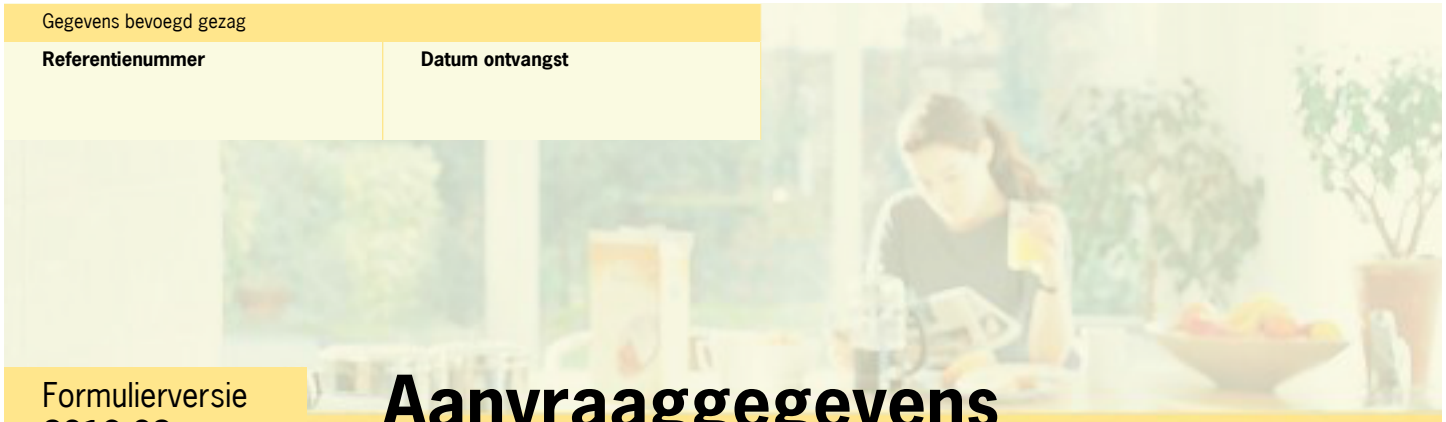
Gegevens bevoegd gezag

Referentienummer	**Datum ontvangst**



Formulierversie
2018.02

Aanvraaggegevens

Ingediende aanvraag/melding

Aanvraagnummer	4062721
Aanvraagnaam	LLS-ENS_DRTN_bouwen
Uw referentiecode	-
Ingediend op	03-12-2018
Soort procedure	Reguliere procedure
Projectomschrijving	Het opwaarderen van de verbinding LLS-ENS 380kV. De aanvraag heeft betrekking op het bouwkundig voor zover nodig aanpassen van de hoogspanningsmasten.
Opmerking	Voor een toelichting over het legesbedrag wordt verwezen naar bijlage 1. Vooroverleg heeft plaatsgevonden met
Gefaseerd	Nee
Blokkerende onderdelen weglaten	Nee
Persoonsgegevens openbaar maken	Nee
Kosten openbaar maken	Nee
Bijlagen die later komen	Zie bijlage 1
Bijlagen n.v.t. of al bekend	Zie bijlage 1

Bevoegd gezag

Naam:	Gemeente Dronten
Bezoekadres:	De Rede 1 8251 ER DRONTEN
Postadres:	Postbus 100 8250 AC DRONTEN
Telefoonnummer:	0321 - 388 307
E-mailadres:	gemeente@dronten.nl
Website:	www.dronten.nl
Bereikbaar op:	Op werkdagen tussen 09.00 uur en 12.00 uur

Overzicht bijgevoegde modulebladen

Aanvraaggegevens

Aanvragergegevens

Locatie van de werkzaamheden

Werkzaamheden en onderdelen

Overige veranderingen aan bestaande bouwwerken

- Bouwen

Bijlagen

Kosten



Formulierversie
2018.02

Aanvrager bedrijf

1 Bedrijf

KvK-nummer	09155985
Vestigingsnummer	000020300360
Statutaire naam	TenneT TSO B.V.
Handelsnaam	TenneT TSO

2 Contactpersoon

Geslacht	☑ Man ☐ Vrouw
Voorletters	
Voorvoegsels	-
Achternaam	
Functie	Adviseur

3 Vestigingsadres bedrijf

Postcode	6800AS
Huisnummer	718
Huisletter	-
Huisnummertoevoeging	-
Straatnaam	Postbus
Woonplaats	Arnhem

4 Correspondentieadres

Adres	Postbus 718
	6800AS Arnhem

5 Contactgegevens

Telefoonnummer	
Faxnummer	
E-mailadres	

6 Akkoordverklaring

Akkoordverklaring	☑ Hierbij verklaar ik dat ik de aanvraag/melding naar waarheid heb ingevuld, dat ik correspondentie over mijn aanvraag/melding wil ontvangen op het door mij opgegeven e-mailadres of op het door mij opgegeven adres van de berichtenbox en dat ik weet dat er kosten verbonden kunnen zijn aan het indienen van een aanvraag.



Formulierversie
2018.02

Locatie

1 Kadastraal perceelnummer

Burgerlijke gemeente	Dronten
Kadastrale gemeente	Dronten
Kadastrale sectie	H
Kadastraal perceelnummer	174
Bouwplannaam	-
Bouwnummer	-
Gelden de werkzaamheden in deze aanvraag/melding voor meerdere adressen of percelen?	☑ Ja ☐ Nee
Specificatie locatie	Een overzicht van de locaties is weergegeven in de bijlagen

2 Eigendomssituatie

Eigendomssituatie van het perceel	☐ U bent eigenaar van het perceel ☐ U bent erfpachter van het perceel ☐ U bent huurder van het perceel ☑ Anders
Uw belang bij deze aanvraag	De aanvraag heeft betrekking op reeds bestaande bouwwerken. TenneT heeft hiervoor een zakelijk recht overeenkomst met de eigenaren.

3 Toelichting

Eventuele toelichting op locatie	De locaties van de masten zijn weergeven in de bijlagen.



Formulierversie
2018.02

Bouwen

Overige veranderingen aan bestaande bouwwerken

1 Woonboten en drijvende objecten

Betreft het bouwwerk een drijvend object?	☐ Ja ☑ Nee

2 Woning

Gaat het om de bouw van één of meer woningen?	☐ Ja ☑ Nee

3 De bouwwerkzaamheden

Wat is er op het bouwwerk van toepassing?	☐ Het wordt geheel vervangen ☑ Het wordt gedeeltelijk vervangen ☐ Het wordt nieuw geplaatst
Eventuele toelichting	De werkzaamheden omvatten het vervangen van staalprofielen en bouten in de mast en indien nodig het aanpasssen van de fundering. Voor een nadere beschrijving wordt verwezen naar Bijlage 1: 'Toelichting bij aanvraag".
Hebt u voor deze bouwwerkzaamheden al eerder een vergunning aangevraagd?	☐ Ja ☑ Nee

4 Plaats van het bouwwerk

Waar gaat u bouwen?	Bijgebouw
Naam van het bijgebouw of bouwwerk	Hoogspanningsmasten

5 Seizoensgebonden en tijdelijke bouwwerken

Gaat het om een seizoensgebonden bouwwerk?	☐ Ja ☑ Nee
Gaat het om een tijdelijk bouwwerk?	☐ Ja ☑ Nee

6 Gebruik

Waar gebruikt u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor?	☐ Wonen ☑ Overige gebruiksfuncties
Geef aan waar u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor gebruikt.	Hoogspanningsverbinding / hoogspanningsmast
Waar gaat u het bouwwerk voor gebruiken?	☐ Wonen ☑ Overige gebruiksfuncties
Geef aan waar u het bouwwerk voor gaat gebruiken.	Hoogspanningsverbinding / hoogspanningsmast

7 Gebruiksfuncties

In onderstaande tabel staan in de eerste kolom mogelijke gebruiksfuncties die in een bouwwerk kunnen voorkomen. Vul voor alle gebruiksfuncties die voor u van toepassing zijn het aantal personen, de totale gebruiksoppervlakte en de totale vloeroppervlakte van het verblijfsgebied in m2 in hele getallen in.

Gebruiksfunctie	Aantal personen	Gebruiksoppervlakte (m2)	Verblijfsoppervlakte (m2)
Bijeenkomst			
Cel			
Gezondheidszorg			
Industrie			
Kantoor			
Logies			
Onderwijs			
Sport			
Winkel			
Overige gebruiksfuncties			

8 Uiterlijk bouwwerk/welstand

Beschrijf van de onderstaande onderdelen de materialen en kleuren die u voor het bouwwerk gebruikt. U mag het veld leeg laten als u materialen en kleuren in de bijlagen vermeldt

Onderdelen	Materiaal	Kleur
Gevels		
- Plint gebouw		
- Gevelbekleding		
- Borstweringen		
- Voegwerk		
Kozijnen		
- Ramen		
- Deuren		
- Luiken		
Balkonhekken		
Dakgoten en boeidelen		
Dakbedekking		

Vul hier overige onderdelen en bijbehorende materialen en kleuren in. -

9 Mondeling toelichten

Ik wil mijn bouwplan mondeling toelichten voor de welstandscommissie/ stadsbouwmeester.

- ☐ Ja
- ☑ Nee



Formulierversie
2018.02

Bijlagen

Formele bijlagen

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
Bijlage_2_trace_tekening-_pdf	Bijlage 2_trace tekening.pdf	Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken	2018-12-03	In behandeling
Bijlage_3_Mastenlijst_pdf	Bijlage 3_Mastenlijst.-pdf	Anders	2018-12-03	In behandeling
Bijlage_4_bestaande-_masten_pdf	Bijlage 4_bestaande masten.pdf	Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken	2018-12-03	In behandeling
Bijlage_5_Principe_-fundaties_pdf	Bijlage 5_Principe fundaties.pdf	Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken	2018-12-03	In behandeling
Bijlage_6_Drtn_arch-_bureaustudie2015_pdf	Bijlage 6_Drtn_arch_bu-reaustudie2015.pdf	Anders	2018-12-03	In behandeling
Bijlage_7_Drtn_arch-_bureaustudie2017_pdf	Bijlage 7_Drtn_arch_bu-reaustudie2017.pdf	Anders	2018-12-03	In behandeling
Bijlage_8_ecol_werk-protocollen_pdf	Bijlage 8_ecol_werkprotocol-len.pdf	Anders	2018-12-03	In behandeling
Bijlage_1_Begeleide-nd_schrijven_pdf	Bijlage 1_Begeleidend schrijven.pdf	Anders	2018-12-03	In behandeling



Formulierversie
2018.02

Kosten

Bouwen

Overige veranderingen aan bestaande bouwwerken

Wat zijn de geschatte kosten in euro's (exclusief BTW)?

Projectkosten

Wat zijn de geschatte kosten voor het totale project in euro's (exclusief BTW)?

Bijlagenoverzicht

nummer	Titel
1	Bijlage 1 Begeleidend schrijven
2	Bijlage 2 Tracé tekening
3	Bijlage 3 Mastenlijst
4	Bijlage 4 Bestaande masten
5	Bijlage 5 Principe fundaties
6	Bijlage 6 Archeologische bureaustudie2015
7	Bijlage 7 Archeologische bureaustudie 2017
8	Bijlage 8 Ecologische werkprotocollen

Bijlagenoverzicht

nummer	Titel
1	Bijlage 1 Begeleidend schrijven
2	Bijlage 2 Tracé tekening
3	Bijlage 3 Mastenlijst
4	Bijlage 4 Bestaande masten
5	Bijlage 5 Principe fundaties
6	Bijlage 6 Archeologische bureaustudie2015
7	Bijlage 7 Archeologische bureaustudie 2017
8	Bijlage 8 Ecologische werkprotocollen

CLASSIFICATIE	C1: Public Information
DATUM	29 november 2018
BIJLAGE	1
BIJLAGE BEHORENDE BIJ	OLO aanvraag nummers 4067787 (Lelystad), 4062721 (Dronten), 3909005 (Noordoostpolder)
PAGINA	

Bijlage 1: Begeleidend schrijven aanvraag omgevingsvergunning Lelystad-Ens

1. Achtergrond

Om in de toekomst meer elektriciteit te kunnen transporteren is het noodzakelijk om naast de nieuwbouw van verbindingen bestaande hoogspanningsverbindingen aan te passen zodat er een grotere transportcapaciteit mogelijk wordt gemaakt. Om die reden is TenneT voornemens de bestaande landelijke 380 kV ring, de 'ruggengraad' van het landelijk hoogspanningsnet, op te waarderen. Binnen het betreffende programma valt ook het deelproject Opwaardering 380 kV-verbinding Lelystad – Ens (LLS-ENS).
Het project voor het opwaarderen van de 380kV ring, inclusief de hieronder vallende deelprojecten vallen onder de Rijkscoördinatieregeling.

2. Werkzaamheden

Voor de opwaardering van de bestaande 380 kV verbinding LLS-Ens moeten diverse werkzaamheden worden uitgevoerd. In de basis betreft dit het ophangen van nieuwe geleiders met een hogere capaciteit dan de huidige geleiders. De nieuwe geleiders kunnen meer stroom transporteren doordat ze hogere temperaturen kunnen weerstaan zonder te ver door te gaan hangen. De huidige hoogspanningsverbinding is bovendien inmiddels bijna 50 jaar oud. Om deze reden worden ook andere onderdelen, zoals de isolatorkettingen en bliksemdraden als levensduur verlengende activiteit vervangen. In het kader van deze -niet omgevingsvergunningplichtige werkzaamheden - worden ook de hoogspanningsmasten en de mastfunderingen opnieuw constructief beschouwd.

Deze aanvraag omgevingsvergunning, onderdeel bouwen, heeft betrekking op het constructief aanpassen van het mastlichaam en de fundering. Hieronder worden deze werkzaamheden toegelicht.

2.1 Aanpassingen mastlichaam

Per masttype zal specifiek een constructieve controle worden uitgevoerd. Op basis hiervan blijkt of- en in welke mast de aanpassingen moeten plaatsvinden. Hiervan wordt vervolgens per masttype een detailontwerp gemaakt van de aanpassingen. Deze specifieke ontwerpen maken nog geen deel uit van de aanvraag maar worden uiterlijk 8 weken voor start van de werkzaamheden verstrekt. Zie hiervoor ook paragraaf 4.1 "uitgestelde gegevens verstrekking".
Bij de aanvraag zijn in bijlage 4 de mastbeelden gevoegd van de negen voorkomende masttypen. In het detailontwerp zal exact worden aangegeven welke delen per mast gewijzigd worden.
Nadat alle werkzaamheden zijn uitgevoerd worden de masten geheel opnieuw geschilderd in de bestaande kleur.
De aanpassingen van het mastlichaam kunnen op hoofdlijnen bestaan uit onderstaande werkzaamheden waarbij de hoofdopzet en de uitstraling van de masten niet wijzigt.

- Bouten vervangen
- Mastprofielen uitwisselen en/of toevoegen

2.2 Aanpassingen fundering

Naast het aanpassen van de mastlichamen kan ook het aanpassen van de fundering aan de orde zijn. Per mast zal specifiek een constructieve controle worden uitgevoerd. Op basis hiervan blijkt óf en hoe de aanpassingen moeten plaatsvinden. Hiervan wordt vervolgens een detailontwerp gemaakt van de aanpassingen. Deze specifieke ontwerpen maken nog geen deel uit van de aanvraag maar worden uiterlijk 8 weken voor start van de werkzaamheden verstrekt. Zie hiervoor ook paragraaf 4.1 "uitgestelde gegevens verstrekking". Wel worden bij deze aanvraag in bijlage 5 een aantal principeoplossingen weergegeven voor het aanpassen van de fundering.
De aanpassingen van de funderingen kunnen op hoofdlijnen bestaan uit onderstaande werkzaamheden.

- Bijplaatsen van palen
- Bestaande betonnen fundering aanpassen
- Nieuwe betonnen fundering realiseren

3. Werkproces en overige vergunningen

Voor het feitelijk uitvoeren van de werkzaamheden zullen nog diverse andere vergunningen en meldingen benodigd zijn. Te denken is hierbij aan kruisingen met wegen en waterwegen, bemaling, uitritten etc. Voor deze aanvragen of meldingen zijn veel details nodig die door de aannemer worden uitgewerkt. Het aanvragen van deze vergunningen/meldingen zal daarom door de aannemer worden gedaan.
Met de grondeigenaren waarop de masten staan heeft TenneT overeenkomsten. De werkzaamheden worden in nauw overleg met alle rechthebbenden uitgevoerd.

4. Wettelijk kader ten aanzien van een MER

De aanleg, wijziging of uitbreiding van een bovengrondse hoogspanningsleiding is in het Besluit m.e.r. (bijlage C opgenomen onder C24). Daarin staat dat het een m.e.r.-plichtige activiteit is wanneer de aanleg, wijziging of uitbreiding betrekking heeft op een leiding met:

- een spanning van 220 kilovolt of meer, en
- een lengte van 15 kilometer of meer.

Bovengenoemde m.e.r.-plicht geldt bij bestemmings- en inpassingsplannen en voor omgevingsvergunningen voor afwijken bestemmingsplan. De onderhavige werkzaamheden vinden plaats aan de bestaande masten zonder dat deze wijzigen. De werkzaamheden passen binnen de vigerende bestemmingsplannen. Er is daarom geen sprake van strijdig gebruik, het wijzigingen van een bestemmingplan of een inpassingplan. Een m.e.r.-plicht is daarom niet aan de orde.

5. Aanvraag en Bijlagen

Bij deze aanvraag zijn, naast dit begeleidend schrijven, de volgende bijlagen gevoegd:

2. Tracétekening bestaande verbinding
3. Mastenlijst
4. Bestaande masten
5. Principe opzet funderingen
6. Archeologisch bureauonderzoek 2015 (gemeente-specifiek)
7. Archeologisch bureauonderzoek 2017 (gemeente-specifiek)
8. Ecologische werkprotocollen met toelichtende notitie

5.1 Uitgestelde gegevensverstrekking

Zoals aangegeven is de detailengineering van de individuele masten en funderingen nog niet gereed. Onder verwijzing naar artikel 2.7 van de Regeling omgevingsrecht (Mor) verzoeken wij u om in uw besluit te bepalen dat de in artikel 2.7 lid 1 en 3 Mor bedoelde gegevens uiterlijk 8 weken voorafgaand aan de start van de werkzaamheden van de mastaanpassing of fundering, ter goedkeuring zullen worden aangeleverd. Hieronder wordt in ieder geval verstaan:

- Per masttype: (indien van toepassing voor die mast) Definitief ontwerp aanpassing mastlichaam met detailleringen en inclusief alle constructieve berekeningen.
- Per mast: (indien van toepassing voor die mast) Detailontwerp van de fundering inclusief detailleringen, alle constructieve berekeningen, sonderingen en een definitief palenplan.
- Een bouwveiligheidsplan.

5.2 Omgevingsveiligheid

Aannemers worden contractueel verplicht te werken volgens de veiligheidsvoorschriften van TenneT, te weten :

- "General SHE requirements for contractors, referentie SSC 15-037"

- "Operational SHE requirements for contractors – Onshore NL, referentie SSC 16-004" (https://www.tennet.eu/nl/bedrijf/safety-bij-tennet/safety-publicaties/)

Het bouwveiligheidsplan zal conform hoofdstuk 8 van het Bouwbesluit en de template van Bouwend Nederland worden opgesteld door de aannemer en uiterlijk 8 weken voorafgaand aan de realisatie worden ingediend.

5.3 Archeologie

Ter plaatse van de werkzaamheden heeft archeologisch onderzoek plaatsgevonden. De aanvraag zal ter informatie worden voorzien van de betreffende archeologische onderzoeken. Dit onderzoek is bestaat uit bureauonderzoeken van 2015 en 2017s waarbij het onderzoek van 2017 is aangevuld met de resultaten van karterende booronderzoeken welke op basis van het rapport van 2015 zijn geadviseerd.
De uitgangspunten van beide rapporten (verstoringsdiepte) komen niet meer overeen met de huidige scope maar geven voldoende informatie om op basis van de huidige uitgangspunten een beoordeling te kunnen maken.
Voor de mastlocatie zal de ontgraving beperkt van omvang zijn en niet dieper zijn dan op basis van het funderingsontwerp beoogde diepte (bijlage 5). In de meeste gevallen zal de ontgraving zich tot 0,8m-mv beperken. Bij enkele specifieke masten kan dit dieper zijn. Zoals ook in paragraaf 2.2. is aangegeven moet op basis van definitieve berekeningen nog bepaald worden bij welke masten de funderingen worden aangepast. Na de conclusies van de onderzoeken hoeft echter nog maar bij een enkele mast nader karterend onderzoeken te worden uitgevoerd. Dit zal TenneT (laten) uitvoeren in afstemming met de gemeentelijke archeoloog.
Ten aanzien van de bouwwegen en werkterreinen zal afwijkend van de uitgangspunten in de onderzoeken een bouwweg worden toegepast welke bestaand uit een zandpakket op doek met hierop rijplaten. De opgedane cultuurtechnische ervaringen hiermee zijn dusdanig dat hierna geen herstel door diepploegen of diep spitten nodig zijn. In de praktijk wordt de grond na het opruimen van de bouwweg slechts geëgaliseerd. TenneT zal nader archeologisch onderzoek (laten) uitvoeren ten behoeve van het kunnen uitvoeren van herstelwerkzaamheden tot maximaal 40cm-mv.

5.4 Flora- en fauna

Ten behoeve van de werkzaamheden heeft ecologisch onderzoek plaatsgevonden naar de gevolgen voor flora- en fauna. Geconcludeerd is dat met het werken op basis van de gedragscode flora- en fauna van TenneT, aangevuld met werkprotocollen er geen bepalingen uit de Wet natuurbescherming worden overtreden. De werkprotocollen en een hierbij behorende notitie zijn ter informatie bij de aanvraag gevoegd.

5.5 Leges

Een inschatting van de bouwsom t.b.v. de legesbepaling is nog niet te geven. Deze zal zo spoedig mogelijk worden verstrekt.

6. Rijkcoördinatieregeling

Ten aanzien van uw besluit op deze aanvraag ingevolge artikel 2.1 van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht is op grond van artikel 20c Elektriciteitswet j° artikel 2 lid 1 onder a Uitvoeringsbesluit Rijkscoördinatieregeling energie-infrastructuurprojecten de Rijkscoördinatieregeling uit de Wet op de ruimtelijke ordening van toepassing (artikel 3.35). Hierbij is de minister van Economische Zaken de aangewezen minister voor de coördinatie.
In verband daarmee heeft de minister van Economische Zaken ons gevraagd het volgende op te nemen in deze aanvraag:

1. Ingevolge de Rijkscoördinatieregeling dient u een kopie van onderhavige aanvraag te verzenden aan de minister van Economische Zaken. TenneT zal er echter voor zorgen dat de minister van Economische Zaken een exemplaar van deze aanvraag ontvangt. U hoeft dus geen exemplaar door te sturen.
2. In reactie op deze kopie van de aanvraag zal de minister u per brief melden wanneer van u verwacht wordt een ontwerpbesluit gereed te hebben.
3. U wordt verzocht het ontwerpbesluit en later ook het besluit aan de minister van Economische Zaken te verzenden. Deze zal het besluit doorzenden naar TenneT.

7. Correspondentie

Wij verzoeken u alle inhoudelijke correspondentie met betrekking tot deze aanvraag te richten aan:

Wij verzoeken u het ontwerpbesluit en het besluit te richten aan:

Ministerie van Economische Zaken
T.a.v. Bureau Energieprojecten
Postbus 93144
2509 AC Den Haag

Voor procedurele vragen verzoeken wij u contact op te nemen met Bureau Energieprojecten, telefoon 070 379 8979.

Bijlagenoverzicht

nummer	Titel
1	Bijlage 1 Begeleidend schrijven
2	Bijlage 2 Tracé tekening
3	Bijlage 3 Mastenlijst
4	Bijlage 4 Bestaande masten
5	Bijlage 5 Principe fundaties
6	Bijlage 6 Archeologische bureaustudie2015
7	Bijlage 7 Archeologische bureaustudie 2017
8	Bijlage 8 Ecologische werkprotocollen

Legenda

Enkele ophanging	Eind-/hoekmast	Telecomsite (aantal providers)	Vogelwering (circuitkleur)
Halfverankering	Steunmast	Wegkruising	Markeringsbollen (circuitkleur)
V-ophanging	OPGW koppelkast grond - lucht	Waterkruising	Fixeerketting (fasen ondertraverse buitenbocht bij masten, alle fasen bij portalen)
Dubbele afspanning	OPGW koppelkast lucht - lucht	Spoorkruising	

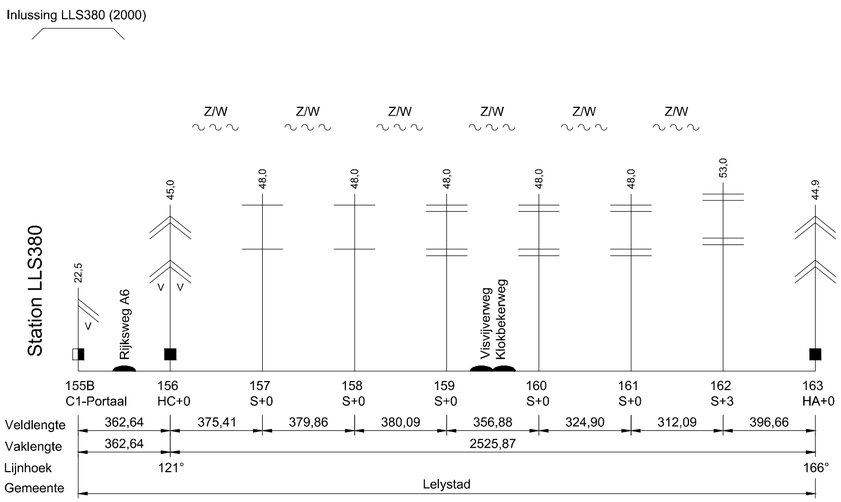
Opmerkingen

- Topografie is van 2014/2015

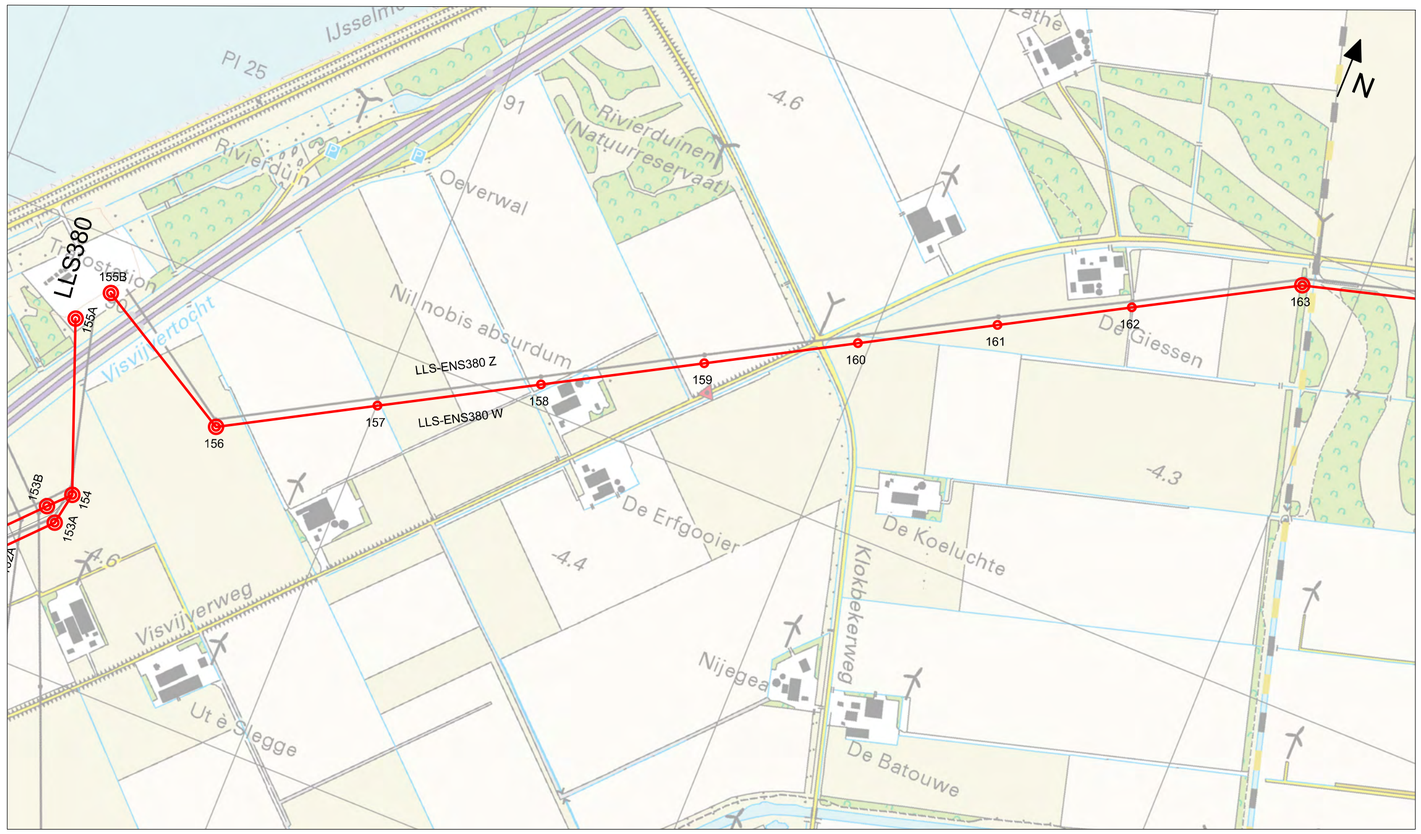
Overzicht lijn



Spanveldenschema



Topografisch overzicht



LLS-ENS380	380 kV lijn Lelystad - Ens				
Rev.	Datum	Wijziging	Getekend:	Datum:	Schaal:	Formaat:
D	09-10-17	Diverse aanpassingen	Alex Smallegoor	27-12-16		A3
Assetcode:		Relatie:	Vakgebied:	Verbindingen		
			Object			
			Soort tekening:	Overzicht		
		Omschrijving:				
		OVERZICHT EN SPANVELDEN Lijndeel: LLS380 - Mast 163				
TenneT Taking power further		DDM nummer:	Map:	Tekeningnummer:	Blad:	
				002.800.40 0529191	1	

Legenda

Enkele ophanging	Eind-/hoekmast	Telecomsite (aantal providers)	Vogelwering (circuitkleur)
Halfverankering	Steunmast	Wegkruising	Markeringsbollen (circuitkleur)
V-ophanging	OPGW koppelkast grond - lucht	Waterkruising	Fixeerketting (fasen ondertraverse buitenbocht bij masten, alle fasen bij portalen)
Dubbele afspanning	OPGW koppelkast lucht - lucht	Spoorkruising	

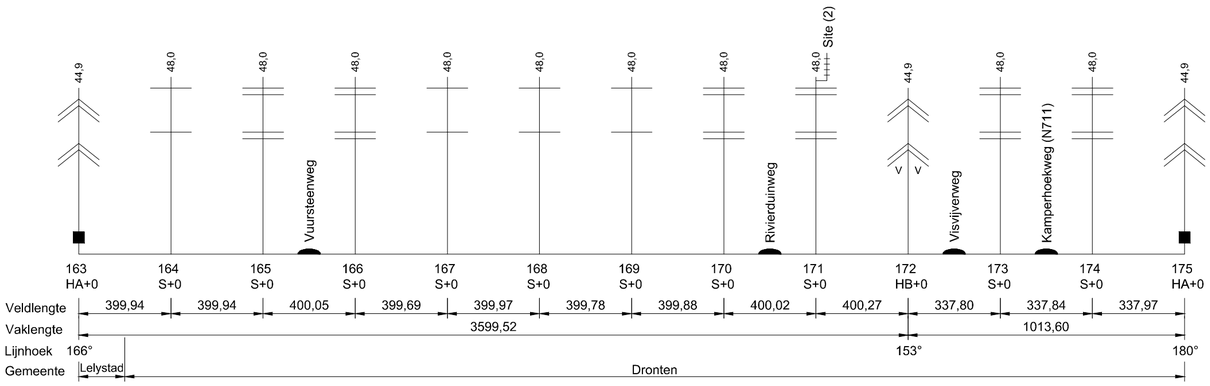
Opmerkingen

- Topografie is van 2014/2015

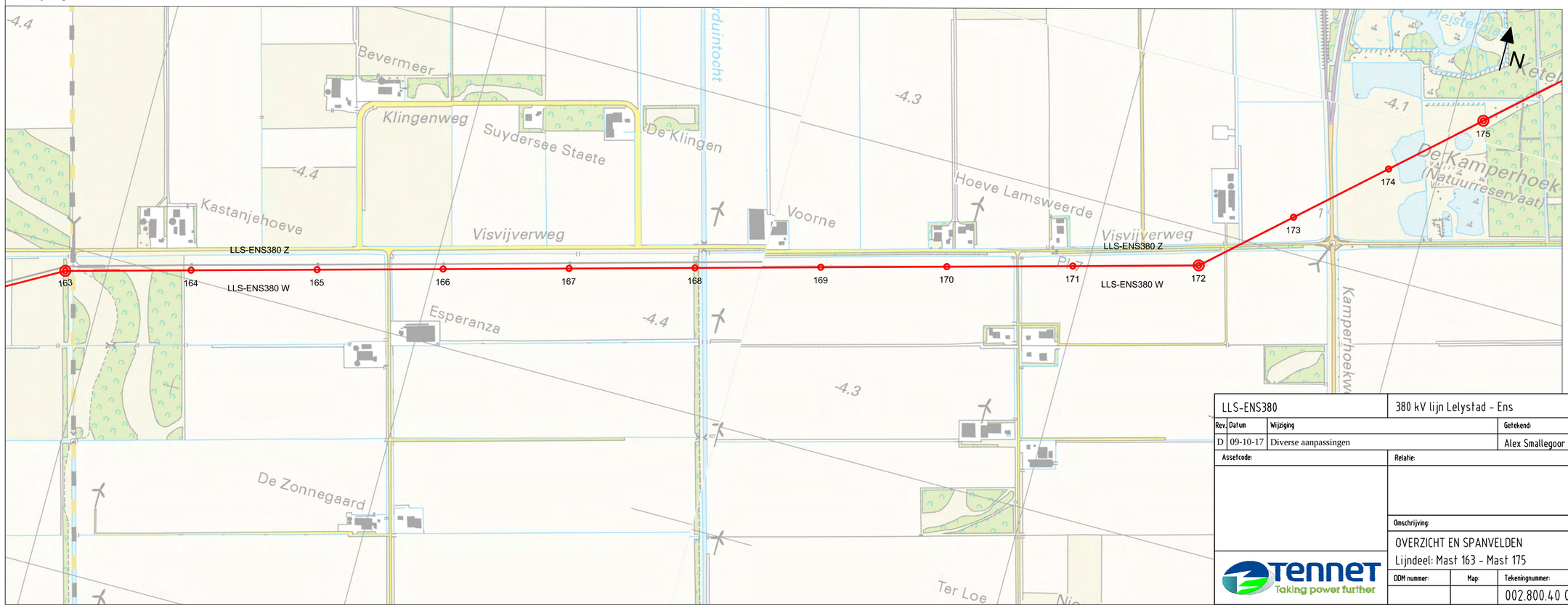
Overzicht lijn



Spanveldenschema



Topografisch overzicht



LLS-ENS380	380 kV lijn Lelystad - Ens				
Rev.	Datum	Wijziging	Getekend:	Datum:	Schaal:	Formaat:
D	09-10-17	Diverse aanpassingen	Alex Smallegoor	27-12-16		A3
Assetcode:		Relatie:	Vakgebied:	Verbindingen		
			Object			
			Soort tekening:	Overzicht		
Omschrijving:						
OVERZICHT EN SPANVELDEN Lijndeel: Mast 163 - Mast 175						
DDM nummer:	Map:	Tekeningnummer:			Blad:	
		002.800.40 0529191			2	

TenneT Taking power further

Legenda

Enkele ophanging	Eind-/hoekmast	Telecomsite (aantal providers)	Vogelwering (circuitkleur)
Halfverankering	Steunmast	Wegkruising	Markeringsbollen (circuitkleur)
V-ophanging	OPGW koppelkast grond - lucht	Waterkruising	Fixeerketting (fasen ondertraverse buitenbocht bij masten, alle fasen bij portalen)
Dubbele afspanning	OPGW koppelkast lucht - lucht	Spoorkruising	

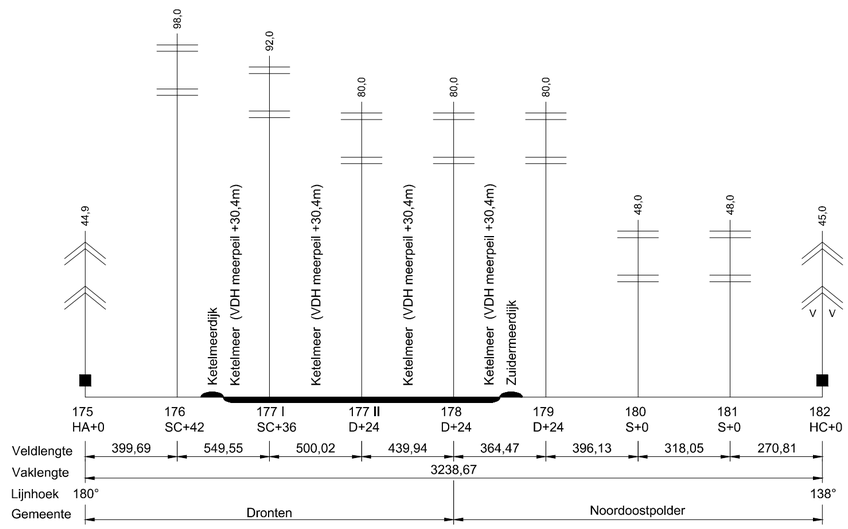
Opmerkingen

- Topografie is van 2014/2015

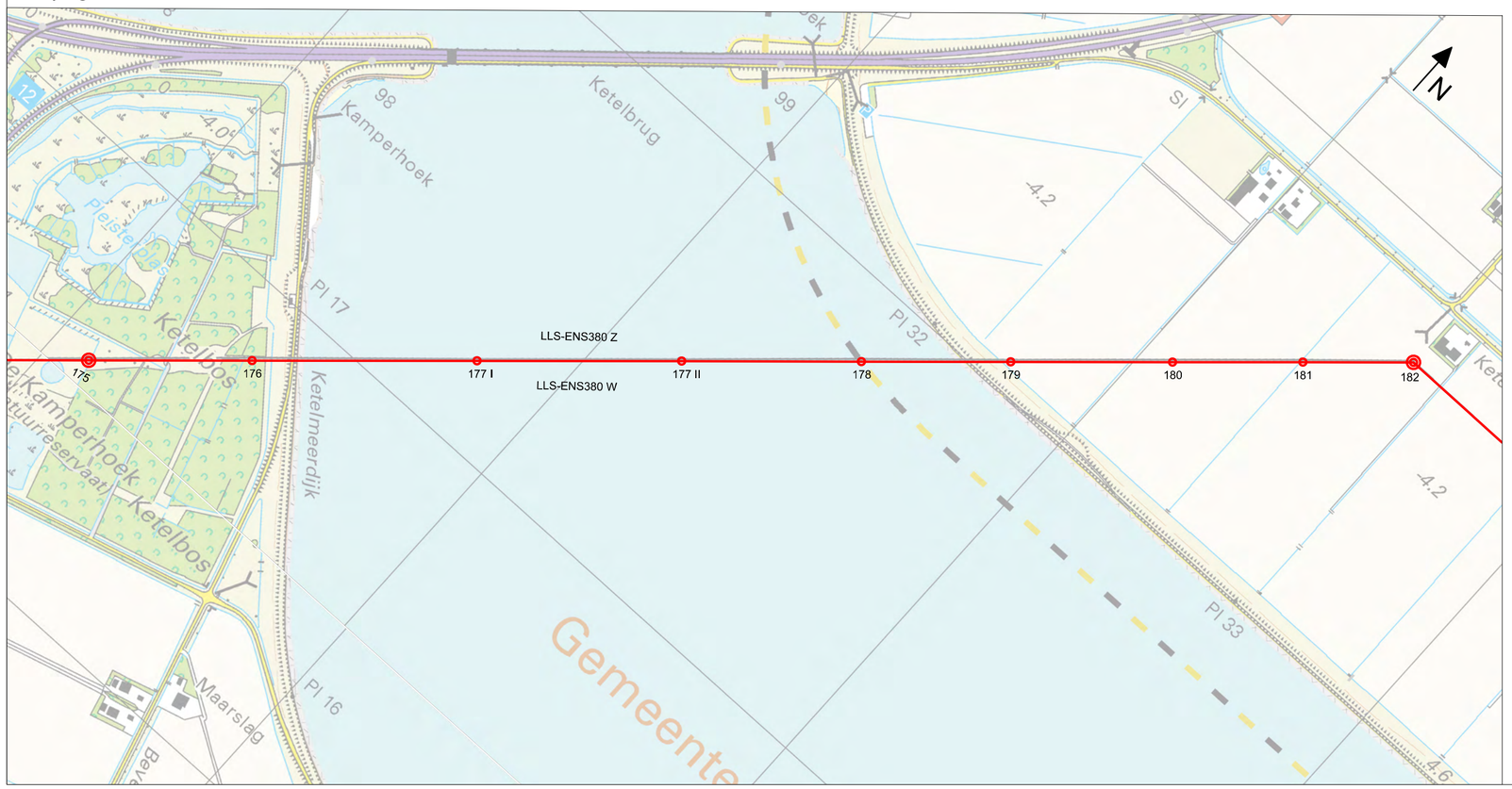
Overzicht lijn



Spanveldenschema



Topografisch overzicht



LLS-ENS380	380 kV lijn Lelystad - Ens					
Rev.	Datum	Wijziging	Getekend:	Datum:	Schaal:	Formaat:
D	09-10-17	Diverse aanpassingen	Alex Smallegoor	27-12-16		A3
Assetcode:		Relatie:	Vakgebied:	Verbindingen		
			Object			
			Soort tekening:	Overzicht		
Omschrijving:						
OVERZICHT EN SPANVELDEN Lijndeel: Mast 175 - Mast 182						
DDM nummer:		Map:	Tekeningnummer:			Blad:
			002.800.40 0529191			3

TenneT Taking power further

Legenda

Enkele ophanging	Eind-/hoekmast	Telecomsite (aantal providers)	Vogelwering (circuitkleur)
Halfverankering	Steunmast	Wegkruising	Markeringsbollen (circuitkleur)
V-ophanging	OPGW koppelkast grond - lucht	Waterkruising	Fixeerketting (fasen ondertraverse buitenbocht bij masten, alle fasen bij portalen)
Dubbele afspanning	OPGW koppelkast lucht - lucht	Spoorkruising	

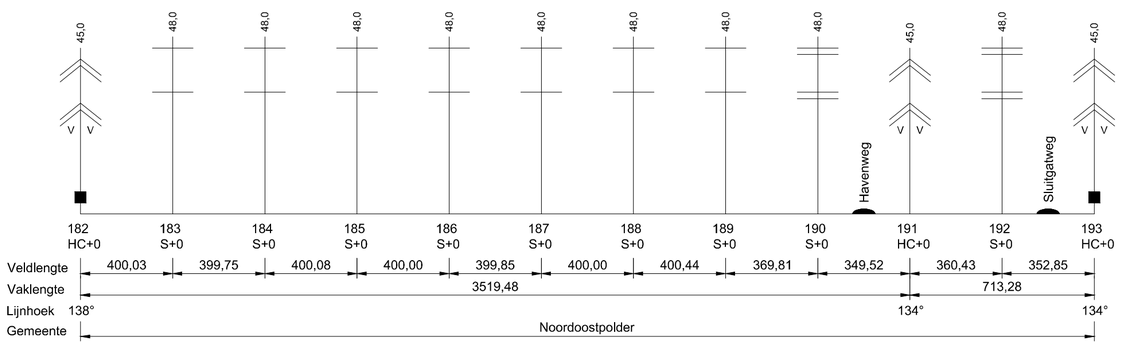
Opmerkingen

- Topografie is van 2014/2015

Overzicht lijn



Spanveldenschema



Topografisch overzicht



LLS-ENS380	380 kV lijn Lelystad - Ens				
Rev. Datum	Wijziging	Getekend:	Datum:	Schaal:	Formaat:
D 09-10-17	Diverse aanpassingen	Alex Smallegoor	27-12-16		A3
Assetcode:	Relatie:	Vakgebied:	Verbindingen		
		Object			
		Soort tekening:	Overzicht		
	Omschrijving:	OVERZICHT EN SPANVELDEN Lijndeel: Mast 182 - Mast 193			
	DDM nummer:	Map:	Tekeningnummer: 002.800.40 0529191		Blad: 4

TenneT Taking power further

Legenda

Enkele ophanging	Eind-/hoekmast	Telecomsite (aantal providers)	Vogelwering (circuitkleur)
Halfverankering	Steunmast	Wegkruising	Markeringsbollen (circuitkleur)
V-ophanging	OPGW koppelkast grond - lucht	Waterkruising	Fixeerketting (fasen ondertraverse buitenbocht bij masten, alle fasen bij portalen)
Dubbele afspanning	OPGW koppelkast lucht - lucht	Spoorkruising	

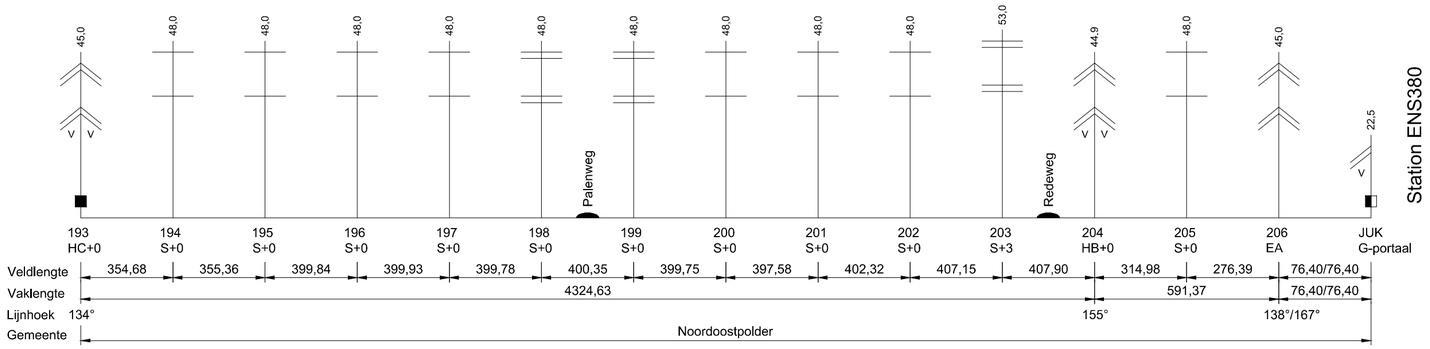
Opmerkingen

- Topografie is van 2014/2015

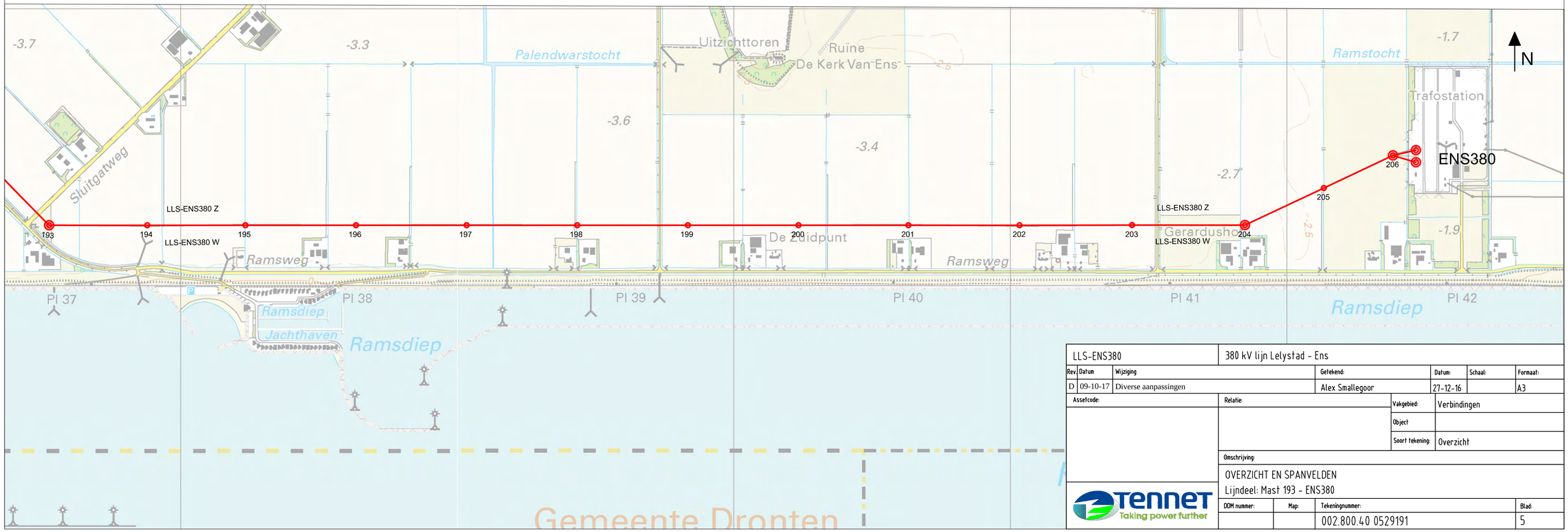
Overzicht lijn



Spanveldenschema



Topografisch overzicht



LLS-ENS380	380 kV lijn Lelystad - Ens				
Rev.	Datum	Wijziging	Getekend:	Datum:	Schaal:	Formaat:
D	09-10-17	Diverse aanpassingen	Alex Smallegoor	27-12-16		A3
Assetcode:		Relatie:	Vakgebied:	Verbindingen		
			Object			
			Soort tekening:	Overzicht		
Omschrijving:						
OVERZICHT EN SPANVELDEN Lijndeel: Mast 193 - ENS380						
DDM nummer:	Map:	Tekeningnummer:			Blad:	
		002.800.40 0529191			5	

TenneT Taking power further

Bijlagenoverzicht

nummer	Titel
1	Bijlage 1 Begeleidend schrijven
2	Bijlage 2 Tracé tekening
3	Bijlage 3 Mastenlijst
4	Bijlage 4 Bestaande masten
5	Bijlage 5 Principe fundaties
6	Bijlage 6 Archeologische bureaustudie2015
7	Bijlage 7 Archeologische bureaustudie 2017
8	Bijlage 8 Ecologische werkprotocollen

CLASSIFICATIE	C1: Public Information
DATUM	19 september 2018
BIJLAGE	3
BIJLAGE BEHORENDE BIJ	OLO aanvraag <nummer>
PAGINA	

Bijlage 3: Mastenlijst

mastnummer	masttype
Portaal LLS	
156	HC+0
157	S+0
158	S+0
159	S+0
160	S+0
161	S+0
162	S+3
163	HA+0
164	S+0
165	S+0
166	S+0
167	S+0
168	S+0
169	S+0
170	S+0
171	S+0
172	HB+0
173	S+0
174	S+0
175	HA+0
176	SC+42
177I	SC+36
177II	D+24
178	D+24
179	D+24
180	S+0
181	S+0
182	HC+0
183	S+0
184	S+0

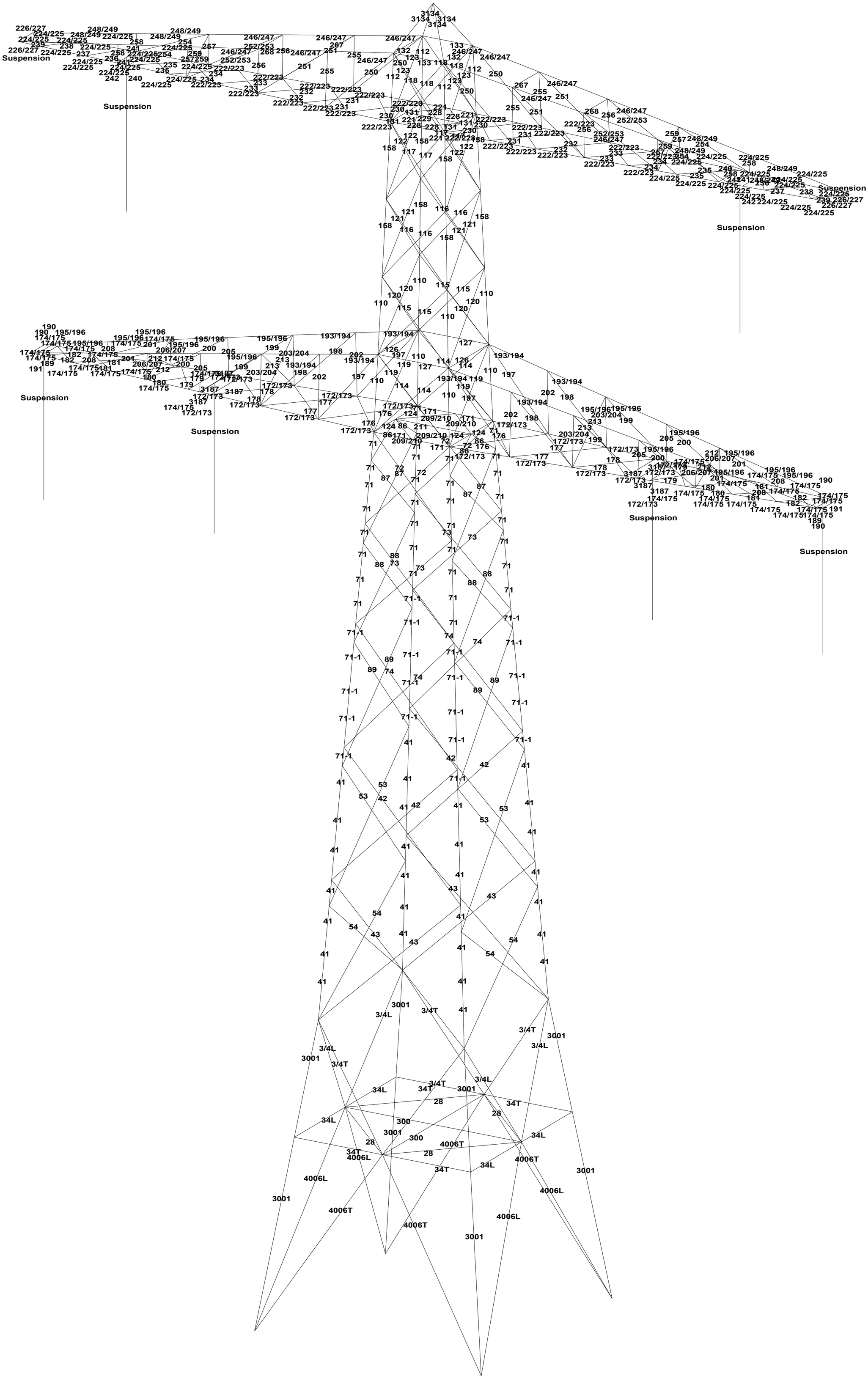
185	S+0
186	S+0
187	S+0
188	S+0
189	S+0
190	S+0
191	HC+0
192	S+0
193	HC+0
194	S+0
195	S+0
196	S+0
197	S+0
198	S+0
199	S+0
200	S+0
201	S+0
202	S+0
203	S+3
204	HB+0
205	S+0
206	EA+0
Portaal ENS	

Bijlagenoverzicht

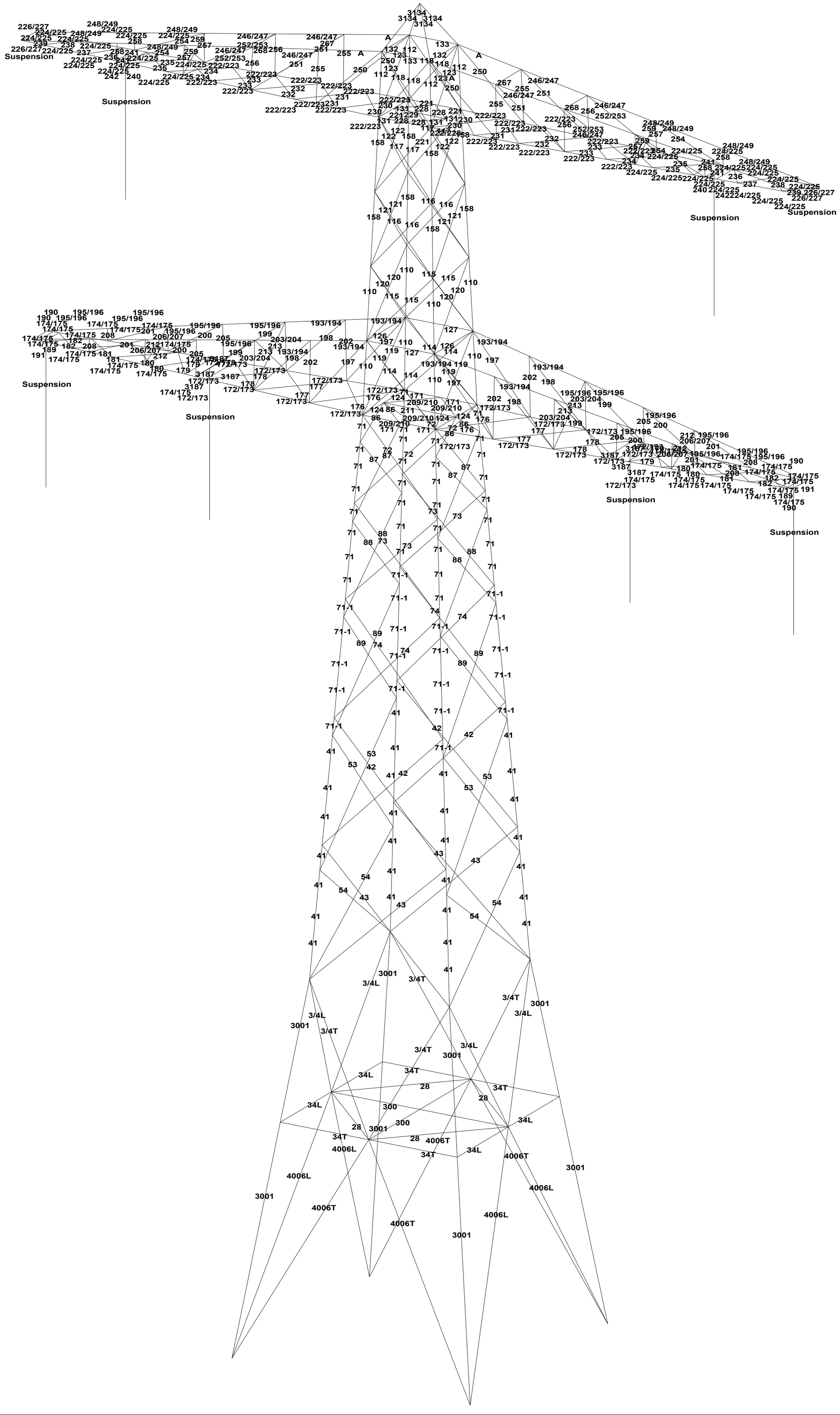
nummer	Titel
1	Bijlage 1 Begeleidend schrijven
2	Bijlage 2 Tracé tekening
3	Bijlage 3 Mastenlijst
4	Bijlage 4 Bestaande masten
5	Bijlage 5 Principe fundaties
6	Bijlage 6 Archeologische bureaustudie2015
7	Bijlage 7 Archeologische bureaustudie 2017
8	Bijlage 8 Ecologische werkprotocollen

Bijlage 4: bestaande masten

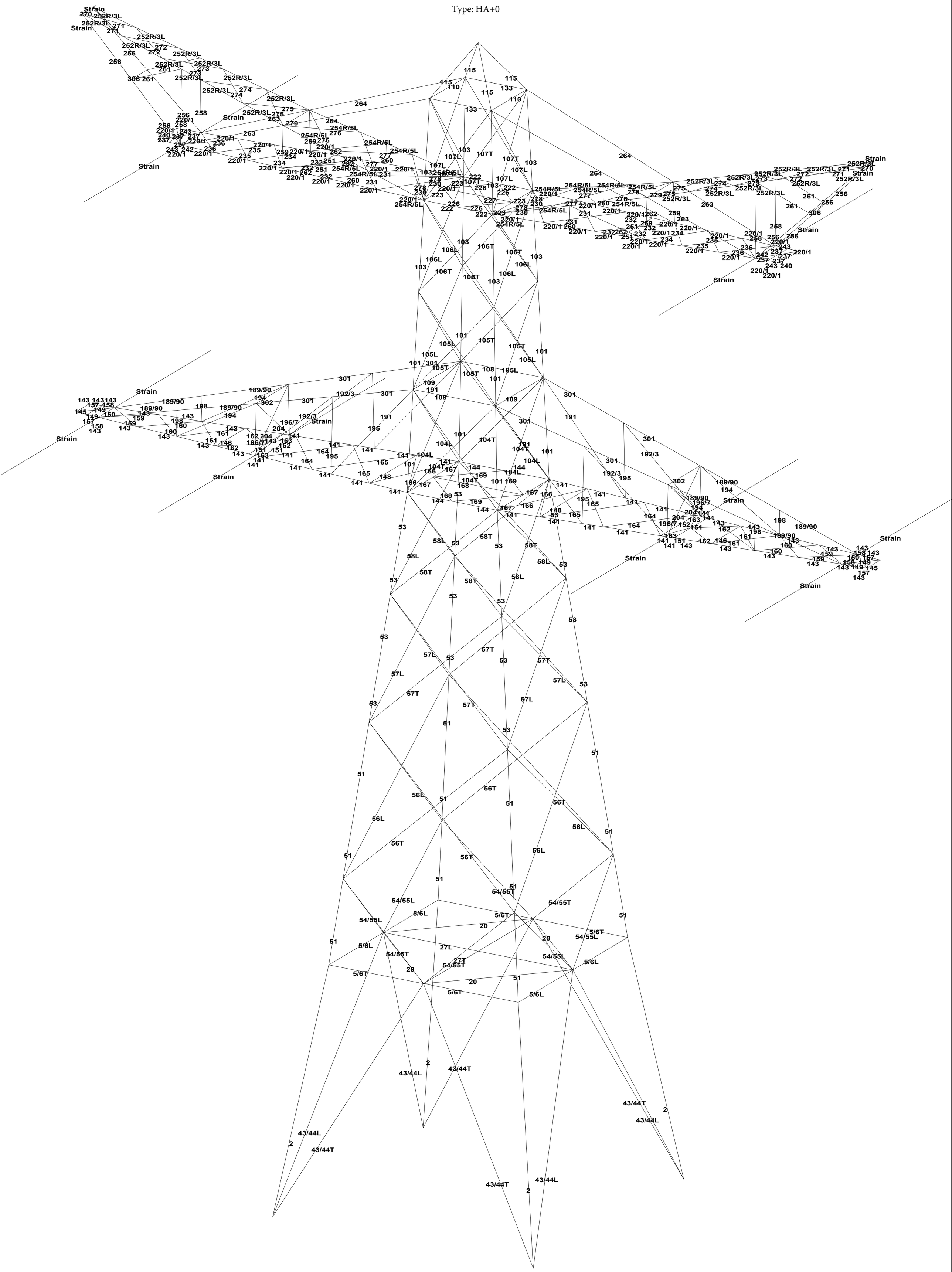
Type S+0



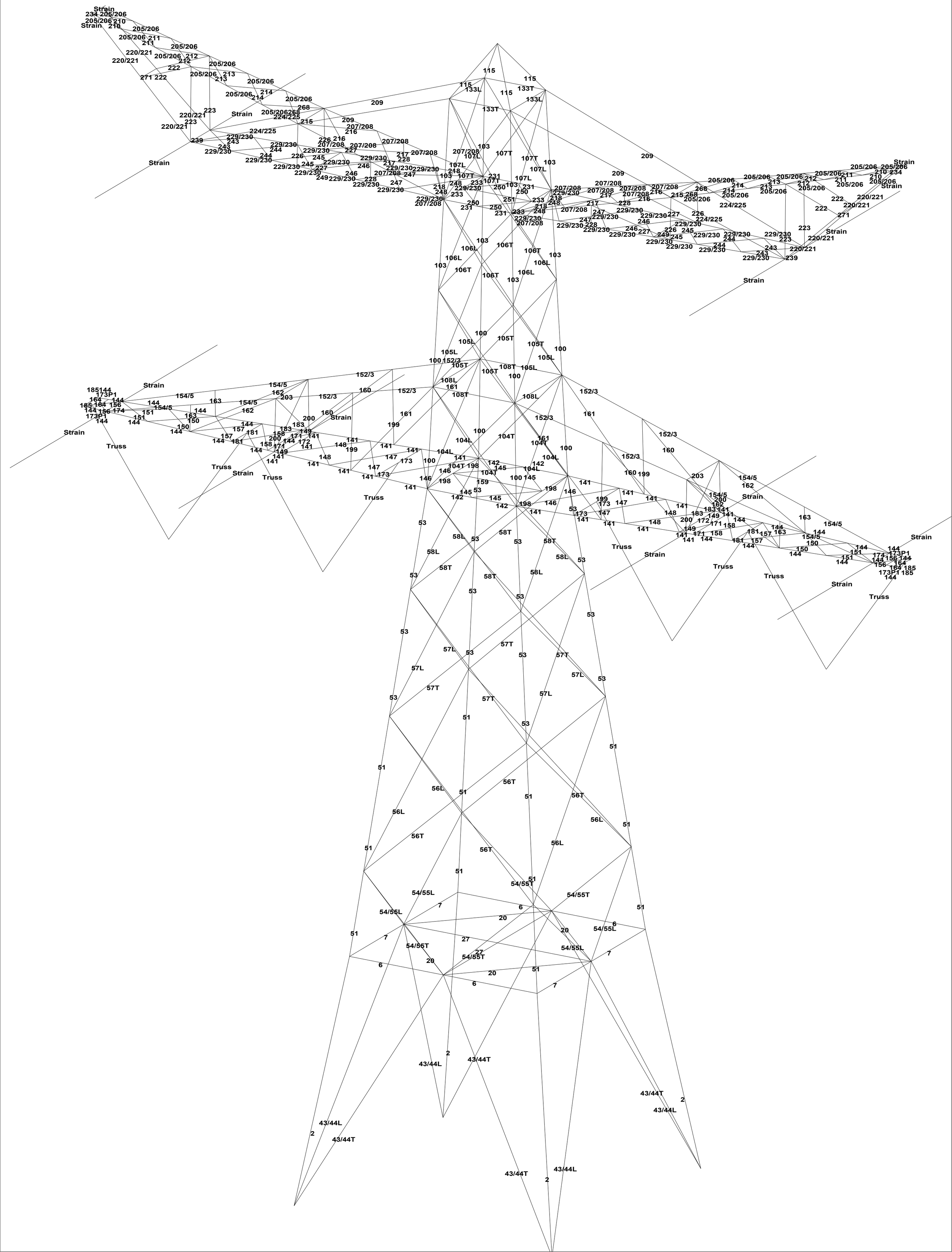
Type: S+3


Suspension
Suspension
Suspension
Suspension
Suspension

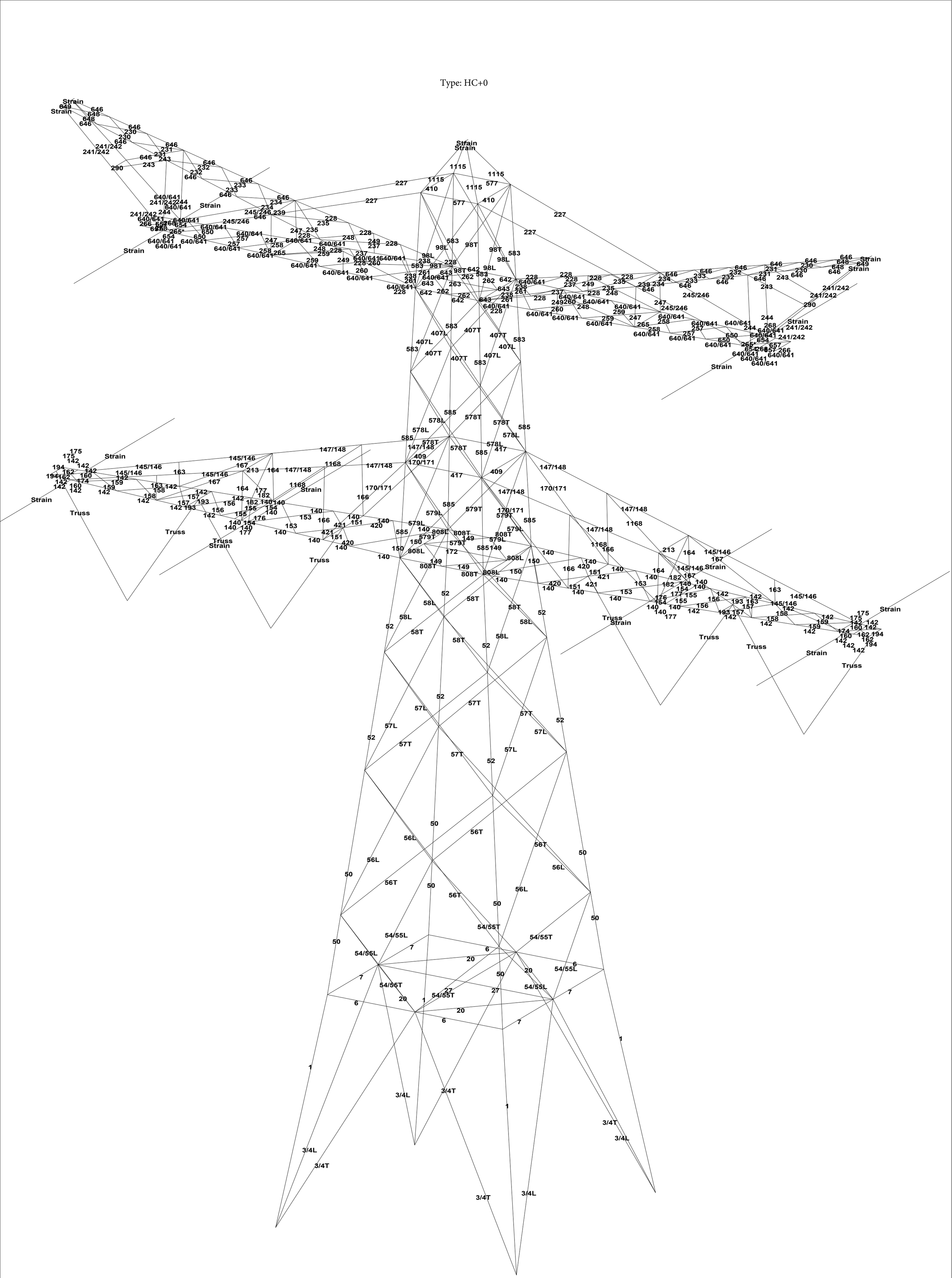
Type: HA+0



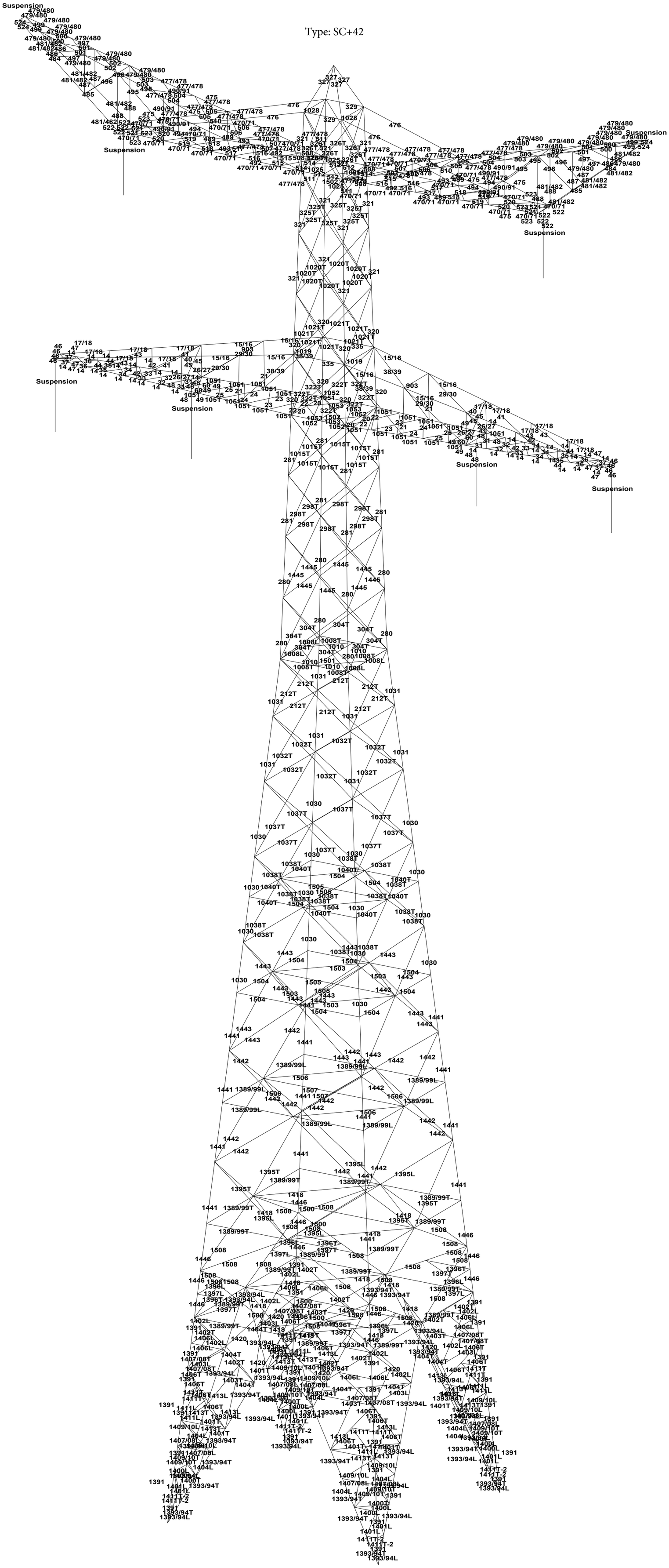
Type: HB+0



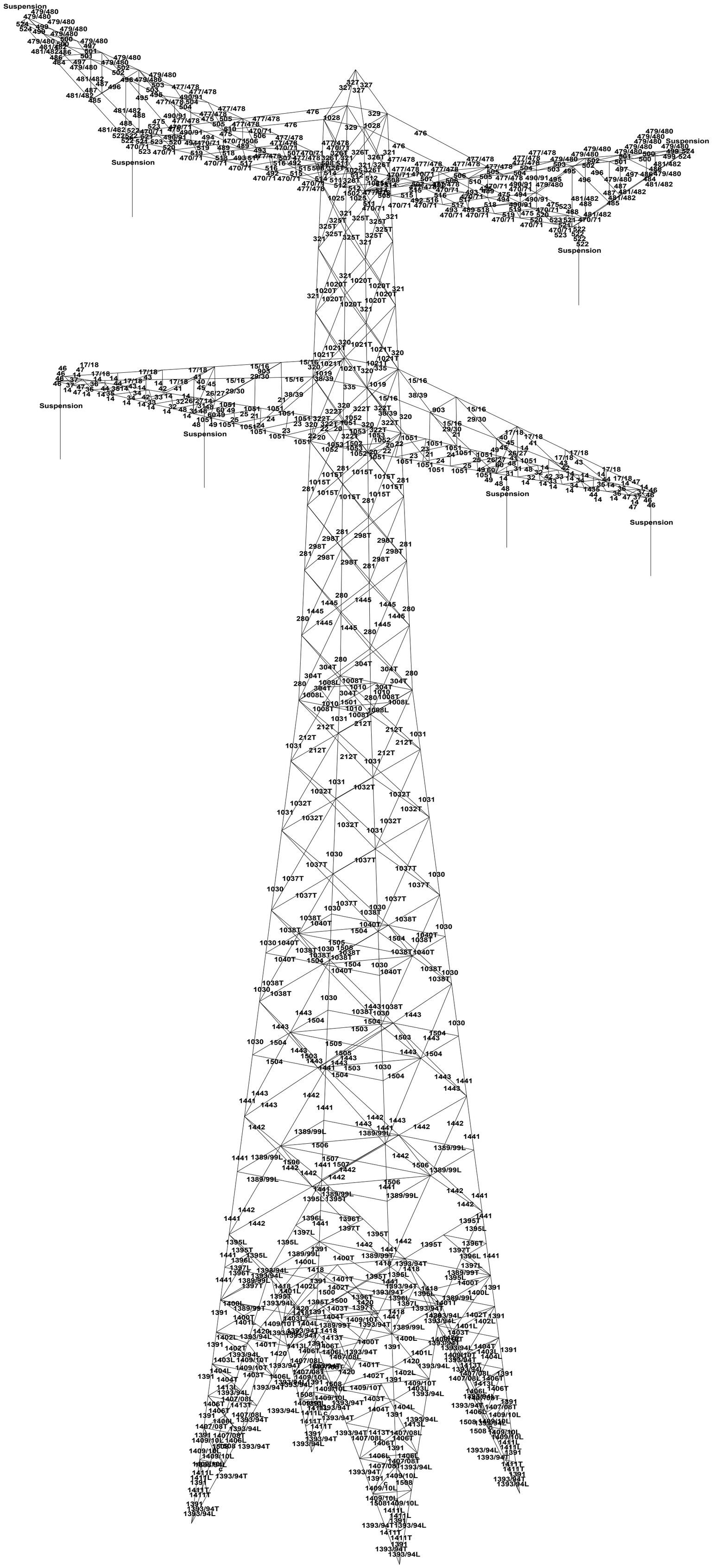
Type: HC+0



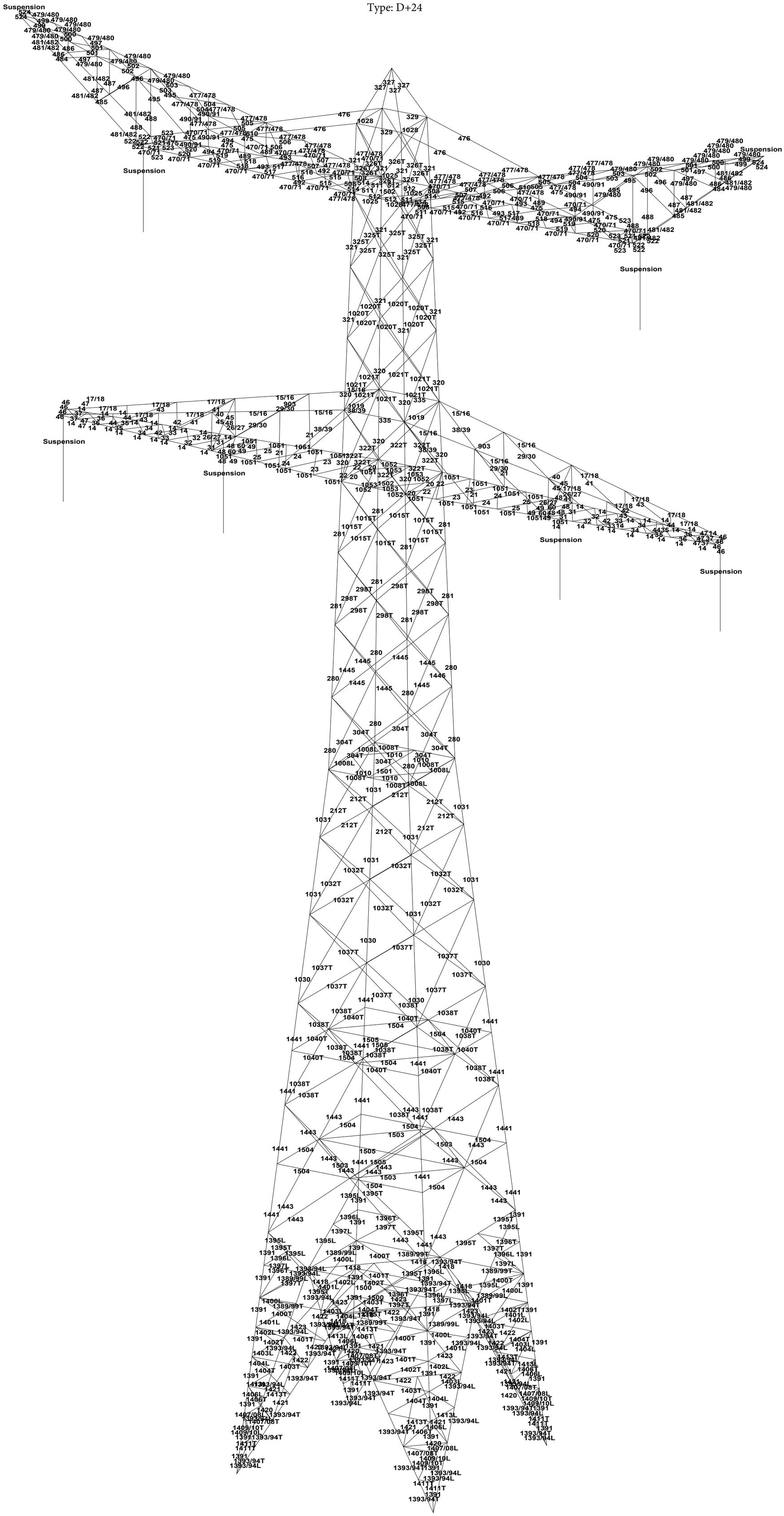
Type: SC+42


Suspension
Suspension
Suspension
Suspension
Suspension
Suspension

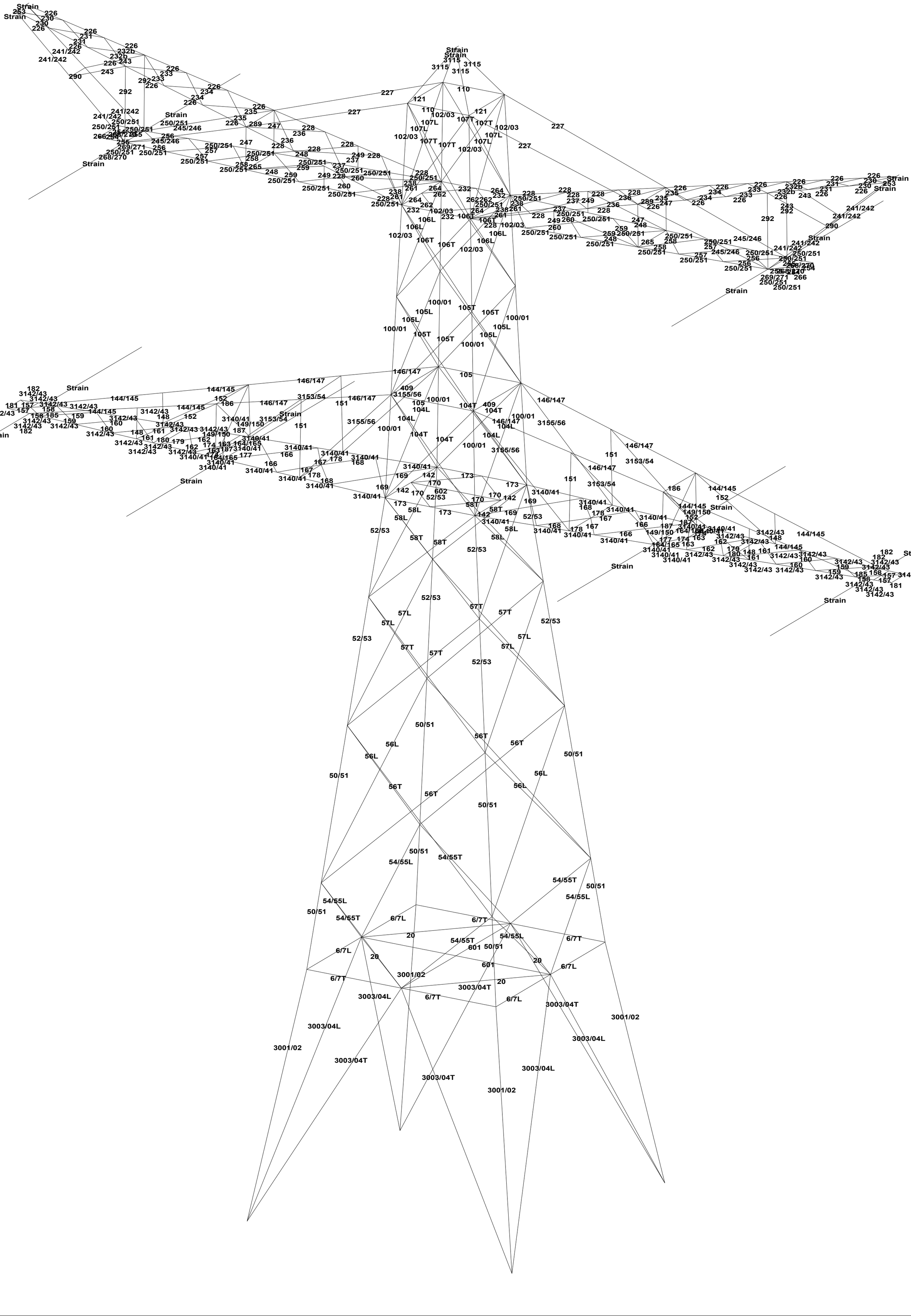
Type: SC+36


Suspension
Suspension
Suspension
Suspension
Suspension
Suspension

Type: D+24


Suspension
Suspension
Suspension
Suspension
Suspension
Suspension

Type: EA


Strain
253
226
230
241/242
232b
243
290
292
233
234
235
250/251
245/246
289
247
228
236
256
269/271
268/270
257
258
265
259
249
260
237
238
261
264
262
232
102/03
106L
106T
107L
107T
110
121
227
3115
409
3155/56
105
104L
104T
100/01
105L
105T
146/147
144/145
152
186
3153/54
151
149/150
187
3140/41
164/165
177
166
167
178
168
169
142
170
602
52/53
58L
58T
173
3142/43
148
161
180
179
162
174
163
160
159
158
157
185
181
182
144/145
146/147
57L
57T
52/53
50/51
56L
56T
54/55L
54/55T
6/7L
6/7T
20
601
3001/02
3003/04L
3003/04T

Bijlagenoverzicht

nummer	Titel
1	Bijlage 1 Begeleidend schrijven
2	Bijlage 2 Tracé tekening
3	Bijlage 3 Mastenlijst
4	Bijlage 4 Bestaande masten
5	Bijlage 5 Principe fundaties
6	Bijlage 6 Archeologische bureaustudie2015
7	Bijlage 7 Archeologische bureaustudie 2017
8	Bijlage 8 Ecologische werkprotocollen

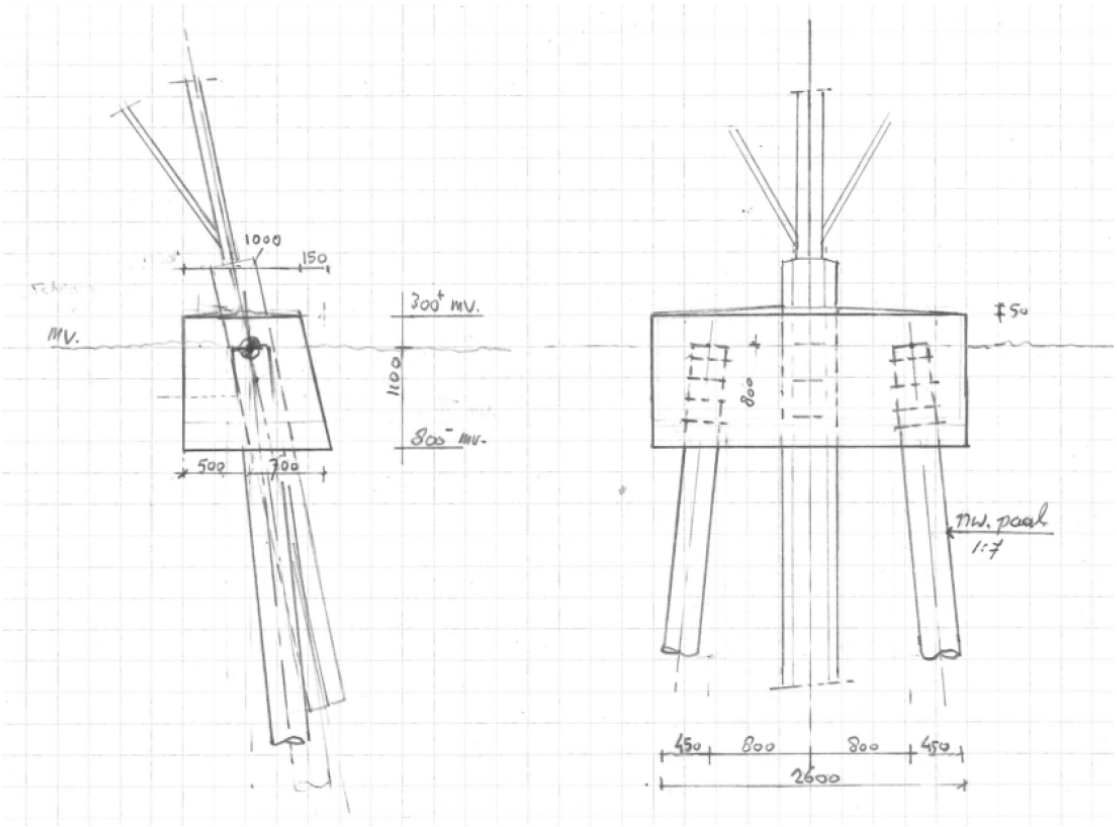
CLASSIFICATIE	C1: Public Information
DATUM	19 september 2018
BIJLAGE	5
BIJLAGE BEHORENDE BIJ	OLO aanvraag <nummer>
PAGINA	1 van 8

Bijlage 5: Principe aanpassingen funderingen

Hieronder worden de principeoplossingen getoond indien de funderingen moeten worden versterkt. Zoals ook in bijlage 1 is genoemd volgt de te kiezen oplossing uit nog specifiek uit te voeren berekeningen.

