and depends mainly on the line spacing of the magnetometer survey.

For archaeological assessments, as a rule of thumb, the following minimum values for unidentified deviations are therefore considered to be of archeological interest:
Line spacing ~100 meters: 50 nT
Line spacing ~50 meters: 500 nT

According to Fugro, 212 anomalies with an unknown origin are larger than 500 nT. After re-examination, 202 anomalies can be associated with known present objects like pipelines and wellheads.

Association	Amount
Cable	1
Pipeline	194
Wellhead	2
Known NCN	5
Unknown	10
Total	**212**

Table 13. Magnetic anomalies over 500 nT

The remainder, a total of 10 magnetic anomalies, cannot be related to known pipelines and cables, or visible objects at the seabed surface. These anomalies are induced by unknown ferrous objects buried in the seabed, covered by sediments. These objects could consist of pieces of cable, chain, debris, lost anchors, UXO, iron parts of shipwrecks, et cetera. The 10 objects which induced anomalies of more than 500 nT are considered to be of potential archaeological interest, until proven differently.

An overview is presented in the figure below.

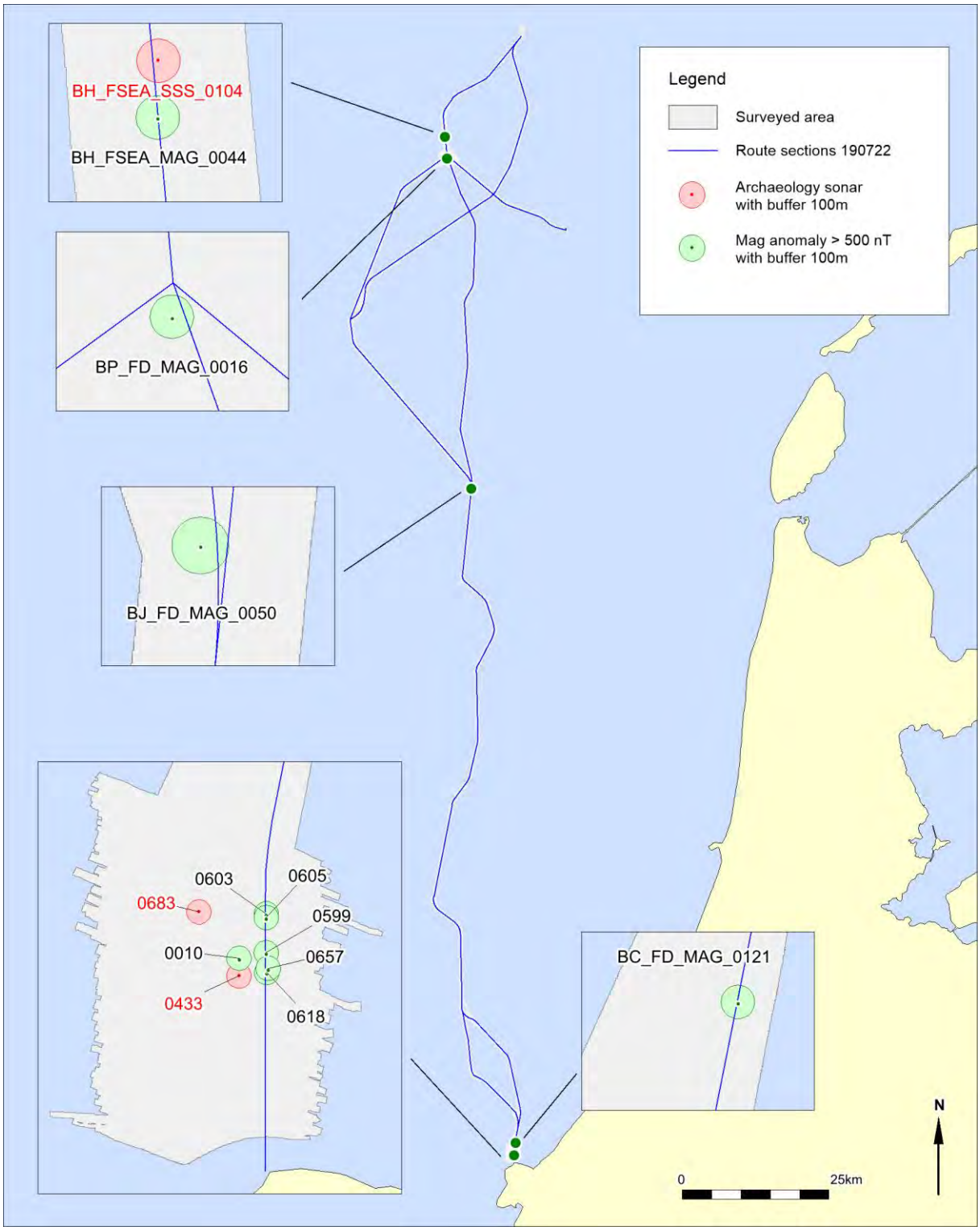


Figure 16. Magnetic anomalies larger than 500nT not related to known objects, infrastructure or objects found with side scan sonar.

3.6 Subbottom data

Desk study results

The archaeological desk study has indicated that the combined thickness of the *Holocene* sequence is expected to range from 0 to 30 meters in the area.

The variations in thickness are due to:

- lateral variations in water depth, mobility of the seabed, sediment supply and sedimentation rate from the onset of the Early Holocene till present day.
  general trend:
  a) near coastal shallow waters with high mobility of seabed in the southern part: high thickness of Holocene cover;
  b) distal parts of trajectories with deep waters and low mobility of seabed: thin Holocene cover;

- the morphology of the seabed
  a) in part of the trajectory sand ridges and sand waves occur (Pleistocene deep-seated), which alternate with:
  b) low-lying areas in between those ridges and sand waves (Pleistocene more roximate to seabed surface);

- the original morphology Pleistocene landscape which was present prior to the Holocene marine ingression in the area;

- the various extent to which the Pleistocene landscape has eroded during the Holocene marine ingression.

The *Holocene* units include the surface sediments of the Bligh Bank Member (south) and Terschellingerbank Member| Southern Bight Formation and the Urania Formation (north). Those units locally cover deposits of the Wormer Member | Velsen Bed | Naaldwijk Formation and/or the Basal Peat Bed | Nieuwkoop Formation.

Just north of the Maasgeul a more than one-meter-thick bed of stiff Early to Mid-Holocene river clay is present. This clay is part of the Echteld Formation and wedges out to the north. Stratigraphically this clay of the Echteld Formation is positioned in between the Basal Peat Bed and lagoonal and marine deposits of the Wormer Member | Naaldwijk formation. Further, in the Maasgeul area Early Holocene overbank deposits of the Rhine can be present. These stiff ripened clays and silts are classified as the Wijchen Bed | Kreftenheye Formation. On top of the Wijchen Member locally Early Holocene wind-blown deposits (river dunes) of the Delwijnen Member can be present. The flanks of these river dunes are covered by the Basal Peat bed and Echteld Formation.

The *Holocene* deposits cover *Pleistocene* units of:

- the Eem Formation (Eemian marine)
- the Brown Bank Member | Eem Formation (Early Weichselian lagoonal and shallow marine)
- the Kreftenheye Formation (Pleniglacial river), and
- the Boxtel Formation (Late Glacial terrestrial - stream deposits and aeolian).

To illustrate the variations in the subsurface geology we present in figure 17 the Top Pleistocene Map by TNO | Laban from 2004 and the Geological Map of the Netherlands produced by Geological Survey of The Netherlands in 2021. This image provides a reference framework for the interpretation of the subbottom profiler data.

In the left panel of figure 17 the 2004 Top Pleistocene map is displayed. This map shows the Pleistocene units that subcrop below a cover of Holocene deposits. Those Holocene deposits include the mobile sands of the Bligh Bank Member | Southern Bight Formation and towards the north the Terschellingerbank Member | Southern Bight Formation and Urania Formation which are exposed at the seabed over the full extent of the route. Locally these recent deposits cover Early Holocene deposits of the Basal Peat Bed | Naaldwijk Formation and Wormer Member | Naaldwijk Formation.

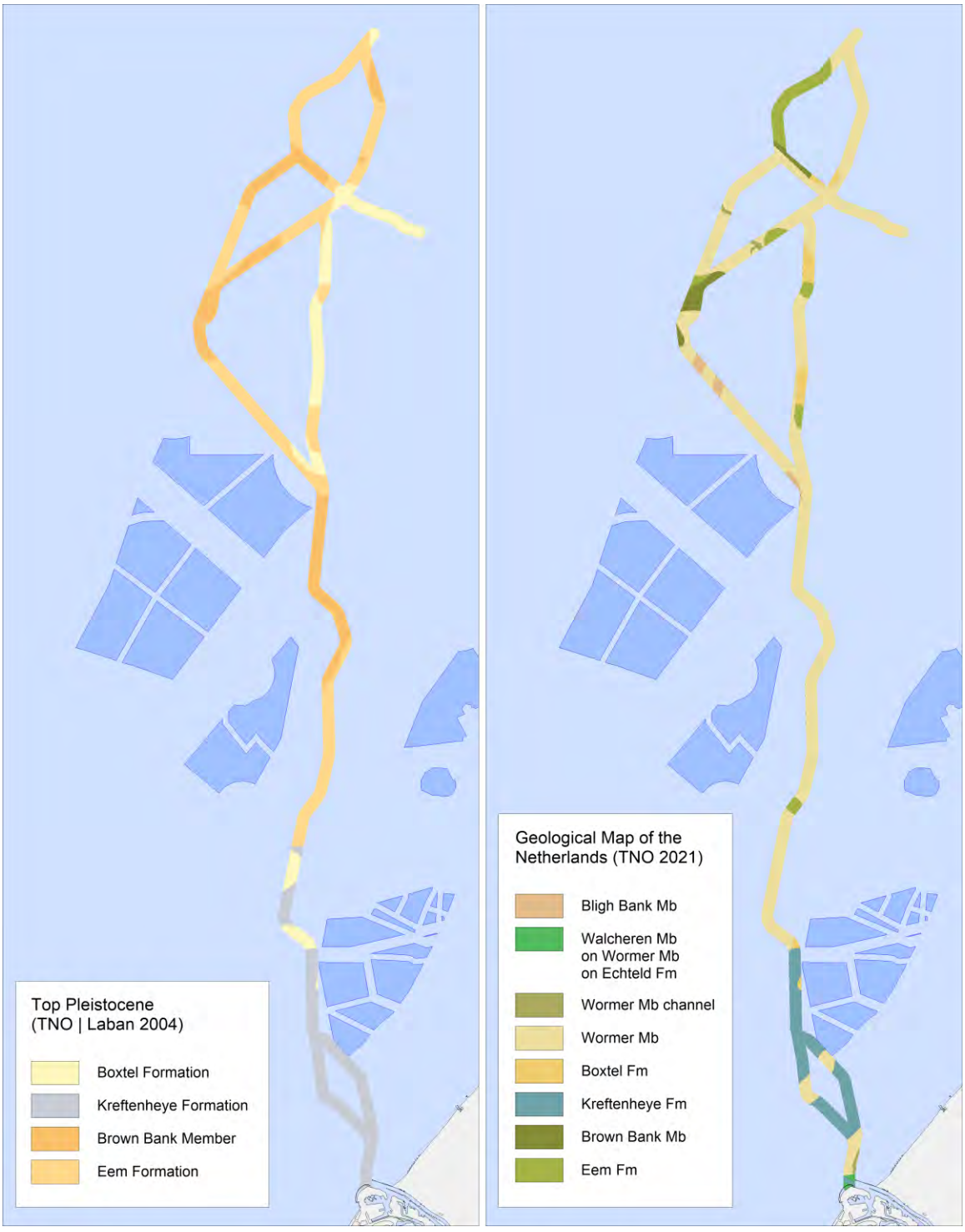


Figure 17. Subcropping Pleistocene units within 2000-meter corridor along the optional Aramis routes according to the 2004 Top Pleistocene Map and 2021 Geological map of the Netherlands; wind farm sites displayed to provide some spatial context.

As described above, in the Maasmond area Early to Middle Holocene fluvial clays of the Echteld Formation are present. Also, local occurrences of Early Holocene river dunes of the Delwijnen Member | Boxtel Formation and repined overbank clays of the Wijchen Member | Kreftenheye Formation could be encountered.

The Geological Map of the Netherlands is shown in the right panel of figure 17. This image shows the units that are subcropping below the Southern Bight Formation and Urania Formation. Contrary to TNO | Labans' map those subcropping deposits also include Holocene units.

In the online explanatory document that comes along with the Geological map the following is stated: '*Coversand (BX4: Boxtel Fm, Wierden Mb) and loess (BX5: Boxtel Fm, Schimmert Mb) are only shown if more than 2 m thick. The ubiquitous layer of actively transported open-marine sand (SB2: Bligh Bank Mb) is only shown if it is more than 7 m thick. Anthropogenic deposits are not shown on the map.*'

Occurrences of the Boxtel Formation are very often less than 2 meter thick. It should therefore be borne in mind that in areas where other units such as the Brown Bank Member are mapped the Boxtel Formation can still be present as a thin bed topping this unit.

Another important note is that recent research in the IJmuiden Ver Wind Farm Zone and personal communication with Cees Laban indicates that offshore deposits that in the past - based on seismic data - were classified as the Wormer Member[12] also include small-scale fluvial and aeolian deposits of the Late Glacial Boxtel Formation. The Boxtel Formation is often found offshore in stream valleys. Stream valleys were low-lying parts of the paleo-landscape. Because of this relative low-lying position and the presence of firm beds of the Early Holocene Basal Peat Bed and clayey Velsen Bed the Boxtel Formation was better protected against erosion in the stream valleys than in the surrounding landscape.[13]

[12] In the 20th Century the units that currently are classified as the Wormer Member and Basal peat Bed were mapped as the 'Elbow Formation'.

[13] Pers. Comm. F. Busschers 2023.

Assessment of seismic data

Table 14 shows the shallow seismic units which have been identified by Fugro along the Aramis route trajectories. The table contains an interpretation of the lithostratigraphic units that according to Fugro could be part of the identified seismic units.

Dataset	Unit	Horizon Top	Horizon Base	Seismic Signature and Character of the Base	Distribution	Lithology[1]	Geological Formation / *Member*	Depositional Environment
SBP	DS	H00	H_DS	Semi-transparent and chaotic. The basal reflector marks the change from chaotic to acoustically transparent or structured seismic facies.	Present in nearshore part only (Maaskanaal)	Clayey sand to sandy clay	-	-
	A	H00	H10	Acoustically transparent to chaotic, with locally high amplitude reflections. Base is marked by a medium to high amplitude, flat reflector.	Present across the entire route	Sand	Southern Bight	Marine
SBP, 2D-UHRS	B	H00, DS, H10	H15	Various; semi-transparent and structureless to locally bedded with low to medium amplitude parallel reflectors; locally, internal channels with high amplitude parallel reflectors observed; locally internal erosion surfaces observed. The base is locally channelised and the infill of these channels has typically chaotic or structured (layered) character with high amplitude reflections. The basal reflector has a medium to high amplitude, irregular to undulating. High amplitude (negative on the 2D-UHRS) reflectors may indicate layers/pockets of peat / organic clay frequently present in this unit.	Present basically across the entire route; locally absent in the southern part of the route	Sand, clay, locally laminated sand and clay, locally thin beds or laminae of peat	Naaldwijk Boxtel Kreftenheye	Coastal to tidal-flat, locally lagoonal; locally periglacial to fluvial
2D-UHRS	C	H15	H20	Mostly structured (layered) with low to medium-amplitude parallel reflectors. Locally, in the upper part of the unit, structureless, semi-transparent interval locally semi-transparent, structureless. In the north-eastern part of the route, the unit is characterised by overall semi-transparent seismic facies with local high amplitude negative reflectors of various extent. The high amplitude reflectors may indicate layers of pockets of peat and/or organic clay. Base forms a sub-horizontal erosional surface, locally forming broad channels/depressions.	Present in the central and large portion of the northern part of the route	Laminated sand and clay, locally sand, locally thin beds or laminae of peat	*Brown Bank*	Lagoonal, estuarine, tidal flat
	D	H15, H20	H25	Acoustically transparent to semi-transparent, structureless. Locally, layered intervals, internal erosion surfaces marked by strong undulating or inclined reflectors. Internal channelling features are locally present. The infill of these channels is various from chaotic to structured (layered). Base forms a sub-horizontal erosional surface, locally forming channels.	Present almost across the entire route, except small area in the centre and in the most southern part of the route	Sand	Eem Kreftenheye (nearshore)	Marine
	E	H25	H30	Acoustically transparent to semi-transparent, structureless; locally chaotic. Base forms a sub-horizontal erosional surface, locally forming channels.	Present in the northern part of the route	Sand	Egmond Ground	Marine
	F	H25, H30	H35	Semi-transparent infill with occasional amplitude anomalies. locally discontinuous, wavy and steeply inclined medium-amplitude reflectors. Internal channels near the top. The basal reflector forms U-shaped channel / valley.	Present locally in the northern and central part of the route	Sand with clay interbeds	Peelo	Fluvio-glacial, glacio-lacustrine (subglacial valley infill)
	G	H20, H25, H30, H35	H40 (internal) BPD	Chaotic to acoustically semi-transparent, locally discontinuous, inclined medium-amplitude reflectors. Locally, internal erosion surfaces and internal channels / channelling features. Horizon H40 marks internal erosion surface, at which locally high amplitude negative reflectors are present, indicating a thin bed or laminae of peat /organic clay.	Present across the entire route	Sand with local clay interbeds	Yarmouth Roads	Fluvio-deltaic to marine

Notes:
DS = disturbed sediments
Hyphen = not applicable
BPD = (lokal) penetration depth of seismic reflection data
1) [illegible] full type, more detailed information will be provided in the Interpretation Report # 197217-REP-001, which will include data of the geotechnical investigation

Table 14. Overview of seismostratigraphic units (source: Fugro survey report F197217-REP-001)

The result of the assessment of the prehistoric landscapes from the subbottom profiler and UHRS data is described below. A geological x-section from south to north along the sections nearshore east, A, B, and C is included as Appendix 3 in this report. Focus is put on the upper 5 meters below the seabed plane that marks the base of the mobile seabed sediments, because the As Planned pipeline installation foresees a burial depth of 1 m below the seabed after a pre-sweep of sand waves have been carried out. This does not mean that geological units that occur at greater depths are fully disregarded. Phenomena of interest for the evolution of prehistoric landscapes are looked into.

Section Nearshore East

This x-section covers:

- the landfall of the pipeline at the Maasvlakte 2,
- the pipeline crossing of the Maasgeul,
- the shallow parts of the seabed with depths less than 15 meters north of the Maasgeul between KP 1.5 and KP 8.5 in a section that can be described as a bulge, and
- the trajectory between KP8.5 and KP 30.6 with depths varying from 20 to 30 meters.

Both on the southern and northern edge of the Maasgeul Pleistocene en Holocene units are exposed at the intersection of these layers and beds with the Maasgeul. North of the Maasgeul the top of Unit B likely consists of Mid-Holocene fresh-water fluvial tidal deposits of firm to stiff clay with plant remains. This bed of clay is part of the Echteld Formation.

To illustrate the different sediment beds and lithostratigraphic units that are contained in Unit B in the Maasgeul area we projected the lithological column of DINO borehole B37A0952 onto the x-section of the Nearshore East section. The borehole lies 46 m west of the route trajectory. No lithostratigraphic interpretation is given in DINO.

We interpret the sequence from bottom to top as:

- medium coarse sand of the Kreftenheye Formation,
- peat and organic clay of the Basal Peat Bed,
- very coarse sand with clay bed of Wormer Member (?),
- clay of the Echteld Formation.

Between KP 1.5 and KP 6.5 the Echteld Formation is covered by tidal deposits of the Wormer Member and the Walcheren Member | Naaldwijk Formation, and mobile sands of the Bligh Bank Member | Southern Bight Formation (Unit A). Within this KP 1.5 to KP 6.5 section the Echteld Formation wedges out towards the north.

Further north, around KP 5.0 foresets are observed in the upper part of Unit B (see figure 18 below). We interpret the upper part of Unit B as estuarine deposits of the Naaldwijk Formation. At the base Fugro mapped acoustic blanking. It is not known if the blanking is related to occurrences of peat in the subsurface.

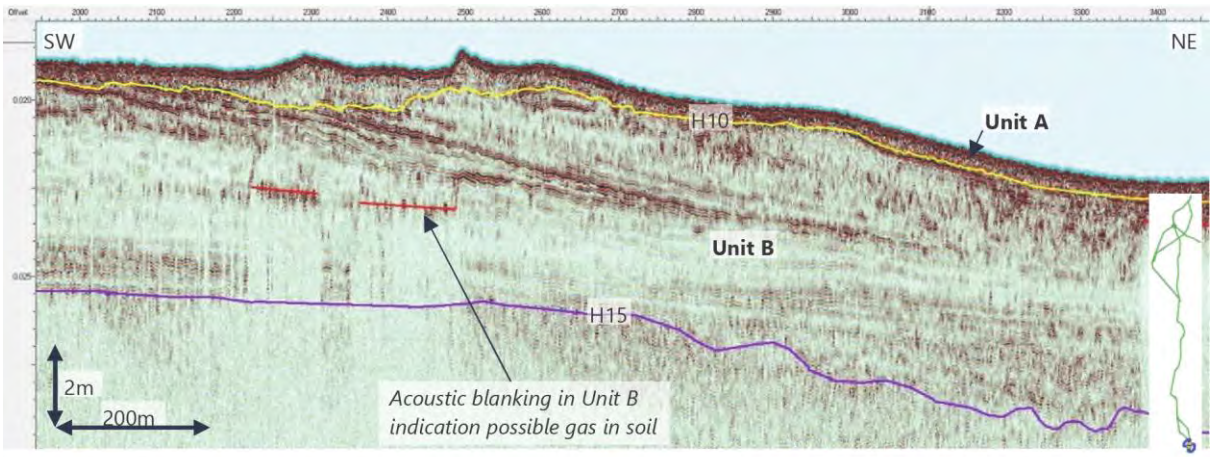


Figure 0.12: SBP data example of acoustic blanking in Unit B. (Line SBP_TA3C2020P1)

Figure 18. Wormer Member | Naaldwijk Formation in the upper part of Unit B around KP 5.0 of the Section Nearshore East

The section between KP 8.5 and the end of Section Nearshore East at KP 30.5 shows a gradual thickening of Unit A. The thickness of Unit B varies from 1 to 4 meters. Possibly Unit B represents tidal deposits of the Wormer Member. However, this is not certain. As can be seen in figure 19 Unit B has a (semi)transparent character, while the underlying Unit C has a more homogenous character with occasional anomalies. It might be possible that both Unit B and Unit C consist of Pleistocene deposits of the river Rhine that are classified as the Kreftenheye Formation, with H15 being an internal reflector.

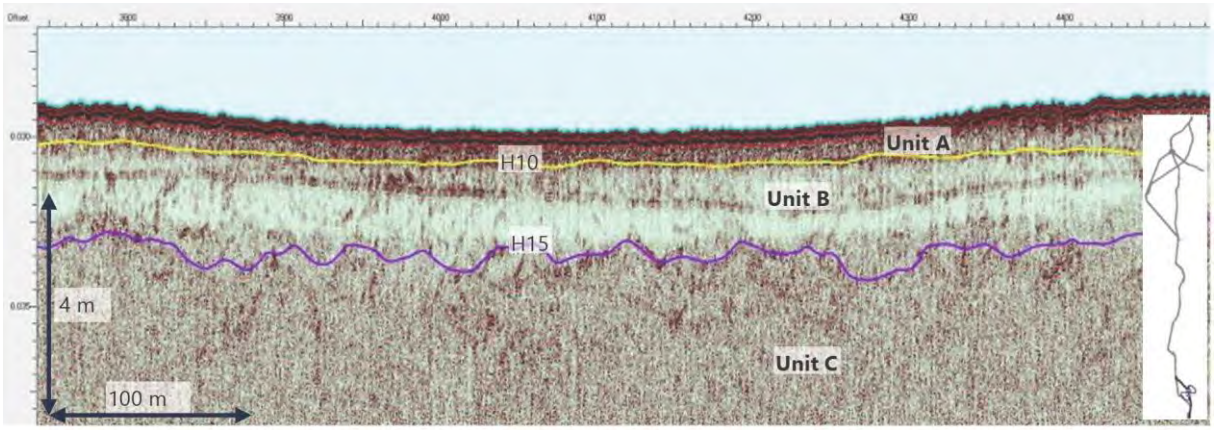


Figure 0.9: SBP data example of route section Export Route East MT. (Line SBP_TA3C2016P2)

Figure 19. River sands of the Kreftenheye Formation (Unit C). The interpretation of Unit B is uncertain. Unit B could also consist of the Kreftenheye Formation with H15 as an internal reflector or Unit B consists of Holocene tidal deposits of the Wormer Member.

Section A

In this section the seabed morphology is characterized by up sand dunes with elevations up to 5 meter relative to the surrounding seabed. The sand dune crests lie on average some 500 meters apart. The sands from which the dunes are built are classified as the Southern Bight Formation | Bligh Bank Member. The base of the Unit A (reflector H10) likely coincides with the base of the Bligh Bank Member. However, in places where the Bligh Bank Member covers sandy deposits of the Wormer Member, the layer boundary between those two lithostratigraphic units might not show as a reflector in the subbottom profile. Where a classic Early Holocene bottom to top sequence of the Nieuwkoop Formation | Basal Peat Bed, organic clay of the Naaldwijk Formation | Velsen Bed and coarsening upward fine sand of the Naaldwijk Formation | Wormer Member has been preserved intact, the transition from the generally thin layers of the Basal Peat Bed and Velsen Bed to underlying Pleistocene sands will show as a distinct reflector in the subbottom profile. Therefore, it is possible that Unit A also includes those Early Holocene organic and argillaceous deposits. Intermittent occurrences of peat and/or organic clay have been mapped at the transition from Unit A to Unit B. We interpret these occurrences of peat and organic clay as the Basal Peat Bed and Velsen Bed. An example is shown in figure 20.

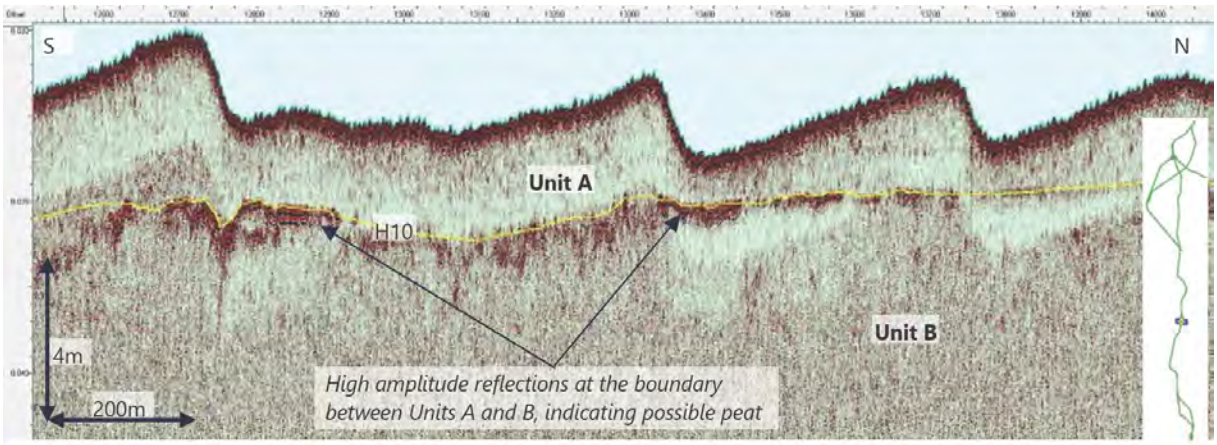


Figure 0.11: SBP data example of anomalies indicating possible peat in Unit B. (Line SBP_TA3E2134P1)

Figure 20. Possible peat the transition from Unit B to Unit A

As can be seen in x-section A in Appendix X, peat also occurs as beds covering the layered infills of channel features. Because of the stratigraphic position of the channels relative to the Basal Peat Bed we conclude that the channels are older than the Basal Peat Bed.[14] Because the channels incised the surrounding sediments that are part of the seismic Unit B, we also conclude that the channel infills are younger than the surrounding sediments. This age difference can be large or small. We interpret the channel features as Late Glacial (?) stream valleys that are infilled with fine sandy or loamy fluvial deposits of the Boxtel Formation | Singraven Member with possible intercalations or topping of fine well-sorted aeolian sand (cover sand) of the Boxtel Formation | Wierden Member. An example of a channel feature that incised Unit B is shown in figure 21. The seismic facies of Unit B in this part of the pipeline route trajectory is described as transparent and semi-transparent with rare high amplitude reflectors. This seismic facies points, together with the known geological constellation of the area, at the presence of fluvial deposits of the Kreftenheye Formation. These fluvial deposits consist of poorly sorted Early Pleniglacial river sands of the Rhine.

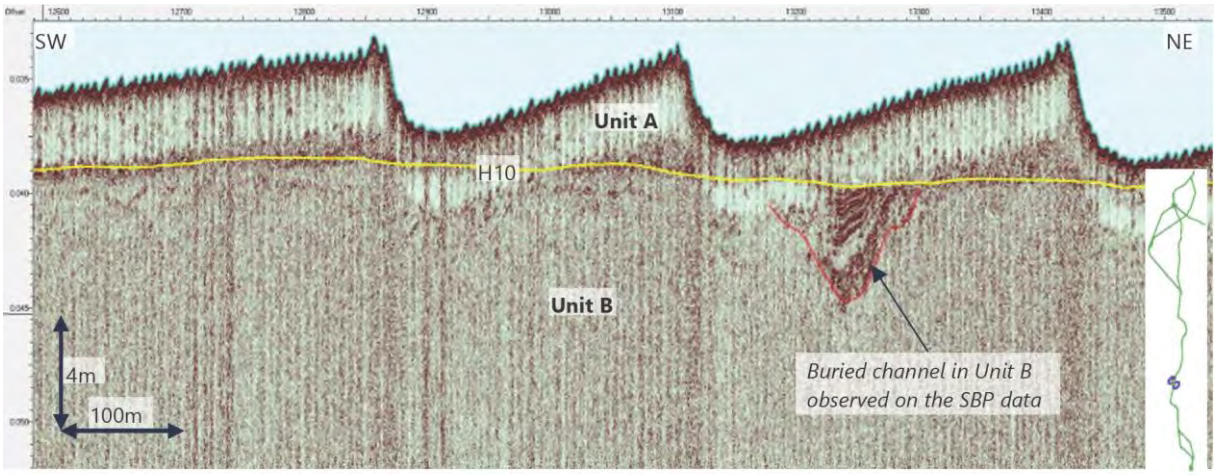


Figure 0.10: SBP data example of buried channels in Unit B. (Line SBP_TA3D2118P1)

Figure 21. Channel-like feature in top of Unit B (source: Fugro survey report F197217-REP-001)

At KP 63.2 a change in seabed morphology is observed. South of this point sand waves are present; north of this point the seabed is generally flat with few ridges. These ridges are elevated some 2.8 meters relative to the surrounding seabed. The fading sand dunes coincide with the appearance of high-amplitude parallel reflectors and high negative amplitude anomalies at relatively shallow depths in the seismic profile. For instance, at KP 67.9 the top of this sequence lies at approximately 1.3 m below the seabed. This coherent layered seismic facies is mapped as Unit C. We interpret Unit C as Early Weichselian layers and laminae of (organic) clay, silt, fine sand, and detritus of the Eem Formation | Brown Bank Member. The fine clastic layered sediments have been deposited in a brackish water lagoonal and shallow marine environment.

Between KP 67.5 and KP 81.0 the top of Unit C, the presumed Brown Bank Member, is found proximate to the seabed surface, and the overlying Unit B is very thin. According to the Geological Map of the Netherlands (2021) partly reworked Early Holocene tidal deposits of the Wormer Member | Naaldwijk Formation are present below the mobile deposits of the Bligh Bank Member. However, if a bed of peat and/or organic clay that was mapped by Fugro around KP 79.4 at the interface between Unit A and Unit B indeed is there, this bed of peat and/or organic clay likely comprise the Basal Peat Bed and/or Velsen Bed. This implies that - at this location - the deposits of Unit B cannot be part of the Wormer Member but shall

[14] In other words: the channel infill is covered by a layer of peat.

be classified as Late Glacial deposits of the Boxtel Formation or a veneer of Early Pleniglacial river deposits of the Kreftenheye Formation.

Between KP 80.7 and KP 87.3 the base of Unit B has a basin-like shape and reaches a thickness of 5 meters. The lithostratigraphic interpretation is uncertain. In this interval Unit C, that is the Brown Bank Member | Eem Formation, has eroded during the deposition of the sediments that are now contained in Unit B. Possibly, sedimentation took place during the Early Pleniglacial, when the catchment area of the Rhine reached far into North Sea area. At KP 87.3 a peat bed has been identified in the upper section of Unit B that probably is part of the Basal Peat Bed.

Between KP 80.7 and the end of section A around KP 94.0 the seabed surface is flat with minor decimeter high current ripples. Unit A has a very consistent thickness of 2.8 meters. If the pipeline is installed at 1 meter below the seabed, the seabed disturbance will be limited to the Holocene top layer. The underlying Pleistocene landscapes will not be affected.

Section B

Between KP 0.0 and KP 12.5 Unit A is 2.5 meters thick. The seabed morphology and thickness of Unit A form a continuation of what is observed in Section A.

Between KP 0.0 and KP 45.0 Unit B is present throughout. The thickness of Unit B varies from a few decimeters to nearly 3 meters. Between KP 30.0 and KP45.0 Unit A is thinner than in other parts of Section B. The interpretation of Unit B is not straightforward. According to the TNO | Laban 2004 Top Pleistocene map the Boxtel Formation occurs as subcropping unit in major part of Section B. On the 2021 Geological Map of the Netherlands the Wormer Member | Naaldwijk Formation is mapped as subcropping unit below the Bligh Bank Member. From KP 45.0 northward Unit B thickens to 8 meters around KP 50.0. Along with Unit B, Unit A also thickens to some 2.5 meters.

Fugro has mapped occurrences of peat at the top of Unit B, (around KP 42.2), as intraformational beds within Unit B (between KP 44.0 and 48.0), and at the base of Unit B (between KP 51.0 and 58.0). The peat that was identified at the base of Unit B lies around -37 m LAT. The seismostratigraphic position of this peat bed (base of Unit B) is different from the stratigraphic position of the peat in Section A (top of Unit B). The interpretation is therefore not straightforward. Possibly the peat bed is again the Basal Peat Bed, but now covered by a thick sequence of tidal deposits of the Wormer Member. Another, possibly more likely option, is that the peat bed was deposited during an interstadial period of the latest ice age, the Weichselian. The peat could be part of the Boxtel Formation or the Early Weichselian Woudenberg Formation.

Section C

The general trend in Section C is an overall deepening of the seabed surface from 31 meters in the south (KP 0.0) to 39 meters in the northern part of this section (KP 26.2). The combined thickness of Unit A and Unit B is less than 2 meters between KP 12.8 and the end of Section C.

Intermittent peat is found at the base of Unit B. As mentioned above the timing of deposition and the lithostratigraphic unit where these peat layers are part of is uncertain. The base of Unit B (= top of Unit C) is a straight plane that very gently dips from -39 m LAT at KP 0.0 to -41 m LAT at KP 26.2.

Distinct channel features have been mapped at the base of Unit B. The incision depth of these channels ranges from 2 to 4 meters. The intermittent peat beds at the base of Unit B cover the channel infills. The development of the channels and the later deposition of peat represent different phases in the development of the landscape. These phases could either be separated by a time hiatus or have followed shortly after each other.

Figure 22 shows a subbottom data example of section C including a channel feature and intermittent occurrences of peat at the base of the well-bedded sequence of Unit B (source: Fugro survey report F197217-REP-001). Clearly visible is the thinning of Unit B from south (left side of the image) to north (right side of the image. Figure 23 shows a subbottom data example of section K14-L4A in which channel features are visible that are also encountered in section C.

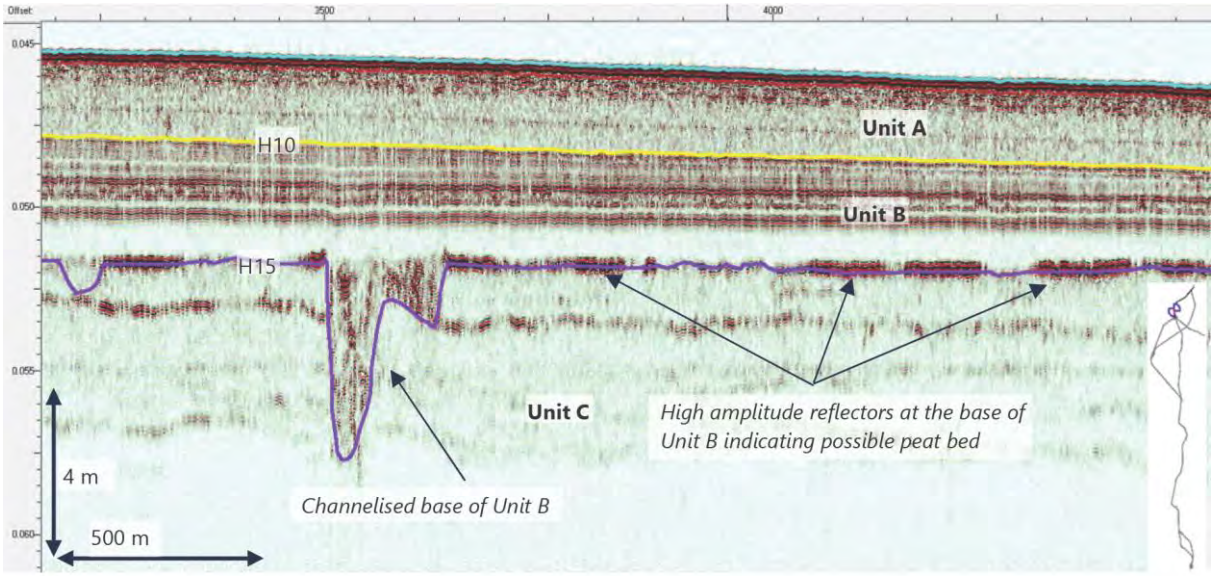


Figure 0.8: SBP data example of route section C. (Line SBP_TA3H23321P1_1)

Figure 22. Channel feature and intermittent occurrences of peat at the base of the parallel bedded sequence of Unit B (source: Fugro survey report F197217-REP-001)

The upper part of Unit C has a (semi)transparent character with a faint plan-parallel sub-horizontal bedding. Although the deposits within Unit C appear to be bedded, this bedding does not show as clear reflectors in the subbottom profile. The top of Unit C probably consists of sandy deposits with little difference and/or gradual changes in grain-size and composition. We interpret the top of Unit C as Eemian marine deposits of the Eem Formation.

The channels that incised Unit C have been infilled with sediments that, at least in figure 23, have not resulted in clear reflectors in the subbottom profile. Probably the absence of clear reflectors is due to limited variation in the lithological composition of the channel infills, which could point to an infill with predominantly (fine) sandy sediments.

The channel infills are truncated by discrete sub-horizontal plan-parallel reflectors at the base of Unit B. These clear reflectors relate to alternating beds with different acoustic impedances. Likely, these differences in acoustic impedance are caused by lithological variations such as alternating beds of fine sand, silt, clay, and peat.

If Unit B consists of Early Holocene tidal deposits of the Wormer Member | Naaldwijk Formation, the peat bed at the base is of Unit B is the Early Holocene Basal Peat Bed. The layered to laminated character of Unit B would fit an Early Holocene tidal setting. The truncated channel features could then represent Late Glacial stream valleys that are infilled with fine sandy or loamy sediment. However, it should be noted that the plan-parallel alternations of fine sand, silt, clay, and detritus also are characteristic of the Early Weichselian Brown Bank Member | Eem Formation. The option that Unit B represents the Brown Bank Member can therefore not be excluded.

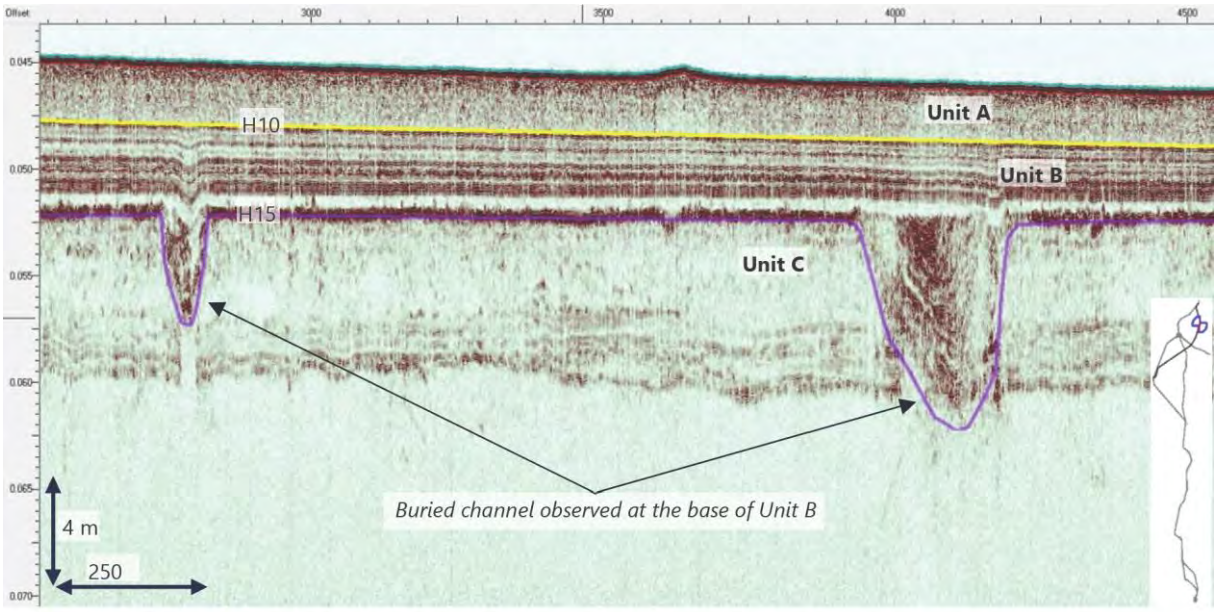


Figure 13.7: SBP data example of route section K14-L4A. (Line SBP_TA3M2321P1_1)

Figure 23. Channel features that are truncated by parallel beds of Unit B (source: Fugro survey report F197217-REP-001)

4 Synthesis

For this investigation different research questions are defined in the Program of Requirements[15]. Based on the results of de data analysis the research questions are answered.

Primary Question : Are any archaeological remains present within the Area of Interest and to what extent are these remains traceable?

Yes. At 19 locations objects have been found with a possible archaeological value. Eight of these objects are related to visible contacts at the seabed and may represent shipwreck remains. At 10 locations magnetic anomalies with a peak-to peak value over 500 nT have been mapped which cannot be related to known objects like pipelines or cables and may be of potential archaeological interest. The objects that cause these anomalies are not visible on side scan sonar or multibeam images and are therefore considered to be buried in the seabed. These objects could, apart from archaeological objects, include debris, UXO, lost anchors, et cetera. As long as the character of these objects has not been determined, the objects are considered to be of potential archaeological interest.

With respect to side scan sonar, magnetometer and multibeam survey:
Are there any phenomena visible on the seabed?
Yes. With side scan sonar and multibeam a total of 3806 contacts have been mapped. With magnetometer, a total of 2748 magnetic anomalies have been observed within the area of investigation.

If so: What is the description of these phenomena?
Fugro has identified 3806 *side scan sonar* contacts within the surveyed corridor. The classification of the contacts is listed below.

Classification	**Amount**
Boulder	3010
Debris	159
Depression Pockmark	5
Fishing Gear	7
Mattress	2
Pipeline	4
Seabed Mound	98
Suspected Debris	517
Wreck	4
Total	**3806**

Do these phenomena have a man-made or natural origin?
The majority of the contacts have been classified as man-made.

If these phenomena can be designated to be man-made: What classification can be attached?
See the table above.

[15] Van Lil and van den Brenk, 2022

If these phenomena can be classified as archaeological: Is it possible to interpret the nature of the archaeological objects?
Eight of these objects are related to visible contacts at the seabed and may represent shipwreck remains.
At 10 locations magnetic anomalies with a peak-to peak value over 500 nT have been mapped which cannot be related to known objects like pipelines or cables and may be of potential archaeological interest. The objects that cause these anomalies are not visible on side scan sonar or multibeam images and are therefore considered to be buried in the seabed. These objects could, apart from archaeological objects, include debris, UXO, lost anchors, et cetera. As long as the character of these objects has not been determined, the objects are considered to be of potential archaeological interest.

If these phenomena can be identified as natural: What is the nature of these natural phenomena?
Over 3000 contacts are classified as 'boulder'. These probably also include clay boulders, because known stone boulders in the North Sea only occur north of the city of Den Helder.

Based on the acoustic image is it possible to designate zones of high, middle or low marine activity on the seabed?
Along the route sand waves have been mapped which are known to migrate a few meters per year northwards. Sand ripples originated by tidal currents are present along the entire route.

General:
What is the relation between the observed objects and the topography of the seabed? Based on this relationship can risk-prone areas be marked selectively?
Larger objects like the shipwrecks show scouring but are largely embedded in the seabed sediments. This appears to be the case throughout the area. Therefore, it is not possible to mark risk-prone areas selectively.

If no acoustic phenomena can be observed, are there any clues that this is a consequence of either natural erosion, sedimentation or human interference?
This question is given the results of the investigation not applicable.

With respect to the seismic data: What is the depth of the top of the Pleistocene and Holocene landscape(s) relative to a) LAT and b) the present seabed?
The depth of the Pleistocene landscapes relative to both LAT and the present seabed could not always be determined, because the boundaries of the identified seismic units do not always coincide with those of the lithostratigraphic units. The lithostratigraphic sequences along the routes cannot always be deduced from the seismic data. The presence of peat found by Fugro does help in determining the top of the Pleistocene. The Basal Peat Bed is a bed of peat that has been deposited throughout the North Sea area when groundwater levels rose in response to the rising of the sea level from the beginning of the Holocene to present. The timing of the deposition of the Basal Peat Bed differs with the elevation of the landscape at the moment of inundation.

We produced a south to north x-section utilizing the seismic data delivered by Fugro to provide a context of the geological constellation in the area. The x-section includes the sections Nearshore East, A, B and C. The findings for these sections are also applicable for the other route options.

Section Nearshore East

In the nearshore section, no occurrences of peat were reported. Based on the known geological constellation in this part of the route trajectory we expect the top of the Pleistocene landscape to be buried by tidal deposits of the Naaldwijk Formation, at multiple meters below the seabed. An exception is the Maasgeul where the top of the Pleistocene sequence is expected to intersect with edge of the Maasgeul at or below -20 m LAT.

Section A

In section A occasional peat has been mapped at the base of Unit A | top of Unit B. We interpret these beds of peat as the Basal Peat Bed that covers Pleistocene deposits that are contained in Unit B. The Basal Peat Bed has an intermittent character. The reason for this can be two-fold: 1) peat has never been deposited, and 2) peat has initially been deposited, but has eroded at a later stage. Yet, in between the peat occurrences we expect the top of the Pleistocene landscape in Section A to be located at the same stratigraphic level, that is the top of the seismic Unit B (= H10), albeit that the change that the top of these deposits has eroded is significantly larger than in areas where peat has been found. Along with the occurrence of peat, the top of the Pleistocene sequence has been found at 25 to 30 meters relative to LAT in Section A. The depth of the Pleistocene sequence relative to the seabed varies with the thickness of Unit A. This means that in between sand waves the top of the Pleistocene can be close to being exposed at the seabed or solely covered by a veneer of sand. At the locations of sand wave crests the top of the Pleistocene can be located up to 7 meters below the seabed.

Section B

Given the seismic character of Unit C, including clear subhorizontal subparallel reflectors we interpret Unit C as the Eem Formation, including the Brown Bank Member. The interpretation of Unit B is uncertain. Unit B can include Late Glacial terrestrial deposits of the Boxtel Formation, Early Holocene deposits of the Naaldwijk Formation and even also shallow marine deposits of the Eem Formation and Brown Bank Member. Beds of peat or organic clay are also identified in Section B. The amount and continuity of the peat increases from south to north. Most peat occurs at a different stratigraphic level than in Section A. In Section B peat is often found at the base of the seismic Unit B. This peat could either be the Basal Peat Bed or peat from a deeper stratigraphic level such as the Boxtel Formation or Woudenberg Formation. If the Pleistocene landscape coincides with the base of Unit A, the top of the Pleistocene lies -26.5 m to -34 m LAT and 1 to 3 meters below the seabed. If the Pleistocene landscape coincides with the base of Unit B, the top of the Pleistocene lies -28 m to -40 m LAT and 2.5 to 11 meters below the seabed. Ground truthing is necessary to make a better judgement.

Section C

The very flat seabed in Section C deepens to the north from -32 m LAT to -39 m LAT. Towards the north the combined thickness of Unit A and Unit B decreases to less than 2 meters. The base of Unit B gently dips towards the north from -39 m LAT in the south to -41 m LAT in the north. Intermittent peat is found in many locations at the base of Unit B. Discrete channel features have been mapped that incise Unit C. The peat beds cover these channel features. If the Pleistocene landscape coincides with the base of Unit A, the top of the Pleistocene lies -34 m to -40 m LAT and 0.7 to 3 meters below the seabed. If the Pleistocene landscape coincides with the base of Unit B, the top of the Pleistocene lies -39 m to -41 m LAT and 1.3 to 7.5 meters below the seabed. Ground truthing is necessary to make a better judgement.

What lithostratigraphic units can be distinguished along the pipeline routes?
It is not possible to distinguish lithostratigraphic units based on the seismic data alone. The dominant lithostratigraphic units that are expected to be present are listed in the table below.

Classification	**Occurrence Section**	**Lithology**	**Age**	**Environment**	**Layer boundary**
Naaldwijk Fm	Nearshore	sand and clay	holocene	tidal, estuarine	erosive
Basal Peat Bed Nieuwkoop Fm	Nearshore A, B and C	peat	holocene	Marsh, swamp	conformable
Boxtel Fm	Nearshore A, B and C	Homogeneous fine sand loam, peat, clay	Late Glacial	polar desert, small stream	erosive
Kreftenheye Fm	Nearshore A, poss. B	poorly sorted sand	Pleniglacial	braided river	erosive
Brown Bank Mb	A, B and C	layered and laminated fine sand, silt, clay, and detritus	Early Weichselian	lagoon, lake	conformable
Eem Fm	A, B and C	sand and clay	Eemian	marine	erosive

Table 15. Lithostratigraphic units along the pipeline routes

Have channel-like features been observed?
Yes.

If so: What are the characteristics of the channel-like features in terms of spatial distribution (width, depth, shape, extent), channel infill composition, stratigraphic position and age.
Channel features are observed at two seismostratigraphic levels:

1- As incisions into the top of Unit B
2- As incisions into the top of Unit C

The depth of incision is limited to a few meters or less. At both stratigraphic levels the channel features are covered by peat. From this we conclude that the channel infills are older than the peat depositions. We interpret the channels that incised the top of Unit B as Late Glacial stream valleys that are filled-in with fine sand or loam and later covered by Early Holocene peat of the Basal Peat Bed.

The channel features that incised Unit C could also be Late Glacial with a cover of the Basal Peat Bed, but the interpretation of the peat at this stratigraphic level is uncertain (possible Boxtel Fm or Woudenberg Fm?).

Are occurrences of peat and/or organic clay observed?
Yes.

If so: What is the spatial distribution (depth, extent) stratigraphic position and age of these deposits.
Please refer to the answers to the previous questions.

The Basal Peat Bed is expected to occur at the base of Unit A in Section A. The peat beds that are found at the base of Unit B could be the Basal Peat Bed, but older peat from the Boxtel Formation or Woudenberg Formation cannot be excluded.

Are intact prehistoric landscapes affected by the installation of the pipeline based on their vertical position related to the seabed?
Yes, even if the trenching depth is limited to one meter below the seabed intact prehistoric landscapes could be affected by the installation of the pipeline. Risk-prone areas are sections where peat beds occur proximate to the seabed surface. Those areas have been identified in Section A in where peat occurs in low-lying areas in between sand dunes and in the northern parts where peat occurrences a wide-spread and the combined thickness of Unit A and Unit B is less than two meters.

Are there any indications observed on the seismic profiles for the presence of buried (man-made) objects?
No.

If so: Based on the presence of buried objects and its correlation with side scan sonar, magnetometer en multibeam data can something be said about the nature of these buried objects?
This question is not applicable.

.

5 Summary and recommendations

A large quantity of survey data (*side scan sonar, magnetometer, multibeam echosounder* and *subbottom profiling*) covering a total area of 243 km^2 have been analyzed to conduct an archaeological assessment.

The current analysis of geophysical survey results is the second and step in the AMZ-cycle, following the desk study. The purpose of this assessment is to test the desk study-based expectancy for archaeological remains in the area. The expectancy covers remains of shipping related objects (wrecks), airplanes from World War II and prehistoric settlements.

Side scan sonar and multibeam contacts

Within the surveyed area, an archaeological expectation was assigned to a total of 8 contacts. In accordance with Dutch Law and Legislation no seabed disturbances should be carried out within 100 meters of each of the marked locations. If any activities will take place within 100 meters of a potential archaeological location, it will be examined on a case-by-case basis whether the 100 meters should be maintained in consultation with the Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE).

Feature	NCN	Easting	Northing	Route section	Distance
BK_FSEA_SSS_0022	-	551288	5924521	D	**+50**
BK_FSEA_SSS_0179	-	555839	5929168	D	-240
BJ_FD_SSS_0015	-	548443	5894128	F	+230
BB_FS_SSS_0683	219	570384	5762003	East	-540
BH_FSEA_SSS_0104	531	559172	5935317	C	**+25**
BK_FSEA_SSS_0163	967	550165	5921956	D	**-56**
BN_FD_SSS_0025	945	576689	5920367	E Neptune	+220
BB_FS_SSS_0433	-	570711	5761481	East	-210

Table 16. Objects with an archaeological expectation.

Three of the eight contacts fall within 100 meters of the proposed route.

Magnetic anomalies

A total of 2748 magnetic anomalies have been observed. At 10 locations magnetic anomalies with a peak-to peak value over 500 nT have been mapped which cannot be related to known objects like pipelines or cables and may be of potential archaeological interest. The objects that cause these anomalies are not visible on side scan sonar or multibeam images and are therefore considered to be buried in the seabed. These objects could, apart from archaeological objects, include debris, UXO, lost anchors, et cetera. As long as the character of these objects has not been determined, the objects are considered to be of potential archaeological interest.

Target	E	N	nT	Section	Distance
BAB_FS_UXO_0010	570711	5761625	808	East	-210
BAB_FS_UXO_0599	570931	5761671	514	East	**+5**
BAB_FS_UXO_0603	570932	5761987	2312	East	**+8**
BAB_FS_UXO_0605	570933	5761957	1158	East	**+8**
BAB_FS_UXO_0618	570936	5761510	729	East	**+11**
BAB_FS_UXO_0657	570948	5761543	1348	East	**+22**
BC_FD_MAG_0121	571170	5763666	666	East	**+4**
BH_FSEA_MAG_0044	559169	5935057	578	C	**-2**
BJ_FD_MAG_0050	563642	5875159	2089	F	**-59**
BP_FD_MAG_0016	559490	5931390	591	B	**-60**

Table 17. Magnetic anomalies over 500 nT with an archaeological expectation.

Nine of the eleven contacts fall within 100 meters of the proposed route.

In accordance with Dutch Law and Legislation no seabed disturbances should be carried out within 100 meters of each of the marked locations. If any activities will take place within 100 meters of a potential archaeological location, it will be examined on a case-by-case basis whether the 100 meters should be maintained in consultation with the Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE). All locations of potential archaeological interest within 100 meters of the proposed route are shown in the next figure.

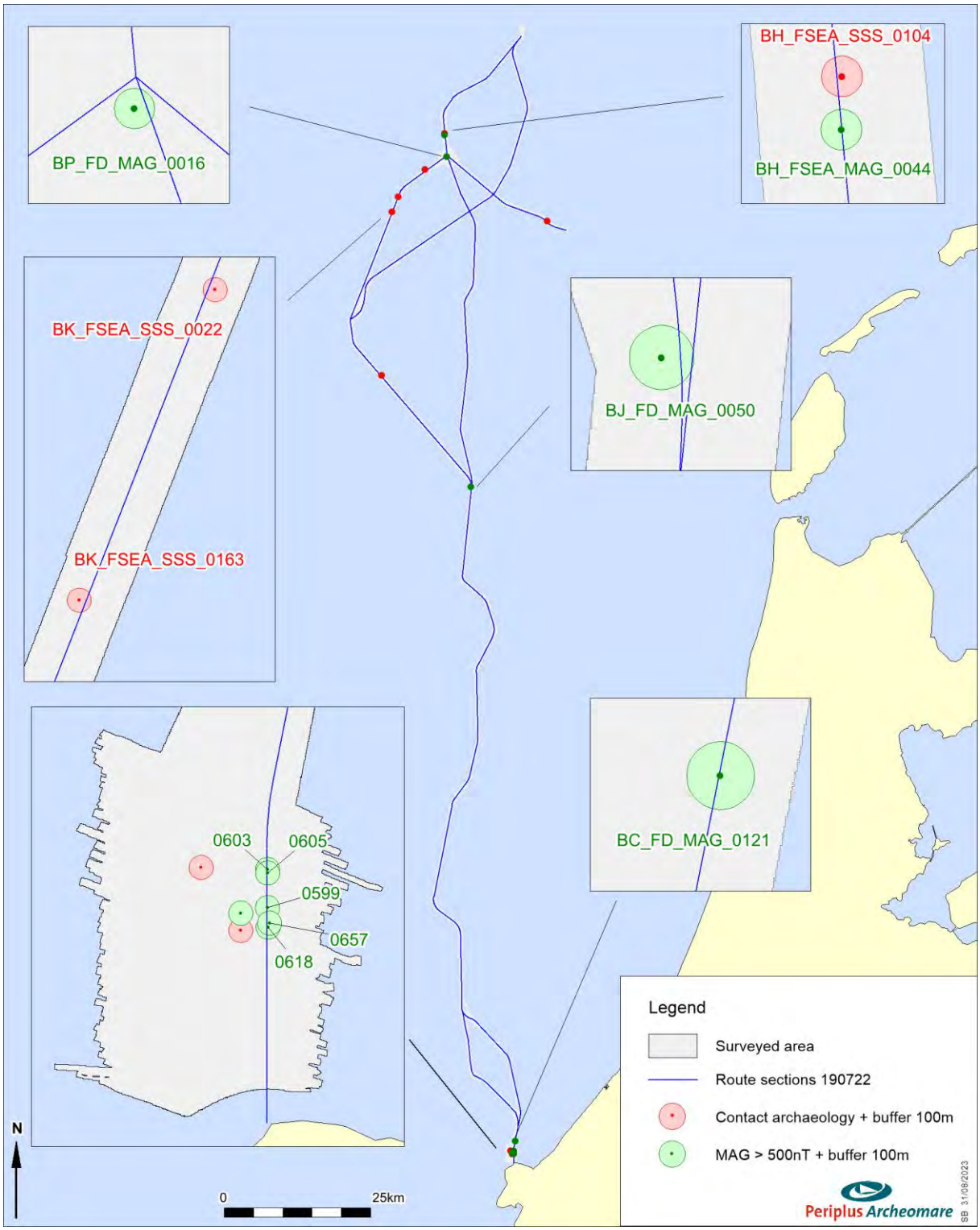


Figure 24. Overview of the potential archaeological targets within 100 meters of the proposed route

Prehistoric remains

Areas of potential archaeological interest listed below.

Depositional environment Areas of potential archaeological interest	Lithostratigraphic Unit	Time of deposition	Archaeological period
Peat-covered aeolian and small scale fluvial deposits	Boxtel Formation	*Late Glacial* and Early *Holocene*	Late Paleolithic and Early Mesolithic
Catchment of the Rhine	Kreftenheye Formation	Pleniglacial	Middle Paleolithic
Shores of lakes and lagoons	Brown Bank Member	Early *Weichselian*	Middle Paleolithic to Early Mesolithic

Table 18. Areas of potential archaeological interest

The physical quality, that is, the integrity and preservation of prehistoric remains is highly dependent on the extent to which prehistoric landscapes and archaeological levels herein have been affected by erosion. The seismic data indicate that part of the *Pleistocene* landscape has eroded during the Early *Holocene* marine ingression, thus affecting the integrity of possible prehistoric settlements. Locally the geological units defined as potential containers of prehistoric remains may have been preserved intact, especially in areas where peat has been found. The interpretation of lithostratigraphic units and the character of the layer boundaries (erosive versus non-erosive) from the seismic data is based on the geological data available and expert judgement. The seismic interpretation shall be ground-truthed by vibrocore sampling. The actual geological sequences present in the area and the integrity of layer boundaries will be verified, thus offering a tool for further analysis of the prehistoric landscapes and specify and test the archaeological potential.

Recommendation

Prehistory

Periplus Archeomare recommends conducting further archaeological research that focuses on the genesis and integrity of paleo-landscapes along the Aramis route trajectories for general archaeological research purposes. This research comprises an inventory of field research by means vibrocore sampling in accordance with the Dutch Quality Standard for Archaeology (KNA Waterbodems 4.1). A geotechnical campaign is carried out to generate a geological model of the subsurface of the pipeline corridor and to determine the physical properties of the sediment layers present. We recommend designating a number of vibrocore locations where sediment samples are collected that can be used for geo-archaeological research.

The intact samples must be examined by a (senior) prospector and described in accordance with the *Standaard Boorbeschrijvingsmethode* (SBB). Samples are selected and stabilized to be analyzed by specialists in the field of OSL and radiocarbon age dating, sediment petrography, palynology, micropaleontology (foraminifera, ostracods, diatoms, et cetera), macro-remains of plants and animals and molluscs to gain insight into the development of landscapes over time and the extent to which these paleolandscapes have been preserved.

In accordance with the Dutch Quality Standard for Archaeology (KNA Waterbodems 4.1), a Program of Requirements (PvE) and / or Plan of Action (PvA) must be drawn up. The PvE/PvA includes the objective,

the research strategy and methodology, the frameworks and the practical implementation of the research, so that the process runs smoothly, and multiple use of the data acquired in a uniform manner is achieved. It is advised to submit this PvE / PvA for approval to the Competent Authorities and the RCE. After completion of the inventory field research, during the construction of the pipeline, data can be collected that - from an archaeological point of view - provide valuable information at a detailed level. It can be very useful to investigate this information further from an archaeological point of view. It is advised to investigate the possibilities for this in consultation with the RCE, once the plans have been worked out.

During the installation of the pipeline, archaeological objects may be discovered which were completely buried or not recognized as an archaeological object during the geophysical survey. We recommend passive archaeological supervision based on an approved Program of Requirements. Passive archaeological supervision means that an archaeologist is not present during the execution of the work but always available on call. Following this recommendation would prevent delays during the work when unexpectedly archaeological remains are found. In accordance with the Erfgoedwet, it is required to report those findings to the enforcing authority (Minister of OCW). This notification must also be included in the scope of work.

List of Figures

Figure 1. Overview of the potential archaeological targets within 100 meters of the proposed route 7
Figure 2. Location map of the area of investigation 10
Figure 3: Schematic representation of the transport and storage system. 11
Figure 4. Sections bathymetric profiles based on the multibeam recordings (source data: Fugro 2022) 24
Figure 5. The seabed profiles along the different sections from north to south. 25
Figure 6. Multibeam image of NCN 219 29
Figure 7. Sonar and multibeam image of NCN 531 30
Figure 8. Sonar and multibeam image of NCN 967 31
Figure 9. Sonar and multibeam image of contact BN_FD_SSS_0025 32
Figure 10. Multibeam image of survey contact BK-FSEA-SSS-022 35
Figure 11. Multibeam image of survey contact BK-FSEA-SSS-0179 36
Figure 12. Sonar and multibeam image of survey contact BJ-FD-SSS-015 37
Figure 13. Multibeam image of survey contact BB-FS-SSS-0433 38
Figure 14. Overview of all side scan sonar / multibeam contacts with an archaeological expectation 39
Figure 15. Spatial distribution of all magnetic anomalies 40
Figure 16. Magnetic anomalies larger than 500nT not related to known objects, infrastructure or objects found with side scan sonar. 42
Figure 17. Subcropping Pleistocene units within 2000-meter corridor along the optional Aramis routes according to the 2004 Top Pleistocene Map and 2021 Geological map of the Netherlands; wind farm sites displayed to provide some spatial context. 44
Figure 18. Wormer Member | Naaldwijk Formation in the upper part of Unit B around KP 5.0 of the Section Nearshore East 47
Figure 19. River sands of the Kreftenheye Formation (Unit C). The interpretation of Unit B is uncertain. Unit B could also consist of the Kreftenheye Formation with H15 as an internal reflector or Unit B consists of Holocene tidal deposits of the Wormer Member. 48
Figure 20. Possible peat the transition from Unit B to Unit A 48
Figure 21. Channel-like feature in top of Unit B (source: Fugro survey report F197217-REP-001) 49
Figure 22. Channel feature and intermittent occurrences of peat at the base of the parallel bedded sequence of Unit B (source: Fugro survey report F197217-REP-001) 51
Figure 23. Channel features that are truncated by parallel beds of Unit B (source: Fugro survey report F197217-REP-001) 52
Figure 24. Overview of the potential archaeological targets within 100 meters of the proposed route 60

List of tables

Table 1. Dutch archaeological periods 2
Table 2. Administrative details 2
Table 3. Magnetic anomalies over 500 nT with an archaeological expectation. 6
Table 4. Data used for archaeological assessment. 16
Table 5. Overview of the survey campaigns and the employed survey methods (source: Fugro report F197217-REP-001 | 01 | 18 April 2023). 17
Table 6. Characteristics of geophysical and geotechnical methods employed. 19
Table 7. Known objects within the surveyed area. 27
Table 8. As Found NCN objects 28
Table 9. Known shipwrecks found and not found 29
Table 10. Side scan sonar contacts identified by Fugro 33
Table 11. Results of the assessment of selected side scan sonar contacts 34
Table 12. Listing of side scan sonar records with potential archaeological interest. 34
Table 13. Magnetic anomalies over 500 nT 41
Table 14. Overview of seismostratigraphic units (source: Fugro survey report F197217-REP-001) 46
Table 15. Lithostratigraphic units along the pipeline routes 56
Table 16. Objects with an archaeological expectation. 58
Table 17. Magnetic anomalies over 500 nT with an archaeological expectation. 59
Table 18. Areas of potential archaeological interest 61

Glossary and abbreviations

Terminology	Description
AMZ	Archeologische Monumenten Zorg, a description of procedures to ensure the protection of National archaeological Cultural Heritage
Allerød	Warm period (*interstadial*) within the *Late Glacial*, 13,900 to 12,900 cal years BP
Bioturbation	Disturbance of sediment layers by burrowing animals
Bølling	Warm period (*interstadial*) within the *Late Glacial*, 14,700 to 14,000 cal years BP
CPT	Cone penetration test
Cryoturbation	Disturbance of sediment layers due to freezing and thawing
Diffraction Hyperbola	Isolated point reflectors induced by e.g. boulders or pipelines show as hyperbola in a seismic profile, because the reflections of these objects are not only registered during the crossing of the object (top of hyperbola), but also before and after the crossing (arms of hyperbola)
Eemian	Warm period (*interglacial*) between *Saalian* and *Weichselian* from 130,000 to 115,000 years ago
Erratic	An (glacial) erratic is a piece of rock that differs from the size and type of rock native to the area in which it rests. These rocks are carried by glacial ice, often over distances of hundreds of kilometres. Erratics can range in size from pebbles to large boulders.
Ferrous	Material, which is magnetic or can be magnetized, and well-known types are iron and nickel
Glacial	Ice-age
Holocene	Youngest geological epoch (from the last Ice Age, around 10,000 BC. to the present)
In situ	At the original location in the original condition
Interglacial	Warm period in between two ice-ages
Interstadial	Warm period within an ice-age
Late Glacial	Last part of the Weichselian, 15,000 to 12,000 years ago
ka	Kiloanus or kiloyear, a period of 1,000 years
Magnetometer	Methodology to measure deviations from the earth's magnetic field (caused by the presence of ferro-magnetic = ferrous objects)
Multibeam	Acoustic instrument that uses different bundles or beams to measure the depth in order to create a detailed topographic model
Odderade	Warm period (*interstadial*) within the Early *Weichselian*, 85,000 to 75,000 years ago
Pleistocene	Geological era that began about 2 million years ago. The era of the ice ages but also moderately warm periods. The *Pleistocene* ends with the beginning of the *Holocene*
Pleniglacial	Coldest part of the *Weichselian*, 75,000 ka to 15,000 years ago
PvE	Program of Requirements (Dutch: Programma van Eisen)
RCE	Ministry of Cultural Heritage (Dutch: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed)
ROV	Remotely Operated Vehicle
Saalian	Second last Ice age (glacial), 240,000 to 130,000 years ago
Sandr	Fan shaped outwash plain in front of a glacier

Terminology	Description
Side scan sonar	Acoustic instrument that registers the amplitude of reflections of the seabed. The resulting images are similar to a black / white photograph. The technique is used to detect objects and to classify the morphology and type of soil
Current ripples	Asymmetrical wave pattern at the seabed caused by currents. The steep sides of the ripples are always on the downstream side
Subbottom profiler	Acoustic system used to create seismic profiles of the subsurface
Trenching	Construction of a trench for the purpose of burying a cable or pipeline
Vibrocore	Vibrocore bore is a special drilling technique where a core tube is driven by means of vibration energy in the seabed. In addition, the core tube is provided with a piston so that the bottom material in the core tube remains in place
Weichselian	Last Ice Age (glacial) from 115,000 to 12,000 years ago

References

Literature

- Busschers, F. S., Kasse, C., Van Balen, R. T., Vandenberghe, J., Cohen, K. M., Weerts, H. J. T., Wallinga, J., Johns, C., Cleveringa, P. & Bunnik, F. P. M. 2007: Late Pleistocene evolution of the Rhine in the southern North-Sea Basin: imprints of climate change, sea-level oscillations and glacio-isostasy. Quaternary Science Reviews 26, 3216–3248.
- Cameron, T.D.J., Laban, C. and Schüttenhelm, R.T.E., 1984. Flemish Bight Kaartblad 52°N-02°E: Quaternary Geology, 1:250.000 series. British Geological Survey and Geological Survey of the Netherlands.
- Cameron, T.D.J., Laban, C., Mesdag, C.M. & Schuttenhelm, R.T.E. 1986: Indefatigable Sheet 53°N - 02°E. Quaternary Geology, 1:250.000 series. British Geological Survey and Geological Survey of the Netherlands.
- Cartelle, V., N.L.M. Barlow, D.M. Hodgson, F.S. Busschers, K. Cohen, B.M.L. Meijninger, & W.P. Kesteren, 2021: Sedimentary architecture and landforms of the late Saalian (MIS 6) ice sheet margin offshore of the Netherlands. Earth Surface Dynamics. 9.
- Fugro, 2019. Geophysical Results Report Hollandse Kust (West) Wind Farm Zone Survey 2018, Zone Survey 2018 Dutch Continental Shelf, North Sea. Fugro Document No.: P904162, volume 3 of 3.
- Fugro, 2022. Geophysical Survey at the IJmuiden Ver Wind Farm Sites V and VI (IJ56) | Dutch Sector, The Netherlands. Geophysical Results Report F192961_REP_007 01 | 23 September 2022. (Preliminary for review).
- GeoXYZ, 2019. Geophysical Results Report Hollandse Kust (West) Wind Farm Zone Survey 2018, Zone Survey 2018 Dutch Continental Shelf, North Sea. GeoXYZ Document No.: P904162, volume 3 of 3.
- Hart, J.K., Young, D.S., N.R. Baurley, B.A. Robson & K. Martinez, 2022: The seasonal evolution of subglacial drainage pathways beneath a soft-bedded glacier. Communications Earth Environ 3, 152 (2022).
- Van den Brenk, S. en van Lil, R., 2022. *Archaeological desk study area of interest Aramis pipelines.* Amsterdam (NL): Periplus Archeomare rapport 21A036-01.
- Lil, R. van, Brenk, S. van den en Cassée, R.W., 2022. *IJmuiden Ver Wind Farm Zone– An archaeological assessment of geophysical survey results.* Amsterdam (NL): Periplus Archeomare rapport 20A031-01. Netherlands Enterprise Agency (RVO).
- Van der Meulen, M. J., Van Gessel, S. F., Tiemersma, J. J. and Van Dijk, T. A. G. P. (2004). Grind en stenen voor de kust van Texel en de winbare voorraad suppletiezand. 25. Netherlands Institute of Applied Geosciences (TNO-NITG), Utrecht, NITG 04-236- B1299.
- Vink, A., Steffen, H., Reinhardt, L. en Kaufmann, G., 2007. Holocene relative sea-level change, isostatic subsidence and the radial viscosity structure of the mantle of northwest Europe (Beglium, The Netherlands, Germany, southern North Sea). *Quaternary Schience Reviews*, 26, pp. 3249-3275.
- Vonhögen-Peeters, L.M., Heteren, S. van and Peeters, J.H.M., 2016. *Indicatief model van het archeologische potentieel van de Noordzeebodem*. Deltares, 1209133-000.
- Van Lil, R., S. van den Brenk en R.W. Cassée, 2023. IJmuiden Ver Wind Farm Zone– An archaeological assessment of geophysical survey results. Periplus Archeomare report 20A034-01

Atlases and Maps

- GeoTOP-model Laag van Wijchen en Hollandveen Laagpakket
- Globale Archeologische Kaart van het Continentale Plat
- Noordzee atlas
-

Sources from the Internet

- Dienst der Hydrografie (www.hydro.nl)
- Dutch Federation of Aviation Archaeology (www.nfla.nl)
- Geologische Dienst Nederland – Data Informatie Nederlandse Ondergrond (www.dinoloket.nl)
- Noordzeeloket (www.noordzeeloket.nl)
- North Sea paleolandscapes, University of Birmingham (http://www.iaa.bham.ac.uk)
- Olie en Gasportaal (www.nlog.nl)
- Stichting Aircraft recovery Group 40-45 (http://www.arg1940-1945.nl)
- Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB.nl)
-

Various sources

- Archis III, archeologische database Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
- KNA Waterbodems 4.1
- Nationaal Contactnummer Nederland (NCN)
- SonarReg92, objectendatabase Rijkswaterstaat Noordzee en Delta

Appendix 1. Listing of selected side scan sonar contacts

The table below contains a selection of 117 *side scan sonar* contacts with a possible archaeological expectation, based on the comparison with known objects (NCN), their size (larger than four meters) and characteristics.

After reviewing, an archaeological expectation has been assigned to 9 contacts marked with a light green colour, presented in the table below.

Feature_name	Easting	Northing	Feature description Fugro	L	W	H	Z	Description PPA
BH_FSEA_SSS_0036	572394	5953350	Mattress	18.7	2.3	0.0	-32.8	Mattress
BH_FSEA_SSS_0003	572516	5953431	Depression Pockmark	7.7	6.6	0.0	-39.6	Spudcan depression
BH_FSEA_SSS_0007	572470	5953396	Depression Pockmark	8.2	6.2	0.0	-39.6	Spudcan depression
BH_FSEA_SSS_0004	572548	5953407	Depression Pockmark	6.1	5.9	0.0	-39.5	Spudcan depression
BH_FSEA_SSS_0005	572529	5953379	Depression Pockmark	7.0	6.1	0.0	-39.5	Spudcan depression
BH_FSEA_SSS_0016	572402	5952674	Depression Pockmark	4.3	4.1	0.0	-39.4	oval contact
BH_FSEA_SSS_0001	572373	5953287	Mattress	16.0	0.8	0.1	-39.3	mattress
BM_FSEA_SSS_0354	571321	5945854	Suspected Debris	4.4	0.3	0.0	-38.1	Elongated contact
BM_FSEA_SSS_0042	572235	5942929	Suspected Debris	4.3	0.9	0.2	-36.8	Oval contact, clustered with other oval contacts
BH_FSEA_SSS_0245	558780	5937355	Suspected Debris	12.7	3.1	0.0	-35.1	irregular contact, possibly a seabed disturbance
BM_FSEA_SSS_0030	573164	5939530	Seabed Mound	5.6	1.5	0.0	-34.7	Elongated thin contact, possible cable or chain
BH_FSEA_SSS_0117	558891	5936096	Suspected Debris	4.0	1.3	0.4	-34.2	Irregular contact in depression.
BM_FSEA_SSS_0078	572899	5938204	Suspected Debris	11.5	7.2	0.0	-33.8	Matrasses Pipeline Total L7-A to L7-P
BH_FSEA_SSS_0107	559378	5933267	Suspected Debris	4.3	0.3	0.4	-32.3	Elongated straight contact
BP_FD_SSS_0003	560054	5931344	Debris	5.7	1.0	0.0	-31	Seabed disturbance
BP_FD_SSS_0010	559575	5930614	Debris	7.5	3.2	0.0	-30.6	no contact visible
BK_FSEA_SSS_0290	543796	5905721	Boulder	4.3	4.7	0.0	-29.6	Seabed disturbance
BK_FSEA_SSS_0108	551298	5924649	Boulder	28.8	1.2	0.2	-29.4	buoy anchor with cable
BK_FSEA_SSS_0174	544378	5904424	Boulder	4.3	2.4	0.0	-29.4	elongated contact
BK_FSEA_SSS_0154	546697	5913055	Boulder	9.8	0.6	0.2	-29.3	Patch of shells
BK_FSEA_SSS_0044	547294	5914807	Boulder	4.5	2.2	0.0	-29.2	Nothing Visible on SSS and MBES
BK_FSEA_SSS_0120	547879	5915829	Boulder	6.8	0.8	0.0	-29.2	Nothing Visible on SSS and MBES
BK_FSEA_SSS_0196	545707	5909928	Boulder	4.3	3.1	0.0	-29.2	oval contact
BK_FSEA_SSS_0260	545890	5910411	Boulder	4.2	1.1	0.0	-29.2	oval contact
BK_FSEA_SSS_0274	547617	5914888	Boulder	5.2	5.6	0.0	-29.2	oval contact

Feature_name	Easting	Northing	Feature description Fugro	L	W	H	Z	Description PPA
BK_FSEA_SSS_0075	549384	5919899	Boulder	6.0	3.3	0.0	-29.1	Elongated straight contact
BK_FSEA_SSS_0175	545656	5908303	Boulder	4.3	1.0	0.1	-29.1	oval contact
BM_FSEA_SSS_0086	570587	5931442	Suspected Debris	4.0	0.5	0.0	-29.1	Seabed disturbance
BE_FD_SSS_0003	561690	5822980	Suspected Debris	5.7	2.7	0.1	-28.9	oval contact
BN_FD_SSS_0039	562547	5929173	Debris	4.1	1.0	0.0	-28.9	no contact visible
BE_FD_SSS_0002	560603	5821138	Suspected Debris	8.3	4.3	0.4	-28.8	oval contact in depression
BM_FSEA_SSS_0292	546644	5910321	Suspected Debris	7.8	0.2	0.1	-28.8	Elongated contact
BK_FSEA_SSS_0286	542892	5903521	Boulder	9.8	0.5	0.0	-28.7	thin straight contact, possibly depression
BM_FSEA_SSS_0377	547318	5911315	Suspected Debris	6.4	0.3	0.0	-28.7	Elongated contact, cable or chain
BM_FSEA_SSS_0098	570182	5930164	Suspected Debris	4.6	0.6	0.0	-28.3	Elongated contact
BG_FD_SSS_0014	561067	5926853	Pipeline	25.1	0.8	0.1	-28.2	Pipeline
BG_FD_SSS_0021	561279	5926721	Pipeline	53.6	0.5	0.0	-28.1	Pipeline
BG_FD_SSS_0010	561476	5926599	Pipeline	87.8	0.6	0.0	-27.8	Pipeline
BG_FD_SSS_0017	561489	5926592	Pipeline	53.9	0.5	0.3	-27.6	Pipeline
BG_FD_SSS_0009	561534	5926360	Suspected Debris	5.7	3.4	0.0	-27.3	Nothing Visible on SSS and MBES
BN_FD_SSS_0025	576689	5920367	Wreck	17.5	5.2	1.5	-27	See NCN 945 / Contact bn_fd_sss_0025
BE_FD_SSS_0035	562830	5824316	Suspected Debris	24.6	1.0	0.0	-26.9	Elongated contact, possibly cable or chain
BJ_FD_SSS_0004	545175	5897731	Debris	4.5	2.3	0.0	-26.9	Nothing Visible on SSS and MBES
BE_FD_SSS_0015	561724	5823492	Suspected Debris	15.9	0.7	0.0	-26.8	Elongated contact, possibly cable or chain
BE_FD_SSS_0031	564689	5840888	Suspected Debris	6.0	1.1	0.0	-26.8	Elongated contact, possibly cable or chain
BM_FSEA_SSS_0082	567876	5925957	Suspected Debris	4.0	0.4	0.0	-26.6	Elongated contact
BG_FD_SSS_0020	562256	5924505	Suspected Debris	13.2	0.4	0.0	-26.4	Long Small Bended Contact, Nothing on Mbes, Possible Rope or Chain
BN_FD_SSS_0010	566548	5925589	Debris	5.7	3.1	0.0	-26.4	no contact visible
BM_FSEA_SSS_0014	566988	5924284	Suspected Debris	4.6	0.4	0.1	-26.3	no contact visible
BF_FD_SSS_0026	563257	5896796	Seabed Mound	6.6	3.2	0.7	-26.2	oval contact, possibly a stone
BM_FSEA_SSS_0130	559140	5919286	Suspected Debris	4.9	0.4	0.0	-26.2	cable/chain
BM_FSEA_SSS_0283	566066	5924076	Suspected Debris	4.3	0.7	0.0	-26.2	Elongated contact
BM_FSEA_SSS_0279	565452	5923640	Suspected Debris	10.1	0.8	0.0	-26.1	Elongated contact

Feature_name	Easting	Northing	Feature description Fugro	L	W	H	Z	Description PPA
BN_FD_SSS_0017	571919	5922297	Debris	4.1	0.8	0.0	-26.1	elongated curved contact
BM_FSEA_SSS_0263	560640	5920327	Suspected Debris	5.7	0.6	0.0	-26	Elongated contact
BM_FSEA_SSS_0277	561266	5920672	Suspected Debris	4.7	0.8	0.0	-26	Elongated contact
BM_FSEA_SSS_0333	561394	5920909	Suspected Debris	5.3	0.7	0.0	-26	Elongated contact
BM_FSEA_SSS_0367	564897	5923160	Suspected Debris	4.9	0.6	0.0	-26	Elongated contact
BG_FD_SSS_0023	563609	5921710	Debris	5.7	0.5	0.0	-25.9	Cluster of small oval contacts
BM_FSEA_SSS_0221	562349	5921382	Suspected Debris	4.2	0.4	0.0	-25.9	Elongated contact
BM_FSEA_SSS_0256	562509	5921591	Suspected Debris	6.1	0.4	0.0	-25.9	Elongated contact
BM_FSEA_SSS_0273	562187	5921340	Suspected Debris	5.7	0.7	0.0	-25.9	Elongated contact
BM_FSEA_SSS_0317	563598	5922366	Suspected Debris	8.0	0.9	0.0	-25.9	Elongated contact
BN_FD_SSS_0034	574301	5921805	Debris	6.7	2.5	0.0	-25.9	Seabed disturbance
BF_FD_SSS_0002	562271	5906303	Seabed Mound	6.5	4.0	0.2	-25.8	oval contact
BF_FD_SSS_0004	562337	5906463	Debris	4.8	1.4	0.1	-25.8	oval contact
BF_FD_SSS_0005	562372	5906435	Seabed Mound	4.1	1.3	0.1	-25.8	oval contact
BF_FD_SSS_0009	562478	5906537	Seabed Mound	5.1	1.0	0.0	-25.8	oval contact
BE_FD_SSS_0033	564696	5841065	Suspected Debris	6.7	0.4	0.0	-25.7	Elongated contact, possibly cable or chain
BF_FD_SSS_0007	562431	5905891	Seabed Mound	11.9	3.3	0.3	-25.7	Elongated triangular contact, with a grinding channel
BF_FD_SSS_0008	562436	5905902	Seabed Mound	6.8	3.0	0.2	-25.7	oval contact, with a depression
BF_FD_SSS_0015	562631	5906896	Seabed Mound	4.3	2.2	0.1	-25.7	Oval contact in a cluster of smaller oval contacts
BF_FD_SSS_0021	562712	5906802	Seabed Mound	5.6	1.4	0.1	-25.7	oval contact
BF_FD_SSS_0027	563122	5908014	Suspected Debris	13.3	2.4	0.2	-25.7	Elongated contact
BG_FD_SSS_0008	564555	5919314	Suspected Debris	5.3	0.5	0.0	-25.7	Elongated contact
BF_FD_SSS_0006	562395	5905025	Debris	4.7	1.2	0.2	-25.6	Two oval contacts, possibly stones
BF_FD_SSS_0013	562585	5906295	Seabed Mound	12.9	2.5	0.1	-25.6	Elongated, curved contact, possibly a depression
BF_FD_SSS_0023	562758	5906789	Seabed Mound	6.3	1.5	0.0	-25.6	Nothing Visible on SSS and MBES
BG_FD_SSS_0030	564078	5914876	Debris	16.5	5.2	0.0	-25.6	Nothing Visible on SSS and MBES

Feature_name	Easting	Northing	Feature description Fugro	L	W	H	Z	Description PPA
BF_FD_SSS_0030	563476	5908191	Seabed Mound	13.6	2.8	0.1	-25.5	Elongated contact
BF_FD_SSS_0032	563600	5908415	Seabed Mound	5.3	1.9	0.1	-25.5	Oval contact in a cluster of smaller oval contacts
BF_FD_SSS_0034	563664	5908420	Seabed Mound	4.0	2.6	0.0	-25.5	Oval contact in a cluster of smaller oval contacts
BF_FD_SSS_0035	563664	5908843	Seabed Mound	7.9	1.2	0.1	-25.5	Elongated contact
BF_FD_SSS_0038	563778	5908537	Seabed Mound	12.4	3.1	0.1	-25.5	Elongated, curved contact, possibly a depression
BF_FD_SSS_0041	563849	5908905	Seabed Mound	11.2	3.1	0.1	-25.5	Elongated contact in a cluster of smaller oval contacts
BF_FD_SSS_0042	563897	5908744	Seabed Mound	8.3	2.8	0.1	-25.5	Elongated contact
BF_FD_SSS_0049	564270	5910802	Seabed Mound	4.2	0.8	0.0	-25.5	no contact visible
BG_FD_SSS_0004	564261	5911517	Debris	8.2	1.4	0.0	-25.5	Nothing Visible on SSS and MBES
BJ_FD_SSS_0010	553035	5888675	Debris	4.3	0.7	0.0	-25.4	elongated curved contact
BF_FD_SSS_0025	562976	5899476	Fishing Gear	84.9	0.6	0.0	-25.3	Elongated contact, cable or chain
BJ_FD_SSS_0008	549409	5892980	Debris	4.0	1.6	0.0	-25	oval contact in depression
BE_FD_SSS_0026	564436	5829719	Suspected Debris	5.0	0.6	0.0	-24.2	Seabed disturbance
BB_FS_SSS_0147	569907	5761041	Suspected Debris	6.5	0.9	0.4	-24	Seabed disturbance
BE_FD_SSS_0009	564748	5833956	Suspected Debris	4.2	2.0	0.1	-23.9	oval contact lying on a sand wave
BE_FD_SSS_0028	564355	5830266	Suspected Debris	4.5	3.2	0.0	-23.9	Oval contact, possibly stone
BD_FD_SSS_0642	563132	5781065	Debris	5.1	0.8	0.1	-23.7	Nothing Visible on SSS and MBES
BB_FS_SSS_0481	570154	5761583	Suspected Debris	6.0	2.2	0.1	-23.2	Nothing Visible on SSS and MBES
BE_FD_SSS_0020	563657	5826463	Suspected Debris	11.0	2.7	0.0	-23.2	Seabed disturbance
BD_FD_SSS_0224	557171	5805022	Debris	4.1	1.0	0.0	-23.1	No contact on the SSS, in the Mbes an elongated contact parallel to the sand golf
BB_FS_SSS_0419	570165	5761433	Suspected Debris	8.9	0.6	0.4	-22.6	Elongated straighht contact, partially cut off by the mosaic
BE_FD_SSS_0008	564243	5829215	Suspected Debris	5.9	1.1	0.3	-20.7	No contact on the SSS, in the Mbes an elongated contact parallel to the sand golf
BB_FS_SSS_0433	570711	5761481	Wreck	4.3	2.4	0.3	-18.9	oval contact

Feature_name	Easting	Northing	Feature description Fugro	L	W	H	Z	Description PPA
BB_FS_SSS_0444	570947	5761501	Suspected Debris	4.4	0.5	0.1	-18.4	Natural Ridge
BB_FS_SSS_0025	570853	5760453	Suspected Debris	7.9	1.1	0.2	-18.1	Seabed disturbance
BB_FS_SSS_0705	569990	5762046	Suspected Debris	7.3	0.9	0.2	-17	Elongated contact, possibly cable or chain
BB_FS_SSS_0835	569874	5762289	Suspected Debris	4.1	1.2	0.3	-17	irregularly formed contact
BB_FS_SSS_0937	569719	5762832	Suspected Debris	7.2	0.6	0.2	-16.4	oval contacts, possibly stones
BB_FS_SSS_0019	570760	5760382	Suspected Debris	4.9	1.2	0.5	-14.9	NCN 20283, Seabed disturvance
BA_FS_SSS_0035	570150	5760234	Suspected Debris	4.8	0.5	0.3	-11.5	Elongated contact
BB_FS_SSS_0620	570364	5761961	Suspected Debris	4.1	0.4	0.3	-17	See Wreck NCN 219
BB_FS_SSS_0678	570397	5761996	Wreck	31.9	20.5	1.6	-17	See Wreck NCN 219
BB_FS_SSS_0684	570389	5762001	Suspected Debris	4.3	0.6	0.4	-17	See Wreck NCN 219
BH_FSEA_SSS_0187	559117	5935318	Wreck	17.1	3.9	1.7	-34	See Wreck NCN 531
BJ_FD_SSS_0015	548443	5894128	Debris	5.6	1.8	0.0	-26.4	Elongated object 5.6 perpendicular to sand waves
BK_FSEA_SSS_0022	551288	5924521	Boulder	5.6	2.9	5.2	-29.8	Buried Remains with Magnetic Anomalies
BK_FSEA_SSS_0163	550142	5921916	Boulder	0.0	2.5	2.5	-29	See NCN 967
BK_FSEA_SSS_0179	555839	5929168	Boulder	6.7	5.7	1.0	-30.3	Large Anchor Shaft 3.2 M Arms 2.1m With Scouring

Appendix 2. Phases of maritime archaeological research

The Dutch Quality Standard for Archaeology (KNA Waterbodems, version 4.1) describes all procedures and requirements for the archaeological research process. Below a brief description of the steps involved:

1. **Desk study**
   The purpose of a desk study is to collect and report all available historical data, geological information, and information about disturbances in the past. The result is an archaeological expectation map or model.
   The desk study may be expanded with an analysis of sonar and multibeam data, if available.

   IF the outcome of the desk study shows that there is a risk of occurrence of archaeology, then the next phase must be carried out:

2. **Exploratory field research (opwaterfase)**

   a. **Geophysical survey**
   In order to test the archaeological expectation, a geophysical survey is carried out. The type of survey depends on the type of expected objects, local geology and expected depth of the objects below the seafloor. In practice, the research usually consists of a side scan sonar survey, if necessary, supplemented with multibeam echo sounder recordings, subbottom profiling and magnetometer measurements. The requirements of the survey are based on the desk study and should be included in a program of requirements which must be approved by the competent authorities.

   IF potential archaeological objects are found, then the next phase (**3**) must be carried out.

   b. **Geotechnical survey**
   In order to reconstruct prehistoric landscapes and refine and test the archaeological expectation related to those landscapes a geotechnical survey can be carried out. A geotechnical survey comprises penetration tests (CPT's) and/or bottom sampling (*vibrocore*, Acqualock, Begemann, grab sampling, etcetera). The sample strategy and sample locations are based on the geological constellation of the area and interpreted subbottom profiling data. The requirements of the survey shall be listed in a program of requirements which must be approved by the competent authorities.

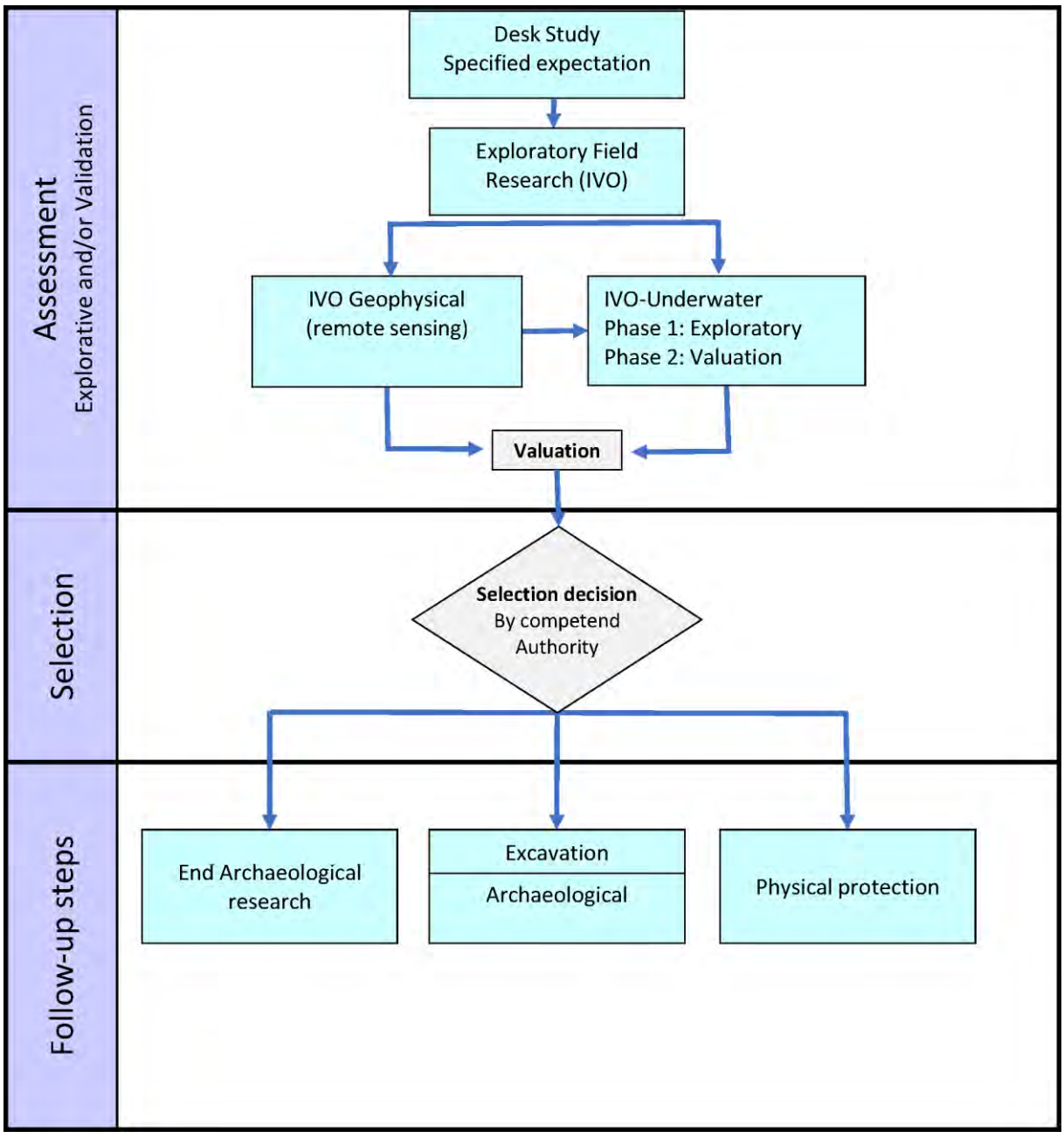
3. **Exploratory field research (onderwaterfase verkennend)**
   The suspected sites are investigated by specialized divers in order to identify the objects. The requirements of the underwater research are included in a program of requirements which must be approved by the competent authorities.

   IF as site is identified as an archaeological object or structure then the next phase must be carried out:

4. **Appreciative field research (onderwaterfase waarderend)**
   The archaeological remains at the site are thoroughly investigated and mapped by a specialized archaeological diving team and samples are collected for additional research. Then a decision will be made whether the archaeological remains are worth preserving. If the latter is the case, then there are two possibilities: either the remains can be preserved in situ (adjustment of plans), or the next phase will be conducted:

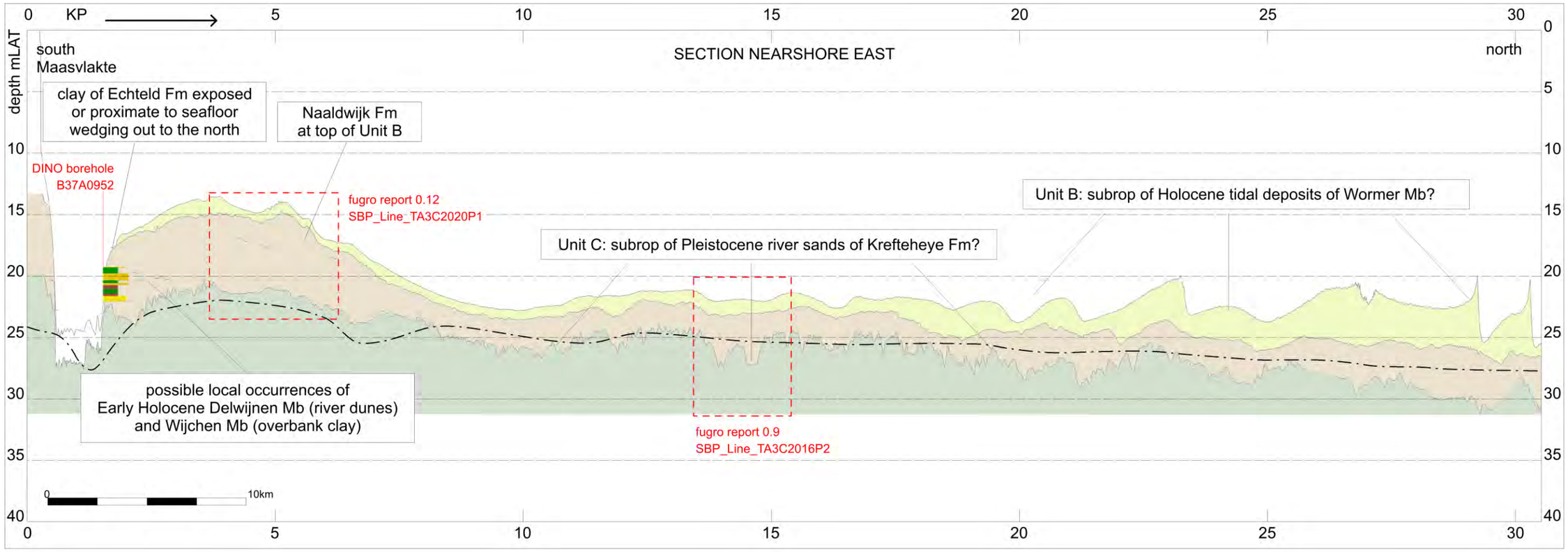
5. **Archaeological excavation**
   The archaeological remains are excavated under supervision of a senior maritime archaeologist. All remains need to be documented, registered, and conserved. The requirements of the underwater research are included in a program of requirements which must be approved by the competent authorities.

The phases described above contain a number of decision points that are dependent on the detected archaeological objects. The figure below shows these moments schematically.



Appendix 3. X-sections

Section Nearshore East, A, B and C



Legend

Seismic Unit
- A
- B
- C

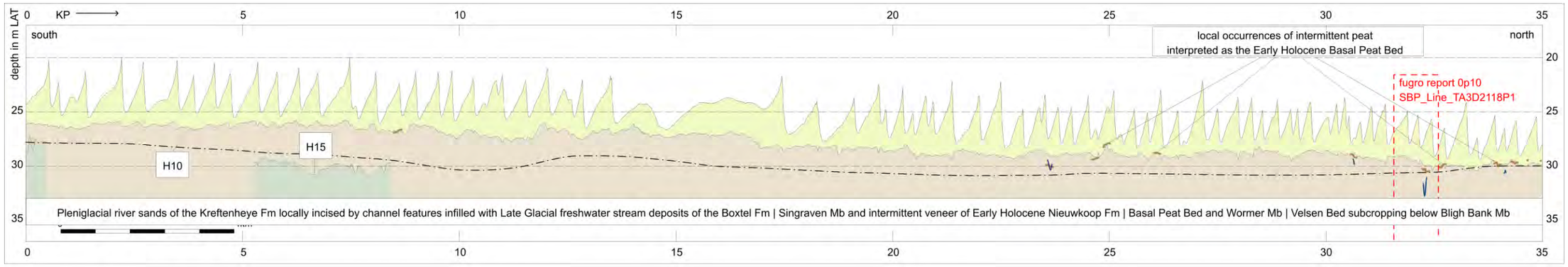
Features
- peat and/or organic clay
- channel feauture

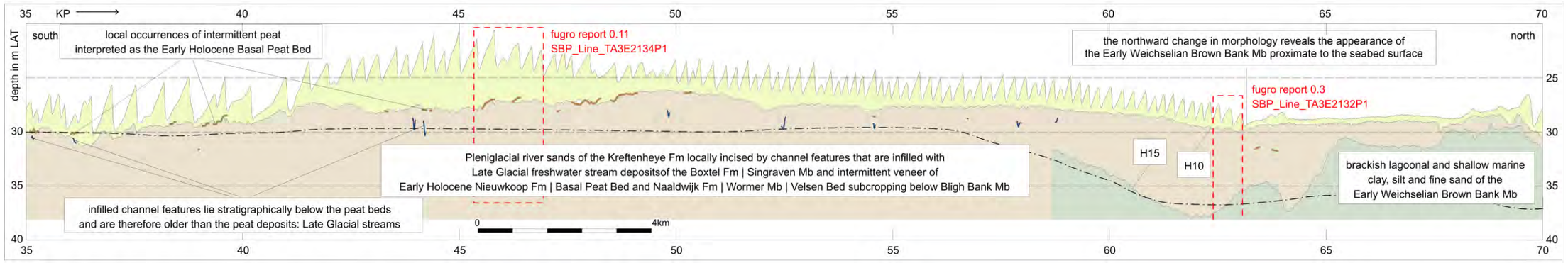
fugro report 0p10
SBP_Line_TA3D2118P1
apprixiamte location of SBP data example from Fugro Survey Report F197217-REP-001

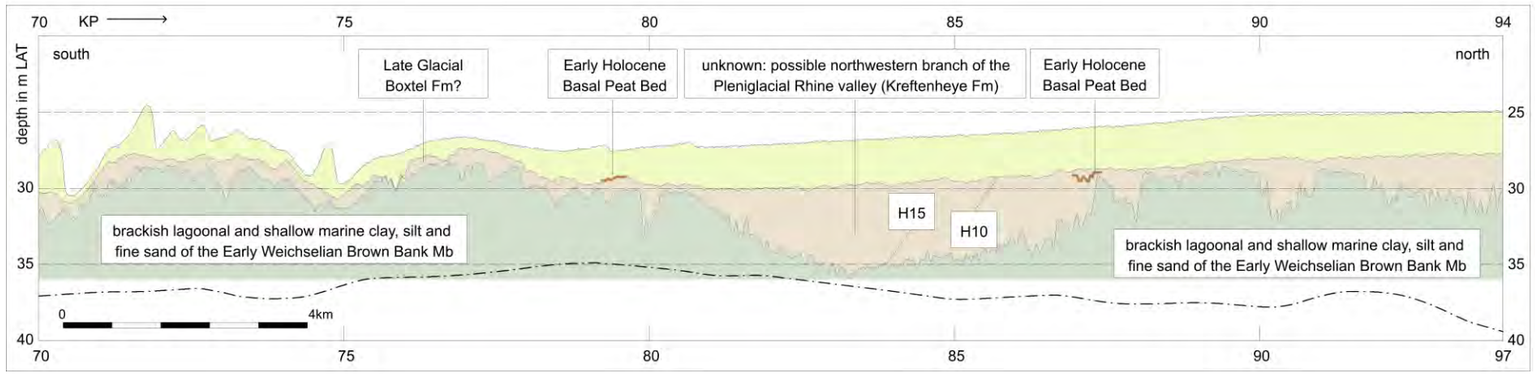
TNO 2007 Top Pleistocene

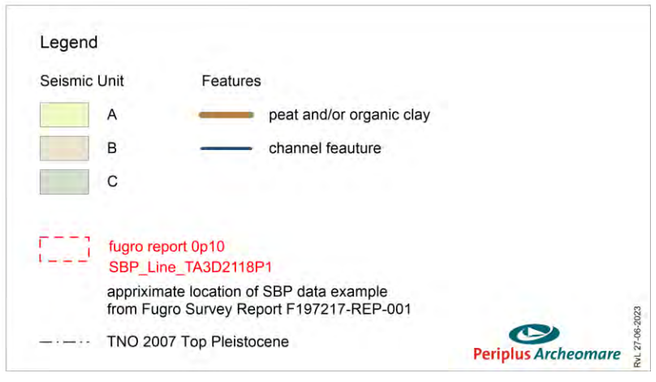
Periplus Archeomare

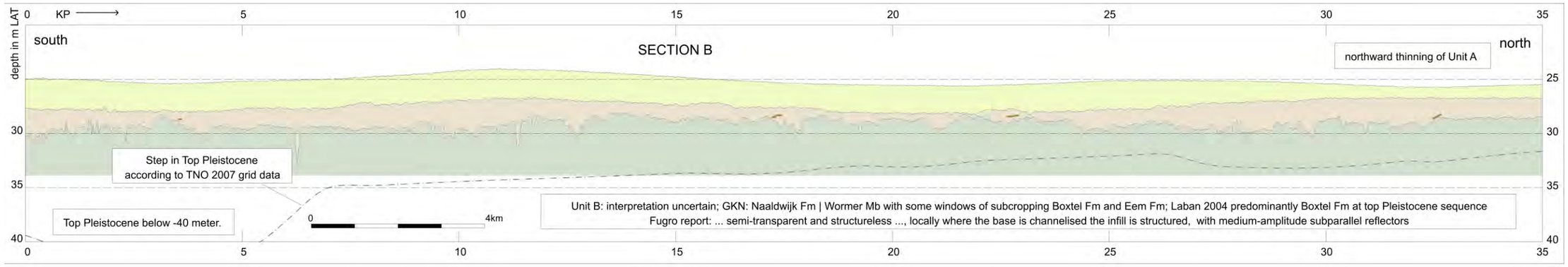
Rvl. 27-06-2023

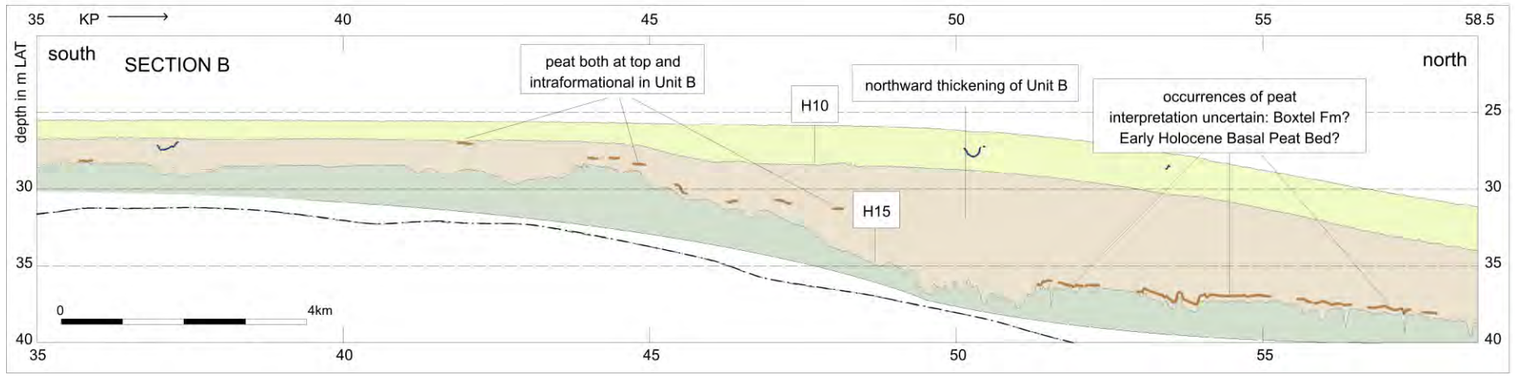

KP
south
north
depth in m LAT
local occurrences of intermittent peat
interpreted as the Early Holocene Basal Peat Bed
fugro report 0p10
SBP_Line_TA3D2118P1
H15
H10
Pleniglacial river sands of the Kreftenheye Fm locally incised by channel features infilled with Late Glacial freshwater stream deposits of the Boxtel Fm | Singraven Mb and intermittent veneer of Early Holocene Nieuwkoop Fm | Basal Peat Bed and Wormer Mb | Velsen Bed subcropping below Bligh Bank Mb

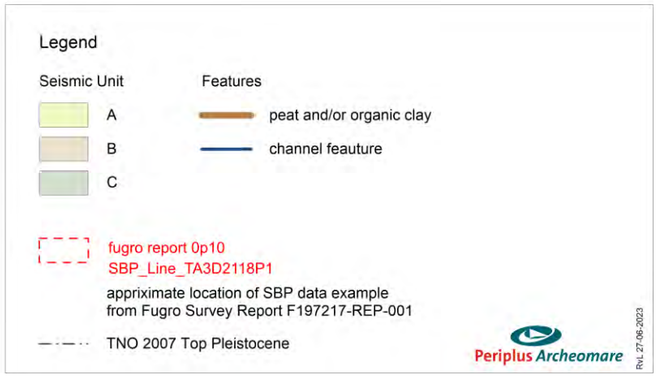

KP
south
north
depth in m LAT
local occurrences of intermittent peat
interpreted as the Early Holocene Basal Peat Bed
fugro report 0.11
SBP_Line_TA3E2134P1
the northward change in morphology reveals the appearance of
the Early Weichselian Brown Bank Mb proximate to the seabed surface
fugro report 0.3
SBP_Line_TA3E2132P1
H15
H10
Pleniglacial river sands of the Kreftenheye Fm locally incised by channel features that are infilled with
Late Glacial freshwater stream depositsof the Boxtel Fm | Singraven Mb and intermittent veneer of
Early Holocene Nieuwkoop Fm | Basal Peat Bed and Naaldwijk Fm | Wormer Mb | Velsen Bed subcropping below Bligh Bank Mb
brackish lagoonal and shallow marine
clay, silt and fine sand of the
Early Weichselian Brown Bank Mb
infilled channel features lie stratigraphically below the peat beds
and are therefore older than the peat deposits: Late Glacial streams
0
4km

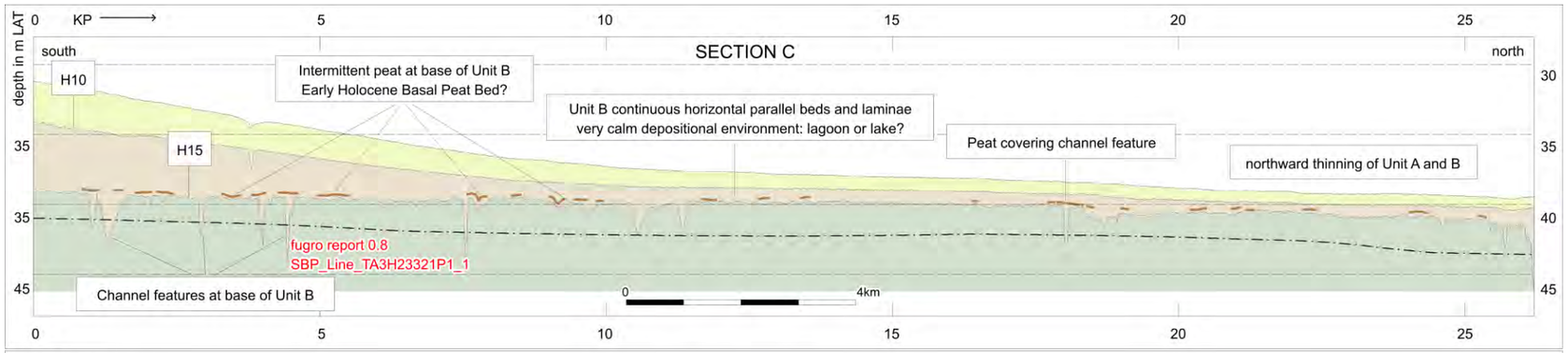

KP
south
north
depth in m LAT
Late Glacial
Boxtel Fm?
Early Holocene
Basal Peat Bed
unknown: possible northwestern branch of the
Pleniglacial Rhine valley (Kreftenheye Fm)
Early Holocene
Basal Peat Bed
H15
H10
brackish lagoonal and shallow marine clay, silt and
fine sand of the Early Weichselian Brown Bank Mb
brackish lagoonal and shallow marine clay, silt and
fine sand of the Early Weichselian Brown Bank Mb
0
4km

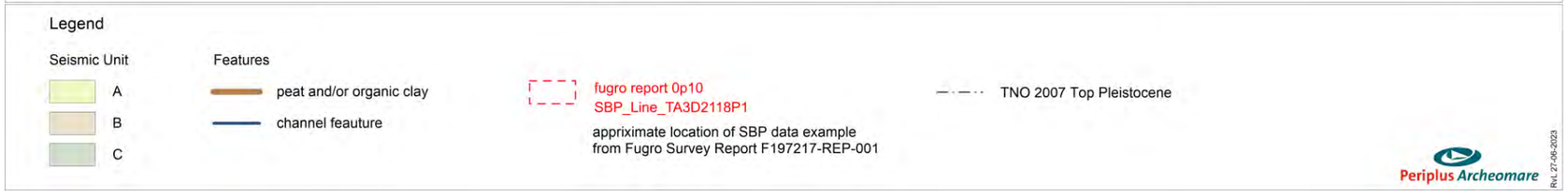

Legend
Seismic Unit
A
B
C
Features
peat and/or organic clay
channel feauture
fugro report 0p10
SBP_Line_TA3D2118P1
appriximate location of SBP data example
from Fugro Survey Report F197217-REP-001
TNO 2007 Top Pleistocene
Periplus Archeomare
Rvl. 27-06-2023


SECTION B
south
north
KP
depth in m LAT
northward thinning of Unit A
Step in Top Pleistocene
according to TNO 2007 grid data
Top Pleistocene below -40 meter.
0
4km
Unit B: interpretation uncertain; GKN: Naaldwijk Fm | Wormer Mb with some windows of subcropping Boxtel Fm and Eem Fm; Laban 2004 predominantly Boxtel Fm at top Pleistocene sequence
Fugro report: ... semi-transparent and structureless ..., locally where the base is channelised the infill is structured, with medium-amplitude subparallel reflectors


SECTION B
south
north
KP
depth in m LAT
peat both at top and
intraformational in Unit B
H10
northward thickening of Unit B
occurrences of peat
interpretation uncertain: Boxtel Fm?
Early Holocene Basal Peat Bed?
H15
0
4km


Legend
Seismic Unit
A
B
C
Features
peat and/or organic clay
channel feauture
fugro report 0p10
SBP_Line_TA3D2118P1
appriximate location of SBP data example
from Fugro Survey Report F197217-REP-001
TNO 2007 Top Pleistocene
Periplus Archeomare
Rv1 27-06-2023


SECTION C
south
north
KP
depth in m LAT
H10
H15
Intermittent peat at base of Unit B
Early Holocene Basal Peat Bed?
Unit B continuous horizontal parallel beds and laminae
very calm depositional environment: lagoon or lake?
Peat covering channel feature
northward thinning of Unit A and B
fugro report 0.8
SBP_Line_TA3H23321P1_1
Channel features at base of Unit B
0
4km


Legend
Seismic Unit
A
B
C
Features
peat and/or organic clay
channel feauture
fugro report 0p10
SBP_Line_TA3D2118P1
appriximate location of SBP data example
from Fugro Survey Report F197217-REP-001
TNO 2007 Top Pleistocene
Periplus Archeomare
Rv1 27-06-2023

Appendix 4. Integrated Geophysical and Geotechnical reports

F197217-REP-001_(01) Geophysical Results Report.pdf

By Fugro

Gemeente Rotterdam

Onderwerp:
A2023301 Gemeente Rotterdam, Aramis project, 2 tunnelschachten

Bezoek-/postadres:
Archeologie Rotterdam (BOOR)
Ceintuurbaan 213b
3051 KC Rotterdam
Website: www.rotterdam.nl/archeologie

Retouradres: Ceintuurbaan 213b, 3051 KC Rotterdam

Royal HaskoningDHV
t.a.v. de heer E. Holleman
Postbus 1132
3800 BC AMERSFOORT

Van: dhr. drs. B.A. Corver
Telefoon: 06 – 289 19 034
E-mail: ba.corver@rotterdam.nl

Ons kenmerk: AS23/11267-23/0022317

Datum: 30 november 2023

Geachte heer Holleman,

De afdeling Archeologie van de gemeente Rotterdam (BOOR) heeft op uw verzoek de noodzaak van het uitvoeren van een archeologisch (voor)onderzoek in het kader van de voorgenomen grondwerkzaamheden ter behoeve van Aramis project, 2 tunnelschachten (nabij Prinses Maximaweg), te Rotterdam beoordeeld.

Beoordeling
De plannen geven geen aanleiding tot archeologisch vooronderzoek (bureauonderzoek en/of inventariserend veldonderzoek) op de planlocatie. De locatie kan voor de voorgenomen ontwikkeling worden vrijgegeven zonder archeologische bemoeienis.
Er dient wel altijd rekening gehouden te worden met zogenaamde toevalsvondsten, bijvoorbeeld scheepswrakken of -resten. Hiervan dient men op basis van de Erfgoedwet 2016, art. 5.10 melding te maken bij Onze Minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap c.q. de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. In de praktijk is het eenvoudiger om dit bij de bevoegde overheid, de gemeente Rotterdam, voor deze Archeologie Rotterdam, te doen.

Onderbouwing
Het plangebied maakt deel uit van een archeologisch kansrijk gebied. In het bestemmingsplan ‘Maasvlakte 1’ is voor de locatie een bouwregeling en een omgevingsvergunning opgenomen voor bouw- en graafwerkzaamheden die dieper reiken dan 3 m - NAP en die tevens een oppervlakte beslaan van meer dan 200 vierkante meter.

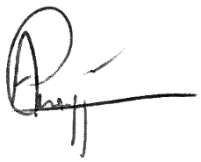
De grondroerende werkzaamheden bestaan uit het graven van een tunnel. In het kader van CO_2-opslag zal transport plaatsvinden onder de zeewering en Maasgeul door naar een in de Noordzee gelegen distributieplatform, met een diameter van 32”. Om de kruising met de Maasgeul te realiseren wordt een microtunnel voorzien. Voor de aanleg van deze microtunnel zijn momenteel twee opties: een diepe schacht ten noorden van de Maasvlakteweg weg (314 m^2, tot 19,2 m diep, uiteindelijk 35-40 m - mv, diameter 20 m) of een minder diepe schacht ten zuiden van de Maasvlakteweg (800 m^2, tot 11,7 m - mv, lxb = 80x10 m). Voor beide opties is deze plantoets uitgevoerd.

De werkzaamheden overschrijden de toegestane verstoringsmarges van het bestemmingsplan, echter op basis van Vos 2019[1] blijkt dat de kans op de aanwezigheid van archeologische resten klein is. In verband hiermee wordt een archeologisch vooronderzoek op de planlocatie niet noodzakelijk geacht.

Bij eventuele wijzigingen in het aanlegplan kan een archeologisch vooronderzoek alsnog nodig zijn en dient het opnieuw aan Archeologie Rotterdam te worden voorgelegd.

Met vriendelijke groet,

DIRECTEUR STADSBEHEER OPENBARE WERKEN
(voor deze)



dr. A. Carmiggelt
Hoofd Archeologie Rotterdam (BOOR)

[1] Vos, P. 2019: Toelichting op de kaart van het oppervlak van de Pleistocene ondergrond en de Vroeg Holocene paleo-landschapskaarten van het Maasvlakte gebied - Port of Rotterdam, Deltares.

Bijlage 10

Natuur

RAPPORT

Natuurversterkend bouwen

MER Aramis CO2-transportinfrastructuur

Klant: Aramis

Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2024
Status: Definitief/01
Datum: 9 februari 2024

ARAMIS	**CCS-ARAMIS Project** **Environment Impact Assessment – Baseline report** Document No. ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2024 Document title Nature Enhancement Revision Final 4.0

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Industry & Buildings

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document:	Natuurversterkend bouwen
Sub titel:	MER Aramis CO2-transportinfrastructuur
Referentie:	ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2024
Uw kenmerk	
Status:	Definitief/01
Datum:	9 februari 2024
Projectnaam:	Aramis
Projectnummer:	BH8744

Classificatie
Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderzins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1 Natuur versterkend bouwen 1

2 Overzicht mogelijke maatregelen 2

2.1 Ecologische oversteeek (eco-crossing) 2

2.2 Natuurinclusieve matrassen 2

2.3 Biohut 2

2.4 Kabeljauw hotel 3

2.5 Natuurinclusieve klompgewichten 3

3 Toepassingsmogelijkheden van de beschreven maatregelen 4

3.1 Gebieden 4

3.2 Kruisingen 4

3.3 Platforms 4

1 Natuur versterkend bouwen

Als onderdeel van het ontwerp van de Aramis zeeleiding, de aansluitleidingen van de operators en de platforms op zee, is onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor natuurversterkend bouwen. Hiermee wordt aangesloten op de afspraken in het Noordzee Akkoord en invulling gegeven aan de ambities van de operators, om te komen tot versterking van de mariene ecologie in de Noordzee. Natuurversterkend bouwen wordt daarbij gezien als toepassing van Bovenwettelijk Beste Beschikbare Technieken.

Er zijn twee integrale workshops georganiseerd om de ervaringen en mogelijkheden van natuurverstekend bouwen te verkennen. Bij deze bijeenkomsten zijn zowel mariene ecologen als technische experts aanwezig geweest (met vertegenwoordigers van het minsterie EZK, NGO's en universiteiten), om te komen tot effectieve en uitvoerbare mogelijkheden. De bijeenkomsten hebben plaatsgevonden op 8 december 2022 en 21 maart 2023.

De bijeenkomsten hebben geleid tot een overzicht van maatregelen die mogelijk door Aramis en de operators toegepast kunnen worden.

De maatregel zijn getoetst op basis van de volgende selectiecriteria:

- De biodiversiteit van het zeeleven wordt door de maatregel vergroot
- De maatregel kan worden geïntegreerd in de infrastructuur en past in de omgeving
- De maatregel kan worden uitgevoerd met natuurvriendelijke materialen
- De monitoring van de maatregel levert kennis op om prioritaire kennislacunes op te vullen en/of op grotere schaal uit te rollen

Bovendien moet elke maatregel:

- Passen binnen de wettelijke voorschriften en eisen;
- Niet leiden tot een vermindering van de veiligheid en levensduur van de infrastructuur.

Dit heeft geleid tot onderstaande maatregelen en toepassingen, die in de FEED-fase van Aramis verder onderzocht en uitgewerkt worden:

- Ecologische oversteeek (eco-crossing);
- Natuurinclusieve matrassen;
- Biohut;
- Kabeljauw hotel;
- Natuurinclusieve klompgewichten.

2 Overzicht mogelijke maatregelen

2.1 Ecologische oversteeek (eco-crossing)

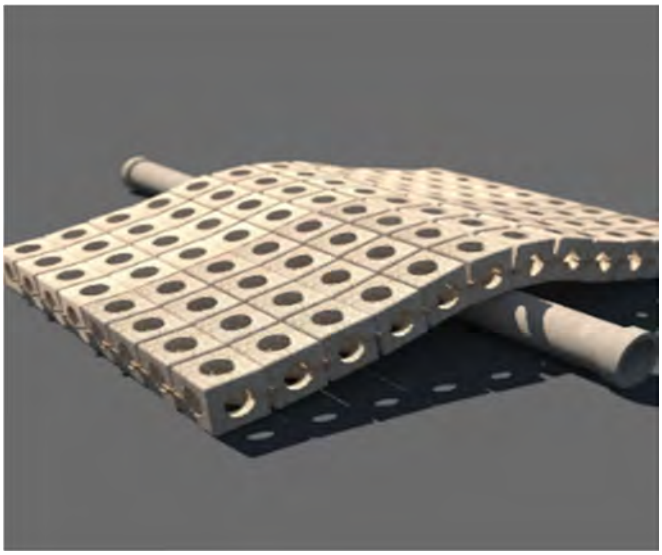
TenneT implementeerde deze methode bij een aantal van hun kabelovergangen. De strooilaag bestond uit kalkhoudend gesteente, een afvalproduct van marmer. Eerste resultaat toonde aanwezigheid van doelsoorten, maar het is te vroeg om te bepalen of het effect significant is.

https://www.change.inc/energie/stenen-rond-stroomkabels-moeten-plek-geven-voor-zeeleven-in-noordzee-34879

Een andere optie om te verkennen is een pantserlaag vermengd met kalkhoudend materiaal, om een gunstig effect te garanderen. Dit is iets duurder (steengroeve afhankelijk) en mogelijk zou een iets grotere hoeveelheid nodig zijn vanwege een snellere afbraak van het zachtere kalkhoudende materiaal. Dit vereist verdere engineering.

2.2 Natuurinclusieve matrassen

Een natuurinclusief matras is een betonnen matras dat de kabels rond de platforms op hun plaats houdt. In vergelijking met een normaal matras heeft een natuurinclusief matras geen "glad" oppervlak, maar een grovere structuur. Dit bootst de natuurstructuur van rotsen na, zodat soorten zich gemakkelijker op de matrassen kunnen nestelen. Verder zullen er gaten in de matrassen zitten. De matrassen bestaan uit losse betonunits. De units zijn schakels die resulteren in een flexibele structuur die bovenop infrastructuren kan worden geplaatst. Het beton van dit natuurinclusieve matras is duurzamer dan normaal beton. Er zijn verschillende ontwerpen beschikbaar, de selectie hangt af van welke matras het meeste biedt voor het lokale ecosysteem.



2.3 Biohut

De Biohut is een systeem van 2-3 kooien achter elkaar. Ze kunnen worden aangepast en aangepast voor plaatsing op een jacket. De middelste kooi moet worden gevuld met stenen of lege schelpen. TenneT test momenteel de impact van een Biohut in een offshore omgeving, waarbij zowel de impact op de biodiversiteit als corrosie wordt onderzocht.

Optionele innovatie: wanneer een kleine elektrische stroom wordt doorgegeven tussen onderwatermetaalelektroden die in zeewater worden geplaatst, waardoor opgeloste mineralen op de kathode accreteren om een dikke laag kalksteen te vormen. Dit remt corrosie en is aantrekkelijk voor sessiele organismen.

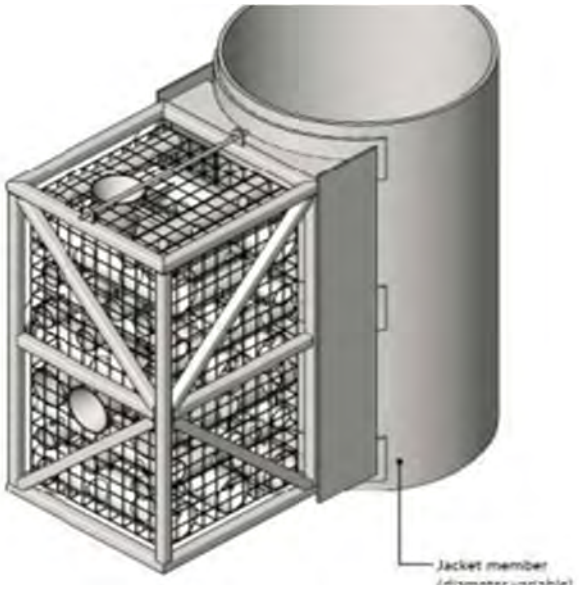


2.4 Kabeljauw hotel

Een kabeljauwhotel bestaat uit 3 hoofdonderdelen:

1. Het zadel verbindt het frame van het kabeljauwhotel met de jacket-structuur;
2. Het stalen frame vormt de structurele behuizing;
3. De ecologische eenheid bestaat uit een stalen schanskorf gevuld met geperforeerde stalen buizen en bewakingstrechters.

Het frame en het zadel moeten worden ontworpen om de heersende belastingen te weerstaan. Het constructiestaal van het vishotel (frame, zadels en dubbele platen) is gecoat zoals de jacketstructuur.



2.5 Natuurinclusieve klompgewichten

Wanneer oude kabels worden doorgesneden om ruimte te maken voor de Aramis-pijpleiding, wordt het uiteinde van de kabel verzwaard met een klompgewicht om te voorkomen dat de kabel loskomt. Het klompgewicht kan worden gemaakt van een verscheidenheid aan duurzame en natuurvriendelijke materialen. De verschillende ontwerpen en bouwmaterialen kunnen worden gebruikt om verschillende soorten aan te trekken en een diverse biodiversiteit te creëren. Het ontwerp wordt aangepast afhankelijk van het lokale ecosysteem. Er zijn milieuvriendelijke ankers beschikbaar die als klompgewicht kunnen dienen.



3 Toepassingsmogelijkheden van de beschreven maatregelen

3.1 Gebieden

Over de hele infrastructuur bevinden zich verschillende kruisingen die mogelijk natuurinclusief aangelegd kunnen worden. In het noordelijke deel van het tracé van de zeeleiding bevinden zich de de 500-meterzone. Dit geeft kansen voor natuurontwikkeling.

3.2 Kruisingen

Bij kruisingen kan een ECO-kruising gebruikt worden, maar ook een matras. Daarnaast kan er bij kruisingen en doorknippen van verlaten kabels mogelijk het natuur inclusieve klompgewicht worden toegepast.

3.3 Platforms

Nabijgelegen wrakken kunnen als een ecologische springplank worden gebruikt om een verbinding tussen twee ecosystemen te creëren. K14 bevindt zich in de buurt van twee scheepswrakken. De scheepvaartwrakken kunnen gebruikt worden als opstap voor biodiversiteit door er verbinding mee te maken. Deze verbinding zou tot 2 kilometer kunnen werken.

Het platform L4A is goed gelegen voor maatregelen ter verbetering van de oesterpopulatie. Onderzocht kan worden of hier de mogelijkheid is voor een oesterrif. Er bestaan verschillende methoden om oesters te maken, afhankelijk van de lokale omgeving. Twee voorbeelden van deze technieken zijn;

- Oesterriffen kunnen worden gecreëerd door schanskorven te introduceren die gevuld zijn met schelpen die zijn bezaaid met oesterbroed.
- Bevestig volwassen oesters aan natuurinclusieve matrassen. Oesterriffen zijn alleen levensvatbaar als de zeebodem stabiel genoeg is.



Royal HaskoningDHV is een onafhankelijk internationaal advies- en ingenieursbureau. We combineren 140 jaar engineering- en ontwerpexpertise met consultancy, software en technology diensten. We leveren hiermee toegevoegde waarde voor klanten en hebben een positieve impact op mensen en onze leefomgeving. Dat is onze drijfveer: Enhancing Society Together. Daar hoort bij dat we onszelf en anderen voortdurend uitdagen om bij te dragen aan duurzame oplossingen voor lokale en wereldwijde vraagstukken in de gebouwde omgeving en de industrie.

In onze snel veranderende wereld wordt de agenda bepaalt door onder meer klimaatverandering, de digitale transformatie, een veranderende consumentenvraag en hybride werken. Met onze geïntegreerde duurzame oplossingen willen we bijdragen aan het bredere technologische en maatschappelijke plaatje.

Gesteund door de kennis en ervaring van meer dan 6.000 collega's werken we vanuit kantoren in meer dan 20 landen. We ondersteunen klanten om de transitie te maken naar een slimme en duurzame organisatie. We koppelen onze engineering- en ontwerpexpertise aan onze software- en technologische diensten om toegevoegde waarde te leveren voor onze klanten en de lifecycle van hun assets.

We zijn oprecht, handelen integer en transparant in al onze activiteiten, ook onze bedrijfsvoering Ons team is divers en inclusief. De veiligheid en het welzijn van mensen, in ons team en daarbuiten, staat onder alle omstandigheden voorop.

In projecten en initiatieven werken we actief samen met overheden en het bedrijfsleven, partners en stakeholders. We zien een belangrijke rol voor onszelf in innovatieve duurzame ontwikkeling en willen bijdragen aan een betere leefomgeving, nu en in de toekomst.

Ons hoofkantoor is gevestigd in Nederland en we hebben kantoren in Europa, Azie, Afrika, Australie en Amerika.

royalhaskoningdhv.com

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Natuurtoets, Gebiedsbescherming Aramis

MER Aramis CO2-transportinfrastructuur

Klant: Aramis CCS

Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2004

Status: Definitief/02

Datum: 28 mei 2024

9B ARAMIS	CCS-ARAMIS Project Environment Impact Assessment – Baseline report
	Document No. ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2004 Document title Nature report areas (preliminary / appropriate assessment) Revision Final 5.0

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Industry & Buildings

+31 88 348 20 00 T
+31 33 463 36 52 F
info@rhdhv.com E
royalhaskoningdhv.com W

Titel document: Natuurtoets, Gebiedsbescherming Aramis

Sub titel: MER Aramis CO2-transportinfrastructuur
Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2004
Status: Definitief/02
Datum: 28 mei 2024
Projectnaam: MER
Projectnummer: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2004

Classificatie
Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1 Inleiding 8
1.1 Aanleiding 8
1.2 Doel van het rapport 8
1.3 Leeswijzer 9

2 Plangebied en afbakening Aramis initiatief 10
2.1 De voorgenomen activiteit 10
2.1.1 Verzamelpunt 11
2.1.2 Zeeleiding 11
2.1.3 Platforms en putten 12
2.1.4 Fasering en uitbreidingsmogelijkheden 12
2.2 Locatie 13
2.3 Overzicht activiteiten 16
2.3.1 Scheepvaart aanvoer vanaf de leveranciers 16
2.3.2 Zeeleiding en verbindingsleidingen leggen 16
2.3.3 Nieuwe platforms en putten 17
2.3.4 Aanleg van steigers voor de terminal 17
2.4 Standaard maatregelen 22

3 Natura 2000 en Passende beoordeling 24
3.1 Natura 2000 24
3.2 Wettelijk kader 24
3.2.1 Wet natuurbescherming (Wnb) 24
3.2.2 Omgevingswet (Ow) 25
3.2.3 Passende beoordeling 25
3.2.4 Aanvullende beoordeling 27
3.3 Aanwezige Natura 2000-gebieden 27
3.3.1 Natura 2000-gebied Voordelta 28
3.3.2 Natura 2000-gebied Friese Front 30
3.3.3 Natura 2000-gebied Noordzeekustzone 30
3.3.4 Natura 2000-gebied Klaverbank 31
3.3.5 Natura 2000-gebied Bruine Bank 31

4 Scoping relevante effecten 32
4.1 Storingsfactoren 32
4.2 Ruimtelijke invloeden 33
4.3 Chemische invloeden 33
4.4 Fysische invloeden 34
4.5 Mechanische invloeden 34
4.6 Menselijke invloeden 35

4.7 Samenvatting 35

5 Voortoets - zeedeel 37

5.1 Noordzee 37
5.1.1 Bodemdieren en zandgolven 37
5.1.2 Rifvormende soorten 37
5.1.3 Zandspiering 39
5.2 Natura 2000-gebied Voordelta 40
5.2.1 Habitattypen 40
5.2.2 Habitatrichtlijnsoorten 41
5.2.3 Vogelrichtlijnsoorten 50
5.3 Natura 2000-gebied Friese Front 54
5.3.1 Vogelrichtlijnsoorten 54
5.4 Natura 2000-gebied Klaverbank 55
5.4.1 Habitattypen 55
5.4.2 Habitatrichtlijnsoorten 56
5.5 Natura 2000-gebied Bruine Bank 57
5.5.1 Vogelrichtlijnsoorten 57
5.6 Natura 2000-gebied Noordzeekustzone 61
5.6.1 Habitattypen 61
5.6.2 Habitatrichtlijnsoorten 61
5.6.3 Vogelrichtlijnsoorten 63
5.7 Samenvatting relevante soorten voor toetsing 69

6 Passende Beoordeling – zeedeel 71

6.1 Noordzee 71
6.1.1 Effecten van oppervlakteverlies 71
6.1.2 Effecten van verontreiniging 73
6.1.3 Effecten van vertroebeling 73
6.1.4 Effecten van verandering dynamiek 76
6.1.5 Effecten van onderwatergeluid 79
6.1.6 Conclusie Noordzee 86
6.1.7 Mitigerende maatregelen Noordzee 87
6.2 Natura 2000-gebied Voordelta 88
6.2.1 Habitattype 88
6.2.2 Vissen 95
6.2.3 Zeezoogdieren 98
6.2.4 Niet-broedvogels 107
6.2.5 Conclusie Voordelta 113
6.2.6 Mitigerende maatregelen Voordelta 113
6.3 Natura 2000-gebied Friese Front 114
6.3.1 Niet-broedvogels: zeekoet 114
6.3.2 Conclusie Friese Front 118
6.3.3 Mitigerende maatregelen Friese Front 118

6.4 Natura 2000-gebied Klaverbank 119
6.4.1 Zeezoogdieren 119
6.4.2 Conclusie Klaverbank 120
6.4.3 Mitigerende maatregelen Klaverbank 121
6.5 Natura 2000-gebied Bruine Bank 122
6.5.1 Niet-broedvogels 122
6.5.2 Conclusie Bruine Bank 125
6.6 Natura 2000-gebied Noordzeekustzone 126
6.6.1 Vissen 126
6.6.2 Zeezoogdieren 128
6.6.3 Vogels 133
6.6.4 Conclusie Noordzeekustzone 140
6.6.5 Mitigerende maatregelen Noordzeekustzone 140
6.7 Gebruiksfase 140
6.8 Aanvullende beoordeling 141
6.8.1 Toekomstige Vogelrichtlijngebieden 141
6.8.2 Toekomstig bodembeschermingsgebied in de Voordelta 142
6.8.3 Herstel platte oester in het Friese Front 142
6.8.4 Seismisch onderzoek 145

7 Cumulatie – zeedeel 146
7.1 Hoe is het optreden van cumulatieve effecten onderzocht? 146
7.1.1 Net op Zee IJmuiden Ver Alpha 147
7.1.2 Net op Zee IJmuiden Ver Bèta en Gamma 147
7.1.3 Net op Zee - Nederwiek 1, 2 en 3 147
7.1.4 Wind op zee Nederland 148
7.1.5 Seismisch onderzoek Shell P&O mijnbouwblokken 149
7.1.6 Exploratieboring P11-B Johan de Liefde 150
7.1.7 Overzicht projecten cumulatietoets 150
7.2 Effecten van vertroebeling 150
7.3 Effecten van onderwatergeluid 152
7.4 Effecten van verstoring door licht, beweging en optiek 154
7.5 Effecten van stikstofdepositie 157
7.6 Mitigerende maatregelen cumulatie 157

8 Leemtes in kennis & toekomstige ontwikkelingen 158

9 Conclusie 159
9.1 Conclusies landdeel 159
9.2 Conclusies Zeedeel 159
9.3 Eindconclusie 161

10 Literatuur 162

Bijlagen

1. Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Voordelta
2. Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Noordzeekustzone
3. Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Klaverbank
4. Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Bruine Bank
5. Onderwatergeluid
6. Scheepvaart- en helikopterbewegingen

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Noodzaak CCS als klimaatmaatregel
In Nederland vindt ca. 180 megaton CO_2 per jaar uitstoot plaats. In het Klimaatakkoord is uitgewerkt hoe de reductie van CO_2-emissies in Nederland in de komende jaren gerealiseerd wordt. Voor de industrie is daarbij aangegeven dat de overstap gemaakt moet worden naar CO_2-arme brandstoffen en dat de bedrijfsprocessen zodanig worden aangepast dat hierbij minimale hoeveelheden CO_2 vrijkomen. Het aanpassen van bedrijfsprocessen zal voor sommige industrieën een dermate ingrijpende zijn, dat ontwikkeling van nieuwe technieken essentieel is. Het ontwikkelen en testen van de nieuwe CO_2-arme technieken en het ombouwen van de installaties zal voor sommige bedrijfstakken een langdurige inspanning vergen. Om een voortgaande uitstoot van CO_2 te voorkomen in deze periode, is in het Klimaatakkoord aangegeven dat het afvangen van CO_2 uit deze bedrijfsprocessen en het ondergronds opslaan onder de zeebodem, een effectieve maatregel is. Dit mechanisme wordt aangeduid als CCS[1].

Het Aramis initiatief
Op initiatief van het Shell, TotalEnergies, Gasunie en EBN wordt vanuit het Rotterdamse havengebied de Aramis CO_2-infrastructuur ontwikkeld. De Aramis CO_2-infrastructuur is een 'open-access-netwerk' wat inhoudt dat er in de toekomst nieuwe partijen kunnen aansluiten voor de levering van CO_2 aan de infrastructuur en voor afname en opslag in de diepe ondergrond. De infrastructuur wordt stapsgewijs uitgebreid bij verdere belangstelling voor gebruik. Als gevolg hiervan wordt de stapsgewijze ontwikkeling beschreven. Hiervoor worden drie fasen aangehouden:

- Startfase, waarbij de infrastructuur circa 5 Mton per jaar transporteert;
- De eerste uitbreidingsfase, waarbij de transportcapaciteit is uitgebreid tot 14 Mton per jaar;
- De eindsituatie, waarbij de infrastructuur met 22 Mton per jaar maximaal wordt benut.

Procedures
Voor de realisatie van de Aramis CO_2-infrastructuur zijn meerdere vergunningen nodig. Bij een deel van de vergunningen geldt een m.e.r.-plicht, wat inhoudt dat een milieueffectrapportage (MER) opgesteld moet worden ter onderbouwing van de vergunningsaanvragen. Voor de aanleg van de Aramis CO_2-infrastructuur zal het huidige bestemmingsplan gewijzigd moeten worden. Onder de Omgevingswet wordt dit geregeld via een Projectbesluit in een Omgevingsplan. Hiervoor is een besluit over de planologische inpassing nodig en dient het Voorkeursalternatief vastgesteld te worden. Dit is alleen mogelijk indien uit de Passende Beoordeling de zekerheid is verkregen dat het plan/ het project de natuurlijke kenmerken van de omliggende Natura 2000-gebieden niet zal aantasten. Om deze onderzoeksvraag te beantwoorden is onderhavige Passende beoordeling opgesteld.

1.2 Doel van het rapport

Omdat niet op voorhand kan worden uitgesloten dat het projectvoornemen significante gevolgen heeft voor beschermde gebieden, moet een Passende Beoordeling worden gemaakt. Uit een verkennende analyse om te bepalen of de activiteit vergunningsplichtig is, blijkt dat de voorgenomen activiteit mogelijk kan leiden tot negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de aangrenzende en nabijgelegen Natura 2000-gebieden. Dit geldt zowel voor Natura 2000-gebieden op zee als op land.

In de Passende Beoordeling wordt ingegaan op de gevolgen voor Natura 2000-gebieden. Indien negatieve effecten worden verwacht, wordt aangegeven of en met welke maatregelen effecten kunnen worden voorkomen of kunnen worden gemitigeerd en of het aanvragen van een vergunning noodzakelijk is.

[1] *CCS staat voor Carbon Capture and Storage, de afvang, transport en geologische opslag van CO_2.*

Dit rapport geeft een overzicht van de afwegingen voor de effecten op zee. Als onderliggend rapport is de afweging voor Natura 2000-gebieden op land opgenomen, waar de effecten van stikstofdepositie relevant zijn. De conclusies van zowel de effecten op land als op zee zijn samengevat in dit rapport.
De Passende Beoordeling geeft antwoord op de vragen:

Welke storingsfactoren kunnen optreden?

