



Planuitwerking KRW

3^e tranche IJsselmeergebied

Deelrapport Definitief Ontwerp Zwarte Meer (VTW5)

Rijkswaterstaat

10 februari 2025

Project
Opdrachtgever

Planuitwerking KRW 3e tranche IJsselmeergebied
Rijkswaterstaat

Document
Status
Datum
Referentie

Deelrapport Definitief Ontwerp Zwarte Meer (VTW5)
Definitief 02
10 februari 2025
131294-VTW5/25-001.963

Projectcode

131294

Projectleider

Projectdirecteur

Auteur(s)

Gecontroleerd door

Goedgekeurd door

Paraaf

Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veelelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Achtergrond van dit project	5
1.2	Doel van dit document	6
1.3	Samenhang met Systeemspecificatie, Monitorings-, beheer- en onderhoudsplan	6
2	UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN	8
3	MAATREGELEN ZWARTE MEER	10
3.1	Ontwerp en KRW-areaal	10
3.1.1	Toelichting ontwerp	10
3.1.2	KRW-areaal	11
3.2	Richels (onderdeel leefgebied KRW-doelsoorten)	12
3.2.1	Zettingen	12
3.2.2	Monitoren zettingen	13
3.2.3	Squeezing	13
3.2.4	Opbouw richels	13
3.2.5	Taluds	13
3.2.6	Grondbalans richels	14
3.3	Riet- en biezenzone (onderdeel leefgebied KRW-doelsoorten)	14
3.3.1	Biezen	14
3.3.2	Aanplant van riet	14
3.3.3	Vraatrasters en linten	16
3.3.4	Ontwerp en uitgangspunten rietzone	17
3.4	Ondiep water met waterplanten (onderdeel leefgebied KRW-doelsoorten)	17
3.5	Beschermen tegen erosie met een rijshoutdam	18
3.5.1	Rijshoutdam ter bescherming tegen windgolven	19
3.5.2	Rijshoutdam ter bescherming tegen scheepvaartgolven	21
3.6	Faciliteren van beheer en onderhoud	21
3.7	Ruimte bieden aan N2000-doelsoorten	21
3.8	Uitvoeringsplan	21
3.8.1	Uitvoering	22
3.8.2	Planning	22
3.8.3	Eisen aan uitvoering	23

3.9	Ontwerpkeuzes en aandachtspunten	23
3.9.1	N2000	23
3.9.2	Erosiebescherming	24
3.9.3	Impact bij extreme afvoeren	24
3.9.4	Duurzaamheid	24

4	REFERENTIES	25
---	--------------------	-----------

	Laatste pagina	25
--	----------------	----

	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Ontwerptekening	1
II	Grondbalans	4
III	Uitvoeringsplan	9
IV	Geotechnisch ontwerp rijshoutdam Zwarte Meer	16

INLEIDING

1.1 Achtergrond van dit project

Sinds 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht. De algemene doelstelling van de KRW is om aquatische ecosystemen en terrestrische ecosystemen die afhankelijk zijn van water, te beschermen tegen verdere achteruitgang en om deze ecosystemen in kwaliteit te verbeteren. Als onderdeel van de KRW zet Rijkswaterstaat zich in om de ecologie en waterkwaliteit in het IJsselmeergebied te verbeteren. De KRW is een belangrijke opgave om de waterkwaliteit op orde te krijgen en ecologische waarden te beschermen. Daarnaast heeft het IJsselmeergebied diverse functies onder andere voor drinkwatervoorziening, natuur, landbouw, beroepsvaart, visserij en recreatie. De KRW-maatregelen die Rijkswaterstaat neemt, worden in drie tranches uitgevoerd: de eerste tranche maatregelen is inmiddels afgerond (2010 - 2015), de tweede tranche maatregelen loopt van 2016 - 2021 (uitvoering voor 2027) en de derde tranche maatregelen wordt uitgevoerd in de periode 2022 - 2027. Voor KRW is van belang dat alle maatregelen van de KRW-opgave uiterlijk 2027 zijn gerealiseerd en opgeleverd.

Het doel van de KRW 3^e tranche voor RWS Midden Nederland (MN) is het verbeteren van de ecologische waterkwaliteit in drie waterlichamen: Ketelmeer/IJsselmeer (O: Z0003 en A: Z0003_b/01, 30 ha/6 km), Zwarte Meer (Z0001, 65 ha/13 km), en Randmeren-Zuid (Gooimeer, Eemmeer en Nijkerkernauw, X2279-d, 42 ha/8,4 km). Het verbeteren van de ecologische waterkwaliteit wordt beoogd middels het realiseren van KRW-inrichtingsmaatregelen horende bij type M14: 'Ondiepe (matig grote) gebufferde meren'.

In de voorgaande fasen van het project zijn geschikte locaties geïdentificeerd en vervolgens afgewogen. Dit heeft geresulteerd in het Voorkeursalternatief (VKA). Het VKA bestaat uit 3 deelgebieden: Eemmeer, Ketelmeer en Zwarte Meer, zoals weergegeven op afbeelding 1.1. Dit document vormt de uitwerking van het VKA van het Zwarte Meer.

Afbeelding 1.1 Projectgebied met zoekgebieden KRW 3^e tranche MN



Het Zwarte Meer voldoet niet aan de KRW-doelen voor de deelmaatlaten macrofauna en vis voor 'M14 (Ondiepe (matig grote) gebufferde meren': de ecologische kwaliteitsratio (EKR)¹ ligt voor deze deelmaatlaten onder het Goed ecologisch potentieel (GEP)². De grootste opgave voor het Zwarte Meer is de deelmaatlat 'vissen', hier is het aandeel plantminnende vis en zuurstoftolerante vis zeer laag. Ook voor macrofauna is er een opgave. De maatlat 'overige waterflora' voldoet als geheel wel, doordat de deelmaatlat submerse vegetatie een hoge score heeft. De deelmaatlaten emerse, oever en drijfblad voldoen echter niet. In vergelijking met de andere meren is er wat meer oever- en drijfbladvegetatie aanwezig. In het oosten van het meer groeit in luwere delen drijfbladvegetatie. Emerse vegetatie is echter zeer beperkt aanwezig.

Samengevat zijn de doelsoorten voor dit project daarmee:

- vissen:
 - plantminnende vissen, zoals snoek, ruisvoorn, zeelt, kroeskarper, bittervoorn, gibel, grote modderkruiper, kleine modderkruiper, tiendoornige stekelbaars en vetje;
 - zuurstoftolerante vissoorten, zoals grote modderkruiper, kroeskarper en zeelt;
- macrofauna: 'plantgebonden macrofauna', zoals de soortgroepen Acari (mijten), Trichoptera (kokerjuffers), Chironomidae (vedermuggen), Odonata (libellen), Ephemeroptera (eendagsvliegen) en Coleoptera (kevers);
- overige waterflora. Het vergroten van het areaal waterplanten voor alle waterlichamen is van belang voor het behalen van de doelstellingen voor de deelmaatlaten vis en macrofauna. Voorbeelden van soorten die belangrijk zijn betreffen riet en lisdodde (emerse en oevervegetatie), kranswieren en fonteinkruiden als stomp of puntig fonteinkruid (submerse vegetatie).

Natuurlijke land-water overgangen vormen een habitat voor plantminnende en zuurstoftolerante vissen en gevarieerde water- en oevervegetatie, die het substraat vormen voor plantgebonden macrofauna. Zowel vanuit de KRW-beoordeling als uit de systeemanalyse blijkt dat een gebrek aan zachte land-waterovergangen een knelpunt vormt voor het systeem functioneren en daarmee ook voor de doelsoorten. Door het realiseren van meer natuurlijke land-waterovergangen is er verbetering te verwachten op de maatlaten overige waterflora, macrofauna en vis. Voor de ontwikkeling van de zachte land-waterovergangen speelt waterriet een belangrijke rol. De ontwikkeling van rietkragen op voorheen onbegroeide oevers draagt bij aan verhoging van de ecologische toestand (EKR-score). Daarnaast zorgt waterriet voor een geschikte habitat voor de doelsoorten macrofauna- en vis. Het gewenste resultaat is natuurlijke land-water overgangen, verrijkt met dood hout t.b.v. de ontwikkeling van macrofauna in het algemeen.

Voor meer informatie over de achtergrond van de knelpunten wordt verwezen naar het Startdocument (WP4-Startdocument).

1.2 Doel van dit document

Dit document betreft het Definitief ontwerp. In dit rapport is op basis van de vergaarde kennis, inzichten en doelstellingen uit het Startdocument (WP4), de Variantennota (WP13) en Notitie Voorkeursvariant (WP31) het ontwerp voor het Zwarte Meer uitgewerkt.

1.3 Samenhang met Systemspecificatie, Monitorings-, beheer- en onderhoudsplan

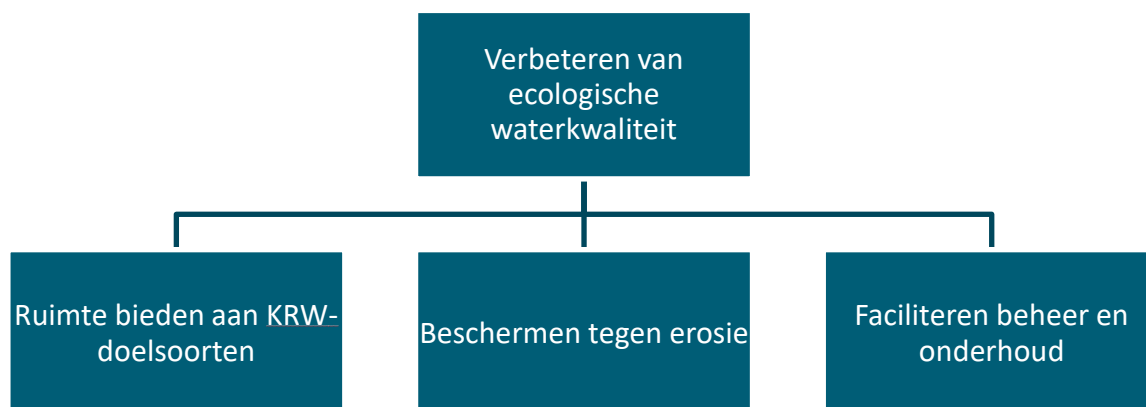
Dit Deelrapport Definitief Ontwerp hangt samen met de Systemspecificatie en het Deelrapport Beheer-, Onderhouds- en Monitoringsplan (BOM-plan). Van de onderdelen die in dit rapport beschreven worden, worden in de SYS de technische eisen vastgesteld. Dit dient tegelijkertijd als verificatiemethode om na te

¹ EKR: de Ecologische KwaliteitsRatio. Met de EKR-score worden verschillende meetwaarden tot één getal gecombineerd en met een norm vergeleken. Zo wordt de ecologische kwaliteit van een waterlichaam uitgedrukt in de Ecologische KwaliteitsRatio.

² GEP: Goed Ecologisch Potentieel. Het GEP wordt afgeleid op basis van de milieukwaliteitseisen voor de goede ecologische toestand van het meest gelijkende natuurlijke watertype.

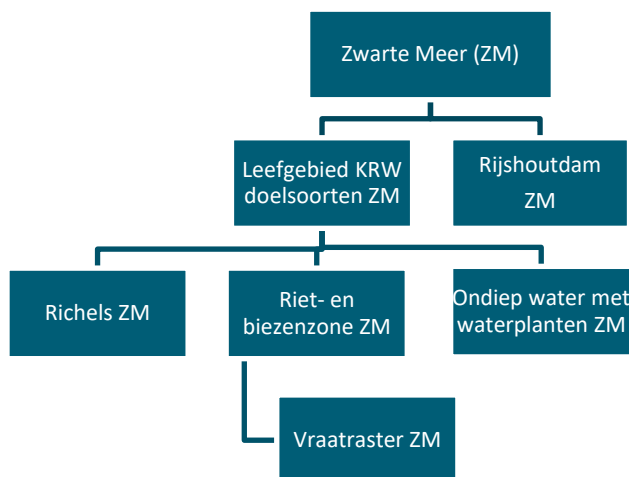
gaan of het ontwerp invulling geeft aan alle technische eisen en de gehonoreerde klanteisen. Dit rapport is opgebouwd aan de hand van de functieboom en de objectenbomen die voor het project zijn opgesteld in de SYS. De functieboom is hieronder weergegeven en geeft een overzicht van de verschillende functies waar de maatregelen voor zijn opgesteld. De invulling hiervan komt ook terug in dit rapport.

Afbeelding 1.2 Functieboom



Het inrichten van deze functies wordt gedaan door de aanleg van verschillende objecten die aangelegd worden. Een overzicht hiervan is weergegeven in onderstaande objectenbomen. De objecten worden verder toegelicht in dit ontwerprapport.

Afbeelding 1.3 Objectenboom Zwarte Meer



In het Deelrapport Beheer-, onderhouds- en monitoringsplan is van alle onderdelen beschreven hoe dit wordt onderhouden na realisatie. Onderhavig rapport beschrijft de onderdelen die moeten worden aangelegd om de gewenste habitats te realiseren. In veel gevallen zijn er echter nog wel specifieke werkzaamheden nodig om te komen tot het gewenste eindresultaat. Dit is het overgangsbeheer dat wordt uitgevoerd gedurende een periode van 5 tot 10 jaar na de realisatie. Dit is beschreven in het Deelrapport Beheer-, onderhouds- en monitoringsplan. In onderhavig rapport gaat het om de aanlegfase, oftewel hetgeen dat de aannemer moet realiseren.

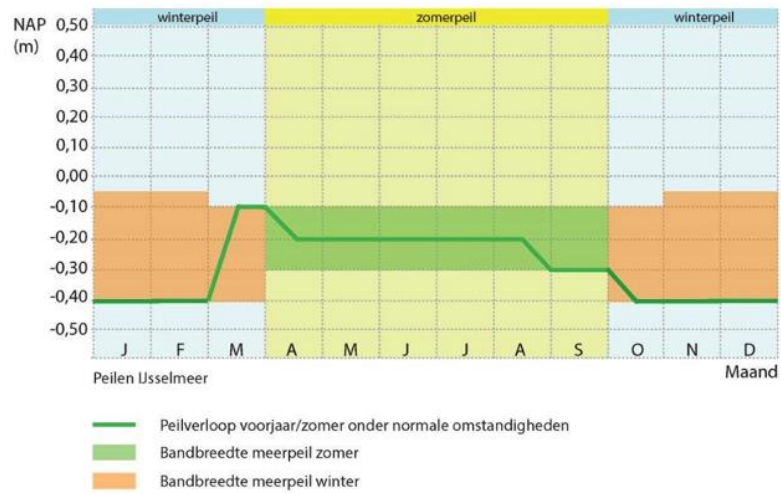
UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

Aan het eind van fase 2 zijn er voor het VKA dat is vastgesteld ontwerpen gemaakt van de overgebleven deellocaties voor de KRW 3^e tranche Midden Nederland. Deze ontwerpen zijn zowel technisch inhoudelijk als door de omgeving getoetst en op een aantal punten gewijzigd. De belangrijkste uitgangspunten en randvoorwaarden zijn hieronder beschreven:

- het gebied dat wordt ingericht voor de KRW bevindt zich in N2000-gebied. Om ervoor te zorgen dat als gevolg van de aanleg van de KRW-maatregelen er geen (significant) negatieve effecten zijn op de N2000-gebieden zijn de ontwerpen aangepast. Dit heeft invloed gehad op het ontwerp voor het Zwarte Meer. Dit is beschreven in Passende Beoordeling (WP49);
- ook vanuit de KRW mogen er geen negatieve effecten zijn op KRW-doelstellingen. Dit is een randvoorwaarde van het ontwerp en uitvoering. De effectbeoordeling is beschreven in de KRW-toets (WP56);
- een andere belangrijke factor voor de ontwerpen is het effect van de maatregel op de waterstand en afvoer van water. Dit wordt voor het Zwarte Meer getoetst conform het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK). Hierin zijn strenge eisen opgenomen over het inperken van negatieve effecten op de waterstand in situaties met extreem weer en/of extreme waterafvoer. Dit heeft gezorgd voor aanpassingen aan het ontwerp. Ook is op deze manier berekend welke oeverbescherming nodig is om de in te richten gebieden te beschermen tegen erosie. Dit is beschreven in het Hydraulisch en morfologisch effectenonderzoek (WP32);
- uit de conditionerende onderzoeken zijn geen uitkomsten die invloed gehad hebben op het ontwerp. Vanuit een studie naar Onontpofte Oorlogsresten, Archeologie en cultuurhistorie en Kabels en Leidingen zijn geen bijzonderheden gekomen;
- een belangrijk aspect van het ontwerp is de ontwerphoogte van de maatregelen die genomen worden ten opzichte van de optredende waterstanden. In het IJsselmeergebied wordt er een tegennatuurlijk peil gehandhaafd. Dit betekent dat het water in de zomer hoger is dan in de winter. Om de gewenste ontwikkelingen te krijgen is het belangrijk dat de land-waterovergangen die aangelegd worden niet volledig droogvallen in de zomer. Daarbij is rekening gehouden met het zomerpeil van NAP -0,2 m dat in de zomer gehandhaafd wordt. Het peilverloop in het IJsselmeer gedurende het jaar is weergegeven in afbeelding 2.1;
- vanuit Beheer en onderhoud zijn er geen specifieke randvoorwaarden opgegeven;
- op richels dient zich riet/helofyten te ontwikkelen, hiervoor gelden de volgende randvoorwaarden:
 - op de richel dient een dichte kern van waterriet en stromingsriet aanwezig te zijn. De breedte van deze kern is minimaal 10 m. De stengeldichtheid is groter dan 40/m² en de stengeldikte is groter dan 5 mm. De rietkern bevindt zich tussen zomerpeil en 0,5 m onder zomerpeil;
 - buiten deze dichte kern zijn helofyten aanwezig, waaronder kleine lisdodde, heen en mattenbies en de uitlopers van waterriet en stromingsriet. De helofyten hebben hier een lagere stengeldichtheid;
 - Voor het aanbrengen van riet dienen plaggen toegepast te worden, afkomstig van locaties die in het groeiseizoen permanent onder water staan. Hiermee wordt ervoor gezorgd dat er waterriet geplagd wordt. De stengeldichtheid is groter dan 40/m² en de stengeldikte is groter dan 5 mm. Er mogen geen wilgen aanwezig zijn in de plaggen.

In het Startdocument (WP4) zijn nog meer uitgangspunten en randvoorwaarden opgenomen.