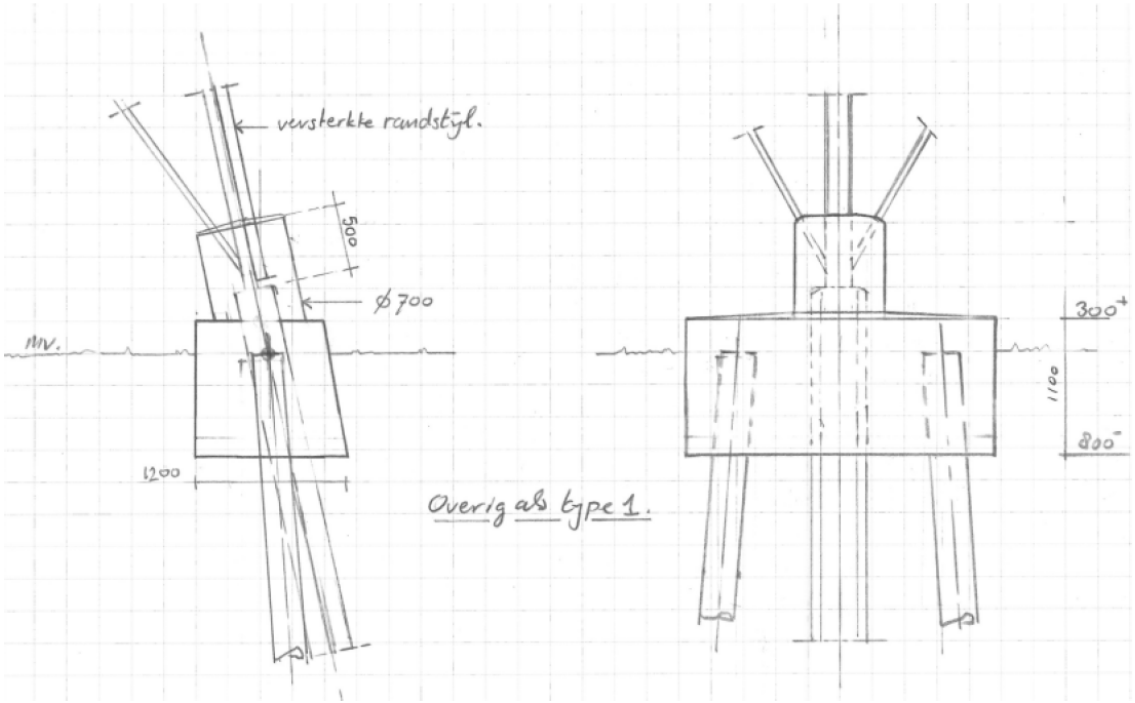
Eenpaalsfundering type 1

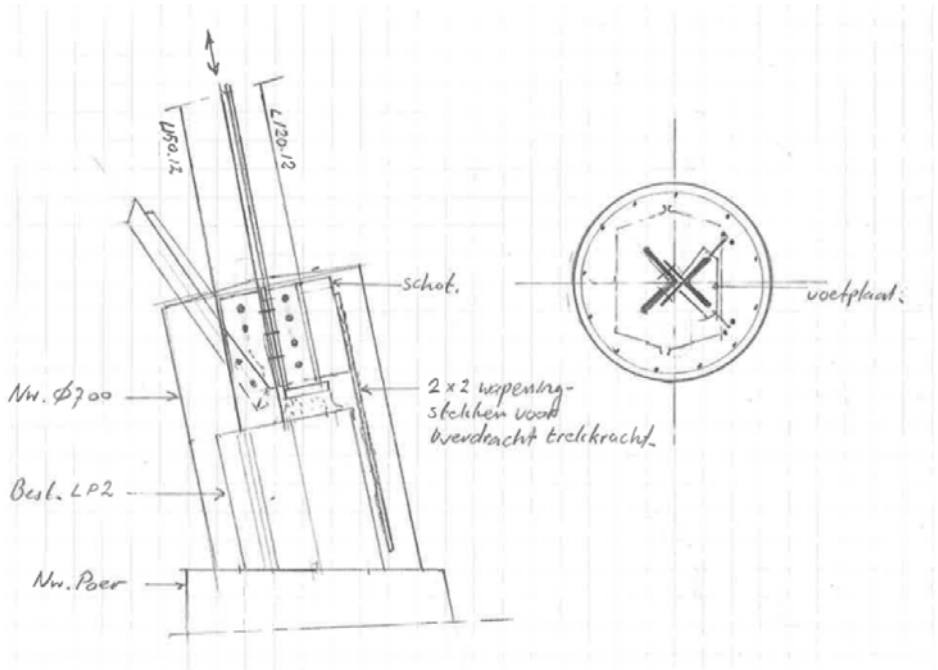
Indien versterking aan de orde is zal aan beide zijden een paal bijgeplaatst worden. De palen worden verbonden met een poer. De masten 162 en 188 zijn reeds voorzien van een eenpaalspoer. Deze poeren zullen eerst worden gesloopt indien deze versterkt moeten worden.



Eenpaalsfundering type 2

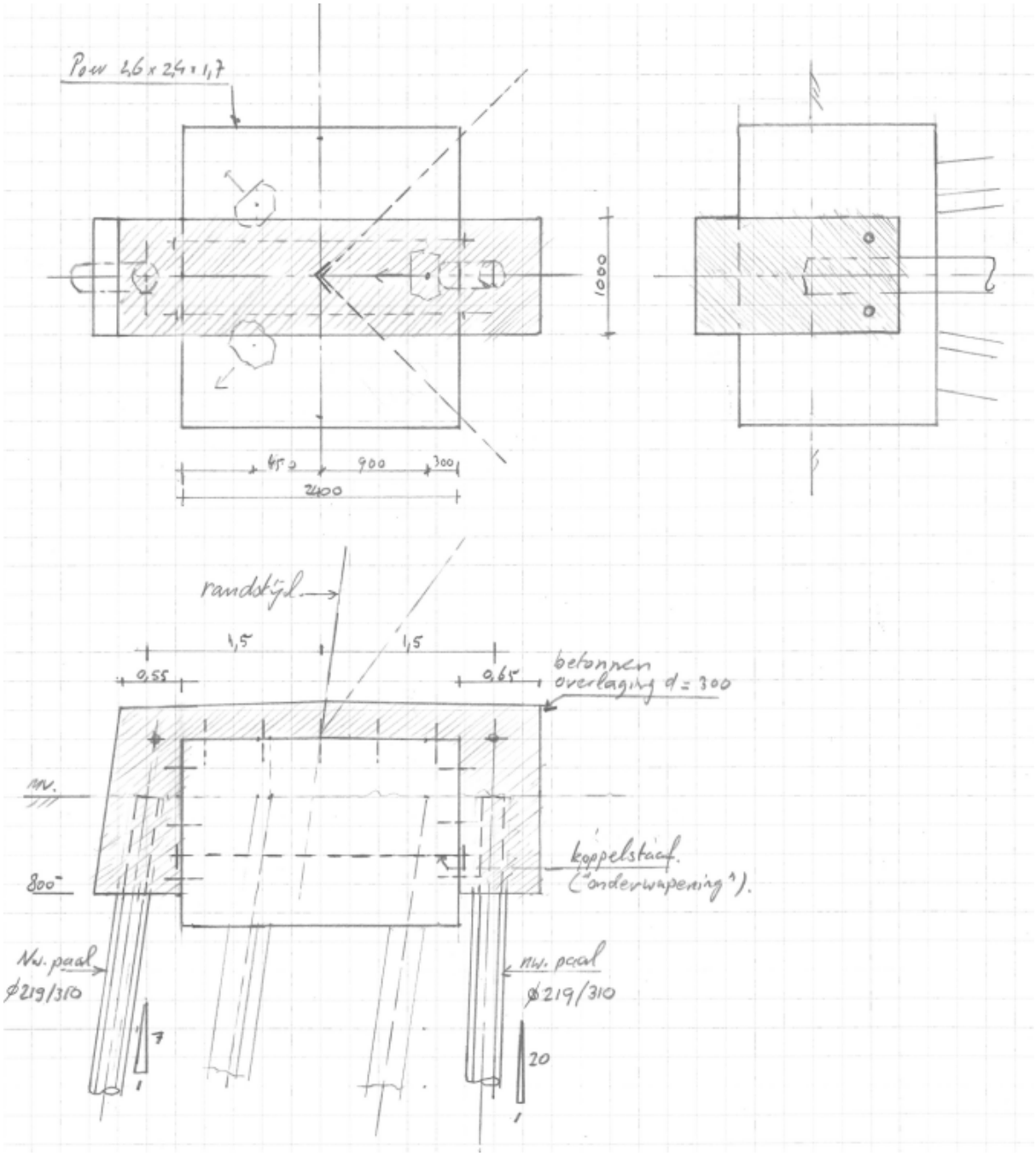
Indien versterking aan de orde is zal aan beide zijden een paal bijgeplaatst worden. De palen worden verbonden met een poer. De mast 202 is reeds voorzien van een eenpaalspoer. Deze poer zal eerst worden gesloopt indien deze versterkt moeten worden. Het verschil met type 1 is dat bij type 2 een versterkte randstijl in het fundament wordt opgenomen.





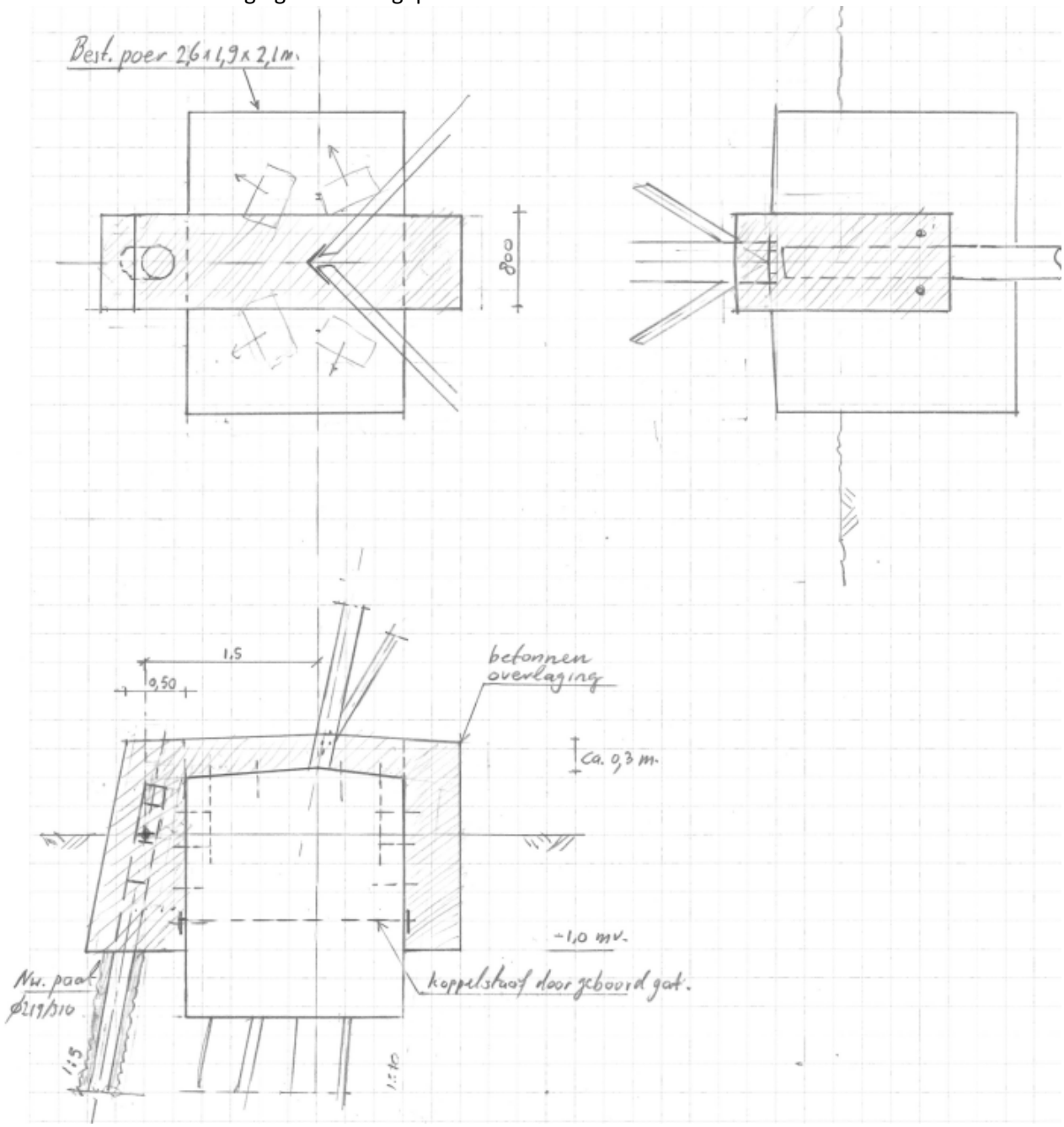
Driepaalspoer

Een versterking wordt voorgesteld waarbij twee palen vanuit de radiale (vanuit het hart mast gezien) richting gezien aan weerszijden van de bestaande poer worden aangebracht en de poer omstort wordt met een gewapend betonnen overlaging.



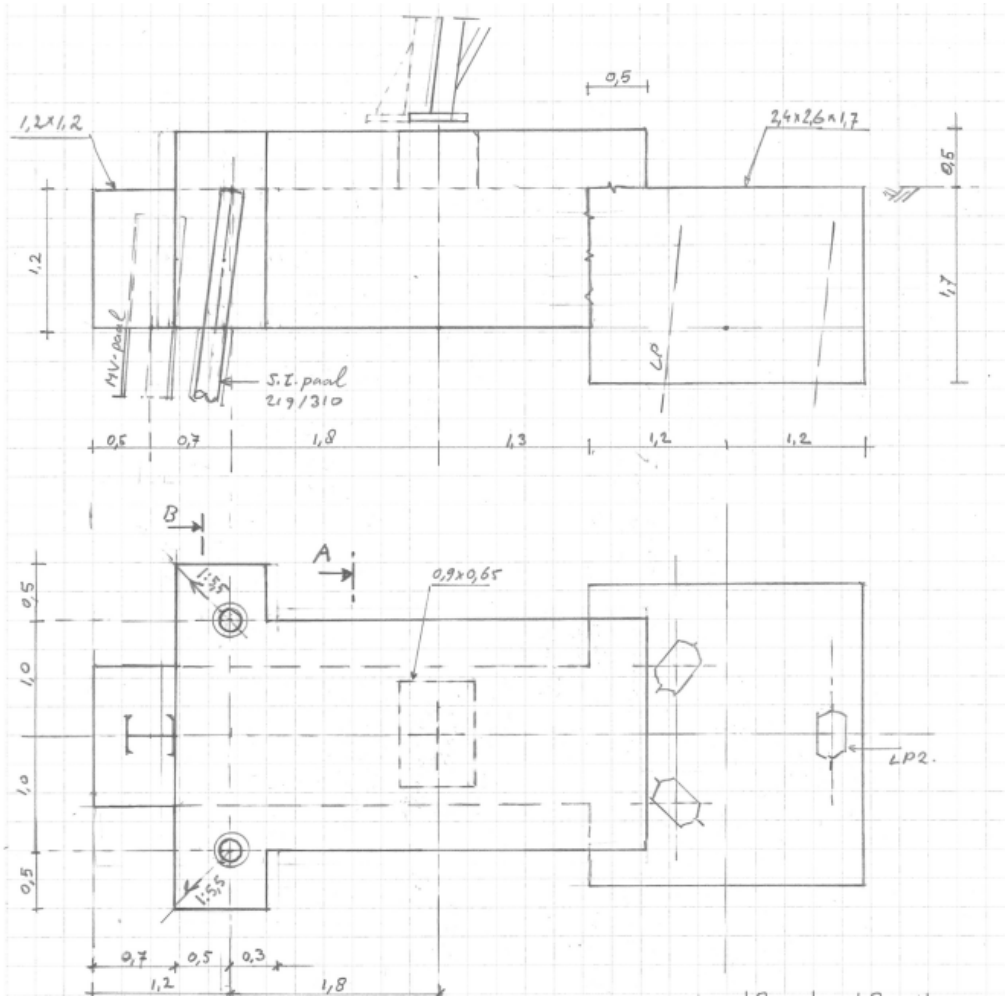
Vierpaalspoer

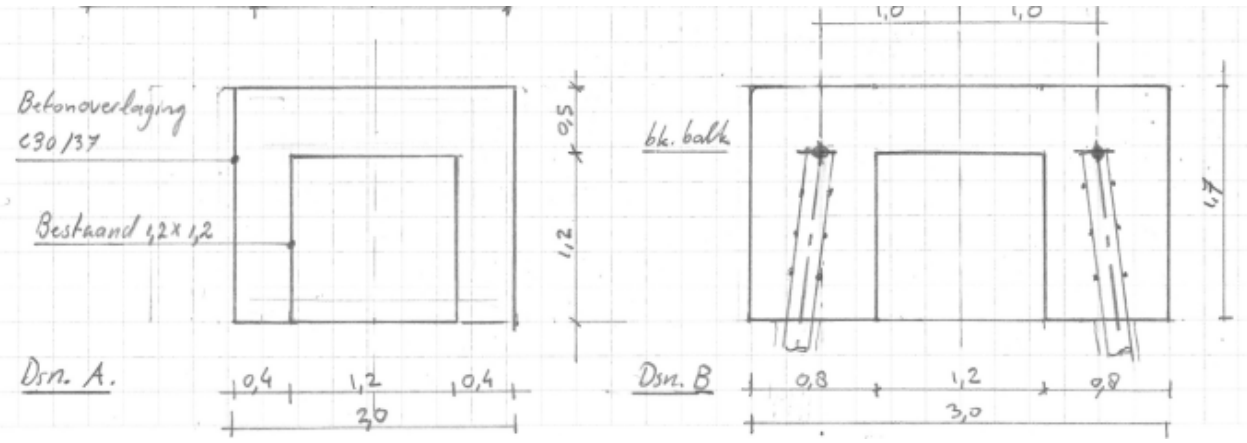
Een versterkingsvoorstel is uitgewerkt waarbij de poer met een nieuw bij te plaatsen paal wordt verzwaard en een betonnen overlaging wordt toegepast.



Mast 176

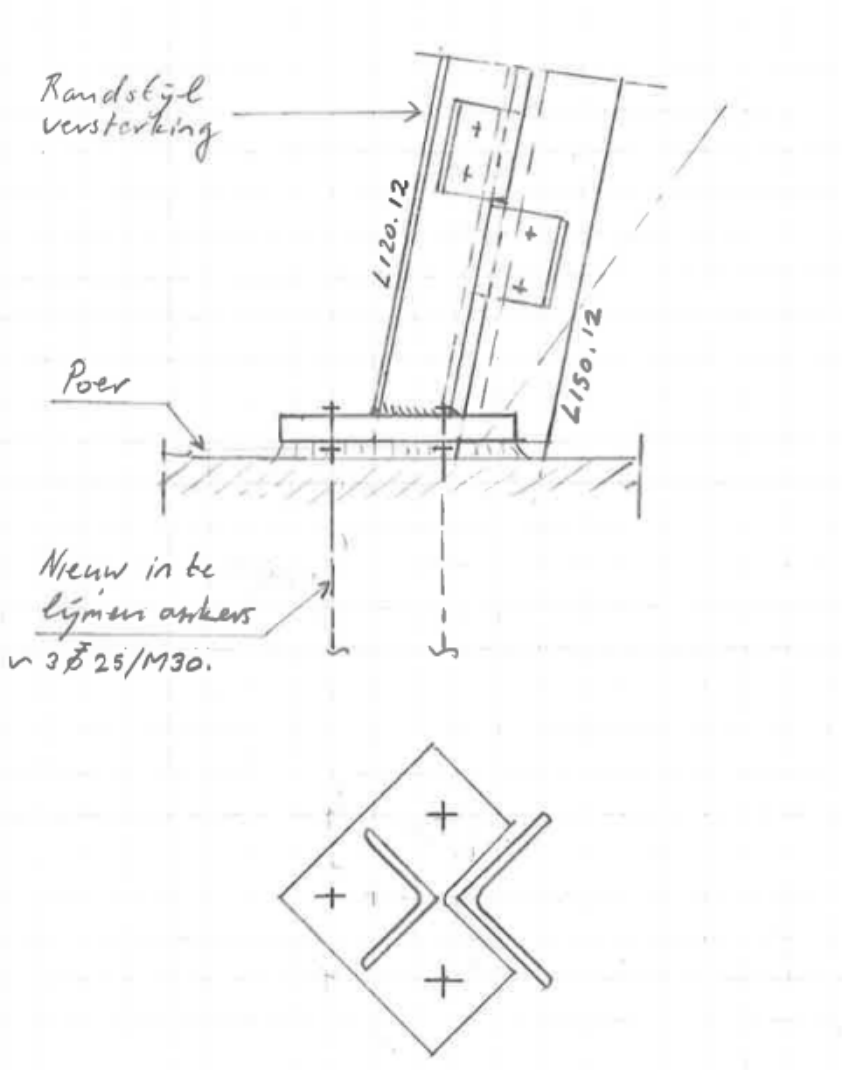
Er worden aanvullende palen aangebracht waar een aanpassing in de betonconstructie voor benodigd is. De balk zal versterkt worden via een gewapend betonnen overlaging die constructief gekoppeld wordt aan de bestaande balk. De dikte van de overlaging bedraagt 50 cm. Tevens kunnen ankers worden aangebracht t.b.v. de versterkte randstijl.





Mast 171

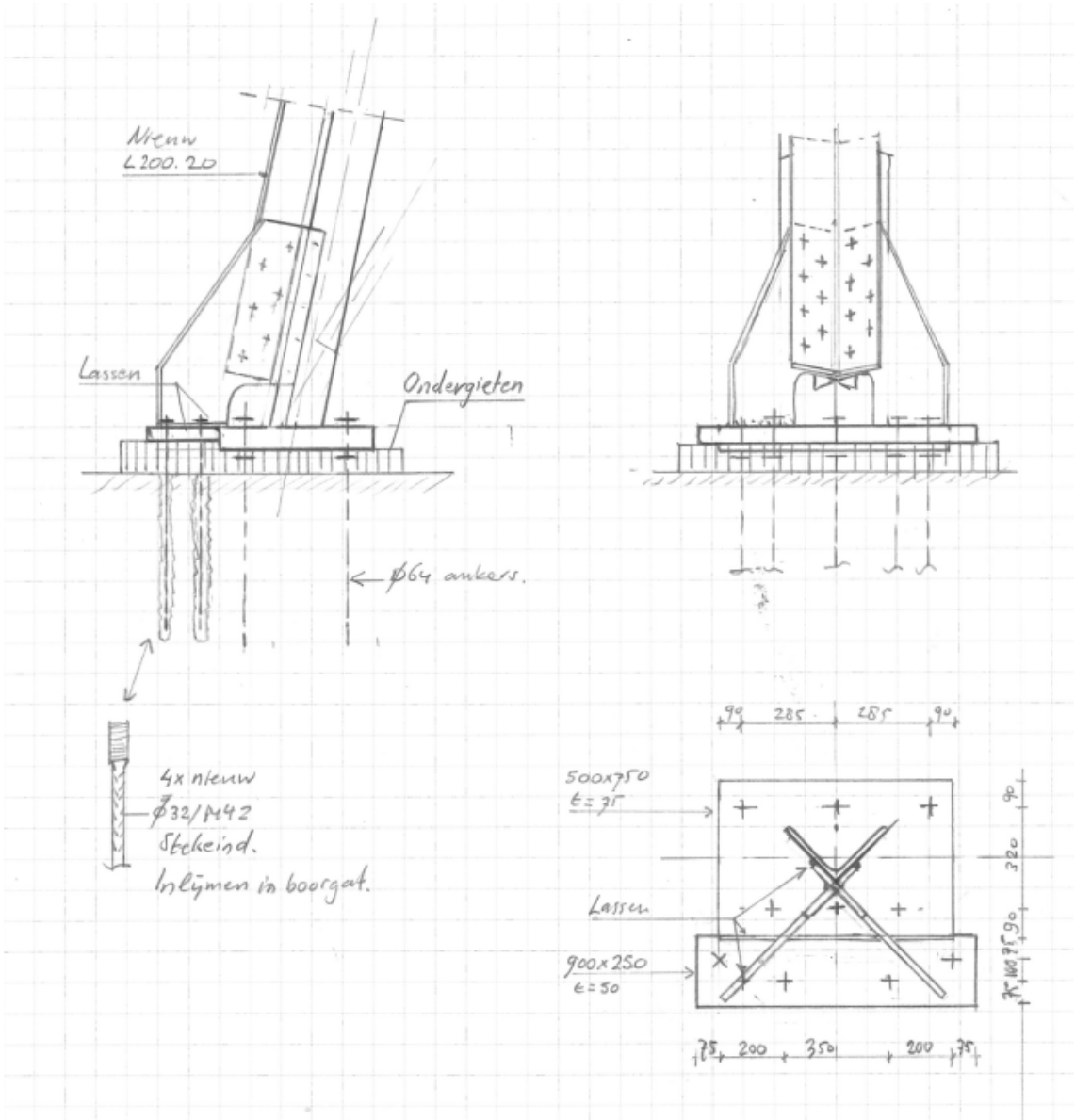
Bij deze mast dient de randstijl versterkt te worden, de bestaande tweepaalspoer heeft voldoende capaciteit en blijft ongewijzigd. Er zal een voorziening moeten worden aangebracht om de belasting uit de nieuwe randstijl in te leiden in de bestaande poer. Het voorstel is om drie ankerstaven in te lijmen. In onderstaande schets is dit indicatief weergegeven



Ketelmeerfundaties

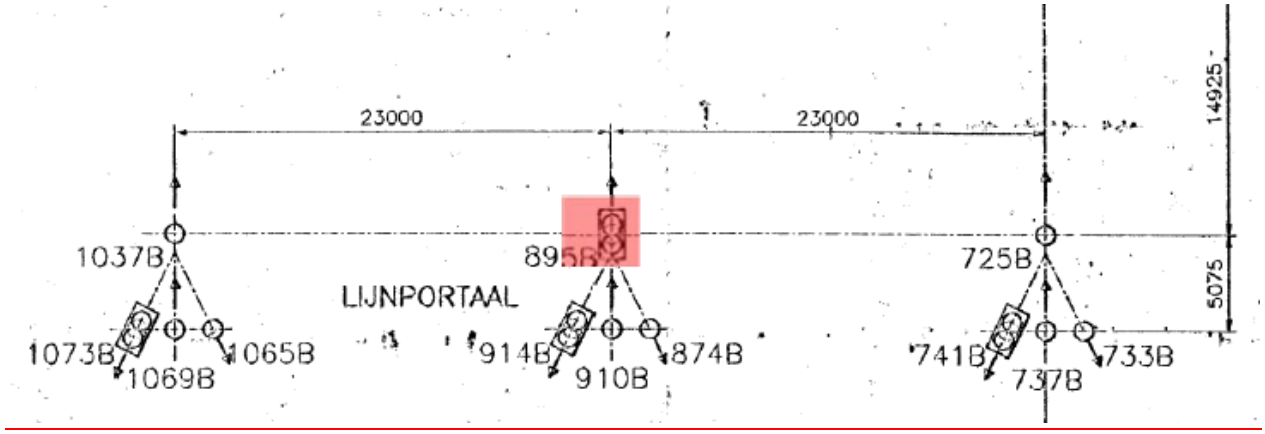
Dit betreffen de masten 177(I), 177(II) en 178.

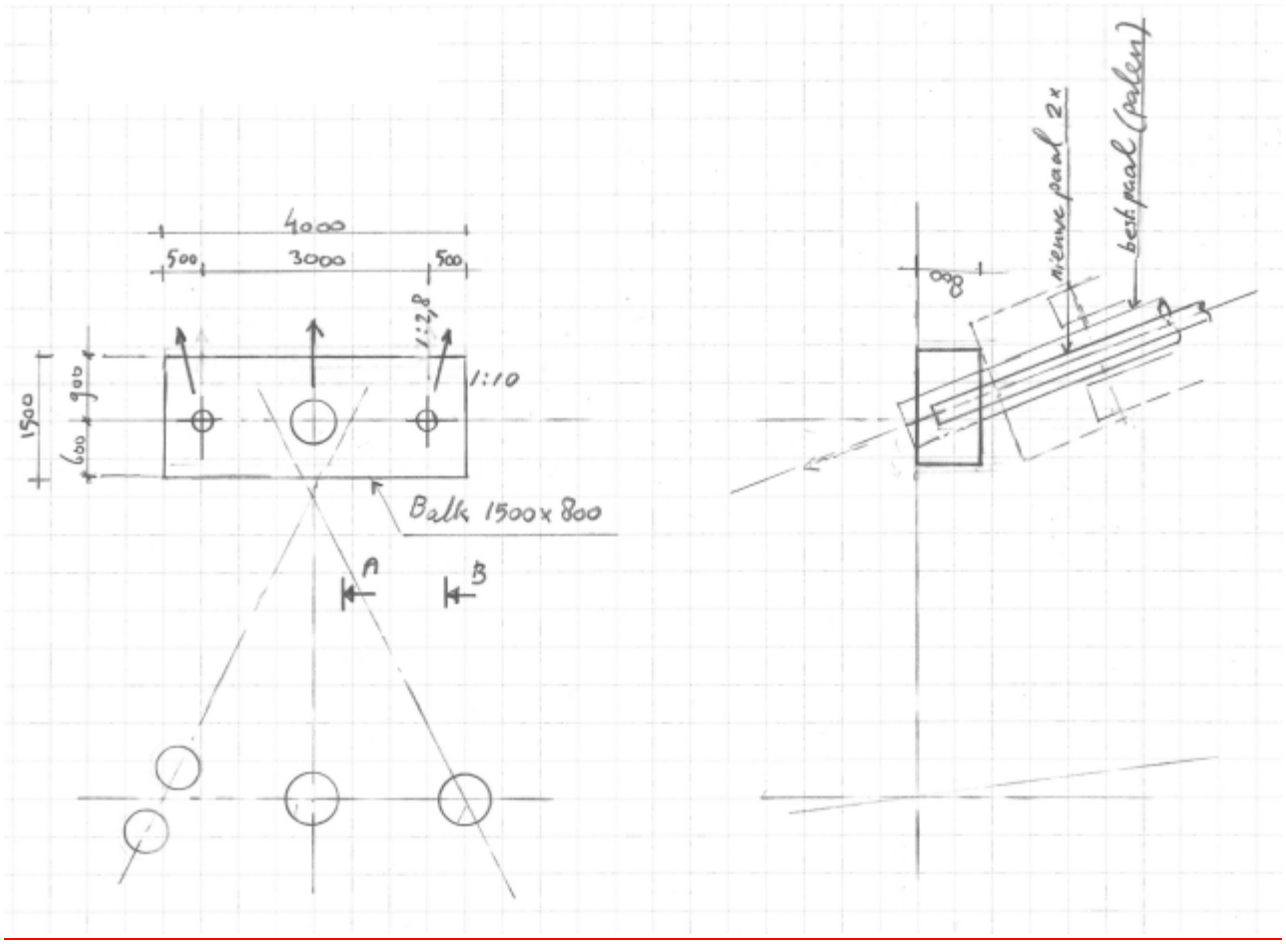
Mogelijk dienen de randstijlen van de masten op de fundaties in het Ketelmeer te worden verzwaard. Hiervoor dient onder andere rekening te worden gehouden met het aanbrengen van additionele ankers om de belasting uit de te versterken randstijl van de mast in te leiden. Deze ankers dienen ingelijmd te worden in te boren gaten.



Portaal 155b

Het portaal op station Lelystad zal worden versterkt met twee extra palen onder de middelste trekschoor aan de achterzijde van het portaal.





Bijlagenoverzicht

nummer	Titel
1	Bijlage 1 Begeleidend schrijven
2	Bijlage 2 Tracé tekening
3	Bijlage 3 Mastenlijst
4	Bijlage 4 Bestaande masten
5	Bijlage 5 Principe fundaties
6	Bijlage 6 Archeologische bureaustudie2015
7	Bijlage 7 Archeologische bureaustudie 2017
8	Bijlage 8 Ecologische werkprotocollen

Antea Group Archeologie 2014/130

Archeologisch bureauonderzoek tbv de opwaardering 380 kV tracé Lelystad-Ens; locaties in de gemeente Dronten (DIM-ENS380 164 - DIM-ENS380 177II)

projectnr. 271507
revisie 03
17 april 2015

auteurs
M.L. Craane
B. van Munster

Opdrachtgever

TenneT TSO B.V.
Postbus 718
6800 AS Arnhem

datum vrijgave	beschrijving revisie 03	goedkeuring	vrijgave
17-04-2015	Toegangswegen en masten 177/I en 177/2 toegevoegd	R.S. Raap	A.J. Brandsma

Colofon

Titel: Antea Group Archeologie 2014/130.
BO tbv de opwaardering 380 kV tracé Lelystad-Ens; locaties in de gemeente Noordoostpolder
(DIM-ENS380 164 - DIM-ENS380 176)
Auteur(s): M.L. Craane , B. van Munster

ISSN: 1570-6273

vrijgave KNA 3.3: G. Sophie

© Antea Group
Postbus 24
8440 AA Heerenveen

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

Disclaimer

Archeologisch vooronderzoek wordt in zijn algemeenheid uitgevoerd door het steekproefsgewijs bemonsteren d.m.v. boringen, proefsleuven en/of veldkartering. Hoewel Antea Group de grootste zorgvuldigheid betracht bij het uitvoeren van het archeologisch onderzoek, is het juist deze steekproefsgewijze benadering die het onmogelijk maakt garanties ten aanzien van de situatie af te geven op basis van de resultaten van een archeologisch vooronderzoek.

Antea Group aanvaardt derhalve op generlei wijze aansprakelijkheid voor schade welke voortvloeit uit beslissingen genomen op basis van de resultaten van archeologisch (voor)onderzoek.

Inhoud blz.

Administratieve gegevens 4
Samenvatting 5
1 Inleiding 7
2 Bureauonderzoek 8
2.1 Beschrijving onderzoekslocatie 8
2.2 Landschappelijke situatie 9
2.3 Archeologisch beleid 14
2.4 Historische situatie en mogelijke verstoringen 14
2.5 Bekende waarden 15
2.6 Archeologische verwachting 19
3 Conclusies en advies 21
3.1 Conclusies 21
3.2 (Selectie)advies 21
Literatuur en geraadpleegde bronnen 22

Bijlagen

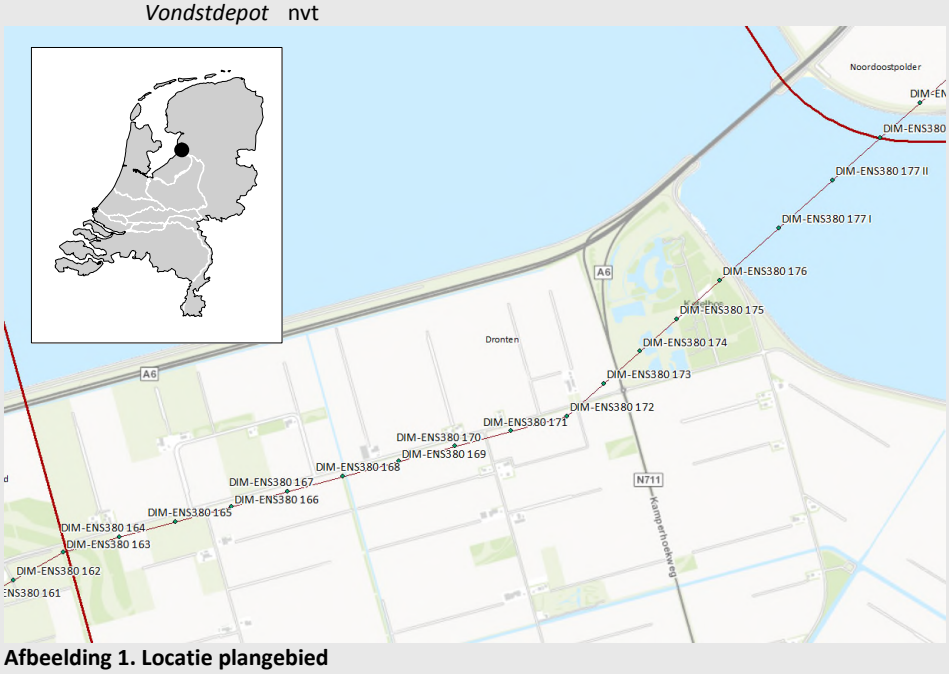
1 Archeologische perioden
2 AMZ-cyclus

Kaarten

271507-ARCHIS IKAW, AMK-terreinen, Waarnemingen en Onderzoeken uit ARCHIS
Boorpuntenkaarten en boorbeschrijvingen cultuurtechnisch onderzoek

Administratieve gegevens

AG Projectnummer	271507
OM-nummer	63590
Provincie	Flevoland
Gemeente	Dronten
Plaats	Swifterbant
Toponiem	Visvijverweg en Ketelmeer (water)
Kaartblad	20G, 20H en 20F
Coördinaten	DIM-ENS380 164: 168.253 / 511.044 DIM-ENS380 165: 168.639 / 511.150 DIM-ENS380 166: 169.025 / 511.255 DIM-ENS380 167: 169.411 / 511.360 DIM-ENS380 168: 169.796 / 511.466 DIM-ENS380 169: 170.182 / 511.571 DIM-ENS380 170: 170.568 / 511.676 DIM-ENS380 171: 170.954 / 511.782 DIM-ENS380 172: 171.340 / 511.887 DIM-ENS380 173: 171.591 / 512.113 DIM-ENS380 174: 171.843 / 512.339 DIM-ENS380 175: 172.094 / 512.564 DIM-ENS380 176: 172.392 / 512.831 DIM-ENS380 177/I: 172.801 / 513.198 DIM-ENS380 177/II: 173.173 / 513.532
Opdrachtgever	TenneT TSO B.V.
Uitvoerder	Antea Group
Datum uitvoering	oktober 2014
Projectteam	J. Tolsma (projectleider archeologie) G. Sophie (senior KNA-archeoloog) M.L. Craane (KNA-archeoloog) B. van Munster (fysisch geograaf)
Bevoegd gezag	Gemeente Dronten
Beheer documentatie	Antea Group Almere
Vondstdepot	nvt



Afbeelding 1. Locatie plangebied
(Topografische Kaart 1:25.000 (niet op schaal), © Topografische Dienst Kadaster, Emmen)

Samenvatting

In oktober 2014 en april 2015 heeft Antea Group in opdracht van TenneT TSO B.V. een archeologisch onderzoek uitgevoerd ten behoeve van de opwaardering 380 kV route Lelystad-Ens. In de gemeente Dronten zullen in het kader van deze opwaardering ter hoogte van 15 al bestaande hoogspanningsmasten bodemverstorende werkzaamheden worden uitgevoerd. Daarnaast zullen naar de masten toe tijdelijke bouwwegen en lierplaatsen worden aangelegd. De locaties van deze masten staan weergegeven in afbeelding 1. Een detailopname van de bouwwegen is opgenomen in afbeelding 2.

Deze versie van het bureauonderzoek is uitgebreid en daarmee gewijzigd ten opzichte van revisie 02 op de volgende punten:
- Opname 2 mastlocaties in het Ketelmeer in bureauonderzoek;
- Opname tijdelijke bouwwegen naar de mastlocaties toe in het bureauonderzoek.

De fundering van de bestaande hoogspanningsmasten voor dit traject dienen te worden verstevigd. Het is nog niet bekend hoe deze werkzaamheden aan de funderingen zullen worden uitgevoerd aangezien dit afhankelijk is van de specifieke situatie ter plaatse die momenteel wordt onderzocht. Het is echter zeker dat dit gepaard zal gaan met bodemverstorende werkzaamheden. Ook de aanleg van de bouwwegen naar de masten zal tot verstoring van de bodem leiden. Voor het aspect archeologie dient daarom per mast rekening te worden gehouden met een oppervlakte van 2500 m^2 (50 m bij 50 m). waarbinnen bodemverstorende werkzaamheden zullen worden uitgevoerd. Voor de bouwwegen en lierplaatsen moet rekening gehouden worden met een gezamelijke verstoring van circa 9600 m^2. De oppervlakte per bouwweg verschilt per mastlocatie (afbeelding 2).

Op basis van het uitgevoerde bureauonderzoek als ook de gemeentelijke beleidskaart zijn alle locaties gelegen binnen een zone van archeologische waarde waarin sprake is van rivierduinen en/of inversieruggen met daarop resten uit het mesolithicum evenals van de Swifterbantcultuur. Daarnaast worden er ter hoogte van de locaties toevalsvondsten zoals scheepswrakken verwacht. Conform het vigerende bestemmingsplan buitengebied is er ter hoogte van alle locaties een dubbelbestemming waarde archeologie van kracht. Dit betekent dat bij alle bodemverstorende werkzaamheden er een archeologisch onderzoek dient te worden uitgevoerd.

Het cultuurtechnisch booronderzoek heeft echter aangetoond dat het pleistoceen zand ter hoogte van de mastlocaties op het land is gelegen op meer dan 4 m beneden maaiveld. Bij een verstoring van maximaal 2 m beneden maaiveld zal deze archeologische laag niet worden bereikt.

Ter hoogte van locaties 166, 171 en 173 en ter plaatse van de bouwwegen ten zuiden van mastlocaties 173 en 174 en ten oosten van mastlocatie 175 kan echter sprake zijn van een kreek oeverafzettingen. De diepte van de hiermee geassocieerde lagen kan niet met zekerheid uit de cultuurtechnische boringen worden gehaald. Het is dan ook mogelijk dat deze lagen zich binnen de 2 m – mv bevinden en dus verstoord zullen worden tijdens de werkzaamheden. Wij adviseren dan ook om ter hoogte van **mastlocaties 166, 171 en 173** en ter plaatse van de **bouwwegen** ten zuiden van mastlocaties **173** en **174** en ten oosten van mastlocatie **175** een verkennend booronderzoek uit te voeren om de diepte van deze lagen met zekerheid te kunnen vaststellen en om te bekijken of deze verstoord zullen worden door de funderingswerkzaamheden

Wij adviseren om alle overige mastlocaties en bouwwegen vrij te geven voor wat betreft archeologie

Het is echter wel mogelijk dat er tijdens de werkzaamheden een scheepswrak als toevalsvondst wordt gedaan. Deze vondst kan echter ook na het uitvoeren van een archeologisch veldonderzoek niet worden uitgesloten.

Dit is een selectieadvies ter beoordeling aan de bevoegde overheid inzake het aspect archeologie, in deze de gemeente Dronten.

Ook voor vrijgegeven (delen van) plangebieden bestaat altijd de mogelijkheid dat er tijdens graafwerkzaamheden toch losse sporen en vondsten worden aangetroffen. Het betreft dan vaak kleine sporen of resten die niet door middel van een booronderzoek kunnen worden opgespoord. Op grond van artikel 53 van de Monumentenwet 1988 dient zo spoedig mogelijk melding te worden gemaakt van de vondst bij de heer D. Velthuizen van Nieuw Land Erfgoedcentrum.

1 Inleiding

In oktober 2014 en april 2015 heeft Antea Group in opdracht van TenneT TSO B.V. een archeologisch onderzoek uitgevoerd ten behoeve van de opwaardering 380 kV route Lelystad-Ens. In de gemeente Dronten zullen in het kader van deze opwaardering ter hoogte van 15 al bestaande hoogspanningsmasten bodemverstorende werkzaamheden worden uitgevoerd. Daarnaast zullen bouwwegen en lierplaatsen worden aangelegd voor de werkzaamheden aan de masten. De locaties van deze masten staan weergegeven in afbeelding 1. Een detailopname van de bouwwegen is opgenomen in afbeelding 2.

Deze versie van het bureauonderzoek is uitgebreid en daarmee gewijzigd ten opzichte van revisie 01 op de volgende punten:
- Opname 2 mastlocaties in het Ketelmeer in bureauonderzoek (177/I en 177/II);
- Opname tijdelijke bouwwegen naar de mastlocaties toe in het bureauonderzoek.

- *Aanleiding:* De fundering van de bestaande hoogspanningsmasten voor dit traject dienen te worden verstevigd. Het is nog niet bekend hoe deze werkzaamheden aan de funderingen zullen worden uitgevoerd aangezien dit afhankelijk is van de specifieke situatie ter plaatse die momenteel wordt onderzocht. Het is echter zeker dat dit gepaard zal gaan met bodemverstorende werkzaamheden. Ook de aanleg van de bouwwegen naar de masten zal tot verstoring van de bodem leiden. Voor het aspect archeologie dient daarom per mast rekening te worden gehouden met een oppervlakte van 2500 m^2 (50 m bij 50 m) waarbinnen bodemverstorende werkzaamheden zullen worden uitgevoerd. Voor de bouwwegen en lierplaatsen moet rekening gehouden worden met een gezamenlijke verstoring van circa 9600 m^2.

- *Type onderzoek:* Bureauonderzoek.

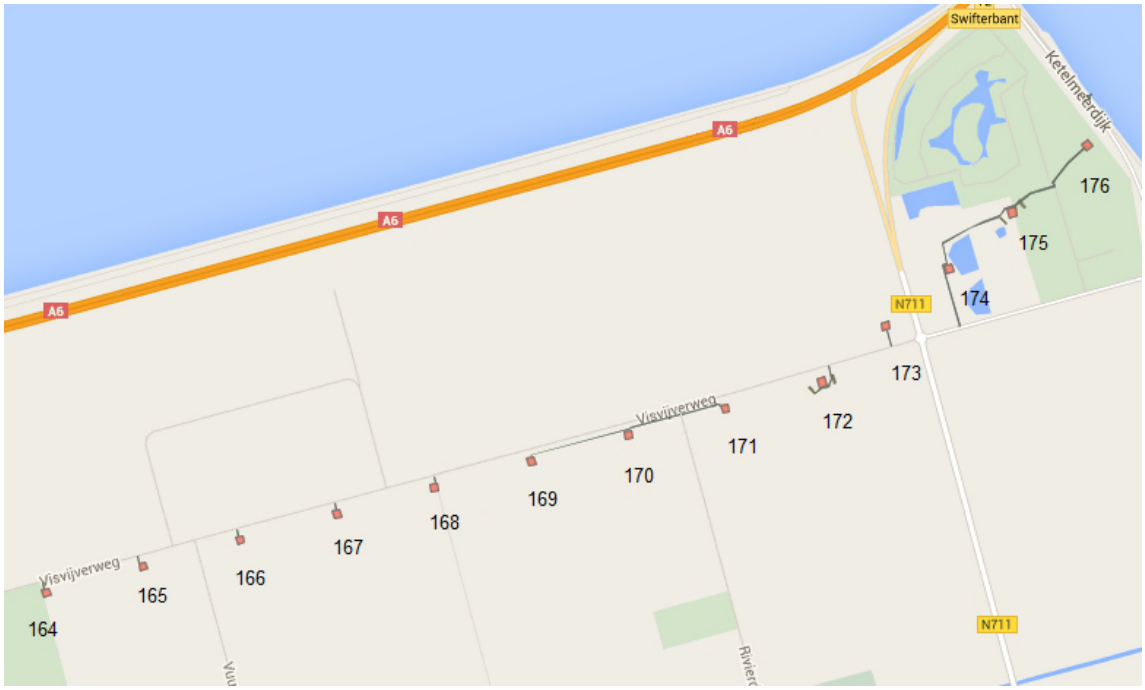
- *Doel:* Het doel van het uitvoeren van een archeologisch bureauonderzoek is het opstellen van een gespecificeerde archeologische verwachting voor het plangebied. Waar kunnen we wat verwachten? Voor het opstellen van een dergelijke verwachting wordt gebruik gemaakt van reeds bekende archeologische waarnemingen, historische kaarten, bodemkundige gegevens en informatie over de landschappelijke situatie. Een gespecificeerde verwachting gaat in op de mogelijke aanwezigheid, het karakter, de omvang, datering en eventuele (mate van) verstoring van archeologische waarden binnen het plangebied.

Het bureauonderzoek is uitgevoerd conform de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA), versie 3.3.

2 Bureauonderzoek

2.1 Beschrijving onderzoekslocatie

- *Begrenzing plangebied:* Bij de administratieve gegevens staan de X- en Y-coördinaten van de 15 locaties van de hoogspanningsmasten vermeld. Dit betreft het centrum coördinaat. Per locaties dient rekening te worden gehouden met een oppervlakte van 2500 m^2 (50 m bij 50 m) waarbinnen bodemverstorende werkzaamheden zullen plaatsvinden. Voor de bouwwegen en lierplaatsen moet rekening gehouden worden een gezamenlijke verstoring van circa 9600 m^2. Per mastlocatie verschilt de lengte van de bouwweg. De meeste verstoring door de bouwwegen zal optreden tussen mast 169 en 171 en tussen mast 174 en 176 (afbeelding 2). Bij mast 172 en 175 worden lierplaatsen aangelegd.



Afbeelding 2: Detailopname van de mastlocaties (rood) met bouwwegen en lierplaatsen (grijs), 177/I en 177/II liggen oostelijk in het Ketelmeer (achtergrond: google maps).

- *Begrenzing onderzoeksgebied:* Het onderzoeksgebied betreft een zone van 500 m ten noorden en ten zuiden van het 380 kV tracé.

- *Huidig gebruik plangebied:* Grasland, akkerland, water, hoogspanningsmast.

- *Consequenties toekomstig gebruik:* De funderingen van de al bestaande hoogspanningsmasten zijn niet meer toereikend en dienen te worden verstevigd. Het is nog niet bekend hoe deze werkzaamheden aan de funderingen zullen worden uitgevoerd aangezien dit afhankelijk is van de specifieke situatie ter plaatse die momenteel wordt onderzocht. Het is echter zeker dat dit gepaard zal gaan met bodemverstorende werkzaamheden. De verstoring beneden maaiveld bedraagt maximaal 2 m. Ter plaatse van de aanleg van de bouwwegen en lierplaatsen zal een verstoring van de bodem optreden tot een diepte van 0,6 tot 0,8 meter beneden maaiveld.

2.2 Landschappelijke situatie

Geologie[1]*:* Het landschap van het huidige Flevoland ontwikkelde zich van een droge poolwoestijn tijdens de koudste fase van de laatste ijstijd (Weichselien) tot een uitgestrekte binnenzee toen de laatste ijstijd 12.000 jaar geleden eindigde en het gebied werd afgedekt met dekzand. De zeespiegel stond toen 110 m lager dan tegenwoordig en het huidige Nederland was achterland en de Noordzee één grote poolwoestijn. In deze koudste fase was vrijwel geen begroeiing meer aanwezig. Er stroomde een aantal rivieren: in het noorden de Oer-Vecht en de Rijn (die in het dal van de (huidige) IJssel stroomde) en in het zuiden de Eem.

De Rijn heeft het IJsseldal in de tweede helft van het de laatste ijstijd verlaten.[2] Ter plaatse van de voormalige loop is een laagte van enkele meters in de pleistocene afzettingen aanwezig die ter plaatse van het huidige Ketelmeer is gelegen (afbeelding 3).[3]

Gedurende het pleistoceen hadden de rivieren geen constante wateraanvoer. Slechts in de zomer kregen ze in korte tijd zeer veel smeltwater te verwerken. In het grootste gedeelte van het jaar lagen de beddingen echter droog. Als gevolg van het gebrek aan begroeiing konden rivierafzettingen gaan stuiven. Hierdoor ontstonden langs de riviergeulen hoge rivierduinen (Laagpakket van Delwijnen, behorend tot de Boxtel Formatie). In gehele gebied is daarnaast een glooiend pakket zand afgezet. Dit dekzand behoort eveneens tot de Boxtel Formatie (Laagpakket van Wierden, voorheen Formatie van Twente). Het dekzand is over het algemeen fijner van structuur dan de rivierafzettingen.

Doordat de wind vrij spel had, ligt overal in de gemeente zand, op de ene plek wat dieper dan op de andere. Dit dekzand blijkt grofweg in twee fasen te zijn afgezet en de jongste fase stamt uit het laat-paleolithicum. Hierop kunnen de oudste archeologische vondsten van Flevoland worden verwacht.

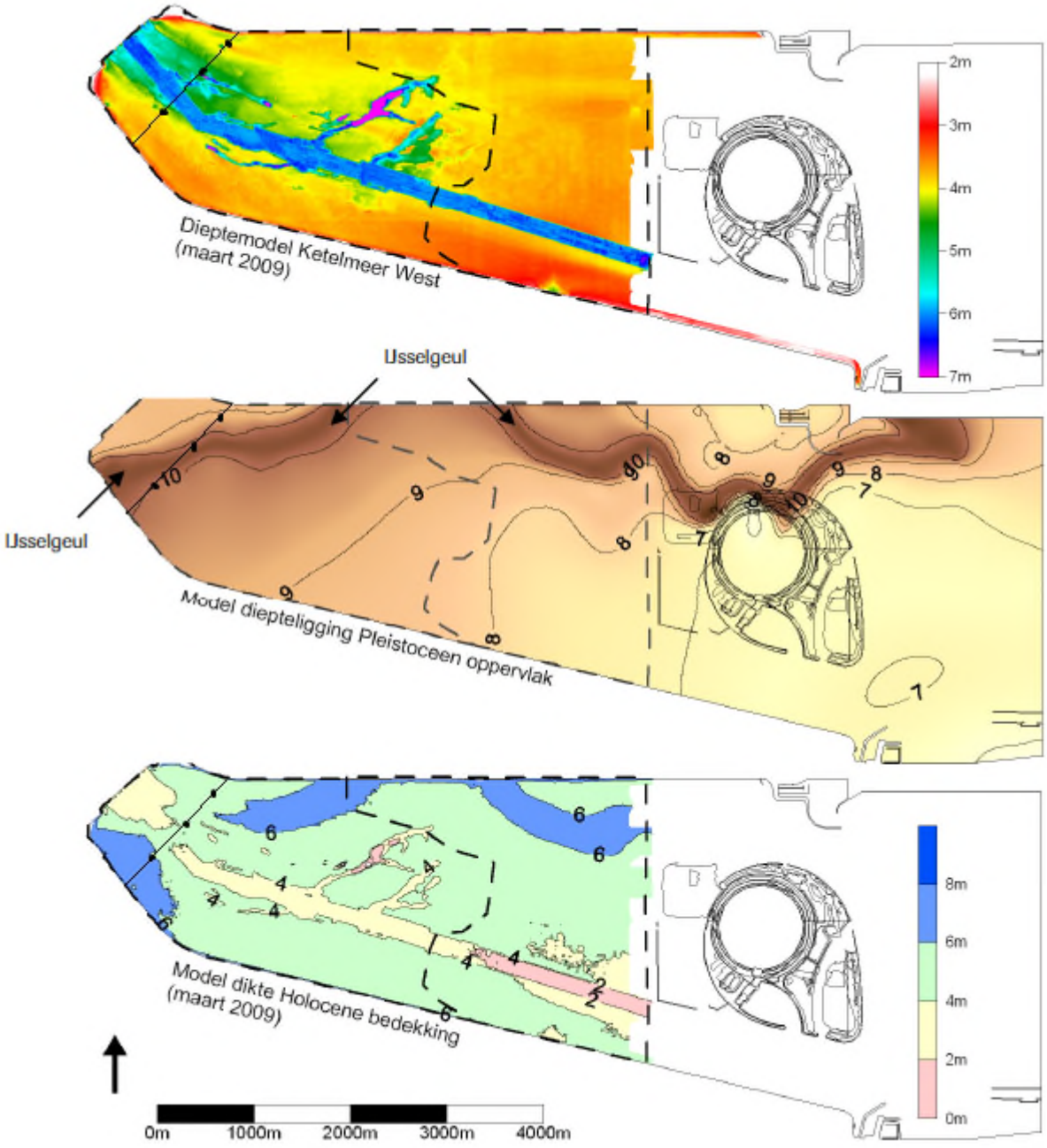
In warmere tussenfasen van de ijstijd werd het gebied door jagers-verzamelaars bezocht. Zo'n warme fase kenmerkte zich door bodemvorming in het dekzand. De poolwoestijn trok zich tijdelijk terug, vegetatie kon tot ontwikkeling komen en verscheidene diersoorten vestigden zich hier weer.
Op basis van koolstofdateringen stammen deze bodems in Flevoland globaal uit de periode tussen 12.250 en 11.500 voor Chr.

De laatste geologische periode, het Holoceen, begon circa 10.000 jaar voor heden en duurt nog steeds voort. De pleistocene afzettingen zijn in het holoceen bedekt door veen, zeebodem- en meerafzettingen.[4] Het begin van het holoceen wordt gekenmerkt door een geleidelijke stijging van de temperatuur. Hierdoor raakte het landschap begroeid, eerst met naaldbos en later met een dicht loofbos. De zeespiegel steeg in deze periode weer, samen met de grondwaterspiegel. Door de hoge grondwaterspiegel konden plantenresten minder goed worden afgebroken, waardoor met name in de lage delen van landschap direct op het dekzand een laag veen ontstond (Basisveen).

Belangrijke fasen die kunnen worden onderscheiden zijn allereerst de veengroei die startte in het Boreaal (circa 7.000 - 6.000 voor Chr.). De veengroei ging plaatselijk door tot het Subatlanticum (circa 900 voor Chr.). Onder invloed van zoet wateraanvoer door rivieren vormde zich broekveen met veel houtresten. Ook vormde zich veenmosveen. Elders vormde zich vooral zegge- en rietveen.

Rond 5500 voor Chr. was de zeespiegel 100 m gestegen, gemiddeld 6,5 m per eeuw. Door de temperatuurstijging kreeg ook het afstromende water meer vat op de ondergrond, waardoor (rivier- en beek)dalen in het dekzand werden uitgesleten. Tevens ontstond geleidelijk een dichtere vegetatie. De combinatie met de hogere dekzandruggen en de nabijheid van dalen, zoals in de omgeving bij Swifterbant, maakte het gebied vanaf het mesolithicum (9600 – 4900 voor Chr.) bij uitstek interessant als bewoningsplek.

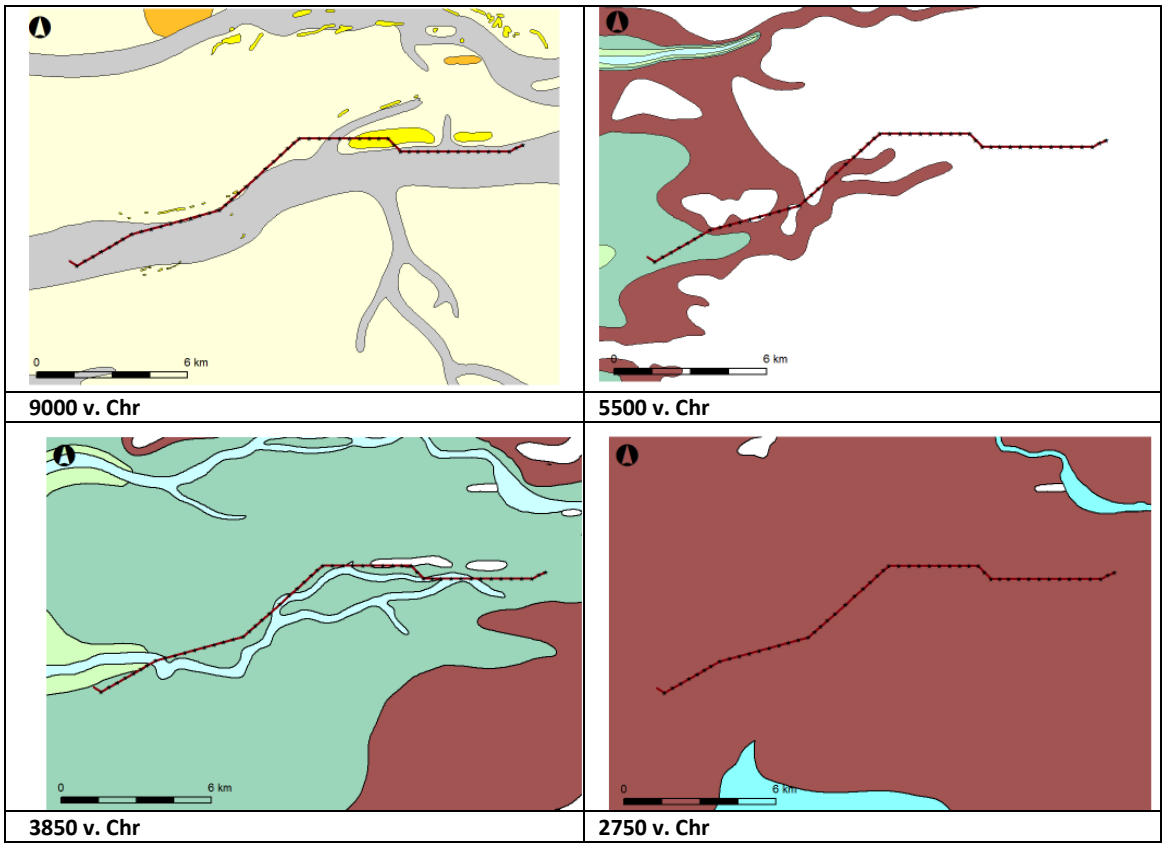
[1] Eimermann et al. 2009
[2] Cohen et al. 2009
[3] Van den Brenk & Waldus 2009
[4] o.a. Ente , Pons



Afbeelding 3: Dieptemodel, Pleistoceen oppervlak en holocene bedekking Ketelmeer (Van den Brenk & Waldus 2009) Reconstructie van de diepte van het Ketelmeer, het pleistocene oppervlak en de dikte van de holocene afzettingen op basis van circa 160 boringen.

Vanaf 5500 voor Chr. werd de invloed van stijgend (grond)water op de landschappelijke ontwikkeling steeds groter. De vernatting kenmerkte zich eerst door het optreden van veengroei (vernatting door hogere grondwaterstand), later door het ontstaan van een gebied met meer open water, uiteindelijk zelfs in directe verbinding met de zee. Er ontstond een landschap waarin een stelsel van getijdengeulen (kreken) voor de afwatering op een noordwestelijk gelegen lagune zorgde. Naast de geulen lagen hoger gelegen oeverwallen die bij verdere aangroei gedurende steeds langere perioden droog kwamen te liggen. Zo werden zij geschikt als (zomer)verblijfplaats. De Swifterbantcultuur maakte gebruik van deze verblijfsmogelijkheden.

In het Subatlanticum (vanaf 900 voor Chr.) nam de invloed van de zee toe en ontstond een groot meer (Meer Flevo). Hierin werd de laag die we nu Flevo-Laag noemen afgezet. Rond het begin van de jaartelling was een groot deel van het relatief laaggelegen veen weggeslagen. Op sommige plekken bleven echter 'veenbulten' bestaan. Het Flevomeer breidde zich in de middeleeuwen uit tot het Almere, dat tot circa 1.250 na Chr. bestond. Dit meer stond via de IJ-boezem in contact met de Noordzee, waardoor er een brak milieu aanwezig was. In deze periode is vooral veel zandige klei afgezet (Almere Laag). Ten oosten van het plangebied bevond zich de delta van de Gelderse IJssel, die uitmondde in het meer. De loop van de huidige IJssel is pas in de vroege middeleeuwen ontstaan tot die tijd vond afstroming plaats via beken.[5]



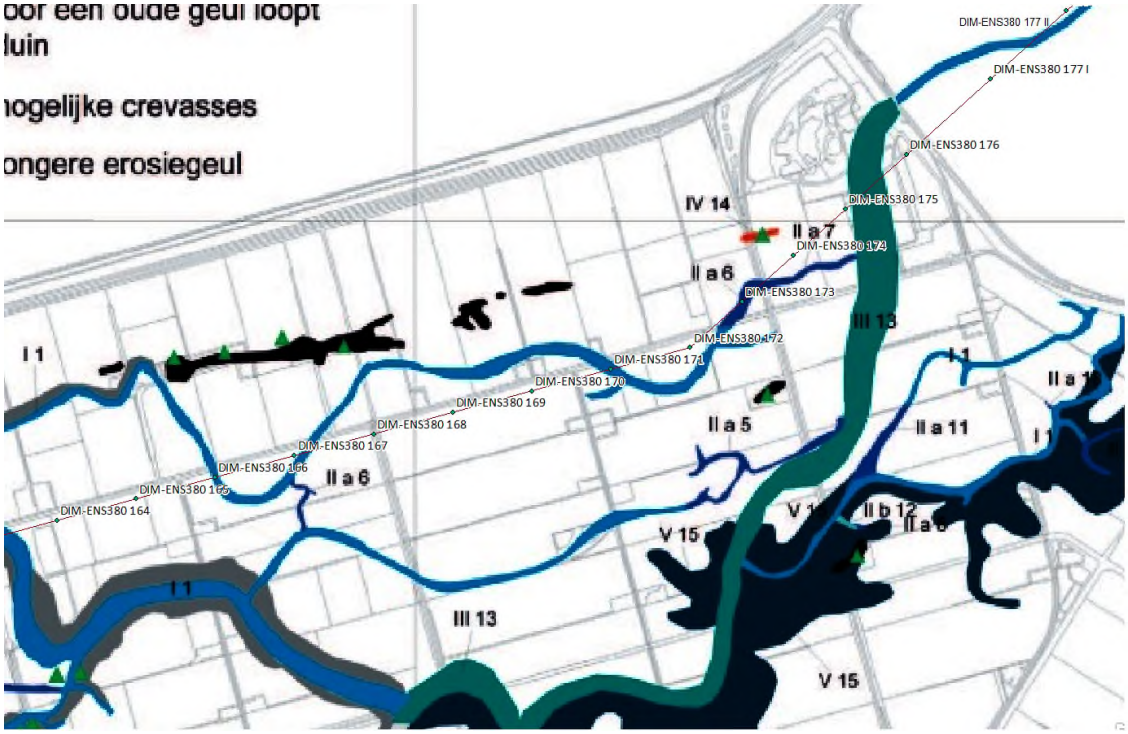
Afbeelding 4: Paleogeografische situatie in 9000, 5500, 3850 en 2750 v. Chr. met daarop het 380 kV tracé (Vos e.a. 2011) (grijs: beekdal, licht geel: laag duin, donker geel: donk, groen: kwelder, bruin: veen, licht blauw: buitenwater).

De invloed van de zee op het Almere nam in de loop van middeleeuwen geleidelijk toe. Rond 1250 werd de invloed van de zee dusdanig dat de al dan niet door klei bedekte veenafzettingen verder werden geërodeerd. Vanaf deze periode vormde zich door voortdurende afbraak een binnenzee. In de veertiende eeuw ontstond een nieuwe inbraakgeul, die de Noordzee via de Waddenzee met het Almere verbond. Hierdoor werd het milieu weer zout (in tegenstelling tot het brakke Almere), en ontstond de Zuiderzee. In de Zuiderzee werd een laag jonge zeeklei afgezet. Tot de jaren 30 van de vorige eeuw stond de Zuiderzee in directe verbinding met de Noordzee. Flevoland bestond toen dus vooral uit water. In 1932 werd de Zuiderzee afsloten van de Noordzee door het voltooien van de Afsluitdijk en ontstond het IJsselmeer. In 1936 is men begonnen met het droogleggen van de Noordoostpolder. De afzettingen in het Ketelmeer en de Noordoostpolder hebben dus een vergelijkebare opbouw, aangezien verandering tussen de gebieden voornamelijk pas is opgetreden na de drooglegging van de polder en inklinking is opgetreden van met name de venige afzettingen die zijn ingepolderd.

[5] Cohen et al. 2009

In 2010 is de kaart van het krekensysteem van Swifterbant uit 1979 ge- updatet.[6] Deze geeft een gedetailleerd beeld van het prehistorisch landschap van het Swifterbant gebied (afbeelding 5). Mastlocaties 166, 171, 173 zijn gelegen ter hoogte van een kreek.

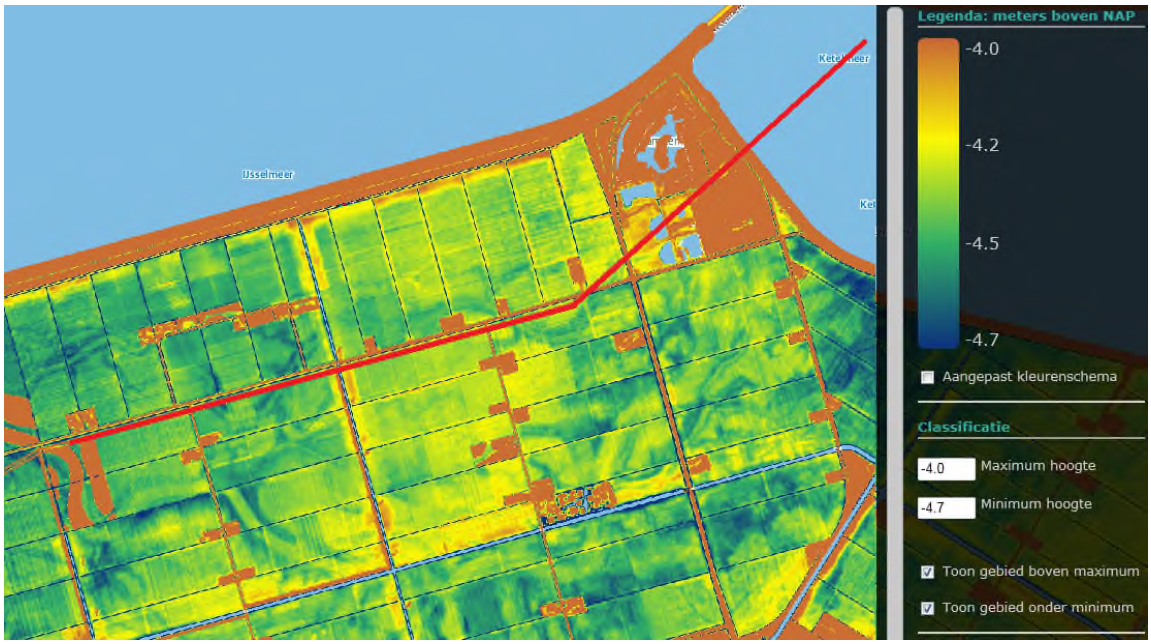
Bij mastlocatie 173 is de bouwweg ook op de kreek gelegen. De bouwwegen ten zuiden van mastlocatie 174 en ten oosten mastlocatie 175 kruisen een kreek. De kreek bij locaties 166, 171, 173 en 174 lijkt tot hetzelfde kreeksysteem te behoren waardoor eventuele oeverafzettingen op gelijke hoogte worden verwacht. De bouwweg ten oosten van locatie 175 kruist een kreeksysteem dat het oudere systeem afsnijdt. De oeverafzettingen ten westen van mast 175 mogelijk op een ander niveau (dichter onder het maaiveld) gelegen. Locaties 177 I en 177 II zijn ter plaatse van de voormalige geul van de pleistocene Rijn gelegen die een laagte in de pleistocene afzettingen vormt (afbeelding 3).