- Op welke Natura 2000-gebieden kan een storingsfactor invloed hebben?
- Komen verstoringsgevoelige habitattypen, habitatsoorten, broedvogels of niet-broedvogels voor binnen deze Natura 2000-gebieden?
- Wat zijn de instandhoudingsdoelstellingen voor deze soorten of habitattypen in deze Natura 2000-gebieden?
- Heeft de storingsfactor een significant negatief effect op de soorten en habitattypen?
- Is er sprake van significante aantasting van de natuurlijke kenmerken van het Natura 2000-gebied (gelet op de doelstellingen en de staat van instandhouding)?
- Welke maatregelen kunnen genomen worden om effecten te voorkomen dan wel te verminderen?
- Moet voor het projectvoornemen een vergunning in het kader van de gebiedsbescherming worden aangevraagd?

Cumulatie
Soms is één type effect nog niet schadelijk voor de natuur, maar in combinatie met andere effecten wel. Dit kunnen effecten van dezelfde activiteit of van andere activiteiten zijn. Met deze opeenstapeling (cumulatie) van effecten moet bij het bepalen van significantie rekening worden gehouden.

De Passende beoordeling geeft daarom ook antwoord op de volgende vraag:
- Zijn er andere activiteiten die gevolgen hebben voor de soorten en habitats? Het gaat om de optelsom (cumulatie) van de gevolgen van andere initiatieven op een Natura 2000-gebied.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is het projectvoornemen kort toegelicht, ook is de projectomgeving beschreven. Vervolgens is in hoofdstuk 3 het wettelijke kader opgenomen. In Hoofdstuk 4 is per storingsfactor afgewogen of deze relevant is in het kader van voorliggend voornemen.

In de volgende hoofdstukken worden de effecten op het zeedeel uitgewerkt. Voor het landdeel is er een separate rapportage opgesteld. De Passende Beoordeling voor Natura 2000-gebieden op land, ten gevolge van stikstofdepositie, is opgenomen in bijlage 7.

In hoofdstuk 5 is voor de relevante Natura 2000-gebieden op zee bekeken welke van de aangewezen habitattypen of soorten verstoringsgevoelig zijn voor de optredende storingsfactoren. Daarbij is beoordeeld of sprake kan zijn van (significante) aantasting van de natuurlijke kenmerken van de Natura 2000-gebieden (gelet op de doelstellingen en de staat van instandhouding). In hoofdstuk 6 is de Passende Beoordeling voor de Natura 2000-gebieden op zee. Hoofdstuk 7 beschrijft de cumulatie en in hoofdstuk 8 zijn de leemtes in kennis beschreven en hoe hier mee is omgegaan in de Passende Beoordeling.

In hoofdstuk 9 is de conclusie van de Passende Beoordeling opgenomen. Naast de conclusies ten aanzien van het zeedeel zijn hier ook de conclusies voor het landdeel, zoals opgenomen in de Passende beoordeling voor Natura 2000-gebieden op land (bijlage 7) opgenomen.

Hoofdstuk 10 geeft een overzicht van de gebruikte literatuur.

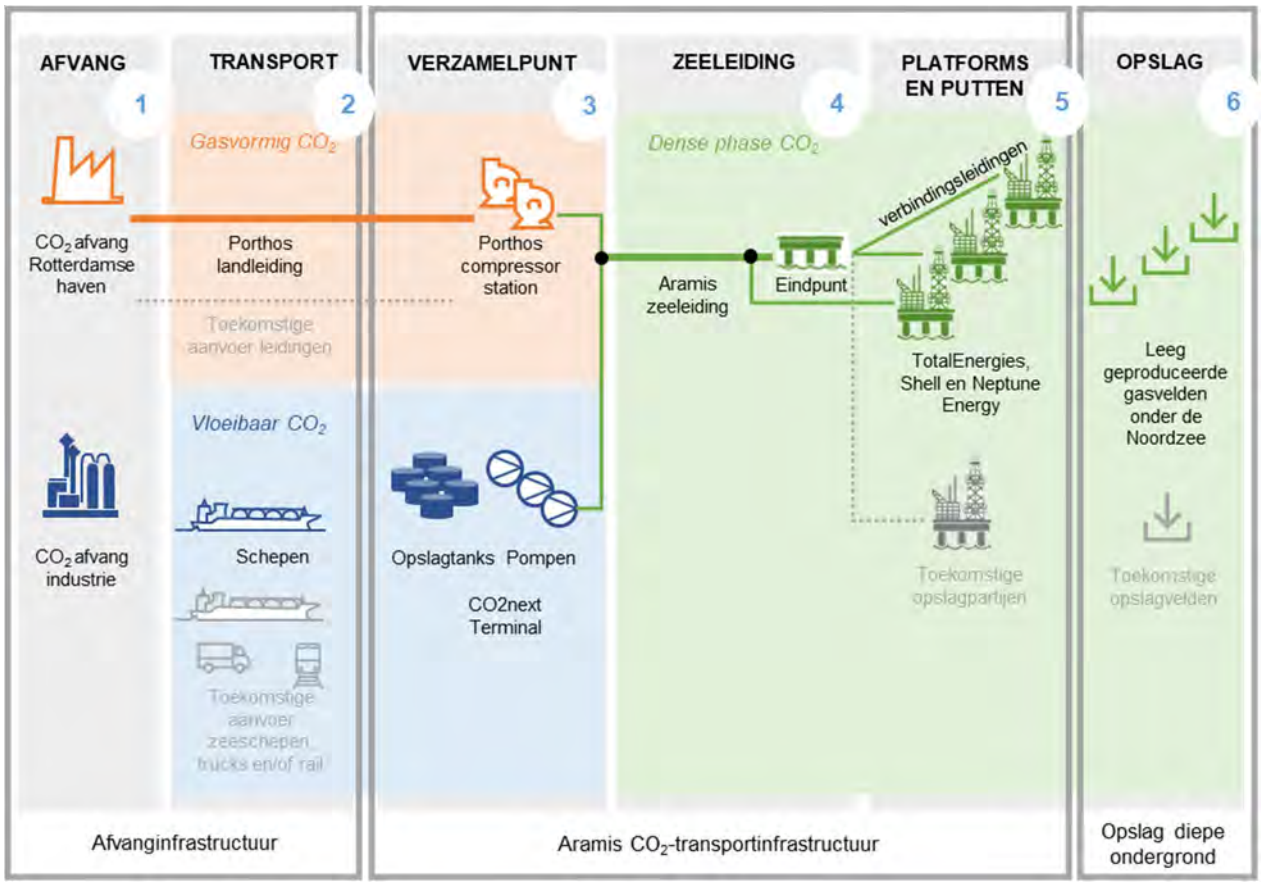
2 Plangebied en afbakening Aramis initiatief

2.1 De voorgenomen activiteit

Het Aramis initiatief is een open CO_2-transportinfrastructuur, waarmee afgevangen CO_2 kan worden vervoerd en opgeslagen in de diepe ondergrond van de Noordzee. Het Aramis initiatief maakt daarmee een nieuwe CCS-keten mogelijk. CCS is een afkorting van het Engelse Carbon Capture and Storage. CCS betekent het afvangen van CO2 dat vrijkomt bij industriële processen en het transport en de opslag van CO2 in leeg geproduceerde gasvelden in de diepe ondergrond. Het Aramis initiatief is een onderdeel van een nieuwe integrale CCS-keten. Figuur 2-1 geeft een overzicht van de integrale CCS-keten, met daarin de componenten van het Aramis initiatief.

Zoals blijkt uit figuur 2-1 sluit Aramis aan op de CCS Porthos infrastructuur. Porthos is een CO_2-transport- en opslagproject in het havengebied van Rotterdam. In dat project wordt afgevangen CO_2 van verschillende industriële bedrijven in het Rotterdamse havengebied met een landleiding naar een compressorstation op de Maasvlakte en vervolgens met een zeeleiding naar het platform P18-A op de Noordzee gebracht. Vanaf het platform wordt de CO_2 in een leeg geproduceerd gasveld opgeslagen. Er is nog capaciteit beschikbaar op de Porthos landleiding die voor het Aramis initiatief kan worden gebruikt.

Afbakening Natuurtoets
De Natuurtoets heeft betrekking op de onderdelen van de Aramis transportinfrastructuur en de opslaginfrastructuur. De onderdelen afvang en transport naar het verzamelpunt zijn geen onderdeel van de Natuurtoets, conform de afbakening in het MER van Aramis. De effecten van het verzamelpunt, de zeeleiding en de platforms met putten zijn uitgewerkt in deze Natuurtoets.



Figuur 2-1. Overzicht van de integrale CCS-keten met daarin de componenten van het Aramis initiatief, namelijk transport per schip, terminal CO2next, compressorstation Porthos, zeeleiding en platforms.

Leveranciers zorgen zelf voor eigen procedures
De CO_2 wordt afgevangen bij de industrie. Voor het Aramis initiatief zijn nog geen leveranciers definitief bekend, maar er zijn welgegadigden met mogelijke interesse. Aramis vormt een flexibele transportinfrastructuur, uitbreidbaar in de toekomst. Voor de startsituatie en voor de nadere uitbreidingen zijn de leveranciers nog niet vastgelegd, zodat de effecten hiervan niet getoetst kunnen worden, maar in separate procedures door de industrie zelf moeten worden uitgewerkt.

Afvang
De industrie zorgt zelf voor de afvang van CO_2 en compressie tot juiste druk voor Aramis. De industrie zorgt ook voor het transport naar hetzij een binnenvaarthaven voor transport per schip of een verbinding met de Porthos landleiding.

Transport naar het verzamelpunt
De afgevangen CO_2 wordt met transportschepen of met de Porthos landleiding aangevoerd naar het Aramis verzamelpunt op de Maasvlakte. Doordat de leveranciers nog niet zijn vastgelegd, kunnen de effecten hiervan niet getoetst worden. Deze worden in separate procedures door de industrie zelf uitgewerkt.

2.1.1 Verzamelpunt

Terminal
De transportschepen komen aan bij de terminal van CO2next op de Maasvlakte. In de toekomst kunnen hier mogelijk ook trucks of rail CO_2 aanleveren. Onderdeel van de terminal zijn aanlegsteigers voor de schepen, een aantal opslagtanks voor het bufferen van CO_2, lage- en hogedrukpompen om de CO_2 op de juiste druk te brengen voor transport met de zeeleiding en tussenliggende leidingen. De leiding van de terminal richting de zeeleiding komt te liggen in de leidingstraat.

Voor de aanvoer van CO_2 per schip worden langs het Yangtzekanaal nieuwe steigers aangelegd. De fundering van de steigers wordt geheid in de bodem.

Compressorstation
De Porthos landleiding komt uit bij het Porthos compressorstation. Het station wordt uitgebreid met compressoren voor het Aramis initiatief. De CO_2 uit de Porthos landleiding wordt gesplitst in een stroom voor de Porthos compressor en een stroom voor de Aramis compressor. Bij de compressors wordt de CO_2 op de juiste druk gebracht voor de zeeleiding.

Mengpunt
De Aramis CO_2 stroom wordt na de compressor bij het mengpunt gemengd met de stroom van de terminal.

2.1.2 Zeeleiding

De gemengde stroom CO_2 van de compressor en de terminal wordt met de zeeleiding naar de platforms getransporteerd. De zeeleiding loopt voor een deel over land, kruist onder de zeewering en de Maasgeul door en loopt over de zeebodem naar een eindpunt op zee. Het eindpunt vormt een distributiepunt (eindpunt), waar vandaan verbindingsleiding(en) voor de spurlines naar verschillende platforms mogelijk zijn. Er zijn in het leidingtracé ook meerdere connectiepunten, waar aansluiting richting een platform mogelijk is.

Er zijn twee alternatieven voor de kruising van de zeewering en Maasgeul:

Microtunnel is de voorgenomen activiteit. Er wordt vanaf de Maasvlakte een tunnel met diameter van circa 3 meter aangelegd onder zowel de zeewering als de Maasgeul. De totale lengte bedraagt circa 2 kilometer. De tunnel komt circa 40 meter onder de bodem van de Maasgeul te liggen, 10 meter dieper dan de vaargeul (30 meter onder NAP). Er vindt beperkt baggerwerk plaats nadat de tunnel voorbij de Maasgeul komt

Direct pipe is het alternatief. Er wordt een kortere boring uitgevoerd onder de zeewering en daarna komt er door de Maasgeul een gebaggerde sleuf. De direct pipe methode wordt gebruikt om een stalen mantelbuis met een diameter van circa 48 inch (circa 122 cm) te installeren, waar de zeeleiding later doorheen wordt getrokken. De boring komt achter de zeewering, maar vóór de Maasgeul weer aan het oppervlak van de zeebodem. Vervolgens wordt met behulp van een gebaggerde sleuf de Maasgeul gekruist. De boring onder de zeewering heeft een lengte van circa 650 m. De gebaggerde sleuf in de Maasgeul moet zo diep zijn dat de bovenkant van de leiding op meer dan 40 m onder NAP komt te liggen. De lengte van de sleuf is circa 1.700 m. Echter, voor de aanleg wordt een bredere stook gebaggerd, 10 meter diep met een hellingshoek van 45 graden. Voor de bepaling van het totale oppervlak van het baggerwerk wordt uitgegaan van een breedte van de verstoorde strook van 20 meter (10 meter aan beide kanten van de leiding). De oppervlakte van het baggerwerk komt op 3,4 ha.

Voor de aanleg van de zeeleiding zijn schepen nodig voor de aanvoer van de leidingsegmenten en voor het aanbrengen van de leidingsegmenten voor het leggen van de zeeleiding op de zeebodem.

2.1.3 Platforms en putten

Bestaande en nieuwe platforms van TotalEnergies, Shell en Neptune Energy worden aangesloten op het eindpunt of connectiepunten van de zeeleiding. In de toekomst kunnen ook andere opslagpartners op de zeeleiding aansluiten. Vanaf platforms wordt de CO_2 in leeg geproduceerde gasvelden onder de zeebodem geïnjecteerd en daar permanent opgeslagen.

TotalEnergies zal het platform L4-A aanpassen en geschikt maken voor CO_2-opslag, waarbij bestaande putten worden aangepast. Shell en Neptune Energy zullen een nieuw platform plaatsen en nieuwe putten boren. Voor alle partijen geldt dat bestaande, niet gebruikte putten, worden afgesloten.

De nieuwe platforms worden verankerd in de bodem door palen in de grond te heien. Daarnaast worden er conductors in de bodem geheid ter ondersteuning van nieuwe injectieputten.

2.1.4 Fasering en uitbreidingsmogelijkheden

De CCS-keten wordt stapsgewijs uitgebreid. In het MER zijn drie fases onderscheiden: startsituatie, eerste uitbreidingssituatie en eindsituatie. De capaciteit per fase is gegeven in Tabel 2-1Tabel 2-1. Capaciteit per fase.. Tabel 2-2 geeft de fasering van de ketenonderdelen.

Tabel 2-1. Capaciteit per fase.

Fase	Capaciteit (Mton CO_2 per jaar)	Toelichting
Startsituatie	5	Deze capaciteit is gebaseerd op de huidige vraag van CO_2-leveranciers naar opslagcapaciteit
Eerste uitbreidingssituatie	14	Deze waarde is gebaseerd op een verwachte groei van de vraag naar CO_2-transportcapaciteit binnen enkele jaren na de startsituatie
Eindsituatie	22	Deze waarde is gebaseerd op een verwachte maximale vraag naar CO_2-transportcapaciteit voor opslag van CO_2 in leeggeproduceerde gasvelden op zee

Tabel 2-2. Fasering uitbreiding CCS-keten.

Fase	Ketenonderdelen Aramis initiatief	Overige onderdelen CCS-keten	Ingebruikname
Startsituatie	Terminal, compressorstation, zeeleiding en platforms TotalEnergies, Shell	Afvang, transport Porthos-landleiding, transport per schip, opslag in diepe ondergrond	2028
Eerste uitbreidingssituatie	Uitbreiding terminal, platforms waar onder Neptune Energy	Aanvullende afvang en transport naar verzamelpunt, uitbreiding opslaglocaties in diepe ondergrond	2028-2032
Eindsituatie	Uitbreiding terminal en platforms op zee tot maximale capaciteit zeeleiding	Uitbreiding afvang en transport en aanvullende opslag in de diepe ondergrond en uitbreiding CO2Next	Na 2028

De aanleg van de eerste twee fasen vindt gelijktijdig plaats. Hiervoor worden nu vergunningaanvragen voorbereid. Het MER beschrijft en toetst de effecten van deze eerste twee fasen. In het deelrapport Technische Beschrijving zijn de aanleg en het gebruik van deze fasen expliciet beschreven. Voor de eindsituatie zullen te zijner tijd waar nodig vergunningen worden aangevraagd met aanvullend milieuonderzoek. De eindsituatie is globaal beschreven.

Toekomstige initiatieven, na de eerste uitbreidingssituatie, behoren niet tot dit onderzoek. De opzet van de CO_2-transportinfrastructuur is wel zodanig flexibel en ruim, dat er voldoende ruimte is voor toekomstige uitbreiding, tot een maximale capaciteit van 22 Mton CO_2 per jaar. Toekomstige ontwikkelingen zijn onder andere:

- Aanvullend transport naar het verzamelpunt met extra landleidingen, schepen of via spoor- en weg;
- Verdere uitbreiding van de terminal;
- Nieuwe platforms en/of opslagvelden.

Om toekomstige uitbreidingen mogelijk te maken is de zeeleiding gedimensioneerd op de maximale uiteindelijke capaciteit. Overige onderdelen zijn of uit te breiden (terminal en compressorstation) of aan te koppelen (toevoerleidingen op land en verbindingsleidingen naar nieuwe platforms/opslagvelden). Om de terminal en het compressorstation in de toekomst uit te kunnen bereiden, wordt nu extra ruimte gereserveerd. Voor het aankoppelen van leidingen op land en op zee zijn verbindingspunten voorzien.

Voor een gedetailleerde en volledige omschrijving van alle onderdelen wordt verwezen naar het MER-deelrapport Technische beschrijving.

2.2 Locatie

De projectomgeving, welke beschouwd wordt ten behoeve van deze Passende Beoordeling bestaat uit twee gebieden:

- Het **landdeel**, bestaande uit het Rotterdamse havengebied, en Maasvlakte;
- Het **zeedeel**, bestaande uit de Noordzee, het passeren van de Voordelta en de Maasgeul, Noordzeekustzone, Klaverbank, Bruine Bank en Friese Front.

Landdeel

De Aramis transportleiding op de Maasvlakte is gepland in de leidingstrook van Leidingenbureau Rotterdam en wordt beheerd door het Havenbedrijf Rotterdam (HbR). De Maasvlakte is onderdeel van het Rotterdamse havengebied. Het gebied is ontwikkeld door zand vanuit zee aan te brengen tot een hoogte van ongeveer 5 meter +NAP. Aan de noordwestzijde van de Maasvlakte bevindt zich hierboven een harde zeewering ter bescherming van golfslag.

Het leidingwerk van de terminal naar het Porthos compressor station is bovengronds voorzien over het MOT terrein. De CO2next terminal is gepland aan de oostzijde van de MOT.

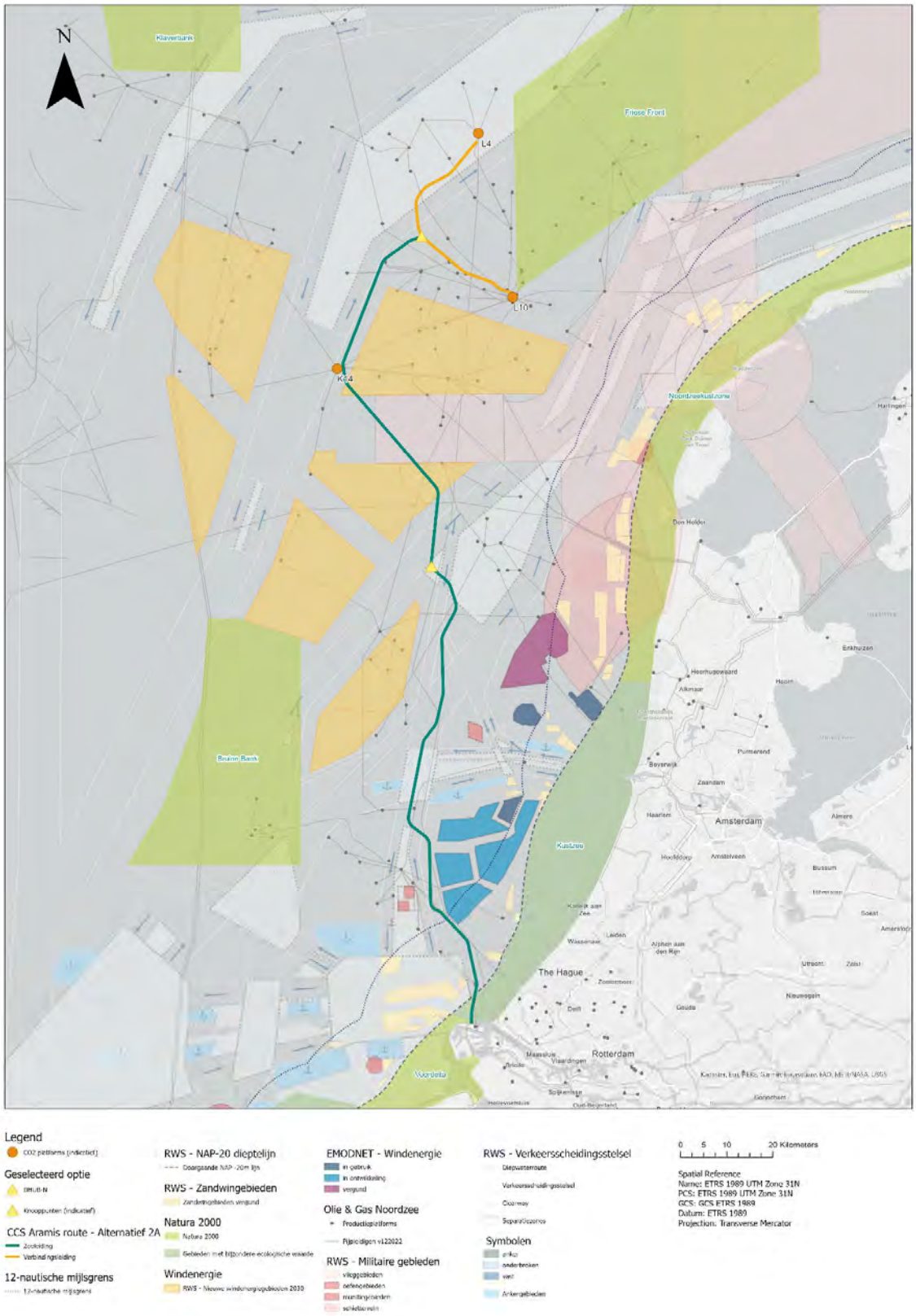
Zeedeel
Het gemeentelijke bestemmingsplan van de gemeente Rotterdam is geldig tot 1 kilometer vanaf de kust, zodat het leidingtracé onder de Maasgeul in het bestemmingsplan moet worden opgenomen. De 12 mijls-zone (zeemijlen[2]) geeft de territoriale grens van Nederland aan. Voorbij deze zone bevindt zich de exclusieve economische zone (EEZ), een gebied dat zich tot 200 zeemijl (370,4 km) buiten de kust uitstrekt.

De transportroute van CO_2 schepen gaat via binnenlands water en/of kustwateren. Echter zijn deze waterlichamen van het Rijk en niet van de provincie. De zeeleiding bevindt zich deels binnen de territoriale wateren en het grootste gedeelte in de EEZ. De platforms bevinden zich binnen de EEZ. De EEZ wordt ook aangeduid als het Nederlands Continentaal Plat (NCP).

Direct ten noorden van de Maasvlakte bevindt zich de vaargeul naar de Rotterdamse haven. Deze wordt aangeduid als de Maasgeul (gelegen in de Maasmond) en is circa 30 meter diep. De diepte over het geplande traject van de zeeleiding is maximaal 31 m.

De zeeleiding bevindt zich op de Noordzee en zodoende dient Aramis rekening te houden met de andere functies op de Noordzee. Dit gedeelte van de Noordzee wordt druk bevaren. Daarnaast is er visserij en militaire oefenruimte. Er komen in toenemende mate windmolens te staan. De afstand van de pijpleiding en platforms ten opzichte van de Natura 2000-gebieden is weergegeven in Figuur 2-2 en Tabel 2-3.

[2] *Een zeemijl komt overeen met 1,852 kilometer.*



Figuur 2-2. Overzicht van Aramis initiatief met aanwezige Natura 2000-gebieden.

Tabel 2-3. Overzicht afstanden van de platforms en zeeleiding/verbindingsleidingen tot de Natura 2000-gebieden.

Type infrastructuur	Afstand tot Natura 2000-gebieden in km				
	Voordelta	Bruine Bank	Noordzeekust-zone	Friese Front	Klaverbank
Platform L4-A	192	116	69	7,8	53
Platform L10-R	156	87	41	1,6	77
Platform K14-FA	143	58	70	43	68
Eindpunt	170	91	65	20	53
Zeeleiding	0	23	37	2,1	40

2.3 Overzicht activiteiten

In Tabel 2-4 zijn de werkzaamheden samengevat uit de technische beschrijving die worden meegenomen in de Voortoets en Passende Beoordeling.

2.3.1 Scheepvaart aanvoer vanaf de leveranciers

Binnen het MER van Aramis is een afbakening gemaakt waarbij alleen generiek is gekeken naar mogelijke effecten bij de afvanginstallaties, compressie van CO_2 voor transport en transport naar het verzamelpunt op de Maasvlakte.

Het CO_2 wordt aangevoerd middels de buisleiding van Porthos in het Rotterdamse havengebied of middels schepen vanaf de locatie van de leverancier. De leveranciers zijn nog niet bekend en daarmee is de route voor scheepvaart ok niet bekend. In het kader van dit onderzoek kan zodoende geen effectbepaling worden uitgevoerd. Wel kan worden aangenomen dat als de CO_2 transportschepen gebruik maken van de bestaande scheepvaartroute de effecten klein zijn en op voorhand uit te sluiten.

Als de CO_2 transportschepen buiten de bestaande scheepvaartroutes varen moet er rekening worden met de volgende mogelijke storingsfactoren:

- Verstoring door trillingen en geluid
- Verstoring door licht
- Verstoring door beweging/optiek
- Verstoring door luchtwerveling, betreding, golfslag
- Verstoring door stikstofemissie

2.3.2 Zeeleiding en verbindingsleidingen leggen

Scheepvaartroutes van constructieschepen en ondersteunende schepen
Constructieschepen (pijplegschip, baggerschip, trencher) varen uit vanaf de Rotterdamse haven. Het baggerschip vaart mogelijk vanuit Antwerpen. Deze constructieschepen varen op weg naar en op de weg terug van de constructielocatie zoveel mogelijk volgens de bestaande scheepvaartroutes. Om de constructielocatie te bereiken, zullen de schepen echter op enig moment van de route moeten afwijken. Ondersteunende schepen (crew change, survey, pipe carriers, andere support vessels) kunnen uit zowel de Rotterdamse haven, als Amsterdamse haven of Den Helder uitvaren, afhankelijk van de locatie waar de zeeleiding wordt aangelegd. De ondersteunende schepen houden zoveel mogelijk bestaande scheepvaartroutes aan, maar zullen op enig moment moeten afwijken om de constructieschepen te bereiken.

2.3.3 Nieuwe platforms en putten

Nieuwe platforms worden geschikt voor CO_2-injectie onder normaal onbemande operatie. Het eindpunt (DHUB) is geschikt voor aansluiten, in gebruik nemen en inspecteren van verbindingsleidingen naar de opslagpartijen. Er wordt een volledig nieuwe constructie gerealiseerd: onderstructuur die op de zeebodem wordt gezet, bovenstructuur met alle injectie-installaties en nieuwe putten. De werkzaamheden bestaan uit:

- Installeren van de onderstructuur van het platform (jacket).
- Heien van de fundering, nl de verankeringspalen van het platform.
- Installeren van de bovenstructuur van het platform (topside). De topside wordt zo compleet mogelijk aangevoerd met daarop de manifold, injectieleiding en metering skid, de risers, voorzieningen voor de duurzame energievoorziening, leidingen, monitoringsapparatuur, drukaflaatvoorzieningen en entreepunten waar personeel van onderhouds- en inspectieschepen op het platform kan komen.
- Constructiewerkzaamheden om de jacket en topside met elkaar te verbinden (o.a. poten en riser) en de verbindingsleiding aan de riser aan te sluiten.

Bovenstaande punten zijn ook van toepassing voor de installatie van het eindpunt, het enige verschil is dat de topside geen injectiefaciliteiten heeft.

Voor de injectieplatforms worden daarna de volgende werkzaamheden verricht:

- Heien van conductors: dat zijn de bovenste doorvoerbuizen voor de putten.
- Boren van de putten, plaatsen spuitkruis en verbinden met topside leidingwerk.

Daarnaast zijn er werkzaamheden om een bestaand platform aan te passen (zie verder Tabel 2-4). Puttesten en dus ook affakkelen zijn niet noodzakelijk.

2.3.4 Aanleg van steigers voor de terminal

Langs de oever van het Yangtzekanaal komen steigers voor lossen en laden van CO_2-schepen. In de aanlegfase wordt met een heihamer de fundering van de aanlegsteigers gerealiseerd.

Royal HaskoningDHV

Tabel 2-4. Overzicht van de te beoordelen activiteiten van het Aramis initiatief.

Activiteit		Verstoringsfactoren	Natura 2000-gebied	Technische aandachtspunten van belang bij de toetsing
Zeedeel				
Pijpleiding leggen	Baggeren zeeleiding inclusief twee alternatieven: Microtunnel en Direct Piping [1]	Vertroebeling, oppervlakteverlies, beweging/optiek, verandering dynamiek substraat, onderwatergeluid	Voordelta	▪ Diameter zeeleiding is circa 80 cm. ▪ Het volume grondverzet als gevolg van de baggerwerkzaamheden wordt grotendeels gebruikt om de gebaggerde sleuf weer dicht te maken (voor microtunneling: 1.967 m^3, voor direct piping: 706.756 m^3) een deel wordt afgevoerd naar een stortplaats op zee (voor microtunneling: 53 m^3, voor direct piping: 996 m^3).
	Aftoppen zandgolven met sleephopperzuiger	Vertroebeling, verandering dynamiek substraat, onderwatergeluid/trillingen	Voordelta, mogelijk Bruine Bank	▪ 6 weken vóór de installatie van de zeeleiding worden de zandgolven afgetopt. ▪ Opties zijn ter plaatse storten, elders storten of nuttig gebruiken als suppletie- of ophoogzand.
	Leggen zee- en verbindingsleidingen	Vertroebeling, oppervlakteverlies, beweging/optiek, verandering dynamiek substraat, onderwatergeluid/trillingen	Voordelta, Bruine Bank, Friese Front	**Verbindingsleidingen** ▪ Ieder platform wordt met een verbindingsleiding (spurline) verbonden aan de zeeleiding, via het noordelijke distributieplatform of één van de connectiepunten van de zeeleiding. ▪ K14-FA; Er komt een 800 m lange 16" (circa 40 cm diameter) verbindingsleiding naar het connectiepunt. ▪ L4-A: Er komt een 24 km lange 20" (circa 50 cm diameter) verbindingsleiding naar het noordelijke distributieplatform van de zeeleiding. ▪ L10-R: Er komt een 24 km lange 20" (circa 50 cm diameter) verbindingsleiding naar het noordelijke distributieplatform van de zeeleiding. ▪ Verbindingsleiding wordt (gedeeltelijk) ingegraven en, bij kruisingen met andere leidingen, gedeeltelijk afgedekt met stortsteen. **Zeeleiding** ▪ Het tracé van de zeeleiding loopt vanuit de doorkruising met de Maasgeul in noordelijke richting naar het eindpunt dat zich ongeveer op 230 kilometer afstand in noordelijke richting op de Noordzee bevindt. ▪ Gemiddelde aanleg 1 km per dag. ▪ De leiding wordt opgebouwd uit leidingsegmenten met een lengte van ongeveer 12 meter. De leidingsegmenten worden met bevoorradingsschepen vanuit het depot aan wal naar het

Activiteit		Verstoringsfactoren	Natura 2000-gebied	Technische aandachtspunten van belang bij de toetsing
				pijpenlegschip aangevoerd en op zee op het pijpenlegschip overgeladen. Op het pijpenlegschip wordt steeds een nieuw segment aan de opgebouwde leiding gelast.
	Ingraven of begraven zee- en/of verbindingsleidingen	Vertroebeling, oppervlakteverlies, beweging/optiek, verandering dynamiek substraat, onderwatergeluid/trillingen	Voordelta, Bruine Bank, Friese Front	▪ 70 kilometer vanaf de kruising met de Maasgeul wordt de zeeleiding ingegraven in de zeebodem, met dekking van circa 1 meter. ▪ Voor kruisingen van shipping lanes en zandgolven wordt mogelijk eerst een sleuf gebaggerd voor een verdiepte aanleg, als de benodigde ingraafdiepte te groot is voor een ingraafmachine (trencher).
	Rock dump kruisingen	Vertroebeling, oppervlakteverlies, beweging/optiek, verandering dynamiek substraat, onderwatergeluid	Voordelta, Bruine Bank, Friese Front	▪ Naar verwachting gaat dit om circa 45 kruisingen van gemiddeld 500 meter lengte waar stenen worden gestort bij bestaande leidingen/ kabels. De verwachting is dat na het storten van het steen geen verdere stortingen nodig zijn gedurende de levensduur van het Aramis initiatief.
Scheepvaart en helikoptervluchten	Schepen, langer op één locatie, baggerschip, pijplegschip, bevoorradingsschepen, trenchschip, begeleidingsschepen, helikopters	Onderwatergeluid/trillingen, verstoring door licht, verstoring door beweging/optiek	Voordelta, Friese Front, Noordzeekustzone, Klaverbank, Bruine Bank	Bijlage 6: Scheepvaart- en helikopterbewegingen.
Aanpassing bestaande putten/platform L4-A	Nieuwe putten boren bij de sloten van L4-A3 en L4-A4	Onderwatergeluid/trillingen, verstoring door licht, verstoring door beweging/optiek	Friese Front, Klaverbank	▪ 100 dagen per put.
	Aanpassen platform L4-A	Onderwatergeluid/trillingen, verstoring door licht, verstoring door beweging/optiek	Friese Front, Klaverbank	▪ Verwijderen van compressie- en accommodatiemodules met een heavy lift vaartuig ▪ Aanbrengen van de riser (beschermd met staalconstructie) langs een van de staanders van het platform ▪ Plaatsen productiemanifold, injectie- en meteringskid ▪ Plaatsen van voorzieningen voor de duurzame energievoorziening (e.g. zonnepanelen, windturbines)

Royal HaskoningDHV

Activiteit		Verstoringsfactoren	Natura 2000-gebied	Technische aandachtspunten van belang bij de toetsing
				▪ Aanbrengen van entree punten waar personeel vanaf onderhouds- en inspectieschepen (Walk-to-Work (W2W) vessels) op het platform kan komen ▪ Aanpassen en waar nodig vervangen van de leidingen op het platform.
Plaatsen nieuwe platforms en putten nabij K14-FA en bij L10-R	Plaatsen platforms K14-FA en L10-R (inclusief heiwerkzaamheden verankeringspalen)	Oppervlakteverlies, versnippering leefgebied, onderwatergeluid/trillingen, verstoring door licht, verstoring door beweging/optiek	Friese Front, Klaverbank	▪ Plaatsen nieuw platform duurt totaal 7 dagen. ▪ 4 verankeringspalen; diameter 1 - 1.7 m; diepte 35 - 60 m. ▪ Heien verankeringspalen duurt circa 2-3 dagen.
	Heien conductors voor putten	Onderwatergeluid/trillingen, verstoring door licht, verstoring door beweging/optiek	Friese Front, Klaverbank	▪ K14-FA; 40-80 m diepte, 4 of 6 conductors, 3 dagen per 4-6 conductors, diameter is 0,76 m. ▪ L10-R; 40-80 m diepte, maximal 6 conductors, 3 dagen per 4-6 conductors, diameter is 0,76 m; ▪ L4-A; 2 conductors. ▪ Het heien van een conductor duurt circa 6 uur (hei energie bedraagt circa 90 kJ).
	Boren putten	Onderwatergeluid/trillingen, verstoring door licht, verstoring door beweging/optiek	Friese Front, Klaverbank	▪ K14-FA; 400 dagen boorwerkzaamheden vanaf een zelfheffend booreiland, 4 nieuwe injectieputten Shell, 2500 m diepte bovenste deel put. ▪ L10-R; 80 dagen per put, maximaal 6 nieuwe putten. ▪ L4-A; 2 nieuwe putten en 2 sidetracks.
Centrale eindpunt	Heiwerkzaamheden centrale eindpunt	Onderwatergeluid/trillingen, verstoring door licht, verstoring door beweging/optiek	Friese Front, Klaverbank	▪ Diameter 2 m, lengte 45 m. ▪ 4 of 6 verankeringspalen. ▪ 3 dagen per 4-6 verankeringspalen.
Lozingen	Lozing van boorvloeistof en boorgruis	Verontreiniging, vertroebeling, verandering dynamiek	Friese Front	▪ K14-FA: De restanten van de boorvloeistof en het boorgruis worden volgens de gangbare praktijk op zee geloosd bij de desbetreffende put. Het gaat om circa 10.371 ton waterbasisboorgruis, en 7.909 ton waterbasis boorvloeistof (in totaal voor alle putten). Er wordt ongeveer 6.500 ton schoon regen- en spoelwater van de dekken en 250 ton sanitair afval (septic tank) op zee geloosd (in totaal). ▪ L10-R: De lozing van schoon regen- en spoelwater bedraagt 6.500 ton en voor het sanitaire afval 250 ton (in totaal). Water wordt tot beneden de wettelijk vastgestelde concentraties ontdaan van

Activiteit		Verstoringsfactoren	Natura 2000-gebied	Technische aandachtspunten van belang bij de toetsing
				koolwaterstoffen en vervolgens geloosd. Geloosd water voldoet aan de emissie eisen van H9 van de mijnbouwregeling (30 ppm olie in water). Bij de werkzaamheden aan platform L10-R worden nieuwe putten geboord, waarbij Water Based Mud (WBM)-houdende boorvloeistof wordt gebruikt. Het gaat om circa 1.700 tot 2.000 ton waterbasisboorgruis en 1.700 tot 3.500 ton waterbasis boorvloeistof per put (maximaal 6 putten). De boorvloeistof en het boorgruis worden volgens de gangbare praktijk op zee geloosd. ▪ L4-A: het gaat in totaal om 2.000 ton waterbasisboorgruis en 1.900 ton waterbasis boorvloeistof. ▪ Het onderste deel van de putten wordt geboord met boorvloeistof op lage toxiciteit oliebasis (LTOBM, Low toxicity oil based mud). Deze boorvloeistof en boorgruis worden afgevoerd naar land.
Landdeel				
Terminal	Aanleg aanlegsteigers (jetties) en vaarbewegingen in de aanlegfase	Onderwatergeluid/trillingen, oppervlakteverlies		▪ Het heien van fundering bij de aanlegsteigers geeft onderwatergeluid. Dit vindt plaats binnen het Yangtzekanaal en staat niet in direct contact met de Noordzee. Vaarbewegingen in de aanlegfase, onderdeel van verkeer in de Maasgeul en in het Yangtzekanaal.
Leidingtracé	Aanleg onshore leiding	Oppervlakteverlies		▪ Het leidingwerk van de terminal naar het Porthos compressor station is bovengronds voorzien over het MOT terrein. De CO2next terminal is gepland aan de oostzijde van de MOT. ▪ Vanaf het compressorstation wordt de leiding in de bestaande leidingstrook ondergronds geplaatst naast andere leidingen, waaronder de Porthos-zeeleiding. Hiervoor moet de leidingstrook bij de expansieloops en over de hele lengte langs de Aziëweg worden verbreed.
Compressorstation	Aanpassingen aan het compressorstation	Oppervlakteverlies		▪ Gasvormig CO2 wordt aangeleverd via de Porthos landleiding aan het compressorstation. ▪ Tijdens de bouwfase van het Porthos compressorstation zal er een verbrede fundering worden aangelegd voor de toekomstige plaatsing van de compressoren voor Aramis, Het compressorstation wordt uitgebreid met drie extra compressoren voor Aramis.

[1] In dit rapport wordt gesproken over de microtunnel. Maar mogelijk wordt in plaats van de microtunnel boortechniek (over delen van de tunnel) gebruik gemaakt van een iets ander boortechniek, de segmented tunnel boortechniek of een hybride vorm. Daar waar dat tot verschillen in milieueffecten leidt, is dat aangegeven in de MER.

2.4 Standaard maatregelen

Voor het project worden uitvoeringsmethodieken gebruikt waarmee de effecten op de omgeving en fauna zo veel mogelijk worden beperkt. De volgende standaardvoorzieningen voor de onderwerpen lichthinder, schadelijke stoffen en onderwatergeluid worden genomen als onderdeel van de activiteit:

Lichthinder en aanwezigheid

- De verlichting op het platform en schepen wordt zo veel mogelijk afgeschermd. De verlichting zal zodanig uitgevoerd worden dat onnodige lichtuitstraling naar buiten toe zoveel mogelijk wordt vermeden. Denk hierbij aan naar beneden gerichte uitstraling en schone lichtbronnen, ter beperking van strooilicht[3]. Daarmee is de verlichting beperkt tot wat noodzakelijk is, dat wil zeggen volgens eisen van de Mijnbouwwet en regelgeving veiligheid.
- Voor transportbewegingen van en naar het platform zal er zoveel mogelijk gebruik worden gemaakt van bestaande scheepvaartroutes, waarbij doorkruising met Natura 2000-gebieden zoveel mogelijk wordt vermeden.

Schadelijke stoffen/afvalstoffen

- Afvalwater wordt tot beneden de wettelijk vastgelegde concentraties ontdaan van koolwaterstoffen en vervolgens geloosd. Geloosd water voldoet aan de emissie-eisen van hoofdstuk 9 van de Mijnbouwregeling (< 30 ppm olie in water).
- Boorgruis met nog aanhangende LTOBM[4]-boorspoeling wordt naar land afgevoerd en daar verwerkt in een speciale installatie. De olie wordt zoveel mogelijk teruggewonnen voor hergebruik. Gereinigd boorgruis wordt gestort op IBC-stortplaatsen (isoleren, beheersen, controleren).
- Reststoffen en afval worden in containers verzameld en gescheiden afgevoerd.

Onderwatergeluid

- Bij het heien van de conductors, platforms en de aanlegsteigers wordt een ADD (Acoustic Deterrent Device) in combinatie met een soft start toegepast. Voor het heien van de conductors met de drill en drive methode zal dit ook worden toegepast. Een ADD is een apparaat dat in het water wordt gehangen en specifieke, onschadelijke geluidsignalen produceert met een afschrikkende werking op zeezoogdieren. Op deze manier wordt eventueel in het directe plangebied aanwezige zeezoogdieren de gelegenheid gegeven het gebied te verlaten. Er wordt gebruik gemaakt van een of meer ADD's met een bereik van minimaal 500 m gedurende een half uur voor en tijdens het heien. De gebruikte frequentie en het geluidsniveau waarop de ADD wordt toegepast is afhankelijk van het type of model.
- De soft start dient minimaal 30 minuten lang te duren en te beginnen met vijf minuten op circa 20% van de slagenergie, aansluitend kan de slagenergie geleidelijk naar 90% worden opgehoogd. Na 30 minuten zijn eventueel aanwezige zeezoogdieren ver genoeg weggezwommen om geen gehoorschade op te lopen (zie ook tekstkader hieronder).
- Om effecten van geluid door werkzaamheden zoveel mogelijk te voorkomen wordt er gebruik gemaakt van een Marine Mammal Observer (MMO) en Passive Acoustic Monitoring (PAM). Wanneer het donker is, of de weersomstandigheden een visuele monitoring ineffectief maken, zal er alleen akoestisch gemonitord worden (PAM), hiermee worden clicks van bruinvissen tot 500 m opgevangen. Het protocol dat wordt uitgevoerd indien zeezoogdieren zich binnen de effectzone bevinden staat in het tekstkader hieronder uitgewerkt.
- Bij windstilte geldt dat het verstoorde oppervlak ongeveer tweemaal zo groot is als bij gemiddelde wind van 6,5 m/s (Heinis, 2018). Om die reden voert Aramis standaard geen hei-werkzaamheden uit als het windstil is (windkracht 0 Beaufort of 0-0,2 m/s).

[3] *Kwantificering van de lichtuitstraling is niet mogelijk omdat dit afhangt van een groot aantal factoren, waaronder de weersomstandigheden. Bij helder zicht zal het boorplatform 's nachts op afstand zichtbaar zijn. Bij mist of storm is het boorplatform slechts op relatief korte afstand zichtbaar*
[4] *low toxicity oil based mud*

MMO en PAM
Een zone van 500 meter rondom het boorplatform of de airguns zal, als het licht en de weersomstandigheden het toelaten, zowel op zicht door Marine Mammal Observers (MMO) als op geluid door middel van Passive Acoustic Monitoring (PAM) worden gemonitord op de aanwezigheid van zeezoogdieren. Wanneer het donker is, of de weersomstandigheden een visuele monitoring ineffectief maken, zal er alleen akoestisch gemonitord worden (PAM), hiermee worden clicks van bruinvissen tot 500 m opgevangen. Het MMO/PAM-team zal, voor er een geluidsbron wordt opgestart, minimaal 30 minuten lang observeren of er geen zeezoogdieren binnen de 500 meter zone zijn. Wanneer een zeezoogdier zich binnen de 500 meter zone bevindt, dan zal er gewacht worden met het opstarten van de heihamer tot deze zich buiten de zone bevindt en daar minimaal 20 minuten buiten blijft. Door het toepassen van een ADD, soft start, MMO-ers en PAM kan worden uitgesloten dat er zich zeezoogdieren binnen 500 meter van de geluidsbron bevinden (heien). Op deze manier kan voorkomen worden dat PTS optreedt en dat TTS zoveel mogelijk wordt geminimaliseerd doordat de zeezoogdieren het gebied verlaten.

3 Natura 2000 en Passende beoordeling

3.1 Natura 2000

Natura 2000 is een van de belangrijkste beschermingsregimes voor natuur in Europa en Nederland. Natura 2000 is een Europees netwerk van natuurgebieden. Dit netwerk dient de biodiversiteit te bevorderen door geïsoleerd liggende gebieden met elkaar te verbinden zodat planten en dieren tussen gebieden kunnen migreren. Nederland kent meer dan 160 Natura 2000-gebieden die zijn aangewezen onder de Vogelrichtlijn en/of onder de Habitatrichtlijn. Bij het bepalen van effecten op Natura 2000-gebieden is significantie een belangrijk begrip.

3.2 Wettelijk kader

Onderstaand wordt eerst ingegaan op het wettelijk kader vanuit de Wet natuurbescherming (Wnb), en daarna op de veranderingen in de Omgevingswet.

3.2.1 Wet natuurbescherming (Wnb)

De Wet natuurbescherming (Wnb), hoofdstuk 2, regelt met name de bescherming van gebieden die in het kader van de Vogelrichtlijn en/of Habitatrichtlijn beschermd moeten worden. Deze vallen samen onder Natura 2000 en zijn Europees beschermd. De Wnb regelt de aanwijzing en bescherming van Natura 2000-gebieden, beschermde natuurmonumenten en gebieden die de Minister van EZK aanwijst ter uitvoering van verdragen of andere internationale verplichtingen. De Natura 2000-gebieden vormen de Ecologische Hoofdstructuur van Europa en omvatten de Vogel- en Habitatrichtlijngebieden en veelal aangrenzende aaneengesloten EHS-gebieden. Per 1 januari 2024 is het beschermingskader van de Wnb opgenomen in de Omgevingswet (zie paragraaf 3.3.1).

De begrenzing van de Natura 2000-gebieden en de instandhoudingsdoelstellingen zijn vastgelegd in de aanwijzingsbesluiten voor de betreffende gebieden en in het Wijzigingsbesluit Habitatrichtlijngebieden vanwege aanwezige waarden (Ministerie LNV, 2022). De instandhoudingsdoelstellingen beschrijven voor de (in ontwerp) aangewezen habitattypen, habitatrichtlijnsoorten en vogelrichtlijnsoorten in het gebied of een bepaalde ontwikkeling ervan gewenst is, of dat het behoud ervan op het aanwezige niveau moet worden nagestreefd. Op grond van de wet moet worden bepaald welke effecten een activiteit heeft op de instandhoudingsdoelstellingen van een Natura 2000-gebied. In de wet is het uitgangspunt dat projecten en andere handelingen die de kwaliteit van habitats kunnen verslechteren of die een significant verstorend effect kunnen hebben op Natura 2000-gebieden, gelet op de instandhoudingsdoelstelling, niet mogen plaatsvinden zonder vergunning. De instandhoudingsdoelstellingen zoals bedoeld in artikel 2.1, lid 4 van de Wnb beschrijven de doelen voor de instandhouding van leefgebieden, natuurlijke habitats en populaties. Deze moeten in een 'gunstige staat van instandhouding' gebracht of gehouden worden. In het aanwijzingsbesluit staat per habitattype of soort aangegeven of behoud of verbetering en/of uitbreiding het doel is voor het betreffende gebied

Bij de besluitvorming rond plannen die gevolgen kunnen hebben voor Natura 2000-gebieden is het beschermingskader van toepassing dat de Wnb geeft aan deze gebieden. Artikelen 2.7 en 2.8 bevatten de procedures die moeten worden gevoerd bij besluitvorming over deze plannen.

Artikel 2.7

1. Een bestuursorgaan stelt een plan dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het beheer van een Natura 2000-gebied, en dat afzonderlijk of in combinatie met andere plannen of projecten significante gevolgen kan hebben voor een Natura 2000-gebied, uitsluitend vast indien is voldaan aan artikel 2.8, met uitzondering van het negende lid.
2. Het is verboden, zonder vergunning van Gedeputeerde Staten, projecten te realiseren of andere handelingen te verrichten die gelet op de instandhoudingsdoelstellingen voor een Natura 2000-gebied de kwaliteit van de natuurlijke habitattypen of de leefgebieden van soorten in dat gebied kunnen verslechteren of een significant verstorend effect kunnen hebben op de soorten waarvoor dat gebied is aangewezen.

3. Gedeputeerde staten verlenen een vergunning als bedoeld in het tweede lid uitsluitend indien is voldaan aan artikel 2.8.
4. Het verbod, bedoeld in het tweede lid, is niet van toepassing op projecten ten aanzien waarvan bij of krachtens enige wettelijke bepaling een besluit is vereist, indien bij of krachtens die wet is bepaald dat dat besluit uitsluitend wordt vastgesteld indien is voldaan aan artikel 2.8.

Artikel 2.8

1. Voor een plan als bedoeld in artikel 2.7, eerste lid, of een project als bedoeld in artikel 2.7, derde lid, maakt het bestuursorgaan, onderscheidenlijk de aanvrager van de vergunning, een Passende beoordeling van de gevolgen voor het Natura 2000-gebied, rekening houdend met de instandhoudingsdoelstellingen voor dat gebied.

3.2.2 Omgevingswet (Ow)

Natuurtoestemming onder de Omgevingswet

Het voorgaande kader uit de Wnb – dat een implementatie van de Habitatrichtlijn vormt – komt met enige aanpassingen terug in de Omgevingswet, die per 1 januari 2024 in werking is getreden.

Op grond van artikel 5.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Omgevingswet is het verboden zonder omgevingsvergunning een Natura 2000-activiteit te verrichten. Blijkens Bijlage A bij de Omgevingswet worden activiteiten inhoudende het realiseren van een project dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het beheer van een Natura 2000-gebied, maar afzonderlijk of in combinatie met andere plannen of projecten significante gevolgen kan hebben voor een Natura 2000-gebied, aangemerkt als Natura 2000-activiteit.

Een vergunningaanvraag voor een Natura 2000-activiteit wordt op grond van artikel 5.18 en artikel 5.29 van de Omgevingswet beoordeeld op grond van de regels gesteld in afdeling 8.6 van het Besluit kwaliteit leefomgeving ("Bkl"). Een project dat significante gevolgen kan hebben voor een Natura 2000-gebied kan slechts een omgevingsvergunning in de zin van artikel 5.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Omgevingswet verkrijgen voor zover uit de passende beoordeling in de zin van artikel 16.53c, eerste lid, van de Omgevingswet de zekerheid is verkregen dat het project de natuurlijke kenmerken van het gebied niet zal aantasten.

De systeemherziening onder de Omgevingswet laat het instrument van de voortoets onverlet: indien op basis van objectieve gegevens op voorhand is uit te sluiten dat het project significante gevolgen voor een Natura 2000-gebied heeft, geldt nog altijd dat géén sprake is van een vergunningplicht. Om het projectbesluit vast te stellen, is in dat geval evenmin een passende beoordeling noodzakelijk.

3.2.3 Passende beoordeling

In de Passende beoordeling worden het projecteffect beoordeeld, in cumulatie met overige vergunde projecten en/of handelingen, die gevolgen hebben voor dezelfde instandhoudingsdoelstellingen van het Natura 2000-gebied waar het project effect op heeft. Dit betekent dat er een Passende Beoordeling opgesteld dient te worden en dat het bestuursorgaan de vergunning alleen af mag geven als de zekerheid is verkregen dat de natuurlijke kenmerken van een Natura 2000 gebied niet aangetast worden. Mochten er significante gevolgen zijn dan dient een ADC[5]-toetsing doorlopen te worden en kan vergunning alleen verleend worden als aan alle voorwaarden wordt voldaan (geen alternatieve oplossingen, dwingende reden van groot openbaar belang en compensatie). De voorwaarden staan vermeld in art 2.8, lid 4 t/m 8.

Significantie bij beoordeling van gevolgen voor Natura 2000-gebieden

De Natura 2000-gebieden zijn aangewezen in het kader van de Europese Vogel- en Habitatrichtlijnen. Voor de meest bedreigde soorten en habitattypen is bepaald welke gebieden minimaal noodzakelijk zijn voor hun voortbestaan. Per soort of habitat zijn behoud- of verbeterdoelen vastgesteld, de zogenaamde instandhoudingsdoelstellingen. Er is sprake van significante gevolgen als het plan of project het behalen van de

[5] *Een ADC-toets geeft antwoord op de volgende vragen: 1. Zijn er Alternatieve oplossingen met minder gevolgen voor het gebied? 2. Zijn er Dwingende redenen van groot openbaar belang waarom het moet doorgaan? 3. Als er geen alternatieven zijn, maar wel dwingende redenen van groot openbaar belang, dan moet er Compensatie plaatsvinden.*

instandhoudingsdoelstellingen bemoeilijkt. Deze doelstellingen zijn vastgelegd in de aanwijzingsbesluiten voor de Natura 2000-gebieden.

Er is sprake van significante gevolgen als de natuurlijke kenmerken van het Natura 2000-gebied worden aangetast in het licht van de bijbehorende instandhoudingsdoelstellingen. Wanneer de instandhoudingsdoelstellingen door menselijk handelen of een project (mogelijk) niet gehaald worden, is mogelijk sprake van significant negatieve gevolgen.

Aantasting van instandhoudingsdoelstellingen kan door direct verlies aan areaal of aan populatieomvang alsook via afname in kwaliteit. Een afname in oppervlak die kleiner is dan het minimum areaal voor een habitat (meestal 100 m^2) wordt niet als significant beschouwd. Maar een afname als gevolg van het project waardoor het oppervlak, omvang leefgebied en/of populatieomvang vervolgens onder het instandhoudingsdoel komt, wordt wel als significant negatief beschouwd.

Bij afname in kwaliteit staat de vraag centraal of er sprake is van afname van het habitat ingenomen oppervlakte door verslechtering en/of de specifieke structuur en functies afnemen die voor de instandhouding van het habitat op lange termijn noodzakelijk zijn en/of het voorkomen van de typische soorten een dalende trend vertoont in vergelijking met de begintoestand. Deze evaluatie geschiedt in het licht van de bijdrage van het gebied tot de coherentie van het netwerk (Leidraad significantie, 2009; Factsheet significantie, 2010). Bij de beoordeling van verslechtering spelen factoren als kwaliteit, abiotische randvoorwaarden en overige kenmerken van functies en structuren een rol. Hierbij speelt de veerkracht van het gebied een rol, waarbij het effect kan worden opgevangen in de natuurlijke fluctuaties. Deze effectbeoordeling vergt maatwerk. Zijn er wel significant negatieve effecten, dan is een vergunning in principe nog mogelijk als voldaan wordt aan de ADC-criteria.

Verderop in deze rapportage wordt onderzocht of mogelijk sprake is van significante aantasting van de natuurlijke kenmerken van omliggende Natura 2000-gebieden (gelet op de doelstellingen en de staat van instandhouding).

De Passende Beoordeling brengt de gevolgen voor de instandhoudingsdoelstellingen van de geselecteerde gebieden langs twee wegen in beeld:
1. Effecten in de aanlegfase. Hierbij wordt ingegaan op de directe dosis-effect-relaties tussen verstoringsfactoren en instandhoudingsdoelstellingen. Bijvoorbeeld: verstoring door geluid tijdens de uitvoering vermindert de geschiktheid van het plangebied als foerageer- rust- en ruigebied voor kwalificerende watervogels. Naast verstoring is ook gekeken naar verslechtering: in hoeverre zorgt de aanleg voor een verslechtering van de kwaliteit van het leefgebied?
2. Effecten na realisatie. Hierbij wordt ingegaan op de veranderingen die in het ecosysteem worden verwacht na aanleg en tijdens de gebruiksfase van de transportleiding en platforms en de doorwerking daarvan op instandhoudingsdoelstellingen.

Externe werking
Het uitgangspunt is dat toetsing noodzakelijk is wanneer negatieve effecten als gevolg van deze maatregelen of plannen mogelijk zijn. Dit betreft tevens met betrekking tot zogenaamde ‘externe werking’ van negatieve effecten door projecten of plannen buiten Natura 2000-gebieden op de instandhoudingsdoelstellingen. Hierbij speelt het voorzorgsbeginsel een belangrijke rol. Dit voorzorgsbeginsel houdt in dat voordat aan een plan of project toestemming wordt verleend, op basis van de beste wetenschappelijke kennis ter zake, alle aspecten daarvan die op zichzelf of in combinatie met andere plannen of projecten de instandhoudingsdoelstellingen van een beschermd gebied in gevaar kunnen brengen, moeten worden onderzocht. Dit betekent dat ook moet worden bekeken of ontwikkelingen *buiten* een Natura 2000-gebied negatieve effecten kunnen hebben op de voor het betreffende gebied vastgestelde instandhoudingsdoelstellingen. Alle Natura 2000-gebieden die mogelijk beïnvloed worden door een ingreep in de beoordeling van deze effecten moeten worden beschouwd.

Vergunningverlening
Het is niet toegestaan om projecten te realiseren of andere handelingen te verrichten die gelet op de instandhoudingsdoelstellingen voor een Natura 2000-gebied de kwaliteit van de natuurlijke habitats of de habitats van soorten in dat gebied kunnen verslechteren of een significant verstorend effect kunnen hebben

op de soorten waarvoor dat gebied is aangewezen (Wnb, Art. 2.7, lid 2). Voor een dergelijk project maakt de aanvrager van de vergunning een Passende Beoordeling van de gevolgen voor het Natura 2000-gebied, rekening houdend met de instandhoudingsdoelstellingen voor dat gebied (Wnb Art. 2.8, lid 2). Het Bevoegde Gezag kan voor het project uitsluitend een vergunning verlenen, indien uit de Passende Beoordeling de zekerheid is verkregen dat het project de natuurlijke kenmerken van het gebied niet zal aantasten (Art. 2.8, lid 3).

Het Noordzee Akkoord
In het Noordzeeakkoord[6] zijn afspraken vastgelegd over het gebruik van de Noordzee tussen Rijk en diverse belangenorganisaties zoals voor de energie, visserij, milieu en natuur. De uitdaging is om een gezonde en duurzame Noordzee te waarborgen waarbinnen plek is voor beschermde natuurwaarden, een duurzame visserij en voldoende ruimte voor windparken op zee en CCS om te voldoen aan het klimaatbeleid.

Daarom wordt in het akkoord de gaswinning op de Noordzee nadrukkelijker ingepast binnen de doelstellingen van het klimaatbeleid en aan meer ecologische randvoorwaarden gebonden. Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is gevraagd te onderzoeken of de afspraken uit het Noordzeeakkoord worden nagekomen.

3.2.4 Aanvullende beoordeling

Deze Natuurtoets bevat een Voortoets en een Passende Beoordeling. In aanvulling op de formele beoordeling is in paragraaf 6.8 een zogenaamde Aanvullende beoordeling opgenomen waarin waar mogelijk een beschrijving is opgenomen van mogelijke effecten ten gevolge van een aantal wijzigingen in het beleid en toekomstige activiteiten:

- Mogelijke beïnvloeding toekomstige Natura 2000-gebieden. Dit betreft nabij het Aramis initiatief vooral de Hollandse kust als Vogelrichtlijngebied.
- Toekomstig bodembeschermingsgebied in de Voordelta, aangewezen als compensatiegebied voor de aanleg van de Maasvlakte.
- Locatie voor experiment herstel platte oester in westelijk deel van het Friese Front.
- Toekomstig seismisch onderzoek voor kennisopbouw bij Aramis initiatief. Dit is onderdeel van het monitoringsprogramma bij de platforms, maar geen onderdeel van dit project.

3.3 Aanwezige Natura 2000-gebieden

In de omgeving van het landdeel bevinden zich enkele Natura 2000-gebieden:

- Voordelta (voor de kust van de Maasvlakte);
- Voornes Duin (aan de zuidkant van het zuidelijke tracé bij Oostvoorne);
- Spanjaards Duin (dit nieuwe natuurgebied is aangelegd als natuurcompensatie voor de tweede Maasvlakte en maakt deel uit van Natura 2000-gebied Solleveld en Kapittelduinen);
- Solleveld- en Kapittelduinen;
- Oude Maas, welke nabij met meest oostelijke deel van het tracé op land is gelegen.

De Natura 2000-gebieden op land worden nader beschreven in Bijlage 7.

In de omgeving van het plangebied bevinden zich enkele Natura 2000-gebieden:

- Voordelta;
- Friese Front;
- Noordzeekustzone;
- Klaverbank;
- Bruine Bank.

[6] *https://open.overheid.nl/documenten/ronl-99d46f4b-1d45-49cd-a979-2ce8bf737e22/pdf*

De werkzaamheden voor de zeeleiding worden voor een deel binnen de begrenzing van en direct nabij het Natura 2000-gebied Voordelta uitgevoerd. Werkzaamheden met betrekking tot de platforms worden nabij het Natura 2000-gebied Friese Front uitgevoerd.

In de volgende paragrafen is een beschrijving van de relevante Natura 2000 gebieden op zee opgenomen. Informatie over de Natura 2000 gebieden is afkomstig uit de Aanwijzingsbesluiten (geraadpleegd via https://www.natura2000.nl/gebieden/noordzee-nederlandse-exclusieve-economische-zone), tenzij anders aangegeven.

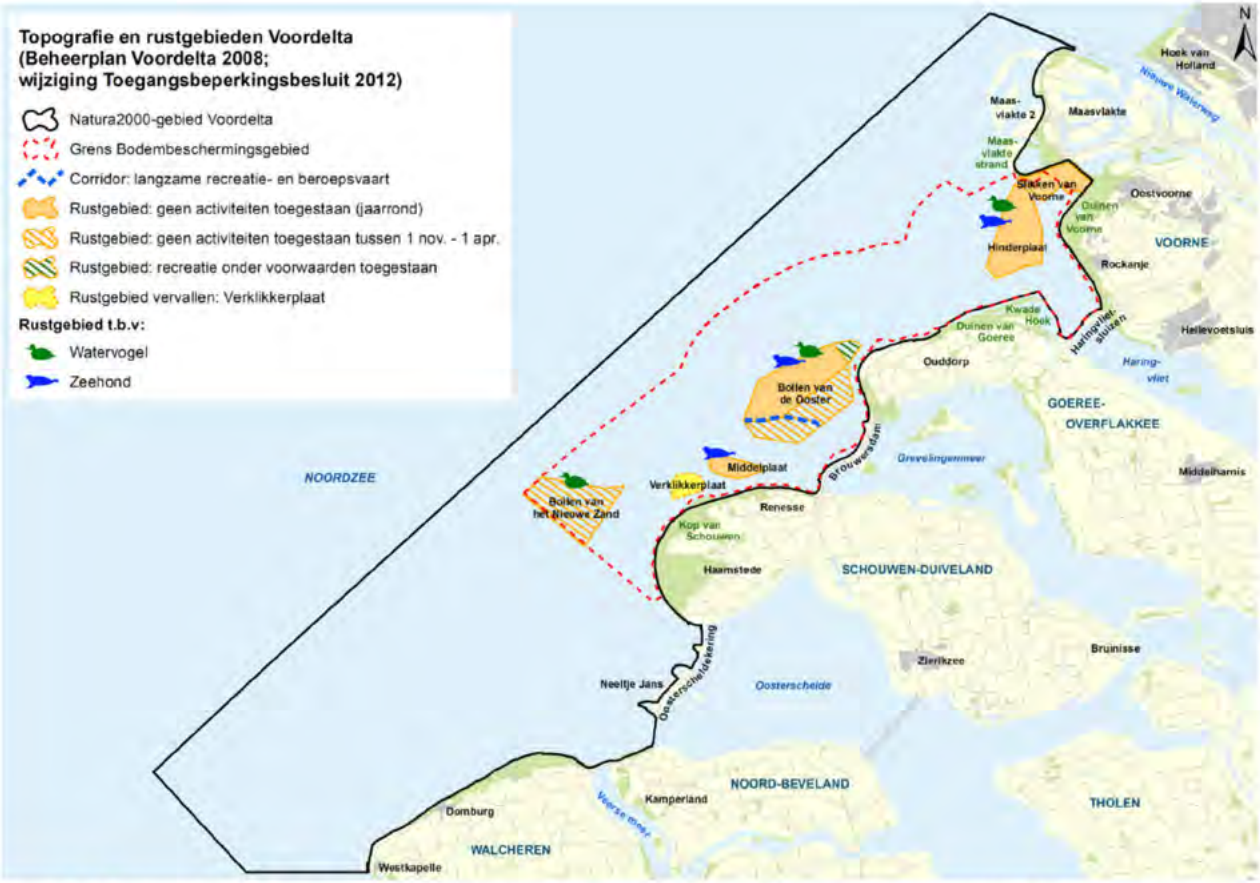
3.3.1 Natura 2000-gebied Voordelta

Het Natura 2000-gebied Voordelta omhelst het ondiepe zeegedeelte van de Zuid-Hollandse en Zeeuwse Kust. Kenmerkend aan het gebied is het gevarieerde en dynamisch milieu van kustwateren, intergetijdengebied en stranden. De Voordelta heeft een oppervlakte van 835 km^2.

De Voordelta bestaat voornamelijk uit het habitattype ‘permanent met zeewater overstroomde zandbanken’ (H1110) dat maximaal 20 meter diep ligt.

De Voordelta is aangewezen vanwege het voorkomen van 10 habitattypen, 7 habitatrichtlijnsoorten (waarvan 4 vissoorten en 3 zeezoogdiersoorten) en 30 niet-broedvogelsoorten. Een aantal vogels, zeezoogdieren en vissen hebben een verspreiding die tot in het plangebied kan reiken. De instandhoudingsdoelstellingen per soort zijn te vinden in Bijlage 1. Voor deze soorten is de staat van instandhouding en verspreiding verder uitgewerkt in Hoofdstuk 5 van dit rapport.

Naast de instandhoudingsdoelstellingen zijn er ook aanvullende beschermde gebieden aangewezen in de Voordelta. De rustgebieden zijn weergeven in Figuur 3-1 Per rustgebied zijn de specifieke beschermingsmaatregelen samengevat in Tabel 3-1. Het plangebieden de vaarroute ligt buiten deze rustgebieden. De effecten van onderwatergeluid kunnen mogelijk wel reiken tot in de rustgebieden.



Figuur 3-1. Overzicht van de verschillende rustplekken in de Voordelta (Kaart verkregen uit Evaluatie Natura 2000-beheerplan Voordelta 2008-2014).

Tabel 3-1. Overzicht maatregelen rond de rustgebieden en de desbetreffende soorten.

Rustgebied	Periode	Soorten
Slikken van Voorne	Jaarrond gesloten	Steltlopers Eenden
Hinderplaat	Jaarrond gesloten, beperkte recreatie en visserij toegestaan van 1 sept t/m 1 mei	Gewone zeehond Grote stern Visdief
Bollen van de Ooster	Jaar gesloten, van 1 nov t/m 1 april is een groter gebied (2740 ha t.o.v. 1550 ha in zomer) gesloten	Gewone zeehond Zwarte zee-eend Grote stern Grijze zeehond
Middelplaat	Jaar gesloten, van 1 nov t/m 1 april is een groter gebied gesloten	Gewone zeehond Roodkeelduiker
Bollen van de Nieuwe Zand	Tussen 1 nov tot 1 mei volledig gesloten voor alle activiteiten. Tussen 1 mei en 1 nov is gebied open voor sommige activiteiten	Zwarte zee-eend

Door erosie- en sedimentatieprocessen treden verschuivingen op in de omvang van de intergetijden-gebieden van de Voordelta. Daarbij heeft o.a. de "zandhonger" van de Oosterschelde, maar ook de uit-breiding van de arealen door aanslibbing in de Kwade Hoek effect op de Voordelta (Westplaat). De water-kwaliteit wordt beïnvloed door met name de uitstroming van Rijn en Maas via de Haringvlietsluizen. Mede

door deze aanvoer van voedingsstoffen kent de Voordelta een hoge voedselrijkdom. In de randen van het gebied bij Voorne en Goeree liggen een aantal schorren en meer slikkige platen. Verder horen ook de stranden van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden, waar plaatselijk duinvorming optreedt, tot het gebied.

Het gebied wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een gevarieerd en dynamisch milieu van kust-wateren (zout), intergetijdengebied en stranden, dat een relatief beschutte overgangszone vormt tussen (voormalige) estuaria en volle zee. Na de afsluiting van de Deltawerken is dit kustgedeelte sterk aan veranderingen onderhevig geweest, waarbij een uitgebreid stelsel van droogvallende en diepere zand-banken is ontstaan met daartussen diepere geulen.

3.3.2 Natura 2000-gebied Friese Front

Het Friese Front is een zeegebied ten noorden van de Waddeneilanden op een afstand van ongeveer 60 km uit de kust. Het gebied heeft een oppervlak vergelijkbaar met de Nederlandse Waddenzee (2.880 km²) en vormt een overgangszone tussen de ondiepe zuidelijke en de diepe centrale Noordzee. In deze overgangszone komen verschillende watermassa's samen, wat een front veroorzaakt met een verhoogde biologische productie en een verhoogde biodiversiteit van het bodemleven. Het Friese Front is hierdoor een belangrijk foerageergebied voor vogels en is uitsluitend Vogelrichtlijngebied.

Het gebied is alleen voor de zeekoet (*Uria aalge*) aangewezen, omdat de soort er in de zomer en de herfst in internationaal belangrijke aantallen (meer dan 15.620 individuen) voorkomt (van Bemmelen et al., 2013). Na de broedperiode in het voorjaar zwemmen de ruiende vaders met hun jongen, die nog niet kunnen vliegen, naar het Friese Front om de jongen groot te brengen (foerageer- en rustgebied) en om te ruien. Dit vindt vooral plaats gedurende de rmaanden juli-oktober. In deze kwetsbare periode is het Friese Front voor hen onmisbaar. Zeekoeten zijn voornamelijk van juli tot oktober te vinden op het Friese Front met piek-aantallen in september-oktober (Ministerie van Economische Zaken, 2014a). De instandhoudingsdoelstelling voor de zeekoet is behoud van omvang en kwaliteit van het leefgebied en behoud van de populatie. De zeekoet heeft een gunstige staat van instandhouding (Tabel 3-2).

Tabel 3-2. Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Friese Front (Ministerie LNV 2021).

Instandhoudingsdoelstellingen		SVI Landelijk	Doelst. Opp.vl.	Doelst. Kwal.	Doelst. Pop.
A199	Zeekoet	+	=	=	

Het Friese Front heeft een waterdiepte van tussen de 30 en 40 meter. Het Friese Front is onderdeel van een lang front wat de overgang tussen ondiepe zandgronden van de Zuidelijke Noordzee en de diepere slibbodems van de Centrale Oestergronden markeert. De menging van verschillende waterlagen zorgt voor transport van water bij de bodem wat voedingsstoffen naar de oppervlakte verplaatst. In de zomer kan dit voor een hogere primaire productie zorgen.

Het Friese Front wordt gekenmerkt door een relatief hoog aandeel van langlevende soorten, soorten met planktonische larven, en een iets minder dan gemiddeld aandeel van soorten met pelagische eieren en/of larven (van Denderen, 2015). De verhoogde secundaire productie heeft zijn weerslag op de hele voedselketen, dus ook voor vis en vogels die aan het oppervlak foerageren (Lindeboom et al., 2015).

3.3.3 Natura 2000-gebied Noordzeekustzone

Het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone is ca. 1.500 km² groot en loopt van Bergen aan zee tot Rottumeroog. De Noordzeekustzone loopt vanaf de enkele tientallen meters diepe zee geleidelijk op naar het strand. De begrenzing van het Natura 2000-gebied volgt aan de vastelandskust de laagwaterlijn, op de Waddeneilanden de voet van het duin, en ligt aan de zeezijde op drie zeemijl (ongeveer 5,5 kilometer) voor de kust, op een diepte van ongeveer 20 meter. Kenmerkend voor de Noordzeekustzone is dat het een dynamisch gebied is dat een zeldzame biotoop creëert waar veel pionierssoorten goed gedijen. Hierdoor is het gebied een belangrijke kraamkamer voor mariene vissoorten, herbergt het grote hoeveelheden schelpdieren en vormt het een belangrijk foerageergebied voor vogels. De instandhoudingdoelstellingen

voor de Noordzeekustzone bestaat uit 7 habitattypen, 7 habitatrichtlijnsoorten (1 vaatplant, 3 vissoorten en 3 zeezoogdiersoorten), 3 soorten broedvogels en 18 soorten niet-broedvogels. De instandhoudingsdoelstellingen per soort zijn te vinden in Bijlage 2.

3.3.4 Natura 2000-gebied Klaverbank

De Klaverbank is gelegen in het noordwestelijke deel van de Nederlandse Noordzee. Het zeegebied Klaverbank is zo'n 1.235 km² groot en ligt op circa 160 km ten noordwesten van Den Helder. Het gebied ligt deels in het Engelse en deels in het Nederlandse deel van de Noordzee. Het bodemoppervlak bestaat uit (grof) grind en grotere stenen in afwisseling met grof zand en schelpenmateriaal. De aanwezigheid van de grove sedimenttypen biedt een specifieke leefomgeving voor onder andere aan substraat gebonden organismen. In het gebied kan het licht doordringen tot een diepte van wel 40 meter, wat de begroeiing met kalkroodwieren mogelijk maakt. De structuur van het habitattype wordt gevormd door de aangroei van organismen die met het substraat zijn verbonden en door kalkroodwieren die het losse sediment aan elkaar kunnen vastleggen.

De Klaverbank vormt een leefgebied van de bruinvis (*Phocoena phocoena*), grijze zeehond (*Halichoerus grypus*) en gewone zeehond (*Phoca vitulina*). Vooral daar leven in de zomer veel bruinvissen. Ook de dwergvinvis (*Balaenoptera acutorostrata*) en witsnuitdolfijn (*Lagenorhynchus albirostris*) komen hier regelmatig voor. De Klaverbank is aangewezen vanwege het voorkomen van Habitattype H1170 Riffen, bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond. De instandhoudingsdoelstellingen per soort zijn te vinden in Bijlage 3.

De Klaverbank heeft een grote diversiteit in bodemsamenstelling, die bestaat uit grof grind en stenen samen met zandbodems en een slibrijke geul. De Klaverbank heeft diepe gedeeltes, tot 70 meter, met een gemiddelde waterdiepte van 43 meter. Doordat de Klaverbank vrij diep is wordt de bodem bijna nooit beïnvloed door stroming of stormen. Hierdoor is het water helder en kan er licht doordringen tot op de bodem. Door de aanwezige grindlaag en stenen is er een hoge biodiversiteit met soorten uit verschillende levensfases.

3.3.5 Natura 2000-gebied Bruine Bank

Het Natura 2000-gebied de Bruine Bank is 1.365 km² groot en gelegen in het westelijk deel van de Nederlandse Noordzee tegen de grens van het Verenigd Koninkrijk aan. De Bruine Bank is een zandige verhoging gelegen in de diepe zee. Het hoogste punt van de Bruine Bank ligt op 16 meter beneden zeeniveau. De algehele diepte varieert tussen de -16 en -50 meter. Daarnaast komen zandduinen voor die wel tot 20 meter hoog kunnen worden vanaf de zeebodem. Hierdoor komen verschillende vissoorten zoals zandspiering, haring en sprot voor, welke dienen als een belangrijke voedselbron voor verschillende vogels en zeezoogdieren.

De Bruine Bank is uitsluitend aangewezen als vogelrichtlijngebied voor de jan-van-gent (*Morus bassanus*) grote jager (*Stercorarius skua*), dwergmeeuw (*Hydrocoloeus minutus*), grote mantelmeeuw (*Larus marinus*), zeekoet (*Uria aalge*) en alk (*Alca torda*). Met name tijdens de herfst en wintermaanden zijn deze soorten in grote getalen te vinden op de Bruine Bank (Fijn & de Jong, 2019). Dit gebied dient dan ook als belangrijk foerageergebied. De instandhoudingsdoelstellingen per soort zijn te vinden in Bijlage 4.

De Bruine Bank wordt gekarakteriseerd door een hoge bank die wordt omgeven door een diepere zeebodem. De bodem bestaat vooral uit grof zand en met een slibgehalte van 2% of minder. Er zijn in de Bruine Bank veel fossiele botten van grote landzoogdieren uit de laatste ijstijd te vinden.

4 Scoping relevante effecten

In het voorliggende hoofdstuk is beschreven of storingsfactoren kunnen optreden (scoping). De effecten-indicator zoals aangereikt door het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat geeft een negentiental mogelijke storingsfactoren waarmee in ieder geval rekening moet worden gehouden ten aanzien van in Natura 2000-gebieden beschermde waarden.

4.1 Storingsfactoren

Onderstaand is per storingsfactor afgewogen of deze relevant is in het kader van voorliggend voornemen. De storingsfactoren zijn geclusterd per 'type' invloed. Hierbij is de volgende clustering aangehouden:

- Storingsfactoren die onder het type 'ruimtelijke invloeden' vallen zijn oppervlakteverlies en versnippering van leefgebied.
- Storingsfactoren die onder het type 'chemische invloeden' vallen zijn verzuring, vermesting, verzoeting, verzilting en verontreiniging.
- Storingsfactoren die onder het type 'fysische invloeden' vallen zijn verdroging, vernatting, verandering stroomsnelheid, verandering overstromingsfrequentie, verandering dynamiek substraat en vertroebeling.
- Storingsfactoren die onder het type 'mechanische invloeden' vallen zijn verstoring door geluid, door licht, door trilling, door beweging/optiek of door luchtwerveling, betreding, golfslag.
- Storingsfactoren die onder het type 'menselijke invloeden' vallen zijn verandering die bewust door de mens zijn uitgevoerd, bijvoorbeeld door herintroductie of uitzetting van soorten, introductie exoten.

Hieronder zijn de storingsfactoren kort toegelicht, waarbij beschreven wordt of en zo ja voor welke Natura 2000-gebieden de verstoringsfactor invloed kan hebben. Daarbij is aangegeven of de storingsfactor kan optreden tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden op het landdeel (hierna: 'onshore'), het uitvoeren van de werkzaamheden in het zeedeel ('offshore') of bij beide tracédelen.

Effecten scheepvaart

Op dit moment is nog niet bekend waar het CO_2 wordt opgevangen en waarvandaan het getransporteerd moet worden. Doordat de route nog niet bekend is, is niet bekend welke Natura 2000-gebieden de route doorkruist. Hierdoor is het niet mogelijk om voor de effecten van scheepvaart in de gebruiksfase een beoordeling te schrijven. In dit tekstvak worden de mogelijke effecten van scheepvaart kort beschreven.

Als de CO_2 transportschepen gebruik maken van de bestaande scheepvaartroute zijn de effecten klein en op voorhand uit te sluiten, omdat ze wegvallen in het heersende verkeersbeeld.

Als de CO_2 transportschepen buiten de bestaande scheepvaartroutes varen moet er getoetst worden of het mogelijk effect heeft op Natura 2000 waarden. Scheepvaart kan de volgende storingsfactoren veroorzaken voor het zeedeel:

- Verstoring door trillingen en geluid
- Verstoring door licht
- Verstoring door beweging/optiek
- Verstoring door luchtwerveling, betreding, golfslag
- Verstoring door stikstofemissies

Per Natura 2000-gebied moet door de emitters gekeken worden of deze storingsfactoren significant negatieve effect hebben op beschermde waarden. De effecten bij het laden van de schepen vallen toe aan de havenactiviteiten van de emitter.

4.2 Ruimtelijke invloeden

Deze storingsfactor kan alleen optreden bij activiteiten die binnen de begrenzing van de beschermde gebieden plaatsvindt, of wanneer het gebied binnen de invloedsfeer is gelegen. Bepaald moet worden of er sprake kan zijn van een afname van het beschikbare oppervlak van het leefgebied van aangewezen habitattypen en soorten. Verlies van oppervlak leidt in sommige gevallen ook tot versnippering van leefgebied. Hierbij is dan sprake van het uiteenvallen van het leefgebied van soorten, waardoor de duurzame instandhouding van populaties onder druk komt te staan.

Op welke Natura 2000-gebieden kan de storingsfactor invloed hebben?
Het leggen van de zeeleiding vindt voor een deel plaats binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied Voordelta. Hierdoor kan zowel sprake zijn van tijdelijke (tijdens de aanlegfase) en permanente effecten. Het betreft effecten vanuit de offshore projectuitvoering.

Er zijn geen andere Natura 2000-gebieden waarbinnen het plaatsen van de zeeleiding, platforms of een andere infrastructuur plaatsvinden. Voor de andere Natura 2000-gebieden wordt uitgesloten dat de storingsfactor van toepassing is.

4.3 Chemische invloeden

Verzuring en vermesting worden veroorzaakt door stikstofdepositie. Tijdens de aanleg van Aramis wordt stikstof uitgestoten door onder meer aggregaten, pompen en rijdend en varend materieel. Een deel van de stikstof kan op de daarvoor gevoelige habitattypen in Natura 2000-gebieden terechtkomen. Het effect is groter op de meest dichtbijgelegen gebieden. Een deel van de habitattypen waarvoor deze gebieden zijn aangewezen zijn stikstofgevoelig en vaak wordt de daarvoor geldende kritische depositiewaarde voor stikstof (KDW) al jaren overschreden. De storingsfactor treedt op tijdens de aanleg van Aramis, vanuit zowel de rijbewegingen die nodig zijn om het tracé op het land te realiseren, als de vaarbewegingen, helikoptervluchten, (nood)generatoren en andere werktuigen die nodig zijn om het tracé op de zeebodem aan te leggen. Gedurende de aanleg- en gebruiksfase van het project is sprake van stikstof uitstoot.

Verzoeting treedt meestal op ten gevolge van vernatting of, zoals in het Deltagebied, door het afsluiten van zeearmen. In (voormalig) brakke of zoute wateren leidt verzoeting tot vermesting. Verzilting betreft de ophoping van oplosbare zouten (kalium, natrium, magnesium, calcium) in bodems en wateren. Verzilting van bodems treedt vaak op ten gevolge van verdroging. Het optreden van de storingsfactoren verzoeting of verzilting is vanwege de aard van de werkzaamheden niet aan de orde.

Er is sprake van verontreiniging als er verhoogde concentraties van stoffen in een gebied voorkomen, welke stoffen onder natuurlijke omstandigheden niet of in zeer lage concentraties aanwezig zijn. Bij verontreiniging is sprake van een zeer brede groep van ecosysteem/gebiedsvreemde stoffen: organische verbindingen, zware metalen, schadelijke stoffen die ontstaan door verbranding of productieprocessen, straling (radioactief en niet radioactief), geneesmiddelen, endocrien werkende stoffen etc. Deze stoffen werken in op de bodem, grondwater en de lucht. Vrijwel alle soorten en habitattypen reageren op verontreiniging. De ecologische effecten uiten zich in het verdwijnen van soorten en/of het beïnvloeden van gevoelige ecologische processen. In het algemeen kan gesteld worden dat aquatische habitattypen en soorten gevoeliger zijn dan terrestrische systemen. Ook geldt dat soorten in de top van de voedselpiramide, als gevolg van accumulatie, van verontreinigingen gevoeliger zijn.
Er is sprake van lozing van boorgruis- en vloeistof bij het boren van de putten en van afvalwater vanaf de platforms. Voor relevante soorten en habitattypen wordt onderzocht of er negatieve effecten optreden.

Op welke Natura 2000-gebieden kan de storingsfactor invloed hebben?
De aanleg van Aramis vindt, met uitzondering van Natura 2000-gebied Voordelta, plaats buiten de begrenzing van Natura 2000-gebieden. Als gevolg van externe werking kunnen de voorgenomen activiteiten echter leiden tot extra stikstofdepositie voor Natura 2000-gebieden op land. De storingsfactor treedt op in zowel de aanlegfase als gebruiksfase, voor zowel de werkzaamheden op land als op zee. Daarnaast kan er sprake zijn van verontreiniging door lozingen op zee door externe werking op de genoemde Natura 2000-gebieden op zee.

4.4 Fysische invloeden

Verdroging uit zich in lagere grondwaterstanden. Voor het project is het voor de aanleg mogelijk nodig om delen (tijdelijk) te bemalen. Om inzicht te krijgen in de te verwachten invloed-gebieden van de bemalingen per kruising/veldstrekking is een bureauonderzoek uitgevoerd (Geohydrologisch rapport, RHDHV, 2023). De effecten zijn alleen van toepassing nabij de bemalingslocaties op land.

Het is echter uitgesloten dat de storingsfactor als gevolg van het project optreedt op voor verdroging gevoelige aangewezen habitattypen van omliggende Natura 2000-gebieden. Hiervoor is de afstand te groot (zie Tabel 2-3).

Dit geldt ook voor vernatting, er worden geen werkzaamheden uitgevoerd die leiden tot toenemende kwel, of aanpassing van het watersysteem. De werkzaamheden worden daarnaast niet uitgevoerd in de rivier, waardoor het optreden van een verandering van stroomsnelheid niet aan de orde is en de overstromingsfrequentie niet wijzigt.

Bij een verandering van de dynamiek van het substraat treedt een verandering op in de bodemdichtheid of bodemsamenstelling van terrestrische of aquatische systemen, bijvoorbeeld door aanslibbing of verstuiving. Verandering van dynamiek van het substraat kan leiden tot verandering van de abiotische randvoorwaarden wat mogelijk effecten kan hebben voor de aanwezige levensgemeenschappen. Dynamiek van het substraat is bijvoorbeeld van belang voor droge pioniervegetaties in de duinen en stuifzanden, of voor mosselbanken in de Waddenzee.

Vertroebeling kan ontstaan door het opwervelen van sediment als gevolg van mechanische ingrepen zoals graven, baggeren of lozingen. Door de vertroebeling van de waterkolom ontstaat tijdelijk een lokale troebele pluim (suspensie van sediment in de waterkolom). Grotere vissen, zeezoogdieren en vogels die jagen op zicht kunnen het gebied tijdelijk mijden. Sessiele bodemdieren die het water filtreren kunnen door een hoge mate van vertroebeling inactief worden en in conditie achteruitgaan. Dit kan mogelijk effect hebben op de rest van de voedselketen.

Op welke Natura 2000-gebieden kan de storingsfactor invloed hebben?
Een deel van de werkzaamheden vindt plaats binnen de Natura 2000-gebieden Voordelta (leggen van de zeeleiding). Vanwege de aard van de werkzaamheden is het optreden van storingsfactoren van het type fysische invloed mogelijk, er kan vertroebeling optreden en verandering van dynamiek van het substraat. Er kan sprake zijn van externe werking op de genoemde Natura 2000-gebieden op zee. Er wordt geen invloed van het project door verdroging, vernatting, of het teweegbrengen van een verandering in stroomsnelheden, overstromingsdynamiek verwacht.

4.5 Mechanische invloeden

Met verstoring door geluid wordt verstoring door onnatuurlijke geluidsbronnen bedoeld; permanent zoals geluid van wegverkeer dan wel tijdelijk zoals geluidsbelasting bij evenementen. Geluid is een hoorbare trilling, gekenmerkt door geluidsdruk en frequentie. Logischerwijs zijn alleen diersoorten gevoelig voor direct effecten van geluid. Geluid is een belangrijke factor in de verstoring van fauna. De verstoring door geluid is afhankelijk van het achtergrondgeluid en de duur, frequentie en sterkte van de geluidsbron. Geluidsbelasting kan leiden tot stress en/of vluchtgedrag van individuen. Dit kan vervolgens weer leiden tot het verlaten van het leefgebied of bijvoorbeeld een afname van het reproductieproces. In bepaalde gevallen kan ook gewenning optreden, in het bijzonder bij continu geluid. Door de uitvoering van de werkzaamheden treedt geluidsemissie op, zowel voor werkzaamheden onshore als offshore.

Kunstmatige verlichting van de nachtelijke omgeving kan tot verstoring van het normale gedrag van soorten leiden. Naar mogelijke effecten is nog vrij weinig onderzoek gedaan. De projectlocatie onshore ligt op het terrein van de Rotterdamse Haven. Dit is het grootste haven- en industriecomplex van Europa. Er is veel bedrijvigheid. Het terrein wordt tijdens de nachtelijke uren verlicht ten behoeve van de veiligheid bij het uitvoeren van de werkzaamheden. Voor het uitvoeren van het projectvoornemen kan het nodig zijn om delen te verlichten. Voor de werkzaamheden op land geldt dat er in principe voor de aanleg van de leidingen

niet ’s nachts wordt gewerkt en na afloop van de werkzaamheden wordt geen aanvullende verlichting toegepast. Voor de werkzaamheden op zee is het optreden van lichtverstoring niet op voorhand uitgesloten.

Optische verstoring betreft verstoring door de aanwezigheid en/of beweging van mensen dan wel voorwerpen die niet thuishoren in het natuurlijke systeem en treedt vaak samen op met verstoring door geluid, trilling en licht veroorzaakt door werkzaamheden (in geval van voertuigen, schepen). Optische verstoring leidt vooral tot vluchtgedrag van dieren. De soort reageert bijvoorbeeld op beweging omdat een potentiële vijand wordt verwacht. Andersom kan optische verstoring juist ook het uitzicht van soorten beperken waardoor zij potentiële vijanden niet zien naderen. De daadwerkelijke effecten zijn zeer soort-specifiek en hangen van de schuwheid van de soort en de mate waarin gewenning optreedt. Voor de aanleg van de leiding op land, wordt niet verwacht dat dit leidt tot het verstoren van voor Natura 2000-gebieden aangewezen habitatsoorten of (niet-)broedvogels. Voor de werkzaamheden op zee kan de storingsfactor wel tot verstoring leiden.

Verstoring door betreding, golfslag, luchtwervelingen etc. die optreden ten gevolge van menselijke activiteiten kan leiden tot een verandering van het habitattype en/of verstoring of het doden van fauna-individuen. Het effect is zeer afhankelijk van de kwetsbaarheid (gevoeligheid) van het habitattype. Waterrecreatie en scheepvaart leiden tot golfslag, hetgeen effect kan hebben op de oeverbegroeiing en waterfauna. Luchtwervelingen van bijvoorbeeld windmolens kunnen leiden tot sterfte van vleermuizen. De werkzaamheden vinden plaats in een reeds verstoord gebied, waar in geruime mate sprake is van golfslag (vanwege de zeevaart). Het is uitgesloten dat aanvullende verstoring door betreding of golfslag, als gevolg van het projectvoornemen optreden. Er kan wel sprake zijn van optische verstoring door aanwezigheid van schepen. Dit kan effect hebben op de instandhoudingsdoelstellingen van de Natura 2000-gebieden waar de CO_2 schepen doorheen varen. Omdat de vaarroute nog niet bekend is, kunnen gerichte effecten op de instandhoudingsdoelstellingen in dit stadium nog niet worden beoordeeld. Daarnaast kan er sprake zijn van verstoring door luchtwerveling indien stoom wordt afgeblazen bij het decompressiestation op het eindpunt.

Op welke Natura 2000-gebieden kan de storingsfactor invloed hebben?
De optredende storingsfactoren geluid, trilling, licht en optische verstoring (beweging), kunnen als gevolg van het uitvoeren van het plaatsen van de aanlegsteigers, het leggen van de pijpleiding en het plaatsen van de platforms niet worden uitgesloten. Er kan een (extern) effect optreden op de Natura 2000-gebieden Voordelta, Friese Front, Klaverbank, Bruine Bank en Noordzeekustzone (zie detailrapport Onderwatergeluid, RHDHV, 2023).

4.6 Menselijke invloeden

Bij menselijke invloeden is er sprake van bewust ingrijpen in de natuur door herintroductie van soorten, introductie van exoten, uitzetten van vis, inzaaien van genetisch gemodificeerde organismen etc. waardoor de storingsfactor (bewuste) verandering in soortensamenstelling kan optreden.

De storende factor verandering in populatiedynamiek treedt op indien er een direct effect is van een activiteit op de populatie-opbouw en/of populatiegrootte. Er wordt hier vooral gedoeld op de situatie wanneer sprake van sterfte van individuen door wegverkeer, windmolens, of door jacht of visserij. Het planvoornemen voorziet niet in een (bewuste) verandering in soortensamenstelling of andere veranderingen in de populatiedynamiek (en zeker niet in sterfte van individuen).

Op welke Natura 2000-gebieden kan de storingsfactor invloed hebben?
De storingsfactor verandering in populatiedynamiek en (bewuste) verandering in soortensamenstelling treden als gevolg van het projectvoornemen niet op.

4.7 Samenvatting

De storingsfactoren zijn geclusterd per ‘type’ invloed, hierbij is in het overzicht aangegeven of de storings-factor voor het zeedeel dan wel voor het landdeel van invloed kan zijn (Tabel 4-1).

Tabel 4-1. Overzicht van effecten van storingsfactoren op offshore of onshore Natura 2000-gebieden. Een o betekent geen effect en een x betekent mogelijk effect en wordt verder onderzocht in het benoemde hoofdstuk.

Type Invloed	Storingsfactor	Landdeel	Zeedeel
Ruimtelijke invloeden	• Oppervlakteverlies	o	X
	• Versnippering leefgebied	o	X
Chemische invloeden	• Verzuring	X	o
	• Vermesting	X	o
	• Verzoeting	o	o
	• Verzilting	o	o
	• Verontreiniging	o	X
Fysische invloeden	• Verdroging	o	o
	• Vernatting	o	o
	• Verandering dynamiek substraat	o	X
	• Vertroebeling	o	X
Mechanische invloeden	• Verstoring door trillingen en geluid	o	X
	• Verstoring door licht	o	X
	• Verstoring door beweging/optiek	o	X
	• Verstoring door luchtwerveling, betreding, golfslag	o	o
Menselijke invloeden	• Verandering populatiedynamiek	o	o
	• Bewuste ingreep soortensamenstelling	o	o

Verzuring en vermesting - Stikstofdepositie in bijlagerapport

Uit Tabel 4-1Tabel 4-1 blijkt dat voor het landdeel alleen effecten op Natura 2000-gebieden ten gevolge van stikstofdepositie worden verwacht. Dit aspect is uitgewerkt in een separaat onderzoek, waarvan de bevindingen in bijlage 7 zijn opgenomen.

Uitwerking zeedeel in volgende hoofdstukken

De volgende hoofdstukken hebben betrekking op de storingsfactoren voor de Natura 2000-gebieden op zee. Hoofdstuk 5 beschrijft de Voortoets, hoofdstuk 6 beschrijft de Passende Beoordeling, hoofdstuk 7 de cumulatietoets en hoofdstuk 8 de leemten in kennis.

Gezamenlijke conclusies

De conclusies in hoofdstuk 9 hebben betrekking op de Natura 2000-gebieden van zowel het landdeel als het zeedeel.

5 Voortoets - zeedeel

In dit hoofdstuk wordt de voortoets beschreven voor de gebieden op zee. Hierin is het voorkomen van habitattypen en soorten met een instandhoudingsdoelstelling in de gebieden beschreven en is een inschatting gemaakt of significante negatieve effecten op voorhand kunnen worden uitgesloten. Indien deze niet kunnen worden uitgesloten is het aspect verder uitgewerkt in hoofdstuk 6, de passende beoordeling. De voortoets voor gebieden op land is separaat uitgevoerd en gerapporteerd in bijlage 7. Informatie over de Natura 2000 gebieden is afkomstig uit de Aanwijzingsbesluiten (geraadpleegd via https://www.natura2000.nl/gebieden/noordzee-nederlandse-exclusieve-economische-zone), tenzij anders aangegeven.

5.1 Noordzee

De Noordzee op zichzelf is niet aangewezen als Natura 2000-gebied. Omdat een groot deel van de activiteiten in de Noordzee en buiten Natura 2000-gebied plaatsvindt worden hier de meest relevante en kwetsbare soorten beschreven die niet beschreven worden in de volgende paragrafen. Het gaat daarbij met name om bodemdieren en vissen. Daarbij kan onderscheid gemaakt worden tussen bodemdieren die zeldzaam zijn of in heel specifieke delen van de Noordzee voorkomen, soorten die een belangrijke rol vervullen (rifvormende soorten) en vissen die belangrijk zijn als voedsel voor vogels en zeezoogdieren (zandspiering).

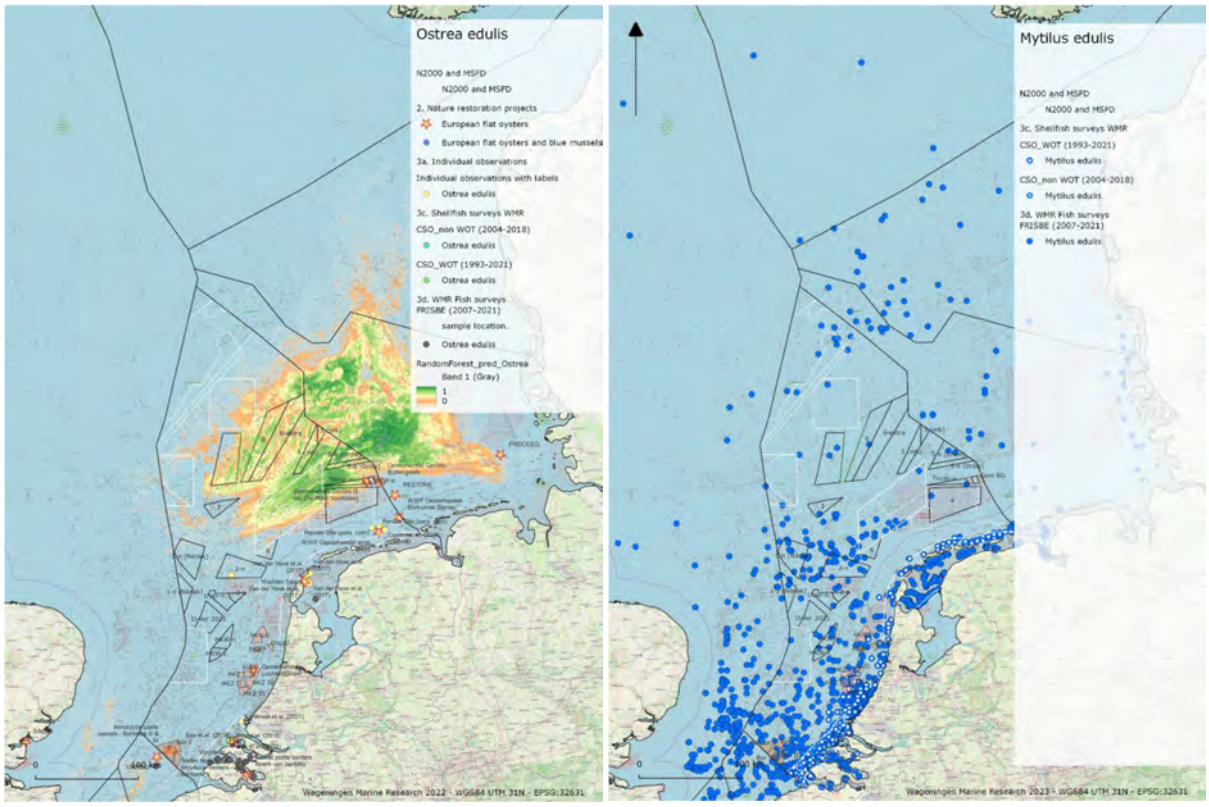
5.1.1 Bodemdieren en zandgolven

Een studie van Cheng et al. (2021) naar de distributie van faunasoorten op zandgolven in het Nederlandse deel van de Noordzee liet zien dat zandgolven unieke soorten herbergen, die niet op andere delen van de zeebodem voorkomen. In totaal waren er op de steile delen van de zandgolven 53 verschillende taxa aanwezig, waarvan 13 specifiek voor dat type habitat. Met name verschillen in hydronamische condities verklaren de specifieke opbouw van de macrofaunagemeenschap op zandgolven. Stabiliteit van de zandbodem blijkt een belangrijke factor voor soortenrijkdom; benthische soorten kunnen over het algemeen beter overleven op locaties waar de stabiliteit van de bodem hoger is. De soortenrijkdom bleek in de studie van Cheng et al. (2021) het hoogste te zijn op de steile delen en de diepere troggen van zandgolven. Door de aanvoer van hogere chlorofyl-a en organische stof concentraties is er hier meer voedsel beschikbaar, wat mogelijk verklaart waarom de soortenrijkdom hoger is bij troggen en steile delen van zandgolven dan bij de minder steile delen van de zandgolven.

5.1.2 Rifvormende soorten

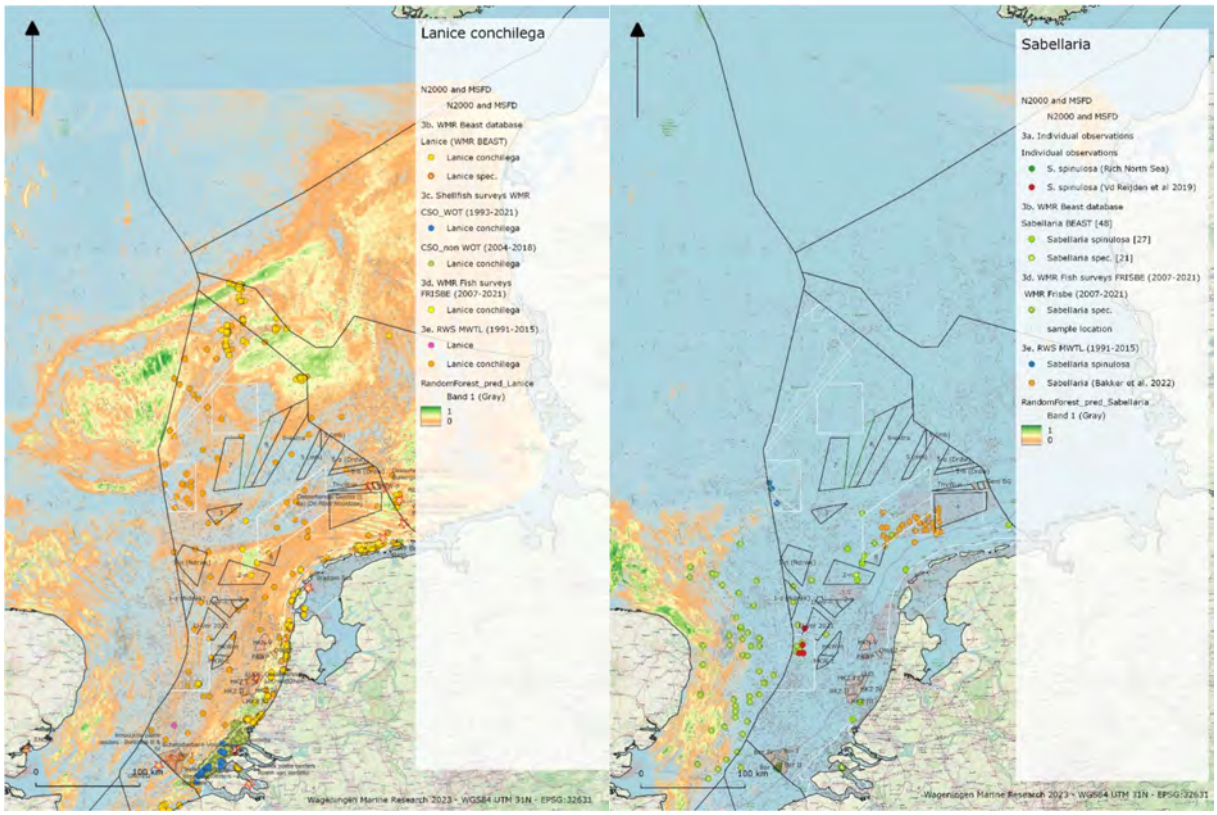
Rifvormende soorten vormen biogene riffen die habitats vormen die qua structuur en soortensamenstelling verschillen van de open zeebodem, waardoor de algehele biodiversiteit en mogelijk ook de productiviteit van het Noordzee-ecosysteem toenemen (Sas et al., 2023)[7]. In de Kaderrichtlijn Mariene Strategie geldt als doel herstel van rifvormende soorten.

[7] https://edepot.wur.nl/633785



Figuur 5-1. Links: Platte oester (Ostrea edulis) voorspelde habitatkwaliteit (Herman en van Rees, 2022) en observaties. De meeste observaties zijn op hard substraat (Bos et al., 2023 in prep.). Rechts: Mossel (Mytilus edulis) observaties (Bos et al., 2023 in prep.). Beide figuren staan in Sas et al. (2023).

De activiteit vindt plaats in gebieden die geschikt zijn voor platte oesters (in de buurt van het Friese Front) en waar mossels voorkomen (Figuur 5-1). Alhoewel deze soorten niet expliciet zijn beschermd onder de Habitatrichtlijn en de activiteit plaatsvindt buiten Natura 2000-gebied worden de effecten op deze soorten wel beoordeeld in de Passende beoordeling omdat ze een specifiek habitat creëren en deels (mossel) fungeren als voedselbron voor beschermde soorten.



Figuur 5-2. Links: Schelpkokerworm (Lanice conchilega) voorspelde habitatkwaliteit (Herman en van Rees, 2022) en observaties (Bos et al., 2023 in prep.). Rechts: Gestekelde zandkokerworm (Sabellaria spinulosa) voorspelde habitatkwaliteit (Herman en van Rees, 2022) en observaties. De meeste observaties zijn op hard substraat (Bos et al., 2023 in prep.). Beide figuren staan in Sas et al. (2023).

Op de Bruine Bank zijn de troggen bijvoorbeeld een belangrijk habitat voor de zandkokerworm (*Sabellaria spinulosa),* waar diverse biogene zandkokerworm riffen zijn opgebouwd uit duizenden individuelen zandbuisjes. Deze riffen staan erom bekend dat ze lokaal de biodiversiteit kunnen vergroten, en bescherming en substraat kunnen bieden voor andere soorten (Pearce et al., 2014).

De activiteit vindt plaats in gebieden waar de schelpkokerworm voorkomt en kan voorkomen en waar de zandkokerworm voorkomt (nabij het Friese Front) (Figuur 5-2). Alhoewel deze soorten niet expliciet zijn beschermd onder de Habitatrichtlijn en de activiteit grotendeels plaatsvindt buiten Natura 2000-gebied worden de effecten op deze soorten wel beoordeeld in de Passende beoordeling omdat ze een specifiek habitat creëren. Bovendien zijn *Sabellaria* riffen opgenomen op de OSPAR-lijst en verdienen bescherming in het kader van deze conventie.

5.1.3 Zandspiering

Zandspiering is een kleine algemene vissoort die een sleutelrol speelt in het voedselweb van de Noordzee[8]. De soort is van groot belang voor zeevogels, het broedsucces is direct afhankelijk van zandspiering. Zandspiering is niet alleen voor veel zeevogels een hele belangrijke prooi, maar ook voor zeezoogdieren in de Noordzee, zoals bruinvissen, dwergvinvissen en de gewone en grijze zeehond[9].

Door de afwezigheid van een commercieel belang is er in Nederland nooit veel onderzoek naar zandspiering gedaan. Er zijn op dit moment (nog) geen verspreidingskaarten beschikbaar van deze soort. Er wordt vanuit gegaan dat de zandspiering overal in de Noordzee kan voorkomen en dus ook in het gebied waar activiteiten plaatsvinden.

[8] https://blauweroute.nl/projecten/habitatmodellen-voor-verspreiding-van-zandspiering/
[9] https://www.nioz.nl/en/news/zandspiering-onbekend-maakt-onbemind

5.2 Natura 2000-gebied Voordelta

De Voordelta omhelst het ondiepe zeegedeelte van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse Delta (natura2000.nl). Het gebied is zowel aangewezen als Habitatrichtlijngebied als Vogelrichtlijngebied voor 10 habitattypen, 7 habitatsoorten en 30 niet-broedvogelsoorten (Doelstelling Voordelta, 2020).

5.2.1 Habitattypen

De Voordelta is aangewezen voor 10 habitattypen (Tabel 5-1). De habitattypen kunnen effecten ondervinden van oppervlakteverlies, versnippering leefgebied, verontreiniging en vertroebeling door direct piping of microtunneling.

Tabel 5-1. Aangewezen habitattypen en bijbehorende doelstelling van het Natura 2000-gebied Voordelta.

Habitattype	Habitatsubtype	Status doel	Doelstelling oppervlakte*	Doelstelling kwaliteit*	Relatieve bijdrage**
H1320 - Slijkgrasvelden		Definitief	=	=	C
H2110 - Embryonale duinen		Definitief	=	=	B1
H2120 - Witte duinen		Definitief	=	=	C
H1110A - Permanent overstroomde zandbanken	Getijdengebied	Definitief	=	=	C
H1140A - Slik- en zandplaten	Getijdengebied	Definitief	=	=	C
H1310A - Zilte pionierbegroeiingen	Zeekraal	Definitief	=	=	C
H1310B - Zilte pionierbegroeiingen	Zeevetmuur	Definitief	=	=	C
H1330A - Schorren en zilte graslanden	Buitendijks	Definitief	=	=	C
H1110B - Permanent overstroomde zandbanken	Noordzee-kustzone	Definitief	=	=	B2
H1140B - Slik- en zandplaten	Noordzee-kustzone	Definitief	=	=	A1

** Instandhoudingsdoelstelling: = behoud. ** Betekenis van het gebied naar oppervlakte van het habitattype: oppervlakte in het onderhavige gebied uitgedrukt als percentage van de landelijke oppervlakte: A4: > 75%; A3: 50-75%; A2: 30-50%; A1: 15-30%; B2: 6-15%; B1: 2-6%; C: < 2%.*

De habitattypen (Tabel 5-1) zijn onder te verdelen in de 'terrestrische' habitats en 'mariene' habitats. De op land gelegen habitattypen zijn embryonale duinen (H2110), witte duinen (H2120), zilte pionierbegroeiingen (H1310A en H1310B) en schorren en zilte graslanden (H1330A). Embryonale en witte duinen zijn te vinden ten zuiden van de Maasvlakte, ter hoogte van Noordzeeboulevard en Loswalweg. Hier zijn ook zilte pionierbegroeiingen (subtype A) gelegen. Deze habitattypen zijn niet nabij de uitvoeringslocatie van de voorgenomen werkzaamheden voor het project gelegen maar kunnen wel effect ondervinden van stikstofdepositie.

De watergebonden habitattypen zijn slijkgrasvelden (H1320), permanent overstroomde zandbanken (H1110A en H1110B) en slik- en zandplaten (H1140A en H1140B). Slijkgrasvelden zijn te vinden ten zuiden van de Maasvlakte, ook ter hoogte van de Noordzeeboulevard en de Loswalweg. Slik- en zandplaten zijn op meerdere locaties in het Natura 2000-gebied gelegen, maar bevinden zich eveneens op ruime afstand van de projectlocatie (> 5 kilometer afstand hemelsbreed). Deze habitattypen zijn niet nabij de uitvoerings-locatie van de voorgenomen werkzaamheden voor het project gelegen, waardoor effecten kunnen worden uitgesloten.

Subtype H1110B betreft de permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken van de Noordzeekust, inclusief de buitendelta's in de Noordzeekustzone, de Voordelta, de Westerschelde en de zeegaten van de Waddenzee. Door de dynamische omstandigheden (hogere stroomsnelheden en sterkere golfwerking vanuit de Noordzee) is de bodem hier meestal grofzandiger dan bij subtype H1110A. Het habitattype permanent overstroomde zandbanken subtype H1110A[10] komt in het geheel niet voor binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied, het subtype H1110B is wel dominant aanwezig. de kwaliteit van het habitattype wordt onder andere bepaald door de aanwezigheid van de zogenaamde typische soorten, zoals een aantal verschillende soorten borstelwormen (bijvoorbeeld schelpkokerworm en zandkokerworm), kreeftachtigen (bijvoorbeeld gewone zwemkrab en bulldozerkreeftje), stekelhuidigen (bijvoorbeeld hartegel en gewone slangster), vissen (waaronder haring, schol en tong) en weekdieren (onder andere nonnetje en zaagje).

De instandhoudingsdoelstelling van habitattype H1110B is behoud van de huidige oppervlakte en kwaliteit. Dit habitattype kan voorkomen in het plangebied, en significant negatieve effecten kunnen niet op voorhand worden uitgesloten. De effecten van de activiteit op dit habitattype worden in hoofdstuk 6 nader onderzocht.

5.2.2 Habitatrichtlijnsoorten

Natura 2000-gebied Voordelta is aangewezen voor vier vissoorten en drie zeezoogdieren. De vissen en zeezoogdieren kunnen effecten ondervinden van verstoring door trillingen en geluid, licht, beweging en optiek, verontreiniging en vertroebeling door de benodigde activiteiten voor het aanleggen van de zeeleiding.

Vissen en vislarven
De zeeprik (*Petromyzon marinus)*, rivierprik (*Lampetra fluviatilis*), elf (*Alosa alosa*) en fint (*Alosa fallax*) zijn aangewezen met een instandhoudingsdoelstelling in het Natura 2000-gebied de Voordelta. De (volwassen dieren van de) elft, fint, zeeprik en rivierprik leven in zout water, maar zij planten zich voort in zoet rivierwater. Als gevolg van barrières in de trekroutes (stuwen, dammen), overbevissing en slechte waterkwaliteit (de laatste twee vooral in het verleden) zijn trekvissen sinds de jaren '50 en '60 van de vorige eeuw sterk in aantal afgenomen. De zeeprik en rivierprik wordt incidenteel waargenomen in de (monding van) grote rivieren. De fint wordt nog steeds aangetroffen in Nederlandse kustwateren (hetzij in lage dichtheden), er zijn vrij recentelijk jonge individuen aangetroffen die kunnen duiden op voortplanting. Van de elft zijn in de afgelopen decennia slechts enkele waarnemingen gedaan in de Nederlandse kustwateren.
De instandhoudingsdoelstellingen zijn voor alle vissoorten uitbreiding van de huidige populatie en behoud van de omvang en de kwaliteit van het leefgebied.

Zeeprik (H1095)
De landelijke staat van instandhouding van de zeeprik (*Petromyzon marinus*) is zeer ongunstig. De zeeprik is zeer zeldzaam op open zee en iets minder zeldzaam langs de kust (Winter et al., 2014; Emmerik, 2016; Figuur 5-3: links). De Voordelta vormt onderdeel van het foerageer- en leefgebied van volwassen zeeprikken. Volwassen exemplaren leven parasitair in zee, en leven vooral op grotere vissen, maar ook bruinvissen en andere walvisachtigen (Ministerie van Economische Zaken, 2008a).

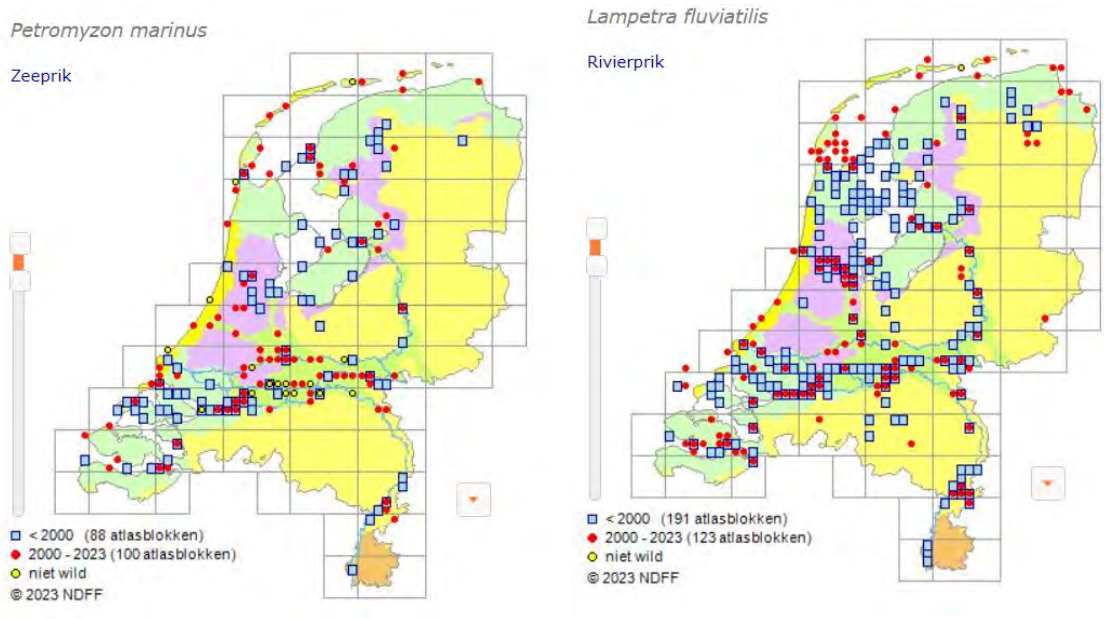
Omdat niet uitgesloten kan worden dat de soort in het gebied kan worden aangetroffen en significant negatieve effecten op voorhand niet kunnen worden uitgesloten wordt deze soort meegenomen in de effectbeoordeling.

Rivierprik (H1099)
De landelijke staat van instandhouding van de rivierprik (*Lampetra fluviatilis*) is matig ongunstig. De rivierprik is zeer zeldzaam op open zee, maar langs de kust en vooral in brak water wordt de soort vaker aangetroffen (Winter et al., 2014; Emmerik, 2016; Figuur 5-3: rechts). De Voordelta maakt onderdeel uit van het foerageer- en leefgebied van de rivierprik. De paaiplaatsen van prikken liggen bovenstrooms in de rivier. Jonge rivierprikken filteren algen en organisch materiaal. Volwassen exemplaren kunnen zowel parasitair

[10] *Volgens het Profielendocument komt het subtype 1110A voornamelijk voor in de Waddenzee en in geringe mate in de voormalige mond van het Haringvliet. Subtype -A betreft zowel relatief vlakliggende gebieden als geulen in getijdengebieden.*

leven in zee of als roofvis jagen op kleine vissoorten zoals haring en kabeljauwachtigen (Ministerie van Economische Zaken, 2008b)

Omdat niet uitgesloten kan worden dat de soort in het gebied kan worden aangetroffen en significant negatieve effecten op voorhand niet kunnen worden uitgesloten wordt deze soort meegenomen in de effectbeoordeling.



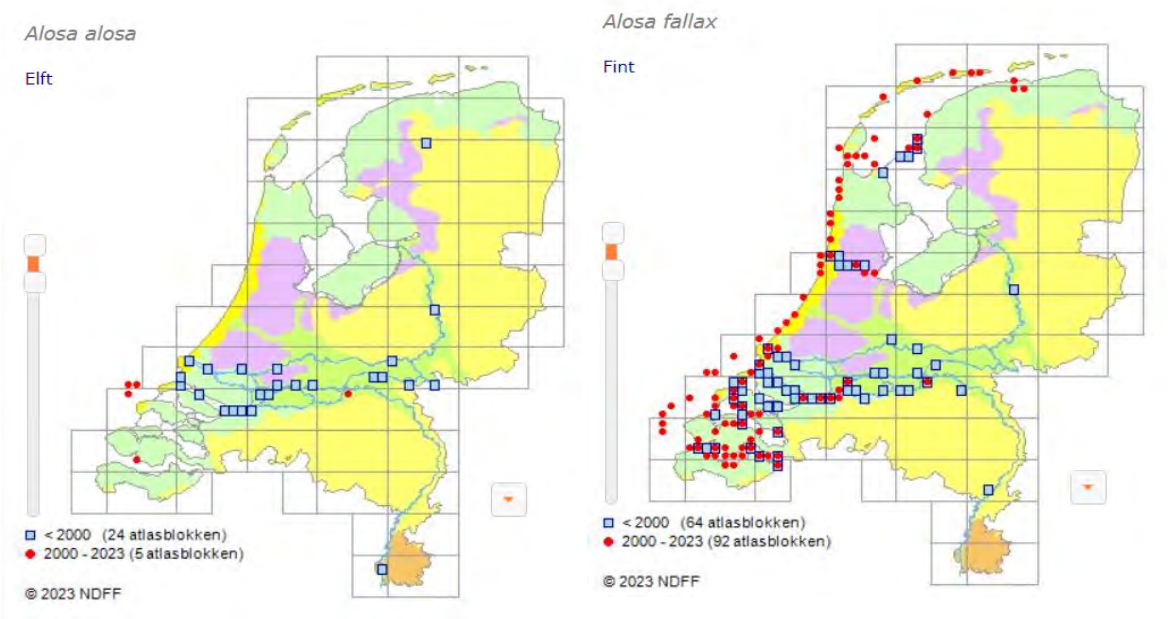
Figuur 5-3. Verspreidingskaarten van de zeeprik (links) en rivierprik (rechts). Blauwe blokken zijn waarnemingen voor 2000, en de rode bollen zijn waarnemingen tussen 2000-2023. Verkregen van www.verspreidingsatlas.nl.

Fint (1103)
De landelijke staat van instandhouding van de fint (*Alosa fallax*) is zeer ongunstig. De fint wordt vaker aangetroffen in zee dan de andere beschermde vissen, maar van een stabiele populatie is geen sprake (Winter et al., 2014; Emmerik, 2016). De Voordelta is onderdeel van het foerageer- en leefgebied van deze soort. De fint trekt tot het gebied waar het getij nog merkbaar is. Met name langs de kust en in de Waddenzee worden soms grote hoeveelheden juveniele exemplaren waargenomen, vermoedelijk afkomstig uit het buitenland. Volwassen exemplaren op open zee zijn zeldzamer (Patberg et al., 2005). In de Delta is de soort weer toegenomen, dankzij de verbeterde waterkwaliteit, er vindt ook weer voortplanting plaats in het zoetwatergetijdegebied in België (Breine et al., 2017). In de Westerschelde en het Benedenrivierengebied zijn jonge finten waargenomen (Ministerie van Economische Zaken, 2008c).

Omdat niet uitgesloten kan worden dat de soort in het gebied kan worden aangetroffen (Figuur 5-4: rechts) en significant negatieve effecten op voorhand niet kunnen worden uitgesloten, wordt deze soort meegenomen in de effectbeoordeling.

Elft (1102)
De landelijke staat van instandhouding van de elft (*Alosa alosa*) is zeer ongunstig. Elften trekken in de paaitijd (mei-juni) de rivier op. Bovenstrooms worden elften geboren en zakken geleidelijk met de rivier mee naar zoetwatergetijdegebied, waar ze opgroeien. Na 1-2 jaar trekken de jonge vissen naar zee. Door effectieve visserij, verstuwing van de grote rivieren en grindwinning zijn de paaiplaatsen van de elft verdwenen (Patberg et al., 2005). Paaigebieden liggen buiten Nederlands grondgebied. Het is nog mogelijk dat er een kleine paaipopulatie aanwezig is in de Rijn in Duitsland, waardoor ons land nog steeds een opgroei- en doortrekfunctie heeft (Patberg et al., 2005). Volwassen elften worden maar zelden waargenomen in Nederland.

Omdat niet uitgesloten kan worden dat de soort in het gebied kan worden aangetroffen (Figuur 5-4: links) en significant negatieve effecten op voorhand niet kunnen worden uitgesloten wordt deze soort meegenomen in de effectbeoordeling.



Figuur 5-4. Verspreidingskaarten van de elft (links) en fint (rechts). Blauwe blokken zijn waarnemingen voor 2000, en de rode bollen zijn waarnemingen tussen 2000-2023. Verkregen van www.verspreidingsatlas.nl.

Zeezoogdieren

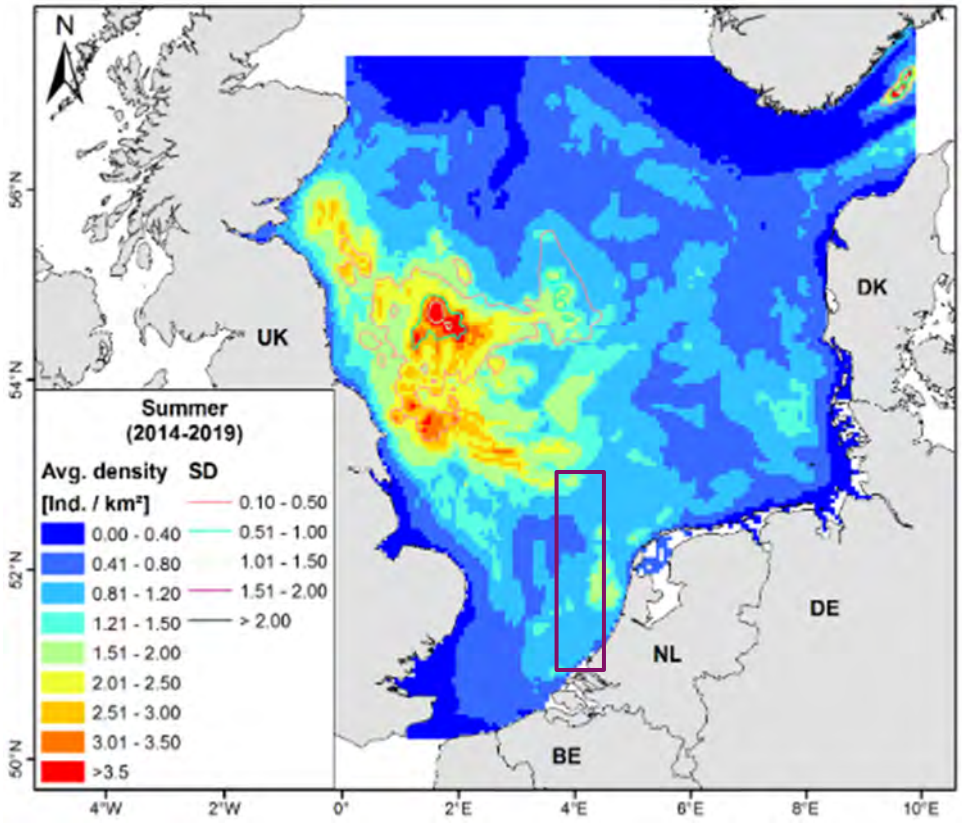
Bruinvis (H1351)
De bruinvis (*Phocoena phocoena*) heeft een landelijke staat van instandhouding die gunstig is. De instandhoudingsdoelstelling van de bruinvis is behoud van zijn populatie en omvang leefgebied. Voor kwaliteit van het leefgebied is een toename de instandhoudingsdoelstelling.

Algemene informatie
Bruinvissen zijn veelal voorkomend langs de kust, maar hebben ook een voorkeur voor relatief ondiepere wateren van het NCP (Redeker & van Doorn, 2019). Bruinvissen hebben een hoge energiebehoefte. Ze kunnen in hun vetlaag niet veel reserves opslaan, waardoor ze genoodzaakt zijn om vrijwel continu voedsel te zoeken, 24 uur per dag. Per dag eet een bruinvis ongeveer 10% van zijn lichaamsgewicht. Jonge bruinvissen eten vooral grondels. Volwassen bruinvissen eten bij voorkeur vette vis als haring, zandspiering en makreel en anders kabeljauwachtigen, zoals wijting (Leopold, 2015). Jonge bruinvissen worden tussen mei en juli voornamelijk in beschut, ondiep water geboren, een enkele keer op open zee (Geelhoed & van Polanen Petel, 2011a). Voor zowel het zoeken naar voedsel, als ook navigatie en communicatie onderling gebruiken de dieren echolocatie. De soort gebruikt korte klikklanken met een hoge frequentie en een smalle bandbreedte (Møhl & Andersen, 1973).

Omvang en verspreiding
In de eerste helft van de vorige eeuw kwam de bruinvis algemeen voor langs de Nederlandse kust. Daarna werd deze soort een zeldzame en onregelmatige verschijning. De laatste decennia wordt de bruinvis steeds zuidelijker waargenomen en is inmiddels weer redelijk algemeen langs de Nederlandse kust. De soort kent geen lange migratie naar andere gebieden en is het gehele jaar aanwezig. De populatie bruinvissen op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) wordt geschat op 62.771 dieren (Gilles et al., 2020). Het NCP herbergt tenminste minimaal 14% (juli) tot maximaal tenminste 48% (maart) van de totale Noordzeepopulatie bruinvissen (Geelhoed et al., 2014b; Geelhoed & van Polanen Petel, 2011b). Het aantal bruinvissen op het NCP vertoont dus veel seizoensvariatie, maar ook veel ruimtelijke variatie.

Op basis van tellingen tussen 2005-2013, heeft Gilles et al. (2016) een dichtheidsmodel ontwikkeld voor bruinvissen in de Noordzee. Voor de zomerperiode is dit dichtheidsmodel later geüpdatet met gegevens van 2013-2019 en gepubliceerd onder (Gilles et al., 2020). De meest recente resultaten op basis van dit model worden gebruikt als input voor de bruinvis dichtheid in het plangebied (Figuur 5-5. Verwachte bruinvis dichtheden in de Noordzee in de zomer (Gillis et al., 2020). Het plangebied is indicatief aangegeven met de rode rechthoek.). De verwachte dichtheden in de Voordelta liggen in de zomer op 0,81 – 1,20 bruinvissen per km^2 (Gilles et al., 2020). Er is van deze kaart uitgegaan, omdat bij het samenstellen ervan naast de resultaten van (vliegtuig)tellingen ook rekening is gehouden met de variabelen die bepalend zijn voor de habitatgeschiktheid. De kaart geeft daarom een betrouwbaardere schatting van het gemiddelde voorkomen van bruinvissen.

Omdat deze soort regelmatig in het plangebied wordt waargenomen en significant negatieve effecten op voorhand niet kunnen worden uitgesloten wordt deze soort meegenomen in de effectbeoordeling.



Figuur 5-5. Verwachte bruinvis dichtheden in de Noordzee in de zomer (Gillis et al., 2020). Het plangebied is indicatief aangegeven met de rode rechthoek.

Gewone zeehond (H1365)

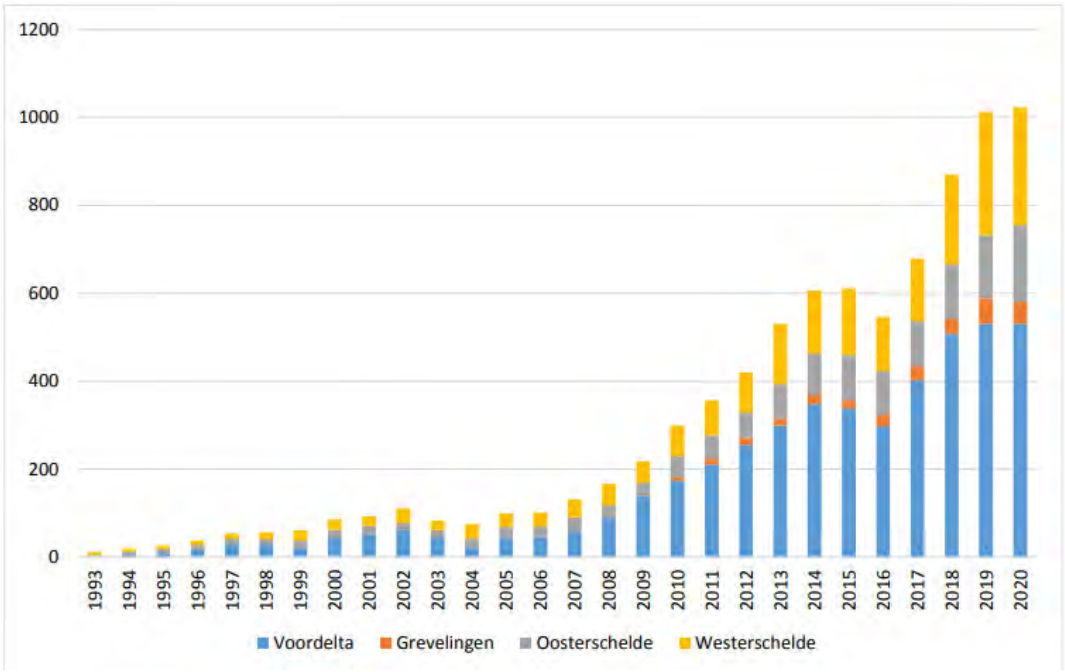
De gewone zeehond (*Phoca vitulina*) heeft een instandhoudingsdoelstelling in het Natura 2000-gebied Voordelta. De landelijke staat van instandhouding is gunstig, de doelstellingen zijn behoud van omvang leefgebied en toename van kwaliteit leefgebied voor toename van de populatie.

Algemene informatie

De gewone zeehond komt voor langs de kusten van de gematigde klimaatzones op het Noordelijk Halfrond. De gewone zeehond foerageert vooral op aan-de-bodem-gebonden vis, zoals platvis. Gewone zeehonden komen regelmatig op de kant om er te rusten, bij het zogen en tijdens de verharing worden de ligplaatsen frequenter bezocht. Ligplaatsen worden het hele jaar door gebruikt. Tijdens de voortplanting (in Nederland november-januari) en de daaropvolgende verharingsperiode (maart-april) worden ze intensiever bezocht. De pups kunnen vrijwel direct na hun geboorte zwemmen.

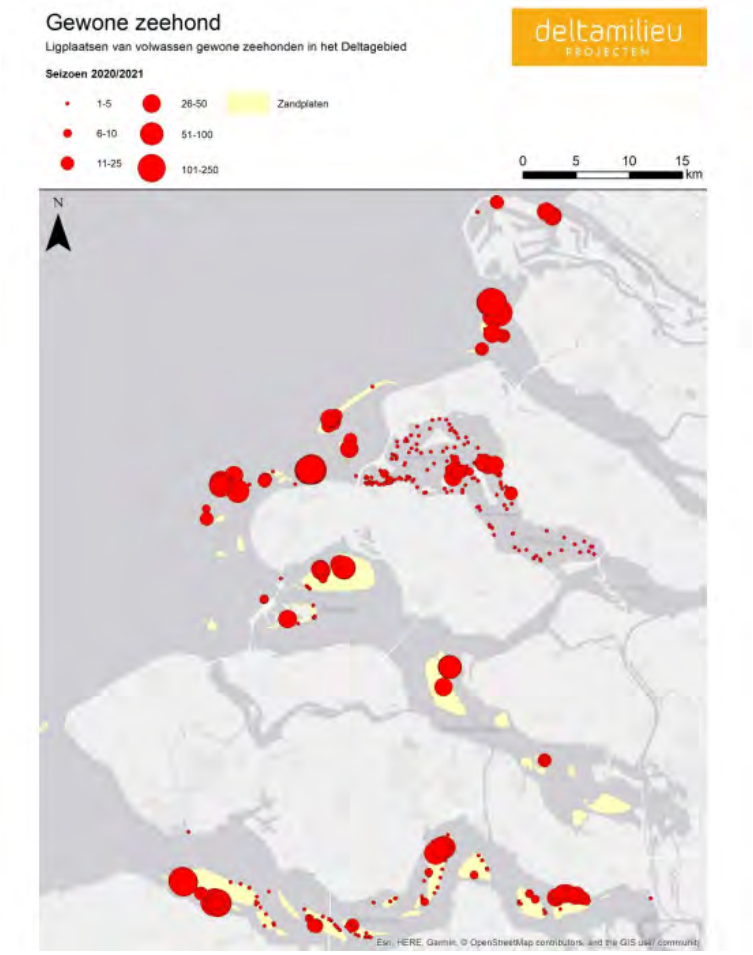
Omvang en verspreiding
De Noordzee omvat een metapopulatie (een groep gescheiden populaties) gewone zeehonden, bestaande uit een aantal deelpopulaties waarvan de meeste dieren in de Waddenzee van Nederland tot Denemarken voorkomen. Geregeld vindt uitwisseling van zeehonden plaats tussen de deelpopulaties in Nederland, maar ook met Engeland, Duitsland en Denemarken. In augustus 2021 zijn ruim 26.000 dieren geteld op zandplaten, waarvan 8.245 in het Nederlandse deel (volwassen zeehonden) (Galatius et al., 2021).

In Nederland is daarnaast een kleine deelpopulatie in de Deltawateren aanwezig. In de Delta zijn in seizoen 2020/2021 gemiddeld van ongeveer 1.000 gewone zeehonden waargenomen, waarvan 52% in de Voordelta (Figuur 5-6; Hoekstein et al., 2022). De gewone zeehond worden regelmatig rondom de Maasvlakte/Maasgeul en vooral op het zeehonden beereiland waargenomen. Daarnaast worden ze ook in het Yangtzekanaal waargenomen. Ondanks de aanwezige scheepsvaart(bewegingen) en geluiden van het havenbedrijf, maken zij wel gebruik van mogelijke zon- en ligplaatsen.



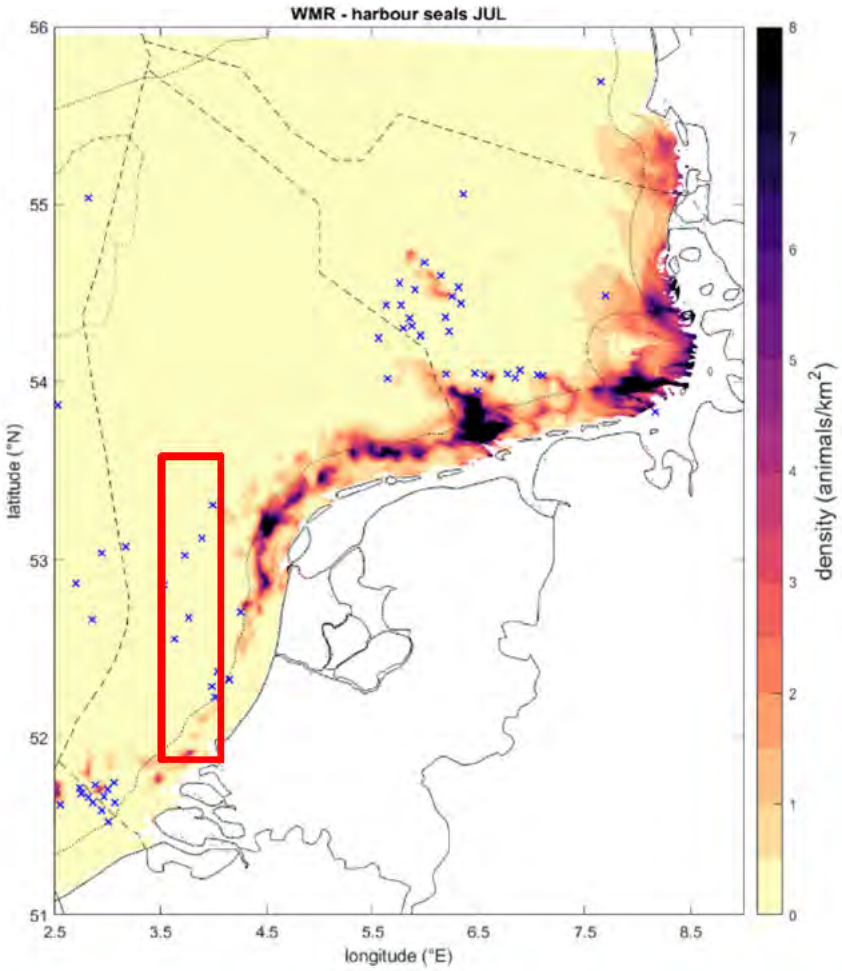
Figuur 5-6. Trend van seizoensgemiddelde van de gewone zeehond in het Deltagebied in de seizoenen 1993/1994 tot en met 2020/2021 (Afbeelding verkregen uit Hoekstein et al., 2022).

De Voordelta gebruiken ze om (bij eb) op droogvallende zandplaten te rusten en daarnaast foerageren ze hier ook (Figuur 5-7). Op open zee is de concentratie van zeehonden laag. In de zomerperiode worden de jongen ook geworpen op de droogvallende platen. De zoogperiode van de gewone zeehond is van mei tot september. Dat de drooggevallen platen in de zomerperiode niet verstoord worden is belangrijk voor de kwaliteit van het leefgebied van de gewone zeehond. Daarom gelden in deze tijd (vanaf 1 mei t/m 1 sept) strengere regels voor de rustgebieden die specifiek voor de gewone zeehond zijn aangewezen.



Figuur 5-7. De ligplaatsen van volwassen gewone zeehonden, gebaseerd op alle tellingen in het seizoen 2020/2021 (Hoekstein et al., 2022).

Op basis van telemetrie data (i.e. het zenderen van zeehonden) uit Aarts et al. (2016) is in combinatie met een recent ontwikkeld habitatmodel (Aarts, 2021) is een schatting gemaakt van de gemiddelde dichtheid van de gewone zeehond op het NCP in de maand juli (Figuur 5-8). Tijdens deze periode is de gewone zeehond voornamelijk te vinden langs de Noordzeekustzone. De soort is vrijwel niet aanwezig op open zee of nabij het plangebied (indicatief aangegeven met het rode vierkant). Dit is in de winterperiode echter niet het geval. Tijdens de winterperiode maken gewone zeehonden minder gebruik van rustplaatsen zoals stranden en zandbanken en verspreiden zich verder over de Noordzee (Aarts et al., 2013).



Figuur 5-8. Gemiddelde populatiedistributie van de gewone zeehond op het Nederlands Continentaal Plat in juli op basis van Aarts (2021). Verkregen uit Heinis et al. (2022). Het plangebied is indicatief aangegeven met de rode rechthoek.

Omdat deze soort regelmatig in het plangebied wordt waargenomen en significant negatieve effecten op voorhand niet kunnen worden uitgesloten wordt deze soort meegenomen in de effectbeoordeling.

Grijze zeehond (H1364)

De grijze zeehond (*Halichoerus grypusis*) is aangewezen met een instandhoudingsdoelstelling in het Natura 2000-gebied Voordelta. De landelijke staat van instandhouding is gunstig, de doelstellingen zijn behoud van omvang en behoud van kwaliteit leefgebied voor behoud populatie.