Afbeelding 2.1 Waterstanden vanuit peilbesluit IJsselmeer (boven)



3

MAATREGELEN ZWARTE MEER

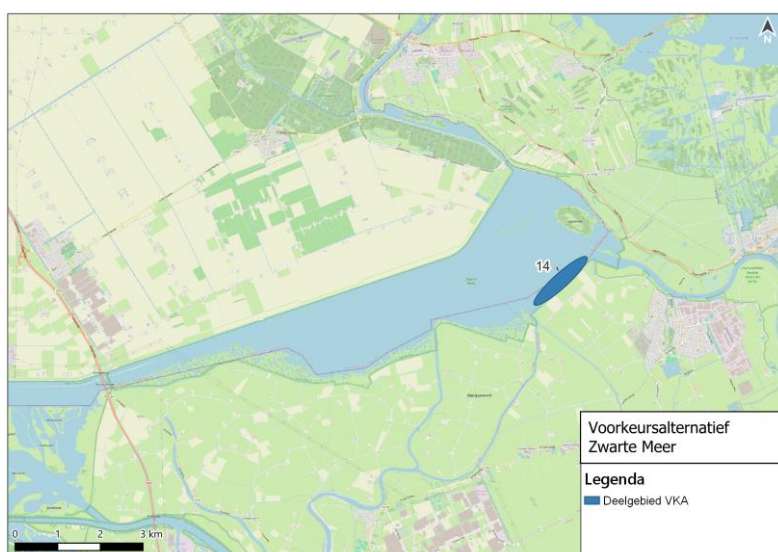
3.1 Ontwerp en KRW-areaal

3.1.1 Toelichting ontwerp

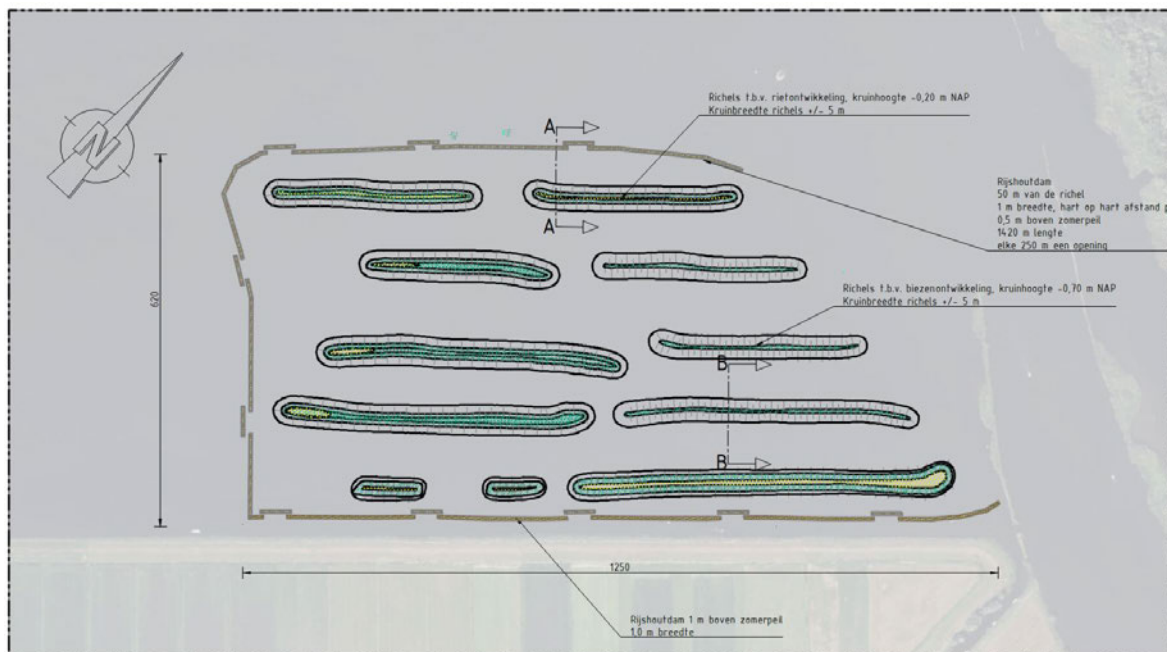
De maatregel in het Zwarte Meer bestaat uit het creëren van ondiepten en richels onder water langs de recreatievaargeul. Door het realiseren van richels onder water ontstaat er een luwte waar emerse vegetatie kan ontstaan, bestaande uit riet/helofyten (waaronder mattenbiezen). Dit zal met vraatrasters worden beschermd. Tussen de richels ontstaan er luwe zones met submerse en drijvende vegetatie. Langs de vaargeul wordt een (tijdelijke) oeverbescherming toegepast als bescherming tegen de golven veroorzaakt door de recreatievaart. Ook om de buitenkant van het gebied komt een (tijdelijke) rijshoutdam als golfbreker om het gebied te beschermen in de ontwikkelfase. Door de grote randlengte van de rietzone en de aansluiting op de bestaande kranswiervelden zullen plantgebonden macrofaunasoorten en plantminnende en zuurstoftolerante vissen profiteren, evenals vissen die naar het Zwarte Water/Vecht trekken. De buitenste richels worden tegen erosie beschermd middels een rijshoutdam en vormen bovendien een vissbos en een habitat voor macrofauna. Na 5 à 10 jaar is het riet voldoende ontwikkeld en is de erosiebescherming niet meer nodig. Het oostelijk gedeelte van de dam (alleen het gedeelte onder winterpeil) zal in stand gehouden worden ten behoeve van de vissen en macrofauna. Het westelijk gedeelte zal op natuurlijke wijze vergaan en wordt niet behouden vanwege de kranswieren die hier aanwezig zijn.

Het ontwerp is in onderstaande afbeeldingen en bijlage I weergegeven.

Afbeelding 3.1 Overzicht locatie maatregel 14 Zwarte Meer



Afbeelding 3.2 Definitief ontwerp Zwarte Meer



3.1.2 KRW-areaal

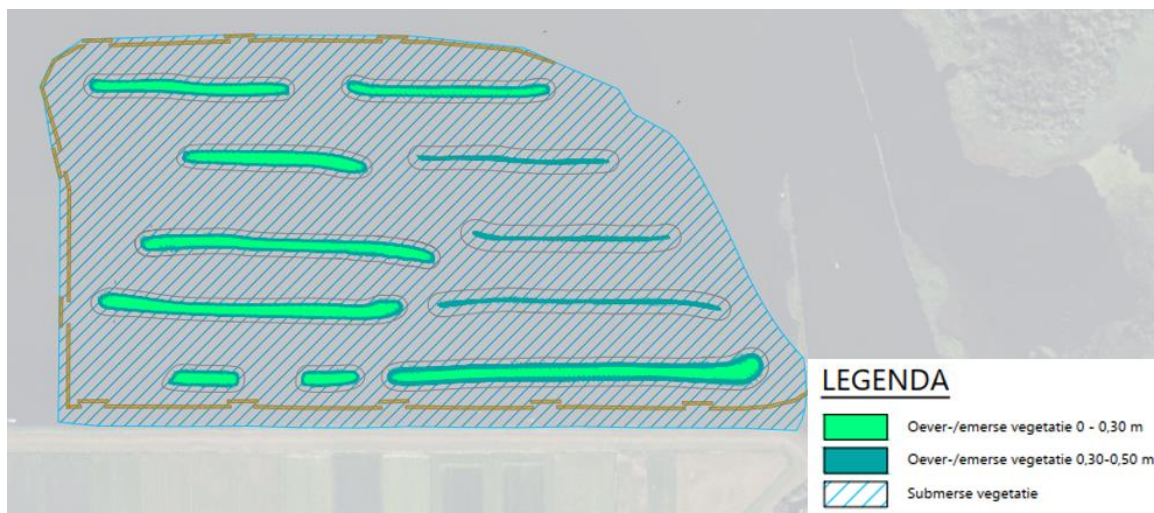
De maatregel in het Zwarte Meer draagt bij aan de verbetering van de ecologische waterkwaliteit doordat er verschillende vegetatiezones worden gecreëerd voor de verschillende doelsoorten die zijn geïdentificeerd. Het totale oppervlak waarin ecologische waterkwaliteitsverbetering optreedt van de maatregel is 66 ha, en is daarmee groter dan de opgave van 65 ha.

Door de richels wordt er een luwte gecreëerd waar een areaal van 49 ha van profiteert. In deze luwte gaat submerse en drijvende vegetatie zich ontwikkelen en vormt een habitat voor plantminnende en zuurstoftolerante vissen en macrofauna. Daarnaast is er een areaal van 10 ha submerse en drijvende vegetatie op de richels, en 7 ha riet, biez en andere helofyten, die ook een habitat vormt voor macrofauna en gedeeltelijk (dieper dan 0,3 m) voor plantminnende en zuurstoftolerante vissen. In onderstaande tabel en afbeelding 3.3 zijn de verschillende oppervlakken gespecificeerd.

Tabel 3.1 Oppervlak van verschillende zones maatregel Zwarte meer

Vegetatiezone	Onderdeel	Oppervlak (ha)	Doelsoorten
submerse en drijvende vegetatie	submerse en drijvende vegetatie (>0,5 m diepte)	59	plantminnende en zuurstoftolerante vis plantgebonden macrofauna Overige waterflora
emerse- en oevervegetatie	emerse- en oevervegetatie (0-0,3)	4	plantminnende en zuurstoftolerante vis plantgebonden macrofauna
	emerse- en oevervegetatie dieper dan 0,3 m (0,3-0,5)	3	plantminnende en zuurstoftolerante vis
totaal		66	

Afbeelding 3.3 Vegetatiezones Zwarte Meer



3.2 Richels (onderdeel leefgebied KRW-doelsoorten)

Het grootste onderdeel uit het ontwerp om het gebied in te richten voor de KRW-doelsoorten is de aanleg van richels. In deze paragraaf wordt toegelicht wat er verwacht wordt op het gebied van zettingen en hoe hier in het ontwerp rekening mee kan worden gehouden. Daarnaast wordt ook ingegaan de opbouw en taluds van de richels.

3.2.1 Zettingen

In onderstaande tabel zijn de mogelijke scenario's van zettingen weergegeven [ref. 1]. Voor dit deelgebied wordt verwacht dat de zetting tussen de lage en midden waarde zal zitten. Voorgesteld wordt om een aanleghoogte van NAP +0,15 m aan te houden. Door zettingen zal de richel zakken tot onder zomerpeil (NAP -0,20 m). Indien de zetting meer is dan voorzien zullen de richels zetten tot NAP -0,50 m (30 cm onder zomerpeil, 10 cm onder winterpeil). Hierbij blijft de richel ecologisch goed functioneren. Wel wordt verwacht dat door sedimentatie de richel minder zal zakken. Indien de zetting minder is dan verwacht blijft de richel onder zomerpeil (na 2 jaar) en zal er geen (of beperkt) houtopstanden optreden.

Een aanleghoogte van NAP +0,15 m betekent dat de richels 2 jaar boven zomerpeil zijn en meer onderhoud vergen om houtopstanden te verwijderen.

Tabel 3.2 Resultaten deelgebied Zwarte Meer [ref. 1]

Onderdeel	Eenheid	Grenswaarde		
		Ondergrens	Middengrens	Bovengrens
POP	kPa	15	10	5
netto ophoging	[m]	1,05	1,05	1,05
zettingcompensatie	[m]	0,20	0,30	0,40
niveau zettingscompensatie	[m NAP]	+0,00	+0,10	+0,20
bruto ophoging	[m]	1,25	1,35	1,45
rustperiode (T)	[dagen]	-	90	100
zetting op T	[m]	0,20	0,30	0,40

		Grenswaarde		
Onderdeel	Eenheid	Ondergrens	Middengrens	Bovengrens
klink (10 % bruto ophoging)	[m]	0,00	0,14	0,15
aanlegniveau	[m NAP]	+0,00	+0,25	+0,35
totale zetting	[m]	0,36	0,46	0,60
maaiveldzakking (zetting + klink)	[m]	0,36	0,60	0,75
restzetting (ex. klink) (OK < 0,2 m)	[m]	0,20	0,16	0,16

3.2.2 Monitoren zettingen

Monitoring wordt aanbevolen om inzicht te krijgen in de zettingen en bij te kunnen sturen indien nodig. Gezien de korte uitvoeringsperiode kan er maar 2 maanden gemonitord worden. De zettingen kunnen gemonitord worden met zakbakens.

In verband met de slechte bereikbaarheid van de locatie worden automatische zakbakens toegepast. Het voordeel hiervan is ook dat er een continue meting plaatsvindt, waardoor de zettingen relatief nauwkeurig te volgen zijn. Dit is met name in de eerste periode na het aanbrengen van de grond relevant, om de zettingsberekeningen en de te verwachten eindhoogte en restzetting van de richels te kunnen verifiëren.

3.2.3 Squeezing

Naast de zettingen treedt er naar alle waarschijnlijkheid squeezing op (wegdrukken van de bestaande bodem bij het opbrengen van grond), dit is wel afhankelijk van de uitvoering van de werkzaamheden. Maximaal is hiervoor 0,5 m extra grond nodig, wat resulteert in een volume van ongeveer 100.000 m³.

3.2.4 Opbouw richels

Er komt ongeveer 1 miljoen m³ grond vrij uit de vaargeul in het Ramsdiep, wat toegepast kan worden voor Ketelmeer en Zwarte Meer. De kwaliteit van de grond uit de vaargeul Ramsdiep is niet bekend. De grond die aangebracht wordt dient schoon te zijn. Daarnaast dient voor de lageregelegen delen van de richels grond toegepast te worden die bestaat uit zand, waarbij de fractie lutum niet groter mag zijn dan 10 %. Indien de grond uit de vaargeul hier niet aan voldoet, dient voor de grond, of voor een gedeelte ervan, een andere bron gezocht te worden.

De bovenzijde van de richels dient voorzien te worden van een leeflaag van 0,50 m dik. Voor de leeflaag wordt slib uit het Zwarte Meer toegepast. Het nutriëntengehalte van de bodem is voldoende voor de ontwikkeling van riet, biez en andere helofyten. Ook zijn in de bodem naar alle waarschijnlijkheid nog zaden van biez en aanwezig. Op de locaties waar de rietplaggen worden aangebracht hoeft geen leeflaag aangebracht te worden, de plaggen hebben voldoende dikte.

3.2.5 Taluds

De richels hebben een flauw talud dat afwisselend wordt aangelegd tussen de 1:10 en 1:20 waarop tot ongeveer 0,5 meter onder het zomerpeil een riet/helofyten zone kan ontstaan. Op de diepere delen kunnen zich (ondergedoken)waterplanten ontwikkelen. De bovenkant van de richels is 5 à 10 meter breed en vlak. Riet wordt aangeplant op de zone die na aanleg net onder water staat. Hiervan uit kan het zich goed ontwikkelen. Op de dieper gelegen richels komen mattenbiezen.

3.2.6 Grondbalans richels

Voor de realisatie van de richels is een volume 130.000 m³ nodig, exclusief squeezing. Met squeezing is een extra volume van ongeveer 100.000 m³ nodig, resulterend in een totaal volume van 230.000 m³. In bijlage II is de grondbalans weergegeven.

3.3 Riet- en biezenezone (onderdeel leefgebied KRW-doelsoorten)

Op de richels ontstaat een riet- of biezenezone waarop afhankelijk van de hoogte en de locatie riet of biezenvelden kunnen ontstaan. Op de ondiepe richels ontstaat een riet/helofytenzone. Deze zone bestaat uit een dichte kern van waterriet en stromingsriet. De breedte van deze kern is minimaal 10 m. Het riet heeft een hoge dichtheid (zie hoofdstuk 2 voor de randvoorwaarden). Deze dichte kern van riet is nodig voor een robuuste ontwikkeling en instandhouding van het riet en helofyten in de zone erbuiten. Buiten deze dichte kern zijn helofyten aanwezig, met name mattenbies, maar ook kleine lisdodde en heen en de uitlopers van waterriet en stromingsriet. De helofyten hebben hier een lagere stengeldichtheid. Het riet en helofyten geeft een belangrijke impuls aan de waterkwaliteit en biedt habitat voor macrofauna en paar- en schuilplaatsen voor vis. Het riet ontwikkelt zich in ondiep water tot ca. 0,5 meter diepte.

In principe worden er binnen het gebied omstandigheden gecreëerd waarbinnen een riet/helofytenzone kan ontstaan. De ervaring bij soortgelijke projecten is echter dat dit lang kan duren en dat de gebieden gevoelig zijn voor bijvoorbeeld erosie of overwoekering van wilgen. Om dit te voorkomen is ervoor gekozen om op een aantal kwetsbare locaties gebruik te maken van het plaatsen van rietplaggen.

3.3.1 Biezen

Voor biezen zijn geen aanvullende maatregelen opgenomen in het ontwerp. Gebruik wordt gemaakt van de bestaande top laag om hier richels van te maken. Het uitgangspunt is dat er nog voldoende bronmateriaal in de waterbodem aanwezig is waardoor de biezen zich, bij toepassing van vraatbescherming, vanzelf zullen ontwikkelen. De top laag van de biezene richels dienen derhalve te bestaan uit bestaande bodem, hiervoor wordt buiten de beschermingszone van de waterkering, grond afgegraven. Vraatbescherming wordt hier geplaatst zodat de biezen de kans krijgen om zich natuurlijk te ontwikkelen.

3.3.2 Aanplant van riet

Op de kruin van de buitenste richels wordt riet aangeplant doormiddel van het plaatsen van rietplaggen van ongeveer 1x1 m volgens een dambordpatroon. De rietplaggen worden geplaatst op de buitenste richels, omdat deze het meeste onder invloed staan van wind(golven) vanaf het Zwarte Meer. Voor deze richels wordt een breedte van 5 m ingeplant met rietplaggen op de zone die na aanleg zich rond de NAP -0,20 m bevindt. De plaggen hebben een dikte van 0,5 tot 1,0 m. Hierna zal circa 30 - 40 % van de kruin bedekt zijn met rietplaggen. Dit zal verder uitgroeien op het talud van de richels tot een waterdiepte van 0,5 m onder zomerpeil. Op de andere richels worden clusters van rietplaggen aangeplant van waaruit het zich op natuurlijke wijze verder kan verspreiden. Deze clusters hebben een tussenruimte van ongeveer 10 meter. In totaal wordt een oppervlak van 5.000 m² aangeplant.

Afbeelding 3.4 geeft een beeld van een locatie met rietplaggen in aanleg. Dit is een tijdelijk afgedamde zijtak van de IJssel waar rietplaggen gewonnen worden en weer geplaatst worden. In afbeelding 3.5 is nog een beeldimpresie gegeven van het winnen, verplaatsen en herplaatsen van rietplaggen zoals dit eerder in het Ketelmeer en het Zwarte Meer gedaan is.

Afbeelding 3.4 Voorbeeld aanbrengen Rietplaggen in project RvR IJsseldelta (print screen uit film met dronebeelden)



Afbeelding 3.5 Beeldimpressie werkwijze afplaggen en plaatsen rietplaggen (Bron; Scirpus Ecologisch Advies; Evaluatierapport Winning en aanplant van rietplaggen in Ondiepe Zones Ketelmeer en Zwarte Meer)



3.3.3 Vraatrasters en linten

Het net aangeplante riet en ook de uitgroeizone dient beschermd te worden door vraatrasters. In deze paragraaf wordt toegelicht wat voor type vraatraster zal worden toegepast.