Afbeelding 5: Kaart van het kreekruggensysteem Swifterbant (RUG 2010)

Geomorfologie en AHN: Met uitzondering van mastlocaties 177 I en 177 II, zijn alle mastlocaties inclusief bouwwegen gelegen in een vlakte van zee- of meerbodemafzettingen (2M33). De locaties 177 I en 177 II liggen in het water (W). Op het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN, Afbeelding 6) zijn de kreeksystemen duidelijk zichtbaar. De ligging van de kreeksystemen komt overeen met de kreeksystemen zoals weergegeven op de kaart in afbeelding 5. De hoogte van het maaiveld ligt tussen de circa 4,2 en 4,5 onder NAP. Voor de mastlocaties in het Ketelmeer zijn geen hoogtegegevens opgenomen op het AHN. Uit het dieptemodel (afbeelding 3), blijkt dat de meerbodem op een diepte van 4 tot 5 m onder NAP is gelegen.

[6] Dresscher & Raemaekers 2010



Afbeelding 6: Uitsnede uit het AHN (www.ahn.nl).

- *Bodem en grondwater:* Volgens de bodemkaart in archis2 is ter hoogte van het merendeel van de mastlocaties inclusief bouwwegen sprake van poldervaaggronden, bestaande uit lichte zavel (Mn12A; mastlocaties 165-176) of klei (Mn82A; mastlocatie 164). Van de mastlocaties 171 I en 177 II is geen bodemtype opgenomen omdat deze in het water zijn gelegen. De grondwatertrap ter hoogte van locaties 164 t/m 173 is VI. Hierbij ligt de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) tussen de 40 en 80 cm beneden maaiveld. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) ligt dieper dan 120 cm beneden maaiveld. Ter hoogte van locaties 174 t/m 176 is de grondwatertrap V. Hierbij ligt de GHG minder dan 40 cm beneden maaiveld en de GLG meer dan 120 cm beneden maaiveld. De voeten van de mastlocaties 171 I en 171 II bevinden zijn onder water .

- *Cultuurtechnische boringen en inventariserend veldonderzoek*: In november 2014 is er ter hoogte van de mastlocaties en bouwwegen op het land een cultuurtechnisch booronderzoek uitgevoerd. Per mastlocatie zijn minstens vijf boringen gezet. Hoewel dit geen archeologisch booronderzoek betreft, geeft het wel een goed beeld van de bodemopbouw ter hoogte van de mastlocaties. Uit het booronderzoek is gebleken dat potentieel archeologisch interessante lagen die kunnen duiden op de aanwezigheid van duinkoppen zich dieper dan 4 m beneden maaiveld bevinden. Hoewel de diepte van het pleistocene zand bij de masten in het Ketelmeer niet is vastgesteld, kan op basis van de landschappelijke ontwikkeling (diepere ligging pleistocene afzetting in verband met ligging pleistocene IJssel, zie ook afbeelding 3) en de gegevens uit de cultuurtechnische boringen worden aangenomen dat het pleistocene zand ter plaatse van het Ketelmeer niet binnen maximale verstoringsdiepte van 2,0 m onder de meerbodem aanwezig is.

  Het valt echter niet uit te sluiten dat zich binnen 2,0 m –mv. oeverafzettingen van kreeksystemen bevinden. De diepte van de hiermee geassocieerde lagen kunnen niet met zekerheid uit de cultuurtechnische boringen worden gehaald.

2.3 Archeologisch beleid

In het bestemmingsplan 'buitengebied' zijn de hoogspanningsmasten en bouwwegen 164 tot en met 173 gelegen in een zone met een dubbelbestemming 'waarde archeologie'. De versie van het bestemmingsplan die op ruimtelijke plannen beschikbaar is, is de ontwerpversie van 6 maart 2014. Meer specifiek hebben de locaties van de hoogspannningsmasten en de bouwwegen waarde archeologie 2. Deze waarde wordt toegekend aan gronden met een (zeer) hoge archeologische waarde. Hierbij geldt dat bij alle bodemverstorende werkzaamheden met ongeacht welke oppervlakte of verstoringsdiepte archeologisch onderzoek noodzakelijk is.

De hoogspanningsmasten en bouwwegen 174 tot en met 176 op het land en de masten in het water van het Ketelmeer (171 I en 171 II) vallen onder het bestemmingsplan ‘Randmeerzone’ van 27 juni 2013 en liggen eveneens in een zone met een dubbelbestemming ‘waarde archeologie’. De masten op het land vallen in waarde archeologie 2 met dezelfde voorwaarden als opgenomen onder het bestemmingsplan ‘buitengebied’ zoals in bovenstaande alinea beschreven. De masten in het Ketelmeer vallen in waarde archeologie 5 die is toegekend aan waterbodems met mogelijk te verwachten hoge archeologische waarden. Hierbij geldt eveneens dat bij alle bodemverstorende werkzaamheden met ongeacht welke oppervlakte of verstoringsdiepte archeologisch onderzoek noodzakelijk is.

2.4 Historische situatie en mogelijke verstoringen

Flevoland is al vanaf het paleolithicum bezocht door rondtrekkende groepen jager-verzamelaaars. Er zijn vuursteenvondsten uit het laat-paleolithicum aangetroffen, maar over menselijke activiteit rondom Dronten is voor deze periode weinig bekend.

In het mesolithicum begon het gebied door het warmer wordende klimaat te vernatten. Beekjes sneden zich in het dekzand in en via deze waterlopen konden de eerste bewoners zich gemakkelijk door het moerasland verplaatsen. De rivierduinen in de omgeving werden regelmatig bezocht door groepen jager-verzamelaars.

In de loop van het neolithicum kreeg de zee invloed in het gebied en door de geulen van de IJssel stroomde brak water het gebied in. Hierdoor werd sediment meegevoerd die in de vorm van oeverwallen werd afgezet. Hierop zijn verschillende nederzettingen bekend. In deze periode vond de overgang plaats van jagen-verzamelen naar sedentaire nederzettingen waarin de bewoners aan akkerbouw en veeteelt deden en hun eigen aardewerk maakten. De Swifterbantcultuur is bepalend voor deze periode (en staat tevens symbool voor het langdurige proces van de overgang van jagen-verzamelen naar landbouw (5000 tot 3400 voor Chr.). Uit deze periode is tevens de oudst bekende akker van Noordwest-Europa bekend tussen Swifterbant en Lelystad (van 4200 voor Chr.)[7].

In de loop van het neolithicum raakte het gebied rondom Dronten door de toenemende vernatting langzamerhand onbewoonbaar. Er was sprake van veengroei en er ontstond een groot binnenmeer. Aan de zuidzijde van Dronten is nog wel een terrein met bewoningssporen uit deze periode bekend, maar dit is zeer zeldzaam.

In de vroege middeleeuwen breidde het open watergebied in het Zuiderzeebekken zich in hoog tempo uit maar tot in de late middeleeuwen bleven sommige delen in de omgeving nog bewoonbaar.

Tot de jaren 30 van de vorige eeuw stond de Zuiderzee in directe verbinding met de Noordzee. Flevoland bestond toen dus vooral uit water. In dat water bevonden zich wel enkele eilanden zoals Urk, Schokland, Wieringen en Marken. In 1932 werd de Zuiderzee afsloten van de Noordzee door het voltooien van de Afsluitdijk en ontstond het IJsselmeer. In 1936 is men begonnen met het droogleggen

[7] Eimermann et al. 2009

van de Noordoostpolder waardoor Urk en Schokland geen eiland meer waren. In 1942 werd de drooglegging van de Noordoostpolder voltooid. Pas na de Tweede Wereldoorlog werd begonnen met de bouw van boerderijen en de uitgifte van grond. In 1950 begon men met het droogleggen van oostelijk Flevoland en daar werden in 1962 de eerste huizen opgeleverd. In zuidelijk Flevoland werden in 1976 de eerste huizen opgeleverd.

De locaties van dit onderzoek zijn gelegen in oostelijk Flevoland. Vanwege deze ontstaansgeschiedenis worden er vooral sporen van de bewoners van dit gebied uit het mesolithicum en neolithicum verwacht, Voor de periodes daarna worden vooral scheepswrakken verwacht uit de periode middeleeuwen-nieuwe tijd.

Er zijn geen gegevens beschikbaar over de huidige fundering van de hoogspanningsmasten en de bodemverstoring die deze teweeg heeft gebracht. De cultuurtechnische boringen die in de nabijheid van de mastlocaties zijn gezet hebben geen grootschalige verstoringen aangetoond. De opdrachtgever heeft aangegeven dat ten behoeve van de nieuwe fundering de bodem tot maximaal 2 m beneden maaiveld zal worden verstoord. De bouwwegen en lierplaatsen worden nieuw aangelegd waardoor een verstoring van 0,6 tot 0,8 meter beneden maaiveld zal optreden. Ter plaatse van de bouwwegen is naast de verstoring door agrarisch gebruik vermoedelijk weinig verstoring opgetreden.

Verstoring nabij de mastlocaties in het Ketelmeer is niet onderzocht door middel van de cultuurtechnische boringen. In het Ketelmeer zijn op een aantal locaties zandwinningsputten aanwezig, deze zijn echter ten oosten van het plangebied gelegen en ook de sanering die in het meer heeft plaatsgevonden is meer naar het oosten toe uitgevoerd. Vermoedelijk is op de bodem van het meer weinig verstoring opgetreden omdat voornamelijk sedimentatie heeft plaatsgevonden. Eerder uitgevoerd onderzoek toont aan dat het oude bodemoppervlak vermoedelijk intact is.[8]

2.5 Bekende waarden

Archeologische waarden

- ***Gegevens uit ARCHIS: AMK-terreinen***

Mastlocaties 164 tot en met 176 (inclusief bouwwegen) zijn gelegen binnen de contouren van AMK-terrein 12510. Dit betreft een terrein van hoge archeologisch waarde. Samen met het deel van het AMK-terrein dat is gelegen in de gemeente Lelystad (monument nummer 12500) is er in dit gebied sprake van rivierduinen met daarop resten uit het mesolithicum evenals van de Swifterbantcultuur.
Binnen deze terreinen van hoge archeologische waarde bevinden zich een aantal gebieden van zeer grote archeologische waarde (monument nummers 1696, 1697, 1698, 1699, 1703, 1704, 12499, 15830. Het gaat hierbij om Swifterbantvindplaatsen. Daarnaast bevat monumentnummer 15830 en ook monumentnummer 15831 een scheepswrak.

- ***Gegevens uit ARCHIS: archeologische waarnemingen***

Er zijn geen waarnemingen gedaan op de locaties van de hoogspanningsmasten, wel is er één waarneming gelegen ter plaatse van de bouwweg ten noorden van mast 174 (waarneming 138923). Het betreft houtskool afkomstig van een rivierduin. De top van het duin is gelegen op een diepte van 1,0 m – mv.[9] De overige waarnemingen die zijn gedaan in de omgeving van het tracé houden alle eveneens verband met de AMK-terreinen waarop bewoningsresten uit het mesolithicum van de Swifterbantcultuur zijn aangetroffen. Daarnaast is er sprake van enkele scheepswrakken. In tabel 1 staan de waarnemingen die zijn gedaan in de omgeving van het tracé weergegeven. De locaties van deze waarnemingen staat aangegeven in kaartbijlage 1.

[8] Van den Brenk & Waldus 2009
[9] Raemaekers 2000

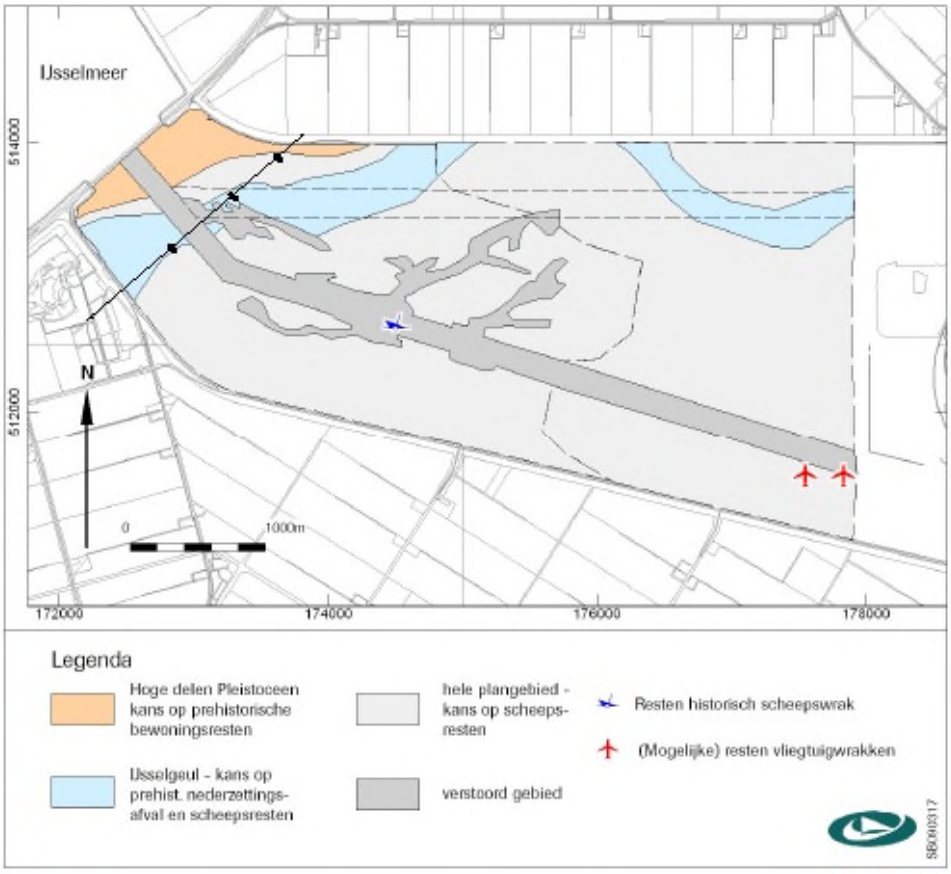
Waarneming	Complex	Begin	Eind
29037	Scheepvaart	Nieuwe tijd B: 1650 - 1850 nC	Nieuwe tijd B: 1650 - 1850 nC
29038	Scheepvaart	Middeleeuwen laat: 1050 - 1500 nC	Nieuwe tijd: 1500 - heden
29390	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
29404	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
29407	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
29407	Onbekend	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
29516	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
29517	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
29596	Scheepvaart	Nieuwe tijd A: 1500 - 1650 nC	Nieuwe tijd B: 1650 - 1850 nC
30094	Onbekend	Nieuwe tijd A: 1500 - 1650 nC	Nieuwe tijd A: 1500 - 1650 nC
30096	Onbekend	Mesolithicum: 8800 - 4900 vC	Nieuwe tijd C: 1850 - heden
30102	Nederzetting, onbepaald	Paleolithicum: tot 8800 vC	Nieuwe tijd: 1500 - heden
30105	Nederzetting, onbepaald	Mesolithicum laat: 6450 -4900 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
30106	Onbekend	Paleolithicum: tot 8800 vC	Nieuwe tijd C: 1850 - heden
30110	Onbekend	Paleolithicum: tot 8800 vC	Nieuwe tijd C: 1850 - heden
30871	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
49690	Scheepvaart	Middeleeuwen laat B: 1250 - 1500 nC	Middeleeuwen laat B: 1250 - 1500 nC
55070	Scheepvaart	Nieuwe tijd: 1500 - heden	Nieuwe tijd: 1500 - heden
55073	Scheepvaart	Middeleeuwen laat B: 1250 - 1500 nC	Middeleeuwen laat B: 1250 - 1500 nC
55074	Scheepvaart	Nieuwe tijd: 1500 - heden	Nieuwe tijd: 1500 - heden
55075	Scheepvaart	Nieuwe tijd A: 1500 - 1650 nC	Nieuwe tijd B: 1650 - 1850 nC
55076	Scheepvaart	Nieuwe tijd C: 1850 - heden	Nieuwe tijd C: 1850 - heden
55077	Scheepvaart	Paleolithicum: tot 8800 vC	Nieuwe tijd C: 1850 - heden
55078	Scheepvaart	Nieuwe tijd: 1500 - heden	Nieuwe tijd: 1500 - heden
55080	Scheepvaart	Nieuwe tijd C: 1850 - heden	Nieuwe tijd C: 1850 - heden
55081	Scheepvaart	Nieuwe tijd C: 1850 - heden	Nieuwe tijd: 1500 - heden
55169	Scheepvaart	Nieuwe tijd B: 1650 - 1850 nC	Nieuwe tijd B: 1650 - 1850 nC
55170	Scheepvaart	Nieuwe tijd: 1500 - heden	Nieuwe tijd: 1500 - heden
60161	Grafheuvel, inhumatie	Neolithicum vroeg: 5300 - 4200 vC	Neolithicum midden: 4200 - 2850 vC
60162	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum: 5300 - 2000 vC	Neolithicum: 5300 - 2000 vC
60163	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum: 5300 - 2000 vC	Neolithicum: 5300 - 2000 vC
60164	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum: 5300 - 2000 vC	Neolithicum: 5300 - 2000 vC
138923	Nederzetting, onbepaald	Paleolithicum laat: 35000 C14 - 8800 vC	Neolithicum midden: 4200 - 2850 vC
413121	Basiskamp/-nederzetting	Mesolithicum: 8800 - 4900 vC	Neolithicum midden: 4200 - 2850 vC
413123	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
418051	Basiskamp/-nederzetting	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
423599	Akker/tuin	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
423599	Basiskamp/-nederzetting	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
424621	Inhumatiegraf	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
424621	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
424626	Akker/tuin	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
424626	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
433178	Nederzetting, onbepaald	Mesolithicum: 8800 - 4900 vC	Neolithicum: 5300 - 2000 vC
437475	Niet van toepassing	Middeleeuwen laat A: 1050 - 1250 nC	Nieuwe tijd: 1500 - heden
437889	Niet van toepassing	Paleolithicum: tot 8800 vC	Nieuwe tijd C: 1850 - heden

Tabel 1. Archeologische waarnemingen binnen onderzoeksgebied (bron: ARCHIS)

- ***Gegevens uit ARCHIS: eerdere onderzoeken***

Het tracé op het vaste land is gelegen in een gebied dat in 2007 is onderzocht middels een bureauonderzoek ten behoeve van de aanwijzing als 'Provinciaal Archeologische en Aardkundige Kerngebieden' (ParK)-locatie (onderzoeksmelding 25788).

Het deel van het tracé dat in het Ketelmeer is gelegen is een gebied dat in 2009-2011 is onderzocht door middel van een bureauonderzoek (onderzoeksmelding 34300) in verband met de sanering van het Ketelmeer.[10] Hierbij is specifiek voor het Ketelmeer een archeologische verwachting opgesteld. De twee mastlocaties in het Ketelmeer liggen in een zone waar de pleistocene IJsselgeul is gelegen en waarbij een kans op het aantreffen van prehistorisch nederzettingsafval en scheepsresten aanwezig is.



Afbeelding 7: Archeologische verwachtingskaart Ketelmeer (Van den Brenk & Waldus 2009) De mastlocaties zijn aangegeven in het zwart. De twee zuidelijke mastlocaties liggen in de gemeente Dronten en vallen binnen de scope van dit onderzoek.

Daarnaast is in het onderzoeksgebied een inventariserend veldonderzoek (onderzoeksmelding 47517) voor de sanering van een deel van het Ketelmeer en de aanleg van een vaargeul (buiten huidige plangebied) uitgevoerd. De werkzaamheden zijn archeologisch begeleid in 2012 (onderzoeksmelding 34300). De sanering heeft ten oosten van de mastlocaties in het Ketelmeer plaatsgevonden en betreft enkel de bovenste holocene afzettingen.

De overige onderzoeken in tabel 2 zijn uitgevoerd in de omgeving van het tracé op het land. De drie opgravingen zijn uitgevoerd op 250 m ten zuiden (onderzoeksmelding 6829 en 13174), 800 m ten zuiden (onderzoeksmelding 12860) van het tracé in de nabijheid van de gemeentegrens Lelystad-Dronten. Bij deze opgravingen zijn sporen van de Swifterbantcultuur aangetroffen.

[10] Van den Brenk & Waldus 2009

OM-nr	Uitvoerder	Type onderzoek	Jaar uitvoering
3783	Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek	Archeologisch: proefputten/proefsleuven	2003
3795	RAAP Archeologisch Adviesbureau	Archeologisch: booronderzoek	2002
3796	RAAP Archeologisch Adviesbureau	Archeologisch: booronderzoek	2002
6829	Groninger Instituut voor Archeologie	Archeologisch: opgraving	2004
10126	RAAP Archeologisch Adviesbureau	Archeologisch: geofysisch onderzoek	1995
10812	RAAP Archeologisch Adviesbureau	Archeologisch: booronderzoek	2000
10816	RAAP Archeologisch Adviesbureau	Archeologisch: booronderzoek	2000
12860	Groninger Instituut voor Archeologie	Archeologisch: opgraving	2005
13174	Biologisch Archeologisch Instituut	Archeologisch: opgraving	1964
17195	De Steekproef, Archeologisch Onderzoeks- en Adviesbureau	Archeologisch: booronderzoek	2006
22257	De Steekproef, Archeologisch Onderzoeks- en Adviesbureau	Archeologisch: booronderzoek	2007
25788	RAAP Archeologisch Adviesbureau	Archeologisch: bureauonderzoek	2007
29855	Groninger Instituut voor Archeologie	Archeologisch: booronderzoek	2008
34300	Periplus Archeomare	Archeologisch: bureauonderzoek	2009
39374	Arcadis	Archeologisch: onderwaterarcheologie	2010
39972	Vestigia BV	Archeologisch: booronderzoek	2010
40043	MUG Ingenieursbureau BV	Archeologisch: bureauonderzoek	2010
40044	MUG Ingenieursbureau BV	Archeologisch: booronderzoek	2010
40338	Becker en Van de Graaf	Archeologisch: booronderzoek	2010
44340	Vestigia BV	Archeologisch: booronderzoek	2010
47571	Periplus Archeomare	Archeologisch: geofysisch onderzoek	2011
50993	ADC Archeoprojecten	Archeologisch: begeleiding	2012
52546	MUG Ingenieursbureau BV	Archeologisch: booronderzoek	2012
52628	MUG Ingenieursbureau BV	Archeologisch: booronderzoek	2012
52736	Vestigia BV	Archeologisch: booronderzoek	2012
54128	De Steekproef, Archeologisch Onderzoeks- en Adviesbureau	Archeologisch: booronderzoek	2012
56323	Vestigia BV	Archeologisch: booronderzoek	2013
56919	MUG Ingenieursbureau BV	Archeologisch: bureauonderzoek	2013

Tabel 2. Eerder uitgevoerde onderzoeken binnen onderzoeksgebied (bron: ARCHIS).

Ondergrondse bouwhistorische waarden

Nabij het tracé is geen sprake van bebouwing met een vastgestelde bouwhistorische rijksmonumentale waarde.[11]

[11] www.atlasleefomgeving.nl

2.6 Archeologische verwachting

Bestaande verwachtingskaarten

- *IKAW:* Op de landelijke IKAW hebben locaties 166, 168 t/m 170, 174, 176, 177 I en 177 II een hoge archeologische verwachting, waarvan de locaties 177 I en 177 II onder water zijn gelegen. De locaties 167, 171, 172 en 175 hebben een middelhoge verwachting en de locaties 164 en 165 een lage archeologische verwachting.

- *Provinciale verwachtingskaart:* In het Omgevingsplan Flevoland 2006 is ook het archeologiebeleid van de provincie Flevoland gevisualiseerd. In het provinciaal archeologiebeleid is onderscheid gemaakt in Provinciaal Archeologische en Aardkundige Kerngebieden (PArK-en), archeologische attentiegebieden en top-10-locaties. De PArK-en en de top-10-locaties zijn door de provincie uitgewerkt, de uitwerking van de archeologische attentiegebieden is een gemeentelijke verantwoordelijkheid. Het plangebied op het vast land valt binnen de PArK-locatie Rivierduingebied Swifterbant en Top-10- locatie Oeverwallen en rivierduinen Swifterbantcultuur. Het gehele plangebied valt in een archeologisch aandachtsgebied.

- *Gemeentelijke verwachtingskaart:* Op de archeologische beleidskaart van de gemeente Dronten[12] zijn de 13 masten inclusief bouwwegen op het land gelegen binnen een zone die is aangemerkt als 'archeologisch waardevol gebied 2'. Hierbij is archeologisch onderzoek verplicht bij alle bodemingrepen ongeacht diepte en oppervlakte.

  e twee masten in het Ketelmeer liggen in een zone die is aangemerkt als ‘archeologisch waardevol gebied 5: waterbodems, de randmeerzone’. Voor deze zone geldt een verhoogde archeologische verwachting voor het aantreffen van scheepswrakken en nederzettingsafval?. Alleen bij grootschalige bodemverstoringen wordt onderzoek gedaan om de verwachting te specificeren. Afhankelijk daarvan worden nadere behoudsmaatregelen getroffen.

Gespecificeerde archeologische verwachting

Datering
Gezien de geologische/fysisch geografische ontwikkeling van het Zuiderzeegebied, dateren eventuele archeologische resten uit de periode van het (laat-)paleolithicum tot het midden-neolithicum. Uit meer recente perioden zijn geen vondsten te verwachten, aangezien het gebied vanaf circa 5100 BP (ca. 3150 voor Chr.) tot het midden van de 20e eeuw niet geschikt was voor bewoning (met uitzondering van een paar locaties in de omgeving van het plangebied). Uit de periode middeleeuwen-nieuwe tijd kunnen wel scheepswrakken worden aangetroffen.

Complextype
Uit de periode paleolithicum tot het vroeg-neolithicum kunnen resten worden aangetroffen die samenhangen met de mobiele levenswijze van de mens, zoals kleine (tijdelijke en/of periodieke) kampementen. Dergelijke vindplaatsen zijn te herkennen aan vuursteenconcentraties en haardkuilen. Daarnaast kunnen ook menselijke begravingen/crematies worden aangetroffen. Vanaf het midden-neolithicum (periode Swifterbant) ontstaan min of meer sedentaire bestaanswijzen. Rituele deposities worden ook niet uitgesloten. Voor meer recente perioden kunnen met name scheepswrakken worden aangetroffen.

[12] Eimermann et al. 2009

Omvang
(Vuursteen)vindplaatsen hebben een oppervlakte die varieert van enkele vierkante meters tot enkele tientallen vierkante meters. Swifterbant-vindplaatsen beslaan een beduidend groter oppervlak van tenminste enkele honderden vierkante meters. In het geval van scheepswrakken gaat het om puntvondsten van uiteenlopend formaat.

Diepteligging
Het cultuurtechnisch booronderzoek heeft aangetoond dat het dekzand en de loop van de pleistocene IJssel zich dieper dan 4m beneden maaiveld bevindt. Eventueel archeologisch interessante lagen kunnen echter ook samenhangen met kreekruggen. Op basis van het cultuurtechnisch onderzoek is niet uit te sluiten dat op locaties waar de masten op dergelijke kreken worden geplaatst sprake is van intacte afzettingen, die kansrijk zijn voor het aantreffen van archeologische resten binnen 2 m -mv.

Locatie
In principe kunnen binnen het gehele plangebied archeologische resten worden aangetroffen. De aanwezigheid van (intacte) archeologische resten hangt echter sterk af van de aard van het plangebied: is er sprake van reliëf in het dekzand (is er sprake van een hoger gelegen dekzandrug- en/of kop), is er sprake van een intact podzolprofiel? Eventuele scheepsresten kunnen overal in het plangebied worden aangetroffen.

Uiterlijke kenmerken
Vuursteenverspreiding, indicaties van bewerking van vuursteen, halffabricaten, productieafval, productiegereedschap zoals geweikoppen en klopstenen. Indicaties voor kortdurende nederzetting/kamp: haardkuilen, verbrand vuursteen, aardewerk. Indicaties voor jacht/voedselverzameling en -bereiding: werktuigen, spitsen, bijlen, schrabbers, stekers. Tevens visfuiken, vishaken, kano's, peddels etc.
Scheepswrakken: houten scheepswrakken met lading en scheepsinventaris.

Mogelijke verstoringen
Mogelijk aanwezige bodemverstoring kan ontstaan zijn als gevolg van erosie door overstromingen en/of inbraken vanuit geulsystemen. De antropogene verstoring is mogelijk ontstaan door diepploegen, vergraven/egaliseren van duinkopjes en vergraving langs sloten, alhoewel Dronten door de late ontginning minder te lijden heeft gehad van bodemingrepen.

Ook de bodem van het westelijk deel van Ketelmeer is naar verwachting grotendeels intact. Wellicht de meeste verstoring kan worden verwacht als gevolg van de aanleg van de bestaande hoogspanningsmasten. Er zijn geen echter gegevens beschikbaar over de huidige fundering van de hoogspanningsmasten en de bodemverstoring die deze teweeg heeft gebracht. De cultuurtechnische boringen die in de nabijheid van de mastlocaties zijn gezet hebben geen grootschalige verstoringen aangetoond. De bouwwegen worden nieuw aangelegd waardoor naar verwachting weinig verstoring aanwezig is, anders dan als gevolg van normale landbouwpraktijken..

3 Conclusies en advies

3.1 Conclusies

Op basis van het uitgevoerde bureauonderzoek als ook de gemeentelijke beleidskaart zijn alle locaties gelegen binnen een zone van archeologische waarde waarin sprake is van rivierduinen en/of inversieruggen met daarop resten uit het mesolithicum evenals van de Swifterbantcultuur. Daarnaast kunnen er ter hoogte van de locaties toevalsvondsten zoals scheepswrakken worden verwacht.

Conform het vigerende bestemmingsplan buitengebied is er ter hoogte van alle locaties een dubbelbestemming waarde archeologie van kracht. Dit betekent dat bij alle bodemverstorende werkzaamheden er een archeologisch onderzoek dient te worden uitgevoerd.

Het cultuurtechnisch booronderzoek heeft echter aangetoond dat het pleistoceen zand ter hoogte van de mastlocaties en bouwwegen is gelegen op meer dan 4 m beneden maaiveld. Ook voor de masten in het Ketelmeer kan worden aangenomen dat het pleistocene zand op een vergelijkbare diepte of dieper ligt. Bij een verstoring van maximaal 2 m beneden maaiveld zal deze archeologische laag niet worden bereikt.

Ter hoogte van mastlocaties 166, 171 en 173, de bouwwegen ten zuiden van mast 173 en 174 en de bouwweg ten oosten van 175 kan echter sprake zijn van een kreek met oeverafzettingen. De diepte van de hiermee geassocieerde lagen kunnen niet met zekerheid uit de cultuurtechnische boringen worden gehaald. Het is dan ook mogelijk dat deze lagen zich binnen de 2 m – mv (mastlocaties) of 0,6 tot 0,8 m – mv (bouwwegen) bevinden en dus verstoord zullen worden tijdens de werkzaamheden.

Daarnaast is het mogelijk dat er tijdens de werkzaamheden een scheepswrak als toevalsvondst wordt gedaan. Deze vondst kan echter ook na het uitvoeren van een archeologisch veldonderzoek niet worden uitgesloten.

3.2 (Selectie)advies

Wij adviseren dan ook om ter hoogte van **mastlocaties 166**, **171** en **173** en ter plaatse van de **bouwwegen** ten zuiden van mast **173** en **174** en de bouwweg ten oosten van **175** een karterend booronderzoek uit te voeren om de diepte van deze lagen met zekerheid te kunnen vaststellen en om te bekijken of deze verstoord zullen worden door de werkzaamheden.

Wij adviseren om alle overige mastlocaties en bouwwegen vrij te geven voor wat betreft archeologie.

Dit is een selectieadvies ter beoordeling aan de bevoegde overheid inzake het aspect archeologie, in deze de gemeente Dronten.

Ook voor vrijgegeven (delen van) plangebieden bestaat altijd de mogelijkheid dat er tijdens graafwerkzaamheden toch losse sporen en vondsten worden aangetroffen. Het betreft dan vaak kleine sporen of resten die niet door middel van een booronderzoek kunnen worden opgespoord. Op grond van artikel 53 van de Monumentenwet 1988 dient zo spoedig mogelijk melding te worden gemaakt van de vondst bij de heer D. Velthuizen van Nieuw Land Erfgoedcentrum.

Antea Group
Heerenveen, april 2015

Literatuur en geraadpleegde bronnen

Barends et. al., 1986: *Het Nederlandse landschap. Een historisch-geografische benadering*. Uitgeverij Matrijs, Utrecht.

Berendsen, H.J.A. 2004 (4e druk): *De vorming van het land. Inleiding in de geologie en geomorfologie.* Van Gorcum, Assen.

Berkel, G. van & K. Samplonius, 2006: *Nederlandse plaatsnamen, herkomst en historie.* Het Spectrum, Houten.

Brenk, S. van der & Waldus, W.B., 2009: *Bureauonderzoek Ketelmeer-West.* Periplus Archeomare rapport 09 A004, Amsterdam.

Cohen, K.M., Stouthamer, E., Hoek, W.Z., Berendsen, H.J.A. & Kempen, H.F.J., 2009: *Zand in Banen - Zanddieptekaarten van het rivierengebied en het IJsseldal in de provincies Gelderland en Overijssel*, Arnhem.

Dresscher, S. & Raemaekers, D.C.M., 2010: 'Oude geulen op nieuwe kaarten. Het krekensysteem bij Swifterbant (FL).' IN: *Paleo-aktueel 21.* Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.

Eimermann, E., Gouw, M.J.P. & Kerkhoven, A.A., 2009: *Archeologiebeleid gemeente Dronten; Archeologische beleidskaart en voorbeeldplanregels ten behoeve van bestemmingsplannen.* Vestigia, Amersfoort.

Raemaekers, D.C.M., 2000: *Natuurgebied Kamperhoek, gemeente Dronten; Aanvullende Archeologische Inventarisatie (AAI-1),* Raap-rapport 613, Amsterdam.

Vos, P. & Vries, S. de, 2013: *2e generatie paleogeogradische kaarten van Nederland (versie 2.0)*. Deltares, Utrecht.

Kaarten
Bodemkaart van Nederland, 1:50000, STIBOKA, kaartblad
Grote Historische Atlas (1830-1855), Wolters Noordhoff, Groningen
Minuutplan ca. 1830 (http://www.watwaswaar.nl)
Topografische kaart 1:25000 (http://kadata.kadaster.nl)
Topografisch-militaire kaarten 1879, 1900 (www.watwaswaar.nl)

Internet
www.watwaswaar.nl
archis2.archis.nl
www.atlasleefomgeving.nl
www.samflevoland.nl
www.ahn.nl

Bijlage 1: Archeologische perioden

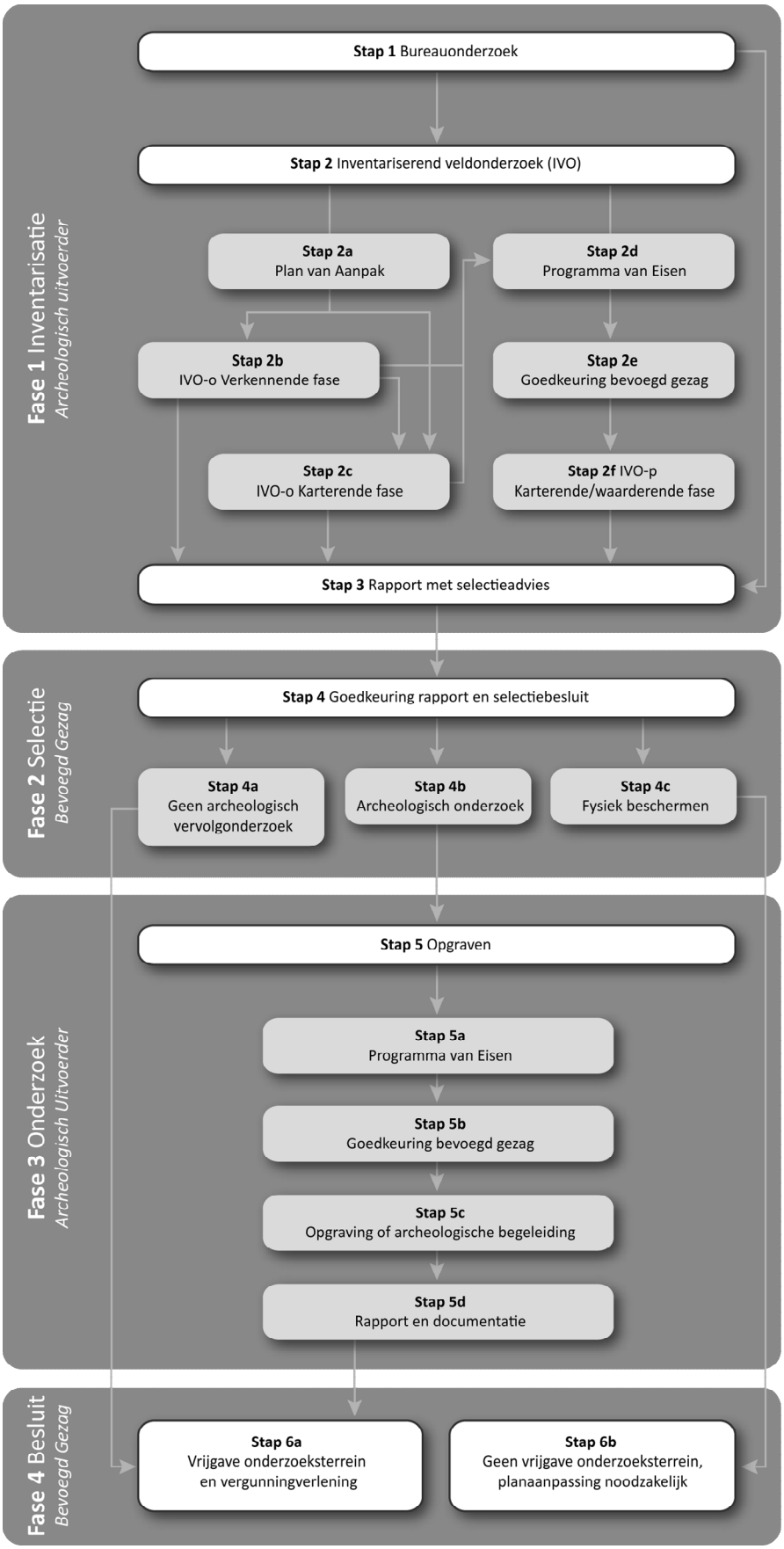
Bijlage 1: Archeologische perioden

Als bijlage op de resultaten en verzamelde gegevens wordt hieronder een algemene ontwikkeling van de bewoners-geschiedenis in Nederland geschetst.
Gedurende het **paleolithicum** (300.000-8800 voor Chr.) hebben moderne mensen (homo sapiens) onze streken tijdens de warmere perioden wel bezocht, doch sporen uit deze periode zijn zeldzaam en vaak door latere omstandigheden verstoord. De mensen trokken als jager-verzamelaars rond in kleine groepen en maakten gebruik van tijdelijke kampementen. De verschillende groepen jager-verzamelaars exploiteerden kleine territoria, maar verbleven, afhankelijk van het seizoen, steeds op andere locaties.
In het **mesolithicum** (8800-4900 voor Chr.) zette aan het begin van het Holoceen een langdurige klimaatsverbetering in. De gemiddelde temperatuur steeg, waardoor geleidelijk een bosvegetatie tot ontwikkeling kwam en de variatie in flora en fauna toenam. Ook in deze periode trokken de mensen als jager-verzamelaars rond. Voorwerpen uit deze periode bestaan voornamelijk uit voor de jacht ontworpen vuurstenen spitsjes.
De hierop volgende periode, het **neolithicum** (5300-2000 voor Chr.), wordt gekenmerkt door een overschakeling van jager-verzamelaars naar sedentaire bewoners, met een volledig agrarische levenswijze. Deze omwenteling ging gepaard met een aantal technische en sociale vernieuwingen, zoals huizen, geslepen bijlen en het gebruik van aardewerk. Door de productie van overschot kon de bevolking gaan groeien en die bevolkingsgroei had tot gevolg dat de samenleving steeds complexer werd. Uit het neolithicum zijn verschillende grafmonumenten bekend, zoals hunebedden en grafheuvels.
Het begin van de **bronstijd** (2000-800 voor Chr.) valt samen met het eerste gebruik van bronzen voorwerpen, zoals bijlen. Het gebruik van vuursteen was hiermee niet direct afgelopen. Vuursteenmateriaal uit de bronstijd is meestal niet goed te onderscheiden van dat uit andere perioden. Het aardewerk is over het algemeen zeldzaam. De grafheuveltraditie die tijdens het neolithicum haar intrede deed werd in eerste instantie voortgezet, maar rond 1200 voor Chr. vervangen door begravingen in urnenvelden. Het gaat hier om ingegraven urnen met crematieresten waar overheen kleine heuveltjes werden opgeworpen, eventueel omgeven door een greppel.
In de **ijzertijd** (800-12 voor Chr.) werden de eerste ijzeren voorwerpen gemaakt. Ten opzichte van de bronstijd traden er in de aardewerktraditie en in het gebruik van vuursteen geen radicale veranderingen op. De mensen woonden in verspreid liggende hoeven of in nederzettingen van enkele huizen. Op de hogere zandgronden ontstonden uitgebreide omwalde akkercomplexen (celtic fields). In deze periode werden de kleigebieden ook in gebruik genomen door mensen afkomstig van de zandgebieden. Opvallend zijn de verschillen in materiële welstand. Er zijn zogenaamde vorstengraven bekend in Zuid-Nederland, maar de meeste begravingen vonden plaats in urnenvelden.
Met de **Romeinse tijd (**12 voor Chr. tot 450 na Chr.) eindigt de prehistorie en begint de geschreven geschiedenis. In 47 na Chr. werd de Rijn definitief als rijksgrens van het Romeinse Rijk ingesteld. Ter controle van deze zogenaamde *limes* werden langs de Rijn *castella* (militaire forten) gebouwd. De inheems leefwijze handhaafde zich wel, ook al werd de invloed van de Romeinen steeds duidelijker in soorten aardewerk (o.a. gedraaid) en een betere infrastructuur. Onder meer ten gevolge van invallen van Germaanse stammen ontstond er instabiliteit wat uiteindelijk leidde tot het instorten van de grensverdediging langs de Rijn.
Over de **middeleeuwen** (450-1500 na Chr.), en met name de vroege middeleeuwen (450-1000 na Chr.), zijn nog veel zaken onbekend. Archeologische overblijfselen zijn betrekkelijk schaars. De politieke macht was na het wegvallen van de Romeinen in handen gekomen van regionale en lokale hoofdlieden. Vanaf de 10^{e} eeuw ontstaat er weer enige stabiliteit en is een toenemende feodalisering zichtbaar. Door bevolkingsgroei en gunstige klimatologische omstandigheden werd in deze periode een begin gemaakt met het ontginnen van bos, heide en veen. Veel van onze huidige steden en dorpen dateren uit deze periode.
De hierop volgende periode 1500 – heden wordt aangeduid als **nieuwe tijd**.

Bijlage 2: Archeologische Monumentenzorg (AMZ)

- **schematisch overzicht AMZ**
- **verklarende woordenlijst AMZ**

Schema Archeologische Monumentenzorg (AMZ)



Schema Archeologische Monumentenzorg (AMZ)

Verklarende woordenlijst Archeologische Monumentenzorg (AMZ)

Archeologische begeleiding (STAP 5c)
Een archeologische begeleiding wordt uitgevoerd wanneer proefsleuven of en opgraving niet mogelijk zijn door bijvoorbeeld civieltechnische beperkingen.

Archeologische indicatoren
Hiermee worden aanwijzingen in de bodem bedoeld die duiden op menselijke activiteiten in het verleden, zoals aardewerkscherven, houtskool, botmateriaal, vondstlagen, etc.

Archis
Archeologisch informatiesysteem voor Nederland. Een digitale databank met gegevens over archeologische vindplaatsen en terreinen.

Bureauonderzoek (STAP 1)
Het bureauonderzoek is een rapportage waarin een gespecificeerd archeologisch verwachtingsmodel wordt opgesteld aan de hand van geomorfologische en bodemkaarten, de Archeologische Monumentenkaart (AMK), het Archeologisch Informatiesysteem (ARCHIS), historische kaarten en archeologische publicaties.

Fysiek beschermen (STAP 4c)
De archeologische resten blijven in de bodem behouden door bijvoorbeeld planaanpassingen.

Geofysisch onderzoek
Meetapparatuur brengt archeologische verschijnselen in de bodem driedimensionaal in kaart zonder te boren of te graven. Dit kan bijvoorbeeld door radar-, weerstandsonderzoek of elektromagnetische metingen.

Gespecificeerd archeologisch verwachtingsmodel
Dit model geeft op detailniveau voor het plangebied aan wat aan archeologische vindplaatsen aanwezig kan zijn. Op basis van dit verwachtingsmodel wordt bepaald of een inventariserend veldonderzoek nodig is en wat de juiste methode is om eventueel aanwezige archeologische resten aan te tonen.

Inventariserend veldonderzoek (IVO) (STAP 2)
Tijdens een inventariserend veldonderzoek worden archeologische waarden in het veld geïnventariseerd en gedocumenteerd. Waar is wat in de bodem aanwezig? De inventarisatie kan bestaan uit een inventariserend veldonderzoek-overig (door middel van een booronderzoek, veldkartering en/of geofysisch onderzoek) en/of een inventariserend veldonderzoek door middel van proefsleuven. Wat de beste methode is, hangt sterk af van de omstandigheden en de aard van de vindplaats.

Inventariserend veldonderzoek - overig (IVO-o) (STAP 2b of 2c)
Bij een Inventariserend veldonderzoek - overig door middel van boringen (IVO-o) worden boringen gezet door middel van een handboor of guts.

Inventariserend veldonderzoek -*proefsleuven (IVO-p)* (STAP 2f)
Proefsleuven zijn lange sleuven van twee tot vijf meter breed die worden aangelegd in de zones waar aanwijzingen zijn voor het aantreffen van archeologische vindplaatsen.

Inventariserend veldonderzoek (IVO) - Verkennende fase (STAP 2b)
Wanneer bij het bureauonderzoek onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om een gespecificeerd verwachtingsmodel op te stellen, wordt een inventariserend veldonderzoek - verkennende fase uitgevoerd. In deze fase wordt onderzocht of de bodem nog intact is, wat de bodemopbouw is en hoe deze invloed heeft gehad op de locatiekeuze van de mens in het verleden. Het onderzoek is bedoeld om kansarme zones om archeologische resten aan te treffen uit te sluiten en kansrijke zones te selecteren voor vervolgonderzoek. Een verkennend onderzoek kent een relatief lage onderzoeksintensiteit en wordt meestal uitgevoerd door middel van boringen.
Inventariserend veldonderzoek (IVO) - Karterende fase (STAP 2c of 2f)
Tijdens een inventariserend veldonderzoek - karterende fase wordt het plangebied systematisch onderzocht op de aanwezigheid van archeologische sporen en/of vondsten. De intensiteit van onderzoek is groter dan in de verkennende fase, bijvoorbeeld door een groter aantal boringen per hectare of door het aanleggen van proefsleuven.

Inventariserend veldonderzoek (IVO) - Waarderende fase (STAP 2f)
Tijdens de waarderende fase wordt aangegeven of de aangetroffen archeologische vindplaatsen behoudenswaardig zijn. Dat betekent dat de aard, omvang, datering, conservering en inhoudelijke kwaliteit van de vindplaats(en) wordt vastgesteld. Wanneer de waardering van de archeologische resten laag is, hoeft geen verder archeologisch onderzoek te worden uitgevoerd. Het plangebied wordt 'vrijgegeven'. Wanneer de resten behoudenswaardig zijn, wordt in eerste instantie behoud in situ (ter plekke in de bodem) nagestreefd. Wanneer dit door de voorgenomen ontwikkelingen niet mogelijk is, wordt vervolgonderzoek uitgevoerd in de vorm van een opgraving of archeologische begeleiding. Vaak wordt deze fase gecombineerd uitgevoerd met het inventariserend veldonderzoek karterende fase.

Opgraving (STAP 5c)
Wanneer door de toekomstige ontwikkelingen aanwezige archeologische resten in de bodem niet behouden kunnen worden, wordt een opgraving uitgevoerd. Tijdens de opgraving worden archeologische resten gedocumenteerd, gefotografeerd en bestudeerd. Hierdoor wordt informatie over het verleden zo goed mogelijk vastgelegd en behouden.

Plan van Aanpak (PvA) (STAP 2a)
Voor een booronderzoek is een Plan van Aanpak (PvA) noodzakelijk. Het PvA beschrijft hoe het veldwerk wordt uitgevoerd en uitgewerkt.

Programma van Eisen (PvE) (STAP 2d of 5a)
Voor het uitvoeren van een inventariserend veldonderzoek - proefsleuven, archeologische begeleiding of opgraving is een Programma van Eisen (PvE) noodzakelijk. Het PvE beschrijft het doel, vraagstelling en uitvoeringsmethode van het archeologisch onderzoek. Dit document wordt beschouwd als basisdocument voor archeologisch veldonderzoek waarmee de inhoudelijke kwaliteit gewaarborgd wordt. Het PvE wordt goedgekeurd door het bevoegd gezag (gemeente, provincie of het rijk).

Quickscan
In een quickscan wordt geïnventariseerd of en waar archeologisch onderzoek moet worden uitgevoerd.

Selectieadvies (STAP 3)
In het selectieadvies wordt op archeologisch inhoudelijke argumenten het advies gegeven welke delen van het plangebied vrijgegeven kunnen worden voor verdere ontwikkeling en welke delen behouden of opgegraven moeten worden.

Selectiebesluit (STAP 4)
De bevoegde overheid (gemeente, provincie of soms het rijk) geeft op basis van het selectieadvies aan welke maatregelen genomen worden. De bevoegde overheid kan van het selectieadvies afwijken indien zij dat nodig acht.

Veldkartering
Bij een veldkartering wordt het plangebied systematisch belopen om archeologische oppervlaktevondsten te verzamelen.

Kaartenbijlage

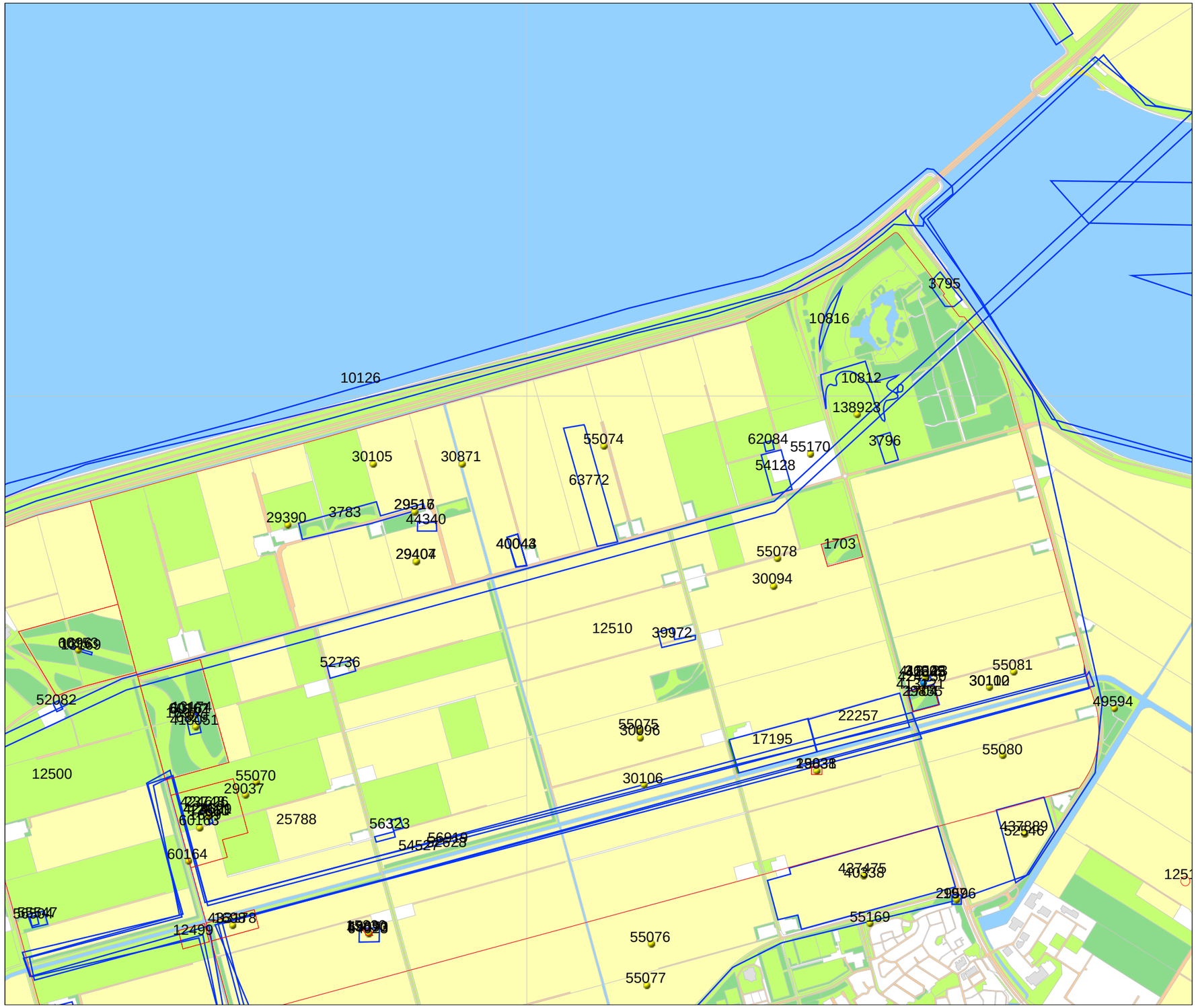
271507-ARCHIS: 380 kv trace Lelystad-Ens; Dronten DIM-ENS 380 164-177II

28-01-2015

Onderzoeksmeldingen, vondstmeldingen, waarnemingen en archeologische monumenten

M.L. Craane

173621 / 514638



Legenda

- MONUMENTEN
- WAARNEMINGEN
- VONDSTMELDINGEN
- ONDERZOEKSMELDINGEN

TOP10 ((c)TDN)

- bebouwd gebied
- doorgaande wegen
- bos
- bouwland
- weiland
- boomgaard/kwekerij
- heide
- zand
- begraafplaats
- water
- overig bodemgebruik
- PROVINCIES

Archis2

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap

167161 / 509187

0 500 1.000 1.500 2.000

Meters

NR	DATUM	WIJZIGING	GET.
D0	7-11-2014	DEFINITIEF	TdV

OPDRACHTGEVER

TenneT TSO B.V.

PROJECTOMSCHRIJVING

Opwaardering hoogspanningsverbinding Lelystad-Ens (mastnummers 156 t/m 206)

KAARTTITEL

Overzicht tracé met mastlocaties

KAARTNUMMER

271507-OV-03

GIS SPECIALIST
T.F. de Vries

SCHAAL
1:25.000

PROJECTLEIDER
R.S. Raap

FORMAAT
A2

DATUM
7-11-2014

BLAD IN BLADEN
1 van 1

STATUS
DEFINITIEF

WIJZ.NR
D0

www.anteagroup.nl

R:\00270000\00271507\ArcGIS\Kaarten\271507-OV-3.mxd

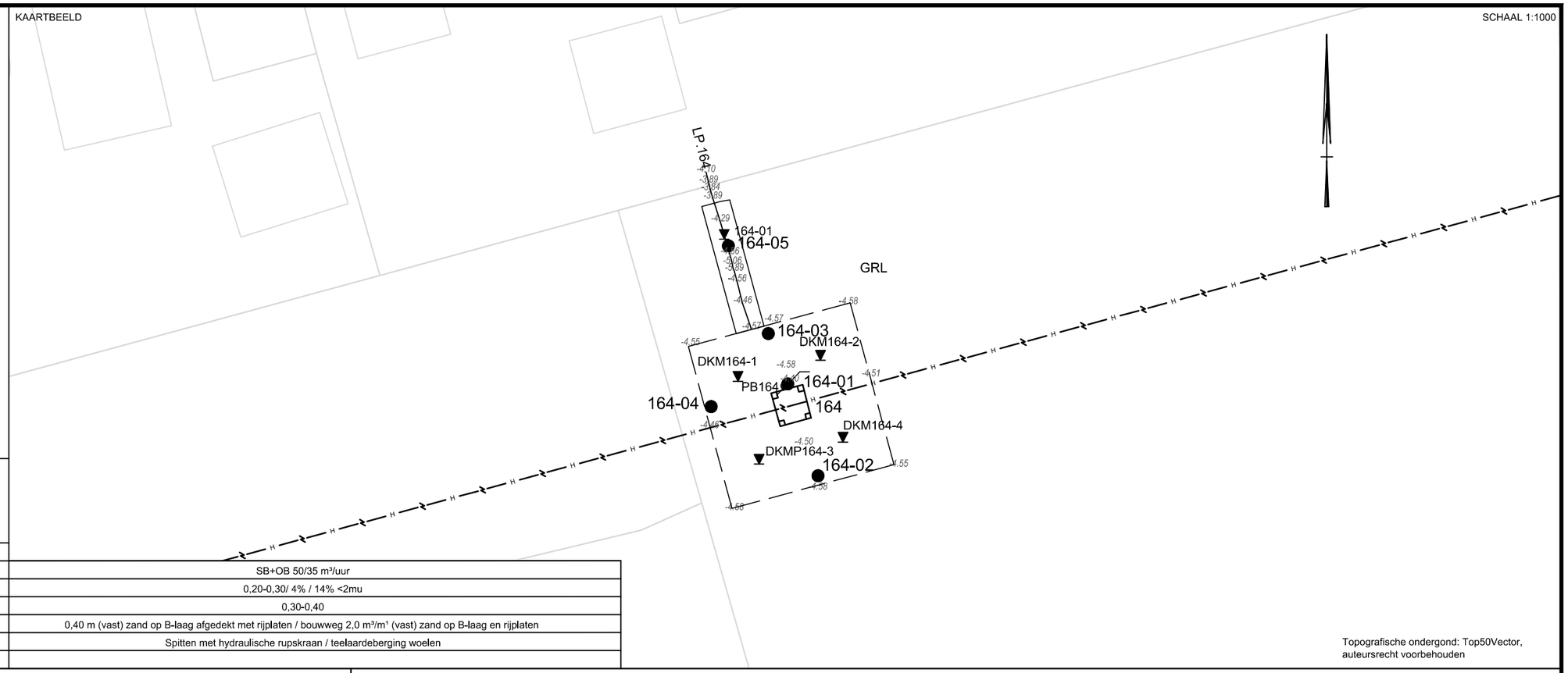
LEGENDA KAARTBEELD

- werkterrein
- toegangsweg
- hoogspanningsleiding
- terrein overig
- mast met nummer
- kabels en leidingen
- 156-02 cultuurtechnische boring
- 156-01 peilbuis
- PB156 diepe peilbuis (Fugro)
- 156-01 handsondering
- DKM156-1 sondering (Fugro)
- 1.04 maaiveldhoogte in m. t.o.v. N.A.P.

LEGENDA BEMALINGEN

hb	horizontale bronnering
vb	verticale bronnering
ob	open bemaling
sb	spanningsbemaling

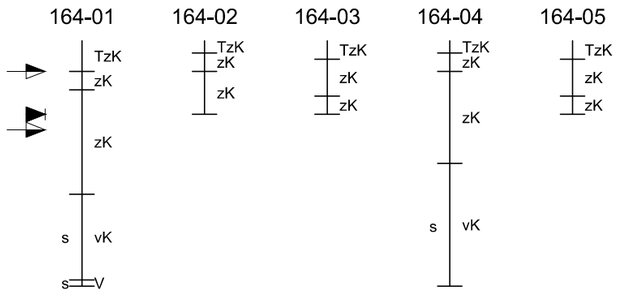
KAARTBEELD SCHAAL 1:1000



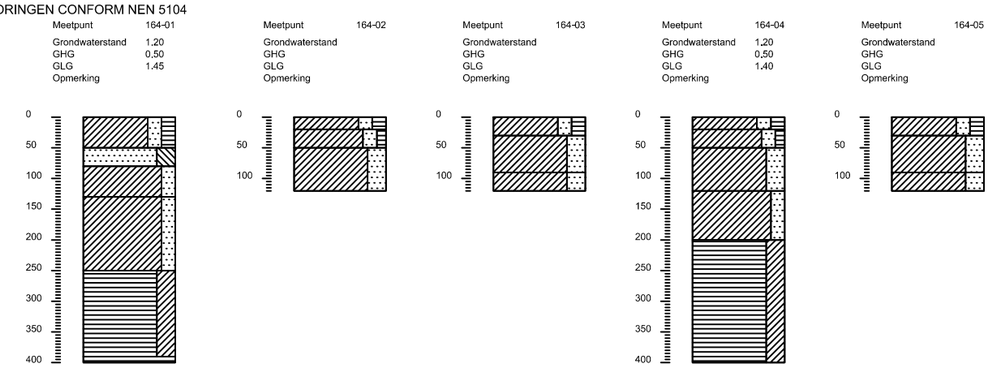
Topografische ondergond: Top50Vector, auteursrecht voorbehouden

CULTUURTECHNISCHE OMSCHRIJVING	
1. Bemalingstype en debiet (worst case GHG/GHS-situatie)	SB+OB 50/35 m³/uur
2. Teelaarde; dikte in m, org. stof geh., M50 of lutumgeh.	0,20-0,30/ 4% / 14% <2mu
3. Dikte van de B-laag in m.	0,30-0,40
4. Versteviging toegangsweg en werkterrein/opstelplaats	0,40 m (vast) zand op B-laag afgedekt met rijplaten / bouwweg 2,0 m³/m¹ (vast) zand op B-laag en rijplaten
5. Afwerking	Spitten met hydraulische rupskraan / teelaardeberging woelen
6. Opmerkingen	

BORINGEN CONFORM STIBOKA SCHAAL 1:100



BORINGEN CONFORM NEN 5104 SCHAAL 1:100



0B
10-12-2014

LEGENDA BORINGEN CONFORM STIBOKA

PROFIEL

Tx	teelaarde met grondsoort		KK	katteklei	
Z	zand	<18% <50mu en/of <5% <2mu	kZ	kleiig zand	5-8% <2mu
			zK	lichte zavel	8-18% <2mu
Z + Sl	zand slibhoudend	2-3% <16mu	K	zware zavel; lichte klei	18-35% <2mu
Z + Sl +	zand sterk slibhoudend	3-8% <16mu	zwk	zware klei	>35% <2mu
lZ	lemig zand	18-50% <50mu	V	veen	
zL	zandig leem	50-85% <50mu	vZ	venig zand	
L	leem	>85% <50mu	zV	zandig veen	lL lemige löss
KL	keileem		vK	venige klei	slL sterk lemige löss
zKL	zandige keileem		kV	kleiige veen	LoL löss leem

TOEVOEGINGEN

f	zeer fijn zand	M 50	<150mu
f	matig fijn zand	M 50	150-210mu
g	matig grof zand	M 50	210-420mu
g	zeer grof zand	M 50	>420mu
gr	grindhoudend		
s	slap		
s	zeer slap		

- GRONDWATERSTAND d.d. oktober 2014
- GEMIDDELD HOOGSTE GRONDWATERSTAND
- GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND

LEGENDA BORINGEN CONFORM NEN 5104

PROFIEL

- grind/grindig
- zand/zandig
- leem/siltig
- klei/kleiig
- veen/humeus

TOEVOEGINGEN

- zwak
- matig
- sterk
- uiterst

WIJZIGING

NR.	DATUM	WIJZIGING	GET.
0A	14-11-14	CONCEPT	Y.H.
0B	10-12-14	CONCEPT	W.B.

SCHAALBALK KAARTBEELD: 0 10 20 30 40m

SCHAAL: 1:1000 1:100

TENNET TSO B.V.

CULTUURTECHNISCHE TEKENING
MAST 164
LELYSTAD - ENS

FORM.: 297X420

PROJECTNUMMER AG. 271507-CK-164

NR. 0B

R:\00270000\00271507\Geo-info\Cultuurkaarten\271507-CK-164 - Rev 0B.dwg

LEGENDA KAARTBEELD

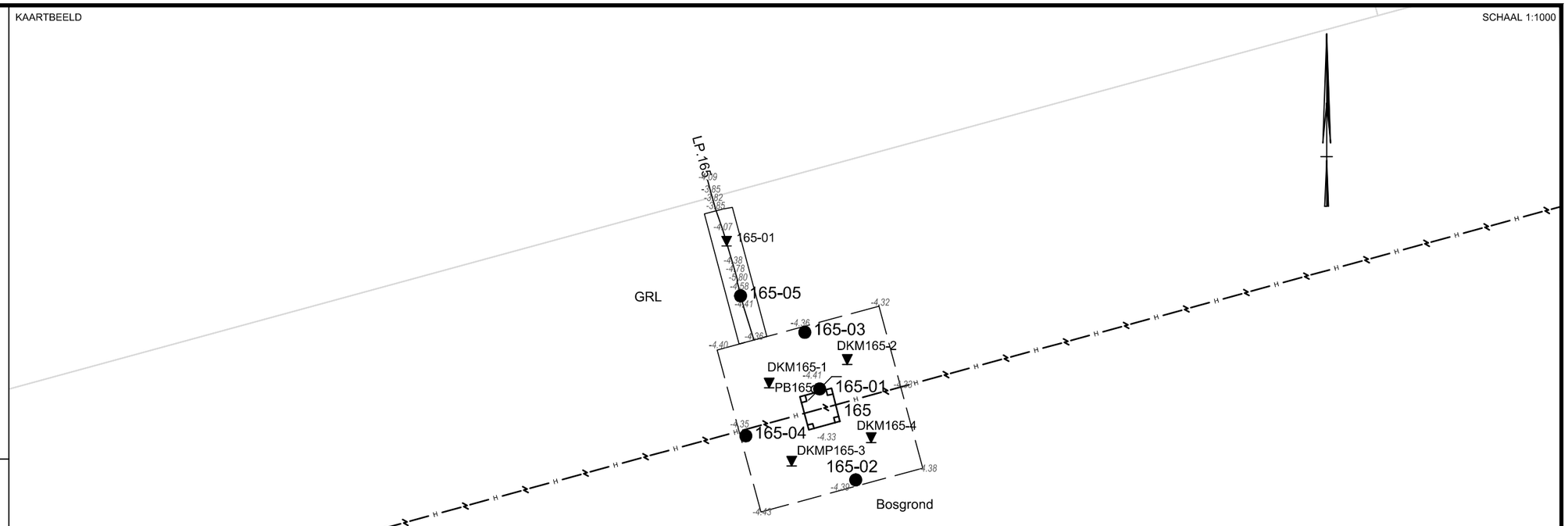
- werkterrein
- toegangsweg
- hoogspanningsleiding
- terrein overig
- mast met nummer
- kabels en leidingen
- 156-02 cultuurtechnische boring
- 156-01 peilbuis
- PB156 diepe peilbuis (Fugro)
- 156-01 handsondering
- DKM156-1 sondering (Fugro)
- *1.04* maaiveldhoogte in m. t.o.v. N.A.P.

LEGENDA BEMALINGEN

hb	horizontale bronnering
vb	verticale bronnering
ob	open bemaling
sb	spanningsbemaling

KAARTBEELD

SCHAAL 1:1000

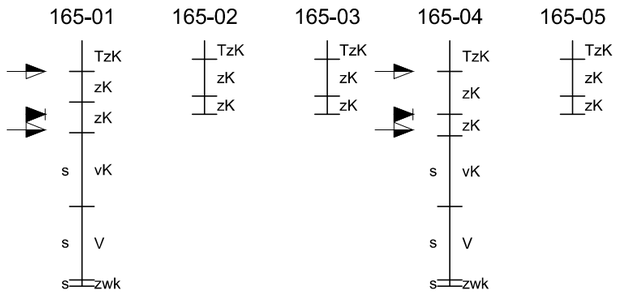


Topografische ondergond: Top50Vector, auteursrecht voorbehouden

CULTUURTECHNISCHE OMSCHRIJVING	
1. Bemalingstype en debiet (worst case GHG/GHS-situatie)	SB+OB 60/50 m³/uur
2. Teelaarde; dikte in m, org. stof geh., M50 of lutumgeh.	0,30-0,50/ 4% / 14-16% <2mu
3. Dikte van de B-laag in m.	0,40-0,45
4. Versteviging toegangsweg en werkterrein/opstelplaats	0,40 m (vast) zand op B-laag afgedekt met rijplaten / bouwweg 2,0 m³/m¹ (vast) zand op B-laag en rijplaten
5. Afwerking	Spitten met hydraulische rupskraan / teelaardeberging woelen
6. Opmerkingen	

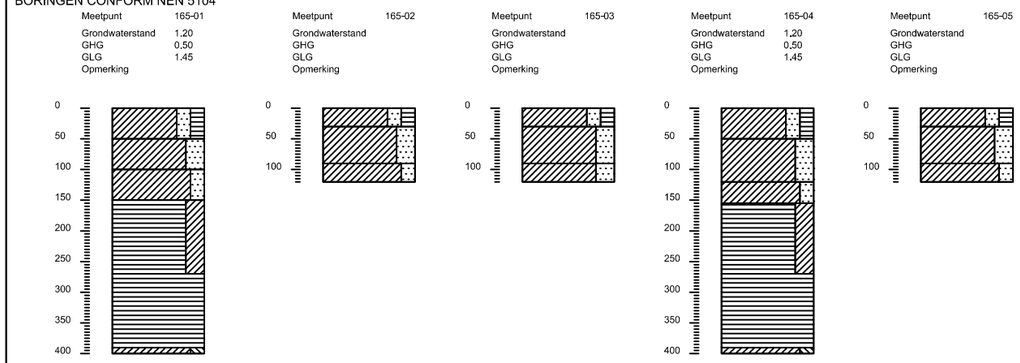
BORINGEN CONFORM STIBOKA

SCHAAL 1:100



BORINGEN CONFORM NEN 5104

SCHAAL 1:100



0B

24-11-2014

LEGENDA BORINGEN CONFORM STIBOKA

PROFIEL

Tx	teelaarde met grondsoort		KK	katteklei	
Z	zand	<18% <50mu en/of <5% <2mu	kZ	kleiig zand	5-8% <2mu
			zK	lichte zavel	8-18% <2mu
Z + SI	zand slibhoudend	2-3% <16mu	K	zware zavel; lichte klei	18-35% <2mu
Z + SI +	zand sterk slibhoudend	3-8% <16mu	zwk	zware klei	>35% <2mu
lZ	lemig zand	18-50% <50mu	V	veen	
zL	zandig leem	50-85% <50mu	vZ	venig zand	
L	leem	>85% <50mu	zV	zandig veen	lL lemige löss
KL	keileem		vK	venige klei	slL sterk lemige löss
zKL	zandige keileem		kV	kleiige veen	LoL löss leem

TOEVOEGINGEN

f	zeer fijn zand	M 50	<150mu
f	matig fijn zand	M 50	150-210mu
g	matig grof zand	M 50	210-420mu
g	zeer grof zand	M 50	>420mu
gr	grindhoudend		
s	slap		
s	zeer slap		

- GRONDWATERSTAND d.d. oktober 2014
- GEMIDDELD HOOGSTE GRONDWATERSTAND
- GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND

LEGENDA BORINGEN CONFORM NEN 5104

PROFIEL

- grind/grindig
- zand/zandig
- leem/siltig
- klei/kleiig
- veen/humeus

TOEVOEGINGEN

- zwak
- matig
- sterk
- uiterst

WIJZIGING

NR.	DATUM	WIJZIGING	GET.
0A	14-11-14	CONCEPT	Y.H.
0B	10-12-14	CONCEPT	W.B.

SCHAALBALK KAARTBEELD: 0 10 20 30 40m

SCHAAL: 1:1000 1:100

TENNET TSO B.V.

CULTUURTECHNISCHE TEKENING
MAST 165
LELYSTAD - ENS

FORM.: 297X420

PROJECTNUMMER AG. 271507-CK-165

NR. 0B

R:\00270000\00271507\Geo-info\Cultuurkaarten\271507-CK-165 - Rev 0B.dwg

LEGENDA KAARTBEELD

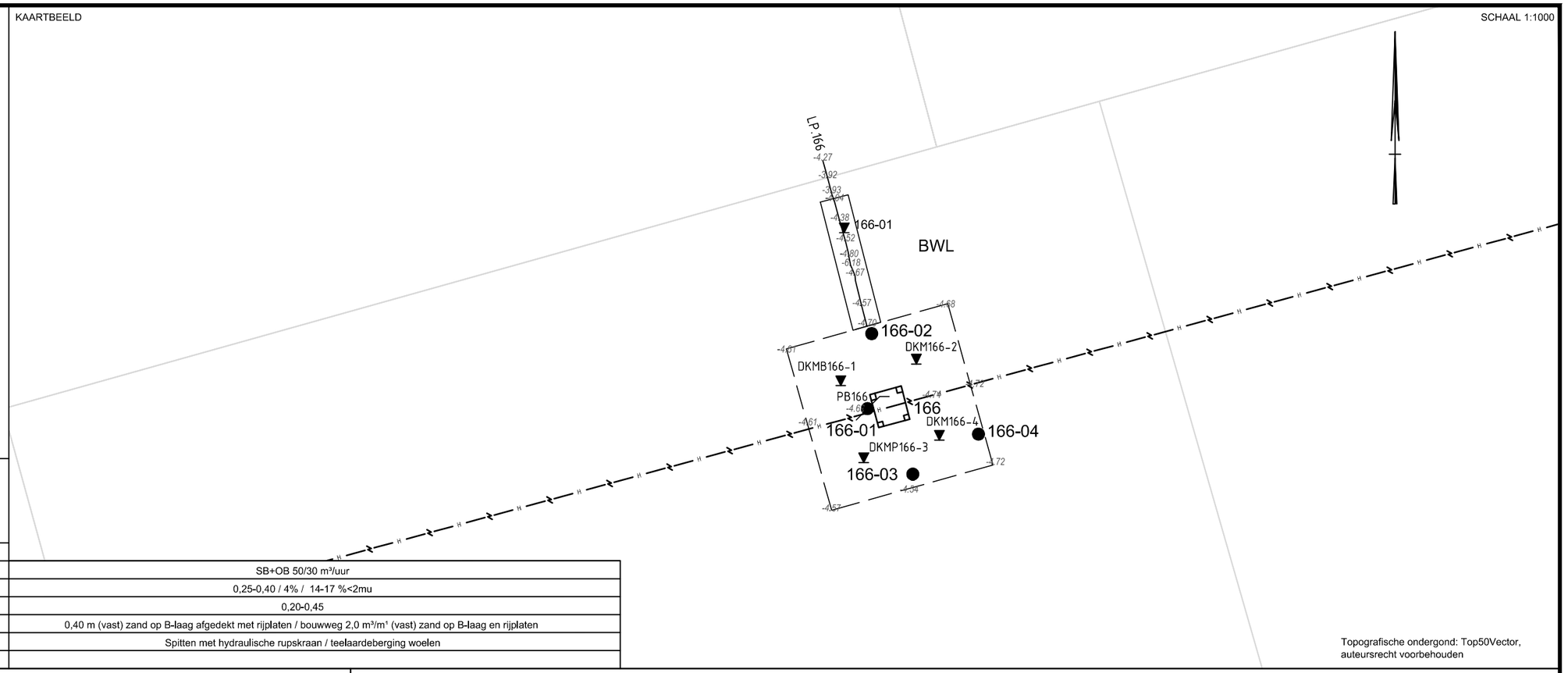
- werkterrein
- toegangsweg
- hoogspanningsleiding
- terrein overig
- mast met nummer
- kabels en leidingen
- 156-02 cultuurtechnische boring
- 156-01 peilbuis
- PB156 diepe peilbuis (Fugro)
- 156-01 handsondering
- DKM156-1 sondering (Fugro)
- *1.04* maaiveldhoogte in m. t.o.v. N.A.P.

LEGENDA BEMALINGEN

hb	horizontale bronnering
vb	verticale bronnering
ob	open bemaling
sb	spanningsbemaling

KAARTBEELD

SCHAAL 1:1000

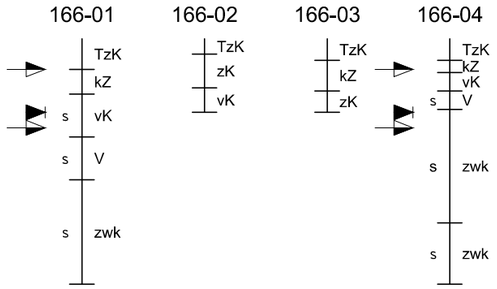


Topografische ondergond: Top50Vector, auteursrecht voorbehouden

CULTUURTECHNISCHE OMSCHRIJVING	
1. Bemalingstype en debiet (worst case GHG/GHS-situatie)	SB+OB 50/30 m³/uur
2. Teelaarde; dikte in m, org. stof geh., M50 of lutumgeh.	0,25-0,40 / 4% / 14-17 %<2mu
3. Dikte van de B-laag in m.	0,20-0,45
4. Versteviging toegangsweg en werkterrein/opstelplaats	0,40 m (vast) zand op B-laag afgedekt met rijplaten / bouwweg 2,0 m³/m¹ (vast) zand op B-laag en rijplaten
5. Afwerking	Spitten met hydraulische rupskraan / teelaardeberging woelen
6. Opmerkingen	

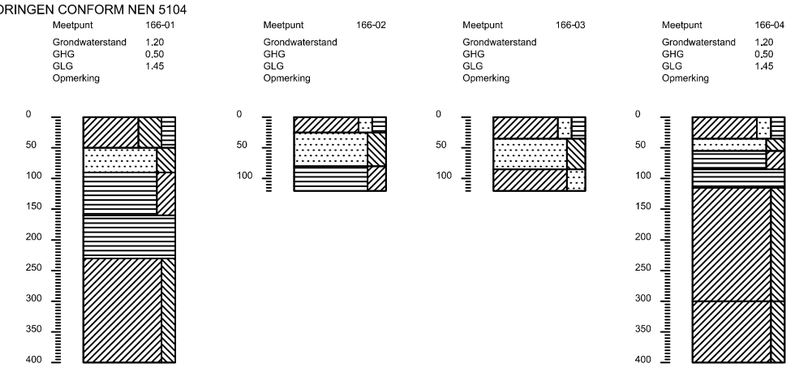
BORINGEN CONFORM STIBOKA

SCHAAL 1:100



BORINGEN CONFORM NEN 5104

SCHAAL 1:100



0A
10-12-2014

LEGENDA BORINGEN CONFORM STIBOKA

PROFIEL

Tx	teelaarde met grondsoort		KK	katteklei	
Z	zand	<18% <50mu en/of <5% <2mu	kZ	kleiig zand	5-8% <2mu
			zK	lichte zavel	8-18% <2mu
Z + Sl	zand slibhoudend	2-3% <16mu	K	zware zavel; lichte klei	18-35% <2mu
Z + Sl +	zand sterk slibhoudend	3-8% <16mu	zwk	zware klei	>35% <2mu
lZ	lemig zand	18-50% <50mu	V	veen	
zL	zandig leem	50-85% <50mu	vZ	venig zand	
L	leem	>85% <50mu	zV	zandig veen	lL lemige löss
KL	keileem		vK	venige klei	slL sterk lemige löss
zKL	zandige keileem		kV	kleiige veen	LoL löss leem

TOEVOEGINGEN

f	zeer fijn zand	M 50	<150mu
f	matig fijn zand	M 50	150-210mu
g	matig grof zand	M 50	210-420mu
g	zeer grof zand	M 50	>420mu
gr	grindhoudend		
s	slap		
s	zeer slap		

- GRONDWATERSTAND d.d. oktober 2014
- GEMIDDELD HOOGSTE GRONDWATERSTAND
- GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND

LEGENDA BORINGEN CONFORM NEN 5104

PROFIEL

- grind/grindig
- zand/zandig
- leem/siltig
- klei/kleiig
- veen/humeus

TOEVOEGINGEN

- zwak
- matig
- sterk
- uiterst

WIJZIGING

NR.	DATUM	WIJZIGING	GET.
0A	10-12-14	CONCEPT	Y.H.