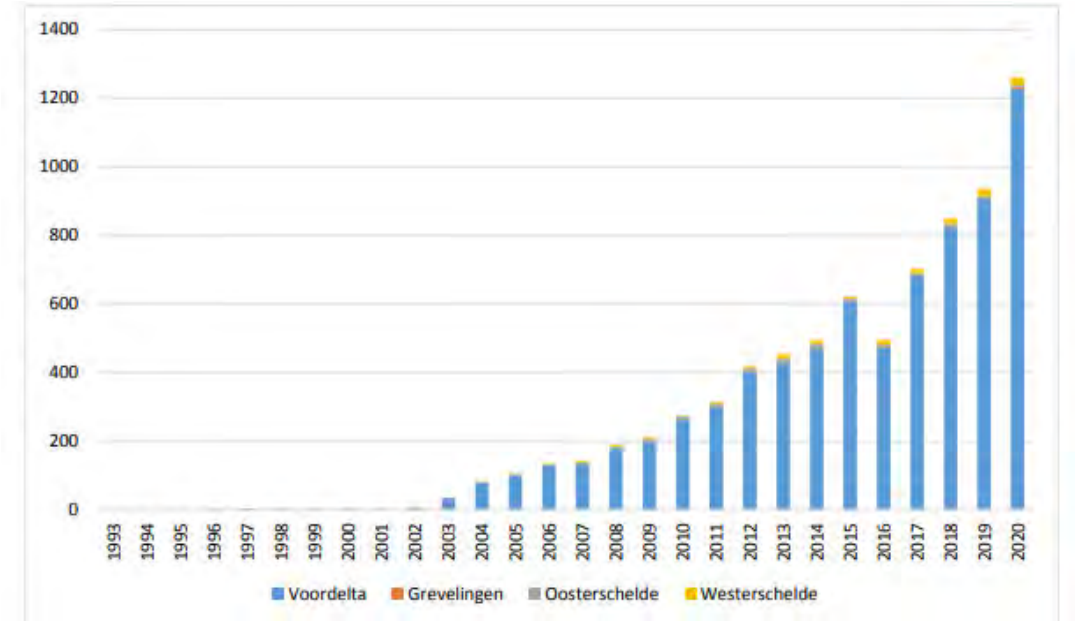
Algemene informatie

De grijze zeehond komt voor langs de oostelijke en westelijke kusten van de Atlantische oceaan. De grijze zeehond foerageert op zee, vooral op platvissen. Grijze zeehonden krijgen hun jongen in de periode november tot en met februari op droogblijvende platen of stranden. De pups van grijze zeehond kunnen in tegenstelling tot de pups van gewone zeehond niet direct zwemmen na hun geboorte. De grijze zeehond verhaart in de periode maart-april. Ook in deze periode zijn ze gebonden aan permanent droogliggende platen, stranden en duinen.

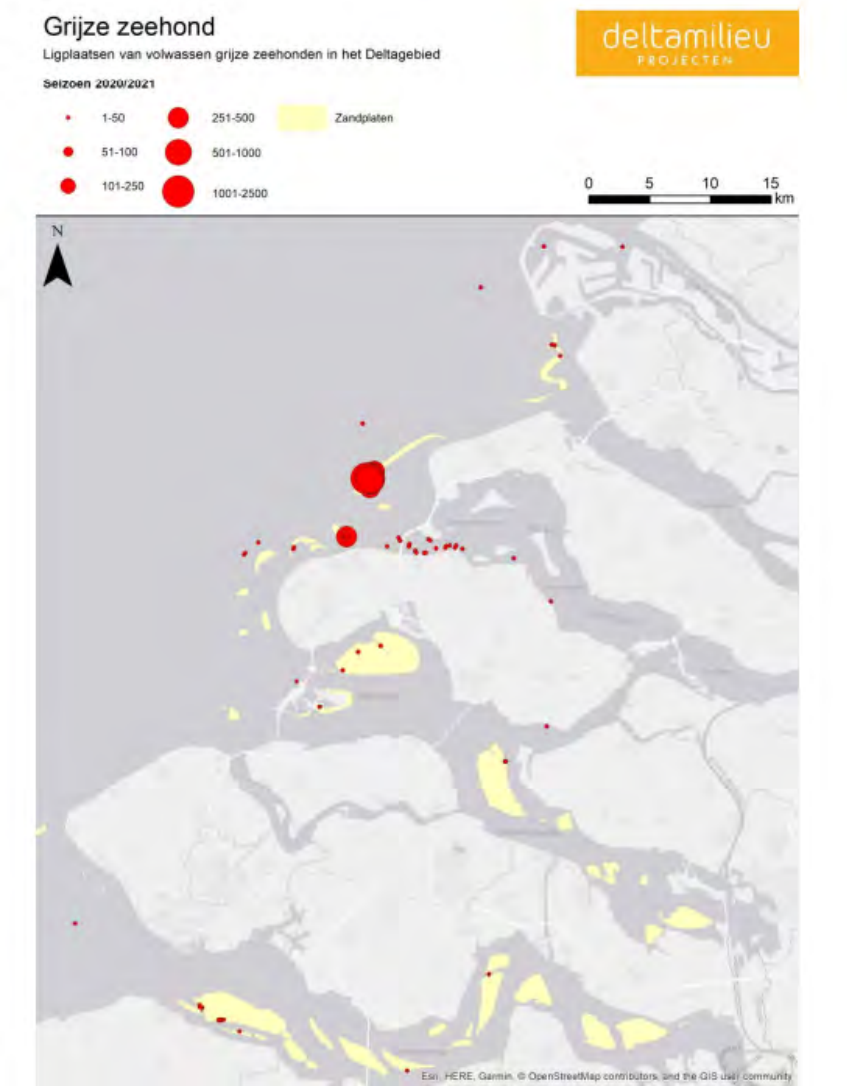
Omvang en verspreiding

In het vroege voorjaar van 2021 zijn in er 6.788 grijze zeehonden in de Nederlandse Waddenzee geteld (S. M. J. M. Brasseur et al., 2021). In de Delta zijn er ongeveer 1250 grijze zeehonden geteld in het seizoen 2020/2021 (Figuur 5-9; Hoekstein et al., 2022). Waarvan de meeste geteld zijn in de Voordelta. De meeste grijze zeehonden worden in het voorjaar geteld in het Deltagebied. De grijze zeehonden gebruiken ook

rustplekken in de Voordelta (Figuur 5-10). Vooral op de Bollen van de Ooster liggen veel grote groepen grijze zeehonden. De grijze zeehond heeft zijn zoogperiode van december tot en met februari. Net als de gewone zeehond wordt de grijze zeehond regelmatig rondom de Maasvlakte waargenomen, waarbij zij zelfs zonnen in de drukke Nijlhaven. Ondanks de aanwezige scheepsvaart(bewegingen) en geluiden van het havenbedrijf, maken zij wel gebruik van mogelijke zon- en ligplaatsen.



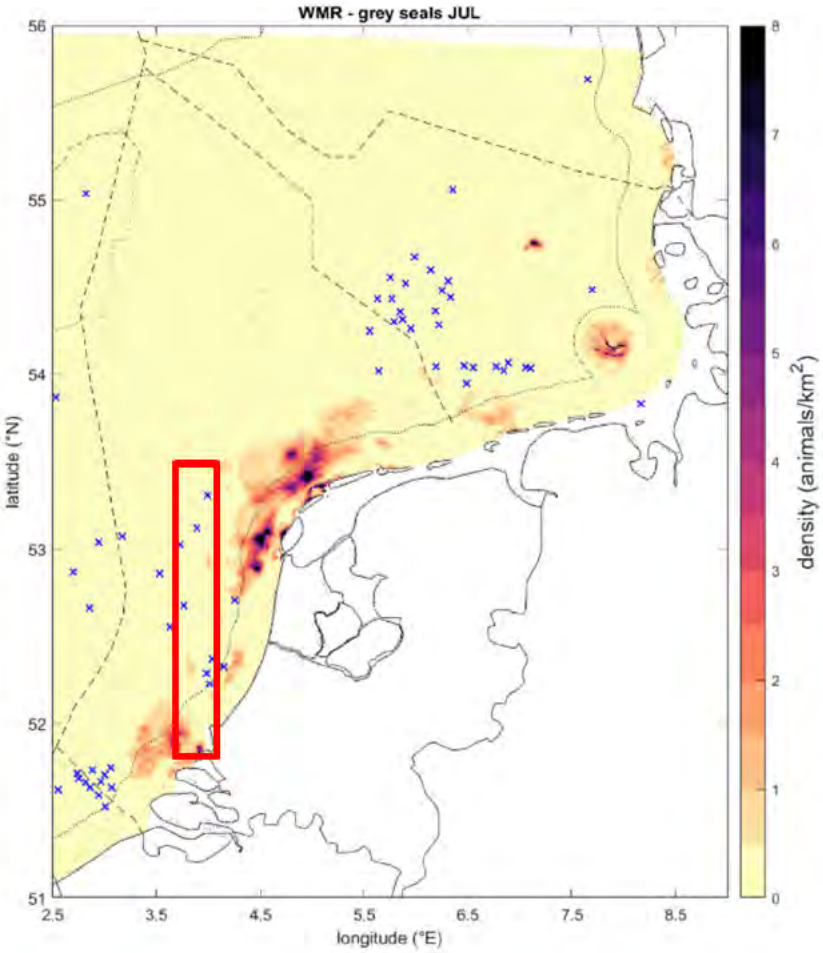
Figuur 5-9. Trend van het seizoensgemiddelde van de grijze zeehond in het Deltagebied tussen de seizoenen 1993/1994 en 2020/2021 (Afbeelding verkregen uit (Hoekstein et al., 2022)).



Figuur 5-10. Ligplaatsen van volwassen grijze zeehonden, gebaseerd op alle tellingen in seizoen 2020/2021 (Hoekstein et al., 2022).

Op basis van telemetrie data van de grijze zeehond uit (Aarts et al., 2016) is in combinatie met een recent habitatmodel (Aarts, 2021) een schatting gemaakt van de gemiddelde dichtheid van grijze zeehonden op het NCP in juli. Van de grijze zeehond is bekend dat deze over het algemeen een grote voorkeur heeft voor gebieden die dicht bij hun rustplaatsen (‘haul-out-sites’) gelegen zijn (Aarts, 2021). Daarmee is de gemiddelde dichtheid voor de grijze zeehond ook hoger in de kustgebieden (Figuur 5-11). Er zijn echter wel individuen geobserveerd die ver op open zee foerageren (Aarts, 2021).

Omdat deze soort regelmatig in het plangebied wordt waargenomen en significant negatieve effecten op voorhand niet kunnen worden uitgesloten wordt deze soort meegenomen in de effectbeoordeling.



Figuur 5-11. Gemiddelde populatiedistributie van de grijze zeehond op het Nederlands Continentaal Plat in juli op basis van Aarts (2021). Verkregen uit Heinis et al. (2022). Het plangebied is indicatief aangegeven met de rode rechthoek.

5.2.3 Vogelrichtlijnsoorten

In Natura 2000-gebied Voordelta zijn een groot aantal vogelsoorten aangewezen met een instandhoudingsdoelstelling. Het merendeel van deze soorten is kustgebonden en heeft een verspreiding die niet tot in het plangebied reikt. Hieronder zijn soorten vogels geclusterd op basis van hun gedrag en eetpatroon en is per cluster aangegeven waar deze vogels voorkomen op het NCP en specifiek in het plangebied.

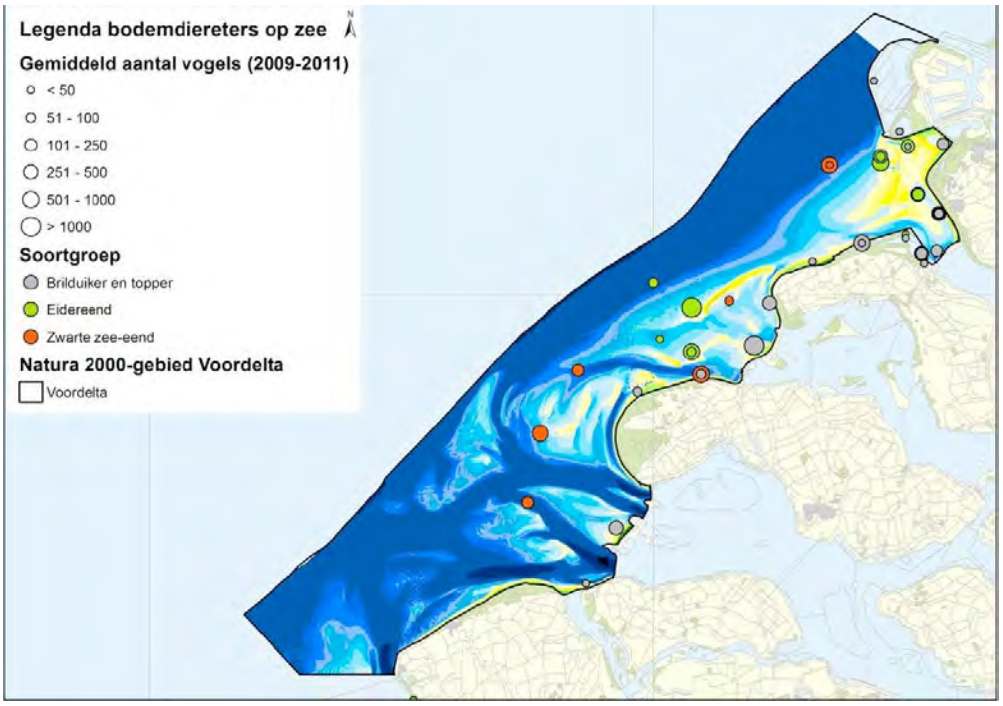
De broedvogels en niet-broedvogels kunnen effecten ondervinden van verstoring door trillingen en geluid, licht, beweging en optiek, verontreiniging en vertroebeling door het aanleggen van het verzamelpunt en het aanleggen van de zeeleiding.

Broedvogels
Er zijn geen broedvogels aangewezen in de Voordelta. Wel kunnen er broedvogels van kolonies in de zuidwestelijke Delta foerageren in de Voordelta.

Niet-broedvogels

Schelpdieretende vogels
In de Voordelta komen schelpdieretende zee-eenden, zoals eider (*Somateria mollissima*), topper (*Aythya marila*), brilduiker (*Bucephala clangula*) en zwarte zee-eend (*Melanitta nigra*) in de wintermaanden verspreid langs de kustzone voor (Figuur 5-12). De hoogste dichtheden worden gezien binnen de 20 meter dieptelijn

(voor de Hollandse Kust en de Zuidwestelijke Delta, nl. omgeving Brouwersdam). De schelpdieretende vogels eten vooral, mosselen, kokkels, Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*), witte dunschaal (*Abra alba*) en halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*). Het aantal *Spisula* banken in de Nederlandse wateren is sinds begin van het millennium sterk afgenomen waardoor ook de zwarte zee-eend, die op *Spisula* foerageert, niet meer in grote aantallen wordt aangetroffen. In 2017 is er een flinke toename van het *Spisula* bestand geconstateerd. De zwarte zee-eend foerageert naast *Spisula* op de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis*) en tere dunschaal (*Abra alba*). De eider en topper foerageren vooral op kokkels en mossels. In de Voordelta is vooral veel *Ensis* aanwezig, in tegenstelling tot de andere soorten (Ministerie van Economische Zaken, 2016a).

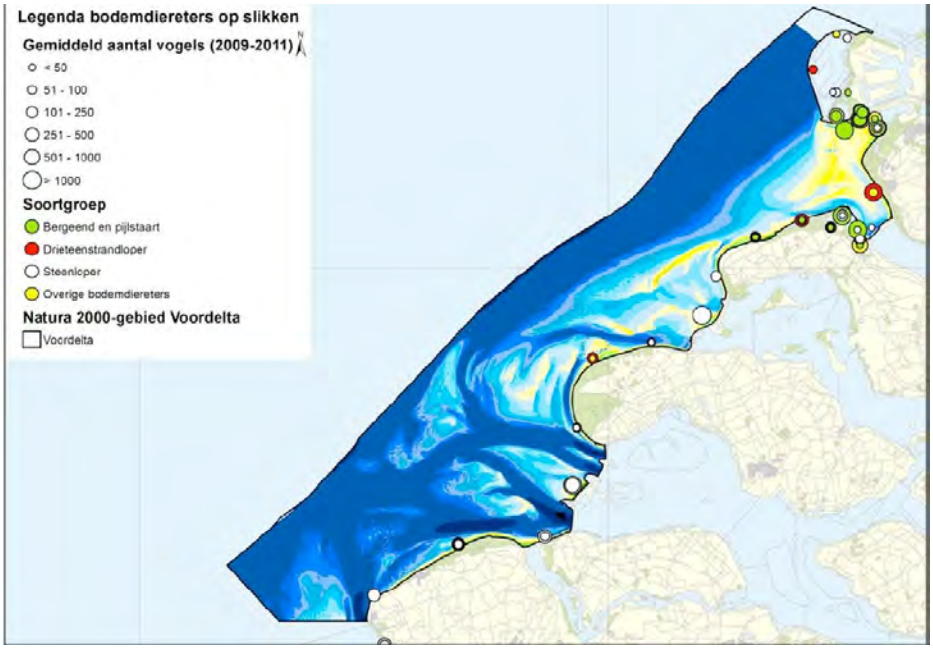


Figuur 5-12. Verspreiding van de schelpdier etende vogels op zee (Bron Beheerplan Voordelta, Rijkswaterstaat 2016).

Er wordt verwacht dat deze soorten voor kunnen komen in het plangebied, waardoor significante effecten niet met zekerheid zijn uit te sluiten en de soorten daarom verder worden besproken (Ministerie van Economische Zaken, 2016a).

Bodemdiereters (op de slikken)

Onder de categorie bodemdiereters op de slikken vallen steltlopers en twee soorten eenden. De steltlopers en eenden komen vooral voor op en rond de Slikken van Voorne en verder verspreid over het gebied (Figuur 5-13). Het is vooral belangrijk dat er voldoende aanbod van rustige foerageergebieden in combinatie met voedselbeschikbaarheid aanwezig is (Ministerie van Economische Zaken, 2016a). De rustplek Slikken van Voorne is daarom ook aangewezen als rustgebied voor steltlopers en eenden. Het gebied is jaarrond gesloten, met uitzondering van recreatie tot de rustgebied grens en sommige vormen van visserij (Ministerie van Economische Zaken, 2016a).

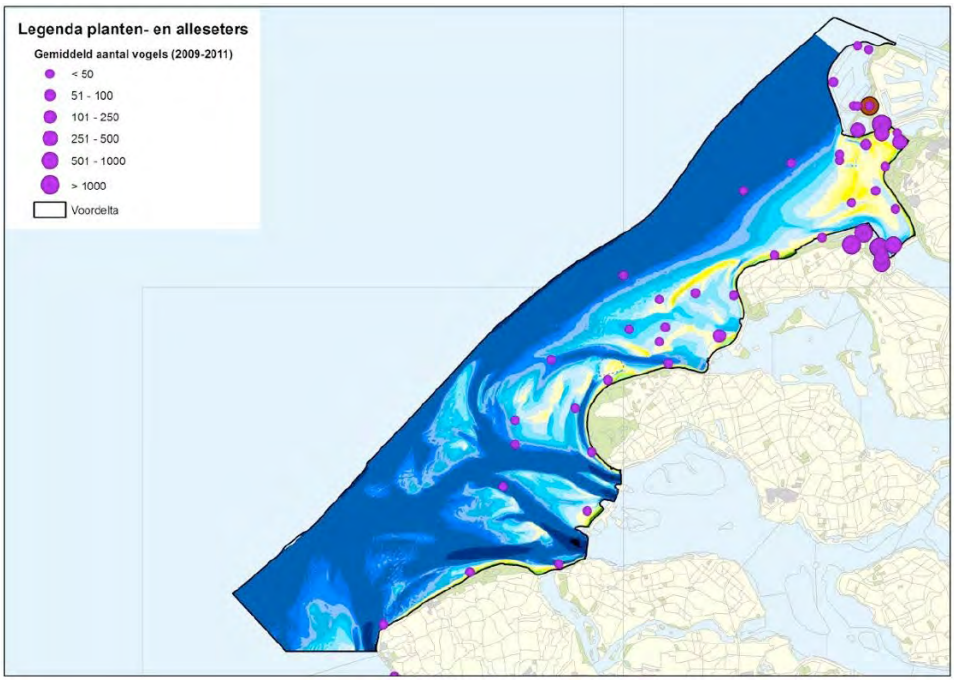


Figuur 5-13. Verspreiding van de Bodemdiereters op de slikken (Bron Beheerplan Voordelta).

Aangezien deze soorten bovenwater foerageren zullen deze soorten geen hinder ondervinden van de activiteiten die onder water plaatsvinden. Er kan echter wel sprake zijn van optische verstoring door de aanwezigheid van schepen die tijdens de aanlegfase aanwezig kunnen zijn in het gebied. Significante effecten kunnen niet met zekerheid worden uitgesloten en de soorten worden daarom verder besproken.

Planteters en alleseters

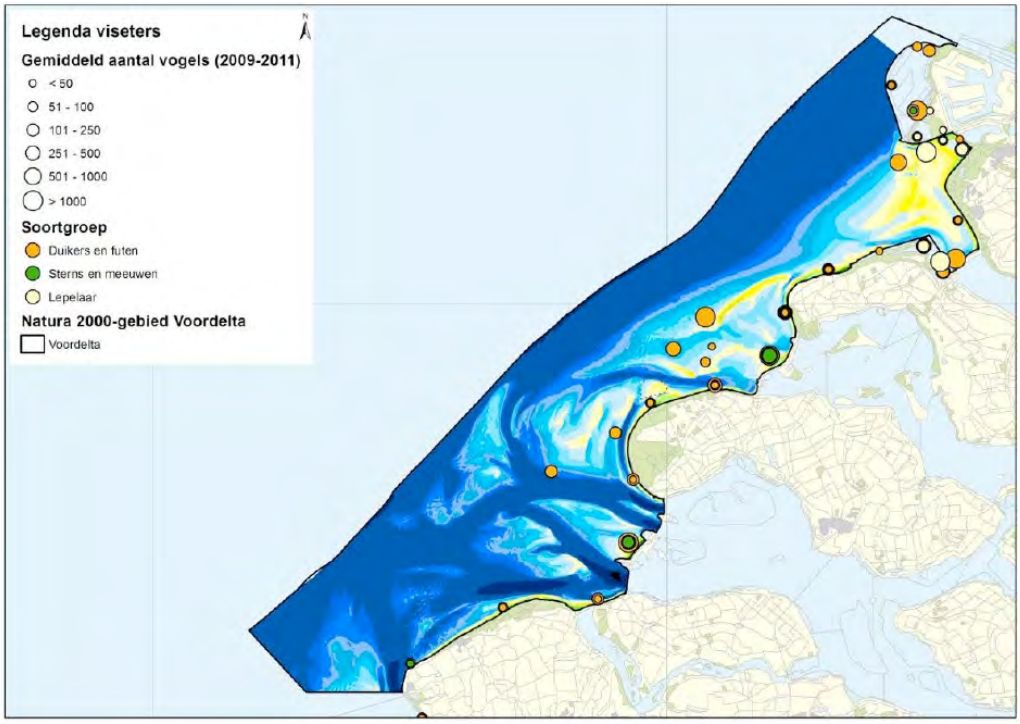
Er zijn ook een aantal planteters aanwezig in de Voordelta. Hieronder vallen de grauwe gans (*Anser anser*), smient (*Mareca penelope*), wintertaling (*Anas crecca*), slobeend (*Spatula clypeata*) en krakeend (*Mareca strepera*). Voor deze groep vogels is ook het rustgebied Slikken van Voorne aangewezen als rustgebied. In Figuur 5-14 is ook te zien dat ze daar het meest voorkomen (Ministerie van Economische Zaken, 2016a). Deze soorten foerageren langs de kust buiten het plangebied van de activiteit. Effecten op planteters en alleseters zijn op voorhand uitgesloten.



Figuur 5-14. Verspreiding van de planten – en alles eters (Rijkswaterstaat 2016).

Visetende vogels

Onder de categorie viseters vallen de aalscholver (*Phalacrocorax carbo*), dwergmeeuw, fuut (*Podiceps cristatus*), grote stern (*Thalasseus sandvicensis*), kuifduiker (*Podiceps auritus*), lepelaar (*Platalea leucorodia*), middelste zaagbek (*Mergus serrator*), roodkeelduiker (*Gavia stellata*) en visdief (*Sterna hirundo*) (Figuur 5-15). De roodkeelduiker is van september tot april op de Noordzee aanwezig. Deze soort wordt voornamelijk in kleine groepjes van 10 tot 20 vogels gesignaleerd en heeft in de Nederlandse wateren een overwegend kustgebonden verspreiding (Poot et al. 2011). De soort is zeer schuw en ontwijkt menselijke activiteit. De fuut overwintert in de Noordzee en foerageert vooral langs de kust. De aalscholver foerageert ook meestal rond de kust. De aalscholver is wel een opportunistische soort die visresten opeet en platforms van windmolens op zee gebruikt als foerageerlocatie (Camphuysen & Webb, 1999; Leopold et al., 2011 & 2013). De dwergmeeuw en grote stern foerageren verder op zee, voor de grote stern wel tot 30 km (van der Hut et al., 2007). Het rustgebied de Middelplaat (Figuur 3-1) is aangewezen als rustgebied voor de roodkeelduiker, het gebied is jaarrond gesloten, wel is er recreatie tot en met de rustgrens mogelijk. In de winter (1 nov t/m 1 april), als de roodkeelduiker een winterrustgebied nodig heeft, is er een uitgebreider gebied aangewezen. Het rustgebied de Hinderplaat (Figuur 3-1) is een rustgebied voor zowel de grote stern als de visdief. Het gebied is jaarrond gesloten, maar buiten de foerageerperiode (1 mei t/m 1 sept) is er een beperkte vorm van recreatie en visserij mogelijk. De grote stern heeft ook de Bollen van de Ooster (Figuur 3-1) aangewezen gekregen als rustgebied. In de winterperiode (1 nov t/m 1 april) is er een groter rustgebied aangewezen (Ministerie van Economische Zaken, 2016a). Het is een gesloten gebied met uitzondering van beperkte vorm van recreatie en doorvaart.



Figuur 5-15. Verspreiding van de viseters (Rijkswaterstaat 2016).

Er wordt verwacht dat deze soorten kunnen voorkomen in het plangebied, waardoor significante effecten niet met zekerheid zijn uit te sluiten, de effecten op deze soorten worden daarom verder besproken (Ministerie van Economische Zaken, 2016a).

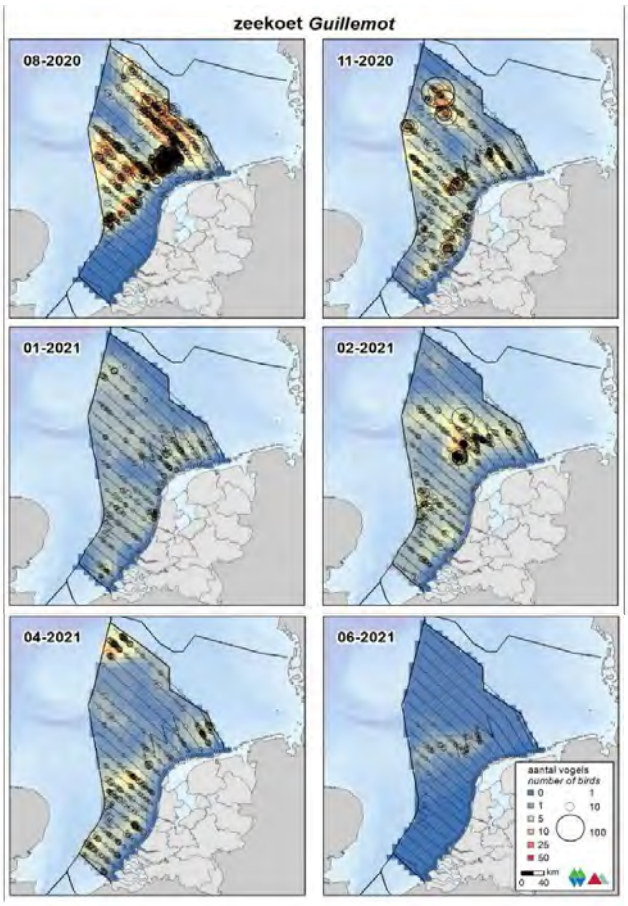
5.3 Natura 2000-gebied Friese Front

Het Friese Front is aangewezen als Vogelrichtlijngebied voor de zeekoet (A199).

5.3.1 Vogelrichtlijnsoorten

Zeekoet (A199)
De zeekoet (*Uria aalge*) heeft een landelijke staat van instandhouding die gunstig is. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van oppervlakte en kwaliteit leefgebied. De zeekoet kan effecten ondervinden van oppervlakteverlies, versnippering van het leefgebied, verstoring door trillingen en geluid, licht, beweging en optiek, verontreiniging en vertroebeling door het aanleggen van de platforms en verbindingsleiding(en) voor de spurlines.

Zeekoeten zijn visetende vogels die niet in Nederland broeden, maar algemeen het gehele jaar op het NCP voorkomen. De zeekoeten op het NCP zijn voornamelijk afkomstig van de Britse kolonie. Na de broedperiode in het voorjaar zwemmen de ruiende vaders met hun jongen, die nog niet kunnen vliegen, naar het Friese Front om de jongen groot te brengen (foerageer- en rustgebied) en om te ruien. Dit vindt vooral plaats gedurende de zomermaanden juli-oktober. In deze kwetsbare periode is het Friese Front voor hen onmisbaar. Zeekoeten zijn voornamelijk van juli tot oktober te vinden op het Friese Front met piek-aantallen in september-oktober (Ministerie van Economische Zaken, 2014a). Vanaf november verplaatst de zeekoet zich vanaf de centrale Noordzee meer naar de Zuidelijke Noordzee, Doggersbank en kustzones (Fijn et al., 2020). Vanaf februari is de zeekoet verspreid over de gehele Nederlandse Noordzee (Figuur 5-16). De zeekoet is de meest talrijke vogelsoort op de Nederlandse Noordzee buiten de kustzone, met de grootste aantallen geschat in augustus (tussen de 420.100 – 912.400 exemplaren (Fijn et al., 2022). Dit is een verschil met de tellingen van 2019-2020, toen zijn de grootste aantallen geschat in februari (tussen de 182.100-387.900 exemplaren) (Fijn et al., 2020).



Figuur 5-16. Verspreiding van zeekoeten tijdens de zes monitoringvluchten in 2020-2021 op het totale NCP (Fijn et al., 2022).

Er wordt verwacht dat de zeekoet voorkomt in het plangebied. Significante effecten zijn op voorhand niet met zekerheid zijn uit te sluiten en de effecten worden nader beoordeeld.

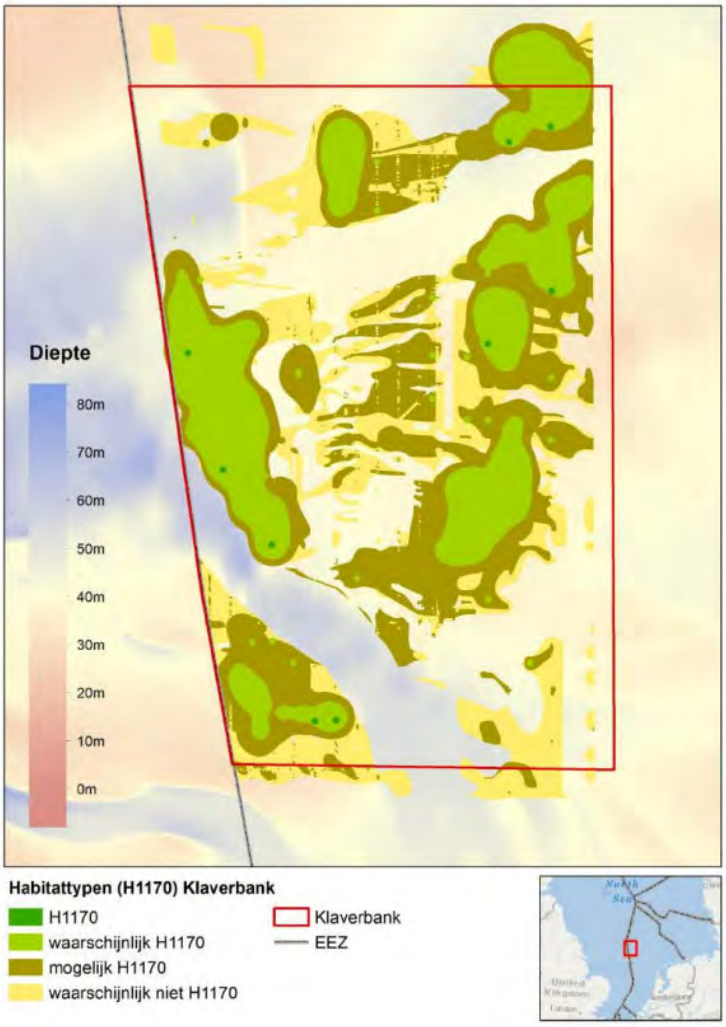
5.4 Natura 2000-gebied Klaverbank

De Klaverbank is uitsluitend aangewezen als Habitatrichtlijngebied voor het habitattype H1170 Riffen op open zee en de habitatrichtlijnsoorten bruinvis (H1351), grijze zeehond (H1364) en gewone zeehond (H1365).

5.4.1 Habitattypen

De Klaverbank is aangewezen voor één habitattype; H1170 Riffen op open zee. Dit habitattype kan effecten ondervinden van oppervlakteverlies, versnippering leefgebied, verontreiniging en vertroebeling door het aanleggen van de zeeleiding.

Habitattype H1170
Het habitattype H1170 Riffen op open zee heeft een landelijke staat van instandhouding die matig ongunstig is. De instandhoudingsdoelstelling is behoud van oppervlakte en verbeteren van de kwaliteit.



Figuur 5-17. Habitattype kaart H1170 Klaverbank (Bron afbeelding: Didderen et al., (2019).

Het habitattype H1170 Riffen op open zee wordt gekenmerkt door hard substraat, zoals stenen of schelpenbanken) die boven de bodem komen. De begrenzing van H1170 op de Klaverbank is bepaald door substraatgrootte (meer dan 64 mm) en de aanwezigheid van aan de ondergrond vastzittende organismen die van dat harde substraat afhankelijk zijn. Op de Klaverbank is 2 km^2 zeker habitattype H1170, 257 km^2 waarschijnlijk habitattype H1170, 363 km^2 mogelijk habitattype H1170 en 268 km^2 geen habitattype H1170 (Figuur 5-17).

Habitattype H1170 bevindt zich buiten het plangebied en negatieve effecten van de activiteit op het habitattype kunnen worden uitgesloten. Het habitattype zal niet meegenomen worden in de Passende Beoordeling.

5.4.2 Habitatrichtlijnsoorten

In Natura 2000-gebied Klaverbank zijn drie zeezoogdieren aangewezen met een instandhoudingsdoelstelling. De zeezoogdieren kunnen effecten ondervinden van verstoring door trillingen en geluid, licht, beweging en optiek, verontreiniging en vertroebeling door het aanleggen van de zeeleiding en het plaatsen van de platforms met verbindingsleiding(en) voor de spurlines.

Bruinvis (H1351)
De bruinvis heeft een gunstige staat van instandhouding. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van oppervlakte en kwaliteit leefgebied en behoud populatie.

De bruinvis is besproken in paragraaf 5.2.2 Voordelta. De dichtheid van deze soort op het NCP is weergegeven in Figuur 5-5. Verwachte bruinvis dichtheden in de Noordzee in de zomer (Gillis et al., 2020). Het plangebied is indicatief aangegeven met de rode rechthoek.. De bruinvis wordt regelmatig in het plangebied waargenomen en daarom wordt deze soort meegenomen in de effectbeoordeling.

Gewone zeehond (H1365)
De gewone zeehond heeft een gunstig staat van instandhouding. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van oppervlakte en kwaliteit leefgebied en behoud populatie.

De gewone zeehond is besproken in paragraaf 5.2.2 Voordelta. De dichtheid van de gewone zeehond op het NCP is weergegeven in Figuur 5-8. De gewone zeehond kan mogelijk in het plangebied voorkomen en daarom wordt deze soort meegenomen in de effectbeoordeling.

Grijze zeehond (H1364)
De grijze zeehond heeft een gunstige staat van instandhouding. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van oppervlakte en kwaliteit leefgebied en populatiebehoud.

De grijze zeehond is besproken in paragraaf 5.2.2 Voordelta. De dichtheid van de grijze zeehond op het NCP is weergegeven in Figuur 5-11. De grijze zeehond kan mogelijk in het plangebied voorkomen en daarom wordt deze soort meegenomen in de effectbeoordeling.

5.5 Natura 2000-gebied Bruine Bank

De Bruine Bank is aangewezen als Vogelrichtlijngebied voor de vogels jan-van-gent (A016), grote jager (A175), dwergmeeuw (A177), grote mantelmeeuw (A187), zeekoet (A199) en alk (A200).

5.5.1 Vogelrichtlijnsoorten

De niet-broedvogels kunnen effecten ondervinden van verstoring door trillingen en geluid, licht, beweging en optiek, verontreiniging en vertroebeling door het aanleggen van het verzamelpunt en het aanleggen van de zeeleiding.

Jan-van-gent (A016)
De jan-van-gent heeft een landelijke gunstige staat van instandhouding. De Bruine Bank is aangewezen als foerageergebied. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van omvang en kwaliteit leefgebied en populatiebehoud.

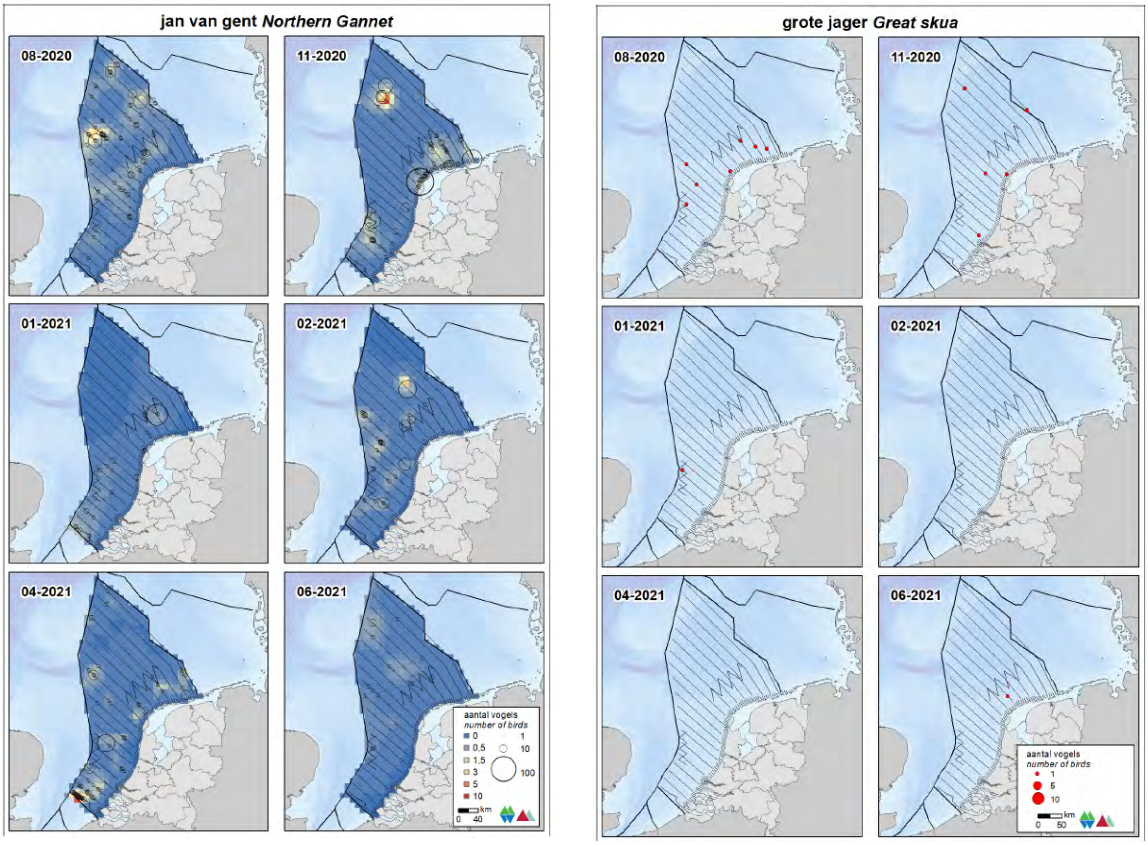
De jan-van-gent (*Morus bassanus*) is de grootste in Nederland voorkomende zeevogel. Deze soort broedt niet in Nederland. De grootste kolonie jan-van-genten is te vinden langs de kust van Schotland (Bass Rock) en een kleinere kolonie langs de oostkust van Engeland (Bempton Cliffs) (Hamer et al., 2001), echter met de vogelgriep uitbraak in juni 2022 is de populatie in omvang afgenomen. Op het NCP komt de soort in lage dichtheden zeer verspreid voor (Fijn et al., 2022, Figuur 5-18). Hier en daar kunnen hogere concentraties van de jan-van-gent geobserveerd worden. Dit gebeurt meestal rond vissersboten. In juni wordt de soort meer langs de kust waargenomen. Vanwege de grote verspreiding kan niet uitgesloten worden dat de soort van het plangebied gebruik maakt.

Er wordt verwacht dat de jan-van-gent kan voorkomen in het plangebied, waardoor significant negatieve effecten niet op voorhand zijn uit te sluiten en de effecten nader worden beoordeeld.

Grote jager (A175)
De grote jager heeft een landelijke gunstige staat van instandhouding. De Bruine Bank is aangewezen als foerageergebied. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van omvang en kwaliteit leefgebied en populatiebehoud.

De grote jager (*Stercorarius skua*) is de grootste soort die behoort tot de roofmeeuwen. De grote jager is een opportunistische soort die zich voornamelijk voedt met witvis (Votier et al., 2003). Vaak worden deze ook gestolen van andere zeevogels zoals jan-van-genten, alken en papegaaiduikers. Langs de Nederlandse kust is de grote jager voornamelijk te vinden van juli tot februari. De soort broedt voornamelijk in losse kolonies waar zo min mogelijke menselijke verstoring optreedt. Deze broedkolonies bevinden zich vooral in IJsland, Noorwegen, Faeröer eilanden en Schotse eilanden (Fijn et al., 2022), echter met de vogelgriep uitbraak in juni 2022 is de populatie in omvang afgenomen. Vanwege de verspreiding is het mogelijk dat de grote jager (in lage aantallen) voorkomt in het plangebied (Figuur 5-18).

Er wordt verwacht dat de grote jager voor kan komen in het plangebied, waardoor significante effecten niet met zekerheid zijn uit te sluiten en effecten op de soort worden nader beoordeeld.



Figuur 5-18. Verspreiding van de jan-van-gent (links) en grote jager (rechts) tijdens zes monitoringsvluchten in 2020-2021 op het totale NCP (Fijn et al., 2022).

Dwergmeeuw (A177)

De dwergmeeuw heeft een landelijke gunstige staat van instandhouding. De Bruine Bank is aangewezen als foerageergebied. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van omvang en kwaliteit leefgebied en populatiebehoud.

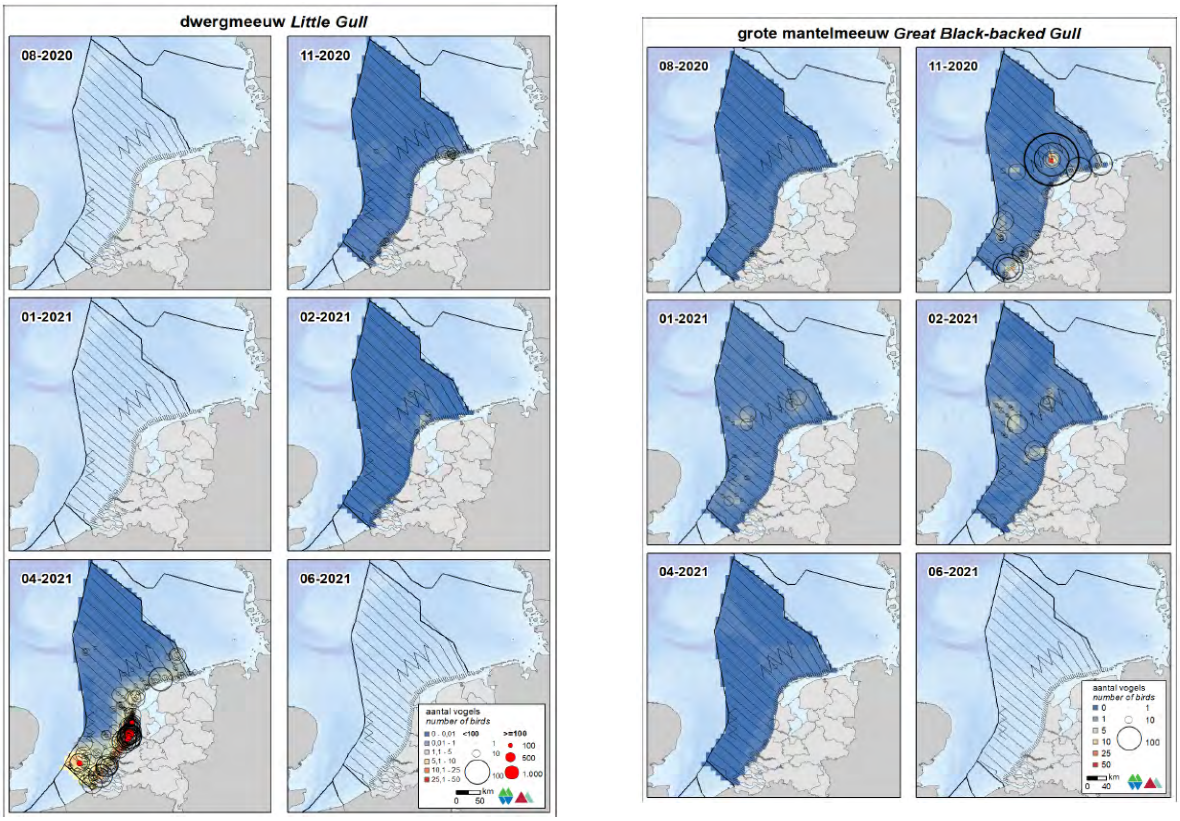
De dwergmeeuw (*Larus minutus*) is een broedvogel in de meren van Noord-Scandinavië, Baltische staten, Wit-Rusland en de Oekraïne. De Noordzee is een belangrijk doortrek en overwinteringsgebied voor de soort. De dwergmeeuw komt voor op het gehele NCP en de kustzones (Fijn et al., 2022; Figuur 5-19). Het grootste aantal dwergmeeuwen op de Noordzee wordt in augustus en februari waargenomen. In de kustzone is de soort te vinden in november en februari. Het voedsel van de dwergmeeuw bestaat voornamelijk uit insecten, die van het wateroppervlak of tijdens de vlucht worden opgepikt. Op zee foerageert de dwergmeeuw vermoedelijk op kreeftachtigen. Vanwege de verspreiding van de dwergmeeuw is het mogelijk dat deze soort in het plangebied voorkomt.

Er wordt verwacht dat de dwergmeeuw voor kan komen in het plangebied, waardoor significante effecten niet met zekerheid zijn uit te sluiten en effecten op de soort worden nader beoordeeld.

Grote Mantelmeeuw (A187)
De grote mantelmeeuw heeft een landelijke heeft een gunstige staat van instandhouding. De Bruine Bank is aangewezen als foerageergebied. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van omvang en kwaliteit leefgebied en populatiebehoud.

De grote mantelmeeuw (*Larus marinus*) is een vogelsoort uit de familie van meeuwen. De soort broedt langs de kusten van Groot-Brittannië, Ierland, IJsland en Scandinavië. (Fijn et al., 2022). De Noordzee is voor de grote mantelmeeuw voornamelijk een doortrekgebied. De hoogste aantallen grote mantelmeeuwen zijn waargenomen in november; 52.900 (Fijn et al., 2022). Verder komt de soort verspreid voor op het NCP.

Er wordt verwacht dat de grote mantelmeeuw voor kan komen in het plangebied (Figuur 5-18), waardoor significante effecten niet met zekerheid zijn uit te sluiten en effecten op de soort worden nader beoordeeld.



Figuur 5-19. Verspreiding van de dwergmeeuw (links) en grote mantelmeeuw (rechts) tijdens zes monitoringsvluchten in 2020-2021 op het totale NCP (Fijn et al., 2022).

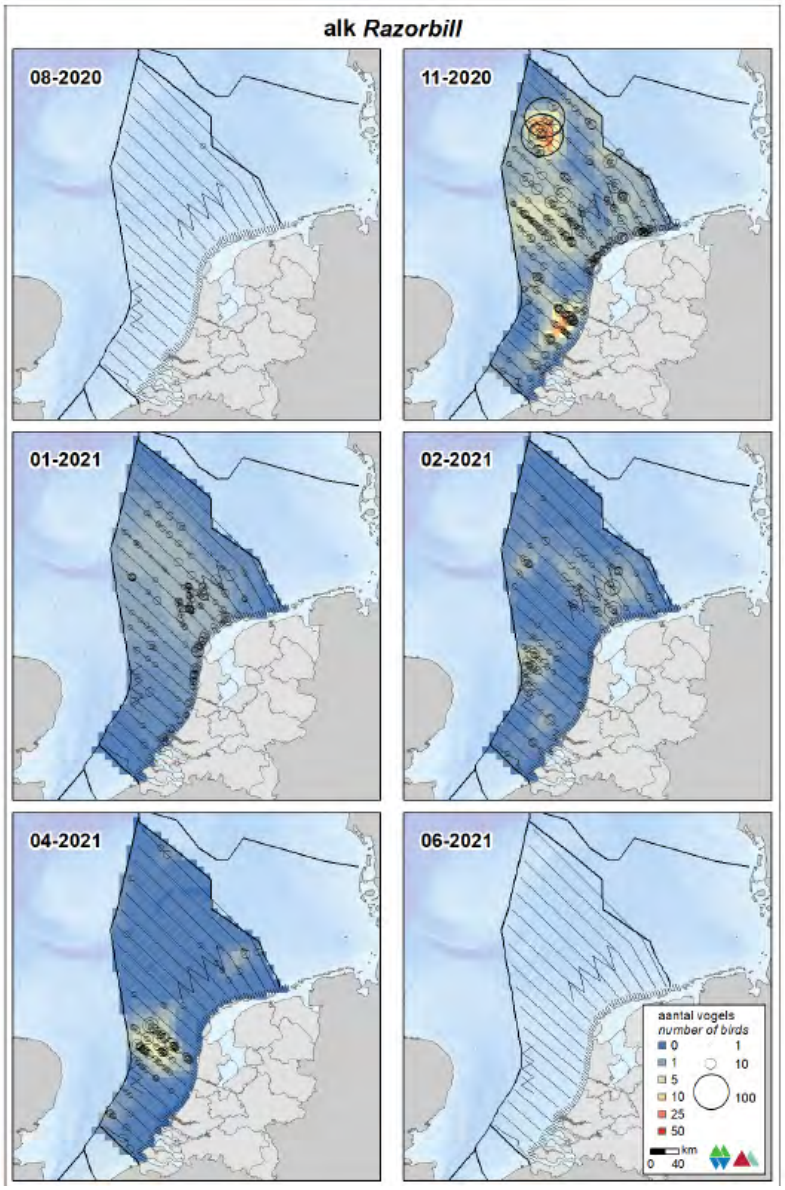
Zeekoet (A199)
De zeekoet heeft een landelijke heeft een gunstige staat van instandhouding. De Bruine Bank is aangewezen als foerageergebied. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van omvang en kwaliteit leefgebied en behoud populatie.

De zeekoet is besproken in paragraaf 5.3 Friese Front. De dichtheid van de zeekoet in Nederland is weergegeven op Figuur 5-16. De zeekoet kan worden waargenomen in het plangebied en wordt daarom meegenomen in de effectbeoordeling.

Alk (A200)
De alk heeft een gunstige staat van instandhouding. De Bruine Bank is aangewezen als foerageergebied. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van omvang en kwaliteit leefgebied en populatiebehoud.

In Nederland kunnen twee ondersoorten van de alk voorkomen. De noordelijke ondersoort (*Alca t. torda*) broedt vooral in Amerika, Noorwegen en Groenland. De zuidelijkere ondersoort (*A. t. islandica*) broedt vooral in IJsland, Helgoland, de Britse eilanden en het noordwesten van Frankrijk (Rijkswaterstaat, 2015a). In november is de alk aanwezig op de Zuidelijke Noordzee, in de Noordzeekustzone en op de Doggersbank (Figuur 5-20). De grootste aantallen worden in deze maand dan ook waargenomen op het NCP en geschat op ongeveer 208.500 (147.000-295.800) exemplaren (Fijn et al., 2022). In april is de soort ook waar te nemen rond de Bruine Bank. Vanaf juni tot en met september is de alk bijna niet aanwezig op het NCP (Camphuysen & Leopold, 1994; Fijn et al., 2020). Het is aannemelijk dat alken in het plangebied voorkomen.

Er wordt verwacht dat de alk voor kan komen in het plangebied, waardoor significante effecten niet met zekerheid zijn uit te sluiten en effecten op de soort worden nader beoordeeld.



Figuur 5-20. Verspreiding van de alk tijdens zes monitoringsvluchten in 2020-2021 op het totale NCP (Fijn et al., 2021).

5.6 Natura 2000-gebied Noordzeekustzone

De Noordzeekustzone is een dynamisch gebied met hoge stroomsnelheden, sterke temperatuur verschillen en sterke schommelingen in zoutgehalte. Door de zeestromingen en golfwerking wordt er voortdurend sediment afgezet en verplaatst. In de Noordzeekustzone is het normaal dat geulen, zandbanken en platen, strandafslag, strandaangroei, duinafslag, duinaangroei en wandelen duinen voorkomen. Op de bodem van zo'n dynamisch gebied komen vooral pionier soorten voor als weekdieren (schelpdieren) en borstelwormen.

De Noordzeekustzone is aangewezen als Vogelrichtlijngebied en Habitatrichtlijngebied voor 7 habitattypen, 7 habitatrichtlijnsoorten (1 vaatplant, 3 vissoorten en 3 zeezoogdiersoorten), 3 soorten broedvogels en 18 soorten niet-broedvogels.

5.6.1 Habitattypen

De Noordzeekustzone is aangewezen voor 7 habitattypen (Tabel 5-2Tabel 5-2. Habitattypen en bijbehorende doelstelling van het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone.). De habitattypen kunnen effecten ondervinden van oppervlakteverlies, versnippering leefgebied, verontreiniging en vertroebeling door het aanleggen van de zeeleiding en het plaatsen van de platforms met verbindingsleiding(en) voor de spurlines.

Tabel 5-2. Habitattypen en bijbehorende doelstelling van het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone.

Habitattype	Habitatsubtype	Status doel	Doelstelling oppervlakte*	Doelstelling kwaliteit*	Relatieve bijdrage**
H1110B – Permanent overstroomde zandbanken	Noordzeekustzone	Definitief	=	>	A1
H1140B – Slik- en zandplaten	Noordzeekustzone	Definitief	=	=	A3
H1310A – Zilte pionierbegroeiingen	Zeekraal	Definitief	=	=	B1
H1310B – Zilte pionierbegroeiingen	Zeevetmuur	Definitief	=	=	A1
H1330A – Schorren en zilte graslanden	Buitendijks	Definitief	=	=	C
H2110 – Embryonale duinen		Definitief	=	=	A2
H2190B – Vochtige duinvalleien	Kalkrijk	Definitief	=	=	B1

** Instandhoudingsdoelstelling: = behoud. ** Betekenis van het gebied naar oppervlakte van het habitattype: oppervlakte in het onderhavige gebied uitgedrukt als percentage van de landelijke oppervlakte: A4: > 75%; A3: 50-75%; A2: 30-50%; A1: 15-30%; B2: 6-15%; B1: 2-6%; C: < 2%.*

De habitattypen van de Noordzeekustzone liggen op geruime afstand van het plangebied (minimaal 37 km). Effecten van de activiteit op de habitattypen is op voorhand uitgesloten.

5.6.2 Habitatrichtlijnsoorten

In Natura 2000-gebied Noordzeekustzone zijn drie vissen, drie zeezoogdieren en een orchidee aangewezen met een instandhoudingsdoelstelling. De vissen en zeezoogdieren kunnen effecten ondervinden van verstoring door trillingen en geluid, licht, beweging en optiek, verontreiniging en vertroebeling door het aanleggen van de zeeleiding en het plaatsen van de platforms met verbindingsleiding(en) voor de spurlines.

Vissen
Zeeprik (H1095)
De zeeprik heeft een zeer ongunstige staat van instandhouding. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van oppervlakte en kwaliteit leefgebied en een toename van de populatie.

De zeeprik is besproken in paragraaf 5.2 Voordelta. De dichtheid van de zeeprik in Nederland is weergegeven in Figuur 5-3 (links). De zeeprik kan worden waargenomen in het plangebied en wordt daarom meegenomen in de effectbeoordeling.

Rivierprik (H1099)
De rivierprik heeft een matig ongunstige staat van instandhouding. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van oppervlakte en kwaliteit leefgebied en een toename van de populatie.
De rivierprik is besproken in paragraaf 5.2 Voordelta. De dichtheid van de rivierprik in Nederland is weergegeven in Figuur 5-3 (rechts). De rivierprik kan worden waargenomen in het plangebied en wordt daarom meegenomen in de effectbeoordeling.

Fint (H1103)
De fint heeft een zeer ongunstige staat van instandhouding. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van oppervlakte en kwaliteit leefgebied en een toename van de populatie.
De fint is besproken in paragraaf 5.2 Voordelta. De dichtheid van de fint in Nederland is weergegeven in Figuur 5-4 (rechts). De fint kan worden waargenomen in het plangebied en wordt daarom meegenomen in de effectbeoordeling.

Zeezoogdieren

Bruinvis (H1351)
De bruinvis heeft een gunstig staat van instandhouding. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van oppervlakte, toename kwaliteit leefgebied en behoud populatie.
De bruinvis is besproken in paragraaf 5.2 Voordelta. De dichtheid van de bruinvis op het NCP is weergegeven in Figuur 5-5. Verwachte bruinvis dichtheden in de Noordzee in de zomer (Gillis et al., 2020). Het plangebied is indicatief aangegeven met de rode rechthoek.. De bruinvis wordt regelmatig in het plangebied waargenomen en daarom wordt deze soort meegenomen in de effectbeoordeling.

Gewone zeehond (H1365)
De gewone zeehond heeft een gunstig staat van instandhouding. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van oppervlakte en kwaliteit leefgebied en behoud populatie.

De gewone zeehond is besproken in paragraaf 5.2 Voordelta. De dichtheid van de bruinvis op de NCP is weergegeven in Figuur 5-8. De gewone zeehond kan mogelijk in het plangebied voorkomen en daarom wordt deze soort meegenomen in de effectbeoordeling.

Grijze zeehond (H1364)
De grijze zeehond heeft een gunstig staat van instandhouding. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van oppervlakte en kwaliteit leefgebied en behoud populatie.

De grijze zeehond is besproken in paragraaf 5.2 Voordelta. De dichtheid van de bruinvis op het NCP is weergegeven in Figuur 5-11. De grijze zeehond kan mogelijk in het plangebied voorkomen en daarom wordt deze soort meegenomen in de effectbeoordeling.

Orchideeën

Groenknolorchis (H1903)
De groenknolorchis (*Liparis loeselii*) heeft een gunstig staat van instandhouding. De instandhoudingsdoelstellingen zijn behoud van oppervlakte en kwaliteit leefgebied en populatiebehoud.

De groenknolorchis is een orchidee met een tros van vier tot acht niet-opvallende bloemen. De groenknolorchis komt niet op zee voor. Daarmee kunnen effecten op de groenknolorchis voor de beoordeling van het zeedeel worden uitgesloten en zal deze soort niet verder besproken worden.

5.6.3 Vogelrichtlijnsoorten

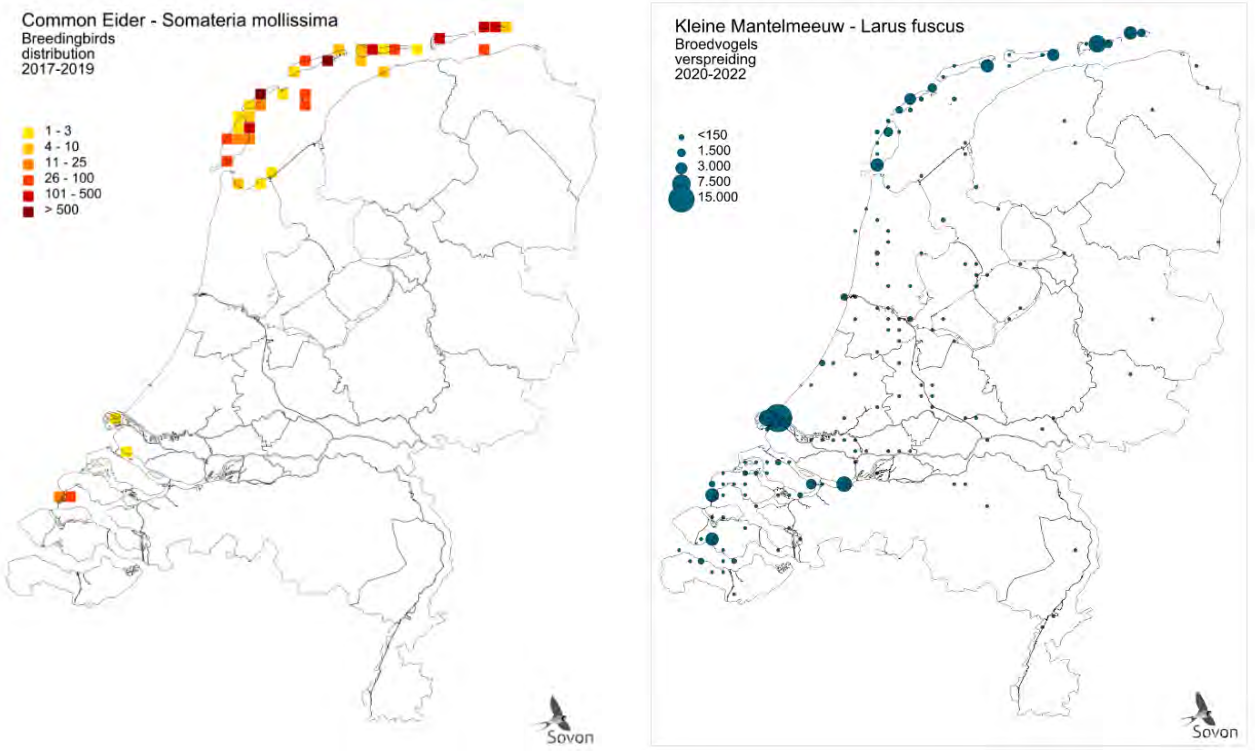
Het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone is voor een groot aantal vogelsoorten aangewezen. Het merendeel van deze soorten is kustgebonden. Hieronder zijn soorten vogels geclusterd op basis van hun gedrag en eetpatroon en is per cluster aangegeven waar deze vogels voorkomen op het NCP en of ze in het plangebied kunnen voorkomen.

Broedvogels in de kustzone kunnen effecten ondervinden van verstoring door geluid en trilling, licht en beweging en optiek als gevolg van de inzet van extra schepen en helikopters vanuit Den Helder. (Niet-)broedvogels die verder uit de kustzone foerageren kunnen ook effecten ondervinden van verstoring door geluid en trilling, licht, beweging en optiek, verontreiniging en vertroebeling door het aanleggen van de zeeleiding en het plaatsen van de putten, platforms en verbindingsleiding(en) voor de spurlines op open zee.

Broedvogels
Noordzeekustzone
Het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone is aangewezen voor de bontbekplevier (*Charadrius hiaticula*), strandplevier (*Charadrius alexandrinus*) en dwergstern (*Sternula albifrons*). De bontbekplevier en strandplevier hebben een ongunstige staat van instandhouding. De dwergstern heeft een gunstige staat van instandhouding. De instandhoudingsdoelstellingen voor de bontbekplevier zijn behoud van oppervlakte en kwaliteit leefgebied. De instandhoudingsdoelstellingen van de strandplevier en dwergstern zijn toename van oppervlakte en toename leefgebied. Alle drie de vogels foerageren in de buurt van de kolonie/broedlocaties. De dwergstern binnen 5 km van de kolonie/broedlocatie, en de bontbekplevier en strandplevier binnen 3 km (Van der Hut et al., 2007). Op basis van recente verspreidingsgegevens (afgelopen 5 jaar) kunnen bontbekplevier en dwergstern worden verwacht op Noorderhaaks, de Hors en de Prins Hendrik Zanddijk (Latour et al., 2021). Er zijn geen recente waarnemingen van strandplevier, maar gezien het aanwezige biotoop kan de aanwezigheid van deze soort niet worden uitgesloten. Gezien de afstand van het plangebied en de scheepvaart tot de broedlocaties van deze soorten kunnen mogelijke effecten op broedvogels op voorhand worden uitgesloten.

Waddengebied
Vanwege de nabijheid van het Natura 2000-gebied Waddenzee is er ook aandacht besteed aan de broedvogels die in dit gebied voorkomen en waarvan het voorkomen van de soorten mogelijk overlapt met de activiteiten in het plangebied. Het gaat om de volgende broedvogels: eider, kleine mantelmeeuw, grote stern en visdief. Van andere broedvogels zoals de kluut, noordse stern, kiekendief en de strand- en zilverplevier is het voorkomen van de broedvogel in het plangebied uitgesloten.

De eider *(Somateria mollissima)* is jaarrond aanwezig in de Waddenzee en broedt hier ook. De eider komt onder andere voor als broedvogel op de Hors. In de periode 2017-2019 zijn er op de Hors tussen de 26-100 broedparen waargenomen (Figuur 5-21) (Sovon, n.d.-a). De instandhoudingsdoelstellingen van de eider zijn behoud van oppervlakte en kwaliteit leefgebied. De staat van instandhouding van de eider als broedvogel in Nederland is gunstig. Eiders nestelen vaak in een kleine kuil in de grond of in de beschutting van stenen, graspollen of struiken van 50-150 cm hoogte, voornamelijk duindoorn en kruipwilg. Ze broeden dus verder van de waterlijn af, waardoor verstoring van extra voorbijgaande schepen op nesten of broedende eiders is uit te sluiten. Ook foerageert de eider in het broedseizoen op grotere afstand (tot 15 km) en met name op open water in de Waddenzee (Van der Hut et al., 2007), wat betekent dat de soort kan uitwijken naar een groot alternatief foerageergebied bij verstoring. Mogelijke effecten op de broedvogel eider kunnen op voorhand worden uitgesloten.



Figuur 5-21 Verspreiding van de eidereend in Nederland tussen 2017-2019 (links) en de verspreiding van de kleine mantelmeeuw tussen 2020-2022 (rechts). (bron: https://stats.sovon.nl/).

De kleine mantelmeeuw (*Larus fuscus*) is een vogelsoort uit de familie van de meeuwen (*Laridae*). Deze soort is op de Noordzee een echte zomergast en is in de maanden juni en augustus buiten de kustzone op bijna het hele NCP te vinden, met uitzondering van de uiterst noordelijke delen (Fijn et al., 2022). In de winterperiode is de soort vrijwel afwezig. De kleine mantelmeeuw heeft voor omvang en kwaliteit leefgebied een behoudsdoelstelling. De staat van instandhouding is gunstig. De grootste kolonies van de kleine mantelmeeuw bevinden zich in het Deltagebied en op de Waddeneilanden. De kleine mantelmeeuw broedt onder andere op de Hors. In de periode 2020-2022 zijn op de Hors circa 3.000 broedparen waargenomen (Figuur 5-21) (Sovon, n.d.-c). De broedbiotoop van de kleine mantelmeeuw beperkt zich vrijwel geheel tot kustlocaties. De nestplaats is gelegen in open duingebieden en op schorren/kwelders, industriegebieden, opspuitterreinen en eilandjes in afgesloten zeearmen. Vanwege de broedgebieden op de Hors kunnen effecten op de broedvogel niet op voorhand worden uitgesloten en worden verder beoordeeld.

De grote stern (*Thalasseus sandvicensis*) komt in alle landen rondom de Noordzee voor als broedvogel in kolonies aan de kust. De kolonies grote stern in Nederland bevinden zich in het Deltagebied en op de Waddeneilanden. De Hors vormt een belangrijk broedgebied voor de grote stern. In 2022 zijn er op de Hors 3.200 broedparen waargenomen (Sovon, n.d.-b). De broedplaatsen worden bezet in het zomerhalfjaar, in het najaar trekken de vogels langs de kust naar West-Afrika om te overwinteren. Begin maart komen de eerste vogels weer terug in Nederland. De grote stern heeft voor omvang en kwaliteit leefgebied een behoudsdoelstelling. De staat van instandhouding is zeer ongunstig voor de grote stern als broedvogel. De vogelgriep heeft in 2022 gezorgd voor massale sterfte onder grote sterns. Het zal nog vele jaren duren om weer op het peil te komen van vóór 2022. Grote sterns brengen gemiddeld maar één jong in de twee jaar groot, wat ze extra kwetsbaar maakt. Door het belang van het broedgebied op de Hors en de kwetsbaarheid van de broedvogel, kunnen effecten van extra scheepvaart niet op voorhand worden uitgesloten en worden verder beoordeeld.

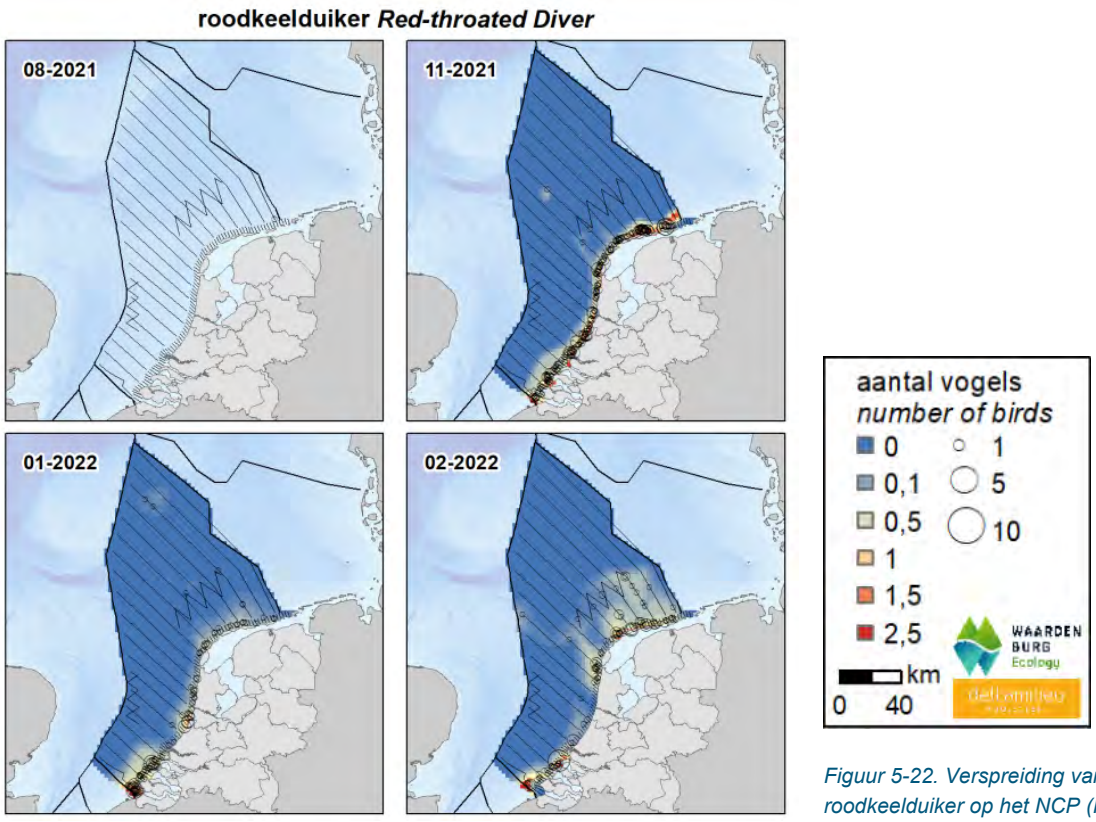
De visdief (*Sterna hirundo*) is een vogel uit de familie van de meeuwen (Laridae). De soort heeft voor omvang en kwaliteit leefgebied een behoudsdoelstelling. De staat van instandhouding is zeer ongunstig

voor de visdief als broedvogel. De visdief is in de Noordzee een doortrekker en zomergast. In Nederland broeden circa 15.000–16.200 broedparen in de Delta, Waddenzee en het IJsselmeer (Fijn et al., 2022). Ook op de Hors komen broedparen van de visdief voor (Sovon, n.d.-e). De visdief voedt zich bij voorkeur met kleine vissen, die hij meestal duikend bemachtigd langs de kustzone. De soort kan daardoor foeragerend voorkomen in het plangebied. Mogelijke effecten op de visdief kunnen niet op voorhand worden uitgesloten en worden verder beoordeeld.

Niet-broedvogels

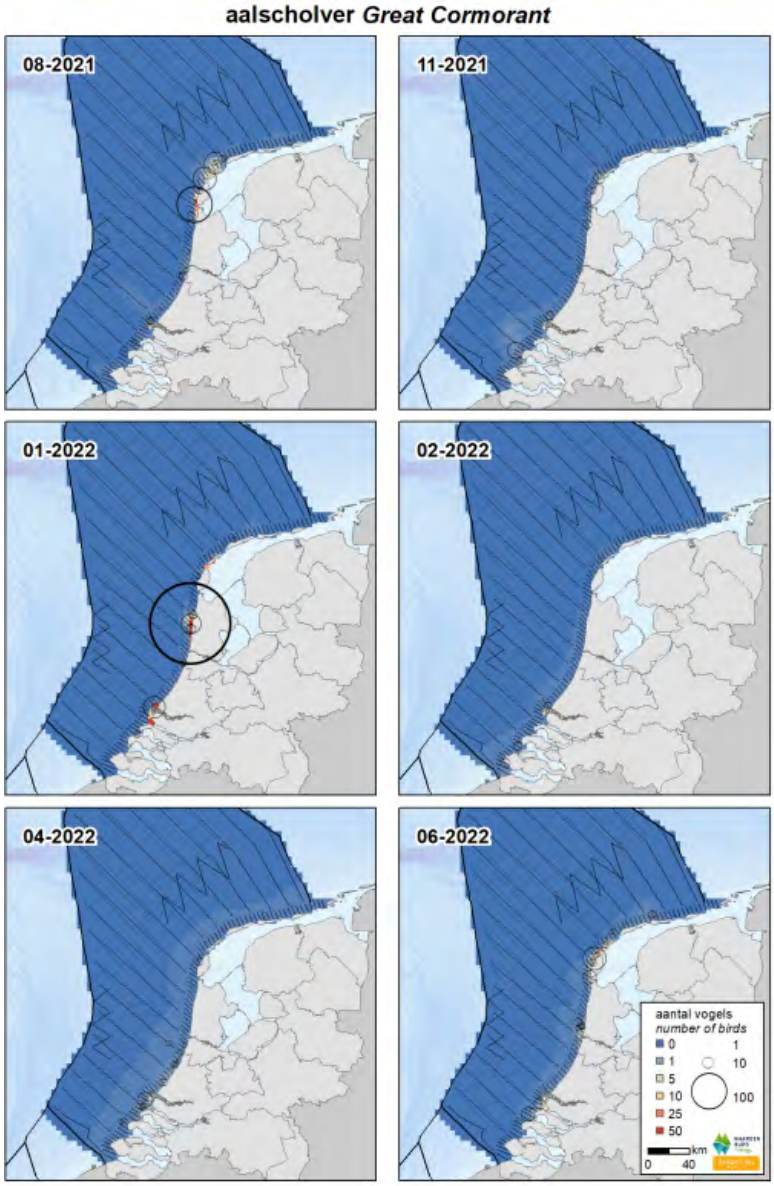
Duikende viseters
In de Noordzeekustzone komen de duikende viseters roodkeelduiker (*Gavia stellata*), parelduiker (*Gavia arctica*) en aalscholver (*Phalacrocorax carbo*) buiten het broedseizoen voor. De parelduiker komt heel sporadisch voor in het plangebied en wordt niet verder beoordeeld. De aalscholver heeft voor omvang en kwaliteit leefgebied een behoudsdoelstelling. De instandhoudingsdoelstellingen voor de roodkeelduiker is gericht op behoud van de populatie, omvang en kwaliteit van het leefgebied.

De roodkeelduiker is van september tot april op de Noordzee aanwezig. Deze soort wordt voornamelijk in kleine groepjes van 10 tot 20 vogels gesignaleerd en heeft in de Nederlandse wateren een overwegend kustgebonden verspreiding (Poot et al., 2011), de roodkeelduiker komt vooral langs de kustzone voor en minder op open zee (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016). Vanwege de verspreiding van de roodkeelduiker is het mogelijk dat deze soort in lage aantallen in het plangebied voorkomt (Figuur 5-22).



Figuur 5-22. Verspreiding van de roodkeelduiker op het NCP (Fijn et al., 2022).

De grootste aantallen aalscholvers worden in de periode van mei tot en met oktober waargenomen. De soort kan aanwezig zijn in het plangebied (Figuur 5-23). Mogelijke effecten op de aalscholver en roodkeelduiker zijn niet op voorhand uit te sluiten en worden verder beoordeeld.

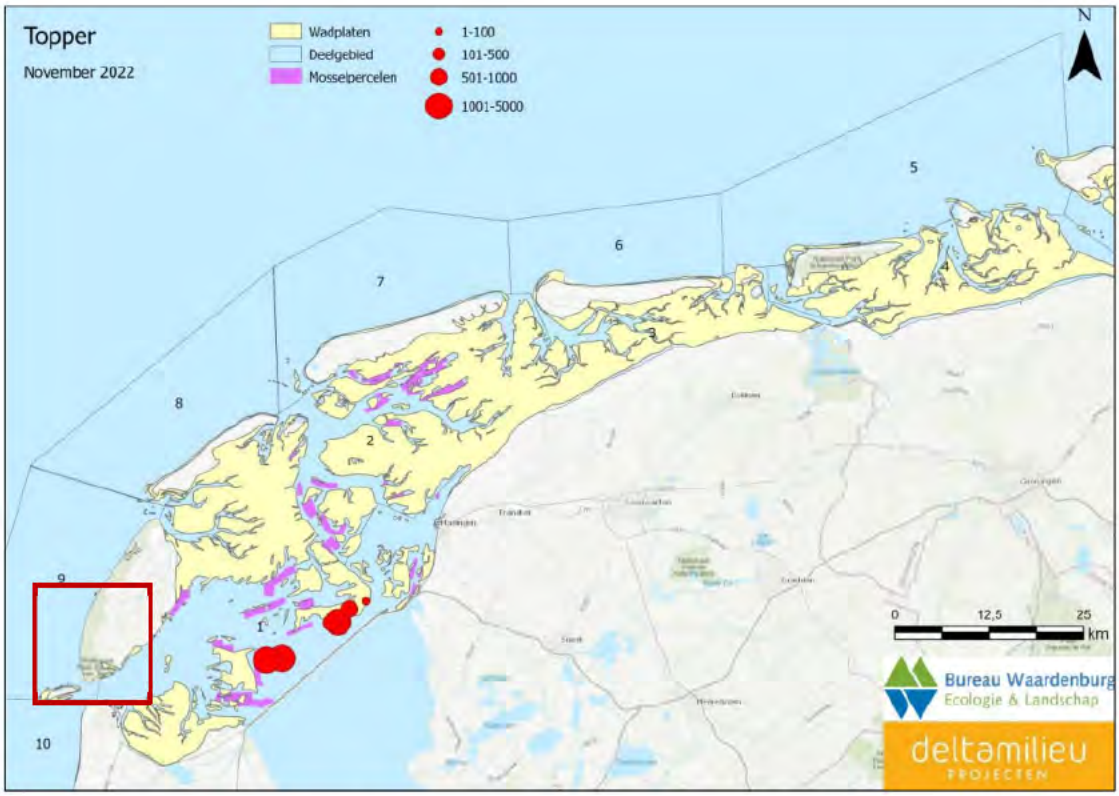


Figuur 5-23. Verspreiding van de aalscholver op het NCP (Fijn et al., 2022).

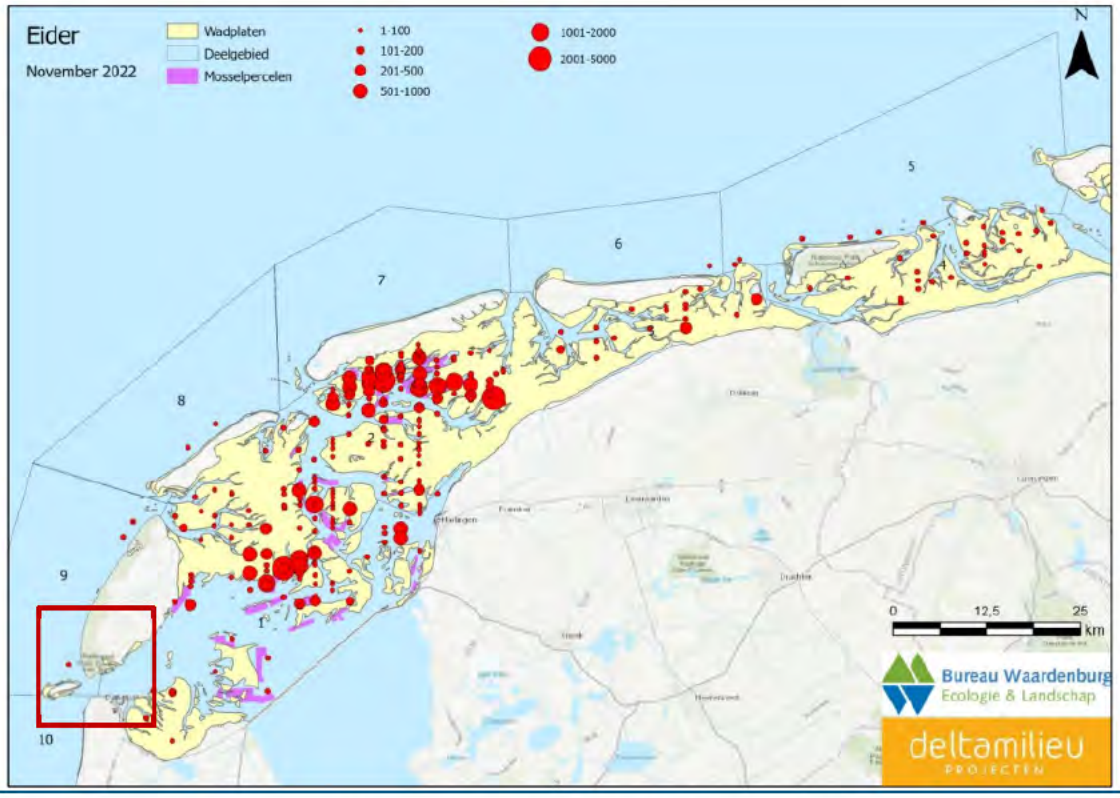
Duikeenden

In de Noordzeekustzone komen schelpdieretende duikeenden, eider, topper en zwarte zee-eend in de wintermaanden verspreid langs de kustzone voor (Figuur 5-24, Figuur 5-25, Figuur 5-26). De eider en de topper komen met name voor in de Waddenzee en veel minder in de Noordzeekustzone. De hoogste dichtheden van zwarte zee-eenden worden gezien binnen de 20 meter dieptelijn (voor de Hollandse Kust en de Zuidwestelijke Delta, namelijk omgeving Brouwersdam). De zwarte zee-eenden eten vooral Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*) en halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*). Het aantal *Spisula* banken in de Nederlandse wateren is sinds begin van het millennium sterk afgenomen waardoor ook de zwarte zee-eend, die op *Spisula* foerageert, niet meer in grote aantallen wordt aangetroffen. In 2017 is er een flinke toename van het *Spisula* bestand geconstateerd.

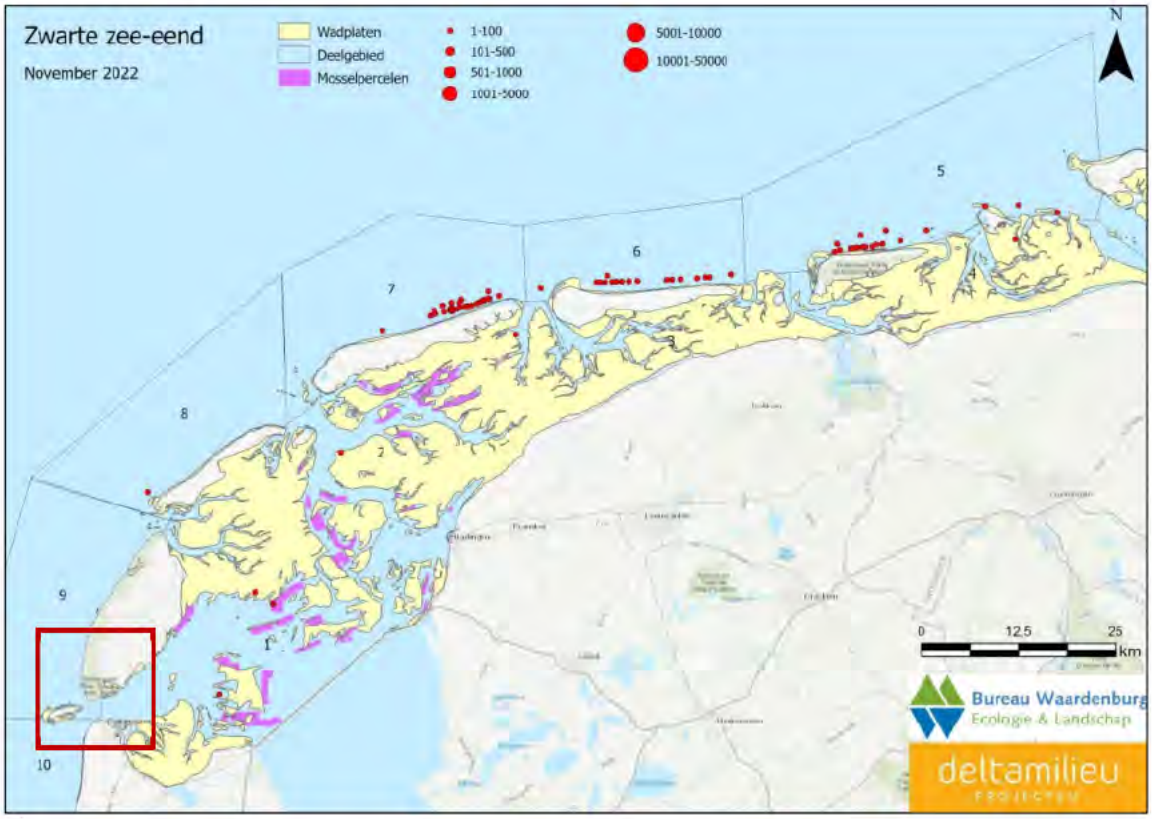
Van alle drie de soorten wordt nauwelijks verwacht dat ze in het plangebied aanwezig zijn (Sluijter et al., 2023), waardoor significante effecten met zekerheid zijn uit te sluiten en de soorten niet verder worden beoordeeld.



Figuur 5-24. Verspreiding van de topper tijdens de novembertelling in 2022 (Sluijter et al., 2023).



Figuur 5-25. Verspreiding van de eider tijdens de novembertelling in 2022 (Sluijter et al., 2023).



Figuur 5-26. Verspreiding van de zwarte zee-eend tijdens de novembertelling in 2022 (Sluijter et al., 2023).

Steltlopers

In de Noordzeekustzone komt een grote groep steltlopers voor: scholekster (*Haematopus ostralegus*), kluut (*Recurvirostra avosetta*), zilverplevier (*Pluvialis squatarola*), kanoet (*Calidris canutus*), drieteenstrandloper (*Calidris alba*), bonte strandloper (*Calidris alpina*), steenloper (*Arenaria interpres*), bontbekplevier (*Charadrius hiaticula*), rosse grutto (*Limosa lapponica*) en wulp (*Numenius arquata*). Deze steltlopers zijn te vinden op de stranden, de platen, de kwelders en de duinen van de Noordzeekustzone. Ze gebruiken deze plekken vooral als slaap- en hoogwatervluchtplaats en in mindere mate als foerageergebied. Steltlopers komen vooral langs de kust voor en niet op open zee.

Van de niet-broedvogels wordt nauwelijks verwacht dat ze in het plangebied aanwezig zijn, waardoor significante effecten met zekerheid zijn uit te sluiten en de soorten niet verder worden beoordeeld.

Overig: bergeend en dwergmeeuw

Er zijn twee soorten in de Noordzeekustzone die niet vallen onder de eerdergenoemde groepen; de bergeend (*Tadorna tadorna*) en dwergmeeuw (*Hydrocoloeus minutus*). De bergeend is het gehele jaar door aanwezig in de Noordzeekustzone met piekaantallen in het najaar en begin winter. De bergeend foerageert in slibvlakten en in ondiep water. De dwergmeeuw is een doortrekker en gebruikt de Noordzeekustzone als foerageergebied en foerageert ook op open zee.

De bergeend wordt niet verwacht in het plangebied aanwezig te zijn, waardoor significante effecten met zekerheid zijn uit te sluiten en de soort niet verder beoordeeld wordt. Van de dwergmeeuw is het mogelijk dat hij in het plangebied kan voorkomen (in de kustzone en op open zee), hierdoor zijn significante effecten niet met zekerheid uit te sluiten, effecten worden nader beoordeeld.

5.7 Samenvatting relevante soorten voor toetsing

Gezien de informatie uit de bovenstaande paragrafen kan geconcludeerd worden dat de soorten weergegeven in Tabel 5-3Tabel 5-3 relevant zijn voor de toetsing in de Passende Beoordeling.

Tabel 5-3. Samenvatting van relevante soorten voor de effectbeoordeling.

Natura 2000-gebied	Relevante habitattypen/ soorten	Storingsfactor	Activiteit
Voordelta	Habitattype H1110B	• Oppervlakteverlies • Versnippering leefgebied • Verontreiniging • Vertroebeling • Verandering dynamiek substraat	• Het verzamelpunt (terminal en compressor) • De zeeleiding
	Rivierprik	• Verstoring door trillingen en geluid • Verstoring door licht • Verstoring door beweging/optiek • Verontreiniging • Vertroebeling • Verandering dynamiek substraat	
	Zeeprik		
	Fint		
	Elft		
	Bruinvis		
	Grijze zeehond		
	Gewone zeehond		
	Eider	• Verstoring door trillingen en geluid • Verstoring door licht • Verstoring door beweging/optiek • Verontreiniging • Vertroebeling • Verandering dynamiek substraat	
	Topper		
	Brilduiker		
	Zwarte zee-eend		
	Aalscholver		
	Dwergmeeuw		
	Fuut		
	Grote stern		
	Kuifduiker		
	Lepelaar		
	Middelste zaagbek		
	Roodkeelduiker		
	Visdief		
Friese Front	Zeekoet	• Oppervlakteverlies • Versnippering leefgebied • Verstoring door trillingen en geluid • Verstoring door licht • Verstoring door beweging/optiek • Verstoring door luchtwerveling • Verontreiniging • Vertroebeling • Verandering dynamiek substraat	• De zeeleiding • De platforms met verbindingsleiding(en) voor de spurlines

Natura 2000-gebied	Relevante habitattypen/ soorten	Storingsfactor	Activiteit
Klaverbank	Bruinvis Grijze zeehond Gewone zeehond	• Verstoring door trillingen en geluid	• De zeeleiding • De platforms met verbindingsleiding(en) voor de spurlines
Bruine Bank	Zeekoet Jan-van-gent Grote jager Dwergmeeuw Grote mantelmeeuw Alk	• Verstoring door trillingen en geluid • Verstoring door licht • Verstoring door beweging/optiek • Verontreiniging • Vertroebeling • Verandering dynamiek substraat	• De zeeleiding
Noordzeekust-zone	Fint Rivierprik Zeeprik Bruinvis Gewone zeehond Grijze zeehond	• Verstoring door trillingen en geluid • Verstoring door licht • Verstoring door beweging/optiek • Verontreiniging • Vertroebeling • Verandering dynamiek substraat	• De zeeleiding • De platforms met verbindingsleiding(en) voor de spurlines en putten
	Grote stern *(Instandhoudings-doelstelling in de Waddenzee)* Aalscholver Dwergmeeuw	• Verstoring door trillingen en geluid • Verstoring door licht • Verstoring door beweging/optiek • Verontreiniging • Vertroebeling • Verandering dynamiek substraat	• De zeeleiding • De platforms met verbindingsleiding(en) voor de spurlines en putten • Scheepvaart- en helikopterbewegingen
	Visdief *(Instandhoudingsdoelstelling in de Waddenzee)* Roodkeelduiker Kleine mantelmeeuw *(Instandhou-dingsdoelstelling in de Waddenzee)*	• Verstoring door trillingen en geluid • Verstoring door licht • Verstoring door beweging/optiek	• Scheepvaart- en helikopterbewegingen

6 Passende Beoordeling – zeedeel

Onderstaand wordt de Passende beoordeling beschreven voor de gebieden op zee. De paragrafen 6.1 tot en met 6.6 gaan over de aanlegfase, paragraaf 6.7 beschrijft de effecten tijdens de gebruiksfase.

6.1 Noordzee

In deze paragraaf worden effecten beoordeeld van activiteiten die plaatsvinden buiten de Natura 2000-gebieden. Door middel van externe werking en indirecte effecten kunnen deze effecten alsnog een effect hebben op Natura 2000-gebieden. Deze paragraaf geeft een overzicht van de effecten. Waar relevant wordt het externe effect nader beoordeeld in de betreffende Natura 2000-gebieden.

6.1.1 Effecten van oppervlakteverlies

Voor de aanleg van de direct pipe zal er worden gebaggerd. Voor het aanleggen van de nearshore zeeleiding wordt met behulp van een trencher een gleuf gegraven. Het gaat om de eerste 70 kilometer vanaf de kruising met de Maasgeul waar de zeeleiding wordt ingegraven in de zeebodem, met een dekking van circa 1 meter. De offshore zeeleiding wordt op de zeebodem geplaatst, behalve als dat om veiligheids- of stabiliteitsredenen niet mogelijk is. In dat geval wordt de zeeleiding ingegraven of met steenstort bedekt. Bij de aanleg van direct pipe en de nearshore zeeleiding zal er tijdelijk verlies van oppervlakte zijn; de zeebodem kan zich na het ingraven van de zeeleiding (trenchen) en het baggeren (t.b.v. direct piping/ microtunneling) herstellen. De aanleg van de offshore zeeleiding resulteert in permanent oppervlakteverlies door de plaatsing van de zeeleiding op de zeebodem. Voor het alternatief microtunnel is er geen sprake van oppervlakteverlies.

Aanleg microtunnel/direct pipe
Bij de direct pipe resulteert het baggerwerk ten behoeve van de aanleg van de direct pipe in een tijdelijk verlies van maximaal 3,4 ha. De baggerwerkzaamheden duren voor het alternatief 47 dagen.

Aanleg nearshore zeeleiding
De nearshore zeeleiding bestaat uit de eerste 70 km (KP70) van de zeeleiding vanaf de doorkruising van de Maasgeul. Dit deel wordt ingegraven in de zeebodem. Voor het baggeren van de gleuf wordt met behulp van een trencher een gleuf gebaggerd van maximaal 2 meter diep, 6 meter breed aan de bovenkant van de gleuf en 2 meter breed aan de onderkant van de gleuf. Voor de activiteiten wordt een sleephopperzuiger ingezet voor circa 15 dagen om de zeebodem te egaliseren (Bijlage 6). Het begraven van de zeeleiding met behulp van een trencher duurt circa 72 dagen (Bijlage 6). In totaal resulteert het ingraven van de nearshore zeeleiding in een tijdelijk verlies van maximaal 42 ha (70 km x 6 m).

Aanleg offshore zeeleiding
De offshore zeeleiding wordt aangelegd op de zeebodem vanaf KP70 tot de inlaat van het eindpunt. De lengte van de offshore zeeleiding is circa 129 km en de diameter circa 80 cm. De aanleg van de zeeleiding resulteert daarmee in een permanent oppervlakteverlies (gedurende de tijd dat de leiding aanwezig is) van circa 10 ha (129 km x 80 cm).

Aanleg verbindingsleidingen
Bij de aanleg van de verbindingsleidingen van de centrale hub naar de platforms gaat in totaal 2,43 ha aan zeebodem verloren (800 m x 40 cm + 24 km x 50 cm + 24 km x 50 cm).

Platforms en eindpunt
Voor het aanpassen van platform L4-A geldt dat het verwijderen van compressie- en accommodatiemodules plaatsvindt met behulp van een jack-up of kraanschip (heavy lift vessel). De keuze voor het inzetten van een jack-up of heavy lift schip is afhankelijk van het gewicht en de grootte van de te verwijderen platform delen. Uitgaande dat er een onderstructuur (jacket) wordt geplaatst, betekent dit een tijdelijk oppervlakteverlies van 32 m^2 (2 onderstructuren x 4 poten x 4 m^2) (Tabel 6-1). Voor de realisatie van de twee nieuwe platforms K14-FA en L10-R wordt ook een jack-up barge of een kraanschip ingezet om de onderstructuur van het platform te installeren. Hierbij gaat tijdelijk een oppervlakte verloren van 32 m^2 (2 onderstructuren x 4 poten x 4 m^2). De verankeringspalen van de platforms hebben per paal een oppervlakte

van circa 4 m^2. In totaal resulteert het plaatsen van de verkankeringspalen in een semipermanent oppervlakteverlies van 32 m^2 (2 nieuwe platforms x 4 palen x 4 m^2) gedurende de periode dat het platform aanwezig is.

De jacket van het centrale eindpunt wordt aan de zeebodem verankerd. Hiervoor worden stalen buispalen gebruikt met een diameter van circa 2 meter. In totaal resulteert dit in een semipermanent oppervlakteverlies van 16 m^2 (1 eindpunt x 4 palen x 4 m^2). Door de inzet van de jack-up gaat een tijdelijk oppervlakte verloren van 16 m^2 (1 eindpunt x 4 poten x 4 m^2).

Alle hier genoemde arealen betreft een ordegrootte van het ruimtebeslag. Dit kan in de praktische uitwerking nog kan wijzigen als de definitieve cijfers komen. Hier wordt in de beoordeling rekening mee gehouden door uit te gaan van 2x het oppervlak.

Tabel 6-1. Tijdelijk en semipermanent oppervlakteverlies als gevolg van de voorgenomen activiteiten. Alle hier genoemde arealen betreft een ordegrootte van het ruimtebeslag. Dit kan in de praktische uitwerking nog kan wijzigen als de definitieve cijfers komen.

Activiteit	Tijdelijk oppervlakteverlies door jack-up barge (m^2)	Semi-permanent oppervlakteverlies door verankeringspalen (m^2)
Aanpassen platforms L4-A	32	-
Aanleg nieuwe platforms K14-FA en L10-R	32	32
Aanleg eindpunt	16	16
Totaal	80	48

Totaal oppervlakteverlies

In totaal is er maximaal sprake van 3,4 ha (direct pipe) + 42 ha + 0,02 ha + 10 ha + 2,43 ha (*totaal: 57,8 ha*) oppervlakteverlies in de Noordzee. Dat is 0,0009 % van het gehele NCP. Een deel hiervan is tijdelijk (nearshore leiding, plaatsing jack-up) en een deel hiervan is semipermanent (verankeringspalen platforms, verankeringspalen eindpunt, offshore zeeleiding).

Effectbeoordeling

Op de Noordzee is oppervlakteverlies met name relevant voor bodemdieren en vissen. Daarbij kan onderscheid gemaakt worden tussen bodemdieren die een belangrijke rol vervullen (rifvormende soorten), zeldzaam zijn of in heel specifieke delen van de Noordzee voorkomen en bodemdieren die belangrijk zijn als voedsel voor vogels en zeezoogdieren (schelpenbanken, zandspiering, e.d.). Uit paragraaf 5.1 blijkt dat de activiteit plaatsvindt in gebieden waar rifvormende soorten en zandspiering voor (kunnen) komen.

De platte oester is waargenomen op harde structuren (windparken) en er bevindt zich potentieel habitat in het noordelijke deel van de Noordzee. Dit overlapt niet of nauwelijks met de voorgenomen activiteit, waardoor wezenlijke effecten kunnen worden uitgesloten. De voorgenomen activiteit overlapt wel met het voorkomen van mosselen. In de Waddenzee komen mosselen op de bodem voor in banken, in de Noordzee komen ze echter voor op harde substraten hoger in de waterkolom, zoals monopiles, platforms en boeien en op de bodem op scheepswrakken en erosiebescherming van windturbines. Daardoor is er geen sprake van oppervlakteverlies van mossel habitat en kunnen wezenlijke effecten worden uitgesloten.

De schelpkokerworm komt relatief algemeen voor in de Noordzee en dus ook in het gebied waar de voorgenomen activiteit plaatsvindt. Het oppervlak dat verloren gaat is voor deze soort verwaarloosbaar klein, waardoor wezenlijke effecten kunnen worden uitgesloten. De zandkokerworm is veel zeldzamer op de Noordzee en komt alleen in bepaalde delen voor. De activiteiten voor Aramis worden uitgevoerd in gebieden waar (mogelijk) zandkokerwormen voorkomen. Daardoor kunnen wezenlijke effecten niet worden uitgesloten.

Over de zandspiering is relatief weinig bekend. De soort graaft zich in de zandbodem in maar kan zich ook in de waterkolom verplaatsen. Het is de verwachting dat deze soort de werkzaamheden kan vermijden, waardoor geen significante effecten zullen optreden.

Conclusie
Wezenlijke effecten van oppervlakteverlies op platte oesters, mosselen en schelpkokerwormen kunnen worden uitgesloten. Wezenlijke effecten op zandkokerwormen kunnen niet worden uitgesloten.

6.1.2 Effecten van verontreiniging

Bij het boren van de putten bij de platforms wordt Water Based Mud (WBM)-houdende boorvloeistof gebruikt. Dit is een gebiedsvreemde stof, wat bestaat uit zoet of zout water als basis vloeistof met bariet (BaSO4) of ilmeniet ($FeTiO_3$) als wegingsmiddel. Klei of organische polymeren worden toegevoegd om een homogene vloeistof te creëren. Andere chemicaliën (e.g. kalium formaat en verschillende glycolen) zorgen voor een optimale viscositeit en stabiliteit (Neff, 2005). De boorvloeistof en het boorgruis worden volgens de gangbare praktijk op zee geloosd. Het onderste deel van de putten wordt geboord met boorvloeistof op oliebasis. Deze boorvloeistof wordt afgevoerd naar land.

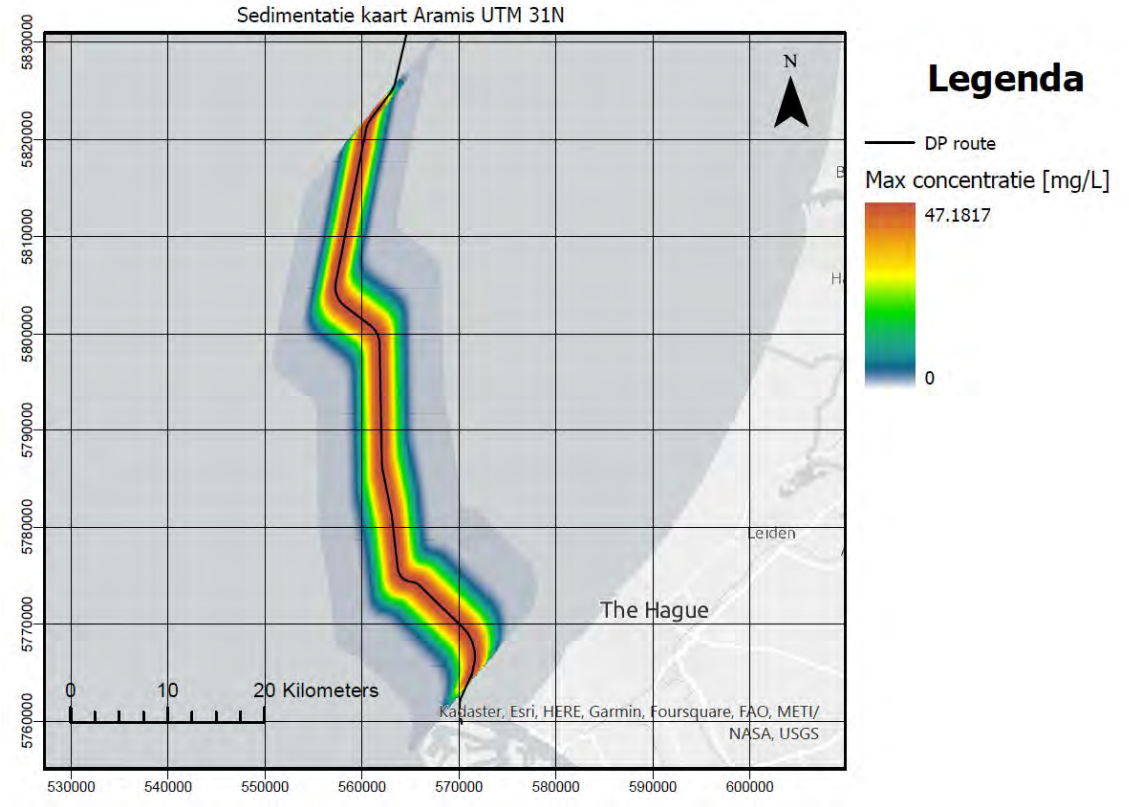
Een studie van Daan & Mulder (1993) toonde verder aan dat er 2 maanden na de lozing van WBM boorgruis (met een gewicht van circa 1.600 ton) in de buurt van platforms L3-3 en L6-3 in het Friese Front geen effecten op de benthische levensgemeenschappen optraden. Ook uit de survey die in 1992 bij L3-3 plaatsvond, één jaar na de lozing van het boorgruis, bleken er geen effecten op de benthische levensgemeenschappen, zelfs niet op een afstand van maar 25 m van het voormalige lozingspunt (Daan & Mulder, 1993a). Andere studies benoemen ook de lage acute toxiciteit van WBM, net zoals de afwezigheid van aantoonbare effecten van WBM-houdende boorvloeistof op de benthische levensgemeenschappen van sedimentrijke systemen (Park et al., 2001; Renaud et al., 2008). Mogelijke effecten van sedimentatie, als gevolg van de lozing van de boorvloeistof en het boorgruis, worden beoordeeld in de paragrafen ‘Effecten van vertroebeling/verandering dynamiek’.

Conclusie
De te lozen WBM-houdende boorvloeistof en boorgruis vormen geen risico op verontreiniging van bodemdieren. Significante effecten door verontreiniging kunnen worden uitgesloten.

6.1.3 Effecten van vertroebeling

Effecten van vertroebeling kunnen op zee ontstaan door het ingraven van de nearshore zeeleiding met een trench schip en het aftoppen van zandgolven op de Noordzeebodem.

<u>Aanleg van de zeeleiding</u>
Voor de aanleg van de nearshore zeeleiding wordt met behulp van een trencher een gleuf gegraven van maximaal 2 meter diep, 6 meter breed aan de bovenkant van de gleuf en 2 meter breed aan de onderkant van de gleuf. Het gaat om de eerste 70 kilometer vanaf de kruising met de Maasgeul waar de zeeleiding wordt ingegraven in de zeebodem, met een dekking van circa 1 meter. Door het ingraven van de nearshore zeeleiding kan sediment opwervelen, waardoor de troebelheid in de waterkolom toeneemt tot een maximale zwevende stof concentratie van 47,2 mg/L in de waterkolom (Figuur 6-1). De maximum concentratie treedt op langs de nearshore zeeleiding. Dit komt voornamelijk door het fijnere sediment; de grovere deeltjes slaan snel neer op de bodem. De concentraties verder van de zeeleiding zijn een stuk lager. Bovendien liggen de zwevend stof concentraties binnen de bandbreedte van de achtergrondconcentratie in de Noordzee (3-100 mg/L) (Suijlen & Duin, 2002).

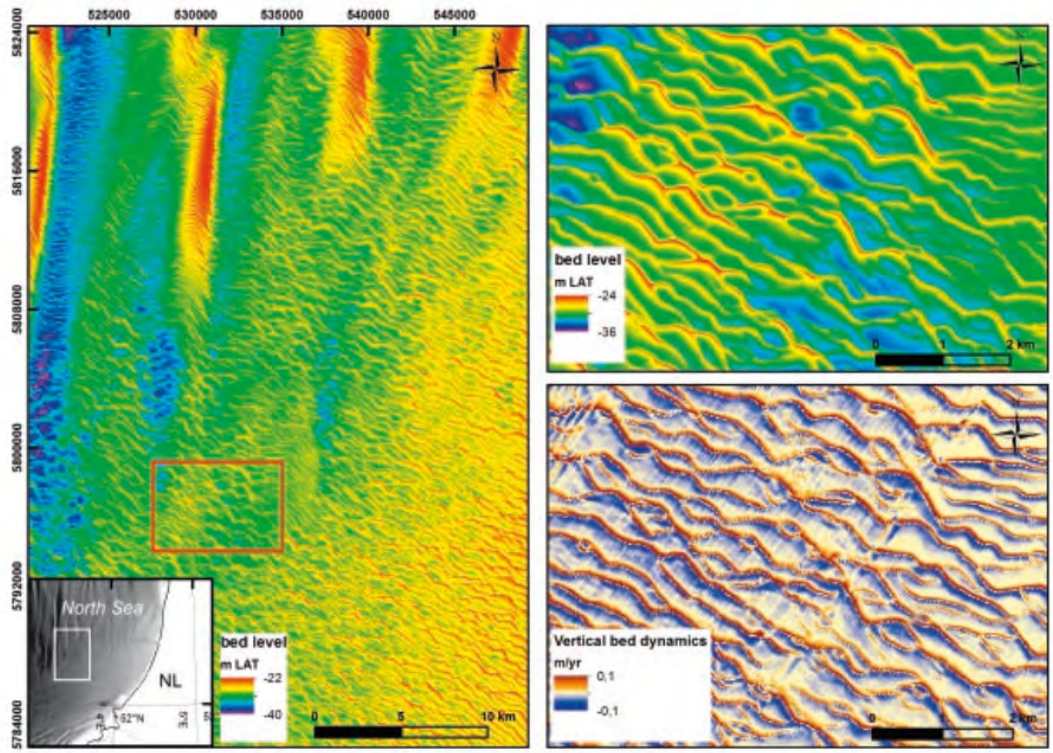


Figuur 6-1. Maximum opgetreden concentraties langs het tracé van de zeeleiding.

Bij de aanleg van de zeeleiding is er sprake van een toename van de troebelheid van maximaal 47 mg/L. Deze toename in troebelheid valt binnen de natuurlijke bandbreedte en is tijdelijk, waardoor geen significante afname van bodemdieren en vissen wordt verwacht.

<u>Aftoppen van zandgolven</u>

De beoogde locatie voor de zeeleiding doorkruist ook een aantal zandgolven op de Noordzeebodem (Figuur 6-2). Zandgolven ontstaan in los zand op de bodem van ondiepe zeeën. Door de getijstroming wordt dit losse zand verplaatst en ontstaan golfpatronen. Deze patronen verstoren de getijstroming, waardoor nog meer zand de helling op wordt gestuwd. Zandgolven kunnen kilometerslang en tientallen meters hoog zijn, met een afstand tussen de zandgolven van circa 5-10 km (Knaapen, 2009). Vóór het ingraven van de zeeleiding zal op sommige locaties de zeebodem worden geëgaliseerd met behulp van een sleephopperzuiger. Een deel van het gebaggerde materiaal zal terug worden gestort op de locatie waar wordt gebaggerd, wat tot vertroebeling kan leiden. Het overige materiaal wordt gestort op vergunde stortplaatsen van Rijkswaterstaat. Het zogenoemde ‘aftoppen van zandgolven’ kan mogelijk effect hebben op het ecosysteem door vertroebeling. Het aftoppen vindt plaats in een zandige omgeving, waardoor de sedimentpluim zeer tijdelijk van aard is doordat het zand snel weer neerslaat. Wezenlijke effecten op bodemdieren, vissen en zeezoogdieren zijn niet aan de orde.



Figuur 6-2. Verticale bodemdynamiek in het centrale deel van het Nederlands Continentaal Plat. Afbeelding B en C zijn een ingezoomde versie van het rode vlak in afbeelding A (van Dijk, 2016).

Boren van putten – lozen van boorvloeistof

Bij het boren van putten komen boorgruis en boorvloeistof vrij. De boorvloeistof en het boorgruis op waterbasis worden volgens de gangbare praktijk op zee geloosd. Het onderste deel van de putten wordt geboord met boorvloeistof op oliebasis. Deze boorvloeistof wordt afgevoerd naar land. Voor vertroebeling is met name het lozen van boorvloeistof relevant. Wat betreft de lozingen op zee gaat het om circa 7.909 ton waterbasis boorvloeistof dat wordt geloosd bij de putten van platform K14-FA. Bij de putten van platform L10-R wordt circa 21.000 ton waterbasis boorvloeistof geloosd. Bij platform L4-A gaat het om circa 1.900 ton waterbasis boorvloeistof.

Uit een modelstudie van de lozing van boorvloeistof van 12 putten bij platform N05-A (Royal HaskoningDHV, 2020) blijkt dat bij één boring de maximale toename in slibconcentratie ten opzichte van een achtergrondconcentratie van 5-20 mg/l bij het boorplatform circa 12 mg/l is op een afstand van 5 km van het boorplatform. Het slib in de waterkolom verplaatst zich na de lozing en slaat uiteindelijk neer op de bodem. Berekend is dat de toename in de slibconcentratie na afloop van een boring 0 mg/l bedraagt in de omgeving van het boorplatform. De verwachting is dat na de boring van de putten bij de Aramis platforms de zwevende stof concentratie in de waterkolom weer relatief snel terugkeert naar de achtergrondconcentratie.

Tweekleppigen zijn, vanwege hun aanpassingsmechanismen, in het algemeen vrij tolerant voor vertroebeling. Toch kunnen ze een effect ondervinden door blootstelling aan vertroebeling. Effecten zijn onder andere vermindering van voedselactiviteit en respiratie en verhoging van de pseudofaecesproductie en energieverbruik (Wilber & Clarke, 2001). Dichter bij de zeebodem is de slibconcentratie hoger. Volgens Rozemeijer en Graafland (2007) beginnen de eerste effecten op larven van tweekleppigen bij 400 mg/l chronische belasting. Voor adulte tweekleppigen is dat bij 2000 mg/l chronische belasting. Rozemeijer & Graafland (2007) adviseren om een veilige norm van 150 mg/l aan te houden. Die wordt slechts af en toe overschreden onder stormcondities, als een natuurlijk aspect. Een randvoorwaarde voor een gezonde oesterbank is een laag (<90 mg/l) zwevend stofgehalte (Smaal et al., 2017; Kamermans et al., 2018). Kortdurende vertroebeling en verhoging van sedimentatie zal naar verwachting geen groot effect hebben op een platte oesterbank en de bijbehorende soorten (Perry & Tyler-Walters, 2016). Er zijn geen

aanwijzingen dat de zandkokerworm gevoelig is voor een toename van de vertroebeling, in tegenstelling tot sedimentatie en vernietiging (OSPAR, 2013).

Effecten van een toename van vertroebeling op de zandspiering zijn niet bekend. De soort leeft een deel van de tijd ingegraven in de bodem, waardoor verwacht kan worden dat ze weinig last hebben van vertroebeling.

Bij een maximale verhoging van 12 mg/l per boring en de achtergrondconcentratie van 20 mg/l ontstaat een concentratie van 32 mg/l, wat ruim onder de maximale concentratie van 150 mg/l voor bodemdieren. Bij het Aramis project is er sprake van 12 – 14 boringen in totaal. Wanneer de putten achter elkaar worden geboord is er sprake van een lange periode met lozingen en dus een toename van 12 mg/L. Wanneer meerdere putten tegelijk worden geboord is er mogelijk sprake van een grotere toename. Hoe groot die toename zal zijn is niet bekend en op welke manier de pluim zich zal verplaatsen is ook niet bekend. Aangezien de platte oester relatief gevoelig is voor een hoge vertroebeling (optimum <90 mg/L) kan niet worden uitgesloten dat er effecten optreden in de omgeving van de platforms waar mogelijk of potentieel oesterbanken kunnen voorkomen (Friese Front). Wanneer de cumulatieve toename van vertroebeling niet hoger wordt dan 150 mg/L zijn effecten op andere soorten niet te verwachten.

Conclusie
Effecten als gevolg van vertroebeling door de baggerwerkzaamheden en het aftoppen van zandgolven vinden plaats in een zandige omgeving en zijn van tijdelijke aard en lokaal, waardoor wezenlijke negatieve effecten van vertroebeling op relevante soorten kunnen worden uitgesloten. Met betrekking tot het lozen van boorvloeistof kunnen negatieve effecten op de platte oester niet helemaal worden uitgesloten.

6.1.4 Effecten van verandering dynamiek

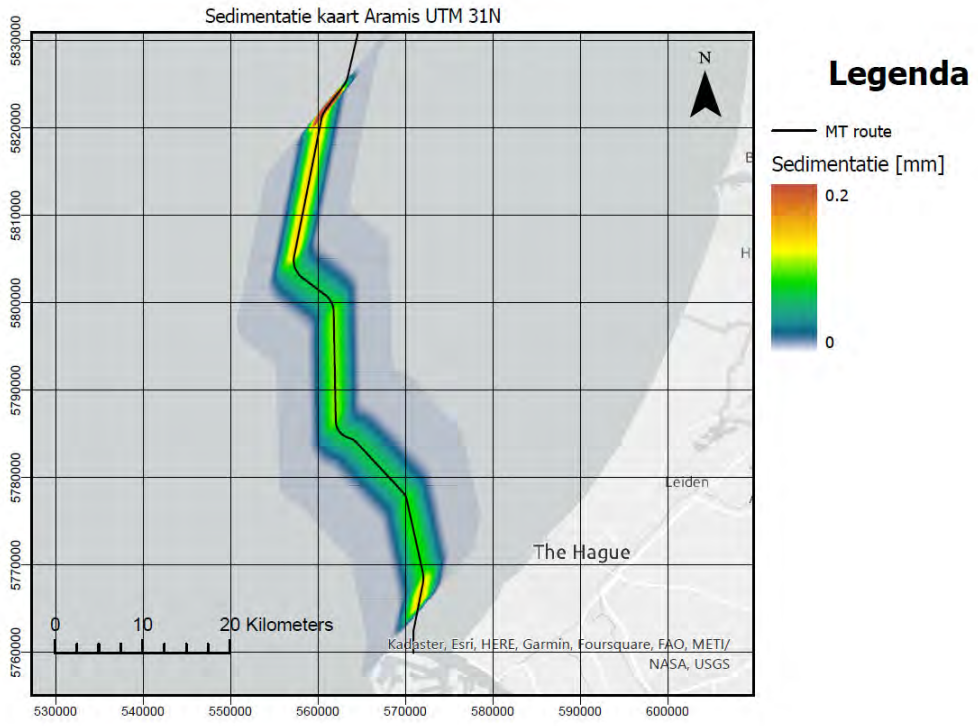
Voor de aanleg van de zeeleiding zal (deels) worden gebaggerd. Het zand afkomstig van baggeren wordt op locatie gestort en zal sedimenteren op de zeebodem, waardoor het bodemleven wordt bedekt. De meeste benthische soorten komen voor in de bovenste 10 cm van de zeebodem en zijn gebaat bij een connectie met het water, onder andere voor de uitwisseling van zuurstof en afvalstoffen en het verkrijgen van voedsel (Miller et al., 2002). Wanneer er sprake is van bedekking door sedimentatie zorgt dit voor een extra laag sediment op de zeebodem, wat de connectie met de oppervlakte kan verhinderen. Afhankelijk van de dikte van de sedimentatie-laag zal dit effect hebben op de verschillende benthische soorten. Is de laag te dik dan kan dit leiden tot sterfte van het bodemleven (Rozemeijer & Smith, 2017).

Het Detailrapport Zeebodem beschrijft de morfologie bij de kruising van de Maasgeul en de verschillende leidingtracés (RHDHV, 2023b).

<u>Aanleg zeeleiding</u>

Alternatief 1: Microtunnel
Figuur 6-3 toont het ruimtelijk beeld voor sedimentatie van het fijne sediment bij het alternatief van de zeeleiding met microtunneling. Het aandeel fijn sediment is laag (9,5%) en de hoeveelheid sediment die in suspensie is gebracht is klein ten opzichte van het gebied waarover dit is verspreid. De maximum sedimentatie waardes blijven daarom ook laag (0,20 mm). Waar het trench schip in dezelfde richting baggert als de stroomrichting, vindt de meeste sedimentatie plaats (maximaal 0,20 mm). Uit Figuur 6-3 blijkt dat sedimentatie vooral plaatsvindt bij de doorkruising van de Maasgeul en het noordelijke deel van de aan te leggen nearshore zeeleiding (gelegen op 5-70 km van de Tweede Maasvlakte). De activiteiten voor microtunneling nemen circa 14 dagen in beslag. De aanleg van de gehele zeeleiding 312 dagen.

Figuur 6-3 toont slechts het fijne sediment en niet het grotere aandeel zand dat binnen tien meter van de zeeleiding neerslaat.

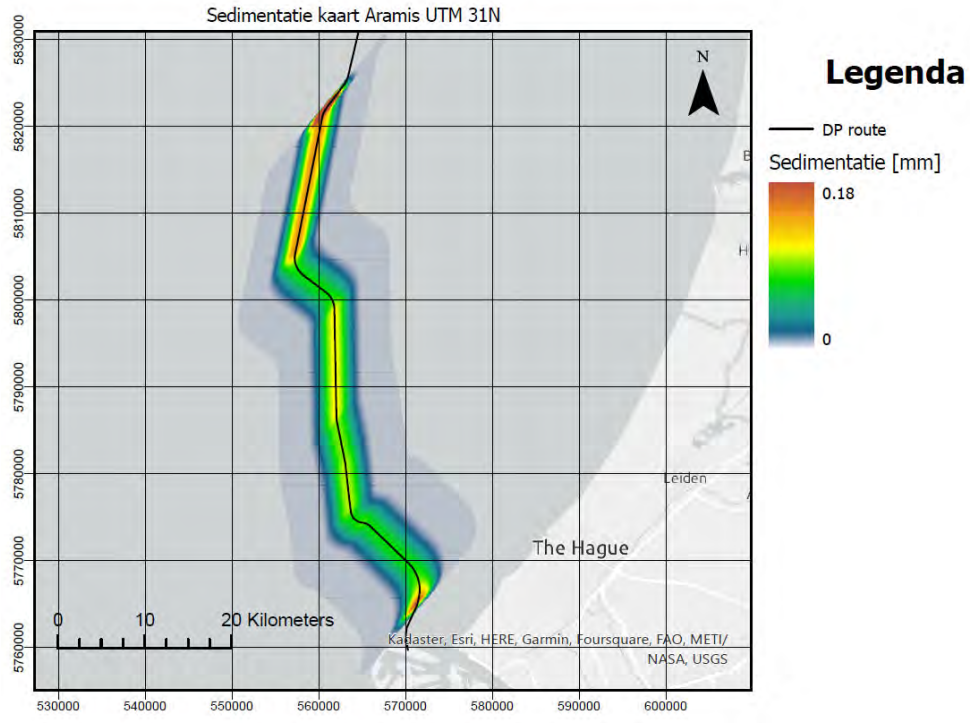


Figuur 6-3. Kaart van de sedimentatie waardes voor het alternatief met Microtunneling (MT) route.

Alternatief 2: Direct piping

Figuur 6-4 toont het ruimtelijk beeld voor sedimentatie van het fijne sediment bij de aanleg van de zeeleiding alternatief directpiping. Het aandeel fijn sediment is laag (9,5%) en de hoeveelheid sediment die in suspensie is gebracht is klein ten opzichte van het gebied waarover dit is verspreid. De maximum sedimentatie waardes blijven daarom ook laag (0,18 mm). Sedimentatie waardes zijn vergelijkbaar met het alternatief microtunneling.

Waar het trench schip in dezelfde richting baggert als de stroomrichting, vindt de meeste sedimentatie plaats (maximaal 0,18 mm). Uit Figuur 6-4 blijkt dat sedimentaties waardes het hoogst zijn bij de doorkruising van de Maasgeul en het noordelijke deel van de aan te leggen nearshore zeeleiding (gelegen op 5-70 km van de Tweede Maasvlakte). In vergelijking met het alternatief microtunneling vindt er bij het alternatief direct piping meer sedimentatie plaats op deze locaties langs het tracé. De verhoogde sedimentatie waardes bij de doorkruising van de Maasgeul kunnen worden verklaard doordat er wordt gebaggerd. De activiteiten voor direct piping nemen circa 47 dagen in beslag. De aanleg van de gehele zeeleiding 312 dagen.



Figuur 6-4. Kaart van de sedimentatie waardes voor de Direct piping (DP) route.

Uit de studie naar vertroebeling en bodemberoering (RHDHV, Achtergrondrapportage morfologie, 2023) komt naar voren dat sedimentatie als gevolg van de doorkruising van de Maasgeul minimaal is (maximaal 0,20 mm). In Rozemeijer & Smith (2017) wordt een overzicht gegeven van de sedimentdiktes waarbij bodemdieren sterven. Dit verschilt per soort, de ene soort is gevoeliger voor bedekking dan de andere. Er wordt een range van 1,5 – 15 cm genoemd, waarbij wordt aangegeven dat de meeste tweekleppige schelpdieren een sedimentlaag van 10 cm kunnen overleven. Bedekking met sediment van 0,20 mm heeft geen effect op bodemdieren.

Afweging alternatieven
Sedimentatie door direct piping is iets hoger dan voor microtunneling door de baggerwerkzaamheden, daarnaast is de uitvoeringsduur bij direct piping langer.

Conclusie
Effecten van sedimentatie door de microtunnel en direct pipe op bodemdieren in de Noordzee zijn verwaarloosbaar. Microtunneling vormt het voorkeursalternatief. Vanuit ecologisch perspectief zou dit alternatief ook de voorkeur hebben door de beperktere impact van de maatregel ten opzichte van direct piping wat betreft het volume vrijkomend baggermateriaal en de duur van de werkzaamheden.

<u>Boren van putten – lozen van boorgruis</u>
Een toename in sedimentatie van de zeebodem kan ontstaan door het sedimenteren van zwevende stof als gevolg van de lozing van boorgruis bij de platforms. Wat betreft de lozingen op zee gaat het om circa 10.371 ton waterbasisboorgruis dat wordt geloosd bij de putten van platform K14-FA. Bij de putten van platform L10-R wordt circa 12.000 ton waterbasisboorgruis geloosd. Bij platform L4A gaat het om 1.900 ton waterbasisboorgruis.

Uit van een modelstudie van de lozing van boorgruis van 12 putten bij platform N05-A (Royal HaskoningDHV, 2020) bleek dat het meeste sediment van het boorgruis direct zou vallen onder het boorplatform op de zeebodem door de grove korrelgrootte, waarbij een laag van maximaal 23 cm per boring zou ontstaan. Het fijnere boorgruis zou door de eb- en vloedbeweging over een groter gebied worden verspreid. Binnen een straal van 90 m rondom de boorlocatie zou de extra sedimentatie per boring groter

zijn dan 1,5 cm in een worst case-situatie. Dit sediment zou, afhankelijk van het aantal zware stormen, maanden tot jaren na de boorwerkzaamheden nog aanwezig zijn nabij de platformlocatie. Bij twaalf boringen zou de extra sedimentatie binnen een straal van 105 m rond het platform groter dan 1,5 cm zijn. Daarbuiten zou geen tot een verwaarloosbaar kleine hoeveelheid extra sedimentatie zichtbaar zijn. Bij het Aramis initiatief zijn de lozingen verspreid over 3 platforms, wat betekent dat het totale oppervlak dat wordt beïnvloed groter is (afhankelijk van de timing van de verschillende boringen) en dat de dikte van de laag waarschijnlijk kleiner is.

In Rozemeijer & Smith (2017) wordt een overzicht gegeven van de sedimentdiktes waarbij bodemdieren sterven. Dit verschilt per soort, de ene soort is gevoeliger voor bedekking dan de andere. Er wordt een range van 1,5 – 15 cm genoemd, waarbij wordt aangegeven dat de meeste tweekleppige schelpdieren een sedimentlaag van 10 cm kunnen overleven. Het is niet de verachting dat een groot oppervlak zal worden bedekt met meer dan 1,5 cm sediment, waardoor effecten op de meeste soorten kunnen worden uitgesloten. In OSPAR (2013) is aangegeven dat zandkokerwormen gevoelig zijn voor bedekking met sediment, hier is echter geen dikte van de laag genoemd. Effecten op deze soort kunnen daarom niet worden uitgesloten.

Conclusie
Effecten van sedimentatie op bodemdieren in het algemeen kunnen worden uitgesloten, wezenlijke negatieve effecten op zandkokerwormen kunnen niet worden uitgesloten.

6.1.5 Effecten van onderwatergeluid

Continu geluid
Voor de aanleg van de (nearshore) zeeleiding en verbindingsleidingen en de aanleg van de microtunnel/ direct pipe worden bagger-, pijpleg- en trenchschepen ingezet. Voor de aanleg van de platformen wordt er een heavy lift vessel gebruikt en de putten worden geboord. Daarnaast zal er sprake zijn van machinegeluid. Bij al deze activiteiten komt continu onderwatergeluid vrij. Zeezoogdieren als bruinvissen en zeehonden zijn gevoelig voor het onderwatergeluid dat bij deze activiteiten vrijkomt. Zij foerageren en communiceren voor een belangrijk deel door middel van geluid. Door het geluid dat bij de activiteiten vrijkomt, kan verstoring van het foerageren en communiceren optreden (bv. masking). *Masking* kan leiden tot gedragsverandering en vindt plaats wanneer een hard geluid een zachter geluid overstemt of wanneer achtergrondgeluid dezelfde frequentie heeft als geluidssignalen van zeezoogdieren. *Masking* is vooral een probleem als onderwatergeluid een soortgelijke frequentie heeft als de van biologisch belangrijke signalen, zoals bij onderlinge communicatie of benodigd bij foerageren.

Impulsgeluid
Daarnaast is er bij een aantal activiteiten sprake van impulsgeluid door de heiwerkzaamheden van de conductorpijpen en de verankeringspalen van de platforms. Impulsgeluid kan mogelijk fysieke of fysiologische effecten veroorzaken, bestaande uit tijdelijke- of permanente gehoordrempelverschuiving en in het ergste geval verwondingen. Hoe dichter zeezoogdieren zich bevinden bij de geluidsbron, hoe groter de verstoring zal zijn, waarbij permanente gehoorschade (PTS) het meest ingrijpende effect is, daarna tijdelijke gehoordrempelverschuiving (TTS) en vermijding en gedragsverandering.

Geluidsberekeningen
De te verwachten geluidsniveaus voor de activiteiten die binnen het Aramis initiatief plaatsvinden zijn bepaald in Detailrapport Onderwatergeluid (RHDHV, 2023a). Grotendeels is hierin gebruik gemaakt van berekeningen van TNO en internationaal geaccepteerde drempelwaarden van NOAA. Er is rekening gehouden met de waterdiepte en de uitbreiding en de frequentie van geluid. De overige omgevingsparameters, zoals bodem en wateroppervlak waar geluid wordt verstrooid en geabsorbeerd, zijn niet in de berekeningen betrokken omdat hiervoor geen gevalideerde rekenprogrammatuur beschikbaar is. De rekenresultaten, bijvoorbeeld in de vorm van afstanden, zijn daarmee indicatief van karakter. De drempels 'PTS SEL' betreffen ongewogen waarden, in de veilige afstand en de veilige verblijfstijd is bij bruinvissen en zeehonden een (M-)weging toegepast. Uit Tabel 6-2 blijkt dat de afstand waarop er mogelijk sprake is van PTS heel klein is (veilige afstand) voor pijpleggen en baggeren. Bruinvissen en zeehonden zullen niet zo dicht bij het schip komen dat er sprake kan zijn van PTS. Voor het heien van de aanlegsteigers is deze afstand groter. Bij het heien in de haven, verlaat weinig geluid de haven vanwege het besloten karakter. De genoemde afstand is dus theoretisch en komt niet overeen met de werkelijkheid. Daarnaast

zal er gebruik gemaakt wordt van een soft start, waardoor bruinvissen op tijd de haven verlaten. Er is daardoor geen sprake van PTS. Geluidseffecten van de booractiviteiten ten behoeve van de aanleg van de microtunnel/ direct pipe zijn niet beoordeeld; er zal geen contact zijn tussen de boormachines en het water waardoor effecten van onderwatergeluid kunnen worden uitgesloten.

Voor het bepalen en beoordelen van eventuele effecten van heiwerk op zeezoogdieren in de Noordzee sluiten we aan bij het Kader Ecologie en Cumulatie (KEC). In Tabel 6-2 betreft dat de drie laatstgenoemde geluidbronnen. De bijbehorende gepresenteerde mijdingsafstand is gebaseerd op een geluiddosis (SEL_{ss}) en niet op een geluiddrukniveau (SPL), zoals wordt gebruikt voor geluidbronnen die continu van karakter zijn. Verder is PTS in de berekeningen rond KEC niet relevant. Om deze redenen bevat Tabel 6-2 niet voor alle geluidbronnen gegevens over het aspect PTS en mijding uitgedrukt in SPL.

Tabel 6-2. Overzicht berekende effecten PTS en mijding zeezoogdieren en vissen.

Geluidbron	Diersoort	Drempel PTS SEL in dB re 1 µPa2s	Veilige afstand (m) voor PTS bij verblijf van 3 uur	Drempel mijding SPL in dB re 1 µPa bij verhoogd achtergrondgeluid	Mijding op afstand in m mits verhoogd achtergrondgeluid
Pijpleggen	Bruinvis	173	<10	130	<10
	Zeehond	201	<10	130	2.300
	Vissen	207	<10	150	n.v.t.
Aanleg verbindingsleiding(en) voor de spurlines	Bruinvis	173	<10	130	<10
	Zeehond	201	<10	130	2.300
	Vissen	207	<10	150	n.v.t.
Baggeren	Bruinvis	173	<10	130	<10
	Zeehond	201	<10	130	2.300
Heavy lift schip	Bruinvis	173	<10	130	<10
	Zeehond	201	<10	130	2.300
Injectieputten boren	Bruinvis	173	<100	130	10.000
	Zeehond	201	<100	130	10.000
Machinegeluid (gerelateerd aan werkzaamheden platform)	Bruinvis	173	<100	130	10.000
	Zeehond	201	<100	130	10.000
	Vissen	207	<100	150	n.v.t.
Aanlegsteigers heien	Bruinvis	155	3.000	-	3.300 (Verstoringsoppervlak in haven: 9 km²)
	Zeehond	185	1.350	-	3.300 (Verstoringsoppervlak in haven: 9 km²)
Verankeringspalen nieuwe platforms	Bruinvis	-	-	-	13.934
	Zeehond	-	-	-	8.574
Conductorpijpen nieuwe putten	Bruinvis	-	-	-	5.500
	Zeehond	-	-	-	4.100
Heien centrale eindpunt	Bruinvis	-	-	-	13.938
	Zeehond	-	-	-	8.577

Er is geen sprake van gehoorschade (PTS) maar er is wel sprake van verstoring door het onderwatergeluid doordat zeezoogdieren wegzwemmen van het geluid. In Tabel 6-2 zijn de afstanden opgenomen waarop bruinvissen en zeehonden de geluidsbron mijden. De verstoringsafstand voor zeehond bij het pijpleggen en baggeren is hoog ten opzichte van de afstand voor de bruinvis. Dit komt doordat er frequentieweging is toegepast in de berekeningen. Zeehonden zijn gevoeliger voor lage frequenties dan bruinvissen en bij schepen is er met name sprake van lage frequenties.

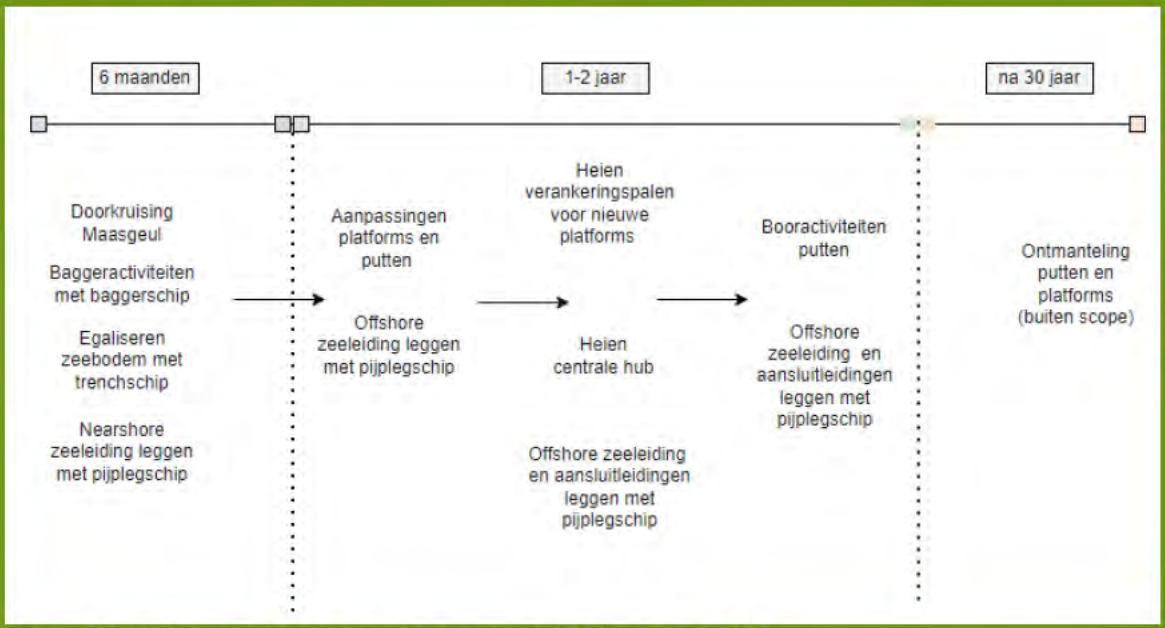
Om de effecten van de activiteiten te beoordelen, dient ook rekening gehouden te worden met welke activiteiten tegelijkertijd, of vlak na elkaar plaatsvinden. Uit Kader 2 blijkt dat voornamelijk de boor- en heiactiviteiten en de activiteiten ten behoeve van de aanleg van de offshore zeeleiding mogelijk na elkaar wordt uitgevoerd. Boren en heien kunnen worden gezien als de twee geluidsbronnen die het meeste bijdragen aan de toename in onderwatergeluid. Als deze activiteiten tegelijk of kort na elkaar plaatsvinden kan dit resulteren in een grotere verstoring.

Kader 2. Tijdlijn voorgenomen activiteiten

Voor het bepalen van mogelijke effecten van onderwatergeluid dient te worden bepaald welke activiteiten tegelijkertijd, vlak na elkaar of enige jaren later worden uitgevoerd. De logistieke planning voor de uitvoering van de voorgenomen activiteiten is echter nog niet bekend. Wel kan worden aangenomen dat er een bepaalde volgorde van activiteiten zal plaatsvinden, zoals weergegeven in Figuur A. In de eerste fase vinden activiteiten plaats ten behoeve van de aanleg van de nearshore zeeleiding en de doorkruising van de Maasgeul (microtunneling of direct piping). Vóór de aanleg van de nearshore zeeleiding wordt de bodem met een baggerschip waar nodig geëgaliseerd. Tezamen nemen deze activiteiten maximaal een half jaar in beslag.

De tweede fase bestaat uit de aanleg van de offshore zeeleiding en de boor- en hei activiteiten voor de putten en de platforms. Het heien van de conductors van de putten vindt altijd plaats na het heien van de palen van het platform. In theorie zou het heien van de conductors van de putten tegelijkertijd met het heien van de palen van een platform op een andere locatie kunnen plaatsvinden. Die kans is echter extreem klein. De kans dat heien van verankeringspalen voor de nieuwe platforms/centrale hub tegelijkertijd plaatsvindt is ook verwaarloosbaar. Eventueel vindt het heien van de drie platforms met een tussentijd van een week plaats (1 installatie schip installeert drie platforms in 1 campagne).

De putten worden mogelijk met één en hetzelfde boorschip geboord, wat betekent dat in dat geval de booractiviteiten kort na elkaar zullen plaatsvinden. Na circa 30 jaar wordt de ontmanteling van de platforms en putten in gang gezet. Deze activiteit is echter geen onderdeel van de effectbeoordeling.

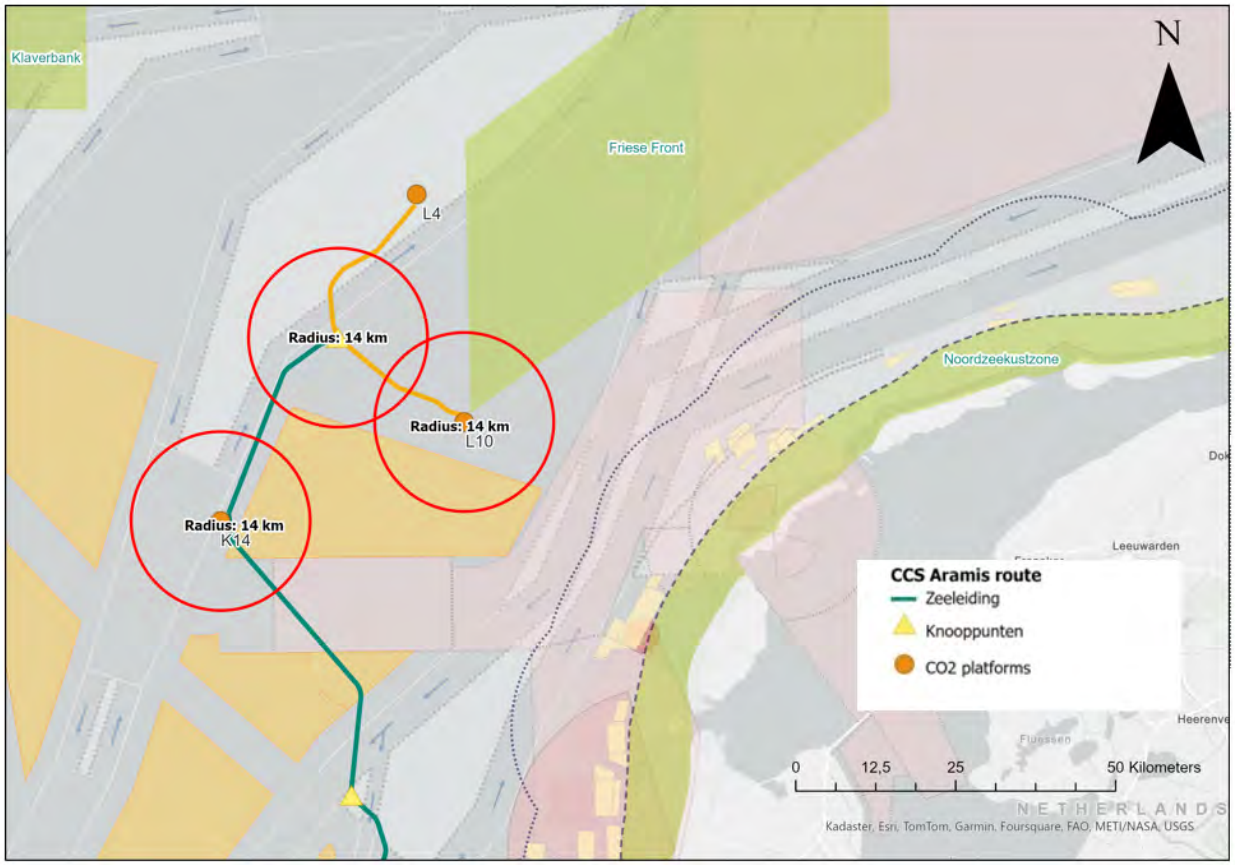


Figuur A. Indicatie van volgorde van voorgenomen activiteiten Aramis CCS.

De activiteiten met de hoogste geluidsverstoring zijn een combinatie van continu onderwatergeluid en impulsgeluid. Dit maakt de beoordeling complex omdat de verschillende vormen van geluidsverspreiding

anders beoordeeld worden en er alleen een kwantitatieve beoordelingsmethodiek voor impulsgeluid beschikbaar is. Voor de bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond wordt in de volgende paragrafen nader ingegaan op de beoordeling.

Figuur 6-5 geeft een overzicht van de vermijdingscontouren voor bruinvissen bij het heien van de verankeringspalen van het platform.



Figuur 6-5. Maximale vermijdingscontouren (radius; 14 km gebaseerd op de 140 dB contour (worst case situatie)) voor de bruinvis bij het plaatsen van de verankeringspalen van de platforms en de afstanden tussen de vermijdingscontouren bij het gelijktijdig plaatsvinden van heiactiviteiten.

Effectbeoordeling bruinvis

Omdat zeezoogdieren zoals bruinvissen mobiel zijn en zich verplaatsen binnen én buiten diverse Natura 2000-gebieden, worden effecten van onderwatergeluid op de gehele populatie in de Noordzee beoordeeld. Daarnaast zal in de volgende paragrafen in worden gegaan op het effect op de instandhoudingsdoelstellingen van specifieke Natura 2000-gebieden.