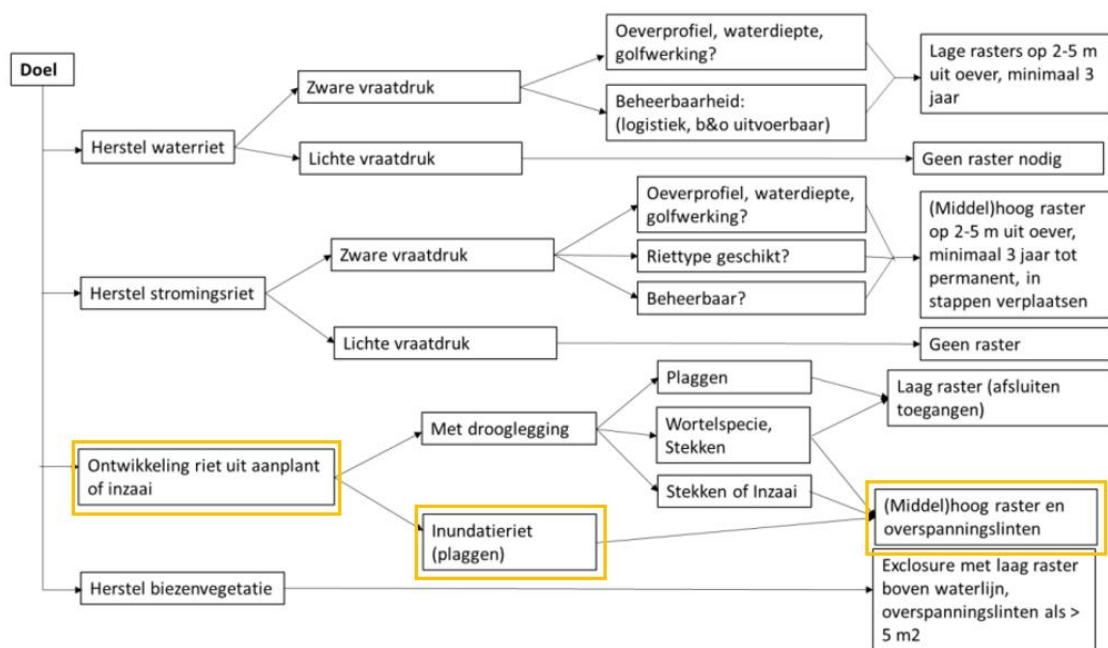
Type vraatbescherming

Een natuurlijk functionerende rietkraag bestaat uit een aantal zones, waarbij met name de overgang van riet naar open water ecologisch belangrijk is. Hier bevindt zich het hoogste, dikste riet en er moet een uitloopzone zijn in het open water waarin de dichtheid minder groot is. Vooral de uitloopzone staat onder sterke druk door begrazing door herbivore watervogels.

Het plaatsen van vraatrasters is een maatregel die kan worden toegepast om rietkragen tegen vraat te beschermen. Waar rasters zijn toegepast vóór bestaande rietkragen blijkt steeds dat riet zich snel naar het open water uitbreidt. Zo groeit waterriet weer terug naar de plaatsen waar het weggevreten was, en kan jong riet uitgroeien tot een dichte rietgordel. Het beperken van vraat wordt als basisvoorwaarde beschouwd om rietkragen te behouden en/of herstellen.

In onderstaande afbeelding is de beslisboom weergegeven voor de toe te passen vraatrasters. Hieruit volgt dat als type vraatbescherming voor alle locaties een (middel)hoog raster en overspanningslinten toegepast dient te worden. Voor alle deellocaties geldt dat het zwaar begraasde gebieden zijn of dat het risico hierop groot is en dus vraatbescherming nodig is.

Afbeelding 3.6 Beslisboom vraatbescherming [ref. 2]



Het vraatraster zal bestaan uit dik, grofmazig schapengaas (zie afbeelding 3.7) tegen zwanen en ganzen aan de buitenzijde rondom het rietgebied. Dit wordt vastgezet aan perkoenpalen van zo'n 3,0 m lengte. De hart op hart afstand van de palen is 2 m. Binnen het rietgebied worden ook perkoenpalen geplaatst, over deze palen worden kruislings linten gespannen om ganzen en zwanen af te doen schrikken. De linten dienen wit van kleur te zijn, zodat bewegingen ervan zichtbaar zijn, wat vogels afschrikt. Hiervoor worden momenteel kunststof linten toegepast (40 mm breed), verweven met RVS. Bij voorkeur wordt echter duurzaam materiaal gebruikt. De hoogte van de perkoenpalen met het schapengaas en de linten bedraagt circa 1,0 m boven zomerpeil, op NAP +0,80 m. Deze hoogte bevindt zich tussen de waterstand die eens per jaar (NAP +0,5 m) en eens per 10 jaar (NAP +1,0 m) voorkomt [ref. 3].

Afbeelding 3.7 Schapengaas met uitgroeizone van riet [ref. 2]



Op de kruin van de richels wordt riet aangeplant, de verwachting is dat het riet verder zal doorgroeien. Gemiddeld groeit riet met een meter per jaar tot een waterdiepte van max. 0,5 m. Voor het plaatsen van de rasters is rekening gehouden met deze doorontwikkeling van het riet, de rasters zullen daarom aangelegd worden rondom de richels tot 0,5 m onder zomerpeil. Dit is op het talud van de richels op een hoogte van NAP -0,70 m. In de ontwerptekening in bijlage I is een principe bovenaanzicht opgenomen hiervan.

3.3.4 Ontwerp en uitgangspunten rietzone

- op de buitenste richels wordt riet aangeplant in een dambordpatroon op het gedeelte dat zich na aanleg net onder het waterpeil van NAP -0,20 m bevindt;
- op de andere richels worden ook rietplaggen aangebracht;
- riet groeit tot 0,5 m onder zomerpeil (NAP -0,70 m), het vraatraster dient deze gehele zone te beschermen;
- grond van de waterbodem, buiten de beschermingszone van de waterkering, wordt afgegraven en toegepast voor de lage richels. Hier zullen naar alle waarschijnlijkheid biezten zich spontaan ontwikkelen;
- aan de buitenzijde wordt een schapenraster toegepast tot een hoogte van 1,0 m boven zomerpeil;
- het vraatraster bestaat uit perkoenpalen van 3,0 m lengte;
- langs de buitenste rand van het vraatraster wordt een schapenraster toegepast tot een hoogte van 1,0 m boven zomerpeil;
- de perkoenpalen in het midden van het gebied worden met elkaar verbonden door witte linten van ongeveer 40 mm breed, bij voorkeur van duurzaam materiaal;
- de hart op hart afstand van de palen bedraagt 2 m.

3.4 Ondiep water met waterplanten (onderdeel leefgebied KRW-doelsoorten)

Tussen de richels blijft er ondiep water over waar submerse en drijvende waterplanten zich kunnen ontwikkelen. Om de groei van biezten te stimuleren op de laag gelegen richels moet er grond uit de toplaag gewonnen worden, buiten de beschermingszone van de waterkering. Mogelijk wordt de bestaande bodem daarom op een aantal delen een klein stuk afgegraven.

Tussen de richels blijft ondiep water over waar submerse en drijvende waterplanten zich kunnen ontwikkelen. In deze zone vinden geen fysieke werkzaamheden plaats, maar door de luwte die ontstaat door de rijshoutdam en de richels worden de omstandigheden voor de submerse en drijvende waterplanten hier wel positief beïnvloed. Aanplant is niet effectief, waterplanten ontwikkelen zich vanzelf.

3.5 Beschermen tegen erosie met een rijshoutdam

Gedurende de ontwikkelingsfase van het gebied is het belangrijk dat de richels die worden aangelegd tijdelijk beschermd worden tegen erosie. Omdat deze bescherming niet meer nodig is nadat de rietzones op de richels zich hebben ontwikkeld is er gekozen voor een rijshoutdam. Deze dam wordt gevuld met rijshout, zoals wilgentenen die in de loop van tijd vergaan.

De rijshoutdam komt aan de buitenzijde van de maatregel, op enige afstand van de buitenste richel en heeft een lengte van ongeveer 1.420 meter. Daarnaast komt er een rijshoutdam aan de zuidzijde langs recreatiegeul, met een lengte van 1.250 m. In de dam komen wel om de 250 meter openingen zodat bijvoorbeeld vissen hier wel tussendoor kunnen. Deze dam komt grotendeels onder water te liggen en is ongeveer 1 meter breed.

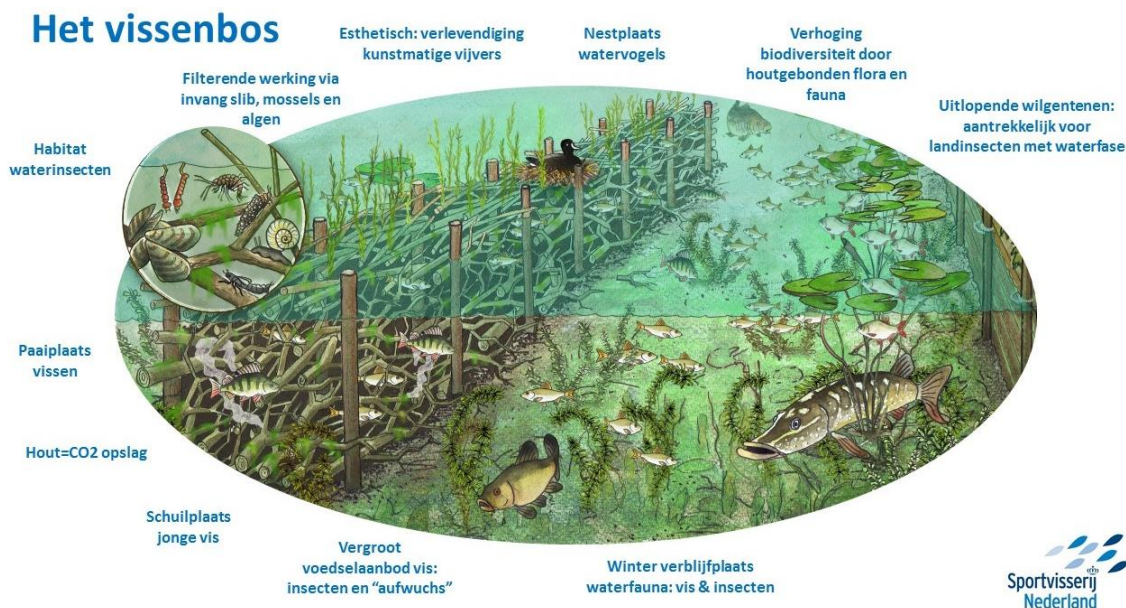
Na de ontwikkelfase (ongeveer 10 jaar), verlies de dam haar erosiebeschermende functie. Een deel van de dam (ongeveer 1.000 meter) zal echter wel behouden blijven, als vissenbos. Hiervoor hoeft alleen het gedeelte onder winterpeil in stand gehouden te worden. Alleen het gedeelte aan de westzijde (of langs de vaargeul) dient behouden te blijven, om negatieve effecten op kranswieren zoveel mogelijk te beperken.

Afbeelding 3.8 Voorbeelden rijshoutdam



Een rijshoutdam heeft ook een bijdrage aan KRW en ecologische waterkwaliteit: het vormt een habitat voor vissen en macrofauna. Met name in de winter als er minder begroeiing is, heeft dit een belangrijke waarde. Daarnaast zorgt de dam voor organisch materiaal, waarvan in de systeemanalyse is gebleken dat hier in het Zwarte Meer een gebrek aan is. Om deze reden zal ongeveer de helft van de dam behouden blijven in de functie van vissenbos, zoals hierboven beschreven.

Afbeelding 3.9 Het vissenbos, meerwaarde van rijshoutdam (Bron; Sportvisserij Nederland)



Er zijn twee typen rijshoutdam:

- ter bescherming tegen de windgolven: noord- en westzijde;
- ter bescherming van scheepvaartgolven (langs de vaargeul aan de zuidzijde).

3.5.1 Rijshoutdam ter bescherming tegen windgolven

Locatie rijshoutdam

Om te beschermen tegen de windgolven worden rijshoutdammen geplaatst aan de noord- en westzijde.

Tussen de rijshouten dam en de oeverlijn van de buitenste richel is een afstand van 50 m aangehouden. Deze afstand is ingericht om te anticiperen op golven die breken over de rijshouten dam. De verwachting is dat de turbulentie die hiermee gemoeid gaat na 50 meter grotendeels is gedissipeerd. Bij vaak voorkomende omstandigheden (rond gemiddelde waterstand) breken de windgolven op de rijshouten dammen. Bij extreme omstandigheden is de waterstand (en waterdiepte) fors hoger en gaan de golven grotendeels over de rijshouten dammen en richels heen. Een afstand groter dan 50 m is voor erosiebescherming niet wenselijk.

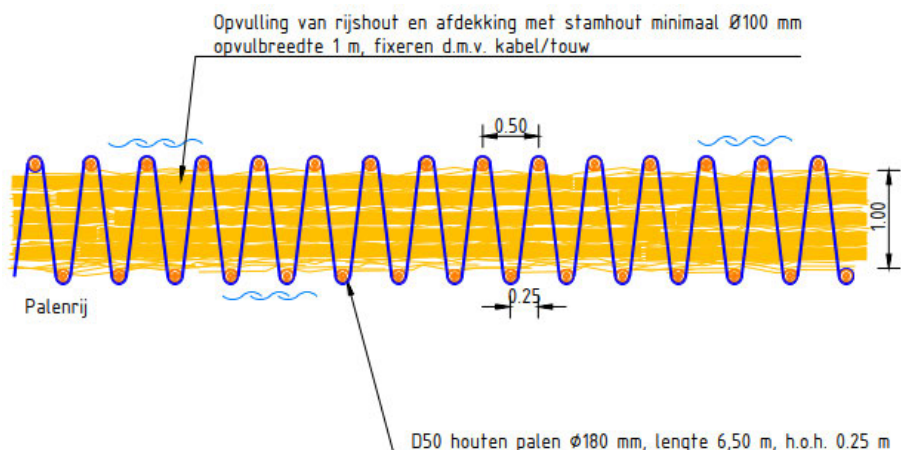
Daarnaast is vanuit ecologie een afstand van 50 m wenselijk, omdat hierdoor een groter gebied ontstaat waar luwte optreedt, waardoor waterplanten zich kunnen ontwikkelen en daardoor bijdragen aan de KRW.

Ontwerp constructie ten behoeve van windgolven

De rijshoutdam bestaat uit houten palen waartussen opgebonden rijshout aanwezig is. Houten palen met een diameter van 18 cm zullen worden gebruikt als skelet voor deze constructie. De hart op hart afstand van de palen is 50 cm in elke rij. De rijen 'verspringen', waardoor er elke 25 cm een paal aanwezig is. De breedte van de rijshoutdam is 1,0 m. Het ontwerp is weergegeven in afbeelding 3.10 en gespecificeerd in tabel 3.3.

Het ontwerp is getoetst, waarvoor geotechnische analyses zijn uitgevoerd en maatgevende golfbelasting is bepaald. Dit is weergegeven in bijlage IV.

Afbeelding 3.10 Ontwerp rijshoutdam



Tabel 3.3 Ontwerp rijshoutdam Zwarte Meer

Uitgangspunt	Waarde	Eenheid
diameter palen	0,18	m
hart op hart afstand rijshoutdam ¹	0,25	m
bodemniveau	-1,20	m + NAP
bovenkant dam/paal	+0,30	m + NAP
uitkraging	1,5	m
lengte palen	6,5	m
paalpunt niveau	-6,20	m + NAP

¹ De hart op hart afstand is 0,50 m in de rij palen. Omdat de rijen verspringen is de h.o.h. van de rijshoutdam 0,25 m.

Specificaties houten palen

Alle palen binnen de oeverconstructie bestaan uit een houtsoort met sterkteklasse D50 en duurzaamheidsklassen DC 1 conform NEN-EN 338. Dit is een duurzame houtsoort met een levensduur van minimaal 25 jaar. Tabel 3.4 toont de materiaaleigenschappen van D50 hardhout.

Tabel 3.4 Eigenschappen D50 hardhout (NEN-EN 338)

Eigenschap	Symbool	Waarde	Eenheid
kenmerkende buigsterkte	$f_{m,k}$	50	MPa
gemiddelde elasticiteitsmodulus evenwijdig aan vezel	$E_{m,0,mean}$	14	kN/mm ²
kenmerkende droge dichtheid	ρ_k	620	kg/m ³
natte dichtheid	ρ_{nat}	900 *	kg/m ³
kenmerkende afschuifcapaciteit	$f_{v,k}$	4,5	MPa

* Natte dichtheid gebaseerd op <https://www.houtinfo.nl/node/320>.

Dichtheid en materiaal rijshoutdam

De rijshoutdam heeft een breedte van 1,0 m. Het wordt opgevuld met rijshout. Dit dient goed verdicht te worden en aan de bovenzijde gevuld met stamhout, zodat de golven daadwerkelijk breken op de rijshoutdam en de rijshoutdam voldoende sterk is.

3.5.2 Rijshoutdam ter bescherming tegen scheepvaartgolven

Langs de vaargeul (aan de zuidzijde van het projectgebied) wordt een rijshoutdam geplaatst om te beschermen tegen scheepvaartgolven. De rijshoutdam komt direct langs de vaargeul, op het talud van de richel.

De secundaire scheepsgolven hebben een hoogte van maximaal 0,5 meter [ref. 3]. Hiervoor wordt het ontwerp van Eemmeer, dat ook een beperkte golfbelasting kent, aangehouden. In onderstaande tabel zijn de kenmerken weergegeven. Alle palen binnen de oeverconstructie bestaan uit een houtsoort met sterkteklasse D50 en duurzaamheidsklassen DC 1 conform NEN-EN 338, zoals in tabel 3.4 is weergegeven.

De rijshoutdam heeft een breedte van 1,0 m. Het wordt opgevuld met rijshout. Dit dient goed verdicht te worden, zodat de golven zo min mogelijk door de rijshoutdam doordringen.

Tabel 3.5 Ontwerp rijshoutdam langs de vaargeul

Uitgangspunt	Waarde	Eenheid
diameter palen	0,12	m
hart op hart afstand rijshoutdam ¹	0,25	m
lengte palen	5,0	m

¹ De hart op hart afstand is 0,50 m in de rij palen. Omdat de rijen verspringen is de h.o.h. van de rijshoutdam 0,25 m.

3.6 Faciliteren van beheer en onderhoud

Naast de inrichtingsmaatregelen om de natuur te faciliteren is het ook van belang dat het gebied onderhouden kan worden. Daarvoor zijn gesprekken gevoerd met terreinbeheerders die ook in de meren op dit moment al veel beheer en onderhoud uitvoeren. Het is van belang dat de gebieden niet betreden worden door recreanten/onbevoegden. Aanlegsteigers en dergelijke zijn dan ook ongewenst. Vanwege de flauwe oevers van de richels en de ondiepte zijn aanmeerpalen niet nodig.

Het verwachte beheer en onderhoud is uitgebreid beschreven in het BOM-plan. Omdat de locatie van de maatregelen in het Zwarte Meer niet vrij toegankelijk is, zijn er geen sperlijnen en verbodsborden voorzien.