SCHAALBALK KAARTBEELD: 0 10 20 30 40m

SCHAAL: 1:1000 1:100

TENNET TSO B.V.

CULTUURTECHNISCHE TEKENING
MAST 166
LELYSTAD - ENS

FORM.: 297X420

PROJECTNUMMER AG.	NR.
271507-CK-166	0A

R:\00270000\00271507\Geo-info\Cultuurkaarten\271507-CK-166 - Rev 0A.dwg

LEGENDA KAARTBEELD

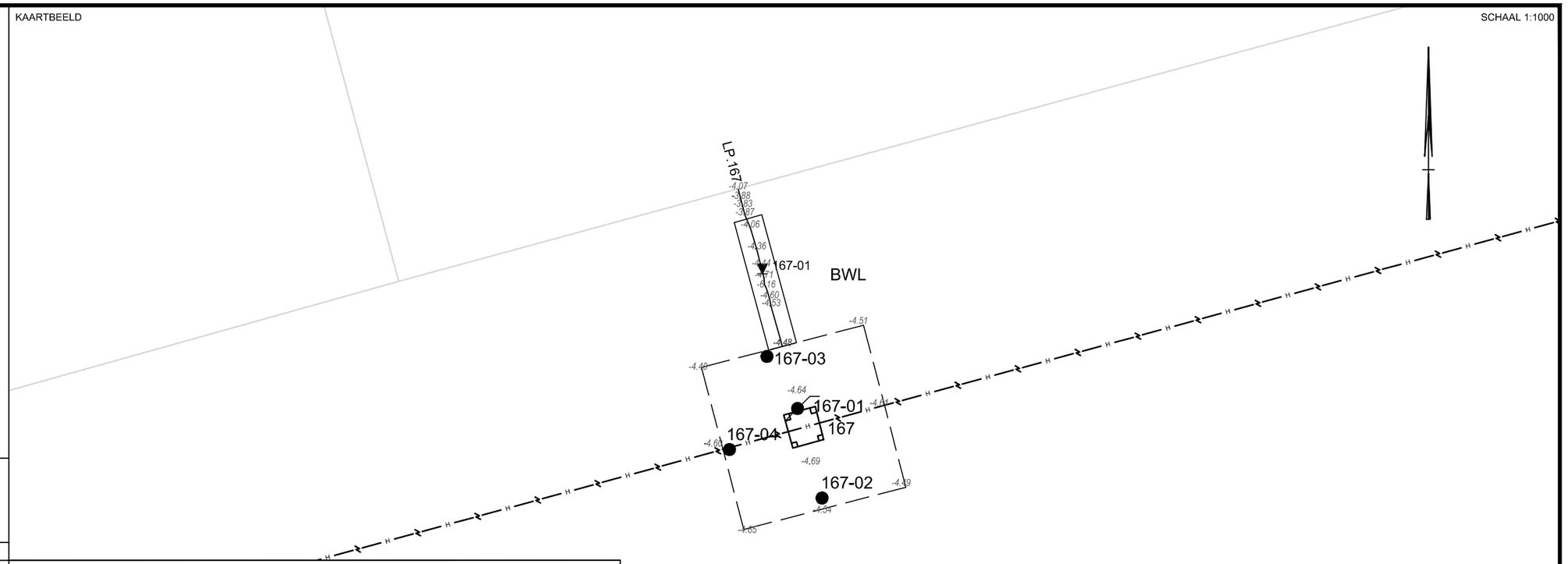
- werkterrein
- toegangsweg
- hoogspanningsleiding
- terrein overig
- mast met nummer
- kabels en leidingen
- 156-02 cultuurtechnische boring
- 156-01 peilbuis
- PB156 diepe peilbuis (Fugro)
- 156-01 handsondering
- DKM156-1 sondering (Fugro)
- 1.04 maaiveldhoogte in m. t.o.v. N.A.P.

LEGENDA BEMALINGEN

hb	horizontale bronnering
vb	verticale bronnering
ob	open bemaling
sb	spanningsbemaling

KAARTBEELD

SCHAAL 1:1000

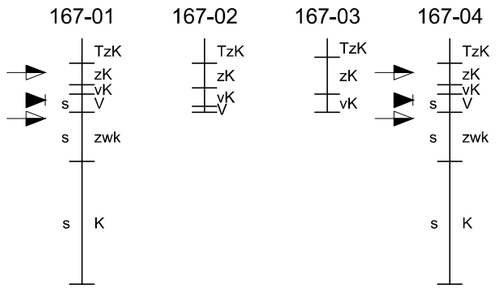


Topografische ondergond: Top50Vector, auteursrecht voorbehouden

CULTUURTECHNISCHE OMSCHRIJVING	
1. Bemalingstype en debiet (worst case GHG/GHS-situatie)	SB+OB 90/75 m³/uur
2. Teelaarde; dikte in m, org. stof geh., M50 of lutumgeh.	0,30-0,40 / 3-4% / 14% <2mu
3. Dikte van de B-laag in m.	0,35-0,45
4. Versteviging toegangsweg en werkterrein/opstelplaats	0,40 m (vast) zand op B-laag afgedekt met rijplaten / bouwweg 2,0 m³/m¹ (vast) zand op B-laag en rijplaten
5. Afwerking	Spitten met hydraulische rupskraan / teelaardeberging woelen
6. Opmerkingen	

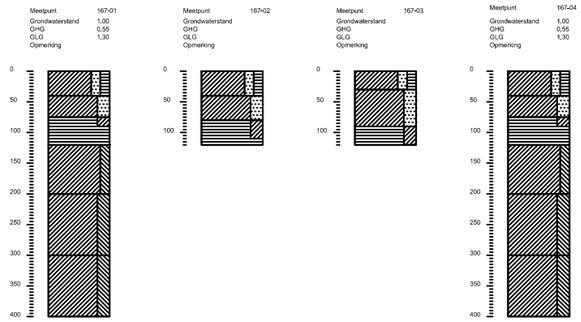
BORINGEN CONFORM STIBOKA

SCHAAL 1:100



BORINGEN CONFORM NEN 5104

SCHAAL 1:100



0A

10-12-2014

LEGENDA BORINGEN CONFORM STIBOKA

PROFIEL

			KK	katteklei	
Tx	teelaarde met grondsoort		kZ	kleiig zand	5-8% <2mu
Z	zand	<18% <50mu en/of <5% <2mu	zK	lichte zavel	8-18% <2mu
			K	zware zavel;	
Z + Sl	zand slibhoudend	2-3% <16mu		lichte klei	18-35% <2mu
Z + Sl +	zand sterk slibhoudend	3-8% <16mu	zwk	zware klei	>35% <2mu
lZ	lemig zand	18-50% <50mu	V	veen	
zL	zandig leem	50-85% <50mu	vZ	venig zand	
L	leem	>85% <50mu	zV	zandig veen	
KL	keileem		vK	venige klei	
zKL	zandige keileem		kV	kleiige veen	

TOEVOEGINGEN

f	zeer fijn zand	M 50	<150mu
f	matig fijn zand	M 50	150-210mu
g	matig grof zand	M 50	210-420mu
g	zeer grof zand	M 50	>420mu
gr	grindhoudend		
s	slap		
s	zeer slap		

- GRONDWATERSTAND d.d. oktober 2014
- GEMIDDELD HOOGSTE GRONDWATERSTAND
- GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND

IL	lemige löss		
slL	sterk lemige löss		
LoL	löss leem		

LEGENDA BORINGEN CONFORM NEN 5104

PROFIEL

- grind/grindig
- zand/zandig
- leem/siltig
- klei/kleiig
- veen/humeus

TOEVOEGINGEN

- zwak
- matig
- sterk
- uiterst

WIJZIGING

NR.	DATUM	WIJZIGING	GET.
0A	10-12-14	CONCEPT	Y.H.

SCHAALBALK KAARTBEELD: 0 10 20 30 40m

SCHAAL: 1:1000 1:100

TENNET TSO B.V.

CULTUURTECHNISCHE TEKENING
MAST 167
LELYSTAD - ENS

FORM.: 297X420

PROJECTNUMMER AG.	NR.
271507-CK-167	0A

R:\00270000\00271507\Geo-info\Cultuurkaarten\271507-CK-167 - Rev 0A.dwg

LEGENDA KAARTBEELD

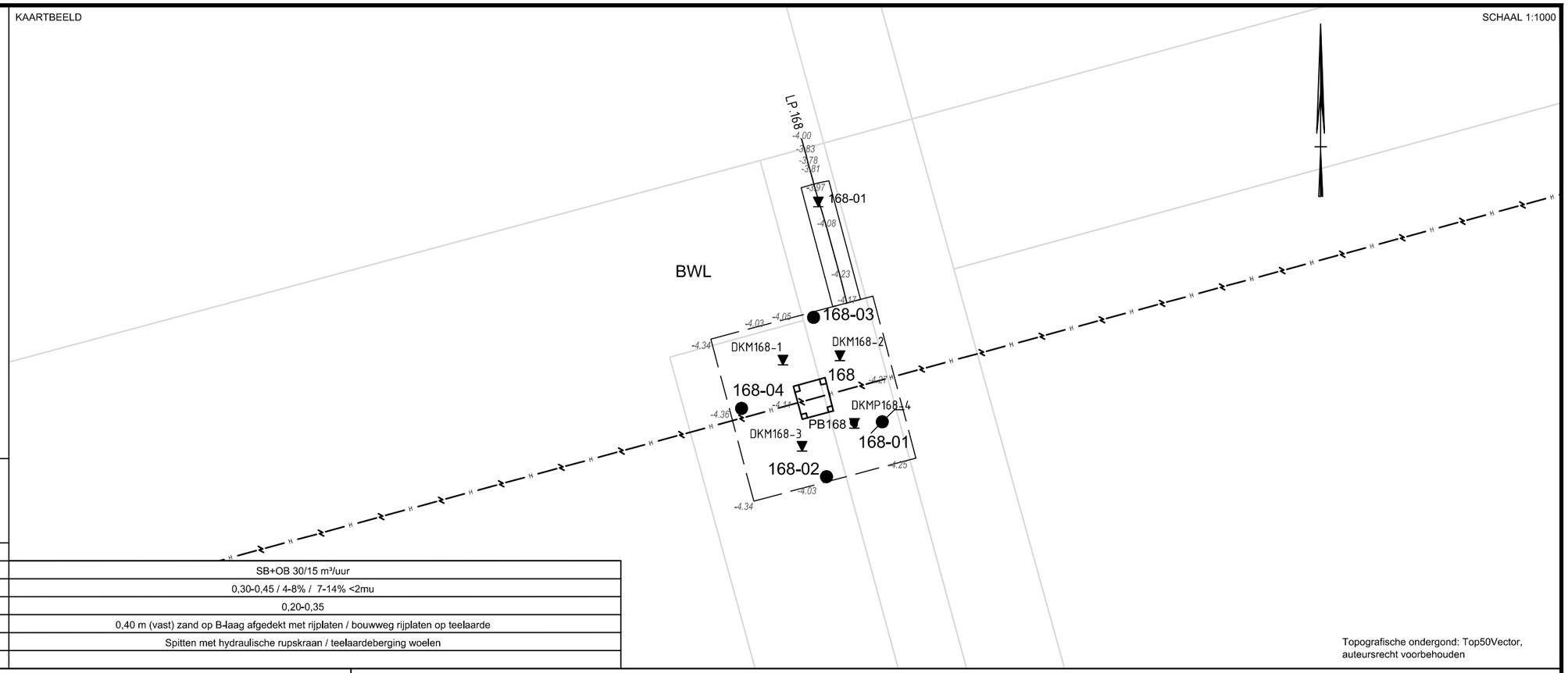
- werkterrein
- toegangsweg
- hoogspanningsleiding
- terrein overig
- mast met nummer
- kabels en leidingen
- 156-02 cultuurtechnische boring
- 156-01 peilbuis
- PB156 diepe peilbuis (Fugro)
- 156-01 handsondering
- DKM156-1 sondering (Fugro)
- 1.04 maaiveldhoogte in m. t.o.v. N.A.P.

LEGENDA BEMALINGEN

hb	horizontale bronnering
vb	verticale bronnering
ob	open bemaling
sb	spanningsbemaling

KAARTBEELD

SCHAAL 1:1000

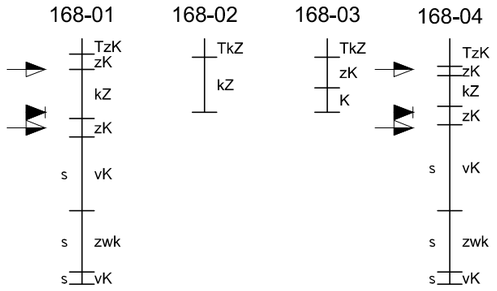


Topografische ondergond: Top50Vector, auteursrecht voorbehouden

CULTUURTECHNISCHE OMSCHRIJVING	
1. Bemalingstype en debiet (worst case GHG/GHS-situatie)	SB+OB 30/15 m³/uur
2. Teelaarde; dikte in m, org. stof geh., M50 of lutumgeh.	0,30-0,45 / 4-8% / 7-14% <2mu
3. Dikte van de B-laag in m.	0,20-0,35
4. Versteviging toegangsweg en werkterrein/opstelplaats	0,40 m (vast) zand op B-laag afgedekt met rijplaten / bouwweg rijplaten op teelaarde
5. Afwerking	Spitten met hydraulische rupskraan / teelaardeberging woelen
6. Opmerkingen	

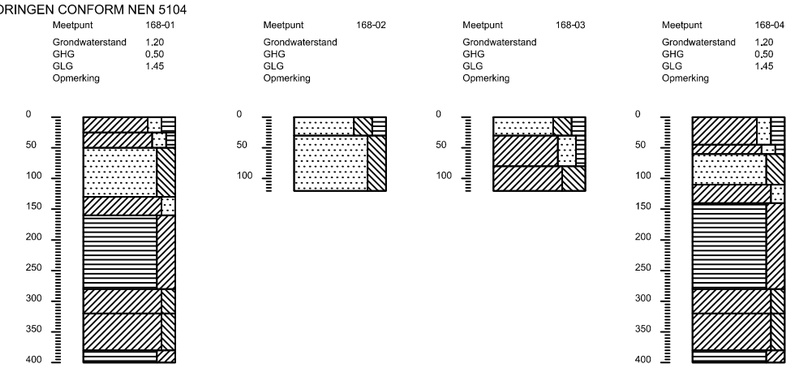
BORINGEN CONFORM STIBOKA

SCHAAL 1:100



BORINGEN CONFORM NEN 5104

SCHAAL 1:100



LEGENDA BORINGEN CONFORM STIBOKA

PROFIEL

Tx	teelaarde met grondsoort		KK	katteklei	
Z	zand	<18% <50mu en/of <5% <2mu	kZ	kleiig zand	5-8% <2mu
			zK	lichte zavel	8-18% <2mu
Z + Sl	zand slibhoudend	2-3% <16mu	K	zware zavel; lichte klei	18-35% <2mu
Z + Sl +	zand sterk slibhoudend	3-8% <16mu	zwk	zware klei	>35% <2mu
lZ	lemig zand	18-50% <50mu	V	veen	
zL	zandig leem	50-85% <50mu	vZ	venig zand	
L	leem	>85% <50mu	zV	zandig veen	lL lemige löss
KL	keileem		vK	venige klei	slL sterk lemige löss
zKL	zandige keileem		kV	kleiige veen	LoL löss leem

TOEVOEGINGEN

f	zeer fijn zand	M 50	<150mu
f	matig fijn zand	M 50	150-210mu
g	matig grof zand	M 50	210-420mu
g	zeer grof zand	M 50	>420mu
gr	grindhoudend		
s	slap		
s	zeer slap		

- GRONDWATERSTAND d.d. oktober 2014
- GEMIDDELD HOOGSTE GRONDWATERSTAND
- GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND

LEGENDA BORINGEN CONFORM NEN 5104

PROFIEL

- grind/grindig
- zand/zandig
- leem/siltig
- klei/kleiig
- veen/humeus

TOEVOEGINGEN

- zwak
- matig
- sterk
- uiterst

WIJZIGING

NR.	DATUM	WIJZIGING	GET.
0A	10-12-14	CONCEPT	Y.H.

SCHAALBALK KAARTBEELD: 0 10 20 30 40m

SCHAAL: 1:1000 1:100

TENNET TSO B.V.

CULTUURTECHNISCHE TEKENING
MAST 168
LELYSTAD - ENS

FORM.: 297X420

PROJECTNUMMER AG.	NR.
271507-CK-168	0A

0A
10-12-2014

R:\00270000\00271507\Geo-info\Cultuurkaarten\271507-CK-168 - Rev 0A.dwg

LEGENDA KAARTBEELD

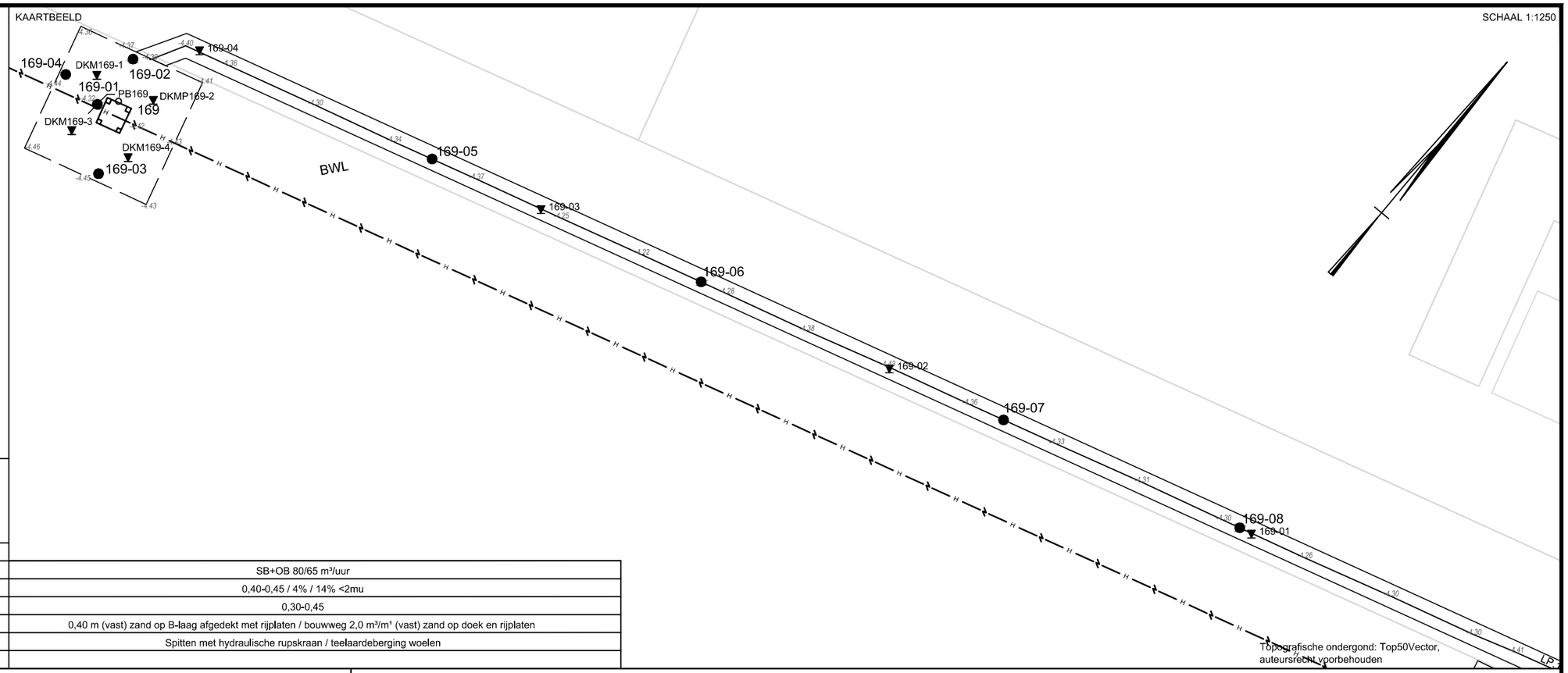
- werkterrein
- toegangsweg
- hoogspanningsleiding
- terrein overig
- mast met nummer
- kabels en leidingen
- 156-02 cultuurtechnische boring
- 156-01 peilbuis
- PB156 diepe peilbuis (Fugro)
- 156-01 handsondering
- DKM156-1 sondering (Fugro)
- *1.04* maaiveldhoogte in m. t.o.v. N.A.P.

LEGENDA BEMALINGEN

hb	horizontale bronnering
vb	verticale bronnering
ob	open bemaling
sb	spanningsbemaling

KAARTBEELD

SCHAAL 1:1250

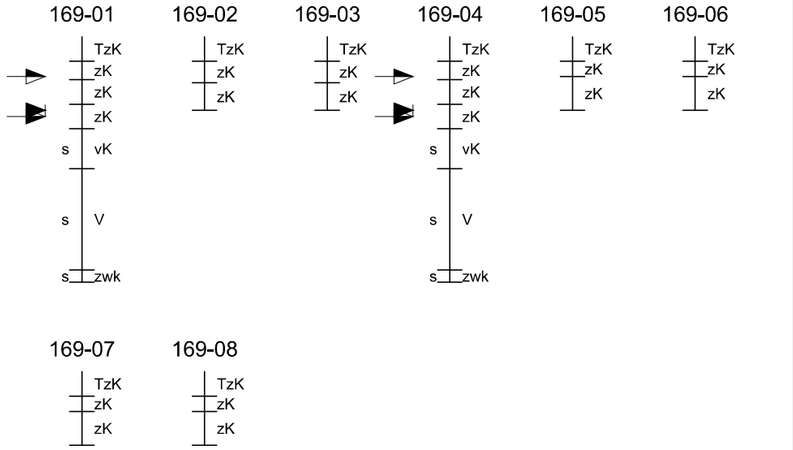


Topografische ondergond: Top50Vector, auteursrecht voorbehouden

CULTUURTECHNISCHE OMSCHRIJVING	
1. Bemalingstype en debiet (worst case GHG/GHS-situatie)	SB+OB 80/65 m³/uur
2. Teelaarde; dikte in m, org. stof geh., M50 of lutumgeh.	0,40-0,45 / 4% / 14% <2mu
3. Dikte van de B-laag in m.	0,30-0,45
4. Versteviging toegangsweg en werkterrein/opstelplaats	0,40 m (vast) zand op B-laag afgedekt met rijplaten / bouwweg 2,0 m³/m¹ (vast) zand op doek en rijplaten
5. Afwerking	Spitten met hydraulische rupskraan / teelaardeberging woelen
6. Opmerkingen	

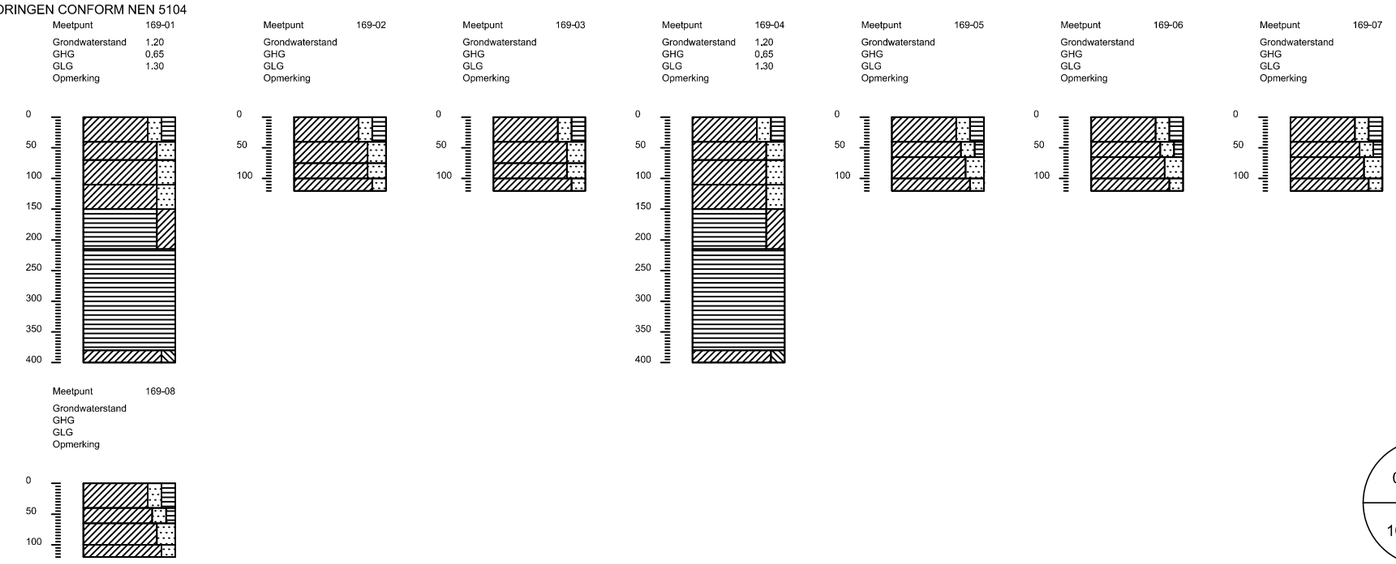
BORINGEN CONFORM STIBOKA

SCHAAL 1:100



BORINGEN CONFORM NEN 5104

SCHAAL 1:100



0A

10-12-2014

LEGENDA BORINGEN CONFORM STIBOKA

PROFIEL

Tx	teelaarde met grondsoort		KK	katteklei	
Z	zand	<18% <50mu en/of <5% <2mu	kZ	kleiig zand	5-8% <2mu
			zK	lichte zavel	8-18% <2mu
Z + Sl	zand slibhoudend	2-3% <16mu	K	zware zavel; lichte klei	18-35% <2mu
Z + Sl +	zand sterk slibhoudend	3-8% <16mu	zwk	zware klei	>35% <2mu
lZ	lemig zand	18-50% <50mu	V	veen	
zL	zandig leem	50-85% <50mu	vZ	venig zand	
L	leem	>85% <50mu	zV	zandig veen	lL lemige löss
KL	keileem		vK	venige klei	slL sterk lemige löss
zKL	zandige keileem		kV	kleiige veen	LoL löss leem

TOEVOEGINGEN

f	zeer fijn zand	M 50	<150mu
f	matig fijn zand	M 50	150-210mu
g	matig grof zand	M 50	210-420mu
g	zeer grof zand	M 50	>420mu
gr	grindhoudend		
s	slap		
s	zeer slap		
►	GRONDWATERSTAND d.d. oktober 2014		
►	GEMIDDELD HOOGSTE GRONDWATERSTAND		
►	GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND		

LEGENDA BORINGEN CONFORM NEN 5104

PROFIEL

- grind/grindig
- zand/zandig
- leem/siltig
- klei/kleiig
- veen/humeus

TOEVOEGINGEN

- zwak
- matig
- sterk
- uiterst

WIJZIGING

NR.	DATUM	WIJZIGING	GET.
0A	10-12-14	CONCEPT	Y.H.

SCHAALBALK KAARTBEELD: 0 12.5 25 37.5 50m

SCHAAL: 1:1250 1:100

TENNET TSO B.V.

CULTUURTECHNISCHE TEKENING
MAST 169
LELYSTAD - ENS

FORM.: 297X420

PROJECTNUMMER AG.	NR.
271507-CK-169	0A

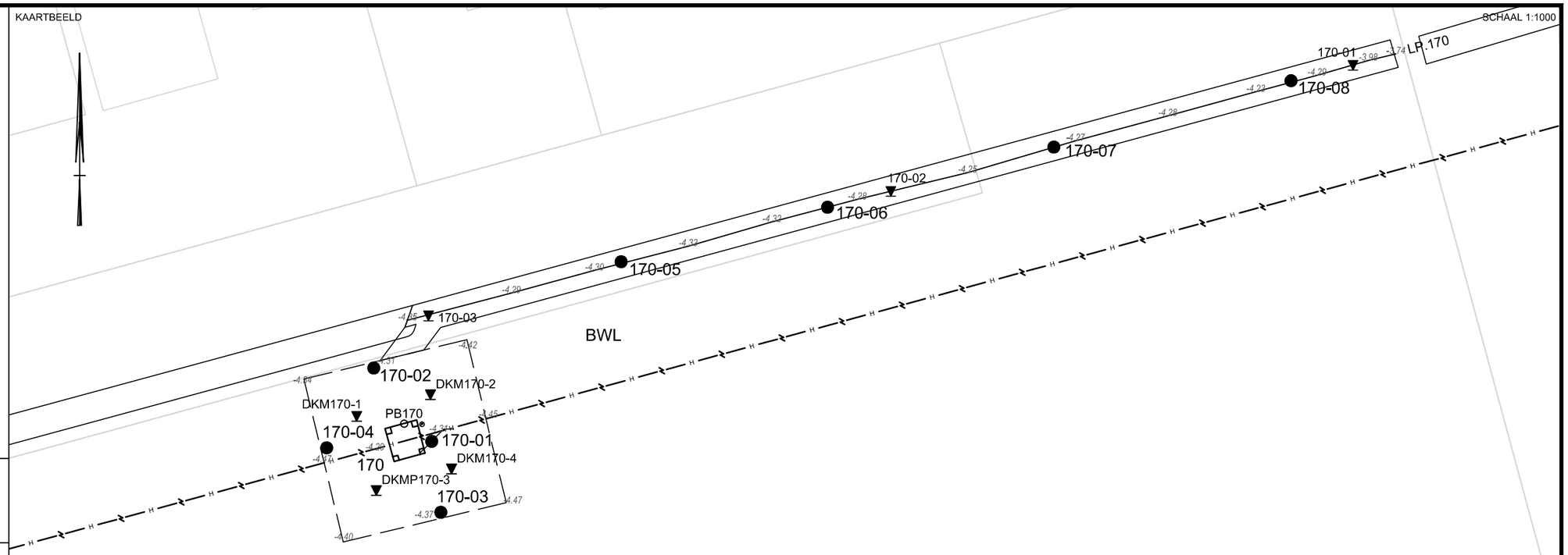
R:\00270000\00271507\Geo-info\Cultuurkaarten\271507-CK-169 - Rev 0A.dwg

LEGENDA KAARTBEELD

- werkterrein
- toegangsweg
- hoogspanningsleiding
- terrein overig
- mast met nummer
- kabels en leidingen
- 156-02 cultuurtechnische boring
- 156-01 peilbuis
- PB156 diepe peilbuis (Fugro)
- 156-01 handsondering
- DKM156-1 sondering (Fugro)
- 1.04 maaiveldhoogte in m. t.o.v. N.A.P.

KAARTBEELD

SCHAAL 1:1000



Topografische ondergond: Top50Vector, auteursrecht voorbehouden

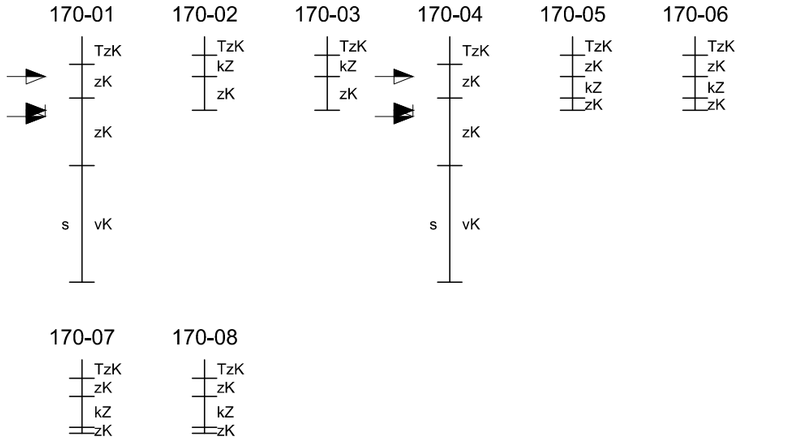
LEGENDA BEMALINGEN

hb	horizontale bronnering
vb	verticale bronnering
ob	open bemaling
sb	spanningsbemaling

CULTUURTECHNISCHE OMSCHRIJVING	
1. Bemalingstype en debiet (worst case GHG/GHS-situatie)	SB+OB 40/25 m³/uur
2. Teelaarde; dikte in m, org. stof geh., M50 of lutumgeh.	0,30-0,45 / 3-4% / 10-14% <2mu
3. Dikte van de B-laag in m.	0,30-0,45
4. Versteviging toegangsweg en werkterrein/opstelplaats	0,40 m (vast) zand op B-laag afgedekt met rijplaten / bouwweg 2,0 m³/m¹ (vast) zand op doek en rijplaten
5. Afwerking	Spitten met hydraulische rupskraan / teelaardeberging woelen
6. Opmerkingen	

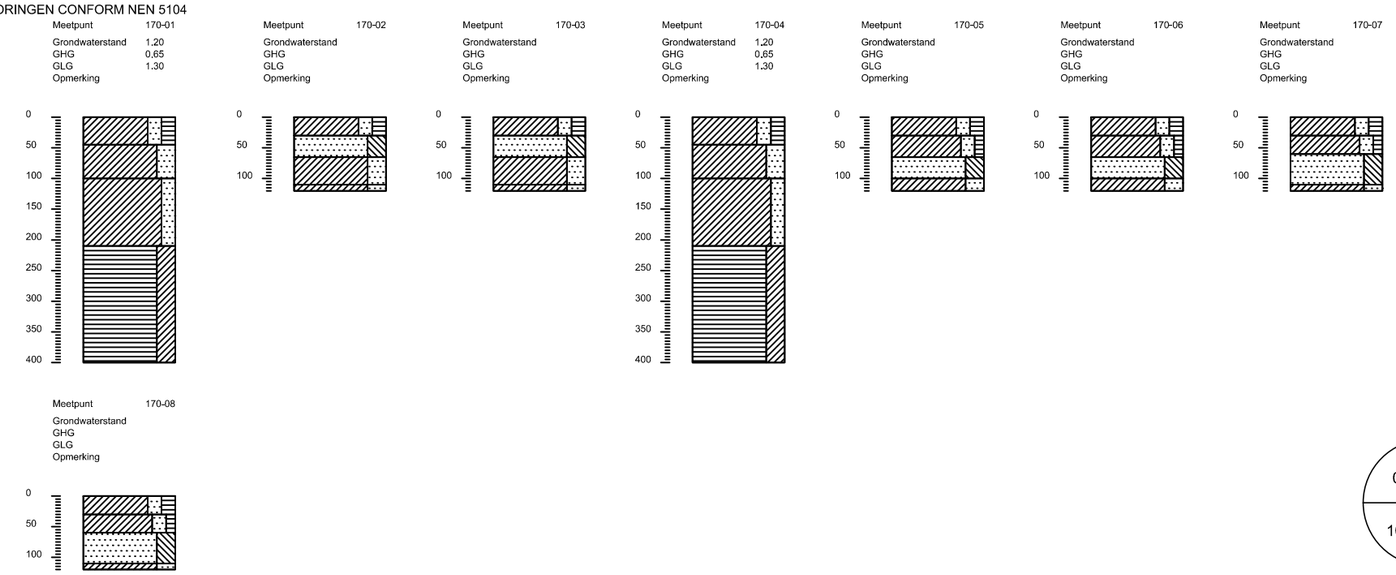
BORINGEN CONFORM STIBOKA

SCHAAL 1:100



BORINGEN CONFORM NEN 5104

SCHAAL 1:100



0A

10-12-2014

LEGENDA BORINGEN CONFORM STIBOKA

PROFIEL

Tx	teelaarde met grondsoort		KK	katteklei	
Z	zand	<18% <50mu en/of <5% <2mu	kZ	kleiig zand	5-8% <2mu
			zK	lichte zavel	8-18% <2mu
Z + Sl	zand slibhoudend	2-3% <16mu	K	zware zavel; lichte klei	18-35% <2mu
Z + Sl +	zand sterk slibhoudend	3-8% <16mu	zwk	zware klei	>35% <2mu
lZ	lemig zand	18-50% <50mu	V	veen	
zL	zandig leem	50-85% <50mu	vZ	venig zand	
L	leem	>85% <50mu	zV	zandig veen	lL lemige löss
KL	keileem		vK	venige klei	slL sterk lemige löss
zKL	zandige keileem		kV	kleiige veen	LoL löss leem

TOEVOEGINGEN

f	zeer fijn zand	M 50	<150mu
f	matig fijn zand	M 50	150-210mu
g	matig grof zand	M 50	210-420mu
g	zeer grof zand	M 50	>420mu
gr	grindhoudend		
s	slap		
s	zeer slap		

- GRONDWATERSTAND d.d. oktober 2014
- GEMIDDELD HOOGSTE GRONDWATERSTAND
- GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND

LEGENDA BORINGEN CONFORM NEN 5104

PROFIEL

- grind/grindig
- zand/zandig
- leem/siltig
- klei/kleiig
- veen/humeus

TOEVOEGINGEN

- zwak
- matig
- sterk
- uiterst

WIJZIGING

NR.	DATUM	WIJZIGING	GET.
0A	10-12-14	CONCEPT	Y.H.

SCHAALBALK KAARTBEELD: 0 10 20 30 40m

SCHAAL: 1:1000 1:100

TENNET TSO B.V.

CULTUURTECHNISCHE TEKENING
MAST 170
LELYSTAD - ENS

FORM.: 297X420

PROJECTNUMMER AG.	NR.
271507-CK-170	0A

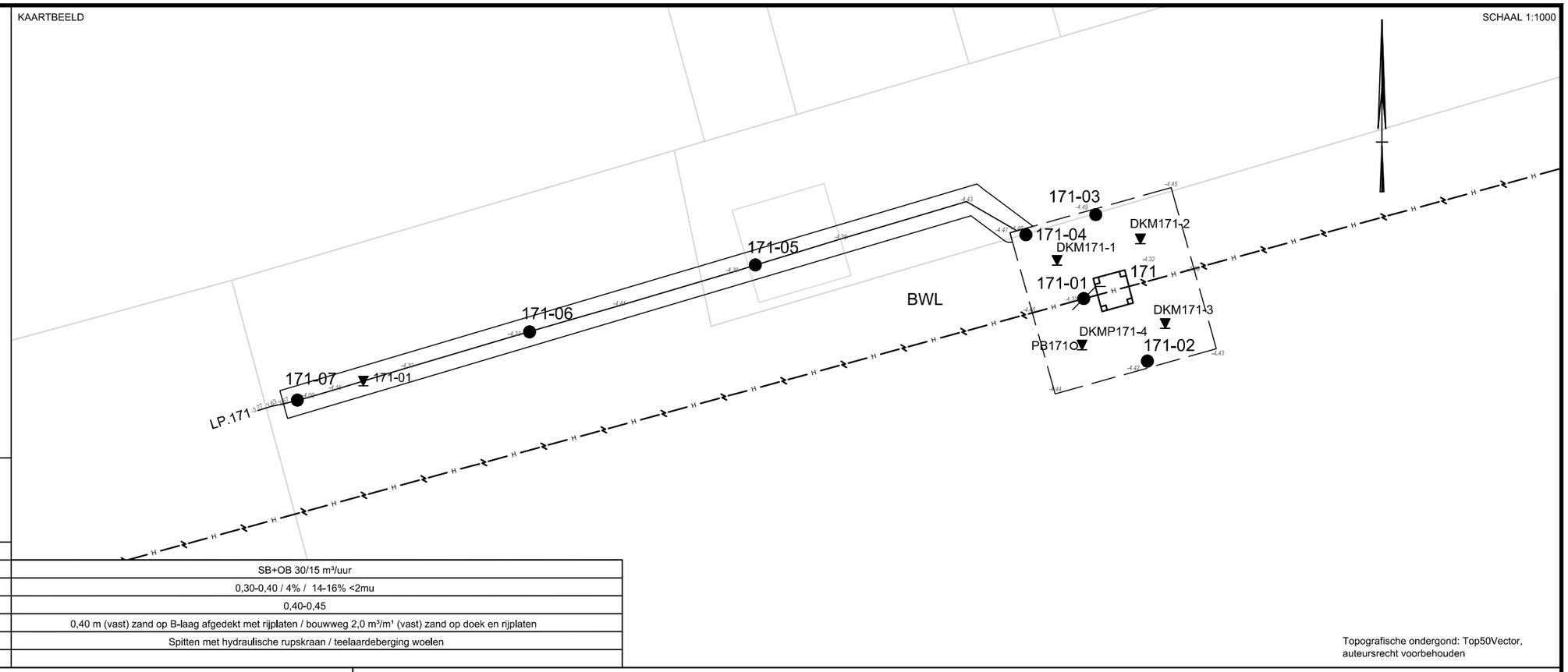
R:\00270000\00271507\Geo-info\Cultuurkaarten\271507-CK-170 - Rev 0A.dwg

LEGENDA KAARTBEELD

- werkterrein
- toegangsweg
- hoogspanningsleiding
- terrein overig
- mast met nummer
- kabels en leidingen
- 156-02 cultuurtechnische boring
- 156-01 peilbuis
- PB156 diepe peilbuis (Fugro)
- 156-01 handsondering
- DKM156-1 sondering (Fugro)
- *1.04* maaiveldhoogte in m. t.o.v. N.A.P.

KAARTBEELD

SCHAAL 1:1000



Topografische ondergond: Top50Vector, auteursrecht voorbehouden

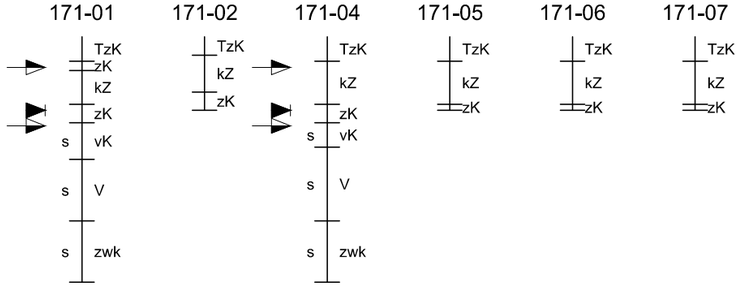
LEGENDA BEMALINGEN

hb	horizontale bronnering
vb	verticale bronnering
ob	open bemaling
sb	spanningsbemaling

CULTUURTECHNISCHE OMSCHRIJVING	
1. Bemalingstype en debiet (worst case GHG/GHS-situatie)	SB+OB 30/15 m³/uur
2. Teelaarde; dikte in m, org. stof geh., M50 of lutumgeh.	0,30-0,40 / 4% / 14-16% <2mu
3. Dikte van de B-laag in m.	0,40-0,45
4. Versteviging toegangsweg en werkterrein/opstelplaats	0,40 m (vast) zand op B-laag afgedekt met rijplaten / bouwweg 2,0 m³/m¹ (vast) zand op doek en rijplaten
5. Afwerking	Spitten met hydraulische rupskraan / teelaardeberging woelen
6. Opmerkingen	

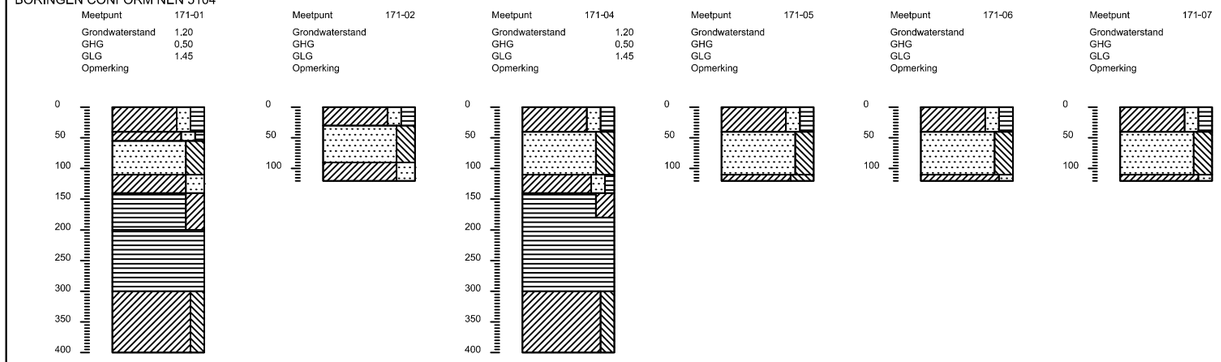
BORINGEN CONFORM STIBOKA

SCHAAL 1:100



BORINGEN CONFORM NEN 5104

SCHAAL 1:100



0A

10-12-2014

LEGENDA BORINGEN CONFORM STIBOKA

PROFIEL

Tx	teelaarde met grondsoort		KK	katteklei	
Z	zand	<18% <50mu en/of <5% <2mu	kZ	kleiig zand	5-8% <2mu
			zK	lichte zavel	8-18% <2mu
Z + SI	zand slibhoudend	2-3% <16mu	K	zware zavel; lichte klei	18-35% <2mu
Z + SI +	zand sterk slibhoudend	3-8% <16mu	zwk	zware klei	>35% <2mu
lZ	lemig zand	18-50% <50mu	V	veen	
zL	zandig leem	50-85% <50mu	vZ	venig zand	
L	leem	>85% <50mu	zV	zandig veen	lL lemige löss
KL	keileem		vK	venige klei	slL sterk lemige löss
zKL	zandige keileem		kV	kleiige veen	LoL löss leem

TOEVOEGINGEN

f	zeer fijn zand	M 50	<150mu
f	matig fijn zand	M 50	150-210mu
g	matig grof zand	M 50	210-420mu
g	zeer grof zand	M 50	>420mu
gr	grindhoudend		
s	slap		
s	zeer slap		

- GRONDWATERSTAND d.d. oktober 2014
- GEMIDDELD HOOGSTE GRONDWATERSTAND
- GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND

LEGENDA BORINGEN CONFORM NEN 5104

PROFIEL

- grind/grindig
- zand/zandig
- leem/siltig
- klei/kleiig
- veen/humeus

TOEVOEGINGEN

- zwak
- matig
- sterk
- uiterst

WIJZIGING

NR.	DATUM	WIJZIGING	GET.
0A	10-12-14	CONCEPT	Y.H.

SCHAALBALK KAARTBEELD: 0 10 20 30 40m

SCHAAL: 1:1000 1:100

TENNET TSO B.V.

CULTUURTECHNISCHE TEKENING
MAST 171
LELYSTAD - ENS

FORM.: 297X420

PROJECTNUMMER AG.	NR.
271507-CK-171	0A

R:\00270000\00271507\Geo-info\Cultuurkaarten\271507-CK-171 - Rev 0A.dwg

LEGENDA KAARTBEELD

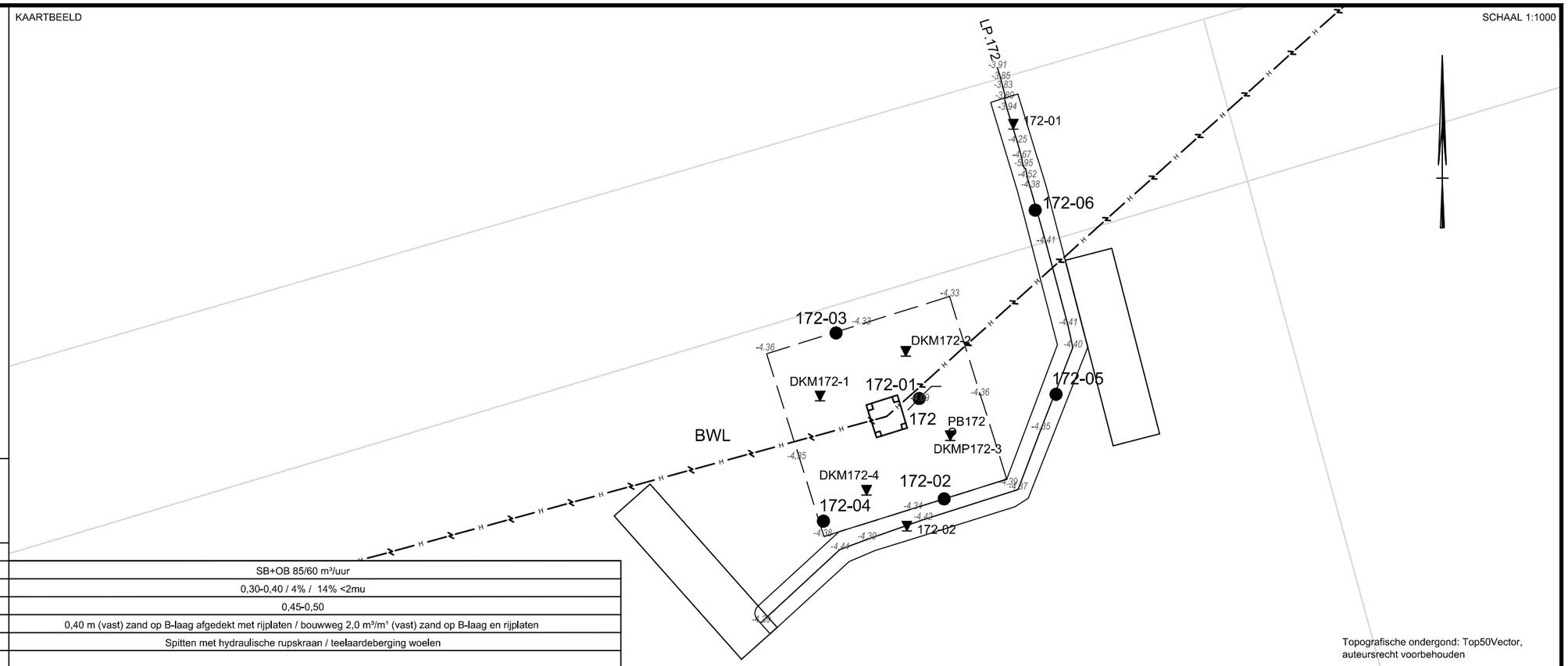
- werkterrein
- toegangsweg
- hoogspanningsleiding
- terrein overig
- mast met nummer
- kabels en leidingen
- 156-02 cultuurtechnische boring
- 156-01 peilbuis
- PB156 diepe peilbuis (Fugro)
- 156-01 handsondering
- DKM156-1 sondering (Fugro)
- *1.04* maaiveldhoogte in m. t.o.v. N.A.P.

LEGENDA BEMALINGEN

hb	horizontale bronnering
vb	verticale bronnering
ob	open bemaling
sb	spanningsbemaling

KAARTBEELD

SCHAAL 1:1000

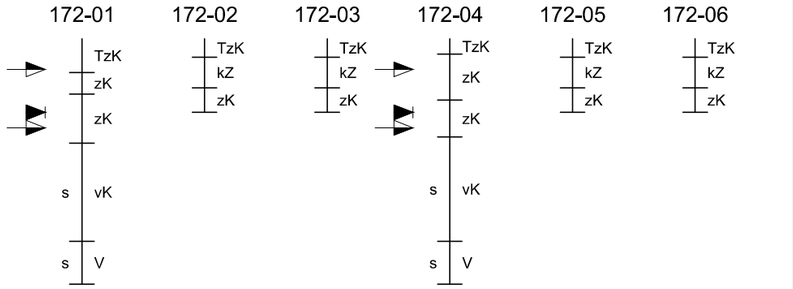


Topografische ondergond: Top50Vector, auteursrecht voorbehouden

CULTUURTECHNISCHE OMSCHRIJVING	
1. Bemalingstype en debiet (worst case GHG/GHS-situatie)	SB+OB 85/60 m³/uur
2. Teelaarde; dikte in m, org. stof geh., M50 of lutumgeh.	0,30-0,40 / 4% / 14% <2mu
3. Dikte van de B-laag in m.	0,45-0,50
4. Versteviging toegangsweg en werkterrein/opstelplaats	0,40 m (vast) zand op B-laag afgedekt met rijplaten / bouwweg 2,0 m³/m¹ (vast) zand op B-laag en rijplaten
5. Afwerking	Spitten met hydraulische rupskraan / teelaardeberging woelen
6. Opmerkingen	

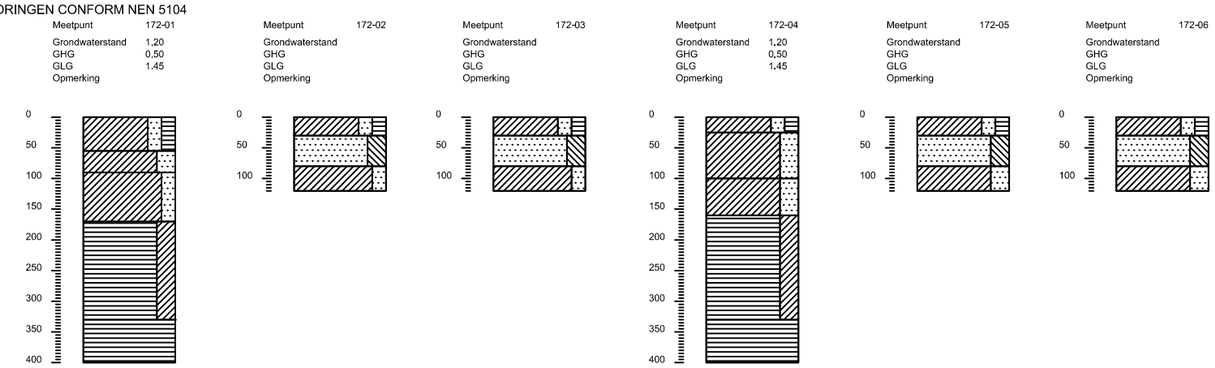
BORINGEN CONFORM STIBOKA

SCHAAL 1:100



BORINGEN CONFORM NEN 5104

SCHAAL 1:100



0A

10-12-2014

LEGENDA BORINGEN CONFORM STIBOKA

PROFIEL

Tx	teelaarde met grondsoort		KK	katteklei	
Z	zand	<18% <50mu en/of <5% <2mu	kZ	kleiig zand	5-8% <2mu
			zK	lichte zavel	8-18% <2mu
Z + Sl	zand slibhoudend	2-3% <16mu	K	zware zavel; lichte klei	18-35% <2mu
Z + Sl +	zand sterk slibhoudend	3-8% <16mu	zwk	zware klei	>35% <2mu
lZ	lemig zand	18-50% <50mu	V	veen	
zL	zandig leem	50-85% <50mu	vZ	venig zand	
L	leem	>85% <50mu	zV	zandig veen	lL lemige löss
KL	keileem		vK	venige klei	slL sterk lemige löss
zKL	zandige keileem		kV	kleiige veen	LoL löss leem

TOEVOEGINGEN

f	zeer fijn zand	M 50	<150mu
f	matig fijn zand	M 50	150-210mu
g	matig grof zand	M 50	210-420mu
g	zeer grof zand	M 50	>420mu
gr	grindhoudend		
s	slap		
s	zeer slap		

- GRONDWATERSTAND d.d. oktober 2014
- GEMIDDELD HOOGSTE GRONDWATERSTAND
- GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND

LEGENDA BORINGEN CONFORM NEN 5104

PROFIEL

- grind/grindig
- zand/zandig
- leem/siltig
- klei/kleiig
- veen/humeus

TOEVOEGINGEN

- zwak
- matig
- sterk
- uiterst

WIJZIGING

NR.	DATUM	WIJZIGING	GET.
0A	10-12-14	CONCEPT	Y.H.

SCHAALBALK KAARTBEELD: 0 10 20 30 40m

SCHAAL: 1:1000 1:100

TENNET TSO B.V.

CULTUURTECHNISCHE TEKENING
MAST 172
LELYSTAD - ENS

FORM.: 297X420

PROJECTNUMMER AG.	NR.
271507-CK-172	0A

R:\00270000\00271507\Geo-info\Cultuurkaarten\271507-CK-172 - Rev 0A.dwg

LEGENDA KAARTBEELD

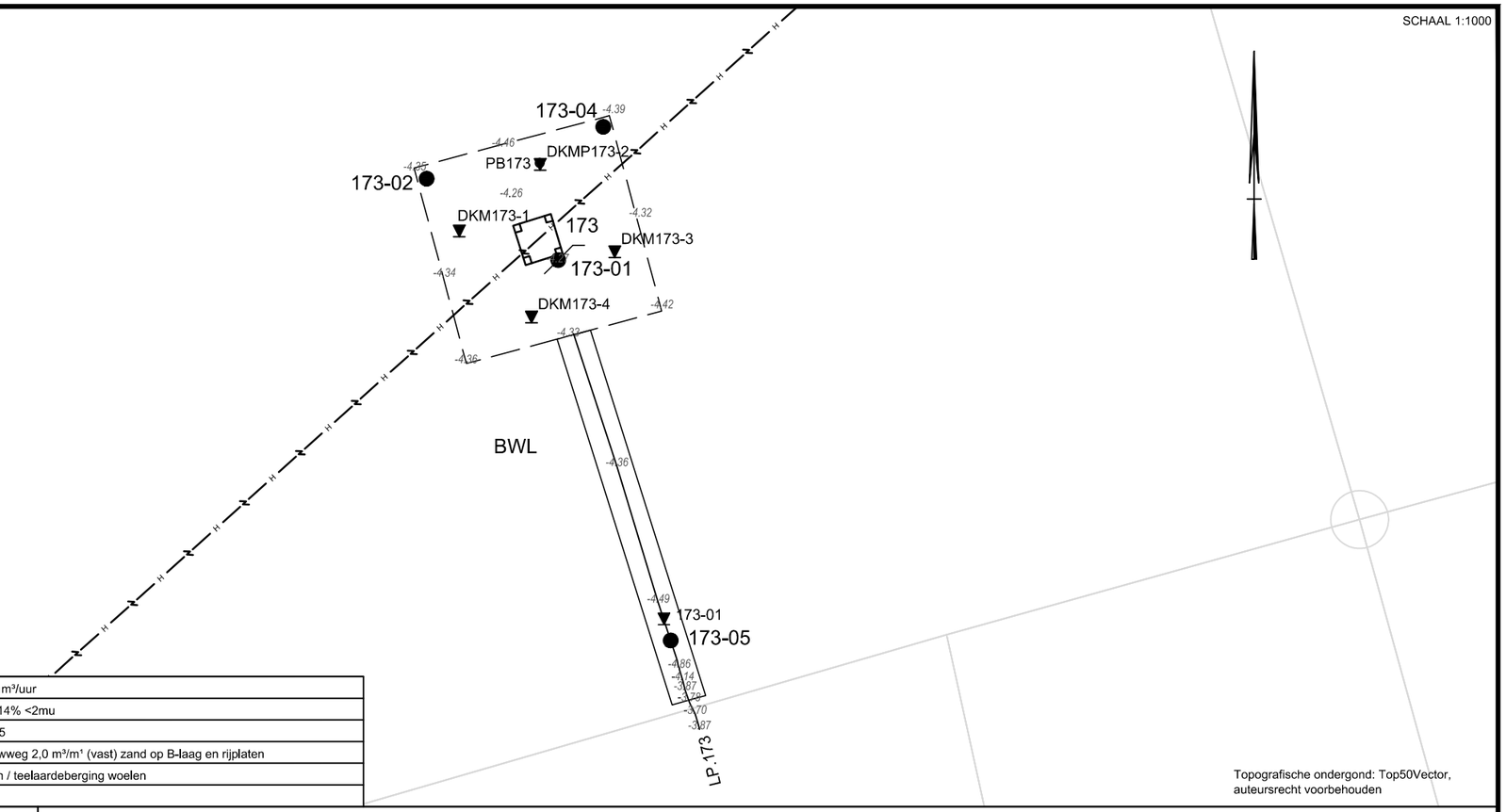
- werkterrein
- toegangsweg
- hoogspanningsleiding
- terrein overig
- mast met nummer
- kabels en leidingen
- 156-02 cultuurtechnische boring
- 156-01 peilbuis
- PB156 diepe peilbuis (Fugro)
- 156-01 handsondering
- DKM156-1 sondering (Fugro)
- *1.04* maaiveldhoogte in m. t.o.v. N.A.P.

LEGENDA BEMALINGEN

hb	horizontale bronnering
vb	verticale bronnering
ob	open bemaling
sb	spanningsbemaling

KAARTBEELD

SCHAAL 1:1000

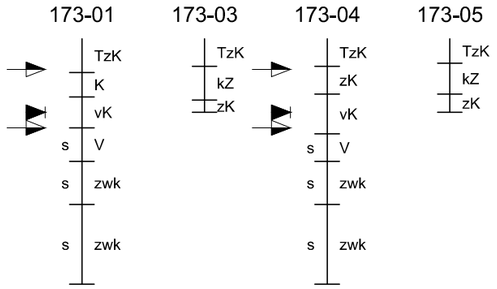


Topografische ondergond: Top50Vector, auteursrecht voorbehouden

CULTUURTECHNISCHE OMSCHRIJVING	
1. Bemalingstype en debiet (worst case GHG/GHS-situatie)	SB+OB 40/25 m³/uur
2. Teelaarde; dikte in m, org. stof geh., M50 of lutumgeh.	0,40-0,45 / 4% / 14% <2mu
3. Dikte van de B-laag in m.	0,40-0,45
4. Versteviging toegangsweg en werkterrein/opstelplaats	0,40 m (vast) zand op B-laag afgedekt met rijplaten / bouwweg 2,0 m³/m¹ (vast) zand op B-laag en rijplaten
5. Afwerking	Spitten met hydraulische rupskraan / teelaardeberging woelen
6. Opmerkingen	

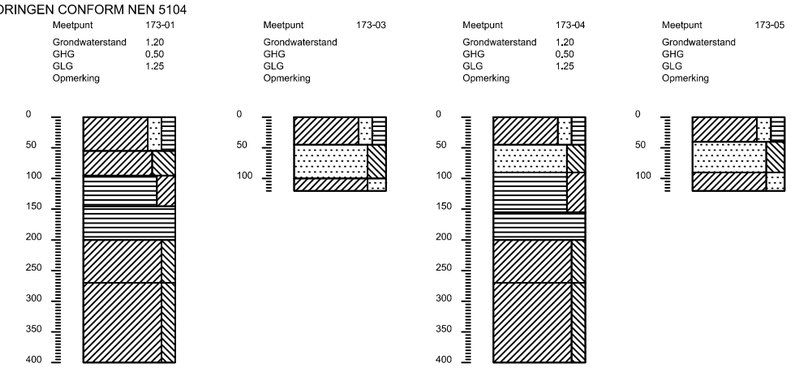
BORINGEN CONFORM STIBOKA

SCHAAL 1:100



BORINGEN CONFORM NEN 5104

SCHAAL 1:100



0A
10-12-2014

LEGENDA BORINGEN CONFORM STIBOKA

PROFIEL

Tx	teelaarde met grondsoort		KK	katteklei	
Z	zand	<18% <50mu en/of	kZ	kleiig zand	5-8% <2mu
		<5% <2mu	zK	lichte zavel	8-18% <2mu
Z + Sl	zand slibhoudend	2-3% <16mu	K	zware zavel;	
Z + Sl +	zand sterk slibhoudend	3-8% <16mu		lichte klei	18-35% <2mu
lZ	lemig zand	18-50% <50mu	zwk	zware klei	>35% <2mu
zL	zandig leem	50-85% <50mu	V	veen	
L	leem	>85% <50mu	vZ	venig zand	
KL	keileem		zV	zandig veen	lL lemige löss
zKL	zandige keileem		vK	venige klei	slL sterk lemige löss
			kV	kleiige veen	LoL löss leem

TOEVOEGINGEN

f	zeer fijn zand	M 50	<150mu
f	matig fijn zand	M 50	150-210mu
g	matig grof zand	M 50	210-420mu
g	zeer grof zand	M 50	>420mu
gr	grindhoudend		
s	slap		
s	zeer slap		
►	GRONDWATERSTAND d.d. oktober 2014		
►	GEMIDDELD HOOGSTE GRONDWATERSTAND		
►	GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND		

LEGENDA BORINGEN CONFORM NEN 5104

PROFIEL

- grind/grindig
- zand/zandig
- leem/siltig
- klei/kleiig
- veen/humeus

TOEVOEGINGEN

- zwak
- matig
- sterk
- uiterst

WIJZIGING

NR.	DATUM	WIJZIGING	GET.
0A	10-12-14	CONCEPT	Y.H.

SCHAALBALK KAARTBEELD: 0 10 20 30 40m

SCHAAL: 1:1000 1:100

TENNET TSO B.V.

CULTUURTECHNISCHE TEKENING
MAST 173
LELYSTAD - ENS

FORM.: 297X420

PROJECTNUMMER AG.	NR.
271507-CK-173	0A

R:\00270000\00271507\Geo-info\Cultuurkaarten\271507-CK-173 - Rev 0A.dwg

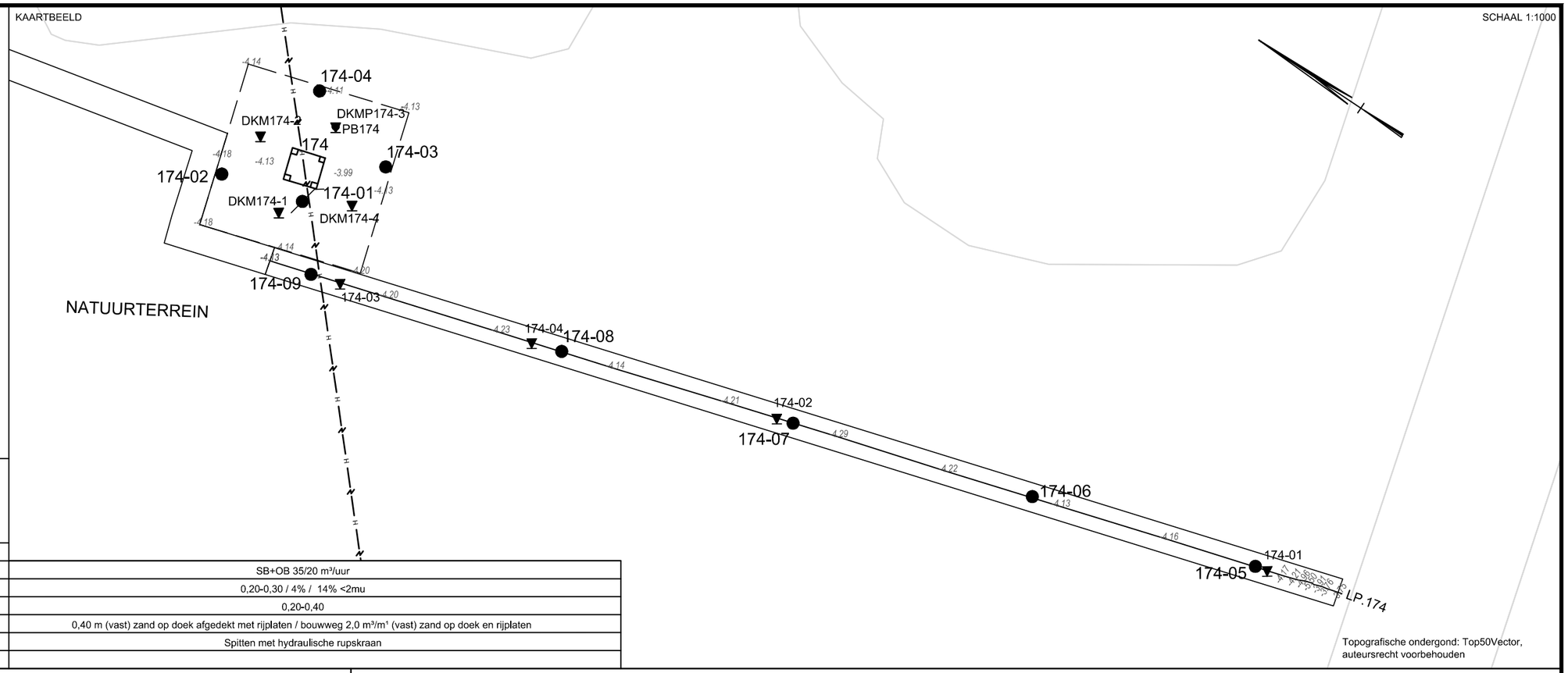
LEGENDA KAARTBEELD

- werkterrein
- toegangsweg
- hoogspanningsleiding
- terrein overig
- mast met nummer
- kabels en leidingen
- 156-02 cultuurtechnische boring
- 156-01 peilbuis
- PB156 diepe peilbuis (Fugro)
- 156-01 handsondering
- DKM156-1 sondering (Fugro)
- 1.04 maaiveldhoogte in m. t.o.v. N.A.P.

LEGENDA BEMALINGEN

hb	horizontale bronnering
vb	verticale bronnering
ob	open bemaling
sb	spanningsbemaling

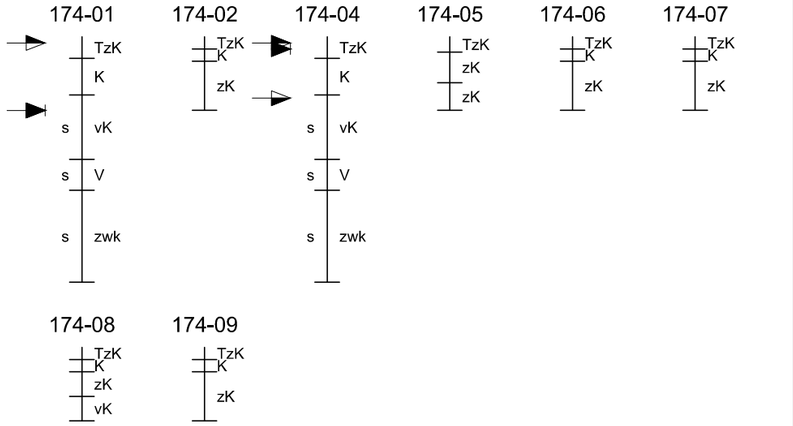
KAARTBEELD SCHAAL 1:1000



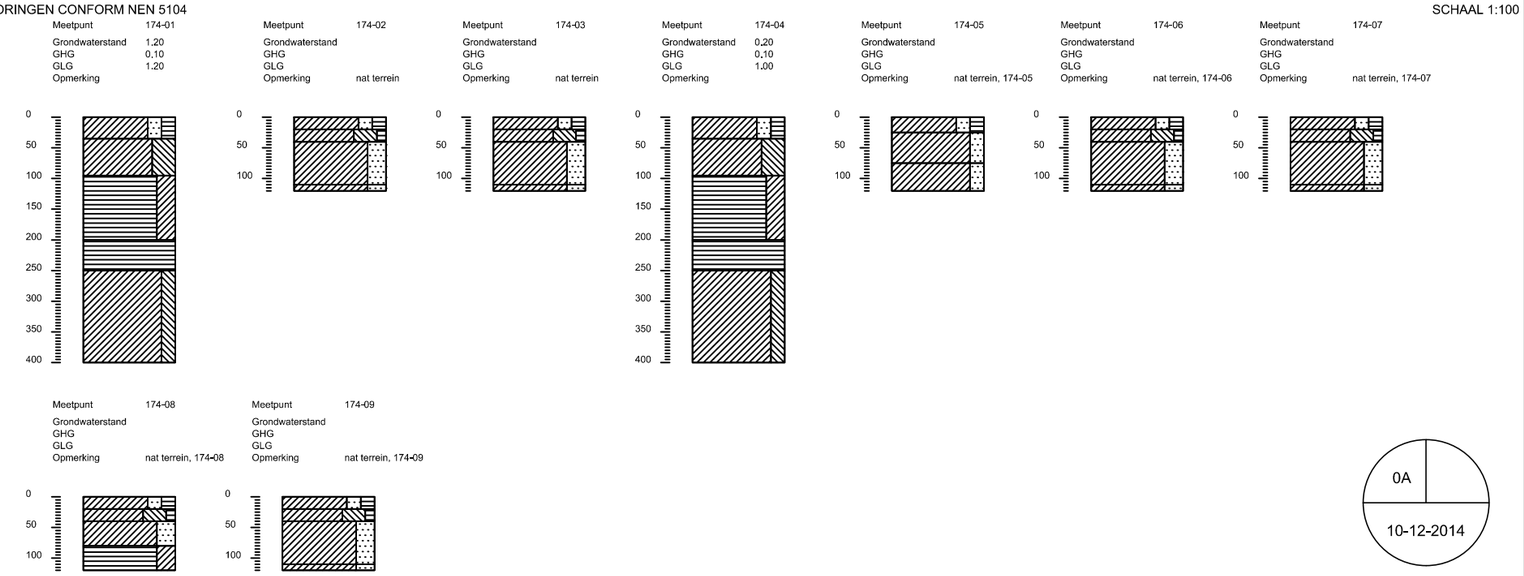
Topografische ondergrond: Top50Vector, auteursrecht voorbehouden

CULTUURTECHNISCHE OMSCHRIJVING	
1. Bemalingstype en debiet (worst case GHG/GHS-situatie)	SB+OB 35/20 m³/uur
2. Teelaarde; dikte in m, org. stof geh., M50 of lutumgeh.	0,20-0,30 / 4% / 14% <2mu
3. Dikte van de B-laag in m.	0,20-0,40
4. Versteviging toegangsweg en werkterrein/opstelplaats	0,40 m (vast) zand op doek afgedekt met rijplaten / bouwweg 2,0 m³/m¹ (vast) zand op doek en rijplaten
5. Afwerking	Spitten met hydraulische rupskraan
6. Opmerkingen	

BORINGEN CONFORM STIBOKA SCHAAL 1:100



BORINGEN CONFORM NEN 5104 SCHAAL 1:100



0A
10-12-2014

LEGENDA BORINGEN CONFORM STIBOKA

PROFIEL					
Tx	teelaarde met grondsoort		KK	katteklei	
Z	zand	<18% <50mu en/of <5% <2mu	kZ	kleiig zand	5-8% <2mu
			zK	lichte zavel	8-18% <2mu
Z + Sl	zand slibhoudend	2-3% <16mu	K	zware zavel; lichte klei	18-35% <2mu
Z + Sl +	zand sterk slibhoudend	3-8% <16mu	zk	zware klei	>35% <2mu
lZ	lemig zand	18-50% <50mu	V	veen	
zL	zandig leem	50-85% <50mu	vZ	venig zand	
L	leem	>85% <50mu	zV	zandig veen	
KL	keileem		vK	venige klei	
zKL	zandige keileem		kV	kleiige veen	

TOEVOEGINGEN			
f	zeer fijn zand	M 50	<150mu
f	matig fijn zand	M 50	150-210mu
g	matig grof zand	M 50	210-420mu
g	zeer grof zand	M 50	>420mu
gr	grindhoudend		
s	slap		
s	zeer slap		
	GRONDWATERSTAND d.d. oktober 2014		
	GEMIDDELD HOOGSTE GRONDWATERSTAND		
	GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND		

LEGENDA BORINGEN CONFORM NEN 5104

PROFIEL	TOEVOEGINGEN
grind/grindig	zwak
zand/zandig	matig
leem/siltig	sterk
klei/kleiig	uiterst
veen/humeus	

WIJZIGING

NR.	DATUM	WIJZIGING	GET.
0A	10-12-14	CONCEPT	Y.H.

SCHAALBALK KAARTBEELD: 0 10 20 30 40m

SCHAAL: 1:1000 1:100

TENNET TSO B.V.

CULTUURTECHNISCHE TEKENING
MAST 174
LELYSTAD - ENS

FORM.: 297X420

PROJECTNUMMER AG.	NR.
271507-CK-174	0A

R:\00270000\00271507\Geo-info\Cultuurkaarten\271507-CK-174 - Rev 0A.dwg

Bijlagenoverzicht

nummer	Titel
1	Bijlage 1 Begeleidend schrijven
2	Bijlage 2 Tracé tekening
3	Bijlage 3 Mastenlijst
4	Bijlage 4 Bestaande masten
5	Bijlage 5 Principe fundaties
6	Bijlage 6 Archeologische bureaustudie2015
7	Bijlage 7 Archeologische bureaustudie 2017
8	Bijlage 8 Ecologische werkprotocollen

Antea Group Archeologie 2014/130

Archeologisch bureauonderzoek Opwaardering 380 kV verbinding Lelystad-Ens (LLS-ENS380)

gemeente Dronten

projectnummer 271507
definitief revisie 05
13 april 2017

Understanding today.
Improving tomorrow.