Het aantal mogelijk verstoorde bruinvissen wordt berekend door het verstoringsoppervlak te vermenigvuldigen met de lokale bruinvisdichtheid. Op basis van de locaties waar de activiteiten plaatsvinden, is een lokale bruinvisdichtheid per km^2 bepaald Tabel 6-3). Dichtheden zijn nader toegelicht in Paragraaf 5.4.2 van deze beoordeling. Door deze dichtheden te vermenigvuldigen met het berekende verstoringsoppervlak, volgen schattingen van het aantal mogelijk verstoorde bruinvissen per dag dat de activiteiten worden uitgevoerd.

Om te kunnen bepalen hoe groot het effect is van verstoring op de populatie in de Nederlandse Noordzee wordt het aantal bruinvisverstoringsdagen berekend. Het totale aantal bruinvisverstoringsdagen (Heinis et al., 2022) wordt berekend door het aantal verstoorde dieren (Tabel 6-3) per dag te vermenigvuldigen met het aantal verstoringsdagen. Daarnaast duurt het ongeveer één dag voordat bruinvissen weer terugkeren

na het stoppen van het heien (TNO, 2015). Op basis hiervan wordt er in totaal uitgegaan van de verstoringsdagen te zien in Tabel 6-3.

Volgens het KEC (Heinis et al., 2022) kan een schatting van een maximale populatiereductie, die met een 95% zekerheid niet zal worden overschreden, worden bepaald met behulp van de volgende benaderingsformule:

$$Populatiereductie = 1{,}06\ x\ 10^{-4}\ x\ bvvd^{1{,}17}$$

De populatiereductie is daarbij uitgedrukt in het aantal individuen en $bvvd$ staat voor het aantal bruinvisverstoringsdagen. In het KEC wordt ook een kanttekening geplaatst bij het berekenen van de populatiereductie, aangezien berekeningen met het Interim Population Consequences of Disturbance (iPCoD) model (Harwood et al., 2014) een grote onzekerheid met zich meebrengen (zie tekstkader hieronder). Toch is hier een berekening uitgevoerd op basis van de verstoringscontouren voor het heien, om een beeld te geven van de mogelijke effecten. Bovenstaande formule is alleen toe te passen op impulsgeluid, de effecten van continu geluid op de populatie kan niet met de iPCoD formule worden berekend.

Kritische noot bij de rekenmethodiek voor populatie-effecten (pers. comm. Heinis, 2022)

Tijdens het berekenen van de effecten op de populatie bleek dat de formule niet direct geschikt is om toe te passen op activiteiten anders dan het plaatsen van windturbines (monopiles). De heiwerkzaamheden voor dit project worden in minder dan een dag uitgevoerd, maar ook bij een lagere hei-energie in vergelijking tot de plaatsing van monopiles. Dit inzicht leidde tot de conclusie dat het effect op de populatie, zoals het nu wordt berekend, mogelijk niet representatief is voor het Aramis initiatief. Daarnaast is de gebruikte formule gebaseerd op aannames met betrekking tot een stabiele populatie en moet voor correct gebruik van het model een kwetsbare subpopulatie worden gedefinieerd, waarvan de gegevens nog niet beschikbaar zijn (Heinis et al., 2022, bijlage F). Op het moment van schrijven is er nog geen maatwerkaanpak ontwikkeld om de populatiereductie te beoordelen. Deze aanpak zal worden geadviseerd in het proces van verdere vergunningaanvraag.

De populatiereductie kan niet worden toegeschreven aan directe mortaliteit ten gevolge van het onderwatergeluid van de werkzaamheden. De benaderingsformule is afgeleid uit resultaten van berekeningen met het Interim Population Consequences of Disturbance (iPCoD) model (Harwood et al., 2014), waarin de populatiereductie indirect volgt uit de invloed van langdurige geluidsverstoring op 'vital rates' van de bruinvissen, met name de kans op reproductie en de overlevingskans van jonge dieren. Daarbij gaat het om de verstoring die optreedt als gevolg van de werkzaamheden.

Op basis van de iPCOD formule is berekend dat voor de verschillende activiteiten van het Aramis initiatief een range van 10.665-18.016 bruinvisverstoringsdagen oplevert, wat resulteert in een populatiereductie van 4,5-8,4 bruinvissen (Tabel 6-3). In Kader 2 wordt de tijdlijn van de verschillende activiteiten die plaatsvinden weergegeven. In de berekening wordt uitgegaan van de worst case situatie dat activiteiten met effecten op onderwatergeluid vlak na elkaar plaatsvinden, waardoor mogelijk tussentijds herstel van de populatie niet wordt verwacht.

Volgens ASCOBANS dient het door menselijke handelen veroorzaakte aantal sterfgevallen onder de 1,7% van de gehele Noordzeepopulatie te blijven (Ministerie van Economische Zaken, 2014b). Voor Nederland wordt in het KEC 4.0 een maximaal ecologisch toelaatbare reductie van 5% van de Nederlandse populatie gehanteerd, die momenteel wordt geschat op 62.771 individuen op het Nederlands Continental Plat (NCP) (Heinis et al., 2022). De populatiereductie die door alle activiteiten met impulsgeluid van het Aramis initiatief tijdens de aanlegfase in de Noordzee plaatsvinden komt neer op maximaal 0,007 tot 0,013% en valt daarmee binnen de maximaal toelaatbare reductie. Dit geldt ook als er in cumulatie met wind op zee wordt gekeken, dan is er sprake van 3,4% + 0,007/0,013%.

Tabel 6-3. Aantal bruinvisverstoringsdagen per activiteit en de totale populatiereductie van alle activiteiten met impulsgeluid opgeteld, berekend uit aantal verstoorde bruinvissen per dag maal het aantal verstoringsdagen en de iPCOD formule.

Activiteit		Aantal dagen voor activiteit	Aantal verstorings-dagen	Verstoord oppervlak in km²	Gemiddelde dichtheid per km² o.b.v. locatie activiteit	Verstoorde dieren per dag	Aantal bruinvis-verstorings-dagen	Populatie-reductie (aantal dieren)
Heien aanlegsteigers fase 1	-	50	51	9	0,81	7,29	372	0,1
Heien aanlegsteigers fase 2	-	50	51	9	0,81	7,29	372	0,1
Heien verankeringspalen nieuwe platforms	Per platform	3	4	610	1,20 – 2,0	732 – 1.220	2.926 – 4.880	1,2 – 2,2
	Totaal [2]	6	8	610	1,20 – 2,0	732 – 1.220	5.853– 9.760	2,7 – 4,9
Heien conductorpijpen nieuwe putten	Per put	0,5	1,5	94	1,20 – 2,0	114 – 188	171 - 376	0,04 - 0,1
	Totaal [1]	7	10	94	1,20 – 2,0	114 – 188	1.140 - 2.632	0,4 - 1,1
Heien centrale eindpunt	-	3	4	610	1,20 – 2,0	732 – 1.220	2.928 – 4.880	1,2 – 2,2
Totaal	-	-	-	-	-	-	10.665 – 18.016	4,5 – 8,4

[1]: Platform K14-FA; 4-6 nieuwe injectieputten. Platform L10-R; maximaal 6 nieuwe injectieputten. Platform L4-A; 2 nieuwe injectieputten (L4-A3 en L4-A4). Worst-case; 14 nieuwe injectieputten.
[2]: In totaal 2 nieuwe platforms; (1) L10-R en (2) K14-FA.

Op basis van de populatiereductieformule, kan worden gesteld dat de wettelijke norm niet wordt overschreden en er bij uitvoering van het Aramis initiatief binnen de maximale populatiereductie richtlijnen wordt gebleven. In de Kavelbesluiten voor het offshore windpark IJmuiden Ver wordt een geluidsnorm gehanteerd van SELss 164 dB re 1µPa2s op 750 m van de heilocatie. Voor het heien van de verankeringspalen voor de platforms en het centrale eindpunt wordt deze norm overschreden met 7 dB, bij het heien van de conductors ligt het geluidsniveau precies op de norm. Het geluidsniveau van het heien van de aanlegsteigers ligt onder de genoemde norm.

Daarnaast is er geen rekening gehouden met activiteiten waarbij continu onderwatergeluid wordt verspreid, waarbij ook verstoring optreedt. Kijkende naar de werkzaamheden die rond de platforms in de Noordzee plaatsvinden, worden er circa 1 tot 2 jaar achter elkaar met een paar weken tussen de activiteiten in, intensief werkzaamheden uitgevoerd. Het is aannemelijk dat zeezoogdieren het verstoorde gebied voor langere tijd zullen mijden. Om een beeld te krijgen van de verstoring, is in Tabel 6-4 een overzicht gegeven van de verstoringsoppervlakten van zowel continu geluid als impulsgeluid op basis van de verstoringscontour van de bruinvis. Omdat de verstoring deels vanaf het platform plaatsvindt en zich concentreert op vier locaties met overlap tussen continue geluidsverstoring en impulsgeluidsverstoring, kan het totaal aantal verstoorde dieren niet berekend worden. Daarnaast zullen de werkzaamheden van het pijplegschip, het baggerschip en overige schepen een tracé door de Noordzee doorlopen wat verplaatsende verstoring oplevert.

Het feit dat op meerdere locaties in de Noordzee en verspreid over een periode van 1 tot 2 jaar met verschillende vormen van verstoring en diverse verstoringsoppervlakten wijzen uit op dat significant negatieve effecten voor de bruinvispopulatie in de Noordzee niet kunnen worden uitgesloten.

Tabel 6-4. Verstoringsoppervlakten van continu en impulsgeluid voor de bruinvis.

Activiteit	Verstoringsoppervlak voor bruinvissen in km^2
Pijpleggen	0,000314 (o.b.v. stilliggend schip)
Baggeren	0,000314 (o.b.v. stilliggend schip)
Aanpassingen platforms	314 (per platform)
Injectieputten boren	314 (per put)
Verankeringspalen nieuwe platforms	610 (per verankeringspaal)
Conductorpijpen nieuwe putten	94 (per conductorpijp)
Heien centrale eindpunt	610
Ontmanteling putten	314 (per platform)
Heavy lift schip	0,04 (o.b.v. varend schip)

Effectbeoordeling gewone zeehond en grijze zeehond

Voor het beoordelen van de effecten van onderwatergeluid op zeehonden geldt ook dat een kwantitatieve beoordeling van het aantal verstoorde dieren van alle activiteiten tezamen lastig is te maken. Er worden in totaal 12-14 putten achter elkaar geboord waaraan vooraf ook 12-14 conductorpijpen geheid worden. Daarnaast worden er op twee verschillende locaties dicht bij elkaar geheid voor de conductorpijpen ten behoeve van de nieuwe platforms, en drie injectieputten geboord. Om een beeld te krijgen van de verstoring, is in Tabel 6-5 een overzicht gegeven van de verstoringsoppervlakten van zowel continu geluid als impulsgeluid op basis van de verstoringscontour van de zeehond. De verstoring vindt deels plaats vanaf het platform en concentreert zich op vier locaties met overlap tussen continue geluidsverstoring en impulsgeluidsverstoring. Daarnaast zullen de werkzaamheden van het pijplegschip, het baggerschip en overige schepen een tracé door de Noordzee doorlopen wat verplaatsende verstoring oplevert. Daardoor is het lastig om het aantal verstoorde dieren goed te bepalen, er is wel een poging gedaan om een beeld te geven. Daarin is dus niet het gehele tracé meegenomen, ook is het aspect tijd niet meegenomen.
Tabel 6-6Tabel 6-5 geeft de percentages verstoorde dieren weer ten opzichte van de Nederlandse populatie gewone en grijze zeehonden voor de activiteiten waarvan het totale oppervlak bekend is door het aantal verankeringspalen en conductoren e.d. bij elkaar op te tellen.

De percentages geven een indicatie weer van de verstoring, maar zijn niet goed bij elkaar op te tellen. In de praktijk zijn de dichtheden op open zee lager en is het aannemelijk dat individuen meermaals worden verstoord door dezelfde of verschillende activiteiten. Ervan uitgaande dat activiteiten kort na elkaar met een aantal weken ertussen uitgevoerd gaan worden, zullen zeehonden het gebied voor een langere periode mijden. Aangezien de werkzaamheden 1 tot 2 jaar zullen duren, kan de mijdingsperiode ook oplopen tot een vergelijkbare periode.

Het gebied op open zee kan door zeehonden gebruikt worden om te foerageren. Grijze zeehonden kunnen tot ver uit de kust zoeken naar voedsel (Ministerie van Economische Zaken, 2014a). Het foerageergebied neemt door de verstoring daarom mogelijk af. Er zijn anderzijds voldoende uitwijkmogelijkheden voor gewone en grijze zeehonden om te foerageren. De nabijgelegen gebieden Noordzeekustzone en de Waddenzee zijn belangrijkere gebieden voor de gewone zeehond en grijze zeehond dan de open zee (zie Figuur 5-8 en Figuur 5-11), anders dan voor bruinvissen.

Tabel 6-5. Verstoringsoppervlak per activiteit voor de gewone en grijze zeehond.

Activiteit	Verstoringsoppervlak (km^2)	Dichtheid zeehonden (ind./ km^2)	Verstoorde dieren
Pijpleggen	17	0,5	8
Aanleg verbindingsleiding(en) voor de spurlines	17	0,5	8
Baggeren	17	0,5	8
Aanpassingen platforms (per platform)	314	0,5	157
Injectieputten boren (per put)	314	0,5	157
Plaatsen jacket en top side met heavy lift schip	131	0,5	65
Heien verankeringspalen nieuwe platforms (per verankeringspaal)	231	0,5	115
Heien conductorpijpen nieuwe putten (per put)	54	0,5	27
Heien centrale eindpunt	231	0,5	115

Tabel 6-6. Percentages verstoorde gewone en grijze zeehonden ten gevolge van de voorgenomen activiteiten.

Activiteit		Gewone zeehonden		Grijze zeehonden	
		Totale Nederlandse populatie	Verstoorde dieren (%)	Totale Nederlandse populatie	Verstoorde dieren (%)
Injectieputten boren	Per put	9.245	1,96	8.038	1,70
	Totaal [1]	9.245	27,38	8.038	23,78
Heien verankeringspalen nieuwe platforms	Per verankeringspaal	9.245	1,43	8.038	1,24
	Totaal [2]	9.245	11,46	8.038	9,95
Heien conductorpijpen nieuwe putten	Per put	9.245	0,34	8.038	0,29
	Totaal [1]	9.245	4,71	8.038	4,09
Heien centrale eindpunt	-	9.245	1,43	8.038	1,24

[1]: Platform K14-FA; 4-6 nieuwe injectieputten. Platform L10-R; maximaal 6 nieuwe injectieputten. Platform L4-A; 2 nieuwe injectieputten (L4-A3 en L4-A4). Worst-case; 12-14 nieuwe injectieputten.
[2]: In totaal 2 nieuwe platforms; (1) L10-R en (2) K14-FA.

Het gebied waar de activiteiten plaatsvinden is van minder groot belang voor de zeehonden dan de kustzone en het waddengebied (Aarts, 2021; Aarts et al., 2016), waardoor significant negatieve effecten op de Noordzeepopulatie zijn uit te sluiten. In de volgende paragrafen wordt per Natura 2000-gebied een beoordeling van de effecten gedaan. De verstoringspercentages hierboven genoemd zijn indicatief en zijn naar verwachting een overschatting omdat de dieren het gebied waarschijnlijk zullen mijden.

6.1.6 Conclusie Noordzee

Voor de Noordzee kan het volgende geconcludeerd worden:

- Wezenlijke effecten op platte oester, mossel en schelpkokerworm door oppervlakteverlies kunnen worden uitgesloten.
- Wezenlijke effecten op zandkokerwormen door oppervlakteverlies kunnen niet worden uitgesloten;

- Wezenlijke effecten op de platte oester door vertroebeling kunnen niet worden uitgesloten, op andere soorten kunnen effecten worden uitgesloten;
- Wezenlijke effecten zandkokerwormriffen door verandering dynamiek kunnen niet worden uitgesloten, effecten op andere soorten kunnen worden uitgesloten;
- Significante effecten door onderwatergeluid op bruinvissen kunnen niet worden uitgesloten;
- Significante effecten door onderwatergeluid op zeehonden kunnen worden uitgesloten.

6.1.7 Mitigerende maatregelen Noordzee

Ondanks het feit dat de zandkokerworm en platte oester als soort niet wettelijk beschermd zijn via de gebiedsbescherming van de Ow (maar wel onder OSPAR), en dus niet vallen onder het toetsingskader van deze passende beoordeling, wordt aangeraden om de volgende maatregelen uit te voeren om negatieve effecten te voorkomen:

- Bij de aanleg van de zeeleiding en het lozen van boorgruis worden zandkokerwormriffen zoveel mogelijk vermeden. Bij de detaillering van het leidingtracé wordt vastgesteld of deze voorkomen en hoe deze vermeden kunnen worden;
- Vertroebeling > 90 mg/L in het Friese Front wordt voorkomen om effecten op de platte oester te tegen te gaan.

Bruinvissen komen in de Noordzee en specifiek in meerdere Natura 2000-gebieden voor. Hierbij geldt dat er in de Natura 2000-gebieden geen significante directe effecten optreden, maar indirecte effecten door onderwatergeluid op bruinvissen kunnen niet worden uitgesloten (indirecte effecten op de gehele Noordzeepopulatie door activiteiten buiten Natura 2000-gebieden). Daarom dienen de volgende maatregelen te worden genomen:

- Bij de hei-werkzaamheden dienen geluidsbeperkende maatregelen genomen te worden (bijvoorbeeld door gebruik te maken van een HSD Systeem/bubbelscherm) of een werkwijze waarbij relatief weinig onderwatergeluid zal optreden om effecten op de populatie bruinvissen te voorkomen (het geluidsniveau moet onder de 164 dB liggen op 750 meter afstand);
- Er dient zoveel mogelijk gebruik gemaakt te worden van stille schepen om continu onderwatergeluid te minimaliseren.

6.2 Natura 2000-gebied Voordelta

De habitattypen, habitatrichtlijnsoorten en vogelrichtlijnsoorten waarvoor het Natura 2000-gebied Voordelta is aangewezen kunnen effecten ondervinden van de activiteiten rond het verzamelpunt (terminal en compressor) en de aanleg van de microtunnel/ direct pipe. De microtunnel/ direct pipe gaat door het noordoostelijke punt van de Voordelta. Hieronder wordt voor de relevante habitattypen en soorten beoordeeld of ze significante negatieve effecten ondervinden van bovengenoemde activiteiten.

6.2.1 Habitattype

Het Natura 2000-gebied Voordelta is aangewezen voor het habitattype H1110B Permanent overstroomde zandbanken, subtype Noordzeekustzone. De instandhoudingsdoelstellingen voor het habitattypen zijn behoud van oppervlakte en behoud van kwaliteit. De landelijke staat van instandhouding van habitattype H1110B is zeer ongunstig.

In de Voortoets is beoordeeld dat het habitattype H1110B mogelijk effect ondervindt van de activiteiten bij de aanleg van de microtunnel/ direct pipe. Door deze activiteiten kunnen de volgende effecten optreden: oppervlakteverlies, versnippering leefgebied, verontreiniging, vertroebeling en verandering dynamiek. De effecten van deze vier storingsfactoren worden hieronder nader beoordeeld, uit Tabel 6-7. De gevoeligheid voor verstoring door oppervlakteverlies, versnippering, verontreiniging en verandering van de dynamiek van substraat voor habitattype H1110B (Effectenindicator Ministerie LNV).blijkt dat het habitattype gevoelig is voor alle vier de verstoringsfactoren.

Tabel 6-7. De gevoeligheid voor verstoring door oppervlakteverlies, versnippering, verontreiniging en verandering van de dynamiek van substraat voor habitattype H1110B (Effectenindicator Ministerie LNV).

Habitattype	Gevoeligheid			
	Oppervlakteverlies	*Versnippering*	*Verontreiniging*	*Verandering dynamiek substraat/vertroebeling*
H1110B Permanent overstroomde zandbanken	Gevoelig	Gevoelig	Gevoelig	Gevoelig

Schaal - Gevoeligheid voor verstoring (Effectenindicator Ministerie LNV)

Niet gevoelig	Gevoelig	Zeer gevoelig

Effecten van oppervlakteverlies

Voor Natura 2000-gebied Voordelta zijn de effecten van oppervlakteverlies beoordeeld voor de eerste sectie; de doorkruising van de Maasgeul. De werkzaamheden voor de aanleg van de voorkeursvariant 'microtunneling' duren in totaal 14 dagen. De 3 meter brede microtunnel wordt aangelegd op een diepte van 20 m, over een lengte van circa 2 km. Door de ligging op diepte leidt dit niet tot oppervlakteverlies in de Voordelta.

Door de baggerwerkzaamheden bij het direct pipe alternatief is er sprake van een tijdelijk verlies van oppervlakte van circa 3,4 ha. In totaal resulteert direct pipe dus in een verlies van 3,4 ha, wat in verhouding minder dan 0,01 % is van de gehele oppervlakte van de Voordelta (80.000 ha) en dus ook van habitattype H1110 (aangezien dit bijna vlakdekkend is in de Voordelta). Het ruimtebeslag voor doorkruising van de Maasgeul zal plaatsvinden in de uiterste noordoosthoek binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied (Figuur 6-6). De werkzaamheden nemen in totaal 47 dagen in beslag (inclusief baggerwerkzaamheden in de Voordelta).

Tabel 6-8. Alternatieven voor de doorkruising van de zeewering en de Maasgeul en het bijbehorende volume baggermateriaal dat vrijkomt door de activiteit.

Type uitwerking voor de doorkruising van de zeewering en de Maasgeul	Lengte van het baggerwerk (m)	Volume vrijkomend baggermateriaal (m^3)	Oppervlakteverlies door aanleg (ha)
Microtunnel (voorkeursvariant)	101	2.019	0,1
Direct piping (alternatieve variant)	1.920	707.752	3,4

De Voordelta is een dynamisch gebied dat voortdurend aan verandering onderhevig is. Er vindt vaker verstoring van de bodem plaats door baggerwerkzaamheden. De benthos samenstelling bestaat uit kortlevende en snel voortplantende soorten (Craeymeersch et al., 2019). Het effect op de bodemdierengemeenschap is afhankelijk van de intensiteit, frequentie en de schaal van de bodemberoerende activiteiten. In de literatuurreview van Rippen et al., (2020) wordt geconcludeerd dat in een dynamisch gebied de herstelperiode van de benthosgemeenschap kort kan zijn (<1 jaar), maar dit kan oplopen afhankelijk van de mate van beroering. Voor kabels en leidingen wordt gesteld dat de impact op de bodemdierengemeenschap klein is, wat betekent dat de bodemsoorten zich binnen enkele maanden (wormsoorten) tot een jaar (schelpdieren) kunnen herstellen (Rippen et al., 2020). Wanneer de gleuf wordt dichtgemaakt met hetzelfde soort sediment kan de natuur zich herstellen. Het oppervlakteverlies is klein en er is sprake van een korte hersteltijd, waardoor de effecten als klein worden beoordeeld.

Conclusie H11010B
Significant negatieve effecten van oppervlakteverlies van habitattype H1110B als gevolg van de voorgenomen activiteiten in de Voordelta zijn uitgesloten.

Effecten van versnippering
De Maasgeul zal worden doorkruist door middel van de microtunnel/ direct pipe van de voorkeursvariant microtunneling of de alternatieve variant direct piping. De leiding loopt door de uiterste hoek van het Natura 2000-gebied (). De afstand die wordt afgelegd door de Voordelta is beperkt (maximaal 200 meter). Voor microtunneling en direct piping geldt dat de microtunnel/direct pipe wordt aangelegd onder de zeebodem. Er is hierdoor geen sprake van permanente versnippering van leefgebied.



Figuur 6-6. Kruising van zeeleiding door het noordelijke deel van Natura 2000-gebied de Voordelta in de rode rechthoek.

De doorkruising van het habitattype H1110B vindt alleen plaats in het noordelijke deel van de Voordelta en is zeer minimaal (maximaal 200 meter). De microtunnel/direct pipe wordt bovendien onder de zeebodem aangelegd, waardoor er geen sprake is van permanente versnippering van leefgebied. Er is wel sprake van tijdelijke versnippering bij het alternatief direct piping. Na aanleg van de microtunnel/direct pipe kunnen soorten zich weer vestigen en vindt herstel plaats. Bodemsoorten kunnen zich binnen enkele maanden (wormsoorten) tot een jaar (schelpdieren) herstellen (zie effecten van oppervlakteverlies; Rippen et al., 2020).

Conclusie H11010B
Significante effecten van versnippering op het habitattype H1110B kunnen worden uitgesloten.

Effecten van verontreiniging
Verontreiniging kan ontstaan wanneer verhoogde concentraties schadelijke stoffen in zee terechtkomen. Habitattype H1110B is gevoelig voor verontreiniging (Tabel 6-7).

Bij de werkzaamheden worden delen van de leiding onder bestaande watergangen aangelegd. Tijdens het boren wordt de tunnelboormachine voorzien van boorvloeistoffen zoals bentoniet, terwijl aan de boorkop slurry wordt afgevoerd. De slurry wordt gescheiden; water en bentoniet worden hergebruikt in het boorproces. De grond wordt met vrachtwagens naar een stortplaats gebracht. Vanwege het feit dat de boorvloeistof en het boorgruis worden afgevoerd naar land, is er geen sprake van verontreiniging in de Voordelta.

Conclusie H11010B
De boorvloeistof en boorgruis worden afgevoerd naar land en vormen daardoor geen risico op verontreiniging van de typische soorten van habitattype H1110B. Significante effecten door verontreiniging kunnen worden uitgesloten.

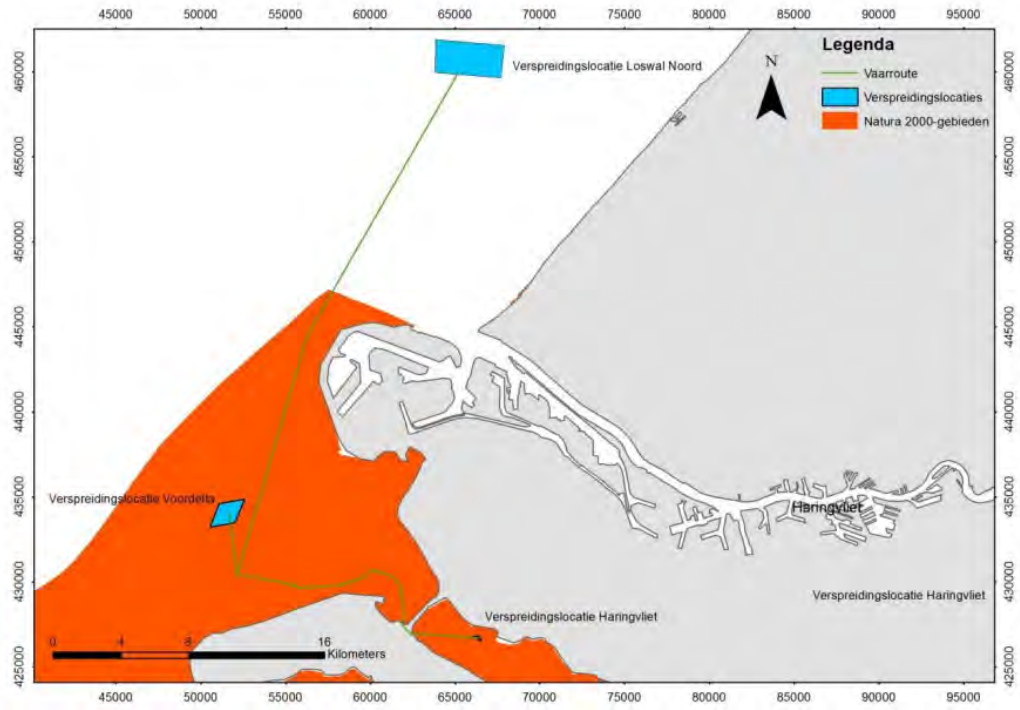
Effecten van vertroebeling
Afhankelijk van de keuze voor direct piping of microtunneling bedraagt het vrijkomende volume baggermateriaal respectievelijk 707.752 m^3 en 2.019 m^3 (Tabel 6-8). Het gaat hier enkel om het volume baggermateriaal dat vrijkomt en wordt neergelegd in de Voordelta als gevolg van de werkzaamheden aan de microtunnel/direct pipe, en niet om het sediment dat vrijkomt bij de aanleg van de onshore en offshore zeeleiding (zie daarvoor paragraaf 6.1.2).

De baggeractiviteiten ten behoeve van de doorkruising van de Maasgeul kunnen leiden tot opwerveling van sediment van de zeebodem, waardoor de troebelheid in de waterkolom toeneemt. Habitattype H1110B is gevoelig voor vertroebeling (Tabel 6-6).

Vertroebeling in de Voordelta
In de modelstudie *Vertroebeling en bodemberoering Aramis* is geanalyseerd welke concentraties sediment in suspensie komen en hoeveel sedimentatie plaatsvindt als gevolg van de aanleg van de nearshore zeeleiding (Royal HaskoningDHV, Notitie vertroebeling en bodemberoering Aramis, 2023). De vertroebeling en sedimentatie die optreedt door de baggerwerkzaamheden voor direct piping/microtunneling zijn niet in kaart gebracht. Om toch inzicht te krijgen in de mogelijk effecten van vertroebeling op de natuurwaarden van de Voordelta is daarom kennis genomen van een modelstudie van vertroebeling als gevolg van baggerwerkzaamheden in het Slijkgat in de Voordelta (Arcadis, 2014). Jaarlijks wordt er zand en slib gebaggerd uit de vaargeul bij de Drempel bij de Hinderplaat, de Drempel bij de Kwade Hoek en de Drempel bij de Pampus, en vervolgens weer verspreid op een verspreidingslocatie in de Voordelta (Figuur 6-7). Gemiddeld gaat het om een baggervolume van 100.000 – 300.000 m^3 op jaarbasis dat weer wordt verspreid op de verspreidingslocaties. In een piekjaar ligt het baggervolume tussen de 600.000 en 900.000 m^3. Voor Aramis geldt dat bij direct piping circa 700.000 m^3 aan baggervolume vrijkomt ten behoeve van de aanleg van de microtunnel/direct pipe.

Uit de modelstudie blijkt dat de toename van slibconcentratie in de waterkolom in het gebied van de baggerlocatie Pampus en op de verspreidingslocatie als gevolg van de baggerwerkzaamheden bij de Drempel van de Pampus maximaal 0,8 mg/l is en op de verspreidingslocatie maximaal 3,4 mg/l. Ook blijkt dat na het stoppen van de baggerwerkzaamheden de concentratie binnen een dag naar respectievelijk 0,25

mg/l en 0,75 mg/l daalt. Alleen lokaal treedt er een verhoogde slibconcentratie van maximaal 6 mg/l op (baggerpluim na twee weken).



Figuur 6-7. Overzicht van de verspreidingslocaties en vaarroutes ten opzichte van Natura-2000 gebied de Voordelta (Arcadis, 2014).

Effecten op typische soorten in de Voordelta

Het effect van vertroebeling op de typische soorten van Habitattype H1110B is afhankelijk van de intensiteit, frequentie en de schaal van de bodemberoerende activiteiten, alsmede de gevoeligheid van deze typische soorten voor vertroebeling. De kwaliteit van het habitattype H1110B wordt onder andere bepaald door de aanwezigheid van soorten zoals een aantal verschillende soorten borstelwormen (bijvoorbeeld schelpkokerworm en zandkokerworm), kreeftachtigen (bijvoorbeeld gewone zwemkrab en bulldozer-kreeftje), stekelhuidigen (bijvoorbeeld hartegel en gewone slangster), vissen (waaronder haring, schol en tong) en weekdieren (onder andere nonnetje en zaagje).

Voor bepaalde vissen, zoals zichtjagers, geldt dat een verhoogde sedimentconcentratie een negatief effect kan hebben op de soort. Voor andere vissoorten kan een verhoogde sedimentconcentratie een positief effect hebben, omdat ze bijvoorbeeld minder zichtbaar zijn als prooi (Wenger et al., 2017). Uit de literatuurstudie van Wenger et al. (2017), waarin naar de effecten van een toename in sedimentconcentratie op een groot aantal vissoorten (van zoet tot zout) is gekeken, blijkt dat sommige vissoorten geen reactie vertonen bij een sediment concentratie van 28.000 mg/l en dat bij andere soorten de dood intreedt bij 25 mg/l. Dit is sterk afhankelijk van de natuurlijke habitat van de soort. Aangezien de achtergrondconcentratie in de Voordelta al vrij hoog is (20-100 mg/l) is de kans groot dat de soorten die daar voorkomen een concentratie van meer dan 20 mg/l goed kunnen verdragen. Voor een soort als de Amerikaanse elft (een trekvis) wordt een concentratie van 100 mg/l als tolerantiegrens benoemd (Kjelland et al., 2015). Op basis daarvan wordt aangenomen dat een toename van 6 mg/l (*worst-case*) geen negatief effect heeft op de typische vissoorten in de Voordelta.

Filtervoeders, zoals kokerwormen, zijn mogelijk gevoeliger voor vertroebeling. Bij verhoogde zwevende stof concentraties kan het filteren van het water voor voedsel lastiger worden, waardoor de kokerwormen in conditie achteruitgaan. De studie van Dubois et al. (2009) toonde aan dat de filtersnelheid (*clearance rate* in L/uur) van zandkokerwormen sterk afnam (van ca. 3 naar 1,5 L/uur) bij een verhoging van zwevende stof concentratie van 6,5 tot 153,8 mg/l. Mogelijk hebben kokerwormen bij hogere zwevende stof concentraties moeite om de gefiltreerde deeltjes volledig te sorteren en om pseudofeces te produceren. Als gevolg neemt

de filtersnelheid af. De filteractiviteit bleef echter onveranderd bij hoge zwevende stof concentraties van circa 100 mg/l; het aantal actief filterende zandkokerwormen bleef stabiel bij toenemende zwevende stof concentraties in de waterkolom. Zandkokerwormen in de Voordelta kunnen hoogstens tijdelijk worden gehinderd door de troebele pluim, maar dit leidt niet tot afname van de soort.

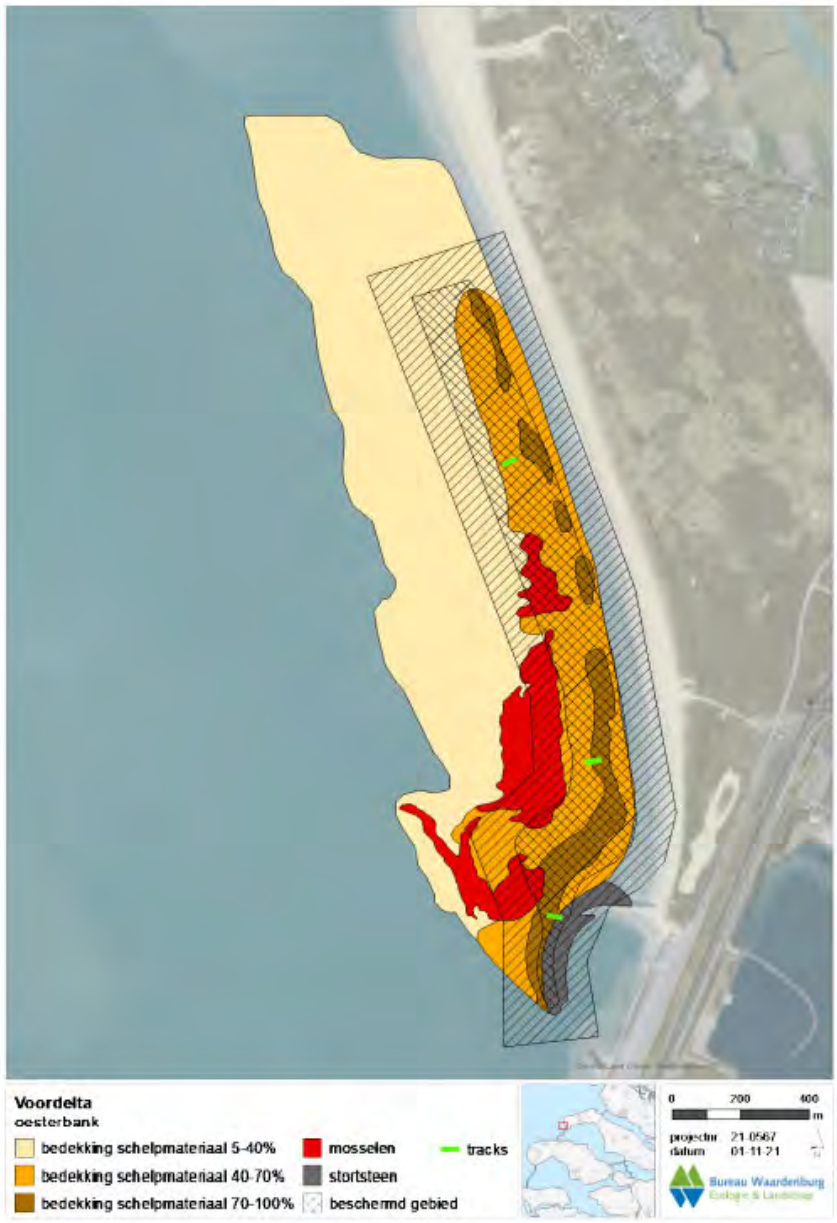
Effecten op de oesterbank in de Voordelta

In het noordelijke deel van de Voordelta bevindt zich een habitat dat mogelijk gevoelig is voor vertroebeling; een oesterbank waar de Japanse oester, platte oester en mosselen voorkomen (Figuur 6-8). Vanwege het ecologische belang van dit habitat voor de Voordelta worden mogelijke effecten van vertroebeling nog specifiek besproken voor deze oesterbank. Het oppervlakte oesterbank met een hoge bedekking van schelpen en oesters (70-100%) beslaat 9,6 hectare en met een gemiddelde bedekking (40-70%) van 30,3 hectaren. Daarnaast is er 14,1 hectaren mosselbank aanwezig (Kamermans, Didderen, et al., 2022).

Tweekleppigen zoals oesters zijn, vanwege hun aanpassingsmechanismen, in het algemeen vrij tolerant voor vertroebeling. Toch kunnen ze een effect ondervinden door blootstelling aan vertroebeling. Effecten zijn onder andere vermindering van voedselactiviteit en respiratie en verhoging van de pseudofaecesproductie en energieverbruik (Wilber & Clarke, 2001).

Dichter bij de zeebodem is de slibconcentratie hoger. Volgens Rozemeijer & Graafland (2007) beginnen de eerste effecten op larven van tweekleppigen bij 400 mg/l chronische belasting. Voor adulte tweekleppigen is dat bij 2000 mg/l chronische belasting. Rozemeijer & Graafland (2007) adviseren om een veilige norm van 150 mg/l aan te houden. Die wordt slechts af en toe overschreden onder stormcondities, als een natuurlijk aspect.

Een randvoorwaarde voor een gezonde oesterbank is een zwevend stofgehalte van <90 mg/l (Kamermans et al., 2018; Smaal et al., 2017). Een kortdurende toename in vertroebeling zal naar verwachting geen groot effect hebben op een platte oesterbank en de bijbehorende soorten (Perry & Tyler-Walters, 2016).



Figuur 6-8. Oesterbank in de Voordelta met bedekking van schelpmateriaal (Japanse oester, platte oester en mosselen) (Kamermans, Didderen, et al., 2022).

Bij een maximale toename in zwevende stof concentratie van 6 mg/l (*worst-case*) en een achtergrondconcentratie van 100 mg/l in de Voordelta (Suijlen & Duin, 2002) ontstaat een concentratie van 106 mg/l op de locatie van de voorgenomen activiteit (Figuur 6-1). De afstand tussen de locatie van de voorgenomen activiteit en de oesterbank is bovendien ca. 35 kilometer, waardoor kan worden aangenomen dat de troebele wolk verder zal verdunnen door stroming en menging en de zwevende stof concentraties ter hoogte van de oesterbank verder zullen zijn afgenomen en niet hoger zal zijn dan 90 mg/l.

Conclusie H11010B
Significante effecten van vertroebeling van habitattype H1110B als gevolg van de aanleg van de direct pipe in de Voordelta zijn uitgesloten.

Effecten van verandering dynamiek
Voor de aanleg van de direct pipe zal worden gebaggerd. Het zand afkomstig van baggeren wordt op locatie gestort en zal sedimenteren op de zeebodem, waardoor het bodemleven wordt bedekt. De meeste benthische soorten komen voor in de bovenste 10 cm van de zeebodem en zijn gebaat bij een connectie met het water, onder andere voor de uitwisseling van zuurstof en afvalstoffen en het verkrijgen van voedsel (Miller et al., 2002). Wanneer er sprake is van bedekking door sedimentatie zorgt dit voor een extra laag sediment op de zeebodem, wat de connectie met de oppervlakte kan verhinderen. Afhankelijk van de dikte van de sedimentatie-laag zal dit effect hebben op de verschillende benthische soorten. Is de laag te dik dan kan dit leiden tot sterfte van het bodemleven (Rozemeijer & Smith, 2017).

Verandering dynamiek in de Voordelta
In de modelstudie *Vertroebeling en bodemberoering Aramis* is geanalyseerd welke concentraties sediment in suspensie komen en hoeveel sedimentatie plaatsvindt als gevolg van de aanleg van de nearshore zeeleiding (Royal HaskoningDHV, Notitie vertroebeling en bodemberoering Aramis, 2023). De vertroebeling en sedimentatie die optreedt door de baggerwerkzaamheden voor direct piping/ microtunneling zijn niet in kaart gebracht. Om toch inzicht te krijgen in de mogelijk effecten van vertroebeling op de oesterbank is daarom kennis genomen van een modelstudie van sedimentatie als gevolg van baggerwerkzaamheden in het Slijkgat in de Voordelta (Arcadis, 2014). Jaarlijks wordt er zand en slib gebaggerd uit de vaargeul bij de Drempel bij de Hinderplaat, de Drempel bij de Kwade Hoek en de Drempel bij de Pampus, en vervolgens weer verspreid op een verspreidingslocatie in de Voordelta (Figuur 6-7). Gemiddeld gaat het om een baggervolume van 100.000 – 300.000 m^3 op jaarbasis dat weer wordt verspreid op de verspreidingslocaties. In een piekjaar ligt het baggervolume tussen de 600.000 en 900.000 m^3. Voor Aramis geldt dat bij direct piping circa 700.000 m^3 aan baggervolume vrijkomt ten behoeve van de aanleg van de microtunnel/ direct pipe.

Uit de modelstudie blijkt dat de kleine verhoging van de concentraties slib kan leiden tot een zeer beperkte extra sedimentatie, in de grootte van orde van mm/jaar op de plekken waar de condities van nature al leiden tot de sedimentatie van slib.

Effecten op de typische soorten in de Voordelta
Op basis van de AMBI sedimentation index[11] kan worden verondersteld dat van de typische soorten van de Voordelta - zoals beschreven in de paragraaf hiervoor – de gewone slangster (*Ophiura ophiura*), schelpkokerworm (*Lanice conchilega*) en de gewone zwemkrab niet gevoelig zijn voor een toename in sedimentatie (Tabel 6-9). Het bulldozerkreeftje (*Urothoe poseidonis*), het zaagje (*Donax vittatus*), de hartegel/ zeeklit (*Echinocardium cordatum*) en het nonnetje (*Limecola balthica)* zijn geclassificeerd als soorten die gevoeliger zijn voor sedimentatie en die bij grote fluctuaties in sedimentatie niet eenvoudig herstellen (Gittenberger & Van Loon, 2011). Sedimentatie is echter pas dodelijk bij bedelving van >60 cm, >30 cm of >10 cm voor respectievelijk het nonnetje, de hartegel en het zaagje (Bijkerk, 1988; Rozemeijer & Smith, 2017). Voor het bulldozerkreeftje is de relatie tussen sedimentdikte en het percentage overlevende dieren niet bekend. Over het algemeen geldt echter dat kreeftjes de capaciteit hebben om bij sedimentatie op tijd weg te zwemmen of anders zichzelf uit te graven. Kreeftachtigen kunnen een toename in ventilatie regelen of opgelost zuurstof in het sediment gebruiken. Bij de meeste kreeftachtigen zal sedimentatie tot 15 cm weinig effect hebben (Rozemeijer & Smith, 2017). Omdat de toename in sedimentdikte is in de ordergrootte van enkele millimeters op de locatie van de voorgenomen activiteit, en dit is ruim onder de fatale sedimentdikte.

De zandkokerworm is niet beoordeeld in de AMBI sedimentation index (Gittenberger & Van Loon, 2011). Wel is bekend dat de zandkokerworm vaak voorkomt in dynamische gebieden waar (enige) sedimentatie optreedt (Jackson & Hiscock, 2008). Het laatste is ook essentieel voor de zandkokerworm voor de vorming van de kokers en voor voedselinname. In verschillende studies is aangetoond dat dat zandkokerwormriffen in de buurt van zandwinningsgebieden onaangetast bleven (Pearce et al., 2007, 2011). Significant negatieve effecten op de zandkokerworm kunnen worden uitgesloten.

[11] *De marine biotic index (AMBI) Sedimentation is een indicator die de gevoeligheid van soorten beoordeeld voor sedimentatie door bedelving van zand of modder.*

Tong en schol foerageren met name op benthische invertebraten zoals borstelwormen, schelpdieren en kleine kreeftjes, die (deels) schuilhouden in en op de zeebodem. De sedimentdikte is medebepalend voor het foerageergedrag van de bodemvissen. Ende et al. (2018) toonde bijvoorbeeld aan dat bij een sedimentdikte van 2-5 cm de voedselinname van tong hoger was dan bij een sedimentdikte van 20 cm. Door de dikkere sliblaag (bij een sedimentdikte van 20 cm) konden prooisoorten zich dieper ingraven, waardoor het foerageersucces afnam. De toename in sedimentatie is echter in de ordergrootte van enkele millimeters, waardoor veranderingen in prooi-predatorrelaties niet te verwachten zijn.

Tabel 6-9 Beoordeling van typische soorten in de Voordelta aan de hand van de AMBI sedimentation index (Gittenberger & Van Loon, 2011).

Klassen AMBI sedimentation	Definitie	Typische soorten Voordelta
Klasse I	Soort is heel erg gevoelig voor sedimentatie. In helder water is de soort aanwezig in hoge dichtheid.	-
Klasse II	Soort is gevoelig voor hoge sedimentatie, maar leeft bij voorkeur in gebieden waar enige sedimentatie optreedt. Van grotere fluctuaties in sedimentatie herstellen ze niet eenvoudig.	Bulldozerkreeftje (*Urothoe poseidonis*), zaagje (*Donax vittatus*), hartegel/ zeeklit (*Echinocardium cordatum*), nonnetje (*Limecola balthica*)
Klasse III	Soort is niet gevoelig voor hoge sedimentatie, maar herstelt niet eenvoudig van grotere fluctuatie in sedimentatie.	Gewone zwemkrab (*Liocarcinus holsatus*)
Klasse IV	Soort is niet gevoelig voor hoge sedimentatie. De populatie herstelt relatief snel en kan baat hebben bij sedimentatie. Populatiegroei vindt plaats na fluctuaties in sedimentatie.	Gewone slangster (*Ophiura ophiura*), schelpkokerworm (*Lanice conchilega*)
Klasse V	Soorten die zeer veel baat hebben bij hoge sedimentatie en fluctuaties in sedimentatie.	-

Effecten op de oesterbank in de Voordelta

In Rozemeijer & Smith (2017) wordt een overzicht gegeven van de sedimentdiktes waarbij bodemdieren sterven. Dit verschilt per soort, de ene soort is gevoeliger voor bedekking dan de andere. Er wordt een range van 1,5 – 15 cm genoemd, waarbij wordt aangegeven dat de meeste tweekleppige schelpdieren een sedimentlaag van 10 cm kunnen overleven. De toename in sedimentatie van enkele millimeters valt ruim onder de genoemde sedimentdiktes (1,5 -15 cm) waarbij sterfte kan optreden en daardoor is er geen sprake van negatieve effecten op de oesters.

Conclusie H11010B

Significant negatieve effect van verandering dynamiek op habitattype H1110B kunnen worden uitgesloten.

6.2.2 Vissen

Het Natura 2000-gebied Voordelta is aangewezen voor de vissen rivierprik, zeeprik, fint en elft. De instandhoudingsdoelstellingen voor deze vissen zijn uitbreiding populatie en behoud van omvang en kwaliteit leefgebied. De staat van instandhouding van de zeeprik, fint en elft is zeer ongunstig. De landelijke staat van instandhouding van de rivierprik is matig ongunstig.

Door de activiteiten kunnen de vissen effect ondervinden van trillingen en geluid, licht, beweging en optiek, verontreiniging, vertroebeling en verandering dynamiek. De effecten van deze storingsfactoren worden hieronder nader beoordeeld, in Tabel 6-10 is de gevoeligheid van vissen voor deze verstoringsfactoren weergegeven.

Tabel 6-10. De gevoeligheid voor verstoring door geluid en trillingen, licht en beweging en optiek voor vissen (Effectenindicator Ministerie LNV).

Vissoort	Gevoeligheid			
	Onderwatergeluid & trilling	*Licht*	*Beweging en optiek*	*Verontreiniging*
Elft	Gevoelig	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Zeer gevoelig
Zeeprik	Gevoelig	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Zeer gevoelig
Rivierprik	Gevoelig	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Zeer gevoelig
Fint	Gevoelig	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Zeer gevoelig

Schaal - Gevoeligheid voor verstoring (Effectenindicator Ministerie LNV)

Niet gevoelig	Gevoelig	Zeer gevoelig

Effecten van trillingen en geluid

De Voordelta is aangewezen voor de habitatrichtlijnsoorten rivierprik, zeeprik, elft en fint. De zeeprik, de rivierprik en de fint zijn anadrome soorten, wat betekent dat volwassen vissen vanuit zee de rivieren optrekken om daar te paaien. Een belangrijk deel van het leven wordt echter op zee doorgebracht, waarbij de kustzone van groot belang is. Deze soorten hebben een zwemblaas.

Vissen hebben geen extern gehoororgaan. Geluid, in de vorm van drukverschillen onder water, kan door vissen op verschillende manieren worden waargenomen (Thomsen et al., 2006). Er wordt onderscheid gemaakt in gehoorspecialisten, waartoe soorten behoren met een relatief lage gehoordrempel en hoge gevoeligheid voor geluid, en gehoorgeneralisten: soorten die geen zwemblaas hebben of waarbij speciale structuren voor een efficiënte geluidsoverdracht ontbreken. De meeste bodemvissen, zoals platvissen en grondels, zijn gehoorgeneralisten terwijl de meeste vissen die hoger in de waterkolom leven gehoorspecialisten zijn.

Het (impuls)geluid dat bij heien van de aanlegsteigers wordt geproduceerd kan door sommige vissoorten worden waargenomen en tot gedragseffecten leiden. Fysieke of fysiologische effecten omvatten in theorie tijdelijke of permanente schade aan de zwemblaas, bloedvaten of het gehoorapparaat. Visseneieren kunnen bij hoge geluidniveaus ook effecten van onderwatergeluid ondervinden. (Van Damme et al., 2011). In Popper et al. (2014) wordt aangegeven dat het risico op schade of sterfte door heien op volwassen vissen optreedt bij een geluidsniveau van meer dan SELss 174 dB re 1 µPa2s en dat er een effect optreedt op larven van vissen bij een geluidsniveau van meer dan SELss 187 dB re 1 µPa2s. Deze waarden worden door een Zweeds onderzoeksinstituut voorgesteld als toekomstige drempelwaarden voor heien (Popper & Hawkins, 2019). Een recenter onderzoek in de Belgische Noordzee van der Knaap et al. (2022) richtte zich op effecten van heien op gedrag van de Atlantische kabeljauw. Tijdens de heiactiviteit bereikte de SPL maximaal 199, 196, en 188 dB bij 400, 500 en 1.700 meter afstand ten opzichte van de geluidsbron. De gemeten SELss) waarden waren gemiddeld 176, 175 en 168 dB (re1 µPa2s). De kabeljauwen bleven tijdens het heien in de nabije omgeving en vertoonden geen verhoogde bewegingsactiviteit van de geluidsbron af. Kleine veranderingen in beweging waren te zien in dat de vissen zich dichter bij het vestiging substraat bevonden (van der Knaap et al., 2022). Dit onderzoek suggereert dat deze vissoort met zwemblaas (en dus gevoeliger zijn voor geluid) geen grote veranderingen in gedrag vertonen. Er zijn geen specifieke studies bekend naar het effect van onderwatergeluid op trekvissen, behalve dat ze in staat zijn om relatief hoge frequenties te horen (Gregory et al., 2007).

Conclusie vissen

Vissen zijn zeer mobiel en hebben genoeg uitwijkmogelijkheden om het onderwatergeluid te vermijden, mocht dit als te verstorend worden ervaren. Het tot nu toe gepubliceerde onderzoek laat zien dat vissen weinig tot geen directe negatieve effecten ondervinden van impulsgeluid dat bij het heien zal vrijkomen. De instandhoudingsdoelstelling behoud van omvang en behoud van kwaliteit leefgebied voor uitbreiding van de populatie voor de genoemde trekvissoorten komt niet door de voorgenomen activiteiten in gevaar en significant negatieve effecten kunnen worden uitgesloten.

Effecten van licht
De pijpleg- en baggerschepen die worden ingezet bij de aanleg van de microtunnel/direct pipe stralen licht uit. Verstoring door licht kan effect hebben op bepaalde vissoorten en leiden tot verstoring van gedrag. Sommige soorten worden door verlichting aangetrokken, terwijl andere soorten nauwelijks reactie lijken te vertonen. Omdat het een continu proces is, is het schip ook 's nachts verlicht om het werk goed uit te kunnen voeren en de veiligheid van de bemanning te waarborgen. De verlichting is zodanig uitgevoerd dat onnodige lichtuitstraling wordt vermeden.

Pelagische vissen, zoals elft, zeeprik, rivierprik en fint , bevinden zich 's nachts hoger en meer verspreid in de waterkolom terwijl ze overdag meer in scholen samenkomen en ze zich laag in de waterkolom bevinden (e.g. Acolas et al., 2004). Mogelijk kan er dus een effect van verlichting zijn in de nacht. Finten zijn echter naast zichtjagers ook filterfeeders (plankton) (Aprahamian et al., 2003; De Laak 2009), waardoor ze niet geheel afhankelijk van zicht om te jagen. Rivierprik en zeeprik jagen zowel op zicht als 'geur'; zij kunnen prooidieren lokaliseren door het volgen van chemische sporen van de prooi (Maitland & Hatton-Ellis, 2003). Rivierprik en zeeprik zijn daarom waarschijnlijk minder gevoelig voor lichtverstoring in de waterkolom.

In de epipelagische zone (tot 200 m diepte) is er bovendien veel licht aanwezig waardoor lenzen van vissen die hier leven vaak lenspigmenten bevatten (Lisney & Collin, 2007). De pigmenten verminderen de spectrale bandbreedte en de intensiteit van het licht waardoor er 80% minder licht beschikbaar is voor het netvlies. Men vermoedt dat ze onder andere belangrijk zijn voor het beschermen van het netvlies. Sommige vissoorten kunnen ook de grootte en vorm van hun pupil sterk veranderen (Hart et al., 2006). Het kunnen bewegen van de pupil is nuttig om de hoeveelheid licht die het oog binnenkomt te kunnen reguleren (Van Gompel, 2016). Vissoorten die in de bovenste delen van de waterkolom voorkomen zijn dus vaak aangepast aan een lichte omgeving, waardoor lichtinval wordt gereguleerd.

Het extra licht van de werkzaamheden zal naar verwachting geen verstoring opleveren. Bovendien worden er standaard maatregelen getroffen om uitstraling van licht zoveel mogelijk te vermijden (Paragraaf 2.4).

Conclusie vissen
Significante negatieve effecten als gevolg van lichtverstoring op trekvissoorten kunnen worden uitgesloten.

Effecten van beweging en optiek
De pijpleg- en baggerschepen die worden ingezet bij de aanleg van de microtunnel/direct pipe zijn (in fases) in beweging. Verstoring door beweging en optiek kan effect hebben op soorten en leiden tot een verandering in gedrag.

Er is weinig bekend over de effecten van beweging en optiek op vissen. Trekvissen zijn echter mobiele soorten waardoor ze zich eenvoudig kunnen verplaatsen bij verstoring. Verstoring door beweging en optiek vindt daarnaast voornamelijk in het bovenste deel van de waterkolom plaats, waardoor vissen voldoende mogelijkheid hebben om uit te wijken.

Conclusie vissen
Significant negatieve effecten van beweging en optiek op de instandhoudingsdoelstellingen van de vissen zijn uit te sluiten.

Effecten van verontreiniging
De elft, zeeprik, rivierprik en fint zijn erg gevoelig voor verontreiniging. Bij de werkzaamheden worden delen van de leiding onder bestaande watergangen aangelegd. Tijdens het boren wordt de tunnelboormachine voorzien van boorvloeistoffen zoals bentoniet, terwijl aan de boorkop slurry wordt afgevoerd. De slurry wordt gescheiden; water en bentoniet worden hergebruikt in het boorproces. De grond wordt met vrachtwagens naar een stortplaats gebracht. Vanwege het feit dat de boorvloeistof en het boorgruis worden afgevoerd naar land, is er geen sprake van verontreiniging.

Conclusie vissen
De boorvloeistof en boorgruis voor het boren van de microtunnel/direct pipe worden afgevoerd naar land en vormen daardoor geen risico op verontreiniging van vissen. Significante effecten door verontreiniging kunnen worden uitgesloten.

Effecten van vertroebeling
Vertroebeling van de waterkolom wordt veroorzaakt door het opwervelen van sediment tijdens het baggeren. Een troebele pluim zorgt voor verminderd zicht, wat kan leiden tot verminderde voedselinname door vissen. Vooral visetende soorten die zich voeden met grotere prooien en over grotere afstanden prooien kunnen waarnemen, worden beperkt in hun foerageermogelijkheden als gevolg van vertroebeling (De Robertis et al., 2003; Hecht, 1992; Utne-Palm, 2002). De fint is een voorbeeld van een typische zichtjager. Verhoogde concentraties zwevend stof in de waterkolom kunnen daarnaast de kieuwen van vissen beschadigen, wat wederom resulteert in verminderde voedselinname en uiteindelijk verminderde of vertraagde groei (Au et al., 2004; Lake & Hinch, 1999; Wong et al., 2013).

Baggeren in voortplantingsgebieden of in de nabijheid van voortplantingssubstraat kan daarom effect hebben op het voorplantingssucces van vissen, en daardoor op de populatiestructuur- en groei (Todd et al., 2015). De elft, fint, zeeprik en rivierprik planten zich voort in zoet rivierwater en niet in zout water. Dit betekent dat de vissen tijdens de meest kwetsbare levensfasen niet aanwezig zullen zijn in of nabij het plangebied.

In paragraaf 6.2.1 is beschreven dat er sprake is van een maximale toename van 6 mg/L en dat de achtergrondconcentratie in de Voordelta al relatief hoog is waardoor er geen sprake is van negatieve effecten.

Conclusie vissen
Effecten als gevolg van vertroebeling door de baggerwerkzaamheden zijn tijdelijk, lokaal en minimaal, waardoor significant negatieve effecten van vertroebeling op trekvissen kunnen worden uitgesloten.

Effecten van verandering dynamiek
Door het baggeren ontstaat er een troebele pluim in de waterkolom. Wanneer de zwevende stofdeeltjes sedimenteren is er ook sprake van sedimentatie. De effecten van sedimentatie zijn het meest relevant voor juvenielen, eitjes en larven. Bedelving door sediment leidt tot verstikking van deze kwetsbare levensfasen en tot het verlaat uitkomen van viseitjes (Berry et al., 2011). De elft, fint, zeeprik en rivierprik planten zich echter voort in zoet rivierwater en niet in zout water. Dit betekent dat de vissen tijdens de meest kwetsbare levensfasen niet aanwezig zullen zijn in of nabij het plangebied.

Conclusie vissen
Significant negatieve effecten van verandering dynamiek als gevolg van de baggerwerkzaamheden kunnen worden uitgesloten.

6.2.3 Zeezoogdieren

Het Natura 2000-gebied Voordelta is aangewezen voor de zeezoogdieren bruinvis, grijze zeehond en gewone zeehond. De instandhoudingsdoelstellingen voor de bruinvis zijn behoud populatie en omvang leefgebied en verbetering kwaliteit leefgebied. De instandhoudingsdoelstellingen voor de grijze zeehond zijn behoud populatie, omvang leefgebied en kwaliteit leefgebied. De instandhoudingsdoelstellingen voor de gewone zeehond zijn uitbreiding populatie, behoud omvang leefgebied en verbetering kwaliteit leefgebied. De landelijke staat van instandhouding van de bruinvis, grijze en gewone zeehond is gunstig.

Door de activiteiten kunnen de zeezoogdieren effect ondervinden van trillingen en geluid, licht, beweging en optiek, verontreiniging, vertroebeling en verandering dynamiek. De effecten van deze storingsfactoren worden hieronder nader beoordeeld, in Tabel 6-11 is de gevoeligheid per verstoringsfactor weergegeven (de gevoeligheid voor vertroebeling en verandering dynamiek is onbekend).

Tabel 6-11. De gevoeligheid voor verstoring door geluid en trillingen, licht en beweging en optiek voor zeezoogdieren (Effectenindicator Ministerie LNV).

Zeezoogdier	Gevoeligheid			
	Onderwatergeluid & trilling	*Licht*	*Beweging en optiek*	*Verontreiniging*
Bruinvis	Zeer gevoelig	Zeer gevoelig	Niet beoordeeld	Zeer gevoelig
Grijze zeehond	Zeer gevoelig	Zeer gevoelig	Zeer gevoelig	Zeer gevoelig
Gewone zeehond	Zeer gevoelig	Zeer gevoelig	Zeer gevoelig	Zeer gevoelig

Schaal – Gevoeligheid voor verstoring (Effectenindicator Ministerie LNV)

Niet gevoelig	Gevoelig	Zeer gevoelig

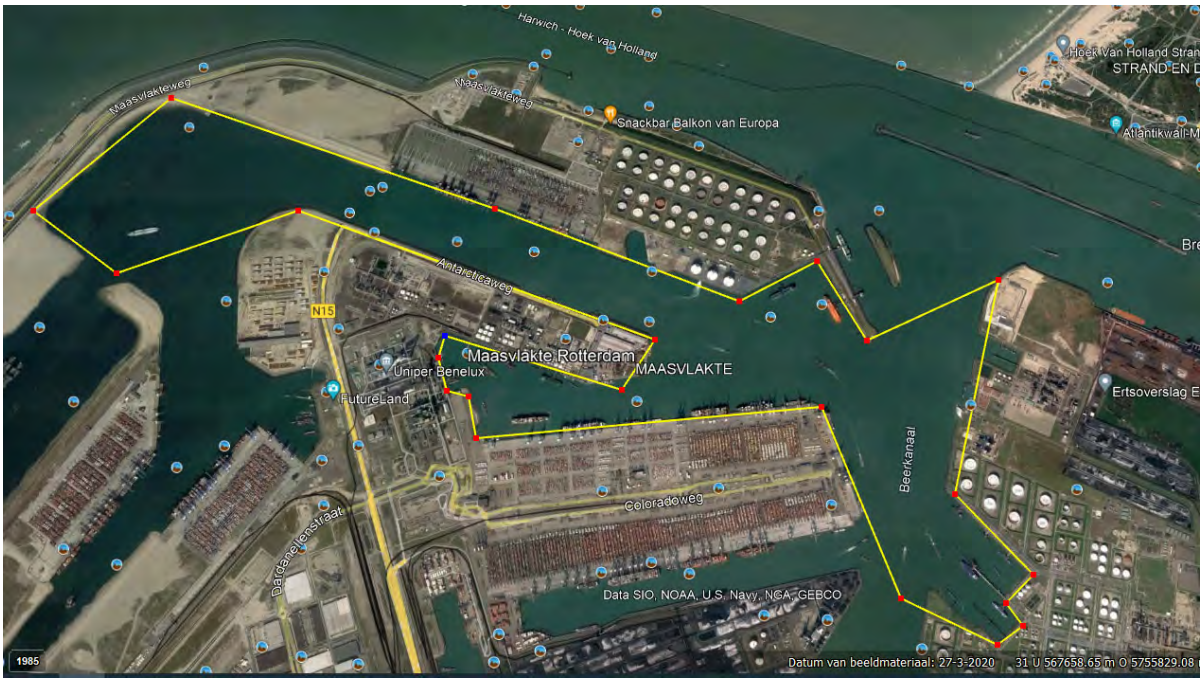
Effecten door trillingen en geluid

De effecten van onderwatergeluid op zeezoogdieren is gedetailleerd beschreven in paragraaf 6.1.5. Hier wordt nader ingegaan op de specifieke effecten op deze soortgroep in de Voordelta.

Bruinvis

De gemiddelde dichtheid in de Voordelta is 0,81 bruinvissen per km^2. Dit aantal is gebaseerd op een worst-case benadering, mogelijk zijn de daadwerkelijke aantallen in de haven lager doordat er diverse activiteiten plaatsvinden waarvoor de bruinvis gevoelig is en dit gebied waarschijnlijk zal vermijden. Dichtheden zijn nader toegelicht in paragraaf 5.1.2 van deze beoordeling. Door deze dichtheden te vermenigvuldigen met het berekende verstoringsoppervlak, volgen schattingen van het aantal mogelijk verstoorde bruinvissen per dag dat de activiteiten worden uitgevoerd, wat uiteindelijk wordt door vertaald in het effect op de Noordzeepopulatie door het totaal aantal bruinvisverstoringsdagen te berekenen en de populatiereductie (paragraaf 6.1.5). Het effect op populatieniveau resulteert in een range van 10.665 – 18.016 bruinvisverstoringsdagen en een populatiereductie (Noordzeepopulatie) van maximaal 8 bruinvissen.

Bij het heien van de aanlegsteigers in de haven, verlaat weinig geluid de haven vanwege het besloten karakter. De genoemde afstand in Tabel 6-2 is dus theoretisch en komt niet overeen met de werkelijkheid. Op basis van de oppervlakte van het havengebied is een realistische schatting gemaakt van de mijdingsoppervlakte (9 km^2), rekening houdend met de geometrie en reflectie van het onderwatergeluid op de oevers (zie Figuur 6-9). Dat betekent dat er alleen een verwaarloosbare geluidstoename optreedt in het Natura 2000-gebied Voordelta door het heien van de aanlegsteigers. Er is ook geen sprake van een overschrijding van de geluidsnorm van SELss 164 dB re 1µPa2s op 750 m van de heilocatie. Daarnaast zal er gebruik worden gemaakt van een soft start en ADD, waardoor bruinvissen op tijd de haven verlaten. Er is daardoor geen sprake van PTS.



Figuur 6-9. Omtrek oppervlakte Havengebied op basis waarvan een realistische schatting is gemaakt van de mijdingsoppervlakte van 9 km^2, rekening houdend met de geometrie en reflectie van het onderwatergeluid op de oevers.

Voor het continu onderwatergeluid vrijkomt door de baggerwerkzaamheden en het pijpleggen, wordt uitgegaan van respectievelijk 51 en 42 verstoringsdagen van de bruinvis in de Voordelta. Hierdoor neemt de omvang en kwaliteit van het leefgebied van de bruinvis tijdelijk af. Er is momenteel nog geen methodiek om effecten van continu onderwatergeluid op de populatie te berekenen. Omdat het geluid van de schepen binnen de gehoorfrequentie van de bruinvis valt, kan er sprake zijn van verstoring in de vorm van masking, wat de mogelijke communicatie tussen bruinvissen tijdelijk negatief kan beïnvloeden. Daarnaast is het aannemelijk dat bruinvissen het verstoorde gebied zullen mijden, maar omdat de baggerwerkzaamheden en het pijleggen in slechts een klein deel van de Voordelta plaatsvinden en de hoeveelheid aan vaarbewegingen beperkt is (in totaal 6), want het schip beweegt zich langzaam voort, zijn er voldoende uitwijkmogelijkheden zodat de bruinvis zich kan verplaatsen naar een gebied wat niet wordt verstoord.

Conclusie bruinvis
Fysieke gehoorschade zoals PTS en TTS worden niet verwacht omdat de dieren op tijd kunnen wegzwemmen door het inzetten van een soft start bij het heien. Het is echter niet te voorkomen dat bruinvissen tijdelijk verstoord worden. Omdat de baggerwerkzaamheden en het pijpleggen in slechts een klein deel van de Voordelta plaatsvinden en de hoeveelheid aan vaarbewegingen beperkt is en het heien van de aanlegsteigers in de haven nauwelijks een toename van geluid in het Natura 2000-gebied veroorzaakt, is er geen sprake van **directe** significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen.

Zoals in paragraaf 6.1.5 is geconcludeerd kunnen significante effecten op de Nederlandse Noordzeepopulatie niet worden uitgesloten door het geheel aan activiteiten voor Aramis. De Voordelta populatie maakt onderdeel uit van deze populatie, waardoor **indirecte** significante effecten op de bruinvis in de Voordelta niet kunnen worden uitgesloten.

<u>Gewone en grijze zeehond</u>
De dichtheid van de gewone en grijze zeehond in het plangebied is maximaal 1 zeehond/km^2 (Figuur 5-8). Op basis van de mijdingsafstanden uit Tabel 6-2 zijn vermijdingscontouren berekend voor de activiteiten waarbij impulsgeluid vrijkomt in de Voordelta (Tabel 6-12 en Tabel 6-13). De Voordelta kent een deelpopulatie gewone zeehonden die geschat wordt op 520 individuen. De totale populatie in Nederland

wordt geschat op 9.245 individuen. De grijze zeehondenpopulatie in de Voordelta wordt geschat op 1.200 individuen en de totale populatie in Nederland wordt geschat op 8.038 individuen (Hoekstein et al., 2022). Om idee te krijgen van de ernst van het aantal verstoorde zeehonden per dag, is het aantal verstoorde zeehonden afgezet tegen de totale populatie Nederlandse zeehonden en tegen het aantal zeehonden in de Voordelta. De aantallen verstoorde zeehonden zijn laag ten opzichte van de Voordelta populatie en de Noordzeepopulatie.

Tabel 6-12. Verstoringsoppervlak i.r.t. verstoorde gewone zeehonden.

Activiteit	Verstoringsoppervlak	Aantal verstoorde dieren per dag (dichtheid van 1 dieren/km²)	Populatie verstoord t.o.v. deelpopulatie in de Voordelta	Populatie verstoord t.o.v. de totale populatie in Nederland
Aanlegsteigers fase 1	9 km²	9 dieren	1,73%	0,097%
Aanlegsteigers fase 2	9 km²	9 dieren	1,73%	0,097%

Tabel 6-13. Verstoringsoppervlak i.r.t. verstoorde grijze zeehonden.

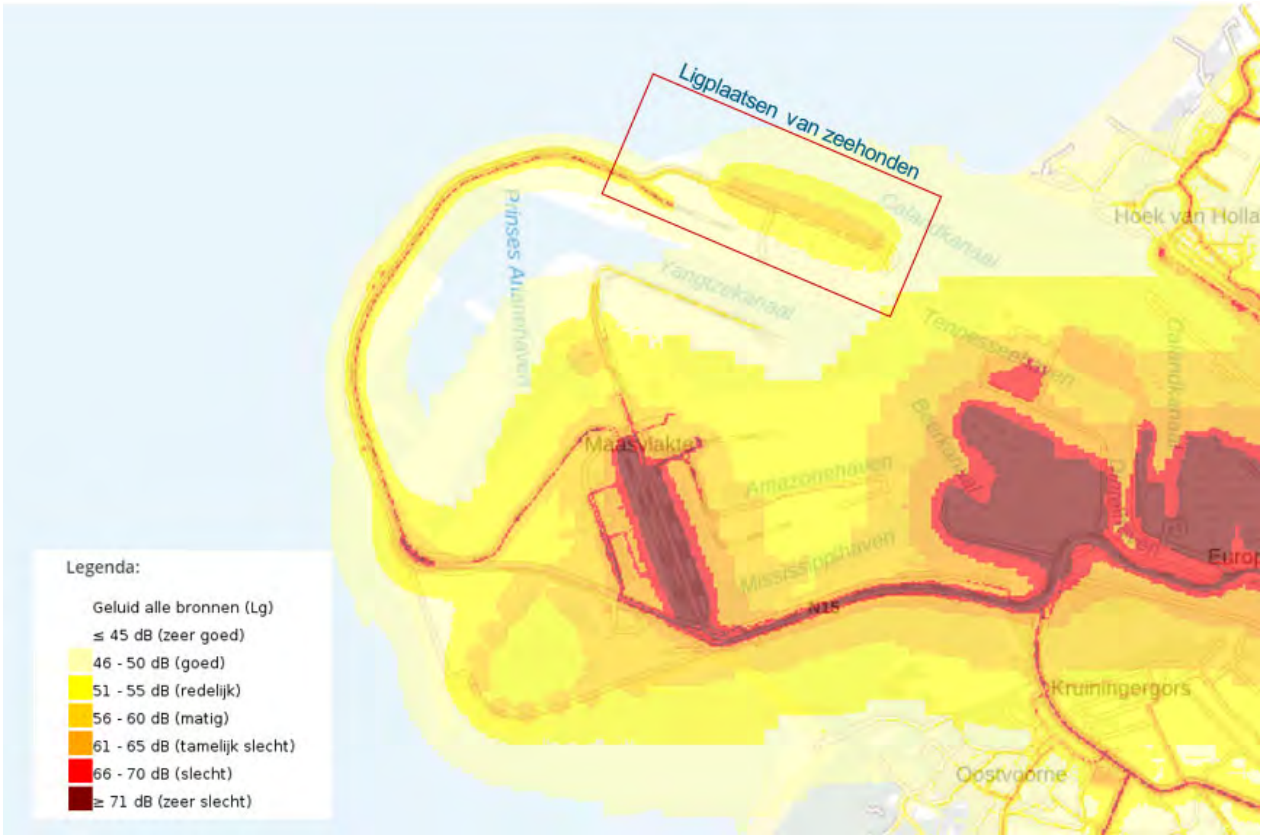
Activiteit	Verstoringsoppervlak	Aantal verstoorde dieren per dag (dichtheid van 1 dieren/km²)	Populatie verstoord t.o.v. deelpopulatie in de Voordelta	Populatie verstoord t.o.v. de totale populatie in Nederland
Aanlegsteigers fase 1	9 km²	9 dieren	0,75%	0,11%
Aanlegsteigers fase 2	9 km²	9 dieren	0,75%	0,11%

Het plangebied bevindt zich in een drukbevaren gebied, namelijk de Maasgeul. Naast dat er veel vaarverkeer is, wat een verhoogd achtergrondgeluid oplevert, wordt er ook 6-8 keer per jaar gebaggerd om de Maasgeul te onderhouden en 1 keer per jaar in de Voordelta. Van verhoogd continue onderwatergeluid is dus al sprake. Voor het Aramis project wordt er 51 en 42 dagen gevaren met een bagger- en pijplegschip wat resulteert in additionele verstoring in het gebied.

De zandplaten in het Natura 2000-gebied Voordelta zijn voor belang voor beide zeehondensoorten. De zandplaten worden gebruikt om uit te rusten na het foerageren, maar ook tijdens de voortplanting en verharingsperiode, zie Paragraaf 5.2.2. Tijdens de zoogperiode (1 mei t/m 1 september) gelden er strengere regels voor de rustgebieden. De officiële rustgebieden van de gewone en grijze zeehond worden niet verstoord tijdens de activiteiten. Wel is tijdens een veldbezoek (De Reus en Maas, 2023) geconstateerd dat zeehonden ook rusten bij het strand van het MOT terrein en mogelijke verstoring zullen ondervinden.

Een studie over effecten van een Trailer Suction Hopper Dredging vessels (TSHD) op de gewone zeehond toont aan dat het geluid geproduceerd door dit type schepen waarneembaar is voor de gewone zeehond in de bandbreedte 35 Hz tot 40 kHz (Nedwell et al., 2004). Er treden tijdelijke effecten zoals vermijding en verstoring op, maar er zijn geen significante negatieve effecten voor zeehonden. Verwacht wordt dat de zeehonden die rusten op het strand bij het MOT terrein daarom ook geen hinder zullen ondervinden van de schepen die langsvaren. Aan de noordzijde van de Maasvlakte waar de extra schepen langs zullen varen, is bovendien al veel scheepvaart aanwezig en daarmee ook een verhoogd achtergrondgeluid (zie Figuur 6-10). De extra scheepvaartbewegingen van het Aramis initiatief worden daarnaast verspreid over een langere periode en de toename van scheepvaartbewegingen (maximaal 80) ten opzichte van het huidige drukbevaren verkeersbeeld in de haven van Rotterdam is minimaal te noemen (30.000 passerende zeeschepen per jaar[12]). De toename in geluid door de inzet van extra schepen zullen verwaarloosbare en tijdelijke effecten opleveren op de zeehond.

[12] https://www.portofrotterdam.com/nl/eropuit/schepen-spotten.



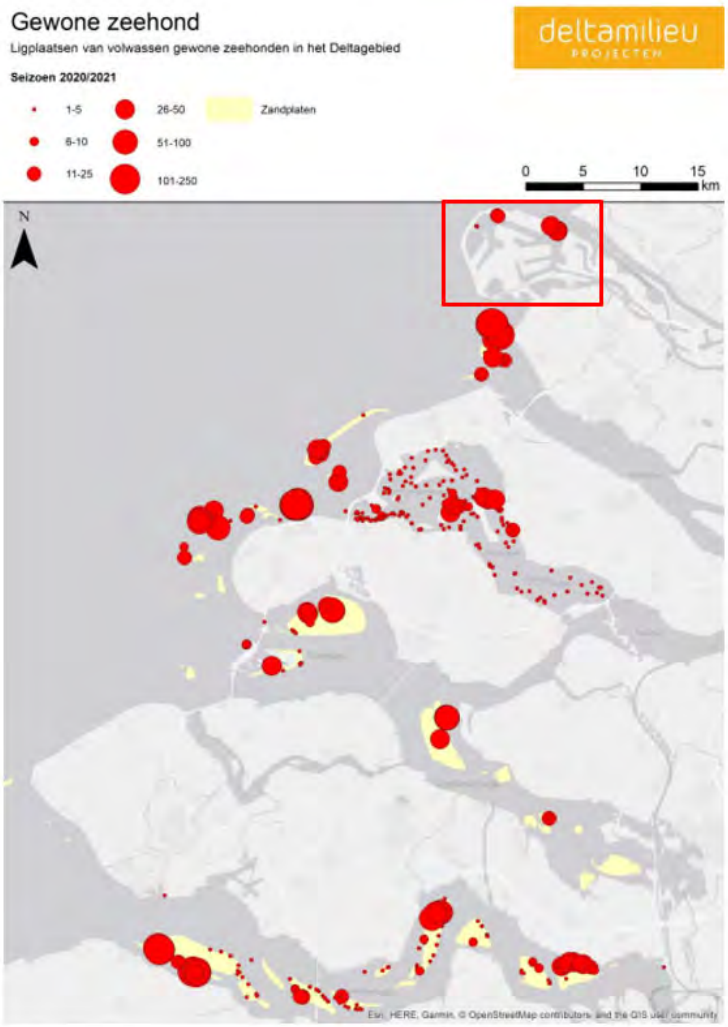
Figuur 6-10. Geluidemissie ter hoogte van het plangebied op land (Atlas Natuurlijk Kapitaal).

Conclusie gewone en grijze zeehond
Fysieke schade zoals PTS en TTS worden niet verwacht door het gedrag van de grijze of gewone zeehond door de soft start procedure bij het heien die in het standaard werkprotocol wordt opgenomen. Geluid van de heiwerkzaamheden reikt niet tot het Natura 2000-gebied of de ligplaatsen.

Directe significante negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van grijze zeehonden en gewone zeehonden kunnen daarom uitgesloten worden. Van activiteiten die buiten de Voordelta plaatsvinden kunnen **indirecte** significante negatieve effecten worden uitgesloten, zie paragraaf 6.1.5.

Effecten door licht
De schepen die worden ingezet bij de aanleg van de microtunnel/ direct pipe stralen licht uit. Verstoring door licht kan effect hebben op bepaalde soorten en leiden tot verstoring van gedrag. Omdat het een continu proces is, is het schip ook ’s nachts verlicht om het werk goed uit te kunnen voeren en de veiligheid van de bemanning te waarborgen. De verlichting is zodanig uitgevoerd dat onnodige lichtuitstraling wordt vermeden.

Indirect kan lichtuitstraling effect hebben op de voedselinname van zeezoogdieren. Kunstmatige lichtuitstraling kan leiden tot een hoger vangstsucces voor zeehonden, omdat de prooi onderwater beter zichtbaar wordt (Becker et al., 2013; Yurk & Trites, 2000). Lichtverstoring is echter met name relevant voor zeehonden die zich boven het water bevinden op ligplaatsen. In de Voordelta zijn verschillende ligplaatsen van volwassen zeehonden aanwezig (Figuur 6-11). Zeehonden zijn gevoelig voor verstoring op hun ligplaatsen en in hun foerageergebied. Verstoring leidt in eerste instantie tot een verhoogde alertheid. Langdurige verstoring kan leiden tot een verandering van het gebruik van het leefgebied, of tot het verlaten van het gebied (Reijnders et al., 2000). Over specifieke effecten van licht op rustende zeehonden is weinig bekend. Wel is bekend dat bruinvissen en zeehonden over het algemeen erg gevoelig zijn voor (kunstmatige) verlichting (zie Tabel 6-11).



Figuur 6-11. De ligplaatsen van volwassen gewone zeehonden, gebaseerd op alle tellingen in het seizoen 2020/2021. In het rode kader staat het plangebied weergegeven (Hoekstein et al., 2022).

Lichtuitstraling van voorbijgaande schepen

De schepen die worden ingezet voor het Aramis initiatief kunnen leiden tot verhoogde lichtuitstraling. Er zullen voor respectievelijk de aanleg van de microtunnel/direct pipe, de aanleg van de zeeleiding, de werkzaamheden aan de platforms en de werkzaamheden aan de putten in totaal 6, 30, 457 en 1.651 extra scheepvaartbewegingen plaatsvinden (Bijlage 6). De constructieschepen (pijplegschip, heavy lift schip, baggerschip, trencher) varen uit vanaf de Rotterdamse haven. Alle scheepvaartbewegingen van constructieschepen zijn dus relevant voor de effectbeoordeling van de Voordelta.

Ondersteunende schepen (crew change, survey, pipe carriers, andere support vessels) kunnen uit zowel de Rotterdamse haven, als de Amsterdamse haven of Den Helder uitvaren, afhankelijk van de locatie waar de zeeleiding wordt aangelegd. Het is nog niet bekend hoeveel van deze ondersteunende schepen uitvaren vanuit de haven van Rotterdam en daarmee door of langs het plangebied varen. Echter, ervan uitgaande dat schepen zo efficiënt mogelijk worden ingezet, wordt de aanname gedaan dat de extra ondersteunende schepen die worden ingezet ten behoeve van de werkzaamheden aan de putten en platforms zullen uitvaren vanuit de haven van Amsterdam of Den Helder. De toename in scheepvaartbewegingen vanuit de haven van Rotterdam is daarmee maximaal 80 voor het Aramis initiatief; 56 extra scheepvaartbewegingen door constructieschepen en 24 extra scheepvaartbewegingen door ondersteunende schepen (Tabel 6-14). De schepen voor de aanleg van de microtunnel/direct pipe worden ingezet voor een periode van maximaal 47 dagen (voor direct piping variant) en de schepen voor de aanleg van de zeeleiding maximaal 312 dagen

(Bijlage 6). Door de spreiding van de extra scheepvaartbewegingen over een lange periode en de minimale toename van scheepvaartbewegingen (maximaal 80) ten opzichte van het huidige drukbevaren verkeersbeeld in de haven van Rotterdam (Figuur 6-13; 30.000 passages van zeeschepen per jaar[13]), kunnen effecten door lichtuitstraling van voorbijgaande schepen worden uitgesloten.

Tabel 6-14. Totaal aantal extra scheepvaartbewegingen ten behoeve van de activiteiten van het Aramis initiatief.

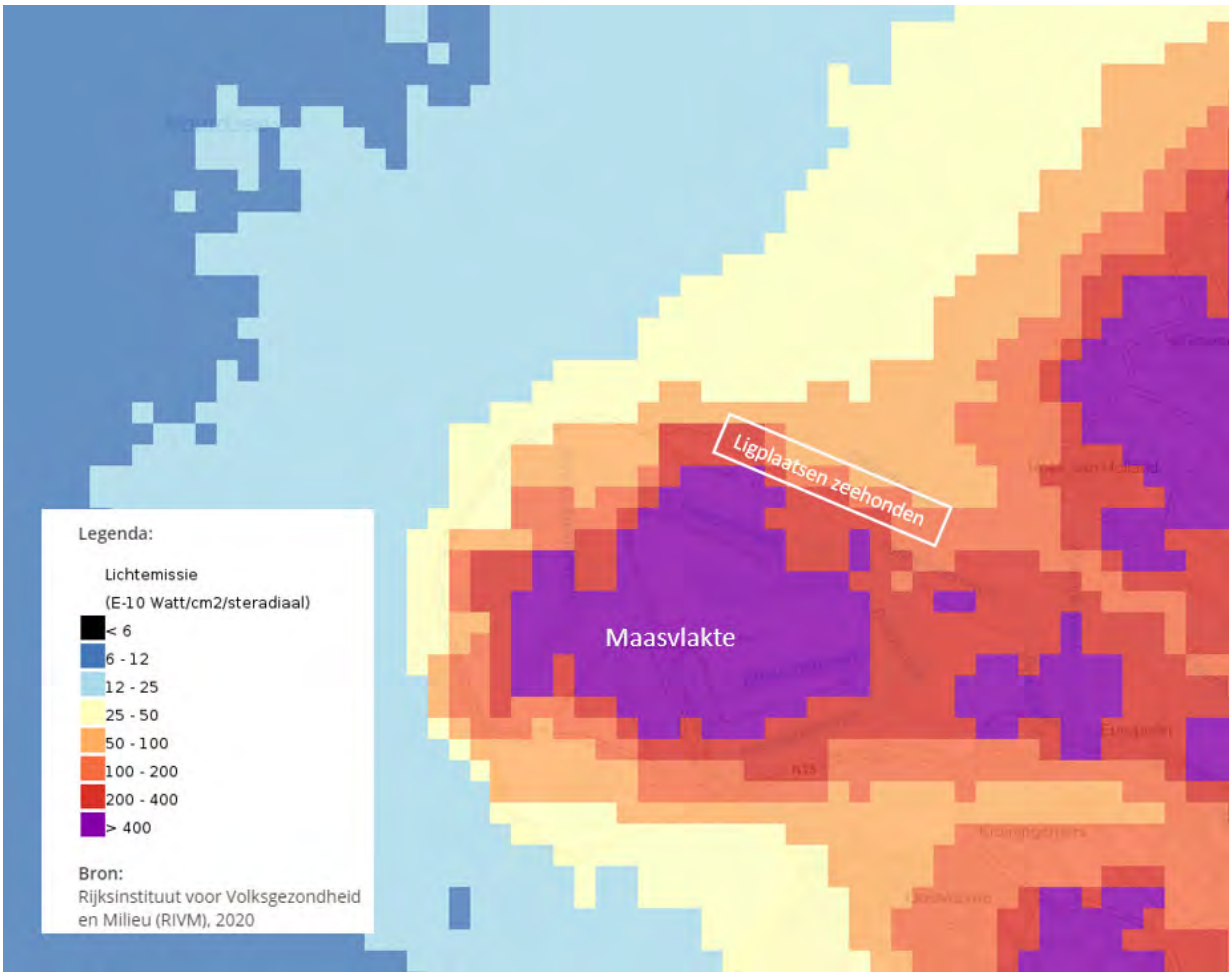
Activiteiten	Totaal aantal extra scheepvaart- bewegingen	Scheepvaartbewegingen Constructieschepen	Scheepvaartbewegingen Ondersteunende schepen
Aanleg tunnelwerk	6	4	2
Aanleg zeeleiding	30	8	22
Werkzaamheden platforms	457	18	439
Werkzaamheden putten	1.651	26	1.625
Totaal	2.144	**56**	2.088

Lichtuitstraling van constructieschepen

Voor de aanleg van de microtunnel/direct pipe worden er in totaal twee schepen ingezet waarvan één baggerschip en één pijplegschip. Deze schepen varen beide twee keer op en neer gedurende de werkzaamheden. In totaal worden het bagger- en pijplegschip maximaal 47 dagen (voor direct piping variant) ingezet voor de werkzaamheden ten behoeve van de aanleg van de microtunnel/direct pipe. Tijdens de aanleg van de microtunnel (een 24 uur constructieproces) zal er verlichting zijn bij de verticale schacht (tunnel ingang) tijdens het donkere gedeelte van de dag. Ook tijdens de aanleg van de verticale schacht is er verlichting nodig in de herfst, winter en lente vanwege variërende tijden van zons- op en ondergang. Het is niet bekend hoeveel extra lichtuitstraling er kan worden verwacht door de inzet van de schepen gedurende de aanleg van de microtunnel/direct pipe.

Gelet op de aanwezigheid van een relatief groot aantal zeehonden op de zandbanken van het noordelijke deel van de Voordelta (rode kader;) alsmede de hoge lichtemissie op de Tweede Maasvlakte (Figuur 6-12), kan ervan uit worden gegaan dat bij de in het gebied aanwezige zeehonden gewenning is opgetreden ten aanzien van de aanwezigheid van licht. De extra lichtuitstraling door de inzet van constructieschepen in de Voordelta is minimaal en tijdelijk, waardoor significante effecten op rustende zeehonden kunnen worden uitgesloten.

[13] https://www.portofrotterdam.com/nl/eropuit/schepen-spotten.



Figuur 6-12. Lichtemissie ter hoogte van het plangebied op land (Atlas Natuurlijk Kapitaal).

Conclusie zeezoogdieren
Significante effecten op de zeezoogdieren door de toename van licht kunnen worden uitgesloten.

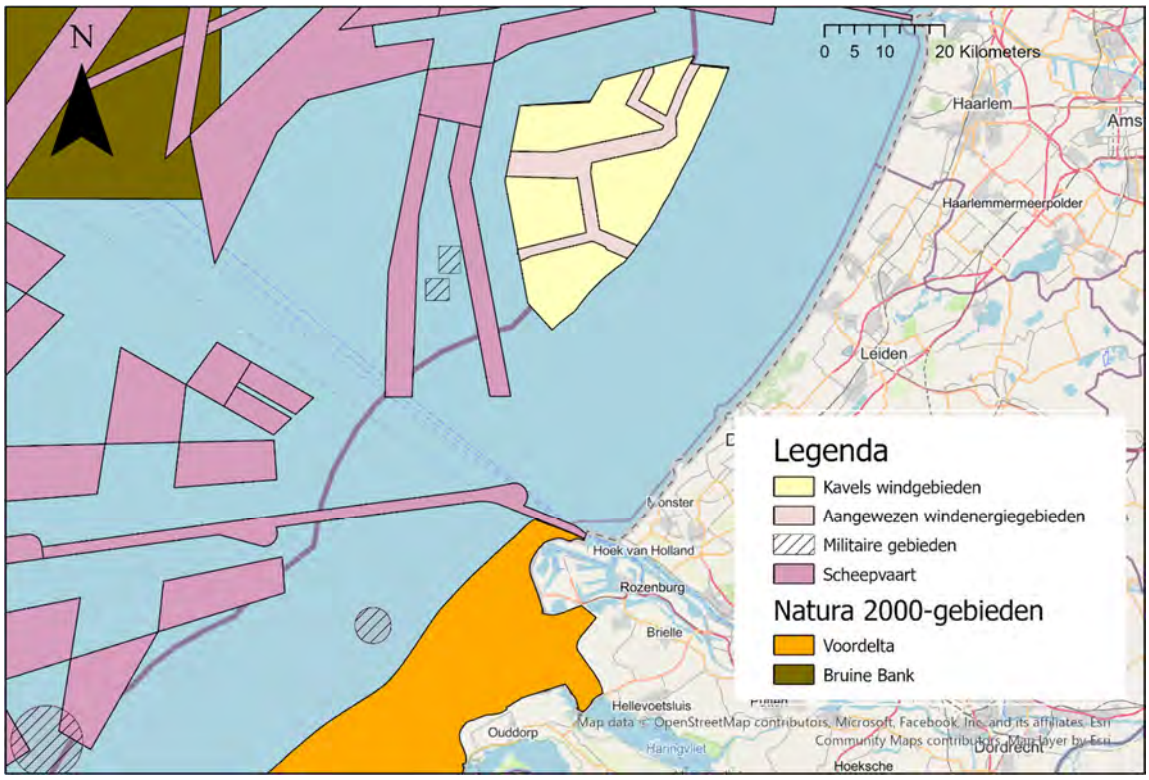
Effecten door beweging en optiek
De pijpleg- en baggerschepen die worden ingezet bij de aanleg van de microtunnel/ direct pipe zijn (in fases) in beweging. Verstoring door beweging en optiek kan effect hebben op soorten en leiden tot een verandering in gedrag. Bruinvissen en zeehonden zijn erg gevoelig voor optische verstoring (Tabel 6-11).

Effecten van beweging en optiek zijn met name relevant voor zeehonden die zich boven het water bevinden; op bijvoorbeeld de ligplaatsen in de Voordelta en de Tweede Maasvlakte. Een studie van Jansen et al. (2010) liet zien dat het risico op optische verstoring van de gewone zeehond toenam als schepen in een straal van 500 m van de ligplaatsen naderden; bij een afstand van 100 m of minder verplaatsten rustende zeehonden zich 25 keer sneller naar het water dan bij afwezigheid van schepen.

De afstand tussen de scheepvaartroute door de Maasgeul (Figuur 6-13) en de rustplaatsen van de zeehonden in het noorden van de Voordelta (Figuur 6-11) is kleiner dan de eerdergenoemde afstand van 100-500 m waarbinnen zeehonden reageren op beweging van schepen. De aanwezigheid van de zeehonden in de buurt van deze relatief drukbevaren route zouden echter een indicatie kunnen zijn dat zeehonden ook bij verstoring de rustplekken kunnen benutten.

Door de spreiding van de extra scheepvaartbewegingen over een lange periode en de minimale toename van scheepvaartbewegingen (maximaal 80) ten opzichte van het huidige drukbevaren verkeersbeeld in de

haven van Rotterdam (Figuur 6-13; 30.000 passerende zeeschepen per jaar[14]), kunnen effecten door bewegingen van voorbijgaande schepen worden uitgesloten (zie ook Paragraaf 6.2.3 *Effecten door licht*).



Figuur 6-13. Scheepvaartroute nabij Natura 2000-gebied Voordelta.

Conclusie zeezoogdieren
Significante effecten door beweging en optiek op zeezoogdieren kunnen worden uitgesloten.

Effecten van verontreiniging
Bruinvissen en zeehonden zijn erg gevoelig voor verontreiniging (Tabel 6-11). Bij de werkzaamheden worden delen van de leiding onder bestaande watergangen aangelegd. Tijdens het boren wordt de tunnelboormachine voorzien van boorvloeistoffen zoals bentoniet, terwijl aan de boorkop slurry wordt afgevoerd. De slurry wordt gescheiden; water en bentoniet worden hergebruikt in het boorproces. De grond wordt met vrachtwagens naar een stortplaats gebracht. Vanwege het feit dat de boorvloeistof en het boorgruis worden afgevoerd naar land, is er geen sprake van verontreiniging in de Voordelta.

Conclusie zeezoogdieren
De boorvloeistof en boorgruis worden afgevoerd naar land en vormen daardoor geen risico op verontreiniging van zeezoogdieren. Significante effecten door verontreiniging kunnen worden uitgesloten.

Effecten van vertroebeling
De baggeractiviteiten voor de aanleg van de zeeleiding en de doorkruising van de Maasgeul kunnen resulteren in opwerveling van sediment van de zeebodem, waardoor de troebelheid in de waterkolom toeneemt. Voor het aanleggen van de zeeleiding wordt in de Voordelta met behulp van een trencher een gleuf gebaggerd van maximaal 2 meter diep, 6 meter breed aan de bovenkant van de gleuf en 2 meter breed aan de onderkant van de gleuf. Hierdoor ontstaat er tijdelijk een lokale troebele pluim.

Zeezoogdieren vestigen zich over het algemeen vaker in troebele wateren en veel soorten gebruiken goedontwikkelde sonarsystemen om de omgeving te verkennen (Au et al., 2000). De studie van McConnell et al. (1999) toonde aan dat er geen verschil in foerageergedrag bestond tussen één blinde en verschillende

[14] https://www.portofrotterdam.com/nl/eropuit/schepen-spotten.

niet-blinde grijze zeehonden in de Noordzee. Deze resultaten wijzen erop dat zicht niet essentieel is voor overleving van zeehonden of de mogelijkheid tot foerageren. Het is dus niet te verwachten dat vertroebeling van het water de zeehonden beïnvloedt in het vangen van hun prooi; ook blinde dieren kunnen zich doorgaans goed in het wild redden (Brasseur, 2007).

Indirecte effecten van vertroebeling op zeezoogdieren zijn complex om te definiëren. In de literatuur wordt benoemd dat baggeren over het algemeen resulteert in verminderde biomassa, soortenrijkdom en soortendiversiteit, afhankelijk van de omgeving en het tijdsverloop van de activiteit. Zeezoogdieren zijn echter in staat om te compenseren voor kleinschalige veranderingen in de aanwezigheid van prooien. Dit doen ze door (tijdelijk) over te gaan op andere prooisoorten, zich te verplaatsen naar alternatieve foerageergebieden of de foerageertijd te verlengen (Todd et al., 2015).

Conclusie zeezoogdieren
Door het gedrag van zeezoogdieren is het niet de verwachting dat verstoring optreedt door vertroebeling. Significant negatieve effecten als gevolg van vertroebeling op zeezoogdieren kunnen worden uitgesloten.

Effecten van verandering dynamiek
Het baggeren en verspreiden van het slib zorgt voor een beperkte verhoging van de concentraties slib. De kleine verhoging van de concentraties slib kan leiden tot een beperkte toename in sedimentatie, in de grootte van orde van mm/jaar op de plekken waar de condities van nature al leiden tot de sedimentatie van slib. Indirecte effecten van sedimentatie kunnen leiden tot een verminderd foerageersucces voor zeezoogdieren door bedekking van voedsel.

De bruinvis, grijze en gewone zeehond eten met name vis, zoals zandspiering en haring. Haring is een mobiele pelagische soort die zich eenvoudig kan verplaatsen bij verstoring. De zandspiering is een rondvis die zowel pelagisch als nabij de bodem voorkomt. De soort paait op zandige bodems, maar ook op fijn grind (tussen 0.35-1.3 mm). Het paaien gebeurt bij voorkeur langs de randen van grote zandbanken en op toppen van kleine zandbanken, met een stroomsnelheid van ongeveer 1 m/s. De eieren worden in de bodem gelegd (Wright et al., 2000). Paai- en opgroeigebieden kunnen schade ondervinden van bodemberoering en/of sedimentatie. Bij extreme omstandigheden (bijvoorbeeld storm) is de zandspiering echter in staat om zich te verplaatsen of in te graven; de soort zal dus bij een toename van een aantal millimeters sediment geen direct effect ondervinden vanwege zijn mobiliteit (Tulp et al., 2016).

Zeezoogdieren zijn bovendien in staat om te compenseren voor kleinschalige veranderingen in de aanwezigheid van prooien. Dit doen ze door (tijdelijk) over te gaan op andere prooisoorten, zich te verplaatsen naar alternatieve foerageergebieden of de foerageertijd te verlengen (Todd et al., 2015).

Conclusie zeezoogdieren
Significant negatieve effecten als gevolg van verandering dynamiek op zeezoogdieren kunnen worden uitgesloten.

6.2.4 Niet-broedvogels

Het Natura 2000-gebied Voordelta is aangewezen voor een groot aantal niet-broedvogels. Uit paragraaf 5.2.3 blijkt dat de volgende soorten relevant zijn voor de effectbeoordeling: eider, topper, brilduiker, zwarte zee-eend, aalscholver, dwergmeeuw, fuut, grote stern, kuifduiker, lepelaar, middelste zaagbek, roodkeelduiker en visdief. De instandhoudingsdoelstellingen voor deze vogelsoorten zijn weergegeven in Tabel 6-15.

Tabel 6-15. Overzicht doelstellingen van aangewezen niet-broedvogels Voordelta. =: behoud,

Vogelsoort	Omvang leefgebied	Kwaliteit leefgebied	SvI [1]
Eider	=	=	--
Topper	=	=	+
Brilduiker	=	=	--

Vogelsoort	Omvang leefgebied	Kwaliteit leefgebied	Svl [1]
Zwarte zee-eend	=	=	--
Aalscholver	=	=	+
Dwergmeeuw	=	=	+
Fuut	=	=	+
Grote stern	=	=	+
Kuifduiker	=	=	+
Lepelaar	=	=	+
Middelste zaagbek	=	=	-
Roodkeelduiker	=	=	+
Visdief	=	=	+

[1] Svl: Staat van Instandhouding (landelijk).

Door de activiteiten in de Voordelta kunnen de vogels effect ondervinden van trillingen en geluid, licht, beweging en optiek, verontreiniging, vertroebeling en verandering dynamiek. De effecten van deze storingsfactoren worden hieronder nader beoordeeld, in Tabel 6-16 is de gevoeligheid voor de verschillende verstoringsfactoren weergegeven.

Tabel 6-16. De gevoeligheid voor verstoring door geluid en trillingen, licht en beweging en optiek en verontreiniging voor de niet-broedvogelsoorten (Effectenindicator Ministerie LNV).

Niet-broedvogelsoort	Gevoeligheid voor trillingen en geluid	Gevoeligheid voor licht	Gevoeligheid voor beweging en optiek	Gevoeligheid voor verontreiniging
Eider	Niet gevoelig	Gevoelig	Gevoelig	Gevoelig
Topper	Niet gevoelig	Gevoelig	Gevoelig	Gevoelig
Brilduiker	Niet gevoelig	Gevoelig	Niet gevoelig	Gevoelig
Zwarte zee-eend	Niet gevoelig	Gevoelig	Gevoelig	Gevoelig
Aalscholver	Niet gevoelig	Gevoelig	Gevoelig	Gevoelig
Dwergmeeuw	Niet gevoelig	Gevoelig	Gevoelig[1]	Gevoelig
Fuut	Niet gevoelig	Gevoelig	Gevoelig	Gevoelig
Grote stern	Niet gevoelig	Gevoelig	Zeer gevoelig	Gevoelig
Kuifduiker	Niet gevoelig	Gevoelig	Niet gevoelig	Gevoelig
Lepelaar	Gevoelig	Gevoelig	Niet gevoelig	Gevoelig
Middelste zaagbek	Niet gevoelig	Gevoelig	Niet gevoelig	Gevoelig
Roodkeelduiker	Niet gevoelig	Gevoelig	Gevoelig	Gevoelig
Visdief	Niet gevoelig	Gevoelig	Zeer gevoelig	Gevoelig

[1] (Krijgsveld et al., 2022).

Schaal – Gevoeligheid voor verstoring (Effectenindicator Ministerie LNV).

Niet gevoelig	Gevoelig	Zeer gevoelig

Effecten door trillingen en geluid
Door de aanleg van de microtunnel/direct pipe in de Voordelta is er sprake van een toename in geluid als gevolg van de inzet van extra schepen en het heien van de aanlegsteigers. De niet-broedvogelsoorten waarvoor de Voordelta is aangewezen zijn, met uitzondering van de lepelaar, niet gevoelig voor geluid en trilling (Tabel 6-16Tabel 6-16).

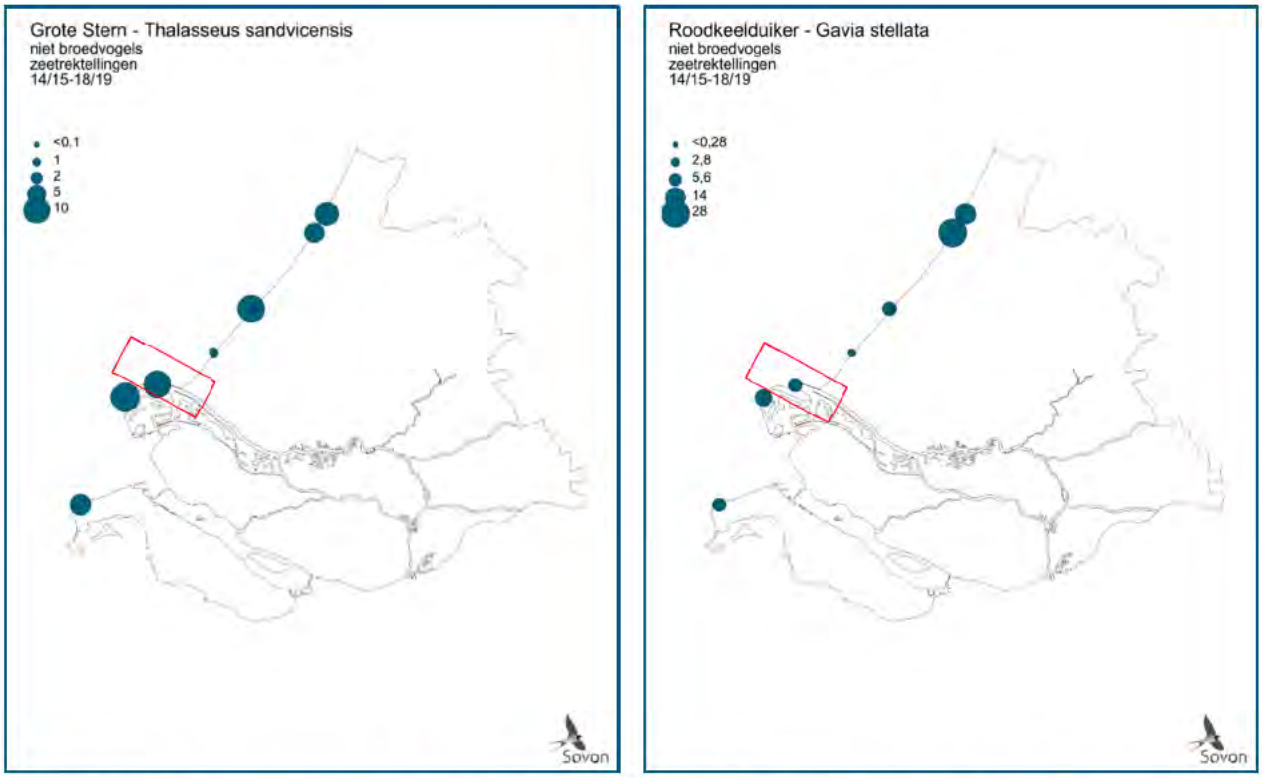
De Voordelta is een belangrijk foerageergebied en slaapplaats voor de lepelaar. Vooral in de nazomer zijn de slikken van de Westplaat van belang, waarbij uitwisseling bestaat met de Kwade Hoek, waar de aantallen vaak nog hoger zijn (Arcadis, Royal HaskoningDHV, Sweco, 2022). De lepelaar komt niet voor in het plangebied, waardoor negatieve effecten van geluid en trilling op de lepelaar zijn uit te sluiten.

Conclusie niet-broedvogels
Significante effecten op niet-broedvogels als gevolg van trillingen en geluid kunnen worden uitgesloten.

Effecten door licht
De schepen die worden ingezet bij de aanleg van de nearshore zeeleiding en de aanleg van de microtunnel/ direct pipestralen licht uit. Uitstraling van licht kan effect hebben op bepaalde vogels en leiden tot verstoring van gedrag. Alle vogelsoorten waarvoor de Voordelta is aangewezen zijn gevoelig voor licht (Tabel 6-16). Van de niet-broedvogels waarvoor de Voordelta is aangewezen komen alleen de grote stern en de roodkeelduiker voor in het plangebied (Sovon, (n.d.); Figuur 6-14).

Grote sterns zijn voornamelijk aanwezig van maart tot en met half november. In de wintermaanden kunnen tot enkele tientallen exemplaren in het Deltagebied verblijven. De broedvogels arriveren vanaf eind maart in de kolonies, die ze uiterlijk half augustus weer verlaten. In april en mei vindt tevens doortrek plaats. De wegtrek, deels in familieverband speelt zich voornamelijk tussen eind juli en eind september af. Uit de voorbereidende milieusurvey van Fugro blijkt dat in de periode van 11 juli 2022 t/m 24 januari 2023 in totaal zes sternen zijn waargenomen op het Aramis traject (doorkruising Maasgeul, tracé zeeleiding, putten, platforms) op drie verschillende telmomenten (Fugro, 2023). Op de Tweede Maasvlakte zijn in de telseizoenen 2014/2015 – 2018/2019 (juli-juni) gemiddeld 20 grote sterns per uur geteld (Sovon, n.d.).

Roodkeelduikers zijn voornamelijk langs de Noordzeekust te zien en bijna alleen in de periode oktober-mei, met name hartje winter. De meeste vogels worden langsvliegend waargenomen, soms vele honderden of meer per dag. Veel van zulke bewegingen zijn lokale verplaatsingen, veroorzaakt door verstoring (scheepvaart) of verdrifting (waterstromen). Incidenteel houden zich groepen van vele tientallen op bij voedselrijke plekken. Uit de voorbereidende milieusurvey van Fugro blijkt dat in de periode van 11 juli 2022 t/m 24 januari 2023 in totaal 410 duikers zijn waargenomen op het Aramis traject (doorkruising Maasgeul, tracé zeeleiding, putten, platforms) op 59 verschillende telmomenten (Fugro, 2023). Op de Tweede Maasvlakte zijn in de telseizoenen 2014/2015 – 2018/2019 (juli-juni) gemiddeld 9 roodkeelduikers per uur geteld (Sovon, n.d.).



Figuur 6-14. Systematische waarnemingen van niet-broedvogels in de provincie Zuid-Holland (seizoen juli t/m juni). Weergegeven is het uurgemiddelde per telpost. Bron: Sovon, (n.d.).

Lichtuitstraling van voorbijgaande schepen

De toename in scheepvaartbewegingen vanuit de haven van Rotterdam is maximaal 80 voor het Aramis initiatief; 56 extra scheepvaartbewegingen door constructieschepen en 24 extra scheepvaartbewegingen door ondersteunende schepen (Paragraaf 6.2.3 Effecten door licht). Door de spreiding van de extra scheepvaartbewegingen over een lange periode en de minimale toename van scheepvaartbewegingen (maximaal 80) ten opzichte van het huidige aantal zeeschepen dat jaarlijks de haven van Rotterdam passeert (30.000 per jaar; 84 per dag[15]), kunnen effecten door lichtuitstraling van voorbijgaande schepen worden uitgesloten.

Lichtuitstraling van constructieschepen

Voor de aanleg van de microtunnel/direct pipe worden er in totaal twee schepen ingezet waarvan één baggerschip en één pijplegschip. Deze schepen varen beide twee keer op en neer gedurende de werkzaamheden. In totaal worden het bagger- en pijplegschip maximaal 47 dagen (voor direct piping variant) ingezet voor de werkzaamheden ten behoeve van de aanleg van de microtunnel/direct pipe. Tijdens de aanleg van de microtunnel (een 24 uur constructieproces) zal er verlichting zijn bij de verticale schacht (tunnel ingang) tijdens het donkere gedeelte van de dag. Ook tijdens de aanleg van de verticale schacht is er verlichting nodig in de herfst, winter en lente vanwege variërende tijden van zons- op en ondergang. Het is niet bekend hoeveel extra lichtuitstraling er kan worden verwacht door de inzet van de schepen gedurende de aanleg van de microtunnel/direct pipe.

Gelet op de hoge lichtemissie op de Tweede Maasvlakte (Figuur 6-12) kan worden verondersteld dat de toename in lichtuitstraling door de inzet van twee extra constructieschepen in de Voordelta minimaal zal zijn, waardoor effecten op niet-broedvogels kunnen worden uitgesloten.

Conclusie niet-broedvogels

Significante effecten door de aanwezigheid van licht op niet-broedvogels kunnen worden uitgesloten.

[15] https://www.portofrotterdam.com/nl/eropuit/schepen-spotten.

Effecten door beweging en optiek
De pijpleg-, bagger- en trenchschepen die worden ingezet bij de aanleg van de nearshore zeeleiding en de aanleg van de microtunnel/direct pipe zijn (in fases) in beweging. Vogels kunnen last ondervinden door bewegingen en aanwezigheid van schepen en daardoor worden verstoord. Vooral in de ruiperiode kunnen vogels daar veel last van ondervinden, omdat vogels dan minder mobiel zijn en niet snel weg kunnen vliegen bij verstoring. Vooral de grote stern en visdief zijn zeer gevoelig voor optische verstoring (Tabel 6-16).

Voor de aanleg van de microtunnel/ direct pipe worden er in totaal twee schepen ingezet waarvan één baggerschip en één pijplegschip. Deze schepen varen beide twee keer op en neer gedurende de werkzaamheden. In totaal worden het bagger- en pijplegschip maximaal 47 dagen (voor direct piping variant) ingezet voor de werkzaamheden ten behoeve van de aanleg van de microtunnel/direct pipe. De schepen voor de aanleg van de zeeleiding varen uit vanaf de haven van Rotterdam verspreid over een periode van ongeveer 312 dagen (Bijlage 6).

Door de spreiding van de extra scheepvaartbewegingen over een langere periode en de minimale toename van scheepvaartbewegingen (maximaal 80) ten opzichte van het huidige drukbevaren verkeersbeeld in de haven van Rotterdam (30.000 passerende zeeschepen per jaar[16]), kunnen effecten door bewegingen van voorbijgaande schepen worden uitgesloten.

Conclusie niet-broedvogels
Significante effecten van beweging en optiek op de instandhoudingsdoelstellingen van de niet-broedvogels kunnen worden uitgesloten.

Effecten van verontreiniging
Bij de werkzaamheden worden delen van de leiding onder bestaande watergangen aangelegd. Tijdens het boren wordt de tunnelboormachine voorzien van boorvloeistoffen zoals bentoniet, terwijl aan de boorkop slurry wordt afgevoerd. De slurry wordt gescheiden; water en bentoniet worden hergebruikt in het boorproces. De grond wordt met vrachtwagens naar een stortplaats gebracht. Vanwege het feit dat de boorvloeistof en het boorgruis worden afgevoerd naar land, is er geen sprake van verontreiniging in de Voordelta.

Conclusie zeezoogdieren
De boorvloeistof en boorgruis worden afgevoerd naar land en vormen daardoor geen risico op verontreiniging van niet-broedvogels. Significante effecten door verontreiniging kunnen worden uitgesloten.

Effecten van vertroebeling
De baggeractiviteiten ten behoeve van de doorkruising van de Maasgeul kunnen leiden tot opwerveling van sediment van de zeebodem, waardoor de troebelheid in de waterkolom toeneemt. De voor het Natura 2000-gebied aangewezen niet-broedvogelsoorten zijn in de meeste gevallen beperkt gevoelig voor vertroebeling, van andere soorten is het onbekend (Tabel 6-17Tabel 6-17).

Tabel 6-17. De gevoeligheid voor verstoring door vertroebeling en verandering van de dynamiek van substraat alsmede de terugkeertijd na verstoring voor de niet-broedvogelsoorten (Tamis et al., 2011).

Niet-broedvogelsoort	Gevoeligheid voor vertroebeling	Gevoeligheid voor verandering dynamiek substraat	Specifiek te vermijden verstoring/ verbeterpunt
Eider	Beperkt	Aanzienlijk	Beschikbaarheid schelpdieren en rust in foerageergebied
Topper	Beperkt	Aanzienlijk	Beschikbaarheid schelpdieren en rust in foerageergebied
Brilduiker	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld

[16] https://www.portofrotterdam.com/nl/eropuit/schepen-spotten.

Niet-broedvogelsoort	Gevoeligheid voor vertroebeling	Gevoeligheid voor verandering dynamiek substraat	Specifiek te vermijden verstoring/ verbeterpunt
Zwarte zee-eend	Beperkt	Aanzienlijk	Beschikbaarheid schelpdieren en rust in foerageergebied
Aalscholver	Beperkt	Marginaal	Geen
Dwergmeeuw	Beperkt	Marginaal	Geen
Fuut	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld
Grote stern	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld
Kuifduiker	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld
Lepelaar	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld
Middelste zaagbek	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld
Roodkeelduiker	Beperkt	Marginaal	Rust in foerageergebied
Visdief	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld

Schaal – Gevoeligheid voor verstoring door vertroebeling (Tamis et al., 2011).

Marginaal	Beperkt	Aanzienlijk	Groot

De brilduiker, aalscholver, kuifduiker, roodkeelduiker, fuut, grote stern, middelste zaagbek en visdief zijn duikende soorten en kunnen duiken tot dieptes waar vertroebeling ontstaat. Wanneer deze soorten duiken in water waar de troebele pluim aanwezig is, kan dit leiden tot een verminderd vangsucces. Een beetje vertroebeling leidt echter niet tot effecten aangezien duikende vogels vaker in vertroebeld water duiken (Zamon et al., 2014). De verstoring reikt tot enkele honderden meters naast de baggerlocatie waardoor de Voordelta voor het overgrote deel onverstoord blijft. Het verstoringsoppervlak door baggeren is dermate beperkt dat er genoeg areaal overblijft voor de brilduiker, aalscholver, kuifduiker, roodkeelduiker, fuut, grote stern, middelste zaagbek en visdief om te foerageren.

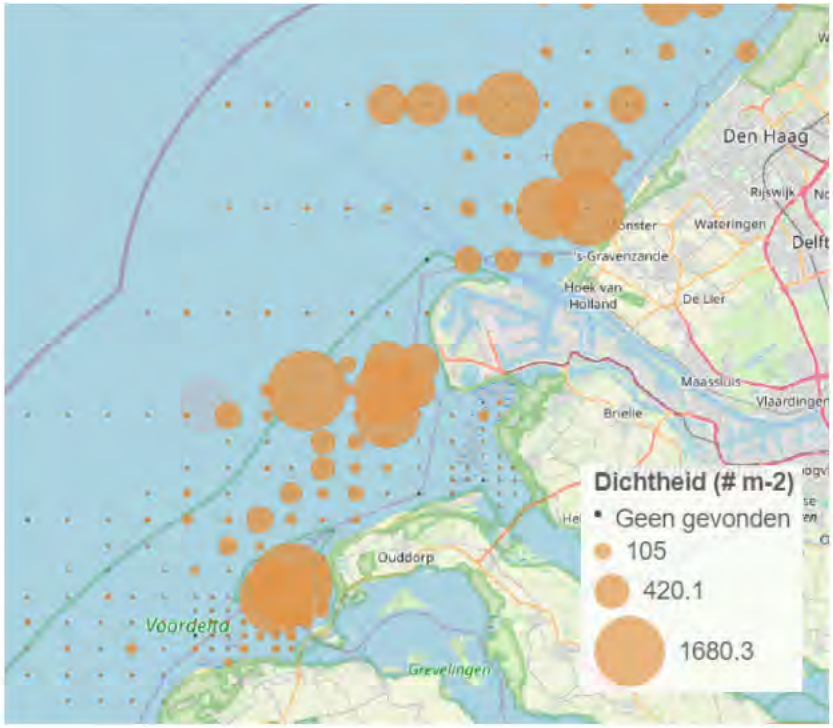
De lepelaar foerageert in ondiep en helder water (10-30 cm), wat betekent dat de soort geen effect zal ondervinden van vertroebeling in open en dieper water. De dwergmeeuw zoekt voedsel terwijl hij boven het wateroppervlak vliegt waarna hij al vliegend prooien pakt van het wateroppervlak. De soort foerageert dus niet op waterdiepten waar vertroebeling plaatsvindt en zal geen effect van vertroebeling ondervinden.

Conclusie niet-broedvogels

Significante effecten van vertroebeling op niet-broedvogelsoorten kunnen worden uitgesloten.

Effecten van verandering dynamiek

Eidereenden, toppereenden en zwarte zee-eenden zoeken voornamelijk voedsel (benthos) in de onderwaterbodem. Schelpdieren zijn een belangrijke voedselbron. In Figuur 6-15 zijn de locaties weergegeven waar schelpdieren voorkomen in en nabij de Tweede Maasvlakte en Natura 2000-gebied de Voordelta. In het noorden van de Voordelta en ten noorden van de Tweede Maasvlakte zijn relatief grote dichtheden schelpdieren aanwezig; waaronder de *Spisula substruncata*, *Chamelea striatula*, *Lutraria lutraria*, *Donnax vittatus* (WUR Schelpdiermonitor 2023). Daarbij is met name Spisula een belangrijke voedselbron. Veranderingen in substraat in de Voordelta – bijvoorbeeld door bedelving van schelpdierbanken – kunnen indirect een effect hebben de voedselbeschikbaarheid van schelpdieren voor eenden. In Paragraaf 6.2.1 werd echter al beschreven dat effecten van sedimentatie op schelpdierbanken in de Voordelta zijn uitgesloten.



Figuur 6-15. Dichtheid van het totaal aantal schelpdieren in de Nederlandse kustzone (aantal schelpdieren / m²) (WUR schelpdiermonitor 2023). In de figuur is indicatief met de blauwe lijn weergegeven wat vanuit het oogpunt van behoud van schelpdierbanken de meest geschikte locatie zou zijn voor de aanleg van de zeeleiding.

Conclusie niet-broedvogels

Significante effecten van verandering van dynamiek op niet-broedvogels kunnen worden uitgesloten.

6.2.5 Conclusie Voordelta

Voor de Voordelta kan het volgende geconcludeerd worden:

- Significante effecten op habitattype H1110B kunnen worden uitgesloten;
- Significante effecten op trekvissen kunnen worden uitgesloten;
- Significante effecten op zeezoogdieren door geluid en trillingen kunnen niet worden uitgesloten, hierbij gaat het om indirecte effecten op de bruinvis;
- Significante effecten op niet-broedvogels kunnen worden uitgesloten.

6.2.6 Mitigerende maatregelen Voordelta

De volgende mitigerende maatregelen dienen naast de standaard maatregelen uitgevoerd te worden om significante effecten te voorkomen:

- In de Voordelta treden geen significante directe effecten op voor de bruinvis, maar indirecte effecten door onderwatergeluid op bruinvissen kunnen niet worden uitgesloten (indirecte effecten op de gehele Noordzeepopulatie). Daarom dienen mitigerende maatregelen te worden genomen bij de heiwerkzaamheden en scheepvaart. Deze zijn opgenomen in paragraaf 6.1.7.
- Voor het heien van de aanlegsteigers in de haven is geen mitigatie nodig omdat het geluid binnen de haven blijft. Van de standaardmaatregelen zijn alleen soft start en ADD noodzakelijk, een MMO is hier niet nodig.

6.3 Natura 2000-gebied Friese Front

Het Friese Front is aangewezen als Vogelrichtlijngebied voor de zeekoet (A199). De zeekoet kan effect ondervinden van de activiteiten voor de aanleg van de zeeleiding en de platforms met verbindingsleiding(en) voor de spurlines. Het platform L10-R komt op ongeveer 1,6 km afstand van het Friese Front te liggen. In deze paragraaf wordt beoordeeld of er sprake is van significante negatieve effecten door de voorgenomen activiteiten.

6.3.1 Niet-broedvogels: zeekoet

De instandhoudingsdoelstellingen voor de zeekoet zijn behoud van de populatie en behoud van omvang en kwaliteit leefgebied. De landelijke staat van instandhouding van de zeekoet is gunstig.

Kenmerkend voor de zeekoet is het gebruik van het Friese Front door ruiende mannetjes met hun jongen in de nazomer. De afstand tot de kust, en daarmee de relatieve rust, in combinatie met het hoge voedselaanbod maakt het Friese Front een aantrekkelijk rust- en foerageergebied voor de zeekoet in deze kwetsbare fase van de levenscyclus. De zeekoet jaagt vooral op de grote scholen sprot die door de volop aanwezige bodemfauna worden aangetrokken. Omdat de zeekoet in staat is om diepten van meer dan 100 m te bereiken, kunnen ze de hele waterkolom van het Friese Front afzoeken (Leopold, 1991). In de ruiperiode kunnen de jongen en ruiende volwassen mannetjes zich minder snel naar andere locaties verplaatsen doordat ze (tijdelijk) niet in staat zijn om te vliegen.

Uit de voorbereidende milieusurvey van Fugro blijkt dat in de survey periode van 11 juli 2022 t/m 24 januari 2023 in totaal 560 zeekoeten zijn waargenomen op het Aramis traject (doorkruising Maasgeul, tracé zeeleiding, putten, platforms) op 249 verschillende telmomenten (Fugro, 2023).

Door de activiteiten in het Friese Front kan de zeekoet effect ondervinden van oppervlakteverlies, trillingen en geluid, licht, beweging en optiek, verontreiniging, vertroebeling en verandering dynamiek substraat. In Tabel 6-18 is de gevoeligheid van de zeekoet voor deze storingsfactoren opgenomen. Daaruit blijkt dat de zeekoet alleen gevoelig is voor onderwatergeluid en trillingen, verontreiniging en beweging en optiek. De effecten hiervan worden hieronder beoordeeld.

Tabel 6-18. De gevoeligheid voor storingsfactoren voor de niet-broedvogel zeekoet (Tamis et al., 2011).

Storingsfactor	Gevoeligheid
Oppervlakteverlies	Beperkt
Bovenwatergeluid & trilling	Marginaal
Onderwatergeluid & trilling	Aanzienlijk[1]
Licht	Marginaal
Beweging en optiek	Aanzienlijk
Verontreiniging	Groot[2]
Vertroebeling	Beperkt
Verandering dynamiek substraat	Marginaal

[1] Smith et al. (2023)
[2] RHDHV (2019)

Schaal – Gevoeligheid voor verstoring (Tamis et al., 2011)

Marginaal	Beperkt	Aanzienlijk	Groot

Effecten door trillingen en geluid

Onderwatergeluid
Voor de aanleg van de offshore zeeleiding en de installatie van de nieuwe platforms en putten worden verschillende schepen en helikopters ingezet (Bijlage 6). Vogels kunnen hinder ondervinden van het geluid dat hierbij vrijkomt. Ook bij het heien van de verankeringspalen voor de nieuwe platforms en het boren van de nieuwe putten - waarbij ook conductors moeten worden geheid - is er sprake van onderwatergeluid. Zeekoeten jagen onderwater, waarbij ze tot grote diepte duiken en last kunnen hebben van harde onderwatergeluiden (Camphuysen & Leopold, 1994).

Heiwerkzaamheden
De werkzaamheden voor de nieuwe platforms nemen per platform maximaal 3 dagen in beslag voor het heien van de 4 verankeringspalen. Daarnaast zijn er 3 dagen nodig voor het heien van 4-6 conductorpijpen. Het impulsgeluid heeft voornamelijk een lage frequentie van 10 Hz tot 10 kHz, hoewel ook hogere frequenties voorkomen. Het heien van een conductor duurt gemiddeld 8 tot 12 uur bij een frequentie van maximaal vijftig slagen per minuut. De hamer die voor het heien van de verankeringspalen wordt gebruikt heeft een maximale slagkracht van 1000 kJ en de hamer die voor de conductor wordt gebruikt heeft een maximale slagkracht van 90 kJ.

Zeekoeten kunnen hinder ondervinden van onderwatergeluid, aangezien ze jagen onder water (tot 180 - 230 m diepte) (Anderson Hansen et al., 2020; Camphuysen & Leopold, 1994; Didderen et al., 2019). Zo volgde uit de studie van Anderson Hansen et al. (2020) dat zeekoeten reageren op onderwatergeluid en daarom potentieel kwetsbaar zijn voor verhoogd onderwatergeluid. In het experiment werden twee zeekoeten (één mannetje en één vrouwtje) blootgesteld aan verschillende geluidsniveaus (110, 120, 130 en 137 dB re 1 µPa). Bij hogere geluidsniveaus reageerde zowel de vrouwelijke als mannelijke zeekoet sterker dan bij lagere geluidsniveaus en het controle experiment. In de studie van Smith et al. (2023) werd verder aangetoond dat de zeekoet gevoeliger is voor geluidsverstoring dan niet-duikende alkensoorten. De onderzochte zeekoeten waren gevoelig voor gemiddelde geluidsfrequenties tussen de 1 en 3,5 kHz (min-max; 0,5-6,0 kHz) met een laagste gemiddelde gehoordrempel van 30 dB bij 2 kHz. De zeekoet is dus gevoelig voor geluidsfrequenties die overlappen met geluidsfrequenties afkomstig van heiwerkzaamheden. Voor bruinvissen is de geluidscontour van 140 dB in beeld gebracht (zie Figuur 6-5), dit komt dicht in de buurt van de hiervoor genoemde 137 dB. In die figuur is te zien dat deze geluidscontouren deels overlappen met het Friese Front, waardoor er sprake is van een direct effect.

Vooral in de ruiperiode van de zeekoet (juli-oktober) is de zeekoet gevoelig voor verstoring door geluid, omdat de zeekoet in die periode niet in staat om zich te verplaatsen naar alternatief foerageer- of rustgebied. Als activiteiten plaatsvinden in de ruiperiode van de zeekoet, kunnen significant negatieve effecten door geluid en trilling door heiwerkzaamheden niet worden uitgesloten.

Boren van de putten en machinegeluid
Het boren van de putten duurt ongeveer 100 dagen per put. In totaal worden bij platform L10-R 4 tot 6 nieuwe putten geboord, wat betekent dat de boringen van de putten bij platform L10-R in totaal 400-600 dagen in beslag nemen. Wanneer we de vermijdingsafstand van bruinvissen aanhouden (voor de zeekoet is deze niet bekend), welke 10 km is, is er sprake van overlap van deze activiteiten met het Friese Front. Aangezien zeekoeten niet of minder gevoelig zijn voor laagfrequent geluid (Hildebrand, 2009; Smith et al., 2023) kunnen significante effecten worden uitgesloten.

Scheepvaart en helikoptervluchten
Er zullen voor de werkzaamheden aan de platforms en putten van L10-R en L4-A in totaal 1.300 extra scheepvaartbewegingen plaatsvinden (Tabel 6-19Tabel 6-19). Schepen veroorzaken een continu geluid dat voornamelijk door de schroef en de machinekamer geproduceerd wordt. De mate van geluid hangt af van de snelheid, of er gemanoeuvreerd wordt of niet en van de belading.

Geluid van scheepvaart is vaak laagfrequent (maximaal 100 Hz voor een groot cargo schip), terwijl zeekoeten juist gevoelig zijn voor hoger frequent geluid (bijvoorbeeld ontploffingen van explosieven, onderwater sonar en heien van conductoren) (Hildebrand, 2009; Smith et al., 2023). In het gebied is ook veel vergelijkbaar geluid aanwezig afkomstig van scheepvaart. Het Friese Front wordt in het huidige

verkeersbeeld doorsneden door een aantal scheepvaartverbindingen die relatief intensief worden bevaren (12 schepen/10 km^2/uur), waarbij het met name gaat om koopvaardijschepen. De scheepvaartroutes beslaan ongeveer 23% van het oppervlak van het Friese Front. Iets meer dan de helft van het totaal aantal schepen dat op het Friese Front aanwezig is maakt gebruik van de scheepvaartroutes (Van Mastrigt et al., 2019).

Boven het Friese Front is ook een helikopterroute voor verkeer van en naar de olie- en gasplatforms. Het Friese Front valt deels samen met een defensie-oefengebied voor de luchtmacht en de marine. In dit gebied worden vrijwel dagelijks vlieg- en schietoefeningen gehouden met (laagvliegende) F16's en marineschepen (Van Mastrigt et al., 2019; AIS Netherlands). Het gedeelte helikoptergeluid dat vanuit de lucht doordringt tot in het water is zeer beperkt. Bij loodrechte inval reflecteert meer dan 99,9% van het geluid aan het wateroppervlak en blijft dus in de lucht. Laagvliegen is alleen van toepassing bij de landing en bij het opstijgen, en beslaat daarom alleen het gebied rondom platforms L10-R en L4-A.

Uit de beoordeling Wet natuurbescherming bij het MER militaire luchthaven de Kooy (waarin ook burgerluchtvaart met helikopters is meegenomen) blijkt dat effecten van helikoptervluchten op vogels in omliggende Natura 2000-gebieden (Noordzeekustzone, Waddenzee) kunnen worden uitgesloten (Zweers & Den Held, 2017). In de toetsing van luchthaven de Kooy wordt er van 27.000 vliegbewegingen per jaar door groot verkeer (helikopters en vast vleugelvliegtuigen) uitgegaan. Tijdens de aanlegfase van het Aramis initiatief is er gedurende een periode van 1-2 jaar sprake van maximaal 300 en 310 extra helikopterbewegingen voor de werkzaamheden aan respectievelijk platforms L10-R en L4-A. Vanwege het feit dat er al dagelijks wordt gevlogen met F16's nabij het plangebied, wordt niet verwacht dat een toename van één helikopter per dag/twee dagen leidt tot verstoring van de zeekoet. Significant negatieve effecten van helikopter- en scheepvaartgeluid op de zeekoet zijn uitgesloten.

Tabel 6-19. Scheepvaart- en helikopterbewegingen ten behoeve van de activiteiten bij platforms en putten van L10-R en L4-A.

Activiteiten	Schepen/ helikopters	Aantal schepen/ helikopters	Aantal bewegingen	Duur activiteit (in dagen)
Werkzaamheden platform L10-R	Schepen	4	10	24
Werkzaamheden putten L10-R	Schepen	4	282	840
	Helikopters	1	300	N.A.
Werkzaamheden platform L4-A	Schepen	8	188	183
	Helikopters	1	76	N.A.
Werkzaamheden putten L4-A	Schepen	3	820	408
	Helikopters	1	234	N.A.
Totaal	-	22	Schepen: 1.300 Helikopters: 610	-

Conclusie zeekoet
De zeekoet is in de ruiperiode (juli-oktober) gevoelig voor onderwatergeluid als gevolg van heiwerkzaamheden. Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de zeekoet door geluid en trillingen kunnen hierdoor niet worden uitgesloten.

Effecten door beweging en optiek
De schepen die worden ingezet bij de aanleg van de zeeleiding en de installatie van de nieuwe platforms en putten zijn (in fases) in beweging. Garthe & Hüppop (2004) deden onderzoek naar het vlucht- en vermijdgedrag van verschillende zeevogels bij verstoring door scheepvaart- en helikopterverkeer. In totaal kregen 26 vogelsoorten een score toebedeeld - op basis van extensief onderzoek vanaf boten op zee - tussen de 0 (nauwelijks vlucht- en vermijdgedrag waarneembaar/ zeer korte vluchtafstand) en 5 (sterk waarneembaar vlucht- en vermijdgedrag/ grote vluchtafstand). Vooral duikende soorten zoals de parelduiker (score 4), de roodkeelduiker (score 4) en de zwarte zee-eend (score 5) blijken (zeer) gevoelig

voor verstoring door schepen en helikopters. De zeekoet is daarentegen matig gevoelig voor verstoring door schepen en helikopters (score 3).

Van zeekoeten is verder bekend dat deze vaak vroegtijdig hun zwemrichting aanpassen om obstakels zoals platforms en schepen op geruime afstand te passeren (Tamis et al., 2011). Van de 929 waargenomen zeekoeten in de studie van Garthe & Hüppop (2004) vertoonde slechts 37% van de vogels vermijd- of vluchtgedrag in de nabijheid van een naderend schip, waarvan 17% wegvloog en 20% onder water dook. Van de duikende soorten, zoals de parelduiker en roodkeelduiker, vluchtten minstens 94% van de waargenomen vogels. De ruiende mannetjes en jongen van de zeekoet kunnen – door hun beperkte mobiliteit - scheepvaart echter minder makkelijk vermijden waardoor stress ontstaat (Didderen, Rebolledo, et al., 2019). Gebieden met veel scheepvaart zijn daarom mogelijk minder aantrekkelijk voor zeekoeten, vooral tijdens de ruiperiode van de zeekoet (juli – augustus).

In en nabijheid het plangebied zijn drukbevaren scheepvaartroutes aanwezig. Het Friese Front wordt in het huidige verkeersbeeld doorsneden door een aantal scheepvaartverbindingen die relatief intensief worden bevaren, waarbij het met name gaat om koopvaardijschepen. In totaal varen er 27 schepen (of meer) per 1000 km^2 (Hermans et al., 2020). De scheepvaartroutes beslaan ongeveer 23% van het oppervlak van het Friese Front. Iets meer dan de helft van het totaal aantal schepen dat op het Friese Front aanwezig is maakt gebruik van de scheepvaartroutes. Vissersschepen varen daarnaast ook verspreid door het Friese Front, met hogere dichtheden in de periode juni – augustus (Van Mastrigt et al., 2019).

Er zullen voor de werkzaamheden aan het platform L10-R en de putten bij platform L10-R in totaal 292 extra scheepvaartbewegingen plaatsvinden (Tabel 6-19Tabel 6-19). In totaal neemt het aantal helikoptervluchten (retour) toe met 300 door de inzet van schepen voor de werkzaamheden aan de putten van platform L10-R. De werkzaamheden aan het platform L10-R en de putten van L10-R vinden op 1,6 km afstand van het Friese Front plaats. Ook wordt er zoveel mogelijk gebruikt gemaakt van bestaande routes (Kader 2). De extra scheepvaart- en helikopterbewegingen zullen niet leiden tot een oppervlakteverlies van foerageer- of rustgebied voor de zeekoet.

Conclusie zeekoet
Significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstelling van de zeekoet door beweging en optiek kunnen worden uitgesloten.

Verontreiniging
Bij het boren van de putten tijdens de aanlegfase wordt Water Based Mud (WBM)-houdende boorvloeistof gebruikt. Dit is een gebiedsvreemde stof, wat bestaat uit zoet of zout water als basis vloeistof met bariet ($BaSO4$) of ilmeniet ($FeTiO_3$) als wegingsmiddel. Klei of organische polymeren worden toegevoegd om een homogene vloeistof te creëren. Andere chemicaliën (e.g. kalium formaat en verschillende glycolen) zorgen voor een optimale viscositeit en stabiliteit (Neff, 2005). De boorvloeistof en het boorgruis worden volgens de gangbare praktijk op zee geloosd. Het onderste deel van de putten wordt geboord met boorvloeistof op oliebasis. Deze boorvloeistof wordt afgevoerd naar land.

Een studie van Daan & Mulder (1993) toonde verder aan dat er 2 maanden na de lozing van WBM boorgruis (met een gewicht van circa 1.600 ton) in de buurt van platforms L3-3 en L6-3 in het Friese Front geen effecten op de benthische levensgemeenschappen optraden. Ook uit de survey die in 1992 bij L3-3 plaatsvond, één jaar na de lozing van het boorgruis, bleken er geen effecten op de benthische levensgemeenschappen, zelfs niet op een afstand van maar 25 m van het voormalige lozingspunt (Daan & Mulder, 1993a). Andere studies benoemen ook de lage acute toxiciteit van WBM, net zoals de afwezigheid van aantoonbare effecten van WBM-houdende boorvloeistof op de benthische levensgemeenschappen van sedimentrijke systemen (Park et al., 2001; Renaud et al., 2008). Er zijn geen studies bekend van de effecten van WBM op vissen en vogels, aangezien er geen effect is op de benthische gemeenschap kan worden aangenomen dat er ook geen effecten zijn op de zeekoet.

Tijdens de gebruiksfase wordt er productiewater geloosd vanaf de platforms. Het lozen van productiewater zorgt voor een lokale verontreiniging van het zeewater. Productiewater is het water dat omhoogkomt uit het gasveld samen met het aardgas. Het vrijgekomen productiewater wordt na behandeling geloosd. Het debiet varieert per platform van enkele kubieke meters water per uur bij een klein platform tot tientallen kubieke

meters per uur voor een groot platform. Het productiewater is licht verontreinigd met alifaten (olie), aromaten (voornamelijk benzeen), zware metalen en natuurlijke radionucliden. In hoofdstuk 9 van de Mijnbouwregeling is vastgesteld dat een lozing pas mag plaatsvinden wanneer de concentratie stoffen voldoet aan de wettelijke eisen. Voor gedispergeerde olie geldt bijvoorbeeld een norm van 30 mg/L.
Bij een overschrijding van de wettelijke normen worden maatregelen getroffen. Het productiewater verdunt al een factor 30-100 in de eerste 10-100 meter vanaf het lozingspunt (IAOGP, 2005). De olieconcentraties van de lozingen zijn door de stroming op de Noordzee binnen enkele honderden meters maximaal verdund tot de achtergrondconcentratie. Om die reden wordt alleen het effect van de platforms in en op de rand van het gebied verwacht. Van externe werking als gevolg van platforms buiten het gebied is geen sprake (RHDHV, 2019).

Conclusie zeekoet
Significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstelling van de zeekoet door verontreiniging kunnen worden uitgesloten.

6.3.2 Conclusie Friese Front

Voor het Friese Front kan het volgende geconcludeerd worden:
- Significante effecten in juli-oktober op de zeekoet door onderwatergeluid en trillingen door heiwerkzaamheden kunnen niet worden uitgesloten;
- Significante effecten op de zeekoet door andere verstoringsfactoren kunnen worden uitgesloten.

6.3.3 Mitigerende maatregelen Friese Front

De volgende mitigerende maatregelen dienen naast de standaard maatregelen uitgevoerd te worden om significante effecten te voorkomen:
- Er wordt bij heiwerkzaamheden in de periode juli-oktober nabij het Friese Front (L4-A en L10-R) gebruik gemaakt van bijvoorbeeld een HSD Systeem/bubbelscherm bij het heien om het onderwatergeluid zodanig te minimaliseren dat de 140 dB geluidscontour geen overlap heeft met het Friese Front. Ook kan gebruik worden gemaakt van nieuwe methoden, waarmee een veel lagere geluidsbelasting optreedt indien de geluidscontour (140 dB) dan niet tot het Friese Front reikt;
- Indien bovenstaande niet mogelijk is, worden tijdens de gevoelige periode van zeekoet (juli – oktober) geen heiwerkzaamheden uitgevoerd ten behoeve van de aanleg van de platforms en putten L4-A en L10-R.

6.4 Natura 2000-gebied Klaverbank

De habitatrichtlijnsoorten waarvoor het Natura 2000-gebied Klaverbank is aangewezen kunnen effecten ondervinden van de activiteiten de zeeleiding en de platforms met verbindingsleiding(en) voor de spurlines. De zeeleiding bevindt zich op ongeveer 40 km van de Klaverbank en het dichtstbijzijnde platform en de verbindingsleiding(en) voor de spurlines op ongeveer 53 km. Hieronder wordt voor de relevante soorten beoordeeld of ze significante negatieve effecten ondervinden van bovengenoemde activiteiten.

6.4.1 Zeezoogdieren

Het Natura 2000-gebied Klaverbank is aangewezen voor de zeezoogdieren bruinvis, grijze zeehond en gewone zeehond. De instandhoudingsdoelstellingen voor alle drie de zeezoogdieren zijn behoud populatie en behoud omvang en kwaliteit leefgebied. De landelijke staat van instandhouding van de bruinvis, grijze en gewone zeehond is gunstig.

Door de activiteiten kunnen de zeezoogdieren een (indirect) effect ondervinden van geluid en trillingen. Er is geen sprake van (indirecte) effecten door verstoring door licht, beweging en optiek, verontreiniging, vertroebeling en verandering dynamiek vanwege de mate van het effect en de grote afstand tot de Klaverbank. De drie zeezoogdiersoorten zijn allemaal zeer gevoelig voor geluid en trillingen (onderwatergeluid).

Effecten door trillingen en geluid
Bij het heien van de verankeringspalen voor de nieuwe platforms en de conductors voor de nieuwe putten en het boren van de nieuwe putten is er sprake van impuls onderwatergeluid wat verstoring oplevert voor zeezoogdieren. Voor de aanleg van de offshore zeeleiding, de installatie van de nieuwe platforms en putten, en de ontmanteling van de putten worden verschillende schepen ingezet (Bijlage 6). Zeezoogdieren kunnen hinder ondervinden van het continue geluid dat hierbij vrijkomt.