3.7 Ruimte bieden aan N2000-doelsoorten

Grote karekiet is een N2000-broedvogelsoort waarvoor een instandhoudingsdoelstelling geldt. Dit is een zeldzame soort die in Nederland maar op een enkele locaties voorkomt. Het Zwarte Meer is een van deze locaties. Het Zwarte Meer is een belangrijk kerngebied voor de Grote karekiet. De Grote Karekiet nestelt zich in riet. De maatregel biedt daarom een mogelijkheid voor de uitbreiding van de populatie van deze soort. Tegelijkertijd is het tijdens de uitvoering een belangrijk aandachtspunt dat deze soort niet verstoord wordt.

Verder zijn er vanuit N2000 beschermde kranswiervelden in het gebied waar de KRW-maatregel voorzien is. Het is niet toegestaan om het areaal kranswieren aan te tasten. Er is daarom voor gekozen om het ontwerp zo in te richten dat de kranswiervelden worden ontzien.

3.8 Uitvoeringsplan

Het uitvoeringsplan is in bijlage III weergegeven. De wijze van uitvoering en planning zijn hieronder weergegeven.

3.8.1 Uitvoering

Bij het aanbrengen van de richels dienen zakbakens aangebracht te worden om de zetting van de bodem tijdens en na de werkzaamheden te monitoren. In verband met de slechte bereikbaarheid van de locatie worden automatische zakbakens toegepast. Het voordeel hiervan is ook dat er een continue meting plaatsvindt, waardoor de zettingen relatief nauwkeurig te volgen zijn. Dit is met name in de eerste periode na het aanbrengen van de grond relevant, om de zettingsberekeningen en de te verwachten eindhoogte en restzetting van de richels te kunnen verifiëren.

Het plaatsen van de rijshoutdammen en het dode hout in de geul kan door middel van regulier materieel op pontons.

3.8.2 Planning

Om squeezing te voorkomen worden de richels laag voor laag aangebracht. Lagen worden alternerend op de richels aangebracht. Dit betekent ook dat de richels ongeveer gelijktijdig aangebracht zijn. Na afronding start de monitoring. Na de monitoring kan nog grond aangevuld of verwijderd worden en worden de richels afgewerkt en geprofileerd met amfibisch materieel.

Voor het transport en aanbrengen van de grond wordt uitgegaan van squeezing (worst-case), ondanks het laagsgewijs aanbrengen. Dit betekent dat 230.000 m³ getransporteerd en aangebracht dient te worden.

De hydraulische leiding heeft een capaciteit van ongeveer 500 m³/uur. Uitgaande van werkdagen van 16 uur kan de grond in één maand aangebracht worden. Na monitoring (2 maanden) kunnen de richels in 4 weken afgewerkt en geprofileerd gebracht worden en kunnen riet, biesen en vraatrasters geplaatst worden. Er resteert dan een buffer van 3 weken. Dit voor eventuele tegenvallers, zoals het optreden van stormen waardoor er tijdelijk niet gewerkt kan worden.

De rijshoutdam kan in 4 maanden geplaatst worden, parallel aan de werkzaamheden aan de richels. Hiervoor is de inzet van 2 graafmachines nodig.

In afbeelding 3.11 is de planning weergegeven. Er resteert een buffer van 7 weken. Dit voor eventuele tegenvallers, zoals het voorkomen van stormen waardoor er tijdelijk niet gewerkt kan worden. Bij uitvoering in maart zijn mitigerende maatregelen nodig in verband met broedende vogels. Voor werkzaamheden in oktober en maart geldt bovendien dat alleen tussen een uur na zonsopkomst tot een uur voor zonsondergang gewerkt kan worden in verband met de vleermuizen (zie bijlage III).

Afbeelding 3.11 Planning Zwarte Meer

		oktober				november				december					januari				februari			
	week	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8
1. voorbereiding																						
2. grond aanbrengen en afwerken																						
- richel 1-5																						
- richel 6-11																						
- monitoring richel 1-5																						
- monitoring richel 6-11																						
- afwerken richel 1-5																						
- afwerken richel 6-11																						
4. Rijshoutdam																						
5. Aanplanten riet																						
- richel 1-5																						
- richel 6-11																						
6. Plaatsen vraatbescherming/veeeking																						
- richel 1-5																						
- richel 6-11																						

3.8.3 Eisen aan uitvoering

Eisen die gesteld worden aan de uitvoering vanuit N2000, NNN en flora en fauna betreffen (zie ook Quickscan Natuur (WP25), Passende beoordeling en NNN-toets (WP49)):

- uitvoering van de werkzaamheden vindt normaliter plaats in de dagperiode van 07.00 tot 19.00 uur;
- er wordt gewerkt met trillings- en geluidsarm materieel, rijshoutendammen worden middels duwen/drukken aangebracht;
- de rijshoutdam ten zuidwesten van het projectgebied, wordt na maximaal tien jaar verwijderd of dient te vergaan. In de overige delen van het projectgebied kunnen rijshoutdammen blijven staan of aangevuld worden, ook na tien jaar, als dit wenselijk is vanwege ecologische waarden;
- werkzaamheden worden uitgevoerd in de periode oktober tot en met maart, om significant negatieve effecten op kranswieren, kleine modderkuiper en grote karekiet uit te kunnen sluiten. Negatieve effecten op bittervoorn en rietzanger zijn hiermee eveneens uitgesloten. Bij uitvoering in maart dienen mitigerende maatregelen genomen te worden in verband met de broedende vogels;
- in maart en oktober worden werkzaamheden uitgevoerd in de periode één uur na zonsopkomst tot één uur voor zonsondergang;
- verstrooiing van licht wordt voorkomen door gebruik te maken van aangepaste armaturen;
- het materiaal voor de lageregelegen delen van de richels moet bestaan uit zand, waarbij de fractie lutum niet groter mag zijn dan 10 %;
- het materiaal dat voor de hoger gelegen delen van de richels gebruikt wordt (kruin), dient te bestaan uit klei of kleiachtig zand in grotere delen, zodat de cohesie in het materiaal aanwezig blijft;
- werkzaamheden worden met tussenpauzes begonnen en er wordt in één richting gewerkt richting open water, om de kleine modderkuiper en bittervoorn vluchtmogelijkheden te bieden (Rijkswaterstaat 2023).

3.9 Ontwerpkeuzes en aandachtspunten

Hieronder zijn de belangrijkste ontwerpkeuzes en aandachtspunten toegelicht.

3.9.1 N2000

N2000 Kranswieren

Ten opzichte van het ontwerp bij het VKA is de ligging van het gebied veranderd. Vanwege de aanwezigheid van kranswieren aan de zuidwestkant van het originele gebied is het niet mogelijk om hier maatregelen te nemen. Deze soort is namelijk beschermd vanuit N2000 en KRW. Om aantasting te voorkomen is ervoor gekozen om het projectgebied aan te passen en de kranswieren te ontzien.

De rijshoutdam bevindt zich wel in het kranswierveld. Nadat het zijn erosie beschermende functie heeft verloren dient de rijshoutdam op natuurlijke wijze te vergaan. Dit gedeelte (aan de zuidwest zijde) dient dan dus niet meer onderhouden te worden.

N2000 Grote Karekiet

Een belangrijk gegeven in het Zwarte Meer is het voorkomen van broedende paren van de Grote Karekiet, wat een zeldzaamheid is in Nederland. Ook voor de oever van nabij de maatregel is een paar aanwezig. Dit is een belangrijk aandachtspunt bij de uitvoering van het werk.

De eindsituatie biedt potentie om de populatie van de Grote Karekiet te vergroten omdat dit geschikt habitat is. Dit is een mooie meekoppelkans.

3.9.2 Erosiebescherming

Op basis van de hydraulische modellering is gebleken dat er in het Zwarte Meer behoefte is aan erosiebescherming totdat het riet zich voldoende heeft ontwikkeld. Daarom is ervoor gekozen om het gebied aan zowel de noord, west als zuidzijde af te schermen met een rijshouten dam. Aan de oostkant wordt het gebied afgeschermd door een bestaande krib.

3.9.3 Impact bij extreme afvoeren

De Locatie en vorm van de eilanden is in het ontwerp geoptimaliseerd om impact op het Zwarte water en Ganzendiep te voorkomen. Dit heeft te maken met de stroomrichting van het water in het Zwarte Meer. Ter plaatse van de maatregel is de dominante stroomrichting parallel aan de dijk. Om deze stroming niet te veel te beïnvloeden is ervoor gekozen om ook de richels parallel aan de dijk aan te leggen.

3.9.4 Duurzaamheid

Voor duurzaamheid wordt verwezen naar het deelrapport Duurzaamheidsambitie (WP57).

4

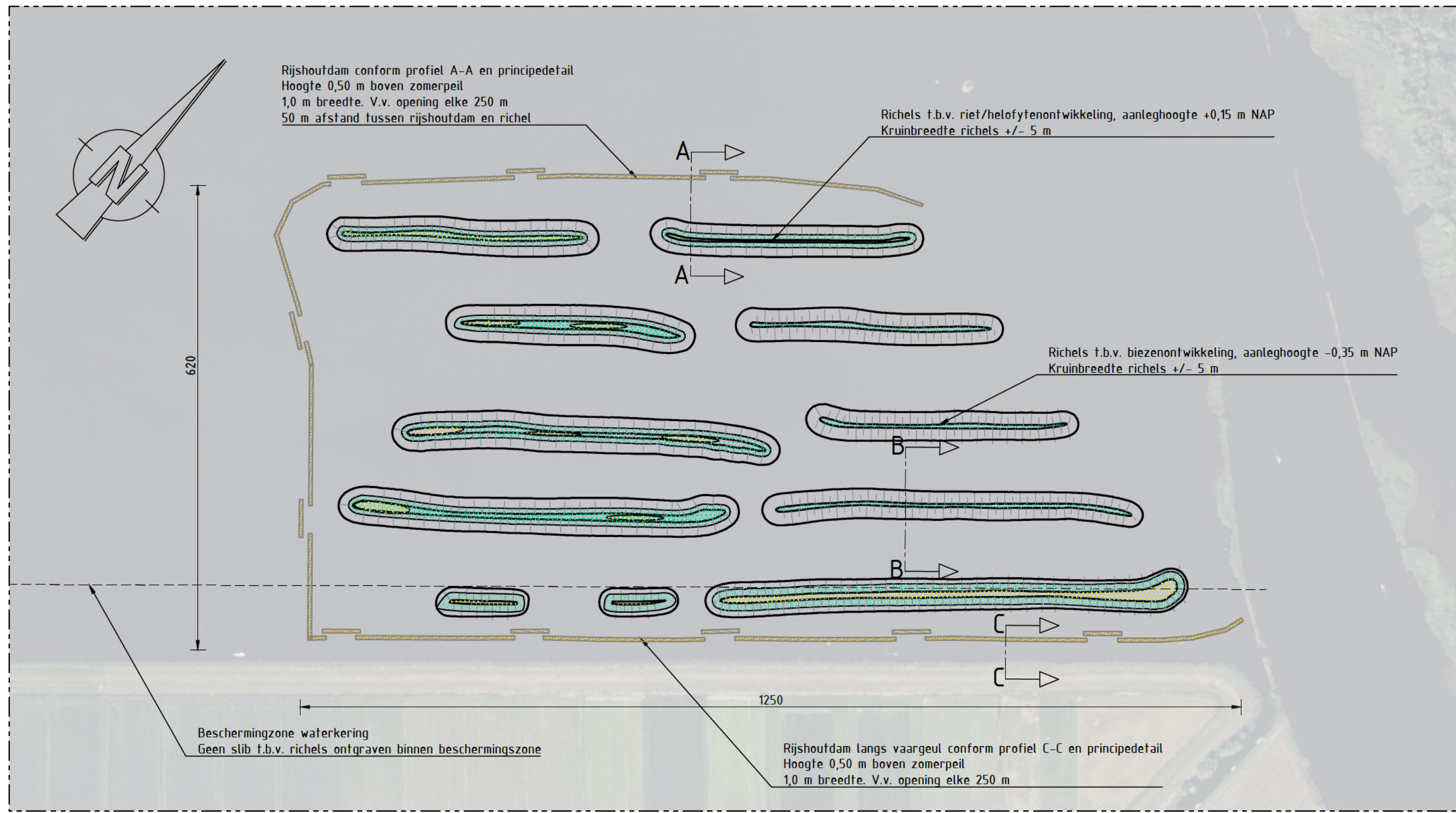
REFERENTIES

- 1 Witteveen+Bos, 131294-VTW6/24-014.918 Zettingsberekeningen - Definitief Ontwerp.
- 2 H. Coops, Scirpus Ecologisch Advies, Notitie vraastrasters 20240219 eindversie, 19 februari 2024.
- 3 Witteveen+Bos Deelrapport huidige situatie hydraulische en morfologische toestand en autonome ontwikkelingen (Fase 1, werkpakket 6 en 7), d.d. 22 februari 2023.

Bijlage(n)