Antea Group Archeologie 2014/130

Archeologisch bureauonderzoek Opwaardering 380 kV verbinding Lelystad-Ens (LLS-ENS380)

gemeente Dronten

projectnummer 271507
definitief revisie 05
13 april 2017

Auteurs
M.L. Craane
B. van Munster
R. Fens

Opdrachtgever
TenneT TSO B.V.
Postbus 718
6800 AS Arnhem

datum vrijgave	beschrijving revisie 05	goedkeuring	vrijgave
13-4-2017	definitief	J. Tolsma	A.J. Brandsma

Inhoudsopgave

		Blz.
Administratieve gegevens		**1**
Samenvatting		**3**
1	**Inleiding**	**5**
2	**Beschrijving onderzoekslocatie**	**6**
2.1	Begrenzing onderzoeks- en plangebied	6
2.2	Huidig en toekomstig gebruik	6
2.3	Archeologisch beleid en regelgeving	7
2.4	Landschappelijke situatie	8
2.5	Historische situatie en mogelijke verstoringen	13
3	**Bekende waarden**	**15**
3.1	Archeologische waarden	15
3.2	Bovengrondse bouwhistorische waarden	19
4	**Archeologische verwachting**	**20**
4.1	Bestaande verwachtingskaarten	20
4.2	Gespecificeerde archeologische verwachting	20
5	**Conclusies en advies**	**22**
5.1	Conclusies	22
5.2	(Selectie)advies	22
Literatuur en geraadpleegde bronnen		**25**

Bijlagen

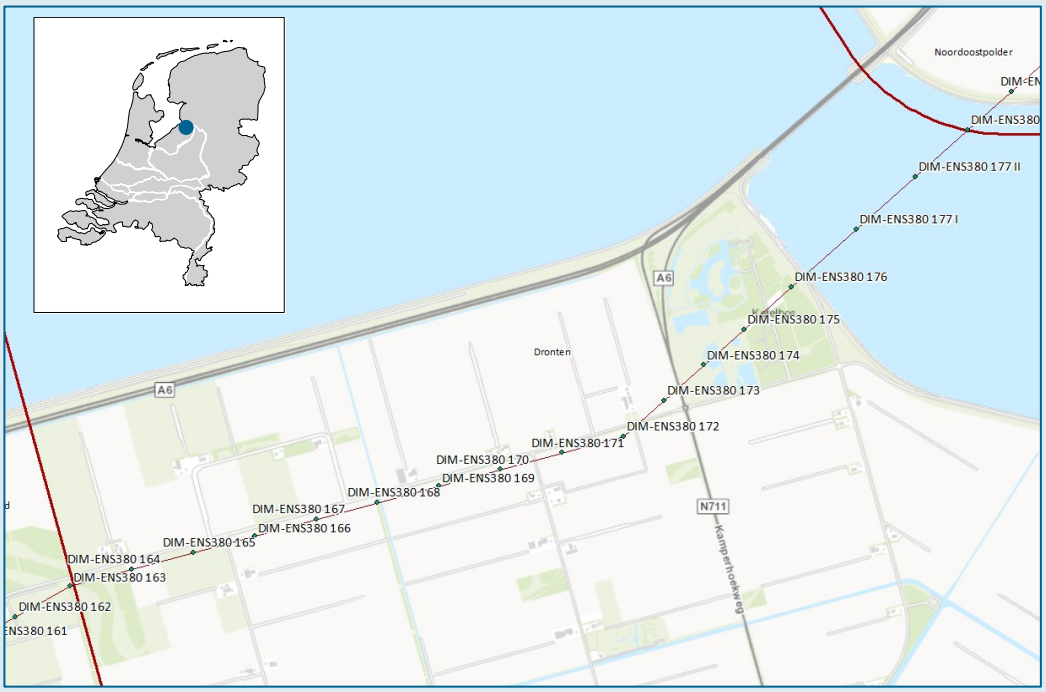
1	Archeologische perioden
2	AMZ-cyclus

Kaarten

271507-S49-S53	Situatiekaart met masten, lierplaatsen, bouwwegen en aanrijroutes (1:3000)
271507-ARCHIS	AMK-terreinen, Waarnemingen en Onderzoeken uit ARCHIS

Administratieve gegevens

AG Projectnummer	271507
OM-nummer	63590
Provincie	Flevoland
Gemeente	Dronten
Plaats	Swifterbant
Toponiem	LLS-ENS380; Visvijverweg; Ketelmeer
Kaartblad	20G, 20H en 20F
Coördinaten masten	DIM-ENS380 164: 168.253 / 511.044 DIM-ENS380 165: 168.639 / 511.150 DIM-ENS380 166: 169.025 / 511.255 DIM-ENS380 167: 169.411 / 511.360 DIM-ENS380 168: 169.796 / 511.466 DIM-ENS380 169: 170.182 / 511.571 DIM-ENS380 170: 170.568 / 511.676 DIM-ENS380 171: 170.954 / 511.782 DIM-ENS380 172: 171.340 / 511.887 DIM-ENS380 173: 171.591 / 512.113 DIM-ENS380 174: 171.843 / 512.339 DIM-ENS380 175: 172.094 / 512.564 DIM-ENS380 176: 172.392 / 512.831 DIM-ENS380 177I: 172.801 / 513.198 DIM-ENS380 177II: 173.173 / 513.532
Opdrachtgever	TenneT TSO B.V.
Uitvoerder	Antea Group
Datum uitvoering	oktober 2014-april 2017
Projectteam	J. Tolsma (projectleider archeologie) G. Sophie (senior KNA-archeoloog, vrijgave KNA3.3) M.L. Craane (KNA-archeoloog) B. van Munster (fysisch geograaf) R. Fens (archeoloog)
Bevoegd gezag	gemeente Dronten
Beheer documentatie	Antea Group
Vondstdepot	Provinciaal depot Bodemvondsten van Flevoland, Nieuw Land, Lelystad



Afbeelding 1. Overzicht van de hoogspanningsleiding (© Dienst voor het Kadaster en de Openbare Registers, Apeldoorn). Voor een meer gedetailleerd overzichtsplan, zie de kaartbijlagen.

Samenvatting

Tussen 2014 en 2017 heeft Antea Group in opdracht van TenneT TSO B.V. archeologisch onderzoek uitgevoerd ten behoeve van de opwaardering 380 kV verbinding (hoogspanningsmasten) tussen Diemen en Lelystad (DIM-LLS380) en Lelystad en Ens (LLS-ENS380). De werkzaamheden aan de hoogspanningsverbinding vinden plaats in meerdere gemeenten in Noord-Holland en Flevoland. Het onderhavige rapport betreft het bureauonderzoek over het deel van de verbinding tussen Lelystad en Ens dat in de gemeente Dronten (Flevoland) ligt.

Wijzigingen ten opzichte van vorige versie van dit rapport (rev 03)

- Aanvankelijk zou de fundering van de masten worden verstevigd. Het huidige ontwerp gaat echter uit van een vervanging van de lijnen door lijnen met een hogere capaciteit (High Temperature Low Sag-geleiders of HTLS). Versterkingen aan de mastfunderingen en mastconstructies zijn hierdoor niet meer noodzakelijk. Hiermee vervalt ook de noodzaak tot het diep ontgraven van de bodem.
- De locaties van de bouwwegen naar de masten is aangepast.
- De meeste bouwwegen (naar steunmasten) zijn verdwenen en vervangen door aanrijroutes.
- Er is minder zwaar materiaal nodig in de nieuwe situatie dan voor het verstevigen van de mastvoeten. Bij de hoekmasten/haspel- en lierlocaties zal zwaar materieel worden aangevoerd en is de aanleg van een bouwweg nog steeds noodzakelijk. Bij de steunmasten hoeft alleen licht materiaal te worden toegepast en kan worden volstaan met tractoren met platte kar (aanrijroute).
- Voor het cultuurtechnisch herstel van de bouwwegen en de werkterreinen ter plaatse van hoekmasten wordt uitgegaan van (eventuele) bodemwerkzaamheden tot circa 0,70 m –mv of minder.
- Op de aanrijroutes wordt een verstoring van de bovengrond verwacht door het berijden met tractoren en kar en door eventuele opvullen van verzakkingen en dergelijke.

Met het gewijzigde planontwerp is de omvang van het plangebied en de diepte van de te verwachten bodemverstoringen sterk afgenomen.

Advies
Met het uitgangspunt dat de fundering van de masten zou worden verstevigd was naar aanleiding van het bureauonderzoek eerder geadviseerd om ter hoogte van masten 166, 171 en 173 een karterend booronderzoek uit te voeren. In revisie 03 van het bureauonderzoek zijn ook de bouwwegen van masten 173, 174 en 175 aan het advies toegevoegd. Verder is geadviseerd om de overige masten vrij te geven voor wat betreft archeologie.

Het booronderzoek heeft plaatsgevonden bij de mastvoeten van masten 166, 171 en 173. Binnen de verstoringsdiepte van 0,7 m –mv zijn van boven naar beneden bouwvoor, Zuiderzee Laag of Almere Laag en eventueel veen aanwezig – geen aanwijzingen voor een bewoningsniveau. Bij mast 166 zijn oeverafzettingen aangetroffen op een diepte vanaf 150 cm –mv en een vegetatiehorizont op 195-200 cm -mv. Bij mast 171 zijn oeverafzettingen aangetroffen vanaf 200 cm –mv. Bij mast 173 zijn oeverafzettingen aangetroffen vanaf 155 cm –mv. Naar aanleiding van het booronderzoek is geadviseerd om het plangebied voor wat betreft de mastvoeten vrij te geven. Met dit onderzoek is een goed beeld van de ondergrond rondom de masten zelf verkregen: de bouwwegen, aanrijroutes en lierplaatsen zijn echter niet onderzocht.

Met het gewijzigde planontwerp is de omvang van het plangebied en de diepte van de te verwachten bodemverstoringen sterk afgenomen. Tijdens het veldonderzoek zijn enkel de mastvoeten onderzocht, zodat het advies tot vrijgave enkel voor de mastvoeten kan gelden. Voor de huidige bouwwegen, aanrijroutes en lierplaatsen adviseren wij daarom om op basis van gemeentelijke regels en op basis van het uitgevoerde onderzoek de volgende restricties op te leggen (zie tabel hieronder). In het kort betekent dit, dat wordt geadviseerd het plangebied vrij te geven voor ingrepen tot een diepte van 40 cm –mv.

Ter plaatse van dubbelbestemming waarde archeologie 2 is de vrijgestelde diepte van 40 cm –mv opgenomen in de regelgeving. Ook ter plaatse van functieaanduiding Swifterbant adviseren wij tot 40 cm –mv vrij te geven, aangezien dit deel van het bodemprofiel vrijwel zeker door normaal gebruik reeds verstoord is (bijvoorbeeld door enkelbestemming bos en enkelbestemming agrarisch).[1]

Voor diepere ingrepen geldt echter een restrictie; indien diepere ingrepen (bijvoorbeeld woelen) toch dienen plaats te vinden adviseren we voorafgaand aan het werk een booronderzoek uit te voeren op de nog niet onderzochte plandelen om te bepalen tot welke diepte de bovengrond daadwerkelijk is verstoord.

Mast	plan	voorwaarde maximale verstoring (reden)
163	oostelijke lierplaats	40 cm –mv (Swifterbant-functieaanduiding; enkelbestemming bos)
164	aanrijroute vanaf mast 163 over 240 m	40 cm –mv (Swifterbant-functieaanduiding; enkelbestemming bos)
164	overig deel aanrijroute	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
165	aanrijroute	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
166	aanrijroute 120 m tot aan mast 166	40 cm –mv (Swifterbant-functieaanduiding; enkelbestemming agrarisch)
166	overig deel aanrijroute	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
167-168	aanrijroute	40 cm –mv (Swifterbant-functieaanduiding; enkelbestemming agrarisch)
169-170	aanrijroute	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
171	aanrijroute 100 m tot aan mast 171	40 cm –mv (Swifterbant-functieaanduiding; enkelbestemming agrarisch)
171	overig deel aanrijroute	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
172	oostelijke lierplaats en oostelijke helft bouwweg	40 cm –mv (Swifterbant-functieaanduiding; enkelbestemming agrarisch)
172	westelijk lierplaats en westelijke helft bouwweg	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
173	aanrijroute	40 cm –mv (Swifterbant-functieaanduiding; enkelbestemming agrarisch)
174	bouwweg	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
175	bouwweg en lierplaatsen	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
176	aanrijroute	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
177	-	[water]

De gemeente Dronten koppelt de beoordeling van dit advies aan een eventueel in te dienen aanvraag om omgevingsvergunning dan wel een bestemmingsplanprocedure.

[1] Deze interpretatie van de regelgeving is als zodanig bevestigd door de gemeente Dronten.

1 Inleiding

Tussen 2014 en 2017 heeft Antea Group in opdracht van TenneT TSO B.V. archeologisch onderzoek uitgevoerd ten behoeve van de opwaardering 380 kV verbinding (hoogspanningsmasten) tussen Diemen en Lelystad (DIM-LLS380) en Lelystad en Ens (LLS-ENS380). De werkzaamheden aan de hoogspanningsverbinding vinden plaats in meerdere gemeenten in Noord-Holland en Flevoland. Het onderhavige rapport betreft het bureauonderzoek over het deel van de verbinding tussen Lelystad en Ens dat in de gemeente Dronten (Flevoland) ligt.

Wijzigingen ten opzichte van vorige versie van dit rapport (rev 03)

- Aanvankelijk zou de fundering van de masten worden verstevigd. Het huidige ontwerp gaat echter uit van een vervanging van de lijnen door lijnen met een hogere capaciteit (High Temperature Low Sag-geleiders of HTLS). Versterkingen aan de mastfunderingen en mastconstructies zijn hierdoor niet meer noodzakelijk. Hiermee vervalt ook de noodzaak tot het diep ontgraven van de bodem.
- De locaties van de bouwwegen naar de masten is aangepast.
- De meeste bouwwegen (naar steunmasten) zijn verdwenen en vervangen door aanrijroutes.
- Er is minder zwaar materiaal nodig in de nieuwe situatie dan voor het verstevigen van de mastvoeten. Bij de hoekmasten/haspel- en lierlocaties zal zwaar materieel worden aangevoerd en is de aanleg van een bouwweg nog steeds noodzakelijk. Bij de steunmasten hoeft alleen licht materiaal te worden toegepast en kan worden volstaan met tractoren met platte kar (aanrijroute).
- Voor het cultuurtechnisch herstel van de bouwwegen en de werkterreinen ter plaatse van hoekmasten wordt uitgegaan van (eventuele) bodemwerkzaamheden tot circa 0,70 m –mv of minder.
- Op de aanrijroutes wordt een verstoring van de bovengrond verwacht door het berijden met tractoren en kar en door eventuele opvullen van verzakkingen en dergelijke.

Met het gewijzigde planontwerp is de omvang van het plangebied en de diepte van de te verwachten bodemverstoringen sterk afgenomen.

Detailopnames met de locatie van de aanrijroutes, de bouwwegen en de lierplaatsen zijn opgenomen in bijlage 271507-S49-53.

Het doel van het uitvoeren van een archeologisch bureauonderzoek is het opstellen van een gespecificeerde archeologische verwachting voor het plangebied. Waar kunnen we wat verwachten? Voor het opstellen van een dergelijke verwachting wordt gebruik gemaakt van reeds bekende archeologische waarnemingen, historische kaarten, bodemkundige gegevens en informatie over de landschappelijke situatie. Een gespecificeerde verwachting gaat in op de mogelijke aanwezigheid, het karakter, de omvang, datering en eventuele (mate van) verstoring van archeologische waarden binnen het plangebied.

Het bureauonderzoek is uitgevoerd conform de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA), versie 3.3.

2 Beschrijving onderzoekslocatie

2.1 Begrenzing onderzoeks- en plangebied

Bij de administratieve gegevens staan de X- en Y- coördinaten van de vijftien locaties van de hoogspanningsmasten vermeld. Dit betreft het centrumcoördinaat. Het onderzoeksgebied betreft een zone van 500 m ten noorden en ten zuiden van het 380 kV tracé. De masten worden als referentiepunten gebruikt. Behalve de masten bestaat het plangebied uit lierplaatsen, bouwwegen en aanrijroutes naar de werklocaties. Detailopnames met de locatie van de aanrijroutes, de bouwwegen en de lierplaatsen zijn opgenomen in bijlage 271507-S49-53.

2.2 Huidig en toekomstig gebruik

Huidig gebruik plangebied
Grasland, akkerland, water, bosbouw, hoogspanningsmast.

Consequenties toekomstig gebruik
Aanvankelijk was een opwaardering (verhoging van de capaciteit) gepland waarbij de fundering van de hoogspanningsmasten zou worden verstevigd. Deze ingreep zou bodemverstoring toebrengen in een zone van enkele tientallen meters rondom de mastvoeten. Voor het bereikbaar maken van de masten en het uitvoeren van de werkzaamheden zouden tevens aanrijroutes, bouwwegen, jukken, lierplaatsen en werkterreinen worden aangelegd.

Wijzigingen ten opzichte van vorige versie van dit rapport (rev 03)

- Aanvankelijk zou de fundering van de masten worden verstevigd. Het huidige ontwerp gaat echter uit van een vervanging van de lijnen door lijnen met een hogere capaciteit (High Temperature Low Sag-geleiders of HTLS). Versterkingen aan de mastfunderingen en mastconstructies zijn hierdoor niet meer noodzakelijk. Hiermee vervalt ook de noodzaak tot het diep ontgraven van de bodem.
- De locaties van de bouwwegen naar de masten is aangepast.
- De meeste bouwwegen (naar steunmasten) zijn vervangen door aanrijroutes.
- Er is minder zwaar materiaal nodig in de nieuwe situatie dan voor het verstevigen van de mastvoeten. Bij de hoekmasten/haspel- en lierlocaties zal zwaar materieel worden aangevoerd en is de aanleg van een bouwweg nog steeds noodzakelijk. Bij de steunmasten hoeft alleen licht materiaal te worden toegepast en kan worden volstaan met tractoren met platte kar (aanrijroute).
- Voor het cultuurtechnisch herstel van de bouwwegen en de werkterreinen ter plaatse van hoekmasten wordt uitgegaan van (eventuele) bodemwerkzaamheden tot circa 0,70 m –mv of minder.
- Op de aanrijroutes wordt een verstoring van de bovengrond verwacht door het berijden met tractoren en kar en door eventuele opvullen van verzakkingen en dergelijke.

Met het gewijzigde planontwerp is de omvang van het plangebied en de diepte van de te verwachten bodemverstoringen sterk afgenomen.

Bij de masten in onderstaande tabel worden bouwwegen en lierplaatsen ingericht waarmee een eventueel intacte bodem kan worden verstoord:

Mast	lengte bouwweg en overig	Zie situatiekaart in bijlage:
163	c. 25 m en 1 lierplaats[2]	271507-S49
172	c. 150 m en 2 lierplaatsen	271507-S52
174-175	c. 700 m en 2 lierplaatsen bij mast 175	271507-S52-53

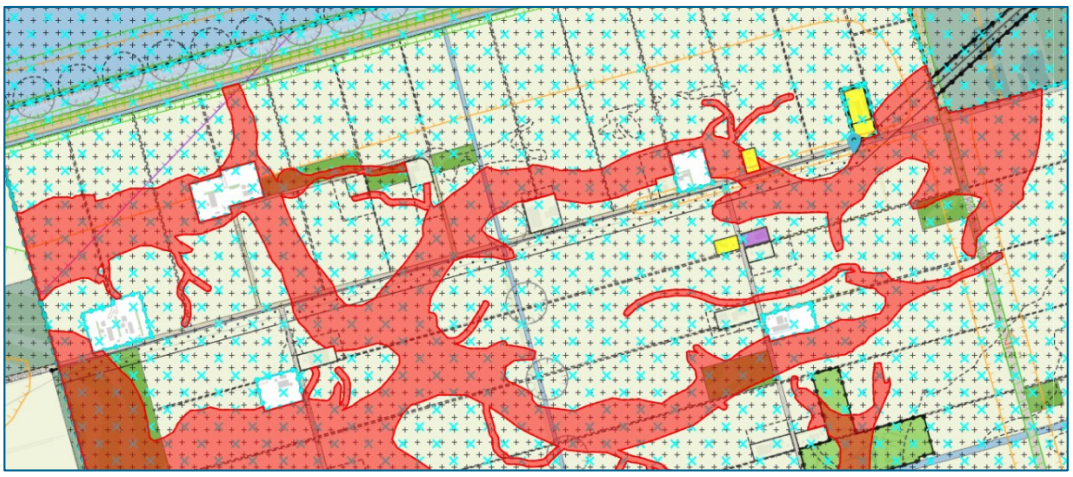
Alle overige masten zullen worden benaderd met een aanrijroute (voor tractor met kar); hier wordt geen noemenswaardige bodemverstoring verwacht dieper dan de zode of het bovenste deel van de bouwvoor.

2.3 Archeologisch beleid en regelgeving

Masten 164-173
Hoogspanningsmasten 164 tot en met 173 zijn gelegen in bestemmingsplan Buitengebied Dronten D4000 (vastgesteld 2016) in een zone met een dubbelbestemming 'waarde archeologie 2' (art. 22). Deze waarde wordt toegekend aan gronden met een (zeer) hoge archeologische waarde. Deze zone is nog weer ingedeeld in functieaanduiding voor *specifieke vormen van waarde – archeologie Swifterbantgebied* (afb. 2). In deze functieaanduiding Swifterbantgebied geldt dat bij alle bodemverstorende werkzaamheden, ongeacht welke oppervlakte of verstoringsdiepte, archeologisch onderzoek noodzakelijk is. Buiten de functieaanduiding Swifterbantgebied is archeologisch onderzoek nodig bij ingrepen groter dan 100 m^2 en dieper dan 40 cm.

- Mast 163 (oostelijke lierplaats en bouwweg): functieaanduiding Swifterbantgebied
- Mast 164 (240 m aanrijroute): functieaanduiding Swifterbantgebied
- Mast 164 (overig deel aanrijroute): waarde archeologie 2
- Mast 165 (aanrijroute): waarde archeologie 2
- Masten 166 (120 m aanrijroute): functieaanduiding Swifterbantgebied
- Mast 166 (overig deel aanrijroute): waarde archeologie 2
- Masten 167, 168 (aanrijroutes): functieaanduiding Swifterbantgebied
- Masten 169, 170 (aanrijroutes): waarde archeologie 2
- Mast 171 (100 m aanrijroute): waarde archeologie 2
- Mast 171 (overig deel aanrijroute: functieaanduiding Swifterbantgebied
- Mast 172 (oostelijke lierplaats, oostelijke helft bouwweg): functieaanduiding Swifterbantgebied
- Mast 172 (westelijke lierplaats, westelijke helft bouwweg): waarde archeologie 2
- Mast 173 (aanrijroute): functieaanduiding Swifterbantgebied

[2] Het betreft enkel de bouwweg naar de oostelijke lierplaats: mast 163, de westelijke lierplaats en de bouwweg daar naartoe liggen in de gemeente Lelystad.



Afbeelding 2. Functieaanduiding specifieke vorm van waarde – archeologie Swifterbantgebied (rode arcering) binnen de dubbelbestemming waarde archeologie 2 (vlak met plustekens) in het bestemmingsplan Buitengebied Dronten D4000 (bron: ruimtelijkeplannen.nl).

Masten 174-177 II
De hoogspanningsmasten en bouwwegen 174 tot en met 176 op het land en de masten in het water van het Ketelmeer (177 I en 177 II) vallen onder het bestemmingsplan 'Randmeerzone' van 27 juni 2013 en liggen eveneens in een zone met een dubbelbestemming 'waarde archeologie'. De masten op het land vallen in waarde archeologie 2 (art. 34). hier is archeologisch onderzoek nodig voor ingrepen met een omvang groter dan 100 m^2 en dieper dan 40 cm –mv. De masten in het Ketelmeer vallen in waarde archeologie 5 (art. 37) die is toegekend aan waterbodems met mogelijk te verwachten hoge archeologische waarden. Hierbij geldt eveneens dat bij alle bodemverstorende werkzaamheden met een omvang groter dan 1,7 ha vergunningsplichtig zijn voor het aspect archeologie.

- Masten 174-175 (bouwweg en lierplaatsen): waarde archeologie 2
- Mast 176 (aanrijroute): waarde archeologie 2
- Masten 177I-177II (geen planonderdelen): waarde archeologie 5

Zoals eerder vermeld worden alleen bij masten 163, 172 en 174-175 bodemverstoringen verwacht tot maximaal 0,7 m –mv (bouwwegen en lierplaatsen). Alle overige masten zullen worden benaderd met een aanrijroute (voor tractor met kar); hier wordt geen noemenswaardige bodemverstoring verwacht dieper dan de zode of het bovenste deel van de bouwvoor.

2.4 Landschappelijke situatie

Geologie[3]
Het landschap van het huidige Flevoland ontwikkelde zich van een droge poolwoestijn tijdens de koudste fase van de laatste ijstijd (Weichselien) tot een uitgestrekte binnenzee toen de laatste ijstijd 12.000 jaar geleden eindigde en het gebied werd afgedekt met dekzand. De zeespiegel stond toen 110 m lager dan tegenwoordig en het huidige Nederland was achterland en de Noordzee één grote poolwoestijn. In deze koudste fase was vrijwel geen begroeiing meer aanwezig. Er stroomde een aantal rivieren: in het noorden de Oer-Vecht en de Rijn (die in het dal van de (huidige) IJssel stroomde) en in het zuiden de Eem.

[3] Eimermann et al., 2009.

De Rijn heeft het IJsseldal in de tweede helft van het de laatste ijstijd verlaten.[4] Ter plaatse van de voormalige loop is een laagte van enkele meters in de pleistocene afzettingen aanwezig die ter plaatse van het huidige Ketelmeer is gelegen (afb. 3).[5]

Gedurende het Pleistoceen hadden de rivieren geen constante wateraanvoer. Slechts in de zomer kregen ze in korte tijd zeer veel smeltwater te verwerken. In het grootste gedeelte van het jaar lagen de beddingen echter droog. Als gevolg van het gebrek aan begroeiing konden rivierafzettingen gaan stuiven. Hierdoor ontstonden langs de riviergeulen hoge rivierduinen (Laagpakket van Delwijnen, behorend tot de Boxtel Formatie). In gehele gebied is daarnaast een glooiend pakket zand afgezet. Dit dekzand behoort eveneens tot de Boxtel Formatie (Laagpakket van Wierden, voorheen Formatie van Twente). Het dekzand is over het algemeen fijner van structuur dan de rivierafzettingen.

Doordat de wind vrij spel had, ligt overal in de gemeente zand, op de ene plek wat dieper dan op de andere. Dit dekzand blijkt grofweg in twee fasen te zijn afgezet en de jongste fase stamt uit het laat-paleolithicum. Hierop kunnen de oudste archeologische vondsten van Flevoland worden verwacht.

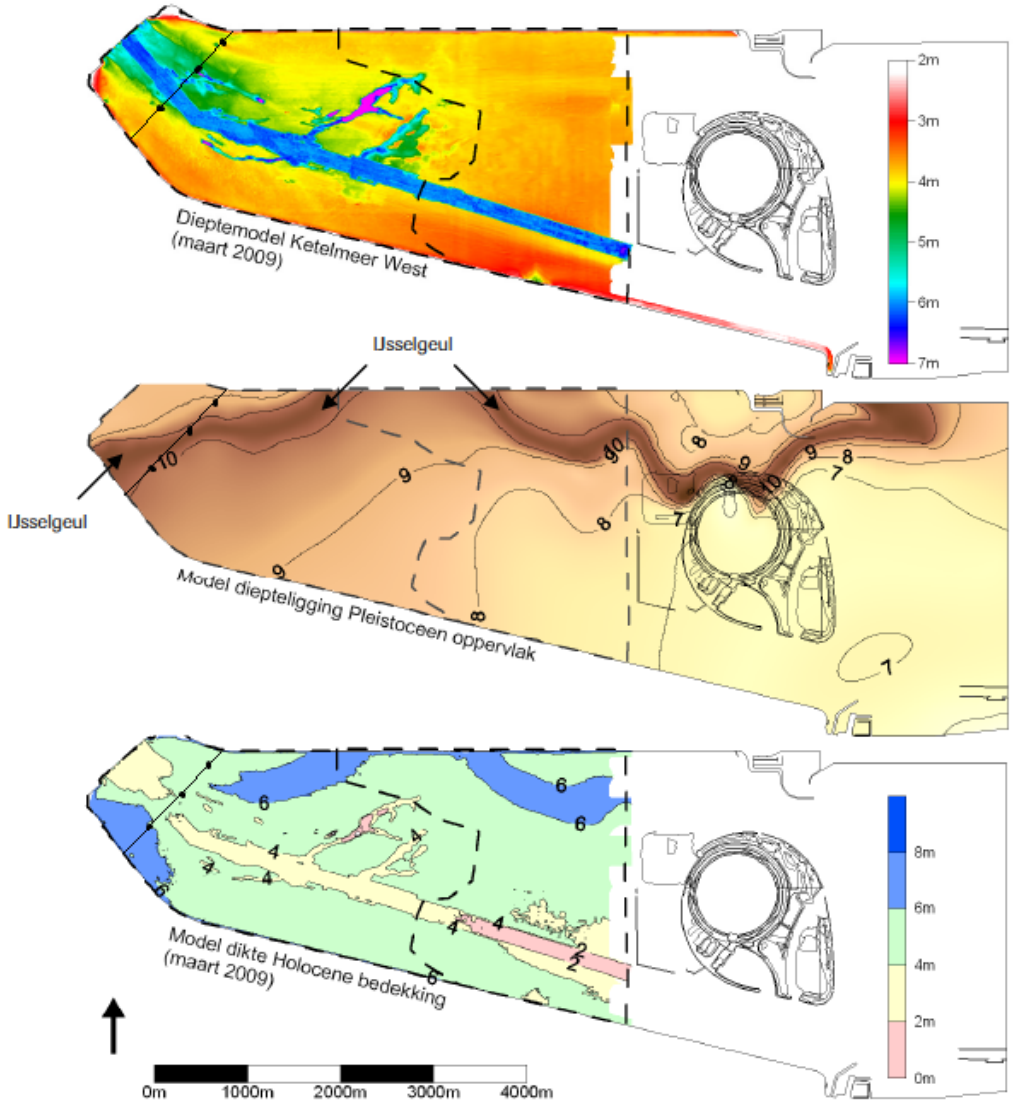
In warmere tussenfasen van de ijstijd werd het gebied door jagers-verzamelaars bezocht. Zo'n warme fase kenmerkte zich door bodemvorming in het dekzand. De poolwoestijn trok zich tijdelijk terug, vegetatie kon tot ontwikkeling komen en verscheidene diersoorten vestigden zich hier weer. Op basis van koolstofdateringen stammen deze bodems in Flevoland globaal uit de periode tussen 12.250 en 11.500 voor Chr.

De laatste geologische periode, het Holoceen, begon circa 10.000 jaar voor heden en duurt nog steeds voort. De pleistocene afzettingen zijn in het holoceen bedekt door veen, zeebodem- en meerafzettingen. Het begin van het holoceen wordt gekenmerkt door een geleidelijke stijging van de temperatuur. Hierdoor raakte het landschap begroeid, eerst met naaldbos en later met een dicht loofbos. De zeespiegel steeg in deze periode weer, samen met de grondwaterspiegel. Door de hoge grondwaterspiegel konden plantenresten minder goed worden afgebroken, waardoor met name in de lage delen van landschap direct op het dekzand een laag veen ontstond (Basisveen).

Belangrijke fasen die kunnen worden onderscheiden zijn allereerst de veengroei die startte in het Boreaal (circa 7.000 - 6.000 voor Chr.). De veengroei ging plaatselijk door tot het Subatlanticum (circa 900 voor Chr.). Onder invloed van zoet wateraanvoer door rivieren vormde zich broekveen met veel houtresten. Ook vormde zich veenmosveen. Elders vormde zich vooral zegge- en rietveen.

Rond 5500 voor Chr. was de zeespiegel 100 m gestegen, gemiddeld 6,5 m per eeuw. Door de temperatuurstijging kreeg ook het afstromende water meer vat op de ondergrond, waardoor (rivier- en beek)dalen in het dekzand werden uitgesleten. Tevens ontstond geleidelijk een dichtere vegetatie. De combinatie met de hogere dekzandruggen en de nabijheid van dalen, zoals in de omgeving bij Swifterbant, maakte het gebied vanaf het mesolithicum (9600 – 4900 voor Chr.) bij uitstek interessant als bewoningsplek.

[4] Cohen et al., 2009.
[5] Van den Brenk & Waldus, 2009.



Afbeelding 3. Dieptemodel, Pleistoceen oppervlak en holocene bedekking Ketelmeer (Van den Brenk & Waldus 2009) Reconstructie van de diepte van het Ketelmeer, het pleistocene oppervlak en de dikte van de holocene afzettingen op basis van circa 160 boringen.

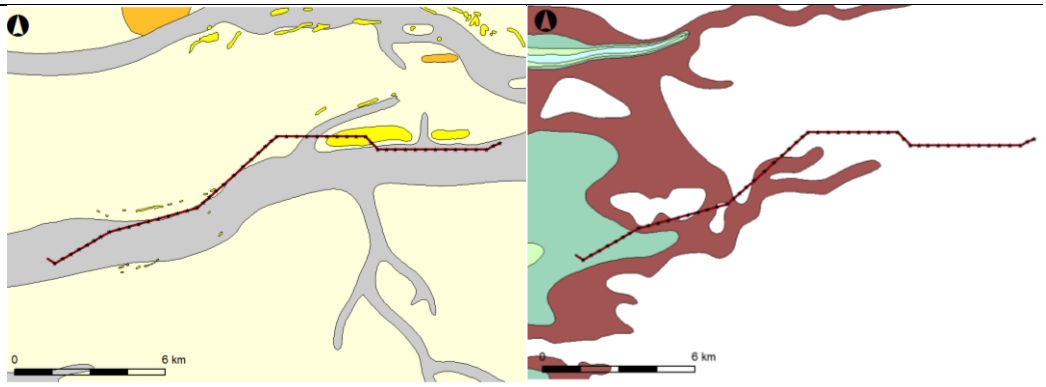
Vanaf 5500 voor Chr. werd de invloed van stijgend (grond)water op de landschappelijke ontwikkeling steeds groter. De vernatting kenmerkte zich eerst door het optreden van veengroei (vernatting door hogere grondwaterstand), later door het ontstaan van een gebied met meer open water, uiteindelijk zelfs in directe verbinding met de zee. Er ontstond een landschap waarin een stelsel van getijdengeulen (kreken) voor de afwatering op een noordwestelijk gelegen lagune zorgde. Naast de geulen lagen hoger gelegen oeverwallen die bij verdere aangroei gedurende steeds langere perioden droog kwamen te liggen. Zo werden zij geschikt als (zomer)verblijfplaats. De Swifterbantcultuur maakte gebruik van deze verblijfsmogelijkheden.

In het Subatlanticum (vanaf 900 voor Chr.) nam de invloed van de zee toe en ontstond een groot meer (Meer Flevo). Hierin werd de laag die we nu Flevo-Laag noemen afgezet. Rond het begin van de jaartelling was een groot deel van het relatief laaggelegen veen weggeslagen. Op

sommige plekken bleven echter 'veenbulten' bestaan. Het Flevomeer breidde zich in de middeleeuwen uit tot het Almere, dat tot circa 1.250 na Chr. bestond. Dit meer stond via de IJ-boezem in contact met de Noordzee, waardoor er een brak milieu aanwezig was. In deze periode is vooral veel zandige klei afgezet (Almere Laag). Ten oosten van het plangebied bevond zich de delta van de Gelderse IJssel, die uitmondde in het meer. De loop van de huidige IJssel is pas in de vroege middeleeuwen ontstaan tot die tijd vond afstroming plaats via beken.[6]

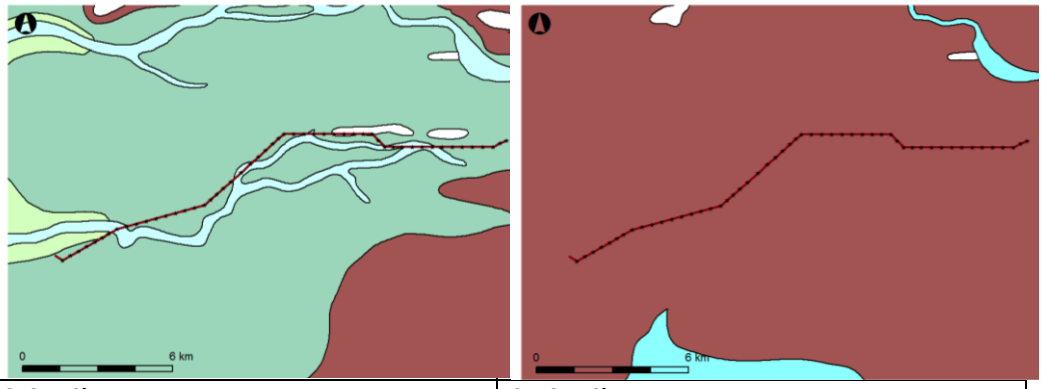
De invloed van de zee op het Almere nam in de loop van middeleeuwen geleidelijk toe. Rond 1250 werd de invloed van de zee dusdanig dat de al dan niet door klei bedekte veenafzettingen verder werden geërodeerd. Vanaf deze periode vormde zich door voortdurende afbraak een binnenzee. In de veertiende eeuw ontstond een nieuwe inbraakgeul, die de Noordzee via de Waddenzee met het Almere verbond. Hierdoor werd het milieu weer zout (in tegenstelling tot het brakke Almere), en ontstond de Zuiderzee. In de Zuiderzee werd een laag jonge zeeklei afgezet. Tot de jaren 30 van de vorige eeuw stond de Zuiderzee in directe verbinding met de Noordzee. Flevoland bestond toen dus vooral uit water. In 1932 werd de Zuiderzee afsloten van de Noordzee door het voltooien van de Afsluitdijk en ontstond het IJsselmeer. In 1936 is men begonnen met het drooglegggen van de Noordoostpolder. De afzettingen in het Ketelmeer en de Noordoostpolder hebben dus een vergelijkebare opbouw, aangezien verandering tussen de gebieden voornamelijk pas is opgetreden na de drooglegging van de polder en inklinking is opgetreden van met name de venige afzettingen die zijn ingepolderd.

In 2010 is de kaart van het krekensysteem van Swifterbant uit 1979 ge- updatet.[7] Deze geeft een gedetailleerd beeld van het prehistorisch landschap van het Swifterbant gebied (afb. 5). Masten 166, 171, 173 zijn gelegen ter hoogte van een kreek. De bouwweg naar 174 en 175 kruist ook een kreek ten zuiden van mast 174. De kreek bij masten 166, 171, 173 en 174 lijkt tot hetzelfde kreeksysteem te behoren waardoor eventuele oeverafzettingen op gelijke hoogte worden verwacht. Ten oosten van mast 175 (aanrijroute) ligt een kreeksysteem dat het oudere systeem afsnijdt. Masten 177 I en 177 II zijn ter plaatse van de voormalige geul van de pleistocene Rijn gelegen die een laagte in de pleistocene afzettingen vormt (zie afb. 3).



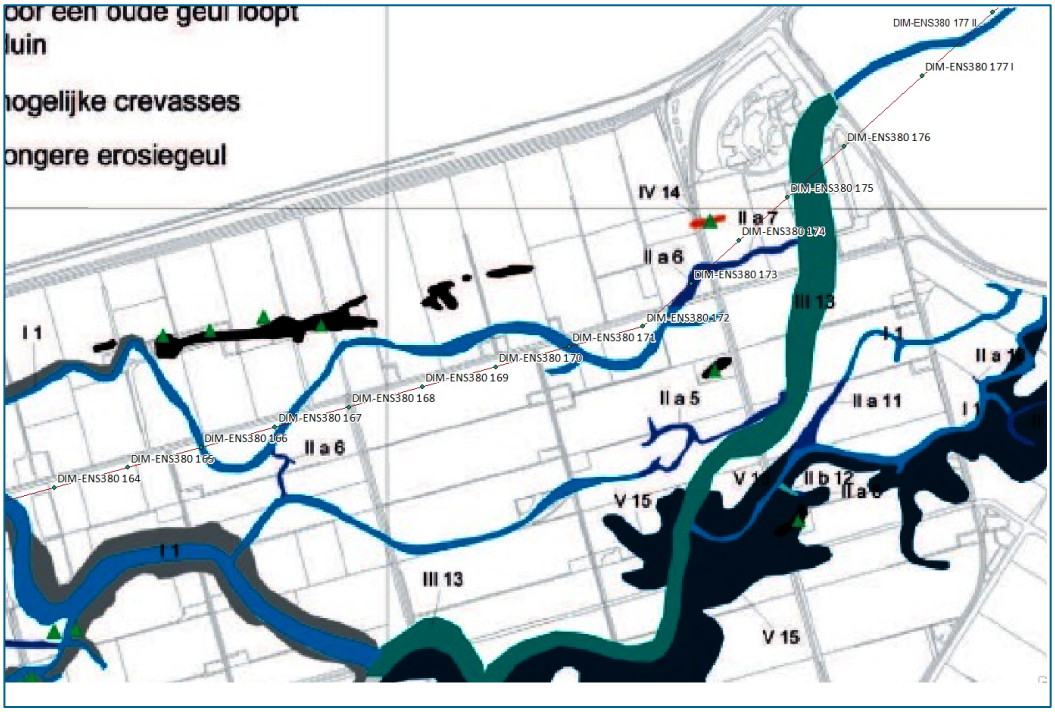
9000 v. Chr	5500 v. Chr

[6] Cohen et al., 2009.
[7] Dresscher & Raemaekers, 2010.



3850 v. Chr	2750 v. Chr

Afbeelding 4: Paleogeografische situatie in 9000, 5500, 3850 en 2750 v. Chr. met daarop het 380 kV tracé (Vos e.a. 2011) (grijs: beekdal, licht geel: laag duin, donker geel: donk, groen: kwelder, bruin: veen, licht blauw: buitenwater).



Afbeelding 5. Kaart van het kreekruggensysteem Swifterbant (bron: Dresscher & Raemaekers, 2010).

Geomorfologie en AHN

Met uitzondering van masten 177 I en 177 II, zijn alle masten inclusief bouwwegen gelegen in een vlakte van zee- of meerbodemafzettingen (2M33). De locaties 177 I en 177 II liggen in het water (W). Op het Actueel Hoogtebestand Nederland (afb. 6) zijn de kreeksystemen duidelijk zichtbaar. De ligging van de kreeksystemen komt overeen met de kreeksystemen zoals weergegeven op de kaart in afbeelding 5. De hoogte van het maaiveld ligt tussen de circa 4,2 en 4,5 m -NAP. Voor de masten in het Ketelmeer zijn geen hoogtegegevens opgenomen op het AHN. Uit het dieptemodel (afbeelding 3) blijkt dat de masten in het Ketelmeer op een diepte van 4 tot 5 m -NAP is gelegen.



Afbeelding 6. Uitsnede uit het AHN (www.ahn.nl).

Bodem en grondwater
Volgens de bodemkaart is ter hoogte van het merendeel van de masten, bouwwegen en aanrijroutes sprake van poldervaaggronden, bestaande uit lichte zavel (Mn12A; masten 165-176) of klei (Mn82A; mast 164). Van masten 177 I en 177 II is geen bodemtype opgenomen omdat deze in het water zijn gelegen. De grondwatertrap ter hoogte van masten164 t/m 173 is VI. Hierbij ligt de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) tussen de 40 en 80 cm beneden maaiveld. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) ligt dieper dan 120 cm beneden maaiveld. Ter hoogte van masten 174 t/m 176 is de grondwatertrap V. Hierbij ligt de GHG minder dan 40 cm beneden maaiveld en de GLG meer dan 120 cm beneden maaiveld.

Cultuurtechnische boringen en inventariserend veldonderzoek
In november 2014 is er ter hoogte van de masten en bouwwegen op het land een cultuurtechnisch booronderzoek uitgevoerd. Per mast zijn minstens vijf boringen gezet. Hoewel dit geen archeologisch booronderzoek betreft, geeft het wel een goed beeld van de bodemopbouw ter hoogte van de masten. Uit het booronderzoek is gebleken dat potentieel archeologisch interessante lagen die kunnen duiden op de aanwezigheid van duinkoppen zich dieper dan 4 m beneden maaiveld bevinden. Het valt echter niet uit te sluiten dat zich binnen 2,0 m –mv oeverafzettingen van kreeksystemen bevinden. De diepte van de hiermee geassocieerde lagen kunnen niet met zekerheid uit de cultuurtechnische boringen worden gehaald.

2.5 Historische situatie en mogelijke verstoringen

Flevoland is al vanaf het paleolithicum bezocht door rondtrekkende groepen jager-verzamelaars. Er zijn vuursteenvondsten uit het laat-paleolithicum aangetroffen, maar over menselijke activiteit rondom Dronten is voor deze periode weinig bekend.

In het mesolithicum begon het gebied door het warmer wordende klimaat te vernatten. Beekjes sneden zich in het dekzand in en via deze waterlopen konden de eerste bewoners zich

gemakkelijk door het moerasland verplaatsen. De rivierduinen in de omgeving werden regelmatig bezocht door groepen jager-verzamelaars.

In de loop van het neolithicum kreeg de zee invloed in het gebied en door de geulen van de IJssel stroomde brak water het gebied in. Hierdoor werd sediment meegevoerd die in de vorm van oeverwallen werd afgezet. Hierop zijn verschillende nederzettingen bekend. In deze periode vond de overgang plaats van jagen-verzamelen naar sedentaire nederzettingen waarin de bewoners aan akkerbouw en veeteelt deden en hun eigen aardewerk maakten. De Swifterbantcultuur is bepalend voor deze periode (en staat tevens symbool voor het langdurige proces van de overgang van jagen-verzamelen naar landbouw (5000 tot 3400 voor Chr.). Uit deze periode is tevens de oudst bekende akker van Noordwest-Europa bekend tussen Swifterbant en Lelystad (van 4200 voor Chr.)[8].

In de loop van het neolithicum raakte het gebied rondom Dronten door de toenemende vernatting langzamerhand onbewoonbaar. Er was sprake van veengroei en er ontstond een groot binnenmeer. Aan de zuidzijde van Dronten is nog wel een terrein met bewoningssporen uit deze periode bekend, maar dit is zeer zeldzaam.

In de vroege middeleeuwen breidde het open watergebied in het Zuiderzeebekken zich in hoog tempo uit maar tot in de late middeleeuwen bleven sommige delen in de omgeving nog bewoonbaar.

Tot de jaren 30 van de vorige eeuw stond de Zuiderzee in directe verbinding met de Noordzee. Flevoland bestond toen dus vooral uit water. In dat water bevonden zich wel enkele eilanden zoals Urk, Schokland, Wieringen en Marken. In 1932 werd de Zuiderzee afsloten van de Noordzee door het voltooien van de Afsluitdijk en ontstond het IJsselmeer. In 1936 is men begonnen met het droogleggen van de Noordoostpolder waardoor Urk en Schokland geen eiland meer waren. In 1942 werd de drooglegging van de Noordoostpolder voltooid. Pas na de Tweede Wereldoorlog werd begonnen met de bouw van boerderijen en de uitgifte van grond. In 1950 begon men met het droogleggen van oostelijk Flevoland en daar werden in 1962 de eerste huizen opgeleverd. In zuidelijk Flevoland werden in 1976 de eerste huizen opgeleverd.

De locaties van dit onderzoek zijn gelegen in oostelijk Flevoland. Vanwege deze ontstaansgeschiedenis worden er vooral sporen van de bewoners van dit gebied uit het mesolithicum en neolithicum verwacht, Voor de periodes daarna worden vooral scheepswrakken verwacht uit de periode middeleeuwen-nieuwe tijd.

Mogelijke verstoringen
De bouwwegen en lierplaatsen worden nieuw aangelegd waardoor een verstoring van 0,7 meter beneden maaiveld zal optreden. Ter plaatse van de bouwwegen is naast de verstoring door agrarisch gebruik vermoedelijk weinig verstoring opgetreden.

[8] Eimermann et al., 2009.

3 Bekende waarden

3.1 Archeologische waarden

Uit het Archeologische Informatie Systeem (ARCHIS) van de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed zijn de bekende archeologische waarden in een strook van 500 m aan weerszijden van het hoogspanningstracé geraadpleegd. Het betreft archeologische monumenten (AMK-terreinen), archeologische waarnemingen (zoals vondsten) en meldingen van eerdere archeologische onderzoeken (zie 271507 ARCHIS in de kaartbijlage).

Gegevens uit ARCHIS: AMK-terreinen
Masten 164 tot en met 176 (inclusief bouwwegen) zijn gelegen binnen de contouren van AMK-terrein 12510. Dit betreft een terrein van hoge archeologisch waarde. Samen met het deel van het AMK-terrein dat is gelegen in de gemeente Lelystad (monument nummer 12500) is er in dit gebied sprake van rivierduinen met daarop resten uit het mesolithicum evenals van de Swifterbantcultuur.

Binnen deze terreinen van hoge archeologische waarde bevinden zich een aantal gebieden van zeer grote archeologische waarde (monument nummers 1696, 1697, 1698, 1699, 1703, 1704, 12499, 15830. Het gaat hierbij om Swifterbantvindplaatsen. Daarnaast bevat monumentnummer 15830 en ook monumentnummer 15831 een scheepswrak.

Gegevens uit ARCHIS: archeologische waarnemingen
Er zijn geen waarnemingen gedaan op de locaties van de hoogspanningsmasten, wel is er één waarneming gelegen ten noorden van mast 174 (waarneming 138923). Het betreft houtskool afkomstig van een rivierduin. De top van het duin is gelegen op een diepte van 1,0 m –mv.[9] De overige waarnemingen die zijn gedaan in de omgeving van het tracé houden alle eveneens verband met de AMK-terreinen waarop bewoningsresten uit het mesolithicum van de Swifterbantcultuur zijn aangetroffen. Daarnaast is er sprake van enkele scheepswrakken. In tabel 1 staan de waarnemingen die zijn gedaan in de omgeving van het tracé weergegeven.

[9] Raemaekers, 2000.

Waarneming	Complex	Begin	Eind
29037	Scheepvaart	Nieuwe tijd B: 1650 - 1850 nC	Nieuwe tijd B: 1650 - 1850 nC
29038	Scheepvaart	Middeleeuwen laat: 1050 - 1500 nC	Nieuwe tijd: 1500 - heden
29390	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
29404	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
29407	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
29407	Onbekend	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
29516	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
29517	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
29596	Scheepvaart	Nieuwe tijd A: 1500 - 1650 nC	Nieuwe tijd B: 1650 - 1850 nC
30094	Onbekend	Nieuwe tijd A: 1500 - 1650 nC	Nieuwe tijd A: 1500 - 1650 nC
30096	Onbekend	Mesolithicum: 8800 - 4900 vC	Nieuwe tijd C: 1850 - heden
30102	Nederzetting, onbepaald	Paleolithicum: tot 8800 vC	Nieuwe tijd: 1500 - heden
30105	Nederzetting, onbepaald	Mesolithicum laat: 6450 -4900 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
30106	Onbekend	Paleolithicum: tot 8800 vC	Nieuwe tijd C: 1850 - heden
30110	Onbekend	Paleolithicum: tot 8800 vC	Nieuwe tijd C: 1850 - heden
30871	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
49690	Scheepvaart	Middeleeuwen laat B: 1250 - 1500 nC	Middeleeuwen laat B: 1250 - 1500 nC
55070	Scheepvaart	Nieuwe tijd: 1500 - heden	Nieuwe tijd: 1500 - heden
55073	Scheepvaart	Middeleeuwen laat B: 1250 - 1500 nC	Middeleeuwen laat B: 1250 - 1500 nC
55074	Scheepvaart	Nieuwe tijd: 1500 - heden	Nieuwe tijd: 1500 - heden
55075	Scheepvaart	Nieuwe tijd A: 1500 - 1650 nC	Nieuwe tijd B: 1650 - 1850 nC
55076	Scheepvaart	Nieuwe tijd C: 1850 - heden	Nieuwe tijd C: 1850 - heden
55077	Scheepvaart	Paleolithicum: tot 8800 vC	Nieuwe tijd C: 1850 - heden
55078	Scheepvaart	Nieuwe tijd: 1500 - heden	Nieuwe tijd: 1500 - heden
55080	Scheepvaart	Nieuwe tijd C: 1850 - heden	Nieuwe tijd C: 1850 - heden
55081	Scheepvaart	Nieuwe tijd C: 1850 - heden	Nieuwe tijd: 1500 - heden
55169	Scheepvaart	Nieuwe tijd B: 1650 - 1850 nC	Nieuwe tijd B: 1650 - 1850 nC
55170	Scheepvaart	Nieuwe tijd: 1500 - heden	Nieuwe tijd: 1500 - heden
60161	Grafheuvel, inhumatie	Neolithicum vroeg: 5300 - 4200 vC	Neolithicum midden: 4200 - 2850 vC
60162	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum: 5300 - 2000 vC	Neolithicum: 5300 - 2000 vC
60163	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum: 5300 - 2000 vC	Neolithicum: 5300 - 2000 vC
60164	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum: 5300 - 2000 vC	Neolithicum: 5300 - 2000 vC
138923	Nederzetting, onbepaald	Paleolithicum laat: 35000 C14 - 8800 vC	Neolithicum midden: 4200 - 2850 vC

Waarneming	Complex	Begin	Eind
413121	Basiskamp/-nederzetting	Mesolithicum: 8800 - 4900 vC	Neolithicum midden: 4200 - 2850 vC
413123	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC	Neolithicum vroeg B: 4900 - 4200 vC
418051	Basiskamp/-nederzetting	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
423599	Akker/tuin	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
423599	Basiskamp/-nederzetting	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
424621	Inhumatiegraf	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
424621	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
424626	Akker/tuin	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
424626	Nederzetting, onbepaald	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC	Neolithicum midden A: 4200 - 3400 vC
433178	Nederzetting, onbepaald	Mesolithicum: 8800 - 4900 vC	Neolithicum: 5300 - 2000 vC
437475	Niet van toepassing	Middeleeuwen laat A: 1050 - 1250 nC	Nieuwe tijd: 1500 - heden
437889	Niet van toepassing	Paleolithicum: tot 8800 vC	Nieuwe tijd C: 1850 - heden

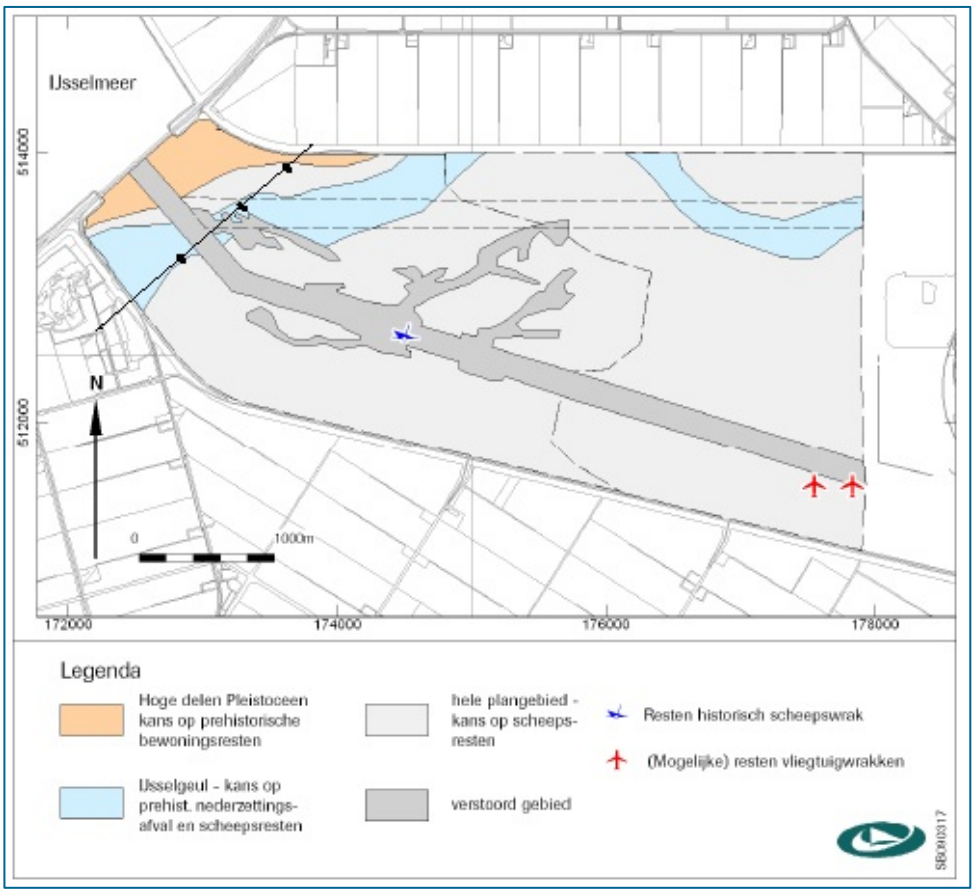
Tabel 1. Archeologische waarnemingen binnen onderzoeksgebied (bron: ARCHIS)

Gegevens uit ARCHIS: eerdere onderzoeken

Het tracé op het vasteland is gelegen in een gebied dat in 2007 is onderzocht middels een bureauonderzoek ten behoeve van de aanwijzing als 'Provinciaal Archeologische en Aardkundige Kerngebieden' ParK-locatie (onderzoeksmelding 25788).

Het deel van het tracé dat in het Ketelmeer is gelegen is een gebied dat in 2009-2011 is onderzocht door middel van een bureauonderzoek (onderzoeksmelding 34300) in verband met de sanering van het Ketelmeer.[10] Hierbij is specifiek voor het Ketelmeer een archeologische verwachting opgesteld. De twee masten in het Ketelmeer liggen in een zone waar de pleistocene IJsselgeul is gelegen en waarbij een kans op het aantreffen van prehistorisch nederzettingsafval en scheepsresten aanwezig is.

[10] Van den Brenk & Waldus, 2009.



Afbeelding 7. Archeologische verwachtingskaart Ketelmeer (Van den Brenk & Waldus 2009). De masten zijn aangegeven in het zwart. De twee zuidelijke masten liggen in de gemeente Dronten en vallen binnen de scope van dit onderzoek.

Daarnaast is in het onderzoeksgebied een inventariserend veldonderzoek (onderzoeksmelding 47517) voor de sanering van een deel van het Ketelmeer en de aanleg van een vaargeul (buiten huidige plangebied) uitgevoerd. De werkzaamheden zijn archeologisch begeleid in 2012 (onderzoeksmelding 34300). De sanering heeft ten oosten van de masten in het Ketelmeer plaatsgevonden en betreft enkel de bovenste holocene afzettingen.

De overige onderzoeken zijn uitgevoerd in de omgeving van het tracé op het land. De drie opgravingen zijn uitgevoerd op 250 m ten zuiden (onderzoeksmelding 6829 en 13174), 800 m ten zuiden (onderzoeksmelding 12860) van het tracé in de nabijheid van de gemeentegrens Lelystad-Dronten. Bij deze opgravingen zijn sporen van de Swifterbantcultuur aangetroffen.

OM-nr	Uitvoerder	Type onderzoek	Jaar uitvoering
3783	Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek	Archeologisch: proefputten/proefsleuven	2003
3795	RAAP Archeologisch Adviesbureau	Archeologisch: booronderzoek	2002
3796	RAAP Archeologisch Adviesbureau	Archeologisch: booronderzoek	2002
6829	Groninger Instituut voor Archeologie	Archeologisch: opgraving	2004
10126	RAAP Archeologisch Adviesbureau	Archeologisch: geofysisch onderzoek	1995
10812	RAAP Archeologisch Adviesbureau	Archeologisch: booronderzoek	2000
10816	RAAP Archeologisch Adviesbureau	Archeologisch: booronderzoek	2000
12860	Groninger Instituut voor Archeologie	Archeologisch: opgraving	2005
13174	Biologisch Archeologisch Instituut	Archeologisch: opgraving	1964
17195	De Steekproef, Archeologisch Onderzoeks- en Adviesbureau	Archeologisch: booronderzoek	2006
22257	De Steekproef, Archeologisch Onderzoeks- en Adviesbureau	Archeologisch: booronderzoek	2007
25788	RAAP Archeologisch Adviesbureau	Archeologisch: bureauonderzoek	2007
29855	Groninger Instituut voor Archeologie	Archeologisch: booronderzoek	2008
34300	Periplus Archeomare	Archeologisch: bureauonderzoek	2009
39374	Arcadis	Archeologisch: onderwaterarcheologie	2010
39972	Vestigia BV	Archeologisch: booronderzoek	2010
40043	MUG Ingenieursbureau BV	Archeologisch: bureauonderzoek	2010
40044	MUG Ingenieursbureau BV	Archeologisch: booronderzoek	2010
40338	Becker en Van de Graaf	Archeologisch: booronderzoek	2010
44340	Vestigia BV	Archeologisch: booronderzoek	2010
47571	Periplus Archeomare	Archeologisch: geofysisch onderzoek	2011
50993	ADC Archeoprojecten	Archeologisch: begeleiding	2012
52546	MUG Ingenieursbureau BV	Archeologisch: booronderzoek	2012
52628	MUG Ingenieursbureau BV	Archeologisch: booronderzoek	2012
52736	Vestigia BV	Archeologisch: booronderzoek	2012
54128	De Steekproef, Archeologisch Onderzoeks- en Adviesbureau	Archeologisch: booronderzoek	2012
56323	Vestigia BV	Archeologisch: booronderzoek	2013
56919	MUG Ingenieursbureau BV	Archeologisch: bureauonderzoek	2013

Tabel 2. Eerder uitgevoerde onderzoeken binnen onderzoeksgebied (bron: ARCHIS).

3.2 Bovengrondse bouwhistorische waarden

Nabij het tracé is geen sprake van bebouwing met een vastgestelde bouwhistorische rijksmonumentale waarde.[11]

[11] www.atlasleefomgeving.nl

4 Archeologische verwachting

4.1 Bestaande verwachtingskaarten

Provinciale verwachtingskaart
In het Omgevingsplan Flevoland 2006 is ook het archeologiebeleid van de provincie Flevoland gevisualiseerd. In het provinciaal archeologiebeleid is onderscheid gemaakt in Provinciaal Archeologische en Aardkundige Kerngebieden (PArK-en), archeologische attentiegebieden en top-10-locaties. De PArK-en en de top-10-locaties zijn door de provincie uitgewerkt, de uitwerking van de archeologische attentiegebieden is een gemeentelijke verantwoordelijkheid. Het plangebied op het vasteland valt binnen de PArK-locatie Rivierduingebied Swifterbant en Top-10- locatie Oeverwallen en rivierduinen Swifterbantcultuur. Het gehele plangebied valt in een archeologisch aandachtsgebied.

Gemeentelijke verwachtingskaart
Op de archeologische beleidskaart van de gemeente Dronten[12] zijn de 13 masten inclusief bouwwegen op het land gelegen binnen een zone die is aangemerkt als 'archeologisch waardevol gebied 2'. Hierbij is archeologisch onderzoek verplicht bij alle bodemingrepen ongeacht diepte en oppervlakte. De twee masten in het Ketelmeer liggen in een zone die is aangemerkt als ‘archeologisch waardevol gebied 5: waterbodems, de randmeerzone’. Voor deze zone geldt een verhoogde archeologische verwachting voor het aantreffen van scheepswrakken en nederzettingsafval. Alleen bij grootschalige bodemverstoringen wordt onderzoek gedaan om de verwachting te specificeren. Afhankelijk daarvan worden nadere behoudsmaatregelen getroffen.

4.2 Gespecificeerde archeologische verwachting

Datering
Gezien de geologische/fysisch geografische ontwikkeling van het Zuiderzeegebied, dateren eventuele archeologische resten uit de periode van het (laat-)paleolithicum tot het midden-neolithicum. Uit meer recente perioden zijn geen vondsten te verwachten, aangezien het gebied vanaf circa 5100 BP (ca. 3150 voor Chr.) tot het midden van de 20e eeuw niet geschikt was voor bewoning (met uitzondering van een paar locaties in de omgeving van het plangebied). Uit de periode middeleeuwen-nieuwe tijd kunnen wel scheepswrakken worden aangetroffen.

Complextype
Uit de periode paleolithicum tot het vroeg-neolithicum kunnen resten worden aangetroffen die samenhangen met de mobiele levenswijze van de mens, zoals kleine (tijdelijke en/of periodieke) kampementen. Dergelijke vindplaatsen zijn te herkennen aan vuursteenconcentraties en haardkuilen. Daarnaast kunnen ook menselijke begravingen/crematies worden aangetroffen. Vanaf het midden-neolithicum (periode Swifterbant) ontstaan min of meer sedentaire bestaanswijzen. Rituele deposities worden ook niet uitgesloten. Voor meer recente perioden kunnen met name scheepswrakken worden aangetroffen.

Omvang
(Vuursteen)vindplaatsen hebben een oppervlakte die varieert van enkele vierkante meters tot enkele tientallen vierkante meters. Swifterbant-vindplaatsen beslaan een beduidend groter

[12] Eimermann et al., 2009.

oppervlak van tenminste enkele honderden vierkante meters. In het geval van scheepswrakken gaat het om puntvondsten van uiteenlopend formaat.

Diepteligging
Het cultuurtechnisch booronderzoek heeft aangetoond dat het dekzand en de loop van de pleistocene IJssel zich dieper dan 4 m beneden maaiveld bevindt. Eventueel archeologisch interessante lagen kunnen echter ook samenhangen met kreekruggen, rivierduinen of oeverafzettingen. Op basis van het cultuurtechnisch onderzoek is niet uit te sluiten dat deze elementen, die kansrijk zijn voor het aantreffen van archeologische resten, zich binnen verstoringsdiepte bevinden (0,7 m –mv).

Locatie
In principe kunnen binnen het gehele plangebied archeologische resten worden aangetroffen. De aanwezigheid van (intacte) archeologische resten hangt echter sterk af van de aard van het plangebied: is er sprake van reliëf in het dekzand (is er sprake van een hoger gelegen dekzandrug- en/of kop), is er sprake van een intact podzolprofiel? Eventuele scheepsresten kunnen overal in het plangebied worden aangetroffen.

Uiterlijke kenmerken
Vuursteenverspreiding: indicaties van bewerking van vuursteen, halffabricaten, productieafval, productiegereedschap zoals geweikoppen en klopstenen.
Indicaties voor kortdurende nederzetting/kamp: haardkuilen, verbrand vuursteen, aardewerk.
Indicaties voor jacht/voedselverzameling en -bereiding: werktuigen, spitsen, bijlen, schrabbers, stekers. Tevens visfuiken, vishaken, kano's, peddels etc.
Scheepswrakken: houten scheepswrakken met lading en scheepsinventaris.

Mogelijke verstoringen
Zie paragraaf 2.5.

5 Conclusies en advies

5.1 Conclusies

Op basis van het uitgevoerde bureauonderzoek alsook de gemeentelijke beleidskaart zijn alle locaties gelegen binnen een zone van archeologische waarde waarin sprake is van rivierduinen en/of inversieruggen met daarop resten uit het mesolithicum evenals van de Swifterbantcultuur. Daarnaast kunnen er in het plangebied toevalsvondsten zoals scheepswrakken worden verwacht.

Conform het vigerende bestemmingsplan buitengebied is er ter hoogte van alle locaties een dubbelbestemming waarde archeologie van kracht. Dit betekent dat bij alle bodemverstorende werkzaamheden er een archeologisch onderzoek dient te worden uitgevoerd. Wel geldt buiten de functieaanduiding archeologie Swifterbantgebied een vrijstelling voor ingrepen tot 0,4 m –mv volgens de regels bij de dubbelbestemming waarde archeologie 2.

Het cultuurtechnisch booronderzoek heeft aangetoond dat het pleistoceen zand ter hoogte van de masten en bouwwegen is gelegen op meer dan 4 m beneden maaiveld. Bij een verstoring van maximaal 0,7 m beneden maaiveld zal deze archeologische laag niet worden bereikt.

Ter hoogte van masten 166, 171 en 173, de bouwweg en lierplaatsen van masten 174-175 kan echter sprake zijn van een kreek met oeverafzettingen. De diepte van de hiermee geassocieerde lagen kunnen niet met zekerheid uit de cultuurtechnische boringen worden gehaald. Het is dan ook mogelijk dat deze lagen zich binnen de 0,7 m –mv (bouwwegen) bevinden en dus verstoord kunnen worden tijdens de werkzaamheden.

Daarnaast is het mogelijk dat er tijdens de werkzaamheden een scheepswrak als toevalsvondst wordt gedaan. Deze vondst kan echter ook na het uitvoeren van een archeologisch veldonderzoek niet worden uitgesloten.

5.2 (Selectie)advies

Met het uitgangspunt dat de fundering van de masten zou worden verstevigd was naar aanleiding van het bureauonderzoek eerder geadviseerd om ter hoogte van masten 166, 171 en 173 een karterend booronderzoek uit te voeren. In revisie 03 van het bureauonderzoek zijn ook de bouwwegen van masten 173, 174 en 175 aan het advies toegevoegd. Verder is geadviseerd om de overige masten vrij te geven voor wat betreft archeologie.

Het booronderzoek heeft plaatsgevonden bij de mastvoeten van masten 166, 171 en 173. Binnen de verstoringsdiepte van 0,7 m –mv zijn van boven naar beneden bouwvoor, Zuiderzee Laag of Almere Laag en eventueel veen aanwezig – geen aanwijzingen voor een bewoningsniveau. Bij mast 166 zijn oeverafzettingen aangetroffen op een diepte vanaf 150 cm –mv en een vegetatiehorizont op 195-200 cm -mv. Bij mast 171 zijn oeverafzettingen aangetroffen vanaf 200 cm –mv. Bij mast 173 zijn oeverafzettingen aangetroffen vanaf 155 cm –mv. Naar aanleiding van het booronderzoek is geadviseerd om het plangebied voor wat betreft de mastvoeten vrij te geven. Met dit onderzoek is een goed beeld van de ondergrond rondom de masten zelf verkregen: de bouwwegen, aanrijroutes en lierplaatsen zijn echter niet onderzocht.

Met het gewijzigde planontwerp is de omvang van het plangebied en de diepte van de te verwachten bodemverstoringen sterk afgenomen. Tijdens het veldonderzoek zijn enkel de

mastvoeten onderzocht, zodat het advies tot vrijgave enkel voor de mastvoeten kan gelden. Voor de huidige bouwwegen, aanrijroutes en lierplaatsen adviseren wij daarom om op basis van gemeentelijke regels en op basis van het uitgevoerde onderzoek de volgende restricties op te leggen (zie tabel hieronder). In het kort betekent dit, dat wordt geadviseerd het plangebied vrij te geven voor ingrepen tot een diepte van 40 cm –mv.

Ter plaatse van dubbelbestemming waarde archeologie 2 is de vrijgestelde diepte van 40 cm –mv opgenomen in de regelgeving. Ook ter plaatse van functieaanduiding Swifterbant adviseren wij tot 40 cm –mv vrij te geven, aangezien dit deel van het bodemprofiel vrijwel zeker door normaal gebruik reeds verstoord is (bijvoorbeeld door enkelbestemming bos en enkelbestemming agrarisch).

Voor diepere ingrepen geldt echter een restrictie; indien diepere ingrepen (bijvoorbeeld woelen) toch dienen plaats te vinden adviseren we voorafgaand aan het werk een booronderzoek uit te voeren op de nog niet onderzochte plandelen om te bepalen tot welke diepte de bovengrond daadwerkelijk is verstoord.

Mast	plan	voorwaarde maximale verstoring (reden)
163	oostelijke lierplaats	40 cm –mv (Swifterbant-functieaanduiding; enkelbestemming bos)
164	aanrijroute vanaf mast 163 over 240 m	40 cm –mv (Swifterbant-functieaanduiding; enkelbestemming bos)
164	overig deel aanrijroute	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
165	aanrijroute	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
166	aanrijroute 120 m tot aan mast 166	40 cm –mv (Swifterbant-functieaanduiding; enkelbestemming agrarisch)
166	overig deel aanrijroute	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
167-168	aanrijroute	40 cm –mv (Swifterbant-functieaanduiding; enkelbestemming agrarisch)
169-170	aanrijroute	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
171	aanrijroute 100 m tot aan mast 171	40 cm –mv (Swifterbant-functieaanduiding; enkelbestemming agrarisch)
171	overig deel aanrijroute	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
172	oostelijke lierplaats en oostelijke helft bouwweg	40 cm –mv (Swifterbant-functieaanduiding; enkelbestemming agrarisch)
172	westelijk lierplaats en westelijke helft bouwweg	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
173	aanrijroute	40 cm –mv (Swifterbant-functieaanduiding; enkelbestemming agrarisch)
174	bouwweg	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
175	bouwweg en lierplaatsen	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
176	aanrijroute	40 cm –mv (cf. waarde archeologie 2)
177	-	[water]

De gemeente Dronten koppelt de beoordeling van dit advies aan een eventueel in te dienen aanvraag om omgevingsvergunning dan wel een bestemmingsplanprocedure.

Meldingsplicht
Ook voor vrijgegeven (delen van) plangebieden bestaat altijd de mogelijkheid dat er tijdens graafwerkzaamheden toch losse sporen en vondsten worden aangetroffen. Het betreft dan vaak

kleine sporen of resten die niet door middel van een booronderzoek kunnen worden opgespoord. Op grond van artikel 5.10 van de Erfgoedwet 2016 dient zo spoedig mogelijk melding te worden gemaakt van de vondst bij de Minister (de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed: telefoon 033-4217456), de provinciaal archeoloog of gemeentelijk archeoloog.

Antea Group
Heerenveen, april 2017

Literatuur en geraadpleegde bronnen

Barends et. al., 1986: *Het Nederlandse landschap. Een historisch-geografische benadering*. Uitgeverij Matrijs, Utrecht.

Berendsen, H.J.A. 2004 (4e druk): *De vorming van het land. Inleiding in de geologie en geomorfologie.* Van Gorcum, Assen.

Berkel, G. van & K. Samplonius, 2006: *Nederlandse plaatsnamen, herkomst en historie.* Het Spectrum, Houten.

Brenk, S. van der & Waldus, W.B., 2009: *Bureauonderzoek Ketelmeer-West.* Periplus Archeomare rapport 09 A004, Amsterdam.

Cohen, K.M., Stouthamer, E., Hoek, W.Z., Berendsen, H.J.A. & Kempen, H.F.J., 2009: *Zand in Banen - Zanddieptekaarten van het rivierengebied en het IJsseldal in de provincies Gelderland en Overijssel*, Arnhem.

Craane, M.L., I.S.J. Beckers & R. Fens, 2017: *Inventariserend veldonderzoek d.m.v. boringen Opwaardering 380 kV verbinding Lelystad-Ens (LLS-ENS380), gemeente Dronten*. Antea Group Archeologie 2015/47. Antea Group, Heerenveen.

Dresscher, S. & Raemaekers, D.C.M., 2010: 'Oude geulen op nieuwe kaarten. Het krekensysteem bij Swifterbant (FL).' IN: *Paleo-aktueel 21.* Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.

Eimermann, E., Gouw, M.J.P. & Kerkhoven, A.A., 2009: *Archeologiebeleid gemeente Dronten; Archeologische beleidskaart en voorbeeldplanregels ten behoeve van bestemmingsplannen.* Vestigia, Amersfoort.

Raemaekers, D.C.M., 2000: *Natuurgebied Kamperhoek, gemeente Dronten; Aanvullende Archeologische Inventarisatie (AAI-1),* Raap-rapport 613, Amsterdam.

Vos, P. & Vries, S. de, 2013: *2e generatie paleogeogradische kaarten van Nederland (versie 2.0)*. Deltares, Utrecht.

Kaarten

Bodemkaart van Nederland, 1:50000, STIBOKA, kaartblad **Fout! Onbekende naam voor documenteigenschap.**
Grote Historische Atlas (1830-1855), Wolters Noordhoff, Groningen
Minuutplan ca. 1830 (http://www.watwaswaar.nl)
Topografische kaart 1:25000 (http://kadata.kadaster.nl)
Topografisch-militaire kaarten 1879, 1900 (www.watwaswaar.nl)

Internet

www.watwaswaar.nl
archis2.archis.nl
www.atlasleefomgeving.nl
www.samflevoland.nl

www.ahn.nl
www.ruimtelijkeplannen.nl

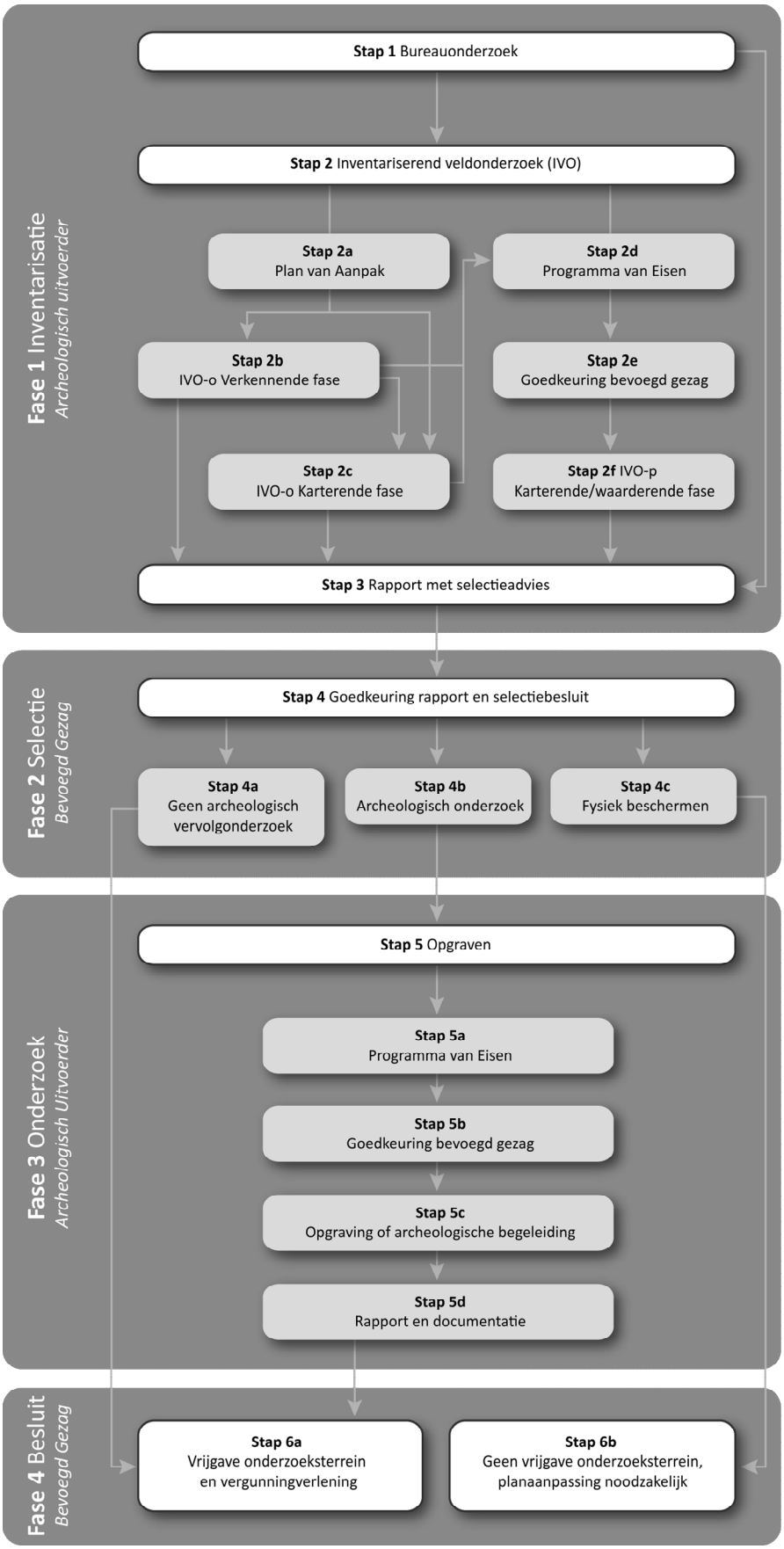
Bijlage 1: Archeologische perioden

Bijlage 1: Archeologische perioden

Als bijlage op de resultaten en verzamelde gegevens wordt hieronder een algemene ontwikkeling van de bewoners-geschiedenis in Nederland geschetst.
Gedurende het **paleolithicum** (300.000-8800 voor Chr.) hebben moderne mensen (homo sapiens) onze streken tijdens de warmere perioden wel bezocht, doch sporen uit deze periode zijn zeldzaam en vaak door latere omstandigheden verstoord. De mensen trokken als jager-verzamelaars rond in kleine groepen en maakten gebruik van tijdelijke kampementen. De verschillende groepen jager-verzamelaars exploiteerden kleine territoria, maar verbleven, afhankelijk van het seizoen, steeds op andere locaties.
In het **mesolithicum** (8800-4900 voor Chr.) zette aan het begin van het Holoceen een langdurige klimaatsverbetering in. De gemiddelde temperatuur steeg, waardoor geleidelijk een bosvegetatie tot ontwikkeling kwam en de variatie in flora en fauna toenam. Ook in deze periode trokken de mensen als jager-verzamelaars rond. Voorwerpen uit deze periode bestaan voornamelijk uit voor de jacht ontworpen vuurstenen spitsjes.
De hierop volgende periode, het **neolithicum** (5300-2000 voor Chr.), wordt gekenmerkt door een overschakeling van jager-verzamelaars naar sedentaire bewoners, met een volledig agrarische levenswijze. Deze omwenteling ging gepaard met een aantal technische en sociale vernieuwingen, zoals huizen, geslepen bijlen en het gebruik van aardewerk. Door de productie van overschot kon de bevolking gaan groeien en die bevolkingsgroei had tot gevolg dat de samenleving steeds complexer werd. Uit het neolithicum zijn verschillende grafmonumenten bekend, zoals hunebedden en grafheuvels.
Het begin van de **bronstijd** (2000-800 voor Chr.) valt samen met het eerste gebruik van bronzen voorwerpen, zoals bijlen. Het gebruik van vuursteen was hiermee niet direct afgelopen. Vuursteenmateriaal uit de bronstijd is meestal niet goed te onderscheiden van dat uit andere perioden. Het aardewerk is over het algemeen zeldzaam. De grafheuveltraditie die tijdens het neolithicum haar intrede deed werd in eerste instantie voortgezet, maar rond 1200 voor Chr. vervangen door begravingen in urnenvelden. Het gaat hier om ingegraven urnen met crematieresten waar overheen kleine heuveltjes werden opgeworpen, eventueel omgeven door een greppel.
In de **ijzertijd** (800-12 voor Chr.) werden de eerste ijzeren voorwerpen gemaakt. Ten opzichte van de bronstijd traden er in de aardewerktraditie en in het gebruik van vuursteen geen radicale veranderingen op. De mensen woonden in verspreid liggende hoeven of in nederzettingen van enkele huizen. Op de hogere zandgronden ontstonden uitgebreide omwalde akkercomplexen (celtic fields). In deze periode werden de kleigebieden ook in gebruik genomen door mensen afkomstig van de zandgebieden. Opvallend zijn de verschillen in materiële welstand. Er zijn zogenaamde vorstengraven bekend in Zuid-Nederland, maar de meeste begravingen vonden plaats in urnenvelden.
Met de **Romeinse tijd (**12 voor Chr. tot 450 na Chr.) eindigt de prehistorie en begint de geschreven geschiedenis. In 47 na Chr. werd de Rijn definitief als rijksgrens van het Romeinse Rijk ingesteld. Ter controle van deze zogenaamde *limes* werden langs de Rijn *castella* (militaire forten) gebouwd. De inheems leefwijze handhaafde zich wel, ook al werd de invloed van de Romeinen steeds duidelijker in soorten aardewerk (o.a. gedraaid) en een betere infrastructuur. Onder meer ten gevolge van invallen van Germaanse stammen ontstond er instabiliteit wat uiteindelijk leidde tot het instorten van de grensverdediging langs de Rijn.
Over de **middeleeuwen** (450-1500 na Chr.), en met name de vroege middeleeuwen (450-1000 na Chr.), zijn nog veel zaken onbekend. Archeologische overblijfselen zijn betrekkelijk schaars. De politieke macht was na het wegvallen van de Romeinen in handen gekomen van regionale en lokale hoofdlieden. Vanaf de 10^{e} eeuw ontstaat er weer enige stabiliteit en is een toenemende feodalisering zichtbaar. Door bevolkingsgroei en gunstige klimatologische omstandigheden werd in deze periode een begin gemaakt met het ontginnen van bos, heide en veen. Veel van onze huidige steden en dorpen dateren uit deze periode.
De hierop volgende periode 1500 – heden wordt aangeduid als **nieuwe tijd**.