In de Klaverbank zelf worden geen activiteiten uitgevoerd. De minimale afstand van de Klaverbank tot aan de locatie (K10) waar heiactiviteiten plaats zullen vinden is 76,6 kilometer. De minimale afstand van de Klaverbank ten opzichte van het meest nabije platform waar sprake is van verstoring door continu geluid door scheepvaart en boorwerkzaamheden is 53 kilometer (L4A). De mijdingsafstand van zeezoogdieren bij werkzaamheden zoals machinegeluid dat vrijkomt van het platform en het boren van injectieputten kan oplopen tot 100 kilometer wanneer er geen sprake is van verhoogd achtergrondgeluid (zie Tabel 6-1). Gezien er vrijwel in de gehele Noordzee sprake is van verhoogd achtergrondgeluid (de Jong et al., 2021), kan worden uitgegaan van een mijdingsafstand van 10 kilometer. Hiermee kan worden gesteld dat in de Klaverbank geen directe effecten van onderwatergeluid zullen optreden. Wel kunnen er indirecte effecten optreden aangezien de bruinvis een mobiele soort is en van de gehele Noordzee gebruik maakt. Een effect op de Noordzeepopulatie kan een effect hebben op de instandhoudingsdoelstelling van de zeezoogdieren in de Klaverbank.

<u>Bruinvis</u>
De gemiddelde dichtheid bruinvissen per km^2 bij de activiteiten die doorwerking kunnen hebben op de instandhoudingsdoelstellingen in de Klaverbank is een range tussen 1,20 en 2,0. Dichtheden zijn nader toegelicht in paragraaf 5.1.2 van deze beoordeling. Door deze dichtheden te vermenigvuldigen met het berekende verstoringsoppervlak door activiteiten met impulsgeluid (heien), volgen schattingen van het aantal mogelijk verstoorde bruinvissen per dag dat de activiteiten worden uitgevoerd, wat uiteindelijk wordt door vertaald in het effect op de populatie door het totaal aantal bruinvisverstoringsdagen te berekenen en de populatiereductie (Tabel 6-2 en paragraaf 6.1.5). Het effect op populatieniveau resulteert in een range van 10.665 – 18.016 bruinvisverstoringsdagen en een populatiereductie (Noordzeepopulatie) van maximaal 7 bruinvissen. Daarnaast is er sprake van een overschrijding van de geluidsnorm door het heien van de verankeringspalen (zie paragraaf 6.1.5).

Er is momenteel nog geen methodiek om effecten van continu onderwatergeluid op de populatie bruinvissen te berekenen. Omdat het geluid van de schepen binnen de gehoorfrequentie van de bruinvis valt, kan er sprake zijn van verstoring in de vorm van masking, wat de mogelijke communicatie tussen bruinvissen tijdelijk negatief kan beïnvloeden. Dit kan effect hebben op populatieniveau, wat in theorie dus ook effect

kan hebben op de instandhoudingsdoelstellingen van de bruinvis in de Klaverbank. Er is echter nog te weinig onderzoek bekend over de effecten van continu geluid op het gedrag van bruinvissen en hoe dit effect heeft op populatieniveau om een kwantitatieve beoordeling te doen. Het is aannemelijk dat bruinvissen het verstoorde gebied voor langere tijd zullen mijden. Hiermee zal de kwaliteit en de omvang van het leefgebied van de bruinvis afnemen.

Conclusie bruinvis
Fysieke schade zoals PTS en TTS worden niet verwacht door het gebruik van soft start waardoor de bruinvissen het gebied verlaten voordat er schade optreedt. De populatiereductie van 7 bruinvissen kan vertaald worden naar een afname van 0,007 tot 0,013% ten opzichte van de Nederlandse populatie bruinvissen, wat betekent dat er wordt voldaan aan de maximale ecologisch toelaatbare reductie van 5%. Echter is hier geen rekening gehouden met activiteiten waarbij sprake is van continu onderwatergeluid, waarbij ook verstoring optreedt. Kijkende naar de werkzaamheden die rond de platformen in de Noordzee plaatsvinden, worden er circa 1 tot 2 jaar achter elkaar met een paar weken tussen de activiteiten in intensief werkzaamheden uitgevoerd. Het is aannemelijk dat bruinvissen het verstoorde gebied voor langere tijd zullen mijden. Een groot gebied zal hierdoor niet geschikt zijn als leefgebied van de bruinvis. In het geval van de Klaverbank is er geen sprake van een **direct** effect (het onderwatergeluid reikt niet in het gebied), maar wel van een **indirect** effect, aangezien bruinvissen gebruikmaken van de gehele Noordzee en een effect op de Noordzeepopulatie een effect heeft op de instandhoudingsdoelstelling van de bruinvis in de Klaverbank. Indirecte significante effecten op bruinvissen kunnen niet worden uitgesloten.

Gewone en grijze zeehond
Fysieke schade zoals PTS en TTS worden niet verwacht. De dichtheid van de gewone en grijze zeehond in het plangebied is maximaal 0,50 zeehonden per km^2. In paragraaf 6.1.5 zijn de effecten van onderwatergeluid op zeehonden in de Noordzee beoordeeld (Tabel 6-2, Tabel 6-5, Tabel 6-6, Paragraaf 6.1.5). De verstoringsoppervlakten variëren per activiteit tussen de 54 en 314 km^2.

De in paragraaf 6.1.5 genoemde percentages geven een indicatie weer van de verstoring, maar zijn niet goed bij elkaar op te tellen omdat dit een overschatting zal zijn. In de praktijk zijn de dichtheden op open zee lager en is het aannemelijk dat individuen meermaals worden verstoord door dezelfde of verschillende activiteiten. Ervan uitgaande dat activiteiten kort na elkaar met een aantal weken ertussen uitgevoerd gaan worden, zullen zeehonden het gebied voor een langere periode mijden. Aangezien de werkzaamheden 1 tot 2 jaar zullen duren, kan de mijdingsperiode ook oplopen tot een vergelijkbare periode.

Zowel ten zuiden als in de zuidelijkste punt van de Klaverbank bevindt zich een bestaande scheepvaartroute. De aanwezigheid van veel vaarverkeer levert in het huidige verkeersbeeld al een verhoogd achtergrondgeluid op.

Het gebied op open zee kan door zeehonden gebruikt worden om te foerageren. Grijze zeehonden kunnen tot ver uit de kust zoeken naar voedsel (Ministerie van Economische Zaken, 2014a). Het foerageergebied neemt door de verstoring daarom mogelijk af. Er zijn anderzijds voldoende uitwijkmogelijkheden voor gewone en grijze zeehonden om te foerageren. De nabijgelegen gebieden Noordzeekustzone en de Waddenzee zijn belangrijkere gebieden voor de gewone zeehond en grijze zeehond dan de open zee (anders dan voor bruinvissen).

Conclusie grijze en gewone zeehond
Het belang van het gebied waar de activiteiten plaatsvinden is van minder groot belang voor de zeehonden dan de kustzone en het waddengebied, waardoor significant negatieve effecten zijn uit te sluiten.

6.4.2 Conclusie Klaverbank

Voor de Klaverbank kan het volgende geconcludeerd worden:
- Significante effecten op de bruinvis door geluid en trillingen kunnen niet worden uitgesloten, hierbij gaat het om indirecte effecten op de Noordzee populatie;
- Significante effecten op de bruinvis door andere verstoringsfactoren kunnen worden uitgesloten;
- Significante effecten op zeehonden kunnen worden uitgesloten.

6.4.3 Mitigerende maatregelen Klaverbank

De volgende mitigerende maatregelen dienen naast de standaard maatregelen uitgevoerd te worden om significante effecten te voorkomen:

- In de Klaverbank treden geen significante directe effecten op voor de bruinvis, maar indirecte effecten door onderwatergeluid op bruinvissen kunnen niet worden uitgesloten (indirecte effecten op de gehele Noordzee populatie). Daarom dienen mitigerende maatregelen te worden genomen bij de heiwerkzaamheden en scheepvaart. Deze zijn opgenomen in paragraaf 6.1.7.

6.5 Natura 2000-gebied Bruine Bank

De voor het Natura 2000-gebied Bruine Bank aangewezen vogelrichtlijnsoorten kunnen effecten ondervinden van het aanleggen van de zeeleiding. De zeeleiding bevindt zich op ongeveer 23 km van de Bruine Bank. Daarmee vinden er geen directe activiteiten plaats in de Bruine Bank, maar er kan sprake zijn van externe werking in dit Natura 2000-gebied. Hieronder wordt voor de relevante soorten beoordeeld of ze significante negatieve effecten ondervinden door het aanleggen van de zeeleiding.

6.5.1 Niet-broedvogels

Het Natura 2000-gebied Bruine Bank is aangewezen voor de vogelrichtlijnsoorten zeekoet, jan-van-gent, grote jager, dwergmeeuw, grote mantelmeeuw en alk. De instandhoudingsdoelstellingen voor alle zes de vogelsoorten is behoud populatie en behoud omvang en kwaliteit leefgebied. De staat van instandhouding van de zeekoet, jan-van-gent, grote jager, dwergmeeuw, grote mantelmeeuw en alk is gunstig.

Uit de voorbereidende milieusurvey van Fugro blijkt dat in de periode van 11 juli 2022 t/m 24 januari 2023 de zeekoet, jan-van-gent, dwergmeeuw, grote mantelmeeuw en alk regelmatig zijn waargenomen op het Aramis traject (doorkruising Maasgeul, tracé zeeleiding, putten, platforms) (Tabel 6-20). De grote jager is één keer waargenomen (Fugro, 2023).

Tabel 6-20. Aantal waargenomen niet-broedvogelsoorten op het Aramis traject in de periode juli 2022 t/m januari 2023 (Fugro, 2023).

Soort	Aantal waarnemingen op het Aramis traject	Aantal individuen op het Aramis traject
Zeekoet	249	560
Jan-van-gent	429	607
Grote jager	1	1
Dwergmeeuw	7	26
Grote mantelmeeuw	188	258
Alk	205	498

Door de activiteiten in de Bruine Bank kunnen de vogelsoorten effect ondervinden van trillingen en geluid, licht, beweging en optiek, verontreiniging, vertroebeling en verandering dynamiek. De effecten van deze storingsfactoren worden hieronder nader beoordeeld (zie voor een samenvattend overzicht Tabel 6-21Tabel 6-21).

Tabel 6-21. De gevoeligheid voor verstoring door bovenwatergeluid en trillingen, licht en beweging en optiek voor de niet-broedvogelsoorten (Tamis et al., 2011 en Effectenindicator Ministerie LNV).

Niet-broedvogelsoort	Gevoeligheid			
	Geluid & trilling	*Licht*	*Beweging en optiek*	*Verontreiniging*
Zeekoet	Bovenwater: marginaal Onderwater: aanzienlijk[2]	Marginaal	Aanzienlijk	Beperkt
Jan-van-gent	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld
Grote jager	Marginaal	Marginaal	Marginaal	Beperkt
Dwergmeeuw	Niet gevoelig	Gevoelig	Gevoelig[1]	Gevoelig
Grote mantelmeeuw	Marginaal	Marginaal	Marginaal	Beperkt
Alk	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld

[1] (Krijgsveld et al., 2022).
[2] (Smith et al., 2023).

Schaal - Gevoeligheid voor verstoring (Tamis et al., 2011)

Marginaal	Beperkt	Aanzienlijk	Groot

Schaal - Gevoeligheid voor verstoring (Effectenindicator Ministerie LNV)

Niet gevoelig	Gevoelig	Zeer gevoelig

Effecten door trillingen en geluid
Voor de aanleg van de zeeleiding worden verschillende schepen ingezet (Bijlage 6). Vogels kunnen hinder ondervinden van het geluid dat hierbij vrijkomt. Ook bij het heien van de verankeringspalen voor de nieuwe platforms en het boren van de nieuwe putten is er sprake van onderwatergeluid. Het heien van de verankeringspalen en het boren van de putten leidt over het algemeen tot de grootste geluidsverstoring, met name de zeekoet is hier gevoelig voor. De hei- en boorwerkzaamheden vinden echter op minstens 58 km van de Bruine Bank, waardoor effecten van geluid en trilling zijn uit te sluiten.

De extra schepen die worden ingezet voor het Aramis initiatief volgen zoveel mogelijk bestaande scheepvaartroutes. In totaal zullen maximaal 80 extra schepen uitvaren vanuit de haven van Rotterdam, waarvan 30 schepen mogelijk de scheepvaartroute langs of door de Bruine Bank volgen voor de aanleg van de zeeleiding. Deze toename in scheepvaartverkeer is minimaal te noemen en verspreidt zich over een langere periode van ongeveer 300 dagen. De schepen die uitvaren vanuit de haven van Amsterdam of Den Helder komen niet in de buurt van de Bruine Bank. Er is geen sprake van effecten door geluid en trilling op niet-broedvogels in de Bruine Bank.

Conclusie niet-broedvogels
Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de niet-broedvogels door geluid en trilling kunnen worden uitgesloten.

Effecten door licht
De schepen die worden ingezet bij de aanleg van de zeeleiding putten stralen licht uit. Uitstraling van licht kan effect hebben op bepaalde en leiden tot verstoring van gedrag. Sommige soorten worden door verlichting aangetrokken, terwijl andere soorten nauwelijks reactie lijken te vertonen. De dwergmeeuw is bijvoorbeeld een soort die gevoelig is voor licht (Tabel 6-21). De zeekoet, jan-van-gent, grote jager, grote mantelmeeuw en alk zijn niet erg gevoelig voor verstoring door licht (Tabel 6-21) (Tamis et al., 2011). De extra schepen die worden ingezet voor het Aramis initiatief volgen zoveel mogelijk bestaande scheepvaartroutes.

In totaal zullen maximaal 80 extra schepen uitvaren vanuit de haven van Rotterdam, waarvan 30 schepen mogelijk de scheepvaartroute langs of door de Bruine Bank volgen voor de aanleg van de zeeleiding. De schepen die uitvaren vanuit de haven van Amsterdam of Den Helder komen niet in de buurt van de Bruine Bank. De toename in scheepvaartverkeer is minimaal en tijdelijk, waardoor effecten van lichtuitstraling van schepen zijn uit te sluiten.

Conclusie niet-broedvogels
Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de dwergmeeuw en andere niet-broedvogels door aanwezigheid van licht kunnen worden uitgesloten.

Effecten door beweging en optiek
De schepen die worden ingezet bij de aanleg van de zeeleiding zijn (in fases) in beweging. Vogels kunnen last ondervinden door bewegingen en aanwezigheid van schepen en daardoor worden verstoord. Vooral in de ruiperiode kunnen vogels gevoelig zijn voor optische verstoring.

De extra schepen die worden ingezet voor het Aramis initiatief volgen zoveel mogelijk bestaande scheepvaartroutes. In totaal zullen maximaal 80 extra schepen uitvaren vanuit de haven van Rotterdam, waarvan 30 schepen mogelijk de scheepvaartroute langs of door de Bruine Bank volgen voor de aanleg van de zeeleiding (Tabel 6-24). Deze toename in scheepvaartverkeer is minimaal te noemen en verspreidt zich over een periode van ongeveer 300 dagen. De schepen die uitvaren vanuit de haven van Amsterdam

of Den Helder komen niet in de buurt van de Bruine Bank. Er is geen sprake van effecten door beweging en optiek op niet-broedvogels in de Bruine Bank.

Conclusie niet-broedvogels
Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de niet-broedvogels door beweging en optiek kunnen worden uitgesloten.

Effecten van verontreiniging
De vogelsoorten kunnen effecten van verontreiniging ondervinden door de lozing van boorgruis en boorvloeistof, regen- en spoelwater en sanitair afval. De meeste niet-broedvogelsoorten zijn beperkt gevoelig voor verontreiniging, de dwergmeeuw is gevoelig (Tabel 6-21). Effecten kunnen optreden via de voedselketen, de dwergmeeuw eet met name vis.

De lozing van schoon regen- en spoelwater bedraagt 6.500 ton en voor het sanitaire afval 250 ton. Hierbij wordt ervanuit gegaan dat er wordt voldaan aan de lozingsnormen uit de Mijnbouwwet, daarmee kunnen effecten van verontreiniging door de lozing van sanitair afval en regen- en spoelwater worden uitgesloten.

Bij de werkzaamheden worden delen van de leiding onder bestaande watergangen aangelegd. Dit vindt plaats door middel van boringen, waarbij Water Based Mud (WBM)-houdende boorvloeistof wordt gebruikt. Dit is een gebiedsvreemde stof, wat bestaat uit zoet of zout water als basis vloeistof met bariet ($BaSO_4$) of ilmeniet ($FeTiO_3$) als wegingsmiddel. Klei of organische polymeren worden toegevoegd om een homogene vloeistof te creëren. Andere chemicaliën (e.g. kalium formaat en verschillende glycolen) zorgen voor een optimale viscositeit en stabiliteit (Neff, 2005). De boorvloeistof en het boorgruis worden volgens de gangbare praktijk op zee geloosd. Het onderste deel van de putten wordt geboord met boorvloeistof op oliebasis. Deze boorvloeistof wordt afgevoerd naar land.

Er is onderzocht wat de potentiële schadelijkheid is van de toegepaste stoffen bij het gebruik van boorgruis- en spoeling voor de boringen (Paragraaf 6.3.1; Hurley & Ellis, 2004). Uit de literatuurstudie van Hurley & Ellis (2004) blijkt dat geen één van de onderzochte stoffen of een functionele groep van stoffen wordt aangemerkt als problematisch of als (onacceptabel) risico.

Een studie van Daan & Mulder (1993) toonde verder aan dat er 2 maanden na de lozing van WBM boorgruis (met een gewicht van circa 1.600 ton) in de buurt van platforms L3-3 en L6-3 in het Friese Front geen effecten op de benthische levensgemeenschappen optraden. Ook uit de survey die in 1992 bij L3-3 plaatsvond, één jaar na de lozing van het boorgruis, bleken er geen effecten op de benthische levensgemeenschappen, zelfs niet op een afstand van maar 25 m van het voormalige lozingspunt (Daan & Mulder, 1993a). Andere studies benoemen ook de lage acute toxiciteit van WBM, net zoals de afwezigheid van aantoonbare effecten van WBM-houdende boorvloeistof op de benthische levensgemeenschappen van sedimentrijke systemen (Park et al., 2001; Renaud et al., 2008). Mogelijke effecten van sedimentatie, als gevolg van de lozing van de boorvloeistof en het boorgruis, worden beoordeeld in de paragrafen ‘Effecten van vertroebeling en verandering dynamiek’. Als er geen effecten zijn op de benthische gemeenschap is de kans klein dat er een effect optreedt op vissen. Dwergmeeuwen ondervinden geen effecten van verontreiniging omdat er geen sprake van verontreiniging van hun voedsel.

Conclusie niet-broedvogels
De te lozen WBM-houdende boorvloeistof en boorgruis vormen geen risico op verontreiniging van de niet-broedvogels. Significante effecten door verontreiniging kunnen worden uitgesloten.

Effecten van vertroebeling
Vertroebeling van de waterkolom wordt veroorzaakt door het opwervelen van sediment tijdens het storten van steen bij kruisingen van infrastructuur en door de baggeractiviteiten ten behoeve van de aanleg van de zeeleiding.

De zeeleiding die wordt aangelegd bestaat uit twee secties; een nearshore gedeelte dat wordt begraven in de zeebodem tot KP70 en een offshore gedeelte dat op de zeebodem wordt gelegd tot KP198.4. De beoordeling van het ingraven van de zeeleiding tot KP70 is relevant voor de Voordelta en de Noordzeekustzone door de afstand van deze Natura 2000-gebieden tot de locatie waar de zeeleiding wordt

ingegraven. De vertroebelingspluim van de baggeractiviteiten nabij dit deel van het tracé reikt daarnaast tot maximaal drie kilometer aan weerszijden van het tracé (zie Figuur 6-3 en Figuur 6-4). De activiteiten ten behoeve van de aanleg van de zeeleiding vinden plaats op minstens 35 km van de Bruine Bank. Er is geen sprake van effecten door vertroebeling op niet-broedvogels in of nabij de Bruine Bank.

Effecten van vertroebeling kunnen ook optreden door de aanleg van de tweede sectie van de zeeleiding (het gelegde deel van de zeeleiding). Het gelegde deel van de zeeleiding bevat meerdere kruisingen met bestaande infrastructuur op de zeebodem. Naar verwachting gaat dit om 25 kruisingen van gemiddeld 500 meter (9,7% van de lengte van de tweede sectie van de zeeleiding). Deze kruisingen worden gerealiseerd door het storten van steen (*rock dump*) ter hoogte van de kruising van infrastructuur. Er kan lokaal vertroebeling optreden bij deze kruisingen. De zeebodem bestaat echter voor ongeveer 80% uit matig grof zand en voor maar 7% uit fijn zand en silt. De grovere zanddeeltjes hebben een valsnelheid tussen de 27 en 60 mm/s en slaan binnen een minuut neer op de bodem tot een maximale afstand van tien meter van de zeeleiding. Vertroebeling door het storten van steen zal dus slechts tijdelijk optreden. De activiteiten ten behoeve van het kruisen van infrastructuur vinden plaats op minstens 35 km van de Bruine Bank. Er is geen sprake van effecten door vertroebeling op niet-broedvogels in of nabij de Bruine Bank.

Conclusie niet-broedvogels
Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de niet-broedvogels door vertroebeling kunnen worden uitgesloten.

Effecten van verandering dynamiek
Het baggeren van het slib zorgt voor een beperkte verhoging van de concentraties slib. Als het slib sedimenteert is er sprake van een beperkte toename in sedimentatie van maximaal 0.2 mm direct naast het tracé (Royal HaskoningDHV, Notitie vertroebeling en bodemberoering Aramis, 2023). Indirecte effecten van sedimentatie kunnen leiden tot een verminderd foerageersucces voor niet-broedvogels door bedekking van voedsel. De activiteiten ten behoeve van de aanleg van de zeeleiding vinden echter plaats op minstens 35 km van de Bruine Bank. Er is geen sprake van effecten door verandering van dynamiek op niet-broedvogels in of nabij de Bruine Bank.

Conclusie niet-broedvogels
Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de niet-broedvogels door verandering van dynamiek kunnen worden uitgesloten.

6.5.2 Conclusie Bruine Bank

Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van niet-broedvogels worden uitgesloten.

6.6 Natura 2000-gebied Noordzeekustzone

De voor het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone aangewezen habitattypen, habitatrichtlijnsoorten en vogelrichtlijnsoorten kunnen effecten ondervinden van de activiteiten bij de zeeleiding en de platforms met verbindingsleiding(en) voor de spurlines. De zeeleiding bevindt zich op ongeveer 37 km van de Noordzeekustzone en het dichtstbijzijnde platform en verbindingsleiding(en) voor de spurlines op ongeveer 41 km (L10-R). Er kan echter sprake zijn van externe werking op dit Natura 2000-gebied of van indirecte effecten. Hieronder wordt voor de relevante soorten beoordeeld of ze significant negatieve effecten ondervinden van bovengenoemde activiteiten.

6.6.1 Vissen

Het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone is aangewezen voor de vissen rivierprik, zeeprik en fint. De instandhoudingsdoelstellingen voor deze vissen zijn uitbreiding populatie en behoud van omvang en kwaliteit leefgebied. De staat van instandhouding van de zeeprik, fint en elft is zeer ongunstig. De staat van instandhouding van de rivierprik is matig ongunstig.

Door de activiteiten kunnen de vissen effect ondervinden van trillingen en geluid, licht, beweging en optiek, verontreiniging, vertroebeling en verandering dynamiek. De effecten van deze storingsfactoren worden hieronder nader beoordeeld (zie voor een samenvattend overzicht Tabel 6-22Tabel 6-22).

Tabel 6-22. De gevoeligheid voor verstoring door geluid en trillingen, licht en beweging en optiek voor vissen (Effectenindicator Ministerie LNV).

Vissoort	Gevoeligheid			
	Onderwatergeluid & trilling	*Licht*	*Beweging en optiek*	*Verontreiniging*
Zeeprik	Gevoelig	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Zeer gevoelig
Rivierprik	Gevoelig	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Zeer gevoelig
Fint	Gevoelig	Niet beoordeeld	Niet beoordeeld	Zeer gevoelig

Schaal - Gevoeligheid voor verstoring (Effectenindicator Ministerie LNV)

Niet gevoelig	Gevoelig	Zeer gevoelig

Effecten door trillingen en geluid

Voor de aanleg van de zeeleiding en de installatie van de nieuwe platforms en putten worden verschillende schepen en helikopters ingezet (Bijlage 6). Vissen kunnen hinder ondervinden van het geluid dat hierbij vrijkomt. Ook bij het heien van de conductorpalen voor de nieuwe platforms en het boren van de nieuwe putten is er sprake van onderwatergeluid.

De zeeprik, de rivierprik en de fint zijn anadrome soorten, wat betekent dat volwassen vissen vanuit zee de rivieren optrekken om daar te paaien. Een belangrijk deel van het leven wordt echter op zee doorgebracht, waarbij de kustzone van groot belang is. Deze soorten hebben een zwemblaas.

Vissen hebben geen extern gehoororgaan. Geluid, in de vorm van drukverschillen onder water, kan door vissen op verschillende manieren worden waargenomen (Thomsen et al., 2006). Er wordt onderscheid gemaakt in gehoorspecialisten, waartoe soorten behoren met een relatief lage gehoordrempel en hoge gevoeligheid voor geluid, en gehoorgeneralisten: soorten die geen zwemblaas hebben of waarbij speciale structuren voor een efficiënte geluidsoverdracht ontbreken. De meeste bodemvissen, zoals platvissen en grondels, zijn gehoorgeneralisten terwijl de meeste vissen die hoger in de waterkolom leven gehoorspecialisten zijn.

In de Noordzeekustzone kunnen vissen mogelijk verstoord worden door onderwatergeluid van schepen.

Vissen zijn echter zeer mobiel en hebben genoeg uitwijkmogelijkheden om het onderwatergeluid te vermijden, mocht dit als te verstorend worden ervaren. Het tot nu toe gepubliceerde onderzoek laat zien dat vissen weinig tot geen directe negatieve effecten ondervinden van onderwatergeluid.

Conclusie vissen
De instandhoudingsdoelstelling behoud van omvang en behoud van kwaliteit leefgebied voor uitbreiding van de populatie voor de genoemde trekvissoorten komt niet door de voorgenomen activiteiten in gevaar en significant negatieve effecten kunnen worden uitgesloten.

Effecten door licht
De schepen die worden ingezet bij de aanleg van de zeeleiding en de installatie van de platforms en putten stralen licht uit. Verstoring door licht kan effect hebben op bepaalde vissoorten en leiden tot verstoring van gedrag. Sommige soorten worden door verlichting aangetrokken, terwijl andere soorten nauwelijks reactie lijken te vertonen. Omdat het een continu proces is, is het schip ook ’s nachts verlicht om het werk goed uit te kunnen voeren en de veiligheid van de bemanning te waarborgen. De verlichting is zodanig uitgevoerd dat onnodige lichtuitstraling wordt vermeden.

Pelagische vissen, zoals elft, zeeprik, rivierprik en fint , bevinden zich ’s nachts hoger en meer verspreid in de waterkolom terwijl ze overdag meer in scholen samenkomen en ze zich laag in de waterkolom bevinden (e.g. Acolas et al., 2004). Mogelijk kan er dus een effect van verlichting zijn in de nacht. Finten zijn echter naast zichtjagers ook filterfeeders (plankton) (Aprahamian et al., 2003; De Laak 2009), waardoor ze niet geheel afhankelijk van zicht om te jagen. Rivierprik en zeeprik jagen zowel op zicht als ‘geur’; zij kunnen prooidieren lokaliseren door het volgen van chemische sporen van de prooi (Maitland & Hatton-Ellis, 2003). Rivierprik en zeeprik zijn daarom waarschijnlijk minder gevoelig voor lichtverstoring in de waterkolom.

In de epipelagische zone (tot 200 m diepte) is er bovendien veel licht aanwezig waardoor lenzen van vissen die hier leven vaak lenspigmenten bevatten (Lisney & Collin, 2007). De pigmenten verminderen de spectrale bandbreedte en de intensiteit van het licht waardoor er 80% minder licht beschikbaar is voor het netvlies. Men vermoedt dat ze onder andere belangrijk zijn voor het beschermen van het netvlies. Sommige vissoorten kunnen ook de grootte en vorm van hun pupil sterk veranderen (Hart et al., 2006). Het kunnen bewegen van de pupil is nuttig om de hoeveelheid licht die het oog binnenkomt te kunnen reguleren (Van Gompel, 2016). Vissoorten die in de bovenste delen van de waterkolom voorkomen zijn dus vaak aangepast aan een lichte omgeving, waardoor lichtinval wordt gereguleerd.

De extra lichtuitstraling zal naar verwachting geen verstoring opleveren. Bovendien worden er standaard maatregelen getroffen om uitstraling van licht zoveel mogelijk te vermijden (Paragraaf 2.4).

Conclusie vissen
Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van vissen door aanwezigheid van licht kunnen worden uitgesloten.

Effecten door beweging en optiek
De schepen die worden ingezet bij de aanleg van de zeeleiding en de installatie van de nieuwe platforms en putten zijn (in fases) in beweging. Er is weinig bekend over de effecten van beweging en optiek op vissen. Trekvissen zijn echter mobiele soorten waardoor ze zich eenvoudig kunnen verplaatsen bij verstoring. Verstoring door beweging en optiek vindt daarnaast voornamelijk in het bovenste deel van de waterkolom plaats, waardoor vissen voldoende mogelijkheid hebben om uit te wijken.

Conclusie vissen
Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van vissen door beweging en optiek kunnen worden uitgesloten.

Effecten van verontreiniging
De elft, zeeprik, rivierprik en fint zijn erg gevoelig voor verontreiniging (Tabel 6-22). Er vinden in de (nabijheid) van de Noordzeekustzone geen lozingen plaats waardoor er geen sprake is van negatieve effecten.

Conclusie vissen
Significante effecten door verontreiniging op beschermde vissen kunnen worden uitgesloten.

Effecten van vertroebeling
De activiteiten ten behoeve van de aanleg van de zeeleiding en het lozen van de boorgruis vinden plaats op minstens 35 km van de Noordzeekustzone. Er is daardoor geen sprake van effecten door vertroebeling op vissen in of nabij de Noordzeekustzone.

Conclusie vissen
Significante effecten van vertroebeling op de instandhoudingsdoelstellingen van vissen kunnen worden uitgesloten.

Effecten van verandering dynamiek
De activiteiten ten behoeve van de aanleg van de zeeleiding en het lozen van de boorgruis vinden plaats op minstens 35 km van de Noordzeekustzone. Er is daardoor geen sprake van effecten door verandering van dynamiek op vissen in of nabij de Noordzeekustzone.

Conclusie vissen
Significante effecten van verandering van dynamiek op de instandhoudingsdoelstellingen van vissen kunnen worden uitgesloten.

6.6.2 Zeezoogdieren

Het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone is aangewezen voor de zeezoogdieren bruinvis, grijze zeehond en gewone zeehond. De instandhoudingsdoelstellingen voor de bruinvis zijn behoud populatie en omvang leefgebied en verbetering kwaliteit leefgebied. De instandhoudingsdoelstellingen voor de grijze zeehond en gewone zeehond zijn behoud populatie, omvang leefgebied en kwaliteit leefgebied. De staat van instandhouding van de bruinvis, grijze en gewone zeehond is gunstig.

Door de activiteiten kunnen de zeezoogdieren effect ondervinden van trillingen en geluid, licht, beweging en optiek, verontreiniging, vertroebeling en verandering dynamiek. De effecten van deze storingsfactoren worden hieronder nader beoordeeld (zie voor een samenvattend overzicht Tabel 6-23).

Tabel 6-23. De gevoeligheid voor verstoring door geluid en trillingen, licht en beweging en optiek voor zeezoogdieren (Effectenindicator Ministerie LNV).

Zeezoogdiersoort	Gevoeligheid			
	Onderwatergeluid & trilling	*Licht*	*Beweging en optiek*	*Verontreiniging*
Bruinvis	Zeer gevoelig	Zeer gevoelig	Niet beoordeeld	Zeer gevoelig
Grijze zeehond	Zeer gevoelig	Zeer gevoelig	Zeer gevoelig	Zeer gevoelig
Gewone zeehond	Zeer gevoelig	Zeer gevoelig	Zeer gevoelig	Zeer gevoelig

Schaal - Gevoeligheid voor verstoring (Effectenindicator Ministerie LNV)

Niet gevoelig	Gevoelig	Zeer gevoelig

Effecten door trillingen en geluid
Voor de aanleg van de zeeleiding en de installatie van de nieuwe platforms en putten worden verschillende schepen en helikopters ingezet (Bijlage 6). Zeezoogdieren kunnen hinder ondervinden van het geluid dat hierbij vrijkomt. Ook bij het heien van de verankeringspalen voor de nieuwe platforms en de conductors en het boren van de nieuwe putten is er sprake van onderwatergeluid.

De te verwachten geluidsniveaus zijn bepaald in het Detailrapport Onderwatergeluid (RHDHV, 2023a). In paragraaf 6.1.5 staat een overzicht van de berekende geluidsniveaus voor het leggen van de pijp, baggeren,

heavy lift schip, boren van putten, machinegeluid, heien van verankeringspalen nieuwe platforms, conductorpijpen en het centrale eindpunt.

In de Noordzeekustzone zelf worden geen activiteiten uitgevoerd. De minimale afstand van de Noordzeekustzone tot aan de locatie (L10) waar heiactiviteiten plaats zullen vinden is 41,1 kilometer.

De minimale afstand van de Noordzeekustzone ten opzichte van het meest nabije platform waar sprake is van verstoring door continu geluid door scheepvaart en bagger- en pijplegwerkzaamheden is 36,9 kilometer. De mijdingsafstand van zeezoogdieren bij werkzaamheden zoals machinegeluid dat vrijkomt van het platform en het boren van injectieputten kan oplopen tot 100 kilometer wanneer er geen sprake is van verhoogd achtergrondgeluid (zie Tabel 6-1). Gezien er vrijwel in de gehele Noordzee sprake is van verhoogd achtergrondgeluid (de Jong et al., 2021), kan worden uitgegaan van een mijdingsafstand van 10 kilometer. Deze activiteiten hebben daardoor geen **direct** effect op de Noordzeekustzone, wel kan er sprake zijn van **indirecte** effecten. Schepen die vertrekken van of aankomen in de haven van Den Helder varen door de Noordzeekustzone, hier kan er wel sprake zijn van een direct effect.

Bruinvis

De gemiddelde dichtheid bruinvissen per km^2 bij de activiteiten die doorwerking kunnen hebben op de instandhoudingsdoelstellingen in de Klaverbank is een range tussen 1,20 en 2,0. Dichtheden zijn nader toegelicht in paragraaf 5.1.2 van deze beoordeling. Door deze dichtheden te vermenigvuldigen met het berekende verstoringsoppervlak, volgen schattingen van het aantal mogelijk verstoorde bruinvissen per dag dat de activiteiten met impulsgeluid worden uitgevoerd, wat uiteindelijk wordt door vertaald in het effect op de populatie door het totaal aantal bruinvisverstoringsdagen te berekenen en de populatiereductie (zie Tabel 6-3 en paragraaf 6.1.5). Het effect op populatieniveau resulteert in een range van 10.665 – 18.016 bruinvisverstoringsdagen en een populatiereductie (Noordzeepopulatie) van maximaal 7 bruinvissen. Daarnaast is er sprake van een overschrijding van de geluidsnorm door het heien van de verankeringspalen (zie paragraaf 6.1.5).

Er is momenteel nog geen methodiek om effecten van continu onderwatergeluid op de populatie bruinvissen te berekenen. Omdat het geluid van de schepen binnen de gehoorfrequentie van de bruinvis valt, kan er sprake zijn van verstoring in de vorm van masking, wat de mogelijke communicatie tussen bruinvissen tijdelijk negatief kan beïnvloeden. Dit kan effect hebben op populatieniveau, wat in theorie dus ook effect kan hebben op de instandhoudingsdoelstellingen van de bruinvis in de Noordzeekustzone. Er is echter nog te weinig onderzoek bekend over de effecten van continu geluid op het gedrag van bruinvissen en hoe dit effect heeft op populatieniveau om een kwantitatieve beoordeling te doen. Het is aannemelijk dat bruinvissen het verstoorde gebied voor langere tijd zullen mijden.

Anders dan in de andere Natura 2000-gebieden is er in de Noordzeekustzone wel sprake van een activiteit in het gebied. De scheepvaartbewegingen van en naar de haven van Den Helder nemen mogelijk sterk toe (maximaal 128% (zie Tabel 6-24). Een klein deel van de scheepvaartroute gaat door de Noordzeekustzone, waardoor een direct effect kan optreden. Alhoewel het hier gaat om een drukke scheepvaartroute is de mogelijke toename heel groot waardoor extra geluidsverstoring kan optreden.

Conclusie bruinvis

Fysieke schade zoals PTS en TTS worden niet verwacht door het gebruik van soft start waardoor de bruinvissen het gebied verlaten voordat er schade optreedt. De populatiereductie van 7 bruinvissen kan vertaald worden naar een afname van 0,007 tot 0,013% ten opzichte van de Nederlandse Noordzeepopulatie bruinvissen, wat betekent dat er wordt voldaan aan de maximale ecologisch toelaatbare reductie van 5%. Echter is hier geen rekening gehouden met activiteiten waarbij sprake is van continu onderwatergeluid, waarbij ook verstoring optreedt. Kijkende naar de werkzaamheden die rond de platformen in de Noordzee plaatsvinden, worden er circa 1 tot 2 jaar achter elkaar met een paar weken tussen de activiteiten in intensief werkzaamheden uitgevoerd. Het is aannemelijk dat bruinvissen het verstoorde gebied voor langere tijd zullen mijden. Een groot gebied zal hierdoor niet geschikt zijn als leefgebied van de bruinvis. In het geval van de Noordzeekustzone is er sprake van een **direct** effect (het onderwatergeluid door schepen vindt plaats in het gebied) en van een **indirect** effect, aangezien bruinvissen gebruikmaken van de gehele Noordzee en een effect op de Noordzeepopulatie een effect heeft op de

instandhoudingsdoelstelling van de bruinvis in de Noordzeekustzone. Directe en indirecte significante effecten op bruinvissen kunnen niet worden uitgesloten.

Gewone en grijze zeehond
Fysieke schade zoals PTS en TTS worden niet verwacht. De dichtheid van de gewone en grijze zeehond in het plangebied is maximaal 0,50 zeehonden per km^2. Eerder in dit hoofdstuk zijn de effecten van onderwatergeluid op zeehonden in de Noordzee beoordeeld (Tabel 6-2, Tabel 6-5, Tabel 6-6, Paragraaf 6.1.5). De verstoringsoppervlakten variëren per activiteit tussen de 54 en 314 km^2.

De percentages geven een indicatie weer van de verstoring, maar zijn niet goed bij elkaar op te tellen omdat dit een overschatting zal zijn. In de praktijk zijn de dichtheden op open zee lager en is het aannemelijk dat individuen meermaals worden verstoord door dezelfde of verschillende activiteiten. Ervan uitgaande dat activiteiten kort na elkaar met een aantal weken ertussen uitgevoerd gaan worden, zullen zeehonden het gebied voor een langere periode mijden. Aangezien de werkzaamheden 1 tot 2 jaar zullen duren, kan de mijdingsperiode ook oplopen tot een vergelijkbare periode.

Anders dan in de andere Natura 2000-gebieden is er in de Noordzeekustzone wel sprake van een activiteit in het gebied. De scheepvaartbewegingen van en naar de haven van Den Helder nemen mogelijk sterk toe (maximaal 128% (zie Tabel 6-29Tabel 6-24). Een klein deel van de scheepvaartroute gaat door de Noordzeekustzone, waardoor een direct effect kan optreden. De zandplaat Noorderhaaks die vlakbij de haven van Den Helder is gelegen wordt veel door zeehonden gebruikt om te rusten, pups te zogen en te verharen. Daarbij is het belangrijk dat ze in de buurt van de plaat kunnen foerageren. Alhoewel het hier gaat om een drukke scheepvaartroute is de mogelijke toename heel groot waardoor extra geluidsverstoring kan optreden en de periode dat ze kunnen foerageren wordt verkleind.

Conclusie zeehonden
Significante directe effecten van onderwatergeluid door een toename van scheepvaart kunnen niet worden uitgesloten. Er is geen sprake van indirecte significante effecten door de activiteiten buiten de Noordzeekustzone.

Effecten door licht
De schepen die worden ingezet bij de aanleg van de zeeleiding en de installatie van de platforms en putten stralen licht uit. Uitstraling van licht kan effect hebben op bepaalde soorten en leiden tot verstoring van gedrag. Bruinvissen en zeehonden zijn gevoelig voor (kunstmatige) verlichting (Tabel 6-23). De activiteiten ten behoeve van de aanleg van de nieuwe platforms, de aanpassingen aan bestaande platforms en de aanleg van de zeeleiding vinden echter plaats op minstens 35 km van de Noordzeekustzone. Effecten van lichtuitstraling van constructieschepen en platforms op zee kunnen worden uitgesloten.

Een aantal van de ondersteunende schepen zullen uitvaren vanuit de haven van Den Helder, waarbij de Noordzeekustzone wordt doorkruist. De ondersteunende schepen die worden ingezet voor het Aramis initiatief kunnen leiden tot verhoogde lichtuitstraling. Er zullen voor respectievelijk de aanleg van de microtunnel/ direct pipe, de aanleg van de zeeleiding, de werkzaamheden aan de platforms en de werkzaamheden aan de putten in totaal 6, 30, 457 en 1.651 extra scheepvaartbewegingen plaatsvinden (Bijlage 6). De constructieschepen (pijplegschip, heavy lift schip, baggerschip, trencher) varen uit vanaf de Rotterdamse haven. Alle scheepvaartbewegingen van constructieschepen zijn door de afstand tussen de haven en het Natura-2000 gebied Noordzeekustzone niet relevant voor de effectbeoordeling van de Noordzeekustzone.

Ondersteunende schepen (crew change, survey, pipe carriers, andere support vessels) kunnen uit zowel de Rotterdamse haven, als de Amsterdamse haven of Den Helder uitvaren, afhankelijk van de locatie waar de zeeleiding wordt aangelegd. Het is nog niet bekend hoeveel van deze ondersteunende schepen uitvaren vanuit de haven van Rotterdam en daarmee door of langs het plangebied varen. Echter, ervan uitgaande dat schepen zo efficiënt mogelijk worden ingezet, wordt de aanname gedaan dat de extra ondersteunende schepen die worden ingezet ten behoeve van de werkzaamheden aan de putten en platforms zullen uitvaren vanuit de haven van Amsterdam of Den Helder.

Als gevolg van het Aramis initiatief is de toename in scheepvaartbewegingen van ondersteunende schepen vanuit de haven van Den Helder/ Amsterdam maximaal 2.064 (Tabel 6-24). De ondersteunende schepen die worden ingezet voor de werkzaamheden aan de platforms en putten varen uit voor een periode van 1-2 jaar. In de haven van Den Helder vinden jaarlijks gemiddeld 1.600 (periode 2018-2021) bezoeken van zeeschepen (zonder visserij) plaats (Port of Den Helder, n.d.). Door het Aramis initiatief neemt het totaal aantal jaarlijkse zeescheepvaartbewegingen vanuit de haven van Den Helder toe met minimaal 1,3% en maximaal 128% (Tabel 6-25).

Tabel 6-24. Totaal aantal extra scheepvaartbewegingen ten behoeve van de activiteiten van het Aramis initiatief.

Activiteiten	Totaal aantal extra scheepvaart-bewegingen	Scheepvaartbewegingen Constructieschepen	Scheepvaartbewegingen Ondersteunende schepen
Aanleg tunnelwerk	6	4	2
Aanleg zeeleiding	30	8	22
Werkzaamheden platforms	457	18	**439**
Werkzaamheden putten	1.651	26	**1.625**
Totaal	2.144	56	2.088

Tabel 6-25. Percentuele toename van scheepvaart in de havens van Amsterdam en Den Helder als gevolg van het Aramis initiatief.

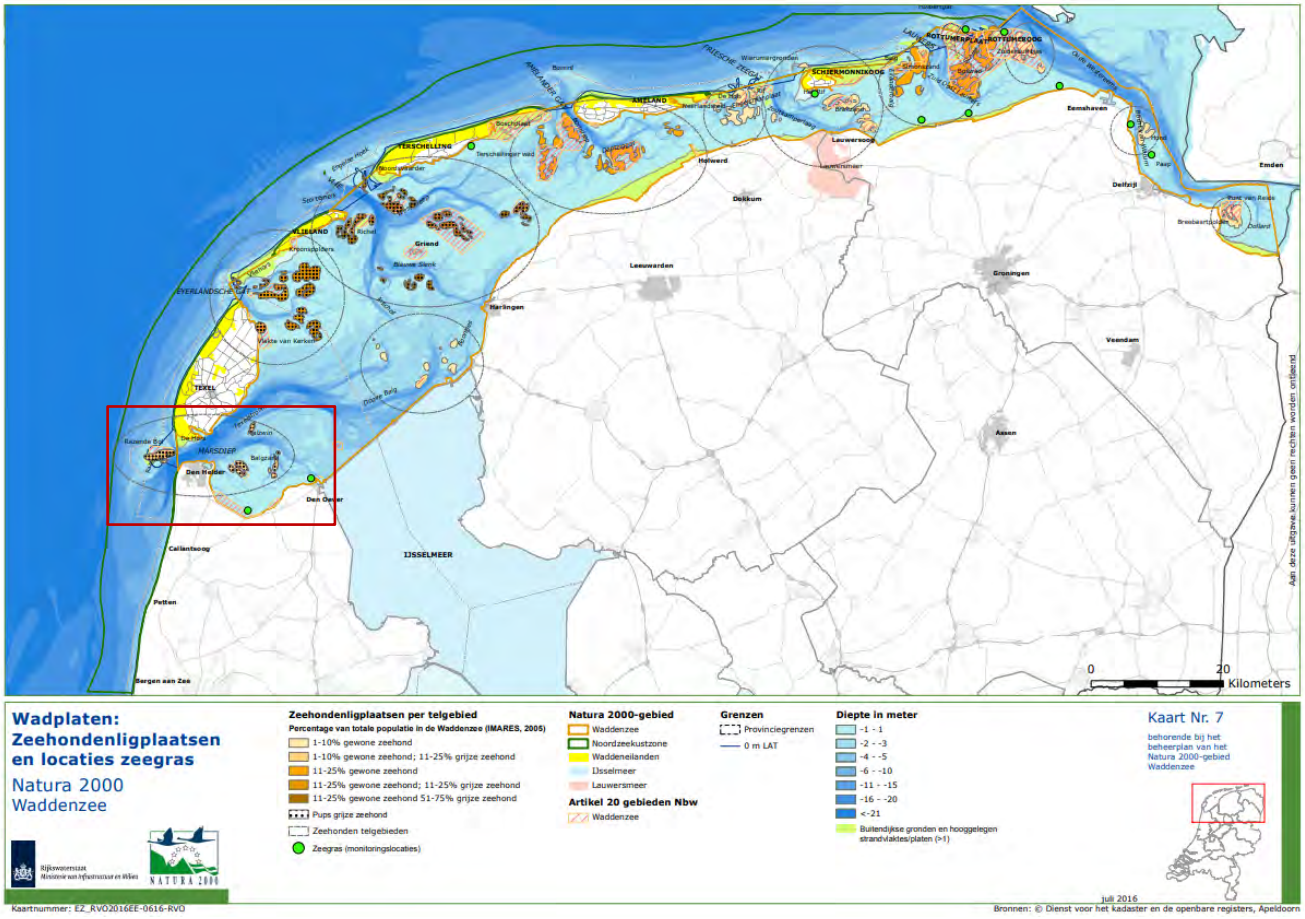
	Haven Amsterdam	Haven Den Helder
Huidig aantal uitvarende schepen per jaar [1]	5.300	1.600
Totale toename in ondersteunende schepen door het Aramis initiatief (worst-case: in 1 jaar)	2.064	2.064
Toename in scheepvaart in de havens door Aramis initiatief (worst-case scenario 1: 99% vaart uit vanaf Amsterdam)	99% van 2.064 = 2.043 schepen (5.300+2.043)/5.300 * 100% = 139% **Toename van 39% per jaar**	1% van 2.064 = 21 schepen (1.600+21)/1.600 * 100% = 101,3% **Toename van 1,3% per jaar**
Toename in scheepvaart door Aramis initiatief (worst-case scenario 2: 99% vaart uit vanaf Den Helder)	1% van 2.064 = 21 schepen (5.300+21)/5.300 * 100% = 100,4% **Toename van 0,4% per jaar**	99% van 2.064 = 2.043 schepen (1.600+2.043)/1.600 * 100% = 228% **Toename van 128% per jaar**
Toename in scheepvaart in de haven (minimaal-maximaal)	0,4-39%	1,3-128%

[1] Bronnen: Port of Den Helder, n.d., CBS Eurostat.

Indirect kan lichtuitstraling van de extra ondersteunende schepen effect hebben op de voedselinname van zeezoogdieren. Kunstmatige lichtuitstraling kan leiden tot een hoger vangstsucces voor zeehonden, omdat de prooi onderwater beter zichtbaar wordt (Becker et al., 2013; Yurk & Trites, 2000). Lichtverstoring is echter met name relevant voor zeehonden die zich boven het water bevinden op ligplaatsen. In de buurt van de haven van Den Helder zijn verschillende ligplaatsen van zeehonden aanwezig, zoals op de Noorderhaaks. Zeehonden zijn gevoelig voor verstoring op hun ligplaatsen en in hun foerageergebied. Verstoring leidt in eerste instantie tot een verhoogde alertheid. Langdurige verstoring kan leiden tot een verandering van het gebruik van het leefgebied, of tot het verlaten van het gebied (Reijnders et al., 2000). Over specifieke effecten van licht op rustende zeehonden is weinig bekend. Wel is bekend dat bruinvissen en zeehonden over het algemeen erg gevoelig zijn voor (kunstmatige) verlichting (zie Tabel 6-23).

Verstoring door geluid en licht, en optische verstoring treedt meestal echter gelijktijdig op en zodoende kunnen deze doorgaans als één verstoringsbron worden beschouwd. Over het algemeen is de reikwijdte van de lichtbelasting minder groot dan die van verstoringen door geluid of visuele verstoringen. Om deze

reden worden de effecten van schepen op zeezoogdieren verder beoordeeld in de paragrafen *Effecten door beweging en optiek, en geluid*.



Figuur 6-16. Zeehonden ligplaatsen in het Natura-2000 gebied Waddenzee (Rijkswaterstaat, 2016).

Effecten door beweging en optiek

De schepen die worden ingezet bij de aanleg van de zeeleiding en de installatie van de nieuwe platforms en putten zijn (in fases) in beweging. Verstoring door beweging en optiek kan effect hebben op soorten en leiden tot een verandering in gedrag.

Met name rustende zeehonden zijn gevoelig voor verstoring door beweging van objecten en personen (Tabel 6-23). Vanuit het havengebied van Den Helder zullen aanzienlijk meer schepen uitvaren ten behoeve van het Aramis initiatief (maximaal 2.064 in 1-2 jaar). De toename in scheepvaart kan leiden tot verstoring van rustende of zogende zeehonden op de Noorderhaaks. In een studie van Bouma et al. (2010) bleek echter dat de 41 onderzochte passages van baggerschepen langs de Noorderhaaks niet leidden tot gedragsveranderingen van rustende zeehonden. De afstanden tussen de ligplaatsen van de zeehonden en de schepen die werden onderzocht lagen tussen de 600 en 1.200 m, wat vergelijkbaar is met de afstanden tussen de schepen van het Aramis initiatief en de ligplaatsen van de zeehonden op de Noorderhaaks.

Het wordt daarom niet verwacht dat de zeehonden op de Noorderhaaks hun ligplaatsen zullen verlaten als gevolg van de extra schepen die worden ingezet voor het Aramis initiatief. Ook vinden er in het gebied tussen Den Helder en Texel veel menselijke activiteiten plaats, waardoor de zeehonden waarschijnlijk door gewenning minder gevoelig zijn voor verstoring dan in andere gebieden waar geen of in beperkte mate menselijke activiteiten plaatsvinden. Significant negatieve effecten van beweging en optiek door de inzet van de schepen (die de Noordzeekustzone doorkruisen) kunnen worden uitgesloten.

De activiteiten ten behoeve van de aanleg van de nieuwe platforms en putten, de aanpassingen aan bestaande platforms en de aanleg van de zeeleiding vinden plaats op minstens 35 km van de Noordzeekustzone. Significant negatieve effecten van beweging en optiek door de inzet van constructieschepen op zee kunnen worden uitgesloten.

Conclusie zeezoogdieren
Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van zeezoogdieren door beweging en optiek kunnen worden uitgesloten.

Effecten van verontreiniging
De bruinvis en gewone en grijze zeehond kunnen effecten van verontreiniging ondervinden door de lozing van boorgruis en boorvloeistof, regen- en spoelwater en sanitair afval. Bruinvissen en zeehonden zijn erg gevoelig voor verontreiniging (Tabel 6-23Tabel 6-23).

Er vinden in de (nabijheid) van de Noordzeekustzone geen lozingen plaats waardoor er geen sprake is van negatieve effecten.

Conclusie zeezoogdieren
Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van zeezoogdieren door verontreiniging kunnen worden uitgesloten.

Effecten van vertroebeling
Vertroebeling van de waterkolom wordt veroorzaakt door het opwervelen van sediment tijdens het storten van steen bij kruisingen van infrastructuur en door de baggeractiviteiten ten behoeve van de aanleg van de zeeleiding. Vertroebeling van het water leidt niet direct tot een verminderd vangstsucces voor zeezoogdieren, ook blinde dieren kunnen zich doorgaans goed in het wild redden (zie ook Paragraaf 6.2.3). De activiteiten ten behoeve van de aanleg van de zeeleiding vinden plaats op minstens 35 km van de Noordzeekustzone. Er is geen sprake van effecten door vertroebeling op zeezoogdieren in of nabij de Noordzeekustzone.

Conclusie zeezoogdieren
Significante effecten van vertroebeling op de instandhoudingsdoelstellingen van zeezoogdieren kunnen worden uitgesloten.

Effecten van verandering dynamiek
Het baggeren en verspreiden van het slib zorgt voor een beperkte verhoging van de concentraties slib. Als het slib sedimenteert is er sprake van een beperkte toename in sedimentatie (Royal HaskoningDHV, Notitie vertroebeling en bodemberoering Aramis, 2023). Indirecte effecten van sedimentatie kunnen leiden tot een verminderd foerageersucces voor zeezoogdieren door bedekking van voedsel. De activiteiten ten behoeve van de aanleg van de zeeleiding vinden echter plaats op minstens 35 km van de Noordzeekustzone. Er is geen sprake van effecten door verandering van dynamiek op zeezoogdieren in of nabij de Noordzeekustzone.

Conclusie zeezoogdieren
Significante effecten van verandering van dynamiek op de instandhoudingsdoelstellingen van zeezoogdieren kunnen worden uitgesloten.

6.6.3 Vogels

Het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone is aangewezen voor een groot aantal niet-broedvogels. De niet-broedvogels aalscholver, roodkeelduiker en dwergmeeuw kunnen voorkomen in het plangebied (zie paragraaf 5.6.3) en worden hier beoordeeld. De instandhoudingsdoelstellingen voor deze niet-broedvogelsoorten zijn behoud omvang en kwaliteit leefgebied. De staat van instandhouding is gunstig voor de dwergmeeuw en de aalscholver en ongunstig voor de roodkeelduiker Tabel 6-26.

Vanwege de beperkte afstand tot het Waddengebied en het mogelijk voorkomen van broedvogels in of nabij het plangebied, worden ook de effecten van het Aramis initiatief op de broedvogels kleine mantelmeeuw,

grote stern en visdief nader beschouwd. Deze soorten hebben geen instandhoudingsdoelstelling in de Noordzeekustzone, maar wel in de Waddenzee. De kleine mantelmeeuw, grote stern en visdief hebben voor omvang en kwaliteit leefgebied een behoudsdoelstelling. De staat van instandhouding is zeer ongunstig voor de visdief en grote stern en gunstig voor de kleine mantelmeeuw.

Tabel 6-26. Overzicht doelstellingen van aangewezen niet-broed- en broedvogels Noordzeekustzone en Waddenzee. =: behoud. Trend: ~ geen trend aantoonbaar, 0 geen significante aantalsverandering, - significante afname (<5% per jaar), + significante toename (<5% per jaar).

Vogelsoort	Omvang leefgebied	Kwaliteit leefgebied	Trend laatste twaalf jaar (Sovon, 2020)	Staat van instandhouding
Niet-broedvogels				
Dwergmeeuw	=	=	~	Gunstig
Roodkeelduiker	=	=	0	Ongunstig
Aalscholver	=	=	0	Gunstig
Broedvogels				
Kleine mantelmeeuw	=	=	-	Gunstig
Grote stern	=	=	+	Zeer ongunstig
Visdief	=	=	-	Zeer ongunstig

Door de extra scheepvaart- en helikopterbewegingen in Den Helder kunnen vogels effect ondervinden van trillingen en geluid, licht en beweging en optiek. Omdat de dwergmeeuw, aalscholver en grote stern mogelijk ook verder op zee voorkomen in het plangebied, worden voor deze soort naast de effecten van scheepvaart eveneens de effecten van de aanleg van de platforms, putten en zeeleiding beoordeeld (Fugro, 2023). Het gaat om effecten door trillingen en geluid, licht, beweging en optiek, verontreiniging, vertroebeling en verandering dynamiek. De effecten van deze storingsfactoren worden hieronder nader beoordeeld (zie voor een samenvattend overzicht Tabel 6-27).

Tabel 6-27. De gevoeligheid voor verstoring door bovenwatergeluid en trillingen, licht en beweging en optiek voor de niet-broed- en broedvogels van Noodzeekustzone en Waddenzee (Effectenindicator Ministerie LNV).

Vogelsoort	Gevoeligheid			
	Geluid & trilling	*Licht*	*Beweging en optiek*	*Verontreiniging*
Niet-broedvogels				
Dwergmeeuw	Niet gevoelig	Gevoelig	Gevoelig [1]	Gevoelig
Roodkeelduiker	Niet gevoelig	Gevoelig	Gevoelig	Gevoelig
Aalscholver	Niet gevoelig	Gevoelig	Gevoelig	Gevoelig
Broedvogels				
Kleine mantelmeeuw	Niet gevoelig	Gevoelig	Niet gevoelig	Gevoelig
Grote stern	Niet gevoelig	Gevoelig	Zeer gevoelig [2]	Gevoelig
Visdief	Niet gevoelig	Gevoelig	Gevoelig	Gevoelig

[1] (Krijgsveld et al. 2022)
[2] Uit Garthe & Hüppop (2004) en Fliessbach et al. (2019) blijkt dat de grote stern niet zo heel gevoelig is voor beweging en optiek

Schaal - Gevoeligheid voor verstoring (Effectenindicator Ministerie LNV)

Niet gevoelig	Gevoelig	Zeer gevoelig

Royal HaskoningDHV

Scheepvaart

Voor de beoordeling van effecten van schepen is met name de scheepvaartroute vanuit de haven van Den Helder relevant, omdat dit de enige locatie is waar de schepen die worden ingezet voor het Aramis initiatief de Noordzeekustzone doorkruisen. Als gevolg van het Aramis initiatief is de toename in scheepvaartbewegingen van ondersteunende schepen vanuit de haven van Den Helder/Amsterdam maximaal 2.064 (439 + 1.625 schepen) (Tabel 6-28). De ondersteunende schepen die worden ingezet voor de werkzaamheden aan de platforms en putten varen uit voor een periode van 1-2 jaar. In de haven van Den Helder vinden jaarlijks gemiddeld 1.600 (periode 2018-2021) bezoeken van zeeschepen (zonder visserij) plaats (Port of Den Helder, n.d.). Door het Aramis initiatief neemt het totaal aantal jaarlijkse zeescheepvaartbewegingen vanuit de haven van Den Helder toe met minimaal 1,3% en maximaal 128% (Tabel 6-29).

Tabel 6-28. Totaal aantal extra scheepvaartbewegingen ten behoeve van de activiteiten van het Aramis initiatief.

Activiteiten	Totaal aantal extra scheepvaart-bewegingen	Scheepvaartbewegingen Constructieschepen	Scheepvaartbewegingen Ondersteunende schepen
Aanleg microtunnel/ direct pipe	6	4	2
Aanleg zeeleiding	30	8	22
Werkzaamheden platforms	457	18	**439**
Werkzaamheden putten	1.651	26	**1.625**
Totaal	2.144	56	2.088

Tabel 6-29. Percentuele toename van scheepvaart in de havens van Amsterdam en Den Helder als gevolg van het Aramis initiatief.

	Haven Amsterdam	Haven Den Helder
Huidig aantal uitvarende schepen per jaar [1]	5.300	1.600
Totale toename in ondersteunende schepen door het Aramis initiatief (worst-case: in 1 jaar)	2.064	2.064
Toename in scheepvaart in de havens door Aramis initiatief (worst-case scenario 1: 99% vaart uit vanaf Amsterdam)	99% van 2.064 = 2.043 schepen (5.300+2.043)/5.300 * 100% = 139% **Toename van 39% per jaar**	1% van 2.064 = 21 schepen (1.600+21)/1.600 * 100% = 101,3% **Toename van 1,3% per jaar**
Toename in scheepvaart door Aramis initiatief (worst-case scenario 2: 99% vaart uit vanaf Den Helder)	1% van 2.064 = 21 schepen (5.300+21)/5.300 * 100% = 100,4% **Toename van 0,4% per jaar**	99% van 2.064 = 2.043 schepen (1.600+2.043)/1.600 * 100% = 228% **Toename van 128% per jaar**
Toename in scheepvaart in de haven (minimaal-maximaal)	0,4-39%	1,3-128%

[1] Bronnen: Port of Den Helder, n.d., CBS Eurostat.

Helikoptervluchten

Den Helder Airport is de belangrijkste basis voor het transport met helikopters van werknemers van en naar offshore olie- en gasexploratie- en exploitatieplatforms op het Nederlandse deel van de Noordzee. Vogels kunnen hinder ervaren van overvliegende helikopters door de toename in bovenwatergeluid. In totaal neemt het aantal helikoptervluchten (retour) toe met 664 (Tabel 6-30).

Tabel 6-30. Totaal aantal extra helikopterbewegingen ten behoeve van de activiteiten van het Aramis initiatief.

Activiteiten	Totaal aantal extra helikopterbewegingen
Werkzaamheden platform K14-FA	50
Werkzaamheden putten K14-FA	2

Activiteiten	Totaal aantal extra helikopterbewegingen
Werkzaamheden platform L10-R	2
Werkzaamheden putten L10-R	300
Werkzaamheden platform L4-A	76
Werkzaamheden putten L4-A	234
Totaal	664

Effecten door trillingen en geluid
Voor de aanleg van de zeeleiding en de installatie van de nieuwe platforms en putten worden verschillende schepen en helikopters ingezet. De vogels zijn niet gevoelig voor effecten van geluid en trillingen, significant negatieve effecten zijn uitgesloten.

Conclusie vogels
Significante effecten van geluid en trilling op de instandhoudingsdoelstellingen van de dwergmeeuw, roodkeelduiker, aalscholver, kleine mantelmeeuw, grote stern en visdief kunnen worden uitgesloten.

Effecten door licht
De schepen die worden ingezet bij de aanleg van de zeeleiding en de installatie van de platforms en putten stralen licht uit. Uitstraling van licht kan ervoor zorgen dat vogels gedesoriënteerd raken en van hun migratie- of foerageerroute afwijken, wat tot verhoogde sterfte kan leiden (Lieske et al., 2019). Door het Aramis initiatief neemt het totaal aantal jaarlijkse zeescheepvaartbewegingen vanuit de haven van Den Helder toe met minimaal 1,3% en maximaal 128% (Tabel 6-29).

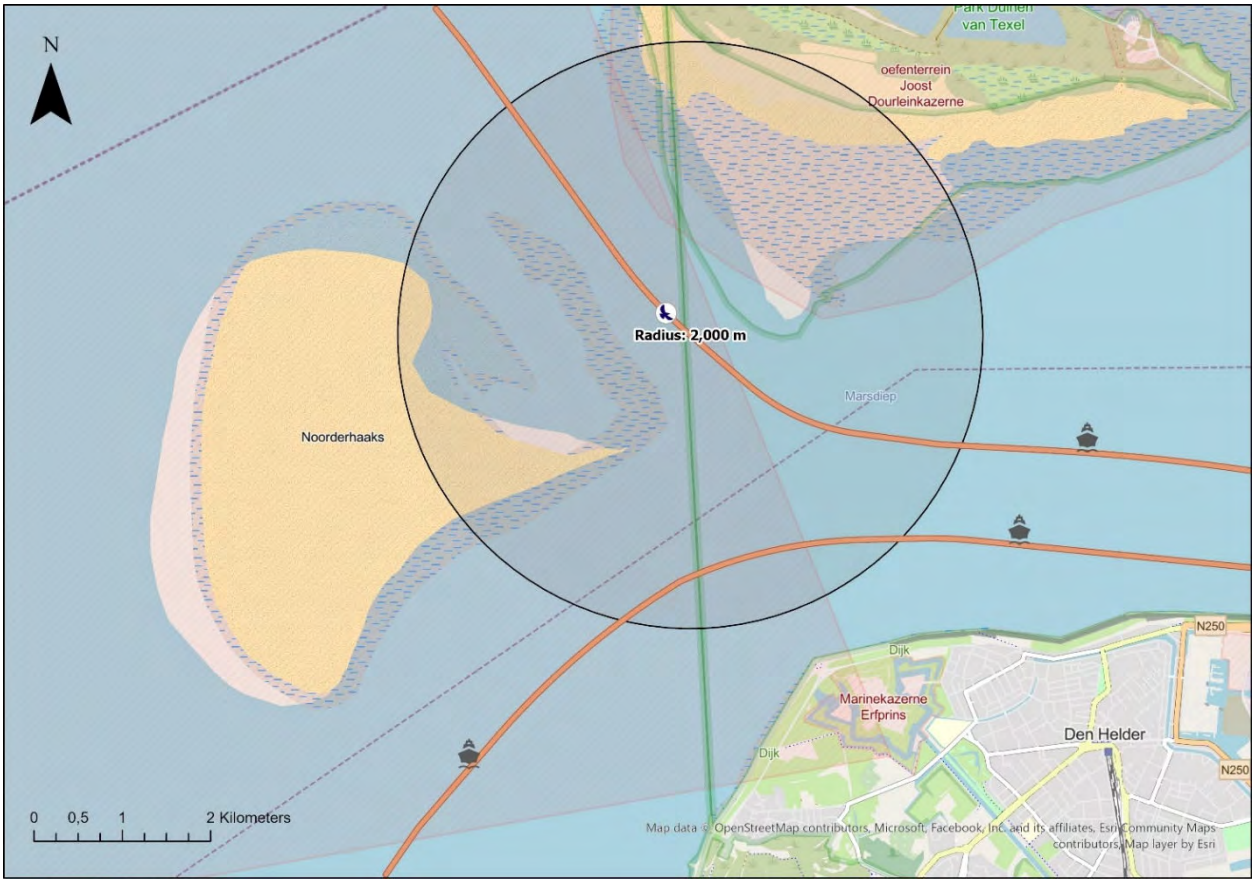
Er is onvoldoende informatie beschikbaar om aan te tonen of een toename in lichtuitstraling wel of niet een significant effect op de populaties heeft (OSPAR, 2015). Verstoring door geluid en licht, en optische verstoring treedt meestal gelijktijdig op en zodoende kunnen deze doorgaans als één verstoringsbron worden beschouwd. Over het algemeen is de reikwijdte van de lichtbelasting minder groot dan die van verstoringen door geluid of visuele verstoringen. Om deze reden worden de effecten van schepen op vogels verder beoordeeld in de paragraaf *Effecten door beweging en optiek.*

Effecten door beweging en optiek
Door het Aramis initiatief neemt het totaal aantal jaarlijkse zeescheepvaartbewegingen vanuit de haven van Den Helder toe met minimaal 1,3% en maximaal 128% (Tabel 6-2). De schepen die worden ingezet bij de aanleg van de zeeleiding en de installatie van de nieuwe platforms en putten zijn (in fases) in beweging. Optische verstoring leidt tot vluchtgedrag van vogels. Vogels reageren bijvoorbeeld op beweging omdat een potentiële vijand wordt verwacht. Daarnaast kan optische verstoring het uitzicht van soorten beperken waardoor zij potentiële vijanden niet zien naderen. Dit betekent dat de vogels hinder kunnen ondervinden door bewegingen en aanwezigheid van schepen.

Garthe & Hüppop (2004) deden onderzoek naar het vlucht- en vermijdgedrag van verschillende zeevogels bij verstoring door scheepvaart- en helikopterverkeer. In totaal kregen 26 vogelsoorten een score toebedeeld - op basis van extensief onderzoek vanaf boten op zee - tussen de 0 (nauwelijks vlucht- en vermijdgedrag waarneembaar/zeer korte vluchtafstand) en 5 (sterk waarneembaar vlucht- en vermijdgedrag/ grote vluchtafstand). Vooral duikende soorten zoals de aalscholver (score 4) en de roodkeelduiker (score 4) blijken zeer gevoelig voor verstoring door schepen en helikopters. Dit beeld is vergelijkbaar met het onderzoek van Fliessbach et al. (2019) naar de response van 26 zeevogels in de Duitse Noordzee en Baltische Zee op verstoring door schepen. Op basis van de indicatoren 'soorten schuwheid', 'energiekosten voor vluchten', 'potentieel voor uitwijken' werd als onderdeel van het onderzoek een Disturbance Vulnerability Index (Verstoringsgevoeligheidsindex; DVI) berekend. Een score dichtbij 0 betekent dat de vogel niet gevoelig is voor verstoring door schepen, terwijl een score van 100 een grote gevoeligheid weergeeft. De aalscholver (DVI 24,2) en roodkeelduiker (DVI 77,8) zijn de twee soorten die – van de vogelsoorten die worden beoordeeld - het meest gevoelig zijn voor optische verstoring door scheepvaart (Tabel 6-31).

Van de roodkeelduiker en aalscholver is verder bekend dat zij bij verstoring over het algemeen ver wegvliegen van de verstoringsbron en traag terugkeren naar hun oorspronkelijk verblijfplaats (Krijgsveld et al., 2022). Als de schepen van het Aramis initiatief op korte afstand komen van rustende of foeragerende vogels, bestaat de kans dat de vogels moeten uitwijken naar alternatief gebied en hierdoor tijdelijk foerageer- of leefgebied verliezen. Vooral de roodkeelduiker kan tot op grote afstand (tot 2.000 m) worden verstoord door bewegende objecten (Tabel 6-31). Het is niet uit te sluiten dat de schepen binnen de verstoringscontouren van de roodkeelduiker zullen varen, aangezien de afstand tussen het schip en de verblijfplaats van de roodkeelduiker dan op elk punt van de scheepvaarroute groter zou moeten zijn dan 2 km (Figuur 6-17). Dit laatste is gezien de dimensies van de vaarroute niet mogelijk. Vogels die in het gebied voorkomen zullen echter in meer of mindere mate zijn gewend aan het geluid, licht en de beweging die voorkomt uit de voorbijgaande schepen, waardoor ze minder gevoelig zullen zijn voor verstoring. Een toename in scheepvaart kan leiden tot enige extra verstoring van de roodkeelduiker, maar dit is niet significant.

De grote stern (score 2), kleine mantelmeeuw (score 2), visdief (score 2) en dwergmeeuw (score 1) zijn minder gevoelig voor verstoring door schepen en helikopters (Garthe & Hüppop, 2004 en Fliessbach et al. (2019)). Significant negatieve effecten van beweging en optiek op deze vogels zijn uit te sluiten.



Figuur 6-17. De verstoringscontouren van de roodkeelduiker (radius 2 km) waarbinnen de vogel gevoelig is voor optische verstoring.

Tabel 6-31. Gevoeligheid van niet-broed- en broedvogels voor verstoring door schepen (Krijgsveld et al., 2022). Gevoeligheidsindex voor scheepvaart: 0 niet gevoelig, 100 heel gevoelig.

Vogelsoort	Verstoringsafstand broedseizoen	Verstoringsafstand buiten broedseizoen	Terugkeertijd na verstoring	Gevoeligheidsindex Fliessbach et al., 2019.
Niet-broedvogels				
Dwergmeeuw	n.v.t.	250 m	Redelijk snel terug op foerageer-plekken; lange terugkeertijd op rustplekken	12.0
Roodkeelduiker	n.v.t.	2.000 m	Traag; vliegen vaak ver weg	77,8
Aalscholver	n.v.t.	250 m	Grote groepen keren traag terug, vliegen vaak ver weg van verstoringslocatie	24,4
Broedvogels				
Kleine mantelmeeuw	250 m	n.v.t.	Redelijk snel terug op foerageerplekken	6.7
Grote stern	500 m	n.v.t.	Snel terug op foerageerplekken en broedkolonies, en lange terugkeertijd op rustplekken	6.7
Visdief	250 m	n.v.t.	Snel in foerageergebied, maar traag bij rustplekken	3.0

Conclusie vogels
Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de dwergmeeuw, roodkeelduiker, aalscholver, kleine mantelmeeuw, grote stern en visdief door beweging en optiek kunnen worden uitgesloten.

Effecten van verontreiniging
Er vinden in de (nabijheid) van de Noordzeekustzone geen lozingen plaats waardoor er geen sprake is van negatieve effecten.

Conclusie vogels
Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van vogels door verontreiniging kunnen worden uitgesloten.

Effecten van vertroebeling
Omdat de dwergmeeuw, aalscholver en grote stern mogelijk ook verder op zee voorkomen in het plangebied, kunnen deze vogels effecten ondervinden van vertroebeling als gevolg van de activiteiten verder op zee. Vertroebeling van de waterkolom wordt veroorzaakt door het opwervelen van sediment tijdens het storten van steen bij kruisingen van infrastructuur en door de trenchactiviteiten ten behoeve van de aanleg van de zeeleiding. De troebele pluim die hierdoor ontstaat kan leiden tot verminderd doorzicht op zee. Als gevolg van de aanleg van de zeeleiding kan de troebelheid in de waterkolom lokaal toenemen tot

een maximale zwevende stof concentratie van 47,2 mg/L in de waterkolom (RHDHV, Achtergrondrapportage Vertroebeling en Bodemberoering, 2023).

Een direct effect van vertroebeling kan een verminderd vangstsucces van vogels zijn. De dwergmeeuw zoekt voedsel echter terwijl hij boven het wateroppervlak vliegt waarna hij al vliegend prooien pakt van het wateroppervlak. De soort foerageert dus niet op waterdiepten waar vertroebeling plaatsvindt en zal geen effect van vertroebeling ondervinden. De grote stern en aalscholver zijn soorten die wel op enkele meters diepte duiken voor vis. Door het trenchen van de zeeleiding kan mogelijk het zicht onderwater worden beperkt, waardoor het vangstsucces van deze vogelsoorten kan afnemen. Van de aalscholver is verder bekend dat deze soort alternatieve (minder troebele) foerageergebieden opzoekt als een water troebeler is door bijvoorbeeld windwerking (Van Rijn & Van Eerden, 2003). Het is daarom mogelijk dat er tijdens de aanleg van de zeeleiding lokaal enkele vierkante kilometers aan foerageergebied verloren gaan, en de soort zal uitwijken naar alternatief foerageergebied. De vertroebeling als gevolg van de aanleg van de zeeleiding is echter lokaal (tot 3 km aan weerszijden van de zeeleiding) en van tijdelijke aard, waardoor significant negatieve effecten van vertroebeling zijn uit te sluiten. De vogels hebben voldoende uitwijkmogelijkheden om te foerageren in het plangebied en omliggend gebied.

Indirecte effecten van vertroebeling kunnen optreden als het vangstsucces van de vogels afneemt, doordat vissen hinder ondervinden van de vertroebeling in de waterkolom. De aalscholver eet in zoute wateren voornamelijk platvis (schol). Platvissen komen op de bodem voor, waar van nature vertroebeling optreedt door o.a. golfwerking. Omdat deze soorten dus zijn aangepast aan troebele omstandigheden, zal de lokale en beperkte toename in zwevend stofgehalte geen effect hebben op het voedselaanbod van de aalscholver. De grote stern foerageert op een grote verscheidenheid aan vissoorten, zoals haring, sprot, zandspiering en smelt. Het gaat hier om mobiele vissoorten die in staat zijn om uit te wijken voor een lokale troebele pluim. Significant negatieve indirecte effecten zijn uit te sluiten.

De dwergmeeuw leeft op zee vermoedelijk van kreeftachtigen, die hij van het wateroppervlak oppikt. Kreeftachtigen zijn relatief kortlevende, snelgroeiende en snel reproducerende organismen. Herstel na een verstoring (zoals een storm of mechanisme ingreep) vindt voor deze soorten doorgaans binnen één tot enkele jaren plaats (Kleijberg et al., 2017). Omdat de effecten van vertroebeling lokaal zijn en van tijdelijke aard, en kreeftachtigen relatief snel herstellen, worden indirecte effecten van vertroebeling uitgesloten.

Conclusie vogels
Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de dwergmeeuw, aalscholver en grote stern door vertroebeling kunnen worden uitgesloten.

Effecten van verandering dynamiek
Omdat de dwergmeeuw, aalscholver en grote stern mogelijk ook verder op zee voorkomen in het plangebied, kunnen deze vogels effecten ondervinden van sedimentatie als gevolg van de activiteiten verder op zee. Het baggeren en verspreiden van het slib zorgt voor een beperkte verhoging van de concentraties slib. Als het slib sedimenteert is er sprake van een beperkte toename in sedimentatie. Sedimentatie als gevolg van het trenchen van de zeeleiding is maximaal 0,20 mm tot op 3 km aan weerszijden van de zeeleiding (RHDHV, Achtergrondrapportage Vertroebeling en Bodemberoering, 2023).

Directe effecten van sedimentatie zijn uitgesloten, omdat de dwergmeeuw, aalscholver en grote stern niet foerageren op waterdiepten waar sedimentatie voorkomt. Indirecte effecten van sedimentatie kunnen optreden als het vangstsucces van de vogels afneemt, doordat vissen hinder ondervinden van de sedimentatie op de bodem. De aalscholver eet in zoute wateren voornamelijk platvis (schol). Schol komt overdag voor in dieper water, ingegraven in de bodem. De verwachting is dat de toename in sedimentatie (maximaal 0,20 mm) als gevolg van het trenchen van de zeeleiding geen effect zal hebben op de mogelijkheden voor de schol om zich in te graven. Sedimentatie heeft geen effect op het voedselaanbod van de aalscholver. De aalscholver is bovendien een opportunistische soort, wat betekent dat hij zijn prooikeuze en selectie van visgrootte kan aanpassen aan het lokale voedselaanbod.

De grote stern foerageert op een grote verscheidenheid aan vissoorten, zoals haring, sprot, zandspiering en smelt. Het voedsel van jonge sprot bestaat bijvoorbeeld vooral uit kiezelalgen (diatomeeën). Oudere sprot voedt zich met zoöplankton, met name larven van kreeftachtigen en pelagische viseieren. Doordat

juveniele sprot naast prooien in de waterkolom ook prooien van in of op de bodem eet, kan extra sedimentatie leiden tot verminderde voedselinname van de sprot. Omdat de effecten van sedimentatie naar verwachting echter zeer lokaal zullen zijn en de grote stern op verschillende soorten vis foerageert, zijn indirecte effecten van sedimentatie op de grote stern uit te sluiten.

De dwergmeeuw leeft op zee vermoedelijk van kreeftachtigen, die hij van het wateroppervlak oppikt. Over het algemeen geldt dat kreeftjes de capaciteit hebben om bij sedimentatie op tijd weg te zwemmen of anders zichzelf uit te graven. Kreeftachtigen kunnen een toename in ventilatie regelen of opgelost zuurstof in het sediment gebruiken. Bij de meeste kreeftachtigen zal sedimentatie tot 15 cm weinig effect hebben (Rozemeijer & Smith, 2017).

Conclusie vogels
Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de dwergmeeuw, aalscholver en grote stern door verandering van dynamiek kunnen worden uitgesloten.

6.6.4 Conclusie Noordzeekustzone

Voor de Noordzeekustzone kan het volgende geconcludeerd worden:
- Significante effecten op trekvissen kunnen worden uitgesloten;
- Significante effecten op zeezoogdieren door geluid en trillingen kunnen niet worden uitgesloten, hierbij gaat het om directe en indirecte effecten op de bruinvis (heiwerkzaamheden en scheepvaart) en directe effecten op zeehonden (scheepvaart);
- Significante effecten op niet-broedvogels en broedvogels kunnen worden uitgesloten.

6.6.5 Mitigerende maatregelen Noordzeekustzone

De volgende mitigerende maatregelen dienen naast de standaard maatregelen uitgevoerd te worden om significante effecten te voorkomen:
- In de Noordzeekustzone kunnen directe en indirecte significante effecten door onderwatergeluid op bruinvissen niet worden uitgesloten (indirecte effecten op de gehele Noordzee populatie). Daarom dienen mitigerende maatregelen te worden genomen bij de heiwerkzaamheden en scheepvaart. Deze zijn opgenomen in paragraaf 6.1.7;
- Significante directe effecten van onderwatergeluid door een toename van scheepvaart op zeehonden kunnen niet worden uitgesloten. Daarom dienen mitigerende maatregelen te worden genomen met betrekking tot scheepvaart. Deze zijn opgenomen in paragraaf 6.1.7.
- Schepen dienen op een afstand van 1.500 m afstand te blijven van rustende en zogende zeehonden.

6.7 Gebruiksfase

Tijdens de gebruiksfase is er sprake van de volgende activiteiten op zee:
- Scheepvaartbewegingen van havens naar platforms en weer terug

Effecten door trillingen en geluid
Schepen in de haven en op zee veroorzaken onderwatergeluid tijdens het varen, lossen en aanmeren gedurende de gebruiksfase. De voorziene activiteiten omvatten het lossen van een barge met een volume (cargo tank gross volume 100%) van 6500 m^3, het nestgeluid van een afgemeerde barge en het varen van schepen (uitgaande van een vermogen van 2 MW. Daarnaast kunnen incidenteel inspecties worden uitgevoerd door middel van remotely operated camera's (ROVs) of bodemscans.

In de onderwatergeluidsrapportage (RHDHV, 2023) wordt gesteld dat het varen van de schepen het meeste onderwatergeluid oplevert. Brongeluid van middelgrote barge schepen worden als worst-case aangehouden met een geluidsrange van 250 Hz t/m 1 kHz. De afstanden tot het bereiken van een achtergrondgeluidniveau van 130 dB re 1 µPa en daarmee mijding door zeezoogdieren van de (werk-)locatie komt neer op 300 meter in luide omstandigheden en 150 meter bij minder luide omstandigheden. Een geluiddrukniveau van 150 dB re 1 µPa wordt enkele tientallen meters afstand van de bron bereikt.

Het aantal scheepvaartbewegingen in de gebruiksfase vindt plaats vanuit de havens naar de platforms voor onderhoud. Jaarlijks worden er 325 scheepvaartbewegingen verwacht. Op dit moment is het onduidelijk vanuit welke havens deze bewegingen plaatsvinden. Aangezien het gaat om een klein aantal extra scheepvaartbewegingen per jaar kunnen significante effecten worden uitgesloten.

Effecten door licht
Effecten door licht op schepen zijn kleiner dan tijdens de aanlegfase, aangezien er sprake is van beduidend minder scheepvaartbewegingen. Effecten in de aanlegfase zijn beschreven in voorgaande paragrafen en beoordeeld als niet significant. Significante effecten door licht kunnen voor alle soorten worden uitgesloten.

Effecten door beweging en optiek
Effecten door beweging en optiek door schepen zijn kleiner dan tijdens de aanlegfase, aangezien er sprake is van beduidend minder scheepvaartbewegingen. Effecten in de aanlegfase zijn beschreven in voorgaande paragrafen en beoordeeld als niet significant. Significante effecten door beweging en optiek kunnen voor alle soorten worden uitgesloten.

Conclusie gebruiksfase
- Significante effecten van de activiteiten in de gebruiksfase kunnen worden uitgesloten.

6.8 Aanvullende beoordeling

In deze aanvullende beoordeling is gekeken naar toekomstige ontwikkelingen die mogelijk relevant zijn voor het Aramis initiatief. Deze ontwikkelingen vallen buiten het toetsingskader en geven alleen een doorkijk naar mogelijk effecten. Er kunnen pas eventuele maatregelen geformuleerd worden als er meer informatie beschikbaar is.

6.8.1 Toekomstige Vogelrichtlijngebieden

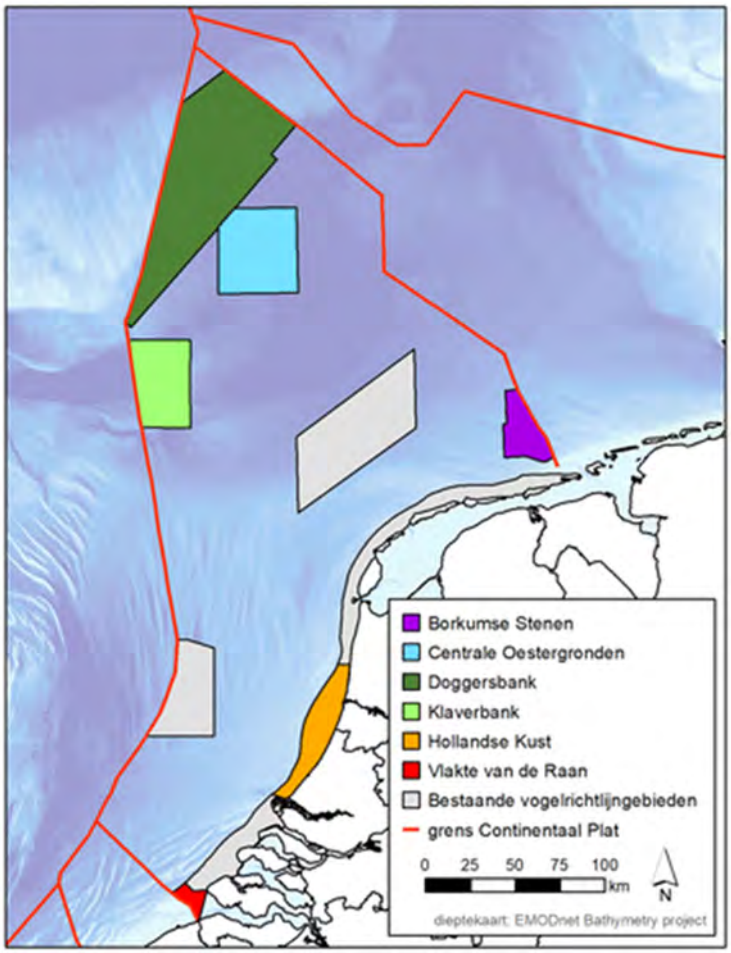
In het Noordzee Akkoord is afgesproken om in het Nederlandse deel van de Noordzee een samenhangend representatief netwerk van beschermde mariene gebieden te realiseren. Er is hiervoor onderzoek gedaan naar een zestal nieuwe gebieden die mogelijk aangewezen worden tot Vogelrichtlijngebied, zie Figuur 6-18. Naar verwachting worden vier van de zes gebieden in 2025 formeel aangewezen als Vogelrichtlijngebied. Er zijn nog geen instandhoudingsdoelstellingen en maatregelen bekend, deze zullen in het volgende beheerplan opgenomen worden dat na 2025 wordt opgesteld.

Hollandse Kust is het meest nabijgelegen gebied en ligt ten noorden van de terminal, de aanlegsteigers en waar de pijpleiding de zeebodem ingaat (microtunneling/ direct piping). In het verrichtte vooronderzoek is aangetoond dat Hollandse Kust een belangrijk gebied is voor diverse meeuwsoorten en de grote stern, mogelijk ook voor de zwarte zee-eend (Fijn, de Jong, et al., 2022).

Kust- en zeevogels kunnen effecten ondervinden van verstoring door trillingen en geluid, licht, beweging en optiek, verontreiniging en vertroebeling door het aanleggen van het verzamelpunt en het aanleggen van de zeeleiding. Deze effecten zijn nader onderzocht voor soorten vogels in Paragraaf 6.2 Natura 2000-gebied Voordelta, waaruit als conclusie is gekomen dat significante effecten zijn uit te sluiten. Aangezien de Hollandse kust verder van de werkzaamheden af ligt, zullen effecten van verstoring door licht, beweging en optiek, verstoring door trillingen en geluid minder merkbaar zijn dan in de Voordelta. Relevante effecten van vertroebeling en verontreiniging die ook indirecte gevolgen kunnen hebben voor de voedselbeschikbaarheid, zijn nader onderzocht en als niet significant beschouwd. Het is de verwachting dat significante effecten kunnen worden uitgesloten voor de Hollandse Kust.

De Doggersbank, Klaverbank en Centrale Oestergronden zijn potentiële gebieden die als Vogelrichtlijngebied worden aangewezen en liggen verder op zee. De Klaverbank is momenteel alleen aangewezen als Habitatrichtlijngebied. Recent onderzoek en tellingen laten zien dat in dit gebied grote aantallen vogels aggregeren waaronder een aantal soorten meeuwen, de zeekoet, alk en jan-van-gent (Fijn, de Jong, et al., 2022). Duikende vogels die gevoelig zijn voor onderwatergeluid zoals de zeekoet kunnen hier mogelijk significante effecten ondervinden, zoals is gesteld in de conclusie bij het Friese Front in

Paragraaf 6.3. De Doggersbank, Klaverbank en Centrale Oestergronden liggen verder af van de werkzaamheden. Omdat er nog geen instandhoudingsdoelstellingen zijn om effecten op soorten te toetsen, kunnen effecten (ondanks het feit dat er voor de zeekoet mitigerende maatregelen worden getroffen) niet op voorhand uitgesloten worden.



Figuur 6-18. Potentiële vogelrichtlijngebieden in de Noordzee (Bron: Waardenburg Ecology).

6.8.2 Toekomstig bodembeschermingsgebied in de Voordelta

In aanvulling op het huidige bodembeschermingsgebied in de Voordelta (Figuur 3-1) is een nieuw bodembeschermingsgebied in voorbereiding, ten noorden van het huidige bodembeschermingsgebied. De verwachting is dat de minister van Natuur en Stikstof het Toegangsbeperkingsbesluit begin volgend jaar neemt.

De exacte begrenzing van het toekomstig bodembeschermingsgebied was ten tijde van het opstellen van dit rapport nog niet bekend. Ook de beperkingen die zullen gelden in het gebied (een verbod op bodemberoerende visserij of een verbod op alle bodemberoerende activiteiten) is nog niet duidelijk. In voorgaande paragrafen zijn de bodemberoerende activiteiten als gevolg van het voornemen in beeld gebracht. Doordat de begrenzing en de voorgenomen beperkingen nog niet bekend zijn, kunnen de gevolgen voor het voornemen nog niet in beeld worden gebracht.

6.8.3 Herstel platte oester in het Friese Front

Als onderdeel van het in 2020 gesloten Noordzeeakkoord is afgesproken dat binnen het Friese Front een gebied van 100 km^2 wordt aangewezen voor oesterherstel. Voorafgaand aan het vaststellen van de exacte

locatie van het oesterherstelgebied, is in 2022 onderzoek gedaan naar de geschiktheid van het sediment in het Friese Front voor het herstel van de platte oester. Het onderzoek toonde aan dat de twee onderzoeksgebieden in het oosten en westen van het Friese Front geschikt zijn voor oesterherstel (Figuur 6-19; A en B). Binnen ieder gebied zijn geen duidelijke gradiënten geobserveerd in aanwezigheid van schelpen, wat gezien wordt als geschikt voor platte oesterherstel, of lage slibgehaltes, wat ook wordt beschouwd als geschikt voor rif ontwikkeling (Kamermans et al., 2022).In het Noordzeeoverleg van 11 mei 2022 hebben de leden overeenstemming bereikt; de onderzoeksgebieden zijn aangewezen als oesterherstelgebieden in het Friese Front. In de twee aangewezen gebieden van ieder 50 km^2 kunnen oesterbanken zich herstellen door het uitsluiten van bodemberoerende visserij (Figuur 6-19).

Door de voorgenomen activiteiten van het Aramis initiatief kunnen mogelijk effecten van vertroebeling, verandering dynamiek en verontreiniging optreden op de oesterherstelgebieden in het Friese Front. Effecten van verontreiniging op bodemdieren zijn reeds uitgesloten in Paragraaf 6.3.1 – *Effecten van verontreiniging.*

Effecten van vertroebeling
Bij de werkzaamheden aan platforms K14-FA, L10-R en L4-A worden nieuwe putten geboord, waarbij Water Based Mud (WBM)-houdende boorvloeistof en boorgruis wordt gebruikt voor de bovenste delen van de put. Daarbij Door de lozing van met name boorvloeistof kan vertroebeling van de waterkolom optreden. Uit een modelstudie van de lozing van boorvloeistof van 12 putten bij platform N05-A (Royal HaskoningDHV, 2020) blijkt dat bij één boring de maximale toename in slibconcentratie ten opzichte van een achtergrondconcentratie van 5-20 mg/l bij het boorplatform circa 12 mg/l is op een afstand van 5 km van het boorplatform.

Effecten op oesters
Tweekleppigen zoals oesters zijn, vanwege hun aanpassingsmechanismen, in het algemeen vrij tolerant voor vertroebeling. Toch kunnen ze een effect ondervinden door blootstelling aan vertroebeling. Effecten zijn onder andere vermindering van voedselactiviteit en respiratie en verhoging van de pseudofaecesproductie en energieverbruik (Wilber & Clarke, 2001).

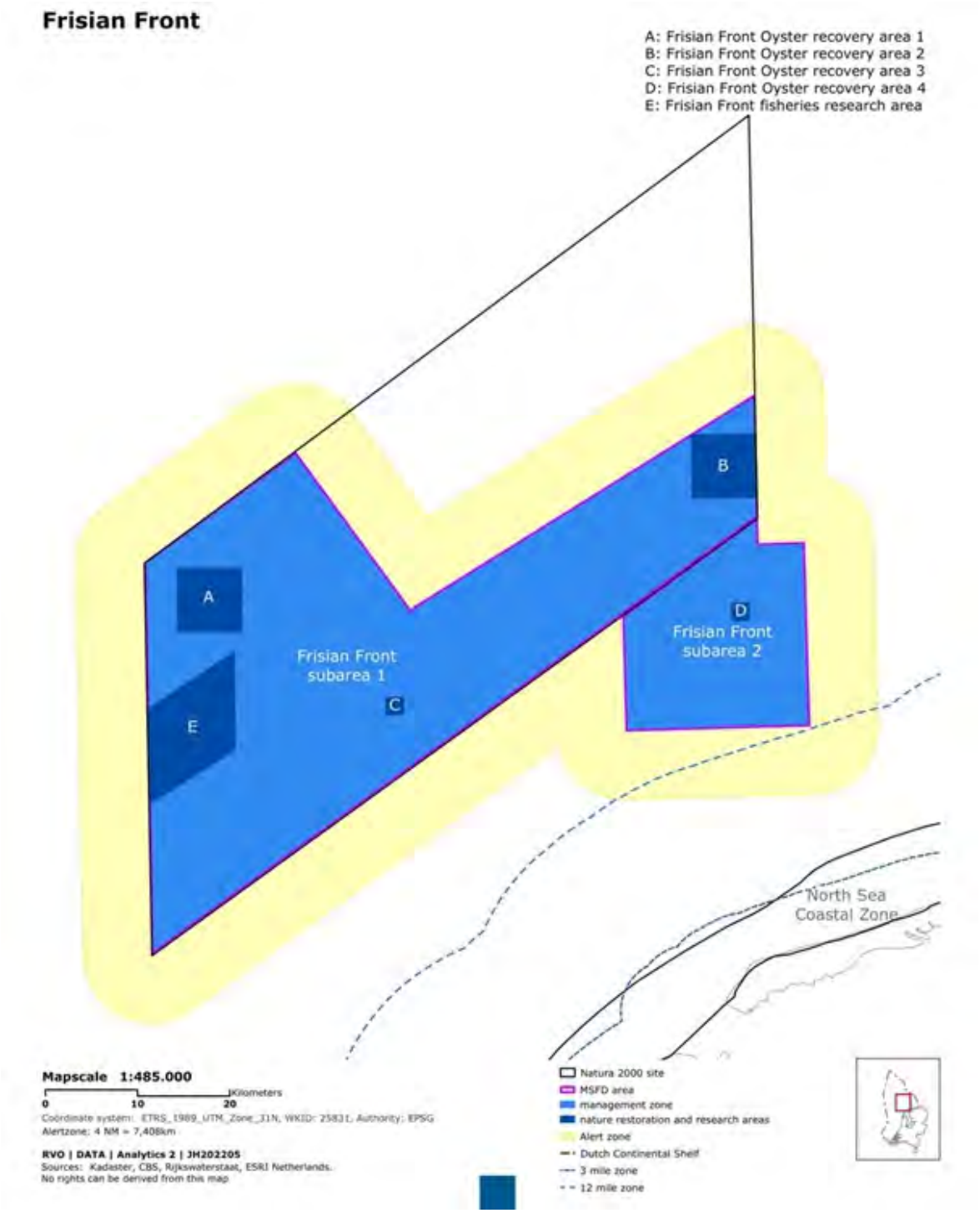
Een randvoorwaarde voor een gezonde oesterbank is een laag (<90 mg/l) zwevend stofgehalte (Smaal et al., 2017; Kamermans et al., 2018). Kortdurende vertroebeling en verhoging van sedimentatie zal naar verwachting geen groot effect hebben op een platte oesterbank en de bijbehorende soorten (Perry & Tyler-Walters, 2016).

Bij een verhoging van 12 mg/l na één boring en een achtergrondconcentratie van 5 - 20 mg/l in het Friese Front (Suijlen & Duin, 2002) ontstaat een concentratie van 32 mg/l. Bij het Aramis project is er sprake van 12 – 14 boringen in totaal, waarbij er 8 – 12 boringen in de omgeving van het Friese Front plaatsvinden. Wanneer de putten achter elkaar worden geboord is er sprake van een lange periode met lozingen en een toename van 12 mg/L. Wanneer meerdere putten tegelijk worden geboord is er mogelijk sprake van een grotere toename, afhankelijk van de stromingen en het weer. Er is geen sprake van een effect als de toename niet leidt tot een vertroebeling van > 90 mg/L in het Friese Front.

Effecten van verandering dynamiek
Op basis van een modelstudie van de lozing van boorgruis van 12 putten bij platform N05-A (Royal HaskoningDHV, 2020) is een inschatting gemaakt van de verspreiding van het boorgruis op de boorlocatie van de nieuwe putten bij platforms L10-R en L4-A (zie ook Paragraaf 6.3.1 – *Effecten van verandering dynamiek*). Uit de modelstudie van N05-A bleek dat bij twaalf boringen de extra sedimentatie binnen een straal van 105 m rond het platform 1,5 cm zou zijn. Daarbuiten zou geen tot een verwaarloosbaar kleine hoeveelheid extra sedimentatie zichtbaar zijn.

Effecten op oesters
In Rozemeijer & Smith (2017) wordt een overzicht gegeven van de sedimentdiktes waarbij bodemdieren sterven. Dit verschilt per soort, de ene soort is gevoeliger voor bedekking dan de andere. Er wordt een range van 1,5 – 15 cm genoemd, waarbij wordt aangegeven dat de meeste tweekleppige schelpdieren een sedimentlaag van 10 cm kunnen overleven. De toename in sedimentatie van 1,5 cm valt in de ondergrens van de genoemde sedimentdiktes (1,5-15 cm) waarbij sterfte kan optreden. De afstand tussen de boorlocaties van platforms K14-FA, L10-R en L4-A en de oesterherstelgebieden is daarnaast vele malen

groter dan 105 m (minimaal 7,8 km), waardoor sedimentatie op de locatie van de oesterherstelgebieden verder dan 1,5 cm zal zijn afgenomen. De sedimentatie valt hiermee onder de range van sedimentdiktes waarbij de overleving van de oesters in gevaar komt. Effecten van sedimentatie op de oesterherstelgebieden in het Friese Front zijn uitgesloten.



Figuur 6-19. Oesterherstelgebieden in het Friese Front. A. en B. Oesterherstelgebieden van elk 50 km², C. en D. Pilotgebieden oesterherstel, E. Onderzoek naar impact van bodemberoering.

6.8.4 Seismisch onderzoek

Naast bovenstaande constructiewerkzaamheden zijn TotalEnergies en Shell van plan om voor aanvang van de injectie een 3D seismische survey uit te voeren en een vergelijkbare survey na het eind van de injectie fase. Deze survey 's zijn standaard operaties in de olie en gas wereld en gaan gepaard met bootbewegingen en onderwatergeluid om door middel van zogenaamde "airguns" een akoestisch (seismisch) signaal op te wekken.

TotalEnergies gaat voor beide opslaglocatie (L4-A) een 3D survey uitvoeren van elk ongeveer 425 km^2. Shell zal ook een 3D survey gaan doen van ongeveer 425 km^2. Neptune Energy is niet van plan om een 3D survey uit te voeren.

Deze 3D seismische survey 's en shallow seismisch onderzoek vallen buiten het MER en deze Passende Beoordeling en zijn onderdeel van de Opslagvergunning. Het kan zijn dat er een vergunning en/of ontheffing aangevraagd moet worden aangezien 3D seismisch survey's effect kunnen hebben op het onderwaterleven en diersoorten die gevoelig kunnen zijn voor onderwatergeluid zoals bruinvissen, zeehonden en duikende vogels. Dit zal in een seperate procedure plaatsvinden.

7 Cumulatie – zeedeel

Om de effecten op de staat van instandhouding goed te kunnen beoordelen is het noodzakelijk om te kijken naar de cumulatieve effecten van andere projecten die in dezelfde periode als het Aramis initiatief worden uitgevoerd. Voor het beoordelen van deze mogelijke cumulatieve effecten wordt gekeken naar de periode vanaf wanneer Aramis op zijn vroegst zal starten met de aanlegfase tot en met de afronding van de eerste uitbreidingsfase in de aanlegfase. De gebruiksfase is lastig te beoordelen op cumulatieve effecten omdat de route van de schepen die CO_2 gaan vervoeren nog niet duidelijk is. In de volgende paragrafen is toegelicht welke projecten worden meegenomen en is vervolgens de cumulatietoets uitgewerkt.

7.1 Hoe is het optreden van cumulatieve effecten onderzocht?

In de Omgevingswet wordt op twee manieren rekening gehouden met cumulatie. Enerzijds op grond van gevolgen voor Natura 2000-gebieden en anderzijds door te toetsen aan een gunstige staat van instandhouding van een soort.

Bij het onderdeel soorten en de toelichting daarop wordt echter niet gesproken over het onderwerp cumulatie. Er worden ook geen eisen gesteld aan wat wel of niet dient te worden meegenomen in de cumulatieve effectbeoordeling. Echter, omdat getoetst moet worden aan de gunstige staat van instandhouding, zal elke activiteit die een negatief effect hierop kan hebben in de beoordeling meegenomen moeten worden, tenzij die al geacht mag worden verwerkt te zijn in de gehanteerde inschatting van de staat van instandhouding (Rijkswaterstaat, 2015a). Bij mobiele soorten die zich over landgrenzen heen bewegen en niet gebonden zijn aan beschermde gebieden zoals zeezoogdieren, grote vissoorten en zeevogels moet de borging van de instandhouding feitelijk op biogeografische populatieniveau plaatsvinden. Om deze reden dient er gekeken te worden naar activiteiten die invloed kunnen hebben op de staat van instandhouding binnen het gehele leefgebied van deze soorten. Voor dit project wordt evenals in het KEC de ‘management unit’ Noordzee als het leefgebied van de bruinvis beschouwd.

De volgende projecten worden meegenomen in de cumulatietoets:
- Projecten waar een vergunning voor is verleend die nog niet zijn uitgevoerd, waarvan uitvoering is gepland in de periode 2026 - 2028;
- Projecten die tussen 2026 – 2028 worden uitgevoerd volgens het Programma Noordzee maar waarvoor nog geen vergunningen zijn verleend (alleen wind op zee);
- Projecten die effecten hebben op beschermde soorten waarvan in het huidige project negatieve effecten op beschermde soorten niet uit zijn te sluiten.

De volgende projecten/activiteiten worden niet meegenomen in de cumulatietoets:
- Onzekere toekomstige gebeurtenissen;
- Projecten die na de eerste uitbreidingsfase (2028) starten;
- Projecten die reeds zijn uitgevoerd, dan wel bestaande activiteiten, waar geen Natuurbeschermingswet (of na 1 januari 2024 Omgevingswet)-vergunning voor benodigd was. Deze projecten maken deel uit van de bestaande situatie en zijn al verwerkt in de staat van instandhouding, of hebben geen of nauwelijks effecten.

De projecten die in deze cumulatietoets worden beschouwd conform puc.overheid.nl en de Wind op Zee routekaart zijn beschreven in de volgende paragrafen. In de cumulatietoets worden alleen negatieve effecten die niet significant zijn meegenomen.

In de cumulatietoets worden alleen de niet-significante effecten meegenomen omdat het doel is om te kijken of niet-significante effecten in cumulatie alsnog significant worden. Significante effecten van onderwatergeluid door heien en scheepvaart op de bruinvis door Aramis kunnen niet worden uitgesloten. Significante effecten van het heien van twee platforms op de zeekoet in het Friese Front kunnen niet worden uitgesloten en hetzelfde geldt voor effecten van scheepvaart op de gewone en grijze zeehond in de Noordzeekustzone. Er zijn mitigerende maatregelen geformuleerd om significante effecten te voorkomen. Deze effecten worden niet meegenomen in de cumulatietoets.

7.1.1 Net op Zee IJmuiden Ver Alpha

Vanaf 1 maart 2024 staan aanlegwerkzaamheden van Net op Zee IJmuiden Ver Alpha gepland. LNV heeft hier een vergunning voor afgegeven in januari 2021. Dit project omvat een aanlegfase waarbij een ondergronds kabelsysteem wordt aangelegd voor het transport van gelijkstroom vanuit het platform op zee (IJmuiden Ver Alpha), bestaande uit vier kabels die naar land lopen. Voor het aanleggen van het kabelsysteem wordt Horizontal Directional Drilling (HDD) uitgevoerd. Voor het plaatsen van het platform zal in een worst-case scenario maximaal 16 dagen geheid worden voor de installatie van een jacket, de aanleg van het platform zal plaatsvinden vanaf 2026. In 2024 vinden mogelijk geofysische survey's plaats en zal de kabelaanleg vervolgens starten (Arcadis, Pondera, 2021a). Mogelijke ecologische effecten kunnen in de aanlegfase optreden op de Natura 2000-gebieden Voordelta, het Veerse Meer en de Bruine Bank. De kabellijn loopt door de Voordelta en de Bruine Bank ligt nabij, ten westen van de kabels (Figuur 7-1).

Ecologische effecten die optreden betreffen: vertroebeling en sedimentatie, verstoring als gevolg van continu en impulsgeluid onderwater, verstoring boven water door geluid, licht en visuele verstoring (van het platform), habitataantasting op zee door mechanische effecten en elektromagnetische straling afkomstig van de kabels.

7.1.2 Net op Zee IJmuiden Ver Bèta en Gamma

Voor de aanleg van Net op Zee Béta wordt in de MER beschreven dat door de parallelligging van het Net op zee IJmuiden Ver Alpha en het Net op zee IJmuiden Ver Beta de effectbeoordeling vergelijkbaar is. Het oppervlak dat verstoord wordt zal in totaal wel kleiner zijn doordat de corridor netto smaller is over een lengte van 79 km (iets meer dan de helft van de lengte van het VKA-tracé), maar verstoring is hetzelfde aangezien twee keer een kabelgeul wordt gegraven. Het tracé Gamma loopt ca. 128 km parallel aan Béta. In de MER worden de volgende opties verkend (Arcadis, Pondera, 2021b, 2022):

- Béta en Gamma tracé worden mogelijk tegelijkertijd met Alfa aangelegd;
- Alfa, Béta en Gamma worden telkens met één jaar ertussen aangelegd;
- Net op Zee Alfa en Béta worden tegelijkertijd aangelegd en één jaar erna Gamma;
- Eerst wordt Alfa aangelegd en één jaar erna Béta en Gamma tegelijkertijd.

Voor de aanleg van Net op Zee IJmuiden Ver Bèta en Gamma zijn nog geen vergunningen afgegeven, maar deze zullen hoogstwaarschijnlijk in de periode 2024 – 2029 aangelegd worden. Ecologische effecten die optreden zijn: vertroebeling en sedimentatie, verstoring als gevolg van continu en impulsgeluid onderwater, verstoring boven water door geluid, licht en visuele verstoring habitataantasting op zee door mechanische effecten en elektromagnetische straling afkomstig van de kabel (Arcadis, Pondera, 2021b).

7.1.3 Net op Zee - Nederwiek 1, 2 en 3

Volgens de tijdlijn gepubliceerd op RVO[17] in diverse informatiepagina's is de realisatie van Net op Zee Nederwiek 1 gepland vanaf 2024 en Nederwiek 2 staat gepland vanaf 2025. Er is nog geen planning van Nederwiek 3 bekend.

Het project Net op Zee Nederwiek 1 bestaat uit de volgende hoofdonderdelen:

- Een platform op zee voor de aansluiting van de windturbines en het omzetten van wisselstroom (afkomstig van de windturbines) naar 525 kV-gelijkstroom;
- Een ondergronds gebundeld kabeltracé op zee en door het Veerse Meer voor het transport van 525 kV-gelijkstroom;
- Een ondergronds gebundeld kabeltracé op land voor het transport van 525 kV-gelijkstroom naar het converterstation;
- Een converterstation op land voor het omzetten van 525kV-gelijkstroom naar 380kV-wisselstroom, dat geschikt is voor het landelijk hoogspanningsnet (Ministerie van LNV, 2023a).

[17] *https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten*

Het project Nederwiek 2 bestaat uit de volgende hoofdonderdelen:
- Een platform op zee voor de aansluiting van de windturbines en het om zetten van wisselstroom (afkomstig van de windturbines) naar 525kV-gelijkstroom;
- Een ondergronds kabeltracé op zee voor het transport van 525kV-gelijkstroom op zee;
- Een ondergronds gebundeld kabeltracé op land voor het transport van 525kV-gelijkstroom naar het converterstation op land (de aanlanding);
- Een converterstation op land voor het om zetten van 525kV-gelijkstroom naar 380kV-wisselstroom;
- Een ondergronds kabeltracé op land voor het transport van 380 kV-wisselstroom van het converterstation naar een nieuw te bouwen 380kV-hoogspanningsstation voor de aansluiting op het landelijke hoogspanningsnet (Ministerie van LNV, 2023b).

Ecologische effecten die optreden zijn: vertroebeling en sedimentatie, verstoring als gevolg van continu en impulsgeluid onderwater, verstoring boven water door geluid, licht en visuele verstoring, habitataantasting op zee door mechanische effecten en elektromagnetische straling afkomstig van de kabel.

Voor Net op Zee Nederwiek 3 is zoals gezegd nog geen planning bekend. Ook de ecologische effecten zijn nog niet in beeld gebracht. Dit voornemen wordt daarom niet meegenomen in de cumulatietoets.

7.1.4 Wind op zee Nederland

In het Programma Noordzee 2022-2027 zijn windenergiegebieden aangewezen waar de komende jaren windparken ontwikkeld worden. De planning conform website van de rijksoverheid (10 juni 2022) voor de ingebruikname van windparken is als volgt[18]:
- Hollandse Kust West kavels VI en VII – 2025 – 2026
- IJmuiden Ver Beta – 2028
- IJmuiden Ver Alpha – 2029
- IJmuiden Ver kavels V en VI – 2029
- Nederwiek kavels I en II – 2030
- Nederwiek kavel III – 2031
- Hollandse Kust West kavel VIII – nader te bepalen
- Ten Noorden van de Waddeneilanden kavel I – 2031
- Doordewind kavels I en II - 2031

Dit betekent dat de aanleg van Hollandse Kust West en IJmuiden Ver Beta relevant zijn. Omdat in het Kader Ecologie Cumulatie (KEC) naar cumulatie van onderwatergeluid is gekeken voor alle windparken is deze als basis gebruikt voor deze verstoringsfactor.

Er is sprake van effecten van onderwatergeluid op zeezoogdieren, vogelslachtoffers door aanvaringen en habitatverlies, verstoring van vogels en zeezoogdieren door licht, beweging en optiek en stikstofdepositie.

[18] https://open.overheid.nl/documenten/ronl-7438902539596226b438ef329f782cf1a8a05aee/pdf



Figuur 7-1. Windenergie op zee inclusief kabelroutes van het net op zee (Windopzee.nl, 2023)

7.1.5 Seismisch onderzoek Shell P&O mijnbouwblokken

Shell wil een 3D seismisch onderzoek (survey) uitvoeren op de Noordzee (in de zogeheten P & O mijnbouwblokken) om te onderzoeken of CO2 opgeslagen kan worden in ondergrondse aquifers. Dit valt onder de noemer Carbon Capture and Storage (CCS). Voor het onderzoek zal in totaal 51 dagen worden gevaren waarvan 25 dagen daadwerkelijk seismisch onderzoek wordt uitgevoerd. Het voorgestelde onderzoeksgebied ligt ten westen van de kust van de provincie Zuid-Holland tussen de Maasvlakte en Zandvoort. Op het dichtstbijzijnde punt bevindt het onderzoeksgebied zich ongeveer 10 km van de Nederlandse kustlijn bij de Maasvlakte. Westwaarts strekt het onderzoek zich uit tot de grens tussen de Exclusieve Economische Zone (EEZ) Nederland en het Verenigd Koningrijk (VK). Het voorgestelde onderzoeksgebied zal een oppervlakte van bijna 1.500 km^2 beslaan. Inclusief de vaarlijnen beslaat het werkgebied bijna 2.300 km^2. Het seismisch onderzoek overlapt met circa 85 km^2 het Natura 2000-gebied Bruine Bank en nadert het Natura 2000-gebied Voordelta tot op een afstand van 6,5 km. Er is een Nbwet vergunning afgegeven die geldig is tot april 2026. Volgens de passende beoordeling wordt het project uitgevoerd in 2024. Dit project overlapt daardoor niet met Aramis CCS, maar doordat er achtereenvolgend vergelijkbare effecten optreden kan er alsnog een cumulatief effect ontstaan. Daarom is het project wel meegenomen in de cumulatietoets.

Effecten die optreden zijn verstoring van zeezoogdieren door onderwatergeluid en verstoring van vogels en zeezoogdieren door licht, beweging en optiek en stikstofdepositie (Royal HaskoningDHV, 2023b).

7.1.6 Exploratieboring P11-B Johan de Liefde

Dana Petroleum Netherlands B.V. opereert sinds 2006 het platform P11-B-De Ruyter, dat is geplaatst in de Nederlandse Exclusieve Economische Zone (EEZ). Dana NL is van plan om vanaf het P11-B-De Ruyter platform een exploratieput te boren naar het Johan de Liefde prospect in het naburige P10b mijnbouwblok. Exploratie prospecten zijn mogelijke gasvoorkomens waarvan nog moet worden aangetoond of winbare hoeveelheden aardgas aanwezig zijn. De boring zal plaatsvinden van de locatie van platform P11-B-De Ruyter. Dit platform ligt in de Nederlandse EEZ in mijnbouwblok P11b. Deze locatie ligt ongeveer 65 km ten noordwesten van Hoek van Holland en 20 km ten oosten van de Nederlands-Britse grenslijn. De locatie lig op een veilige afstand van scheepvaartroutes en kabels en leidingen van derden. Recent is het gebied rond het platform P11-B-De Ruyter aangemerkt als Natura 2000-gebied Bruine Bank, maar het platform zelf is hiervan uitgezonderd (geëxclaveerd). De vergunning is geldig t/m december 2025, maar volgens de passende beoordeling wordt het project uitgevoerd in 2023 – 2024. Dit project overlapt daardoor niet met Aramis CCS, maar doordat er achtereenvolgend vergelijkbare effecten optreden kan er alsnog een cumulatief effect ontstaan. Daarom is het project wel meegenomen in de cumulatietoets.

Effecten die optreden zijn verstoring zeezoogdieren door onderwatergeluid en verstoring van vogels en zeezoogdieren door licht, beweging en optiek en stikstofdepositie (Royal HaskoningDHV, 2023a).

7.1.7 Overzicht projecten cumulatietoets

In tabel 7-1 is een overzicht opgenomen van de projecten die worden meegenomen in de cumulatietoets, met een tijdsplanning en de relevante effecten.

*Tabel 7-1. Overzicht van projecten die worden meegenomen in de cumulatietoets en relevante effecten voor cumulatie. * inschatting vergunningsperiode*

Project	Planning	Relevante effecten
Aramis CCS	2026 – 2028	Vertroebeling, onderwatergeluid, verstoring door licht en beweging/optiek, stikstofdepositie
Net op Zee IJmuiden Ver Alpha	2024 – 2027	Vertroebeling, onderwatergeluid, verstoring door licht en beweging/optiek, stikstofdepositie
Net op Zee IJmuiden Ver Beta en Gamma*	2024 – 2029	Vertroebeling, onderwatergeluid, verstoring door licht en beweging/optiek, stikstofdepositie
Net op Zee Nederwiek 1 en 2	2025 – 2030	Vertroebeling, onderwatergeluid, verstoring door licht en beweging/optiek, stikstofdepositie
Wind op Zee Nederland*	2024 – 2031	Onderwatergeluid, verstoring door licht en beweging/optiek, stikstofdepositie
Seismisch onderzoek Shell	2024 - 2026	Onderwatergeluid, verstoring door licht en beweging/optiek, stikstofdepositie
Exploratieboring P11-B	2023 - 2024	Vertroebeling, onderwatergeluid, verstoring door licht en beweging/optiek, stikstofdepositie

7.2 Effecten van vertroebeling

Aramis CCS
Effecten van vertroebeling kunnen op zee ontstaan door het ingraven van de Aramis nearshore zeeleiding met een trench schip en het aftoppen van zandgolven op de Noordzeebodem. Door het ingraven van de nearshore zeeleiding kan sediment opwervelen, waardoor de troebelheid in de waterkolom toeneemt tot

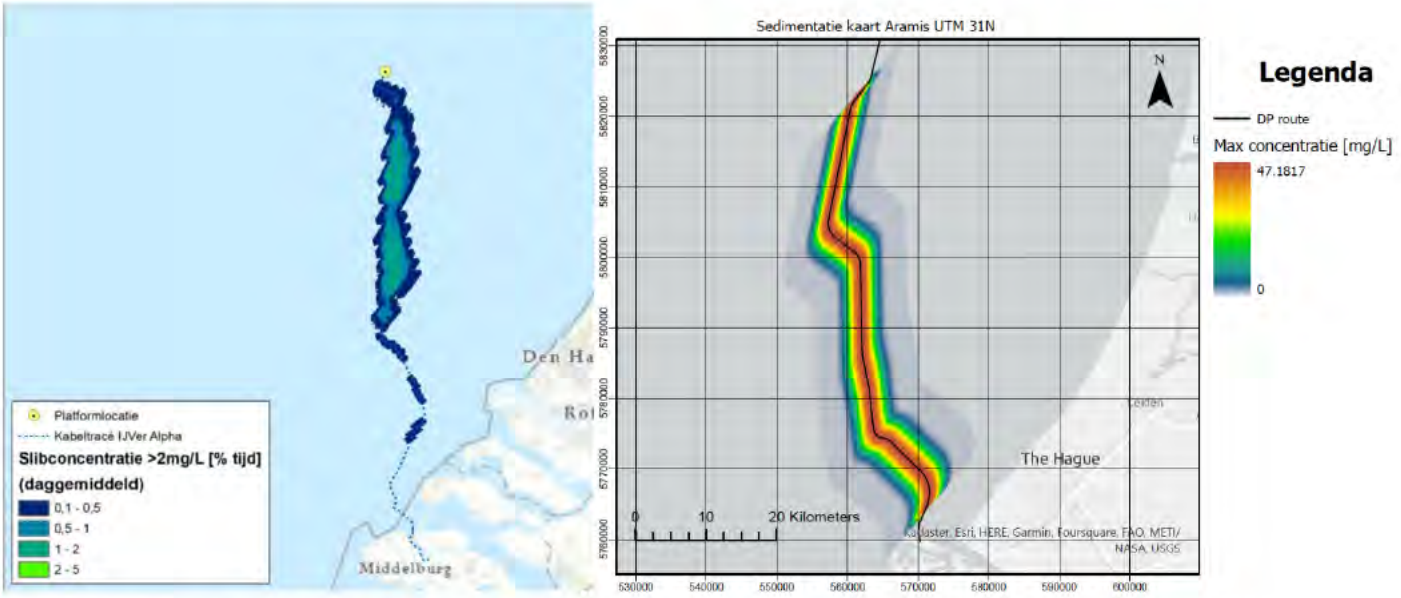
een maximale zwevende stof concentratie van 47,2 mg/L in de waterkolom. Dit valt binnen de bandbreedte van de gemiddelde achtergrondconcentratie (Paragraaf 6.1.3). De maximum concentratie treedt op langs de nearshore zeeleiding. De concentraties verder van de zeeleiding zijn een stuk lager. De vertroebeling is lokaal van aard en tijdelijk waardoor significante effecten zijn uit te sluiten.

Uit een modelstudie van de lozing van boorvloeistof van 12 putten bij platform N05-A (Royal HaskoningDHV, 2020) blijkt dat bij één boring de maximale toename in slibconcentratie ten opzichte van een achtergrondconcentratie van 5-20 mg/l bij het boorplatform circa 12 mg/l is op een afstand van 5 km van het boorplatform. Het slib in de waterkolom verplaatst zich na de lozing en slaat uiteindelijk neer op de bodem. Berekend is dat de toename in de slibconcentratie na afloop van een boring 0 mg/l bedraagt in de omgeving van het boorplatform. Bij het Aramis project is er sprake van 12 – 14 boringen in totaal. Wanneer de putten achter elkaar worden geboord is er sprake van een lange periode met lozingen en dus een toename van 12 mg/L. Wanneer meerdere putten tegelijk worden geboord is er mogelijk sprake van een grotere toename. Hoe groot die toename zal zijn is niet bekend en op welke manier de pluim zich zal verplaatsen is ook niet bekend. Aangezien de platte oester relatief gevoelig is voor een hoge vertroebeling (optimum <90 mg/L) kan niet worden uitgesloten dat er effecten optreden in de omgeving van de platforms waar mogelijk of potentieel oesterbanken kunnen voorkomen (Friese Front). Wanneer de cumulatieve toename van vertroebeling niet hoger wordt dan 150 mg/L zijn effecten op andere soorten niet te verwachten. Er is geen sprake van significante effecten op Natura 2000-gebieden.

Door de baggerwerkzaamheden voor het aanleggen van de direct pipe treedt een kortdurende toename op van 0,8 - 6 mg/L. Er is geen sprake van significante effecten op Natura 2000-gebied de Voordelta.

Net op Zee IJmuiden Ver Alpha

Voor de aanleg van het kabeltracé is vertroebeling in kaart gebracht in een Passende Beoordeling (Arcadis, Pondera, 2021a). Geconcludeerd wordt dat de slibwolk tijdelijk is (134 dagen, Figuur 7-2), waarbij deze niet langer dan enkele dagen op een specifieke locatie boven de 2 mg/L is. De slibpluim beweegt bovendien mee met de werkzaamheden langs het VKA-tracé, hierdoor zal het gebied waar de hoogste slibconcentratieverhogingen optreden (direct langs het VKA-tracé) al minder interessant zijn als foerageergebied voor zichtjagende vogels door andere verstorende effecten (zoals bovenwaterverstoring). Verder van het VKA-tracé af dunt de slibwolk al snel uit. Effecten door vertroebeling zijn tijdelijk van aard en er is ruim voldoende alternatief foerageergebied voor zichtjagende vogels (Arcadis, Pondera, 2021a).



Figuur 7-2 Links: Net op Zee IJmuiden Alpha, rechts: Aramis zeeleiding. Het percentage van de simulatietijd dat de slibconcentratieverhogingen in het gekleurde gebied boven de 2 mg/L uitkomen. De verschillende kleuren geven verschillende percentage categorieën weer, waarvan de hoogste categorie (lichtgroen) maximaal 5% (= 1 week) van de simulatietijd betreft (Arcadis, Pondera, 2021).

Net op Zee IJmuiden Ver Beta en Gamma
De slibconcentratie verhoging aan de bodem van boven de 2 mg/L treedt op bij 4 locaties in de Voordelta, in totaal circa 485 ha bij de (1x4)-kabelconfiguratie en 9.713 hectare voor de (2x2)-kabelconfiguratie. Voor beide kabelconfiguraties blijft de slibconcentratie verhoging aan de bodem onder de 5 mg/L en zal na enkele dagen onder de grens van 2 mg/L zijn. Deze waardes vallen binnen de natuurlijke achtergrondconcentratie van het systeem, en filterfeeders zullen geen effect van ondervinden van deze tijdelijke concentratieverhoging (Arcadis, Pondera, 2021b, 2022).

Net op Zee Nederwiek 1 en 2
De vertroebelingswolk blijft voornamelijk ter plaatse van het tracé en wordt nooit groter dan enkele hectares. De vertroebelingswolk bereikt dan ook niet Natura 2000-gebied de Bruine Bank. In Natura 2000-gebied Voordelta is er enkel aan de bodem en het wateroppervlak vertroebeling bij de aanlanding bij de Veerse Gatdam. De maximale daggemiddelde en dieptegemiddelde slibconcentratieverhoging is niet hoger dan 5 mg/L en zal binnen enkele dagen tot een week onder de 2,0 mg/L komen. De achtergrondconcentratie is jaargemiddeld 20-30 mg/L, wat kan afnemen tot onder de 10 mg/L bij kalm weer en kan toenemen tot 100 mg/L na een storm. Een verhoging van 2 mg/L is circa 2-20% van de jaargemiddelde slibconcentratie langs de Nederlandse kust. Het is niet te verwachten dat vogels, trekvissen of benthische soorten significant negatieve effecten van vertroebeling zullen ondervinden. Ook het effect op primaire productie is gering. Daarmee kunnen ook significant negatieve effecten op de habitattypen H1110B en H1140B worden uitgesloten (Ministerie van LNV, 2023a, 2023b).

Exploratieboring P11-B
Voor de mate van vertroebeling wordt verwezen naar de studie van N05-A zoals ook in Aramis CCS is gebruikt. Het gaat om één boring en dus om een maximale toename van 12 mg/L. Vertroebeling als gevolg van de lozing van boorvloeistof zal niet leiden tot een lokaal langdurig effect op bodemdieren. Ook vissen, zeezoogdieren en zeevogels zullen nauwelijks effecten ondervinden van de lokale vertroebeling. Significante negatieve effecten op soorten als gevolg van vertroebeling kunnen daarom op voorhand uitgesloten worden (Royal HaskoningDHV, 2023a).

Cumulatie
De voorgenomen werkzaamheden voor de zeeleiding van het Aramis initiatief en de kabels voor Net op Zee IJmuiden Ver en Nederwiek komen bij elkaar in de buurt. Er zal waarschijnlijk net geen of gedeeltelijke overlap zijn van beide vertroebelingspluimen mochten deze tegelijkertijd of in enkele dagen na elkaar plaatsvinden (zie Figuur 7-2)Figuur 7-2 Links: Net op Zee IJmuiden Alpha, rechts: Aramis zeeleiding. Het percentage van de simulatietijd dat de slibconcentratieverhogingen in het gekleurde gebied boven de 2 mg/L uitkomen. De verschillende kleuren geven verschillende percentage categorieën weer, waarvan de hoogste categorie (lichtgroen) maximaal 5% (= 1 week) van de simulatietijd betreft (Arcadis, Pondera, 2021).. De exploratieboring P11-B vindt plaats in Natura 2000-gebied Bruine Bank. De toename bij het aanleggen van de kabels wordt geschat op 2-5 mg/L en bij het boren van putten 12 mg/L per put. Er is sprake van een toename van de troebelheid in de Bruine Bank door Net op Zee IJmuiden Ver Alpha en de exploratieboring, er is geen sprake van een toename door Aramis CCS waardoor cumulatie niet relevant is. Daarnaast is er sprake van een toename in de Voordelta door de verschillende Net op Zee projecten (2-5 mg/L per project) en door Aramis CCS (0,8-6 mg/L). Zelfs
wanneer een aantal van deze projecten tegelijk plaatsvinden of kort volgend op elkaar is er sprake van een kleine toename die valt binnen de natuurlijke variatie. Er is in cumulatie geen sprake van een direct effect op Natura 2000-gebieden.

Wanneer meerdere projecten tegelijk een toename in troebelheid veroorzaken kan er een indirect effect ontstaan voor zichtjagende vogels die gebonden zijn aan een bepaalde afstand vanaf hun broedgebied. De grootste toename vindt echter verder plaats op zee waardoor dit niet relevant is. Er is geen sprake van een cumulatief significant effect door vertroebeling.

7.3 Effecten van onderwatergeluid

Aramis CCS
Significante effecten van onderwatergeluid door heien en scheepvaart op de bruinvis kunnen niet worden uitgesloten. Significante effecten van het heien van 2 platforms op de zeekoet in het Friese Front kunnen

niet worden uitgesloten en hetzelfde geldt voor effecten van scheepvaart de gewone en grijze zeehond in de Noordzeekustzone. Er zijn mitigerende maatregelen geformuleerd om significante effecten te voorkomen. Significante effecten worden niet meegenomen in deze cumulatietoets.

Zeehonden
Het gebied op open zee kan door zeehonden gebruikt worden om te foerageren. Zeehonden kunnen tot ver uit de kust zoeken naar voedsel (Ministerie van Economische Zaken, 2014a). Door het heien worden maximaal 115 zeehonden per dag verstoord. Het foerageergebied neemt door de verstoring mogelijk af. Er zijn anderzijds voldoende uitwijkmogelijkheden voor gewone en grijze zeehonden om te foerageren. De nabijgelegen kustzone en de Waddenzee zijn belangrijkere gebieden voor de gewone zeehond en grijze zeehond dan de open zee (Aarts, 2021; Aarts et al., 2016), anders dan voor bruinvissen. Significant negatieve effecten op zeehonden in de Voordelta en de Klaverbank zijn uit te sluiten.

Net op Zee IJmuiden Ver en Nederwiek
Bij de Net op Zee projecten is er sprake van continu onderwatergeluid door scheepvaart en van impulsgeluid door het heien van verankeringspalen van platforms.

Zeehonden
Zeehonden leven, rusten en foerageren voornamelijk in de Waddenzee en in de Zoute Delta. Er komen geen hoge dichtheden zeehonden voor in de omgeving van het platform. De werklocatie is geen veelgebruikt foerageergebied en er is voldoende ruimte op het NCP voor de zeehonden om uit te wijken. De Noordzee wordt verder voornamelijk gebruikt voor migratie. Tussen het platform en de kust is een zone waar de dieren ongehinderd kunnen zwemmen. Er wordt dus geen migratie van noord naar zuid langs de kust geblokkeerd door de heiwerkzaamheden. Ook voor migratie tussen Nederland en het Verenigd Koninkrijk is het heien geen blokkade. Effecten op zeehonden leiden tot een tijdelijke verplaatsing van dieren naar een andere route of foerageergebied, maar er is geen sprake van effecten op populatieniveau. Zodoende zal er geen populatiereductie optreden. Negatieve effecten als gevolg van externe werking op instandhoudingsdoelstellingen voor de grijze- en/of gewone zeehond van omliggende Natura 2000-gebieden, zoals de Voordelta, kunnen daarmee worden uitgesloten (Arcadis, Pondera, 2021a, 2021b, 2022; Ministerie van LNV, 2023a, 2023b).

Wind op Zee

Zeehonden
Uit de resultaten in het KEC 4.0 blijkt dat op basis van de gehanteerde uitgangspunten een versnelde uitrol van wind op zee in de periode 2016 – 2030 geen negatieve effecten op de populaties van gewone en grijze zeehonden zal hebben, zelfs als het totaalaantal dierverstoringsdagen als gevolg van het uitvoeren van geofysisch onderzoek zou verdubbelen. Er worden in deze berekeningen waarschijnlijk geen cumulatieve effecten gevonden, omdat de kans dat een zeehond gedurende meerdere dagen wordt verstoord heel klein is. Dit is een gevolg van het feit dat op de locaties waar windparken zijn voorzien, de dichtheid van zeehonden heel laag is en daarmee de kans dat een zeehond meerdere dagen wordt verstoord ook. Hierbij wordt aangetekend dat er in de berekeningen van is uitgegaan dat de kans dat een individuele zeehond wordt verstoord voor alle individuen uit de populatie gelijk is. Als er worst case van wordt uitgegaan dat een veel kleiner deel van de populatie kan worden verstoord en er sprake is van dieren die steeds naar dezelfde locatie toegaan (grote mate van plaatstrouw), neemt de kans dat een zeehond meerdere malen wordt verstoord toe. Omdat het in een dergelijke situatie om een verwaarloosbaar aandeel van de totale populatie gaat, is het effect op de populatie als geheel nog steeds nihil.

Seismisch onderzoek

Zeehonden
Het seismisch onderzoek leidt alleen tot mogelijke tijdelijke verstoring. Fysieke schade (PTS) is uitgesloten, omdat door het nemen van de standaard maatregelen geen gewone en grijze zeehonden binnen de contouren waarbij permanente gehoordrempelverschuiving optreedt aanwezig zijn. Er is gedurende het gehele onderzoek een maximaal oppervlak van 5.854 km^2 dat zeehonden zullen vermijden. De verstoorde oppervlakte van een worst-case dag ligt tussen de 1.040 en de 3.500 km^2. Voor het gehele seismisch onderzoeksgebied ligt het aantal verstoorde gewone zeehonden op een worst-case dag op maximaal 116

zeehonden. Voor de grijze zeehond ligt het aantal verstoorde dieren op maximaal 140 op een worst-case dag. Het oppervlak leefgebied blijft na de ingreep ongewijzigd. Er is een tijdelijke beperkte afname van het leefgebied van de gewone zeehond. De kwaliteit van het leefgebied neemt eveneens tijdelijk af, vergelijkbaar aan de afname van het oppervlak van het leefgebied. Ook de kwaliteit van het leefgebied is na de ingreep ongewijzigd. De trend van gewone en grijze zeehond is positief. Daarnaast vindt het onderzoek op zee plaats en de populatie zeehonden bevindt zich voornamelijk dichter bij de kust. Er worden geen rustplaatsen van de gewone of grijze zeehond verstoord. Het daadwerkelijke aantal verstoorde dieren zal daarom naar verwachting lager liggen dan de worst-case aantallen. Het is dan ook niet de verwachting dat het seismisch onderzoek invloed heeft op de instandhoudingsdoelstelling. Naar verwachting heeft het onderzoek geen significant effect op de instandhoudingsdoelstelling van behoud oppervlak en behoud kwaliteit voor behoud van de populatie van de gewone zeehond. Er is geen sprake van significant negatieve effecten van het seismisch onderzoek op de instandhoudingsdoelstellingen van de gewone zeehond en de grijze zeehond in het Natura 2000-gebied Voordelta.

Exploratieboring P11-B

Zeehonden

De vermijdingsdrempel voor de zeehond ligt op 145 dB. De SEL05-contour van 145 dB ten gevolge van heien ligt op 4,8 km van de geluidsbron af (Remmers & Rosemeyer, 2018). Er is dus een vermijdingsgebied van 4,8 km rond de bron (73 km^2) voor zeehonden. In het vermijdingsgebied rondom de exploratieboring, komen maximaal 0,5 gewone zeehonden voor per km^2. Hetzelfde geldt voor de grijze zeehond. Voor beide soorten is uitgegaan van de distributiemodellen van Aarts (2021) zoals beschreven in het KEC 4.0 (Heinis et al., 2022). Hierdoor wordt ervan uitgegaan dat er maximaal 37 gewone en grijze zeehonden in het plangebied verstoord kunnen worden. Er worden standaardmaatregelen getroffen om tijdelijke en blijvende gehoorschade te voorkomen. Gezien de lage dichtheden van zeehonden in het plangebied en de geringe duur van de werkzaamheden kunnen significante negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de grijze en gewone zeehond worden uitgesloten.

Cumulatie

De precieze planning van de werkzaamheden van de genoemde projecten is niet bekend. Het heien van platforms voor de verschillende projecten en windturbines kunnen in principe tegelijkertijd plaatsvinden, dit zal maximaal voor een deel van de projecten het geval zijn. Daarnaast is er sprake van opeenvolgende heiactiviteiten gedurende de jaren dat de projecten worden uitgevoerd. Ook is er sprake van een toename in scheepvaartbewegingen en dus continu onderwatergeluid. Binnen alle projecten wordt gebruik gemaakt van soft start en ADD om gehoorschade te voorkomen. Daarnaast geldt er een geluidsnorm die ervoor zorgt dat het geluidsniveau wordt beperkt. Voor Aramis CCS is als maatregel ook het gebruik van stille schepen opgenomen. Er treden naar verwachting geen cumulatieve effecten op van onderwatergeluid.

7.4 Effecten van verstoring door licht, beweging en optiek

Aramis CCS

Voordelta vogels

De pijpleg-, bagger- en trenchschepen die worden ingezet bij de aanleg van de nearshore zeeleiding en de aanleg van de microtunnel/direct pipe zijn (in fases) in beweging. Vogels kunnen last ondervinden door bewegingen en aanwezigheid van schepen en daardoor worden verstoord. Vooral in de ruiperiode kunnen vogels daar veel last van ondervinden, omdat vogels dan minder mobiel zijn en niet snel weg kunnen vliegen bij verstoring. Vooral de grote stern en visdief zijn zeer gevoelig voor optische verstoring. Voor de aanleg van de microtunnel/direct pipe worden er in totaal twee schepen ingezet waarvan één baggerschip en één pijplegschip. Deze schepen varen beide twee keer op en neer gedurende de werkzaamheden. In totaal worden het bagger- en pijplegschip maximaal 47 dagen (voor direct piping variant) ingezet voor de werkzaamheden ten behoeve van de aanleg van de microtunnel/direct pipe. De schepen voor de aanleg van de zeeleiding varen uit vanaf de haven van Rotterdam verspreid over een periode van ongeveer 312 dagen. Door de spreiding van de extra scheepvaartbewegingen over een langere periode en de minimale toename van scheepvaartbewegingen (maximaal 80) ten opzichte van het huidige drukbevaren verkeersbeeld in de haven van Rotterdam (30.000 passerende zeeschepen per jaar), kunnen effecten door

voorbijgaande schepen worden uitgesloten. Significante effecten van licht, beweging en optiek op de instandhoudingsdoelstellingen van de niet-broedvogels kunnen worden uitgesloten.

Voordelta zeehonden
Effecten van licht, beweging en optiek zijn met name relevant voor zeehonden die zich boven het water bevinden; op bijvoorbeeld de ligplaatsen in de Voordelta en de Tweede Maasvlakte. Een studie van Jansen et al. (2010) liet zien dat het risico op optische verstoring van de gewone zeehond toenam als schepen in een straal van 500 m van de ligplaatsen naderden; bij een afstand van 100 m of minder verplaatsten rustende zeehonden zich 25 keer sneller naar het water dan bij afwezigheid van schepen. De afstand tussen de scheepvaartroute door de Maasgeul en de rustplaatsen van de zeehonden in het noorden van de Voordelta is kleiner dan de eerdergenoemde afstand van 100-500 m waarbinnen zeehonden reageren op beweging van schepen. De aanwezigheid van de zeehonden in de buurt van deze relatief drukbevaren route zouden echter een indicatie kunnen zijn dat zeehonden ook bij verstoring de rustplekken kunnen benutten. Door de spreiding van de extra scheepvaartbewegingen over een langere periode en de minimale toename van scheepvaartbewegingen (maximaal 80) ten opzichte van het huidige drukbevaren verkeersbeeld in de haven van Rotterdam 30.000 passerende zeeschepen per jaar), kunnen effecten door licht en bewegingen van voorbijgaande schepen worden uitgesloten.

Bruine Bank vogels
De schepen die worden ingezet bij de aanleg van de zeeleiding zijn (in fases) in beweging. Vogels kunnen last ondervinden door licht, bewegingen en aanwezigheid van schepen en daardoor worden verstoord. Vooral in de ruiperiode kunnen vogels gevoelig zijn voor optische verstoring. De extra schepen die worden ingezet voor het Aramis initiatief volgen zoveel mogelijk bestaande scheepvaartroutes. In totaal zullen maximaal 80 extra schepen uitvaren vanuit de haven van Rotterdam, waarvan 30 schepen mogelijk de scheepvaartroute langs of door de Bruine Bank volgen voor de aanleg van de zeeleiding. Deze toename in scheepvaartverkeer is minimaal te noemen en verspreidt zich over een periode van ongeveer 300 dagen. De schepen die uitvaren vanuit de haven van Amsterdam of Den Helder komen niet in de buurt van de Bruine Bank. Er is geen sprake van effecten door beweging en optiek op niet-broedvogels in de Bruine Bank. Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de niet-broedvogels door licht, beweging en optiek kunnen worden uitgesloten.

Net op Zee IJmuiden Ver en Nederwiek
Bij de aanleg van de kabels voor IJmuiden Ver en Nederwiek vindt er verstoring plaats in de Voordelta en nabij de Bruine Bank. Verstoring door geluid en licht, en optische verstoring treedt meestal gelijktijdig op en zodoende kunnen deze doorgaans als één verstoringsbron worden beschouwd. Over het algemeen is de reikwijdte van de lichtbelasting echter minder groot dan die van verstoringen door geluid of visuele verstoringen. Voor aspecten rond verlichting wordt tevens ten alle tijden het verlichtingsplan als leidraad gebruikt, deze wordt opgesteld conform de hiervoor geldende wettelijke richtlijnen. Zodoende zijn effecten op fauna gevoelig voor verlichtingsverstoring uitgesloten. Hieronder wordt per Natura 2000-gebied ingegaan op de effecten van geluid, beweging en optiek.

Voordelta vogels
Het grootste deel van de verstoringscontour zal overlappen met reeds verstoord areaal door reguliere scheepsvaart. De tijdelijke aard van de werkzaamheden en het beperkte additioneel verstoorde areaal (ten opzichte van de huidige situatie in het gebied) zorgen ervoor dat de behoudsdoelstellingen voor de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor de roodkeelduiker en zwarte zee-eend en hun populaties binnen Natura 2000-gebied Voordelta geen negatieve effecten ondervinden.

Voordelta zeehonden
Binnen de Voordelta bevinden zich ligplaatsen van gewone zeehond en een van de grijze zeehond. Deze ligplaatsen worden in de huidige situatie reeds verstoord door reguliere scheepvaart. Het beperkte aantal schepen dat wordt gebruikt tijdens de werkzaamheden voegt daarmee een relatief verwaarloosbare fractie toe aan de aanwezige scheepvaart intensiteit. Voor dit scheepvaartverkeer gelden dezelfde verstoringsafstanden. De verstoring als gevolg van de werkzaamheden voor de kabels zal het oppervlakte verstoord gebied daarom niet vergroten bij de rustplaatsen van de zeehonden. Mochten hier rustende zeehonden toch verstoord raken, zijn er in de buurt voldoende onverstoorde uitwijkmogelijkheden

beschikbaar. Een negatief effect door bovenwaterverstoring op de instandhoudingsdoelstellingen van de grijze en gewone zeehond in Natura 2000-gebied Voordelta is hiermee uitgesloten.

Bruine Bank vogels
De verstoringscontour van 500 meter voor minder gevoelige vogels (jan-van-gent, dwergmeeuw en grote mantelmeeuw) raakt niet aan de Bruine Bank. Minder gevoelige vogels op de Bruine Bank worden daarom niet verstoord. Grote jagers ruien tijdens hun trek en behouden tijdens de rui hun vliegvermogen. Eventueel verstoorde ruiende grote jagers kunnen zodoende bij verstoring uitwijken naar onverstoord areaal. De optredende verstoring als gevolg van de werkzaamheden is tijdelijk en lokaal, en zodoende is er ruim onverstoord areaal beschikbaar. Door de tijdelijke aard van de effecten en het beperkte areaal is er geen sprake van een negatieve invloed op de gestelde behoudsdoelstellingen voor de kwaliteit en omvang van het leefgebied voor deze soort binnen het Natura 2000-gebied.