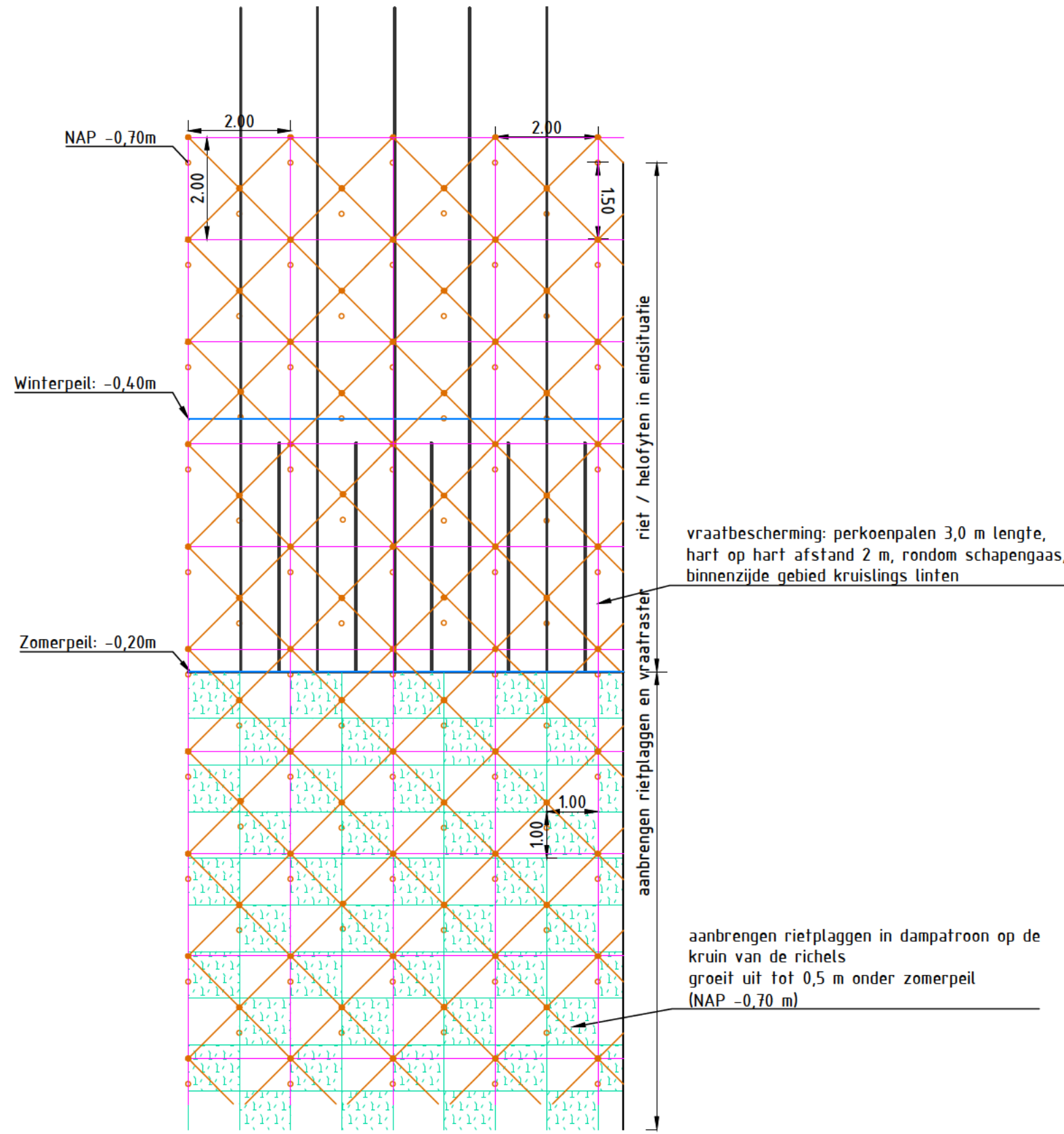


BIJLAGE: ONTWERP ZWARTE MEER

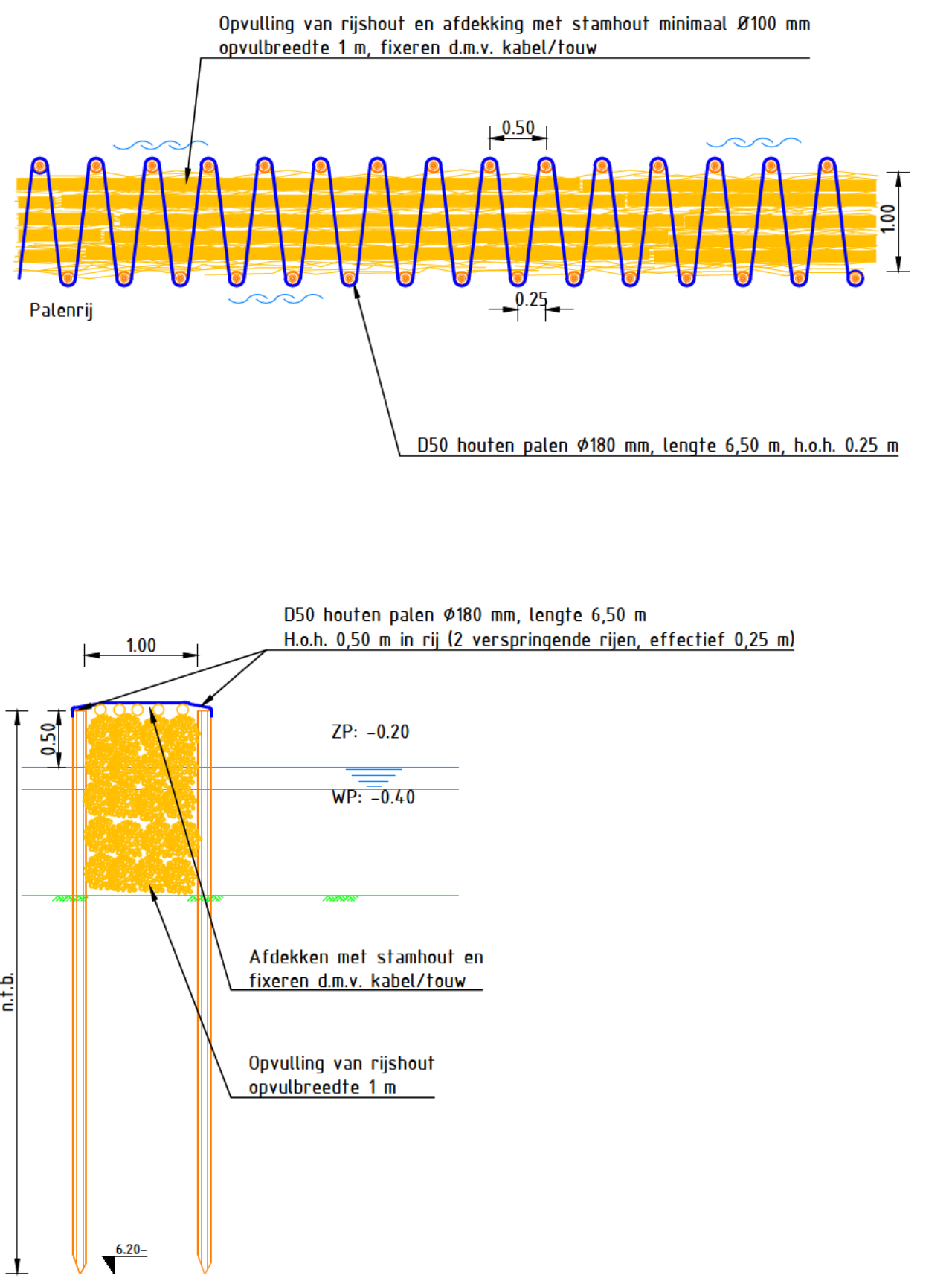


BOVENAANZICHT

Schaal 1:5000



PRINCIPE VRAATBESCHERMING EN RIETPLAGGEN



PRINCIPE RIJSHOUTENDAM

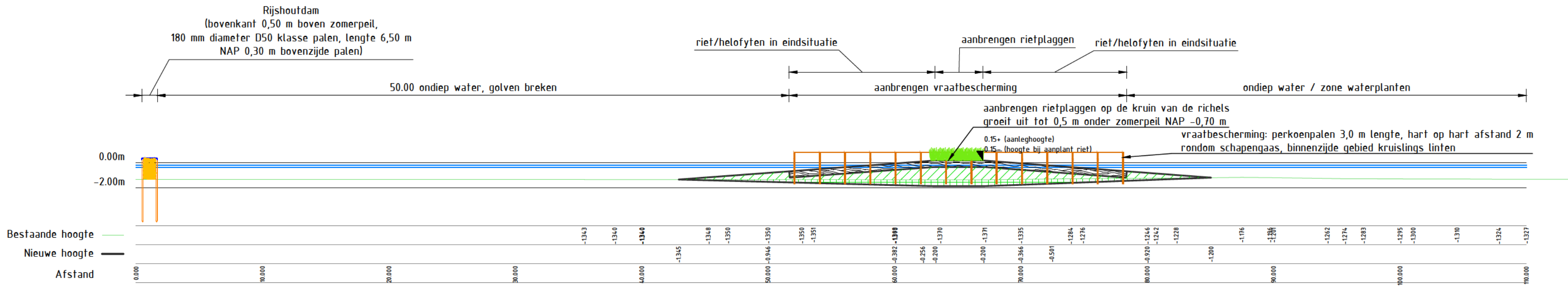
LEGENDA

Bovenaanzicht

- Perceelsgrenzen
- Ballenlijn en invaarverbodsborden
- Linten vraatraster
- Gaas vraatraster
- Rijshoutdam
- Aanbrengen rietplaggen bij aanleg
- Opschonen en rasters plaatsen t.b.v. rietontwikkeling
- Riet/helofytenzone in eindsituatie
- Aanbrengen dood hout in geul
- Talud
- Rijshout opvulling

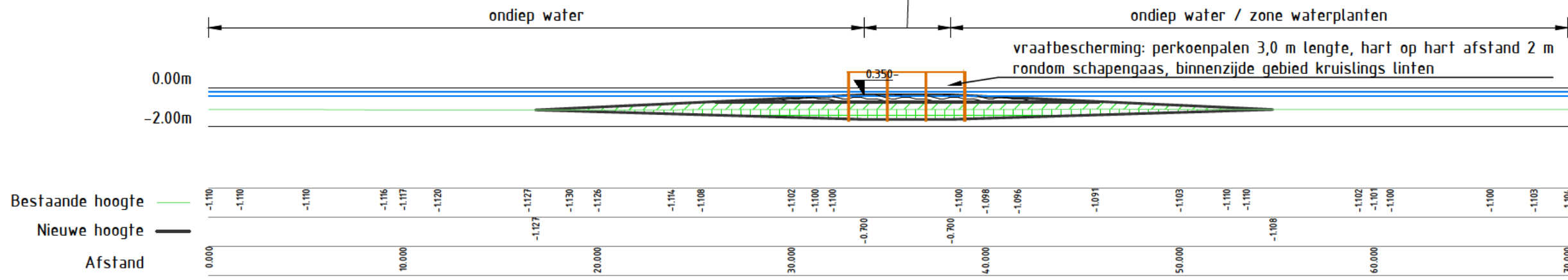
Dwarsprofiel

- Bestaande bodem
- Aanleghoogte
- Vraatraster
- Waterlijn
- Aanbrengen grond t.b.v. riel
- Extra grond aanbrengen a.g.v. squeezing
- Aanbrengen 0,50 m slib t.b.v. leeflaag riet



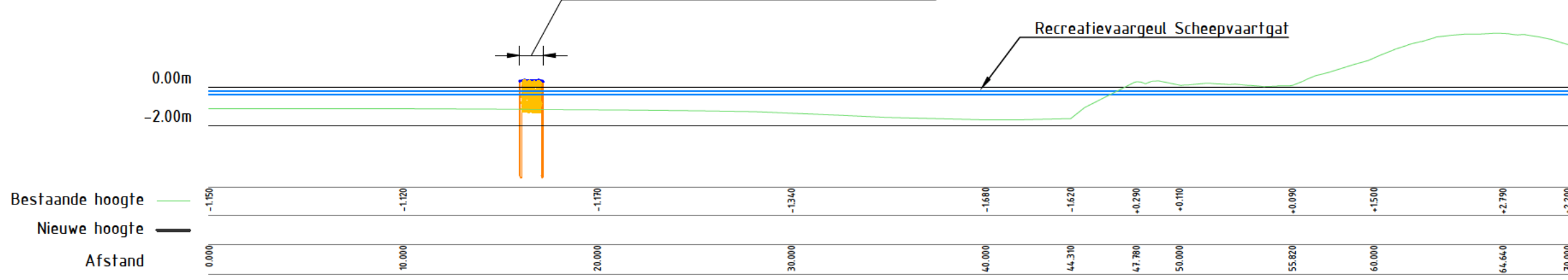
DOORSNEDEN A-A

Schaal 1:250



DOORSNEDEN B-B

Schaal 1:250



DOORSNEDEN C-C

Schaal 1:250



BIJLAGE: GRONDBALANS

NOTITIE

Onderwerp	Grondbalans
Project	Planuitwerking KRW 3e tranche IJsselmeergebied
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat
Projectcode	131294
Status	Definitief 02
Datum	7 februari 2025
Referentie	131294-VTW8/25-001.886
Auteur(s)	
Gecontroleerd door	
Goedgekeurd door	
Paraaf	
Bijlage(n)	-
Aan	Rijkswaterstaat
Kopie	

1 INLEIDING

Op basis van de zettingsberekeningen (131294-VTW6/24-018.395, d.d. 11 december 2024) en de hoeveelheden benodigde grond zoals bepaald in het uitvoeringsplan (131294-VTW8/24-018.296, d.d. 10 december 2024) is er per deelgebied een grondbalans opgesteld.

De grondbalans beschrijft de hoeveelheden benodigde en vrijkomende grond per deelgebied, en de benodigde transportbewegingen.

2 EEMMEER

2.1 Uitvoeringsmethode

Bij het uitbaggeren van de geul voor de haven van Huizen (Gooimeer) komt maximaal 300.000 m³ grond vrij, wat dus ruim voldoende is voor de aanleg van de richels in het Eemmeer. Deze grond kan per schip getransporteerd worden via de vaargeul naar de Stichtse brug, aan de oostzijde van de brug. Met een bakkenzuiger wordt de grond hydraulisch getransporteerd naar de projectlocatie.

De leeflaag bovenop de richels bestaat uit slib vanuit het Eemmeer zelf, waarbij het uitgangspunt is dat de grond uit de directe omgeving (het projectgebied) komt.

2.2 Eisen aan de grond

De kwaliteit van de grond uit de vaargeul Gooimeer is niet bekend. Deze dient te voldoen aan de milieutechnische eisen. Daarnaast dient voor de lageregelegen delen van de richels grond toegepast te worden die bestaat uit zand, waarbij de fractie lutum niet groter mag zijn dan 10 %. Indien de grond uit de vaargeul hier niet aan voldoet dient voor de grond, of voor een gedeelte ervan, een andere bron gezocht te worden.

Voor de leeflaag wordt slib uit het Eemmeer toegepast. Het nutriëntengehalte van de bodem van het Eemmeer is voldoende voor de ontwikkeling van riet.

2.3 Overzicht benodigde grond

In onderstaande tabel is de benodigde grond weergegeven. Hierbij wordt uitgegaan van squeezing, waarbij 1 m extra grond nodig is. Zonder squeezing is 100.000 m³ nodig. De onzekerheid in grondvolume is dus relatief groot.

Tabel 2.1 Overzicht hoeveelheden benodigde grond Eemmeer

Onderdeel	Oppervlakte (m ²)	Laagdikte (m)	Hoeveelheid (m ³) excl. squeezing	Hoeveelheid (m ³) incl. squeezing
aanbrengen leeflaag op richels	79.600	0,50	39.800	39.800
aanplanten rietplaggen	6.400	0,50	3.200	3.200
aanbrengen zand in richels			57.000	157.000
totaal benodigd			100.000	200.000

2.4 Grondbalans

Tabel 2.2 Grondbalans Eemmeer

Ontgraven	Hoeveelheid (m ³)
baggeren zand en laden in duwbak (Gooimeer)	157.000
baggeren slib (Eemmeer)	39.800
ontgraven rietplaggen (locatie n.t.b.)	3.200
totaal	200.000
Vervoeren	
vervoeren zand per schip (ca. 5 km)	157.000
lossen zand uit schip en hydraulisch vervoeren naar projectlocatie	157.000
vervoeren slib d.m.v. amfibische graafmachine v.v. baggerpomp	39.800
vervoeren rietplaggen	3.200
totaal	357.000

Ontgraven	Hoeveelheid (m ³)
Verwerken	
verwerken zand in richels	157.000
verwerken slib in richels	39.800
verwerken rietplaggen	3.200
totaal	200.000

3 KETELMEER

3.1 Uitvoeringsmethode

Er komt ongeveer 1 miljoen m³ grond vrij uit de vaargeul in het Ramsdiep, wat toegepast kan worden voor Ketelmeer en Zwarte Meer. De grond kan voor het Ketelmeer per schip (onderlosser) getransporteerd worden naar de projectlocatie en daar gestort.

De leeflaag bovenop de richels bestaat uit slib vanuit het Ketelmeer zelf, waarbij het uitgangspunt is dat de grond uit de directe omgeving (het projectgebied) komt.

3.2 Eisen aan de grond

De kwaliteit van de grond uit de vaargeul Ramsdiep is niet bekend. Deze dient te voldoen aan de milieutechnische eisen. Daarnaast dient voor de lageregelegen delen van de richels grond toegepast te worden die bestaat uit zand, waarbij de fractie lutum niet groter mag zijn dan 10 %. Indien de grond uit de vaargeul hier niet aan voldoet, dient voor de grond, of voor een gedeelte ervan, een andere bron gezocht te worden.

Voor de leeflaag wordt slib uit het Ketelmeer toegepast. Het nutriëntengehalte van de bodem van het Ketelmeer is voldoende voor de ontwikkeling van riet.

3.3 Overzicht benodigde grond

In onderstaande tabel is de benodigde grond weergegeven. Hierbij wordt uitgegaan van squeezing, waarbij 1,5 m extra grond nodig is. Zonder squeezing is 400.000 m³ nodig. De onzekerheid in grondvolume is dus relatief groot.

Tabel 3.1 Overzicht benodigde grond Ketelmeer

Onderdeel	Oppervlakte (m ²)	Laagdikte (m)	Hoeveelheid (m ³) excl. squeezing	Hoeveelheid (m ³) incl. squeezing
aanbrengen leeflaag op richels	77.000	0,50	38.500	38.500
aanplanten rietplaggen	6.600	0,50	3.300	3.300
aanbrengen zand in richels			358.200	658.200
totaal benodigd			400.000	700.000

3.4 Grondbalans

Tabel 3.2 Grondbalans Ketelmeer

Ontgraven	Hoeveelheid (m ³)
baggeren zand en laden in duwbak (Ketelmeer)	658.200
baggeren slib (Ketelmeer)	38.500
ontgraven rietplaggen (locatie n.t.b.)	3.300
totaal	700.000
Vervoeren	Hoeveelheid (m ³)
vervoeren zand per schip (ca. 18 km)	658.200
vervoeren slib d.m.v. amfibische graafmachine v.v. baggerpomp	38.500
vervoeren rietplaggen	3.300
totaal	700.000
Verwerken	Hoeveelheid (m ³)
verwerken zand in richels	658.000
verwerken slib in richels	38.500
verwerken rietplaggen	3.300
totaal	700.000

4 ZWARTE MEER

4.1 Uitvoeringsmethode

Er komt ongeveer 1 miljoen m³ grond vrij uit de vaargeul in het Ramsdiep, wat toegepast kan worden voor Ketelmeer en Zwarte Meer. De grond kan per schip getransporteerd worden naar een bakkenzuiger naast de vaargeul in het Zwarte Meer daarna en met de bakkenzuiger hydraulisch getransporteerd worden naar de projectlocatie.

De leeflaag bovenop de richels bestaat uit slib vanuit het Zwarte Meer zelf, waarbij het uitgangspunt is dat de grond uit de directe omgeving (het projectgebied) komt.

4.2 Eisen aan de grond

De kwaliteit van de grond uit de vaargeul Ramsdiep is niet bekend. Deze dient te voldoen aan de milieutechnische eisen. Daarnaast dient voor de lagergelegen delen van de richels grond toegepast te worden die bestaat uit zand, waarbij de fractie lutum niet groter mag zijn dan 10 %. Indien de grond uit de vaargeul hier niet aan voldoet, dient voor de grond, of voor een gedeelte ervan, een andere bron gezocht te worden.

Voor de leeflaag wordt slib uit het Zwarte Meer toegepast. Het nutriëntengehalte van de bodem van het Zwarte Meer is voldoende voor de ontwikkeling van riet en biezten.

Het winnen van het slib in het Zwarte Meer dient buiten de beschermingszone van de waterkering te gebeuren.

4.3 Overzicht benodigde grond

In onderstaande tabel is de benodigde grond weergegeven. Hierbij wordt uitgegaan van squeezing, waarbij 0,5 m extra grond nodig is. Zonder squeezing is 130.000 m³ nodig. De onzekerheid in grondvolume is dus relatief groot.

Tabel 4.1 Overzicht benodigde grond Ketelmeer

Onderdeel	Oppervlakte (m ²)	Laagdikte (m)	Hoeveelheid (m ³) excl. squeezing	Hoeveelheid (m ³) incl. squeezing
aanbrengen leeflaag op richels	69.000	0,50	34.500	34.500
aanplanten rietplaggen	5.000	0,50	2.500	2.500
aanbrengen zand in richels			93.000	193.000
totaal benodigd			130.000	230.000

4.4 Grondbalans

Tabel 4.2 Grondbalans Ketelmeer

Ontgraven	Hoeveelheid (m ³)
baggeren zand en laden in duwbak (Gooimeer)	193.000
baggeren slib (Eemmeer)	34.500
ontgraven rietplaggen (locatie n.t.b.)	2.500
totaal	230.000
Vervoeren	
vervoeren zand per schip (ca. 5 km)	193.000
lossen zand uit schip en hydraulisch vervoeren naar projectlocatie	193.000
vervoeren slib d.m.v. amfibische graafmachine v.v. baggerpomp	34.500
vervoeren rietplaggen	2.500
totaal	423.000
Verwerken	
verwerken zand in richels	193.000
verwerken slib in richels	34.500
verwerken rietplaggen	2.500
totaal	230.000



BIJLAGE: UITVOERINGSPLAN

NOTITIE

Onderwerp	Uitvoering en uitvoeringsplanning
Project	Planuitwerking KRW 3 ^e tranche IJsselmeergebied
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat
Projectcode	131294
Status	Definitief
Datum	10 december 2024
Referentie	131294-VTW8/24-018.296
Auteur(s)	Arie Benschop

Gecontroleerd door
Goedgekeurd door
Paraaf



Bijlage(n)

-

Aan
Kopie

Rijkswaterstaat

1 INLEIDING

Voor de uitvoering en uitvoeringsplanning zijn een aantal aspecten van belang. De optredende zettingen zijn hier een belangrijk onderdeel van. Deze notitie beschrijft de relevante aspecten en mogelijkheden voor uitvoering van de werkzaamheden.

2 EEMMEER

2.1 Uitvoeringsperiode

Het is noodzakelijk dat de werkzaamheden worden uitgevoerd in de periode mei tot en met oktober, vanwege de N2000, zie onderstaande afbeelding. Eventueel kunnen werkzaamheden ook in april uitgevoerd worden. Er treden dan negatieve effecten op voor de slobeend, maar niet significant negatief. Dit is te onderbouwen als dit nodig is. Dit betekent dat de uitvoeringsperiode 6 à 7 maanden is. Bij voorkeur worden de werkzaamheden in één seizoen uitgevoerd.

Afbeelding 2.1 Beperkingen uitvoeringsperiode. Groen: geen beperkingen, oranje: aandachtspunten, rood: geen uitvoering mogelijk

soort	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
smient												
slobeend												
broedende vogels (NNN)												
KRW												
foeragegebied vleermuizen												

2.2 Zettingen

In onderstaande tabel zijn de mogelijke scenario's van zettingen weergegeven. Voor dit deelgebied wordt verwacht dat de zetting tussen de midden en hoge waarde zal zitten. Voorgesteld wordt om een aanleghoogte van NAP +0,40 m aan te houden. Indien de zetting meer is dan voorzien zullen de richels zetten tot NAP -0,50 m (30 cm onder zomerpeil, 10 cm onder winterpeil). Hierbij blijft de richel ecologisch goed functioneren. Wel wordt verwacht dat door sedimentatie de richel minder zal zakken. Indien de zetting minder is dan verwacht blijft de richel onder zomerpeil (na 2 jaar) en zal er geen (of beperkt) houtopstanden optreden.

Monitoring wordt aanbevolen om grip te hebben op de zetting en bij te kunnen sturen indien nodig. Gezien de korte uitvoeringsperiode kan er maar 10 weken gemonitord worden. Zettingen worden gemonitord met automatische zakbakens met een h.o.h. van 150 m, resulteren in ongeveer 16 zakbakens. Deze worden bij voorkeur ter plekke van de uitgevoerde sonderingen geplaatst, zodat de resultaten goed vergeleken kunnen worden met de grondopbouw. In verband met de slechte bereikbaarheid van de locatie worden automatische zakbakens toegepast. Het voordeel hiervan is ook dat er een continue meting plaatsvindt, waardoor de zettingen relatief nauwkeurig te volgen zijn. Dit is met name in de eerst periode na het aanbrengen van de grond relevant, om de zettingsberekeningen en de te verwachten eindhoogte en restzetting van de richels te kunnen verifiëren.