Bijlage 2: Archeologische Monumentenzorg (AMZ)

Schema Archeologische Monumentenzorg (AMZ)



Schema Archeologische Monumentenzorg (AMZ)

Verklarende woordenlijst Archeologische Monumentenzorg (AMZ)

Archeologische begeleiding (STAP 5c)
Een archeologische begeleiding wordt uitgevoerd wanneer proefsleuven of en opgraving niet mogelijk zijn door bijvoorbeeld civieltechnische beperkingen.

Archeologische indicatoren
Hiermee worden aanwijzingen in de bodem bedoeld die duiden op menselijke activiteiten in het verleden, zoals aardewerkscherven, houtskool, botmateriaal, vondstlagen, etc.

Archis
Archeologisch informatiesysteem voor Nederland. Een digitale databank met gegevens over archeologische vindplaatsen en terreinen.

Bureauonderzoek (STAP 1)
Het bureauonderzoek is een rapportage waarin een gespecificeerd archeologisch verwachtingsmodel wordt opgesteld aan de hand van geomorfologische en bodemkaarten, de Archeologische Monumentenkaart (AMK), het Archeologisch Informatiesysteem (ARCHIS), historische kaarten en archeologische publicaties.

Fysiek beschermen (STAP 4c)
De archeologische resten blijven in de bodem behouden door bijvoorbeeld planaanpassingen.

Geofysisch onderzoek
Meetapparatuur brengt archeologische verschijnselen in de bodem driedimensionaal in kaart zonder te boren of te graven. Dit kan bijvoorbeeld door radar-, weerstandsonderzoek of elektromagnetische metingen.

Gespecificeerd archeologisch verwachtingsmodel
Dit model geeft op detailniveau voor het plangebied aan wat aan archeologische vindplaatsen aanwezig kan zijn. Op basis van dit verwachtingsmodel wordt bepaald of een inventariserend veldonderzoek nodig is en wat de juiste methode is om eventueel aanwezige archeologische resten aan te tonen.

Inventariserend veldonderzoek (IVO) (STAP 2)
Tijdens een inventariserend veldonderzoek worden archeologische waarden in het veld geïnventariseerd en gedocumenteerd. Waar is wat in de bodem aanwezig? De inventarisatie kan bestaan uit een inventariserend veldonderzoek-overig (door middel van een booronderzoek, veldkartering en/of geofysisch onderzoek) en/of een inventariserend veldonderzoek door middel van proefsleuven. Wat de beste methode is, hangt sterk af van de omstandigheden en de aard van de vindplaats.

Inventariserend veldonderzoek - overig (IVO-o) (STAP 2b of 2c)
Bij een Inventariserend veldonderzoek - overig door middel van boringen (IVO-o) worden boringen gezet door middel van een handboor of guts.

Inventariserend veldonderzoek -*proefsleuven (IVO-p)* (STAP 2f)
Proefsleuven zijn lange sleuven van twee tot vijf meter breed die worden aangelegd in de zones waar aanwijzingen zijn voor het aantreffen van archeologische vindplaatsen.

Inventariserend veldonderzoek (IVO) - Verkennende fase (STAP 2b)
Wanneer bij het bureauonderzoek onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om een gespecificeerd verwachtingsmodel op te stellen, wordt een inventariserend veldonderzoek - verkennende fase uitgevoerd. In deze fase wordt onderzocht of de bodem nog intact is, wat de bodemopbouw is en hoe deze invloed heeft gehad op de locatiekeuze van de mens in het verleden. Het onderzoek is bedoeld om kansarme zones om archeologische resten aan te treffen uit te sluiten en kansrijke zones te selecteren voor vervolgonderzoek. Een verkennend onderzoek kent een relatief lage onderzoeksintensiteit en wordt meestal uitgevoerd door middel van boringen.
Inventariserend veldonderzoek (IVO) - Karterende fase (STAP 2c of 2f)
Tijdens een inventariserend veldonderzoek - karterende fase wordt het plangebied systematisch onderzocht op de aanwezigheid van archeologische sporen en/of vondsten. De intensiteit van onderzoek is groter dan in de verkennende fase, bijvoorbeeld door een groter aantal boringen per hectare of door het aanleggen van proefsleuven.

Inventariserend veldonderzoek (IVO) - Waarderende fase (STAP 2f)
Tijdens de waarderende fase wordt aangegeven of de aangetroffen archeologische vindplaatsen behoudenswaardig zijn. Dat betekent dat de aard, omvang, datering, conservering en inhoudelijke kwaliteit van de vindplaats(en) wordt vastgesteld. Wanneer de waardering van de archeologische resten laag is, hoeft geen verder archeologisch onderzoek te worden uitgevoerd. Het plangebied wordt 'vrijgegeven'. Wanneer de resten behoudenswaardig zijn, wordt in eerste instantie behoud in situ (ter plekke in de bodem) nagestreefd. Wanneer dit door de voorgenomen ontwikkelingen niet mogelijk is, wordt vervolgonderzoek uitgevoerd in de vorm van een opgraving of archeologische begeleiding. Vaak wordt deze fase gecombineerd uitgevoerd met het inventariserend veldonderzoek karterende fase.

Opgraving (STAP 5c)
Wanneer door de toekomstige ontwikkelingen aanwezige archeologische resten in de bodem niet behouden kunnen worden, wordt een opgraving uitgevoerd. Tijdens de opgraving worden archeologische resten gedocumenteerd, gefotografeerd en bestudeerd. Hierdoor wordt informatie over het verleden zo goed mogelijk vastgelegd en behouden.

Plan van Aanpak (PvA) (STAP 2a)
Voor een booronderzoek is een Plan van Aanpak (PvA) noodzakelijk. Het PvA beschrijft hoe het veldwerk wordt uitgevoerd en uitgewerkt.

Programma van Eisen (PvE) (STAP 2d of 5a)
Voor het uitvoeren van een inventariserend veldonderzoek - proefsleuven, archeologische begeleiding of opgraving is een Programma van Eisen (PvE) noodzakelijk. Het PvE beschrijft het doel, vraagstelling en uitvoeringsmethode van het archeologisch onderzoek. Dit document wordt beschouwd als basisdocument voor archeologisch veldonderzoek waarmee de inhoudelijke kwaliteit gewaarborgd wordt. Het PvE wordt goedgekeurd door het bevoegd gezag (gemeente, provincie of het rijk).

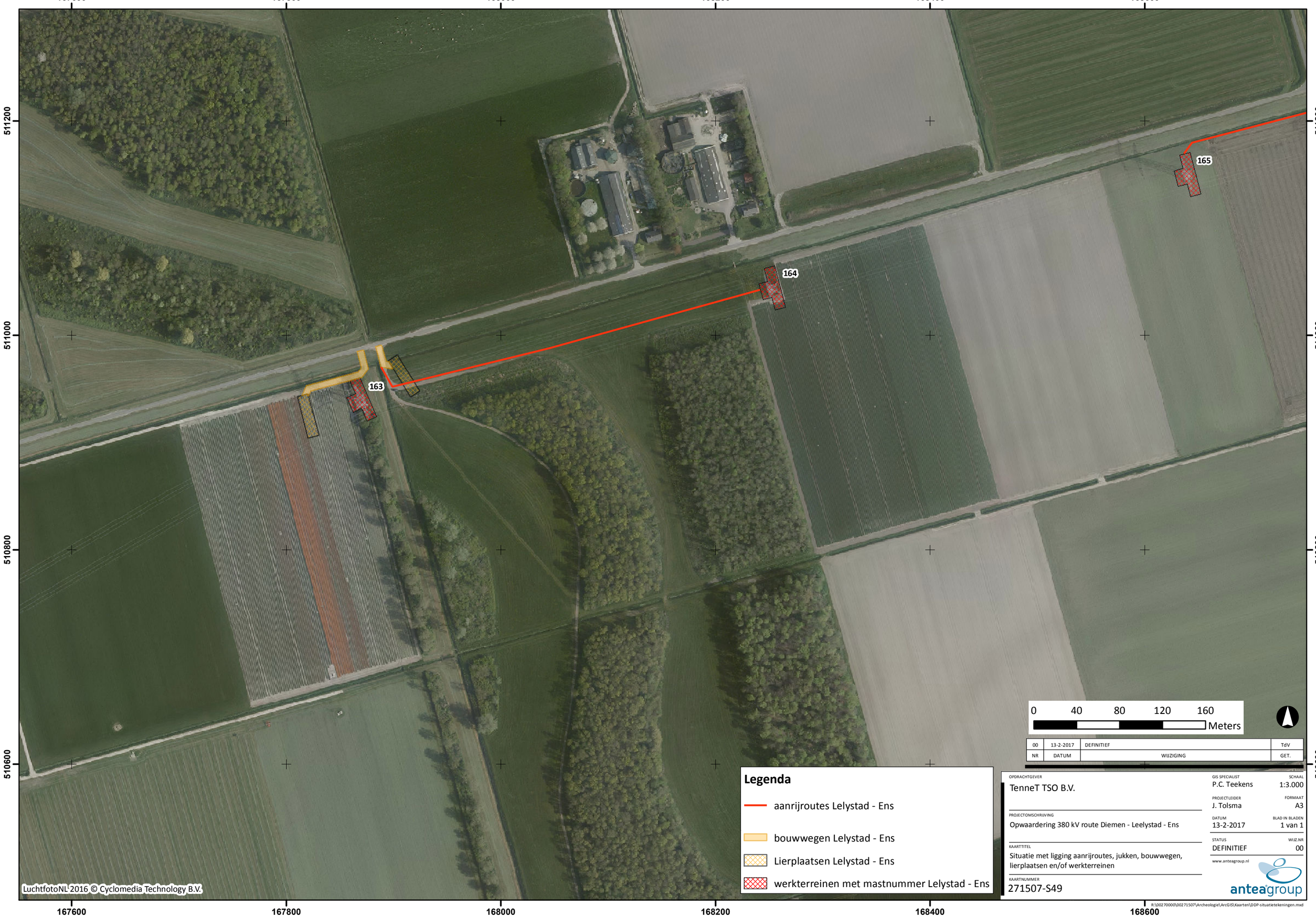
Quickscan
In een quickscan wordt geïnventariseerd of en waar archeologisch onderzoek moet worden uitgevoerd.

Selectieadvies (STAP 3)
In het selectieadvies wordt op archeologisch inhoudelijke argumenten het advies gegeven welke delen van het plangebied vrijgegeven kunnen worden voor verdere ontwikkeling en welke delen behouden of opgegraven moeten worden.

Selectiebesluit (STAP 4)
De bevoegde overheid (gemeente, provincie of soms het rijk) geeft op basis van het selectieadvies aan welke maatregelen genomen worden. De bevoegde overheid kan van het selectieadvies afwijken indien zij dat nodig acht.

Veldkartering
Bij een veldkartering wordt het plangebied systematisch belopen om archeologische oppervlaktevondsten te verzamelen.

Kaartbijlage



NR	DATUM	WIJZIGING	GET.
00	13-2-2017	DEFINITIEF	TdV

OPDRACHTGEVER
TenneT TSO B.V.

PROJECTOMSCHRIJVING
Opwaardering 380 kV route Diemen - Leelystad - Ens

KAARTTITEL
Situatie met ligging aanrijroutes, jukken, bouwwegen, lierplaatsen en/of werkterreinen

KAARTNUMMER
271507-S49

GIS SPECIALIST
P.C. Teekens

SCHAAL
1:3.000

PROJECTLEIDER
J. Tolsma

FORMAAT
A3

DATUM
13-2-2017

BLAD IN BLADEN
1 van 1

STATUS
DEFINITIEF

WIJZ.NR
00

www.anteagroup.nl

anteagroup

R:\00270000\00271507\Archeologie\ArcGIS\Kaarten\DDP-situatietekeningen.mxd



NR	DATUM	WIJZIGING	GET.
00	13-2-2017	DEFINITIEF	TdV

OPDRACHTGEVER
TenneT TSO B.V.

PROJECTOMSCHRIJVING
Opwaardering 380 kV route Diemen - Leelystad - Ens

KAARTTITEL
Situatie met ligging aanrijroutes, jukken, bouwwegen, lierplaatsen en/of werkterreinen

KAARTNUMMER
271507-S50

GIS SPECIALIST
P.C. Teekens

SCHAAL
1:3.000

PROJECTLEIDER
J. Tolsma

FORMAAT
A3

DATUM
13-2-2017

BLAD IN BLADEN
1 van 1

STATUS
DEFINITIEF

WIJZ.NR
00

www.anteagroup.nl

anteagroup

R:\00270000\00271507\Archeologie\ArcGIS\Kaarten\DDP-situatietekeningen.mxd



NR	DATUM	WIJZIGING	GET.
00	13-2-2017	DEFINITIEF	TdV

OPDRACHTGEVER
TenneT TSO B.V.

PROJECTOMSCHRIJVING
Opwaardering 380 kV route Diemen - Leelystad - Ens

KAARTTITEL
Situatie met ligging aanrijroutes, jukken, bouwwegen, lierplaatsen en/of werkterreinen

KAARTNUMMER
271507-S51

GIS SPECIALIST
P.C. Teekens

SCHAAL
1:3.000

PROJECTLEIDER
J. Tolsma

FORMAAT
A3

DATUM
13-2-2017

BLAD IN BLADEN
1 van 1

STATUS
DEFINITIEF

WIJZ.NR
00

www.anteagroup.nl

anteagroup

R:\00270000\00271507\Archeologie\ArcGIS\Kaarten\DDP-situatietekeningen.mxd

170800 171000 171200 171400 171600 171800

512400 512200 512000 511800

174 173 172 171

LuchtfotoNL 2016 © Cyclomedia Technology B.V.

Legenda

- aanrijroutes Lelystad - Ens
- jukken Lelystad - Ens
- bouwwegen Lelystad - Ens
- Lierplaatsen Lelystad - Ens
- werkterreinen met mastnummer Lelystad - Ens

0 40 80 120 160 Meters

NR	DATUM	WIJZIGING	GET.
00	13-2-2017	DEFINITIEF	TdV

OPDRACHTGEVER
TenneT TSO B.V.

PROJECTOMSCHRIJVING
Opwaardering 380 kV route Diemen - Leelystad - Ens

KAARTTITEL
Situatie met ligging aanrijroutes, jukken, bouwwegen, lierplaatsen en/of werkterreinen

KAARTNUMMER
271507-S52

GIS SPECIALIST P.C. Teekens
SCHAAL 1:3.000
PROJECTLEIDER J. Tolsma
FORMAAT A3
DATUM 13-2-2017
BLAD IN BLADEN 1 van 1
STATUS DEFINITIEF
WIJZ.NR 00

www.anteagroup.nl

anteagroup

R:\00270000\00271507\Archeologie\ArcGIS\Kaarten\DDP-situatietekeningen.mxd

171800 172000 172200 172400 172600 172800

513000 512800 512600 512400 512200

176

175

174

LuchtfotoNL 2016 © Cyclomedia Technology B.V.

Legenda

- aanrijroutes Lelystad - Ens
- jukken Lelystad - Ens
- bouwwegen Lelystad - Ens
- Lierplaatsen Lelystad - Ens
- werkterreinen met mastnummer Lelystad - Ens

0 40 80 120 160 Meters

NR	DATUM	WIJZIGING	GET.
00	13-2-2017	DEFINITIEF	TdV

OPDRACHTGEVER
TenneT TSO B.V.

PROJECTOMSCHRIJVING
Opwaardering 380 kV route Diemen - Leelystad - Ens

KAARTTITEL
Situatie met ligging aanrijroutes, jukken, bouwwegen, lierplaatsen en/of werkterreinen

KAARTNUMMER
271507-S53

GIS SPECIALIST
P.C. Teekens

SCHAAL
1:3.000

PROJECTLEIDER
J. Tolsma

FORMAAT
A3

DATUM
13-2-2017

BLAD IN BLADEN
1 van 1

STATUS
DEFINITIEF

WIJZ.NR
00

www.anteagroup.nl

anteagroup

R:\00270000\00271507\Archeologie\ArcGIS\Kaarten\DDP-situatietekeningen.mxd

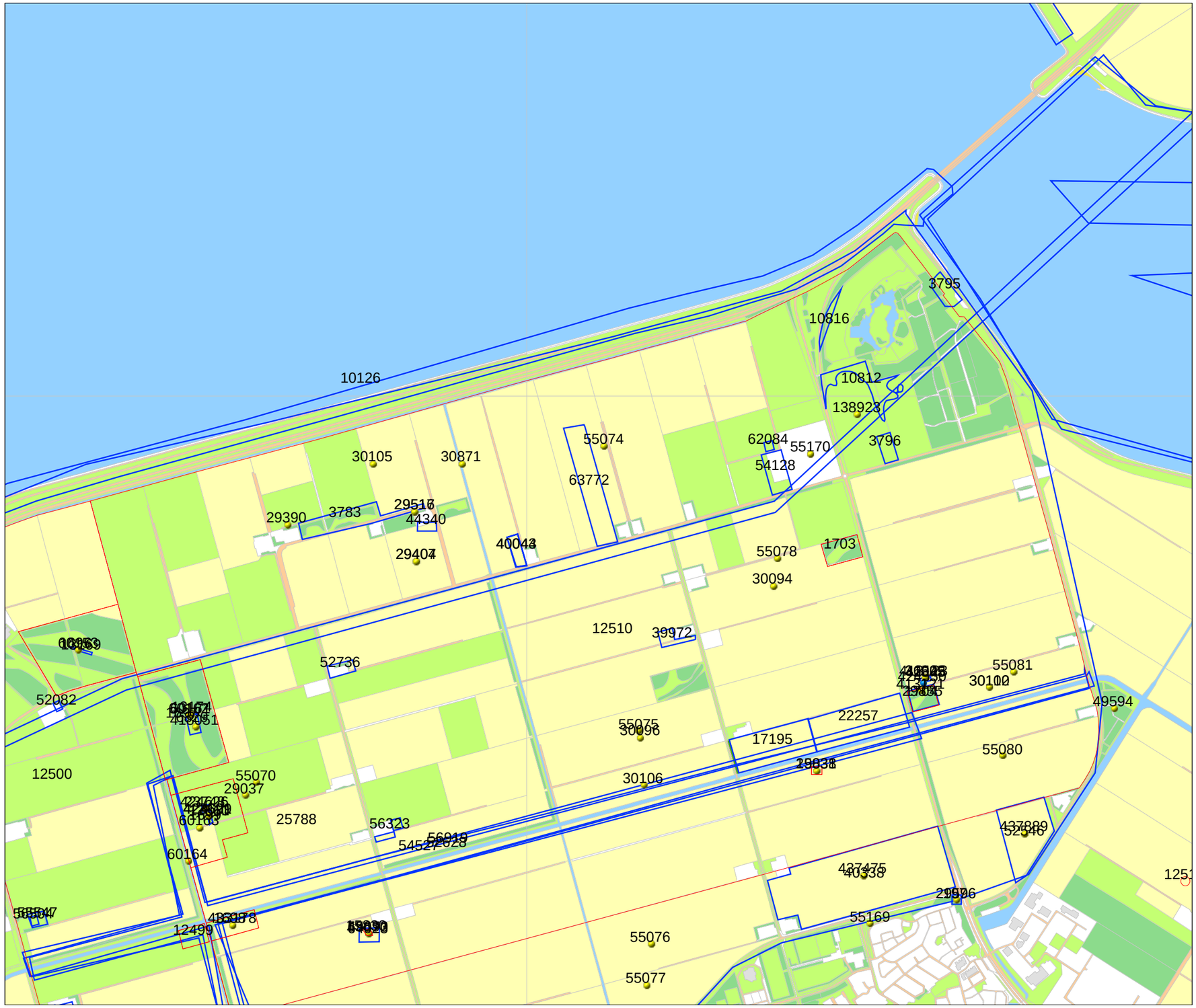
271507-ARCHIS: 380 kv trace Lelystad-Ens; Dronten DIM-ENS 380 164-177II

28-01-2015

Onderzoeksmeldingen, vondstmeldingen, waarnemingen en archeologische monumenten

M.L. Craane

173621 / 514638



Legenda

- MONUMENTEN
- WAARNEMINGEN
- VONDSTMELDINGEN
- ONDERZOEKSMELDINGEN

TOP10 ((c)TDN)

- bebouwd gebied
- doorgaande wegen
- bos
- bouwland
- weiland
- boomgaard/kwekerij
- heide
- zand
- begraafplaats
- water
- overig bodemgebruik
- PROVINCIES

Archis2

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap

167161 / 509187

Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

Tolhuisweg 57
8443 DV HEERENVEEN
Postbus 24
8440 AA HEERENVEEN
T. (0513) 63 43 13

www.anteagroup.nl

Copyright © 2017
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

Disclaimer
Antea Group aanvaardt op generlei wijze aansprakelijkheid voor schade welke voortvloeit uit beslissingen genomen op basis van de resultaten van archeologisch (voor)onderzoek.

Bijlagenoverzicht

nummer	Titel
1	Bijlage 1 Begeleidend schrijven
2	Bijlage 2 Tracé tekening
3	Bijlage 3 Mastenlijst
4	Bijlage 4 Bestaande masten
5	Bijlage 5 Principe fundaties
6	Bijlage 6 Archeologische bureaustudie2015
7	Bijlage 7 Archeologische bureaustudie 2017
8	Bijlage 8 Ecologische werkprotocollen

Tauw

Notitie

Contactpersoon Jeroen Nagtegaal
Datum 16 augustus 2017
Kenmerk N001-1252220JNA-ibs-V01-NL

Toelichting werkprotocollen Tennet Lelystad - Ens

In dit document worden alle maatregelen beschreven die ervoor moeten zorgen dat negatieve effecten op, door de Wet natuurbescherming (Wnb) en voormalige Flora- en faunawet (Ffw) beschermde soorten, worden voorkomen.

1 Inleiding

In opdracht van TenneT TSO B.V. heeft Tauw onderzoek gedaan naar de consequenties van de Wet natuurbescherming voor het toekomstbestendig maken van de 380 kV-hoogspanningsverbinding Lelystad - Ens. Dit document is onderdeel van deze rapportage (kenmerk R001-1252220KES-V01) en dient als toelichting op de werkprotocollen in de bijlage van voorgenoemde rapportage.

Uit deze rapportage is gebleken dat negatieve effecten niet voor alle soorten zijn uit te sluiten. Om deze reden zijn de werkprotocollen opgesteld. Deze protocollen geven een overzicht van de relevante maatregelen en aandachtspunten.

1.1 Gedragscode TenneT

In beginsel worden de werkzaamheden uitgevoerd conform de goedgekeurde gedragscode Flora- en faunawet van TenneT (Arcadis, 2014). Deze gedragscode behoudt zijn geldigheid, totdat een nieuwe gedragscode onder de Wnb is goedgekeurd door bevoegd gezag. In het kader van de zorgplicht en voor alle voormalige tabel 1- en 2-soorten, wordt hiermee voldaan aan de wettelijke verplichting. Bij ruimtelijke ontwikkelingen en bij bestendig beheer en onderhoud is uitvoering conform een goedgekeurde gedragscode voor alle voormalige tabel 1- en 2-soorten voldoende.

Voor soorten beschermd onder de Wnb en voor alle voormalige tabel 3-soorten (Ffw) kunnen negatieve effecten uitgesloten worden, al dan niet door afwezigheid daarvan. Om te kunnen garanderen dat er voor deze soorten geen negatieve effecten optreden zijn deze meegenomen in de werkprotocollen.

Het aanvragen van een ontheffing of het laten toetsen van de werkprotocollen is niet noodzakelijk, immers worden de werkprotocollen zo opgesteld dat er geen sprake meer is van een overtreding van de Wnb of Ffw.

1.2 Ter zake kundige

In dit document wordt gesproken over het aanwezig zijn van een 'ter zake kundige'. Hiermee wordt een persoon bedoeld die verstand heeft van de betreffende zaken waarbij deze vermeld staat. De algemene definitie luidt als volgt:

Met een ter zake kundige wordt bedoeld een deskundige die voor de situatie en soorten waarvoor hij gevraagd is aantoonbare ervaring en kennis heeft op het gebied van soortspecifieke ecologie. De ervaring en kennis dienen te zijn opgedaan doordat de deskundige:

- *Op HBO-, dan wel universitair niveau een opleiding heeft genoten met als zwaartepunt (Nederlandse) ecologie, en/of*
- *Als ecoloog werkzaam is voor een ecologisch adviesbureau, en/of*
- *Zich aantoonbaar actief inzet op het gebied van de soortenbescherming, en/of*
- *Is aangesloten bij de daarvoor in Nederland bestaande organisaties (zoals Zoogdiervereniging VZZ, RAVON, Vogelbescherming Nederland, Vlinderstichting, Natuurhistorisch Genootschap, KNNV, NJN, IVN, EIS Nederland, FLORON, SOVON, Staatsbosbeheer of een terreinbeherende natuurbeschermingsorganisatie)*

1.3 Relevante soort(groep)en

In tabel 1.1 worden de relevante soort(groep)en bijbehorende mastlocaties beschreven. In figuur 1.1 zijn de mastlocaties getoond. In paragraaf 1.5 en verder worden de toe te passen maatregelen beschreven.

Tabel 1.1: samenvatting van de beoogde mastlocaties waar rekening gehouden dient te worden met beschermde soort(groep)en.

Soort(groep)en	Mastlocaties, inclusief toegangswegen	Opmerking
Algemene broedvogels	Alle beoogde mastlocaties	Conform gedragscode werken. Broedgevallen onaangetast laten
Rietorchis	174, 175 en 176	Conform gedragscode werken. Groeilocaties ontzien of verplaatsen door een ter zake kundige
Vogels met jaarrond beschermde nesten	177 I, 181, 184 en 201	Verstoringseffecten voorkomen, nestplaatsen behouden en werken conform gedragscode
Noordse winterjuffer	174, 175 en 176	Nemen van maatregelen of werkperiode aanpassen
Rugstreeppad	179 t/m 206	Voorkomen dat geschikt habitat ontstaat tijdens de voortplantingsperiode



Figuur 1.1: overzicht van de mastlocaties op het tracé Lelystad - Ens

2 Maatregelen

In dit hoofdstuk wordt voor elke beschermde soort of soortengroep (uit tabel 1.1) de noodzakelijke maatregelen voor de werkzaamheden gegeven. De maatregelen zijn van toepassing als de aanwezigheid van één of meerdere soorten op de werklocatie is aangetoond of het aannemelijk is dat deze soort(en) aanwezig zijn.

2.1 Maatregelen per soort(groep)

Voor rietorchis, algemene broedvogels en vogels met een jaarrond beschermde nestlocatie wordt conform gedragscode van TenneT gewerkt om effecten te voorkomen. In dit document worden enkele aanvullingen beschreven. Noordse winterjuffer en rugstreeppad komen voor in of nabij het plangebied. Voor deze soorten zijn maatregelen bepaald om negatieve effecten uit te sluiten.

Wanneer in paragraaf 1.5.1 genoemde werkzaamheden uitgevoerd worden, en één of meerdere bovengenoemde soort(groep)en aanwezig zijn, zullen de hierna beschreven maatregelen uitgevoerd worden.

De maatregelen zijn zoveel mogelijk afkomstig uit de Soortenstandaards van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO) van het ministerie van Economische Zaken. Voor de soorten waarvoor geen soortenstandaard beschikbaar is, is zoveel mogelijk uitgegaan van overige goedgekeurde protocollen, van methoden uit eerdere ontheffingen en van deskundige ecologische kennis (expert judgement).

2.1.1 Rietorchis

Relevante werkzaamheden

- Rooien en/of snoeien van bomen en struiken
- Aanleggen van (tijdelijke) toegangswegen
- Aanpassen van hoogspanningsleidingen
- Schilderwerk

Wanneer de rietorchis aanwezig is in het plangebied en het niet mogelijk is de groeiplaats te ontzien, dan dienen de volgende maatregelen genomen te worden:

- De plant(en) in het groeiseizoen maar buiten de bloeiperiode verplaatsen naar geschikte locaties waar niet gewerkt wordt. Juli en augustus zijn hiervoor de meest geschikte periode. Dit verplaatsen kan door handmatig, of met behulp van een graafmachine, de plant(en) met voldoende ruimte rondom de wortelkluit uit te graven en direct te verplaatsen naar een geschikte (soortgelijke) locatie in de directe omgeving

- Indien verplaatsing niet direct mogelijk is, worden de planten tijdelijk opgeslagen en zo spoedig mogelijk (elders) teruggeplaatst. Bij korte opslag dient de kluit constant vochtig gehouden te worden
- Een ter zake kundige dient de verplaatsing uit te voeren

2.1.2 Algemene broedvogels

Relevante werkzaamheden
- Rooien en/of snoeien van bomen en struiken
- Aanleggen van (tijdelijke) toegangswegen
- Aanpassen van hoogspanningsleidingen
- Schilderwerk

Alle broedende vogels zijn beschermd. Dit betekent dat geen enkel in gebruik zijnde nest, van welke soort dan ook, verstoord of geschaad mag worden. Het broedseizoen loopt globaal van maart tot en met juli. Buiten deze periode kunnen echter ook vogels broeden. Om negatieve effecten op broedende vogels te voorkomen dienen de volgende maatregelen te worden genomen:
- De werkzaamheden worden in beginsel uitgevoerd buiten de broedperiode van vogels, Het broedseizoen loopt (globaal) van maart tot en met juli
- Om de kans op broedende vogels (gedurende het broedseizoen) te verkleinen kan het werkterrein voorafgaand aan het broedseizoen ongeschikt gemaakt worden. Dit houdt in dat alle vegetatie wordt verwijderd en frequent wordt geïnventariseerd of pionierssoorten niet alsnog op het terrein gaan broeden
- Bij werkzaamheden in het broedseizoen dient een ter zake kundige het plangebied voor aanvang van de geplande werkzaamheden te controleren op broedende vogels. Wanneer geen broedende vogels aanwezig zijn, kunnen op deze locaties werkzaamheden plaatsvinden (mits geen andere beschermde soorten aanwezig)
- Werkzaamheden in het broedseizoen worden altijd onder begeleiding van een ter zake kundige uitgevoerd

2.1.3 Rugstreeppad

Relevante werkzaamheden
- Aanleggen van (tijdelijke) toegangswegen
- Aanpassen van hoogspanningsleidingen

Binnen het tracé is nog geen geschikt habitat aanwezig. Dit kan echter wel ontstaan tijdens de werkzaamheden. Zodoende moet voorkomen worden dat er geschikt voortplantingshabitat ontstaat tijdens de voortplantingsperiode. Bij het werken in de periode april tot en met juli moet:

- Voorkomen worden dat er (ondiepe) plassen ontstaan op of in de directe omgeving van het werkterrein
- Of het werkterrein dient ontoegankelijk gemaakt te worden voor rugstreeppad. Dit kan bijvoorbeeld door het plaatsen van schermen van glad en hard kunststof van minimaal 50 centimeter hoog en minimaal 10 centimeter ingegraven in de grond. Controleer regelmatig op kieren en op overhangende vegetatie

2.1.4 Noordse winterjuffer

Relevante werkzaamheden

- Rooien en/of snoeien van bomen en struiken
- Aanleggen van (tijdelijke) toegangswegen
- Aanpassen van hoogspanningsleidingen
- Schilderwerk

Doordat de werkzaamheden niet in het water worden uitgevoerd kunnen werkzaamheden alleen in de wintermaanden (oktober – maart) een effect hebben. In de maanden oktober tot en met maart overwinteren de volwassen exemplaren in niet gemaaide vegetatie. Om te voorkomen dat bij de uitvoering van de werkzaamheden exemplaren worden gedood dienen de volgende maatregelen genomen te worden:

- De vegetatie op de werkterreinen wordt buiten de kwetsbare periode gemaaid tot een hoogte van maximaal 10 centimeter
- Als maaien buiten de kwetsbare periode niet mogelijk is, dient het maaien te gebeuren bij gunstige weersomstandigheden. Dit betreft dan momenten met een luchttemperatuur hoger dan 12 °C, geen neerslag en maximaal windkracht 3 Bft. Het maaien dient op een rustige wijze te gebeuren zodat exemplaren kunnen verplaatsen naar andere locaties

2.1.5 Vogels met jaarrond beschermde nestlocatie

Relevante werkzaamheden

- Rooien en/of snoeien van bomen en struiken
- Aanleggen van (tijdelijke) toegangswegen
- Aanpassen van hoogspanningsleidingen
- Schilderwerk

Bij de werkzaamheden kunnen nestlocaties verloren te gaan en/of verstoord worden. De werkzaamheden dienen op zo'n wijze te worden uitgevoerd dat verstoring en/of het verlies van nestlocaties wordt voorkomen. Dit dient te gebeuren door het nemen van de volgende maatregelen:

- De werkzaamheden worden in beginsel uitgevoerd buiten de broedperiode van vogels. Het broedseizoen voor vogels met een jaarrond beschermde nestlocatie loopt (globaal) van maart tot en met augustus. Let op deze periode is langer dan bij algemene broedvogels
- Bij het uitvoeren van werkzaamheden in het broedseizoen is een broedvogelcheck voorafgaand aan de werkzaamheden noodzakelijk
- Niet te werken in masten welke direct gelegen zijn naast een mast met een actief nest in verband met verstoring
- Nesten in de masten 117 I, 181, 184 en 201 blijven in beginsel behouden. Indien dit niet mogelijk is worden alternatieve nestgelegenheden aangeboden of nesten verplaatst. Het verplaatsen van nesten of het aanbieden van alternatieven dient te gebeuren in overeenstemming met een ter zake kundige en conform de 'richtlijnen voor beheer en onderhoud van hoogspanningsmasten waarin nesten aanwezig zijn'

3 Werkprotocollen

In deze paragraaf worden per mastlocatie of een combinatie van mastlocaties (en bijbehorende bouw- en werkwegen) uitgewerkte werkprotocollen gepresenteerd in een eenvoudig te interpreteren vorm. In ieder werkprotocol staan maatregelen voor alle relevante soorten genoemd.

3.1 Relevante soorten per combinatie van mastlocaties

Per mastvoet en de daaromheen liggende toegangswegen is in tabel 1.1 inzichtelijk gemaakt welke beschermde soorten er aanwezig kunnen zijn. Op basis van deze tabel wordt per combinatie van mastvoeten bepaald welke maatregelen noodzakelijk zijn. De soorten waarmee rekening gehouden dient te worden zijn immers bekend. In tabel 3.1 is een overzicht gegeven van de combinatie van mastlocaties en met welke soorten er rekening gehouden moet worden.

Indien een bepaald element, dat onderdeel vormt van het leefgebied van de betreffende soort, niet aanwezig is op de mastlocatie of toegangsweg, hoeft er ook geen specifieke rekening gehouden te worden met deze soort. Een fictief voorbeeld: wanneer er geen watergang en oever aanwezig is en/of vergraven wordt bij mastnummer 200, hoeft ook geen rekening gehouden te worden met algemene vissoorten en rugstreeppad.

Tabel 3.1 Overzicht van de combinatie van mastlocaties (en daartussen gelegen bouw- en werkwegen) met de verwachte (combinaties van) soorten.

Mastlocaties (inclusief toegangswegen)	Rekening houden met soort(groep)en
155B t/m 173, 177 I, 177 II en 178	• Algemene broedvogels • Vogels met jaarrond beschermde nesten (alleen 177 I)
174, 175 en 176	• Algemene broedvogels, extra aandacht voor bosuil (bij 176). • Rietorchis • Noordse winterjuffer
179 t/m 206	• Algemene broedvogels • Rugstreeppad • Vogels met jaarrond beschermde nesten (alleen 181, 184 en 201)

Per mastlocatie of per groep van mastlocaties is een protocol opgesteld met daarop het te volgen stappenplan. Het stappenplan is het werkprotocol waar de uitvoerende partij zich aan dient te houden zodat negatieve effecten op beschermde soort(groep)en niet optreden. De protocollen zijn voorzien van een tijdsbalk en alle uit te voeren maatregelen. In het protocol wordt, waar nodig, verwezen naar dit rapport. Op deze manier blijven de protocollen zo beperkt mogelijk in omvang.

De protocollen zijn opgenomen als bijlage in het rapport (kenmerk R001-1252220KES-V01). Voor alle mastlocaties geldt in meer of mindere mate ook de algemene zorgplicht. Zie hiervoor paragraaf 3.2.

3.2 Algemene zorgplicht

1. Start vóór of werk buiten broedseizoen

Alle broedende vogels zijn beschermd. Het is daarom raadzaam om werkzaamheden op de locaties nabij broedplaatsen zodanig te plannen dat deze starten voor en/of uitgevoerd worden buiten het broedseizoen (dat globaal loopt tussen maart en augustus, hoewel vogels ook buiten deze periode kunnen broeden).

Het is ook mogelijk om voorafgaand aan het broedseizoen maatregelen te treffen die het terrein ongeschikt maken en het broeden van vogelsoorten verhinderen. In dat geval is het meestal goed mogelijk om ook in het broedseizoen (door) te werken, mits het terrein ongeschikt wordt gehouden.

Mogelijke maatregelen om te treffen vóór aanvang van het broedseizoen:

- *Verwijder bomen en struiken vóór aanvang van het broedseizoen*
- *Potentiële broedplaatsen op open, zandige (natuur)terreinen vóór het broedseizoen van vogels regelmatig omploegen, betreden, met folie bedekken of met linten afzetten. Daarna regelmatig opnieuw omploegen of betreden*
- *Kale delen van de bouwlocatie aan het begin van het broedseizoen, voordat soorten zich vestigen, één of meer keer per dag belopen*

2. Maak werkterrein ongeschikt

Redelijkerwijs dient voorkomen te worden dat soorten zich, voorafgaand aan de werkzaamheden, (kunnen) vestigen op de bouwlocatie. Maak en houd daarom de mastlocatie en werkwegen ongeschikt voor (nieuw)vestiging van zoveel mogelijk soorten (voor broedvogels zie punt 1). Let wel*:* Strikt beschermde soorten die zich reeds hebben gevestigd (bijvoorbeeld jaarrond beschermde nesten van vogels) mogen hierbij niet worden verjaagd of verwijderd.

3. Tast zo min mogelijk landschapselementen aan

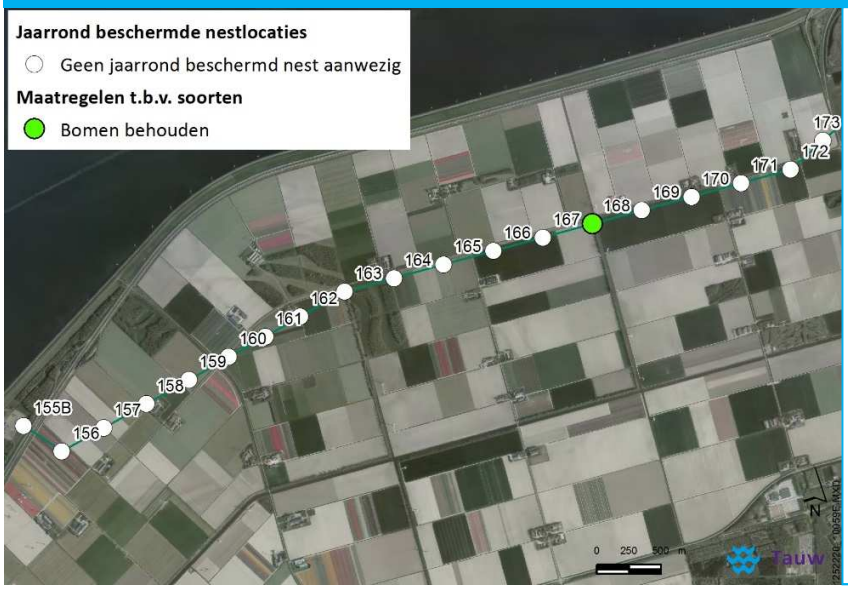
Werk op een dusdanige wijze dat zo min mogelijk landschapselementen worden aangetast. De standaard bouwplaats is circa 40m x 40m en bevindt zich rondom de plaats waar de huidige mastvoeten staan. Kijk ter plaatse of de bouwplaats iets verplaatst of verkleind kan worden, om zo (bepaalde onderdelen van) een landschapselement te sparen. Zo kan het bijvoorbeeld zijn dat binnen een landschapselement een aantal solitaire bomen gekapt moet worden. Soms is het mogelijk om een aantal van deze bomen te sparen en er omheen te werken. De bouwplaats blijft dan op dezelfde locatie, maar de werkzaamheden vinden rondom het element plaats. Dit geeft overigens nog wel verstoring voor het element en eventuele soorten die er gebruik van maken.

Over het algemeen is de interpretatie van de algemene zorgplicht voor de uitvoeren van werkzaamheden aan LLS - ENS als volgt:

- TenneT TSO bv besteedt voldoende zorg aan de instandhouding van soorten en hun leefgebieden (biodiversiteit)
- TenneT TSO bv houdt bij de keuze voor locatie van de werkwegen en werkterreinen voldoende rekening met leefgebieden van planten en dieren en zorgt er voor dat op hoofdlijnen bekend is waar zich in het werkgebied de bijzondere soorten en de plekken met bijzondere natuurwaarden bevinden
- Activiteiten waarvan redelijkerwijs kan worden vermoed dat deze nadelig zijn voor in het wild levende dieren en planten worden zoveel mogelijk nagelaten
- Tijdens het uitvoeren van activiteiten worden in alle redelijkheid maatregelen genomen om te voorkomen dat planten en dieren onnodig worden gedood of beschadigd

Indien deze uitgangspunten in acht worden genomen dan is werken met ‘voldoende zorg’ gegarandeerd. Eventuele overtreding van uitgangspunten leidt niet tot een strenge afrekening, tenzij sprake is van opzettelijk onnodig handelen en een duidelijk gebrek aan voorzorgsmaatregelen. Er moet dus aangetoond worden dat alle moeite is gedaan om dergelijke schade te vermijden.

Mastlocaties 155B - 173



Rekening houden met:

- Algemene zorgplicht
- Vogelbroedseizoen

Aandachtspunt

- Voor werkzaamheden vanaf maart 2018 is een nieuwe controle op jaarrond beschermde nesten noodzakelijk

Volgorde en planning werkzaamheden

Werkzaamheden	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
1. Rooien en/of snoeien van bomen en struiken			B	B	B	B	B	B				
2. Aanleggen van (tijdelijke) toegangswegen			B	B	B	B	B	B				
3. Aanpassen hoogspanningsleidingen			B	B	B	B	B	B				
4. Schilderwerk			B	B	B	B	B	B				

B: alleen uitvoeren als uit broedvogelcheck blijkt dat er geen broedende vogels in de omgeving van de werkterreinen, toegangswegen en/of masten aanwezig zijn

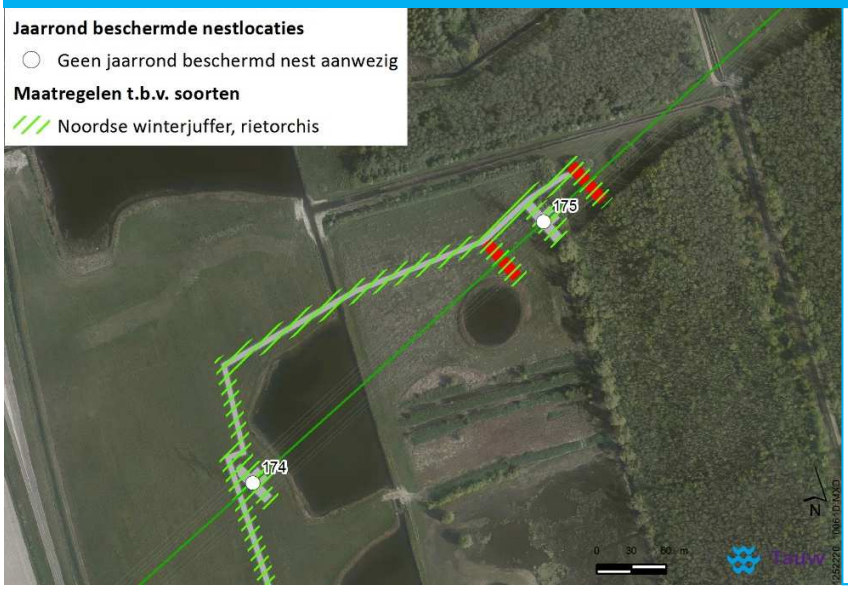
Algemene zorgplicht § 3.2

1. Start werkzaamheden vóór, of werk buiten broedseizoen	2. Maak en houd werkterreinen ongeschikt voor vogels	3. Tast zo min mogelijk landschapselementen aan

Maatregelen § 2.1

Geen soortspecifieke maatregelen

Mastlocatie 174 - 175



Rekening houden met:

- Algemene zorgplicht
- Vogelbroedseizoen
- Groeiplaatsen rietorchis (Ffw tabel 2)
- Winterhabitat noordse winterjuffer (Wnb artikel 3.5)

Aandachtspunt

- Voor werkzaamheden vanaf maart 2018 is een nieuwe controle op jaarrond beschermde nesten noodzakelijk

Volgorde en planning werkzaamheden

Werkzaamheden	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
1. Rooien en/of snoeien van bomen en struiken	R/W	R/W	R/B/W	R/B	R/B	R/B	R/B	R/B	R	R/W	R/W	R/W
2. Aanleggen van (tijdelijke) toegangswegen	R/W	R/W	R/B/W	R/B	R/B	R/B	R/B	R/B	R	R/W	R/W	R/W
3. Aanpassen hoogspanningsleidingen			B	B	B	B	B	B				
4. Schilderwerk			B	B	B	B	B	B				

R: Groeiplaatsen van rietorchis ontzien, of planten verplanten.

B: alleen uitvoeren als uit broedvogelcheck blijkt dat er geen broedende vogels in de omgeving van de werkterreinen, toegangswegen en/of masten aanwezig zijn

W: verwijderen van vegetatie (gras, riet, struweel) is alleen mogelijk bij gunstige weersomstandigheden (≥ 12 °C, droog, windkracht ≤ 3 Bft)

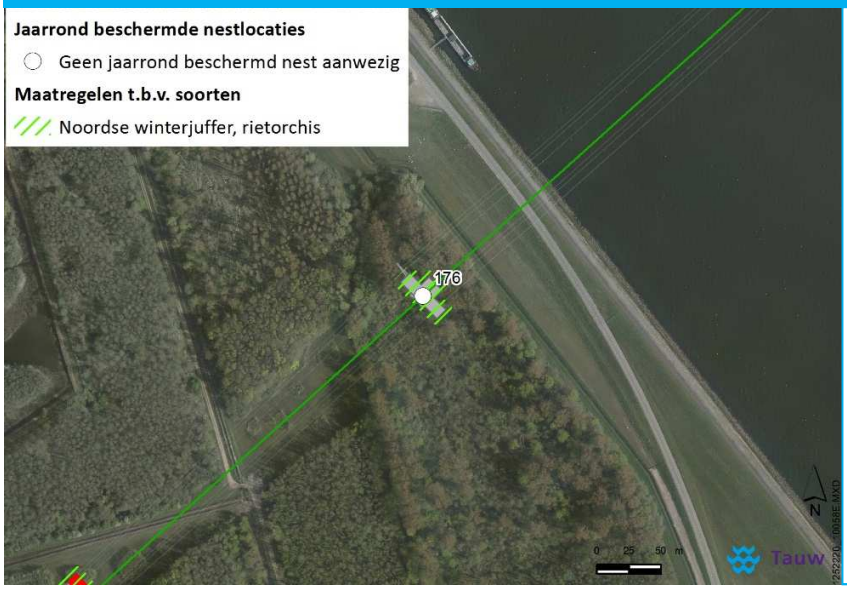
Algemene zorgplicht § 3.2

1. Start werkzaamheden vóór, of werk buiten broedseizoen	2. Maak en houd werkterreinen ongeschikt voor vogels	3. Tast zo min mogelijk landschapselementen aan

Maatregelen § 2.1

Rietorchis:	Groeiplaats ontzien of rietorchissen onder ecologisch toezicht uitgraven en verplanten. De meest geschikte periode voor verplanting is na de bloeiperiode in juli of augustus.
Noordse winterjuffer:	Bij uitvoering van werkzaamheden in de periode oktober tot februari is ecologisch toezicht noodzakelijk. Aanbevolen wordt om vooraf te maaien of werkwegen aan te passen.

Mastlocatie 176



Rekening houden met:

- Algemene zorgplicht
- Vogelbroedseizoen
- Groeiplaatsen rietorchis (Ffw tabel 2)
- Winterhabitat noordse winterjuffer (Wnb artikel 3.5)
- Bosuil, extra vroeg broedseizoen

Aandachtspunt

- Voor werkzaamheden vanaf maart 2018 is een nieuwe controle op jaarrond beschermde nesten noodzakelijk

Volgorde en planning werkzaamheden

Werkzaamheden	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
1. Rooien en/of snoeien van bomen en struiken	R/W	R/B/W	R/B/W	R/B	R/B	R/B	R/B	R/B	R	R/W	R/W	R/W
2. Aanleggen van (tijdelijke) toegangswegen	R/W	R/B/W	R/B/W	R/B	R/B	R/B	R/B	R/B	R	R/W	R/W	R/W
3. Aanpassen hoogspanningsleidingen		B	B	B	B	B	B	B				
4. Schilderwerk		B	B	B	B	B	B	B				

R: Groeiplaatsen van rietorchis ontzien, of planten verplanten.

B: alleen uitvoeren als uit broedvogelcheck blijkt dat er geen broedende vogels in de omgeving van de werkterreinen, toegangswegen en/of masten aanwezig zijn

W: verwijderen van vegetatie (gras, riet, struweel) is alleen mogelijk bij gunstige weersomstandigheden (≥ 12 °C, droog, windkracht ≤ 3 Bft)

Algemene zorgplicht § 3.2

1. Start werkzaamheden vóór, of werk buiten broedseizoen	2. Maak en houd werkterreinen ongeschikt voor vogels	3. Tast zo min mogelijk landschapselementen aan

Maatregelen § 2.1

Rietorchis:	Groeiplaats ontzien of rietorchissen onder ecologisch toezicht uitgraven en verplanten. De meest geschikte periode voor verplanting is na de bloeiperiode in juli of augustus.
Noordse winterjuffer:	Bij uitvoering van werkzaamheden in de periode oktober tot februari is ecologisch toezicht noodzakelijk. Aanbevolen wordt om vooraf te maaien of werkwegen aan te passen.
Algemene broedvogels	Speciale aandacht is nodig voor de bosuilenkast in een van de te kappen bomen. In het kader van de zorgplicht de kast verhangen buiten het broedseizoen of een nieuwe kast plaatsen. Bij bosuil begint het broedseizoen extra vroeg!

Mastlocatie 177 I - 206



Rekening houden met:

- Algemene zorgplicht
- Vogelbroedseizoen
- Nieuwvestiging rugstreeppad (Wnb artikel 3.5)
- Aanwezigheid nesten jaarrond beschermd in masten 177 I, 181, 184, 201

Aandachtspunt

- Voor werkzaamheden vanaf maart 2018 is een nieuwe controle op jaarrond beschermde nesten noodzakelijk

Volgorde en planning werkzaamheden

Werkzaamheden	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
1. Rooien en/of snoeien van bomen en struiken			B	B	B	B	B	B				
2. Aanleggen van (tijdelijke) toegangswegen			B	B	B	B	B	B				
3. Aanpassen hoogspanningsleidingen			B	B	B	B	B	B				
4. Schilderwerk			B	B	B	B	B	B				

B: kan uitgevoerd worden mits uit een broedvogelcheck blijkt dat er geen broedende vogels in de omgeving van de werkterreinen, toegangswegen en/of masten aanwezig zijn

Algemene zorgplicht § 3.2

1. Start werkzaamheden vóór, of werk buiten broedseizoen	2. Maak en houd werkterreinen ongeschikt voor vogels	3. Tast zo min mogelijk landschapselementen aan

Maatregelen § 2.1

Rugstreeppad:	Voorkom in de voortplantingsperiode (april - juni) de vorming van natte laagtes en/of ondiepe plassen
Nesten (jaarrond beschermd):	Nesten behouden, of verplaatsen onder ecologisch toezicht

Bijlagenoverzicht

nummer	Titel
1	Aanvulling toelichting en wijziging
2	Oplegnotitie constructieve berekening
3	Uitgangspuntenrapport LLS-ENS
4	Rapportage Funderingen LLS-ENS
5	Berekening mastconstructie LLS-ENS

Bijlagenoverzicht

nummer	Titel
1	Aanvulling toelichting en wijziging
2	Oplegnotitie constructieve berekening
3	Uitgangspuntenrapport LLS-ENS
4	Rapportage Funderingen LLS-ENS
5	Berekening mastconstructie LLS-ENS

CLASSIFICATIE	C2: Internal Information
DATUM	30 januari 2019
BIJLAGE BEHORENDE BIJ	OLO aanvraag nummers 4067787 (Lelystad), 4062721 (Dronten), 3909005 (Noordoostpolder)
PAGINA	1 van 2

Aanvulling aanvraag omgevingsvergunning Lelystad-Ens

1. Achtergrond

Op 14 januari hebben wij van u een brief ontvangen waarin u vraagt ontbrekende gegevens nog aan te leveren. Het verzoek zag op de aspecten welke hieronder per hoofdstuk worden behandeld.

2. Aanvullende gegevens

2.1 Constructieve gegevens uit het oogpunt van veiligheid.

Voor de beoordeling van de constructieve gegevens zijn constructieve berekeningen van zowel de masten als de fundering en een uitgangspuntendocument bijgevoegd. Hoe deze documenten moeten worden gelezen is opgenomen in de bij de aanvraag gevoegde "oplegnotitie constructieve gegevens".

2.2 Indienen aanvullende gegevens

Met het indienen van deze berekening kan de wijze van constructie direct worden beoordeeld. De definitieve berekeningen worden daarom in tegenstelling tot paragraaf 5.1. van de toelichting bij de aanvraag en de aanvraag, niet 8 weken van te voren aangeleverd maar binnen de daarvoor binnen artikel 2.7 Mor bepaalde termijn van 3 weken.

3. Veiligheidsplan

Dit aspect is in het vooroverleg besproken omdat het kunnen overleggen van een bouwveiligheidplan in deze fase niet haalbaar is. Omdat het bouwveiligheidplan veel (ook locatie specifieke) details kent wordt deze bij ons vrijwel altijd door de aannemer opgesteld. TenneT dient daarom niet zelf het bouwveiligheidsplan in. In paragraaf 5.2 van de toelichting bij de aanvraag is aangegeven waaraan het plan zal voldoen. Hiervan is gevraagd deze conform 2.7. Mor later te kunnen indienen.
E.e.a. is afgestemd met de heer Boon van de gemeente Lelystad en is per mail akkoord bevonden.

4. Bouwkosten

De bouwkosten zijn per gemeente inmiddels begroot. De bedragen per gemeente bedragen:
Gemeente Lelystad: €763.525,-
Gemeente Dronten: €2.482.198,-
Gemeente Noordoostpolder: €2.302.266,-
Let wel dat dit een begroting betreft. Deze is hieronder ingevoegd.

Gemeente Lelystad, aantal masten is 8		aantal	totalen	som t.b.v. leges	toelichting bouwkosten
	Lijmwerkzaamheden [heiwerk/fundering/mastaanpassingen]			€ 763.525	
	- bouwwegen, bouwterrein	8	€ 187.755		
	- mastaanpassingen	8	€ 207.033		[mastverzwaringen aan bestaande masten]
	- fundatie	8	€ 368.737		[post fundatie is inclusief heiwerk en afwatering]
	- overige materialen			nvt	
Gemeente Dronten, aantal masten is 16					
	Lijmwerkzaamheden [heiwerk/fundering/mastaanpassingen]			€ 2.482.198	
	- bouwwegen, bouwterrein	16	€ 828.571		[bij mast 177 t/m 178 extra voorzieningen [pontons] ivm mast op wate
	- mastaanpassingen	16	€ 1.138.597		[mastverzwaringen aan bestaande masten]
	- fundatie	16	€ 515.030		[post fundatie is inclusief heiwerk en afwatering]
	- overige materialen			nvt	
Gemeente Noordoostpolder, aantal masten is 28					
	Lijmwerkzaamheden [heiwerk/fundering/mastaanpassingen]			€ 2.302.266	
	- bouwwegen, bouwterrein	28	€ 633.673		
	- mastaanpassingen	28	€ 252.247		[mastverzwaringen aan bestaande masten]
	- fundatie	28	€ 1.416.345		[post fundatie is inclusief heiwerk en afwatering]
	- overige materialen			nvt	
				€ 5.547.989	

Fig. 1. Begroting bouwkosten t.b.v. legesberekening

Bijlagenoverzicht

nummer	Titel
1	Aanvulling toelichting en wijziging
2	Oplegnotitie constructieve berekening
3	Uitgangspuntenrapport LLS-ENS
4	Rapportage Funderingen LLS-ENS
5	Berekening mastconstructie LLS-ENS

NOTITIE

CLASSIFICATIE	C1: Public Information
DATUM	5 maart 2019
REFERENTIE	**0718203**
OPGESTELD DOOR	

ONDERWERP Aanvullende notitie i.k.v. vergunningaanvraag project Beter Benutten Bestaande 380 kV

TER INFORMATIE	■
TER BESLUITVORMING	☐

TenneT heeft bij het indienen van de aanvraag omgevingsvergunning bouwen ten behoeve van het constructief aanpassen van de mastlichamen en de funderingen berekeningen op basis van de NEN 8700 bijgevoegd. Deze berekeningen dienen als een indicatie en tonen de methodiek van berekenen aan op basis van de NEN 8700. De berekeningen geven aan wat de fundatie- en mastaanpassingen zouden moeten zijn als aan de vigerende NEN 8700 norm voldaan moet worden. Deze norm is echter nooit geschreven en bedoeld voor hoogspanningsmasten. Gevolg hiervan is dat de versterkingsopdracht o.b.v. de huidige norm onevenredig zwaar zou zijn.

Daarom is ervoor gekozen om in afstemming met het COBc op onderdelen af te wijken van de NEN 8700 norm middels een door het COBc goedgekeurd gezaghebbend document (GHD) specifiek opgesteld voor hoogspanningsmasten. De uiteindelijke benodigde aanpassingen zullen blijken uit de nog toe te voegen berekeningen op basis van het GHD.

De hier nu voorgelegde berekeningen op basis van de NEN 8700 geven niet aan welke masten daadwerkelijk aangepast gaan worden omdat de toetsing namelijk plaats vindt aan een andere en dan geldende norm. Deze norm dan geldend is, in principe, het gezaghebbend document (GHD) en/of de goedgekeurde bijlage ter beoordeling van bestaande masten, die in NEN-EN 50341 zal worden opgenomen. Het GHD en de bijlage zijn inhoudelijk gelijk. Beiden gaan in op het beoordelen van bestaande masten tegen de prestatie-eisen van NEN 8700. Het is echter een nadere invulling van de NEN 8700 specifiek voor hoogspanningsmasten.

Resumerend, in de aanvraag worden conform artikel 2.7 van het Mor de berekeningen op basis van de dan vigerende norm uiterlijk drie weken voor start realisatie ter toetsing ingediend. Op basis van deze berekeningen wordt bepaald welke constructieve aanpassingen per mast worden uitgevoerd.

Vanuit gaande u naar behoren geïnformeerd te hebben.

Met vriendelijke groet,

Bijlagenoverzicht

nummer	Titel
1	Aanvulling toelichting en wijziging
2	Oplegnotitie constructieve berekening
3	Uitgangspuntenrapport LLS-ENS
4	Rapportage Funderingen LLS-ENS
5	Berekening mastconstructie LLS-ENS

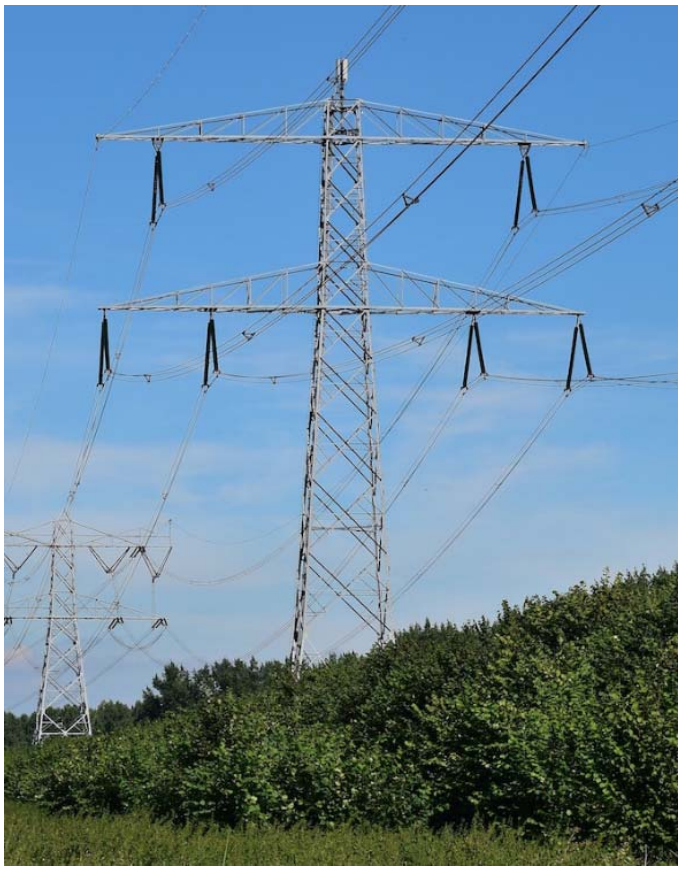
DNV·GL

“NADERE DETAILLERING MASTCONSTRUCTIES DIEMEN – LELYSTAD – ENS”

Uitgangspuntenrapport opwaardering 380kV verbinding Lelystad-Ens en Diemen-Lelystad

TenneT TSO B.V.

Rapport nr.: 10060953-TDT 17-1506 rev4
Datum: 2018-03-01



Projectnaam:	“Nadere detaillering mastconstructies Diemen – Lelystad – Ens”	DNV GL - Energy Energy Advisory
Rapporttitel:	Uitgangspuntenrapport opwaardering 380kV verbinding Lelystad-Ens en Diemen-Lelystad	Postbus 9035 6800 ET ARNHEM
Klant:	TenneT TSO B.V.	
Contactpersoon:	Ruben Rasing	
Datum:	2018-03-01	Tel: +31 26 356 9111
Projectnr.:	10060953	KvK 09006404
Organisatie unit:	TDT/POL	
Rapportnr.:	10060953-TDT 17-1506 rev4	

Opgesteld door:	Beoordeeld door:	Goedgekeurd door:
A.J. Börger	R.W.J.A. Lommers	J.F. Groeman

Copyright © DNV GL 2016 All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distributie:

☐ Onbeperkte distributie (intern en extern)

☒ Onbeperkte distributie binnen de DNV GL Groep

☐ Onbeperkte distributie binnen DNV GL Netherlands

☐ Geen distributie (vertrouwelijk)

Trefwoorden:

Versie	Datum	Reden voor uitgave	Auteur	Beoordeeld	Goedgekeurd
0	2017-11-24	Eerste uitgave	A.J. Börger	R.W.J.A. Lommers	J.F. Groeman
1	2017-12-22	Verwerken commentaar RFA en gesprek TNO dd. 14 december	A.J. Börger	R.W.J.A. Lommers	J.F. Groeman
2	2018-01-26	Verwerken commentaar RFA	A.J. Börger	R.W.J.A. Lommers	J.F. Groeman
3	2018-02-09	RFA verwerkt	A.J. Börger	R.W.J.A. Lommers	J.F. Groeman
4	2018-02-28	RFA verwerkt	A.J. Börger	R.W.J.A. Lommers	J.F. Groeman

Copyright © 2018, DNV GL Netherlands B.V., Arnhem, Nederland. Alle rechten voorbehouden.

Dit document bevat vertrouwelijke informatie. Overdracht van de informatie aan derden zonder schriftelijke toestemming van DNV GL Netherlands B.V. is verboden. Hetzelfde geldt voor het kopiëren (elektronische kopieën inbegrepen) van het document of een gedeelte daarvan.

Het is verboden om dit document op enige manier te wijzigen, het opsplitsen in delen daarbij inbegrepen. In geval van afwijkingen tussen een elektronische versie (bijv. een PDF bestand) en de originele door DNV GL verstrekte papieren versie, prevaleert laatstgenoemde.

DNV GL Netherlands B.V.en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, bijkomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken.

Inhoud

1 INLEIDING 2

2 UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN 3
2.1 Normen 3
2.2 TenneT-specificaties 3
2.3 Mastenlijst 3
2.4 Materialen 3
2.5 Minimale afmetingen constructie-elementen 4
2.6 Software 4
2.7 Gebruikte gegevens 4

3 BELASTINGEN 5
3.1 Algemene uitgangspunten 5
3.2 Gevolgklasse 5
3.3 Referentieperiode 5
3.4 Belastingsfactoren 5
3.4.1 Verbouwniveau 5
3.4.2 Afkeurniveau 6
3.5 Belastingsgevallen 6
3.5.1 Eigen gewicht geleiders 6
3.5.2 Eigen gewicht mastconstructie 6
3.5.3 Windbelasting 6
3.5.4 Windbelasting op geleiders 10
3.5.5 Windbelasting op isolatoren 10
3.5.6 Windbelasting op mastconstructie 10
3.5.7 IJzelbelasting op geleiders 10
3.5.8 Belasting door bouw- en onderhoudswerkzaamheden 10
3.5.9 Belasting door inspectie en onderhoudswerkzaamheden 11
3.5.10 Belasting door galloping als longitudinale belasting 11
3.6 Belastingcombinaties 11
3.7 Geleiders 11
3.8 Isolatorkettingen 13
3.9 Antenneopstellingen 14

4 TOETSING 16
4.1 Staalconstructie 16
4.1.1 Nettodoorsnede 16
4.1.2 Stuikkracht 16
4.1.3 Bouten 16
4.1.4 Maatvoering bouten 17
4.1.5 Kniklengtebepaling 17
4.1.6 Verspringende verbanden 17
4.1.7 Kruisende diagonalen 17
4.1.8 Torsieknik 17
4.2 Fundering 17

Appendix A Van toepassing zijnde TenneT-standaarden

1 INLEIDING

Om in de toekomst meer elektriciteit te kunnen transporteren is het noodzakelijk om naast de nieuwbouw van verbindingen bestaande hoogspanningsverbindingen aan te passen zodat er een grotere transportcapaciteit mogelijk wordt gemaakt. Om die reden is de opdrachtgever (OG) voornemens de bestaande 380 kV ring op te waarderen. Binnen het betreffende programma vallen de deelprojecten "Opwaardering 380 kV verbinding Lelystad - Ens" en "Opwaardering 380 kV verbinding Diemen – Lelystad". De bestaande verbindingen worden opgewaardeerd van 2,5 kA naar 4 kA.

Dit document beschrijft de uitgangspunten die worden gehanteerd voor het vaststellen van de externe belastingen en de toetsingen die dienen te worden uitgevoerd op de stalen constructies en fundaties.

De uitgangspunten zijn gebaseerd op de vigerende normen voor constructies en hoogspanningslijnen. Daarnaast zal er bij de verbouwing worden uitgegaan van een nieuwe levensduur van 30 jaar conform de NEN 8700:2011, “Grondslagen voor de constructieve beoordeling van bestaande bouw en het constructief ontwerp ten behoeve van verbouw”.

2 UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

2.1 Normen

Er is gebruik gemaakt van de volgende normen en voorschriften.

- NEN 1060:1964, “bovengrondse hoogspanningslijnen”;
- NEN 8700:2011, “Grondslagen voor de constructieve beoordeling van bestaande bouw en het constructief ontwerp ten behoeve van verbouw”;
- NEN 8701:2011, “Belastingen voor bestaande bouw”;
- prNEN 8707:2017, “Geotechnisch ontwerp - Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk”;
- EN 50341-1:2013, “Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV - Part 1: General requirements – Common”;
- prEN 50341-2-15:2017, “Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV Part 2 National Normative Aspects (NNA) for THE NETHERLANDS”;
- NEN-EN 1993-1-1+C2+A1:2016 nl, “Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies, deel 1-1: algemene regels en regels voor gebouwen”;
- NEN-EN 1993-1:2007/NB:2012, “Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 3-1: Torens, masten en schoorstenen - Torens en masten”;
- NEN-EN 1993-1-8+C2:2011/NB:2011 nl, “Ontwerp en berekening van staalconstructies, deel 1-8: ontwerp en berekening van verbindingen”;
- NEN-EN 1997-1-C1+A1:2016/NB:2016 nl, “Geotechnisch – Algemeen”;

Voor het toetsen van de constructieve veiligheid zal gebruik gemaakt worden van NEN 8700 en de Eurocode-normenreeks. Voor de elektrische aspecten geldt: Interne spanningsafstanden conform NEN 1060:1964, externe spanningsafstanden conform NEN 1060:1964, behoudens definitie "stroomwegen".

2.2 TenneT-specificaties

De van toepassing zijnde TenneT-specificaties zijn in appendix A beschreven.

2.3 Mastenlijst

De volgende mastenlijsten zijn van toepassing:

- Spanveldschema LLS-ENS380 (Versie D) okt 2017;
- Spanveldschema DIM-LLS380 (Versie D) okt 2017.

2.4 Materialen

Voor de controle van de bestaande mastconstructies en funderingen gebouwd in 1971/1972 wordt uitgegaan van:

Tabel 1 Materialen bestaande constructie

	Aanduiding ‘71	Huidig uitgangspunt
Staalsoort	Fe360/St 37	S235JR
Boutkwaliteit	5.6, gerolde draad	5.6, gerolde draad
Betonkwaliteit	K225 K300 (Ketelmeer)	C16/20 C20/25
Wapeningsstaal	QR24,-40 en -48 St III b	B220, B400, B500

De constructie van het portaal van station Lelystad is in 2000 gebouwd. Hiervoor gelden de uitgangspunten van tabel 2. Er is in het portaal zowel S235 als S355 toegepast als staalsoort.

Tabel 2 Materialen portaal LLS

Staalsoort	S235JR S355J2
Penverbinding	RVS A4-80
Boutkwaliteit	8.8, gerolde draad
Betonkwaliteit	B25
Wapeningsstaal	FeB500

Voor de controle van de mastconstructie in de nieuwe situatie geldt voor aan te brengen versterkingen als minimale kwaliteit:

Tabel 3 Materialen aangepaste constructie

Staalsoort	S355J0
Boutkwaliteit	8.8 gerolde draad
Betonkwaliteit	C30/37
Wapeningsstaal	B500

De masten onderdeel van de in 2014 uitgevoerde reconstructie SAA bij Muiden (nr. 4-19), zijn op basis van bovenstaande materialen versterkt of vernieuwd.

2.5 Minimale afmetingen constructie-elementen

Voor modificaties van de constructie geldt conform TenneT-specificatie:

- Toe te passen bouten: M16/M20/M24;
- voor hoekstaal is de minimale afmeting L50x5 mm;
- minimale plaatdikte 6 mm.

2.6 Software

Tabel 4 Toegepaste software

Software	Versie
PLS-CADD	15.00
PLS-TOWER	15.00
PLS-POLE	15.00
Excel	2016
SAPS2000	19.00

2.7 Gebruikte gegevens

De Asset-data van TenneT zal worden gebruikt voor de modelleringen en berekeningen.

Er wordt gebruik gemaakt van de door TenneT aangeleverde PLS-CADD/PLS-Tower modellen van de verbindingen Diemen – Lelystad en Lelystad – Ens.

Alvorens het starten van de berekening vindt een validatie plaats op de PLS-Tower modellen. Daarbij zullen waar nodig modellen worden aangepast, zodat deze geschikt zijn in combinatie met de Eurocodes.

3 BELASTINGEN

3.1 Algemene uitgangspunten

Voor bestaande bouwwerken is door het Bouwbesluit 2012 de NEN 8700 aangewezen voor de toetsing van de constructieve veiligheid. Deze norm beschrijft drie veiligheidsniveaus waaraan getoetst kan worden: het afkeurniveau, het verbouwniveau en het nieuwbouwniveau.

Bij de beoordeling van de constructie zal voor de beoordeling van de constructieve veiligheid worden uitgegaan van het afkeurniveau. Om de ligging van het veiligheidsniveau te bepalen in het kader van het proportionaliteitsbeginsel zal daarnaast een tweede toets worden uitgevoerd ten aanzien van het verbouwniveau.

Indien blijkt dat in de mastconstructie niet voldaan wordt aan het afkeurniveau worden aanpassingen bepaald op basis van het verbouwniveau. De aangepaste constructie zal daarnaast gecontroleerd worden aan het afkeurniveau om de niet aangepaste delen te toetsen.

Voor de beoordeling van de funderingen zal eveneens ten aanzien van zowel afkeur- als verbouwniveau beoordeeld worden.

Alle berekeningen en mastaanpassingen zullen worden gebaseerd voor de bestaande fasegeleiders, OPGW en bliksemdraden en de daaraan gerelateerd bestaande geleidertrek. Evenals de bestaande opgang- en afspan sets.

3.2 Gevolgklasse

Op basis van NEN-EN 50341-2-15 artikel 3.2.2 NL1, dienen hoogspanningsmasten in gevolgklasse CC2a te worden ingedeeld. Dit uitgangspunt wordt overgenomen.

3.3 Referentieperiode

Voor de restlevensduur geldt dat op basis van het bouwjaar van 1971 en 50 jaar ontwerplevensduur in 2017 nog 4 jaar resteren. We gaan bij het toetsen van bestaande constructies aan afkeurniveau uit van de in NEN 8700 minimum voorgeschreven referentieperiode van 15 jaar.

Voor de opwaardering dient in dit project het uitgangspunt te gelden van 30 jaar ontwerplevensduur voor de mastconstructie. Daarmee zal van 30 jaar referentieperiode uitgegaan worden voor het bepalen van de karakteristieke belastingen.

3.4 Belastingsfactoren

3.4.1 Verbouwniveau

De belastingsfactor is gebaseerd op tabel A.1.2 (B) van bijlage A van NEN 8700. Vanwege het feit dat de momentane waarde van wind- of sneeuwbelasting gelijk aan 0 is, kunnen de belastingsfactoren voor formule 6.10a buiten beschouwing blijven.

De resulterende factor is het product van de belastingfactor uit de NEN 8700-tabel en de reductie in verband met de referentieperiode. Voor de reductiefactor zie artikel 3.2.2 NL2 van NEN-EN 50341-2-15.

De belastingsfactoren worden voor verbouwniveau en 30 jaar in samengevatte vorm:

Tabel 5 Belastingsfactoren verbouwniveau 30 jaar

Belastingsfactor EG	γ_G =					1,15	-
Belastingsfactor wind	γ_{Qw} =	1,40	x	0,94	=	1,32	-
Belastingsfactor ijzel	γ_{Qi} =	1,30	x	0,88	=	1,14	-
Belastingsfactor klimlast	γ_Q =	1,30					

3.4.2 Afkeurniveau

De belastingsfactor is gebaseerd op tabel A.1.2 (C) van bijlage A van NEN 8700. Vanwege het feit dat de momentane waarde van wind- of sneeuwbelasting gelijk aan 0 is, kunnen de belastingsfactoren voor formule 6.10a buiten beschouwing blijven.

De belastingsfactoren worden voor afkeurniveau en 15 jaar in samengevatte vorm:

Tabel 6 Belastingsfactoren afkeurniveau 15 jaar

Belastingsfactor EG	γ_G =					1,10	-
Belastingsfactor wind	γ_{Qw} =	1,30	x	0,87	=	1,13	-
Belastingsfactor ijzel	γ_{Qi} =	1,15	x	0,71	=	0,82	-
Belastingsfactor klimlast	γ_Q =	1,15					

3.5 Belastingsgevallen

3.5.1 Eigen gewicht geleiders

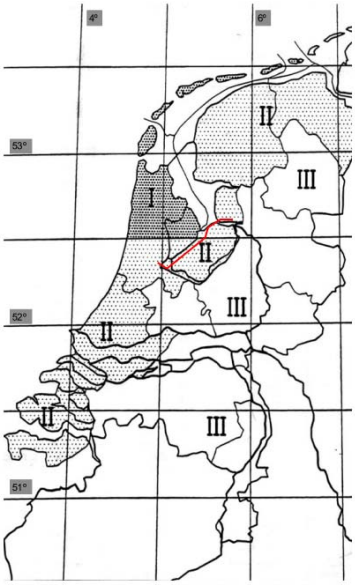
Op basis van de opgegeven gewichten van de geleiders wordt de belasting op de geleider bepaald en de belasting die de geleider op de mastconstructie uitoefent. De longitudinale belasting door het eigen gewicht is temperatuur afhankelijk, zodat per belastingcombinatie hier rekening mee wordt gehouden. De range bevindt zich tussen -20° en 10°.

3.5.2 Eigen gewicht mastconstructie

Het eigen gewicht van de mast wordt op basis van de gemodelleerde staven automatisch door het rekenprogramma bepaald. Via een manueel in te voeren vergrotingsfactor “Dead load adjustment factor” wordt de invloed van schetsplaten, knikverkorters, bordesconstructies, klimvoorzieningen en bouten verdisconteerd.