Ruiende alken en zeekoeten zijn in de ruiperiode van zomer- naar winterkleed kwetsbaar omdat zij wegens hun beperkte vliegvermogen moeilijk uit kunnen wijken voor verstoringsfactoren. Naast het gegeven dat het additioneel verstoord oppervlak op en in de buurt van de Bruine Bank klein is, is de regulier aanwezige scheepsvaartintensiteit in (maar ook buiten) de standaard vaarwegen op de Bruine Bank en langs het tracé op zee relatief hoog. De werkzaamheden zullen slechts enkele schepen aan deze hoge scheepsvaartintensiteit toevoegen. Zodoende is ook de intensiteit van de verstoring binnen het geringe verstoorde oppervlak relatief laag t.o.v. de regulier aanwezige scheepsvaartintensiteit.

Wind op Zee

In de Kavelbesluiten voor Hollandse Kust West kavels V en VI en IJmuiden Ver Alpha en Beta is een aantal voorwaarden opgenomen met betrekking tot scheepvaartbewegingen:
- De (onderhouds)schepen van de vergunninghouder zullen bij hun vaarbewegingen rekening houden met de maatregelen ten aanzien van scheepvaart die zijn opgenomen in de beheerplannen van de Natura 2000-gebieden Voordelta, Deltawateren, Noordzeekustzone en Waddenzee.
- In de Voordelta zal gedurende de winter een afstand van 1.500 meter aangehouden moeten worden (vanwege de aangewezen rustgebieden zoals opgenomen in het beheerplan Voordelta).
- In de Waddenzee zullen (onderhouds)schepen minimaal 1.500 meter afstand houden tot rust- en zoogplaatsen van zeehonden en minimaal 500 meter afstand houden van vogelconcentraties van topper en eider;
- In de Deltawateren mogen rust- en foerageergebieden voor zeehonden en vogels niet te dicht benaderd worden indien buiten de vaargeul wordt gevaren. Om negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen te beperken, dient ervoor te worden gezorgd dat (onderhouds)schepen een minimale afstand van 500 meter ten opzichte van foeragerende vogels en 1.200 meter van op de plaats rustende zeehonden wordt aangehouden;
- In de Noordzeekustzone moeten onderhoudsschepen minimaal 500 meter afstand houden van vogelconcentraties van topper, eidereend en zwarte zee-eend alsmede 1.200 meter van het deel van de zandplaat(platen) waarop zich grijze of gewone zeehonden bevinden.

Seismisch onderzoek

Bruine Bank vogels
Het seismische zoekgebied overlapt een gedeelte met het zuidelijkste deel van de Bruine Bank. Dit betekent dat er mogelijk ook verstoring plaatsvindt van de aangewezen vogelsoorten: jan-van-gent, grote jager, dwergmeeuw, grote mantelmeeuw, zeekoet en alk door de aanwezigheid van het onderzoeksschip en de begeleidende schepen. Er wordt rekening gehouden met dat het onderzoeksschip circa 51 dagen op zee vaart, waarvan 25 dagen actief seismisch onderzoek wordt uitgevoerd. De overige dagen zijn als reserve opgenomen in geval van slechte (weers-)omstandigheden. De Bruine Bank ligt deels in en nabij een drukbevaren scheepvaartroute, waardoor het aannemelijk is dat soorten gewend zijn aan de aanwezigheid van schepen of gevoelige soorten niet aanwezig zijn. In de voorgestelde periode in februari, zijn voor zover bekend geen vogelsoorten in het gebied in de rui, waardoor ze niet weg kunnen vliegen. Ervan uitgaande dat er geen 51 dagen in de Bruine Bank worden gevaren, maar dat de schepen ofwel stilliggen of op een lage snelheid de route vervolgen in de reservedagen, zal de verstoring door de aanwezigheid van drie

schepen beperkt blijven. Er zal ongeveer 65 uur door de Bruine Bank worden gevaren. Daarnaast is als standaard maatregel in het ecologisch werkprotocol opgenomen dat werklampen op de schepen worden voorzien van adequate armaturen om onnodige lichtemissie buiten de schepen te voorkomen. Deze maatregel vermindert de verstoring in de nachtelijke uren en vermindert ook het risico dat vogels gedesoriënteerd raken door sterke lichten en rond het schip blijven cirkelen. Significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de vogelsoorten jan-van-gent, grote jager, dwergmeeuw, grote mantelmeeuw, zeekoet en alk door verstoring van licht en geluid door scheepvaart in de Bruine Bank kunnen worden uitgesloten (Royal HaskoningDHV, 2023b).

Exploratieboring P11-B

Bruine Bank vogels

Omdat het plangebied is gelegen nabij drukbezochte scheepvaartroutes is niet te verwachten dat extra scheepsbewegingen leiden tot een significant verlies aan foerageeroppervlak voor de betreffende vogelsoorten. De te verwachten effecten van helikopterbewegingen zijn lokaal en zijn er genoeg mogelijkheden om uit te wijken op de Bruine Bank. Door de transportbewegingen van schepen en helikopters zal er een kortdurende verstoring plaatsvinden. Het gebied is daarna echter weer beschikbaar en zal naar verwachting geen negatief effect hebben op de instandhoudingsdoelstellingen van vogelsoorten waarvoor het Natura 2000-gebied Bruine Bank is aangewezen. Daarnaast zijn er standaardmaatregelen aanwezig die de onnodige uitstraling van licht door platforms, schepen en het fakkelen zoveel mogelijk beperken en nachtelijke lichtverstoring door het fakkelen te beperken. Significant negatieve effecten op de instandhoudingdoelstellingen van vogelsoorten waarvoor de Bruine Bank is aangewezen kunnen worden uitgesloten (Royal HaskoningDHV, 2023a).

Cumulatie

Door de projecten die in de komende jaren worden uitgevoerd neemt het aantal scheepvaartbewegingen sterk toe. Een deel daarvan vindt gelijktijdig plaats en een ander deel opeenvolgend. Het is lastig te bepalen wat het precieze effect daarvan is, daardoor kunnen significante effecten van de toename van verstoring door licht, beweging en optiek door scheepvaartbewegingen niet worden uitgesloten op zeehonden en vogels.

7.5 Effecten van stikstofdepositie

Effecten van stikstofdepositie zijn apart beschouwd in bijlage 7. Hier is ook cumulatie opgenomen. Hier is geconcludeerd dat het Aramis-project ook in cumulatie géén gevolgen heeft voor het kunnen behalen van de instandhoudingsdoelstellingen als gevolg van stikstofdepositie.

7.6 Mitigerende maatregelen cumulatie

Om significante effecten in cumulatie met andere projecten te voorkomen zijn de volgende mitigerende maatregelen noodzakelijk:

- In de Voordelta zal gedurende de winter een afstand van 1.500 meter aangehouden moeten worden van het deel van de zandplaat(platen) waarop zich grijze of gewone zeehonden bevinden.
- In de Noordzeekustzone moeten schepen minimaal 500 meter afstand houden van vogelconcentraties van topper, eidereend en zwarte zee-eend alsmede 1.500 meter van het deel van de zandplaat(platen) waarop zich grijze of gewone zeehonden bevinden.

8 Leemtes in kennis & toekomstige ontwikkelingen

Dit hoofdstuk geeft inzicht in de onderdelen van het Aramis initiatief waarop meer kennis gewenst is om effecten goed te kunnen beoordelen.

Rekenmethodiek voor populatie-effecten
Tijdens het berekenen van de effecten op de populatie bleek dat de formule niet direct geschikt is om toe te passen op activiteiten anders dan het plaatsen van windturbines (monopiles). De formule gaat ervan uit dat een heidag gelijk staat aan 4 uur heien. De heiwerkzaamheden voor dit project worden soms in minder dan een dag uitgevoerd, maar ook bij een lagere hei-energie in vergelijking tot de plaatsing van monopiles (pers. communicatie Heinis, 2022). Dit inzicht leidde tot de conclusie dat het effect op de populatie, zoals het nu wordt berekend, mogelijk niet representatief is voor de opslagboring. Daarnaast is de gebruikte formule gebaseerd op aannames met betrekking tot een stabiele populatie en moet voor correct gebruik van het model een kwetsbare subpopulatie worden gedefinieerd, waarvan de gegevens nog niet beschikbaar zijn (Heinis et al., 2022, bijlage F). Op het moment van schrijven is er nog geen maatwerkaanpak ontwikkeld om de populatiereductie te beoordelen voor andere werkzaamheden dan het heien van monopiles. Deze aanpak zal worden geadviseerd in het proces van verdere vergunningaanvraag.

Vaarroute van CO_2 schepen
Op het moment dat de vaarroute bekend wordt van de schepen die CO_2 vervoeren naar de terminal, zal beoordeeld moeten worden op welke Natura 2000-gebieden effecten (of externe werking) van toepassing is. Deze gebieden zijn nu niet meegenomen in de beoordeling, omdat de vaarroutes en intensiteit nog niet bekend zijn.

9 Conclusie

9.1 Conclusies landdeel

De aanlegwerkzaamheden ten behoeve van Aramis leiden tot emissie van stikstof (stikstofoxiden en ammoniak) als gevolg van de inzet van (werk)schepen, transportmiddelen en mobiele werktuigen. Hoewel deels met elektrisch aangedreven materieel wordt gewerkt, laat de huidige stand van de techniek het echter nog niet toe de werkzaamheden geheel zonder stikstofemissie plaats te laten vinden.

Deze emissie leidt tot een tijdelijke stikstofdepositiebijdrage op een aantal Natura 2000-gebieden in het kustgebied, te weten Solleveld & Kapittelduinen, Westduinpark & Wapendal, Voornes Duin, Meijendel & Berkheide, Voordelta, Duinen Goeree & Kwade Hoek en Grevelingen. De effecten daarvan zijn in een aparte passende beoordeling ecologisch getoetst (Bijlage 7, Koolstra 2023). Die ecologische beoordeling concludeert dat de tijdelijke depositiebijdrage als gevolg van de aanlegwerkzaamheden van Aramis niet leidt tot een aantasting van de natuurlijke kenmerken van de betrokken Natura 2000-gebieden.

9.2 Conclusies zeedeel

De Passende beoordeling leidt tot het inzicht dat significante effecten niet zijn uit te sluiten. Dit leidt tot de volgende mitigerende maatregelen per gebied, aanvullend op de standaard maatregelen zoals beschreven in paragraaf 2.4.

Noordzee
Significante effecten door onderwatergeluid op bruinvissen kunnen niet worden uitgesloten. Wezenlijke effecten op zandkokerwormen door oppervlakteverlies en sedimentatie kunnen niet worden uitgesloten. Wezenlijke effecten door een toename van vertroebeling op de platte oester kunnen niet worden uitgesloten. Ondanks het feit dat de zandkokerworm en platte oester als soort niet wettelijk beschermd zijn via de gebiedsbescherming van de Ow (maar wel onder OSPAR) wordt aangeraden om de volgende maatregelen uit te voeren om wezenlijke effecten te voorkomen:

- Bij de aanleg van de zeeleiding en lozen van boorgruis worden de zandkokerwormriffen zoveel mogelijk vermeden. Bij de detaillering van het leidingtracé wordt vastgesteld of deze voorkomen en hoe deze vermeden kunnen worden. Deze maatregel valt buiten het toetsingskader in deze passende beoordeling;
- Vertroebeling > 90 mg/L in het Friese Front wordt voorkomen om effecten op de platte oester tegen te gaan. Deze maatregel valt buiten het toetsingskader in deze passende beoordeling;
- Bruinvissen komen in de Noordzee en specifiek in meerdere Natura 2000-gebieden voor. Hierbij geldt dat er in de Natura 2000-gebieden geen significante directe effecten optreden, maar indirecte effecten door onderwatergeluid op bruinvissen kunnen niet worden uitgesloten (indirecte effecten op de gehele Noordzee populatie). Daarom dienen de volgende maatregelen te worden genomen:
    - Bij de hei-werkzaamheden dienen geluidsbeperkende maatregelen genomen te worden (bijvoorbeeld door gebruik te maken van een HSD Systeem/bubbelscherm) of een werkwijze waarbij relatief weinig onderwatergeluid zal optreden om effecten op de populatie bruinvissen te voorkomen (het geluidsniveau moet onder de 164 dB liggen op 750 meter afstand)
    - Er dient zoveel mogelijk gebruik gemaakt te worden van stille schepen om continu onderwatergeluid te minimaliseren.

Voordelta
Significante effecten op zeezoogdieren door geluid en trillingen kunnen niet worden uitgesloten, hierbij gaat het om indirecte effecten op de bruinvis. De volgende mitigerende maatregelen dienen naast de standaard maatregelen uitgevoerd te worden om significante effecten te voorkomen:

- In de Voordelta treden geen significante directe effecten op voor bruinvis, maar indirecte significante effecten door onderwatergeluid op bruinvissen kunnen niet worden uitgesloten (indirecte effecten op de

gehele Noordzee populatie). Daarom dienen mitigerende maatregelen te worden genomen bij de heiwerkzaamheden en scheepvaartbewegingen. Deze zijn opgenomen onder het kopje ‘Noordzee’.

Friese Front
Significante effecten in juli-oktober op de zeekoet door geluid en trillingen door heiwerkzaamheden kunnen niet worden uitgesloten. De volgende mitigerende maatregelen dienen naast de standaard maatregelen uitgevoerd te worden om significante effecten te voorkomen:

- Er wordt bij heiwerkzaamheden nabij het Friese Front (L4-A en L10-R) gebruik gemaakt van bijvoorbeeld een HSD Systeem/bubbelscherm bij het heien om het onderwatergeluid zo te minimaliseren dat de geluidscontour (140 dB) geen overlap heeft met het Friese Front. Ook kan gebruik worden gemaakt van nieuwe methoden, waarmee een veel lagere geluidsbelasting optreedt indien de geluidscontour (140 dB) dan niet tot het Friese Front reikt;
- Indien bovenstaande niet mogelijk is, wordt tijdens de gevoelige periode van zeekoet (juli – oktober) geen heiwerkzaamheden uitgevoerd ten behoeve van de aanleg van de platforms en putten L4-A en L10-R.

Klaverbank
Significante effecten op de bruinvis door geluid en trillingen kunnen niet worden uitgesloten, hierbij gaat het om indirecte effecten op de gehele Noordzee populatie. De volgende mitigerende maatregelen dienen naast de standaard maatregelen uitgevoerd te worden om significante effecten te voorkomen:

- In de Klaverbank treden geen significante directe effecten op voor bruinvis, maar indirecte effecten door onderwatergeluid op bruinvissen kunnen niet worden uitgesloten (indirecte effecten op de gehele Noordzee populatie). Daarom dienen mitigerende maatregelen te worden genomen bij de heiwerkzaamheden en scheepvaartbewegingen. Deze zijn opgenomen onder het kopje ‘Noordzee’.

Bruine Bank
De voor Natura 2000-gebied Bruine Bank aangewezen niet-broedvogels zullen geen significant negatief effect ondervinden van de voorgenomen activiteiten. Significante effecten op de instandhoudingsdoel-stellingen van de niet-broedvogels worden uitgesloten.

Noordzeekustzone
Significante effecten op zeezoogdieren door geluid en trillingen kunnen niet worden uitgesloten, hierbij gaat het om indirecte effecten op de bruinvis en om directe effecten op zeehonden.
De volgende mitigerende maatregelen dienen naast de standaard maatregelen uitgevoerd te worden om significante effecten te voorkomen:

- In de Noordzeekustzone treden geen significante directe effecten op voor bruinvis, maar indirecte effecten door onderwatergeluid op bruinvissen kunnen niet worden uitgesloten (indirecte effecten op de gehele Noordzee populatie). Daarom dienen mitigerende maatregelen te worden genomen bij de heiwerkzaamheden en scheepvaartbewegingen. Deze zijn opgenomen onder het kopje ‘Noordzee’.
- Significante directe effecten van onderwatergeluid door een toename van scheepvaart op zeehonden kunnen niet worden uitgesloten. Daarom dienen mitigerende maatregelen te worden genomen met betrekking tot scheepvaart. Deze zijn opgenomen in paragraaf 6.1.7.
- Schepen dienen op een afstand van 1.500 m afstand te blijven van rustende en zogende zeehonden.

Cumulatie
Cumulatieve effecten van vertroebeling en onderwatergeluid kunnen worden uitgesloten. Cumulatieve effecten van licht, beweging en optiek door scheepvaartbewegingen kunnen niet worden uitgesloten.

Om significante effecten in cumulatie met andere projecten te voorkomen zijn de volgende mitigerende maatregelen noodzakelijk:

- In de Voordelta zal gedurende de winter een afstand van 1.500 meter aangehouden moeten worden van het deel van de zandplaat(platen) waarop zich grijze of gewone zeehonden bevinden.

- In de Noordzeekustzone moeten schepen minimaal 500 meter afstand houden van vogelconcentraties van topper, eidereend en zwarte zee-eend alsmede 1.500 meter van het deel van de zandplaat(platen) waarop zich grijze of gewone zeehonden bevinden.

9.3 Eindconclusie

Het Aramis initiatief leidt tot diversie milieueffecten op land en op zee. Met de in de rapport opgenomen standaard maatregelen en mitigerende maatregelen wordt een negatieve invloed op de natuurlijke kenmerken van Natura 2000-gebieden voorkomen en vormt Aramis geen belemmering voor het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen van de betreffende Natura 2000-gebieden. Aramis zal daarnaast ook in cumulatie niet leiden tot een aantasting van de natuurlijke kenmerken van de Natura 2000-gebieden.

10 Literatuur

Aarts, G. (2021). *Memo "Estimated distribution of grey and harbour seals" for KEC 4.0*. Wageningen Marine Research.

Aarts, G., Brasseur, S., Geelhoed, S., van Bemmelen, R., & Leopold, M. (2013). *Grey and harbour seal spatiotemporal distribution along the Dutch West coast*. IMARES.

Aarts, G., Cremer, J., Kirkwood, R., van der Wal, J. T., Matthiopoulos, J., & Brasseur, S. (2016). *Spatial distribution and habitat preference of harbour seals (Phoca vitulina) in the Dutch North Sea*. https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/400306

Acolas, M.-L., Bégout Anras, M., Véron, V., Jourdan, H., Sabatié, M.-R., & Baglinière, J. (2004). An assessment of the upstream migration and reproductive behaviour of allis shad (Alosa alosa L.) using acoustic tracking. *ICES Journal of Marine Science*, *61*(8), 1291–1304.

Anderson Hansen, K., Hernandez, A., Mooney, T. A., Rasmussen, M. H., Sørensen, K., & Wahlberg, M. (2020). The common murre (Uria aalge), an auk seabird, reacts to underwater sound. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *147*(6), 4069–4074.

Aprahamian, M., Aprahamian, C., Baglinière, J., Sabatié, R., & Alexandrino, P. (2003). *Alosa alosa and Alosa fallax spp. Literature review and bibliography. R & D Technical Report W1-014*. TR. Bristol. Environment Agency.

Arcadis. (2014). *Passende Beoordeling Baggeren Slijkgat*.

Arcadis, Pondera. (2021a). *Net op zee IJmuiden Ver Alpha Bijlage VII-A Passende Beoordeling planMER en Inpassingsplan*.

Arcadis, Pondera. (2021b). *Deel-A-MER-fase-2-Net-op-zee-IJmuiden-Ver-Beta.pdf*. https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/12/Deel-A-MER-fase-2-Net-op-zee-IJmuiden-Ver-Beta.pdf

Arcadis, Pondera. (2022). *MER-Deel_A-Net-op-zee-IJmuiden-Ver-Gamma.pdf*. https://www.commissiemer.nl/projectdocumenten/010695_3568_MER-Deel_A-Net-op-zee-IJmuiden-Ver-Gamma.pdf

Arcadis, Royal HaskoningDHV, & Sweco. (2022). *Natuurdoelanalyse Natura 2000*.

Au, D., Pollino, C., Wu, R., Shin, P., Lau, S., & Tang, J. (2004). Chronic effects of suspended solids on gill structure, osmoregulation, growth, and triiodothyronine in juvenile green grouper Epinephelus coioides. *Marine Ecology Progress Series*, *266*, 255–264.

Au, W. W. L., Popper, A. N., & Fay, R. R. (2000). *Hearing by whales and dolphins*. Springer New York, NY, USA:

Becker, A., Whitfield, A. K., Cowley, P. D., Järnegren, J., & Næsje, T. F. (2013). Potential effects of artificial light associated with anthropogenic infrastructure on the abundance and foraging behaviour of estuary-associated fishes. *Journal of Applied Ecology*, *50*(1), 43–50.

Berry, W. J., Rubinstein, N. I., Hinchey, E. K., Klein-MacPhee, G., & Clarke, D. G. (2011). Assessment of dredging-induced sedimentation effects on winter flounder (Pseudopleuronectes americanus) hatching success: Results of laboratory investigations. *Western Dredging Association Technical Conference and Texas A&M Dredging Seminar*, 47–57.

Bijkerk, R. (1988). *Ontsnappen of begraven blijven: De effecten op bodemdieren van een verhoogde sedimentatie als gevolg van baggerwerkzaamheden: Literatuuronderzoek*. RDD, Aquatic ecosystems.

Bouma, S., Lengkeek, W., van den Boogaard, B., & Waardenburg, H. (2010). Reageren zeehonden op de Razende Bol op langsvarende baggerschepen. *Bureau Waardenburg Report*, *09–291*.

Brasseur, S. M. (2007). *Zeezoogdieren in de Eems, cumulatieve effecten van de activiteiten rond de ontwikkeling van de Eemshaven*. IMARES.

Brasseur, S. M. J. M., Carius, F., Diederichs, B., Galatius, A., JeB, A., Körber, P., Meise, K., Schop, J., Siebert, U., Teilmann, J., Bie Thøstesen, & Klöpper, S. (2021). Grey Seal survey of the wadden sea and Helgoland 2002-2021. *Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.*

Camphuysen, C. J., & Leopold, M. F. (1994). *Atlas of seabirds in the southern North Sea. Texel.*

Cheng, C. H., Borsje, B. W., Beauchard, O., O'flynn, S., Ysebaert, T., & Soetaert, K. (2021). Small-scale macrobenthic community structure along asymmetrical sand waves in an underwater seascape. *Marine Ecology*, *42*(3), e12657.

Craeymeersch, J., Perdon, K., van Zwol, J., Jol, J., Brummelhuis, E., & van Asch, M. (2019). *PMR Monitoring Natuurcompensatie Voordelta-bodemdieren: Veld-en datarapport campagnes met bodemschaaf in 2016, 2017 en 2018*. Wageningen Marine Research.

Daan, R., & Mulder, M. (1993a). *Study on possible environmental effects of a WBM cutting discharge in the North Sea, one year after termination of drilling*.

Daan, R., & Mulder, M. (1993b). *Study on possible short-term environmental effects of WBM cutting discharges in the frisian front area (North Sea)*.

de Jong, C., Binnerts, B., Robinson, S., & Wang, L. (2021). *Guidelines for modelling ocean ambient noise*.

De Laak, G.A.J. (2009). *Kennisdocument fint, Alosa fallax (Lacépède, 1803). Kennisdocument 26. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.*

De Robertis, A., Ryer, C. H., Veloza, A., & Brodeur, R. D. (2003). Differential effects of turbidity on prey consumption of piscivorous and planktivorous fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *60*(12), 1517–1526.

Didderen, K., Rebolledo, E. B., van Mastrigt, A., & Fijn, R. (2019). *Doeluitwerking Friese front*.

Didderen, K., van der have, T., Bravo Rebolledo, E., van Mastrigt, A., Lengkeek, W., & Mulder, S. (2019). *Doeluitwerking Klaverbank*.

Dubois, S., Barillé, L., & Cognie, B. (2009). Feeding response of the polychaete Sabellaria alveolata (Sabellariidae) to changes in seston concentration. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *376*(2), 94–101.

Ende, S., Schrama, J., & Verreth, J. (2018). The influence of prey size, sediment thickness and fish size on consumption in common sole (Solea solea L.). *Journal of Applied Ichthyology*, *34*(1), 111–116.

Fijn, R. C., de Jong, J. W., & van Bemmelen, R.S.A. (2022). *Voldoen huidige Habitatrichtlijn- en/of KRM gebieden ook aan de criteria voor aanwijzing onder de Vogelrichtlijn?*

Fijn, R. C., van Bemmelen, R. S. A., Arts, F. A., De Jong, J., Beuker, D., Bravo Rebolledo, E., Engels, B., Hoekstein, M. S. J., Jonkvorst, R. J., Lilipaly, S. J., Sluijter, M., van Straalen, K. D., & Wolf, P. A. (2020). Verspreiding, abundantie en trends van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2019-2020. *RWS-Centrale Informatievoorziening BM 20.22. Bureau Waardenburg Rapportnr. 20-324. Bureau Waardenburg & Deltamilieu Projecten, Culemborg.*

Fijn, R. C., van Bemmelen, R. S. A., De Jong, J., Arts, F. A., Beuker, D., Bravo Rebolledo, E., Engels, B., Hoekstein, M. S. J., van der Horst, Y., Leemans, J., Lilipaly, S. J., Sluijter, M., van Straalen, K. D., & Wolf, P. A. (2022). *Verspreiding, abundantie en trends van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2020-2021. RWS-Centrale Informatievoorziening BM 22.01.*

Bureau Waardenburg Rapportnr. 20-324. Bureau Waardenburg & Deltamilieu Projecten, Culemborg.

Fijn, R., & de Jong, J. (2019). Vogelwaarden van een mogelijk Natura 2000-gebied Bruine Bank. *Populatieschattingen van Kwalificerende, Begrenzende En Niet-Kwalificerende Soorten Binnen Drie Mogelijke Gebiedsbegrenzingen. Bureau Waardenburg Rapportnr*, 19–042.

Fijn, R., van Bemmelen, R., de Jong, J., Arts, F., Beuker, D., Rebolledo, E. B., Engels, B., Hoekstein, M., van der Horst, Y., & Leemans, J. (2022). *Verspreiding, abundantie en trends van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2020-2021*.

Fliessbach, K. L., Borkenhagen, K., Guse, N., Markones, N., Schwemmer, P., & Garthe, S. (2019). A ship traffic disturbance vulnerability index for Northwest European seabirds as a tool for marine spatial planning. *Frontiers in Marine Science*, *6*, 192.

Fugro. (2023). *Aramis Pipeline Route Geophysical, Geotechnical and Environmental Survey*.

Galatius, A., Abel, C., Brackmann, J., Brasseur, S. M. J. M., Jess, A., Meise, K., Meyer, J., Schop, J., Siebert, U., Teilmann, J., & Bie Thøstesen, C. (2021). Harbour seal surveys in the Wadden Sea and Helgoland 2021. *Common Wadden Sea Secretariat.*

Garthe, S., & Hüppop, O. (2004). Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: Developing and applying a vulnerability index. *Journal of Applied Ecology*, *41*(4), 724–734.

Geelhoed, S. C. V., Lagerveld, S., Verdaat, J., & Scheidat, M. (2014b). Marine mammal surveys in Dutch waters in 2014. Imares rapportnummer: C180/14. *Imares Rapportnummer: C180/14.*

Geelhoed, S. C. V., & van Polanen Petel, T. (2011a). *Zeezoogdieren op de Noordzee; Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011*.

Geelhoed, S. C. V., & van Polanen Petel, T. (2011b). Zeezoogdieren op de Noordzee: Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011. *(WOt-Werkdocument; No. 258). Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.*

Gilles, A., Ramirez-Martinez, N., Nachtsheim, D., & Siebert, U. (2020). *Update of distribution maps of harbour porpoises in the North Sea*. Institute for Terrestrial and Aquatic Wildlife (ITAW).

Gilles, A., Viquerat, S., Becker, E., Forney, K., Geelhoed, S. C. V., Haelters, J., Nabe-Nielsen, J., Scheidat, M., Siebert, U., Sveegaard, S., Van Beest, F., van Bemmelen, R., & Aarts, G. (2016).

Seasonal habitat-based density models for a marine top predator, the harbor porpoise, in a dynamic environment. *Ecosphere 7(6):E01367. 10.1002/Ecs2.1367.*

Gillis, A., Ramirez-Martinez, N., Nachtsheim, D., & Siebert, U. (2020). *Update of distribution maps of harbour porpoises in the North Sea. Institute for Terrestrial and Aquatic Wildlife (ITAW).*

Gittenberger, A., & Van Loon, W. (2011). *Common Marine Macrozoobenthos Species in the Netherlands, their Characterisitics and Sensitivities to Environmental Pressures*. GiMaRIS report.

Gregory, J., Lewis, M., & Hateley, J. (2007). *Are twaite shad able to detect sound at a higher frequency than any other fish? Results from a high resolution imaging sonar*.

Hamer, K., Phillips, R., Hill, J., Wanless, S., & Wood, A. (2001). Contrasting foraging strategies of gannets Morus bassanus at two North Atlantic colonies: Foraging trip duration and foraging area fidelity. *Marine Ecology Progress Series*, *224*, 283–290.

Hart, N. S., Lisney, T. J., & Collin, S. P. (2006). Visual communication in elasmobranchs. *Communication in Fishes*, *2*, 337–392.

Harwood, J., King, S., Schick, R., Donovan, C., & Booth, C. (2014). *A protocol for implementing the interim population consequences of disturbance (PCOD) ap-proach: Quantifying and assessing the effects of UK offshore renewable energy developments on marine mammal populations.* Report SMRUL-TCE-2013-014. Scottish Marine and Freshwater Science 5(2).

Hecht, C., T. &. Van der Lingen. (1992). Turbidity-induced changes in feeding strategies of fish in estuaries. *African Zoology*, *27*(3), 95–107.

Heinis, F., De Jong, C., Von Benda-Beckmann, A., & Water, S. (2022). *Framework for Assessing Ecological and Cumulative Effects 2021 (KEC 4.0)–marine mammals.*

Hermans, M., Kauffman, K., & Indah-Everts, S. (2020). *Netwerkevaluatie 2018-2019*.

Hildebrand, J. A. (2009). Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Marine Ecology Progress Series*, *395*, 5–20.

Hoekstein, M. S. J., Sluijter, M., & van Straalen, K. D. (2022). *Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2020/2021* (Rijkswaterstaat, Centrale informatievoorziening Rapport BM 20.03. Deltamilieu Projecten Rapportnr. 2022-01.). Deltamilieu Projecten, Vlissingen.

Jackson, A., & Hiscock, K. (2008). *Sabellaria spinulosa. Ross worm*.

Jansen, J. K., Boveng, P. L., Dahle, S. P., & Bengtson, J. L. (2010). Reaction of harbor seals to cruise ships. *The Journal of Wildlife Management*, *74*(6), 1186–1194.

Kamermans, P., Didderen, K., Bakker, E., & Lengkeek, W. (2022). *Monitoring platte-oesterbank Voordelta 2021*.

Kamermans, P., Perdon, J., & Bergsma, J. (2022). *Sediment suitability of Frisian Front search areas for European flat oyster (Ostrea edulis) restoration*. Wageningen Marine Research.

Kamermans, P., Walles, B., Kraan, M., Van Duren, L. A., Kleissen, F., Van der Have, T. M., Smaal, A. C., & Poelman, M. (2018). Offshore wind farms as potential locations for flat oyster (Ostrea edulis) restoration in the Dutch North Sea. *Sustainability (Switzerland)*, *10*, 308.

Kjelland, M. E., Woodley, C. M., Swannack, T. M., & Smith, D. L. (2015). A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: Potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications. *Environment Systems and Decisions*, *35*, 334–350.

Kleijberg, R., Rozemeijer, M. J., & van der Wal, J. T. (2017). *Zandwinning Noordzee 2018-2027: Nadere verdieping effecten Natura 2000*. Arcadis/Wageningen Marine Research.

Knaapen, M. A. (2009). Sandbank occurrence on the Dutch continental shelf in the North Sea. *Geo-Marine Letters*, *29*, 17–24.

Krijgsveld, K. L., Klaassen, B., & van der Winden, J. (2022). Verstoring van vogels door recreatie. *Literatuurstudie van Verstoringsgevoeligheid En Overzicht van Maatregelen. Deel*, *1*.

Lake, R. G., & Hinch, S. G. (1999). Acute effects of suspended sediment angularity on juvenile coho salmon (Oncorhynchus kisutch). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *56*(5), 862–867.

Latour, J. B., Bijkerk, W., Fieten, N., & Rippen, A. D. (2021). *Evaluatie Natura 2000-beheerplan Duinen en Lage Land Texel*.

Leopold, M. (1991). Toppredatoren op het Friese Front: Zeevogels en zeezoogdieren. *Gee A. de, Baars MA & Veer HW van Der (Eds). De Ecologie van Het Friese Front. NIOZ Rapport*, *2*, 79–89.

Leopold, M. (2015). *Eat and be eaten. Porpoise diet studies*.

Lieske, D. J., Tranquilla, L. M., Ronconi, R., & Abbott, S. (2019). Synthesizing expert opinion to assess the at-sea risks to seabirds in the western North Atlantic. *Biological Conservation*, *233*, 41–50.

Lindeboom, H., Rijnsdorp, A., Witbaard, R., Slijkerman, D., & Kraan, M. (2015). *Het ecologisch belang van het Friese Front*. IMARES.

Lisney, T. J., & Collin, S. P. (2007). Relative eye size in elasmobranchs. *Brain, Behavior and Evolution*, *69*(4), 266–279.

Maitland, P., & Hatton-Ellis, T. (2003). Ecology of the Allis and Twaite Shad. Conserving natura 2000 rivers ecology series no. 3. *English Nature, Peterborough*, 32.

McConnell, B., Fedak, M., Lovell, P., & Hammond, P. (1999). Movements and foraging areas of grey seals in the North Sea. *Journal of Applied Ecology*, *36*(4), 573–590.

Miller, D. C., Muir, C. L., & Hauser, O. A. (2002). Detrimental effects of sedimentation on marine benthos: What can be learned from natural processes and rates? *Ecological Engineering*, *19*(3), 211–232.

Ministerie van Economische Zaken. (2014a). Profiel Document A199 Zeekoet (versie 2014). *Ministry of Economic Affairs The Hague.*

Ministerie van Economische Zaken. (2014b). *Profieldocument H1351 Bruinvis (Phocoena phocoena)*.

Ministerie van Economische Zaken. (2014a). Profieldocument H1364 Grijze zeehond (Halichoerus grypus). *Https://Www.Natura2000.Nl/Sites/Default/Files/Profielen/Profielen_HRSoorten_Actueel/Profiel_sort_H1364_2014.Pdf*.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2016). *Natura 2000-beheerplan Noordzeekustzone. Periode 2016-2022*.

Ministerie van LNV. (2023a). *OB01-Ontwerp-vergunning-wnb Nederwiek 1*.

Ministerie van LNV. (2023b). *OB01-Ontwerp-vergunning-wnb Nederwiek 2*.

Møhl, B., & Andersen, S. (1973). *Echolocation: High-frequency component in the click of the Harbor*.

Nedwell, J., Edwards, B., Turnpenny, A., & Gordon, J. (2004). Fish and Marine Mammal Audiograms: A summary of available information. *Subacoustech Report Ref: 534R0214*.

Neff, J. M. (2005). Composition, environmental fates, and biological effect of water based drilling muds and cuttings discharged to the marine environment: A synthesis and annotated bibliography. *Report Prepared for the Petroleum Environmental Research Forum (PERF). Washington DC: American Petroleum Institute*.

OSPAR. (2013). *Background document on Sabellaria spinulosa reefs*.

OSPAR. (2015). *Guidelines to reduce the impact of offshore installations lighting on birds in the OSPAR maritime area. OSPAR Agreement 2015-08.*

Park, I., Bell, N., & Carrol, M. (2001). Assessment of the Actual Present Environmental Impact of Representative OBM and WBM cuttings piles. *R & D Programme B*, *2*.

Pearce, B., Fariñas-Franco, J. M., Wilson, C., Pitts, J., deBurgh, A., & Somerfield, P. J. (2014). Repeated mapping of reefs constructed by Sabellaria spinulosa Leuckart 1849 at an offshore wind farm site. *Continental Shelf Research*, *83*, 3–13.

Pearce, B., Hill, J., Grubb, L., & Harper, G. (2011). Impacts of marine aggregate dredging on adjacent Sabellaria spinulosa aggregations and other benthic fauna. *Marine Aggregates Levy Sustainability Fund MEPF*, *8*, P39.

Pearce, B., Taylor, J., & Seiderer, L. J. (2007). *Recoverability of sabellaria spinulosa following aggregate extraction*. Marine Ecological Surveys Limited.

Perry, F., & Tyler-Walters, H. (2016). *Ostrea edulis beds on shallow sublittoral muddy mixed sediment*.

Port of Den Helder. (n.d.). *HAVENAFVALPLAN PORT OF DEN HELDER 2023*. https://portofdenhelder.nl/files/documents/Concept%20HAP%20PoDH%202023%20versie%202.0.pdf

Redeker, M., & van Doorn, F. (2019). *Bruinvissen in de Noordzee*. www.indenoordzee.nl/noordzee-bruinvissen/%0D

Reijnders, P. J. H., Brasseur, S. M., & Brinkman, A. G. (2000). *Habitatgebruik en aantalsontwikkelingen van gewone zeehonden in de Oosterschelde en het overige Deltagebied*. Alterra.

Remmers, P., & Rosemeyer, M. (2018). *Leiter-Rohr Geldsackplate. Prognose der zu erwartenden Hydroschallinmmisio-nen während der Rammarbeiten.* Itap GmbH Institut für technische und angewandte Physik GmbH. Project Nr.: 3304.

Renaud, P., Jensen, T., Wassbotten, I., Mannvik, H., & Botnen, H. (2008). Offshore sediment monitoring on the Norwegian shelf. A regional approach 1996–2006. *Akvaplan-Niva, Report*, 3487–003.

RHDHV (2019). Nadere Effectenanalyse Friese Front. BF7374WATR003

RHDHV. (2023a). *Detailrapport Aramis onderwatergeluid (ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2008)*.

RHDHV. (2023b). *Detailrapport zeebodem, inclusief morfologie, archeologie en niet gesprongen explosieven (ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2025)*.

Rijkswaterstaat. (2016). *Kaartenbijlage Natura 2000-beheerplan Waddenzee*. https://www.waddenzee.nl/publish/library/18/definitief_en_complete_waddenzee_kaartenbijlage_bij_natura_2000-beheerplan_2016-2022.pdf

Rijkswaterstaat. (2015a). *Kader Ecologie en Cumulatie t.b.v. Uitrol windenergie op zee. Deelrapport A: methodebeschrijving. In opdracht van het ministerie van Economische Zaken.*

Rippen, A., Van der Zee, E., Fieten, N., Latour, J., & Wymenga, E. (2020). *Review effecten natuurlijke bodemdynamiek en menselijke bodemberoering in de sublitorale Waddenzee* (A&W-rapport 19-304). Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Royal HaskoningDHV. (2020). *Vertroebelingsstudie platform N05-A*.

Royal HaskoningDHV. (2023a). *Ecologische effectbeoordeling Exploratieboring Dana NL P11-B Johan de Liefde*.

Royal HaskoningDHV. (2023b). *Natuurtoets 3D seismisch onderzoek P&O blokken Shell*.

Rozemeijer, M., & Graafland, M. (2007). Effecten van zandwinning 2007 op de Natura2000-gebieden Voordelta en Noordzeekustzone vanuit het perspectief van de natuurbeschermingswet. *Bijlage Bij Brief van Rijkswaterstaat Noord-Holland Dd*, *1*.

Rozemeijer, M., & Smith, S. (2017). *Deskstudie naar de mogelijke effecten van sedimentatie bij overvloei door zandwinning op macrobenthos nabij de-20 m diepte*. Wageningen Marine Research.

Sluijter, M., Lilipaly, S., & Wolf, P. (2023). *Midwintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en Nederlandse kustwateren in november 2022, januari en maart 2023*.

Smaal, A., Kamermans, P., Kleissen, F., van Duren, L., & van der Have, T. (2017). *Flat oysters on offshore wind farms: Opportunities for the development of flat oyster populations on existing and planned wind farms in the Dutch section of the North Sea*. Wageningen Marine Research.

Smith, A. B., Fischer-McMorrow, I., Kolbeinsson, Y., Rasmussen, M., Shero, M. R., McElwaine, J. N., Jones, O. R., & Mooney, T. A. (2023). Sensitive aerial hearing within a noisy nesting soundscape in a deep-diving seabird, the common murre Uria aalge. *Marine Ecology Progress Series*, *714*, 87–104.

Sovon. (n.d.-a). *Eider Somateria mollissima—Common Eider*. https://stats.sovon.nl/stats/soort/2060

Sovon. (n.d.-b). *Grote Stern Thalasseus sandvicensis—Sandwich Tern*. https://stats.sovon.nl/stats/soort/6110

Sovon. (n.d.-c). *Kleine Mantelmeeuw Larus fuscus—Lesser Black-backed Gull*. https://stats.sovon.nl/stats/soort/5910

Sovon. (n.d.-d). *Sovon Vogelonderzoek—Distribution and trends.*

Sovon. (n.d.-e). *Visdief Sterna hirundo—Common Tern*. https://stats.sovon.nl/stats/soort/6150

Suijlen, J., & Duin, R. (2002). Atlas of near-surface total suspended matter concentrations in the Dutch coastal zone of the North Sea. *Rapportnr.: 2002.059*.

Tamis, J. E., Karman, C. C., de Vries, P., & Klok, C. (2011). *Offshore olie-en gasactivitetiten en Natura 2000. Inventarisatie van mogelijke gevolgen voor de instandhoudingsdoelen van de Noordzee*.

TNO. (2015). *Cumulatieve effecten van impulsief geluid op zeezoogdieren* (R10335; p. 85).

Todd, V. L., Todd, I. B., Gardiner, J. C., Morrin, E. C., MacPherson, N. A., DiMarzio, N. A., & Thomsen, F. (2015). A review of impacts of marine dredging activities on marine mammals. *ICES Journal of Marine Science*, *72*(2), 328–340.

Tulp, I., Tien, N., & van Damme, C. (2016). *PMR Monitoring natuurcompensatie Voordelta: Ontwikkeling vis in de Voordelta na instelling bodembeschermingsgebied ter compensatie van de aanleg Tweede Maasvlakte*. Wageningen Marine Research.

Utne-Palm, A. C. (2002). Visual feeding of fish in a turbid environment: Physical and behavioural aspects. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, *35*(1–2), 111–128.

van Bemmelen, R. S., Leopold, M. F., & Arts, F. A. (2013). Alken en zeekoeten op het Friese Front. *(No. C160/13). IMARES.*

van Denderen, P. D. (2015). *Ecosystem effects of bottom trawl fishing* [PhD Thesis]. Wageningen University and Research.

Van der Hut, R., Kersten, M., Hoekema, F., & Brenninkmeijer, A. (2007). Kustvogels in het Wadden-en Deltagebied. *Verspreidingskaarten van Kustvogels Ten Behoeve van Het Calamiteitensysteem CALAMARIS. A&W-Rapport*, *907*.

van der Knaap, I., Slabbekoorn, H., Moens, T., Van den Eynde, D., & Reubens, J. (2022). Effects of pile driving sound on local movement of free-ranging Atlantic cod in the Belgian North Sea. *Environmental Pollution*, *300*, 118913. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.118913

van Dijk, T. (2016). Zandgolvendynamiek in ondiepe zeeen. *Geo. Brief*, *41*(2), 4–7.

Van Gompel, Z. (2016). *Het zicht bij vissen: Een morfologische en functionele benadering.*

Van Mastrigt, A., Sierdsma, F., Kwakkel, J., Moons, S., Van Oostveen, M., & Mulder, S. (2019). *Nadere Effectenanalyse Friese Front NEA NoordZEE-EEZ*.

Van Rijn, S., & Van Eerden, M. (2003). Cormorants in the Ijsselmeer area: Competitor or indicator. *Cormorant Research Group Bulletin*, *5*, 31–32.

Votier, S. C., Bearhop, S., MacCormick, A., Ratcliffe, N., & Furness, R. W. (2003). Assessing the diet of great skuas, Catharacta skua, using five different techniques. *Polar Biology*, *26*(1), 20–26.

Wenger, A. S., Harvey, E., Wilson, S., Rawson, C., Newman, S. J., Clarke, D., Saunders, B. J., Browne, N., Travers, M. J., Mcilwain, J. L., & others. (2017). A critical analysis of the direct effects of dredging on fish. *Fish and Fisheries*, *18*(5), 967–985.

Wilber, D. H., & Clarke, D. G. (2001). Biological effects of suspended sediments: A review of suspended sediment impacts on fish and shellfish with relation to dredging activities in estuaries. *North American Journal of Fisheries Management*, *21*(4), 855–875.

Wong, C. K., Pak, I. A. P., & Jiang Liu, X. (2013). Gill damage to juvenile orange-spotted grouper E pinephelus coioides (H amilton, 1822) following exposure to suspended sediments. *Aquaculture Research*, *44*(11), 1685–1695.

Wright, P., Jensen, H., & Tuck, I. (2000). The influence of sediment type on the distribution of the lesser sandeel, Ammodytes marinus. *Journal of Sea Research*, *44*(3–4), 243–256.

Yurk, H., & Trites, A. (2000). Experimental attempts to reduce predation by harbor seals on out-migrating juvenile salmonids. *Transactions of the American Fisheries Society*, *129*(6), 1360–1366.

Zamon, J. E., Phillips, E. M., & Guy, T. J. (2014). Marine bird aggregations associated with the tidally-driven plume and plume fronts of the Columbia River. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, *107*, 85–95.

Zweers, H. R., & Den Held, S. L. M. (2017). *MER militaire luchthaven De Kooy. Wnb Natura 2000 beoordeling. Royal HaskoningDHV. Referentie: T&PBD5616R0013F01*.

Bijlage

1. Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Voordelta

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Royal HaskoningDHV

Tabel B-10-1. Instandhoudingsdoelstellingen aangewezen soorten Voordelta. Landelijke staat van instandhouding (SVI): + is gunstig, - is matig ongunstig, -- is zeer ongunstig. Doelstellingen: = is behoud, > is uitbreiding/verbetering (Ministerie LNV, 2018).

	Landelijke SVI	Doelst. oppervlak	Doelst. kwaliteit	Doelst. populaite
Habitattypen				
H1110A Permanent overstroomde zandbanken		=	=	
H1110B Permanent overstroomde zandbanken		=	=	
H1140A Slik- en zandplaten		=	=	
H1140B Slik- en zandplaten		=	=	
H1310A Zilte pionierbegroeiingen		=	=	
H1310B Zilte pionierbegroeiingen		=	=	
H1320 Slijkgrasvelden		=	=	
H1330A Schorren en zilte graslanden		=	=	
H2110 Embryonale duinen		=	=	
H2120 Witte duinen		=	=	
Habitatsoorten				
H1095 - Zeeprik	--	=	=	>
H1099 - Rivierprik	-	=	=	>
H1102 - Elft	--	=	=	>
H1103 - Fint	--	=	=	>
H1351 - Bruinvis	+	=	>	=
H1364 - Grijze zeehond	+	=	=	=
H1365 - Gewone zeehond	+	=	>	>
Niet-broedvogelsoorten				
A001 - Roodkeelduiker	-	=	=	behoud
A005 - Fuut	-	=	=	280
A007 - Kuifduiker	+	=	=	6
A017 - Aalscholver	+	=	=	480
A034 – Lepelaar	+	=	=	10
A043 – Grauwe Gans	+	=	=	70
A048 - Bergeend	+	=	=	360
A050 – Smient	+	=	=	380
A051 – Krakeend	+	=	=	90
A052 – Wintertaling	-	=	=	210
A054 – Pijlstaart	-	=	=	250
A056 – Slobeend	+	=	=	90

	Landelijke SVI	Doelst. oppervlak	Doelst. kwaliteit	Doelst. populaite
A062 - Toppereend	--	=	=	80
A063 - Eider	--	=	=	2.500
A065 - Zwarte zee-eend	-	=	=	9.700
A067 –Brilduiker	+	=	=	330
A069 – Middelste Zaagbek	+	=	=	120
A130 – Scholekster	--	=	=	2.500
A132 – Kluut	-	=	=	150
A137 – Bontbekplevier	+	=	=	70
A141 – Zilverplevier	+	=	=	210
A144 - Drieteenstrandloper	-	=	=	350
A149 - Bonte strandloper	+	=	=	620
A157 - Rosse grutto	+	=	=	190
A160 - Wulp	+	=	=	980
A162 – Tureluur	-	=	=	460
A169 - Steenloper	--	=	=	70
A177 - Dwergmeeuw	-	=	=	
A191 – Grote stern		=	=	n.v.t.
A193 – Visdief		=	=	n.v.t.

Bijlage

2. Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Noordzeekustzone

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Tabel B-2 Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Noordzeekustzone. Landelijke staat van instandhouding (SvI): + gunstig, - matig ongunstig, -- zeer ongunstig. Doelstellingen: = behoud, > uitbreiding/verbetering (Ministerie LNV, 2021).

Instandhoudingsdoelstellingen		SVI Landelijk	Doelst. Opp.vl.	Doelst. Kwal.	Doelst. Pop.	Draagkracht aantal vogels
Habitattypen						
H1110B	Permanent overstroomde zandbanken (Noordzee-kustzone)	-	=	>		
H1140B	Slik- en zandplaten (Noordzee-kustzone)	+	=	=		
H1310A	Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	-	=	=		
H1310B	Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	+	=	=		
H1330A	Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	-	=	=		
H2110	Embryonale duinen	+	=	=		
H2190B	Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	-	=	=		
Habitatsoorten						
H1095	Zeeprik	-	=	=	>	
H1099	Rivierprik	-	=	=	>	
H1103	Fint	--	=	=	>	
H1351	Bruinvis	+	=	>	=	
H1364	Grijze zeehond	+	=	=	=	
H1365	Gewone zeehond	+	=	=	=	
H1903	Groenknolorchis	--	=	=	=	
Broedvogels						
A137	Bontbekplevier	-	=	=	20	
A138	Strandplevier	--	>	>	30	
A195	Dwergstern	--	>	>	20	
Niet-broedvogels						
A001	Roodkeelduiker	-	=	=		behoud
A002	Parelduiker	?	=	=		behoud
A017	Aalscholver	+	=	=		1900
A048	Bergeend	+	=	=		520
A062	Toppereend	--	=	=		behoud
A063	Eider	--	=	=		26200

Instandhoudingsdoelstellingen		SVI Landelijk	Doelst. Opp.vl.	Doelst. Kwal.	Doelst. Pop.	Draagkracht aantal vogels
A065	Zwarte zee-eend	-	=	=		51900
A130	Scholekster	--	=	=		3300
A132	Kluut	-	=	=		120
A137	Bontbekplevier	+	=	=		510
A141	Zilverplevier	+	=	=		3200
A143	Kanoet	-	=	=		560
A144	Drieteenstrandloper	-	=	=		2000
A149	Bonte strandloper	+	=	=		7400
A157	Rosse grutto	+	=	=		1800
A160	Wulp	+	=	=		640
A169	Steenloper	--	=	=		160
A177	Dwergmeeuw	-	=	=		behoud

Bijlage

3. Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Klaverbank

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Instandhoudingsdoelstellingen		SVI Landelijk	Doelst. Opp.vl.	Doelst. Kwal.	Doelst. Pop.
Habitattypen					
H1170	Riffen	–	=	>	
Habitatrichtlijnsoorten					
H1351	Bruinvis	+	=	=	=
H1364	Grijze zeehond	+	=	=	=
H1365	Gewone zeehond	+	=	=	=

Tabel B-3 Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Klaverbank. Landelijke staat van instandhouding (SvI): + gunstig, -matig ongunstig, -- zeer ongunstig. Doelstellingen: = behoud, > uitbreiding/verbetering (Ministerie LNV, 2021).

Bijlage

4. Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Bruine Bank

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Instandhoudingsdoelstellingen		SVI Landelijk	Doelst. Opp.vl.	Doelst. Kwal.	Doelst. Pop.
Niet-broedvogels					
A016	Jan-van-gent	?	=	=	behoud
A175	Grote jager	?	=	=	behoud
A177	Dwergmeeuw	+	=	=	behoud
A187	Grote mantelmeeuw	+	=	=	behoud
A199	Zeekoet	?	=	=	behoud
A200	Alk	?	=	=	behoud

Tabel B-4 Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Bruine Bank. Landelijke staat van instandhouding (SvI): + gunstig, - matig ongunstig, -- zeer ongunstig. Doelstellingen: = behoud, > uitbreiding/verbetering (Ministerie LNV, 2021).

Bijlage

5. Onderwatergeluid

Zie MER-Bijlage 18. Onderwatergeluid - F1

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage

6. Scheepvaart- en helikopterbewegingen

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

	Type schip/ helikopter	Activiteit	Aantal schepen/ helikopters	Aantal bewegingen	Duur activiteit (in dagen)
Direct piping	Baggerschip	Baggerwerkzaamheden bij in en bij de Maasgeul	1	2	41,29
	Pijplegschip	Intrekken van zeeleiding door direct pipe casing	1	2	0,37
	Support vessel	Schoonmaken, intern inspecteren en testen van de leiding	1	2	5,58
Totaal	-	-	3	6	47
Microtunneling	Baggerschip	Baggerwerkzaamheden bij in en bij de Maasgeul	1	2	5,99
	Pijplegschip	Intrekken van zeeleiding door microtunnel	1	2	1,15
	Support vessel	Schoonmaken, intern inspecteren en testen van de leiding	1	2	6,84
Totaal	-	-	3	6	14
Aanleg zeeleiding	Support vessel	Controleren van de route door de aannemer vóór aanvang van alle constructie activiteiten	1	2	3,41

	Type schip/ helikopter	Activiteit	Aantal schepen/ helikopters	Aantal bewegingen	Duur activiteit (in dagen)
	Baggerschip	Zeebed correcties om de pijpleg route te verbeteren	1	2	14,49
	Pijplegschip	Intrekken van offshore zeeleiding	1	2	7
	Pijplegschip	Doorleggen van zeeleiding naar het eindpunt	1	2	50,69
	Pipe carrier	Bevoorrading pijplegschip	3	6	50,69
	Support vessel	Kruising met bestaande infrastructuur	1	2	11,97
	Transport barge + sleepboot	Speciaal transport voor toekomstige aansluitingen	2	2	3
	Support vessel	Volgschip voor veilige aanleg zeeleiding	1	2	50,17
	Support vessel	Schoonmaken, intern inspecteren en testen van de leiding	2	4	32,3
	Support vessel	Stenen storten	1	2	13,27
	Trencher	Begraven van de zeeleiding	1	2	71,72
	Survey schip	Laatste inspectie	1	2	3,41

Royal HaskoningDHV

	Type schip/ helikopter	Activiteit	Aantal schepen/ helikopters	Aantal bewegingen	Duur activiteit (in dagen)
Totaal	-	-	15	30	312
Werkzaamheden platform K14-FA (Shell)	Work to work vessel	Varen van en naar het platform	1	80	N.A.
	Diving support vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2	10
	Supply support vessel	Varen van en naar het platform	1	10	N.A.
	Standby/survey vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2	25
	Heavy lifting vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2	17
	Transport barge + Tug	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	19	12
	Pipelaying vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2	8
	Trenching + rockdump vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2	7
	Helikopter	Beweging van en naar het platform	1	50	N.A.
Totaal	-	-	9	169	N.A.
Werkzaamheden putten K14-FA (Shell)	Mobilisatie/ Demobilisatie	Varen van en naar het platform	1	12	N.A.
	Drilling supply vessel	Varen van en naar het platform	1	229	N.A.
	Standby vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2	400
	Drilling with Jackup	Werkzaamheden bij het platform	1	2	400

Royal HaskoningDHV

	Type schip/ helikopter	Activiteit	Aantal schepen/ helikopters	Aantal bewegingen	Duur activiteit (in dagen)
Totaal	-	-	4	245	400
Werkzaamheden platform L10-R (Neptune)	Work to work vessel	Varen van en naar het platform	1	4	N.A.
	Diving support vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2	8
	Heavy lifting vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2	9
	Pipelaying vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2	7
Totaal	-	-	4	10	N.A.
Werkzaamheden putten L10-R (Neptune)	Mobilisatie/ Demobilisatie	Varen van en naar het platform	1	2	N.A.
	Drilling supply vessel	Varen van en naar het platform	1	276	N.A.
	Standby vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2	420
	Drilling with Jackup	Werkzaamheden bij het platform	1	2	420
	Helikopter	Beweging van en naar het platform	1	300	N.A.
Totaal	-	-	5	582	420
Werkzaamheden platform L4-A (Total Energies)	Heavy lifting vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2	N.A.
	Supply vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	114	N.A.
	Standby vessel	Varen van en naar het platform	1	2	132

	Type schip/ helikopter	Activiteit	Aantal schepen/ helikopters	Aantal bewegingen	Duur activiteit (in dagen)
	Diving support vessel	Varen van en naar het platform	1	2	14
	Work to work vessel (crew change)	Varen van en naar het platform	1	60	N.A.
	Pipelaying vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2	15
	Support vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2	7
	Rockdump vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2	1
	DSV (metrology centrale eindpunt + L4-A)	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2	14
	Helikopter	Beweging van en naar het platform	1	76	N.A.
Totaal	-	-	9	264	132
Werkzaamheden putten L4-A (Total Energies)	Mobilisatie/ Demobilisatie	Varen van en naar het platform	1	2	N.A.
	Drilling supply vessel	Varen van en naar het platform	1	816	N.A.
	Drilling with Jackup	Werkzaamheden bij het platform	1	2	408
	Helikopter	Beweging van en naar het platform	1	234	N.A.
Totaal	-	-	4	1.054	408
Gebruiksfase – Total Energies	Walk to walk vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	144 (per jaar)	-
	Standby vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2 (per jaar)	-

Royal HaskoningDHV

	Type schip/ helikopter	Activiteit	Aantal schepen/ helikopters	Aantal bewegingen	Duur activiteit (in dagen)
	Mobilisatie/ Demobilisatie	Varen van en naar het platform	1	5 (per jaar)	-
	Supply vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	3 (per jaar)	-
	WS barge	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	4 (per jaar)	-
Totaal	-	-	5	158 (per jaar)	-
Gebruiksfase - Neptune	Walk to walk vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	48 (per jaar)	-
	Standby vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2 (per jaar)	-
	Mobilisatie/ Demobilisatie	Varen van en naar het platform	1	5 (per jaar)	-
	Supply vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	3 (per jaar)	-
	WS barge	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	4 (per jaar)	-
Totaal	-	-	5	62 (per jaar)	-
Gebruiksfase - Shell	Walk to walk vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	91 (per jaar)	-
	Standby vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	2 (per jaar)	-
	Mobilisatie/ Demobilisatie	Varen van en naar het platform	1	5 (per jaar)	-
	Supply vessel	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	3 (per jaar)	-

	Type schip/ helikopter	Activiteit	Aantal schepen/ helikopters	Aantal bewegingen	Duur activiteit (in dagen)
	WS barge	Varen van en naar het platform / Werkzaamheden bij het platform	1	4 (per jaar)	-
Totaal	-	-	5	105 (per jaar)	-

Bijlage

7. Passende beoordeling Natura 2000-gebieden op land

Zie MER-Bijlage 7. Passende beoordeling Aramis - stikstofdepositie – F2

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together



Royal HaskoningDHV is een onafhankelijk internationaal advies- en ingenieursbureau. We combineren 140 jaar engineering- en ontwerpexpertise met consultancy, software en technology diensten. We leveren hiermee toegevoegde waarde voor klanten en hebben een positieve impact op mensen en onze leefomgeving. Dat is onze drijfveer: Enhancing Society Together. Daar hoort bij dat we onszelf en anderen voortdurend uitdagen om bij te dragen aan duurzame oplossingen voor lokale en wereldwijde vraagstukken in de gebouwde omgeving en de industrie.

In onze snel veranderende wereld wordt de agenda bepaalt door onder meer klimaatverandering, de digitale transformatie, een veranderende consumentenvraag en hybride werken. Met onze geïntegreerde duurzame oplossingen willen we bijdragen aan het bredere technologische en maatschappelijke plaatje.

Gesteund door de kennis en ervaring van meer dan 6.000 collega's werken we vanuit kantoren in meer dan 20 landen. We ondersteunen klanten om de transitie te maken naar een slimme en duurzame organisatie. We koppelen onze engineering- en ontwerpexpertise aan onze software- en technologische diensten om toegevoegde waarde te leveren voor onze klanten en de lifecycle van hun assets.

We zijn oprecht, handelen integer en transparant in al onze activiteiten, ook onze bedrijfsvoering Ons team is divers en inclusief. De veiligheid en het welzijn van mensen, in ons team en daarbuiten, staat onder alle omstandigheden voorop.

In projecten en initiatieven werken we actief samen met overheden en het bedrijfsleven, partners en stakeholders. We zien een belangrijke rol voor onszelf in innovatieve duurzame ontwikkeling en willen bijdragen aan een betere leefomgeving, nu en in de toekomst.

Ons hoofkantoor is gevestigd in Nederland en we hebben kantoren in Europa, Azie, Afrika, Australie en Amerika.

royalhaskoningdhv.com

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

RAPPORT

Onderwatergeluid

MER Aramis CO2 transportinfrastructuur

Klant: Aramis

Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2008

Status: Definitief/01

Datum: 9 februari 2024

ARAMIS	**CCS-ARAMIS Project**
	Environment Impact Assessment – Baseline report
	Document No. ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2008 Document title Underwater noise report Revision Final 4.0

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB Nijmegen
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Onderwatergeluid

Sub titel: MER Aramis CO2 transportinfrastructuur
Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2008
Status: 01/Definitief
Datum: 9 februari 2024
Projectnaam: MER Aramis
Projectnummer: BH8744

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderzins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

Afkortingenlijst iv

1 Inleiding 1

1.1 Korte introductie van het Aramis initiatief 1

1.2 Korte introductie op het milieuthema onderwatergeluid 3

1.2.1 Onderwatergeluid 3

1.2.2 Relevante fases 3

1.2.3 Relevante milieuaspecten 3

1.3 Opbouw van het MER en dit deelrapport 4

2 Beleid, wet- en regelgeving 6

3 Inleiding onderwatergeluid 7

4 Onderwatergeluid in de bouwfase 9

4.1 Inzet pijplegschip en werkzaamheden aan de zeebodem (B1) 9

4.1.1 Inzet pijplegschip 9

4.2 Heiwerk ten behoeve van het centrale eindpunt (B2) 11

4.3 Heavy lift schip (B3) 11

4.4 Ontmanteling van installaties/ platforms (B4) 12

4.5 Helikoptergeluid (B5) 12

4.6 Realiseren fundering op land (B6) 12

4.7 Jetties en damwanden in de haven (B7) 13

4.8 (Hei- en boor-)werkzaamheden aan en vanaf de platforms (B8) 15

4.8.1 Machinegeluid en wegboren plug 15

4.8.2 Realiseren van verankeringspalen voor nieuwe platforms 16

4.8.3 Installatie conductorpijpen 18

4.9 Boring ten behoeve van aanlanding buisleiding (B9) 19

5 Onderwatergeluid in de gebruiksfase 20

5.1 Varende en lossende schepen in de haven en bij de platforms (G1) 20

5.2 Risers (G2) 21

6 Seismisch onderzoek 23

6.1 Inleiding 23

6.2 Uitvoering 3D seismisch onderzoek 25

6.3 Normering 25

6.4 Onderzoek N4 26

6.5 Onderzoek N05 27

6.6 Onderzoek UK, Whitby 27
6.7 Bevindingen 29

7 Milieueffecten tijdens onvoorziene situaties 30

8 Samenvatting 31

Bijlagen

1. NOAA Fisheries Acoustic Thresholds
2. Jetties (B7a)
3. Jetties (B7b)
4. Geluidreducerende maatregelen bij heiwerk verankeringspalen centrale eindpunt en nieuwe platforms (B2, B8)

Afkortingenlijst

CCS	:	Carbon Capture and Storage
CO_2	:	Koolstofdioxide
HF	:	High-Frequency cetaceans
KEC	:	Kader Ecologie en Cumulatie
LBBR	:	LNG Break Bulk terminal Rotterdam
LF	:	Low-Frequency cetaceans
LNG	:	Liquefied Natural Gas
MER	:	Milieueffectrapport
MF	:	Mid-Frequency cetaceans
NCP	:	Nederlands Continentaal Plat
NMFS	:	National Marine Fisheries Service
NOAA	:	National Oceanic and Atmospheric Administration
OW	:	Otariid pinnipeds in water
PTS	:	Permanent Threshold Shift
PW	:	Phocid Pinnipeds in water
RMS	:	Root Mean Square of effectieve waarde van een signaal
ROAD	:	Rotterdam Opslag en Afvang Demonstratieproject
SEL1	:	Single Strike Sound Exposure Level ook afgekort met SEL_{SS}
SEL	:	Sound Exposure Level of geluiddosis
SPL	:	Sound Pressure Level of geluiddrukniveau
TTS	:	Temporary Threshold Shift

1 Inleiding

Voor u ligt het detailrapport over onderwatergeluid, onderdeel van het bij het MER voor het Aramis initiatief

Dit detailrapport heeft betrekking op het milieuthema onderwatergeluid. De eigenschappen van het onderwatergeluid zoals de bron, het niveau van geluid met geluidfrequentie, de duur van geluidproductie en jaargetijden zijn bepalend voor de mogelijke effecten. De effecten worden beoordeeld onder het thema natuur en gerapporteerd in de natuurtoets Passende beoordeling.

Dit detailrapport bevat een gedetailleerde beschrijving en beoordeling van de effecten van alle onderdelen van het Aramis initiatief, en een globale beschrijving en beoordeling van de effecten van onderdelen die niet tot het Aramis initiatief behoren, maar wel tot de CCS-keten.

1.1 Korte introductie van het Aramis initiatief

Integrale Aramis CCS-keten

Om de klimaatdoelstellingen te behalen, is er behoefte aan additionele transportinfrastructuur voor CO_2, waarmee meerdere opslaglocaties op zee worden ontsloten voor verschillende industriële emissiebronnen. Het Aramis initiatief speelt in op die behoefte door een nieuwe integrale en open CCS-keten mogelijk te maken. Het Aramis initiatief vormt een onderdeel van deze CCS-keten en bestaat uit de aanleg en exploitatie van een open CO_2-transportinfrastructuur. Het Aramis initiatief wordt in de rapportage dan ook wel aangeduid als Aramis CO_2-transportinfrastructuur. Samen met de afvanginfrastructuur en opslaginfrastructuur vormt dit de integrale CCS keten met onderstaande samenhangende onderdelen (zie figuur 1-1).

CO_2-afvanginfrastructuur

1 CO_2-afvang bij industrie, en geschikt maken voor transport;

2 CO_2-transport naar het verzamelpunt op de Maasvlakte, middels de Porthos landleiding of per schip;

CO_2-transportinfrastructuur (Aramis initiatief)

3 CO_2-verzamelpunt op de Maasvlakte met een compressorstation en een terminal.

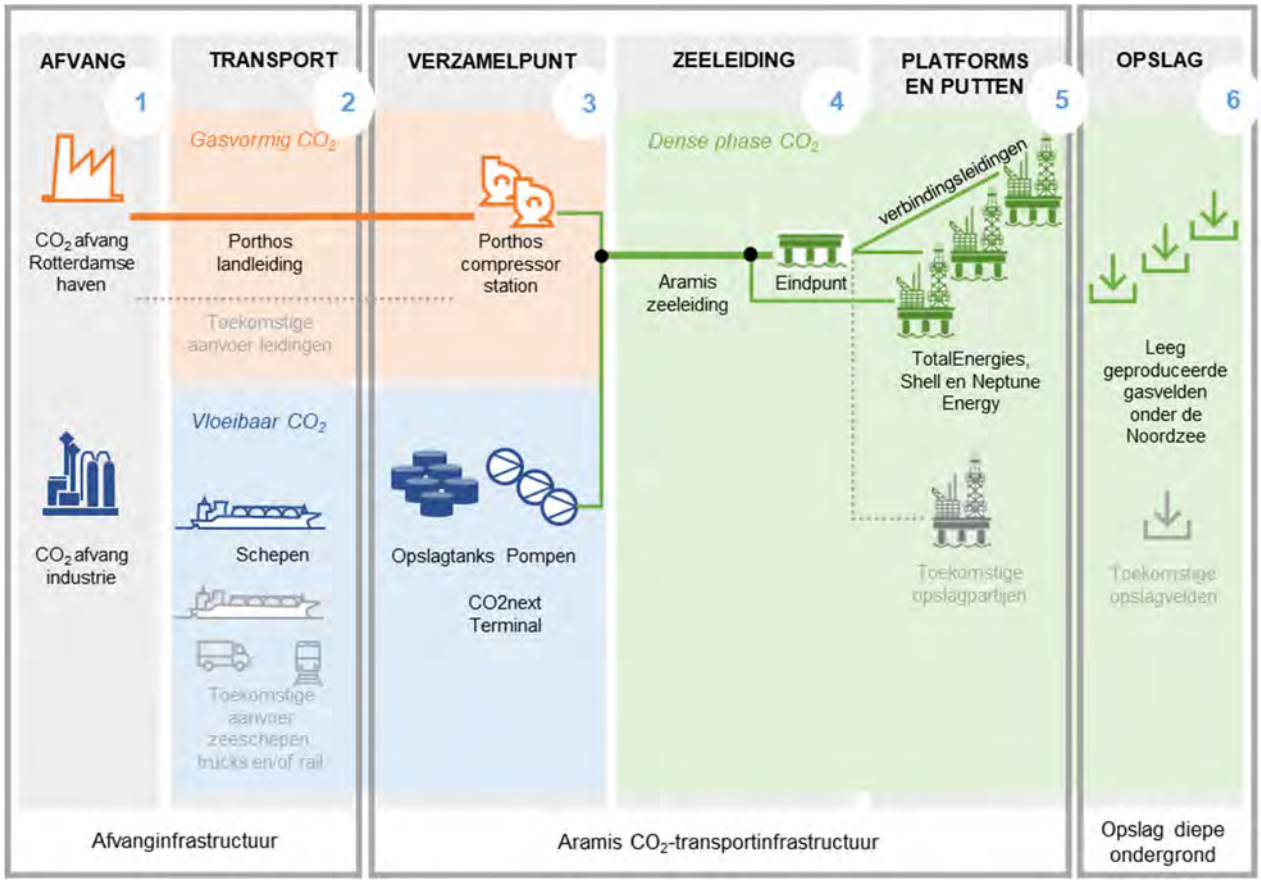
- Het compressorstation ontvangt gasvormig CO_2 dat aangevoerd wordt per landleiding (via de Porthos-landleiding) en brengt het op druk voor het transport per zeeleiding;
- De terminal ontvangt vloeibaar CO_2 aangevoerd per schip. De terminal locatie bevat steigers, opslagtanks voor tijdelijke opslag van CO_2 en hogedrukpompen voor levering aan de zeeleiding. CO_2 uit het compressorstation en vanaf de terminal komen samen in de CO_2-zeeleiding;

4 CO_2-transport door de centrale CO_2-zeeleiding naar het distributieplatform op de Noordzee. Dit platform is uitgerust met een verdeelstation voor toevoer van CO_2 naar de verschillende platforms. Er zijn tevens connectiepunten in de zeeleiding waar vandaan CO_2 aan platforms geleverd kan worden;

5 CO_2-injectie: via verbindingsleidingen komt de CO_2 vanaf de zeeleiding bij injectieplatform. Middels putten bij deze platforms wordt CO_2 geïnjecteerd in leeg geproduceerde gasvelden in de diepe ondergrond van de Noordzee.

CO_2-opslag diepe ondergrond

6 CO_2-opslag: permanente CO_2 opslag in de diepe ondergrond.



Figuur 1-1: Overzicht van de integrale CCS-keten met daarin de componenten die onderdeel zijn van de voorgenomen activiteit, namelijk: transport per schip, terminal CO2next, uitbreiding compressorstation Porthos, zeeleiding met eindpunt en connectiepunten, aansluitleidingen en platforms

Het Aramis initiatief

Het Aramis initiatief heeft als doel het verzamelpunt (onderdeel 3), de zeeleiding (onderdeel 4) en de injectie (onderdeel 5) te realiseren. Hiervoor wordt door het Aramis consortium (bestaande uit Shell, TotalEnergies, Gasunie en EBN) samengewerkt met CO2next (voor de terminal) en Porthos (voor het compressorstation). De opslag vindt plaats vanaf de platforms van Shell, TotalEnergies en Neptune Energy.

De afvang (onderdeel 1) en transport van CO_2 naar het verzamelpunt (onderdeel 2) vallen buiten het Aramis initiatief[1]. In het MER worden deze aspecten wel benoemd en op hoofdlijnen beschreven, omdat ze integraal onderdeel uitmaken van de integrale Aramis CCS keten.

De opslag in de diepe ondergrond (onderdeel 6) valt eveneens buiten het initiatief. Voor de diepe ondergrond gelden geen milieuregels. De mogelijke gevolgen van opslag in de diepe ondergrond wordt echter wel apart beschreven in het MER middels de deelrapporten opslag diepe ondergrond.

Bij de aanleg van Aramis wordt rekening gehouden met toekomstige uitbreiding met meer leveranciers van CO_2 en meer opslagpartijen. In eerste instantie wordt vergunning aangevraagd voor een startsituatie en de eerste uitbreidingssituatie. Dit wordt in het MER getoetst. Toekomstige initiatieven *na* de eerste

[1] *Een deel van de schepen die CO_2 leveren aan de terminal is afkomstig van Aramis-initiatiefnemers.*

uitbreidingssituatie behoren niet tot de vergunningaanvraag maar worden in het MER wel (globaal) beschreven.

De ingebruikname verwachten de Aramis initiatiefnemers in 2028, waarbij tegelijk al de eerste activiteiten zoals beschreven in de eerste uitbreidingsituatie kunnen starten. Voor het bereiken van de maximale doorvoercapaciteit is enkele jaren later als uitgangspunt in het MER aangehouden.

Een uitgebreide beschrijving van het Aramis initiatief is opgenomen in het deelrapport technische beschrijving en het samenvattend hoofdrapport MER (zie figuur 1-2).

1.2 Korte introductie op het milieuthema onderwatergeluid

1.2.1 Onderwatergeluid

Effecten van onderwatergeluid treden op als gevolg van activiteiten in wateromgevingen tijdens de aanleg van de terminal, compressorstations, platforms en de transportleiding op zee. Deze effecten kunnen ook optreden tijdens de gebruiksfase of bij calamiteiten. Beoordelingen van het onderwatergeluidseffect zijn uitgevoerd via een bureauonderzoek, waarbij gebruik is gemaakt van bestaande informatie.

1.2.2 Relevante fases

Het MER bestudeert die aspecten van een activiteit die de fysieke leefomgeving kunnen beïnvloeden. De milieueffecten van de alternatieven en varianten voor het milieuthema onderwatergeluid worden beschreven. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de aanlegfase en gebruiksfase, en worden de mogelijke effecten van een incident beschreven, namelijk:

- De aanlegfase bestaat uit de aanleg van de terminal, het aanpassen van het compressorstation en plaatsen van de buisleiding op land en op zee en aanpassing en/of installatie van platforms en boorputten.
- De gebruiksfase bestaat uit de start-up en shutdown van de buisleiding waarbij de druk en temperatuur van CO_2 in de buisleiding zal toenemen en afnemen. Gedurende de normale gebruiksfase wordt een constante druk en temperatuur aangenomen.

In hoofdstuk 3 is nader gespecificeerd welke geluidbronnen onderwater van belang zijn in de bouwfase, de gebruiksfase en in onvoorziene situaties oftewel calamiteiten.

In de eerste fase van de m.e.r.-procedure voor het Aramis initiatief is afgebakend welke onderwerpen binnen dit thema relevant zijn om te onderzoeken en hoe. Dit is beschreven in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau die 18 november 2022 definitief is vastgesteld door de Minister voor Klimaat en Energie.

1.2.3 Relevante milieuaspecten

De geluiduitstraling onderwater veroorzaakt effecten op het marine ecosysteem. De studie naar onderwatergeluid is input voor de effectbepaling bij het thema natuur. De geluiduitstraling wordt bepaald aan de hand van hinderafstanden voor het in te zetten materieel. In de studie naar onderwatergeluid wordt betrokken:

- Effecten van onderwatergeluid door bouwwerkzaamheden bij het compressorstation, de terminal, de pijpleiding en de platforms;
- Geluidemissies van materieel en activiteiten tijdens de ontmanteling van installaties en platforms;
- Geluidemissies van schepen, zowel van vaarbewegingen als van aangemeerde schepen. Naast varende schepen veroorzaken aangemeerde schepen met inwerking zijnde generatoren eveneens geluid onderwater. Vaarbewegingen met een relatief lage intensiteit op zee komen niet aan bod. Dit

in tegenstelling tot een hoge vaarintensiteit in de haven in de omgeving van de terminal en langdurig verblijf van een schip in een beperkt gebied op zee met relevantie voor onderwatergeluid. Onderzochte activiteiten in het kader van een langdurig verblijf bestaan uit de inzet van een pijplegschip en seismisch onderzoek;

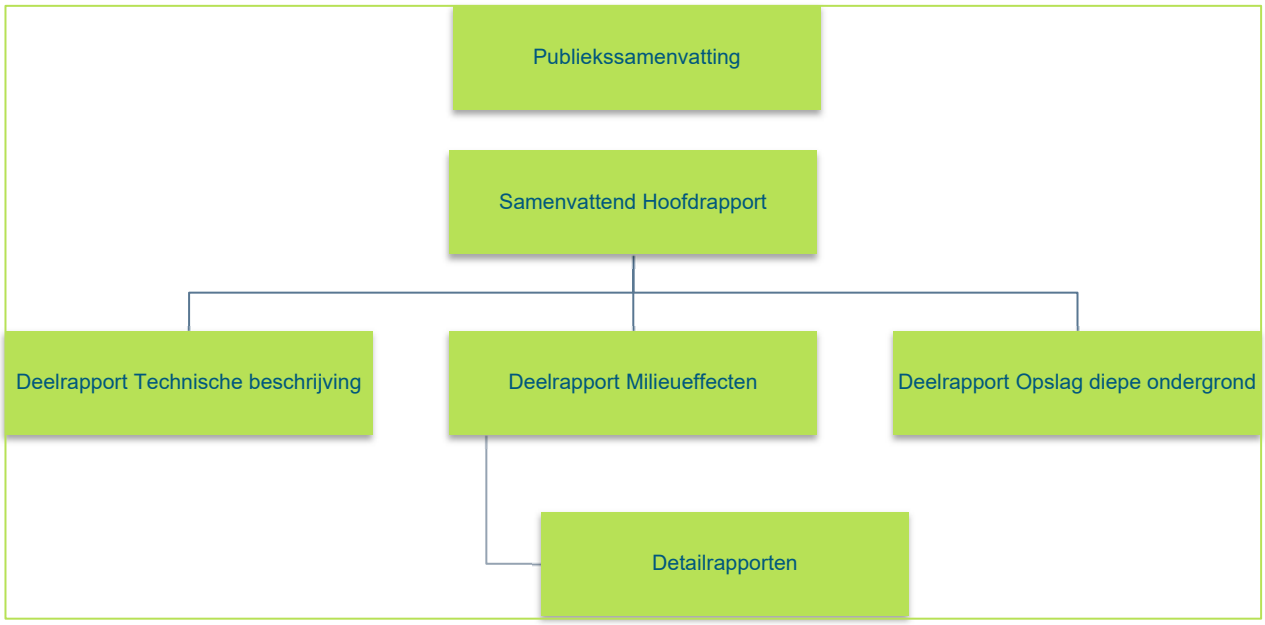
- Geluid tijdens bijzondere situaties bij transport.

Voor onderwatergeluid is vooral het effect op mariene ecologie van belang. De geluidbronnen, het niveau van geluid met geluidfrequentie, de duur van geluidproductie en jaargetijden zijn bepalend voor de mogelijke effecten. Dit detailrapport beschrijft de milieueffecten van de milieuaspecten.

1.3 Opbouw van het MER en dit deelrapport

Voor het Aramis initiatief is een gecombineerd Plan-/ProjectMER opgesteld. Figuur 1-2 geeft de rapportagestructuur van het MER Aramis. Het MER bestaat uit een Samenvattend Hoofdrapport, voorzien van een Publiekssamenvatting. Ter onderbouwing van het Samenvattend Hoofdrapport zijn deelrapporten opgesteld. Dit betreft het deelrapport Technische beschrijving van Aramis, het deelrapport Milieueffecten met daarbij de onderliggende technische detailstudies en de deelrapporten Opslag diepe ondergrond. Doordat CO_2 in meerdere geologische voorkomens wordt opgeslagen, zijn er voor de opslag diepe ondergrond meerdere deelrapporten opgesteld.

Het voorliggende rapport is het detailrapport Onderwatergeluid. De bevindingen uit dit detailrapport zijn opgenomen in het Deelrapport Milieueffecten, en op hoofdlijnen in het Samenvattend Hoofdrapport.



Figuur 1-2: Overzicht rapportagestructuur MER Aramis

Opbouw van dit detailrapport

In dit ondersteunende deelrapport wordt in hoofdstuk 3 een overzicht gegeven van de relevante werkzaamheden en activiteiten die plaatsvinden binnen het kader van het onderwatergeluids-thema, en hoe deze worden beoordeeld. De daaropvolgende hoofdstukken, 4 en 5, belichten respectievelijk het onderwatergeluid tijdens de bouwfase en de gebruiksfase in detail. Hoofdstuk 6 presenteert een beschrijving van het seismisch onderzoek, terwijl hoofdstuk 7 de milieueffecten in onvoorziene situaties behandelt. Uiteindelijk biedt hoofdstuk 8 een samenvatting van de bevindingen en inzichten rondom het thema onderwatergeluid.

2 Beleid, wet- en regelgeving

Geluidnorm heiwerk Noordzee
De standaard voor activiteiten die samenhangen met het Noordzeeakkoord betreft momenteel een geluidnorm onderwater van 164 dB re 1 μPa^2s op 750 meter van een heilocatie. Deze norm behoort bij het ontwerpkavelbesluit IJmuiden Ver en betreft de bouw van windturbineparken en niet de bijbehorende Net Op Zee platforms. De voornoemde norm vervangt de geluidnorm van 168 dB re 1 μPa^2s op 750 meter van de heilocatie.

Met de gekozen strengere geluidsnorm van 164 dB re 1 μPa^2s is een balans gezocht tussen enerzijds het beperken van de toename van het aantal bruinvisverstoringsdagen en anderzijds het rekening houden met de uitvoerbaarheid van de aanlegwerkzaamheden. Hiermee blijft er onverminderd een prikkel bestaan om te investeren in onderzoek naar en ontwikkeling van geluidsarmere funderingstechnieken, terwijl negatieve effecten op de staat van instandhouding van de bruinvis kunnen worden uitgesloten. Voor nadere informatie over de normering zie het ‘Ontwerpkavelbesluit kavel Alpha windenergiegebied IJmuiden Ver’, paragraaf 7.3.3 Bruinvis.

3 Inleiding onderwatergeluid

De onderwerpen genoemd in de introductie op het milieuthema onderwatergeluid komen aan bod tijdens de bouwfase en/of de gebruiksfase of samenhangend met een onvoorziene situatie.

Ten aanzien van de bouwfase (ook aangeduid als ‘B’) bestaan de te onderzoeken aspecten uit:

B1 Onderwatergeluid door de inzet van het pijplegschip en werkzaamheden aan de zeebodem;

B2 Heiwerk ten behoeve van het centrale eindpunt;

B3 Plaatsen van jacket en topside van het centrale eindpunt en andere platforms met heavy lift schip;

B4 Onderwatergeluid door de ontmanteling van installaties en platforms;

B5 De inzet van helikopters.

B6 Onderwatergeluid door activiteiten op land, zoals het realiseren van de fundering van het compressorstation en de terminal opslagtanks;

B7 Jetties, het met een heihamer realiseren van de fundering van de aanlegsteigers;

B8 (Hei- en boor-)werkzaamheden aan en vanaf de platforms;

B9 Boring ten behoeve van aanlanding buisleiding.

De te onderzoeken aspecten in de gebruiksfase (ook aangeduid als ‘G’) bestaan uit:

G1 Varende en lossende schepen in de haven en bij de platforms;

G2 Risers.

Een aspect dat in de bouwfase en tevens in de gebruiksfase speelt is:
BG1 Seismisch onderzoek (ondiep en diep).

De onvoorziene situatie betreft ten slotte een defect aan de pijpleiding en/of riser.

In het MER worden drie ruimtelijke alternatieven onderzocht, die betrekking hebben op de locatie van de terminal, de route van de zeeleiding en de kruising met de Maasgeul. Slechts de route van de zeeleiding kan een effect hebben op de mariene ecologie, de effecten van de verschillende routes zijn beschreven in de natuurtoets. De alternatieven hebben geen invloed op de berekende geluidniveaus dan wel de berekende veilige afstanden vanuit de werkzaamheden en bedrijfssituaties.

Door RHDHV zijn meerdere berekeningen uitgevoerd om inzicht te verkrijgen in de te verwachten verstoringseffecten voor vissen, bruinvissen en zeehonden. Hierbij is rekening gehouden met de waterdiepte, de uitbreiding en de frequentie van geluid. De overige omgevingsparameters, zoals bodem en wateroppervlak waar geluid wordt verstrooid en geabsorbeerd, zijn niet in onze berekeningen betrokken omdat hiervoor geen gevalideerde rekenprogrammatuur beschikbaar is. De rekenresultaten, bijvoorbeeld in de vorm van afstanden, zijn door het ontbreken van absorptie tot eerder een overschatting van de effecten. Zo zijn afstanden tot enkele kilometers voldoende nauwkeurig te berekenen, bij grote afstanden vanaf meerdere kilometers bestaat de kans dat de afstand significant (met factor 1,5 tot 2) wordt overschat. In de voorliggende rapportage wordt diverse malen verwezen naar door TNO uitgevoerde berekeningen. Hierin zijn meer variabelen verwerkt wat de nauwkeurigheid ten goede komt. De rekenresultaten van TNO hebben betrekking op andere projecten dan Aramis en worden indien nodig door RHDHV gecorrigeerd indien het schaalniveau van Aramis afwijkt.

Om de verwachte hoeveelheden onderwatergeluid in verband te brengen met de invloed ervan op de zeedieren, wordt uitgegaan van het begrip PTS (permanent threshold shift) oftewel gehoorschade door een permanente verhoging van de gehoordrempel. Naast PTS komt gedragsbeïnvloeding aan bod, bijvoorbeeld het mijden van een bepaald gebied waardoor eventueel minder mogelijkheden bestaan om te foerageren.

4 Onderwatergeluid in de bouwfase

De in de inleiding vermelde onderwerpen zijn onderstaand uitgewerkt, het gaat dan om 9 situaties (B1 t/m B9).

4.1 Inzet pijplegschip en werkzaamheden aan de zeebodem (B1)

4.1.1 Inzet pijplegschip

Bij de aanleg van de buisleidingen bestaande uit de hoofdleiding en de vertakkingen wordt een zogenoemd pijplegschip ingezet. Van het pijplegschip de 'Solitaire' zijn geluidgegevens voorhanden. We ontlenen de voornoemde gegevens aan het onderzoek dat door TNO is uitgevoerd in opdracht van RoyalHaskoningDHV met referentie TNO-MEM-2011-00473 'Onderwatergeluid bij de aanleg en het in bedrijf zijn van de CO_2 opslag in het kader van het ROAD project' d.d. 5 april 2011. Een pijplegschip produceert vooral onderwatergeluid in het frequentiebereik van 125 Hz tot 1 kHz. Ten behoeve van het dynamic positioning system beschikt de Solitaire over thrusters met een totaal vermogen van ca. 50 MW. Thrusters zijn schroeven die zich in een behuizing onder het schip bevinden, de behuizing kan 360 graden roteren. De Solitaire produceert onderwatergeluid en heeft een door TNO geschat bronniveau van 188 dB re 1 μPa^2m^2. Op 100 meter afstand en bij een waterdiepte van 25 meter leidt dit bronniveau van 188 dB re 1 μPa^2m^2 tot een geluiddrukniveau (SPL) van 154 dB re 1 µPa. Het bijbehorende sound exposure level over 24 uren op 100 meter afstand is hiermee 203 dB re 1 μPa^2s.

Aramis maakt gebruik van de schepen Subsea 7 Borealis, de Allseas Lorelay of een vergelijkbaar pijplegschip. De pijplegschepen hebben een maximaal geïnstalleerd vermogen van 35 MW en maken gebruik van een positioneringssysteem DP2 of DP3. In verband met bedrijfszekerheid en veiligheid mag bij DP2 en DP3 slechts 50% van het vermogen tijdens de gangbare werking worden benut. Een voor Aramis representatief in werking zijnde pijplegschip heeft daarmee een vermogen van 18 MW, dat betekent een geluiddrukniveau (SPL) van maximaal 149,5 dB re 1 µPa. Gelet daarop achten we een geluiddrukniveau (SPL) van 149,5 dB re 1 µPa representatief voor alle typen mogelijk in te zetten pijplegschepen en andere grote multipurpose constructie schepen. De laatstgenoemde schepen houden zich plaatselijk bezig met bijbehorend installatiewerk (bij kruisingen of platforms) en duikactiviteiten. Zie de navolgende afbeelding voor het pijplegschip, de Subsea 7 Borealis, met een lengte van 182 meter.



We merken ten slotte op dat een pijplegschip kan worden ondersteund door één of incidenteel enkele schepen in verband met monitoring en de aanvoer van materialen. Akoestisch bezien zijn de ondersteunende schepen door de relatief beperkte motorvermogens niet relevant.

Gehoorschade bij vissen en zeezoogdieren in de vorm van een verhoging van de gehoordrempel kan tijdelijk of permanent zijn. Een tijdelijke verhoging wordt aangeduid als TTS (*temporary threshold shift*) en een permanente verhoging als PTS (*permanent threshold shift*). De veilige afstand en veilige verblijfstijd voor vissen en zeezoogdieren zijn berekend voor het pijplegschip. De drempels 'PTS SEL' betreffen ongewogen waarden.

Toepassing M-weging

In de veilige afstand en de veilige verblijfstijd is bij bruinvissen en zeehonden een (M-)weging toegepast. De M-weging, volgens Southall et al. (2007) 'Marine mammal noise exposure criteria', zorgt dat in berekeningen het feit wordt meegewogen dat elk dier een specifiek gehoor heeft en dus niet voor alle frequenties even gevoelig is. De gehanteerde drempels zijn afkomstig van:

- NOAA's National Marine Fisheries Service (NMFS), '2018 Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0) - Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts', zie bijlage 1;
- Voor vissen geldt in het kader van gedragsverandering (het mijden van een gebied) een geluiddrukniveau van 150 dB re 1 µPa (effectieve waarde). De bron hiervoor is Stadler en Woodbury (2009);
- Voor vissen hanteren we als drempel voor PTS (*permanent threshold shift*), oftewel gehoorschade door een permanente gehoordrempelverhoging, de waarde van 207 dB re 1 μPa^2s, zie tabel 4-1.

Tabel 4-1. Drempelwaarden TTS en PTS voor vissen

Species	Acoustic range	TTS	PTS
Fish*			
General [1],[2],[3]	30-1000 Hz	187 dB 1 re µPa2s	207 dB 1 re µPa2s
* The PTS is assumed to be 20 dB higher than TTS 15			

1 Weir CR, Dolman SJ (2007) Comparative review of the regional marine mammal mitigation guidelines implemented during industrial seismic surveys, and guidance towards a worldwide standard. J Int Wildl Law Policy 10:1-27

2 DeRuiter SL (2010) Marine animal acoustics. In: Lurton X (ed) An introduction to underwater acoustics: principles and applications (2nd edn). Praxis Publishing, Chichester, p 425-474

3 Oestman, R., Buehler, D., Reyff, J. A., & Rodkin, R. (2009). Technical Guidance for Assessment and Mitigation of the Hydroacoustic Effects of Pile Driving on Fish. Prepared for California Department of Transportation.

De berekende veilige afstanden en verblijfstijden zijn in de tabellen 4-2 en 4-3 vermeld. De drempels PTS SEL in tabel 4-2 betreffen ongewogen waarden. In de veilige verblijfstijd en alle afstanden in de tabellen 4-2 en 4-3 is bij bruinvissen en zeehonden de hiervoor reeds aangehaalde M-weging verwerkt. Het verschil in de eigenschappen tussen de bruinvis en zeehond (uitgedrukt in de weegfactoren) is significant, als gevolg daarvan treedt bijvoorbeeld in tabel 4-3 bij een identieke drempel een groot verschil in mijdingsafstand op.

Tabel 4-2. Afstand en verblijftijd samenhangend met PTS vanwege een pijplegschip, representatieve situatie

Bron van onderwater geluid	PTS gerelateerd					
	Diersoort	Drempel PTS SEL in dB re 1 μPa^2s	SEL op 100m 1 μPa^2s (24u)	Veilige afstand in m bij verblijf van 24 uur	Veilige afstand in m bij verblijf van 3 uur	Veilige verblijf-tijd op 100m afstand in uren
Pijpen leggen	Bruinvis	173	199	7	1	(>) 24
	Grote vis	207	199	16	2	(>) 24
	Kleine vis	207	199	16	2	(>) 24
	Zeehond	201	199	16	2	(>) 24

Tabel 4-3. Afstand samenhangend met mijding vanwege een pijplegschip, representatieve situatie

Bron van onderwater geluid	**Mijding gerelateerd**				
	Diersoort	**Drempel mijding SPL in dB re 1 µPa**	**Drempel mijding* SPL in dB re 1 µPa verhoogde achtergrond**	**Mijding op afstand in m**	**Mijding op afstand in m mits verhoogde achtergrond**
Pijpen leggen	Bruinvis	120	130	16	2
	Grote vis	150	n.v.t.	89	n.v.t.
	Kleine vis	150	n.v.t.	89	n.v.t.
	Zeehond	120	130	22909	2291

*NOAA stelt dat de drempel van 120 dB mag worden verhoogd bij achtergrondgeluidniveaus ≥ 120 dB re 1 µPa

4.2 Heiwerk ten behoeve van het centrale eindpunt (B2)

De jacket van het centrale eindpunt wordt aan de zeebodem verankerd. Hiervoor worden stalen buispalen gebruikt met een diameter van 78 inch (ca. 2 meter). De diameter en lengte van deze palen komen globaal overeen met de verankeringspalen voor de nieuwe platforms en lijken sterk op de palen van het ONE-Dyas gasboringsproject dat wordt beschreven in paragraaf 4.8.2. We veronderstellen dat de slagenergie, als relevante factor voor de representatieve geluidafstraling, ook maximaal 1000 kJ is. Gezien de voornoemde analogie verwijzen we voor de berekende geluiddosis SEL_{SS} en de verstoringsoppervlakte naar paragraaf 4.8.2. In deze fase voorafgaand aan de FEED zijn de specifieke geotechnische waarden van de ondiepe ondergrond nog niet bekend. De aannamen en bevindingen zijn daarom onder voorbehoud en dienen te zijner tijd, na afronding van het nadere geotechnisch onderzoek, te worden gecontroleerd en eventueel aangepast.

4.3 Heavy lift schip (B3)

Middels een heavy lift schip of kraanschip worden de jacket en de topside van het centrale eindpunt en andere Aramis platforms geplaatst. Ten behoeve van varen en het dynamic positioning system beschikt een heavy lift schip over meerdere thrusters. Voor het pijplegschip is gerekend met een totaal opgesteld motorvermogen van 18 MW. Onder representatieve omstandigheden zal het heavy lift schip eveneens kunnen volstaan met globaal 18 MW. Onder representatief wordt verstaan de situatie waarbij de voor de geluidproductie relevante omstandigheden kenmerkend zijn voor een bedrijfsvoering bij volledige capaciteit. Hogere vermogens dan 18 MW zijn niet voorzien.

De in de tabellen 4-2 en 4-3 genoemde afstanden kunnen als representatief worden aangehouden voor een varend en op locatie werkend heavy lift schip. De inzet van het heavy lift schip is verder kortdurend, het gaat in totaal om ongeveer 6 etmalen per platform.

4.4 Ontmanteling van installaties/ platforms (B4)

De ontmanteling van installaties en platforms veronderstellen we akoestisch bezien gelijkwaardig aan onderwatergeluid gedurende de (om-)bouwfase. In de bouwfase komen onder punt B8, paragraaf 4.8.1, machinegeluiden en het wegboren van pluggen aan bod. Het gehanteerde breedbandige geluidniveau voor machinegeluiden op het boorplatform en het wegboren van pluggen is 150 dB re 1 µPa op een afstand van 100 meter, overeenkomend met een significant sound exposure level van 199 dB re 1 µPa2s. Conform tabel 4-6 gaan we ervan uit dat zeehonden en bruinvissen deze werkzaamheden zullen mijden tot op een afstand van globaal 10 kilometer van een platform. Het in paragraaf 4.3 genoemde heavy lift schip wordt bij ontmanteling ook 6 etmalen ingezet.

4.5 Helikoptergeluid (B5)

Het helikoptergeluid dat vanuit de lucht doordringt tot in het water is zeer gering. Bij loodrechte inval reflecteert meer dan 99,9% van het geluid aan het wateroppervlak en blijft dus in de lucht. Bij een hoek van 13 graden en groter dringt het geluid helemaal niet meer door in het water en reflecteert het volledig. De te verwachten frequenties bevinden zich beneden 50 Hz. Als gevolg hiervan heeft helikoptergeluid weinig invloed onderwater. Daarnaast treedt het slechts in beperkt aantal gevallen op en is kortstondig. Door het verplaatsen van de helikopter is ook geen sprake van langdurige blootstelling van zeedieren aan geluid. De totale blootstelling is als verwaarloosbaar aan te merken.

4.6 Realiseren fundering op land (B6)

Het realiseren van funderingen op land ten behoeve van de terminal veroorzaakt geen significante geluidniveaus in het nabijgelegen water. We baseren ons hierbij op een in 2014 door RoyalHaskoningDHV verricht onderzoek naar de (onderwater-)geluidaspecten die samenhangen met de destijds te realiseren kade ten behoeve van de LNG terminal (ook genoemd LBBR) aan het Yangtzekanaal. In dit onderzoek en de bijbehorende notitie met referentie BC8918-126-100/N001/408255/Nijm d.d. 1 augustus 2014 zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd.

De geluidrelevante werkzaamheden bestonden uit in de bodem op minimaal 45 meter afstand van de waterlijn te plaatsen buispalen. Het ging bij het plaatsen van buispalen deels om intrillen en deels om heien met de volgende gegevens:

- De maximale energie van het heiblok is ca. 300 kJ (bijvoorbeeld heihamer D100);
- Het trilblok geeft maximaal 110 kJ (bijvoorbeeld trilblok PvE 110M);
- De trilduur per buispaal is ca. 10 minuten (opgave Havenbedrijf Rotterdam), inbrengen tot -20m NAP;
- De heiduur per buispaal is variabel, we veronderstellen de duur op ca. 30 minuten, inbrengen tot -30m NAP;
- Energie door het heiblok aan water overgedragen is 16 W (Acoustic Watt);
- Energie door het trilblok aan water overgedragen is 13 W (Acoustic Watt).

Voor de fundering van de terminal wordt aangesloten bij de conclusie van het onderzoek naar de LNG terminal. Deze conclusie luidt als volgt:

> "*Vanwege scheepvaartbewegingen en overige havenactiviteiten schatten we het achtergrondniveau nabij de geplande insteekhaven op 130 á 140 dB re 1 µPa. Op 100 meter afstand uit de waterlijn verwachten we onderwatergeluidniveaus van 135 tot 138 dB re 1 µPa. De rekenmethode is door de omvang van de bron minder geschikt om op kortere afstanden dan 100 meter uit de waterlijn te rekenen. We verwachten dat geluidniveaus onderwater bij kortere afstanden dan 100 meter uit de waterlijn niet significant zullen toenemen en een waarde van 140 dB re 1 µPa niet zullen overschrijden.*
>
> *Uit de kwantitatieve analyse blijkt dat de werkzaamheden ten behoeve van LBBR voor vissen en zeezoogdieren geen relevante onderwatergeluidniveaus opleveren. Dit geldt voor zowel trillen als heien in- én exclusief slow-start. Van effecten op de vissen en zeezoogdieren is dan ook geen sprake.*"

Het materieel om de opslagvoorzieningen van de terminal te bouwen is vergelijkbaar met het materieel dat is gebruikt voor de aanleg van de LNG terminal aan het Yangtzekanaal. Ook is de afstand van de bouwwerkzaamheden tot de waterlijn niet kleiner. De berekende geluidniveaus onderwater bij de LNG terminal worden daarom als maatgevend gebruikt voor de te verwachten geluidniveaus vanwege het voornemen.

4.7 Jetties en damwanden in de haven (B7)

Jetties
De fundering van de te bouwen aanlegsteigers in de haven bestaat uit stalen buispalen. We veronderstellen dat deze buispalen met uitsluitend een heihamer op diepte worden gebracht. De uitgangspunten van de berekeningen, de normstelling en de afstanden vanaf de heilocatie behorend bij PTS en mijding zijn als volgt. Mochten de buispalen (deels) trillend worden geplaatst, dan is sprake van overschatting van de geluidimmissies en de bijbehorende berekende afstanden onderwater want trillen leidt tot minder geluidproductie. Ook als het aantal slagen per seconde in de berekeningen wordt betrokken, dan levert een trilblok een duidelijk lager geluidvermogen (acoustic power) op dan de heihamer. Als trilblokken en heihamers gelijktijdig worden ingezet, dan veroorzaken trilblokken nagenoeg geen toename van de gecumuleerde geluidniveaus onderwater.

Het uitgangspunt voor brongeluid is ontleend aan tabel A.1 van de publicatie 'Review on Existing Data on Underwater Sounds from Pile Driving Activities' d.d. september 2018 van Guillermo Jiménez-Arranz, Rachel Glanfield, Nikhil Banda and Roy Wyatt. Van een stalen buispaal met een diameter van 1,2 meter is op basis van geluidmetingen gebruik makend van een diesel impact hammer D80-42 met slagenergie ≤270 kJ bij een waterdiepte van 11 meter vastgesteld:

- SEL_1 is 183 dB re 1 µPa @ 10 m;
- SPL_{rms} is 198 dB re 1 μPa^2s @ 10m.

De rekenresultaten zijn opgenomen in bijlage 2 en 3, rekening houdend met de weegfactoren bij een maatgevende frequentie van 2 kHz.

Volgens de methodiek van het Kader Ecologie en Cumulatie (Heinis et al, 2019) worden bruinvissen en zeehonden verstoord bij blootstelling aan heigeluid dat de in tabel 4-4 aangegeven drempelwaarden overschrijdt. Voor detailberekeningen kan gebruik worden gemaakt van KEC 4.0. Voor deze situatie volstaat een berekening met KEC 3.0 aangezien daarmee voldoende inzicht wordt verkregen in de effecten op de populatie van bruinvissen.

Tabel 4-4 is gebaseerd op de systematiek KEC 3.0. Inmiddels is deze systematiek op onderdelen verfijnd, zo is onder andere de discrete drempelwaarde van SEL_{SS} > 140 dB re 1µPa^{2}s vervangen door een dosis-responsrelatie. Met respons wordt een significante gedragsrespons bedoeld zoals een verandering in zwemgedrag. Een kans van 50% op verstoring van bruinvissen binnen één etmaal treedt op bij een geluiddosis groter dan 144 dB re 1µPa^{2}s. De norm van SEL_{SS} > 140 dB re 1µPa^{2}s blijft echter geschikt ter indicatie van het aantal verstoorde bruinvissen. De normen voor PTS afkomstig van NMFS zijn eveneens in tabel 4-4 opgenomen.

Tabel 4-4. Drempelwaarden voor mijding en PTS van impulsachtig onderwatergeluid door bruinvissen en zeehonden.

	Bruinvis	Zeehond
Mijding/verstoring Heinis et al. 2019	SEL_{SS} > 140 dB re 1µPa^{2}s	$SEL_{SS,W}$ > 145 dB re 1µPa^{2}s
PTS-onset (NMFS, impact pile driving 2 kHz)	SEL_{CUM} > 155 dB re 1µPa^{2}s	$SEL_{CUM,W}$ > 185 dB re 1µPa^{2}s

Bij impact pile driving is volgens NMFS de maatgevende frequentie 2 kHz, de weegfactoren zijn dan voor bruinvissen en zeehonden achtereenvolgens -26,87 dB en -2,08 dB, zie ook bijlage 2.

De berekende afstanden vanaf de heilocatie, zie bijlage 2, in verband met PTS zijn voor:

- Bruinvissen ca. 3000 meter;
- Zeehonden ca. 1350 meter.

De berekende afstanden vanaf de heilocatie, zie bijlage 3, in verband met mijding zijn voor:

- Bruinvissen ca. 20 km;
- Zeehonden ca. 3900 meter.

Met de genoemde berekende afstanden wordt in de natuurtoets rekening gehouden. In de berekende afstanden is de geometrie van de haven niet betrokken omdat, geluid zich daar veelal niet ongehinderd rechtlijnig over afstanden van meerdere kilometers kan verplaatsen. In de praktijk zal verstrooiing en reflectie aan de diverse kades leiden tot kortere afstanden voor PTS en mijding. Door de genoemde geometrie van de haven is het rechtlijnig voortplanten van geluidgolven van bron tot oever of kademuur dus slechts over korte afstanden mogelijk. Verder leidt het meervoudig reflecteren van geluidgolven in oevers en kademuren tot veel energieverlies. Het hanteren van een beperkte mijdingsoppervlakte van globaal maximaal 9 km^2 is om de genoemde redenen reëel. Deze oppervlakte betreft het Yangtzekanaal, het Beerkanaal en de Europahaven.

Damwanden

De maximale slagenergie van trilblokken is in orde van grootte van 100 kJ en daarmee significant lager dan bij heihamers. Ook als het aantal slagen per seconde in de berekeningen wordt betrokken, dan levert een trilblok een duidelijk lager geluidvermogen (acoustic power) op dan de heihamer. Als trilblokken en heihamers gelijktijdig worden ingezet, dan veroorzaken trilblokken nagenoeg geen toename van de gecumuleerde geluidniveaus onderwater. Op basis van onze ervaringen en berekeningen met betrekking tot heiwerk voor de realisatie van de HES Hartel Tank Terminal concluderen we dat het plaatsen van damwanden in en nabij de waterlijn geen significant effect heeft op bruinvissen, zeehonden en vissen.

4.8 (Hei- en boor-)werkzaamheden aan en vanaf de platforms (B8)

4.8.1 Machinegeluid en wegboren plug

Het gehanteerde breedbandige geluidniveau voor machinegeluiden op het boorplatform en het wegboren van pluggen is 150 dB re 1 µPa op een afstand van 100 meter, overeenkomend met een *sound exposure level* van 199 dB re 1 μPa^2s. Machinegeluid en het geluid van het wegboren van een plug zijn aan te merken als geluiden die continu van karakter zijn. We veronderstellen verder dat het boorwerk van injectieputten van nieuwe platforms evenveel onderwatergeluid veroorzaakt als het wegboren van pluggen. De boor staat hierbij steeds in rechtstreeks contact met het water. De duur van het wegboren van pluggen is globaal 5 dagen per plug. Wat de pluggen betreft veroorzaken alleen de ondiepe pluggen (hooguit enkele honderden meters diep) onderwatergeluid in de omgeving. We gaan per locatie uit van het wegboren van 3 ondiepe pluggen. Het wegboren van pluggen behoort formeel bij ontmanteling.

Het genoemde geluidniveau op een afstand van 100 meter ontlenen we aan het TNO onderzoek, 'Bijlage 1, Onderwatergeluid bij de aanleg en het in bedrijf zijn van de CO_2 opslag in het kader van het ROAD project' d.d. 5 april 2011. De rekenresultaten in de TNO memo die behoren bij het onderwatergeluid tijdens wegboren pluggen en boren van putten moeten niet gezien worden als absoluut, maar als orde van grootte. De omstandigheden van de literatuurstudie volgens de memo komen niet volledig overeenkomen met de verwachte werkzaamheden. Bijvoorbeeld staat de boor bij Aramis niet rechtstreeks in contact met water, want de boor zit altijd binnenin de conductor. De TNO memo schat de geluiduitstraling van machinegeluid en het wegboren van pluggen voor de situatie Aramis (te) hoog in.

Uitgaande van een *sound exposure level* van 199 dB re 1 μPa^2s zijn de berekende afstanden ter voorkoming van PTS in tabel 4-5 opgenomen. Tabel 4-6 bevat de afstanden behorend bij mijding vanwege werkzaamheden aan een platform. De rekenresultaten in de tabellen 4-5 en 4-6 zijn gebaseerd op geometrische uitbreiding (10log(R/Rref)) zonder absorptie.

Tabel 4-5. Afstand en verblijftijd samenhangend met PTS vanwege werkzaamheden aan een platform

Bron van onderwater geluid	PTS gerelateerd				
	Diersoort	Drempel PTS SEL in dB re 1 μPa^2s	SEL op 100m 1 μPa^2s (24u)	SPL op 100m 1 µPa	Veilige afstand in m bij verblijf van 24 uur
Machinegeluid en wegboren plug	Bruinvis	173	199	150	<100
	Grote vis	207	199	150	<100
	Kleine vis	207	199	150	<100
	Zeehond	201	199	150	<100

De drempels 'PTS SEL' volgens NMFS betreffen ongewogen waarden, in de veilige afstand en de veilige verblijfstijd is bij bruinvissen en zeehonden een (M-)weging toegepast. Voor het boren is 62 Hz de bepalende frequentie, voor machinegeluid is dat 1 kHz. In tabel 4-6 worden veiligheidshalve voor de beide bronnen van onderwatergeluid identieke weegfactoren gebruikt. De gehanteerde (kleinste) weegfactoren behoren bij 1 kHz en bedragen voor bruinvissen en zeehonden respectievelijk -37,55 dB en -5,90 dB.

Tabel 4-6. Afstand samenhangend met mijding vanwege werkzaamheden aan een platform

Bron van onderwater geluid	Mijding gerelateerd				
	Diersoort	Drempel mijding SPL in dB re 1 µPa	Drempel mijding* SPL in dB re 1 µPa verhoogde achtergrond	Mijding op afstand in m	Mijding op afstand in m mits verhoogde achtergrond
Machinegeluid en wegboren plug	Bruinvis	120	130	100000	10000
	Grote vis	150	n.v.t.	100	n.v.t.
	Kleine vis	150	n.v.t.	100	n.v.t.
	Zeehond	120	130	100000	10000

*NOAA stelt dat de drempel van 120 dB mag worden verhoogd als de achtergrondgeluidniveaus gelijk of hoger zijn dan 120 dB re 1 µPa

In de zuidelijke delen van de Noordzee (Nederlands deel) zijn geluidniveaus door scheepvaart van globaal 130 dB re 1 µPa niet ongewoon. In tabel 4-6 is dit aangeduid als een zogenoemde verhoogde achtergrond.

4.8.2 Realiseren van verankeringspalen voor nieuwe platforms

Shell en Neptune Energy gaan ten behoeve van het onderhavige project nieuwe platforms plaatsen. Hierbij worden per platform verankeringspalen (ook platformpalen of jacketpalen genoemd) in de zeebodem geheid. De uitgangspunten liggen nog niet definitief vast, het realiseren van de verankeringspalen zal echter naar verwachting overeenkomen met de in 2014 geplaatste palen van dit type bij het Leman AC platform (Block 49/26 UK sector Noordzee). Daaruit volgen de volgende uitgangspunten.

Het aantal te plaatsen verankeringspalen is bij het Leman AC platform 4 stuks, de diameter van de palen is 1,5 meter en de realisatie neemt 2 etmalen in beslag. De hei-energie is voor globaal de helft van de slagen 250 kJ en voor de andere helft 1000 kJ.

RHDHV heeft TNO gevraagd om een onderzoek uit te voeren van de te verwachten geluidniveaus bij het ONE-Dyas gasboringsproject. Hiertoe zijn door TNO berekeningen verricht en is een memorandum opgesteld TNO 2020 M10542A ‘Onderwatergeluidsberekeningen voor gasboringsproject ONE-Dyas' d.d. 23 september 2020 (verder genoemd de TNO-rapportage). Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het MER en de passende beoordeling. Een geluidrelevante activiteit bestond hier uit het plaatsen van verankeringspalen voor het platform N05-A dat ca. 20 km ten noorden van Schiermonnikoog ligt. De TNO-rapportage bevat rekenresultaten van het TNO model Aquarius 4 die nu wederom worden benut voor de verankeringspalen van de nieuwe platforms van Shell en Neptune Energy. De verankeringspalen bij het Leman platform zijn kleiner dan in het ONE-Dyas project waardoor de geluiduitstraling in de berekeningen van het voornemen waarschijnlijk enigszins wordt overschat. De palen van het centrale eindpunt en het ONE-Dyas project zijn (nagenoeg) identiek. Totdat informatie in meer detail beschikbaar is, veronderstellen we dat de geluiduitstraling van alle Aramis gerelateerde verankeringspalen overeenkomt met het ONE-Dyas project. Dit levert de meest conservatieve resultaten op.

Het ONE-Dyas gasboringsproject gaat uit van 6 te plaatsen verankeringspalen met een paaldiameter van 2,7 meter die in een tijdsbestek van 2 etmalen worden geplaatst. De hei-energie is hier constant verondersteld en bedraagt 600 kJ.

We merken op dat het TNO rekenmodel de maximaal optredende geluidniveaus berekent (*worst case*). Omdat propagatieverlies toeneemt bij toenemende windsnelheid en golfhoogte, is door TNO alleen gerekend aan de situatie zonder wind. Verder is sprake van een beperkte modelvalidatie waardoor onzekerheid bestaat in de berekende geluidverspreiding.

We achten de *worst case*-rekenresultaten van het ONE-Dyas project desondanks geschikt als maat voor de geluidverspreiding van het Aramis project. De berekeningen betreffen onder andere de dosismaat (SEL_{SS}) en de verstoringsoppervlakte, de rekenresultaten zijn in de navolgende paragrafen vermeld.

4.8.2.1 Ongewogen breedband single strike exposure level

Het berekende ongewogen breedbandige *single strike exposure level* (SEL_{SS}) is bij de soortgelijke verankeringspalen van ONE-Dyas 171 dB re 1 μPa^2s. Dat is met 7 dB beperkt hoger dan de te hanteren norm van 164 dB re 1 μPa^2s voor het heien van turbinefundaties voor offshore windparken.

Hierbij moet worden bedacht dat de berekende SEL_{SS} is gebaseerd op *worst case* aannamen en de rekenmethodiek onzekerheden bevat. Onzeker zijn enerzijds de uitgangspunten en anderzijds de validatie van het rekenmodel. Uitgangspunten zoals de hei-energie worden maximaal gekozen ter voorkoming van het onderschatten van het rekenresultaat. Ook is onzeker of de verrichte validaties voldoende representatief zijn voor de betreffende omgeving. De onzekerheden leiden er toe dat de berekende geluidniveaus veelal hoger zijn dan de in de praktijk optredende geluidniveaus. In deze fase voorafgaand aan de FEED zijn de specifieke geotechnische waarden van de ondiepe ondergrond nog niet bekend. De aannamen en bevindingen zijn daarom onder voorbehoud en dienen te zijner tijd, na afronding van het nadere geotechnisch onderzoek, te worden gecontroleerd en eventueel aangepast.

4.8.2.2 Alternatieve heimethoden verankeringspalen

De onderbouw van de platforms wordt in de zeebodem verankerd met heipalen die verticaal in de zeebodem worden geheid. In dit stadium van het project zijn de dimensies (diameter, wanddikte en diepte) nog niet bekend. Voor het ontwerp van de fundering zijn de gegevens van de ondergrond op de locatie van het platform noodzakelijk. De grondgegevens zijn in de volgende projectfase beschikbaar.

Als gevolg van het onderwatergeluid van het heien kunnen met name zeezoogdieren en vissen worden verstoord en hun gehoor- en sonarorganen worden beschadigd. Alternatieve technieken voor het heien, bijvoorbeeld boren, trillen of zuigpalen (*suction piling*), zouden de verstoring kunnen beperken. In het project zijn de onderstaande alternatieve technieken voor de fundering van de constructie geëvalueerd.

1. *Fundatie door middel van boren of trillen van conventionele heipalen*

Bij constructies die gefundeerd worden door middel van conventionele palen worden palen in de poten van het jacket, of in zogenaamde *pile sleeves* die aan het jacket zijn gelast, gestoken. Deze palen kunnen vervolgens in principe door middel van heien, trillen of boren op de gewenste diepte worden gebracht.

De gebruikelijke techniek op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) is om de palen in de zeebodem te heien en dit is ook het voorkeursalternatief.

Alternatief zouden de palen in de zeebodem kunnen worden geboord. Een geboorde paal wordt toegepast als de zeebodem uit rots of steen bestaat. Er wordt dan een overmaats gat geboord in de zeebodem waarin de paal wordt geplaatst. De holte tussen rots en paal wordt gevuld met beton om krachten over te dragen. Op het NCP bestaat de ondergrond uit (een combinatie van) zand, silt en/of klei. Het toepassen van de met beton omhulde geboorde paal is technisch moeilijk uitvoerbaar en vereist grote wijzigingen in ontwerp en installatie. Het toepassen van een niet met beton omhulde geboorde paal is niet mogelijk vanwege de lagere draagcapaciteit in met name trekkracht. Geboorde palen zullen dus langer moeten zijn met de gevolgen van dien voor realisatie?, materiaalgebruik, transport- en plaatsingswerkzaamheden en kosten.

In principe zouden de palen ook in de zeebodem kunnen worden getrild en is dit ook uitgevoerd voor kleinere diameters palen. Maar door het gebrek aan gegevens over het effect van de plaatsingsmethode op de draagcapaciteit van de paal, wordt deze methode niet aanbevolen voor axiaal belaste palen (ISO 19901-4).

2. *Fundatie door middel van zuigpalen (suction piling)*
Bij constructies gefundeerd middels zuigpalen worden aan de poten van het jacket zuigpalen gelast. De jacket met zuigpalen wordt geïnstalleerd door deze op de zeebodem te plaatsen en vervolgens een pomp te activeren die water uit de zuigpaal verwijderd. Hierdoor wordt een drukverschil opgewekt wat resulteert in een neerwaartse kracht, die de zuigpaal in de zeebodem drukt. Door de geringe waterdiepte in de K- en L- blokken is de beschikbare inzuigkracht gelimiteerd. Verder zijn er tijdens het installeren van zuigpalen diverse additionele risico's in vergelijking met heipalen.

De draagcapaciteit van de zuigpaal wordt gegenereerd door wandwrijving en druk op de onderrand van de zuigpaal. De afmetingen van de zuigpaal worden bepaald door de uitwendige krachten die op het platform aangrijpen en de condities van de grond. Een ruwe schatting gaat uit van een benodigde diameter van 8-12m en inzuigdiepte van 8-12m voor zuigpalen voor dit type platform. Het gebruik van zuigpalen zal het gewicht en de afmetingen van het jacket aanzienlijk vergroten, met gevolgen voor materiaalgebruik, transport- en plaatsingswerkzaamheden en kosten.

Op basis van bovenstaande evaluatie wordt er vooralsnog vanuit gegaan dat er geen alternatieve heimethodieken zijn, met een veel lager geluidsniveau. Zodoende wordt er in het onderzoek uit gegaan van de standaard waarden en de toepassing van de benodigde mitigerende maateregelen. Mitigatie bestaat uit het gebruik maken van afschrikmethodes, *soft start*, bellenschermen (zie ook bijlage 4) en/of geluidwerende mantels. Indien voorafgaand aan de werkzaamheden blijkt dat er andere geluidsarmere methoden beschikbaar zijn, is het wellicht niet nodig deze mitigerende maatregelen toe te passen.

4.8.2.3 Verstoringsoppervlakte

Bij het voldoen aan voornoemde norm van 164 dB re 1 μPa^2s is sprake van een beperkte mate van verstoring van zeezoogdieren. De verstoringsoppervlakte is naast de luidheid van de bron onder andere ook afhankelijk van de waterdiepte en de gesteldheid van de zeebodem. De door TNO berekende verstoringsoppervlakte in km^2 rond de verankeringspalen van ONE-Dyas is per etmaal 610 km^2 voor bruinvissen en 231 km^2 voor zeehonden. De verstoringsoppervlakte is het gebied waarbinnen het heigeluid de drempelwaarde voor verstoring van bruinvissen (SEL_{SS} = 140 dB re 1 μPa^2s) en zeehonden (Mpw-gewogen SEL_{SS} = 145 dB re 1 μPa^2s) overschrijdt. Hierbij verwijst de term 'Mpw-gewogen' naar het toepassen van een frequentieweging volgens het door Southall et al (2007) gedefinieerde filter voor zeehonden. Deze oppervlakten gelden per etmaal. De norm van 164 dB re 1 μPa^2s zal naar verwachting met 7 dB wordt overschreden. De genoemde oppervlakten van 610 km^2 en 231 km^2 behoren bij een situatie zonder mitigatie. Om aan de norm te voldoen zal gemitigeerd moeten worden zoals is beschreven in paragraaf 4.8.2.2. Na het treffen van de mitigerende maatregel zullen de genoemde oppervlakten daarom afnemen. Als vuistregel bij overdracht van geluid geldt dat als de verstoringsafstand in de situatie met maatregel (ten minste) halveert, de verstoringsoppervlakte tot een kwart afneemt. De input voor de natuurtoets is dan een verstoringsoppervlakte van 153 km^2 voor bruinvissen en 58 km^2 voor zeehonden.

4.8.3 Installatie conductorpijpen

Het voornoemde memorandum TNO 2020 M10542A 'Onderwatergeluidsberekeningen voor gasboringsproject ONE-Dyas' d.d. 23 september 2020 (verder genoemd de TNO-rapportage) is ook richtinggevend voor de te verwachten geluidsemissies onderwater door het plaatsen van conductorpijpen. De conductorpijpen zijn nieuw te plaatsen of hangen samen met de *re-drill* van putten.

De TNO-rapportage betrof het platform N05-A dat ca. 20 km ten noorden van Schiermonnikoog ligt. De rekenresultaten volgend uit het TNO model Aquarius 4 worden wederom benut voor de conductorpijpen van de nieuwe platforms van Shell en Neptune Energy.

Het ONE-Dyas gasboringsproject gaat uit van 12 te plaatsen conductorpijpen met een diameter van 0,76 meter die in een tijdsbestek van (maximaal) 6 etmalen worden geplaatst. De hei-energie is constant verondersteld en bedraagt 90 kJ, hetgeen significant lager is dan bij het heien van verankeringspalen. De nieuwe K14 en L10 injectieplatforms betreffen elk 4 of 6 conductorpijpen, het bestaande L4-A injectieplatform is 1 conductorpijp gepland met een identieke diameter (0,76 meter). We nemen aan dat de conductorpijpen steeds met circa 90 kJ energie en in een tijdsbestek van maximaal 3 dagen per platform worden gerealiseerd.

We merken op dat het TNO-rekenmodel de maximaal optredende geluidniveaus berekent (*worst case*). Omdat propagatieverlies toeneemt bij toenemende windsnelheid en golfhoogte, is door TNO alleen gerekend aan de situatie zonder wind. Verder is sprake van een beperkte modelvalidatie waardoor onzekerheid bestaat in de berekende geluidverspreiding. We achten de *worst case* rekenresultaten van het ONE-Dyas project desondanks geschikt als maat voor de geluidverspreiding van het Aramis project. De berekeningen betreffen onder andere de dosismaat (SEL_{SS}) en de verstoringsoppervlakte, de rekenresultaten zijn in de navolgende paragrafen vermeld.

4.8.3.1 Ongewogen breedband single strike exposure level

Het berekende ongewogen breedbandige *single strike exposure level* (SEL_{SS}) is bij de soortgelijke conductorpijpen van ONE-Dyas 164 dB re 1 μPa^2s. Dat is gelijk aan de te hanteren norm van 164 dB re 1 μPa^2s voor het heien van turbinefundaties voor offshore windparken. Hierbij moet worden bedacht dat de berekeningen, analoog aan de verankeringspalen, zijn gebaseerd op *worst case* aannamen en de rekenmethodiek onzekerheden bevat. Gelet op de berekeningen wordt aan de genoemde norm voldaan.

4.8.3.2 Verstoringsoppervlakte

De door TNO berekende verstoringsoppervlakte in km^2 rond de conductorpijpen is per platform en per dag 94 km^2 voor bruinvissen en 54 km^2 voor zeehonden. De verstoringsoppervlakte is het gebied waarbinnen het heigeluid de drempelwaarde voor verstoring van bruinvissen (SEL_{SS} = 140 dB re 1 μPa^2s) en zeehonden (Mpw-gewogen SEL_{SS} = 145 dB re 1 μPa^2s) overschrijdt. Hierbij verwijst de term ‘Mpw-gewogen’ naar het toepassen van een frequentieweging volgens het door Southall et al (2007) gedefinieerde filter voor zeehonden. Deze oppervlakten gelden per etmaal en zijn input voor de in de natuurtoets opgenomen berekeningen, zoals over het aantal verstoorde bruinvissen en het effect op de bruinvispopulatie. Mitigatie is niet aan de orde, de genoemde oppervlakten van 94 en 54 km^2 behoren dan ook bij de uitgangssituatie.

4.9 Boring ten behoeve van aanlanding buisleiding (B9)

De buisleiding kruist de Maasgeul. De boormethode ligt nog niet vast maar betreft *direct piping* of *microtunneling*. Beide methoden vereisen baggeren in de Maasgeul bij het eindpunt van de boring. Het maken van een kofferdam in het water is bij beide methoden overigens niet aan de orde.

Bij de boring is slechts één geluidbron potentieel relevant, het gaat dan om het baggeren. De verwachting is dat het baggerschip een geluiddrukniveau (SPL) van 151 dB re 1 µPa op 100 meter afstand veroorzaakt. De veilige afstand en de mijdingsafstand vanaf een baggerschip zijn daarmee vergelijkbaar met de afstanden volgens de tabellen 4-2 en 4-3.

5 Onderwatergeluid in de gebruiksfase

De in de inleiding vermelde onderwerpen zijn onderstaand uitgewerkt, het gaat dan om twee situaties, genoemd G1 en G2.

5.1 Varende en lossende schepen in de haven en bij de platforms (G1)

Schepen in de haven en op zee veroorzaken geluid onderwater tijdens varen, lossen en aanmeren. Vaarbewegingen met een relatief lage intensiteit op zee, zoals is aangegeven in paragraaf 1.2.3, worden niet onderzocht. Dit in tegenstelling tot een hoge vaarintensiteit in de haven in de omgeving van de terminal en langdurig verblijf van een schip in een beperkt gebied op zee met relevantie voor onderwatergeluid.

De volgende activiteiten zijn voorzien:

1 Het lossen van een barge met een volume (cargo tank gross volume 100%) tot 16.000 m^3;

2 Het nestgeluid van een afgemeerde barge;

3 Het varen van schepen met een motorvermogen van 2 MW.

Het varen van de barge ad 3 is hierbij het luidst, het bijbehorende totaal geïnstalleerde mechanische vermogen is (1500 tot) 2000 kW. Informatie van CO2next geeft voor het vermogen van een 16k schip dat de terminal van CO2next zal aandoen bij 8 knopen 1774 kW. De genoemde 2000 kW is ook gebaseerd op schepen klasse CEM T-klasse Va ‘Groot Rijnschip’ volgens de publicatie ‘Classificatie en kenmerken van de Europese vloot en de actieve vloot in Nederland’ d.d. december 2002 door Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer. De overige activiteiten ad 1 en 2 zijn beduidend minder luid en gaan gepaard met mechanische vermogens van veelal ca. 1000 kW. Voor alle geplande werkzaamheden en transporten geldt dat ze zich 24 uur per etmaal en 7 dagen per week kunnen voordoen.

In de luidste situatie hanteren we als bronniveau voor de barges (middelgrote schepen) volgens Richardson et al. (1995) 171 dB re 1 µPa op 1 m. Uitgedrukt in acoustic Watt is dit 1W. De minder luide situatie betreft 0,5 acoustic Watt.

De afstanden tot het bereiken van een achtergrondgeluidniveau van 130 dB re 1 µPa en daarmee mijding door zeezoogdieren van de (werk-)locatie zijn weergegeven in tabel 5-1 en 5-2. Hierbij gaan we uit van brongeluid dat zich in de tertsbanden van 250 Hz t/m 1 kHz bevindt. We gaan uit van een sferische uitbreiding (20log(R/R_{ref})) nabij de bron gevolgd door een cilindrische uitbreiding (10log(R/R_{ref})) op afstanden uit de bron die groter zijn dan de waterdiepte.

Tabel 5-1. Berekening afstand in [m] tot het achtergrondgeluidniveau, luidste situatie ‘varende barge’

PREDICTION OF MAXIMUM LIKELY UNDERWATER NOISE LEVELS

using a dual red/white spectrum source

Estimate maximum transmission limit

Enter source data	S1	S2	(only spreading and water losses)	
Transition Frequency Hz	500	0	Enter range (m)	300
Broadband acoustic power watts	1	0	Water depth (m)	20
			Water temp degC	10

Broadband noise at receptor		Lower	Upper	
130,5	dB//mPa between	250	1000	Hz bands (inclusive)

Tabel 5-2. Berekening afstand in [m] tot het achtergrondgeluidniveau, minder luide situaties 'lossende barge en nestgeluid'

PREDICTION OF MAXIMUM LIKELY UNDERWATER NOISE LEVELS					
using a dual red/white spectrum source				Estimate maximum transmission limit	
Enter source data		S1	S2	(only spreading and water losses)	
Transition Frequency Hz		500	0	Enter range (m)	150
Broadband acoustic power watts		0,5	0	Water depth (m)	20
				Water temp degC	10
Broadband noise at receptor		Lower	Upper		
130,5	dB//mPa between	250	1000	Hz bands (inclusive)	

De globaal berekende afstanden zijn in de luidste situatie 300 meter (tabel 5-1) en in de minder luide situaties 150 meter (tabel 5-2). Een geluiddrukniveau van 150 dB re 1 µPa, van belang voor mijding van de activiteit door vissen, wordt op een afstand van enkele tientallen meters uit de bron bereikt.
Een toename van de intensiteit van scheepvaart veroorzaakt een toename van geluid onderwater. Dit betekent overigens niet dat de geluidniveaus onderwater bij afzonderlijke passages toenemen. Hoe de fauna reageert op de gewijzigde intensiteit is niet evident.

5.2 Risers (G2)

Een riser transporteert gassen of vloeistoffen tussen de zeebodem en faciliteiten boven het wateroppervlak. Een riser is daarmee een pijpleiding die dient voor het verticaal transporteren van materiaal.

Bij de aanvraag van vergunningen in het kader van het ROAD project voor CO_2 opslag speelde onderwatergeluid een rol. In opdracht van RHDHV is in 2011 door TNO een onderzoek uitgevoerd naar onderwatergeluid bij de aanleg en het gebruik van de hiermee samenhangende installaties. Het onderzoek betrof onder andere het aanpassen van het satelliet-productieplatform P18-A om dit geschikt te maken voor CO_2 injectie. Het onderzoek 'Bijlage 2' heeft referentie TNO-MEM-2011-00560 'CO_2 injectie P-18A: onderwatergeluid afstraling' d.d. 5 april 2011 van TNO. Het onderzoek 'Bijlage 2' betreft de volgende bronnen:

1 Turbulente stroming in de CO_2 riser naar P18A en;

2 Aardgas risers van P18A naar P-15.

De onderstaande tekst bevat de aanpak en enkele uitgangspunten van het TNO-onderzoek evenals de bijbehorende bevindingen.

Omdat de bepaling van de geluidafstraling beperkt nauwkeurig is en de input data niet definitief vastlag, wordt geluid van CO_2 injectie (injectiescenario) in het TNO-onderzoek vergeleken met geluid van aardgasproductie (productiescenario). Het injectiescenario is nog verdeeld in 4 cases die variëren in pijpleiding druk en temperatuur.

De upstream CO_2 riser en de downstream aardgasproductieriser zijn potentieel relevant, hebben een lengte van 20 meter, een buitendiameter van ca. 400 mm en een wanddikte van 20 mm. De overige risers bestaan uit meerdere concentrisch geplaatste buizen die gevuld zijn met vloeistof. Omdat de geluidisolatie van de laatstgenoemde risers zeer goed is kan onderzoek naar de geluiduitstraling buiten beschouwing worden gelaten.

Klepgeluid is niet relevant en stromings-geïnduceerd geluid wordt door de lage stroomsnelheid van het CO_2 niet verwacht. Ten slotte is afstraling van de geïsoleerde CO_2 leiding onder de zeebodem verwaarloosbaar. Daarom zijn als geluidbron van de zeeleiding uitsluitend de risers potentieel relevant.

Het afgestraalde geluidvermogen L_{WO} uitgedrukt in dB re 1 pW (1 picowatt) is:

- 2 tot 41 dB voor CO_2 injectie;
- 27 tot 75 dB voor gasproductie.

De geluidafstraling tijdens CO_2 injectie geeft in de luidste case een geluiddrukniveau van ca. 91 dB re 1 μPa^2m^2.

Bevindingen TNO:

- Zowel voor de productie- als de injectiescenario's ligt het maximum van het afgestraalde spectrum rond 4 kHz;
- Stromingsgeluid door CO_2 injectie is voor de meeste cases minder dan bij aardgasproductie;
- Het geprognosticeerde geluiddrukniveau is tijdens CO_2 injectie ca. 91 dB re 1 μPa^2m^2. Op 100 meter afstand (en bij 25 meter waterdiepte) is dit een geluiddrukniveau ofwel SPL van ca. 56 dB re 1 µPa. Dit is een zeer laag geluidniveau dat beneden het TTS niveau (tijdelijke verhoging van de gehoordrempel) blijft.

Zeezoogdieren en vissen mijden gebieden waarin de geluiddrukniveaus hoger dan achtereenvolgens 120 á 130 dB en 150 dB re 1 µPa zijn. Het genoemde geluiddrukniveau van 56 dB re 1 µPa is significant lager. Aanvullend op de bevinding dat een zeer laag geluiddrukniveau door stromingsgeluid wordt verwacht, concluderen we dat ook geen sprake is van mijding van de CO_2-riser(-s) door vissen en zeezoogdieren.

6 Seismisch onderzoek

6.1 Inleiding

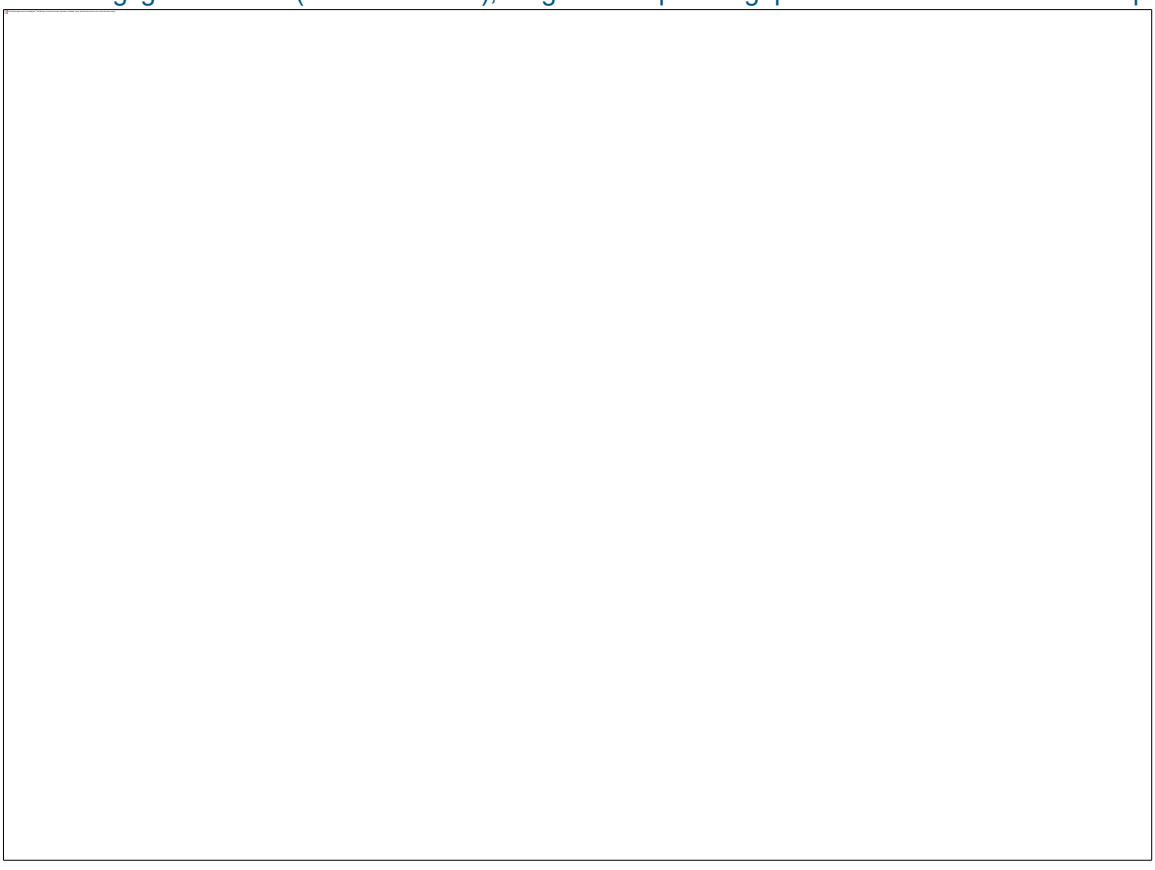
Bij onderzoek met akoestische signalen onderscheiden we drie onderdelen, namelijk het zogenoemde *shallow* seismisch onderzoek nabij platforms, 3D/4D onderzoek en onderzoek met behulp van een ROV (*Remotely Operated underwater Vehicle* oftewel een op afstand bestuurbaar onderwatervoertuig).

Shallow seismic survey en *3D/4D survey* dienen verschillende doelen. *Shallow survey* dient om de stabiliteit van de zeebodem en eventuele onregelmatigheden in de ondiepe ondergrond (tot een paar honderd meter) in kaart te brengen en levert informatie voor het ontwerp en de plaatsing van buisleidingen en platforms. 3D/4D onderzoek vindt plaats om de diepere geologische structuren en eventuele aan- of afwezigheid c.q. migratie van CO_2 tot op ca. 3 km diepte inzichtelijk te krijgen. Het gebied voor monitoring omvat de injectiefaciliteiten, het opslagcomplex (inclusief waar mogelijk de CO_2 pluim) en de omringende omgeving. 4D onderzoek bestaat uit herhaald 3D onderzoek met (zoveel mogelijk) identieke onderzoeksparameters. 3D/4D onderzoek duiden we verder aan als 3D onderzoek.

Shallow survey is relevant voor de nieuwe platforms en putten van Shell. Shell en TotalEnergies voeren (ook) 3D onderzoek uit.

Qua gebied zullen de 3D survey gebieden het grootst zijn (orde van grootte 100 vierkante kilometer). Voor de omgeving is 3D daarom het meest relevant, Aan bod komen de bevindingen van drie 3D onderzoeken bij de velden N4, N05 en blok 41 nabij Whitby U.K.

De onderzoekslocaties voor 3D seismisch onderzoek zijn in de onderstaande figuren weergegeven. Het monitoringsgebied Shell (roze rechthoek), de groene stip is de geplande locatie van het nieuwe platform.



Het monitoringsgebied TotalEnergies (paars gearceerde rechthoek), het witte vierkant is de locatie van het platform dat wordt hergebruikt.



Bij het vermoeden van een lekkage of bij een geplande inspectie wordt een onderzoek naar afwijkingen (op de zeebodem) getriggerd. Dit kan gaan om gegevensverzameling via bemonstering of neerlaatbare camera's waarbij een ROV wordt ingezet. Eventueel worden hierbij ook akoestische signalen gebruikt.

De uitvoering van seismisch onderzoek, de normering en 3D onderzoeken worden achtereenvolgens behandeld. Ten slotte volgen de bevindingen.

6.2 Uitvoering 3D seismisch onderzoek

Bij alle seismische onderzoeken wordt een bron gebruikt om geluidsgolven te genereren, aangesloten op een configuratie van ontvangers of sensoren om de gereflecteerde geluidsgolven op te nemen. De geluidsgolven worden gegenereerd door luchtbronnen met perslucht (luchtbron-arrays). Voor de gesleepte *streamer setup* worden de hydrofoons in *streamers* geplaatst die achter een bewegend onderzoeksvaartuig worden gesleept of 'gestreamd'. *Streamers* zijn vuistdikke, kilometerslange slangen met ingebouwde hydrofoons (onderwatermicrofoons) die het geluid opvangen. Deze streamers zijn doorgaans 3 tot 8 kilometer lang. Voor 3D-onderzoeken worden over het algemeen twee of drie luchtbronnen-arrays en meerdere *streamers* (6 á 8) ingezet. De *streamers* hebben een onderlinge afstand in de breedte van ongeveer 100 meter. Buiten het onderzoeksgebied bevindt zich een zone waarin het onderzoeksvaartuig kan keren en waarin de *airguns* niet actief zijn, deze zone heeft een breedte van enkele kilometers (3 tot 5 kilometer).

Een andere methode voor opvang van de gereflecteerde geluidsgolven zijn '*Ocean Bottom Node* (*OBN*)', sensors die tijdelijk op de zeebodem liggen in lange, parallelle rijen.

6.3 Normering

Nederland Noordzeeakkoord
Op 19 juni 2021 is het "Onderhandelaarsakkoord voor de Noordzee" (Noordzeeakkoord) aangeboden aan de Tweede Kamer. Dit akkoord omvat afspraken tussen het Rijk en stakeholderpartijen over keuzes en beleid gericht op de balans in activiteiten en ecologie op de Noordzee tot en met 2030. De volgende afspraken zijn gemaakt met betrekking tot 3D seismisch onderzoek op de Noordzee (punt 5.15 van het Noordzee-akkoord):

- Bij het eerstvolgende 3D seismisch onderzoek wordt gelijktijdig een gezamenlijk onderzoeksprogramma opgezet voor het verzamelen van informatie over de minimale geluidsniveaus die nodig zijn om de benodigde informatie over de opsporing en winnen van koolwaterstoffen te verkrijgen, op kosten van de olie- en gassector.
- De bruinvissen zijn extra kwetsbaar voor verstoring tijdens het voortplantingsseizoen, ongeveer tussen 1 mei en 1 september. Partijen spreken af dat de olie-en gassector voorlopig zoveel mogelijk buiten deze voortplantingsperiode de 3D seismische onderzoeken laat uitvoeren.
- De *airguns* die weinig hoge frequenties uitzenden worden waar mogelijk gebruikt voor 3D seismisch onderzoek.

Richtlijnen NMFS & KEC
De drempelwaarden voor de verstoring van bruinvissen en zeehonden volgen uit de richtlijn van NMFS (*National Marine Fisheries Service*) of het KEC (Kader Ecologie en Cumulatie) opgesteld door Rijkswaterstaat. Het KEC dient ter bepaling van mogelijke cumulatie effecten op de populaties van te beschermen soorten gedurende de bouw en exploitatie van de windparken op de Noordzee tot 2030.

Zoals is vermeld, richt het KEC zich in eerste instantie niet op geluid vanwege seismisch onderzoek. Ten opzichte van heiwerk onderscheidt seismisch onderzoek zich door het mobiele karakter van de bron, het aantal pulsen en de luidheid van de pulsen.

Omdat zeezoogdieren niet bij alle frequenties van onderwatergeluid waaraan ze worden blootgesteld gevoelig zijn voor TTS en PTS wordt door zowel TNO als NMFS geadviseerd om een soortafhankelijke frequentieweging toe te passen, zoals het door Southall et al (2007) gedefinieerde filter voor zeehonden.

6.4 Onderzoek N4

ONE-Dyas heeft in 2022 een verkennend seismisch onderzoek laten uitvoeren in het gebied N4 in het zuidoostelijke deel van de Nederlandse Noordzee. De bijbehorende rapportage is WP1266-2_R2r0 'The propagation of underwater sound from eSource seismic airgun configurations, pre-survey verification measurements in the Dutch North Sea' d.d. 15 augustus 2022 (Draft) door Waterproof Marine Consultancy & Services BV.

Het doel van het onderzoek is het in kaart brengen van de geologische samenstelling van de ondergrond. Hierbij zijn verschillende *airgun* configuraties als geluidbron en *streamers* als ontvangers toegepast met verschillende volumes, namelijk gezamenlijke volumes van 1049, 720 en 360 *cubic inches*.