Een aanleghoogte van NAP +0,4 m betekent dat de richels 1 à 2 jaar boven zomerpeil zijn en meer onderhoud vergen om houtopstanden te verwijderen.

Netto is volgens het voorontwerp 64.000 m³ nodig. Met een aanleghoogte van NAP +0,40 m is 55 % extra grond nodig, resulterend in een volume van 100.000 m³. Er wordt daarnaast rekening gehouden met het optreden van squeezing (wegdrukken van de bestaande bodem bij het opbrengen van grond). Maximaal is hiervoor 1,0 m extra grond nodig, wat resulteert in een volume van ongeveer 100.000 m³. Het totale volume benodigde grond is dan 200.000 m³.

De slappe grond kan gebruikt worden als toplaag, om een geschikte leeflaag te bieden voor het aan te planten riet. Dit beperkt de zetting en grondverzet, zij het in geringe mate. Uit onderzoek (VTW1) blijkt dat de grond geschikt is voor riet door de aanwezigheid van een juiste hoeveelheid nutriënten.

Tabel 2.1 Resultaten deelgebied Eemmeer

Onderdeel	Eenheid	Grenswaarde		
		Ondergrens	Middengrens	Bovengrens
POP	kPa	15	10	5
netto ophoging	[m]	0,74	0,74	0,74
zettingcompensatie	[m]	0,20	0,30	0,55
niveau zettingscompensatie	[m NAP]	+0,00	+0,10	+0,35
bruto ophoging	[m]	0,94	1,04	1,29
zettingstijd (T)	[dagen]	50	200	600
zetting op T	[m]	0,20	0,30	0,55
totale zetting	[m]	0,34	0,49	0,75
klink (10 % bruto ophoging)	[m]	0,00	0,10	0,13
maaiveldzakking (zetting + klink)	[m]	0,42	0,59	0,88
aanleghoogte ¹	[m NAP]	+0,00	+0,20	+0,50
restzetting (ex. klink) (OK < 0,2 m)	[m]	0,14	0,20	0,19

¹ Getallen zijn afgerond op 1 decimaal.

2.3 Uitvoering

Bij het uitbaggeren van de geul voor de haven van Huizen (Gooimeer) komt 400.000 tot 500.000 m³ grond vrij, wat dus ruim voldoende is voor de aanleg van de richels in het Eemmeer. Deze grond kan per schip getransporteerd worden via de vaargeul naar de Stichtse brug, aan de oostzijde van de brug. Met een bakkenzuiger wordt de grond hydraulisch getransporteerd naar de projectlocatie. Hiervoor is een persleiding nodig van ca. 2,5 kilometer lengte. Op de projectlocatie dient in verband met de beperkte waterdiepte en de lage draagkracht van de bodem amfibisch materieel te worden ingezet om de richels in profiel te brengen. Dit materieel kan gelost worden bij de Eemmondning en daar vandaan op eigen kracht richting de projectlocatie varen.

2.4 Planning

Om squeezing zoveel mogelijk te voorkomen worden de richels laag voor laag aangebracht. Lagen worden alternerend op de richels aangebracht. Dit betekent ook dat de richels ongeveer gelijktijdig aangebracht zijn. Na het aanbrengen van de grond start de monitoring van zettingen. Dit duurt 10 weken. Na de monitoring kan nog grond aangevuld of verwijderd worden en worden de richels afgewerkt en geprofileerd met amfibisch materieel. Daarna kan de rijshoutdam en rietplaggen aangebracht worden. Door de buitenste richels als eerste te realiseren is er iets meer tijd (één à twee weken) voor realisatie van de rijshoutdam.

Voor het transport en aanbrengen van de grond wordt uitgegaan van squeezing (worst-case), ondanks het laagsgewijs aanbrengen. Dit betekent dat 200.000 m³ getransporteerd en aangebracht dient te worden.

De hydraulische leiding heeft een capaciteit van ongeveer 500 m³/uur. Uitgaande van werkdagen van 8 uur zijn er 50 dagen nodig om de grond te transporteren. Dit betekent dat de grond in 2 maanden aangebracht kan worden. Na monitoring (10 weken) kunnen de richels in 4 weken afgewerkt en geprofileerd worden.

De rijshoutdam is in één maand aan te brengen door inzet van 3 à 4 hydraulische graafmachines voor plaatsen van palen en één voor vullen met rijshout. Tegelijkertijd kunnen de rietplaggen aangebracht worden en de vraatrasters geplaatst.

In afbeelding 2.2 is de planning weergegeven. Er resteert 3 weken buffer.

Afbeelding 2.2 Planning Eemmeer

						maart								april								mei								juni								juli								augustus								september								oktober							
	week	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44																												
1. Voorkomen broedende vogels																																																																					
2. voorbereiding																																																																					
3. grond aanbrengen en afwerken																																																																					
- richel 1-3																																																																					
- richel 4-6																																																																					
- monitoring richel 1-3																																																																					
- monitoring richel 4-6																																																																					
- afwerken richel 1-3																																																																					
- afwerken richel 4-6																																																																					
4. Rijshoutdam																																																																					
5. Aanplanten riet																																																																					
- richel 1-3																																																																					
- richel 4-6																																																																					
6. Plaatsen vraatbescherming																																																																					
- richel 1-3																																																																					

3 KETELMEER

3.1 Uitvoeringsperiode

Het is noodzakelijk dat de werkzaamheden worden uitgevoerd in de periode oktober tot en met februari, vanwege de N2000 en NNN, zie onderstaande afbeelding. Voor werkzaamheden in oktober geldt dat alleen tussen een uur na zonsopkomst tot een uur voor zonsondergang gewerkt kan worden in verband met de vleermuizen. Eventueel is ook uitvoering in maart mogelijk. Hiervoor is wel belangrijk om in de periode hiervoor aan een stuk door te werken zodat voorkomen wordt dat broedvogels zich vestigen. Bij uitvoering in maart is daarnaast ook van belang om de genoemde maatregelen m.b.t. vleermuizen in acht te nemen. Dit betekent dat de uitvoeringsperiode 5 à 6 maanden is.

Afbeelding 3.1 Beperkingen uitvoeringsperiode. Groen: geen beperkingen, oranje: aandachtspunten, rood: geen uitvoering mogelijk

soort	jan	feb	mrt	apr	mei	juni	jul	aug	sep	okt	nov	dec
benthivore eendensoorten												
broedende vogels (NNN)												
KRW												
foerageergebied vleermuizen												

3.2 Zettingen

In onderstaande tabel zijn de mogelijke scenario's van zettingen weergegeven. Voor dit deelgebied wordt verwacht dat de zetting tussen de midden en hoge waarde zal zitten. Voorgesteld wordt om een aanleghoogte van NAP +0,90 m aan te houden. Indien de zetting meer is dan voorzien zullen de richels zetten tot NAP -0,50 m of lager (30 cm onder zomerpeil, 10 cm onder winterpeil). Hierbij blijft de richel ecologisch goed functioneren. Wel wordt verwacht dat door sedimentatie de richel minder zal zakken. Indien de zetting minder is dan verwacht blijft de richel onder zomerpeil (na 2 jaar) en zal er geen (of beperkt) houtopstanden optreden.

Monitoring wordt aanbevolen om grip te hebben op de zetting en bij te kunnen sturen indien nodig. Gezien de korte uitvoeringsperiode kan er maar 2 maanden gemonitord worden. Zettingen worden gemonitord met automatische zakbakens met een h.o.h. van 150 m, resulteren in ongeveer 18 zakbakens. Deze worden bij voorkeur ter plekke van de uitgevoerde sonderingen geplaatst, zodat de resultaten goed vergeleken kunnen

worden met de grondopbouw. In verband met de slechte bereikbaarheid van de locatie worden automatische zakbakens toegepast. Het voordeel hiervan is ook dat er een continue meting plaatsvindt, waardoor de zettingen relatief nauwkeurig te volgen zijn. Dit is met name in de eerste periode na het aanbrengen van de grond relevant, om de zettingsberekeningen en de te verwachten eindhoogte en restzetting van de richels te kunnen verifiëren.

Een aanleghoogte van NAP +0,9 m betekent dat de richels 2 jaar boven zomerpeil zijn en meer onderhoud vergen om houtopstanden te verwijderen.

Met een aanleghoogte van NAP +0,90 m is een volume van 400.000 m³ nodig. Er wordt daarnaast rekening gehouden met het optreden van squeezing (wegdrukken van de bestaande bodem bij het opbrengen van grond). Maximaal is hiervoor 1,5 m extra grond nodig, wat resulteert in een volume van ongeveer 300.000 m³. Het totale volume benodigde grond is dan 700.000 m³.

De slappe grond kan gebruikt worden als toplaag, om een geschikte leeflaag te bieden voor het aan te planten riet. Dit beperkt de zetting en grondverzet, zij het in geringe mate. Uit onderzoek (VTW1) blijkt dat de grond geschikt is voor riet door de aanwezigheid van een juiste hoeveelheid nutriënten.

Tabel 3.1 Resultaten deelgebied Ketelmeer

Onderdeel	Eenheid	Grenswaarde		
		Ondergrens	Middengrens	Bovengrens
POP	kPa	15	10	5
netto ophoging	[m]	2,39	2,39	2,39
zettingcompensatie	[m]	0,55	0,70	0,85
niveau zettingscompensatie	[m NAP]	+0,35	+0,50	+0,65
bruto ophoging	[m]	2,94	3,09	3,24
rustperiode (T)	[dagen]	400	600	700
zetting op T	[m]	0,55	0,70	0,85
klink (10 % bruto ophoging)	[m]	0,00	0,30	0,32
aanlegniveau	[m NAP]	+0,35	+0,80	+0,97
totale zetting	[m]	0,75	0,88	1,05
maaiveldzakking (zetting + klink)	[m]	0,75	1,18	1,37
restzetting (ex. klink) (OK < 0,2 m)	[m]	0,20	0,18	0,20

3.3 Uitvoering

Er komt ongeveer 1 miljoen m³ grond vrij uit de vaargeul in het Ramsdiep, wat toegepast kan worden voor Ketelmeer en Zwarte Meer. De grond zal voor het Ketelmeer per schip (onderlosser) getransporteerd worden naar de projectlocatie en daar gestort worden. Op de projectlocatie dient in verband met de lage draagkracht van de aan te brengen grond amfibisch materieel te worden ingezet om de richels in profiel te brengen. Dit materieel kan gelost worden naast de vaargeul nabij de Schokkerhaven en daar vandaan op eigen kracht richting de projectlocatie varen.

Het plaatsen van de wiependammen en het dode hout in de geul kan door middel van regulier materieel op pontons.

Bij het aanbrengen van de richels dienen zakbakens aangebracht te worden om de zetting van de bodem tijdens de uitvoeringsperiode te monitoren. In verband met de slechte bereikbaarheid van de locatie worden automatische zakbakens toegepast. Het voordeel hiervan is ook dat er een continue meting plaatsvindt, waardoor de zettingen relatief nauwkeurig te volgen zijn. Dit is met name in de eerste periode na het aanbrengen van de grond relevant, om de zettingsberekeningen en de te verwachten eindhoogte en restzetting van de richels te kunnen verifiëren.

3.4 Planning

Om squeezing zoveel mogelijk te voorkomen worden de richels bij voorkeur laag voor laag aangebracht. Lagen worden alternerend op de richels aangebracht. Dit betekent ook dat de richels ongeveer gelijktijdig aangebracht zijn. Na het aanbrengen van de grond start de monitoring van zettingen. Dit duurt 2 maanden. Na de monitoring kan nog grond aangevuld of verwijderd worden en worden de richels afgewerkt en geprofileerd met amfibisch materieel. Daarna kunnen de rietplaggen aangebracht worden.

Voor het transport en aanbrengen van de grond wordt uitgegaan van squeezing (worst-case), ondanks het laagsgewijs aanbrengen. Dit betekent dat 700.000 m³ getransporteerd en aangebracht dient te worden.

Er zijn 8 duwboden nodig om de grond in 2 maanden aan te kunnen brengen, of er is een zwaardere bakkenzuiger nodig. Er resteert dan 2 maanden om zettingen te monitoren en 1 maand voor verwijderen/aanbrengen van grond, profilering en aanbrengen van rietplaggen en vraatrasters.

De wiependam is in drie maanden aan te brengen door inzet van 4 hydraulische graafmachines op ponton voor plaatsen van palen en vullen met wiepen. Dit kan parallel aan het aanbrengen van de richels. Na het aanleggen van de richels kan het dode hout in de geul worden aangebracht.

De werkzaamheden kunnen in 5 maanden uitgevoerd worden. Een extra maand uitvoering is mogelijk. Dit kan nodig zijn als buffer in verband met het stormseizoen. In afbeelding 3.2 is de planning weergegeven.

Voor de planning is ook de mogelijkheid overwogen om in 2 seizoenen uit te voeren, i.v.m. de hoeveelheid aan te brengen grond en naar verwachting relatief grote zettingen. Er is gekozen voor uitvoering in 1 seizoen omdat dit winst oplevert in verband met het vervallen van de aan- en afvoer van materieel tussen de seizoenen, en de kortere impact op de natuur. Ook brengt het uitvoeren in 2 seizoenen extra risico's op erosie met zich mee door de latere aanplant van riet op de richels.

Afbeelding 3.2 Planning Ketelmeer

		oktober				november				december				januari				februari				
	week	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8
1. voorbereiding																						
2. grond aanbrengen en afwerken																						
- richel 1																						
- richel 2																						
- monitoring richel 1																						
- monitoring richel 2																						
- afwerken richel 1																						
- afwerken richel 2																						
3. Rijshoutdam																						
4. Dood hout																						
5. Aanplanten riet																						
- richel 1																						
- richel 2																						
6. Plaatsen vraatbescherming																						
- richel 1																						
- richel 2																						

4 ZWARTE MEER

4.1 Uitvoeringsperiode

Het is noodzakelijk dat de werkzaamheden worden uitgevoerd in de periode oktober tot en met februari, vanwege de N2000 en NNN, zie onderstaande afbeelding. Voor werkzaamheden in oktober geldt dat alleen tussen een uur na zonsopkomst tot een uur voor zonsondergang gewerkt kan worden in verband met de vleermuizen. Eventueel is ook uitvoering in maart mogelijk. Hiervoor is wel belangrijk om in de periode hiervoor aan een stuk door te werken zodat voorkomen wordt dat broedvogels zich vestigen. Bij uitvoering in maart is daarnaast ook van belang om de genoemde maatregelen m.b.t. vleermuizen in acht te nemen. Dit betekent dat de uitvoeringsperiode 5 à 6 maanden is.

Afbeelding 4.1 Beperkingen uitvoeringsperiode. Groen: geen beperkingen, oranje: aandachtspunten, rood: geen uitvoering mogelijk

soort	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
grote karekiet												
rietzanger												
kranswieren (habitattype)												
broedende vogels (NNN)												
KRW												
foerageergebied vleermuizen												

4.2 Zettingen

In onderstaande tabel zijn de mogelijke scenario's van zettingen weergegeven. Voor dit deelgebied wordt verwacht dat de zetting tussen de lage en midden waarde zal zitten. Voorgesteld wordt om een aanleghoogte van NAP +0,15 m aan te houden. Indien de zetting meer is dan voorzien zullen de richels zetten tot NAP -0,50 m (30 cm onder zomerpeil, 10 cm onder winterpeil). Hierbij blijft de richel ecologisch goed functioneren. Wel wordt verwacht dat door sedimentatie de richel minder zal zakken. Indien de zetting minder is dan verwacht blijft de richel onder zomerpeil (na 2 jaar) en zal er geen (of beperkt) houtopstanden optreden.

Een aanleghoogte van NAP +0,15 m betekent dat de richels minder dan een jaar boven zomerpeil zijn. De extra onderhoudsinspanning is daarmee beperkt.

Monitoring wordt aanbevolen om grip te hebben op de zetting en bij te kunnen sturen indien nodig. Gezien de korte uitvoeringsperiode kan er maar 2 maanden gemonitord worden. Zettingen worden gemonitord met automatische zakbakens met een h.o.h. van 150 m, resulteren in ongeveer 24 zakbakens. Deze worden bij voorkeur ter plekke van de uitgevoerde sonderingen geplaatst, zodat de resultaten goed vergeleken kunnen worden met de grondopbouw. In verband met de slechte bereikbaarheid van de locatie worden automatische zakbakens toegepast. Het voordeel hiervan is ook dat er een continue meting plaatsvindt, waardoor de zettingen relatief nauwkeurig te volgen zijn. Dit is met name in de eerst periode na het aanbrengen van de grond relevant, om de zettingsberekeningen en de te verwachten eindhoogte en restzetting van de richels te kunnen verifiëren.

Netto is volgens het ontwerp 103.000 m³ nodig. Met een aanleghoogte van NAP +0,15 m is 25 % extra grond nodig, resulterend in een volume van 130.000 m³. Er wordt rekening gehouden met het optreden van squeezing (wegdrukken van de bestaande bodem bij het opbrengen van grond). Maximaal is hiervoor 0,5 m extra grond nodig, wat resulteert in een volume van ongeveer 100.000 m³. Het totale volume benodigde grond is dan 230.000 m³.

De slappe grond kan gebruikt worden als toplaag, om een geschikte leeflaag te bieden voor het aan te planten riet en om zaden en wortelmateriaal van de biezen op de richels aan te brengen.

Dit beperkt de zetting en grondverzet, zij het in geringe mate. Uit onderzoek (VTW1) blijkt dat de grond geschikt is voor riet/biezen door de aanwezigheid van een juiste hoeveelheid nutriënten.

Tabel 4.1 Resultaten deelgebied Zwarte Meer

Onderdeel	Eenheid	Grenswaarde		
		Ondergrens	Middengrens	Bovengrens
POP	kPa	15	10	5
netto ophoging	[m]	1,05	1,05	1,05
zettingcompensatie	[m]	0,20	0,30	0,40
niveau zettingscompensatie	[m NAP]	+0,00	+0,10	+0,20
bruto ophoging	[m]	1,25	1,35	1,45
rustperiode (T)	[dagen]	-	90	100
zetting op T	[m]	0,20	0,30	0,40
klink (10 % bruto ophoging)	[m]	0,00	0,14	0,15
aanlegniveau	[m NAP]	+0,00	+0,25	+0,35
totale zetting	[m]	0,36	0,46	0,60
maaiveldzakking (zetting + klink)	[m]	0,36	0,60	0,75
restzetting (ex. klink) (OK < 0,2 m)	[m]	0,20	0,16	0,16

4.3 Uitvoering

Er komt ongeveer 1 miljoen m³ grond vrij uit de vaargeul in het Ramsdiep, wat toegepast kan worden voor Ketelmeer en Zwarte Meer. De grond kan per schip getransporteerd worden naar een locatie nabij de Schokkerhaven en met een bakkenzuiger kan de grond hydraulisch getransporteerd worden naar de projectlocatie. Hiervoor is een persleiding nodig van ca. 2,5 kilometer lengte. Op de projectlocatie dient in verband met de beperkte waterdiepte en de lage draagkracht van de bodem amfibisch materieel te worden ingezet om de richels in profiel te brengen. Dit materieel kan gelost worden naast de vaargeul en daar vandaan op eigen kracht richting de projectlocatie varen.