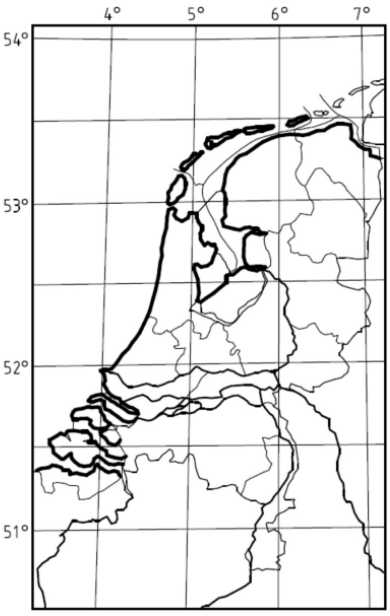
3.5.3 Windbelasting

- Windgebied. In figuur 1 is uit de nationale bijlage EN 50341-2-15 de windgebied-indeling van Nederland overgenomen. De hoogspanningslijn is schematisch aangegeven. Op de plaats van de lijn in de provincies Noord-Holland en Flevoland valt het windgebied onder II.



Figuur 1 Windgebieden Nederland met ligging van hoogspanningslijn overgenomen uit NEN-EN 50341-2-15, figuur 4.3.4/NL.1

- Terreincategorie. In principe wordt uitgegaan van “onbebouwde omgeving (non-urban)”.Ter plaatse van het Ketelmeer is een dik getrokken lijn aanwezig in figuur 2. Deze lijn is aangegeven voor de gebieden waar vanwege de nabijheid tot grote wateroppervlaktes bij de terreincategorie van “kustzone (coast)” moet worden uitgegaan in plaats van “onbebouwde omgeving (non urban). Deze zone geldt tot een afstand van 10 x de bouwwerkhoogte en er is vereist dat de strijklengte over het open water een lengte heeft van minimaal 2 kilometer en dat de wind minimaal binnen de helft van de windrichting binnen een sector (kwadrant) over open water komt.



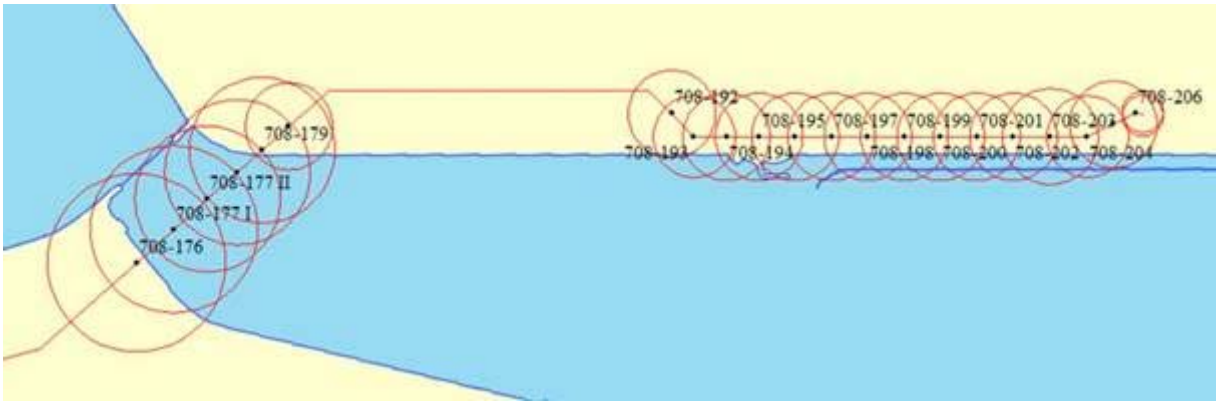
Figuur 2 Terreincategorie “kustgebied” overgenomen uit NEN-EN 50341-2-15, figuur 4.3.4/NL.2

- De basiswaarden van de stuwdruk voor de onbebouwde omgeving en kustzone zijn in Tabel 7 weergegeven.

Tabel 7 Stuwdrukwaardentabel

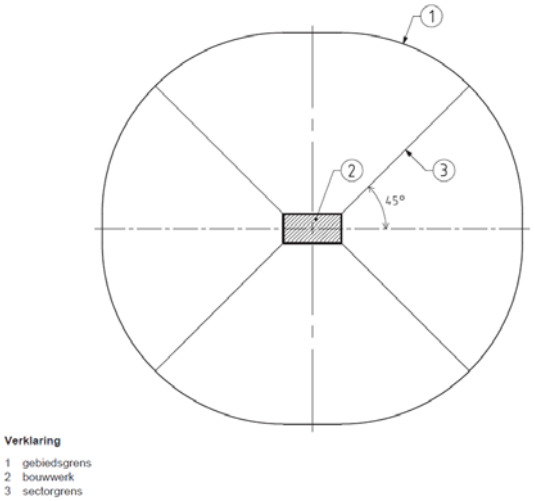
h (m)	Onbebouwd $q_p(z)$	Kustzone $q_p(z)$
10	0,85	1,32
15	0,97	1,43
20	1,07	1,51
25	1,14	1,57
30	1,20	1,63
35	1,25	1,67
40	1,30	1,71
45	1,34	1,75
50	1,38	1,78
55	1,41	1,81
60	1,45	1,83
65	1,47	1,86
70	1,50	1,88
75	1,53	1,90
80	1,55	1,92
85	1,58	1,94
90	1,60	1,96
95	1,62	1,98
100	1,64	1,99

- De ligging van de lijn is zodanig dat vanaf de Ketelmeerkruising tot station Ens onderzocht moet worden of deze verhoogde windbelasting van toepassing is. In figuur 3 is weergegeven welke masten op basis van 10x de bouwwerkhoogte vallen onder “kustzone”.
- De verhoogde stuwdruk geldt enkel voor de windrichting (kwadrant) waarbij de wind over 2 kilometer lengte over open water aanwaait.



Figuur 3 Masten die onder kustzone vallen

- De verhoogde stuwdruk kan afhankelijk van de windrichting op basis van artikel 4.3.2. NL1 van NEN-EN 50341-2-15 gereduceerd worden met de factor c_{dir}. Voor de sector grenzen is Figuur 4 uit de NEN-EN_1991-1-4. Voor de bepaling in welke sector de masten vallen is het sector figuur geprojecteerd op de mast locatie. Tabel 8 geeft de masten weer die in een of meerdere kwadranten aangeblazen worden over open water, waarbij de terreinruwheid als kustzone moet worden beschouwd. De grootte van de reductiefactor c_{dir} is gegeven voor de maatgevende richting.



Figuur 4 Sector grenzen conform NEN-EN_1991-1-4

Tabel 8 Masten in kustzone

Mast	Type	Kustzone	Reductie c_{dir}
176	SC+42	NW,NO	1,00
177-I	SC+36	NW,NO,ZO	1,00
177-II	D+24	NW,NO,ZO,ZW	1,00
178	D+24	NW,ZO,ZW	1,00
179	D+24	ZW,ZO	1,00
180	S+0	ZO	0,85
192	S+0	ZO	0,85
193	HC+0	Z	0,90
194	S+0	Z	0,90
195	S+0	Z	0,90
196	S+0	Z	0,90
197	S+0	Z	0,90
198	S+0	Z	0,90
199	S+0	Z	0,90
200	S+0	Z	0,90
201	S+0	Z	0,90
202	S+0	Z	0,90
203	S+3	Z	0,90
204	HB+0	Z	0,90
205	S+0	Z	0,90

Om praktische redenen, zowel vanuit de berekening als naar de uitvoering (symmetrische versterking) zal per mast voor alle windrichtingen met hetzelfde uitgangspunt voor de terreincategorie en c_{dir} worden gerekend. Tabel 9 vat per masttype samen voor welke terreincategorie de berekening wordt uitgevoerd.

De masten met C_{dir} = 0,85 worden beschouwd als masten in onbebouwde omgeving. Er geldt dat kustzone met c_{dir} = 0,85 vrijwel overeenkomt met onbebouwde omgeving. Bijvoorbeeld bij 30 meter levert kustzone: $0{,}85^2$ x 1,63 kN/m^2 = 1,18 kN/m^2 versus 1,20 kN/m^2 voor onbebouwde omgeving.

Tabel 9 Terreincategorie per masttype

Mast	Windgebied	Terreincategorie	Reductie c_{dir}
S+0	II	Onbebouwd	-
	II	Kustzone	0,90
HB+0	II	Onbebouwd	-
	II	Kustzone	0,90
HC+0	II	Onbebouwd	-
	II	Kustzone	0,90
D+24	II	Kustzone	1,00
SC+36	II	Kustzone	1,00
SC+42	II	Kustzone	1,00

3.5.4 Windbelasting op geleiders

De windbelasting op de geleiders wordt bepaald op basis artikel 4.4.1.1 NEN-EN 50341-1.

De hoogte waarop de stuwdruk wordt bepaald is conform methode 3 van NEN-EN 50341-1 artikel 4.4.1.1.

De waarde G_c staat voor de span factor en brengt in rekening dat de extreme waarde van de windbelasting niet tegelijk over de gehele overspanning aanwezig is. De waarde is te ontlenen aan tabel 4.4.1.2/NL1.

De waarde C_c is de vormfactor en wordt met NEN-EN 50341-1 artikel 4.4.1.3 methode 3 berekend. afhankelijk van het Reynolds-getal varieert deze factor tussen 0,9 en 1,2.

3.5.5 Windbelasting op isolatoren

Windbelasting op de isolatoren wordt bepaald op basis artikel 4.4.2 NEN 50341-1.

De factor G_{ins} bedraagt 1,0. De vormfactor C_{ins} is gelijk aan de aanbevolen waarde 1,2 en worden automatisch meegenomen in de rekensoftware.

3.5.6 Windbelasting op mastconstructie

Windbelasting op de mastconstructie wordt berekend met methode “1” van NEN-EN 50341-1 artikel 4.4.3.2. Het rekenprogramma bepaalt per mastsectie de in rekening te brengen staafoppervlakte en de windvormfactor.

3.5.7 IJzelbelasting op geleiders

Voor de provincie Noord-Holland en Flevoland wordt uitgegaan van ijsgebied B bij de bepaling van ijzelbelasting op de fasedraden. Voor de bliksemdraden en OPGW-geleider wordt de ijzelbelasting bepaald via ijsgebied B.

3.5.8 Belasting door bouw- en onderhoudswerkzaamheden

Er wordt in beginsel gebruik gemaakt van NEN-EN 50341-2-15 tabel 4.9.1/NL1.

De toetsing van bordessen en klimvoorzieningen op detailniveau wordt achterwege gelaten, omdat het om bestaande mastconstructies gaat en bezwijken van deze onderdelen geen gevolgen heeft voor de omgeving.

Bij de controle van overige staven onder de belasting door klimmen wordt uitgegaan van een belasting van 1,0 kN. Toetsing wordt beperkt tot beklimbare staven tot 30°.

3.5.9 Belasting door inspectie en onderhoudswerkzaamheden

Voor werkzaamheden aan de lijn dient rekening te worden gehouden met een voertuig van 3 kN in de overspanning. Er zal een algemene beschouwing worden opgenomen waaruit blijkt dat de relatie trek/overspanning bij 5°C niet leidt tot een trek die hoger uitpakt dan de optredende trek.

Op het einde van de traverse wordt een puntlast van 3 kN berekend.

3.5.10 Belasting door galloping als longitudinale belasting

De belasting door galloping wordt ontleend aan artikel 4.11.4 van NEN-EN 50341-2-15.

Tabel 10 Galloping

	F_{hor}
Steunmast bliksemdraad	1,5EDS
Steunmast fasedraad	1,5W tan(30°)
Hoek- en eindmast	1,5EDS

Deze belasting wordt niet gecombineerd met wind, ijs of belasting door personen.

Toetsing van vermoeiingssterkte van staven met geboute verbindingen wordt uitgevoerd onder de bovenstaande belasting. Voor het aantal wisselingen wordt gebruikgemaakt van de reductiemogelijkheid afhankelijk van de referentieperiode.

3.6 Belastingcombinaties

De beschouwde belastingsgevallen worden in belastingcombinaties gecombineerd voor de toetsing. De toetsing vindt plaats voor verschillende grenstoestanden. De toetsing is gebaseerd op tabellen 4.13a, 4.13b en 4.13c van de NEN-EN 50341-2-15. De toetsing van de bezwijksterkte is gebaseerd op tabel 4.13a van de NEN-EN 50341-2-15 en benaamd als Ultimate Limit State (ULS). Vanwege de toetsing op verbouwniveau ontstaan lagere belasting factoren dan de toetsing op nieuwbouwniveau.

Opmerking: de belastingsfactor voor eigen gewicht bedraagt 0,9 indien het eigen gewicht gunstig werkt (bepaling van trek op de fundatie)

Voor mastconstructies met afspankettingen dient naast de ULS ook de bezwijksterkte voor de Special limit state conform tabel 4.13b van de NEN-EN 50341-2-15 getoetst te worden. Deze toestand ontstaat in de tijdelijke situatie dat geleiders afwezig zijn aan één zijde van de mast, gezien in lijnrichting of afwezig zijn van één circuit aan één zijde van de mast gezien in lijnrichting.

Voor de toetsing van de vervormingen als ook de alledaagse EDS-toestand is de bruikbaarheidsgrenstoestand (SeLS) conform tabel 4.13c van de NEN-EN 50341-2-15 voorgeschreven.

De belastingen ten gevolge van geleider breuk bij steunmasten (“Security loads”, 5a) worden getoetst op 0.8 * EDS voor de fasegeleiders en 1.0 *EDS voor bliksemdraad en OPGW.

3.7 Geleiders

De mechanische eigenschappen van de bestaande geleiders zijn beschreven in de onderstaande tabel en zijn ontleend aan de wir-files geleverd bij het PLS-CADD model. In de berekeningen wordt uitgegaan van deze geleidereigenschappen.

Tabel 11 Geleidereigenschappen bestaande geleiders

Eigenschap	Bestaande Fasegeleider 380kV		Bliksemgeleider	OPGW (bestaand)
	St/Al 48/7 SEP	AMS-460	Hawk 242/39	OPTIFLEX
Oppervlak[mm^2]	460,50	460,41	281,10	294,00
Diameter [mm]	27,94	27.9	21,80	21,70
Gewicht [N/m]	14,96	12.43	9,81	10,46
Elasticiteitsmodulus (buitendraden)[1] [MPa/100]	620,00	544	472,29	707,60
Expansiecoëfficiënt (buitendraden)[1] [/100 deg]	0,0020500	0.0023	0,0023040	0,0019300
UTS [N]	112500	137000	86524	133000
Elasticiteitsmodulus kern[1] [MPa/100]	n.v.t.	n.v.t.	272,860	n.v.t.
Expansiecoëfficiënt kerndraden[1] [/100 deg]	n.v.t.	n.v.t.	0,0011520	n.v.t.
Trekparameter	1400	2100	1500	1500
Trekparameter temperatuur	10°	10°	10°	10°
Aantal draden per bundel	3	3	1	1

Opmerking 1: de bliksemgeleider in Diemen – Lelystad komt tussen mast 20 en 44 in een 3-bundelconfiguratie voor.

Opmerking 2: In de velden waar op dit moment een AMS-460 geleider aanwezig is (nabij stationsportalen Lelystad), zal daar in de berekening van de huidige situatie met de aanwezige P=2100 worden gerekend.

De mechanische eigenschappen van de beoogde nieuwe geleiders (fasen, bliksemdraad en OPGW) zijn nog niet definitief en dienen in een later stadium in dit document te worden opgenomen.

De berekeningen zullen worden gebaseerd voor de bestaande fasegeleiders, OPGW en bliksemdraden en de daaraan gerelateerd bestaande geleidertrek.

[1] Geleider data sheet of PLS-CADD wir files geven of de gecombineerde elasticiteit en uitzettingscoëfficiënt of er is een uitsplitsing gemaakt naar buitenmantel- en kern eigenschappen. Indien alleen de gecombineerde eigenschappen van toepassing zijn is “n.v.t.” van toepassing in de tabel.

3.8 Isolatorkettingen

Onderstaande tabellen geeft de bestaande aanwezige ophang- en afspankettingen weer.

Tabel 12 Ketting- en ophangingtekeningen

Type ketting	Tekeningnummer
AK	1405-239-1
	1405-239-5
	E-1405-239-2/3/4 E-1405-126-10
EK	E-1405-237-1/2
HV	1405-226-3/5
	1405-226-4/5
	E-1405-238-1/3
	E-1405-238-2/3
VK	1405-254
V-steun hoekmast	1405-68-9A 1405-68-3

Tabel 13 Ketting- en ophangtekeningen bliksemdraad

Type ketting	Type bl Wit	Tekening Bliksemdraad Wit
AK	3 bndl Hawk hoh 300	1405-261-2 1405-227-2
		E-1405-249 1405-261
		E-1405-261-2
	Hawk enkele draad	1405-227-2
		1405-251/254
		1405-305-7
		E-1405-227-2
		E-1405-261-2
EK	3 bndl Hawk hoh 300	E-1405-250
	Hawk enkele draad	1405-227-1/4
		E-1405-227-4
HV	3 bndl Hawk hoh 300	E-1405-250
	Hawk enkele draad	1405-227-1/4
		E-1405-227-4
VK	Hawk enkele draad	E-1405-252

Tabel 14 Ketting- op hangtekeningen OPGW

Type ketting	**Type OPGW zwart**	**Tekening OPGW circuit zwart**
AK	NKF Optoflex enkel	23703/04/05/06/07/08-80-502
		23703/04/05/06/07/08-80-503
EK	NKF Optoflex enkel	23703/04/05/06/07/08-80-500
HV	NKF Optoflex enkel	23703/04/05/06/07/08-80-500
VK	NKF Optoflex enkel	23703/04/05/06/07/08-80-500
		23703/04/05/06/07/08-80-502

De toekomstige isolatorkettingen (fasen, bliksemdraad en OPGW) zijn nog niet definitief en dienen in een later stadium in dit document te worden opgenomen. De berekeningen zullen worden gebaseerd op de de bestaande opgang- en afspansets

3.9 Antenneopstellingen

In de hoogspanningslijn DIM-LLS zijn in 40 mastlocaties antenneopstellingen aanwezig. De hoogspanningslijn LLS-ENS bevat op één locatie een antenneopstelling. Met de aanwezigheid moet rekening worden gehouden. Een opstelling in de mast betekent een lokale belasting op de staven en ten aanzien van de gehele constructie een toename van met name de windbelasting.

Het uitgangspunt wordt aangehouden dat de lokale controle van de profielen reeds bij het plaatsen van de installatie is uitgevoerd. Deze controle kan derhalve in het kader van dit opwaarderingsproject achterwege blijven.

In de globale controle van de mast zal bij dit project wel rekening moeten worden gehouden met een aanwezige antenne-installatie.

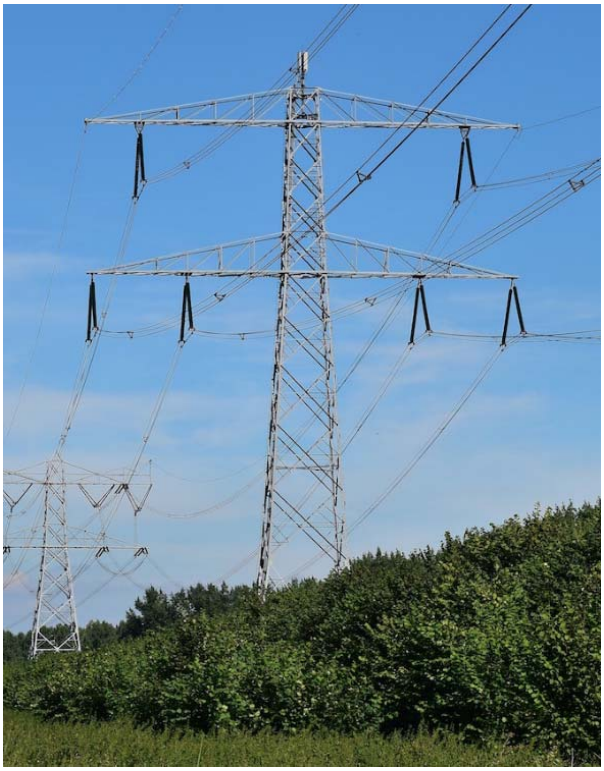
In de hoogspanningslijn LLS – ENS zal bij de betreffende mastpositie (171) de mast worden gecontroleerd inclusief antenneopstelling. Bij de overige masten zal geen rekening worden gehouden met een mogelijke opstelling.

De hoogspanningslijn DIM – LLS heeft een groot aantal van de masten telecomvoorzieningen. In dit project zal bij die betreffende masten rekening worden gehouden met de opstelling. Er zal worden uitgegaan van een opstelpunt waarbij de antenne in het topstuk is geplaatst. Dit is een veilige aanname ten opzichte van installaties die zich lager in de mast bevinden. Indien blijkt dat bij een bepaalde mast een hoger uitgangspunt moet gelden, bijvoorbeeld bij aanwezigheid van meerdere providers, zal een aangepast uitgangspunt gehanteerd worden. Het basisuitgangspunt is in tabel 15 opgenomen.

Tabel 15 Uitgangspunt antenne

GSM 3500X262X3+fitting		
Gewicht	7000	N
Windoppervlak	2.5	m^2
Vorm	Circle	
Dragfactor	1,2	-
Diameter	0,262	m
Lengte	3,5	m

De extra verticale en horizontale belasting als gevolg van de aanwezige kabels in de mast, zal via een verhogingsfactor op het aangeblazen oppervlak van het mastlichaam in rekening worden gebracht. In de berekeningsdocumenten zal dit nader uitgewerkt worden.



Figuur 5: Beeld van antenneopstelpunt waarmee rekening gehouden wordt

4 TOETSING

De toetsing en uitwerking van eventuele versterkingen van de mastconstructies zal in beginsel voor alle masten in de tracés worden uitgevoerd. De eindportalen op de stations Diemen, Lelystad en Ens vallen ook binnen deze toetsing. Er zal een staffeling worden gemaakt afhankelijk van de belasting op een masttype, zodanig dat geen masten “onnodig” worden versterkt, maar ook zodanig dat er geen grote verschillen ontstaan tussen masten in vergelijkbare omstandigheden. In het eerste geval bijvoorbeeld dat de voorzieningen bij de S+0-mast voor kustgebied niet zal worden gekozen bij onbebouwde omgeving. In het tweede geval bijvoorbeeld masten met weinig verschillende veldlengte, die worden gelijkwaardig uitgevoerd. De staffeling zal in een tabel worden weergegeven in de rapportage van de mastbelastingen.

De controle van de masten zal op besteksniveau plaatsvinden. Dat houdt in dat de profielen en boutverbindingen gecontroleerd worden, maar niet op detailniveau ingegaan wordt op schetsplaten, krachtslijnen et cetera. Uitzondering zijn:

- blokdeuvels of “knaggen” van instortprofielen;
- liggers voor ophangpunten van isolatorkettingen.

De funderingsbelasting zal per mastlocatie worden berekend. Met dit uitgangspunt zal voor iedere mast- of portaallocatie de fundering worden getoetst.

4.1 Staalconstructie

In dit hoofdstuk wordt specifiek ingegaan op aspecten die van belang zijn bij de toetsing van de bestaande mastconstructies.

4.1.1 Nettodoorsnede

Voor het toetsen van de nettodoorsnede worden de rekenregels gehanteerd conform artikel 3.10.3 van NEN-EN 1993-1-8, de norm voor verbindingen in staalconstructies.

4.1.2 Stuikkracht

De rekenregels van tabel 3.4 van NEN-EN 1993-1-8 worden gevolgd. Voor de stuikweerstand van een hoeklijn met een enkele bout leidt die tabel tot erg conservatieve waarden. De formule in artikel 7.3.8 van NEN-EN 50341-2-15 wordt in dat geval gevolgd.

4.1.3 Bouten

Uit de archiefgegevens zijn geen boutberekeningen te achterhalen. Het is daardoor niet inzichtelijk hoe de bouten zijn gecontroleerd. In lijn met het beleid van TenneT wordt derhalve uitgegaan van het afschuifvlak door de draaddoorsnede.

Voor de controle in het huidige project worden de rekenregels gebruikt van de Eurocode. Het blijkt dat er voor de toegepaste 5.6-kwaliteit bout weinig verschil optreedt ten opzichte van de ontwerpnorm NEN 1060:1964 en de aanname dat destijds is uitgegaan van steeldoorsnede. Zie tabel 16.

Tabel 16 Boutcapaciteit

	NEN 1060:1964		Eurocode	
Bout	Steel		Draad	
M16 - 5.6	36,0	kN	37,7	kN
M20 - 5.6	56,2	kN	58,8	kN
M24 - 5.6	80,9	kN	84,7	kN

4.1.4 Maatvoering bouten

De maatvoering van de boutverbindingen heeft invloed op de sterkte van de verbinding, de stuikkracht wordt erdoor beïnvloed, bij enkelsnedig aangesloten profielen wordt via de β-factor ook de capaciteit van de netto doorsnede beïnvloed. DNV GL zal in de basis uitgaan van de minimale afstanden die volgens de ontwerptekeningen aanwezig zijn. Daar waar overschrijdingen optreden zullen de werkelijke afstanden worden ingevoerd in het PLS-Tower model als aangegeven op de werkplaatstekening.

4.1.5 Kniklengtebepaling

De rekenregels in de norm voor torens, masten en schoorstenen, de NEN-EN 1993-3-1, zijn in Nederland van toepassing voor het bepalen van de kniklengte. Zie hiervoor het stroomschema in artikel 7.3.9 van NEN-EN 50341-2-15.

Resumerend wordt de procedure van Annex G van NEN-EN 1993-3-1 gevolgd.

4.1.6 Verspringende verbanden

De steunmasten S+0 t/m S+15 kenmerken zich door verspringende verbanden in het middenstuk van het mastlichaam. De keuze is gemaakt om de huidige rekenregels te volgen, waarbij een toeslag van 1,2 op de systeemlengte aanwezig is.

4.1.7 Kruisende diagonalen

De rekenregels van NEN-EN 50341-1 worden gevolgd.

4.1.8 Torsieknik

Relatief dunne profielen zoals ze voorkomen in dit project zijn gevoelig voor zijn is torsieknik. Dit geldt met name voor profielen met kleine slankheid zoals hoekstijlen. Profielen met relatief kleine wanddikte in verhouding tot de breedte zullen aanvullend worden getoetst ten aanzien van torsieknik.

4.2 Fundering

Bij alle mastconstructies in de lijn zijn paalfunderingen toegepast. Voor de hoekmasten zijn dat meerdere palen met een poerconstructie per hoekpunt, bij een groot aantal van de steunmasten zijn de hoekstijlen in een enkele paal ingestort. De masten van de Ketelmeerkruising zijn geplaatst op dikwandige cirkelvormige betonconstructies voorzien van vier draagarmen.

Het paaltype is de zogenaamde “kokerpaal”, ook bekend als Larsenpaal (LP). De palen in dit project zijn voorzien geweest van een punt met een hoek van 45°.

De draagkracht van de fundaties werd in het verleden bepaald met een andere methode dan in de huidige voorschriften. De toenmalige slipmethode, ook wel “Begemann-methode” genaamd, was gebaseerd op de wrijvingsweerstand van een mechanische kleefmantelconus. In de vorige fase in het opwaarderingsproject is door Movares voor iedere mastpositie waar een sondering beschikbaar van was het draagvermogen bepaald op basis van de “Begemann-methode”.

De hedendaagse norm voor Geotechniek, de NEN-EN 1997-1 hanteert de q_c-methode voor de berekening van de palen op trek (en druk). Deze methode is gebaseerd op de conusweerstand van de elektrische sondering. De meting van de conusweerstand is betrouwbaarder gebleken dan de wrijvingsweerstand, zodat mede daardoor deze methode in de huidige normen is opgenomen. DNV GL zal via de NEN 8700 met Eurocode toetsen. De in 2014 uitgevoerde grondonderzoeken waarbij de sonderingen met elektrische conus zijn uitgevoerd, zullen als uitgangspunt dienen.

About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.

APPENDIX A

Van toepassing zijnde standaarden TenneT

TYPE	Dis.	Naam	Versie	Datum
PVE	0	PVE.00.001 Naamgeving assets standaard programma van eisen.pdf	1.1	30-11-2015
PVE	0	PVE.00.001 Bijlage Naamgeving assets.xlsx	1	11-10-2017
PVE	0	PVE.00.002 Planologische traceringsuitgangspunten en locatie-eisen (Excel Format).zip	2	25-4-2017
PVE	0	PVE.00.002 Planologische traceringsuitgangspunten en locatie-eisen.pdf	2	25-4-2017
PVE	0	PVE.00.003 Publieke en Private rechten (Excel Format).zip	2	25-4-2017
PVE	0	PVE.00.003 Publieke en Private rechten.pdf	1	25-4-2017
PVE	0	PVE.00.060 Meetbestek inmeten kabels en leidingen TenneT TSO	2.1	20-9-2016
TYP	0	TYP.00.002 Template Basisontwerp.docx	3.1	14-9-2016
TYP	0	TYP.00.002 Bijlagen Template basisontwerp.zip	-	14-9-2016
TYP	0	TYP.00.003 ENG Guidelines for Technical Drawing using.pdf	1.7	18-5-2016
TYP	0	TYP.00.003 Bijlage A TenneT-Acad2010.ctb	-	20-7-2015
TYP	0	TYP.00.003 BIJLAGE C TENNET-TOOL PALETTES.zip	-	11-4-2016
TYP	0	TYP.00.003 Appendix B ENG ACAD-TenneT2014.zip	-	18-5-2016
TYP	0	TYP.00.003 Richtlijnen voor technisch tekenen - AutoCAD.pdf	1.7	11-4-2016
TYP	0	TYP.00.004 TEMPLATE Typical Projectcommunicatie achtergronden en voorbeelden.docx	1	2-3-2016
SPE	0	SPE.00.901 Standaard specificatie kunststof borden.pdf	1	12-7-2011
SPE	0	SPE.00.901 Bijlage bronbestanden.zip	-	12-7-2011
SPE	0	SPE.00.901 Bijlage.zip	-	12-7-2011
SPE	0	SPE.00.903 Conservering Grote Buiscontructies.pdf	1.5	1-5-2016
SPE	0	SPE.00.904 Conservering staaldelen stations in maritieme omgeving en kustgebied.pdf	1.2	21-5-2015
SPE	0	SPE.00.905 Conservering Mastverzwaring.pdf	1.3	29-8-2016
SPE	0	SPE.00.906 Herstel Conservering Grote Buisconstructies.pdf	1.2	21-5-2015
SPE	0	SPE.00.907 Conservering Nieuwbouw Vakwerkmasten.pdf	1.3	21-5-2015
SPE	0	SPE.00.908 Conservering Onderhoud Vakwerkmasten en Stations.pdf	1	21-5-2015
SPE	0	SPE.00.910 Factory acceptance test planning.pdf	1	1-1-2016
SPE	1	SPE.01.100 Specificatie Staalwerk primaire ondersteuningen portalen en bliksempieken.pdf	1.1	1-6-2017
SPE	1	SPE.01.424 Algemene specificatie aluminium buizen ronde staven als geleider	1	24-3-2011
SPE	1	SPE.01.439 Werkinstructie aluminium laswerk thermisch verzinken	1	28-3-2011
SPE	1	SPE.01.450 Algemene specificatie klemmen bevestigingsmateriaal … openlucht station	1	25-3-2011
SPE	1	SPE.01.451 Model projectspecificatie klemmen … raildraagarmatuur geleider openlucht station	1	25-3-2011
SPE	1	SPE.01.459 Algemene specificatie aardnet 380kV stations	1	25-3-2011
SPE	1	SPE.01.460 Model projectspecificatie aardnet 380kV stations	1	29-3-2011
PVE	3	PVE.03.000 Telecom.pdf	2	21-4-2017
PVE	3	PVE.03.000 Telecom (Excel Format).zip	2	21-4-2017
SPE	3	SPE.03.326 Algemene Specificatie Glasvezelkabel Koppelpunten.pdf	2	15-7-2014
SPE	3	SPE.03.328 Algemene Specificatie montage koppelpunten … HS lijnen.pdf	2	23-5-2014
SPE	3	SPE.03.559 Algemene Specificatie Aanleg en Montage van Glasvezelverbindingen.pdf	2	13-7-2016
SPE	3	SPE.03.563 Algemene Specificatie Aanleg en … Glasvezelverbindingen.docx.pdf	1	15-11-2017
SPE	3	SPE.03.564 Algemene Specificatie metaalvrije Multi Mode Glasvezelkabels.pdf	2.1	15-11-2017
SPE	3	SPE.03.585 Algemene Specificatie metaalvrije G652D glasvezelkabel.pdf	3.1	15-11-2017
SPE	3	SPE.03.590 Alg Specificatie uitvoeren metingen singlemodefiber.pdf	2.1	10-10-2016
SPE	3	SPE.03.601 Algemene Specificatie voor categorie 6 netwerkbekabeling	1	6-2-2015

TYPE	Dis.	Naam	Versie	Datum
PVE	4	PVE.04.000 Bouwkunde.pdf	2	21-4-2017
PVE	4	PVE.04.000 Bouwkunde (Excel Format).zip	2	1-5-2017
PVE	4	PVE.04.001 Bouwkunde Projectspecifiek.docx	1.1	1-6-2014
SPE	4	SPE.04.001 Specificatie Betonrenovatie.pdf	1	1-7-2012
SPE	4	SPE.04.002 Specificatie Hekwerken en Poorten.pdf	1.1	1-12-2013
SPE	4	SPE.04.004 Specificatie Constructieberekeningen.pdf	1.3	1-6-2017
SPE	4	SPE.04.006 Eisen Bouwbesluit 2012.pdf	2	1-9-2015
SPE	4	SPE.04.007 Vaste Trappen-(Kooi)ladders Hoogspanningslocaties.pdf	2	1-9-2015
SPE	4	SPE.04.008 HERGEBRUIK BESTAANDE BETONCONSTRUCTIES.pdf	1	1-7-2015
SPE	4	SPE.04.009 Specificatie (Paal)Funderingen.pdf	1	1-6-2017
BOU	4	BOU.04.004.00.000 Standard Module Site Details and Facilities	1.1	1-10-2011
BOU	4	BOU.04.004.00.000 Standard Module Site Details and Facilities bronbestanden	1.1	1-10-2011
PVE	5	PVE.05.000 Lijnen.pdf	2.0	16-6-2014
PVE	5	PVE.05.001 Project specifiek lijnen.docx	3.3	18-1-2018
SPE	5	SPE.05.301 Generic Specification for Spacer for OHL.pdf	2	9-8-2016
SPE	5	SPE.05.302 Model Project Specification spacersdampers for OHL.docx	2	7-11-2016
SPE	5	SPE.05.303 Algemene specificatie trillingsdempers HS lijnen.pdf	1	30-4-2012
SPE	5	SPE.05.304 Modelspecificatie trillingdempers HS lijnen.docx	1	3-10-2014
SPE	5	SPE.05.312 Algemene specificatie transport … staalconstructies HS stations en HS lijnen.pdf	1	22-3-2011
SPE	5	SPE.05.315 Generic specification for OPGW.pdf	2.4	30-7-2013
SPE	5	SPE.05.315 Addendum OPGW test bundel version 10.pdf	1	30-7-2013
SPE	5	SPE.05.316 Model project specification OPGW for framework contract.pdf	2.2	30-7-2013
SPE	5	SPE.05.316 Projectspecification OPGW for framework contract.docx	2.2	30-7-2013
SPE	5	SPE.05.323 Handleiding montage HDPE buis.docx	1	23-3-2011
SPE	5	SPE.05.324 Algemene specificatie installatie geleiders.pdf	2.3	26-11-2012
SPE	5	SPE.05.325 Model projectspecificatie installatie geleiders etc.docx	2.3	17-8-2014
SPE	5	SPE.05.330 Algemene specificatie keramische langstaafisolatoren V-isolator.pdf	1	22-3-2011
SPE	5	SPE.05.331 Model projectspecificatie keramische langstaafisolatoren V-isolator.docx	1	22-3-2011
SPE	5	SPE.05.332 Generic specification for clamps and fitings in OHL.pdf	2	27-1-2016
SPE	5	SPE.05.333 Model project specification clamps.docx	2	1-3-2016
SPE	5	SPE.05.334 Specification for Conductors.pdf	2.1	1-11-2013
SPE	5	SPE.05.344 Algemene specificatie ontwerp axiaal belaste paalfunderingen	1	10-2-2011
SPE	5	SPE.05.344 Bijlage 00526-02-01.pdf	0	9-6-213
SPE	5	SPE.05.344 Bijlage 00526-02-02.pdf	0	19-6-213
SPE	5	SPE.05.345 Model projectspecificatie ontwerp axiaal belaste paalfunderingen	1	24-7-2017
SPE	5	SPE.05.346 Algemene specificatie stalen HS masten.pdf	1.2	27-11-2012
SPE	5	SPE.05.350 Specification for Glasinsulators.pdf	2	12-3-2015
SPE	5	SPE.05.352 Generic specification for special OHL conductors.pdf	1	22-3-2011
SPE	5	SPE.05.353 Model project specificication special OHL conductors.docx	1	22-3-2011
SPE	5	SPE.05.354 Generic specification CFCC conductors.pdf	1.2	16-5-2017
SPE	5	SPE.05.355 Generic specification GZTACSR conductors.pdf	1.2	18-5-2017
SPE	5	SPE.05.356 Technical Specification Composite Long-rod Insulators for OHL.pdf	2	24-7-2015
SPE	5	SPE.05.357 Model Project Specification for Composite insulators.docx	2	24-7-2015
SPE	5	SPE.05.358 Technical Specification Composite Post Insulators for OHL.pdf	2	11-11-2015

TYPE	Dis.	Naam	Versie	Datum
SPE	5	SPE.05.359 Model project specificication for CFCC and GTACSR conductors.docx	1.1	18-5-2017
SPE	5	SPE.05.360 Standaard specificatie kunststof borden mast.pdf	3.4	1-8-2016
SPE	5	SPE.05.360 bijlage met pdf en dwg tekeningen mastborden en stickers.zip	-	6-4-2016
SPE	5	SPE.05.360 bijlage met pdf en dwg tekeningen vlaggestokhouders.zip	-	6-4-2016
SPE	5	SPE.05.361 Model Projectspecificatie kunststof mastborden.docx	1.1	8-2-2013
PVE	7	PVE.07.000 EMC en aarding (Excel Format).zip	2.1	4-7-2017
PVE	7	PVE.07.000 EMC en aarding.pdf	2.1	4-7-2017
PVE	7	PVE.07.001 EMC en aarding Projectspecifiek.docx	1.3	18-1-2018

Bijlagenoverzicht

nummer	Titel
1	Aanvulling toelichting en wijziging
2	Oplegnotitie constructieve berekening
3	Uitgangspuntenrapport LLS-ENS
4	Rapportage Funderingen LLS-ENS
5	Berekening mastconstructie LLS-ENS

DNV·GL

NADERE DETAILLERING MASTCONSTRUCTIES DIEMEN – LELYSTAD - ENS

Rapportage funderingen Lelystad-Ens

TenneT

Rapport nr.: 18-0440
Datum: 2018-10-04



Projectnaam:	Nadere detaillering mastconstructies Diemen – Lelystad - Ens	DNV GL - Energy Energy Advisory
Rapport titel:	Rapportage funderingen Lelystad-Ens	Postbus 9035
Klant:	TenneT	6800 ET ARNHEM
Contactpersoon:	Corné Scheffers	
Datum:	2018-10-04	
Project nr.:	10060953	Tel: +31 26 356 9111
Organisatie unit:	TDT	KvK 09006404
Rapport nr.:	18-0440	

Geschreven door:	Beoordeeld door:	Goedgekeurd door:
		
Tom Börger	Teun Ploeg	Frederik Groeman
Consultant	Consultant	Projectmanager

Copyright © DNV GL 2016 All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distributie:

☐ Onbeperkte distributie (intern en extern)

☒ Onbeperkte distributie binnen de DNV GL Groep

☐ Onbeperkte distributie binnen DNV GL Netherlands

☐ Geen distributie (vertrouwelijk)

Trefwoorden:

Versie	Datum	Reden voor uitgave	Auteur	Beoordeeld	Goedgekeurd
0	2018-03-16	Eerste uitgave, conceptversie.	A.J. Börger	T.J. Ploeg	J.F. Groeman
1	2018-03-30	Eerste revisie.	A.J. Börger	T.J. Ploeg	J.F. Groeman
2	2018-07-20	Tweede revisie, opmerkingen TenneT verwerkt, horizontale belastngen.	A.J. Börger	T.J. Ploeg	J.F. Groeman
3	2018-08-31	Derde uitgave, RFA-commentaar TenneT verwerkt.	A.J. Börger	T.J. Ploeg	J.F. Groeman
4	2018-10-04	Vierde revisie, RFA-commentaar TenneT verwerkt.	A.J. Börger	T.J. Ploeg	J.F. Groeman

DNV GL Netherlands B.V.

Inhoud

1 INLEIDING 1

2 UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN 2
2.1 Normen 2
2.2 TenneT-specificaties 2
2.3 Gebruikte gegevens 2
2.4 Software 2
2.5 Materialen 2
2.6 Beschrijving grondopbouw 3
2.7 Uitgangspunten geotechniek 4
2.8 Vergelijking met Begemann-methode 7
2.9 Duurzaamheid 7

3 BESTAANDE PALEN 8
3.1 Kokerpalen LP2s en LP2n 8
3.2 MV-paal mast 176 8
3.3 Stalen buispalen Ketelmeerfundaties 9
3.4 Stalen buispalen station Lelystad 9
3.5 Betonpalen station Ens 9

4 AANPAK TOETSING FUNDERINGEN 10
4.1 Verticaal draagvermogen 10
4.2 Horizontale belastingen 11

5 RESULTATEN TOETSING AFKEURNIVEAU 12
5.1 Portaal Lelystad 12
5.2 Mast 156 14
5.3 Eenpaalsfunderingen LP2s 15
5.4 Eenpaalsfunderingen LP2n 16
5.5 Eenpaalspoeren 17
5.6 Eenpaalsfunderingen horizontaal belast 18
5.7 Tweepaalspoeren 19
5.8 Driepaalspoeren 20
5.9 Vierpaalspoeren 21
5.10 Mast 176 23
5.11 Mast 179 24
5.12 Ketelmeer type “Z” 25
5.13 Ketelmeer type “M” en “N” 26
5.14 Portaal Ens 27

6 VERSTERKINGSVOORSTELLEN 28
6.1 Inleiding 28
6.2 Paaltype 28
6.3 Betonconstructie 28
6.4 Uitvoerbaarheid 30
6.5 Aanpak 31

7 RESULTATEN VERSTERKTE FUNDERING 32

7.1 Toetsing palen aan verbouwniveau 32
7.2 Toetsing spanningen in palen 33
7.3 Portaal Lelystad 34
7.4 Eenpaalsfunderingen type 1P+2P type 1 36
7.5 Eenpaalsfunderingen type 1P+2P type 2 39
7.6 Mast 171 40
7.7 Mast 176 41
7.8 Ketelmeerfundaties 43
7.9 Mast 179 44
7.10 Masten met eenpaalspoer 47
7.11 Masten met vierpaalspoer 48

8 CONCLUSIE 50
8.1 Toetsing bestaande fundering aan afkeurniveau 50
8.2 Versterkingen 50

Appendix A Gebruikte gegevens
Appendix B Gegevens funderingen
Appendix C Eigenschappen bestaande palen
Appendix D Overzichtstabel draagkrachtberekening
Appendix E Uitvoer Technosoft paalfunderingen
Appendix F Controle betonconstructies
Appendix G Berekening nieuwe poeren
Appendix H Toetsing portaal Lelystad
Appendix I Toetsing portaal Ens
Appendix J Toetsing horizontale belastingen

1 INLEIDING

Om in de toekomst meer elektriciteit te kunnen transporteren is het noodzakelijk om naast de nieuwbouw van verbindingen bestaande hoogspanningsverbindingen aan te passen zodat er een grotere transportcapaciteit mogelijk wordt gemaakt. Om die reden is TenneT voornemens de bestaande 380 kV-ring op te waarderen. Binnen het betreffende programma vallen de deelprojecten "Opwaardering 380 kV-verbinding Lelystad - Ens" en "Opwaardering 380 kV-verbinding Diemen – Lelystad".

Dit document beschrijft voor de hoogspanningslijn Lelystad - Ens de toetsingsberekeningen die zijn uitgevoerd om vast te stellen in hoeverre de funderingen van de mastconstructies in de hoogspanningslijn voldoen aan de eisen voor constructieve veiligheid, waarbij het afkeurniveau van NEN 8700 als uitgangspunt geldt. Indien niet voldaan wordt, worden maatregelen bepaald op basis van het verbouwniveau.

Voor de beoordeling is de huidige situatie ten aanzien van geleiders en isolatoren het uitgangspunt.

De uitgangspunten zijn gebaseerd op de vigerende normen voor geotechnische constructies en hoogspanningslijnen. Aan de basis daarvan staat de NEN 8700:2011, "Grondslagen voor de constructieve beoordeling van bestaande bouw en het constructief ontwerp ten behoeve van verbouw". De uitgangspunten en randvoorwaarden staan in hoofdstuk 2; dit hoofdstuk behandelt de relevante geotechnische uitgangspunten. In hoofdstuk 3 zijn de specifieke uitgangspunten voor de palen weergegeven.

De aanpak van de toetsing aan afkeurniveau wordt in hoofdstuk 4 gegeven. Voor zowel druk- als trekbelasting en horizontale belastingen zijn de bestaande funderingen getoetst. De vertaling van archiefgegevens naar invoer in de berekening van de paalfunderingen komt hier aan bod.

De resultaten van de toetsingen zijn in hoofdstuk 5 gepresenteerd. Per funderingstype blijkt of de fundering voldoet of niet voldoet. Er zijn naast de geotechnische draagkrachten ook toetsingen uitgevoerd op de sterkte van de (gewapend) betonnen constructies van poeren.

In hoofdstuk 6 is de aanpak van het ontwerpen van de versterkingen opgenomen. Het aansluitende hoofdstuk 7 bevat de resultaten van de berekeningen die zijn uitgevoerd aan nieuwe paalfunderingen enerzijds en anderzijds de principe-uitwerking van betonpoeren en ankervoorzieningen.

De conclusies van de toetsingen en de samenvatting van de aanbevolen versterkingen zijn in hoofdstuk 8 samengevat.

2 UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

2.1 Normen

De volgende normen zijn gehanteerd bij het opstellen van dit rapport:

- NEN 8700:2011, "Grondslagen voor de constructieve beoordeling van bestaande bouw en het constructief ontwerp ten behoeve van verbouw";
- NEN 8701:2011, "Belastingen voor bestaande bouw";
- NEN-EN 1997-1-C1+A1:2016/NB:2016 nl, "Geotechnisch – Algemeen";
- prNEN 8707:2017, "Geotechnisch ontwerp - Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk";

2.2 TenneT-specificaties

Voor de van toepassing zijnde TenneT-specificaties wordt verwezen naar Appendix A van het uitgangspuntenrapport behorend bij dit project; "17-1506 DNV GL Uitgangspuntenrapport DLE rev 4.0".

2.3 Gebruikte gegevens

Zie de tabel in Appendix A.

2.4 Software

Onderwerp	Software	Versie
Geotechnische berekeningen	Technosoft paalfunderingen	V6.13b
Constructieve analyse	SAPS2000	19.00
Constructieve analyse	AxisVM	X4 r2d
Algemene berekeningen	Excel	2016

2.5 Materialen

Voor de controle van de bestaande mastconstructies gebouwd in 1971/1972 geldt tabel 1.

Tabel 1 Materialen bestaande constructie

	Aanduiding '71	Huidig uitgangspunt
Staalsoort	St.37	S235JR
Boutkwaliteit	5.6, gerolde draad	5.6, gerolde draad
Betonkwaliteit	K225 K300 (Ketelmeer)	C16/20[1] C20/25
Wapeningsstaal	QR24,-40 en -48 St III b	B220, B400, B500

De constructie van het portaal van station Lelystad is in 2000 gebouwd. Hiervoor gelden de uitgangspunten van tabel 2. Er is in het portaal zowel S235 als S355 toegepast als staalsoort.

Tabel 2 Materialen portaal LLS

Betonkwaliteit	B25
Wapeningsstaal	FeB500

Voor de controle van de fundering in de nieuwe situatie geldt voor aan te brengen versterkingen als minimale kwaliteit:

[1] Op basis van het uitgevoerde restlevensduuronderzoek, zie rapport Movares "002.800.40 0536731 Restlevensduur DIM-LLS-EN", is de huidige betonsterkteklasse aanzienlijk hoger dan op basis ontwerpgegevens. Gemeten cilinderdruksterktes variëren tussen 49,5 en 61,4 N/mm^2. Op basis daarvan is een hoger uitgangspunt voor de betonsterkteklasse van tenminste C30/37 zeker verantwoord. Indien dit positief effect heeft op de berekening, is hier gebruik van gemaakt.

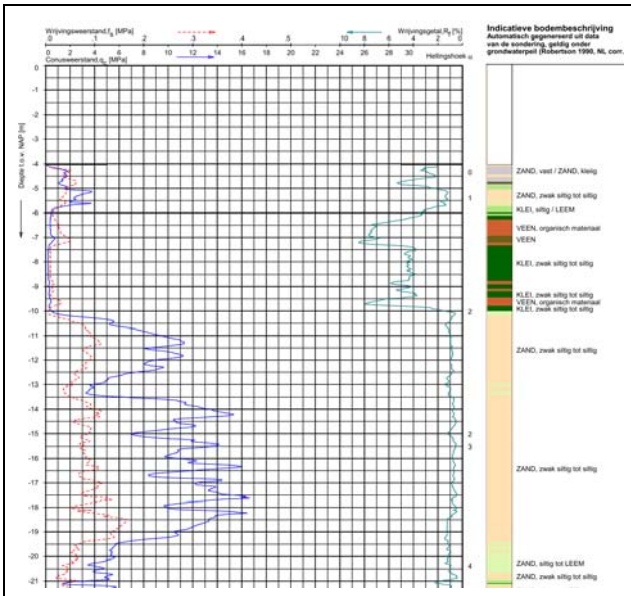
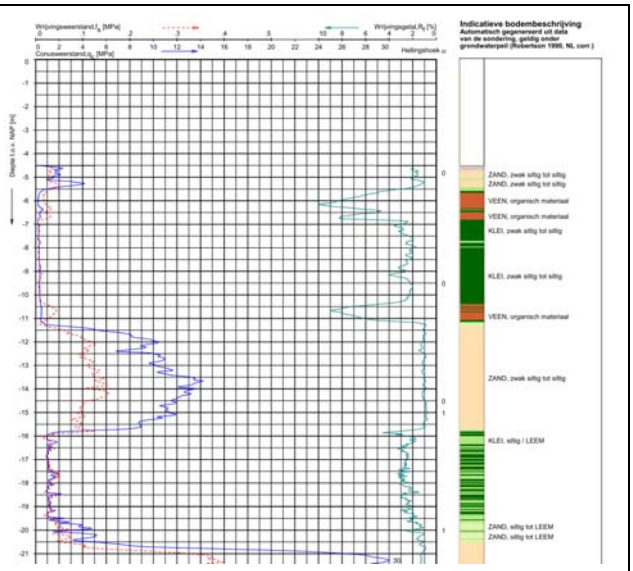
Tabel 3 Materialen aangepaste constructie

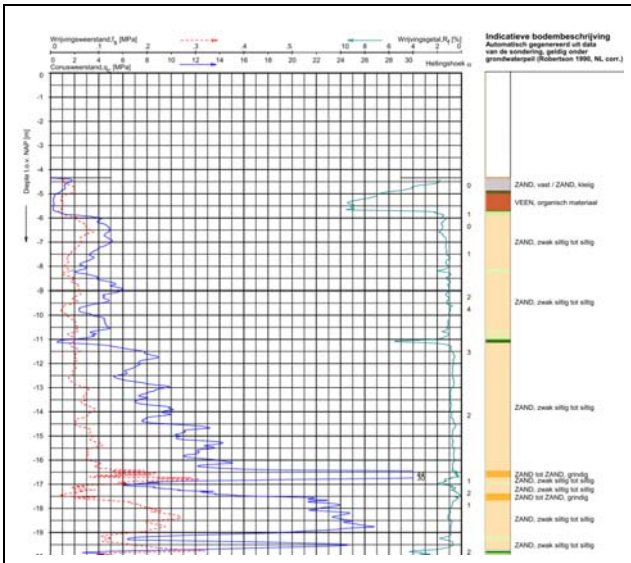
Staalsoort	S355J0 (t≤16 mm) S355J2 (16<t≤40 mm)
Betonkwaliteit	C30/37
Wapeningsstaal	B500

2.6 Beschrijving grondopbouw

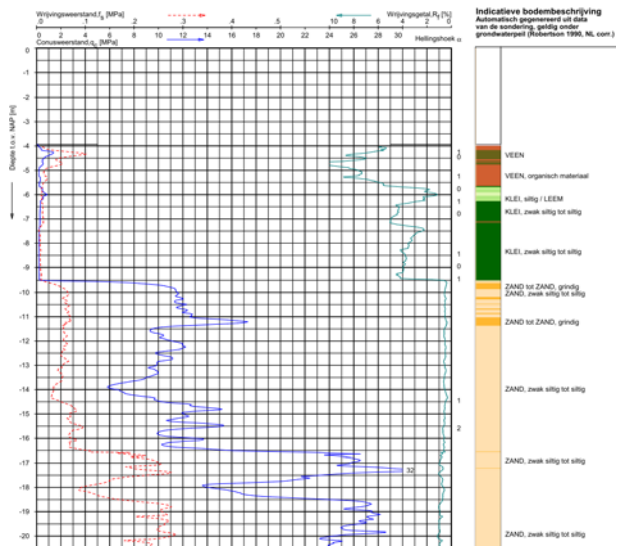
In onderstaande voorbeelden is de bodemopbouw opgenomen die uit de sonderingen van een aantal locaties in de lijn blijkt. Met uitzondering van de Ketelmeerkruising, zijn de paallengtes van minimaal 10 tot maximaal 15 meter zodanig dat de paalpunt in de eerste draagkrachtige zandlaag staat.

Uit de sonderingen wordt duidelijk dat de pakking van het zandpakket sterk varieert.

	
Mast 168. Over de bovenste 2 meter is een toplaag van zand en klei aanwezig. Tot een diepte van circa 6 meter onder maaiveld bevindt zich een slappe laag van veen en klei. Tot aanzienlijke diepte bevindt zich een zandlaag met wisselende vastheid.	Mast 176: Over de bovenste meter is een toplaag van zand en klei aanwezig. Tot een diepte van circa 7 meter onder maaiveld bevindt zich een slappe laag van met name klei. Tot een diepte van 12 bevindt zich een matig dicht gepakte zandlaag. Na een aantal meters kleilagen begint een zeer vast gepakt zandpakket.



Mast 186. De draagkrachtige zandlaag bevindt zich hier vergeleken met de locaties in Flevoland op een hoger niveau. De pakking is tot behoorlijke diepte tamelijk los.



Mast 196. Hier is een vergelijkbaar beeld als de mast 168 aanwezig, evenwel zonder zandige toplaag.

2.7 Uitgangspunten geotechniek

2.7.1 Paalklassefactoren

Met de 2016-versie van de Nationale Bijlage van de norm voor Geotechniek, de NEN-EN 1997-1, zijn per 1 januari 2017 de paalklassefactoren volgens tabel 7.c verlaagd. Deze verlaagde factoren gelden echter niet voor bestaande paalfunderingen, zodat de gereduceerde waarden niet zijn toegepast bij de toetsing van de funderingen in de bestaande situatie. Bij de controle van nieuw aan te brengen palen wordt de reductie wel in rekening gebracht.

2.7.2 Aanname maaiveldzetting

De precieze ligging van het paalpuntniveau is niet exact bekend aangezien palen zijn opgegeven ten opzichte van het oorspronkelijk aanwezige maaiveldniveau. Er is sinds de bouwperiode een maaiveldzetting opgetreden. In de Noordoostpolder en Oostelijk-Flevoland is de maaiveldzetting echter relatief beperkt gebleven aangezien deze polders ouder zijn dan Zuid-Flevoland. Dit wordt bevestigd door de hoogte van de bovenzijde van de funderingspaal ten opzichte van maaiveld. Er wordt uitgegaan van 0,2 meter zetting.

2.7.3 Aanname kleef cohesieve lagen

In de berekeningen wordt de weerstand van de cohesieve lagen boven de draagkrachtige zandlaag meegenomen. Volgens opmerking (b) van 7.6.3.3 (8) van NEN-EN 1997-1 is de schachtwrijving tot 50% gereduceerd.

2.7.4 Ksi-factoren

De factoren ksi3 en ksi 4 worden toegepast bij de bepaling van de karakteristieke weerstand van een paal. De waarden zijn afhankelijk van de aard van de constructie en het aantal beschikbare sonderingen. De ksi-factoren zijn ontleend aan NEN-EN 1997-1:2016, bijlage A, tabel 10. Per mastlocatie zijn maximaal vier sonderingen beschikbaar.

Tabel 4 Ksi-factoren stijf bouwwerk

Aantal sonderingen	1	2	3	4
ksi3	1,26	1,20	1,18	1,17
ksi4	1,26	0,96	0,94	0,93

De drie- en vierpaalspoeren en de ketelmeerfundaties worden beschouwd als "stijf" bouwwerk. Overige fundaties vallen onder "niet-stijf".

Tabel 5 Ksi-factoren niet-stijf bouwwerk

Aantal sonderingen	1	2	3	4
ksi3	1,39	1,32	1,30	1,28
ksi4	1,39	1,32	1,30	1,03

Indien bij sterk wisselende resultaten uit de verschillende sonderingen per mastlocatie niet voldaan wordt aan de eis van de variatiecoëfficiënt (NEN-EN 1997-1, opmerking in bijlage A), dan wordt de ksi-factor gekozen op basis van één sondering.

2.7.5 Groepseffect

Bij hoekmasten zijn meer palen per poer toegepast. Daardoor kan het draagvermogen beïnvloed worden ten opzichte van een enkele alleenstaande paal.

De invloed van het groepseffect wordt in rekening gebracht door de factoren f1 en f2 volgens 7.6.3.3 (8), opmerking (c). Daarnaast moet het "kluitgewicht" bij paalgroepen worden gereduceerd.

f1 is een factor voor de verdichting die optreedt. Dit (gunstige) effect is niet meegenomen in de berekeningen aangezien hiervoor vooraf en achteraf controlesonderingen benodigd zijn.

f2 is de factor voor de vermindering van de korrelspanning die optreedt als gevolg van de belasting.

Relevant is de invoer van de invloedsoppervlakte. De palen zijn in schoor geheid, de helling is bij benadering 1:5. De paalpunten bevinden zich daardoor afhankelijk van poertype en paallengte op een afstand van 2 à 4 meter van elkaar. NEN-EN 1997-1 verwijst naar CUR2001-4 waarin ontwerpregels zijn opgenomen voor palen die in een groep staan. Deze regels worden gevolgd.

2.7.6 Materiaalfactor $\gamma_{m,var,qc}$

Een belangrijke parameter die de berekende draagkracht reduceert is de partiele factor $\gamma_{m,var,qc}$. volgens NEN-EN 1997-1 artikel 7.6.3.3 (8) opmerking (d). Voor een paal die een wisselende belasting ondergaat tussen trek- en druk treedt een vermindering op van de schuifweerstand. Afhankelijk van de verhouding tussen uiterste trek- en drukkracht is de $\gamma_{m,var,qc}$ tussen de 1,0 en 1,5.

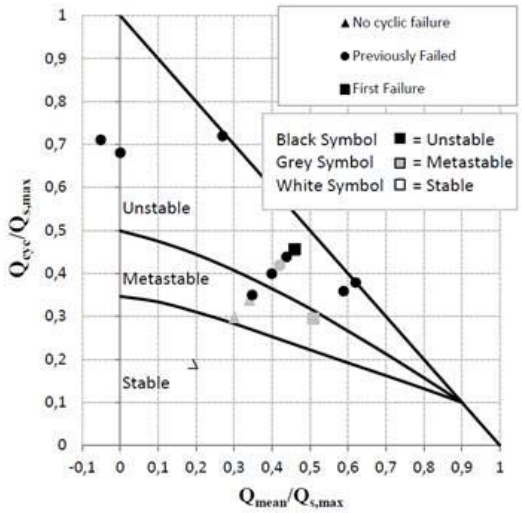
$$\gamma_{m;var;q_c} = 1 + 0{,}25 \cdot \frac{F_{t;max;rep} - F_{t;min;rep}}{F_{t;max;rep}} \text{ en } \gamma_{m;var;q_c} \leq 1{,}5$$

Voor de funderingen van de steunmasten waarbij zowel op trek- als drukbelasting optreedt levert het gebruik van de formule een factor 1,5 op. Dit resultaat wordt als te ongunstig gezien: in de formule is niet verwerkt wat de grootte van de belasting in relatie tot de capaciteit is. Het voorbeeld dat is uitgewerkt in NEN-EN 1997-1 is het voorbeeld van een droogdok dat wisselend na het droogpompen van het dok volledig tot zijn grenstrekcapaciteit op trek belast wordt, als het vervolgens weer volstaat met water is er een drukbelasting aanwezig.

Bij hoogspanningsmasten zal de belasting tussen trek- en druk op een andere wijze plaatsvinden. In de praktijk van door wind belaste hoogspanningmasten komen dergelijke extreme wisselingen niet voor. Het effect van de wisselende belasting is afhankelijk van de amplitude de wisseling in relatie tot de

statische capaciteit. In de literatuur (Research and Development Activities on Pile Foundations in Europe) wordt een aantal gradaties van belastingswisseling met verschillende effecten vastgesteld / gedefinieerd.

Uit dit onderzoek is een relatiediagram ontwikkeld dat een kwalitatief inzicht geeft welke invloed de parameters van de wisselende belasting (Q_{mean} en Q_{cyc}) hebben op de reductie van de paalcapaciteit ten opzichte van de maximale karakteristieke statische capaciteit $Q_{s,max}$, zie Figuur 1.



Figuur 1 Effect wisselende belasting op trekdraagvermogen

Bij steunmasten met zowel op trek als druk belaste palen treedt de grootste trekbelasting op bij maximale wind. Tijdens het passeren van een storm zal de trekbelasting oplopen en binnen een bepaalde bandbreedte variëren. Doordat de windrichting niet wezenlijk verandert binnen de tijd van de grootste windveld, zal de belasting op de palen niet omslaan van trek naar druk. Daarbij zal de maximale werkelijke wisselende belasting op de paal door de toepassing van belastings- en materiaalfactoren zeker niet groter zijn dan 50% van de statische ontwerpsterkte. De belastingswisselingen binnen een storm ter grootte van circa 25% van de maximale belastingen komen niet in het zogenoemde "unstable-gebied" van Figuur 1 en zullen daardoor niet of nauwelijks tot reductie van de trekpaalcapaciteit leiden.

De reductie die vanuit de norm beoogd is met de factor $\gamma_{m,var,qc}$ voor wisselende belastingen is om genoemde redenen te conservatief. Er wordt uitgegaan van 1,25, dat overeenkomt met een variatie tussen de aanwezigheid van de volledige trekkracht en een verwaarloosbare drukkracht. Nadere beschouwing van de toe te passen waarde van $\gamma_{m,var,qz}$ vindt op dit moment plaats in het NEN 8700-project uitgevoerd door TNO en DNVGL in opdracht van TenneT . Dit leidt mogelijk tot een waarde lager dan 1,25.

Bij de hoekmasten treedt de hoogste belasting op in de SpLS-grenstoestand (eenzijdige afwezigheid geleiders). Op basis van de meest op trek belaste stijl is de variatie bepaald en de bijbehorende factor $\gamma_{m,var,qz}$ berekend. Zie Tabel 6.

Tabel 6 Factor $\gamma_{m,var,qc}$ bij hoekmasten

Hoekmasten		Min. trek $F_{t;min;rep}$ [kN]	Max. trek $F_{t;max;rep}$ [kN]	$\gamma_{m,var,qz}$
HA+0 180°	SpLS	490	1210	1,15
HA+0 160°	SpLS	672	1210	1,11
HB+0 140°	SpLS	845	1373	1,10
HC+0 120°	SpLS	999	1400	1,07

De factor $\gamma_{m,var,qc}$ is op basis van tabel 6 voor de hoekmasten vastgesteld op 1,1. De geringe afwijking van 1,15 bij mast HA+0 wordt geaccepteerd aangezien dit masttype slechts eenmaal voorkomt en betrekkelijk ruim voldoet. Bij eindmasten en portalen waar in principe een permanent aanwezige trek- of drukbelasting met kleine variatie aanwezig is, is op basis van de resultaten van de hoekmasten met SpLS, met de waarde 1,1 gerekend.

2.8 Vergelijking met Begemann-methode

De palen zijn tijdens de bouw berekend met de "Begemann-methode". Als totale veiligheid gold een factor afhankelijk van benadering van 2,3 tot 2,7. Aannemer SAG heeft indertijd 2,7 aangehouden, waarbij de schachtwrijving over de middelste helft vanwege de wisselende belasting tot 30% werd gereduceerd.

Deze "houdfactor" van 2,7 zou vergeleken kunnen worden met de NEN-EN 1997-1, waarbij aan de belastingkant en de materiaalkant partiële factoren staan.

Partiële factor afkeurniveau bij trekbelasting: γ_F: 1,2

Partiële factor trekpalen, γ_R: 1,35

Factor wisselende belasting: $\gamma_{m,var}$: 1,25

Ksi-factor voor invloed aantal sonderingen en aantal palen: 1,3

Totaal levert dit 1,2 x 1,35 x 1,25 x 1,3 = 2,6

Op deze wijze vergeleken is de huidige benadering zeker niet strenger dan de bij het ontwerp gehanteerde methode. Er zijn tijdens de bouw van de lijn enkele palen beproefd. Hiervan is verslag gedaan in document "trekproef paal - mast 100-129.pdf". In het document van Movares "IN-GK-170001466 Memo DIM-LLS-ENS Draagvermogen v4" is een beschouwing op deze proeven gedaan. Het blijkt dat de resultaten van de proeven bezwijkdraagvermogens leveren voor respectievelijk mast 100, 129 en 168, van 400 à 500 kN, >> 700 kN en geschat 800 kN. Bij twee van de drie waarden is ligt de uit proeven afgeleide waarde van het draagvermogen lager dan dat berekend wordt via de Begemann-methode. Opgemerkt moet worden dat bij twee van drie palen naar aanleiding van de uitvoering een lagere draagkracht werd vermoed, zodat de vraag is of deze representatief zijn. Ondanks dat gegeven leidt het tot de interpretatie, en dat is in lijn met het rapport van Movares, dat de indertijd *berekende* draagkrachten aan de hoge kant liggen. Het verticale draagvermogen op druk is niet onderzocht destijds.

2.9 Duurzaamheid

Alle berekeningen zijn opgesteld met het uitgangspunt dat geen achteruitgang in materiaalkwaliteit is opgetreden. Verwezen wordt naar de resultaten van het restlevensduuronderzoek beschreven in document van Movares "002.800.40 0536731 Restlevensduur DIM-LLS-ENS.pdf". Voor het bepalen van de ontwerplevensduur voor de nieuwe te bouwen betonconstructies in het project is uitgegaan van het rapport "002.800.40 0536731 Restlevensduur DIM-LLS-EN" van Movares d.d. 31 mei 2017. De aanbeveling uit dit rapport is een ontwerplevensduur van 50 jaar. Bij het berekenen van stalen funderingspalen wordt rekening gehouden met een gereduceerde doorsnede vanwege corrosie. De reductie is bepaald met NEN-EN 1993-5 tabel 4.1 en 4.2. Op basis van het uitgangspunt "ongeroerde schone bodem" mag worden uitgegaan van 0,6 mm per 50 jaar. Voor de bestaande palen die zich over 50 jaar bij benadering 100 jaar in de grond bevinden wordt uitgegaan van 1,2 mm. Uitgaande van minimaal 9 mm dikte moet de toetsing op de spanning beneden de 9 / (9-1,2) = 0,85 blijven. Zie verder paragraaf 7.2.

3 BESTAANDE PALEN

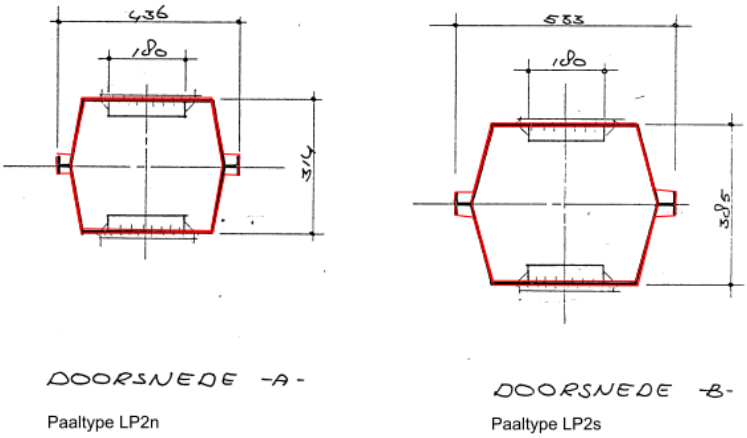
In deze paragraaf worden de specifieke mechanische en geotechnische uitgangspunten behorend bij de aanwezige palen beschreven.

3.1 Kokerpalen LP2s en LP2n

De paaltypes die voorkomen in de bestaande constructie zijn stalen kokerpalen, samengesteld uit damwandprofielen van het type "Larssen". Naast de kokerpalen, zijn nog enkele andere paaltypes toegepast, in de constructies van de kruisingsmasten en de stationsportalen.

De kokerpalen zijn toegepast met punt, hetgeen een gunstig effect heeft op de grondverdringing. De palen zijn aan de bovenzijde gevuld met beton, voor het overig deel met zand.

Er zijn twee afmetingen van dit type toegepast in Lelystad-Ens. Dit zijn het type is LP2s en de lichtere variant LP2n. Zie de Figuur 2. De rode lijn is de meetlijn van de omtrek die in de berekeningen wordt meegenomen voor de bepaling van de schachtwrijving. Dit uitgangspunt is overeenkomstig met archiefgegevens.



Figuur 2 LP2-kokerpalen

In Tabel 1 zijn de geotechnische eigenschappen op basis van NEN-EN 1997-1 samengevat waarmee de berekeningen worden uitgevoerd.

Tabel 7 Geotechnische eigenschappen kokerpalen

	LP2s	LP2n
Paaltype	Geheide stalen buispaal met punt	
Diameter	0.522	0.439
Factor α_s	0.010	0.010
Factor α_t	0.007	0.007
Factor α_p	1.0	1.0
Factor β	1.0	1.0

De mechanische eigenschappen van de profielen zijn mede gebaseerd op archiefgegevens. In Appendix C zijn de eigenschappen van de profielen samengevat.

3.2 MV-paal mast 176

De betonbalk onder mast 176 is gefundeerd op een MV-paal. Het gaat om een H-profiel, type 350L. De afmetingen van het staalprofiel zijn circa 400x350 mm. Hieromheen is een groutlaag aanwezig voor verhoogde wrijving met de grond. In tabel 8 zijn de eigenschappen gegeven.

Tabel 8 Eigenschapppen MV-paal

	MV-paal
Paaltype	Geheid open staalprofiel met groutomhulling
Omtrek	1.9 m
Factor α_s	0.014
Factor α_t	0.012
Factor α_p	1.0
Factor β	1.0

3.3 Stalen buispalen Ketelmeerfundaties

De palen onder de ketelmeerfundaties zijn stalen buispalen met punt van het type KP26. De diameter bedraagt 0,68 m. In tabel 9 zijn de geotechnische factoren gegeven.

Tabel 9 Eigenschappen palen Ketelmeerfundaties

	KP 26
Paaltype	Geheide stalen buispaal met punt
Diameter	0.68
Factor α_s	0.010
Factor α_t	0.007
Factor α_p	1.0
Factor β	1.0

3.4 Stalen buispalen station Lelystad

Er zijn twee diameters stalen buispalen toegepast onder de vakwerkkolommen van het portaal van station Lelystad. In tabel 10 zijn de geotechnische factoren gegeven.

Tabel 10 Eigenschappen stalen buispalen LLS

	B609/10	B762/10
Paaltype	Geheide stalen buispaal met punt	
Diameter	0.609	0.762
Factor α_s	0.010	0.010
Factor α_t	0.007	0.007
Factor α_p	1.0	1.0
Factor β	1.0	1.0

3.5 Betonpalen station Ens

Er zijn ronde gewapend betonnen palen aanwezig onder de fundaties van het G-portaal van station Ens. In tabel 11 zijn de geotechnische factoren gegeven.

Tabel 11 Eigenschappen betonpalen ENS

	Rond 42
Paaltype	Geheide ronde betonpaal
Diameter	0.42
Factor α_s	0.010
Factor α_t	0.007
Factor α_p	1.0
Factor β	1.0

4 AANPAK TOETSING FUNDERINGEN

In dit hoofdstuk is een toelichting op de methode gegeven waarmee de bestaande paalfunderingen zijn getoetst. De toetsing van de palen heeft ten eerste plaatsgevonden op basis van het verticale draagvermogen. Dat wil zeggen de maximale trek- of drukbelasting die opneembaar is. Ten tweede is beoordeeld of de palen (of paalgroepen) in staat zijn om de horizontale belastingen af te dragen.

4.1 Verticaal draagvermogen

4.1.1 Belastingen

De belastingen op afkeurniveau zijn ontleend aan de rapportage 1.3 "mastbelastingen" d.d. 13-07-20118, met de appendix J, waarin de oplegreacties in het lokale assenstelsel van de randstijl zijn opgenomen.

Naast de belastingen die door de mast worden uitgeoefend speelt het gewicht van de eventuele funderingspoer een rol in de belasting. Het gewicht van de poer is bepaald op basis van de afmeting vanuit de archiefgegevens. De rekenwaarde van het gewicht is verschillend bij de controle voor de trek- of de drukbelasting. Bij de controle van trekbelasting wordt de belastingsfactor voor gunstig werkende belasting toegepast (0,9), waarbij het gewicht wordt verminderd van het deel dat onder de grondwaterstand ligt. Bij de controle van de drukbelasting wordt het gewicht vermeerderd met de belastingsfactor voor ongunstig werkende belasting (1,2) en is er geen gunstige werking door het grondwater.

Het gewicht van de paal wordt door het programma automatisch bepaald, waarbij de invloed van het grondwater wordt meegenomen.

4.1.2 Invoer TS paalfunderingen

De sonderingen zijn in digitaal formaat ingelezen in het programma Technosoft Paalfunderingen. Aan de hand van de sonderingen is een grondprofiel geconstrueerd. De gebieden waarin negatieve en positieve schachtwrijving optreedt worden ingesteld per sondering. Positieve wrijving wordt bij controle van drukbelasting enkel ontleend aan de draagkrachtige zandlaag.

De kokerpalen zijn in het programma verschillend ingevoerd voor de berekening op druk en de berekening op trek. Ingeval van trekbelasting is de omtrek van de kokerpaal vertaald naar een fictieve ronde paal. Bij de toetsing op druk, waarbij de punt van belang is, is een fictieve rechthoekige paal met een afmeting gelijk aan de paalpunt van de Larssenpaal ingevoerd.

Verschillende secties van de hoogspanningslijn met maximaal circa 10 masten zijn per berekeningsuitvoer opgenomen, zie Appendix E. De indeling is gebaseerd op het spanveldenschema. Er is een uitvoer voor druk en een uitvoer voor trek gegenereerd. Per mast zijn er doorgaans vier sonderingen beschikbaar. De grafieken zijn in de uitvoer voor de controleerbaarheid opgenomen. In enkele gevallen zijn sonderingen ongebruikt gelaten, bijvoorbeeld als onvoldoende diepte werd bereikt, of als een sondering zodanig afweek van de overige drie dat de uitkomst er negatief door wordt beïnvloedt. Minimaal zijn er altijd twee sonderingen. Aan het eind van Appendix E is een overzichtstabel met resultaten per sondering en de gecombineerde waarde uit de resultaten per sondering opgenomen.

De resultaten uit de berekeningen van het programma zijn vervolgens ten behoeve van de toetsing in een tabel met belastingen ingevoerd. Zie hiervoor Appendix D. De samenvatting hiervan in de vorm van unity-checks is opgenomen in de rapporttekst.

4.1.3 Verificatie

De uitvoer van Technosoft paalfunderingen zijn vergeleken met een spreadsheetprogramma. In samenwerking met Semplonius Adviesbureau zijn uitgangspunten en resultaten beoordeeld.

4.2 Horizontale belastingen

Als onderdeel van de controle van de funderingen dient de afdracht van horizontale belastingen te worden getoetst. Horizontale belastingen treden op als er de richting van de belasting uit de randstijl van de mast afwijkt van de richting van de paal, of er torsiebelasting op de mast optreedt bij geleiderbreuk of afwezigheid van geleiders tijdens de bouwfase. Gedurende de tijd heeft er maaiveldzakking plaatsgevonden dat de horizontale krachtsafdracht negatief beïnvloedt.

De afdracht van horizontale belasting vindt plaats door horizontale druk van de paal naar de grond. Bij een meerpaalspoer beïnvloedt een horizontale belasting ook de verdeling van de verticale krachten over de palen. Daardoor is er interactie met de berekening van het verticale draagvermogen; onder invloed van de horizontale belasting kan de grootte van de trek- of drukbelasting op de paal wijzigen.

De berekeningen zijn uitgevoerd met een 3D-staafelementenmodel waaraan lijnvormige ondersteuningen zijn toegekend ("beddingen"). De grootte van de beddingsconstanten is gebaseerd op CUR 228 "horizontaal belaste palen". De steunende werking van de grond is over de bovenste twee meter van de paal gelimiteerd tot een percentage van de maximale passieve gronddruk om excessieve vervormingen te vermijden.

De berekeningen zijn niet voor iedere mastlocatie maar per fundatietype uitgevoerd aangezien de invloed van wisselende grondgesteldheid zoals bij het verticale draagvermogen, bij de horizontale afdracht veel minder groot is.

Als toetsingscriteria gelden grenswaarden voor de verticale en horizontale verplaatsingen, het draagvermogen van de palen en de optredende buigspanningen in de palen. Voor een uitgebreide beschrijving van de aanpak zie Appendix J.

De resultaten van de toetsing op horizontale belastingen zijn bij het betreffende fundatietype beschreven. De overzichtstabel met paalbelastingen op basis van de verticale belasting is ongewijzigd gelaten ook indien blijkt dat vanwege de horizontale belasting de paalbelasting wijzigt. Als de paalfundering vanwege horizontale belasting niet voldoet kan dat ook zijn vanwege overschrijding van de verplaatsingseisen, wat niet tot uiting komt in de paalbelastingtabel.

5 RESULTATEN TOETSING AFKEURNIVEAU

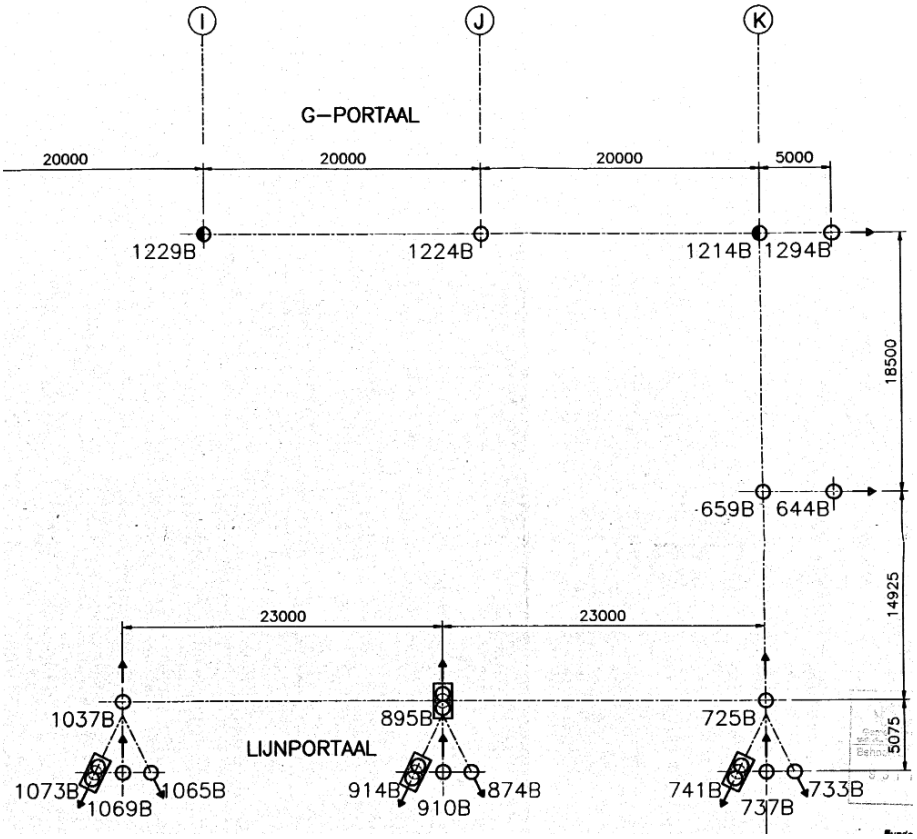
In dit hoofdstuk worden de resultaten van de toetsingsberekeningen gepresenteerd. De gehele tabel met toetsingsresultaat op trek- en drukbelasting is terug te vinden in Appendix D. In dit hoofdstuk is de samenvatting per funderingstype opgenomen. Het resultaat wordt gevormd door de getalswaarde van de "unity-check". Indien deze kleiner of gelijk aan 1,00 is, voldoet de constructie ten aanzien van het afkeurniveau.