Voor het gebied N4 zijn diverse geluidnormen aan de orde. De maatgevende normen bestaan uit de geluiddoses (of *sound exposure levels* L_E) van 140 en 145 dB voor verstoring van achtereenvolgens de bruinvis en de zeehond volgens het KEC 3.0.

Om er zeker van te zijn dat de genoemde normen niet worden overschreden, is voor N4 een rekenmodel (Brinkkemper en Snoek, 2019; 2022) vervaardigd. Uit de rekenresultaten bleek dat conventionele *airguns* te luid waren en de genoemde normen zouden overschrijden. Daarom is het verkennend onderzoek in maart 2022 uitgevoerd met zogenoemde *eSource airguns* die beduidend minder geluidenergie produceren (vooral in de hogere frequenties boven 100 Hz). Voor seismisch onderzoek zijn de frequenties boven 100 Hz niet relevant. Het verkennend seismisch onderzoek dient ter kalibratie van het voornoemde rekenmodel.

Uit de kalibratie (de metingen) bleek dat de afstanden van de geluidbron tot de geluiddosis van 140 en 145 dB deels afweken van de rekenresultaten. De verwachting is echter dat de bij de kalibratie gevonden afstanden representatief zijn voor het gehele N4 gebied, ondanks de verschillen in bodemabsorptie en waterdiepte binnen N4.

De bevindingen zijn in de onderstaande tabel opgenomen.

Table 5.1 Distances to the L_E=140 dB and L_E=145 dB sound levels based on the measurements.

	eSource 1049 cu in	eSource 720 cu in	eSource 360 cu in
L_E = 140 dB	11.2 km	8.7 km	5.9 km
L_E = 145 dB	7.5 km	5.3 km	3.1 km

6.5 Onderzoek N05

One-Dyas heeft in het kader van de ontwikkeling van het gasveld N05-A onderwatergeluidsberekeningen laten uitvoeren, vastgelegd in TNO onderzoek 'Onderwatergeluidsberekeningen voor gasboringsproject ONE-Dyas' d.d. 28 januari 2020. Het onderzoek betrof het heien van conductorpijpen, jacketpalen en seismisch onderzoek. Het seismisch onderzoek gaat uit van 2 stuks Sercel G-gun II met een volume van elk 250 *cubic inch* en een druk van 2000 Psi. De berekende verstoringsoppervlakte in km^2 rond het VSP onderzoek waarbij de KEC drempelwaarden voor verstoring van bruinvissen en zeehonden wordt overschreden, is respectievelijk ten hoogste 41 en 3 km^2. Het heiwerk en seismisch onderzoek leiden gezamenlijk tot een extra afname van bruinvissen met 2 individuen. Door de gezamenlijke werkzaamheden ten behoeve van N05-A in combinatie met de aanleg van windparken blijft de afname van de bruinvispopulatie ruim beneden de door het Rijk gehanteerde grens. De grens is het met 95% zekerheid niet verder afnemen van de populatie dan tot 95% van de totale Nederlandse bruinvispopulatie (geschat op 51.000 dieren).

6.6 Onderzoek UK, Whitby

Egdon Resources U.K. Limited heeft een 3D seismisch onderzoek uitgevoerd te Whitby in de zuidelijk Noordzee (blok UKCS 41). Het onderzoeksgebied heeft een omvang van 438 vierkante kilometer en een waterdiepte van 30 meter oplopend tot maximaal 60 meter. Voorafgaand aan het seismisch onderzoek is een geluidstudie uitgevoerd waarbij een rekenmodel voor deze specifieke locatie is opgesteld. Het rekenmodel is opgesteld om de risico's op gehoorschade en gedragsverandering op het zeeleven, met name op zoogdieren zoals bruinvissen en zeehonden in en nabij het onderzoeksgebied, vast te stellen.

De bron bestaat uit een enkele air gun reeks met een gezamenlijk volume van 2.495 *cubic inches* (*cu. in.*) Deze bron is werkzaam op een diepte 6 meter en wordt om de 5 seconden geactiveerd. Verder worden de opnamen verzorgd door 6 streamers. De snelheid van het onderzoeksschip is 4,7 knopen ofwel 8,7 kilometer per uur. De duur van het onderzoek is 23 dagen. De airgun is van het type Boltgun 1900LLXT/1500LL en bestaat uit 22 actieve delen, de werkdruk is ten slotte 2000 pounds per square inch (PSI).

Het rekenmodel betreft het Gundalf Designer software pakket (2018) en maakt gebruik van de NOAA technische richtlijn (NMFS, 2018) met weegfactoren voor zeezoogdieren volgens Finneran (2015, 2016). De rekenresultaten worden beoordeeld op:

- NMFS (2018) Tijdelijke verschuiving van de gehoordrempel 'TTS onset' voor impulsachtig geluid middels piekgeluiddruk (*Peak SPL*) en 24 uurs geluiddosis (*SEL24hr*);
- NMFS (2018) Permante verschuiving van de gehoordrempel 'PTS onset' voor impulsachtig geluid middels piekgeluiddruk (*Peak SPL*) en 24 uurs geluiddosis (*SEL24hr*);
- NMFS (2013) Gedragsverandering voor impulsachtig geluid op basis van de effectieve waarde van de geluiddruk (*RMS*) SPL van 160 dB re 1 µPa.

De geluidnormen voor TTS en PTS verschillen voor elke groep zeezoogdieren. De norm voor gedragsverandering van 160 dB re 1 µPa is echter identiek voor alle groepen zeezoogdieren. De groepen LF (*Low-frequency cetaceans*), MF (*Mid-frequency cetaceans*) en HF (*High-frequency cetaceans*) betreffen ter indicatie achtereenvolgens balein walvissen, dolfijnen en bruinvissen. Zeehonden vormen de groep PW (Phocid pinnipeds in Water).

De afstanden tot TTS, PTS en gedragsverandering zijn opgenomen in tabel 4-9 van de rapportage ref: 425.09284.00001 versie 02 'Whitby 3D Seismic Survey, prepared for: Egdon Resources U.K. Limited' d.d. juli 2019 door SLR Consulting Limited.

Table 4-9 Zones of impact – marine mammals

Seismic survey impacts on marine mammals	Marine mammal hearing group	Zones of impact – distances from the array source to relevant threshold levels			
		Criteria - Pk SPL, dB re 1µPa	Zones of impact, m	Criteria - Weighted SEL_{24hr}, dB re 1µPa²·S	Zones of impact, m
PTS on-set	LF	219	250	183	3,500
	MF	230	50	185	<10
	HF	202	2,000	155	200
	PW	218	300	185	200
	OW	232	40	203	<10
TTS on-set	LF	213	600	168	20,000
	MF	224	120	170	80
	HF	196	4,000	140	4,000
	PW	212	700	170	4,000
	OW	226	100	188	150
Behavioural changes	All hearing groups	160 (RMS SPL, dB re 1µPa)	12,000	N/A	N/A

De impact van seismisch onderzoek op zeezoogdieren wordt gekwalificeerd als 'laag'. In deze kwalificatie zijn de volgende factoren doorslaggevend.

- de beperkte onderzoeksduur van 23 dagen. Volgens Southall et al. (2007) is het onwaarschijnlijk dat een kortdurende verstoring van normaal gedrag de populatie beïnvloedt;
- de periode van het jaar (de maand oktober) waarin de meest zeezoogdieren met slechts een lage dichtheid in het onderzoeksgebied (blok 41) aanwezig zijn.

Om risico's te minimaliseren zijn de onderstaande maatregelen in principe mogelijk:

- de aanwezigheid van een opgeleide waarnemer aan boord van het onderzoeksschip. Deze waarnemer zal het uur voorafgaand aan het seismisch onderzoek een gebied met een straal van 500 meter vanaf het schip visueel onderzoeken. Als zeezoogdieren binnen de straal van 500 meter worden waargenomen, zal een zogenoemde softstart worden toegepast;
- Monitoring van onderwatergeluid veroorzaakt door zeezoogdieren, de interpretatie van de geluiden vereist een opgeleide operator. Dit systeem wordt ook aangeduid als PAM, Passive Acoustic Monitoring.

Ten slotte wordt geconcludeerd dat bij vissen fysieke schade op korte afstanden van de bron kan optreden. Het meest gevoelig voor PTS zijn vissen met zwemblaas, PTS treedt op tot 150 meter uit de geluidbron. TTS bij vissen met en zonder zwemblaas treedt tot globaal 1000 meter uit de geluidbron op.

6.7 Bevindingen

De bevindingen ten aanzien van onderwatergeluid vanwege seismisch onderzoek zijn als volgt.

- Door seismisch onderzoek zullen de tijdelijke en permanente verschuiving van de gehoordrempel TTS en PTS bij zeezoogdieren niet op grote schaal optreden, desondanks is het toepassen van maatregelen aan de orde. Deze maatregelen hebben als doel om alle zeezoogdieren die in de nabijheid van het schip zijn te verjagen en te voorkomen dat de bronnen op vol vermogen zijn als er nog zeezoogdieren in de omgeving van het schip worden waargenomen. De standaardmaatregelen bestaan uit de aanwezigheid van een opgeleide waarnemer (*MMO*) en de monitoring van onderwatergeluid (*PAM*).
- Gedragsverandering door mijding van het onderzoeksgebied is door 3D seismisch onderzoek te verwachten op een afstand van globaal 12 kilometer. Bij shallow seismisch onderzoek is deze afstand beduidend korter. De vuistregel leidt tot de verwachting van een halvering van de genoemde afstand. Naast dat shallow seismisch onderzoek slechts een klein gebied van veelal enkele vierkante kilometers betreft, is het onderzoek ook korter en is de geluidbron minder krachtig dan bij 3D seismisch onderzoek.
- Op grond van het Nederlands Noordzeeakkoord bestaan twee voorwaarden voor 3D seismisch onderzoek. Ten eerste dient 3D onderzoek zoveel mogelijk buiten de voortplantingsperiode van bruinvissen plaats te vinden. Dit is de periode van 1 mei tot 1 september. Ten tweede worden, indien mogelijk, de minst luide airguns ingezet. Deze bronmaatregel betreft airguns die weinig hoge frequenties veroorzaken, zoals eSource airguns.
- De inzet van een ROV ten behoeve van Aramis behoort tot de mogelijkheden. Eventueel worden door ROV's ook akoestische signalen gebruikt, naar verwachting met een verwaarloosbare impact op de omgeving. Belangrijker is dat een ROV inspectie kan leiden tot verdere metingen van de zeebodem en/of metingen naar gasdoorsijpeling met behulp van 3D seismisch onderzoek.

7 Milieueffecten tijdens onvoorziene situaties

Als de pijpleiding en/of riser het begeeft en leidt tot een sterke uitstroom van CO_2, veroorzaakt dit onderwatergeluid. Het ontwerp en onderhoud van de zeeleiding en risers is er op gericht dat het optreden van een eventuele lekkage vrijwel onmogelijk is. Mocht toch een lekkage optreden, dan zal dit tijdelijk en lokaal tot een intensieve uitstroom kunnen leiden, met aanzienlijke geluidsniveaus tot gevolg.

8 Samenvatting

De geluiduitstraling onderwater ten gevolge van Aramis veroorzaakt mogelijk effecten op het marine ecosysteem. De voorliggende studie naar onderwatergeluid is input voor de effectbepaling bij het thema natuur. In de natuurtoets komen de eventuele effecten van de in de voorliggende rapportage genoemde activiteiten aan bod, tabel 8-1 geeft een overzicht van de mijdingsafstanden voor bruinvissen en zeehonden.

Tabel 8-1. Overzicht potentieel relevante activiteiten voor onderwatergeluid met mijdingsafstand in kilometer

Activiteit	Mijdingsafstand in kilometer		
	Bruinvis	Zeehond	Opmerking
Aanlegfase			
Pijpleiding leggen	Verwaarloosbaar klein	2,3	Weging bij bruinvis toegepast. Schip 18 MW
Aansluitleidingen aanleggen	Verwaarloosbaar klein	2,3	Weging bij bruinvis toegepast. Schip 18 MW
Machinegeluid platform en wegboren pluggen	10	10	Deze activiteit speelt ook bij ontmanteling
Jetties heien	(20)	(3,9)	N.B. De verstoringsoppervlakte is kleiner namelijk ca. 9 km^2 i.v.m. de geometrie van de haven
Heien verankeringspalen	7	4,3	Op basis van de norm van 164 dB re 1 μPa^2s op 750 meter van de heilocatie
Heien conductorpijpen	5,5	4,1	
Baggeren	Verwaarloosbaar klein	2,3	Vergelijkbaar met de mijdingsafstand van het leggen van de pijpleiding
Gebruiksfase			
Varen middelgroot schip	0,3	0,3	
Nestgeluid en lossen barge	0,15	0,15	
Seismiek			
Seismisch onderzoek 3D/4D	12	12	
Shallow seismisch onderzoek	6	6	Halve mijdingsafstand van het seismisch onderzoek 3D/4D

Tijdens de gebruiksfase van de CO_2 injectie-installaties treden onderwater geen geluidniveaus op die een relevante invloed hebben op vissen en zeezoogdieren. De bouwfase is duidelijk luider, geluidrelevant zijn dan vooral de bedrijfssituaties met de inzet van een pijplegschip, (hei- en boor-) werkzaamheden aan de platforms en heiwerk ter realisatie van de aanlegsteigers in de haven.

Uit indicatieve berekeningen blijkt dat het pijplegschip en de situatie tijdens werkzaamheden aan de platforms worden gemeden door bruinvissen en zeehonden tot op afstanden van respectievelijk maximaal ca. 2 en 10 kilometer. De bruinvissen en zeehonden zullen het heiwerk eveneens mijden en er zal mogelijk ook PTS optreden. De berekende afstand voor PTS bij bruinvissen en zeehonden door heiwerk in de haven is achtereenvolgens 3 kilometer en ruim één kilometer. Bruinvissen en zeehonden zullen het heiwerk in de haven in theorie mijden tot op een afstand van meer dan 3 kilometer, hierbij moeten we vermelden dat alle berekende waarden behoren bij situaties waarin geluid zich vrij kan uitbreiden in alle richtingen. In de haven is hier zeker geen sprake van en zijn de berekende grote afstanden als minder reëel te beschouwen. In de natuurtoets hanteren we voor verstoring in de haven een reële afstand van globaal 3.300 meter.

Het heien van conductorpijpen past net binnen de bandbreedte. Gelet op de berekeningen wordt aan de norm voldaan. Verankeringspalen vergen echter een mitigerende maatregel. Mitigatie bestaat uit het gebruik maken van afschrikmethodes, *soft start*, bellenschermen (zie ook bijlage 4) en/of geluidwerende mantels. Indien voorafgaand aan de werkzaamheden blijkt dat er andere geluidsarmere methoden beschikbaar zijn, is het wellicht niet nodig deze mitigerende maatregelen toe te passen.

Seismisch onderzoek is geen onderdeel van het MER. Echter, er is bekeken in hoeverre seismisch onderzoek in het verlengde van de ontwikkeling van Aramis mogelijk is. Gedragsverandering door mijding van het onderzoeksgebied is door 3D/4D seismisch onderzoek te verwachten op een afstand van globaal 12 kilometer. Bij shallow seismisch onderzoek is deze afstand beduidend korter, naar verwachting een halvering van de genoemde afstand. Naast dat shallow seismisch onderzoek slechts een klein gebied van veelal enkele vierkante kilometers betreft, is de geluidbron ook minder krachtig dan bij 3D seismisch onderzoek. Met de benodigde mitigerende maatregelen en aanpassingen is seismisch onderzoek uitvoerbaar.

Bijlage

1. NOAA Fisheries Acoustic Thresholds

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

NOAA Fisheries Acoustic Thresholds

Feburary 2023

Onset of Permanent Threshold Shift (PTS) (NMFS 2018)

	PTS Onset Thresholds*	
Hearing Group	**Impulsive**	**Non-impulsive**
Low-Frequency (LF) Cetaceans	*Cell 1* $L_{p,0\text{-pk,flat}}$: 219 dB $L_{E,p,\text{LF,24h}}$: 183 dB	*Cell 2* $L_{E,p,\text{LF,24h}}$: 199 dB
Mid-Frequency (MF) Cetaceans	*Cell 3* $L_{p,0\text{-pk,flat}}$: 230 dB $L_{E,p,\text{MF,24h}}$: 185 dB	*Cell 4* $L_{E,p,\text{MF,24h}}$: 198 dB
High-Frequency (HF) Cetaceans	*Cell 5* $L_{p,0\text{-pk,flat}}$: 202 dB $L_{E,p,\text{HF,24h}}$: 155 dB	*Cell 6* $L_{E,p,\text{HF,24h}}$: 173 dB
Phocid Pinnipeds (PW) (Underwater)	*Cell 7* $L_{p,0\text{-pk,flat}}$: 218 dB $L_{E,p,\text{PW,24h}}$: 185 dB	*Cell 8* $L_{E,p,\text{PW,24h}}$: 201 dB
Otariid Pinnipeds (OW) (Underwater)	*Cell 9* $L_{p,0\text{-pk,flat}}$: 232 dB $L_{E,p,\text{OW,24h}}$: 203 dB	*Cell 10* + $L_{E,p,\text{OW,24h}}$: 219 dB

February 2023

Underwater Level B Harassment Acoustic Thresholds (NOAA 2005)

Source type	Threshold
Continuous	$L_{p,\text{RMS,flat}}$: 120 dB re 1 µPa
Non-explosive impulsive or intermittent	$L_{p,\text{RMS,flat}}$: 160 dB re 1 µPa

For in-air sounds, NMFS predicts that harbor seals exposed to RMS received levels ≥90 dB re 20 µPa will be behaviorally harassed, and other pinnipeds will be harassed when exposed to RMS received levels ≥100 dB re 20 µPa.

In-Air Level B Harassment Acoustic Thresholds (Southall et al. 2007; NOAA 2009)

Species/Group	Threshold*
Harbor seal	$L_{p,\text{RMS,flat}}$: 90 dB re 20 µPa
All other pinnipeds	$L_{p,\text{RMS,flat}}$: 100 dB re 20 µPa

* A cumulative sound exposure level threshold of 100 dB re 20 µPa (DoN 2017) has been used for Navy military readiness activities. NMFS is currently in the process of re-evaluating the Navy's threshold.

Bijlage

2. Jetties (B7a)

Schatting effectafstanden PTS door heiwerk aan de aanlegsteigers

Royal HaskoningDHV

Jetties (B7a), schatting effectafstanden PTS door heiwerk aan de aanlegsteigers

Rekentool NMFS d.d. 2018 'Technical Guidance For Assessing the Effects of Anthropogenic Noise on Marine Mammal Hearing: Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts (Version 2.0)'

E.1-2: ALTERNATIVE METHOD TO CALCULATE PK AND SEL_{cum} (SINGLE STRIKE EQUIVALENT)		
Unweighted SEL_{cum} (at measured distance) = SEL_{ss} + 10 Log (# strikes)	**219,0**	
SEL_{cum}		
Source Level (Single Strike SEL)	183	
Number of strikes per pile	2000	
Number of piles per day	2	
Propagation (xLogR)	15	
Distance of single strike SEL measurement (meters)+	10	
+Unless otherwise specified, source levels are referenced 1 m from the source.		

Weging bij impulsachtig (hei-)geluid

WEIGHTING FUNCTION CALCULATIONS

Weighting Function Parameters	Low-Frequency Cetaceans	Mid-Frequency Cetaceans	High-Frequency Cetaceans	Phocid Pinnipeds	Otariid Pinnipeds
a	1	1,6	1,8	1	2
b	2	2	2	2	2
f_1	0,2	8,8	12	1,9	0,94
f_2	19	110	140	30	25
C	0,13	1,2	1,36	0,75	0,64
Adjustment (dB)†	-0,01	-19,74	-26,87	-2,08	-1,15

$$W(f) = C + 10\log_{10}\left\{\frac{(f/f_1)^{2a}}{[1+(f/f_1)^2]^a[1+(f/f_2)^2]^b}\right\}$$

Rekenresultaat rekening houdend met de weegfactoren:

Hearing Group	Low-Frequency Cetaceans	Mid-Frequency Cetaceans	High-Frequency Cetaceans	Phocid Pinnipeds	Otariid Pinnipeds
SEL_{cum} Threshold	183	185	155	185	203
PTS Isopleth to threshold (meters)	**2.516,4**	**89,5**	**2.997,4**	**1.346,7**	**98,0**

Bijlage

3. Jetties (B7b)

Mijding bij heiwerk met heihamer aan de aanlegsteiger.
Impulsachtig geluid door 'impact pile driving'

Jetties (B7b), mijding bij heiwerk met heihamer aan de aanlegsteiger. Impulsachtig geluid door 'impact pile driving'

Bron van onderwater geluid	Mijding gerelateerd				
	Diersoort	Drempel mijding SEL1 in dB re 1 µPa²s	SEL1 op 10m	SEL1 op 100m**	Mijding*** op afstand in m
Heiwerk steiger	Bruinvis	140	183	163	ongewogen 19.953 (en gewogen 41)
	Zeehond*	145	183	163	3908
*drempel zeehond betreft in tegenstelling tot de bruinvis een (M-)gewogen waarde					
**site specific attenuation factor F voor ondiep water is 15 tot 30, gehanteerd is F=20					
***In de berekening van de mijdingsafstand is voor zeehonden een (M-)weging toegepast					

Bijlage

4. Geluidreducerende maatregelen bij heiwerk verankeringspalen centrale eindpunt en nieuwe platforms (B2, B8)

Geluidreducerende maatregelen bij heiwerk verankeringspalen centrale eindpunt en nieuwe platforms (B2, B8)

De onderstaande lijst met maatregelen is afkomstig van memorandum TNO 2020 M10542A ‘Onderwatergeluidsberekeningen voor gasboringsproject ONE-Dyas’ d.d. 23 september 2020.

De berekende overschrijdingen van de norm kunnen met behulp van in de markt beschikbare maatregelen gemitigeerd worden, zie bijvoorbeeld het overzicht in Tabel 7. De speciaal voor windturbinefundaties ontwikkelde maatregelen in deze tabel (NMS en HSD) zijn niet direct toepasbaar voor de platformpalen.

Tabel 7: overzicht van de bandbreedte aan geluidreducties die eerder zijn behaald met diverse maatregelen (NAS = underwater noise abatement systems; BBC = big bubble curtain; DBBC = double big bubble curtain; NMS = (IHC) noise mitigation system; HSD = hydro sound damper), uit (Verfuss et al, 2019)

NAS	Water depth	Noise reduction Δ SEL_{ss} (dB)
$BBC_{(>0.3m^3/(min*m)}$	~ 40 m	7 - 11
$DBBC_{(>0.3m^3/(min*m)}$	~ 40 m	8 - 13
$DBBC_{(>0.4m^3/(min*m)}$	~ 40 m	12 - 18
$DBBC_{(>0.5m^3/(min*m)}$	> 40 m	~ 15-16 (based on 1 pile)
NMS	Up to 40 m	13 - 16
HSD	Up to 40 m	10 - 12
NMS + optimised $BBC_{(>0.4m^3/(min*m)}$	~ 40 m	17-18
NMS + optimised $BBC_{(>0.5m^3/(min*m)}$	~ 40 m	18-20
HSD + optimised $BBC_{(>0.4m^3/(min*m)}$	~ 30 m	15-20
HSD + optimised $DBBC_{(0.48m^3/(min*m)}$	20-40 m	15-28
HSD + optimised $DBBC_{(> 0.5m^3/(min*m)}$	< 45 m	18-19

N.B. Volgens het memorandum zijn de specifiek voor windturbinefundaties ontwikkelde maatregelen NMS (pipe-in-pipe system) and HSD-Nets (Hydro-Sound-Damper) niet direct geschikt voor platformpalen.



Royal HaskoningDHV is een onafhankelijk internationaal advies- en ingenieursbureau. We combineren 140 jaar engineering- en ontwerpexpertise met consultancy, software en technology diensten. We leveren hiermee toegevoegde waarde voor klanten en hebben een positieve impact op mensen en onze leefomgeving. Dat is onze drijfveer: Enhancing Society Together. Daar hoort bij dat we onszelf en anderen voortdurend uitdagen om bij te dragen aan duurzame oplossingen voor lokale en wereldwijde vraagstukken in de gebouwde omgeving en de industrie.

In onze snel veranderende wereld wordt de agenda bepaalt door onder meer klimaatverandering, de digitale transformatie, een veranderende consumentenvraag en hybride werken. Met onze geïntegreerde duurzame oplossingen willen we bijdragen aan het bredere technologische en maatschappelijke plaatje.

Gesteund door de kennis en ervaring van meer dan 6.000 collega's werken we vanuit kantoren in meer dan 20 landen. We ondersteunen klanten om de transitie te maken naar een slimme en duurzame organisatie. We koppelen onze engineering- en ontwerpexpertise aan onze software- en technologische diensten om toegevoegde waarde te leveren voor onze klanten en de lifecycle van hun assets.

We zijn oprecht, handelen integer en transparant in al onze activiteiten, ook onze bedrijfsvoering Ons team is divers en inclusief. De veiligheid en het welzijn van mensen, in ons team en daarbuiten, staat onder alle omstandigheden voorop.

In projecten en initiatieven werken we actief samen met overheden en het bedrijfsleven, partners en stakeholders. We zien een belangrijke rol voor onszelf in innovatieve duurzame ontwikkeling en willen bijdragen aan een betere leefomgeving, nu en in de toekomst.

Ons hoofkantoor is gevestigd in Nederland en we hebben kantoren in Europa, Azie, Afrika, Australie en Amerika.

royalhaskoningdhv.com

RAPPORT

Activiteitenplan Aramis CCS

Vergunningsaanvraag in het kader van de Omgevingswet, onderdeel Soortenbescherming

Klant: Aramis CCS

Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2042

Status: Definitief/03

Datum: 23 oktober 2024

ARAMIS	**CCS-ARAMIS Project**
	Environment Impact Assessment – Baseline report
	Document No. ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2042 Document title Environmental permit Flora and Fauna activity Revision Final 3.0

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Water & Maritime

Telefoon: +31 88 348 20 00
Fax: +31 33 463 36 52
Email: info@rhdhv.com
Website: royalhaskoningdhv.com

Titel document:	Activiteitenplan Aramis CCS
Sub titel:	Vergunningsaanvraag in het kader van de Omgevingswet, onderdeel Soortenbescherming
Referentie:	ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2042
Uw kenmerk	
Status:	Definitief/03
Datum:	23 oktober 2024
Projectnaam:	Vergunningsaanvraag Aramis
Projectnummer:	BH8744-105-102
Auteur(s):	Royal HaskoningDHV
Opgesteld door:	Royal HaskoningDHV

Classificatie
Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1 Inleiding 1
1.1 Aanleiding 1
1.2 Doel 1
1.3 Leeswijzer 2

2 Wettelijk kader 3
2.1 Wettelijke bescherming natuur 3
2.2 Toetsingskader Flora en Fauna 4

3 Plangebied en afbakening Aramis initiatief 6
3.1 Locatie van het plangebied 6
3.2 Voorgenomen activiteiten 10
3.3 Planning van het project 13
3.4 Mogelijke verstoringsfactoren 15

4 Uitgevoerde onderzoeken 18

5 Aanwezigheid van beschermde natuurwaarden 19
5.1 Bruinvis 19
5.1.1 Beschermde status 19
5.1.2 Aanwezigheid in plangebied 19
5.2 Zeehonden 20
5.2.1 Beschermde status 20
5.2.2 Aanwezigheid in plangebied 20
5.3 Zeekoet 23
5.3.1 Beschermde status 23
5.3.2 Aanwezigheid in plangebied 23
5.4 Glad biggenkruid 24
5.4.1 Beschermde status 24
5.4.2 Aanwezigheid in plangebied 25
5.5 Rugstreeppad 25
5.5.1 Beschermde status 25
5.5.2 Aanwezigheid in plangebied 25
5.6 Grondbroedende vogels 26
5.6.1 Beschermde status 26
5.6.2 Aanwezigheid in plangebied 26
5.7 Grondgebonden landzoogdieren 26
5.7.1 Beschermde status 26
5.7.2 Aanwezigheid in plangebied 27

6 Effectbeoordeling zeedeel 28
6.1 Verstoring door onderwatergeluid en drukgolven 28
6.2 Effectbepaling onderwatergeluid 29
6.2.1 Effectbeoordeling bruinvis 29
6.2.2 Effectbeoordeling gewone zeehond en grijze zeehond 34
6.3 Effectbepaling optische verstoring 36
6.4 Cumulatie met andere ontwikkelingen 37
6.5 Concluderende beoordeling 38

7 Effectbeoordeling landdeel 40
7.1 Effectbeoordeling glad biggenkruid 40
7.2 Effectbeoordeling rugstreeppad 40
7.3 Effectbeoordeling grondbroedende vogels 40
7.4 Effectbeoordeling grondgebonden zoogdieren 40

8 Voorzorgsmaatregelen en mitigerende maatregelen 41
8.1 Maatregelen zeedeel 41
8.1.1 Voorzorgsmaatregelen 41
8.1.2 Mitigerende maatregelen 41
8.1.3 Conclusie 42
8.1.3.1 Zeezoogdieren 42
8.1.3.2 Zeekoet 43
8.2 Maatregelen landdeel 43
8.2.1 Voorzorgsmaatregelen 43
8.2.2 Mitigerende maatregelen 44
8.2.3 Conclusie 44

9 Wettelijk belang en alternatieven onderbouwing 46
9.1 Wettelijk belang 46
9.2 Alternatievenonderbouwing 46

10 Literatuur 53

A1 Ecologische werkprotocollen 56

A2 Rapportage soortenonderzoek 64

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De doelstelling van het project Aramis CCS betreft het mogelijk maken van een nieuwe integrale en open CCS-keten. CCS staat voor Carbon Capture and Storage, de afvang, transport en geologische opslag van CO_2. Hiermee is het mogelijk om bij de industrie afgevangen CO_2 te vervoeren naar leeg geproduceerde gasvelden onder de Noordzee, om het daar permanent op te slaan. Deze doelstelling draagt bij aan het behalen van de klimaatdoelstellingen, door het voorzien van additionele transportinfrastructuur voor CO_2.

De centrale CCS-keten zal CO_2 opvangen bij de industrie en dit geschikt maken voor transport. Vervolgens wordt de CO_2 naar de Maasvlakte getransporteerd middels de Porthos landleiding of per schip. Op de Tweede Maasvlakte zal een centraal verzamelpunt fungeren met een compressorstation en een terminal. Hier wordt de druk opgevoerd om transport per zeeleiding in vloeibare vorm mogelijk te maken. De terminal zal vloeibaar CO_2 ontvangen per schip. Om dit mogelijk te maken worden steigers, opslagtanks en hogedrukpompen gerealiseerd. De CO_2 uit het compressorstation en vanaf de terminal komen samen in de CO_2 zee-leiding. Vervolgens zal transport plaatsvinden naar het centrale platform op de Noordzee. Dit centrale platform voert de CO_2 door naar verschillende platforms middels een verdeelstation[1]. De CO_2 bereikt vervolgens de platforms waar de putten zich bevinden, hier wordt de CO_2 permanent opgeslagen in de leeg geproduceerde gasvelden. Het doel van het Aramis initiatief is om het verzamelpunt, de zeeleiding en de opslag te realiseren. De ingebruikname verwachten de Aramis initiatiefnemers in 2028, waarbij tegelijk al de eerste activiteiten zoals beschreven in de eerste uitbreidingsituatie kunnen starten. Ten behoeve van dit project is een MER opgesteld. Voor het bereiken van de maximale doorvoercapaciteit is de periode na 2028 als uitgangspunt in het MER aangehouden (Deelrapport milieueffecten, MER CO_2-transportinfrastructuur Aramis).

Het plan kan alleen worden vastgesteld, als voor het project de benodigde vergunningen worden verleend. Dit is alleen mogelijk indien uit de Soortentoets de zekerheid is verkregen dat het plan, onderscheidenlijk het project, de gunstige staat van instandhouding van beschermde flora en fauna niet zal aantasten. Om deze onderzoeksvraag te beantwoorden is een Soortentoets opgesteld (Royal HaskoningDHV, 2024a). In de Soortentoets is geconcludeerd dat er een omgevingsvergunning dient te worden aangevraagd.

Initiatiefnemer
Het Aramis consortium (bestaande uit Shell, TotalEnergies, Gasunie en EBN) werkt samen met CO_2next (voor de terminal) en Porthos (voor het compressorstation). De opslag in de diepe ondergrond vindt plaats vanaf de platforms van Shell, TotalEnergies en Eni Energy.

1.2 Doel

Het detailrapport over Soortenbescherming in het kader van het Aramis CCS-project (Royal HaskoningDHV, 2024a) fungeert als fundament voor deze vergunningsaanvraag. In het detailrapport zijn de uit te voeren activiteiten beschreven, evenals de mogelijke impact ervan op de aanwezige beschermde soorten. Het oorspronkelijke doel van het Detailrapport Soortenbescherming is een onderzoek naar aanwezigheid van beschermde flora en fauna in het onderzoeksgebied in de vorm van een Quickscan Soortenbescherming. Alle essentiële informatie uit het Detailrapport Soortenbescherming is in dit activiteitenplan geïntegreerd. Het onderhavige rapport dient voor de aanvraag Omgevingsvergunning Flora en Fauna activiteit, een noodzakelijke stap zoals geïdentificeerd in de Quickscan Soortenbescherming. In het Detailrapport Soortenbescherming is geconcludeerd dat er sprake is van overtreding van de Ow in het geval van zeezoogdieren en de zeekoet. Dit activiteitenplan gaat daarom in op de bruinvis (*Phocoena phocoena*), gewone zeehond (*Phoca vitulina*), grijze zeehond (*Halichoerus grypus)* en de zeekoet (*Uria aalge*).

De werkzaamheden op zee omvatten de aanleg van een zeeleiding, het aanpassen van platform L4-A, de realisatie van twee nieuwe platforms (L10-R en K14-FA), het boren van nieuwe putten, en de aanleg van

[1] *Uitzondering is het platform van Shell, dat rechtstreeks op de zeeleiding wordt aangesloten.*

een centraal eindpunt (D-HUB). Om deze werkzaamheden uit te kunnen voeren zal het scheepverkeer in het plangebied toenemen. Ook het aantal helikoptervluchten zal toenemen en er zal een tijdelijke toename zijn van impulsgeluid door onder andere de heiwerkzaamheden. Naast geluidseffecten, heeft mogelijk de toename van beweging en licht in de plangebieden een effect op de zeezoogdieren. Dit activiteitenplan en de daarin gegeven beschrijving van relevante studies en informatie dient als ondersteuning voor de aanvraag Omgevingsvergunning Flora en Fauna activiteit.

De vergunningaanvraag bestaat uit het aanvraagformulier in het DSO met als bijlagen dit Activiteitenplan, de Natuurtoets Soorten en een begeleidende brief

De volgende onderdelen worden in dit activiteitenplan besproken en beantwoord:

- Welke soorten komen voor in het onderzoeksgebied en welke ecologische functies heeft dit gebied voor deze soorten?
- Wat is de staat van instandhouding van de diverse soorten?
- Welke conclusies kunnen er getrokken worden aan de hand van de huidige informatie en studies?
- Wat zijn de effecten van het Aramis initiatief op deze soorten?
- Zijn er alternatieve onderzoeksmethoden, waardoor deze soorten minder verstoord worden?
- Welke maatregelen kunnen worden genomen om de mogelijke negatieve effecten te verminderen?

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is het wettelijk kader beschreven waarbinnen de effectbeoordeling van de voorgenomen activiteit valt. In hoofdstuk 3 is de locatie van het plangebied beschreven, de huidige en toekomstige situatie geschetst en uitgelegd wat de voorgenomen activiteit inhoudt. Hoofdstuk 4 geeft inzicht in welke onderzoeken zijn gebruikt voor het opstellen van de Soortentoets. In hoofdstuk 5 is de aanwezigheid van beschermde soorten beschreven.

In hoofdstuk 6 zijn de conclusies van de effectbeoordeling uit de Soortentoets samengevat. Er is beschreven wat het effect van de voorgenomen activiteit is en welke verbodsbepalingen van de Omgevingswet hierdoor worden overtreden. Ook zijn in dit hoofdstuk de berekeningen voor onderwatergeluid, afkomstig uit de Passende Beoordeling, uitgewerkt.

Daarna is in hoofdstuk 7 beschreven welke maatregelen worden uitgevoerd om negatieve effecten op de gunstige staat van instandhouding van de soort te voorkomen. Hoofdstuk 8 geeft de dwingende reden van groot openbaar belang weer, waarna als laatste de alternatievenafweging is besproken.

2 Wettelijk kader

In de wetgeving zijn de Europese habitat- en vogelrichtlijnen geïmplementeerd. Dit omvat de soortenbescherming van inheemse flora en fauna en specifiek gebiedsbescherming van Natura 2000-gebieden. Daarnaast is bescherming van overige nationaal beschermde soorten en houtopstanden in het buitengebied wettelijk geregeld.

Natuurwaarden en biologische diversiteit zijn per 1 januari 2024 beschermd via de Omgevingswet (Ow). In deze wet zijn alle wetten voor de leefomgeving opgenomen, waaronder de Wet natuurbescherming (Wnb) en Wet ruimtelijke ordening (Wro) waarin de planologische bescherming van natuur is geregeld.

2.1 Wettelijke bescherming natuur

De Wnb (vigerend 2017-2023) en bijbehorende wetsartikelen zijn als algemene rijksregels opgenomen in het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal) van de Ow. De werking van de Wnb ten aanzien van natuur wijzigt hierdoor niet.

De Ow omvat rijksregels die de volgende algemene doelen hebben:

- het beschermen en ontwikkelen van de natuur;
- het behouden en herstellen van biologische diversiteit;
- het doelmatig beheren, gebruiken en ontwikkelen van de natuur en het verzekeren van een samenhangend beleid gericht op het behoud en beheer van waardevolle landschappen.

Deze algemene doelenbepaling beoogt actieve soortenbescherming anders dan de vorm van passieve soortenbescherming via de verbodsbepalingen gericht op een nalaten. De opdracht aan bestuursorganen is om actief beleid te voeren teneinde een gunstige staat van instandhouding van de soorten te bereiken. Deze verplichting om aan actieve soortenbescherming te doen, vloeit voort uit de Vogel- en Habitatrichtlijn.

De zorgplicht van het Wnb is in het Bal nader geconcretiseerd in een specifieke zorgplicht voor Natura 2000 (art. 11.6) en inheemse soorten (art. 11.27).

Specifieke zorgplicht
(art. 11.6 Natura 2000-activiteit; art 11.27 Flora en fauna activiteit)
1) Degene die een *Natura 2000 of flora en fauna activiteit* verricht en weet of redelijkerwijs kan vermoeden dat die activiteit nadelige gevolgen kan hebben voor het belang, is verplicht:
a) alle maatregelen te nemen die redelijkerwijs van diegene kunnen worden gevraagd om die gevolgen te voorkomen;
b) voor zover die gevolgen niet kunnen worden voorkomen: die gevolgen zoveel mogelijk te beperken of ongedaan te maken; en
c) als die gevolgen onvoldoende kunnen worden beperkt: die activiteit achterwege te laten voor zover dat redelijkerwijs van diegene kan worden gevraagd.

De Ow en het bijbehorende Bal regelen activiteiten die met natuur te maken hebben. Deze natuuractiviteiten gaan over dieren en planten in het wild en gebieden waarin ze leven. In het Bal zijn drie beschermingstypen met een eigen toetsingskader te onderscheiden:

- Natura 2000-gebieden;
- Flora en fauna (inheems);
- Houtopstanden (buiten de bebouwde kom).

In de Soortentoets is getoetst aan het toetsingskader voor flora en fauna.

Het bevoegd gezag, voor het al dan niet verlenen van vergunningen en/of vrijstellingen, is de provincie of de rijksoverheid. De rijksoverheid is het bevoegd gezag voor onder andere de rijks- en spoorwegen, grote

wateren en defensieterreinen. Het bevoegd gezag voor dit project is op basis van het Omgevingsbesluit de Minister voor Natuur en Stikstof[2], nu de Minister van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur.

2.2 Toetsingskader Flora en Fauna

De kern van de bescherming van inheemse soorten is dat de gunstige 'staat van instandhouding' van in het wild levende planten- en diersoorten wordt beschermd en behouden. Deze bescherming volgt ook direct uit de Europese Habitat- en Vogelrichtlijn die verder met soorten is aangevuld met voor Nederland bijzondere en bedreigde soorten. Een activiteit mag geen blijvende negatieve invloed hebben op de staat van instandhouding van soorten (SvI). Dat houdt in dat de soort ook op langere termijn kan blijven bestaan. Het effect is afhankelijk van de omvang van het project en moet beoordeeld worden op lokaal, regionaal en/of landelijk niveau.

Anders dan bij de gebiedsbescherming is bij inheemse flora en fauna al het leefgebied beschermd. Dat kan overal zijn en is niet strikt verbonden aan een natuurgebied. Zo komen ook in andere, niet-natuurgebieden meerdere beschermde soorten voor zoals vleermuizen, huismussen, amfibieën en ringslang.

Rijksregels

De bescherming van inheemse soorten is sinds 1 januari 2024 geregeld in Bal § 11.2. Het beschermingsregime van soorten en verbodsbepalingen is hierdoor niet gewijzigd (Tabel 2-1).

Voor de inheemse soorten gelden verschillende beschermingsregimes. Deze zijn:

- Vogelrichtlijnsoorten Ow Bal § 11.2.2 (voorheen Wnb § 3.1 Wnb)
- Habitatrichtlijnsoorten Ow Bal § 11.2.3 (voorheen Wnb § 3.2 Wnb)
- Andere soorten Ow Bal § 11.2.4 (voorheen Wnb § 3.3 Wnb)

De bescherming van Vogel- en Habitatrichtlijnsoorten kent een zwaardere bescherming dan de andere soorten die van nationaal belang zijn. De andere soorten betreffen soorten die van nationaal belang zijn en onder druk staan (o.a. Rode lijst). Voor de inheemse soorten die niet in de bijlagen van de Omgevingswet zijn opgenomen geldt de specifieke zorgplicht (Ow Bal § 11.27).

Tabel 2-1. Soortenbescherming: overzicht verbodsartikelen Omgevingswet met Besluit activiteiten leefomgeving (Ow Bal). HR: Habitatrichtlijn. VR: Vogelrichtlijn. N.v.t.: Niet van toepassing.

Verbodsbepalingen Vogelrichtlijn Ow Bal art.11.37	Verbodsbepalingen Habitatrichtlijn Ow Bal art.11.46	Verbodsbepalingen Andere soorten Ow Bal art. 11.54
Bal art. 11.37 1a. Het is verboden opzettelijk van nature in Nederland in het wild levende vogels van soorten als bedoeld in artikel 1 van de Vogelrichtlijn te doden of te vangen.	**Bal art 11.46 1a** Het is verboden in het wild levende dieren HR IV soorten (Verdrag Bern en Bonn) in hun natuurlijk verspreidingsgebied opzettelijk te doden of te vangen.	**Bal art. 11.54 1a** Onverminderd artikel 3.5, eerste, vierde en vijfde lid, is het verboden in het wild levende dieren, genoemd in Wnb bijlage A/Bal bijlage IX onder A, opzettelijk te doden of te vangen;
Bal art. 11.37 1b Het is verboden opzettelijk nesten, rustplaatsen en eieren van vogels als bedoeld in het eerste lid te vernielen of te beschadigen, of nesten van vogels weg te nemen.	**Bal art 11.46 1d** Het is verboden de voortplantingsplaatsen of rustplaatsen van dieren als bedoeld in het eerste lid te beschadigen of te vernielen.	**Bal art. 11.54 1b** Onverminderd artikel 3.5, eerste, vierde en vijfde lid, is het verboden de vaste voortplantingsplaatsen of rustplaatsen opzettelijk te beschadigen of te vernielen.
Bal art. 11.37 1c Het is verboden eieren van vogels als bedoeld in het eerste lid te rapen en deze onder zich te hebben.	**Bal art. 11.46 1c** Het is verboden eieren van dieren als bedoeld in het eerste lid in de natuur opzettelijk te vernielen of te rapen.	N.v.t.
Bal art. 11.37 1d Het is verboden vogels als bedoeld in het eerste lid opzettelijk te storen.	Bal **art 11.46 1b** Het is verboden dieren als bedoeld in het eerste lid opzettelijk te verstoren.	N.v.t.

[2] *Zie Omgevingsbesluit art. 4.12 lid 1 onder b. "Onze Minister voor Natuur en Stikstof beslist op een enkel- of meervoudige aanvraag om een omgevingsvergunning als de aanvraag alleen betrekking heeft op een of meer van de volgende activiteiten:*
a. een Natura 2000-activiteit van nationaal belang; of
b. een flora- en fauna-activiteit van nationaal belang"

Verbodsbepalingen Vogelrichtlijn Ow Bal art.11.37	Verbodsbepalingen Habitatrichtlijn Ow Bal art.11.46	Verbodsbepalingen Andere soorten Ow Bal art. 11.54
Bal art. 11.37 3 Het verbod geldt niet als de storing niet van wezenlijke invloed is op de staat van instandhouding van de desbetreffende vogelsoort.		
N.v.t.	**Bal art. 11.46 1e**. Het is verboden planten HR (en Verdrag van Bern) in hun natuurlijke verspreidingsgebied opzettelijk te plukken en te verzamelen, af te snijden, te ontwortelen of te vernielen	**Bal art. 11.54 1c** Onverminderd artikel 3.5, eerste, vierde en vijfde lid, is het verboden vaatplanten genoemd in Wnb bijlage B/ Bal bijlage IX onder B, in hun natuurlijke verspreidingsgebied opzettelijk te plukken en te verzamelen, af te snijden, te ontwortelen of te vernielen.

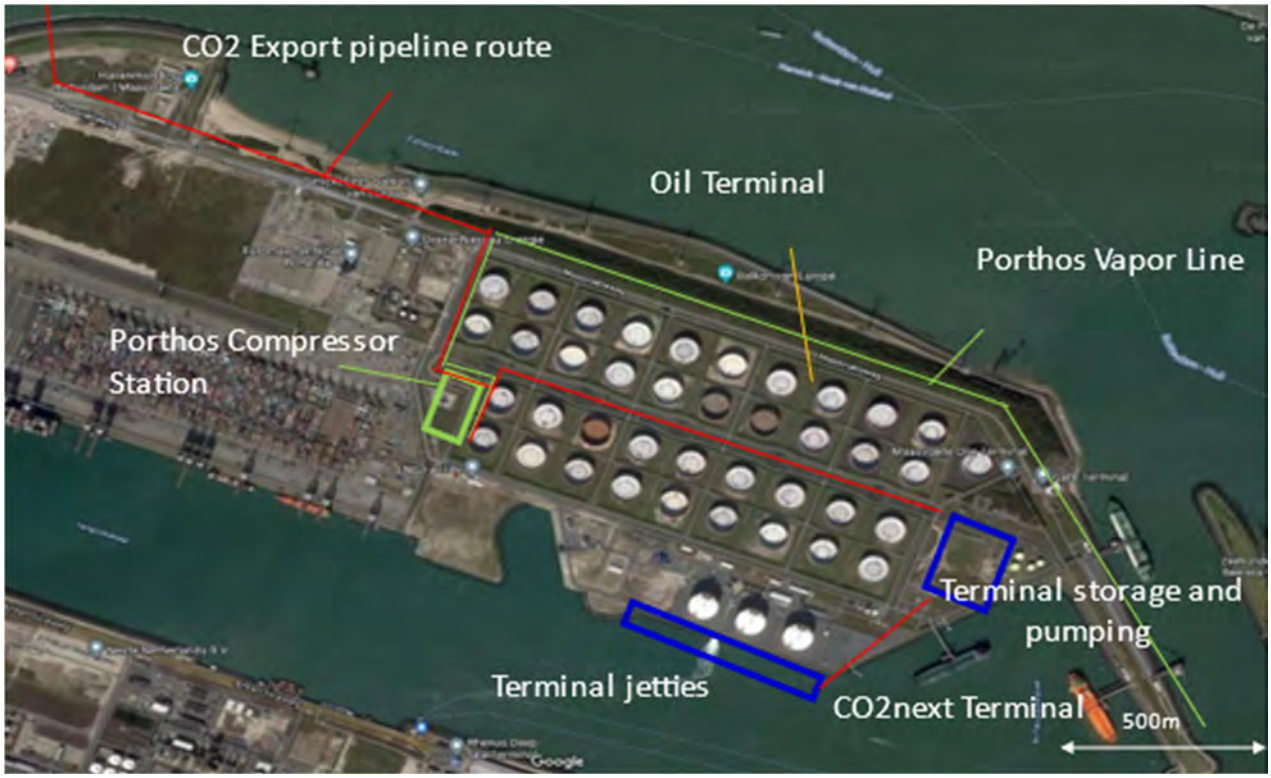
3 Plangebied en afbakening Aramis initiatief

3.1 Locatie van het plangebied

Het plangebied bestaat uit twee deelgebieden:

- Het landdeel, bestaande uit het Rotterdamse havengebied, en Maasvlakte (Figuur 3-1);
- Het zeedeel, bestaande uit de Noordzee, waarbij de Voordelta en de Maasgeul worden gepasseerd (Figuur 3-2).

Landdeel
De Aramis transportleiding op de Maasvlakte is gepland in de leidingstrook van Leidingenbureau Rotterdam en wordt beheerd door het Havenbedrijf Rotterdam (HbR) (Figuur 3-1). De overige onderdelen bevinden zich op de Maasvlakte, deels op het terrein van MOT en Gate. De Maasvlakte is onderdeel van het Rotterdamse havengebied.



Figuur 3-1. Locaties van het compressor station, de terminal en de pijplegroute.

In het plangebied op land kunnen de volgende soorten voorkomen: algemeen voorkomende beschermde zoogdieren (konijn en vos), vleermuizen, broedvogels, glad biggenkruid, en de rugstreeppad (*Epidalea calamita)* (Royal HaskoningDHV, 2024a). Glad biggenkruid (*Hypochaeris glabra)* en de rugstreeppad vallen onder het Managementplan beschermde soorten van het havenbedrijf en de aanvullende Gedragscode Wet natuurbescherming Havenbedrijf Rotterdam 2020-2025[3]. Om te voldoen aan gebiedsontheffing van het havenbedrijf, wordt gewerkt conform de bijbehorende werkprotocollen. Voor algemeen voorkomende beschermde zoogdieren en broedvogels geldt dat ze niet vallen onder het Managementplan beschermde soorten, maar dat overtreding van de Ow dient te worden voorkomen door het nemen van voorzorgsmaatregelen. Deze voorzorgsmaatregelen worden samen met de maatregelen uit het Managementplan ten aanzien van glad biggenkruid en de rugstreeppad opgenomen in een project specifiek ecologisch werkprotocol (bijlage 1). De werkzaamheden kunnen pas worden uitgevoerd na goedkeuring van het havenbedrijf en dienen plaats te vinden onder begeleiding van een erkend ecoloog.

[3] *https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/09/Gedragscode-Wet-natuurbescherming-Havenbedrijf-Rotterdam-2020-2025_0.pdf*

De voorliggende vergunningsaanvraag betreft het zeedeel en het landdeel.

Zeedeel
Het omgevingsplan van Rotterdam is geldig tot 1 kilometer vanaf de kust. Als gevolg daarvan moet het leidingtracé onder de Maasgeul in het (tijdelijk) omgevingsplan worden opgenomen. De 12 mijls-zone geeft de territoriale grens van Nederland aan. Voorbij deze zone bevindt zich de Exclusieve Economische Zone (EEZ), een gebied dat zich tot 200 zeemijl (370,4 km) buiten de kust uitstrekt.

De transportroute van CO_2 schepen gaat via binnenlands water en/of kustwateren. De zeeleiding bevindt zich deels binnen de territoriale wateren en het grootste gedeelte ligt in de EEZ (Figuur 3-2). De platforms bevinden zich binnen de EEZ. De EEZ wordt ook aangeduid als het Nederlands Continentaal Plat (NCP).

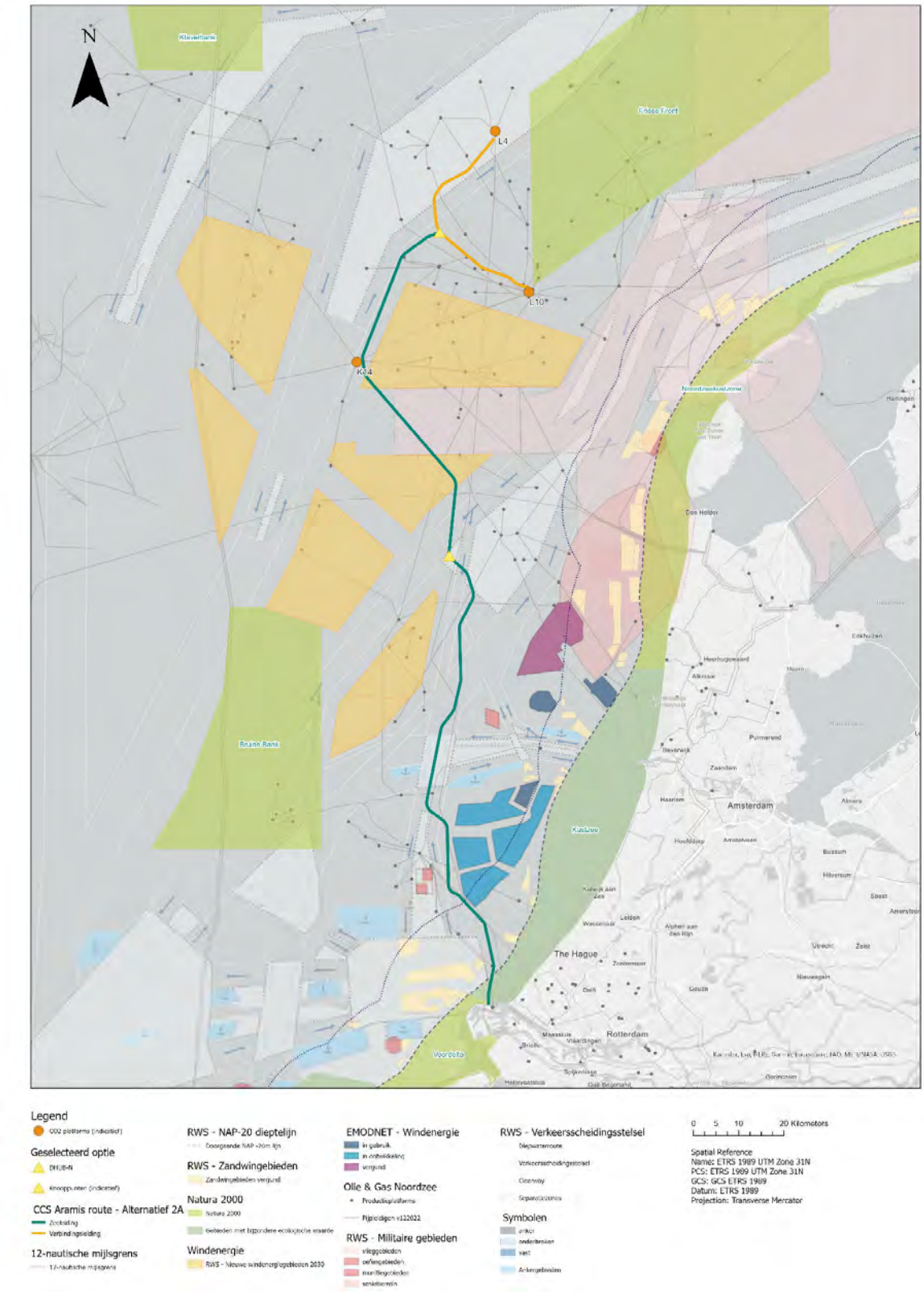
Direct ten noorden van de Maasvlakte bevindt zich de vaargeul naar de Rotterdamse haven. Deze wordt aangeduid als de Maasgeul (gelegen in de Maasmond) en is ongeveer 30 meter diep. De diepte van het geplande traject van de zeeleiding is maximaal 31 m.

De zeeleiding bevindt zich op de Noordzee en zodoende dient Aramis rekening te houden met de andere functies op de Noordzee. Dit gedeelte van de Noordzee wordt druk bevaren. Daarnaast is er visserij en militaire oefenruimte. Er komen in toenemende mate windmolens te staan.

De afstand van de pijpleiding en platforms ten opzichte van de Natura 2000-gebieden is weergegeven in Tabel 3-1.

Tabel 3-1. Afstanden van projectlocaties ten opzichte van Natura-2000 gebieden.

Type infrastructuur	Afstand tot Natura 2000-gebieden in km				
	Voordelta	Bruine Bank	Noordzee-kustzone	Friese Front	Klaverbank
Platform L4-A	192	116	69	7,8	53
Platform L10-R	156	87	41	1,6	77
Platform K14-FA	143	58	70	43	68
Eindpunt	170	91	65	20	53
Zeeleiding Alternatief 1A West	0	23	37	2,1	40



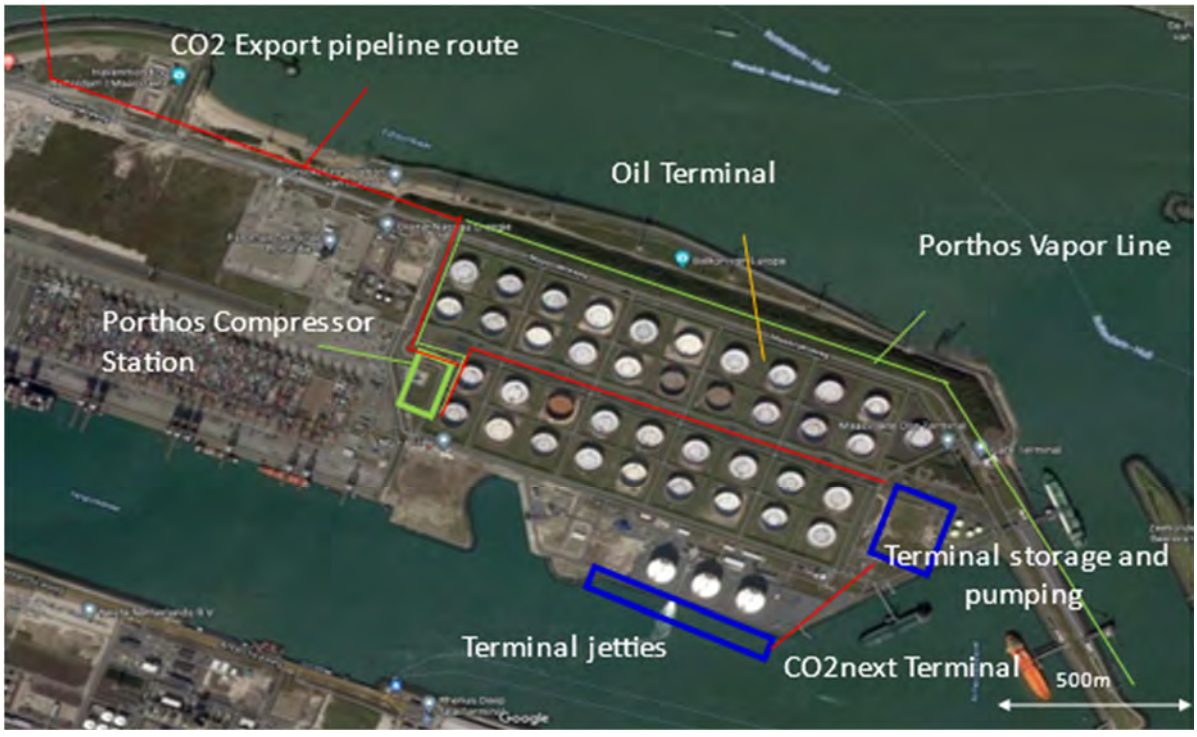
Figuur 3-2. Overzicht van Aramis initiatief met aanwezige Natura 2000-gebieden.

Landdeel
De Aramis transportleiding op de Maasvlakte is gepland in de leidingstrook van Leidingenbureau Rotterdam en wordt beheerd door het Havenbedrijf Rotterdam (HbR). De Maasvlakte is onderdeel van het Rotterdamse havengebied. Het gebied is ontwikkeld door zand vanuit zee aan te brengen tot een hoogte van ongeveer vijf meter +NAP. Aan de noordwestzijde van de Maasvlakte bevindt zich ook een harde zeewering ter bescherming tegen golfslag.

Het uitgangspunt in deze Soortentoets is dat het compressorstation van Porthos (groen omlijnd) vergund is en dat de fundering er al staat. Voor de aanlegfase van Aramis wordt er enkel mechaniek bijgeplaatst en er is geen sprake van extra ruimtebeslag. Voor de gebruiksfase geldt dat het compressorstation is uitgevoerd als onbemand station dat op afstand bestuurd wordt door de centrale commandopost van Porthos. Indien noodzakelijk kan het station ook lokaal bediend worden. Voor onderhouds- en controlewerkzaamheden zullen er technici aanwezig zijn.

Het leidingwerk van de terminal naar het Porthos compressorstation is bovengronds voorzien over het MOT terrein. De CO2next terminal is gepland aan de oostzijde van de MOT. Hier vindt permanent ruimtebeslag plaat in verband met installatie van ofwel bolvormige (*spheres*) ofwel langwerpige (*bullets*) opslagtanks.

Het overige leidingwerk is ondergronds voorzien, het in Figuur 3-3 in groen weergegeven deel komt in de aanwezige leidingstrook. Het in rood weergegeven deel is een nieuwe leiding ingegraven voor het al vergunde Porthos project. De bodem wordt in de aanlegfase open gegraven en nadien weer gedicht. Er is geen sprake van permanent ruimtebeslag. De in Figuur 3-3 weergegeven jetties vragen niet om ruimtebeslag op land. Wel zullen er in de gebruiksfase meer schepen aanleggen dan in de huidige situatie.



Figuur 3-3 Locaties van het compressor station, de terminal en de pijplegroute

Voor de gebruiksfase geldt dat er calamiteiten kunnen optreden. Er is rekening gehouden met gemiddeld ééns in de vijftien jaar een calamiteit waarbij een uitstroom (relief) van CO_2 plaatsvindt bij de nieuw te installeren aanlegsteigers. Er ontstaat dan een gasstroom die onder hoge druk naar buiten spuit. Dit geeft een verstorend geluid en een grote concentratie CO_2. Een hoge concentratie CO_2 kan verstikkend werken zowel voor mens als dier. Omdat het gaat om een calamiteit is deze uitstroom niet beoordeeld en behandeld als uitgangspunt. Hetzelfde geldt voor de relief valve (veiligheidsklep) die wordt geplaatst op het centrale eindpunt (zee-deel).

3.2 Voorgenomen activiteiten

In Tabel 3-2 zijn de werkzaamheden samengevat uit de technische beschrijving die zijn beoordeeld in de Soortentoets (Deelrapport Technische Beschrijving, 2024). De activiteiten vinden met name plaats in de aanlegfase, de gebruiksfase is apart benoemd in de laatste regel. De afweging van alternatieven voor bijvoorbeeld platforms zijn beschreven in het MER.

Tabel 3-2. Overzicht van de te beoordelen activiteiten van het Aramis initiatief.

Activiteit		Technische aandachtspunten van belang bij de toetsing
Pijpleiding leggen	Baggeren zeeleiding inclusief twee alternatieven: Microtunnel en Direct Piping [1]	▪ Diameter leiding is circa 80 cm. ▪ Het volume grondverzet als gevolg van de baggerwerkzaamheden wordt grotendeels gebruikt om de gebaggerde sleuf weer dicht te maken (voor microtunneling: 1.967 m^3, voor direct piping: 706.756 m^3) een deel wordt afgevoerd naar een stortplaats op zee (voor microtunneling: 53 m^3, voor direct piping: 996 m^3).
	Aftoppen zandgolven met sleephopperzuiger	▪ 6 weken vóór de installatie van de zeeleiding worden de zandgolven afgetopt. ▪ Opties zijn ter plaatse storten, elders storten of nuttig gebruiken als suppletie- of ophoogzand.
	Leggen zee- en verbindingsleidingen	**Verbindingsleidingen** ▪ Ieder platform wordt met een verbindingsleiding (spurline) verbonden aan de zeeleiding, via het noordelijke distributieplatform of één van de connectiepunten van de zeeleiding. ▪ K14-FA; Er komt een 800 m lange 16” (circa 40 cm diameter) verbindingsleiding naar het connectiepunt. ▪ L4-A: Er komt een 24 km lange 20” (circa 50 cm diameter) verbindingsleiding naar het noordelijke distributieplatform van de zeeleiding. ▪ L10-R: Er komt een 24 km lange 20” (circa 50 cm diameter) verbindingsleiding naar het noordelijke distributieplatform van de zeeleiding. ▪ Verbindingsleidingen worden (gedeeltelijk) ingegraven en, bij kruisingen met andere leidingen gedeeltelijk afgedekt met stortsteen. **Zeeleiding** ▪ Het tracé van de zeeleiding loopt vanuit de doorkruising met de Maasgeul in noordelijke richting naar het eindpunt dat zich ongeveer op 230 kilometer afstand in noordelijke richting op de Noordzee bevindt. ▪ Gemiddelde aanleg 1 km per dag. ▪ De leiding wordt opgebouwd uit leidingsegmenten met een lengte van ongeveer 12 meter. De leidingsegmenten worden met bevoorradingsschepen vanuit het depot aan wal naar het pijpenlegschip aangevoerd en op zee op het pijpenlegschip overgeladen. Op het pijpenlegschip wordt steeds een nieuw segment aan de opgebouwde leiding gelast.
	Ingraven of begraven zee- en/of verbindingsleidingen	▪ 70 kilometer vanaf de kruising met de Maasgeul wordt de zeeleiding ingegraven in de zeebodem, met dekking van circa 1 meter. De kruising van de Maasgeul vindt plaats door middel van microtunneling/direct piping (zie Activiteit

Activiteit		Technische aandachtspunten van belang bij de toetsing
		Baggeren zeeleiding inclusief twee alternatieven: Microtunnel en Direct Piping). ▪ Voor kruisingen van shipping lanes en zandgolven wordt mogelijk eerst een sleuf gebaggerd voor een verdiepte aanleg, als de benodigde ingraafdiepte te groot is voor een ingraafmachine (trencher).
	Rock dump kruisingen	▪ Naar verwachting gaat dit om circa 45 kruisingen van gemiddeld 500 meter lengte waar stenen worden gestort bij bestaande leidingen/ kabels. De verwachting is dat na het storten van het steen geen verdere stortingen nodig zijn gedurende de levensduur van het Aramis initiatief.
Scheepvaart en helikoptervluchten	Schepen, langer op één locatie, baggerschip, pijplegschip, bevoorradingsschepen, trenchschip, begeleidingsschepen, helikopters	-
Platform en putten L4-A	Nieuwe putten boren bij de sloten van L4-A3 en L4-A4	▪ 2 nieuwe injectieputten (L4-A3 en L4-A4). 100 dagen per put.
	Aanpassen platform L4-A	▪ Verwijderen van compressie- en accommodatiemodules met een heavy lift vaartuig ▪ Aanbrengen van de riser (beschermd met staalconstructie) langs een van de staanders van het platform ▪ Plaatsen productiemanifold, injectie- en meteringskid ▪ Aanbrengen van entree punten waar personeel vanaf onderhouds- en inspectieschepen (Walk-to-Work (W2W) vessels) op het platform kan komen ▪ Aanpassen en waar nodig vervangen van de leidingen op het platform.
Platforms en putten nabij K14-FA en bij L10-R	Plaatsen platforms K14-FA en L10-R (inclusief heien verankeringspalen)	▪ Plaatsen nieuw platform duurt totaal 7 dagen. ▪ 4 verankeringspalen; diameter 1 - 1.7 m; diepte 35 - 60 m. ▪ Heien verankeringspalen duurt circa 2-3 dagen per locatie.
	Heien conductors voor putten	▪ K14-FA; 40-80 m diepte, 4 of 6 conductors, 3 dagen per 4-6 conductors, diameter is 0,76 m. ▪ L10-R; 40-80 m diepte, 4 of 6 conductors, 3 dagen per 4-6 conductors, diameter is 0,76 m. ▪ L4-A; 2 conductors. ▪ Het heien van een conductor duurt circa 6 uur (hei energie bedraagt circa 90 kJ).
	Boren putten	▪ K14-FA; in totaal 400 dagen boorwerkzaamheden vanaf een zelfheffend booreiland, 4 nieuwe injectieputten Shell, 2500 m diepte bovenste deel put. ▪ L10-R; 100 dagen per put, maximaal 6 nieuwe putten. ▪ L4-A; 2 nieuwe putten en 2 sidetracks.
Centraal eindpunt	Heiwerkzaamheden centraal eindpunt	▪ Diameter 2 m, lengte 45 m. ▪ 4 of 6 verankeringspalen. ▪ 3 dagen per 4-6 verankeringspalen.

Activiteit		Technische aandachtspunten van belang bij de toetsing
Lozingen	Lozing van boorvloeistof en boorgruis	▪ K14-FA: Bij de werkzaamheden aan platform L10-R worden nieuwe putten geboord, waarbij Water Based Mud (WBM)-houdende boorvloeistof wordt gebruikt. Het gaat om circa 10.371 ton waterbasisboorgruis, en 7.909 ton waterbasis boorvloeistof (in totaal voor alle putten).). De boorvloeistof en het boorgruis worden volgens de gangbare praktijk op zee geloosd. Er wordt ongeveer 6.500 ton schoon regen- en spoelwater van de dekken en 250 ton sanitair afval (septic tank) op zee geloosd (in totaal). ▪ L10-R: De lozing van schoon regen- en spoelwater bedraagt 6.500 ton en voor het sanitaire afval 250 ton (in totaal tijdens de aanlegfase). Water wordt tot beneden de wettelijk vastgestelde concentraties ontdaan van koolwaterstoffen en vervolgens geloosd. Geloosd water voldoet aan de emissie eisen van H9 van de mijnbouwregeling (30 ppm olie in water). Bij de werkzaamheden aan platform L10-R worden nieuwe putten geboord, waarbij Water Based Mud (WBM)-houdende boorvloeistof wordt gebruikt. Het gaat om circa 1.700 tot 2.000 ton waterbasisboorgruis en 1.700 tot 3.500 ton waterbasis boorvloeistof per put (maximaal 6 putten). De boorvloeistof en het boorgruis worden volgens de gangbare praktijk op zee geloosd. ▪ L4-A: het gaat in totaal om 2.000 ton waterbasisboorgruis en 1.900 ton waterbasis boorvloeistof. ▪ Het onderste deel van de putten wordt geboord met boorvloeistof op lage toxiciteit oliebasis (LTOBM, Low toxicity oil based mud). Deze boorvloeistof en boorgruis worden afgevoerd naar land.
Terminal	Aanleg aanlegsteigers (jetties) en vaarbewegingen in de aanlegfase	▪ In de startsituatie worden 2 aanlegsteigers aangelegd. De aanlegsteigers zijn ontworpen voor schepen met volumes variërend van 2.200 m^3 tot 16.000 m^3 en een maximale lengte van 165 m. ▪ Het heien van fundering bij de aanlegsteigers geeft onderwatergeluid. Dit vindt plaats binnen het Yangtzekanaal en staat niet in direct contact met de Noordzee. Vaarbewegingen in de aanlegfase, onderdeel van verkeer in de Maasgeul en in het Yangtzekanaal.
Leidingtracé	Aanleg onshore leiding	▪ Het leidingwerk van de terminal naar het Porthos compressor station is bovengronds voorzien over het MOT terrein. De CO2next terminal is gepland aan de oostzijde van de MOT. ▪ Vanaf het compressorstation wordt de leiding in de bestaande leidingstrook ondergronds geplaatst naast andere leidingen, waaronder de Porthos-zeeleiding. Hiervoor moet de leidingstrook bij de expansieloops en over de hele lengte langs de Aziëweg worden verbreed.
Compressorstation	Aanpassingen aan het compressorstation	▪ Gasvormig CO_2 wordt aangeleverd via de Porthos landleiding aan het compressorstation. ▪ Tijdens de bouwfase van het Porthos compressorstation zal er een verbrede fundering worden aangelegd voor de toekomstige plaatsing van de compressoren voor Aramis, Het compressorstation wordt uitgebreid met drie extra compressoren voor Aramis.
Gebruiksfase	Scheepvaartbewegingen van havens naar platforms en weer terug	▪ Jaarlijks worden er 325 scheepvaartbewegingen verwacht.

[1] In dit rapport wordt gesproken over de microtunnel. Maar mogelijk wordt in plaats van de microtunnel boortechniek (over delen van de tunnel) gebruik gemaakt van een iets ander boortechniek, de segmented tunnel boortechniek of een hybride vorm. Daar waar dat tot verschillen in milieueffecten leidt, is dat aangegeven in de MER en Soortentoets.

3.3 Planning van het project

Fasering
De CCS-keten wordt stapsgewijs uitgebreid. In het MER zijn drie fases onderscheiden: startsituatie, eerste uitbreidingssituatie en eindsituatie (Tabel 3-3).

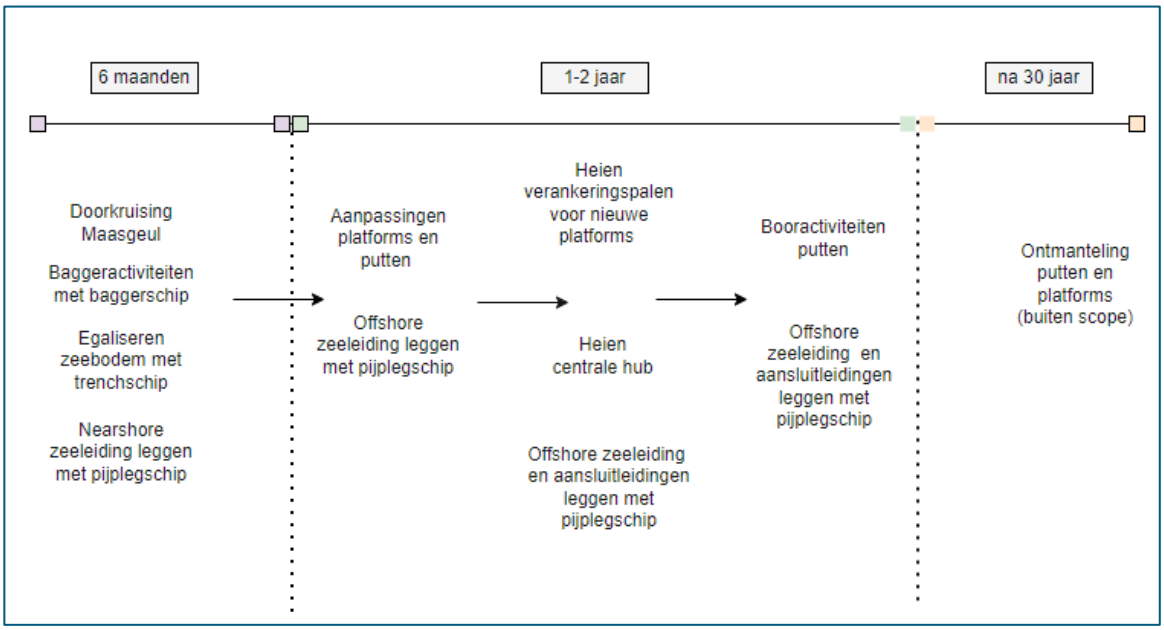
Tabel 3-3. Fasering uitbreiding CCS-keten.

Fase	Ketenonderdelen Aramis initiatief	Overige onderdelen CCS-keten	Ingebruikname (naar verwachting volgens huidige planning)
Startsituatie	Terminal, compressorstation, zeeleiding en platforms TotalEnergies, Shell	Afvang, transport Porthos-landleiding, transport per schip, opslag in diepe ondergrond	2028
Eerste uitbreidingssituatie	Uitbreiding terminal, platforms waar onder Eni Energy	Aanvullende afvang en transport naar verzamelpunt, uitbreiding opslaglocaties in diepe ondergrond	2028-2032
Eindsituatie	Uitbreiding terminal en platforms op zee tot maximale capaciteit zeeleiding	Uitbreiding afvang en transport en aanvullende opslag in de diepe ondergrond en uitbreiding CO_2 Next	Na 2028

Planning van de activiteiten
Voor het bepalen van mogelijke effecten van onderwatergeluid is het van belang om te weten welke activiteiten tegelijkertijd, vlak na elkaar of enige jaren later worden uitgevoerd. De logistieke planning voor de uitvoering van de voorgenomen activiteiten is echter nog niet precies bekend. Wel kan worden aangenomen dat er een bepaalde volgorde van activiteiten zal plaatsvinden, zoals weergegeven in Figuur 3-4. In de eerste periode van 6 maanden vinden activiteiten plaats ten behoeve van de aanleg van de nearshore zeeleiding en de doorkruising van de Maasgeul (door middel van microtunneling of direct piping). Vóór de aanleg van de nearshore zeeleiding wordt de bodem met een baggerschip waar nodig geëgaliseerd. Tezamen nemen deze activiteiten maximaal een half jaar in beslag.

De tweede fase bestaat uit de aanleg van de offshore zeeleiding en de boor- en heiactiviteiten voor de putten en de platforms. Het heien van de conductors van de putten vindt altijd plaats na het heien van de palen van het platform. In theorie zou het heien van de conductors van de putten tegelijkertijd met het heien van de palen van een platform op een andere locatie kunnen plaatsvinden. Die kans is echter extreem klein. De kans dat heien van verankeringspalen voor de nieuwe platforms/centrale hub tegelijkertijd plaatsvindt is ook verwaarloosbaar. Eventueel vindt het heien van de drie platforms met een tussentijd van een week plaats (1 installatie schip installeert drie platforms in 1 campagne).

De putten worden mogelijk met één en hetzelfde boorplatform geboord, wat betekent dat in dat geval de booractiviteiten kort na elkaar zullen plaatsvinden. Na circa 30 jaar wordt de ontmanteling van de platforms en putten in gang gezet. Deze activiteit is echter geen onderdeel van de effectbeoordeling.



Figuur 3-4. Indicatie van volgorde van voorgenomen activiteiten Aramis CCS.

Toekomstige initiatieven

Toekomstige initiatieven, na de eerste uitbreiding, behoren niet tot het Aramis initiatief. Maar de opzet van de CO_2-transportinfrastructuur is wel zodanig flexibel en ruim, dat er voldoende ruimte is voor toekomstige uitbreiding, tot een maximale capaciteit van 22 Mton CO_2 per jaar. Voorbeelden van mogelijke toekomstige ontwikkelingen zijn:

- Aanvullend transport naar het verzamelpunt met extra landleidingen, schepen of via spoor- en weg;
- Verdere uitbreiding van de terminal en het compressorstation;
- Nieuwe platforms en/of opslagvelden;
- Uitvoeren van seismisch onderzoek (e.g. 3D-nullijnonderzoek)[4];
- Het Aramis initiatief biedt op termijn ook de mogelijkheid om CO_2 uit het buitenland te verwerken;
- Het verzamelpunt biedt na uitbreiding mogelijkheden voor hergebruik van CO_2, aangeduid als CCUS (Carbon Capture, Utilisation and Storage)[5].

Om toekomstige uitbreidingen mogelijk te maken is de zeeleiding gedimensioneerd op de maximale uiteindelijke capaciteit. Overige onderdelen zijn of uit te breiden (terminal en compressorstation) of aan te koppelen (toevoerleidingen op land en verbindingsleidingen naar nieuwe platforms/opslagvelden). Om de terminal en het compressorstation in de toekomst uit te kunnen bereiden, is nu extra ruimte gereserveerd. Voor het aankoppelen van leidingen op land en op zee zijn verbindingspunten voorzien.

Voor een gedetailleerde en volledige omschrijving van alle onderdelen wordt verwezen naar het apart bijgeleverde technische beschrijvingsdocument (Deelrapport Technische Beschrijving, 2024).

[4] Seismische surveys als noodzakelijke baseline en monitoringsverplichting vanuit de CO2 opslagvergunningen worden qua impact behandeld in het MER en specifiek in het achtergrondrapport onderwatergeluid.
[5] De terminal biedt de mogelijkheid CO_2 door te voeren naar derde partijen, naast Aramis. Daarmee kan CO_2 aan andere opslagpartijen worden geleverd of ingezet worden voor hergebruik (CCUS, Carbon Capture, Utilisation and Storage).

3.4 Mogelijke verstoringsfactoren

Om de beschreven centrale CCS-keten te realiseren vinden er activiteiten plaats op zee die mogelijk een verstorend effect hebben op bruinvissen (*Phocoena phocoena)*, grijze zeehonden *(Halichoerus grypus)* en gewone zeehonden *(Phoca vitulina)*. De mogelijke verstoringsfactoren worden hieronder verder toegelicht.

Boven- en onderwatergeluid, trillingen
In Tabel 3-4 zijn de activiteiten weergegeven waarbij geluidsverstoring optreedt. In de Soortentoets is beoordeeld dat significant negatieve effecten van geluid op de bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond niet zijn uit te sluiten. In Hoofdstuk 6 van dit activiteitenplan wordt om deze reden in meer detail ingegaan op de mogelijke effecten van geluid op deze zeezoogdieren.

Tabel 3-4. Overzicht van activiteiten die leiden tot een toename van geluid.

Activiteit	Details
Pijpleidingen leggen	▪ Baggeren zeeleiding inclusief twee alternatieven: Microtunnel en Direct Piping ▪ Aftoppen zandgolven met sleephopperzuiger ▪ Leggen zee- en verbindingsleidingen ▪ Ingraven of begraven zee- en/of verbindingsleidingen ▪ Rock dump kruisingen
Scheepvaart en helikoptervluchten	▪ Schepen langer op één locatie, ▪ Baggerschip ▪ Pijplegschip ▪ Bevoorradingsschepen ▪ Trenchschip ▪ Begeleidingsschepen ▪ Helikopters
Platform en putten L4-A	▪ Nieuwe putten boren bij de sloten van L4-A3 en L4-A4 ▪ Aanpassen platform L4-A
Platforms en putten nabij K14-FA (Shell) en bij L10-R (Eni)	▪ Heien verankeringspalen voor platforms ▪ Plaatsen platforms K14-FA en L10-R ▪ Heien conductors voor putten ▪ Boren putten
Centrale hub	▪ Heiwerkzaamheden centrale hub
Terminal	▪ Aanleg aanlegsteigers (jetties) en vaarbewegingen in de aanlegfase
Lozingen	▪

Vertroebeling en verandering dynamiek substraat
Bij het baggeren en trenchen van de zeeleiding kan vertroebeling optreden. Zeezoogdieren maken over het algemeen vaker gebruik van troebele wateren met name om te foerageren en veel soorten hebben goedontwikkelde sonarsystemen die hun functioneren in een troebele omgeving mogelijk maakt (Au et al., 2000). Troebel water komt onder natuurlijke omstandigheden ook voor op het NCP met name door wind en stromingen. De bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond zijn beperkt gevoelig voor vertroebeling (Au et al., 2000; Tamis et al., 2011) en de troebele wolk zal enkel lokaal aanwezig zijn, waardoor effecten van vertroebeling op zeezoogdieren zijn uit te sluiten.

De werkzaamheden zorgen daarnaast voor sedimentatie. Door de aanleg van de nearshore zeeleiding (tot 70 km vanaf de doorkruising van de Maasgeul) treedt sedimentatie op met een maximale toename in sedimentdikte van 0,20 mm aan weerszijden van de leiding (Detailrapport zeebodem, Royal

HaskoningDHV, 2024c). Ook bij de lozing van boorgruis kan sedimentatie optreden. Op basis van een modelstudie van de lozing van boorgruis van 12 putten bij platform N05-A (Royal HaskoningDHV, 2020) is een inschatting gemaakt van de verspreiding van het boorgruis op de boorlocatie van de nieuwe putten van het Aramis initiatief. Uit de modelstudie van N05-A bleek dat het meeste sediment van het boorgruis direct zou vallen onder het boorplatform op de zeebodem door de grove korrelgrootte, waarbij een laag van maximaal 23 cm per boring zou ontstaan. Binnen een straal van 90 m rondom de boorlocatie zou de extra sedimentatie per boring groter zijn dan 1,5 cm in een *worst case*-situatie. Dit sediment zou, afhankelijk van het aantal zware stormen, maanden tot jaren na de boorwerkzaamheden nog aanwezig zijn nabij de platformlocatie. Buiten een straal van 105 m rond het platform zou geen tot een verwaarloosbaar kleine hoeveelheid extra sedimentatie zichtbaar zijn.

Er zal geen sprake zijn van bedekking van prooien van de bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond (o.a. juvenielen en larven van de zandspiering *Ammodytes tobianus* en haring *Clupea harengus*) door verhoogde sedimentatie. Bij extreme omstandigheden (bijvoorbeeld storm) is de zandspiering bovendien in staat om zich te verplaatsen of in te graven. Het is daarom aannemelijk dat die soort bij een toename van een aantal centimeter sediment in de directe omgeving van de boorlocatie geen direct effect ondervinden vanwege zijn mobiliteit en aanpassingsvermogen (Tulp et al., 2016). Directe en indirecte significant negatieve effecten van sedimentatie op zeezoogdieren zijn uit te sluiten.

Licht

De activiteiten ten behoeve van de aanleg van de aanlegsteigers, de offshore activiteiten (heien, boren, zeeleiding en verbindingsleidingen leggen) en de inzet van schepen voor het onderhoud aan de platforms leiden tot een toename in lichtuitstraling en scheepvaart- en helikopterbewegingen. Doordat verlichting op schepen beperkt blijft tot de vereiste navigatieverlichting, wordt ervan uitgegaan dat de toename in lichtuitstraling - en dan met name lichtuitstraling onderwater - zeer beperkt tot nauwelijks toeneemt. Significant negatieve effecten van licht op bruinvissen zijn uit te sluiten.

Lichtverstoring is met name relevant voor zeehonden die zich boven het water bevinden op ligplaatsen. Zeehonden zijn gevoelig voor verstoring op hun ligplaatsen en in hun foerageergebied. Verstoring leidt in eerste instantie tot een verhoogde alertheid. Langdurige verstoring kan leiden tot een verandering van het gebruik van het leefgebied, of tot het verlaten van het gebied (Reijnders et al., 2000). Over specifieke effecten van licht op rustende zeehonden is weinig bekend. Wel is bekend dat zeehonden over het algemeen erg gevoelig zijn voor (kunstmatige) verlichting. Gelet op de aanwezigheid van een aantal zeehonden op de strandjes van het noordelijke deel van de Voordelta en de hoge lichtemissie op de Maasvlakte, kan er vanuit worden gegaan dat bij de in het gebied aanwezige zeehonden gewenning is opgetreden ten aanzien van de aanwezigheid van kunstlicht. De extra lichtuitstraling door de inzet van constructieschepen in de Voordelta is minimaal in vergelijking met de achtergrondverlichting en bovendien tijdelijk, waardoor verstorende effecten op rustende zeehonden in de buurt van de Maasvlakte kunnen worden uitgesloten.

Rustende of zogende zeehonden op Noorderhaaks kunnen mogelijk verstoord raken door lichtuitstraling van uitvarende schepen die de haven van Den Helder uitvaren en de Noordzeekustzone doorkruisen. Vanuit het havengebied van Den Helder zullen ten behoeve van het Aramis initiatief maximaal 2.064 extra scheepvaartbewegingen plaatsvinden in de aanlegfase in 1-2 jaar (maximale toename van 128% t.o.v. huidige scheepvaart Den Helder). De toename in scheepvaart kan leiden tot verstoring van rustende of zogende zeehonden op Noorderhaaks. In een studie van Bouma et al. (2010) bleek echter dat de 41 onderzochte passages van baggerschepen langs Noorderhaaks niet leidden tot gedragsveranderingen van rustende zeehonden. De afstanden tussen de ligplaatsen van de zeehonden en de schepen die werden onderzocht lagen tussen de 600 m en 1.200 m, wat vergelijkbaar is met de afstanden tussen de schepen van het Aramis initiatief en de ligplaatsen van de zeehonden op Noorderhaaks. Het wordt daarom niet verwacht dat de zeehonden op Noorderhaaks hun ligplaatsen zullen verlaten als gevolg van de toename in scheepvaartverkeer. Bovendien vinden er in het gebied tussen Den Helder en Texel veel menselijke activiteiten plaats, waardoor de zeehonden waarschijnlijk door gewenning minder gevoelig zijn voor verstoring dan in andere gebieden waar geen of in beperkte mate menselijke activiteiten plaatsvinden. Zeehonden op Noorderhaaks zullen geen hinder ondervinden van lichtuitstraling als gevolg van dit project.

Beweging en optiek
In het geval van verstoring door aanwezigheid (optische verstoring) is vaak moeilijk onderscheid te maken tussen de verstoring die optreedt door het visueel waarnemen van onder andere schepen, of dat eventueel vluchtgedrag te wijden is aan geluid dat met de scheepvaartbewegingen gepaard gaat. Voor diersoorten die zich boven het wateroppervlak bevinden, zoals watervogels, treedt vaak in eerste instantie optische verstoring op. Hierdoor vermijden deze soorten mogelijk het plangebied voordat geluidsverstoring kan optreden. Omdat geluid verder propageert in water dan in lucht en de bruinvis zich voornamelijk in de waterkolom begeeft, is het voor de bruinvis aannemelijker dat deze in eerste instantie het plangebied verlaten door geluidsverstoring dan door optische verstoring van schepen. Er wordt daarmee niet verwacht dat bruinvissen hinder ondervinden van een toename in scheepvaart- en helikopterbewegingen, maar eerder van de toename in geluid afkomstig van de schepen en helikopters.

De aanwezigheid van de zeehonden in de buurt van de drukbevaren routes zijn een indicatie van gewenning waarbij zeehonden ook bij verstoring de rustplekken bij de Tweede Maasvlakte blijven benutten. Door de spreiding van de extra scheepvaartbewegingen over een lange periode en de minimale toename van scheepvaartbewegingen (maximaal 80 in de aanlegfase) ten opzichte van het huidige drukbevaren verkeersbeeld in de haven van Rotterdam kunnen effecten door bewegingen van voorbijgaande schepen worden uitgesloten. Er zal ook geen sprake van optische verstoring van rustende, zogende en foeragerende zeehonden op of nabij Noorderhaaks in de kustzone. Zeehonden zijn door gewenning hoogstwaarschijnlijk minder gevoelig voor verstoring door schepen (zie *Effecten van licht*). Zeehonden zullen geen hinder ondervinden van een toename in scheepvaart- en helikopterbewegingen als gevolg van dit project tijdens de aanlegfase en de gebruiksfase.

Verontreiniging
Emissies naar het water komen onder andere voor op de platforms tijdens de gebruiksfase in geval van aardgasproductie. Het lozen van productiewater zorgt voor een lokale verontreiniging van het zeewater. Productiewater is het water dat omhoogkomt uit het gasveld samen met het aardgas. Aangezien bij de CO_2-injectieplatforms geen sprake is van productie van aardgas[6], komt ook geen productiewater vrij en vindt ook geen lozen van productiewater plaats.

[6] *Op het huidige platform van TotalEnergies, L4A, vindt nog wel aardgasproductie plaats. Zodra deze is omgebouwd naar CO_2-injectie, is geen sprake meer van aardgasproductie.*

4 Uitgevoerde onderzoeken

De Soortentoets is uitgevoerd door deskundige ecologen van Royal HaskoningDHV op basis van een literatuurstudie en een veldbezoek (op de Maasvlakte) (Royal HaskoningDHV, 2024a). Aangezien de locatie voor dit project grotendeels op de Noordzee ligt, is het niet realistisch of nuttig om ter plekke een inventarisatie naar beschermde soorten uit te voeren. Er is in deze vergunningsaanvraag uitgegaan van de beschikbare en meest recente onderzoeksgegevens, die in de literatuur bekend zijn. Deze literatuurgegevens geven voldoende informatie om conclusies te kunnen trekken over dit project. Daarnaast is ‘expert judgement’ ten aanzien van ecologische vereisten van beschermde soorten toegepast (Royal HaskoningDHV, 2024a)

De belangrijkste bronnen die gebruikt zijn voor het verspreidingsonderzoek zijn:

- **Bruinvis**: Aarts et al. (2016); Camphuysen & Siemensma (2011); Geelhoed et al. (2014); Geelhoed & Scheidat (2018); Gilles et al. (2020); Hammond et al. (2017); Leopold (2015).
- **Gewone en grijze zeehond**: Aarts (2021); Aarts et al. (2013, 2016); Brasseur (2017); Brasseur et al. (2012, 2015, 2021); Galatius et al. (2022); Heinis et al. (2022); Hoekstein et al. (2022); Schop et al. (2022).
- **Zeekoet**: van Bemmelen et al. (2024), Didderen et al. (2019), Leopold et al., (2015), Dierschke et al. (2006)

5 Aanwezigheid van beschermde natuurwaarden

In de Soortentoets wordt verwacht dat de volgende soorten in het plangebied op land voorkomen: vaatplanten (glad biggenkruid *Hypochaeris glabra*), grondgebonden zoogdieren (konijn *Oryctolagus cuniculus* en vos *vulpes vulpes*), grondgebonden broedvogels en amfibieën (rugstreeppad *Epidalea calamita*). Voor deze soorten dienen maatregelen genomen te worden om effecten van de werkzaamheden zo veel als mogelijk te beperken en dient er gewerkt te worden volgens ecologische werkprotocollen (Bijlage 1).

In het plangebied op zee is in de Soortentoets het voorkomen van de volgende soorten vastgesteld: vissen (houting *Coregonus oxyrinchus* en steur *Acipenser sturio*), zeezoogdieren (bruinvis *Phocoena phocoena*, gewone zeehond *Phoca vitulina* en grijze zeehond *Halichoerus grypusis*), broedvogels en migrerende vleermuizen (rosse vleermuis *Nyctalus noctula* en ruige dwergvleermuis *Pipistrellus nathusii*). In de Soortentoets is beschreven dat waarnemingen van de houting en de steur in het plangebied slechts incidenteel zijn. Bij de effectbeoordeling is voor deze soorten geconcludeerd dat het voornemen niet zal leiden tot een overtreding van art 11.46 van het Bal waardoor er voor deze soorten geen vergunning aangevraagd hoeft te worden. Voor de bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond dient een vergunning te worden aangevraagd. De verspreiding van deze soorten, alsmede de staat van instandhouding is hieronder verder toegelicht.

5.1 Bruinvis

5.1.1 Beschermde status

De bruinvis (*Phocoena phocoena*) is beschermd onder artikel 11.46 van het Bal. De landelijke staat van instandhouding is gunstig, de doelstellingen zijn behoud van omvang en verbetering van de kwaliteit van het leefgebied voor behoud populatie.

5.1.2 Aanwezigheid in plangebied

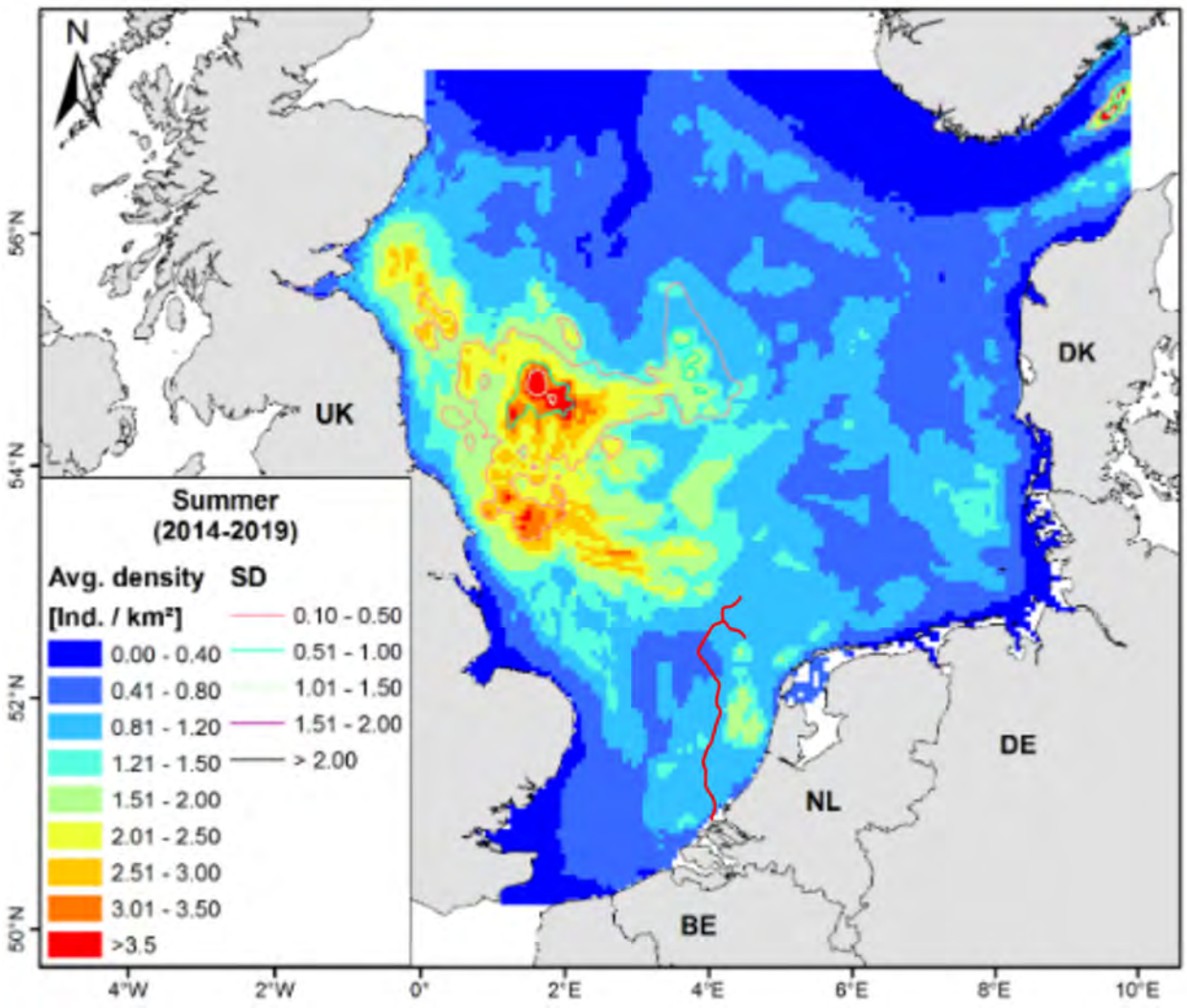
Algemene informatie
Bruinvissen zijn kustgebonden zoogdieren met een voorkeur voor relatief ondiep water. Bruinvissen hebben een hoge energiebehoefte. Ze kunnen in hun vetlaag niet veel reserves opslaan, waardoor ze genoodzaakt zijn om vrijwel continu voedsel te zoeken, 24 uur per dag. Per dag eet een bruinvis ongeveer 10% van zijn lichaamsgewicht. Jonge bruinvissen eten vooral grondels, volwassen bruinvissen eten bij voorkeur vette vis als haring (*Clupea harengus*), zandspiering (*Ammodytes tobianus*) en makreel (*Scomber scombrus*) en anders kabeljauwachtigen, zoals wijting *Merlangius merlangus* (Leopold, 2015). Jonge bruinvissen worden voornamelijk in beschut, ondiep water geboren, een enkele keer op open zee (Geelhoed et al., 2011).

Omvang en verspreiding
In de eerste helft van de vorige eeuw kwam de bruinvis algemeen voor langs de Nederlandse kust. Daarna werd deze soort een zeldzame en onregelmatige verschijning. De laatste decennia wordt de bruinvis steeds zuidelijker waargenomen en is inmiddels weer redelijk algemeen langs de Nederlandse kust. De soort kent geen lange migratie naar andere gebieden en is het gehele jaar aanwezig. In 2016 is een tienjaarlijkse telling uitgevoerd naar het aantal bruinvissen in onder andere de (internationale) Noordzee. Hieruit kwam een geschat aantal van 345.000 bruinvissen, wat vergelijkbaar is met de schatting uit 2005 van 355.000 (Hammond et al., 2017).

De populatie bruinvissen op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) wordt geschat op 62.771 dieren (Gilles et al., 2020). Het NCP herbergt tenminste minimaal 14% (juli) tot maximaal tenminste 48% (maart) van de totale Noordzeepopulatie bruinvissen (Geelhoed et al., 2014; Geelhoed & van Polanen Petel, 2011). Het aantal bruinvissen op het NCP vertoont dus veel seizoensvariatie, maar ook veel ruimtelijke variatie.

Op basis van tellingen tussen 2005-2013, heeft Gilles et al. (2016) een dichtheidsmodel ontwikkeld voor bruinvissen in de Noordzee. Voor de zomerperiode is dit dichtheidsmodel later geüpdatet met gegevens van 2013-2019 en gepubliceerd onder Gilles et al. (2020). De meest recente resultaten op basis van dit model worden gebruikt als input voor de bruinvisdichtheid in het plangebied. Voor dit project is voornamelijk

een dichtheid van 0,81-1,20 bruinvissen per km^2 van toepassing, op sommige plekken is de dichtheid iets lager met 0.41-0.80 bruinvissen per km^2 (Figuur 5-1).



Figuur 5-1. Verwachte bruinvis dichtheden in de Noordzee in de zomer (Gilles et al., 2020). De centrale CCS keten van het Aramis project wordt aangegeven met de rode lijn.

5.2 Zeehonden

5.2.1 Beschermde status

De gewone zeehond (*Phoca vitulina*) en grijze zeehond (*Halichoerus grypusis*) zijn beschermd onder artikel 11.54 van het Bal. De landelijke staat van instandhouding is gunstig, de doelstellingen zijn behoud van omvang en behoud van kwaliteit leefgebied voor behoud populatie.

5.2.2 Aanwezigheid in plangebied

Gewone zeehond

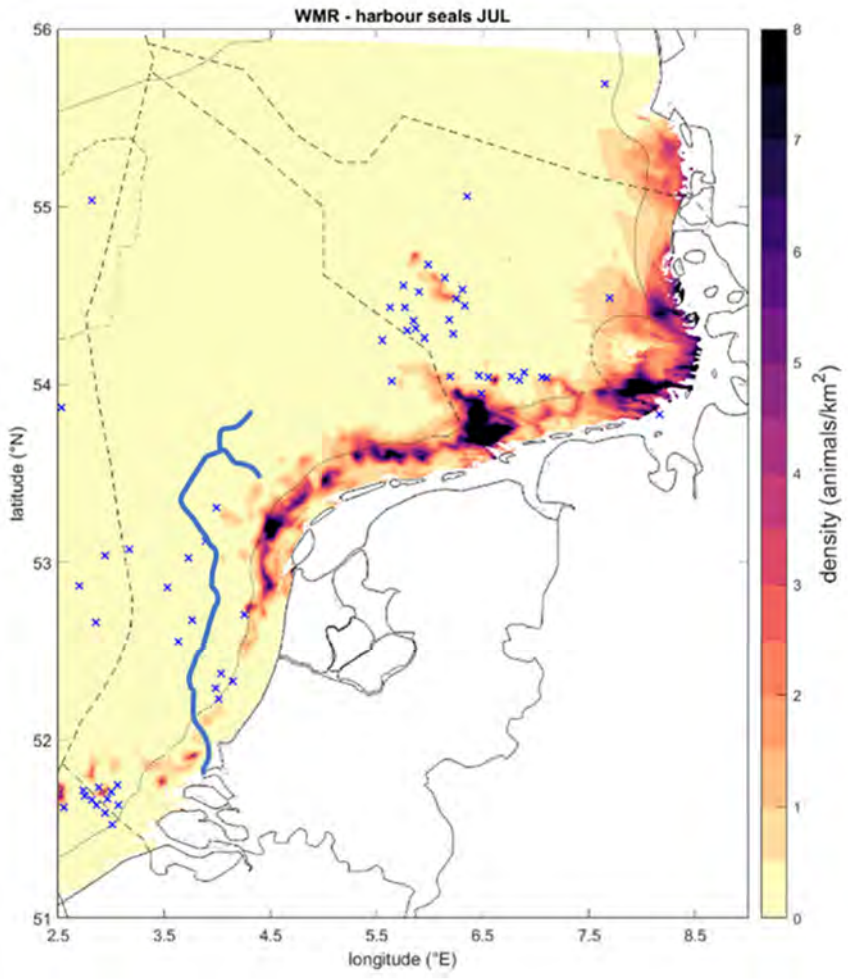
Algemene informatie

De gewone zeehond komt voor langs de kusten van de gematigde klimaatzones op het Noordelijk Halfrond. De gewone zeehond foerageert vooral op aan-de-bodem-gebonden vis, zoals platvis. Gewone zeehonden komen regelmatig op de kant om er te rusten, bij het zogen en tijdens de verharing worden de ligplaatsen frequenter bezocht. Ligplaatsen worden het hele jaar door gebruikt. Tijdens de voortplanting (in Nederland

november-januari) en de daaropvolgende verharings-periode (maart-april) worden ze intensiever bezocht. De pups kunnen vrijwel direct na hun geboorte zwemmen.

Omvang en verspreiding
De Noordzee omvat een metapopulatie gewone zeehonden, bestaande uit een aantal deelpopulaties waarvan de meeste dieren in de Waddenzee van Nederland tot Denemarken voorkomen. Geregeld vindt uitwisseling van zeehonden plaats tussen de deelpopulaties in Nederland, maar ook met Engeland, Duitsland en Denemarken. In augustus 2021 zijn ruim 26.000 dieren geteld op zandplaten, waarvan 8.245 in het Nederlandse deel (volwassen zeehonden) (Galatius et al., 2022).

In Nederland is daarnaast een kleine deelpopulatie in de Deltawateren aanwezig. In de Delta zijn in seizoen 2020/2021 gemiddeld ongeveer 1.000 gewone zeehonden waargenomen, waarvan 52% in de Voordelta (Figuur 5-2; Hoekstein et al., 2022). De gewone zeehond wordt regelmatig rondom de Maasvlakte/Maasgeul waargenomen. Daarnaast worden ze ook in het Yangtzekanaal waargenomen. Ondanks de aanwezige scheepsvaart(bewegingen) van het havenbedrijf, maken zij daar gebruik van mogelijke zon- en ligplaatsen. Ook de zandplaat Noorderhaaks die vlakbij de haven van Den Helder is gelegen, wordt veel door zeehonden gebruikt om te rusten, pups te zogen en te verharen.



Figuur 5-2. Gemiddelde populatiedistributie van de gewone zeehond op het Nederlands Continentaal Plat in juli op basis van Aarts (2021). Verkregen uit Heinis et al. (2022). De centrale CCS keten van het Aramis project wordt aangegeven met de blauwe lijn.

Grijze zeehond
Algemene informatie
De grijze zeehond komt voor langs de oostelijke en westelijke kusten van de Atlantische oceaan. De grijze zeehond foerageert op zee, vooral op platvissen. Grijze zeehonden krijgen hun jongen in de periode

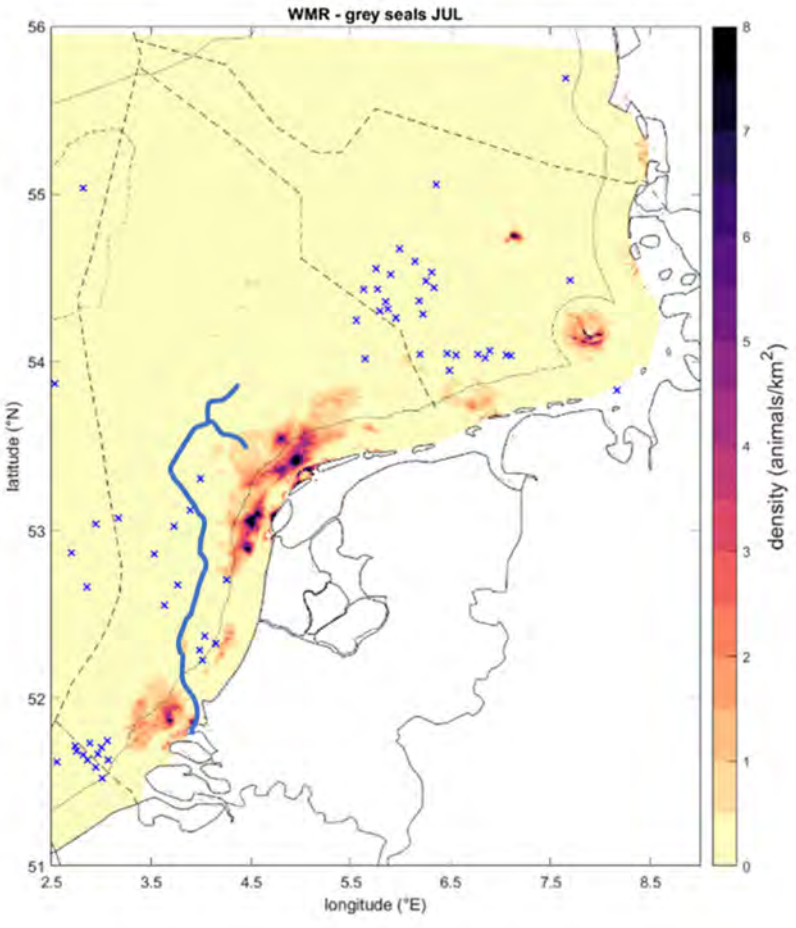
november tot en met februari op droogblijvende platen of stranden. De pups van grijze zeehond kunnen in tegenstelling tot de pups van gewone zeehond niet direct zwemmen na hun geboorte. De grijze zeehond verhaart in de periode maart-april. Ook in deze periode zijn ze gebonden aan permanent droogliggende platen, stranden en duinen.

Omvang en verspreiding

In het vroege voorjaar van 2021 zijn in er 6.788 grijze zeehonden in de Nederlandse Waddenzee geteld (Brasseur, 2017). In de Delta zijn er ongeveer 1250 grijze zeehonden geteld in het seizoen 2020/2021 (Hoekstein et al., 2022). Waarvan de meeste geteld zijn in de Voordelta. De meeste grijze zeehonden worden in het voorjaar geteld in het Deltagebied. De grijze zeehonden gebruiken ook rustplekken in de Voordelta. Vooral op de Bollen van de Ooster liggen veel grote groepen grijze zeehonden. De grijze zeehond heeft zijn zoogperiode van december tot en met februari. Net als de gewone zeehond wordt de grijze zeehond regelmatig rondom de Maasvlakte waargenomen, waarbij zij zelfs zonnen in de drukke Nijlhaven. Ondanks de aanwezige scheepsvaart(bewegingen) van het havenbedrijf, maken zij wel gebruik van mogelijke zon- en ligplaatsen. Ook de zandplaat Noorderhaaks die vlakbij de haven van Den Helder is gelegen, wordt veel door zeehonden gebruikt om te rusten, pups te zogen en te verharen.

Voorkomen in plangebied

Het gebied op open zee kan door zeehonden gebruikt worden om te foerageren. Grijze zeehonden kunnen tot ver uit de kust zoeken naar voedsel (Ministerie van Economische Zaken, 2014a). De nabijgelegen gebieden Noordzeekustzone en de Waddenzee zijn belangrijkere gebieden voor de gewone zeehond en grijze zeehond dan de open zee. De dichtheid van de gewone en grijze zeehond in het plangebied is maximaal 1 zeehond/km^2 (Figuur 5-3).



Figuur 5-3. Gemiddelde populatiedistributie van de grijze zeehond op het Nederlands Continentaal Plat in juli op basis van Aarts (2021). Verkregen uit Heinis et al. (2022). De centrale CCS keten van het Aramis project wordt aangegeven met de blauwe lijn.

5.3 Zeekoet

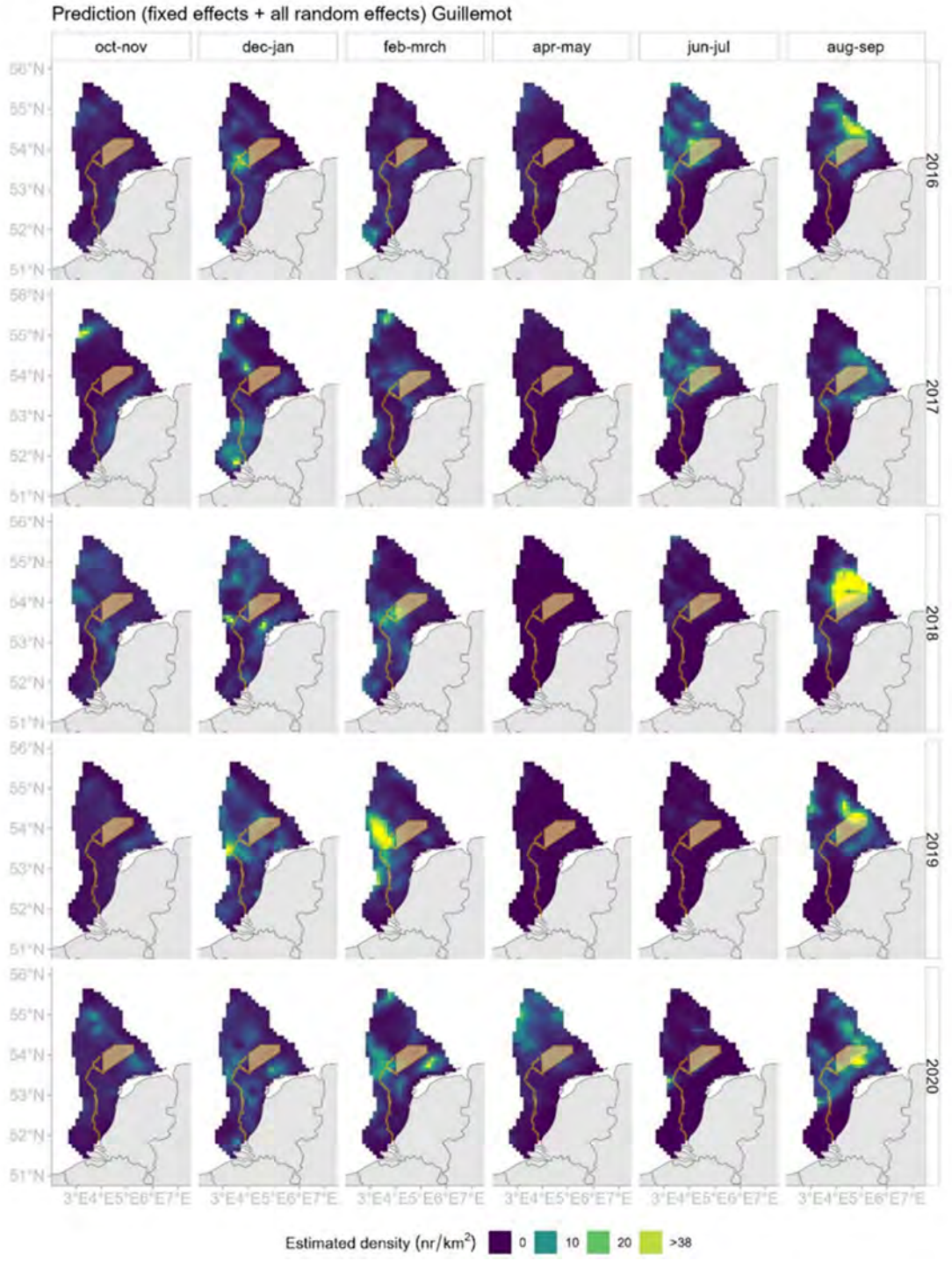
5.3.1 Beschermde status

De zeekoet (*Uria aalge*) is beschermd onder artikel 11.37 van het Bal. De landelijke staat van instandhouding is gunstig en de doelstellingen zijn gericht op behoud van omvang en kwaliteit van het leefgebied voor behoud van de populatie.

5.3.2 Aanwezigheid in plangebied

Algemene informatie
De zeekoet is een vogel uit de familie van alken (*Alcidae*) die door te duiken jaagt op vis, kreeftachtigen en andere ongewervelden. De zeekoet is het grootste gedeelte van het jaar op zee en overwintert daar ook. Alleen tijdens de broedperiode vanaf mei/juni is de soort op land aanwezig en broeden ze in broedkolonies van enkele tientallen tot duizenden individuen op steile rotswanden in Groot-Brittannië. Na de broedperiode zwemmen de ruiende mannetjes zeekoeten met hun jongen, die nog niet kunnen vliegen, vanuit de broedkolonies weer terug naar gebieden op de open zee zoals het Friese Front op het NCP. De periode waarin de mannetjes zeekoeten ruien en de jongen leren om te vliegen wordt gezien als de kwetsbare periode van de soort en duurt van juli tot en met oktober. Het Friese Front is door de toenmalige minister van Economische Zaken in 2016 aangewezen als Vogelrichtlijngebied (Rijkswaterstaat, 2023).

Omvang en verspreiding
De verspreiding van de zeekoet is afhankelijk van de tijd van het jaar. Bij de meest recente monitoring door de Centrale Informatievoorziening van Rijkswaterstaat verschilden de aantallen en het verspreidingsgebied sterk per maand. In augustus zijn de meeste exemplaren aanwezig op het NCP (ca. 410.000 exemplaren). In die maand en in januari bevonden zeekoeten zich voornamelijk in het noordelijke deel van het NCP, met de grootste populaties ten noorden en noordwesten van het Friese Front. Het Friese Front is in de nazomer vooral in het najaar een belangrijk gebied voor de soort; van augustus tot en met januari verbleven hier tussen de 6.000 en 7.000 individuen. Van april tot juni trokken de zeekoeten zich weer terug naar het gebied ten noorden van het Friese Front (Figuur 5-4) (van Bemmelen *et al*. 2024). Het is zeer waarschijnlijk dat daar zeekoeten voorkomen tijdens het realiseren van het Aramis-initiatief. Uit bovenstaande blijkt dat mogelijke verstoring voornamelijk zal plaatsvinden in het noordelijk deel van het plangebied (ter hoogte van de platforms) in de kwetsbare periode. In het zuidelijke deel van het plangebied is verstoring niet waarschijnlijk.



Figuur 5-4. Verspreiding van de zeekoet op het Nederlands Continentaal Plat (van Bemmelen et al., 2024).

5.4 Glad biggenkruid

5.4.1 Beschermde status

Glad biggenkruid (*Hypochaeris glabra*) is beschermd onder artikel 5.1 van de Ow en artikel 11.54 van het Bal. De landelijke staat van instandhouding is ongunstig. Tijdens de werkzaamheden worden verscheidene mitigerende maatregelen ingezet (zie: 8.2.2, A1.2.2 en A1.2.3) om te voorkomen dat de lokale staat van

instandhouding in het geding komt. Er wordt namelijk buiten de kwetsbare periode van glad biggenkruid om gewerkt. Indien groeilocaties van glad biggenkruid vergraven moet worden in de niet kwetsbare periode, wordt een zode afgeschraapt met een dikte van minimaal 20 cm om de zaadbank te behouden. Deze zoden dienen binnen drie maanden teruggeplaatst te worden om de overlevingskansen van de individuen te verzekeren.

5.4.2 Aanwezigheid in plangebied

Er zijn binnen het plangebied in de NDFF en de Natuurwijzer waarnemingen bekend van glad biggenkruid. Glad biggenkruid wordt zeer algemeen aangetroffen in de leidingstrook, langs het MOT terrein en op verschillende plaatsen in de berm in het plangebied. Het voorkomen van beschermde vaatplanten in en nabij het plangebied is daarmee aangetoond. Het is bekend dat glad biggenkruid wijdverspreid en plaatselijk massaal voor komt in halfopen vegetaties in bermen en leidingstroken op het terrein van het havenbedrijf. De soort heeft in Nederland sinds 2012 de status ‘zeldzaam’ gekregen op de Rode lijst.

Glad biggenkruid is een éénjarige soort die zich telkens opnieuw vanuit zaad moet ontwikkelen en die zowel in het voor- als najaar kiemt. Daardoor is behoud en bescherming van glad biggenkruid veel meer een zaak van het beschermen van de zaadbank in de bodem en een geschikt leef- en vestigingsmilieu dan van de bescherming van individuele exemplaren.

Distributiekaart van deze soort is opgenomen in bijlage 2 rapportage soortenonderzoek.

5.5 Rugstreeppad

5.5.1 Beschermde status

De rugstreeppad (*Epidalea calamita*) is beschermd onder artikel 5.1 van de Ow en artikel 11.46 1a, 1b en 1d van het Bal van toepassing. De rugstreeppad komt wijdverspreid voor in Nederland waardoor de landelijke populatie stabiel is. De landelijke staat van instandhouding is echter matig ongunstig. Tijdens de werkzaamheden worden verscheidene mitigerende maatregelen ingezet (zie: 8.2.2, A1.3.2 en A1.3.3) om te voorkomen dat de staat van instandhouding in het geding komt. Er wordt namelijk buiten de kwetsbare periode van de rugstreeppad om gewerkt. Vanaf het voorjaar worden de locaties waar de werkzaamheden gaan plaatsvinden onbereikbaar gemaakt voor de rugstreeppad door het plaatsen van paddenschermen. Individuen worden in deze periode afgevangen en in veiligheid gebracht in gunstig leefgebied elders.

5.5.2 Aanwezigheid in plangebied

Er zijn in het plangebied in de NDFF en in de Natuurwijzer waarnemingen bekend van de rugstreeppad. De soort is waargenomen bij een daar aanwezig waterbassin en komt verspreid over het terrein van het havenbedrijf op meerdere locaties voor. Het voorkomen van de rugstreeppad in het plangebied is daarmee aannemelijk. Voor de rugstreeppad is in en nabij het plangebied geschikt leefgebied aanwezig. Het waterbassin vormt potentieel geschikt voortplantingsbiotoop. In de directe omgeving zijn geschikte overwinteringsplaatsen zoals open zandige locaties en elementen waar amfibieën onder kunnen schuilen aanwezig. De met dicht gras begroeide delen van het plangebied zijn niet geschikt als leefgebied van de soort. De rugstreeppad is echter in staat, indien er geschikte omstandigheden ontstaan, snel een gebied te koloniseren.

Distributiekaart van deze soort is opgenomen in bijlage 2 rapportage soortenonderzoek.

5.6 Grondbroedende vogels

5.6.1 Beschermde status

Alle inheemse vogelsoorten zijn beschermd onder artikel 1 van de Vogelrichtlijn. Hierop is het beschermingsregime van artikel 11.37 1a, 1b en 1d van het Bal van toepassing. Vogels mogen volgens artikel 11.36 lid 3 van het Bal verstoord worden, mits dat niet van wezenlijke invloed is op de staat van instandhouding van de vogelsoort. De populatietrends van de grondbroedende vogelsoorten variëren per soort van lichte daling tot lichte toename. De vogelsoorten die tijdens het veldbezoek in het plangebied zijn waargenomen (zie 5.5.2) vertonen een stabiele tot toenemende populatietrend over de afgelopen dertig jaar. Meeuwsoorten waarvan waarnemingen bekend zijn in de NDFF (zie 5.5.2) vertonen lichte dalingen in hun populatietrends.

5.6.2 Aanwezigheid in plangebied

Uit de verspreidingsgegevens van de NDFF is gebleken dat in het plangebied of in de omgeving daarvan waarnemingen bekend zijn van verschillende soorten broedvogels die jaarrond of niet-jaarrond beschermde nesten kunnen hebben. Deze soorten zijn vaak overvliegend, maar ook rustend of foeragerend waargenomen. Tijdens het veldbezoek zijn de volgende vogelsoorten waargenomen: ekster (*pica pica*), houtduif (*Columba palumbus*) en kauw (*Corvus monedula*) en verschillende meeuwensoorten. Op basis van de NDFF-data is het aannemelijk dat soorten zoals de drieteenmeeuw (*Rissa tridactyla*)[7], dwergmeeuw (*Hydrocoloeus minutus*), kokmeeuw (*Chroicocephalus ridibundus*), stormmeeuw (*Larus canus*), kleine mantelmeeuw (*Larus fuscus*) en zilvermeeuw (*Larus argentatus*) voorkomen.

Vogels kunnen op verschillende manieren gebruik maken van het plangebied: als broedlocatie, plek om te foerageren of om te rusten. In het plangebied zijn geen bomen, waardoor jaarrond beschermde nesten van boombroedende soorten als roek, buizerd en boomvalk op voorhand uitgesloten zijn. Door het ontbreken van gebouwen is tevens het voorkomen van jaarrond beschermde nesten van gebouwbroedende soorten als huismus of gierzwaluw uitgesloten.

Vanwege het grotendeels ontbreken van opgaande beplanting zijn de vrijwel kale terreinen alleen geschikt voor grondbroeders. Deze hebben geen van allen een jaarrond beschermd nest. Zo is bijvoorbeeld de kleine mantelmeeuw op vergelijkbare locaties in de Maasvlakte een talrijke broedvogelsoort, net als de zilvermeeuw en visdief. De toenemende aanwezigheid van de vos maakt het plangebied en omgeving steeds minder geschikt voor grondbroedende vogels. Verder zouden opportunistische en voor verstoring relatief ongevoelige soorten (zonder jaarrond beschermd nest) als kauw, houtduif en ekster wel in de nabijheid van het plangebied kunnen broeden, bijvoorbeeld op het terrein ten noorden van het plangebied waar nog enige opgaande begroeiing aanwezig is.

Distributiekaart van deze soort is opgenomen in bijlage 2 rapportage soortenonderzoek.

5.7 Grondgebonden landzoogdieren

5.7.1 Beschermde status

Het konijn (*Oryctolagus cuniculus*) en de vos (*Vulpes vulpes*) zijn beschermd onder artikel 11.54 van het Bal. Deze soorten zijn echter vrijgesteld door het ministerie van vergunningsplichtige activiteiten bij overtreding van de artikelen van het Bal. De landelijke staten van instandhouding zijn voor het konijn ongunstig maar voor de vos gunstig. De ongunstige staat van instandhouding voor het konijn komt niet door

[7] *Is geen grondbroedende soort die in het Rotterdamse havengebied broedt.*

faunabeheer maar door de gevolgen van ziekten (Myxomatose en VHS). De doelstellingen voor het konijn zijn gericht op populatiegroei door bijvoorbeeld het jachtseizoen te sluiten, waarschijnlijk voor de gehele periode van het beheerplan (2023-2029). In het beheerplan is echter wel toegezegd dat op openbare locaties (industrieterreinen, (spoor)wegen, dijklichamen) konijnbeheer toegestaan is als de graafactiviteiten van het dier verzakkingen of schade veroorzaken. De doelstellingen voor de vos zijn gericht op gecontroleerd beheer en behoud van een stabiele populatie. Specifiek voor weidevogelgebieden is maatwerk nodig opdat daar lokaal de populaties onder controle gehouden kunnen worden.

5.7.2 Aanwezigheid in plangebied

Er zijn binnen het plangebied in de NDFF en de Natuurwijzer waarnemingen van de volgende landzoogdieren bekend: bever (*Castor fiber*), bunzing (*Mustela putorius*), haas (*Lepus europaeus*), konijn (*Oryctolagus cuniculus*) en veldmuis (*Microtus arvalis*). Het voorkomen van andere nationaal beschermde soorten als vos (*Vulpes vulpes*) of ree (*Capreolus capreolus*) is tevens niet uitgesloten.

Van de in de literatuur vermelde soorten, valt de bever onder het beschermingsregime van de Habitatrichtlijn en artikel 11.27 2a van het Bal. Bevers hebben hun leefgebied in het overgangsgebied tussen land en water zoals moerassen, langs beken, rivieren en meren. De aanwezigheid van bossen of bosschages op de oevers is een vereiste. De soort is voor zover bekend alleen zwemmend waargenomen. De waarneming van de bever betreft vrijwel zeker een zwervend exemplaar op zoek naar een geschikt leefgebied. Voor de bever is in of nabij het plangebied geen geschikt leefgebied aanwezig. Dit komt voornamelijk door de verharde oevers en het ontbreken van houtopstanden. Het plangebied maakt geen onderdeel uit van het leefgebied van de bever. Overtreding van de verbodsbepalingen van de Ow is voor deze soort uitgesloten.

De overige soorten betreffen nationaal beschermde soorten. Het aanwezige biotoop in het plangebied betreft lage begroeiing die hoofdzakelijk uit gras bestaat. In de directe omgeving van het plangebied is ook weinig beschutting aanwezig waardoor het plangebied en de directe omgeving hiervan voor veel grondgebonden zoogdieren als bunzing, haas, ree en veldmuis hooguit marginaal leefgebied betreft. Negatieve effecten en daarmee een overtreding van de Ow ten aanzien van deze soorten kunnen op voorhand uitgesloten worden.

Konijnen komen echter veel voor in en rondom het plangebied en hebben op verschillende plaatsen holen. De vos wordt ook veel waargenomen door het havenpersoneel, de mogelijkheid bestaat dus dat er ook een vossenhol in of nabij het plangebied aanwezig is, maar dit is nog niet bevestigd. Negatieve effecten en daarmee een overtreding van de Ow ten aanzien van deze soorten kunnen niet uitgesloten worden.

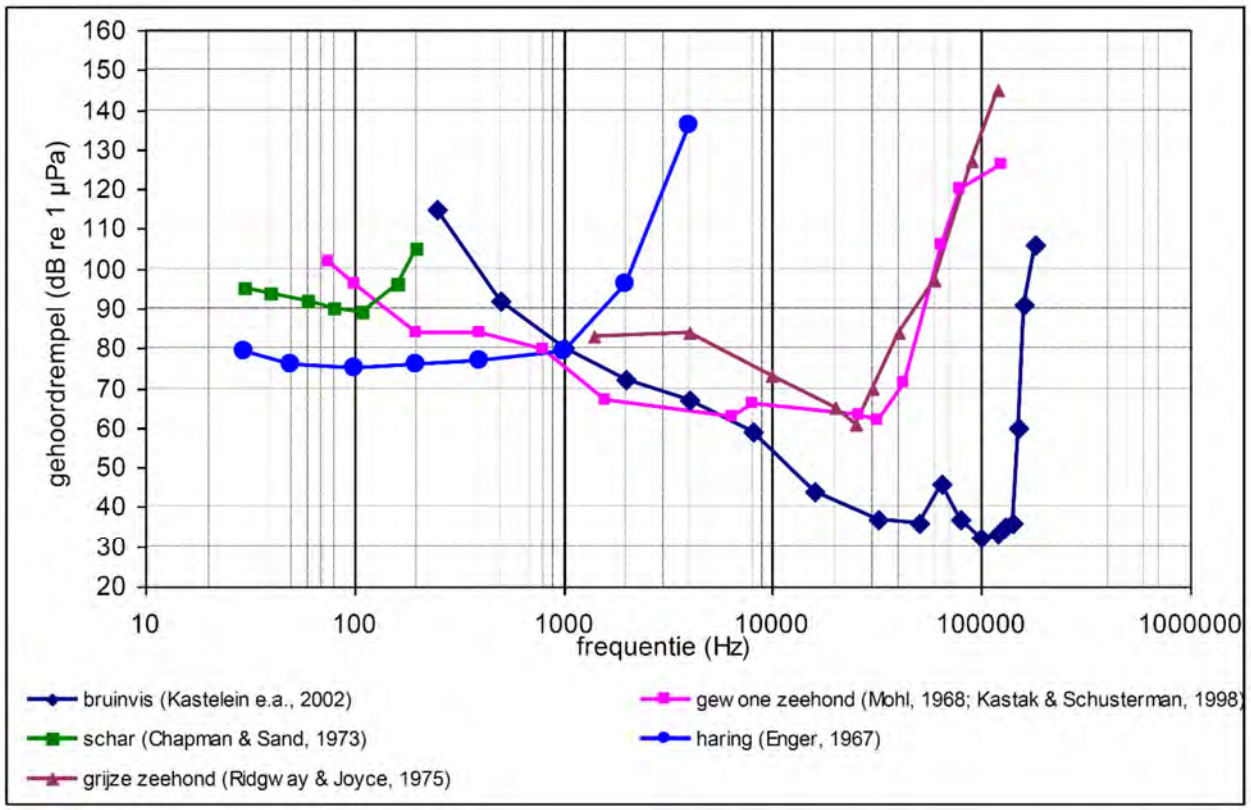
Distributiekaart van deze soort is opgenomen in bijlage 2 rapportage soortenonderzoek.

6 Effectbeoordeling zeedeel

6.1 Verstoring door onderwatergeluid en drukgolven

Bij het heien van de verankeringspalen voor de nieuwe platforms en de conductors voor de nieuwe putten is er sprake van impuls onderwatergeluid wat verstoring oplevert voor zeezoogdieren. Het impulsgeluid heeft voornamelijk een lage frequentie van 10 Hz tot 10.000 Hz, hoewel ook hogere frequenties voorkomen. Bij het boren van de nieuwe putten en door de verschillende schepen die ingezet gaan worden voor de aanleg van de zeeleiding, wordt continue geluid geproduceerd. Zowel het geluid van het boren van de putten (62 Hz) als van scheepvaart (maximaal 100 Hz voor een groot cargo schip) is laagfrequent geluid. Het heien van de verankeringspalen en de conductors voor de nieuwe putten leidt over het algemeen tot de grootste geluidsverstoring.

Zeezoogdieren, zoals bruinvissen en zeehonden, zijn gevoelig voor (een deel van de) frequenties die vrijkomen bij heiwerkzaamheden, zie de audiogrammen in Figuur 6-1. Bruinvissen zijn gevoelig voor geluidsverstoringen vanaf 140 dB (Heinis et al., 2019). De gehoordrempel ligt bij bruinvissen lager dan bij zeehonden, wat betekent dat de bruinvis in zijn optimale gehoorgebied gevoeliger is voor geluid dan zeehonden. Zeezoogdieren foerageren en communiceren voor een belangrijk deel door middel van geluid. Daarnaast is er kans op mogelijke fysieke of fysiologische effecten, bestaande uit tijdelijke- (TTS) of permanente gehoordrempelverschuiving (PTS) en in het ergste geval verwondingen. De effecten van onderwatergeluid kunnen ver reiken.



Figuur 6-1. Audiogram van drie zeezoogdieren (bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond) en twee representatieve vissoorten (een gehoorspecialist en een gehoorgeneralist).

Voor het bepalen van effecten van onderwatergeluid op zeezoogdieren is een redeneerlijn opgesteld (TNO, 2015). De redeneerlijn is opgenomen in het kader van de uitrol van windenergie op zee: Kader Ecologie en Cumulatie (KEC). Deze redeneerlijn legt de focus op effecten die bij de aanleg van windturbines op de Noordzee (door heien) aan de orde zijn.

Om de effecten van het onderwatergeluid dat bij hei- en boorwerkzaamheden vrijkomt te bepalen, wordt aangesloten bij de methodiek van het KEC dat voor heien (van windturbines) is uitgewerkt. Op onderdelen wordt het aangepast, omdat de hei- en boorwerkzaamheden niet één op één vergeleken kunnen worden, in tegenstelling tot de heiwerkzaamheden voor de aanleg van windparken op zee. Hieronder worden de te doorlopen stappen uitgewerkt.

In het KEC worden de volgende stappen benoemd (Rijkswaterstaat, 2015):
1. Kwantificeren van de relevante bronnen van impulsief onderwatergeluid in tijd en ruimte: waar, wanneer en hoe lang vinden de verschillende heiactiviteiten plaats en hoe ziet het met de betreffende activiteiten samenhangende geluidsveld eruit?
2. Bepalen van de relevante effectparameters wat betreft gedrag en gehoor die uiteindelijk van invloed zijn op de vital rates van individuele dieren.
3. Bepalen van akoestische drempelwaarden voor het optreden van een verandering in deze effectparameters.
4. Bepalen van het aantal beïnvloede dieren en de duur van de beïnvloeding.
5. Bepalen van de totale relevante populatieomvang.
6. Doorvertaling van effecten op individuen naar effect op de populatie met het Interim PCoD-model en de in het model gehanteerde uitgangspunten en aannames.

Sinds het uitkomen van het KEC artikel is bekend wat de akoestische drempelwaarden zijn voor de bruinvis en de zeehonden. Deze stap 3 hoeft dus niet meer bepaald te worden, maar is algemeen bekend. In dit Activiteitenplan wordt in stap 3 het aantal verstoorde dieren berekend, waarmee in stap vier de duur (aantal verstoringsdagen) berekend kan worden.

6.2 Effectbepaling onderwatergeluid

6.2.1 Effectbeoordeling bruinvis

Stap 1: Kwantificeren van de relevante bronnen van impulsief onderwatergeluid in tijd en ruimte

Continu geluid
Voor de aanleg van de (nearshore) zeeleiding en verbindingsleidingen en de aanleg van de microtunnel / direct pipe worden bagger-, pijpleg- en trenchschepen ingezet. Voor de aanleg van de platformen wordt een heavy lift vessel gebruikt en de putten worden geboord. Daarnaast zal er sprake zijn van machinegeluid. Bij al deze activiteiten komt een relatief continu onderwatergeluid vrij.

Impulsgeluid
Daarnaast is er bij een aantal activiteiten sprake van impulsgeluid door de heiwerkzaamheden van de conductorpijpen, de aanlegsteigers en de verankeringspalen van de platforms.

Geluidsberekeningen
De te verwachten geluidsniveaus voor de activiteiten die binnen het Aramis initiatief plaatsvinden zijn bepaald in Detailrapport Onderwatergeluid (Royal HaskoningDHV, 2024b). Grotendeels is hierin gebruik gemaakt van berekeningen van TNO en internationaal geaccepteerde drempelwaarden van NOAA. Er is rekening gehouden met de waterdiepte en de uitbreiding en de frequentie van geluid. De overige omgevingsparameters, zoals bodem en wateroppervlak waar geluid wordt verstrooid en geabsorbeerd, zijn niet in de berekeningen betrokken omdat hiervoor geen gevalideerde rekenprogrammatuur beschikbaar is. Hierdoor kunnen de rekenresultaten beschouwd worden als een ‘worst case scenario’ en indicatief van karakter. De drempels 'PTS SEL' betreffen ongewogen waarden, in de veilige afstand en de veilige verblijfstijd is bij bruinvissen en zeehonden een (M-)weging toegepast.

Stap 2: Bepalen van de relevante effectparameters wat betreft gedrag en gehoor die uiteindelijk van invloed zijn op de vital rates van individuele dieren.

Zeezoogdieren als bruinvissen en zeehonden zijn gevoelig voor het onderwatergeluid dat bij deze activiteiten vrijkomt. Zij foerageren en communiceren voor een belangrijk deel door middel van geluid. Door het geluid dat bij de activiteiten vrijkomt, kan verstoring van het foerageren en communiceren optreden (bv. masking). Masking kan leiden tot gedragsverandering en vindt plaats wanneer een hard geluid een zachter geluid overstemt of wanneer achtergrondgeluid dezelfde frequentie heeft als geluidssignalen van zeezoogdieren. Masking is vooral een probleem als onderwatergeluid een soortgelijke frequentie heeft als de van biologisch belangrijke signalen, zoals bij onderlinge communicatie of benodigd bij foerageren.

Impulsgeluid kan mogelijk fysieke of fysiologische effecten veroorzaken, bestaande uit tijdelijke of permanente gehoorbeschadiging en in het ergste geval verwondingen. Hoe dichter zeezoogdieren zich bevinden bij de geluidsbron, hoe groter de verstoring zal zijn, waarbij permanente gehoorschade (PTS) het meest ingrijpende effect is, daarna de minder ingrijpende tijdelijke gehoordrempelverschuiving (TTS) en vermijding en gedragsverandering.

Stap 3: Bepalen van akoestische drempelwaarden voor het optreden van een verandering in deze effectparameters.

Uit Tabel 6-1 blijkt dat de afstand waarop er mogelijk sprake is van PTS heel klein is (veilige afstand) voor pijpleggen en baggeren. De aanname is dat bruinvissen en zeehonden van nature vrij schuw zijn en activiteiten zullen vermijden. Met deze reden zullen ze niet zo dicht bij het schip komen dat er sprake kan zijn van PTS. Voor het heien van de aanlegsteigers is deze afstand groter. Bij het heien in de haven, verlaat weinig geluid de haven vanwege het besloten karakter daarvan. Er is sprake van een verstoringsoppervlakte in de haven van maximaal 9 km^2 (Royal HaskoningDHV, 2024d).

Er zal gebruik gemaakt wordt van een soft start en ADD, waardoor bruinvissen op tijd de haven verlaten. Er is daardoor voldoende zekerheid dat er geen sprake zal zijn van PTS. Geluidseffecten van de booractiviteiten ten behoeve van de aanleg van de microtunnel/ direct pipe zijn niet beoordeeld; er zal geen contact zijn tussen de boormachines en het water waardoor het geproduceerde onderwatergeluid zeer beperkt zal zijn en effecten van onderwatergeluid kunnen worden uitgesloten.

Er is geen sprake van gehoorschade (PTS) maar er is wel sprake van verstoring door het onderwatergeluid doordat zeezoogdieren wegzwemmen van het geluid. In Tabel 6-1 zijn de minimale afstanden opgenomen waarop bruinvissen en zeehonden de geluidsbron mijden. De verstoringsafstand voor zeehond bij het pijpleggen en baggeren is hoog ten opzichte van de afstand voor de bruinvis. Dit komt doordat er frequentieweging is toegepast in de berekeningen. Zeehonden zijn gevoeliger voor lage frequenties dan bruinvissen en bij schepen is er met name sprake van lage frequenties (maximaal 100 Hz voor een groot cargo schip) (Hildebrand, 2009). De bepalende frequentie van het boren is 62 Hz (Royal HaskoningDHV, 2024b). Deze frequentie ligt buiten het gehoorbereik van zowel bruinvissen (10 - 100 kHz) als zeehonden (0,075 – 75 kHz) waardoor deze soorten minimaal tot geen last zullen hebben van het boorgeluid. Om deze reden is het boren van de injectieputten niet verder meegenomen in de effect beoordeling. Voor het machinegeluid is de bepalende frequentie 1 kHz (Royal HaskoningDHV, 2024b). Bruinvissen zullen hiervan geen hinder ondervinden, zeehonden wel indien ze nabij het plangebied onder water foerageren.

Tabel 6-1. Overzicht berekende effecten PTS en mijding bruinvissen en zeehonden (zonder mitigatie).

Geluidbron	Diersoort	Drempel PTS SEL in dB re 1 µPa2s	Veilige afstand (m) voor PTS bij verblijf van 3 uur	Drempel mijding SPL in dB re 1 µPa bij verhoogd achtergrondgeluid	Mijding op afstand in m mits verhoogd achtergrondgeluid
Pijpleggen	Bruinvis	173	<10	130	<10
	Zeehond	201	<10	130	2.300
	Vissen	207	<10	150	n.v.t.
	Bruinvis	173	<10	130	<10

Geluidbron	Diersoort	Drempel PTS SEL in dB re 1 µPa2s	Veilige afstand (m) voor PTS bij verblijf van 3 uur	Drempel mijding SPL in dB re 1 µPa bij verhoogd achtergrondgeluid	Mijding op afstand in m mits verhoogd achtergrondgeluid
Aanleg verbindingsleiding(en) voor de spurlines	Zeehond	201	<10	130	2.300
	Vissen	207	<10	150	n.v.t.
Baggeren	Bruinvis	173	<10	130	<10
	Zeehond	201	<10	130	2.300
Heavy lift schip	Bruinvis	173	<10	130	<10
	Zeehond	201	<10	130	2.300
Injectieputten boren	Bruinvis	173	<100	n.v.t.	n.v.t.
	Zeehond	201	<100	n.v.t.	n.v.t.
Machinegeluid (gerelateerd aan werkzaamheden platform)	Bruinvis	173	<100	n.v.t.	n.v.t.
	Zeehond	201	<100	130	10.000
	Vissen	207	<100	n.v.t.	n.v.t.
Aanlegsteigers heien	Bruinvis	155	3.000	-	3.300 (Verstoringsoppervlak in haven: 9 km^2)
	Zeehond	185	1.350	-	3.300 (Verstoringsoppervlak in haven: 9 km^2)
Verankeringspalen nieuwe platforms	Bruinvis	-	-	-	13.934
	Zeehond	-	-	-	8.574
Conductorpijpen nieuwe putten	Bruinvis	-	-	-	5.500
	Zeehond	-	-	-	4.100
Heien centrale eindpunt	Bruinvis	-	-	-	13.938
	Zeehond	-	-	-	8.577

Stap 4: Effectbeoordeling bruinvis - Bereken het aantal verstoringsdagen

Omdat zeezoogdieren zoals bruinvissen mobiel zijn en zich verplaatsen binnen én buiten diverse Natura 2000-gebieden, worden effecten van onderwatergeluid op de gehele populatie in de Noordzee beoordeeld. Het aantal mogelijk verstoorde bruinvissen wordt berekend door het verstoringsoppervlak te vermenigvuldigen met de lokale bruinvisdichtheid. Op basis van de locaties waar de activiteiten plaatsvinden, is een lokale bruinvisdichtheid per km^2 bepaald. Dichtheden zijn nader toegelicht in Paragraaf 5.1 van dit Activiteitenplan. Door deze dichtheden te vermenigvuldigen met het berekende verstoringsoppervlak, volgen schattingen van het aantal mogelijk verstoorde bruinvissen per dag dat de activiteiten worden uitgevoerd.