Bij het aanbrengen van de richels dienen zakbakens aangebracht te worden om de zetting van de bodem tijdens de uitvoeringsperiode te monitoren. In verband met de slechte bereikbaarheid van de locatie worden automatische zakbakens toegepast. Het voordeel hiervan is ook dat er een continue meting plaatsvindt, waardoor de zettingen relatief nauwkeurig te volgen zijn. Dit is met name in de eerst periode na het aanbrengen van de grond relevant, om de zettingsberekeningen en de te verwachten eindhoogte en restzetting van de richels te kunnen verifiëren.

4.4 Planning

Om squeezing te voorkomen worden de richels laag voor laag aangebracht. Lagen worden alternerend op de richels aangebracht. Dit betekent ook dat de richels ongeveer gelijktijdig aangebracht zijn. Na het aanbrengen van de grond start de monitoring van zettingen. Dit duurt 2 maanden. Na de monitoring kan nog grond aangevuld of verwijderd worden en worden de richels afgewerkt en geprofileerd met amfibisch materieel.

Voor het transport en aanbrengen van de grond wordt uitgegaan van squeezing (worst-case), ondanks het laagsgewijs aanbrengen. Dit betekent dat 230.000 m³ getransporteerd en aangebracht dient te worden.

De hydraulische leiding heeft een capaciteit van ongeveer 500 m³/uur. Uitgaande van werkdagen van 16 uur kan de grond in één maand aangebracht worden. Na monitoring (2 maanden) kunnen de richels in 4 weken afgewerkt en geprofileerd gebracht worden en kunnen riet, biesen en vraastrasters geplaatst worden. Er resteert dan een buffer van 3 weken.

De rijshoutdam kan in 4 maanden geplaatst worden, parallel aan de werkzaamheden aan de richels. Hiervoor is de inzet van 2 graafmachines nodig. De bovenkant van de rijshoutdam wordt opgevuld met stamhout.

In afbeelding 4.2 is de planning weergegeven. Er resteert 3 weken buffer.

Afbeelding 4.2 Planning Zwarte Meer

		oktober				november				december				januari				februari				
	week	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8
1. voorbereiding																						
2. grond aanbrengen en afwerken																						
- richel 1-5																						
- richel 6-11																						
- monitoring richel 1-5																						
- monitoring richel 6-11																						
- afwerken richel 1-5																						
- afwerken richel 6-11																						
4. Rijshoutdam																						
5. Aanplanten riet																						
- richel 1-5																						
- richel 6-11																						
6. Plaatsen vraatbescherming/veekering																						
- richel 1-5																						
- richel 6-11																						

IV

BIJLAGE: GEOTECHNISCH ONTWERP RIJSHOUTDAM ZWARTE MEER

NOTITIE

Onderwerp	Definitief Ontwerp rijshoutdam Zwarte Meer
Project	Planuitwerking KRW 3 ^e tranche IJsselmeergebied
Opdrachtgever	RWS Midden-Nederland
Projectcode	131294
Status	Definitief
Datum	24 januari 2025
Referentie	131294-VTW8/25-001.007
Auteur(s)	Lennart Stelling

Gecontroleerd door	
Goedgekeurd door	
Paraaf	



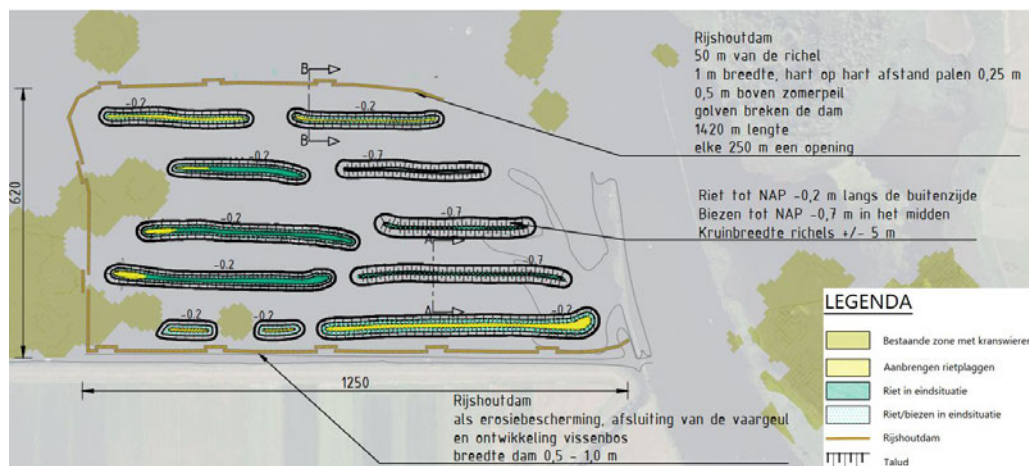
Bijlage(n)	I Berekening Rijshoutendam
	II Berekening golfimpact op rijshouten dammen

Aan	RWS Midden-Nederland
Kopie	

1 INLEIDING

Voorliggende notitie beschouwt het definitieve funderingsontwerp van de rijshoutdam in het Zwarte Meer. In deze notitie is getoetst of de houten palen, zoals voorgesteld in het voorlopig ontwerp, de horizontale (golf)belasting constructief kunnen opvangen en voldoende inbedding hebben om deze te kunnen afdragen naar de ondergrond. Een overzicht van de rijshoutdam in het Zwarte Meer, zoals voorzien in het VO, is weergegeven in afbeelding 1.1.

Afbeelding 1.1 Voorlopig ontwerp en overzicht rijshoutdam in het Zwarte Meer



2 UITGANGSPUNTEN

2.1 Referenties

Tabel 2.1 Referenties

Ref.	Document
1	NEN9997-1:2016/C2:2017 Geotechnisch ontwerp van constructies - Deel 1: Algemene regels (d.d. 2017)
2	CUR 166 Damwandconstructies (d.d. 2014)
3	NEN-EN 1998-1-1+C1+A1:2011, Eurocode 5 - Ontwerp en berekening van houtconstructies - Deel 1-1: Algemeen - Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen
4	NEN-EN 338:2016: Hout voor constructieve toepassingen - Sterkteklassen

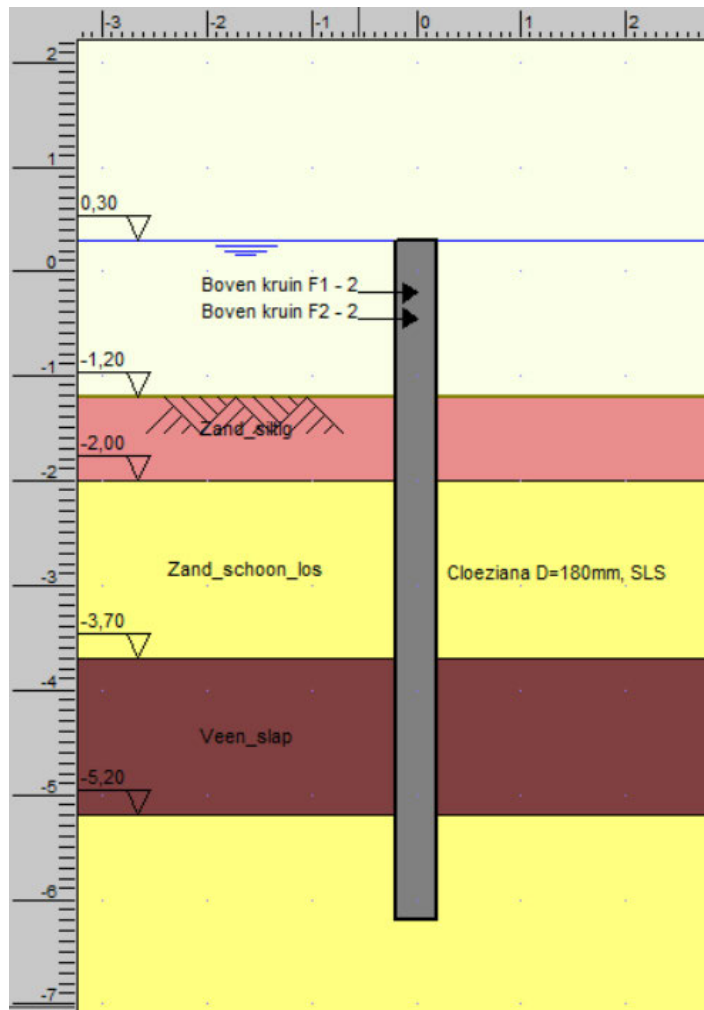
2.2 Rijshoutendam constructie

De rijshoutdam bestaat uit houten palen waartussen opgebonden rijshout aanwezig is. Houten palen met een diameter van 18 cm zijn voorzien als skelet voor deze constructie. De hart-op-hart afstand van de palen is 50 cm in elke rij, maar kan als 25 cm beschouwd worden door de kleine afstand tussen de twee palenrijen, van ongeveer 1,0 m. De uitgangspunten zijn weergegeven in tabel 2.2.

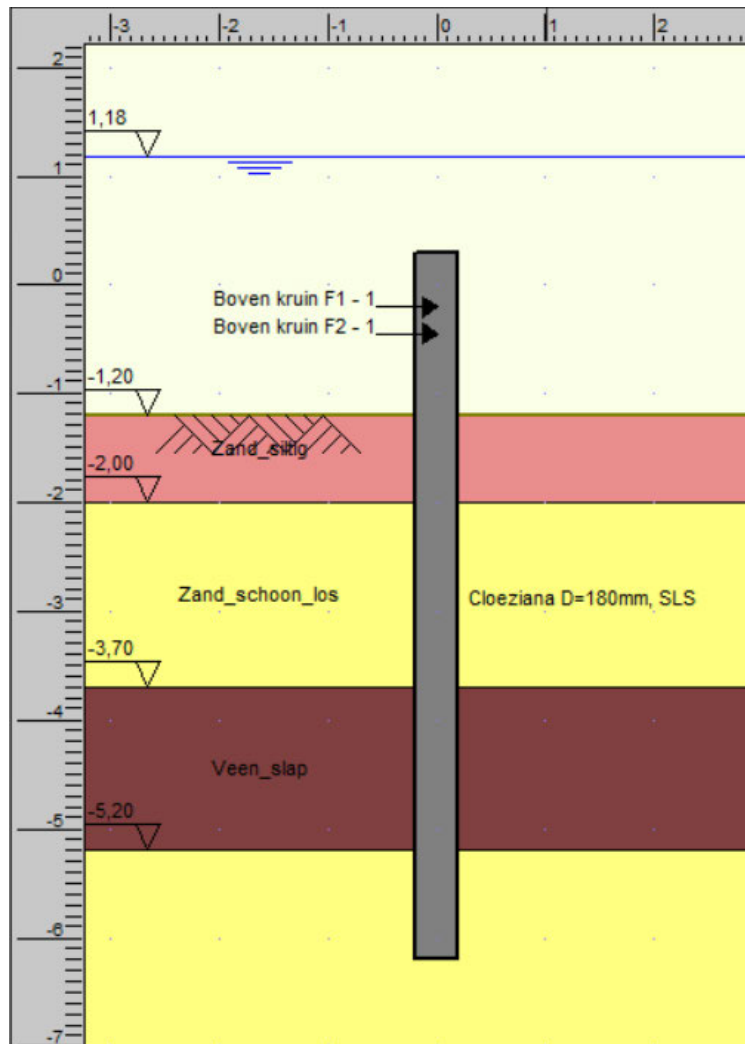
Tabel 2.2 Uitgangspunten rijshoutdam Zwarte Meer

Uitgangspunt	Waarde	Eenheid
diameter palen	0,18	m
minimale sterkte klasse houten palen	D50	[-]
hart op hart afstand	0,25	m
bodemniveau	-1,20	m + NAP
bovenkant dam/paal	0,30	m + NAP
uitkraging	1,5	m
lengte palen	6,5	m
paalpunt niveau	-6,20	m + NAP

Afbeelding 2.1 Dwarsprofiel Zwarte Meer (WL= NAP +0,3 m)



Afbeelding 2.2 Dwarsprofiel Zwarte Meer (WL= NAP +1,18 m)



2.2.1 Hout

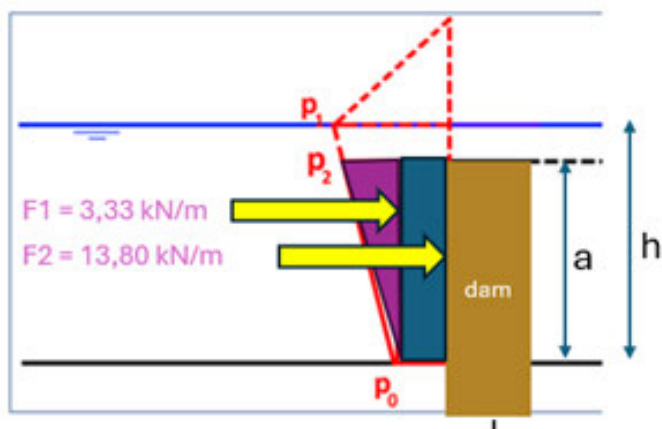
Alle palen binnen de oeverconstructie bestaan uit Cloeziana houtsoort (of gelijkwaardig) met sterkteklasse D50 en duurzaamheidsklassen DC 1 conform NEN-EN 338 [ref. 4]. Dit is een duurzame houtsoort met een levensduur van minimaal 25 jaar. Tabel 2.3 toont de materiaaleigenschappen van D50 hardhout.

Tabel 2.3 Eigenschappen D50 hardhout (NEN-EN 338 [ref. 4])

Eigenschap	Symbool	Waarde	Eenheid
kar. buigsterkte	$f_{m,k}$	50	MPa
gem. elasticiteitsmodulus evenwijdig aan vezel	$E_{m,0,mean}$	14	kN/mm ²
kar. droge dichtheid	ρ_k	620	kg/m ³
natte dichtheid	ρ_{nat}	900 ¹	kg/m ³
kar. afschuifcapaciteit	$f_{v,k}$	4,5	MPa

¹ Natte dichtheid gebaseerd op <https://www.houtinfo.nl/node/320>.

Afbeelding 2.4 Belastingssituatie met waterlijn 88cm boven de dam



2.4 Grondopbouw

In augustus 2024 is door BAM het geotechnisch grondonderzoek ten behoeve van KRW 3^e tranche Midden-Nederland aangeleverd [131294_VTW6/24-012.702 Geotechnisch onderzoek]. In het Zwarte Meer geven sondering WS18 en boring WB19 de maatgevende situatie van de grondopbouw weer. De grondopbouw is afgeleid uit bovengenoemde sondering en boring en weergegeven in tabel 2.5. De grondopbouw is nagenoeg homogeen in het projectgebied.

Tabel 2.5 Grondopbouw Zwarte Meer o.b.v. WS21

Grondlaag	b.k. laag [m + NAP]	o.k. laag [m + NAP]
zand, schoon siltig	Waterbodembodem	-2,0
zand, schoon los gepakt	-2,0	-3,7
veen, niet voorbelast, slap	-3,7	-5,2
zand, schoon, vast	-5,2	-12

Op basis van classificatie van de lagen zijn met tabel 2b uit NEN 9997-1 [ref. 1] sterkteparameters afgeleid voor de verschillende aanwezige grondlagen. De parameters voor de verschillende aanwezige grondlagen zijn gepresenteerd in tabel 2.6.

Tabel 2.6 Sterkteparameters geclassificeerde grondlagen o.b.v. tabel 2b NEN 9997-1 [ref.]

Classificatie	$\gamma_{\text{droog}} / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	c' [kN/m ²]	φ' / δ' [°]	Subgrade reaction (k1/k2/k3) [MN/m ³]
zand, siltig	18/20	0	25/16,67	12 / 6/ 3
zand, schoon los gepakt	17/19	0	30/20	12 / 6/ 3
veen, niet voorbelast, slap	11/11	1	15/0	1 / 0,5/ 0,25
zand, schoon, vastgepakt	19/21	0	35	40 / 20/ 10

2.5 Model-technische schematisering

De rijhoutdam is gemodelleerd in D-Sheet Piling als damwand. De onderlinge palen bevinden zich namelijk in elkaars invloedsgebied wanneer het de weerstand op horizontale belasting betreft. Om deze reden is het een overschatting van de horizontale weerstand om de palen als losse constructies te zien (elk met een eigen weerstand) en dit te extrapoleren naar de gehele rijhoutendam.

Om deze reden is de rijhoutendam gemodelleerd als continue damwand waarbij de dikte van deze wand is verdisconteerd naar rato van de dekking van de palen per strekkende meter. De dam is op de volgende manier vertaald naar de continue damwand:

- 1. De stijfheid van de enkele paal wordt berekend op basis van de houteigenschappen en de diameter van de paal;
- 2. Bovenstaande stijfheid wordt gedeeld door de hart op hart afstand om de gemiddelde stijfheid per meter te krijgen;
- 3. De schelpfactor is in de berekeningen op 1 gesteld.

2.5.1 Veiligheidsfilosofie

De risicoklasse van de constructie is RC0. Bij falen zijn er geen persoonlijke veiligheidsrisico's en de (economische) schade is zeer beperkt.

De partiële factoren zijn weergegeven in tabel 2.7.

Tabel 2.7 Partiële factoren berekening houten beschoeiing

Factor	Waarde	Eenheid
partiële factor op variabele belasting conform NEN 9997-1 [ref. 1]	1,5	[-]
materiaal factor op cohesie	1,0	[-]
materiaal factor op $\tan\phi$	1,05	[-]
materiaal factor op mod. Of subg. reactions	1,3	[-]
materiaal factor op volumiek gewicht	1,0	[-]
toename kerende hoogte	0	[%]
variatie in waterstand passieve zijde	0	[cm]
variatie in waterstand actieve zijde	0	[cm]

3 KRACHTSWERKING EN TOETSING

De krachtswerking in de houten damwand is berekend met D-Sheet Piling. De berekening en toetsing is gedaan volgens [ref. 2], [ref. 3] en [ref.4]. De resulterende krachtswerking in UGT in de houten damwand is weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1 Krachtswerking (UGT) in houten damwand

Kracht	Waarde	Opmerking
buigend moment [kNm/m]	57,9	waterlijn op kruin niveau en CUR-stap 6.5 x factor maatgevend
dwarskracht [kN]	37,7	waterlijn op kruin niveau en CUR-stap 6.5 x factor maatgevend

De rekenwaarde van het moment is 79,3 kNm/m. De Unity Check op het optredende buigend moment is 0,73 [-] en daarmee voldoet de damwand. De volledige toetsing is bijgevoegd in bijlage I.

In BGT (zonder partiële- en belasting factoren) volgt een horizontale vervorming van 54 mm.

4 CONCLUSIE EN SAMENVATTING

De constructie zoals beschreven in hoofdstuk 2.2 voldoet aan de geotechnische beschouwing. Een samenvatting van de constructie is weergegeven in tabel 4.1.