Om te kunnen bepalen hoe groot het effect is van verstoring op de populatie in de Nederlandse Noordzee wordt het aantal bruinvisverstoringsdagen berekend. Het totale aantal bruinvisverstoringsdagen (Heinis et al., 2022) wordt berekend door het aantal verstoorde dieren per dag te vermenigvuldigen met het aantal verstoringsdagen. Daarnaast duurt het ongeveer één dag voordat bruinvissen weer terugkeren na het stoppen van het heien (TNO, 2015). Op basis hiervan wordt er in totaal uitgegaan van de verstoringsdagen te zien in Tabel 6-2.

Stap 5: Effectbeoordeling bruinvis - Bepalen effect op de populatie

Volgens het KEC (Heinis et al., 2022) kan een schatting van een maximale populatiereductie, die met een 95% zekerheid niet zal worden overschreden, worden bepaald met behulp van de volgende benaderingsformule:

$$Populatiereductie = 1{,}06\ x\ 10^{-4}\ \ x\ bvvd^{1{,}17}$$

De populatiereductie is daarbij uitgedrukt in het aantal individuen en $bvvd$ staat voor het aantal bruinvisverstoringsdagen. In het KEC wordt ook een kanttekening geplaatst bij het berekenen van de populatiereductie, aangezien berekeningen met het Interim Population Consequences of Disturbance (iPCoD) model (Harwood et al., 2014) een grote onzekerheid met zich meebrengen (zie tekstkader hieronder). Toch is hier een berekening uitgevoerd op basis van de verstoringscontouren voor het heien, om een beeld te geven van de mogelijke effecten. Bovenstaande formule is alleen toe te passen op impulsgeluid, de effecten van continu geluid op de populatie kan niet met de formule van het Interim Population Consequences of Disturbance (iPCoD) worden berekend.

Kritische noot bij de rekenmethodiek voor populatie-effecten (pers. comm. Heinis, 2022)

Tijdens het berekenen van de effecten op de populatie bleek dat de formule niet direct geschikt is om toe te passen op activiteiten anders dan het plaatsen van windturbines (monopiles). De formule gaat ervan uit dat een heidag gelijk staat aan 4 uur heien. De heiwerkzaamheden voor dit project worden in minder dan een dag uitgevoerd, maar ook bij een lagere hei-energie in vergelijking tot de plaatsing van monopiles. Dit inzicht leidde tot de conclusie dat het effect op de populatie, zoals het nu wordt berekend, mogelijk niet representatief is voor het Aramis initiatief. Daarnaast is de gebruikte formule gebaseerd op aannames met betrekking tot een stabiele populatie en moet voor correct gebruik van het model een kwetsbare subpopulatie worden gedefinieerd, waarvan de gegevens nog niet beschikbaar zijn (Heinis et al., 2022, bijlage F). Op het moment van schrijven is er nog geen maatwerkaanpak ontwikkeld om de populatiereductie te beoordelen. Deze aanpak zal worden geadviseerd in het proces van verdere vergunningaanvraag.

De populatiereductie kan niet worden toegeschreven aan directe mortaliteit ten gevolge van het onderwatergeluid van de werkzaamheden. De benaderingsformule is afgeleid uit resultaten van berekeningen met het iPCoD model (Harwood et al., 2014), waarin de populatiereductie indirect volgt uit de invloed van langdurige geluidsverstoring op 'vital rates' van de bruinvissen, met name de kans op reproductie en de overlevingskans van jonge dieren. Daarbij gaat het om de verstoring die optreedt als gevolg van de werkzaamheden.

Op basis van de iPCoD formule is berekend dat de verschillende activiteiten van het Aramis initiatief een range van 10.665-18.016 bruinvisverstoringsdagen oplevert, wat resulteert in een populatiereductie van maximaal 7 bruinvissen (Tabel 6-2). In de berekening wordt uitgegaan van de worst case situatie dat activiteiten met effecten op onderwatergeluid vlak na elkaar plaatsvinden, waardoor mogelijk tussentijds herstel van de populatie niet wordt verwacht.

Tabel 6-2. Aantal bruinvisverstoringsdagen per activiteit en de totale populatiereductie van alle activiteiten met impulsgeluid opgeteld, berekend uit aantal verstoorde bruinvissen per dag maal het aantal verstoringsdagen en de iPCOD formule (zonder mitigatie).

Activiteit	**Heien aanleg-steigers fase 1**	**Heien aanleg-steigers fase 2**	**Heien verankeringspalen nieuwe platforms**		**Heien conductorpijpen nieuwe putten**		**Heien centrale eindpunt**	**Totaal**
	-	-	Per platform	**Totaal [2]**	Per put	**Totaal [1]**	-	-
Aantal dagen voor activiteit	50,00	50,00	3,00	6,00	0,50	7,00	3,00	-
Aantal verstorings-dagen	51,00	51,00	4,00	8,00	1,50	10,00	4,00	-
Verstoord oppervlak in km²	9,00	9,00	610,00	610,00	94,00	94,00	610,00	-
Gemiddelde dichtheid per km² o.b.v. locatie activiteit	0,81	0,81	1,20 – 2,0	1,20 – 2,0	1,20 – 2,0	1,20 – 2,0	1,20 – 2,0	-
Verstoorde dieren per dag	7,29	7,29	732 – 1.220	732 – 1.220	114 – 188	114 – 188	732 – 1.220	-

Aantal bruinvisverstorings-dagen	372,00	372,00	2.926 – 4.880	5.853– 9.760	171 - 376	1.140 - 2.632	2.928 – 4.880	10.665 – 18.016
Populatiereductie (aantal dieren)	0,10	0,10	1,2 – 2,2	2,7 – 4,9	0,04 - 0,1	0,4 - 1,1	1,2 – 2,2	4,5 – 8,4

[1]: Platform K14-FA; 4-6 nieuwe injectieputten. Platform L10-R; 4-6 nieuwe injectieputten. Platform L4-A; 2 nieuwe injectieputten (L4-A3 en L4-A4). Worst-case; 14 nieuwe injectieputten.
[2]: In totaal 2 nieuwe platforms; (1) L10-R en (2) K14-FA.

Volgens ASCOBANS dient het door menselijke handelen veroorzaakte aantal sterfgevallen onder de 1,7% van de gehele Noordzeepopulatie te blijven (Ministerie van Economische Zaken, 2014). Voor Nederland wordt in het KEC 4.0 een maximaal ecologisch toelaatbare reductie van 5% van de Nederlandse populatie gehanteerd, die momenteel wordt geschat op 62.771 individuen op het NCP (Heinis et al., 2022). De populatiereductie die door alle activiteiten met impulsgeluid van het Aramis initiatief tijdens de aanlegfase in de Noordzee plaatsvinden komt neer op maximaal 0,007 tot 0,013%. In cumulatie met Wind op Zee is er sprake van 3,4% + 0,1% +0,007% - 0,013%, dit is kleiner dan 5% en valt daarmee binnen de maximaal toelaatbare reductie van 5%.

In de Kavelbesluiten voor het offshore windpark IJmuiden Ver wordt verder een geluidsnorm gehanteerd van SELss 164 dB re 1µPa2s op 750 m van de heilocatie. Voor het heien van de verankeringspalen voor de platforms en het centrale eindpunt wordt deze norm overschreden met 7 dB, bij het heien van de conductors ligt het geluidsniveau precies op de norm. Omdat de geluidsnorm bij het heien van de verankeringspalen wordt overschreden, is mitigatie nodig. Het geluidsniveau van het heien van de aanlegsteigers ligt onder de genoemde norm. Het geluid dat wordt veroorzaakt door het heien van de aanlegsteigers blijft daarnaast binnen de contour van de haven. Hiervoor is geen mitigatie nodig.



Figuur 6-2 Omtrek oppervlakte Havengebied op basis waarvan een realistische schatting is gemaakt van de mijdingsoppervlakte van 9 km door het heien van de aanlegsteigers, rekening houdend met de geometrie en reflectie van het onderwatergeluid op de oevers.

Er is in bovenstaande berekeningen geen rekening gehouden met activiteiten waarbij continu onderwatergeluid wordt verspreid, waarbij ook verstoring optreedt. Kijkende naar de werkzaamheden die rond de platforms in de Noordzee plaatsvinden, worden er circa 1 tot 2 jaar achter elkaar met een paar weken tussen de activiteiten in, intensief werkzaamheden uitgevoerd. Het is aannemelijk dat zeezoogdieren het verstoorde gebied voor langere tijd zullen mijden. Om een beeld te krijgen van de verstoring, is in Tabel

6-3 een overzicht gegeven van de verstoringsoppervlakten van zowel continu geluid als impulsgeluid op basis van de verstoringscontour van de bruinvis. Omdat de verstoring deels vanaf het platform plaatsvindt en zich concentreert op vier locaties met overlap tussen continue geluidsverstoring en impulsgeluidsverstoring, kan het totaal aantal verstoorde dieren niet berekend worden. Daarnaast zullen de werkzaamheden van het pijplegschip, het baggerschip en overige schepen een tracé door de Noordzee doorlopen wat verplaatsende verstoring oplevert.

Het feit dat op meerdere locaties in de Noordzee en verspreid over een periode van 1 tot 2 jaar met verschillende vormen van verstoring en diverse verstoringsoppervlakten wijzen uit op dat significant negatieve effecten voor de bruinvispopulatie in de Noordzee niet kunnen worden uitgesloten.

Tabel 6-3. Verstoringsoppervlakten van continu en impulsgeluid voor de bruinvis (zonder geluidsreducerende mitigatie).

Activiteit	Verstoringsoppervlak voor bruinvissen in km²
Pijpleggen	0,000314 (o.b.v. stilliggend schip)
Baggeren	0,000314 (o.b.v. stilliggend schip)
Aanpassingen platforms	314 (per platform)
Verankeringspalen nieuwe platforms	610 (per verankeringspaal)
Conductorpijpen nieuwe putten	94 (per conductorpijp)
Heien centrale eindpunt	610
Ontmanteling putten	314 (per platform)
Heavy lift schip	0,04 (o.b.v. varend schip)

Stap 6: Effectbeoordeling bruinvis – Bepaal TTS en PTS

Blootstelling aan impulsief onderwatergeluid kan leiden tot (tijdelijke of permanente) gehoordrempelverhoging (TTS/PTS) bij zeedieren. TTS staat voor temporary threshold shift en betekent dat er sprake is van een tijdelijke gehoordrempelverschuiving. Het treedt op door langdurige blootstelling aan een bepaald geluid, maar als het geluid stopt, zal het gehoor langzaam weer terugkomen. Bij PTS, permanent threshold shift, is de gehoordrempelverschuiving permanent. PTS dient absoluut voorkomen te worden. Activiteiten mogen niet leiden tot permanente schade aan zeezoogdieren.

Fysieke gehoorschade zoals PTS en TTS worden niet verwacht omdat de dieren op tijd kunnen wegzwemmen door het inzetten van een soft start en ADD bij het heien. Het is echter niet te voorkomen dat bruinvissen tijdelijk verstoord worden.

6.2.2 Effectbeoordeling gewone zeehond en grijze zeehond

De beoogde activiteiten (boren, heien, baggeren, trenchen en pijpleidingen leggen) leiden tot een verhoogd geluidsniveau binnen het plangebied. Impulsgeluid kan mogelijk fysieke of fysiologische effecten veroorzaken, bestaande uit tijdelijke- of permanente gehoorbeschadiging en in het ergste geval verwondingen. Hoe dichter zeezoogdieren zich bevinden bij de geluidsbron, hoe groter de verstoring zal zijn, waarbij permanente gehoorschade (PTS) het meest ingrijpende effect is, daarna tijdelijke gehoordrempelverschuiving (TTS) en vermijding en gedragsverandering. Fysieke schade zoals PTS en TTS worden niet verwacht door de inzet van een soft start procedure en ADD bij het heien die in het standaard werkprotocol wordt opgenomen.

De verstoringsoppervlakten voor zeehonden variëren per activiteit tussen de 54 en 314 km² (Tabel 6-4) (zie voor meer details de Passende Beoordeling, Royal HaskoningDHV, 2024d). De percentages van verstoorde zeehonden in Tabel 6-5 geeft een indicatie weer van de verstoring, maar zijn niet goed bij elkaar op te tellen. In de praktijk zijn de dichtheden op open zee lager en is het aannemelijk dat individuen meermaals worden verstoord door dezelfde of verschillende activiteiten. Ervan uitgaande dat activiteiten kort na elkaar uitgevoerd gaan worden, zullen zeehonden het gebied voor een langere periode mijden. Aangezien de

werkzaamheden 1 tot 2 jaar zullen duren, kan de mijdingsperiode ook oplopen tot een vergelijkbare periode. Dit is het worst-case scenario. In dit worst-case scenario wordt ervan uitgegaan dat op elk gegeven moment werkzaamheden aan drie platforms tegelijk kan plaatsvinden. Als voorbeeld, het percentage verstoorde gewone en grijze zeehonden door het boren van CO_2-injectieputten is respectievelijk 5,88 % (=3*1,96%) en 5,10% (= 3*1,70%). Het is namelijk ook mogelijk dat ook hier gewenning optreedt en de effecten veel beperkter zullen uitvallen.

Het plangebied op open zee kan door zeehonden gebruikt worden om te foerageren. Grijze zeehonden kunnen tot ver uit de kust zoeken naar voedsel (Ministerie van Economische Zaken, 2014a). Het foerageergebied neemt door de verstoring daarom mogelijk af. Er zijn anderzijds voldoende uitwijkmogelijkheden voor gewone en grijze zeehonden om te foerageren. Daarbij zijn de nabijgelegen gebieden Noordzeekustzone en de Waddenzee belangrijkere gebieden voor de gewone zeehond en grijze zeehond dan de open zee (Aarts, 2021; Aarts et al., 2016, Figuur 5-2), anders dan voor bruinvissen. Door de activiteiten wordt er daarom geen essentieel foerageergebied van de grijze of gewone zeehond aangetast op zee.

Op basis van een geluidscontour van de voorgenomen hei-activiteiten is vastgesteld dat er gedurende de uitvoering geen overlap is met de rustplaatsen van zeehonden in de Voordelta of andere gebieden op de Noordzee. Het geluid dat wordt veroorzaakt door het heien van de aanlegsteigers blijft binnen de contour van de haven en is daarom niet meegenomen in de berekeningen. Wel kunnen zeehonden die rusten, pups zogen of foerageren in de kustzone mogelijk verstoord raken door het geluid van de schepen die worden ingezet voor het Aramis initiatief. Een deel van de schepen van het Aramis initiatief zal via de scheepvaartroute de Noordzeekustzone doorkruisen (maximaal 2.064 extra schepen, toename van maximaal 128% t.o.v. huidige verkeersbeeld scheepvaart), waardoor een direct effect van geluid kan optreden. De zandplaat Noorderhaaks wordt veel door zeehonden gebruikt om te rusten, pups te zogen en te verharen. Daarbij is het belangrijk dat ze in de buurt van de plaat kunnen foerageren. De wateren nabij Noorderhaaks zijn essentieel foerageergebied.

Alhoewel het gaat om een drukke scheepvaartroute waar de schepen van het Aramis initiatief doorheen zullen varen, is de mogelijke toename in onderwatergeluid heel groot. Dit betekent dat extra geluidsverstoring kan optreden en de periode dat ze kunnen foerageren nabij Noorderhaaks wordt verkleind. Essentieel foerageergebied gaat hiermee tijdelijk verloren. Daarbij zal de toename in onderwatergeluid door de inzet van schepen in de aanlegfase voor een langere periode van 1-2 jaar aanwezig zijn, wat betekent dat de zeehonden voor een langere periode worden verstoord. Ook in de gebruiksfase worden extra schepen ingezet, waardoor de werkelijke periode waarin geluidsverstoring optreedt langer is dan 1-2 jaar.

Tabel 6-4. Verstoringsoppervlak per activiteit voor de gewone en grijze zeehond.

Activiteit	Verstoringsoppervlak (km^2)	Dichtheid zeehonden (ind./ km^2)	Verstoorde dieren
Pijpleggen	17	0,5	8
Aanleg verbindingsleiding(en) voor de spurlines	17	0,5	8
Baggeren	17	0,5	8
Aanpassingen platforms (per platform)	314	0,5	157
Plaatsen jacket en top side met heavy lift schip	131	0,5	65
Heien verankeringspalen nieuwe platforms (per verankeringspaal)	231	0,5	115
Heien conductorpijpen nieuwe putten (per put)	54	0,5	27

Heien centrale eindpunt	231	0,5	115

Tabel 6-5. Percentages verstoorde gewone en grijze zeehonden ten gevolge van de voorgenomen activiteiten

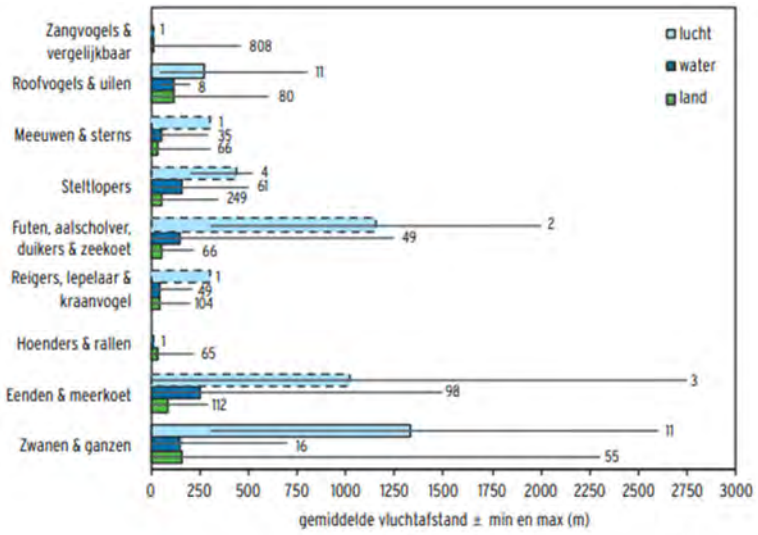
Activiteit		Gewone zeehonden		Grijze zeehonden	
		Totale Nederlandse populatie	Verstoorde dieren (%)	Totale Nederlandse populatie	Verstoorde dieren (%)
Heien verankeringspalen nieuwe platforms	Per verankeringspaal	9.245	1,43	8.038	1,24
	Totaal [2]	9.245	2,86	8.038	2,48
Heien conductorpijpen nieuwe putten	Per put	9.245	0,34	8.038	0,29
	Totaal [1]	9.245	1,02	8.038	0,87
Heien centrale eindpunt	-	9.245	1,43	8.038	1,24

[1]: Platform K14-FA; 4-6 nieuwe injectieputten. Platform L10-R; 4-6 nieuwe injectieputten. Platform L4-A; 2 nieuwe injectieputten (L4-A3 en L4-A4). Worst-case; 12-14 nieuwe injectieputten.
[2]: In totaal 2 nieuwe platforms; (1) L10-R en (2) K14-FA.

6.3 Effectbepaling optische verstoring

Zoals uit paragraaf 5.3 blijkt, treedt verstoring mogelijk enkel op in het noordelijke deel, ter hoogte van de platforms. Daar kan de aanwezigheid van de schepen die ingezet worden voor het voornemen leiden tot optische verstoring van de zeekoet waardoor ze mogelijk zullen vluchten of uitwijken voor de naderende schepen. Dit geldt met name wanneer er ver buiten de vaarroutes wordt gevaren.

Uit onderzoek blijkt dat de vluchtafstand van niet-broedende zeekoeten op water gemiddeld 200 meter is met een worst-case scenario van 1.500 meter. Het is onduidelijk of dit worst-case scenario een uitbijter of een patroon is. Hierdoor kan niet met zekerheid gezegd worden of 1.500 meter een reële vluchtafstand is voor een populatie zeekoeten (Figuur 6-3). Ook moet vermeld worden dat deze vluchtafstand gebaseerd is op recreatie op water (Krijgsveld *et al.* 2022). Recreatie op water zal leiden tot een ander type optische verstoring dan optische verstoringen door de scheepvaart die ingezet gaat worden. Het eventuele vluchtgedrag dat teweeggebracht wordt als gevolg van een schrikreactie op de aanwezigheid van voorbijvarende schepen heeft het grootste effect op de soort tijdens de kwetsbare periode (juli tot en met oktober). In deze periode is de soort niet in staat weg te vliegen, maar zouden ze weg moeten zwemmen. Hun zwemsnelheid ligt echter laag (2 km/uur) waardoor de soort meer tijd nodig heeft om naderend bestemmingsverkeer te ontwijken.



Figuur 6-3. Vluchtafstanden per vogelsoort voor verschillende omgevingen (Krijgsveld et al. 2022).

Het schip dat de leiding aanlegt (grotendeels parallel aan de scheepvaartroute), vaart zeer langzaam (circa 200 m/uur) waardoor de verstoring minimaal is en de zeekoeten veel tijd hebben om het schip te vermijden. Het bestemmingsverkeer (bevoorradingsschepen e.d.) blijft grotendeels in de vaarroute. Alleen ten noorden van het distributieplatform zal het verkeer afwijken van de vaarroute en zou daar zeekoeten kunnen verstoren tijdens de kwetsbare periode. Er is dus mogelijk sprake van verstoring en daarmee een overtreding van artikel 11.37 van het Bal.

Aangezien het gaat om lage aantallen en de staat van instandhouding van de zeekoet gunstig is, is er geen sprake van een effect op de staat van instandhouding. Wel is het vanuit de specifieke zorgplicht nodig om verstoring zoveel mogelijk te voorkomen.

6.4 Cumulatie met andere ontwikkelingen

Om de effecten op de staat van instandhouding binnen de genoemde beschermde gebieden goed te kunnen beoordelen is het noodzakelijk om ook te kijken naar de cumulatieve effecten van andere projecten die in dezelfde periode als het Aramis initiatief worden uitgevoerd. Daarvoor wordt gekeken naar de aanlegperiode. De gebruiksfase is lastig te beoordelen op cumulatieve effecten omdat de route van de schepen die CO_2 gaan vervoeren nog niet duidelijk is. Relevante projecten waar mogelijke overlap plaatsvindt zijn:

- Net op Zee IJmuiden Ver Alpha;
- Net op Zee IJmuiden Ver Beta en Gamma;
- Net op Zee Nederwiek 1 en 2;
- Wind op Zee Nederland;
- Seismisch onderzoek Shell;
- Exploratieboring P11-B.

Van deze projecten is onderzocht in hoeverre activiteiten in hetzelfde tijdspad plaatsvinden en tot gelijke effecten kunnen leiden. Relevante effecten waarbij cumulatie aan de orde is zijn hieronder weergegeven:

- Vertroebeling;
- Onderwatergeluid;
- Verstoring door licht, beweging en optiek;
- Effecten van stikstofdepositie.

Vertroebeling

De voorgenomen werkzaamheden voor de zeeleiding van het Aramis initiatief en de kabels voor Net op Zee IJmuiden Ver en Nederwiek komen bij elkaar in de buurt. Er zal waarschijnlijk net geen of gedeeltelijke overlap zijn van beide vertroebelingspluimen mochten deze tegelijkertijd of in enkele dagen na elkaar plaatsvinden. De exploratieboring P11-B vindt plaats in Natura 2000-gebied Bruine Bank. De toename bij het aanleggen van de kabels wordt geschat op 2-5 mg/L en bij het boren van putten 12 mg/L per put. Er is sprake van een toename van de troebelheid in de Bruine Bank door Net op Zee IJmuiden Ver Alpha en de exploratieboring, er is geen sprake van een toename door Aramis CCS waardoor cumulatie niet relevant is. Daarnaast is er sprake van een toename in de Voordelta door de verschillende Net op Zee projecten (2-5 mg/L per project) en door Aramis CCS (0,8-6 mg/L). Zelfs wanneer een aantal van deze projecten tegelijk plaatsvinden of kort volgend op elkaar is er sprake van een kleine toename die valt binnen de natuurlijke variatie. Er is in cumulatie geen sprake van een effect op zeezoogdieren.

Onderwatergeluid
De precieze planning van de werkzaamheden van de genoemde projecten is niet bekend. Het heien van platforms voor de verschillende projecten en windturbines kunnen in principe tegelijkertijd plaatsvinden, dit zal maximaal voor een deel van de projecten het geval zijn. Daarnaast is er sprake van opeenvolgende heiactiviteiten gedurende de jaren dat de projecten worden uitgevoerd. Ook is er sprake van een toename in scheepvaartbewegingen en dus continu onderwatergeluid. Binnen alle projecten wordt gebruik gemaakt van soft start en ADD om gehoorschade te voorkomen. Daarnaast geldt er een geluidsnorm die ervoor zorgt dat het geluidsniveau wordt beperkt. Voor Aramis CCS is als maatregel ook het gebruik van stille schepen opgenomen. Er treden naar verwachting geen cumulatieve effecten op van onderwatergeluid.

Verstoring door licht, beweging en optiek
Door de projecten die in de komende jaren worden uitgevoerd neemt het aantal scheepvaartbewegingen sterk toe. Een deel daarvan vindt gelijktijdig plaats en een ander deel opeenvolgend. Het is lastig te bepalen wat het precieze effect daarvan is, daardoor kunnen significante effecten van de toename van verstoring door licht, beweging en optiek door scheepvaartbewegingen niet worden uitgesloten op zeehonden.

Mitigerende maatregelen cumulatie
Om significante effecten in cumulatie met andere projecten te voorkomen zijn de volgende mitigerende maatregelen noodzakelijk:

- In de Voordelta zal gedurende de winter een afstand van 1.500 meter aangehouden moeten worden van het deel van de zandplaat(platen) waarop zich grijze of gewone zeehonden bevinden.
- In de Noordzeekustzone moeten schepen minimaal 1.500 meter afstand houden van het deel van de zandplaat(platen) waarop zich grijze of gewone zeehonden bevinden.

6.5 Concluderende beoordeling

Bruinvis

- **Heiwerkzaamheden en het daarbij gebruik van ADDs leidt tot een overtreding van de verbodsbepaling (artikel 11.46 1b).**
- Fysieke schade zoals PTS en TTS wordt niet verwacht.
- De populatiereductie die door alle activiteiten met impulsgeluid van het Aramis initiatief tijdens de aanlegfase in de Noordzee plaatsvinden komt neer op maximaal 0,007 tot 0,013% en valt daarmee binnen de maximaal toelaatbare reductie.
- Significant negatieve effecten voor de bruinvispopulatie in de Noordzee kunnen niet worden uitgesloten, dit heeft met name te maken met de duur van de werkzaamheden en de cumulatie van geluid door de verschillende activiteiten binnen het Aramis initiatief. Er dienen mitigerende maatregelen te worden genomen om onderwatergeluid zoveel mogelijk te beperken.

Zeehonden

- **Verstoring van de gewone en grijze zeehond op en nabij Noorderhaaks is niet uit te sluiten, er is hierbij mogelijk een afname van het foerageergebied. Dit is een overtreding van artikel 11.54 1b van het Bal.**
- Fysieke schade zoals PTS en TTS wordt niet verwacht.

- Er is een indicatie gemaakt van de mate van geluidsverstoring voor zeehonden, maar deze zijn niet goed bij elkaar op te tellen omdat dit een overschatting zal zijn. In de praktijk zijn de dichtheden op open zee lager en is het aannemelijk dat individuen meermaals worden verstoord door dezelfde of verschillende activiteiten. Er zijn voldoende uitwijkmogelijkheden voor gewone en grijze zeehonden om te foerageren. Daarbij zijn de nabijgelegen gebieden Noordzeekustzone en de Waddenzee belangrijkere gebieden voor de gewone zeehond en grijze zeehond dan de open zee. Hei- en booractiviteiten hebben geen significant negatief effect op de staat van instandhouding van zeehonden.
- Effecten van verstoring door licht, beweging en optiek op zeehonden kunnen in cumulatie met andere relevante projecten niet worden uitgesloten. Deze effecten worden gemitigeerd door afstand te houden van rustende zeehonden op zandplaten.

Zeekoeten

- **Verstoring van de zeekoet nabij het Friese Front is niet uit te sluiten. Dit is een overtreding van artikel 11.37 1d van het Bal.**
- In het noordelijke deel van het plangebied nabij het Friese Front wordt door bestemmingsverkeer buiten de bestaande vaarroutes gevaren. Hier worden mogelijk effecten van de optische verstoring verwacht tijdens de gevoelige periode.
- Negatieve effecten op de populatie worden niet verwacht, er is geen sprake van een effect op de staat van instandhouding.
- De effecten worden gemitigeerd doordat bestemmingsverkeer dat buiten de bestaande vaarroutes vaart (ten noorden van het distributieplatform) in de gevoelige periode niet sneller vaart dan 10 knopen.

7 Effectbeoordeling landdeel

7.1 Effectbeoordeling glad biggenkruid

Als gevolg van de werkzaamheden kunnen tijdelijk standplaatsen van glad biggenkruid worden geschaad. Mogelijk gaan als gevolg van de nieuwe ruimtelijke inrichting ook permanent groeilocaties verloren. Hetgeen leidt tot overtreding van artikel 11.54c van het Bal.

7.2 Effectbeoordeling rugstreeppad

De beoogde aanlegwerkzaamheden kunnen leiden tot het tijdelijk beschadigen en/of vernietigen van verblijfplaatsen en het verwonden en/of doden van individuen van de rugstreeppad. Mogelijk gaat als gevolg van de nieuwe ruimtelijke inrichting ook permanent geschikt leefgebied verloren. Hetgeen leidt tot overtreding van artikel 11.46 1a, 1b en 1d van de Ow het Bal.

7.3 Effectbeoordeling grondbroedende vogels

Het plangebied vormt een, als gevolg van aanwezigheid van de vos inmiddels suboptimaal, geschikt leef- en broedgebied voor enkele grondbroedende vogels zonder jaarrond beschermd nest. Wanneer de aanlegwerkzaamheden worden uitgevoerd in het broedseizoen worden bij het vergraven van grond mogelijk nesten vernietigd of beschadigd. Daarnaast kunnen broedende vogels in het plangebied en de directe omgeving daarvan worden verstoord. Wanneer broedende vogels daardoor voortijdig het nest verlaten, geldt dit eveneens als het opzettelijk vernietigen of beschadigen van nesten en eieren van vogels. Dit is een overtreding van artikel 11.37 1a, 1b en 1d van het Bal.

Het plangebied vormt geen essentieel biotoop voor broedvogels, in de directe omgeving is voldoende uitwijkmogelijkheid. Ruimtebeslag in de gebruiksfase is beperkt en na inrichting kan het plangebied vrijwel dezelfde ecologische functie vervullen als voorheen. Permanent negatieve effecten worden uitgesloten.

7.4 Effectbeoordeling grondgebonden zoogdieren

Als gevolg van de beoogde aanlegwerkzaamheden kunnen verblijfplaatsen van meer algemeen voorkomende beschermde zoogdieren als konijnen en vossen beschadigd of vernietigd worden, daarbij kunnen ook mogelijk dieren worden gedood. Hetgeen leidt tot overtreding van artikel 11.54 1a en 1b van het Bal. Er hoeft volgens artikel 11.57 onder b echter geen vergunning aangevraagd te worden voor een flora- en fauna-activiteit als een grondgebruiker kan aantonen dat door het konijn en/of de vos schade veroorzaakt is aan het plangebied.

Het plangebied vormt echter geen essentieel leefgebied voor konijn of vos, in de directe omgeving is voldoende uitwijkmogelijkheid. Ruimtebeslag in de gebruiksfase is beperkt en na inrichting kan het plangebied vrijwel dezelfde ecologische functie vervullen als voorheen. Permanent negatieve effecten worden op voorhand uitgesloten.

8 Voorzorgsmaatregelen en mitigerende maatregelen

8.1 Maatregelen zeedeel

Significant negatieve effecten voor de bruinvis- en zeehondenpopulaties in de Noordzee kunnen niet worden uitgesloten. Onderstaand zijn daarom de mitigerende maatregelen beschreven die moeten worden getroffen om significant negatieve effecten te voorkomen. Voor het complete overzicht van maatregelen zijn ook de voorzorgsmaatregelen beschreven.

8.1.1 Voorzorgsmaatregelen

Binnen het Aramis project is het voornemen om het effect van de werkzaamheden op de mariene omgeving zoveel mogelijk te beperken. Tijdens het project worden, al naar gelang de activiteit, de volgende voorzorgsmaatregelen toegepast:

- ADD (Acoustic Deterrent Device)
- MMO (Marine Mammal Observers);
- PAM (Passive Acoustic Monitoring);
- Soft start.

ADD
Bij het heien van de conductors, platforms en de aanlegsteigers wordt een ADD (Acoustic Deterrent Device) in combinatie met een soft start toegepast. Voor het heien van de conductors met de drill en drive methode zal dit ook worden toegepast. Een ADD is een apparaat dat in het water wordt gehangen en specifieke, onschadelijke geluidsignalen produceert met een afschrikkende werking op zeezoogdieren. Op deze manier wordt eventueel in het directe plangebied aanwezige zeezoogdieren de gelegenheid gegeven het gebied te verlaten. Er wordt gebruik gemaakt van een of meer ADD's met een bereik van minimaal 500 m gedurende een half uur voor en tijdens het heien na een eventuele onderbreking. Er bestaan verschillende merken en type ADDs. De gebruikte frequentie en het geluidsniveau waarop de ADD wordt toegepast is afhankelijk van het type of model.

MMO en PAM
Om effecten van geluid door werkzaamheden zoveel mogelijk te voorkomen wordt er gebruik gemaakt van een Marine Mammal Observer (MMO) en Passive Acoustic Monitoring (PAM). Wanneer het donker is, of de weersomstandigheden een visuele monitoring ineffectief maken, zal er alleen akoestisch gemonitord worden (PAM), hiermee worden clicks van bruinvissen tot 500 m opgevangen. Dit geldt voor het heien van de conductors en de platforms. Het MMO/PAM-team zal, voor er een geluidsbron wordt opgestart, minimaal 30 minuten lang observeren of er geen zeezoogdieren binnen de 500 meter zone zijn. Wanneer een zeezoogdier zich binnen de 500 meter zone bevindt, dan zal er gewacht worden met het opstarten van de heihamer tot deze zich buiten de zone bevindt en daar minimaal 20 minuten buiten blijft.

Soft Start
De soft start dient minimaal 30 minuten lang te duren en te beginnen met vijf minuten op circa 20% van de slagenergie, aansluitend kan de slagenergie geleidelijk naar 90% worden opgehoogd. Na 30 minuten zijn eventueel aanwezige zeezoogdieren ver genoeg weggezwommen om geen gehoorschade op te lopen. Dit geldt voor het heien van de conductors, de aanlegsteigers en de platforms.

Wind
Bij windstilte geldt dat het verstoorde oppervlak ongeveer tweemaal zo groot is als bij gemiddelde wind van 6,5 m/s (Heinis, 2018). Om die reden voert Aramis standaard geen hei-werkzaamheden uit als het windstil is (windkracht 0 Beaufort of 0-0,2 m/s). Dit geldt voor het heien van de conductors en de platforms.

8.1.2 Mitigerende maatregelen

Aanvullende mitigatie is nodig om significant negatieve effecten op het populatieniveau van de bruinvis, gewone zeehond, grijze zeehond en zeekoet te kunnen uitsluiten:

- Bij de hei-werkzaamheden voor de conductors en de platforms worden geluidsbeperkende maatregelen genomen (bijvoorbeeld door gebruik te maken van een HSD Systeem/bubbelscherm) of een werkwijze waarbij relatief weinig onderwatergeluid zal optreden om effecten op de populatie bruinvissen te voorkomen (het geluidsniveau moet onder de 164 dB liggen op 750 meter afstand);
- Er wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van stille schepen om continu onderwatergeluid te minimaliseren.
- In de Noordzeekustzone houden schepen minimaal 1.500 meter afstand van het deel van de zandplaat(platen) waarop zich grijze of gewone zeehonden bevinden om verstoring door extra scheepvaartbewegingen te voorkomen.
- Langzamer varen kan voorkomen dat de zeekoeten schrikken van naderende schepen. Het bestemmingsverkeer dient vooraf geïnformeerd te worden door een vogeldeskundige over de mogelijke aanwezigheid van de zeekoet en hoe deze herkend kan worden. Bestemmingsverkeer dient zo veel mogelijk de bestaande vaarroutes aan te houden. In de kwetsbare periode dient de snelheid te worden beperkt tot 10 knopen indien schepen zich in het noordelijke deel van het tracé buiten de vaarroutes begeven. Deze snelheid houden monitoringsschepen ook aan tijdens het waarnemen van zeevogels (Leopold *et al.* 2013; Helcom, 2021).

Om significante effecten in cumulatie met andere projecten te voorkomen zijn de volgende mitigerende maatregelen noodzakelijk:

- In de Voordelta wordt gedurende de winter een afstand van 1.500 meter aangehouden van het deel van de zandplaat(platen) waarop zich grijze of gewone zeehonden bevinden.
- In de Noordzeekustzone houden schepen minimaal 1.500 meter afstand van het deel van de zandplaat(platen) waarop zich grijze of gewone zeehonden bevinden.

8.1.3 Conclusie

8.1.3.1 Zeezoogdieren

Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden van het Aramis initiatief zal het onderwatergeluid geruime tijd aanzienlijk toenemen. Er kunnen bruinvissen en zeehonden voorkomen in het plangebied. De verwachting is dat er geen zeezoogdieren permanente gehoorschade zullen oplopen als gevolg van het Aramis initiatief. Ondanks dat er geen gehoorschade wordt verwacht, kunnen de zeezoogdieren verstoord worden door het Aramis initiatief.

Scheepvaartbewegingen Noorderhaaks
De toename in onderwatergeluid door de inzet van extra schepen nabij het gebied Noorderhaaks kan tot verstoring leiden van de gewone en grijze zeehond. De wateren nabij Noorderhaaks zijn onderdeel van essentiële foerageergebied. Er is sprake van een **overtreding van artikel 11.54 1b van het Bal** voor de gewone en grijze zeehond**.** Voor deze overtreding dient een vergunning te worden verkregen.

Heiwerkzaamheden en het gebruik van ADDs
Bij het heien van de conductors, platforms en de aanlegsteigers wordt een ADD (Acoustic Deterrent Device) in combinatie met een soft start toegepast. Een ADD is een apparaat dat in het water wordt gehangen en specifieke, onschadelijke geluidsignalen produceert met een afschrikkende werking op zeezoogdieren. Hiermee wordt de kans op gehoorschade verkleind, door eventueel in het directe plangebied aanwezige zeezoogdieren de gelegenheid gegeven het gebied te verlaten. Echter wordt hiermee de bruinvis wel tijdelijk opzettelijk verstoord. Dit is een **overtreding van artikel 11.46 1b** voor de bruinvis. Voor deze overtreding dient een vergunning te worden verkregen.

Populatiereductie
De berekende populatiereductie van de bruinvis is maximaal 0,007 tot 0,013% en valt daarmee binnen de maximaal toelaatbare reductie. Toch zijn significante effecten op de bruivis en zeehonden niet uit te sluiten. De gevolgen van de cumulatie van onderwatergeluid zijn moeilijk in te schatten, en het is onzeker in hoeverre gewenning kan optreden. Daarom is het belangrijk om de kans op nadelige gevolgen zoveel mogelijk te beperken, door middel van voorzorgsmaatregelen en mitigerende maatregelen.

Voorzorgsmaatregelen
Uit voorzorg worden bij de werkzaamheden gebruik gemaakt van een ADD (Acoustic Deterrent Device), MMOs (Marine Mammal Observers); PAM (Passive Acoustic Monitoring) en een soft start. Aramis voert geen hei-werkzaamheden uit voor de conductors en de platforms als het windstil is, omdat het verstoorde oppervlak bij deze omstandigheid twee keer groter is dan bij gemiddelde windsterkte.

Mitigerende maatregelen
Er worden verschillende mitigerende maatregelen genomen bij de Aramis werkzaamheden. Bij de hei-werkzaamheden voor de conductors en de platforms worden geluidsbeperkende maatregelen genomen of wordt een werkwijze toegepast waarbij relatief weinig onderwatergeluid zal optreden. Hiernaast wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van stille schepen om continu onderwatergeluid te minimaliseren. Daarnaast dient er een afstand van 1500 m van zeehonden die zich op de ligplaatsen (zandplaten) bevinden te worden aangehouden.

8.1.3.2 Zeekoet

Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden van het Aramis initiatief zal er, door het voornemen, een toename zijn in het aantal scheepvaartbewegingen. In de buurt van het plangebied komen zeekoeten voor. Het is niet de verwachting dat de optische verstoring zal leiden tot slachtoffers en permanente effecten op de zeekoet populatie.

Optische verstoring door scheepvaart
De kans dat de soort optische verstoring kan ondervinden als gevolg van het bestemmingsverkeer bestaat met name in het noordelijke deel nabij het Friese Front. Hier zal het bestemmingsverkeer gedeeltelijk afwijken van de bestaande vaarroutes en kan de soort voorkomen in de periode van juli tot en met oktober. De kans bestaat dat de soort tijdelijk verstoord wordt door naderende schepen. Hierdoor is er sprake van opzettelijke verstoring van de zeekoet. Dit is een **overtreding van artikel 11.37 1d** voor de zeekoet. Voor deze overtreding dient een vergunning te worden verkregen.

Mitigerende maatregelen
Langzamer varen kan voorkomen dat de zeekoeten schrikken van naderende schepen. Het bestemmingsverkeer dient vooraf geïnformeerd te worden door een vogeldeskundige over de mogelijke aanwezigheid van de zeekoet en hoe deze herkend kan worden. Bestemmingsverkeer dient zo veel mogelijk de bestaande vaarroutes aan te houden. In de kwetsbare periode dient de snelheid te worden beperkt tot 10 knopen indien schepen zich in het noordelijke deel van het tracé buiten de vaarroutes begeven. Deze snelheid houden monitoringsschepen ook aan tijdens het waarnemen van zeevogels (Leopold *et al.* 2013; Helcom, 2021).

8.2 Maatregelen landdeel

Significant negatieve effecten voor het glad biggenkruid, de rugstreeppad, grondbroedende vogelsoorten, het konijn en de vos kunnen niet worden uitgesloten. Onderstaand zijn daarom de belangrijkste voorzorgs- en mitigerende maatregelen beschreven die moeten worden getroffen om significant negatieve effecten te voorkomen tijdens de ontgravings- en aanlegwerkzaamheden. De maatregelen zijn uitvoeriger beschreven in de ecologische werkprotocollen (Bijlage 1).

8.2.1 Voorzorgsmaatregelen

Binnen het Aramis project is het voornemen om het effect van de werkzaamheden op de omgeving zoveel mogelijk te beperken. Tijdens het project worden, al naar gelang de activiteit, de volgende voorzorgsmaatregelen toegepast:

- Inspecteer het plangebied op het voorkomen van glad biggenkruid en verstoor de soort alleen buiten de bloeiperiode en na de zaadzetting.
- Als de werkzaamheden moeten plaatsvinden in de voortplantings- of overwinteringsperiode, moet het plangebied ontoegankelijk gemaakt worden voor rugstreeppadden door paddenschermen te plaatsen. Deze paddenschermen, inclusief ingegraven emmers, worden, indien nodig:

- In het voorjaar geplaatst na de kwetsbare overwinteringsperiode. De paddentrek en de daaropvolgende actieve periode van de rugstreeppad duurt van medio maart tot eind september. Tijdens deze periode worden de padden ook dagelijks afgevangen, tenzij anders bepaald door een erkend ecoloog.
- Geplaatst langs alle beoogde werkgebieden op land, mits daar sprake is van geschikt leefgebied in de vorm van open zandige bodems (zie Figuur 3-1).
- Idealiter dagelijks gecontroleerd op beschadigingen, overhangende takken en andere openingen waardoor rugstreeppadden toegang kunnen krijgen tot het plangebied.
- Zo kort mogelijk voor aanvang van de werkzaamheden geplaatst en zo snel mogelijk na afronding van de werkzaamheden verwijderd. Hierna wordt het gebied voor de rugstreeppad ecologisch vrijgegeven.
- Dagelijks gecontroleerd op padden die in de ingegraven emmers gevallen zijn. Een vuistregel voor het aantal emmers is: 1 emmer per 10 meter scherm. Gevangen padden worden vrijgelaten op beschutte plekken nabij geschikt voortplantingswater.

- De werkzaamheden worden zo goed mogelijk gepland buiten het broedseizoen van de vogels en het voortplantingsseizoen van het konijn en de vos om. Maatregelen om te voorkomen dat vogels, konijnen en vossen zich vestigen in het plangebied dienen voor de broedperiode of het voortplantingsseizoen en zo kort mogelijk voor aanvang van de werkzaamheden getroffen te worden. Eenmaal gevestigd mag het nog toepassen van deze maatregelen voor vogels onder geen beding nog plaatsvinden.

8.2.2 Mitigerende maatregelen

Aanvullende mitigatie is nodig om significant negatieve effecten op het populatieniveau van het glad biggenkruid, de rugstreeppad, grondbroedende vogels, het konijn en de vos te kunnen uitsluiten:

- Indien glad biggenkruid zich bevindt op een zode die ontgraven moet worden, dient de afgeschraapte zode een dikte te hebben van 20 cm. Herplaatsing van de zode moet altijd binnen 3 maanden gebeuren, dit wordt ook gezien als de standaardpraktijk. Glad biggenkruid dat nabij de terminals opgegraven is en niet meer op de oorspronkelijke locatie teruggeplaatst kan worden, wordt elders op een soortgelijke locatie teruggeplaatst Locatie en wijze van herplaatsing kan bepaald worden door een ecologisch deskundige. Mocht herplaatsing niet succesvol verlopen zijn, kan lokaal gewonnen zaad later uitgezaaid worden in een poging om de soort weer te herstellen op de locatie waar het voorafgaand aan het voornemen reeds gevestigd was.
- Voer de werkzaamheden bij voorkeur buiten kwetsbare perioden (voortplantings- en/of broedseizoen) uit. Indien dit niet mogelijk is en er wordt in de kwetsbare periode:
  - een nest aangetroffen dat in gebruik is, breng, voor zover mogelijk, een beschermingszone van minimaal 25 meter rondom het nest aan onder begeleiding van een ecologisch deskundige.
  - een poel aangetroffen met padden, ei-snoeren of larven, vang de exemplaren weg onder begeleiding van een ecologisch deskundige.
- Voer de werkzaamheden bij konijnen- en (eventuele) vossenburchten langzaam uit. Begin met de werkzaamheden aan de rand van de holen en werk langzaam naar de holen toe zodat dieren kunnen vluchten en niet bedolven raken. Voer de werkzaamheden overdag uit.

8.2.3 Conclusie

Tijdens de werkzaamheden op land zal er grond ontgraven worden waardoor de beschermde vaatplantensoort glad biggenkruid, de rugstreeppad, grondbroedende vogelsoorten en de grondgebonden zoogdieren konijn en vos verstoord kunnen worden. De verwachting is dat door de werkzaamheden de landelijke staat van instandhouding voor deze soorten niet in het geding komt. Echter dienen er voorzorgs-

en mitigerende maatregelen getroffen te worden om de lokale populaties in het plangebied zo min mogelijk te verstoren.

Voorzorgsmaatregelen
De belangrijkste voorzorgsmaatregel die voor alle soorten getroffen dient te worden is het plannen van de werkzaamheden buiten de soort-specifieke kwetsbare periode (bloei-, broed- of voortplantingsseizoen en overwinterperiode) om. Daarnaast is het voor de rugstreeppad, de grondbroedende vogels en de grondgebonden zoogdieren van belang dat de soort zich niet voorafgaand aan de werkzaamheden vestigt in het plangebied.

Mitigerende maatregelen
Een zode waarop glad biggenkruid gevestigd is en afgegraven moet worden, dient 20 cm dik te zijn.
Indien de rugstreeppad en niet broedende exemplaren van de grondbroedende vogelsoorten aangetroffen worden in het plangebied, is het van belang dat het verplaatsen van de exemplaren uiterst voorzichtig en onder begeleiding van een ecologisch deskundige gebeurt.
Indien een actief nest in de kwetsbare periode aangetroffen wordt, dient een verstoringsafstand te worden gehanteerd en de werkzaamheden binnen de verstoringsafstand te worden gestaakt tot na de broedperiode. Afhankelijk van de vogelsoort zullen individuen reeds alert zijn op verstoringen die binnen 50 – 300 meter van het nest plaatsvinden en zullen ze daadwerkelijk vluchten als deze verstoringen binnen 25 – 125 meter plaatsvinden.
Bij afgravingen rondom konijnen- en vossenburchten moet langzaam te werk gegaan worden en dient er rondom naar de burcht toe gewerkt te worden om de kans op instorting te voorkomen.

Omgevingsvergunning
Binnen het plangebied kunnen verschillende beschermde soorten voorkomen. Het gaat om: glad biggenkruid, algemeen voorkomende zoogdieren, broedvogels en de rugstreeppad. Voor de meeste van deze soorten geldt dat een overtreding van de Ow voorkomen kan worden door het nemen van voorzorgsmaatregelen zoals beschreven in dit hoofdstuk. Voor glad biggenkruid en de rugstreeppad geldt dat niet. Als gevolg van de werkzaamheden kunnen tijdelijk standplaatsen van glad biggenkruid worden geschaad. Mogelijk gaan als gevolg van de nieuwe ruimtelijke inrichting ook permanente groeilocaties verloren. De beoogde aanlegwerkzaamheden kunnen daarnaast leiden tot het tijdelijk beschadigen en/of vernietigen van verblijfplaatsen en het verwonden en/of doden van individuen van de rugstreeppad. Voor de soorten glad biggenkruid en rugstreeppad dienen dus omgevingsvergunningen aangevraagd te worden.

9 Wettelijk belang en alternatieven onderbouwing

9.1 Wettelijk belang

CCS is een belangrijke pijler van het klimaatbeleid, waarin reductie van CO_2-emissies centraal staat. Aramis geeft invulling aan het Europese en Nederlandse klimaatbeleid, waaronder de afspraken uit het Klimaatakkoord van Parijs en de Europese Green Deal, de Nederlandse Klimaatwet, het Klimaatakkoord en het Coalitieakkoord van kabinet Rutte IV.

Europese klimaatdoelen 2030 en 2050
In 2015 heeft de Europese Unie mede namens Nederland het Klimaatakkoord van Parijs ondertekend. Doel van het akkoord is om de opwarming van de aarde te beperken tot 2 °C en zo mogelijk op tot 1,5 °C. Om de doelen van het Klimaatakkoord van Parijs te halen zijn afspraken in Europa gemaakt. De EU-lidstaten hebben met elkaar afgesproken dat de EU in 2030 minimaal 55% minder CO_2 moet uitstoten (ten opzichte van de uitstoot in 1990). In 2050 wil de Europese Unie klimaatneutraal zijn. Dat betekent dat er dan netto geen broeikasgassen meer worden uitgestoten.

Europees CCS-beleid
De overgang van de huidige fossiele economie naar een duurzame economie inclusief een andere grondstoffenbalans neemt geruime tijd in beslag. Om de klimaatdoelstellingen te halen zijn daarom maatregelen nodig die inzetten op de afvang en opslag van CO_2 van industriële processen, zodat de CO_2 niet in de atmosfeer terecht komt. Studies van het IPCC en het Internationale Energieagentschap laten zien dat bij CO_2-opslag CCS beslist noodzakelijk is in de transitie naar een fossielvrije economie, om de ontwikkeling van nieuwe en duurzame oplossingen mogelijk te maken. De Europese Commissie onderkent het belang van CCS bij het realiseren van de Europese reductiedoelstellingen. In de publicatie A clean planet for all staat dat CCS één van de zeven maatregelen is en voor bepaalde industrieën de enige mogelijkheid voor CO_2-reductie. De Europese Green Deal is de strategie waarmee de EU de klimaatdoelen voor 2030 en 2050 wil bereiken. Hierbij valt CC(U)S10 onder de prioritaire gebieden.

Er is een Europese Richtlijn waarin de voorwaarden en verantwoordelijkheden voor CO_2-opslag zijn vastgelegd. Ook is geregeld dat CO_2-opslag kan worden meegenomen in het Europese systeem voor het verhandelen van emissierechten (ETS-systeem). Bedrijven die hun CO_2 permanent in de ondergrond opslaan, hoeven daarvoor geen emissierechten te hebben.

De Aramis infrastructuur heeft vanuit de Europese Commissie de status van een Project of Common Interest (PCI) gekregen. Hiermee is Aramis één van de projecten die de Europese Commissie heeft aangemerkt als hoofdprioriteit voor het onderling verbinden van de energie infrastructuur systemen van de EU. Dit komt onder andere door de mogelijkheden om in de toekomst ook CO_2 vanuit buurlanden, zoals België, Duitsland, Frankrijk, via de Aramis infrastructuur te verwerken.

9.2 Alternatievenonderbouwing

In de Integrale effectanalyse zijn de verschillende alternatieve methoden onderzocht voor de aanleg van de zeeleiding (zie Deelrapport Integrale Effect Analyse, Royal HaskoningDHV, 2024e). In de Integrale effectanalyse zijn de kenmerken en effecten in beeld gebracht van de ruimtelijke keuzes van de Aramis infrastructuur, om te komen tot het Voorkeursalternatief. Er zijn ruimtelijke keuzes gemaakt over de locatie van de terminal op land, de techniek en locatie van de kruising van de zeewering en Maasgeul, de route van de zeeleiding op zee en het type van het centrale eindpunt op zee (Tabel 9-1). De onderbouwing is beschreven in het MER.

Tabel 9-1. Alternatieven voor ketenonderdelen van het Aramis initiatief.

Ketenonderdeel	Voorgenomen activiteit (voorkeursalternatief)	Alternatieven
Locatie van de terminal	Op het MOT-terrein, ten zuidoosten van de meest oostelijke opslagtanks voor aardolie	Op het GATE Tank 5 terrein ten noordoosten van de Yukonhaven
Kruising Maasgeul	Tunnel vanaf Haaievin bij Edisonbaai	Direct pipe-techniek nabij de kruising met de Porthos-zeeleiding
Tracé van de zeeleiding	Westelijke route 2 langs K14-platform	Westelijke route 1
		Centrale route
Type eindpunt op zee	Platform installatie als eindpunt	Eindpunt op de zeebodem

Alternatieven voor de kruising van de zeewering en Maasgeul

De zeeleiding moet de zeewering aan de noordzijde van de Maasvlakte en de Maasgeul kruisen. Aan de kruising met de zeewering stelt Rijkswaterstaat voorwaarden, zodat de integriteit van de zeewering niet wordt aangetast. Voor de aanleg van de kruising van de Maasgeul is toestemming nodig van de Havenmeester van de Haven van Rotterdam, zodat de scheepvaart van en naar de haven zo min mogelijk hinder ondervindt. In de Maasgeul moet de leiding zo diep worden aangelegd dat deze bij periodieke baggerwerkzaamheden of door scheepsankers niet kan worden beschadigd. De leiding wordt daarom óf met een diepe boring aangelegd óf ingegraven met voldoende diepte.

Er zijn twee alternatieven voor de kruising van de zeewering en Maasgeul uitgewerkt en vergeleken (Tabel 9-2):

- Tunnel vanaf de Haaienvin bij Edisonbaai onder zeewering en Maasgeul door.
- Direct pipe boring onder de zeewering naast de kruising van de Porthos zeeleiding, en een ingegraven leiding in een gebaggerde sleuf onder de Maasgeul.

Alternatief tunnel onder zeewering en Maasgeul

De microtunnel is een geboorde tunnelbuis met een diameter van circa 3,5 meter onder de zeewering en Maasgeul door. De lengte is circa 2 kilometer vanaf de Haaievin op de Maasvlakte tot voorbij de strekdam van Hoek van Holland. De zeeleiding met een diameter van circa 0,8 meter komt in de microtunnel te liggen. Zowel aan de landzijde als aan de zeezijde wordt een diepe schacht van circa 40 meter aangelegd, als vertrekpunt en als ontvangstschacht. Vanaf de ontvangstschacht wordt de zeeleiding in de tunnel aangebracht.

Alternatief Direct Pipe boring onder zeewering en gebaggerde sleuf in de Maasgeul

Als alternatief is een direct pipe boring onder de zeewering onderzocht. De direct pipe boring start op het terrein waar ook de Porthos zeeleiding start, kruist de Porthos zeeleiding en komt dan achter de zeewering op de zeebodem uit. De boring heeft een lengte van circa 600 meter. Vervolgens wordt met behulp van een gebaggerde sleuf de Maasgeul gekruist. De gebaggerde sleuf in de Maasgeul is zo diep dat de bovenkant van de leiding op meer dan 10 meter onder de bodem van de Maasgeul komt te liggen. De lengte van de sleuf is ongeveer 1.700 meter.

Tabel 9-2. Samenvatting integrale effectanalyse kruising zeewering en Maasgeul (geel betekent dat er een licht negatief effect is voorzien, oranje een negatief effect en groen een positief effect).

Criterium	Microtunnel (Voorgenomen activiteit)	Direct pipe boring en gebaggerde sleuf
Milieu	Door geëlektrificeerde tunnelboormachine minimale stikstofdepositie op Natura 2000; effecten op bodem en water door afvoer grond en bemaling schacht zijn groter	Aanzienlijk meer stikstofdepositie op Natura 2000 door baggerwerk; mitigerende maatregelen nodig voor externe veiligheid vanwege windturbine
Techniek	Risico's voor werknemers in de tunnel bij aanleg; beperkte ervaring met boren van deze lengte microtunnel; synergiemogelijkheden voor andere leidingen	Technisch complexe uitvoering in verband met de dichtbijgelegen Porthos leiding, TenneT kabels en windturbine
Omgeving	Synergiemogelijkheden met andere leidingen in de microtunnel; hinder tijdens de uitvoering op scheepvaart is beperkt	Kans op hinder van de scheepvaart in de Maasgeul met risico's op aanvaring door baggerwerk; nabijheid bij Porthos, TenneT en windturbines aandachtspunten
Toekomstvastheid	Geen onderscheidende verschillen	Geen onderscheidende verschillen
Kosten	Kosten zijn orde grootte 50 miljoen euro hoger	Lagere uitvoeringskosten

Aramis heeft, ondanks de aanzienlijk hogere kosten, een voorkeur om gebruik te maken van de microtunnel. Met name met het oog op het minimaliseren van de stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden tijdens de aanlegwerkzaamheden en de technisch complexe uitvoering van het Direct pipe alternatief in verband met de dichtbijgelegen Porthos leiding, TenneT kabels en de windturbine. Daarnaast hoeft er voor het realiseren van de microtunnel minder grond op land afgegraven te worden waarop de beschermde soort glad biggenkruid gevestigd is. Hierdoor scoort de voorgenomen activiteit beter ten aanzien van de instandhoudingsdoelstelling van glad biggenkruid dan het alternatief waarbij een direct pipe gebruikt zou worden.

Alternatieve routes voor de zeeleiding

De zeeleiding vormt een centrale transportleiding richting de opslagplatforms ten noordwesten van de Maasvlakte, in de K- en L-blokken. De zeeleiding heeft een diameter van 80 centimeter, operationele druk van 180barg en kan maximaal 22 miljoen ton CO_2 per jaar transporteren.

De zeeleiding wordt zo aangelegd, dat platforms in deze omgeving verbonden kunnen worden met een zo kort mogelijke verbindingsleiding. Daarbij is gekeken naar de platforms K14 van Shell, L4-A van TotalEnergies en L10 van Eni Energy, maar ook naar opslagpartijen die mogelijk in de toekomst op de zeeleiding kunnen aansluiten. De drie alternatieve tracés uit de Ruimtelijke verkenning zijn onderzocht en vergeleken (Tabel 9-3). De verschillen tussen de tracéalternatieven zijn zichtbaar in het noordelijk deel van de routes.

De tracéalternatieven West 1 en West 2 buigen af naar het westen, langs het windenergiegebied Lagelander, vlak langs het Shell platform K14. Tracéalternatief West 1 gaat hiervandaan door het noordwestelijke deel van het windenergiegebied Lagelander naar het eindpunt van de zeeleiding.

Tracéalternatief West 2 blijft vrijwel geheel buiten het windenergiegebied en volgt de oostelijke kant van de scheepvaartroute. De verbindingsleidingen van L4 en L10 sluiten aan op het eindpunt van de zeeleiding.

Tracéalternatief Centraal heeft een centrale ligging en kruist door het windpark naar het eindpunt van de zeeleiding. Vanaf dit eindpunt verbinden verbindingsleidingen de platforms K14, L4-A en L10.

Tabel 9-3. Samenvatting integrale effectanalyse tracé zeeleiding op zee (geel betekent dat er een licht negatief effect is voorzien, oranje een negatief effect en groen een positief effect).

Criterium	West 1	West 2 Voorgenomen activiteit	Centrale route
Milieu	Geen onderscheidende verschillen	Geen onderscheidende verschillen	Geen onderscheidende verschillen
Techniek	Geen onderscheidende verschillen	Geen onderscheidende verschillen	Meer leidingwerk (zeeleiding en verbindingsleidingen) en minder efficiënt qua hydraulische energie
Omgeving	Kruist door klein deel windenergiegebied Lagelander; komt bij K14 dicht langs scheepvaartroute	Gaat vrijwel geheel om Lagelander heen; loopt langs scheepvaartroute	Route loopt midden door windenergiegebied Lagelander; blijft op afstand van scheepvaartroutes
Toekomstvastheid	Alle routes maken de toekomstige aansluiting van nieuwe platforms mogelijk		
Kosten	Geen onderscheidende verschillen	Geen onderscheidende verschillen	Lagere maximale transportcapaciteit wat economisch minder gunstig is

Aramis heeft een voorkeur om gebruik te maken van route West 2. Dit komt met name doordat deze route langs alle aan te sluiten platforms loopt, waardoor de platforms met zo kort mogelijke lengte aan het verzamelpunt zijn verbonden. Dit is efficiënter qua hydraulische energie.

Varianten voor het eindpunt van de zeeleiding

In het gebied tussen L4-A en L10 komt het eindpunt van de zeeleiding. Het eindpunt van de zeeleiding wordt een distributiepunt waarop verschillende platforms met verbindingsleidingen kunnen aansluiten. Vanaf het eindpunt wordt CO_2 getransporteerd naar de opslagplatforms. Er zijn twee mogelijke varianten voor het eindpunt van de zeeleiding onderzocht (Tabel 9-4). Het eindpunt is een distributiepunt dat op de zeebodem of een platform kan worden geplaatst:

- Eindpunt op een nieuw distributieplatform. Vanaf de zeebodem komt de zeeleiding via een riser (stijgpijp) aan op het nieuwe distributieplatform. Een riser is een leiding bedoeld voor verticaal transport. Aan de bovenkant van de riser komt een pig-ontvangstinrichting.
- Eindpunt op de zeebodem. In dit geval kan er geen pig-ontvangstinrichting komen[8].

Tabel 9-4. Samenvatting integrale effectanalyse voor het eindpunt van de zeeleiding (geel betekent dat er een licht negatief effect is voorzien, oranje een negatief effect en groen een positief effect).

Criterium	Distributieplatform Voorgenomen activiteit	Distributiepunt op de zeebodem
Milieu	Risico op aanvaring is iets groter en meer onderwatergeluid bij aanleg, zichtbaar element	Milieueffecten zijn iets beperkter, maar verschil is niet onderscheidend, niet zichtbaar boven water
Techniek	Eenvoudiger en veiliger aansluiten nieuwe verbindingsleidingen, onderhoud en inspectie; mogelijkheid om de zeeleiding af te blazen; droog kunnen ontvangen pig; synergiemogelijkheden	Minder onderhoudsvriendelijk; veel duikoperaties nodig voor aansluiten nieuwe verbindingsleidingen en bij onderhoud en inspectie met hogere risico's voor werknemers; afblazen op land niet gewenst
Omgeving	Zone van 500 m met beperking gebruiksmogelijkheden	Geen beperkingen in gebruik
Toekomstvastheid	Eenvoudiger uitbreidbaar	Minder uitbreidingsmogelijkheden
Kosten	Geen onderscheidende verschillen	Geen onderscheidende verschillen

[8] *Pig is een afkorting van het Engelse pipeline inspection gauge. Een pig wordt gebruikt om een leiding te reinigen, leeg te maken of te inspecteren, zonder dat deze buiten gebruik hoeft te worden gesteld.*

Aramis heeft een voorkeur om gebruik te maken van een distributieplatform als eindpunt van de zeeleiding, met name omdat onderhoud, inspectie en de aansluiting van nieuwe verbindingsleidingen eenvoudiger en veiliger is.

Conclusie
De alternatieve locaties en methodes van het zee-deel van het Aramis initiatief zijn vooraf afgewogen. Hier is een voorkeursalternatief uit voort gekomen dat in dit document is beschreven. Alternatieven bleken door de aard van de activiteiten minder geschikt.

Alternatieve locaties voor de terminal
Op de Maasvlakte wordt een nieuwe terminal gerealiseerd voor de ontvangst van vloeibaar CO_2 aangevoerd met schepen. Het betreft vloeibaar CO_2 op schepen van circa -30°C en een druk van 15barg. Op de terminal komen de volgende faciliteiten:

- Langs het Yangtzekanaal worden in eerste instantie twee steigers aangelegd. Deze zijn later uit te breiden tot maximaal vier steigers, afhankelijk van marktontwikkelingen en de grootte van de schepen.
- Bij de steigers kunnen schepen de vloeibare CO_2 overpompen naar opslagtanks van de terminal.
- De CO_2 wordt opgeslagen in deze opslagtanks op een druk van ongeveer 18barg en een temperatuur van ongeveer -25°C. Via nieuw te installeren hogedrukpompen wordt vanuit de opslagtanks de CO_2 naar het mengpunt bij het Porthos compressorstation gepompt op een druk van maximaal 180barg. Hiervoor komt een nieuwe leiding naar het Porthos compressorstation.
- De terminal biedt ook de mogelijkheid CO_2 te ontvangen en door te voeren naar andere bestemmingen. Dit is in Tabel 2-2 aangeduid als Niet-Aramis gebruik.
- Op de terminal locatie komt ook een faciliteit om het zogenaamde boil off gas[9] te verwerken. Boil off gas wordt teruggeleid naar de schepen.

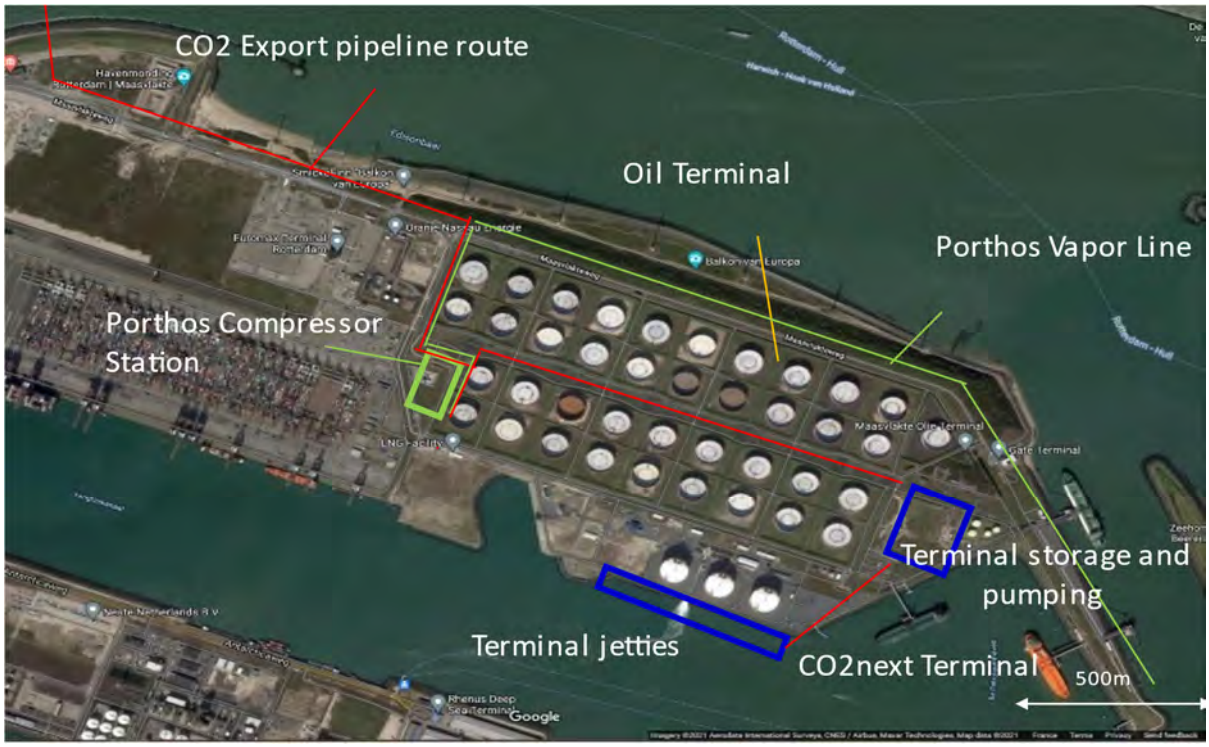
Er zijn twee locaties voor de CO2next terminal in beeld gebracht:

- Het oostelijk deel van het MOT[10] terrein.
- De locatie GATE Tank 5, op het GATE[11] terrein[12].

Beide locaties bieden voldoende ruimte voor de terminal activiteiten zoals nu voorzien voor de startsituatie en eerste uitbreidingssituatie.

Locatiealternatief op het MOT terrein (voorgenomen activiteit)
In Figuur 9-1 is de voorgenomen indeling op het terrein van MOT weergegeven. Aan de zuidzijde komen de aanlegsteigers aan het Yangtzekanaal. De CO_2 opslagtanks liggen aan de zuidoostzijde van de aardolietanks van MOT. De rode lijnen geven de nieuwe bovengrondse leidingen voor het transport van vloeibaar CO_2 vanaf de schepen naar de opslagtanks en de bovengrondse hogedrukleiding vanaf de terminal naar het compressorstation weer.

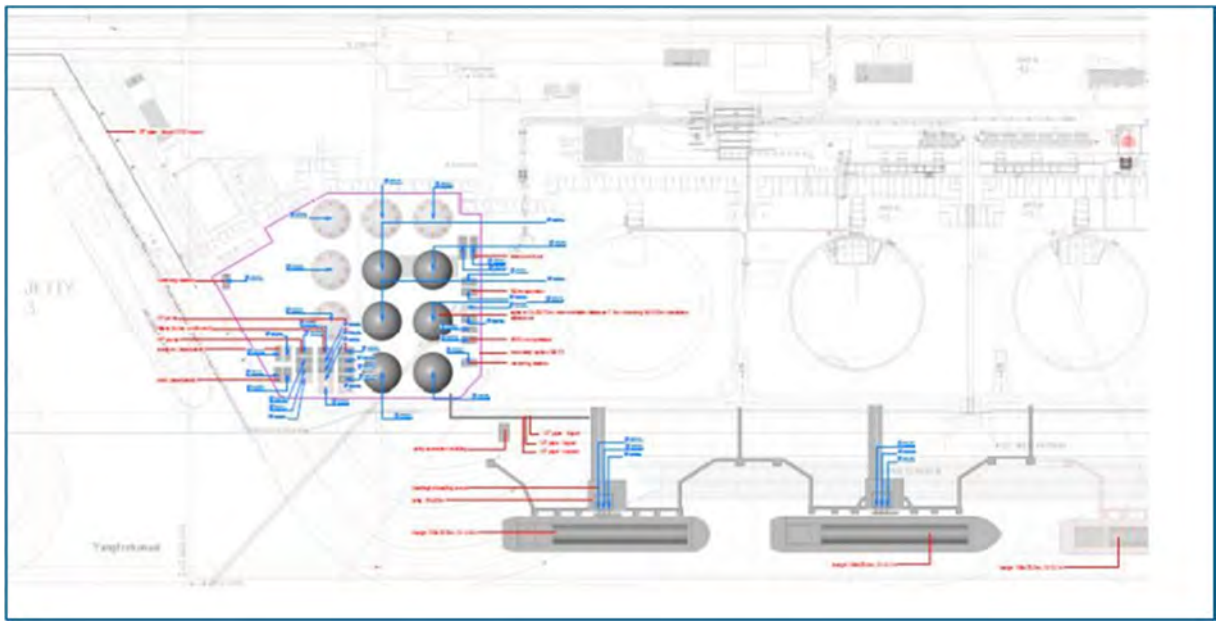
[9] Boil off gas is gasvormig CO_2 dat vrijkomt bij de verwerking van vloeibaar CO_2 in de terminal.
[10] MOT staat voor de Maasvlakte Olie Terminal op de eerste Maasvlakte. MOT is een joint verture van Shell, Exxon, BP, Q8, Zeeland Refinery en Vopak. Ruwe aardolie wordt met zeeschepen aangevoerd, en bij MOT opgeslagen en met pijpleidingen naar olieraffinaderijen getransporteerd.
[11] Gate is een LNG-importterminal op de eerste Maasvlakte. LNG staat voor liquefied natural gas en is vloeibaar aardgas. LNG wordt met zeeschepen aangevoerd en bij GATE opgeslagen, gasvormig gemaakt en in het gastransportnetwerk gebracht voor distributie naar Europese huishoudens en industrie.
[12] Er is sinds de NRD een nabijgelegen alternatieve locatie op het GATE terrein voor de CO2next terminal in beeld gekomen, de zogenaamde GATE-Tank 5 locatie. Deze locatie biedt iets meer ruimte en vervangt daarom de locatie die was opgenomen in de NRD.



Figuur 9-1. locatie van de CO2next terminal op het MOT terrein.

Locatiealternatief op GATE tank 5

Een alternatieve locatie voor de terminal ligt op het GATE-terrein ten noordoosten van de Yukonhaven. In Figuur 9-2 is de voorgenomen indeling op het terrein van GATE weergegeven. Aan de zuidzijde komen aanlegsteigers langs het Yangtzekanaal. Er komt een bovengrondse leiding naar de CO_2-opslagtanks op het GATE terrein. De CO_2-opslagtanks liggen ten zuiden van de aardolietanks van MOT en ten westen van de LNG-tanks van GATE. Vanaf de terminal komt er een korte leiding naar het compressorstation.



Figuur 9-2. *Detail kaart met CO2next terminal op GATE terrein (hiervoor wordt nog een aangepaste figuur gemaakt)*.

Conclusie
De locatie van GATE Tank 5 bevindt zich dichter bij de Porthos compressorlocatie. Dit heeft als voordeel dat de transportleidingen vanaf de schepen naar de locatie en van de locatie naar het mengpunt bij Porthos korter zijn. Het nadeel is dat de risicocontour van de locatie deels overlap heeft met het compressorstation. Beide aspecten leiden niet tot verschil in milieuscores tussen de alternatieve locaties van de terminal bij MOT of GATE tank 5.

Uit de inventarisatie van het veldbezoek (zie: Appendix 2) blijkt dat zowel het glad biggenkruid als de rugstreeppad niet of beperkt voorkomen op elk van beide locaties. De locatiekeuze voor de terminal zal geen invloed hebben op de staat van instandhouding van deze soorten.

10 Literatuur

Aarts, G. (2021). Memo “Estimated distribution of grey and harbour seals” for KEC 4.0. Wageningen Marine Research.

Aarts, G., Brasseur, S., Geelhoed, S. C. V., Van Bemmelen, R., & Leopold, M. (2013). Grey and harbour seal spatiotemporal distribution along the Dutch West coast. IMARES-Report C103/13.

Aarts, G., Cremer, J., Kirkwood, R., van der Wal, J. T., Matthiopoulos, J., & Brasseur, S. (2016). Spatial distribution and habitat preference of harbour seals (Phoca vitulina) in the Dutch North Sea. https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/400306

Au, W. W. L., Popper, A. N., & Fay, R. R. (2000). Hearing by whales and dolphins. Springer New York, NY, USA.

Bouma, S., Lengkeek, W., van den Boogaard, B., & Waardenburg, H. (2010). Reageren zeehonden op de Razende Bol op langsvarende baggerschepen. Bureau Waardenburg Report, 09–291.

Brasseur, S. M. J. M. (2017). Seals in motion: How movements drive population development of harbour seals and grey seals in the North Sea. (Doctoral Dissertation, Wageningen University).

Brasseur, S. M. J. M., Aarts, G., Meesters, E. H., van Polanen Petel, G., Dijkman, J., Cremer, J. S. M., & Reijnders, P. (2012). Habitat preferences of harbor seals in the Dutch coastal area: Analysis and estimate of effects of offshore wind farms. IMARES-Report C043/10.

Brasseur, S. M. J. M., Carius, F., Diederichs, B., Galatius, A., JeB, A., Körber, P., Meise, K., Schop, J., Siebert, U., Teilmann, J., Bie Thøstesen, & Klöpper, S. (2021). Grey Seal survey of the wadden sea and Helgoland 2002-2021. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.

Brasseur, S. M. J. M., Czeck, R., Diederichs, A., Galatius, A., Jensen, L., & Klöpper, S. (2015). Grey Seal surveys in the Wadden Sea and Helgoland in 2013-2014. Grey seal population recovered after decrease.

Didderen, K., Rebolledo, E. B., van Mastrigt, A., & Fijn, R. (2019). *Doeluitwerking Friese front*.

Dierschke, V., Garthe, S., & Mendel, B. (2006). Possible conflicts between offshore wind farms and seabirds in the German sectors of North Sea and Baltic Sea. In Offshore Wind Energy (pp. 121-143). Springer, Berlin, Heidelberg.

Camphuysen, C. J., & Siemensma, M. (2011). Conservation plan for the Harbour Porpoise Phocoena phocoena in The Netherlands: Towards a favourable conservation status. https://rugvin.nl/wp-content/uploads/2013/07/Bruinvisbeschermingsplan.pdf

Galatius, A., Brasseur, S., Carius, F., JeB, A., Meise, K., Meyer, J., Schop, J., Siebert, U., Stejskal, O., Teilmann, J., & Thostesen, C. B. (2022). Survey results of harbour seals in the Wadden Sea in 2022.

Geelhoed, S., Bos, O. G., Burggraaf, D., Couperus, A., & Lagerveld, S. (2014). Verklarende factoren voor de verspreiding van alken en zeekoeten op de Bruine Bank: Project Aanvullende Beschermde Gebiede Noordzee. IMARES.

Geelhoed, S. C. V., & Scheidat, M. (2018). Abundance of harbour porpoises (Phocoena phocoena) on the Dutch Continental Shelf, aerial surveys 2012-2017.

Geelhoed, S., Scheidat, M., Aarts, G., van Bemmelen, R., Janinhoff, N., Verdaat, J., & Witte, R. (2011). Shortlist masterplan wind aerial surveys of harbour porpoises on the Dutch Continental Shelf. Imares rapportnr c103/11.

Gilles, A., Ramirez-Martinez, N., Nachtsheim, D., & Siebert, U. (2020). Update of distribution maps of harbour porpoises in the North Sea. Institute for Terrestrial and Aquatic Wildlife (ITAW).

Gilles, A., Viquerat, S., Becker, E., Forney, K., Geelhoed, S. C. V., Haelters, J., Nabe-Nielsen, J., Scheidat, M., Siebert, U., Sveegaard, S., Van Beest, F., Van Bemmelen, R., & Aarts, G. (2016). Seasonal habitat-based density models for a marine top predator, the harbor porpoise, in a dynamic environment.

Hammond, P., Lacey, C., Gilles, A., Viquerat, S., Börjesson, P., Herr, N., MacLeod, K., Ridoux, V., Santos, M., Scheidat, M., Teilmann, J., Vingada, J., & Øien, N. (2017). Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2016 from the SCNA-III aerial and shipboard surveys.

Harwood, J., King, S., Schick, R., Donovan, C., & Booth, C. (2014). A protocol for implementing the interim population consequences of disturbance (PCOD) ap-proach: Quantifying and assessing the effects of UK offshore renewable energy developments on marine mammal populations. Report SMRUL-TCE-2013-014. Scottish Marine and Freshwater Science 5(2).

Heinis, F. (2018). Offshore windenergiegebied Hollandse Kust (noord): Effecten van aanleg op zeezoogdieren (Bijlage 5). HWE.

Heinis, F., De Jong, C., Von Benda-Beckmann, A., & Water, S. (2022). Framework for Assessing Ecological and Cumulative Effects 2021 (KEC 4.0)–marine mammals.

Hildebrand, J. A. (2009). Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. Marine Ecology Progress Series, 395, 5–20.

Hoekstein, M. S. J., Sluijter, M., & van Straalen, K. D. (2022). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2020/2021 (Rijkswaterstaat, Centrale informatievoorziening Rapport BM 20.03. Deltamilieu Projecten Rapportnr. 2022-01.). Deltamilieu Projecten, Vlissingen.

Krijgsveld KL, B Klaassen & J van der Winden (2022). Verstoring van vogels door recreatie. Literatuurstudie van verstoringsgevoeligheid en overzicht van maatregelen. Deel 1 hoofdrapport & deel 2 soortbesprekingen. Uitgave Vogelbescherming Nederland, Zeist.

Leopold, M. (2015). Leopold M. (2015). Eat and be eaten: Porpoise diet studies. PhD Thesis Wageningen University.

Ministerie van Economische Zaken. (2014a). Profieldocument H1364 Grijze zeehond (Halichoerus grypus).

Ministerie van Economische Zaken. (2014b). Profieldocument H1351 Bruinvis (Phocoena phocoena).

Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur. (2024). Ontwerpbesluit Omgevingsvergunning N2000-activiteit; Aramis-initiatief – CO2-transport. Kenmerk: DGNV / 59151735. Zaaknummer: 0000054800. https://www.rvo.nl/sites/default/files/2024-09/OB01-ontwerp-omgevingsvergunning-Natura-2000-activiteit-Aramis-fase-1.pdf (Geraadpleegd op 30-9-2024).

Reijnders, P. J. H., Brasseur, S. M., & Brinkman, A. G. (2000). Habitatgebruik en aantalsontwikkelingen van gewone zeehonden in de Oosterschelde en het overige Deltagebied. Alterra.

Rijkswaterstaat. (2015). Kader Ecologie en Cumulatie t.b.v. Uitrol windenergie op zee (2015c). Deelrapport B: Bijlage Imares onderzoek: Cumulatieve effecten op vogels en vleermuizen.

Rijkswaterstaat. (2023). Natura 2000-beheerplan Friese Front 2023-2029.

Royal HaskoningDHV. (2020). Vertroebelingsstudie platform N05-A.

Royal HaskoningDHV. (2024a). Deelrapport Soortenbescherming (ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2005).

Royal HaskoningDHV. (2024b). Detailrapport Aramis onderwatergeluid (ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2008).

Royal HaskoningDHV. (2024c). Detailrapport zeebodem, inclusief morfologie, archeologie en niet gesprongen explosieven (ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2025).

Royal HaskoningDHV. (2024d). Passende Beoordeling Aramis CCS.

Royal HaskoningDHV. (2024e). Integrale Effect Analyse Aramis CCS.

Schop, J., Abel, C., Brasseur, S., Galatius, A., JeB, A., Meise, K., Meyer, J., van Neer, A., Stejskal, O.,
Siebert, U., Teilmann, J., & Thostesen, C. B. (2022). Grey seal numbers in the Wadden sea and on Helgoland in 2021-2022.

Tamis, J. E., Karman, C. C., de Vries, P., & Klok, C. (2011). Offshore olie-en gasactivitetiten en Natura 2000. Inventarisatie van mogelijke gevolgen voor de instandhoudingsdoelen van de Noordzee.

TNO. (2015). Cumulatieve effecten van impulsief geluid op zeezoogdieren (R10335; p. 85).

Tulp, I., Tien, N., & van Damme, C. (2016). PMR Monitoring natuurcompensatie Voordelta: Ontwikkeling vis in de Voordelta na instelling bodembeschermingsgebied ter compensatie van de aanleg Tweede Maasvlakte. Wageningen Marine Research.

van Bemmelen, R.S.A., de Jong, J.W., Arts, F.A., Beuker, D., Engels, B.W.R., Hoekstein, M.S.J., van der Horst, Y., Kuiper, K., Leemans, J., Sluijter, M., van Straalen, K.D., Wolf, P.A. & Fijn, R.C. 2023. Verspreiding, abundantie en trends van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2022-2023. RWS-Centrale Informatievoorziening BM 23.32. Waardenburg Ecology Rapportnr. 23-443. Waardenburg Ecology & Deltamilieu Projecten, Culemborg.

A1 Ecologische werkprotocollen

A1.1 Algemene maatregelen

A1.1.1 Zorgbeginsel

In de Ow is een specifiek zorgbeginsel (art. 1.6) opgenomen: de intrinsieke waarde van soorten is vastgesteld in een doelbepaling en geldt voor alle soorten, los van een beschermingsregime. Dit wordt ook wel de zorgplicht van de Ow genoemd. Het is een algemeen geldende fatsoenseis die erop neerkomt dat redelijkerwijs vermijdbare schade aan planten en dieren moet worden voorkomen.

A1.1.2 Generieke eisen

Voor iedere beschermde soort waar dit ecologisch werkprotocol op gericht is, bestaat eenzelfde pakket aan eisen dat hier wordt opgesomd. Dit is aanvullend op wat in de hierop volgende hoofdstukken wordt beschreven. Deze eisen zijn als volgt:

Tabel 5. Generieke eisen ten aanzien van beschermde soorten uit de Omgevingswet

Generieke eisen
De uitvoerder van een activiteit met potentieel negatieve gevolgen voor een beschermde soort, dient zich van tevoren zelf op de hoogte te hebben gesteld van de aanwezigheid van een beschermde soort in een gebied, terrein of perceel waar de activiteit plaats gaat vinden. Databases van de Nationale Databank Flora en Fauna (NDFF) en de Natuurwijzer kunnen hiervoor geraadpleegd worden zodat duidelijk is welke gebieden onderzocht zijn en waar soorten zijn waargenomen. Ook beschikt het havenbedrijf van Rotterdam (HbR) online over actuele kaarten met verspreidingsgegevens van beschermde soorten van de afgelopen 5 jaar (de actuele data zijn nooit ouder dan 3 jaar, maar er wordt nog 2 jaar oudere data ook weergegeven voor een totaalbeeld).
Voorliggend document met de voor het betreffende werk relevante werkbeschrijvingen (zogenaamde ‘ecologische werkprotocollen’) moet op de locatie aanwezig zijn en onder alle betrokken partijen bekend zijn.
De realisatie van mitigerende maatregelen moet worden uitgevoerd onder begeleiding van een ecologisch deskundige (zie volgende paragraaf voor definitie) op het gebied van de betreffende soort. Onder begeleiding kan men hier ook verstaan dat de ecologisch deskundige na een eerste instructie op de achtergrond blijft, maar inzetbaar is zodra er afwijkingen of problemen zijn geconstateerd ten aanzien van een beschermde soort tijdens de uitvoering van de werkzaamheden.
Wanneer maatregelen niet op de correcte wijze zoals vermeld in deze ecologische werkprotocollen zijn uitgevoerd, wordt dit zo snel mogelijk na constatering gemeld bij Aramis en in overleg met een ecologisch deskundige alsnog op de juiste manier uitgevoerd. Overtredingen worden altijd gerapporteerd.

A1.1.3 Overige maatregelen die altijd gelden

Naast bovenstaande maatregelen, moet ten alle tijden rekening gehouden worden met:

- Beschermde plantensoorten. De beschermde planten mogen tijdens de bloeitijd niet worden beschadigd of gemaaid en de groeiplaats moet intact blijven (zie 11.2).
- Broedende vogels. Deze mogen tijdens het broeden niet worden verstoord (zie 11.4).

Voorts dient rekening gehouden te worden met het zorgbeginsel van de Ow (zie hiervoor paragraaf 11.1.1) en de generieke eisen (zie paragraaf 11.1.2).

A1.2 Glad biggenkruid

A1.2.1 Planning werkzaamheden

Tabel 11-1. Vereiste planning in geval van beschermde situatie planten van graslanden, bermen, taluds en overige terreinen (groen geeft de maanden aan waarin werkzaamheden kunnen worden uitgevoerd).

Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Tijdelijk verstorende werkzaamheden zoals afgraven of bedekken van de grond waar glad biggenkruid op groeit mogen alleen plaatsvinden in de periode september t/m maart (buiten bloeitijd en na zaadzetting).											
Bij de planning van de werkzaamheden moet rekening worden gehouden met de tijd die is gemoeid met mitigerende maatregelen om de aanwezige beschermde planten te ontzien (zie onder). Een deskundig ecoloog moet altijd beoordelen of de planning van uitvoering van mitigerende maatregelen gunstig is voor de bescherming van de soort.											

A1.2.2 Maatregelen voorbereidingsfase

Terreinen zonder glad biggenkruid	Terreinen met glad biggenkruid
Wanneer geen beschermde plantensoorten voorkomen dient nog wel te worden gecontroleerd of sprake is van broedende vogels. Zie de betreffende paragraaf voor mogelijke aanvullende eisen. Indien dit niet het geval is, bepaalt Aramis of de aannemer zelf de planning en wijze van de uitvoering van de werkzaamheden.	Het markeren van individuele planten en hieromheen manoeuvreren is niet toegestaan. Deze werkwijze is namelijk niet van toepassing op een soort die zo verspreid voorkomt in het havengebied. Het gehele terrein (logische eenheid in het veld met ruime afstand tot de grens van de groeiplaats) waarin beschermde soorten staan mogen alleen buiten de bloeiperiode en na de zaadzetting verstoord worden.
	Aanwezige groeiplaatsen worden aangegeven op kaartmateriaal welke te allen tijde op de werklocatie aanwezig dient te zijn.
	Wanneer vanuit praktisch- en veiligheidsoogpunt en na goedkeuring door Aramis meermaals per jaar een terrein met glad biggenkruid verstoord moet worden (bijvoorbeeld door rijplaten te plaatsen), dan kan dit, mits de gunstige staat van instandhouding van de soort in het havengebied niet in het geding komt (in overleg met een ecoloog).

A1.2.3 Maatregelen aanleg- en gebruiksfase

Geldend voor alle leidingstroken en in alle gevallen
Rond de periferie van de groeiplaats moet bij graafwerkzaamheden een beschermingszone met een straal van tenminste 5 meter worden ingesteld waar niet wordt gewerkt. Deze maatregel is voor de duidelijkheid niet van toepassing bij het uitvoeren van het reguliere periodieke maaibeheer buiten de kwetsbare periode.

Periodieke werkzaamheden in leidingstroken vallen onder bestendig gebruik, zolang deze van dusdanige schaal zijn dat de leidingstrook niet volledig vergraven wordt.

Te allen tijde moet spoorvorming door zwaar materieel voorkomen worden, parkeren op de leidingstrook valt hier ook onder. Hiervoor dienen rijplaten neergelegd te worden. Op deze manier wordt voorkomen dat de bovenste zode kapot wordt gereden en een voedselrijke maar voor veel beschermde (en overige) soorten ongeschikte bodem achterblijft. De rijplaten kunnen echter een aantrekkende werking hebben op de rugstreeppad (en andere amfibieën) doordat ze als schuilplaats kunnen dienen. Deze platen dienen daarom ofwel onder ecologische begeleiding te worden verwijderd buiten de kwetsbare overwinteringsperiode van de rugstreeppad ofwel te worden afgeschermd conform de methodiek voor het plaatsen van de paddenschermen (zie 8.2.1).

Bij het graven van een sleuf voor de leiding (onderhoud, vervanging of nieuwe plaatsen) moet een ecoloog worden betrokken om te beoordelen wat de impact is. Per leidingstrook kan dit verschillen, afhankelijk van de breedte van de strook die tijdelijk vergraven moet worden.

Na afloop van de werkzaamheden mag er **niet worden ingezaaid.** De habitat van een grasland met een open vegetatiestructuur, op droge, voedselarme (=stikstofarme) bodem dient in stand gehouden te worden. Inzaaien zou zorgen dat dit habitat verloren zou gaan en is om die reden niet toegestaan.

Aanvullende maatregelen voor leidingstroken met glad biggenkruid

De breedte van de te vergraven strook ten opzichte van de totale breedte van de leidingstrook is bepalend of de bovenste zode apart gezet moet worden of niet. Dit is locatie specifiek (er kan dus geen standaard percentage gehanteerd worden) en wordt door een ecoloog beoordeeld op basis van het aantal aangetroffen exemplaren glad biggenkruid in de leidingstrook. Doel is dat de duurzame instandhouding niet in het geding komt. Niet alle groeiplaatsen worden afgegraven, enkel de groeiplaatsen die mogelijk beschadigd kunnen raken door het voornemen als ze niet afgegraven zouden worden.

De dikte van de zode met glad biggenkruid die zo nodig afgeschraapt moet worden, is 20 cm. Dit moet apart gehouden worden, zodat het na afronding van de werkzaamheden weer als laatste laag teruggeplaatst kan worden.

Terugzetten van de bovenste laag maakt inzaai die verstuiving moet tegengaan overbodig.

In depot zetten van grond met glad biggenkruid is slechts voor korte duur toegestaan; de bovenste zode die apart gezet wordt moet altijd binnen 3 maanden worden teruggeplaatst. Wanneer dit niet mogelijk is in hetzelfde terrein, zal moeten worden bepaald of in de directe omgeving deze grond met zaadbank van glad biggenkruid weer uitgestrooid kan worden. Wanneer er voldoende groeiplaats aanwezig is, kan een ecologisch deskundige bepalen of deze maatregel nodig is in die specifieke context, of niet. Enkel wanneer de grond, waarin het glad biggenkruid aanwezig is, tijdens de werkzaamheden dusdanig ongeschikt wordt voor herplaatsing (bijv. door sterke verontreiniging), gaat de grond, inclusief exemplaren van glad biggenkruid, naar een erkende verwerker.

Een ecoloog beoordeelt jaarlijks of de hoeveelheid te verdwijnen leefgebied van glad biggenkruid niet in strijd komt met de lokale gunstige staat van instandhouding. Wanneer via de Havenscan wordt gesignaleerd dat de lokale gunstige staat van instandhouding van glad biggenkruid in het geding komt, kan niet meer van de gebiedsontheffing gebruik gemaakt worden voor wat betreft ruimtelijke ontwikkeling.

A1.3 Rugstreeppad

A1.3.1 Planning werkzaamheden

Tabel 11-2. Vereiste planning in geval van beschermde situatie zandige (werk)terreinen en kleine binnenwateren: Rugstreeppad.

Buiten de voortplantingsperiode: oktober t/m maart											
Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Buiten de overwinteringsperiode: april t/m september											
Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec

De functionaliteit van de locatie voor de soort en de aard van de activiteit bepalen welke periode het meest geschikt is. Weersomstandigheden kunnen sterk van invloed zijn op de activiteit en kwetsbaarheid van deze soort. Een ecoloog dient deze periode te bepalen.

Bestaande voortplantingswateren en landhabitatten kunnen worden beschouwd als vaste rust of verblijfplaats.

A1.3.2 Maatregelen voorbereidingsfase

[redacted]

Wanneer voortplantingswater verdwijnt, wat niet in de planning van het voornemen ligt maar incidenteel kan gebeuren doordat poelen die door regenval ontstaan zijn op het leidingtracé droog komen te vallen in de zomermaanden, moet voorafgaand aan het grondwerk tijdig nieuw, al dan niet tijdelijk, door de soort te gebruiken water zo dicht mogelijk bij het verdwenen water gegraven worden. Pas wanneer (bijvoorbeeld om bodemtechnische redenen) geen geschikt voortplantingswater kan worden gerealiseerd en/of het risico op herkolonisatie van het werkterrein daardoor groot is, mogen dieren verplaatst worden naar één van de voor de soort ingerichte mitigatielocaties op de Maasvlakte.

Als werkzaamheden niet uitgesteld kunnen worden tot buiten de voortplantingsperiode, dan moet er voordat de werkzaamheden aanvangen gezocht worden naar eisnoeren en larven en imago's. Bij het aantreffen hiervan moeten deze, indien mogelijk, verplaatst worden naar geschikt gebied in de directe omgeving waar geen werkzaamheden voorzien zijn en, wanneer dit ontbreekt of het risico op herkolonisatie van het werkterrein te groot is (in geval van imago's), naar een van de mitigatielocaties op de Maasvlakte.

A1.3.3 Maatregelen aanleg- en gebruiksfase

[redacted]



Na hevige regenval ontstane plassen, volgelopen wielsporen of greppels, dienen zo snel mogelijk weer te worden gecontroleerd op activiteit (aanwezigheid van eisnoeren en larven, imago's) van de soort en daarna te worden gedempt.

Aangetroffen padden, ei-snoeren of larven dienen onder begeleiding van een ecologisch deskundige gevangen en verplaatst te worden naar de mitigatielocaties wanneer verstoring door de werkzaamheden dreigt.

A1.4 Grondbroedende vogels

A1.4.1 Planning werkzaamheden

Tabel 11-3. Vereiste planning in geval van beschermde situatie grondbroedende vogels.

Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Buiten broedseizoen: september t/m februari (maart en augustus zijn afhankelijk van de betreffende soort en de weersomstandigheden)											
Bij de planning van de werkzaamheden moet rekening worden gehouden met het broedseizoen. Maatregelen om te voorkómen dat een soort zich vestigt op de beoogde werklocatie moeten zo kort mogelijk voorafgaand aan de werkzaamheden worden genomen, maar mogen onder geen beding nog plaatsvinden als vogels zich reeds hebben gevestigd.											

A1.4.2 Maatregelen voorbereidingsfase

Terreinen waar (nog) geen vogels broeden	Terreinen waar vogels broeden
Wanneer geen broedende vogels voorkomen dient nog wel te worden gecontroleerd of sprake is van beschermde plantensoorten. Zie eerdere hoofdstukken voor mogelijke aanvullende eisen. Indien geen broedende vogels of beschermde planten in het terrein aanwezig zijn, bepaalt de aannemer zelf de planning en wijze van uitvoering van de activiteiten volgens contract Aramis.	Het markeren van individuele nesten en hieromheen manoeuvreren is niet toegestaan. Het gehele perceel waarin beschermde soorten aanwezig zijn, mogen alleen buiten het broedseizoen verstoord worden.
	Onder begeleiding van een ecologisch deskundige
	Wanneer verstorende werkzaamheden plaatsvinden in het broedseizoen, vanuit veiligheidsbelang of in relatie tot een calamiteit, moet dit worden uitgevoerd onder begeleiding van een deskundig ecoloog en met goedkeuring van Aramis. Hierbij wordt met uiterste inspanning voorkomen dat vogels gedood worden; er dient een beschermingszone van minimaal 5 meter rondom het nest aangebracht te worden, in het uiterste geval wordt een enkel nest met broedsel

	op korte afstand verplaatst waarmee al het redelijke gedaan wordt om de vogels de gelegenheid te geven buiten het terrein waar een calamiteit is het broeden voort te zetten. Voorbeelden van calamiteiten zijn: • Toegang naar een afsluiter/kademuur/ toegangshek etc. wegens ongeplande werkzaamheden die nodig zijn voor het waarborgen van veiligheid; • Het opgraven van een leiding voor ongeplande werkzaamheden die nodig zijn voor het waarborgen van veiligheid of verhelpen van een storing. Hierbij zal altijd onder begeleiding van een ecologisch deskundige gewerkt moeten worden, in zo'n kort mogelijke tijd met zo min mogelijk ingrepen.

A1.4.3 Maatregelen aanleg- en gebruiksfase

A1.5 Grondgebonden landzoogdieren

A1.5.1 Planning werkzaamheden

Konijn											
Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Vos											
Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec

Buiten voortplantingsseizoen: maart t/m juli voor het konijn en januari t/m juni voor de vos.

Bij de planning van de werkzaamheden moet rekening worden gehouden met het voortplantingsseizoen. Maatregelen om te voorkómen dat een soort zich vestigt op de beoogde werklocatie moeten zo kort mogelijk voorafgaand aan de werkzaamheden worden genomen.

A1.5.2 Maatregelen voorbereideningsfase

Terreinen waar (nog) geen konijn en vos voorkomen	Terreinen waar konijn en vos gevestigd zijn
Wanneer geen burchten voorkomen, is het van belang dat konijnen en vossen zich niet kunnen	Voor het uitvoeren van een flora- en fauna-activiteit waarbij konijnen en vossen eventueel

vestigen tijdens de werkzaamheden. Ook dient nog te worden gecontroleerd of sprake is van broedende vogels en beschermde plantensoorten. Zie eerdere hoofdstukken voor mogelijke aanvullende eisen. Indien geen konijnen en vossen, broedende vogels of beschermde planten in het terrein aanwezig zijn, bepaalt de aannemer zelf de planning en wijze van uitvoering van de activiteiten volgens contract met Aramis.	verstoord worden is geen vergunning nodig indien de grondgebruiker kan aantonen dat konijnen en vossen schade veroorzaken aan het plangebied (Art. 11.57 Bal). Zo niet, dienen de soorten beschermd en zo min mogelijk verstoord te worden. **Onder begeleiding van een ecologisch deskundige** Wanneer verstorende werkzaamheden plaatsvinden in het voortplantingsseizoen, vanuit veiligheidsbelang of in relatie tot een calamiteit, moet dit worden uitgevoerd onder begeleiding van een deskundig ecoloog en met goedkeuring van Aramis. Hierbij wordt met uiterste inspanning voorkomen dat konijnen en vossen gedood worden; werkzaamheden dienen overdag en langzaam uitgevoerd te worden waarbij voorzichtig naar de burchten toe gewerkt wordt om instorting en bedelving te voorkomen. In het uiterste geval worden de soorten op korte afstand verplaatst waarmee al het redelijke gedaan wordt om de konijnen en vossen de gelegenheid te geven buiten het terrein waar een calamiteit is de voortplanting voort te zetten. Voorbeelden van calamiteiten zijn: • Toegang naar een afsluiter/kademuur/ toegangshek etc. wegens ongeplande werkzaamheden die nodig zijn voor het waarborgen van veiligheid; • Het opgraven van een leiding voor ongeplande werkzaamheden die nodig zijn voor het waarborgen van veiligheid of verhelpen van een storing. Hierbij zal altijd onder begeleiding van een ecologisch deskundige gewerkt moeten worden, in zo'n kort mogelijke tijd met zo min mogelijk ingrepen.

A1.5.3 Maatregelen aanleg- en gebruiksfase

Indien door het werk holen (verblijfplaatsen) worden aangetast en/of vernietigd mag dit alleen plaatsvinden onder ecologische begeleiding en buiten de kwetsbare voortplantingsperiode (globaal van januari tot juli).

Voor het uitvoeren van een flora- en fauna-activiteit tijdens de gebruiksfase waarbij konijnen en vossen eventueel verstoord worden is geen vergunning nodig indien de grondgebruiker kan aantonen dat konijnen en vossen schade veroorzaken aan het plangebied of de daarop aanwezige assets (Art. 11.57 Bal). Zo niet, dienen de soorten beschermd en zo min mogelijk verstoord te worden.

A2 Rapportage soortenonderzoek

Kwintsheul,
vrijdag 28 juni 2024

Memo CCS leidingentracé Aramis Maasvlakte Rotterdam

Behandeld door: R. de Beer

Uitgevoerd: J. Oosterom

1. Inleiding

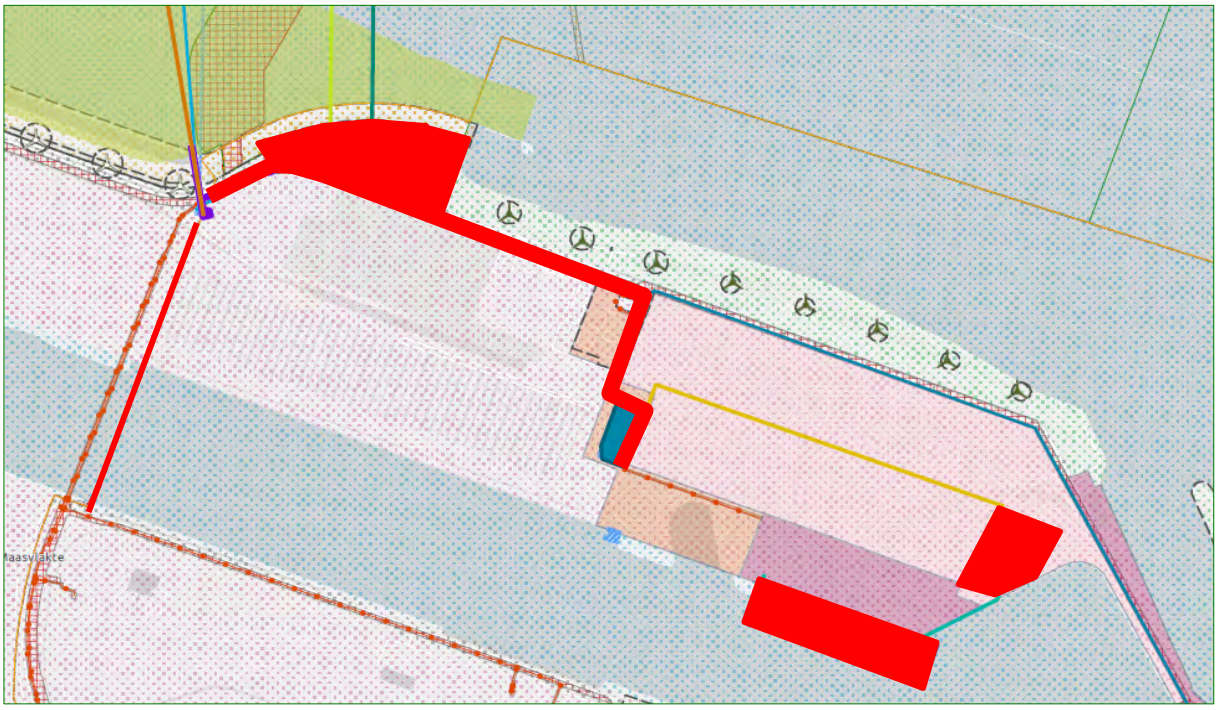
Op de grens tussen Maasvlakte I en II in Rotterdam, in de provincie Zuid Holland, zijn plannen een nieuw leidingtracé en terminal te realiseren. Het project staat bekend onder de naam 'CCS Aramis'.

Het is mogelijk dat binnen de werksfeer soorten voorkomen die beschermd zijn onder de Omgevingswet (hierna Ow). De werkzaamheden zullen worden uitgevoerd onder het bestaande werkprotocol van Havenbedrijf Rotterdam maar bevoegd gezag, de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), heeft aangegeven dat inzichtelijk moet worden gemaakt welke beschermde waarden aanwezig (kunnen) zijn. Er zou daarbij met name gelet moeten worden op mogelijkheden voor de Rugstreeppad (land- en winterbiotoop) en het voorkomen van Glad biggenkruid.

In opdracht van Royal Haskoning DHV heeft Ecologisch Onderzoeks- en Adviesbureau Van der Goes en Groot daarom een census uitgevoerd om dit nader te onderzoeken. Het onderzoek heeft bestaan uit een bureau- en veldstudie.

Onderliggend rapport geeft de resultaten van het onderzoek.

Figuur 1.
Onderzochte terreindelen (rood).



2. Methode

Het doel van de inventarisatie was om inzicht te krijgen in de aanwezigheid van onder de Ow beschermde Glad biggenkruid en mogelijk geschikt biotoop voor Rugstreeppad.

Glad biggenkruid

Onderzocht is of groeiplaatsen aanwezig zijn van Glad biggenkruid (en eventueel andere beschermde soorten die niet op voorhand worden verwacht). Tijdens de inventarisatie zijn alle potentieel geschikte groeiplaatsen bezocht in de periode van het jaar dat de soorten ook daadwerkelijk verwacht kunnen worden. Extra aandacht is gericht geweest op terreindelen met een, op grond van aanwezige biotopen, verhoogde potentie voor Glad biggenkruid.

De inventarisatie is uitgevoerd op 7 juni en 14 juni 2024. Het tweede bezoek was noodzakelijk om afgesloten delen van het terrein te bezoeken. De locaties zijn als punt opgeslagen op een veldtablet, geplaatst in het centrum van de groeiplaats van een soort, of bij grotere groeiplaatsen om de ongeveer 50 meter. Er werd een gebied van ongeveer 5 meter aan weerszijden van de lijnvormige elementen aangehouden. Voor de abundantie is de aantalsschaal uit onderstaande tabel aangehouden.

Abundantieklasse	Aantal exemplaren	Oppervlakte (m^2)
A (1)	1	<1
B (2)	2-5	1-5
C (3)	6-25	5-25
D(4)	26-50	25-50
E (5)	51-500	50-500
F (6)	501-5000	500-5000
G (7)	>5000	>5000

Rugstreeppad

De geschiktheid van land- en overwinteringsbiotoop van Rugstreeppad wordt bepaald door vergraafbaarheid en een goede drainage. Terreindelen met enige (micro) accidentatie hebben de voorkeur. Hiervan is sprake bij bijvoorbeeld zand en puinbulten, vergravingen door bijvoorbeeld Konijnen of diepe sporing en steilkanten in het terrein. Zwaar doorworteld terrein, verharde of tijdelijk geïnundeerde bodems zijn niet geschikt.

Om te beoordelen in hoeverre de Rugstreeppad verwacht kan worden binnen de werksfeer is tijdens de veldbezoeken aangegeven waar vergraafbare droge terreindelen werden gezien die aan de beschreven voorwaarden voor geschikt leefgebied lijken te voldoen.

3. Resultaten

3.1 Glad Biggenkruid

In Bijlage 1 wordt de verspreiding van Glad Biggenkruid weergegeven. De soort blijkt in het gebied en vrijwel langs het gehele onderzochte leidingentracé massaal voor te komen. De meeste groeiplaatsen omvatten meer dan 50 planten maar er zijn ook groeiplekken met meer dan 5000 planten. Op alle zandige, open, niet te zwaar beschaduwde of dichtgegroeide delen van het terrein is de soort algemeen en te verwachten.



Glad biggenkruid op een open en zandig terrein naast de Prinses Maximaweg.



Glad biggenkruid op een open en zandig terrein naast de MOT.

3.2. Rugstreeppad

Het resultaat van die kartering wordt gegeven in Bijlage 2.

Ook voor de Rugstreeppad geldt dat op veel plekken mogelijkheden voor landvoorkomen aanwezig zijn.

Ondanks de mogelijkheden in de onderzochte terreinen worden geen heel hoge dichtheden verwacht omdat slechts op één locatie nabij Aramis de soort in voortplantingswater werd gehoord in 2014 en de hoofdverspreiding van de soort ver naar het zuiden ligt (NDFF2014-2024). Rond de werksfeer is daarnaast zeer veel vergelijkbaar potentieel leefgebied aanwezig.



Vergraafbaar terrein met konijnenholen.



De zone rond het Yangtzekanaal is te sterk verhard.



Verspreiding van de Rugstreeppad op de Maasvlakte volgens de NDFF (2014-2024).

3.3. Overige soorten

3.3.1. Flora

De aangetroffen Kegelsilene (zie Bijlage 3) staat op open en zonnig, droog en voedselarm, neutraal tot kalkrijk, omgewerkt duinzand en op stenig substraat. Deze soort is in Nederland zeldzaam maar wordt niet bedreigd.

De Kleine rupsklaver is een plant van zonnige, open tot grazige plaatsen op droge, voedselarme tot matig voedselrijke, neutrale tot kalkrijke grond. Ook deze soort is in Nederland zeldzaam maar wordt niet bedreigd.

Het laksteeltje is een klein, éénjarig grasje van open, brakke, matig voedselrijke bodems. Ook deze soort is in Nederland zeldzaam maar wordt niet bedreigd.

3.3.2. Broedvogels

Er werden tijdens de veldbezoeken op het westelijke deel op drie plekken alarmerende Scholeksters waargenomen. Ook waren jonge vogels aanwezig. Tevens werden vliegvlugge jonge Witte kwikstaarten waargenomen en is het niet ondenkbaar dat in niet inspecteerbare dichte bosschages kneu broedt.

4. Effecten en Maatregelen

Door graafwerkzaamheden en vlakken of bebouwen van terreindelen is het mogelijk dat groeiplaatsen van Glad biggenkruid worden verstoord of vernield. Aanwezige planten worden ontworteld en beschadigd. Het is mogelijk wanneer gewerkt wordt zonder maatregelen in bepaalde periodes dat Rugstreeppadden worden verstoord, verwond of gedood.

4.1 Glad biggenkruid

Glad biggenkruid is een eenjarige plantensoort die kiemt in het najaar en voorjaar. De soort is oorspronkelijk op de zandgronden in het binnenland een soort van extensief bewerkte akkers. Door moderne landbouwtechniek is de soort hier zeer sterk afgenomen. De duinen zijn als standplaats momenteel zeer belangrijk en hier lijkt de soort recent toe te nemen. Periodieke woeling en storing van de bodem houden het biotoop van deze hoog-dynamische soort in stand, het volledig dicht groeien van de bodem doet de soort verdwijnen.

De uit te graven leidingstroken betreffen slechts een beperkte oppervlakte in vergelijking met potentieel geschikt terrein ter plaatse waardoor veel leefgebied behouden blijft. Vanwege de specifieke ecologie van de soort wordt beoordeeld dat de werkzaamheden geen belangrijke invloed en mogelijk zelfs een positieve, zal hebben op de lokale populatie als de volgende maatregelen worden genomen:

- ♣ Werkzaamheden worden uitgevoerd na de zaadzetting (vanaf eind augustus)
- ♣ Voorafgaand aan werkzaamheden wordt lokaal zaad gewonnen in het plangebied dat later kan worden uitgezaaid na afloop van het werk
- ♣ De bovenste 20 centimeter van de bovenlaag van af te graven grond kan apart worden gezet om als laatste te worden teruggestort

Door de zaadbank intact te laten en later aan te vullen wordt geborgd dat planten na afloop van het werk kiemen en terugkomen. Het verplaatsen van volgroeide planten is niet zinvol omdat deze na de zaadzetting afsterven. Aanbevolen wordt deze maatregelen voor te leggen aan bevoegd gezag en ecologisch te laten begeleiden.

4.2 Rugstreeppad

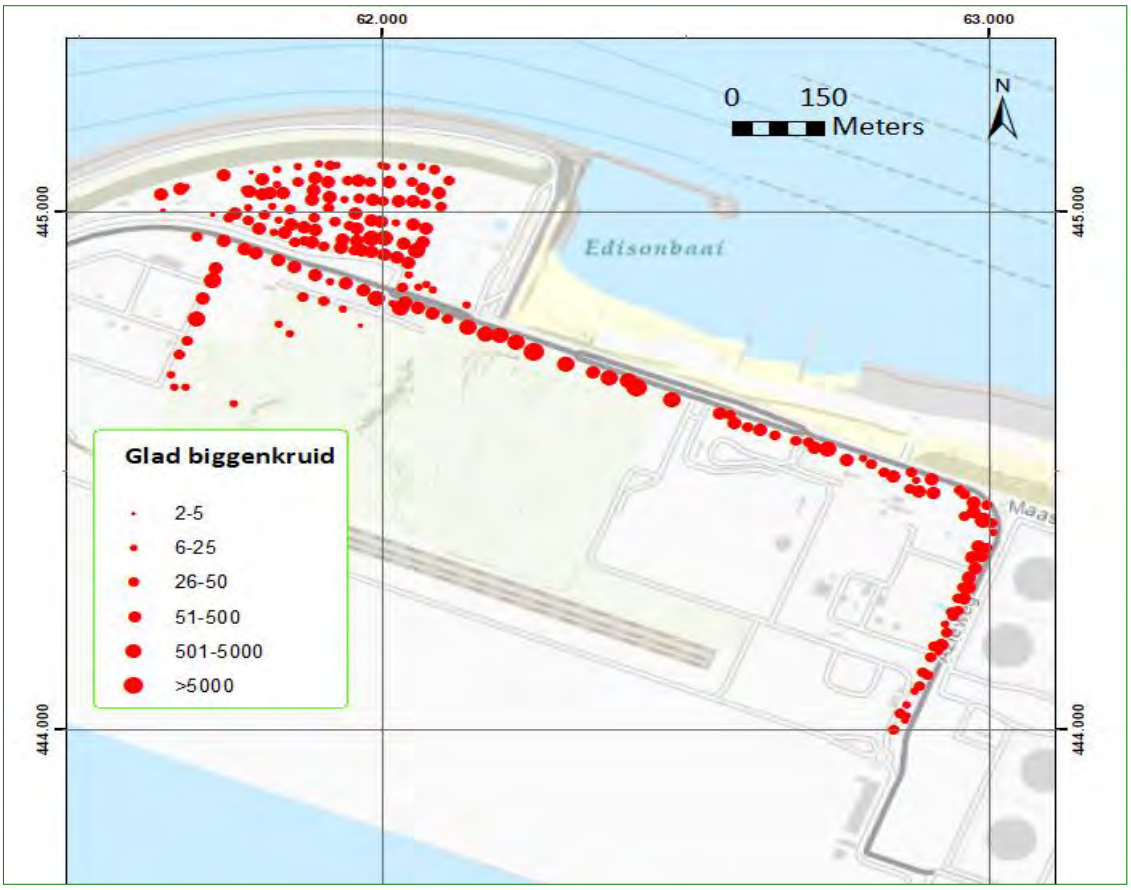
Om volledig te borgen dat geen calamiteiten optreden tijdens werkzaamheden wordt aanbevolen de werksfeer in het voorjaar (april-mei) af te schermen met een amfibieënscherm dat minimaal 10 cm diep wordt ingegraven. Na afloop van het werk kan dit weer worden verwijderd. Aan de binnenkant van de schermen kan om de 50 meter een aanaarding worden gemaakt zodat dieren aan de binnenkant de omschermde zone kunnen verlaten.

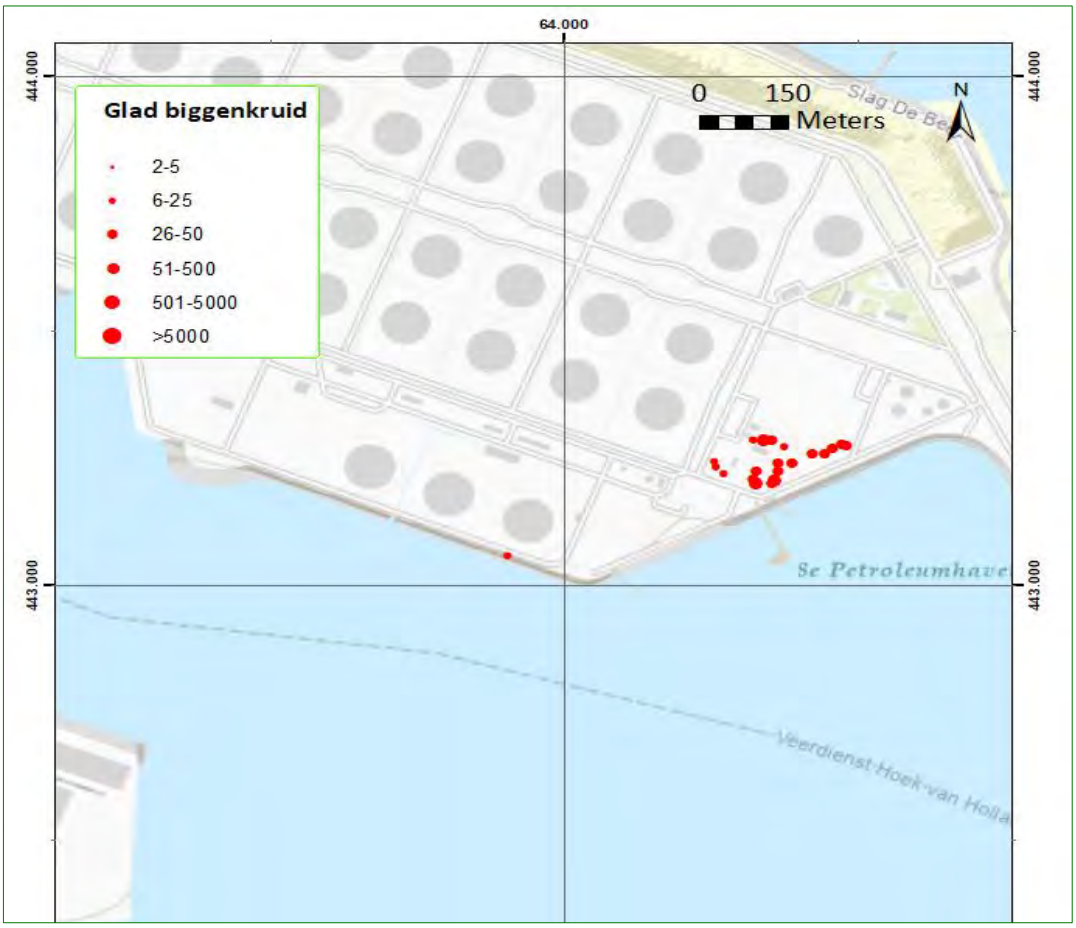
5. Conclusie

Glad biggenkruid is zeer algemeen aanwezig op het terrein van de aan te leggen leidingstroken. Omdat buiten het plangebied veel alternatief biotoop ligt en de werkzaamheden op langere termijn niet leiden tot ongeschikt worden van biotoop, wordt met het nemen van maatregelen en door zorgvuldig te handelen, geen belangrijk effect verwacht.

De Rugstreeppad wordt in zeer lage dichtheden verwacht. Ook voor deze soort is zeer veel alternatief leefgebied voorhanden buiten de werksfeer. Met het nemen van adequate maatregelen wordt geen schade verwacht.

Bijlage 1 Verspreiding Glad biggenkruid

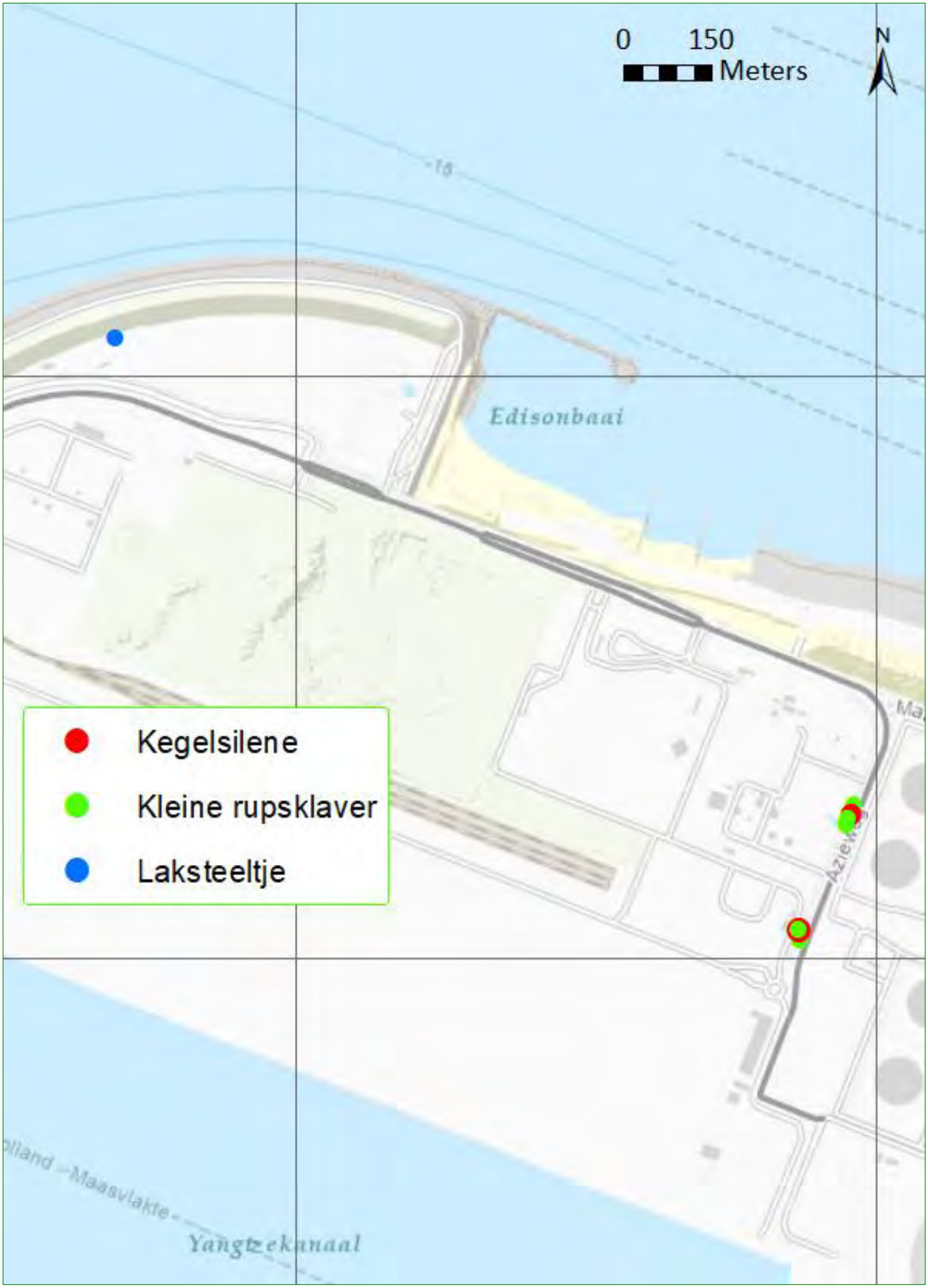




Bijlage 2 Vergraven en vergraafbare delen



Bijlage 3 Overige flora



Kwintsheul,
vrijdag 28 juni 2024

Memo CCS leidingentracé Aramis Maasvlakte Rotterdam

Behandeld door: R. de Beer

Uitgevoerd: J. Oosterom

1. Inleiding

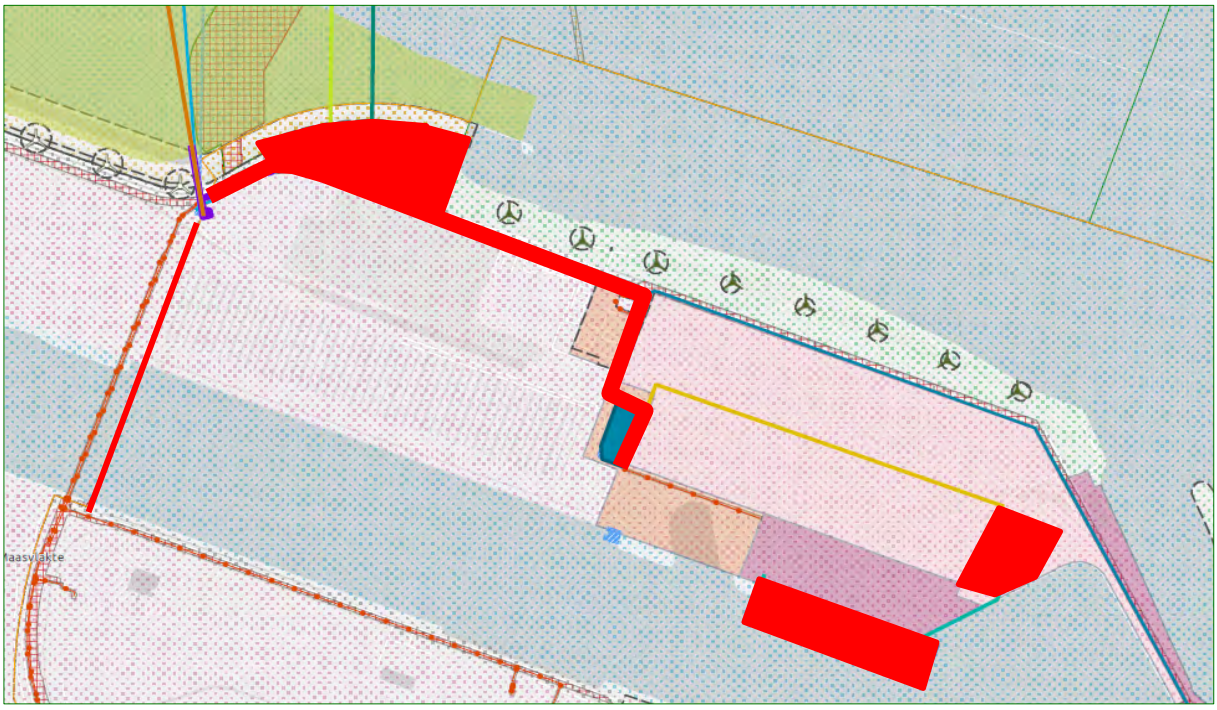
Op de grens tussen Maasvlakte I en II in Rotterdam, in de provincie Zuid Holland, zijn plannen een nieuw leidingtracé en terminal te realiseren. Het project staat bekend onder de naam 'CCS Aramis'.

Het is mogelijk dat binnen de werksfeer soorten voorkomen die beschermd zijn onder de Omgevingswet (hierna Ow). De werkzaamheden zullen worden uitgevoerd onder het bestaande werkprotocol van Havenbedrijf Rotterdam maar bevoegd gezag, de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), heeft aangegeven dat inzichtelijk moet worden gemaakt welke beschermde waarden aanwezig (kunnen) zijn. Er zou daarbij met name gelet moeten worden op mogelijkheden voor de Rugstreeppad (land- en winterbiotoop) en het voorkomen van Glad biggenkruid.

In opdracht van Royal Haskoning DHV heeft Ecologisch Onderzoeks- en Adviesbureau Van der Goes en Groot daarom een census uitgevoerd om dit nader te onderzoeken. Het onderzoek heeft bestaan uit een bureau- en veldstudie.

Onderliggend rapport geeft de resultaten van het onderzoek.

Figuur 1.
Onderzochte terreindelen (rood).



2. Methode

Het doel van de inventarisatie was om inzicht te krijgen in de aanwezigheid van onder de Ow beschermde Glad biggenkruid en mogelijk geschikt biotoop voor Rugstreeppad.

Glad biggenkruid

Onderzocht is of groeiplaatsen aanwezig zijn van Glad biggenkruid (en eventueel andere beschermde soorten die niet op voorhand worden verwacht). Tijdens de inventarisatie zijn alle potentieel geschikte groeiplaatsen bezocht in de periode van het jaar dat de soorten ook daadwerkelijk verwacht kunnen worden. Extra aandacht is gericht geweest op terreindelen met een, op grond van aanwezige biotopen, verhoogde potentie voor Glad biggenkruid.

De inventarisatie is uitgevoerd op 7 juni en 14 juni 2024. Het tweede bezoek was noodzakelijk om afgesloten delen van het terrein te bezoeken. De locaties zijn als punt opgeslagen op een veldtablet, geplaatst in het centrum van de groeiplaats van een soort, of bij grotere groeiplaatsen om de ongeveer 50 meter. Er werd een gebied van ongeveer 5 meter aan weerszijden van de lijnvormige elementen aangehouden. Voor de abundantie is de aantalsschaal uit onderstaande tabel aangehouden.

Abundantieklasse	Aantal exemplaren	Oppervlakte (m^2)
A (1)	1	<1
B (2)	2-5	1-5
C (3)	6-25	5-25
D(4)	26-50	25-50
E (5)	51-500	50-500
F (6)	501-5000	500-5000
G (7)	>5000	>5000

Rugstreeppad

De geschiktheid van land- en overwinteringsbiotoop van Rugstreeppad wordt bepaald door vergraafbaarheid en een goede drainage. Terreindelen met enige (micro) accidentatie hebben de voorkeur. Hiervan is sprake bij bijvoorbeeld zand en puinbulten, vergravingen door bijvoorbeeld Konijnen of diepe sporing en steilkanten in het terrein. Zwaar doorworteld terrein, verharde of tijdelijk geïnundeerde bodems zijn niet geschikt.

Om te beoordelen in hoeverre de Rugstreeppad verwacht kan worden binnen de werksfeer is tijdens de veldbezoeken aangegeven waar vergraafbare droge terreindelen werden gezien die aan de beschreven voorwaarden voor geschikt leefgebied lijken te voldoen.

3. Resultaten

3.1 Glad Biggenkruid

In Bijlage 1 wordt de verspreiding van Glad Biggenkruid weergegeven. De soort blijkt in het gebied en vrijwel langs het gehele onderzochte leidingentracé massaal voor te komen. De meeste groeiplaatsen omvatten meer dan 50 planten maar er zijn ook groeiplekken met meer dan 5000 planten. Op alle zandige, open, niet te zwaar beschaduwde of dichtgegroeide delen van het terrein is de soort algemeen en te verwachten.



Glad biggenkruid op een open en zandig terrein naast de Prinses Maximaweg.



Glad biggenkruid op een open en zandig terrein naast de MOT.

3.2. Rugstreeppad

Het resultaat van die kartering wordt gegeven in Bijlage 2.

Ook voor de Rugstreeppad geldt dat op veel plekken mogelijkheden voor landvoorkomen aanwezig zijn.

Ondanks de mogelijkheden in de onderzochte terreinen worden geen heel hoge dichtheden verwacht omdat slechts op één locatie nabij Aramis de soort in voortplantingswater werd gehoord in 2014 en de hoofdverspreiding van de soort ver naar het zuiden ligt (NDFF2014-2024). Rond de werksfeer is daarnaast zeer veel vergelijkbaar potentieel leefgebied aanwezig.



Vergraafbaar terrein met konijnenholen.



De zone rond het Yangtzekanaal is te sterk verhard.



Verspreiding van de Rugstreeppad op de Maasvlakte volgens de NDFF (2014-2024).

3.3. Overige soorten

3.3.1. Flora

De aangetroffen Kegelsilene (zie Bijlage 3) staat op open en zonnig, droog en voedselarm, neutraal tot kalkrijk, omgewerkt duinzand en op stenig substraat. Deze soort is in Nederland zeldzaam maar wordt niet bedreigd.

De Kleine rupsklaver is een plant van zonnige, open tot grazige plaatsen op droge, voedselarme tot matig voedselrijke, neutrale tot kalkrijke grond. Ook deze soort is in Nederland zeldzaam maar wordt niet bedreigd.

Het laksteeltje is een klein, éénjarig grasje van open, brakke, matig voedselrijke bodems. Ook deze soort is in Nederland zeldzaam maar wordt niet bedreigd.

3.3.2. Broedvogels

Er werden tijdens de veldbezoeken op het westelijke deel op drie plekken alarmerende Scholeksters waargenomen. Ook waren jonge vogels aanwezig. Tevens werden vliegvlugge jonge Witte kwikstaarten waargenomen en is het niet ondenkbaar dat in niet inspecteerbare dichte bosschages kneu broedt.

4. Effecten en Maatregelen

Door graafwerkzaamheden en vlakken of bebouwen van terreindelen is het mogelijk dat groeiplaatsen van Glad biggenkruid worden verstoord of vernield. Aanwezige planten worden ontworteld en beschadigd. Het is mogelijk wanneer gewerkt wordt zonder maatregelen in bepaalde periodes dat Rugstreeppadden worden verstoord, verwond of gedood.

4.1 Glad biggenkruid

Glad biggenkruid is een eenjarige plantensoort die kiemt in het najaar en voorjaar. De soort is oorspronkelijk op de zandgronden in het binnenland een soort van extensief bewerkte akkers. Door moderne landbouwtechniek is de soort hier zeer sterk afgenomen. De duinen zijn als standplaats momenteel zeer belangrijk en hier lijkt de soort recent toe te nemen. Periodieke woeling en storing van de bodem houden het biotoop van deze hoog-dynamische soort in stand, het volledig dicht groeien van de bodem doet de soort verdwijnen.

De uit te graven leidingstroken betreffen slechts een beperkte oppervlakte in vergelijking met potentieel geschikt terrein ter plaatse waardoor veel leefgebied behouden blijft. Vanwege de specifieke ecologie van de soort wordt beoordeeld dat de werkzaamheden geen belangrijke invloed en mogelijk zelfs een positieve, zal hebben op de lokale populatie als de volgende maatregelen worden genomen:

- ♣ Werkzaamheden worden uitgevoerd na de zaadzetting (vanaf eind augustus)
- ♣ Voorafgaand aan werkzaamheden wordt lokaal zaad gewonnen in het plangebied dat later kan worden uitgezaaid na afloop van het werk
- ♣ De bovenste 20 centimeter van de bovenlaag van af te graven grond kan apart worden gezet om als laatste te worden teruggestort

Door de zaadbank intact te laten en later aan te vullen wordt geborgd dat planten na afloop van het werk kiemen en terugkomen. Het verplaatsen van volgroeide planten is niet zinvol omdat deze na de zaadzetting afsterven. Aanbevolen wordt deze maatregelen voor te leggen aan bevoegd gezag en ecologisch te laten begeleiden.

4.2 Rugstreeppad

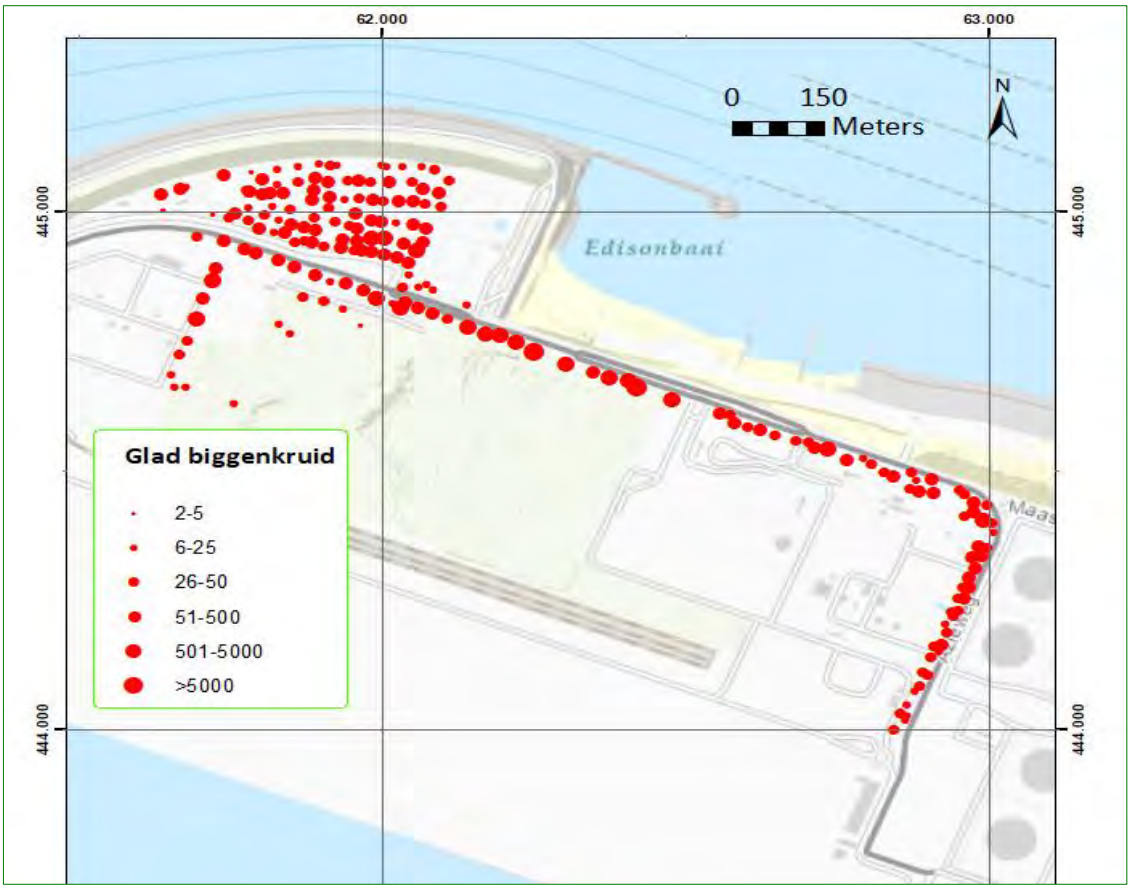
Om volledig te borgen dat geen calamiteiten optreden tijdens werkzaamheden wordt aanbevolen de werksfeer in het voorjaar (april-mei) af te schermen met een amfibieënscherm dat minimaal 10 cm diep wordt ingegraven. Na afloop van het werk kan dit weer worden verwijderd. Aan de binnenkant van de schermen kan om de 50 meter een aanaarding worden gemaakt zodat dieren aan de binnenkant de omschermde zone kunnen verlaten.

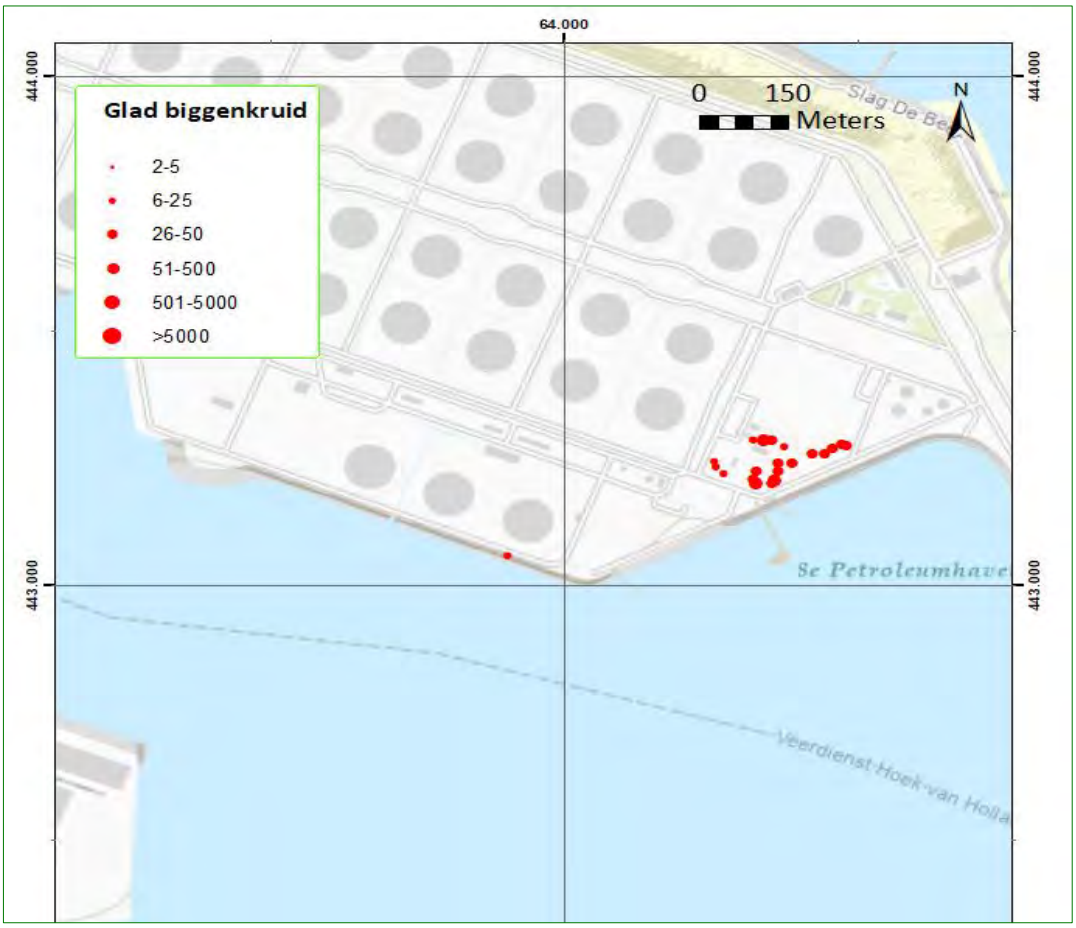
5. Conclusie

Glad biggenkruid is zeer algemeen aanwezig op het terrein van de aan te leggen leidingstroken. Omdat buiten het plangebied veel alternatief biotoop ligt en de werkzaamheden op langere termijn niet leiden tot ongeschikt worden van biotoop, wordt met het nemen van maatregelen en door zorgvuldig te handelen, geen belangrijk effect verwacht.

De Rugstreeppad wordt in zeer lage dichtheden verwacht. Ook voor deze soort is zeer veel alternatief leefgebied voorhanden buiten de werksfeer. Met het nemen van adequate maatregelen wordt geen schade verwacht.

Bijlage 1 Verspreiding Glad biggenkruid





Bijlage 2 Vergraven en vergraafbare delen



Bijlage 3 Overige flora