Tabel 4.1 Samenvatting rijshoutdam Zwarte Meer

Uitgangspunt	Waarde	Eenheid
diameter palen	0,18	m
minimale sterkte klasse houten palen	D50	[-]
hart op hart afstand palen	0,25	m
hart op hart afstand palen per rij	0,50	m
bovenkant dam	0,30	m + NAP
lengte palen	6,50	m
paalpunt niveau	-6,20	m + NAP



BIJLAGE: BEREKENING RIJSHOUTENDAM

Project Planyutwerking KRW 3e tranche MN
Projectcode 131294
Onderwerp Geotechnisch ontwerp rijshoutendam Zwarte Meer
Adviseur ir. L.W. Stelling
Datum 24-1-2025

TITEL

Berekening van een houten palenrij verdisconteerd als houten damwanden conform:

- NEN-EN 1995-1-1+C1+A1:2011, Eurocode 5 - Ontwerp en berekening van houtconstructies - Deel 1-1: Algemeen - Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen.
- NEN-EN 338:2016: Hout voor constructieve toepassingen - Sterkteklassen.

UITGANGSPUNTEN

Algemeen

Taal = NL

Materiaal

Houtsoort = Cloeziana [-]
Volumieke massa ρ = 900 [kg/m³]
Duurzaamheidsklasse = DC1 [-]
Sterkteklasse = D50 [-]
Buigsterkte $f_{m,k}$ = 50,0 [N/mm²]
Elasticiteitsmodulus bij buiging E_{mean} = 14000 [N/mm²]

Geometrie Palenrij

Lengte palen L = 6500 [mm]
Breedte B = 1000 [mm]
Diameter palen H = 180 [mm]
Hoogtefactor k_h = 1,00 [-]
System strength factor k_{sys} = 1,00 [-]
Hart-op-hart afstand = 0,25 [m]

BEREKENINGEN

Algemene eigenschappen

Oppervlakte A = 1,02E+05 [mm²/m]
Weerstandsmoment W_{el} = 2,29E+06 [mm³/m]
Traagheidsmoment I = 2,06E+08 [mm⁴/m]

Modificatiefactor voor klimaatklasse en belastingduurklasse

Klimaatklasse = 3 [-]
Belastingduurklasse = Blijvend [-]
Modificatiefactor k_{mod} = 0,90 [-]

Bruikbaarheidsgrenstoestand eigenschappen

Materiaalfactor $\gamma_{M,BGT}$ = 1,00 [-]
Elasticiteitsmodulus E_{BGT} = 14000 [N/mm²]
Buigstijfheid EI_{BGT} = 2886 [kNm²/m]
Rekenwaarde buigsterkte $f_{m,d,BGT}$ = 45,0 [N/mm²]
Max. buigend moment M_{BGT} = 103,1 [kNm/m]

Uiterste Grenstoestand eigenschappen

Materiaalfactor $\gamma_{M,UGT}$ = 1,30 [-]
Elasticiteitsmodulus E_{UGT} = 10769 [N/mm²]
Elastische stijfheid EI_{UGT} = 2220 [kNm²/m]
Rekenwaarde buigsterkte $f_{m,d,UGT}$ = 34,6 [N/mm²]
Max. buigend moment M_{UGT} = 79,3 [kNm/m]

Controle optredend moment

Optredend moment M_{Ed} = 57,9 [kNm/m]
Spanning in uiterste vezel σ_{Ed} = 25,3 [N/mm²]

Unity check = 0,73 [-]

INPUT VOOR D-SHEET PILING

Name	Material type	Section bottom level [m]*	Elastic stiffness EI [kNm ² /m]	Acting width [m]	$M_{r,char,el}$ [kNm/m]	Modification factor [-]	Material factor [-]	Reduction factor maximum moment [-]	$M_{r,d,el}$ [kNm]	Reduction factor EI [-]	Note to reduction factor	Height [mm]	Coating area [m ² /m ² wall]	Section area [cm ² /m]	Elastic section modulus W_{el} [cm ³ /m]	Width of sheet piles [m]
Cloeziana D=180mm, BGT	Wood		2,886E+03	1,00	114,51	0,90	1,00	1,00	103,06	1,00	-	180	1,00	1800	2290	1
Cloeziana D=180mm, UGT	Wood		2,220E+03	1,00	114,51	0,90	1,30	1,00	79,28	1,00	-	180	1,00	1800	2290	1

* Vul in D-Sheet Piling



BIJLAGE: BEREKENING GOLFIMPACT OP RIJSHOUTEN DAMMEN

NOTITIE

Onderwerp	Berekening golfimpact op rijshouten dammen
Project	KRW IJsselmeergebied
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat
Projectcode	131294
Projectleider	[REDACTED]
Status	Concept 01
Datum	3 december 2024
Referentie	131294-VTW8/24-017.826

Auteur(s)	[REDACTED]
Gecontroleerd door	[REDACTED]
Goedgekeurd door	[REDACTED]
Paraaf	[REDACTED]

Bijlage(n)	-
------------	---

Aan	Rijkswaterstaat
Kopie	-

1 INLEIDING

De voorliggende memo beschrijft de rekenmethodiek en resultaten van de horizontale golfimpact belastingen die werken op de voorziene rijshouten damlocaties; het Eemmeer, Ketelmeer en Zwarte Meer.

2 RANDVOORWAARDEN

Initieel zijn de hydraulische randvoorwaarden uit tabel 2.1 aangeleverd op basis van de hydrodynamische simulaties. De waarden in onderstaande tabel betreft de T100-situatie (overschrijdingskans 1/100 per jaar). Deze hoge waterstanden worden met name veroorzaakt door windopzet.

De golfhoogte betreft de golfhoogte (H_s) aan de buitenzijde van de rijshoutendammen.

Tabel 2.1 Hydraulische ontwerputgangspunten als input voor de berekening van golfimpact belasting (overschrijdingskans 1/100 per jaar)

Locatie	Significante golfhoogte (Hs)	Piek-periode (Tp)	Stroom snelheid	Waterstand	Kruin hoogte	Hoogte teen	Water diepte
Eemmeer	0,35 m	2,6 s	0,2 m/s	NAP +0,00 m	NAP +0,8 m	NAP -0,7 m	0,7 m
Ketelmeer	0,8 m	3,2 s	0,3 m/s	NAP +1,59 m	NAP +0,3 m	NAP -2,5 m	4,09 m
Zwarte Meer	0,8 m	3,7 s	0,4 m/s	NAP +1,18 m	NAP +0,3m	NAP -1,2m	2,38 m

Naast de twee bovenstaande scenario's, zijn ook de scenario's doorerekend met een (lagere) waterstand, waarbij de significante golfhoogte afhangt van de waterdiepte voor de rijshoutdam. Dit resulteert in de ontwerputgangspunten die zijn weergegeven in tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hydraulische ontwerputgangspunten als input voor de berekening van golfimpact belasting (overschrijdingskans 1/100 per jaar, met een lagere waterstand aangenomen)

Locatie	Significante golfhoogte (Hs)	Piek-periode (Tp)	Stroom snelheid	Waterstand	Kruin hoogte	Hoogte teen	Water diepte
Eemmeer	0,25 m	2,6 s	0,2 m/s	NAP -0,2 m	NAP +0,8 m	NAP -0,7 m	0,5 m
Ketelmeer	0,8 m	3,2 s	0,3 m/s	NAP +0,3 m	NAP +0,3 m	NAP -2,5 m	2,8 m
Zwarte Meer	0,75 m	3,7 s	0,4 m/s	NAP +0,3 m	NAP +0,3 m	NAP -1,2 m	1,5 m

Of dezelfde golfhoogte optreedt bij een lagere waterdiepte (in het geval van het Ketelmeer en het Zwarte Meer) valt te heroverwegen, echter is dit fysisch goed mogelijk (golven met deze significante golfhoogte breken niet bij de aangenomen lagere waterdiepte). De windgolven ontwikkelen zich immers sneller dan de scheefstand van het IJsselmeer.

De uitgangspunten uit tabel 2.2 resulteren voor het Ketelmeer en het Zwarte Meer in hogere golfimpact belastingen en zijn om deze reden conservatiever voor die specifieke locatie. Voor locatie Eemmeer is het scenario met een waterdiepte van 0,7 m maatgevend (zie tabel 2.1).

Scheepsgolven

De damlocaties bevinden zich in (rand)meren. Gezien het deelsysteem is de relatieve mate van invloed van windgolven hoger dan scheepsgolven (Handreiking voor het bepalen van ontwerpwaterstanden en golfcondities, Deltares, 2015). Primaire en secundaire scheepsgolven hebben een golfhoogte die veelal niet hoger komt dan 0,5 m, alleen in zeer uitzonderlijke gevallen. Het is aanbevolen om windgolven als maatgevende golfbelastingen te beschouwen.

3 REKENMETHODIEK

Om de horizontale krachtwerking te bepalen op de rijshouten damconstructie is gebruikt gemaakt van de methode van Goda (TAW 2003, Leidraad Kunstwerken). De methode van Goda is niet strikt toepasbaar op een doorlatende rijshouten damconstructie, maar oorspronkelijk bedoeld voor massieve, verticale, kerende constructies. Echter geeft deze methodiek wel de beste benadering, hoewel het enigszins conservatief kan zijn.

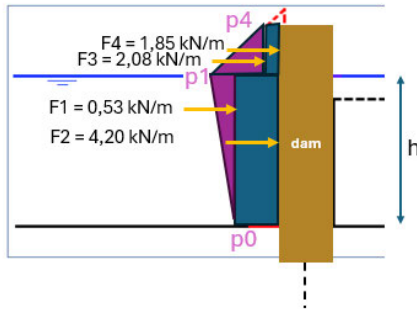
4 REKENRESULTATEN

De rekenresultaten van de golfimpact belastingen zijn weergegeven in tabel 4.1. Tevens is een visuele weergave gegeven van de krachtwerking op de rijshouten damconstructies. Uit de resultaten volgt dat de horizontale krachten hoger zijn naarmate de waterstand rond het kruinniveau ligt.

Tabel 4.1 Golfimpact belastingen voor twee locaties en twee waterstandscenario's

Locatie	Scenario/waterstand	Belastingen kN/m	Kracht arm (t.o.v. bodemniveau) in meter
Eemmeer	NAP +0 m	F ₁ : 0,53	0,47
		F ₂ : 4,2	0,35
		F ₃ : 2,08	0,97
		F ₄ : 1,85	1,1
		F _{netto} : 8,66	
	NAP -0,2 m	F ₁ : 0,21	0,33
		F ₂ : 2,49	0,25
		F ₃ : 2,40	0,78
		F _{netto} : 5,10	
Ketelmeer	NAP +1,59 m	F ₁ : 6,78	1,87
		F ₂ : 10,56	1,4
		F _{netto} : 17,33	
	NAP +0,3 m	F ₁ : 8,12	1,87
		F ₂ : 17,19	1,4
		F _{netto} : 25,31	
Zwarte Meer	NAP +1,18	F ₁ : 3,33	1
		F ₂ : 13,80	0,75
		F _{netto} : 17,13	
	NAP +0,3	F ₁ : 2,39	1
		F ₂ : 17,8	0,75
		F _{netto} : 20,19	

Afbeelding 4.1 Visuele weergave van golfimpact krachtwerking op de dam (Eemmeer)



Waterlijn onder kruinniveau

Ontwerpwaterstand = 0 m NAP, $H_s = 0,35$ m, $T_p = 2,6$ s, $h = 0,7$ m, transmissie coëfficiënt = 0,7-0,8

$p_1 = 7,51$ kN/m²

$p_0 = 6,0$ kN/m²

$p_4 = 0,36$ kN/m²

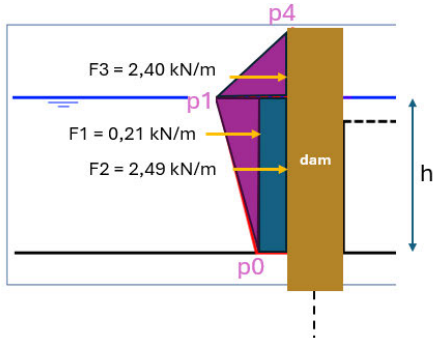
$F_1 = 0,53$ kN/m

$F_2 = 4,2$ kN/m

$F_3 = 2,08$ kN/m

$F_4 = 1,85$ kN/m

$F_{\text{netto_totaal}} = 8,66$ kN/m



Waterlijn onder kruinniveau

Ontwerpwaterstand = -0,2 m NAP, $H_s = 0,25$ m, $T_p = 2,6$ s, $h = 0,5$ m, transmissie coëfficiënt = 0,7-0,8

$p_1 = 5,82$ kN/m²

$p_0 = 4,98$ kN/m²

$p_4 = 0$ kN/m²

$F_1 = 0,21$ kN/m

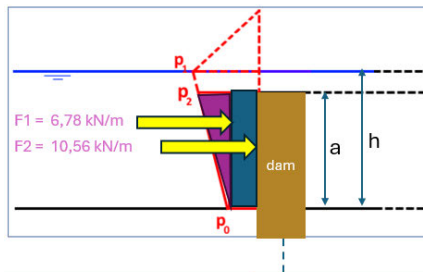
$F_2 = 2,49$ kN/m

$F_3 = 2,40$ kN/m

$F_{\text{netto_totaal}} = 5,10$ kN/m

**De methode van Goda is gebruikt (TAW 2003, leidraad kunstwerken)*

Afbeelding 4.2 Visuele weergave van golfimpact krachtwerking op de dam (Ketelmeer)



Waterlijn boven kruinniveau

Ontwerpwaterstand = 1,6 m NAP, $H_s = 0,8$ m, $T_p = 3,2$ s, $h = 4,1$ m, $a = 2,8$ m, transmissie coëfficiënt = 0.6

$p_1 = 10,85$ kN/m²

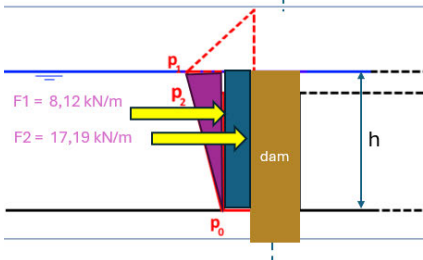
$p_0 = 3,77$ kN/m²

$p_2 = ((10,85 - 3,77) / 4,1) * 2,8 + 3,77 = 8,61$ kN/m²

$F_1 = 6,78$ kN/m

$F_2 = 10,56$ kN/m

$F_{\text{netto}} = 17,33$ kN/m



Waterlijn rond kruinniveau

Ontwerpwaterstand = 0,3 m NAP, $H_s = 0,8$ m, $T_p = 3,2$ s, $h = 2,8$ m, transmissie coëfficiënt = 0.7-0.8

$p_1 = 11,94$ kN/m²

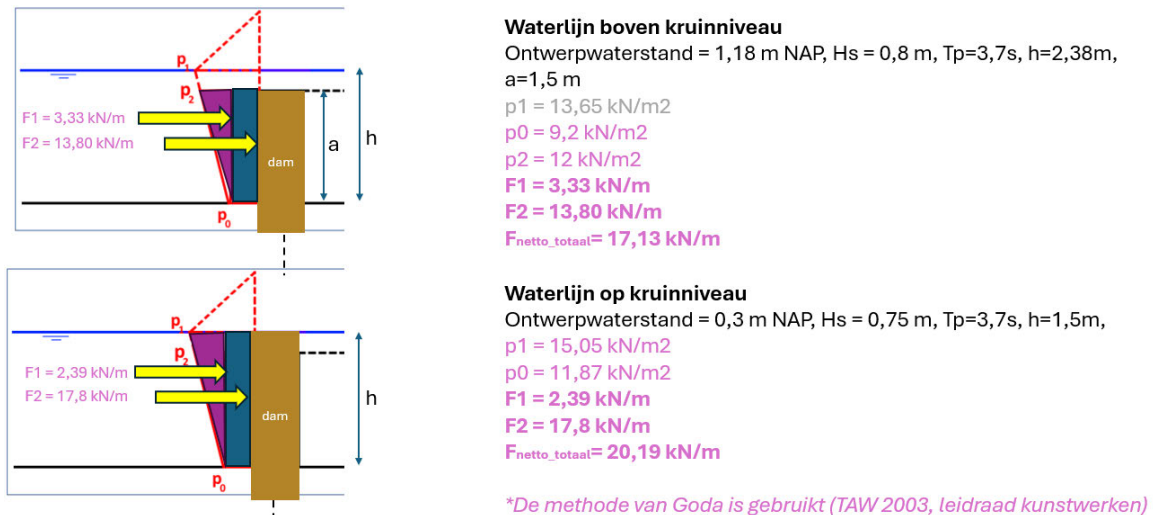
$p_0 = 6,14$ kN/m²

$F_1 = 8,12$ kN/m

$F_2 = 17,19$ kN/m

$F_{\text{netto}} = 25,31$ kN/m

Afbeelding 4.3 Visuele weergave van golfimpact krachtwerking op de dam (Zwarte Meer)



5 AANBEVELING VOOR VEILIGHEIDSFACTOR

De belasting is relatief zwaar berekend. De volgende aspecten dragen bij aan de relatief zware belastingen die zijn berekend:

- het feit dat eenzelfde golfhoogte is aangenomen bij een lagere ontwerpwaterstand (rond het kruinniveau van de rijshoutdam), dit is in fysisch opzicht goed mogelijk, maar het is de vraag of dit daadwerkelijk optreedt;
- het feit dat de gehanteerde hydraulische condities (overschrijdingskans van 1/100 per jaar) redelijk streng zijn;
- de beschouwde constructie valt buiten het toepassingsgebied van Goda's methode voor het berekenen van golfimpact op verticale kerende constructies. De beschouwde constructie is namelijk niet massief maar semi-doorlatend;
- er is in zeer beperkte mate experimentele data beschikbaar over golftransmissie bij rijshoutdammen. Empirische resultaten laten zien dat golftransmissie varieert van circa 90 % tot 15 %. Gezien de onzekerheid hierin, is dit niet meegenomen in de analyse. Ook is de toepasbaarheid onzeker aangezien het experiment (Albers et. al, 2013) een soortgelijke constructie beschouwde en geen constructie die exact gelijk is aan de voorziene rijshoutdamconstructie.

Gezien de resultaten is het advies is **om geen of zeer milde** veiligheidsfactoren te hanteren bij de geotechnische berekeningen. Dit vanwege het feit dat berekende golfkrachten de conservatieve kant zitten. Dat in de huidige memo een ander type constructie is gebruikt dan eigenlijk geldig is in het toepassingsgebied van Goda's methode (semi-doorlatend i.p.v. massief), zou terug moeten komen in de geotechnische ontwerpfilosofie (zoals bijvoorbeeld een R0-constructie).

6 REFERENTIES

- [ref. 1] TAW Leidraad Kunstwerken, 2003.
 [ref. 2] Handreiking voor het ontwerp van ontwerpwaterstanden en golfcondities, Deltares, 2015.
 [ref. 3] Wave transmission coefficient of bamboo fences under various hydrological conditions, Albers et. al, 2013.