De berekeningen zijn gerangschikt naar oplopend mastnummer en naar funderingstype.

5.1 Portaal Lelystad

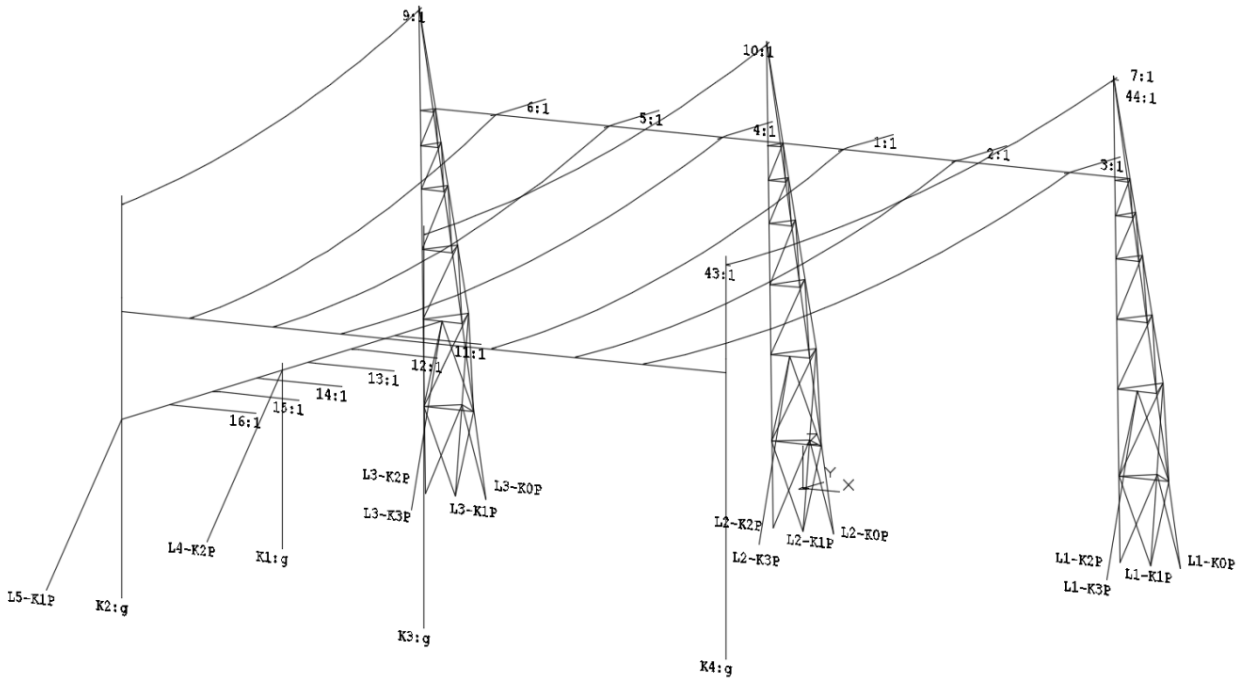
De fundering van het stationsportaal Lelystad voor de lijn naar Ens, een zogenaamd "concordeportaal", bestaat uit stalen buispalen. Vanuit de archiefgegevens (zie Appendix A voor gebruikte gegevens) zijn de ontwerpwaarden bekend van het inklemmingsmoment en de trek- en drukbelastingen.

Uit het palenplan blijkt dat per kolom van het portaal een enkele paal of twee palen zijn toegepast. Bij de dubbele palen is een betonnen poer van 2,5x3,5x1,0 meter aanwezig, maar worden via een stalen plaat de krachten verdeeld worden over de beide palen. De palen zijn in het algemeen schoor geheid, overeenkomstig de helling van de kolom.



Figuur 3 Palenplan stationsportaal Lelystad

De palenplannen van de beide portalen in de hoogspanningslijnen naar Diemen en Ens zijn gelijk. Dit rapport beperkt zich tot de controle van de fundering van het portaal van de lijn naar Ens. We merken op dat de fundering is ontworpen voor het portaal voor de lijn naar Diemen, dat is maatgevend vanwege de lijnhoek. In dit rapport wordt enkel een controle uitgevoerd op de palen onder de drie samengestelde vakwerkkolommen van het hoofdportaal. Zie Appendix H voor de berekeningen.



Figuur 4 Constructieoverzicht met knoopaanduiding

In Tabel 12 is de samenvatting van de resultaten weergegeven van de toetsing. De tabel geldt voor de belastingen voor een SEP-geleider met P10 van 1400 m. De knoopnummering van het programma PLS-POLE wordt als uitgangspunt genomen voor de tabel. De "tweelingpaal" onder de schuine op trek belaste kolom op de middenas, blijkt niet te voldoen. De tweelingpaal heeft een grote overschrijding, ondanks dat de belasting van 1392 kN vanwege de toetsing aan afkeurniveau significant onder de ontwerpbelasting van 2222 kN ligt.

De palen zijn ontworpen met de CUR 89-9 "Ontwerpregels Trekpalen", de voorloper van CUR2001-4. Een van de oorzaken van de overschrijding die nu gevonden wordt is gelegen in een destijds onjuist berekende omtrek van de paal 609/10, de omtrek in de berekening is die van 762/10. Verder is bij de tweepaalsfundering geen rekening gehouden met de onderlinge beïnvloeding of groepseffect.

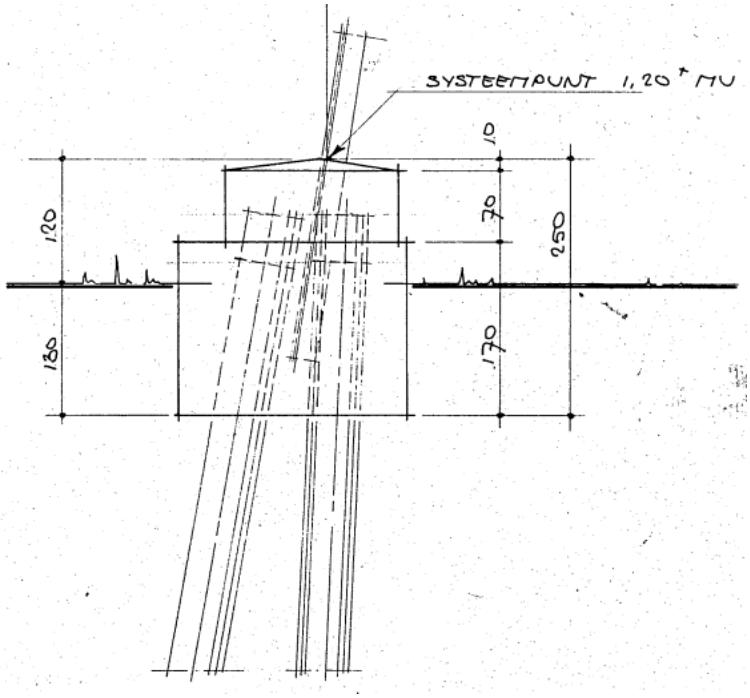
Tabel 12 Resultaten portaal Lelystad

Trekbelasting [kN]	Knoopnummer palenplan	Paal	Sondering	PP-niveau	Aantal palen	$F_{Ed,trek}$ [kN]	$F_{Rd,trek}$ [kN]	**U.C.**	Ontwerp belasting
98	1073B	B609/10	32	-24.0	2	49	554	0.09	1712
68	1069B	B762/10	32	-23.0	1	68	589	0.12	154
262	1065B	B762/10	32	-23.0	1	262	589	0.44	325
798	1037B	B609/10	32	-24.5	1	798	811	0.98	1118
83	914B	B609/10	33	-24.0	2	41	645	0.06	1606
108	910B	B762/10	33	-23.0	1	108	695	0.16	245
151	874B	B762/10	33	-23.0	1	151	695	0.22	273
1392	895B	B609/10	33	-24.0	2	696	645	1.08	2223
27	741B	B609/10	34	-24.0	2	13	574	0.00	1785
77	737B	B762/10	34	-23.0	1	77	620	0.12	0
332	733B	B762/10	34	-23.0	1	332	620	0.54	709
725	725B	B609/10	34	-24.5	1	725	787	0.92	1042

Uit de geconstateerde overschrijding volgt dat op één positie de fundering versterkt dient te worden.

5.2 Mast 156

De fundering van mast 156 bestaat uit een driepaalspoer van een ten opzichte van overige poeren in de hoogspanningslijn afwijkend type, aangezien door Visser en Smit gebouwd in plaats van SAG. De poer bestaat uit twee cilindrische delen van verschillende diameter waarin palen en hoekstijl zijn ingestort. Op basis van de kalenderstaten zijn drie palen per poer aanwezig. Er zijn van de betonconstructie geen archiefgegevens beschikbaar. De berekeningen zijn gebaseerd op de poerconstructie van mast 1 en 154. De poer van mast 154 heeft op basis van foto's dezelfde afmetingen als de poer van mast 156, echter gefundeerd op vier palen. Mast 1 is gelijk aan 154, maar gefundeerd op drie palen. Deze uitgangspunten dienen geverifieerd te worden. Van de palen van mast 156 zijn uit de kalenderstaten gegevens beschikbaar, daaruit is het uitgangspunt voor de lengte, het type en het aantal afgeleid.



Figuur 5 Fundering mast 156 (overgenomen van 154)

De berekening is uitgevoerd op basis van de aanwezigheid van de SEP-geleider aan zowel de mast 157-zijde als de zijde naar het stationsportaal Lelystad. Bovendien is rekening gehouden met de ombouw naar wisselmast. Uit de toetsing van de verticale belasting blijkt dat de palen voldoende marge hebben ten opzichte van de capaciteit.

Tabel 13 Resultaat mast 156

Mast	Masttype	Paaltype	Aantal palen per randstijl	U.C. trek	U.C. druk
156	HC+0	LP2s	3	0.73	0.69

De horizontale krachtsafdracht is getoetst. Zie Appendix J. Uit de berekeningen blijkt dat de palen in combinatie met horizontale belasting tot aan hun capaciteit worden uitgenut. Er is echter voldoende herverdeling mogelijk tussen de palen in de paal om dit te accepteren, de berekende verplaatsingen voldoen.

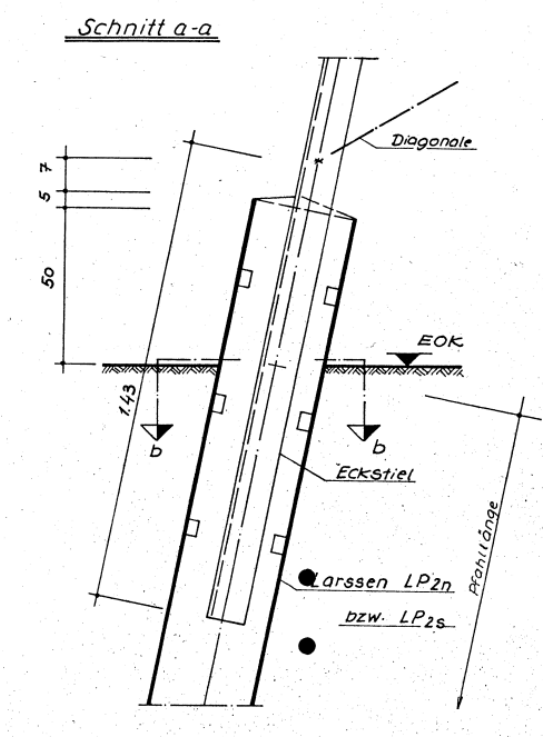
De controle van de wapening in de betonconstructie wijst uit dat deze voldoet. Zie Appendix F.

Conclusie is dat de fundering van mast 156 voldoet, er worden geen versterkingen aanbevolen.

5.3 Eenpaalsfunderingen LP2s

Een groot aantal van de steunmasten is gefundeerd op een enkele paal van het type LP2s per randstijl. Het betreft met name de masten in Oostelijk-Flevoland.

Van alle mastlocaties zijn de archiefgegevens voorhanden, zowel de berekende draagvermogens en gekozen lengtes, als de lengtes die uit de kalenderstaten volgen.



Figuur 6 Principe van LP2-kokerpaal

Uit de berekeningen blijkt dat op één uitzondering na alle 14 funderingen van dit type niet voldoen ten aanzien van de trekbelasting. Zie tabel 14. Voor toetsing op horizontale belasting zie 5.6.

Tabel 14 Resultaten eenpaalsfunderingen LP2s

Mast	Masttype	Paaltype	Aantal palen per randstijl	U.C. trek	U.C. druk
157	S+0	LP2s	1	1,41	0,64
158	S+0	LP2s	1	1,38	0,78
159	S+0	LP2s	1	0,91	0,89
160	S+0	LP2s	1	1,37	0,73
161	S+0	LP2s	1	1,10	0,60
165	S+0	LP2s	1	1,37	0,85
166	S+0	LP2s	1	2,05	0,86
167	S+0	LP2s	1	1,22	1,42
168	S+0	LP2s	1	1,10	1,31
169	S+0	LP2s	1	1,64	0,61
170	S+0	LP2s	1	1,36	0,55
174	S+0	LP2s	1	1,40	0,66
195	S+0	LP2s	1	1,46	0,55
197	S+0	LP2s	1	1,26	0,81

De overschrijding is aanzienlijk en bedraagt gemiddeld circa 40%. Versterking van alle mastfunderingen uit de tabel wordt aanbevolen. Bij mast 159 wordt door DNV GL ook versterking aanbevolen aangezien de reserve gering is en om een vergelijkbaar veiligheidsniveau te bereiken als naastgelegen masten met versterking.

De grote overschrijding wordt verklaard door:

- een hogere karakteristieke waarde van de belasting, zelfs onder afkeurniveau. funderingen zijn ontworpen op een belasting (zonder factoren) van 266 kN. Inclusief een factor van 1,5 zou de paal 400 kN moeten kunnen opnemen. De doorsnee trekbelasting bedraagt circa 560 kN hetgeen bijna 40% meer is. In terreincategorie "kustzone" is de belasting nog hoger.
- de palen hebben berekend met de "q_c-methode" en nieuwe sonderingen op basis van de Eurocode een lagere draagkracht dan met de methode "Begemann" met oude sondering.
- de palen hadden ook met de bij het ontwerp gevolgde "Begemann"-methode weinig reserve, hetgeen blijkt uit huidige interpretatie van destijds uitgevoerde proefbelastingen.

De capaciteit op druk is in twee gevallen niet voldoende. De oorzaak hiervan is dat de paalpunt zich bevindt aan de onderzijde van de draagkrachtige zandlaag. Er is bij het ontwerp geen controle uitgevoerd op druk, zodat de palen in die gevallen waar zich een teruggang in de conusweerstand bevindt, onvoldoende puntweerstand hebben. De sterk wisselende pakking van de zandlaag speelt hierbij ook een rol. Zelfs binnen vier sonderingen van één mastlocatie worden zeer verschillende resultaten gevonden. Bij het ontwerpen van versterking moet hier rekening mee worden gehouden.

5.4 Eenpaalsfunderingen LP2n

De funderingen met het paaltype LP2n komen voor in de Noordoostpolder. De omtrek is ongeveer 15% kleiner dan type LP2s.

Alle 18 steunmasten met paaltype LP2n voldoen niet ten aanzien van trek. De overschrijdingen zijn aanzienlijk, de gemiddelde overschrijding ligt op meer dan 80%. De grote overschrijdingen zijn vooral te wijten aan de hogere belasting door "kustzone" (mast 180, 194-205), maar ook in het gebied buiten deze terreincategorie (mast 181-191) komen hoge overschrijdingen voor.

Tabel 15 Resultaten eenpaalsfunderingen LP2n

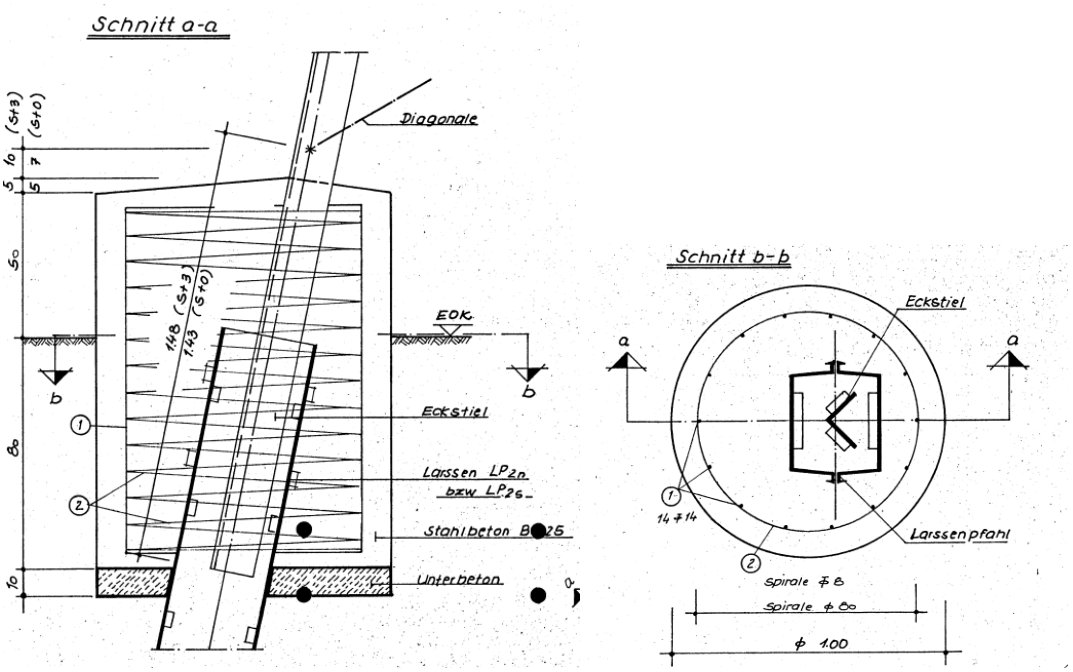
Mast	Masttype	Paaltype	Aantal palen per randstijl	U.C. trek	U.C. druk
180	S+0	LP2n	1	1,97	0,96
181	S+0	LP2n	1	1,73	1,56
183	S+0	LP2n	1	1,12	0,93
184	S+0	LP2n	1	1,35	1,13
185	S+0	LP2n	1	1,71	2,19
186	S+0	LP2n	1	1,67	0,91
187	S+0	LP2n	1	1,84	1,18
189	S+0	LP2n	1	1,45	1,07
190	S+0	LP2n	1	1,89	3,09
192	S+0	LP2n	1	1,54	1,75
194	S+0	LP2n	1	1,20	0,66
196	S+0	LP2n	1	1,75	0,70
198	S+0	LP2n	1	3,19	1,40
199	S+0	LP2n	1	1,62	0,91
200	S+0	LP2n	1	1,78	0,89
201	S+0	LP2n	1	1,75	1,12
203	S+3	LP2n	1	2,07	0,97
205	S+0	LP2n	1	2,19	0,86

Op druk voldoen daarnaast 9 van de 18 funderingspalen niet. Er komen zeer grote overschrijdingen voor, bijvoorbeeld bij mast 185 en 190.

Versterking van de mastlocaties met eenpaalsfunderingen van het type LP2n wordt aanbevolen.

5.5 Eenpaalspoeren

Het funderingsprincipe van de eenpaalspoer komt driemaal voor. Het betreft een verzwaring van de paal, de reden hiervoor wordt niet geheel duidelijk uit de archiefgegevens, al is duidelijk dat de bovenkant van de paal tot maaiveld is weg geheid in plaats van 0,5 meter boven maaiveld. Het funderingstype is hier apart beschouwd omdat een eventueel versterkingsvoorstel zal afwijken van de overige eenpaalsfunderingen.



Figuur 7 Principe eenpaalspoer

Ondanks het gunstig werkende effect van het gewicht van de poer, voldoet geen van de eenpaalsfunderingen. Ook ten aanzien van de capaciteit op druk is de U.C. boven de 1,00. Zie tabel 16.

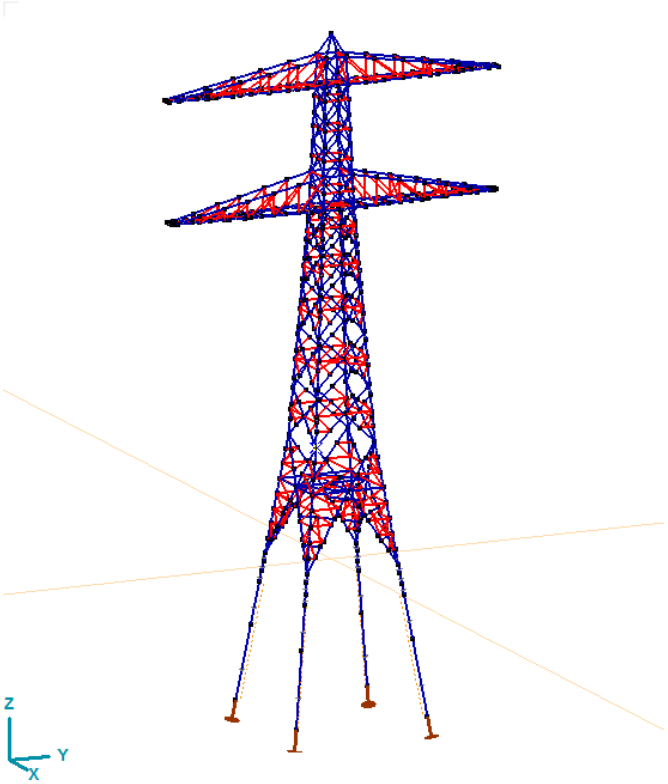
Tabel 16 Resultaten eenpaalspoeren

Mast	Masttype	Paaltype	Aantal palen per randstijl	U.C. trek	U.C. druk
162	S+3	LP2s	1	1,06	0,43
188	S+0	LP2s	1	2,30	1,19
202	S+0	LP2n	1	1,75	1,26

Versterking van de funderingen van de drie mastlocaties wordt aanbevolen.

5.6 Eenpaalsfunderingen horizontaal belast

De eenpaalsfundering is naast het verticale draagvermogen ook getoetst ten aanzien van de horizontale krachtsafdracht. Toetsingscriteria zijn de buigspanning in de paal en de verplaatsing van bovenkant funderingspaal onder belasting door wind of door torsie bij geleiderbreuk. Verplaatsingen zijn getoetst in de bruikbaarheidsgrenstoestand. Zie voor een uitgebreide beschrijving zie Appendix J.



Figuur 8 Model van steunmast met funderingspalen

De berekening van de paalfundering is uitgevoerd inclusief de mastconstructie, dit geeft een gunstiger en realistischer beeld doordat de interactie tussen mast en fundering wordt meegenomen, waarbij een vervorming in de fundering leidt tot een reductie van de horizontale belasting op de fundering.

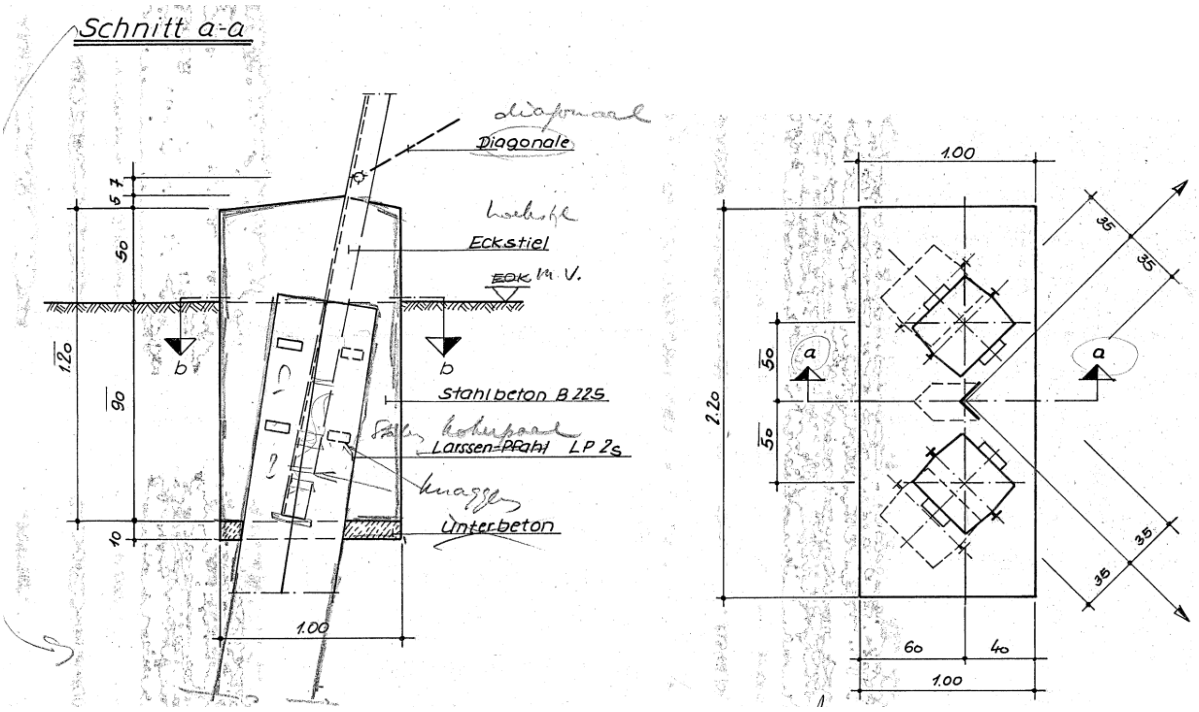
Voor drie verschillende grondprofielen is de berekening uitgevoerd; mast 196, 186 en 168. Mast 196 met een ongunstig profiel met klei en veen tot maaiveld. Mast 186 heeft een hoge ligging van de zandlaag. Het paaltype is overgenomen van de feitelijk aanwezige locaties, bij 196 en 186 LP2n, bij mast 168 type LP2s, de zwaardere variant van de kokerpaal.

In alle gevallen bleek de buigspanning in de funderingspaal ruim beneden de vloeigrens, zodat de palen sterk genoeg zijn bevonden. De horizontale verplaatsingen onder de beschouwde belastingen (zonder belastingfactoren) blijken echter aan de hoge kant, waarbij in het meest ongunstige geval zelfs een overschrijding optreedt. De mate van overschrijding is met 1 mm op 14 mm echter zodanig klein dat dit geaccepteerd wordt.

Conclusie is dat bij de eenpaalsfunderingen van Lelystad – Ens er enkel vanuit de overweging van het afdragen van horizontale belastingen geen versterkingen noodzakelijk zijn.

5.7 Tweepaalspoeren

De tweepaalspoeren bevinden zich op drie plaatsen in de hoogspanningslijn. Hieronder bevindt zich ook mast 171 met telecomvoorziening. De palen zijn in een onderling loodrechte hoek geheid, zodat de paalpunten een grote onderlinge afstand hebben, gunstig voor reductie vanwege paalgroepeffect.



Figuur 9 Principe tweepaalspoer

Uit de resultaten blijkt dat alle funderingen met dit principe zowel voldoen op trek- als op drukbelasting. Het gunstige effect van het eigen gewicht van de poer, dat bij het ontwerp niet in rekening is gebracht, in combinatie met twee aanwezige palen in plaats van een enkele paal is hier debet aan.

Tabel 17 Resultaten tweepaalspoeren

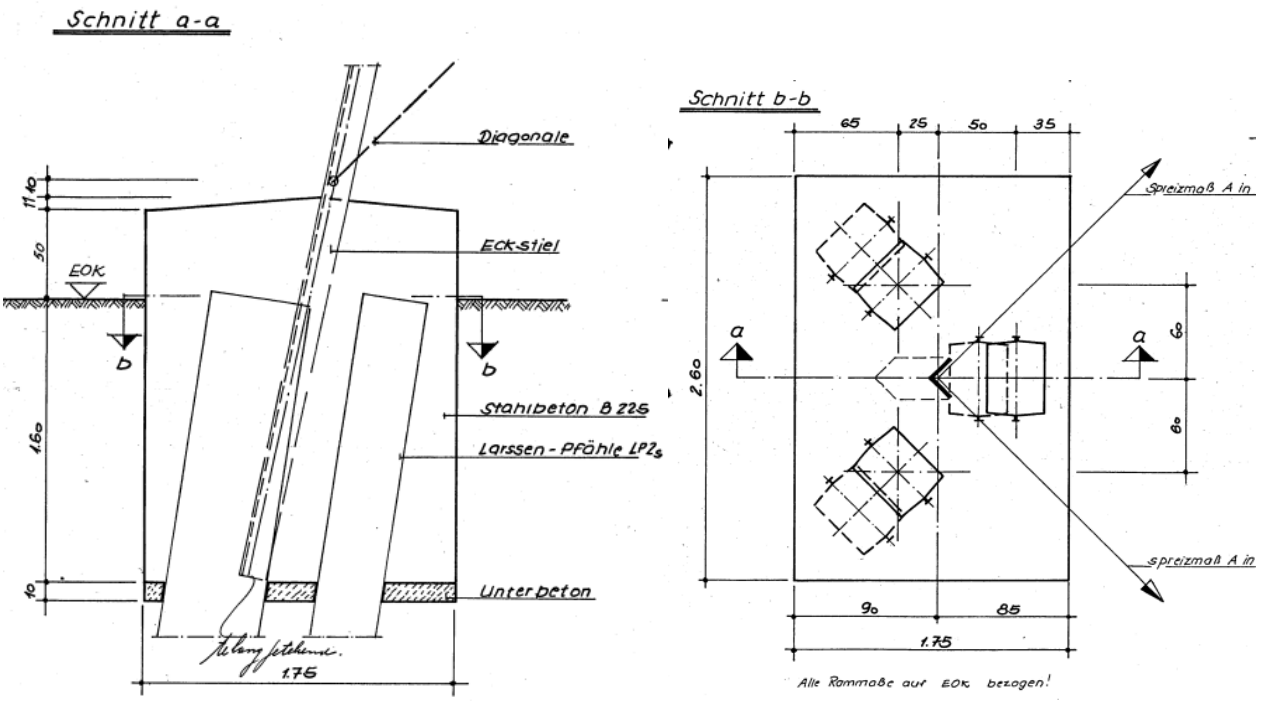
Mast	Masttype	Paaltype	Aantal palen per randstijl	U.C. trek	U.C. druk
164	S+0	LP2s	2	0,83	0,87
171	S+0	LP2s	2	0,94	0,75
173	S+0	LP2s	2	0,73	0,29

Uit de controle van de betonconstructie zie Appendix F blijkt dat de wapening voldoet.

Er zijn bij de tweepaalspoeren geen maatregelen aan de paalfundering noodzakelijk. Enkel bij mast 171 zullen aanvullende ankervoorzieningen in de poer moeten worden aangebracht om de belasting uit de versterkte randstijl in te leiden. Zie uitwerking in 7.6.

5.8 Driepaalspoeren

Bij drie hoekmasten in de hoogspanningslijn zijn driepaalspoeren toegepast.



Figuur 10 Driepaalspoeren hoekmasten

Uit de resultaten blijkt dat alle drie de funderingen voldoen ten aanzien van de capaciteit op trek- en drukbelasting. De oorzaak dat de hoekmastfunderingen voldoen heeft een aantal oorzaken.

- het eigen gewicht van de poer is destijds niet als gunstig werkende belasting in rekening gebracht.
- de beschouwing van de eenzijdige trekbelasting door afwezigheid van geleiders die tijdens het ontwerp op basis van NEN 1060:1964 is aangehouden leidt tot hogere belastingen dan op basis van de huidige NEN-EN 50341-1 met nationale bijlage. Het afkeurniveau speelt hierbij overigens geen rol.

Tabel 18 Resultaten hoekmasten met driepaalspoer

Mast	Masttype	Paaltype	Aantal palen per randstijl	U.C. trek	U.C. druk
163	HA+0	LP2s	3	0.87	0.30
175	HA+0	LP2s	3	0.59	0.85
182	HC+0	LP2s	3	0.62	0.67

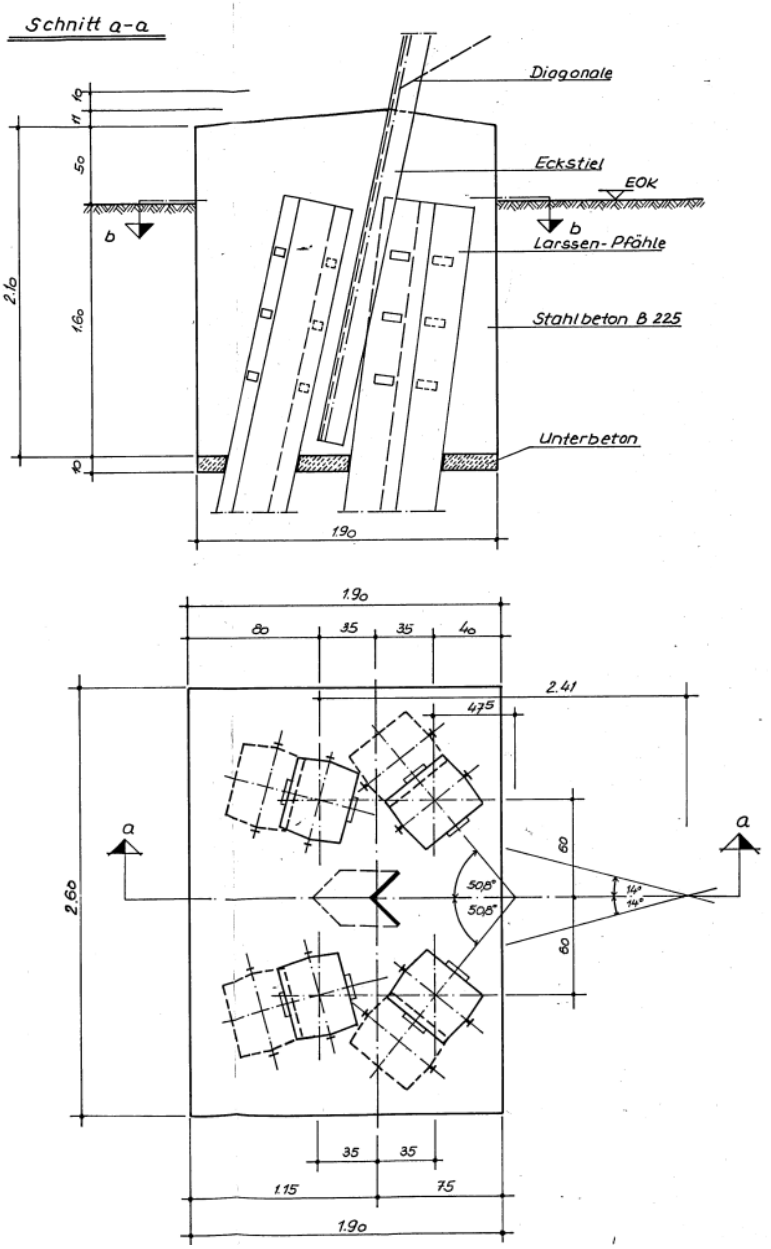
De poeren zijn gecontroleerd ten aanzien van de horizontale krachtsafdracht. Zie uitgebreide beschrijving in Appendix J. Uit de berekeningen, uitgevoerd op de poer van mast 163 en 182, blijkt dat er vergelijkbaar met de poer van mast 156 een vergroting van de paalbelasting optreedt als de invloed van horizontale belasting wordt meegenomen. Oorzaak is dat de palen niet dezelfde helling hebben als de belastingsrichting uit de mast. Ondanks de vergroting van de belasting is er voldoende herverdeling mogelijk binnen de paalgroep om belasting af te dragen zonder grote vervormingen. De drie poeren voldoen.

De controle van de wapening zie Appendix F, wijst uit dat dit aspect voldoet.

Er zijn geen maatregelen noodzakelijk.

5.9 Vierpaalspoeren

Bij de masten van het type HB, HC en EA komen vierpaalspoeren voor.



Figuur 11 Vierpaalspoeren

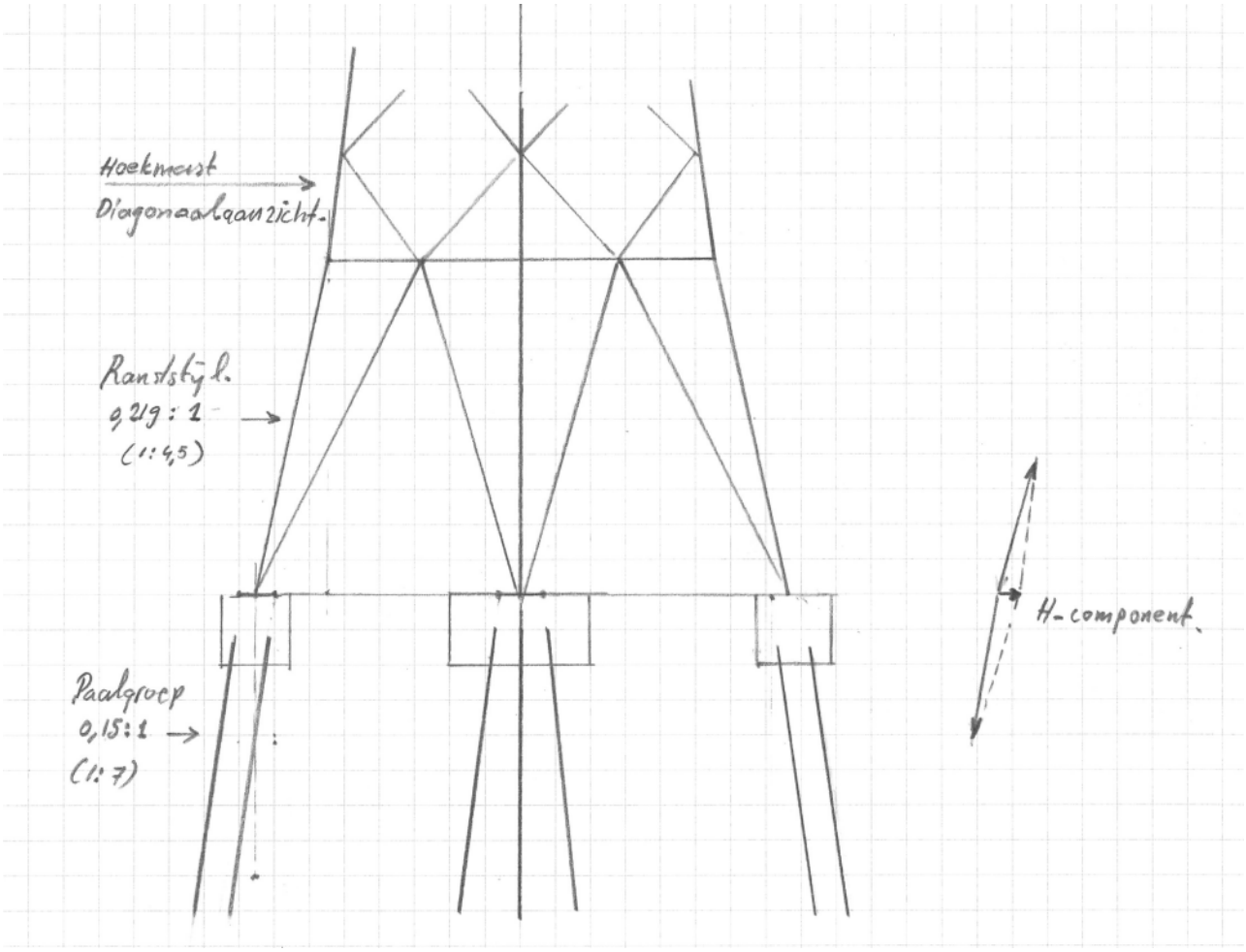
Uit de berekeningen blijkt dat de funderingen zowel op trek- als op drukbelasting voldoen.

Tabel 19 Resultaten vierpaalspoeren

Mast	Masttype	Paaltype	Aantal palen per randstijl	U.C. trek	U.C. druk
172	HB+0	LP2s	4	0,56	0,51
191	HC+0	LP2s	4	0,39	0,49
193	HC+0	LP2n	4	0,85	0,43
204	HB+0	LP2n	4	0,83	0,63
206	EA	LP2n	4	0,72	0,51

Uit de toetsing op horizontale belasting zie Appendix J, volgt echter dat niet al de poeren voldoen. Het gaat om mast 193, 204 en 206. Bij 193 en 204 is sprake van een hogere belasting vanwege “kustzone”, mast 206 heeft een hoge belasting als eindmast. Bij deze drie locaties is het draagvermogen van de palen bovendien aan de relatief lage kant.

De overschrijding wordt voornamelijk veroorzaakt door een afwijkende helling van de randstijl ten opzichte van zwaartepunt paalgroep. Dit is in nog sterkere mate het geval dan bij de driepaalspoer. De palen worden niet gelijkmatig belast. Zie Figuur 12. Versterking wordt noodzakelijk geacht.

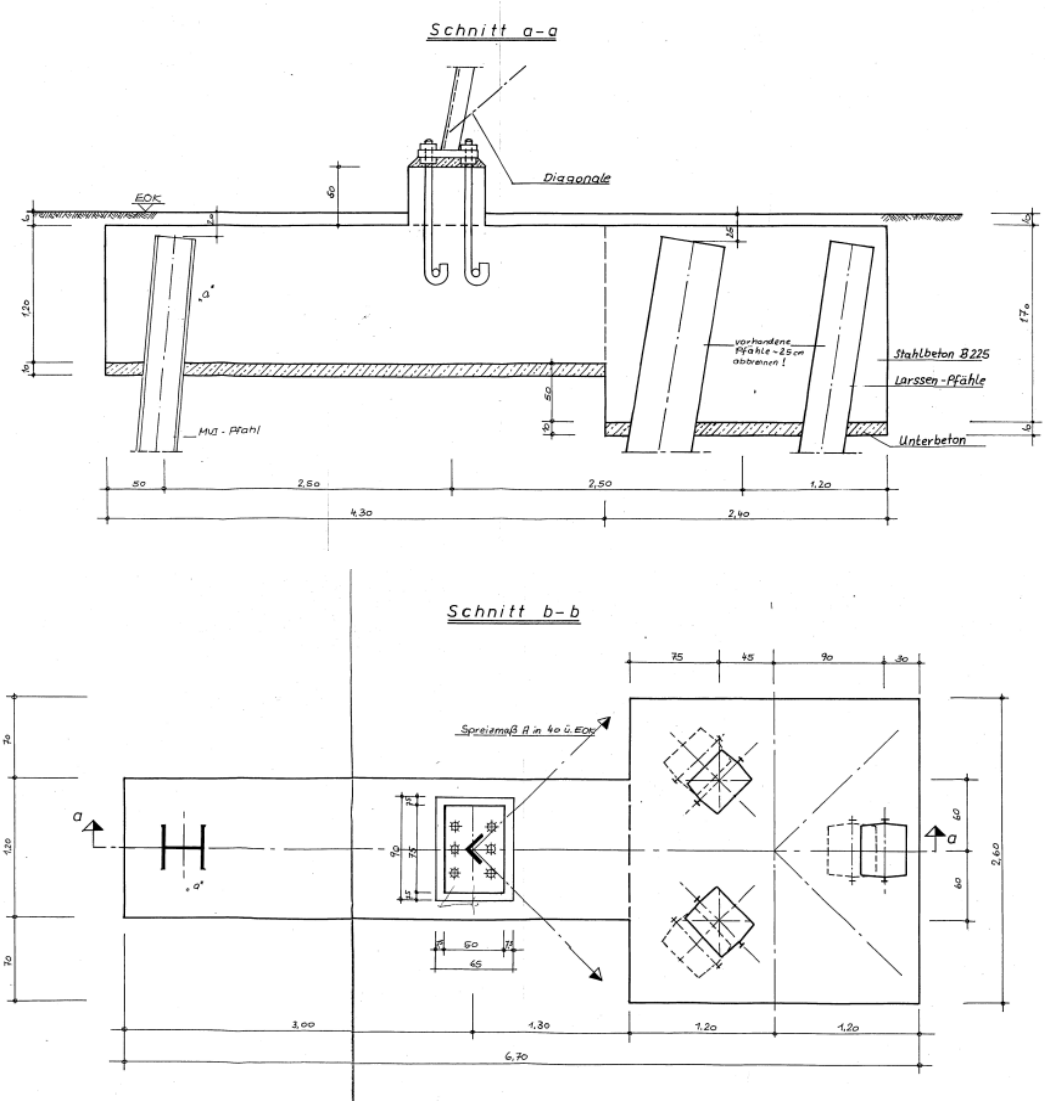


Figuur 12 Afwijkende richting paalgroep en randstijl geeft horizontale belastingen

De controle van de wapening in de poer heeft uitgewezen dat deze voldoet. Zie daarvoor Appendix F. Bij de vierpaalspoeren worden bij mast 172 en 191 geen versterkingsmaatregelen noodzakelijk geacht.

5.10 Mast 176

De fundering van mast 176, de zuidelijke kruisingsmast van het Ketelmeer is een afwijkende constructie. De constructie bestaat uit een betonbalk die aan een zijde is opgelegd in een poer, en aan de buitenzijde is gefundeerd op een MV-paal, een gegrout stalen H-profiel[2].



De draagkracht van de drie palen onder de poer en de draagkracht van de MV-paal is getoetst. Daaruit blijkt dat de capaciteit op trek- en drukbelasting van de MV-paal niet toereikend is.

Tabel 20 Resultaten mast 176

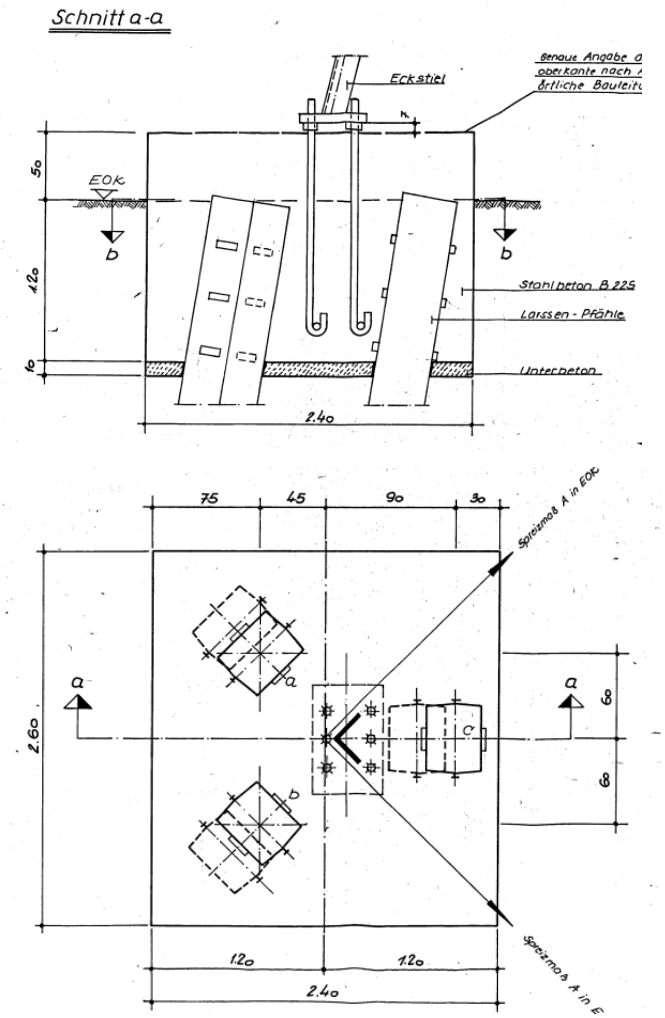
Mast	Masttype	Paaltype	Aantal palen per randstijl	U.C. trek	U.C. druk
176	SC+42	LP2s	3	0,55	0,27
		MVI Sp 350L	1	1,21	1,12

Naast de berekening met verticale belasting is ook de horizontale krachtsafdracht beschouwd. Daaruit blijkt dat door herverdeling naar de driepaalspoer de belasting kan worden opgenomen, echter de verticale verplaatsing van de MV-paal is met 55 mm ontoelaatbaar groot. Uit de controle in Appendix F van de wapening in de balk blijkt dat de capaciteit in het geval van een opwaartse belasting niet toereikend is. Versterking van de fundatie is noodzakelijk.

[2] Dit heeft als oorzaak dat op deze locatie in eerste instantie een S+24-mast was voorzien, kort voor de bouw, na gereedkomen van de paalfundering moet zijn gewijzigd naar het huidige masttype SC+42, die een grotere basis heeft.

5.11 Mast 179

De noordelijke kruisingsmast over het Ketelmeer is gefundeerd op een driepaalspoer. De poer is vanwege de ankergroep, die tussen de palen is ingestort, uitgevoerd in een bredere maar lagere afmeting dan de driepaalspoeren van de hoekmasten.



Figuur 13 Driepaalspoer 179

Uit de berekening van de palen blijkt dat de capaciteit op trek niet toereikend is voor de optredende belasting. De overschrijding is evenwel relatief beperkt en wordt veroorzaakt door de belasting op basis van "kustzone".

Tabel 21 Resultaten mast 179

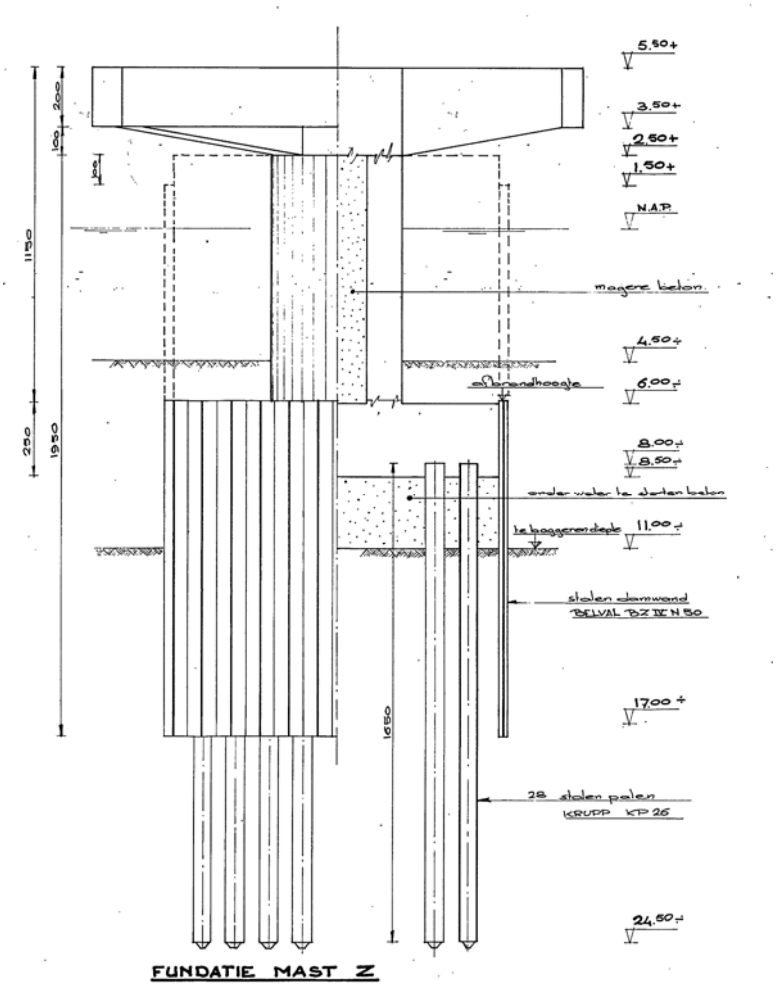
Mast	Masttype	Paaltype	Aantal palen per randstijl	U.C. trek	U.C. druk
179	D+24	LP2s	3	1.25	0.83

De poer is tevens gecontroleerd ten aanzien van horizontale belastingen. Uit de toetsing blijkt dat de twee diagonaal geplaatste palen zwaarder worden belast dan de centrale paal. De palen voldeden echter al niet als ze gelijkmatig belast worden getoetst.

Uit de controle van de wapening onder de optredende belastingen, zie Appendix G, blijkt dat deze zowel op trek- als op drukbelasting niet voldoet. Versterking van de poer wordt aanbevolen.

5.12 Ketelmeer type “Z”

De kruisingsmast 177-I van het type SC+36 (de hoogste van de drie masten in het Ketelmeer) is gefundeerd op een betonconstructie. De constructie bestaat uit een dikke op palen gefundeerde voetplaat, met daarop een centrale cilindrische schacht met vier uitkragende balken.



Figuur 14 Fundatie type Z

De controle van de funderingspalen wijst uit dat deze een vrij ruime reserve bezitten. Er treedt slechts een geringe trekbelasting op de palen op. Zie voor de berekening van de fundatie Appendix F.

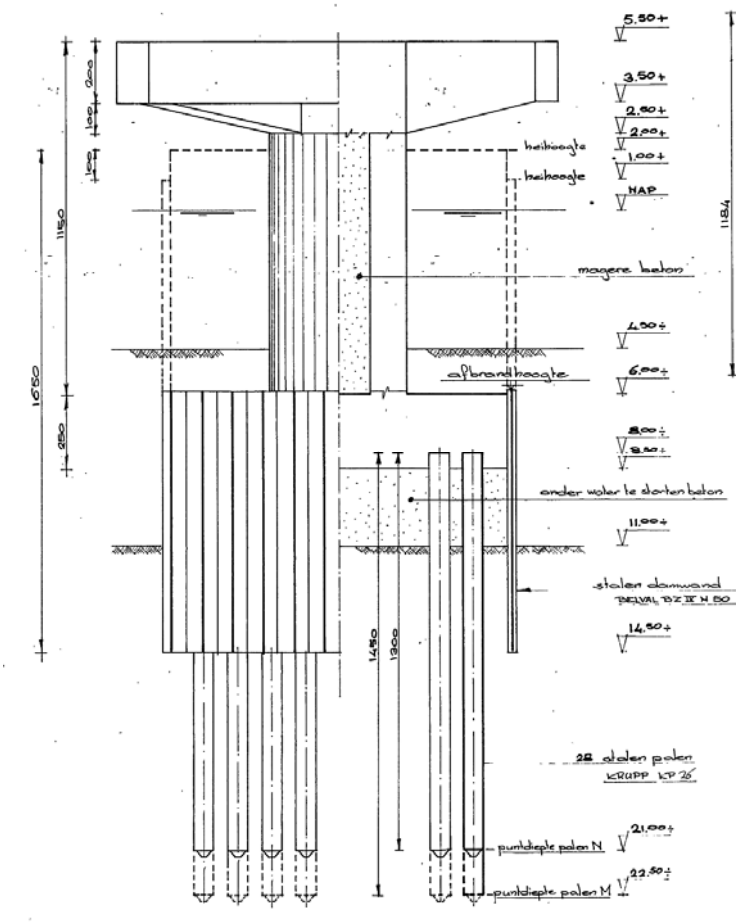
Tabel 22 Resultaten mast 177-I

Mast	Masttype	Paaltype	Aantal palen per randstijl	U.C. trek	U.C. druk
177 (I)	SC+36	KP-26	-	0,49	0,53

Uit de controle van de uitkragende betonnen balk blijkt dat de capaciteit voldoende is. De centrale schacht heeft eveneens voldoende sterkte. Behoudens het versterken van de ankerverbinding tussen mast en betonnen draagarmen worden geen maatregelen noodzakelijk geacht.

5.13 Ketelmeer type “M” en “N”

De kruisingsmasten 177-II en 178, beide van het type D+24, zijn gefundeerd op een betonconstructie. De constructie bestaat uit een dikke op palen gefundeerde voetplaat, met daarop een centrale cilindrische schacht met vier uitkragende armen. De constructie is van M en N zijn identiek en vergelijkbaar met type Z, behalve de afmetingen die kleiner zijn en het paalpuntniveau.



Figuur 15 Fundatietype M en N

De controle van de funderingspalen wijst uit dat deze een vrij ruime reserve bezitten. Er treedt geen trekbelasting op de palen op.

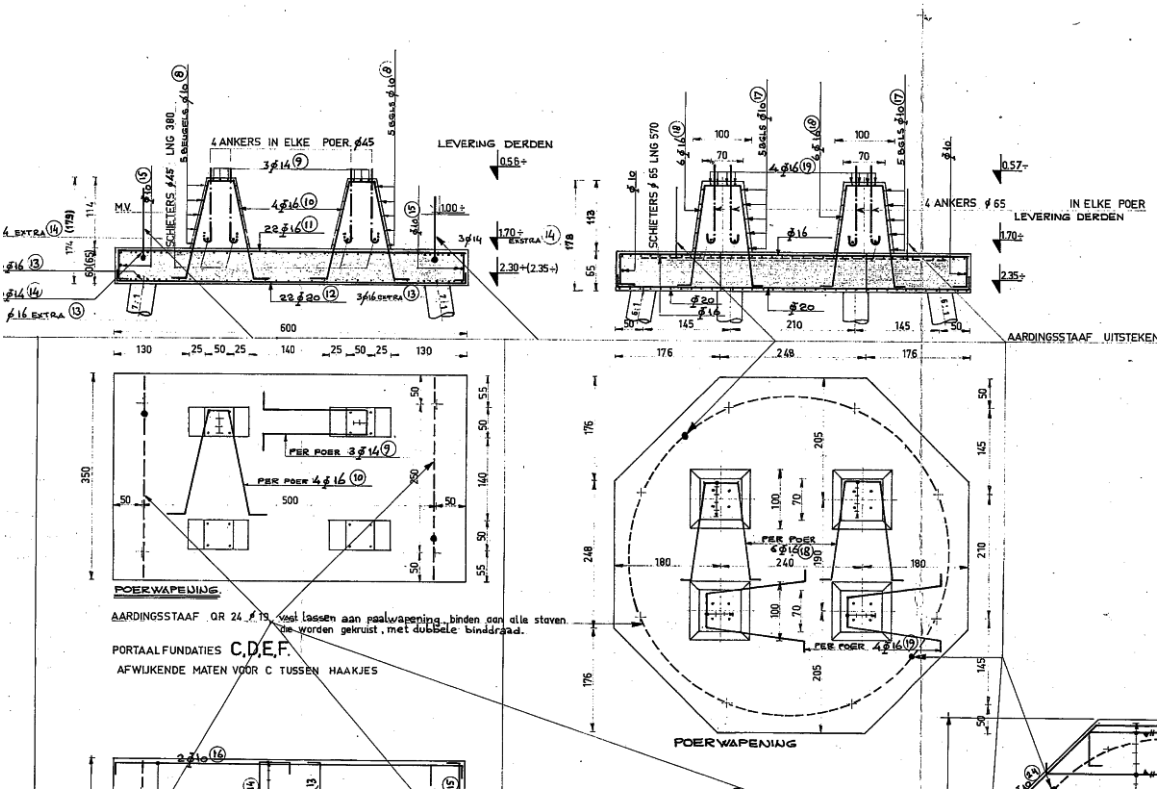
Tabel 23 Resultaten mast 177-II en 178

Mast	Masttype	Paaltype	Aantal palen per randstijl	U.C. trek	U.C. druk
177 (II)	D+24	KP-26	-	0,00	0,34
178	D+24	KP-26	-	0,00	0,56

Uit de controle van de uitkragende betonnen balk blijkt dat de capaciteit voldoende is, ondanks dat de belasting vanuit de mast door “kustzone” aanzienlijk hoger is dan de belasting waar de draagarmen op ontworpen zouden moeten zijn (archiefberekening is niet voorhanden). De centrale schacht heeft eveneens voldoende sterkte. Zie voor de berekening van de fundatie Appendix F.

5.14 Portaal Ens

De portalen zijn gefundeerd op achtkantige betonnen platen met per hoekpunt een betonpaal van 42 cm doorsnede.



Figuur 16 Fundatie G-portalen station Ens

De palen zijn berekend op basis van twee sonderingen uit een set van vier die in 2016 op station Ens zijn uitgevoerd ten behoeve van een recent project. Het paalpuntniveau is aangenomen tussen 11- en 12- NAP, hetgeen een redelijke veronderstelling is op basis van de ligging van de draagkrachtige laag (circa 8x paaldiameter in zandlaag) en gelijk is aan de palen onder de zendtoren waar wel een lengte van bekend is.

Uit de berekeningen die zijn opgenomen in Appendix I blijkt dat indien het paalpuntniveau zich op 12-NAP bevindt, de palen voldoende draagvermogen bezitten voor de belasting op afkeurniveau.

De toetsing van de wapening in de funderingsplaat wijst uit dat deze voldoet.

Geen maatregelen zijn noodzakelijk bij deze fundering.

6 VERSTERKINGSVOORSTELLEN

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden voorstellen gegeven met welke maatregelen bereikt kan worden dat de funderingen voldoen aan de eisen. Bij het uitwerken van de voorstellen zal worden uitgegaan van de belastingen op basis van het verbouwniveau van NEN 8700.

6.2 Paaltype

Bij de paalfunderingen met een te laag draagvermogen zal het aanbrengen van extra palen noodzakelijk zijn. In aanmerking komen de volgende paaltypes:

- geheide stalen buispaal met gesloten voet
- geschroefde stalen buispaal met groutinjectie (schroefinjectiepaal, "SI-paal")

De achtergrond voor de keuze van deze paalsystemen is gelegen in het stijfheidsgedrag en de belasting die zowel op trek- als druk plaats kan vinden. De stijfheid van de paal dient zodanig te zijn dat zonder grote vervormingen de nieuwe paal belasting gaat overnemen van de bestaande paal. Vanuit die overweging is versterking met bijvoorbeeld een groutankerpaal minder gewenst (bovendien in strijd met TenneT-specificatie 04.009). Vanuit de nabijheid tot bestaande funderingen dient het paalsysteem grondverdringend te zijn.

Buiten de technische eisen heeft de uitvoerbaarheid van het aanbrengen van de palen grote invloed gehad op de paalkeuze. Zie daarvoor paragraaf 6.4. De palen dienen vanwege de verwachte dikteverlies door corrosie tijdens de restlevensduur een minimale wanddikte te bezitten van 10 mm. De paal moet met beton gevuld worden en voorzien te zijn van een kopkorf. Indicatie van de wapening 5Ø12. Bij de schroefinjectiepalen moet de groutomhulling tot onderzijde poer doorlopen aangezien de kleef in rekening is gebracht voor de capaciteit op trek en horizontale belastingen worden afgedragen.

De palen worden ingelaten in de nieuwe poer. Via aan te lassen blokdeuvels of "knaggen" wordt de belasting ingeleid. In tabel 24 zijn de geotechnische eigenschappen van de palen weergegeven. Hierin is rekening gehouden met de per januari 2017 gereduceerde puntfactoren volgens NEN-EN 1997-1.

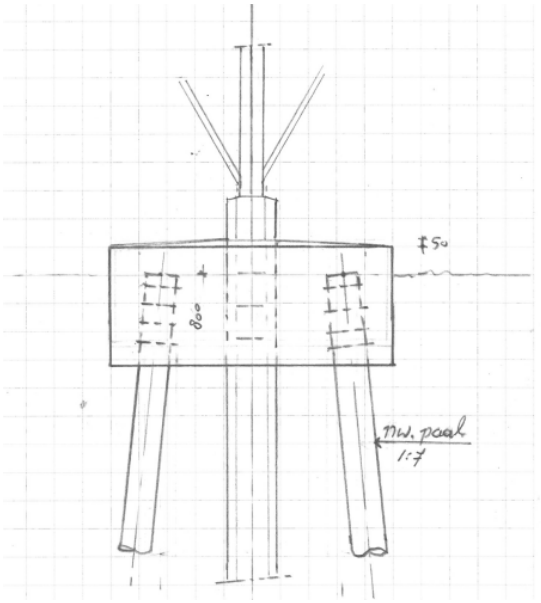
Tabel 24 Eigenschappen nieuwe palen

	Stalen buispaal	**Groutinjectiepaal**	
Paaltype	Geheide stalen buispaal	In de grond gevormde geschroefde paal met groutinjectie	
Diameter buis	0,273	0,219	0,323
Diameter grout	-	0,310	0,450
Factor α_s	0,010	0,009	0,009
Factor α_t	0,007	0,009	0,009
Factor α_p	0,70	0,63	0,63
Factor β	1,0	1,0	1,0

6.3 Betonconstructie

Het versterken van de eenpaalsfunderingen met een enkele paal buiten de mast is niet een haalbare oplossing gebleken. Ten eerste grijpt de kracht excentrisch aan, waardoor de effectiviteit van de paal sterk vermindert, ten tweede is het uitvoeringstechnisch problematisch aangezien de schoorstand zodanig is dat de heistelling in botsing komt met de randstijl.

Gekozen is voor een oplossing met twee nieuwe palen aan weerszijden van de paal. De verbinding tussen nieuw aan te brengen palen en bestaande palen zal via een nieuwe betonpoer plaats moeten vinden. Als uitgangspunt voor het ontwerp van deze poeren is gehanteerd dat de hoogteligging van de bovenzijde 30 centimeter boven maaiveld ligt. De poer wordt voldoende robuust uitgevoerd dat deze de belasting van een landbouwvoertuig kan dragen. Zie Figuur 17 voor de visualisatie van de principeoplossing.



Figuur 17 Principeoplossing tweepaalspoer (inclusief versterking randstijl)

Bij de masten waarvan de randstijl verzwaard wordt met een tweede hoekstaal, wordt ten behoeve van de krachtsinleiding een betonnen omstorting van de randstijl voorgesteld.



Figuur 18 Bestaand beeld tweepaalspoer (mast 171)

De bestaande betonpoeren die versterkt moeten worden zullen met een overlaging en verbreding van gewapend beton worden uitgevoerd. Deze lagen worden met in te lijmen wapeningsstekken gekoppeld. Bij het uitwerken van deze oplossingen is gestreefd naar zo minimaal mogelijke afmetingen om aan te sluiten bij het bestaande visuele beeld van de hoogspanningslijn, zie figuur 18.

6.4 Uitvoerbaarheid

Hoewel voorop heeft gestaan dat de aan te brengen versterkingen zonder grote tijdelijke voorzieningen aangebracht kunnen worden is er een aantal aspecten die van invloed zijn op de uitvoeringswijze.

De palen en nieuwe betonkespen zullen moeten worden aangebracht bij een in bedrijf zijnde hoogspanningslijn. Dat stelt eisen ten aanzien van de uitvoeringswijze. Het aanbrengen van palen uit één lengte met een hoge stelling behoort niet tot de mogelijkheden:

- Vanwege de veilige werkafstand tot de onder spanning staande geleiders zal de giek of makelaar van de heistelling slechts een beperkte hoogte kunnen hebben;
- Het manoeuvreren met een omvangrijke heistelling in de nabijheid van de mastconstructie is risicovol vanwege aanrijd- of stootgevaar;
- Horizontale belastingen op de palen als gevolg van zettingen onder het gewicht van de stelling zijn niet toelaatbaar.

De keuze voor een stalen paal maakt het mogelijk om indien de lengte van de paal te groot is in relatie tot de toegestane werkhoogte, de paal samen te stellen uit twee met een las- of geschroefde verbinding te verbinden delen. Dit is een gangbare techniek voor het versterken van bestaande funderingen. Zie Figuur 19 voor voorbeelden van heistellingen.

De steunmasten moeten verzwaard worden met in schoor aangebrachte palen. Daardoor is de afstand van de nog niet in de grond gebrachte paal tot de randstijl van de mast betrekkelijk gering. Als uitgangspunt is gehanteerd een minimale afstand van 0,5 meter. Bij de keuze voor een bepaalde heistelling of boormotor moet gecontroleerd of aan deze afstand voldaan wordt. Met de schoorstand moet rekening worden gehouden bij het bepalen of de methode met inwendig heien mogelijk is.



Figuur 19 Voorbeeld van heistelling voor inwendig geheide buispaal (links) en schroefinjectiepaal (rechts)

Bij de te versterken blokpoeren van mast 179 moet binnen de mastconstructie een paal aangebracht worden. De heistelling moet een voldoende kleine afmeting hebben om te kunnen manoeuvreren onder de staalconstructie.

6.5 Aanpak

De belastingen vanuit de mastconstructie zijn berekend op basis van het uitgangspunt dat de mast tot afkeurniveau versterkt is. Vervolgens is de reactie op de fundering berekend met de belastingen van het verbouwniveau. Het benodigde aanvullende draagvermogen vanuit de nieuwe palen is uit de belastingtabel voor het verbouwniveau berekend door de belasting te verminderen met het beschikbare draagvermogen van de bestaande paal. Bij het berekenen van het benodigde draagvermogen is de capaciteit van de bestaande paal verminderd tot 80%. Dit heeft een aantal redenen:

- de belasting zal zich in eerste instantie spreiden over de drie palen naar verhouding van stijfheid (staaldoorsnede), niet naar rato van draagkracht. Ook is de belastingspreiding afhankelijk van de schoorstand van de palen. Dit is in Appendix J verder uitgewerkt. Door 80% aan te houden ontstaat marge voor verschillen in vervormingsgedrag en herverdeling van belasting.
- de bestaande paal heeft reeds een belasting uit het eigen gewicht, terwijl de nieuwe paal onbelast is;
- het paalgroepeffect beïnvloedt het draagvermogen, waardoor het draagvermogen van de bestaande palen reduceert. Door de schoorstand van nieuwe palen is deze reductie echter gering.

Na het in rekening brengen van het aantal nieuwe palen en het gewicht van de nieuwe poer, volgt het benodigde draagvermogen van de nieuwe paal. Met het programma TS paalfunderingen is het draagvermogen van de nieuw aan te brengen palen getoetst, zie Appendix E.

Als uitgangspunt is genomen dat het paalpuntniveau van de nieuwe paal gelijk is aan bestaande paal. Op basis van dit paalpuntniveau is het paaltype en benodigde diameter gekozen. Enkel indien onvoldoende draagvermogen wordt gehaald, is het paalpuntniveau verlaagd tot beneden het niveau van bestaande paal. Vanwege de toepassing van een grondverdringende paal zal geen reductie optreden op de draagkracht van de bestaande paal.

De nieuwe palen worden in principe schoor aangebracht zodat ze zo effectief mogelijk zijn in het opnemen van de belasting.

7 RESULTATEN VERSTERKTE FUNDERING

7.1 Toetsing palen aan verbouwniveau

In deze paragraaf wordt het resultaat van de toetsing van de nieuw aan te brengen palen beschreven. De nieuwe palen zijn zowel ten aanzien van trek- als drukbelasting gecontroleerd, waarbij de belasting is gehanteerd op basis van het verbouwniveau.

In de tabellen is per paaltype de unity-check gegeven. De drie verschillende paaltypes hebben een oplopende sterkte. Het lichtste paaltype "B273" (stalen buispaal met diameter 273 mm) komt relatief vaker voor in de nabijheid van Lelystad, terwijl de groutinjectiepalen zich meer in de Noordoostpolder bevinden, dit wordt mede veroorzaakt door de hogere belasting vanwege de terreincategorie "kustzone". De unity-check van de groutinjectiepalen is doorgaans hoger dan de B273, aangezien B273 het minimale toegepaste paaltype is, zodat ook bij een relatief geringe overschrijding in de bestaande paal veel extra capaciteit ontstaat. Bij de groutinjectiepalen bleek in meerdere gevallen dat het draagvermogen op druk maatgevend was, in die gevallen is de keuze van het paaltype bepaald op druk- in plaats van trekbelasting, hetgeen tot uiting komt in de grootte van de unity-check.

In drie gevallen, mast 185, 190 en 198 kon met de groutinjectiepaal 323/450 onvoldoende draagvermogen behaald worden. Er is dan voor gekozen een dieper paalpuntniveau te kiezen.

Aandachtspunt bij de stalen buispaal van 273 mm is de schoorstand van 1:7, waardoor aanbrengen door middel van inwendig heien uitvoeringstechnisch bezwaren op kan leveren. Indien deze paal niet kan worden toegepast, dient gekozen te worden voor de schroefinjectiepaal 219/310.

Uit de berekening blijkt dat alle paalfunderingen na versterking voldoen. Zie tabel 25 tot en met tabel 27. Daarin is de unity-check van de nieuwe palen weergegeven.

Tabel 25 Resultaten buispaal B273

Mast	Masttype	Paaltype versterking	Aantal palen per randstijl	U.C. trek	U.C. druk
157	S+0	B273	2	0,80	0,00
158	S+0	B273	2	0,77	0,26
159	S+0	B273	2	0,23	0,58
160	S+0	B273	2	0,74	0,22
161	S+0	B273	2	0,44	0,00
162	S+3	B273	2	0,41	0,00
165	S+0	B273	2	0,81	0,49
170	S+0	B273	2	0,80	0,00
181	S+0	B273	2	0,95	0,74
183	S+0	B273	2	0,39	0,37
184	S+0	B273	2	0,62	0,71
186	S+0	B273	2	0,91	0,33
189	S+0	B273	2	0,68	0,56
194	S+0	B273	2	0,46	0,03
197	S+0	B273	2	0,64	0,52

Uit de overzichtstabel met paalgegevens in Appendix D volgt dat over de 15 mastlocaties waarbij de stalen buispaal met diameter van 273 mm wordt toegepast, de gemiddelde paallengte 13,5 meter bedraagt.

Tabel 26 Resultaten schroefinjectiepaal 219/310

Mast	Masttype	Paaltype versterking	Aantal palen per randstijl	U.C. trek	U.C. druk
169	S+0	SI.-paal 219/310	2	0,82	0,00
174	S+0	SI.-paal 219/310	2	0,72	0,03
176	SC+42	SI.-paal 219/310	2	0,87	0,45
179	D+24	SI.-paal 219/310	2	1,00	0,86
187	S+0	SI.-paal 219/310	2	0,79	0,67
193	HC+0	SI.-paal 219/310	1	0,65	0,24
195	S+0	SI.-paal 219/310	2	0,62	0,00
196	S+0	SI.-paal 219/310	2	0,72	0,07
199	S+0	SI.-paal 219/310	2	0,62	0,31
200	S+0	SI.-paal 219/310	2	0,73	0,28
201	S+0	SI.-paal 219/310	2	0,71	0,61
202	S+0	SI.-paal 219/310	2	0,75	0,72
203	S+3	SI.-paal 219/310	2	0,93	0,33
204	HB+0	SI.-paal 219/310	1	0,66	0,48
205	S+0	SI.-paal 219/310	2	0,97	0,24
206	EA	SI.-paal 219/310	1	0,68	0,34

Uit de tabel in Appendix D blijkt dat over de 16 mastlocaties waarbij schroefinjectiepalen van 219/310 mm worden toegepast, de gemiddelde paallengte 13,5 meter bedraagt.

Tabel 27 Resultaten schroefinjectie-paal 323/450

Mast	Masttype	Paaltype versterking	Aantal palen per randstijl	U.C. trek	U.C. druk
166	S+0	SI.-paal 323/450	2	0,86	0,20
167	S+0	SI.-paal 323/450	2	0,32	0,75
168	S+0	SI.-paal 323/450	2	0,23	0,60
180	S+0	SI.-paal 323/450	2	0,74	0,26
185	S+0	SI.-paal 323/450	2	0,47	0,92
188	S+0	SI.-paal 323/450	2	0,89	0,29
190	S+0	SI.-paal 323/450	2	0,46	0,89
192	S+0	SI.-paal 323/450	2	0,39	0,66
198	S+0	SI.-paal 323/450	2	0,79	0,45

Noot: het paalpuntniveau is bij mast 185, 190 en 198 lager dan het niveau van de bestaande funderingspaal.

Uit de tabel in Appendix D blijkt dat over de 9 mastlocaties waarbij schroefinjectiepalen van 323/450 mm worden toegepast, de gemiddelde paallengte 12,5 meter bedraagt.

7.2 Toetsing spanningen in palen

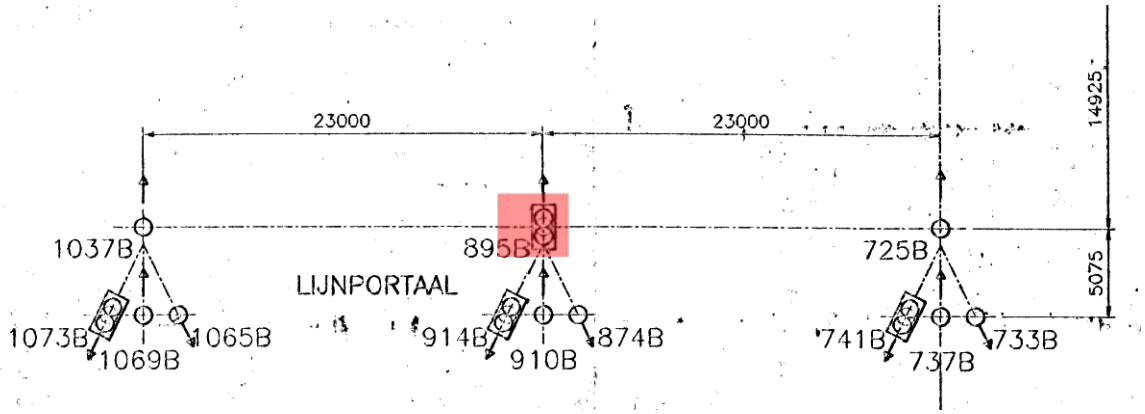
De optredende buig en normaalspanningen zijn getoetst. Vanwege het afroesten van de doorsnede dient de unity-check beneden de 0,85 te blijven uitgaande van een minimale wanddikte van 9 mm. De resultaten zijn ontleend uit Appendix J "Horizontale belastingen". Uit de tabel blijkt dat in alle gevallen de unity-check ruim beneden de 0,85 blijft zodat de spanningen duurzaam voldoen.

Tabel 28 Toetsing optredende spanning palen

	Berekend	Toelaatbaar	Unity-check	
Toetsing mast 186 versterkt	97	235 N/mm^2	0,41	OK
Toetsing mast 203 versterkt	110	235 N/mm^2	0,47	OK
Toetsing mast 198 versterkt	113	235 N/mm^2	0,48	OK
Toetsing mast 156	56	235 N/mm^2	0,24	OK
Toetsing mast 163	60	235 N/mm^2	0,26	OK
Toetsing mast 182	65	235 N/mm^2	0,28	OK
Toetsing mast 193 versterkt	69	235 N/mm^2	0,29	OK
Toetsing mast 179 versterkt	83	235 N/mm^2	0,35	OK
Toetsing mast 176 versterkt	110	235 N/mm^2	0,47	OK

7.3 Portaal Lelystad

Op een posities dient het draagvermogen van trekpalen te worden vergroot. Het gaat om de palen onder de middelste trekschoor aan de achterzijde van het portaal. Zie Appendix H voor de berekening.



Figuur 20 Funderingspalen portaal Lelystad waar versterking benodigd is

Er zijn voor het versterken van de funderingspalen twee aanvullende palen noodzakelijk. De keuze valt op schroefinjectiepalen van het type 323/450 mm. Zie Tabel 29 voor toetsing aan het benodigde draagvermogen op basis van de belasting door verbouwniveau.

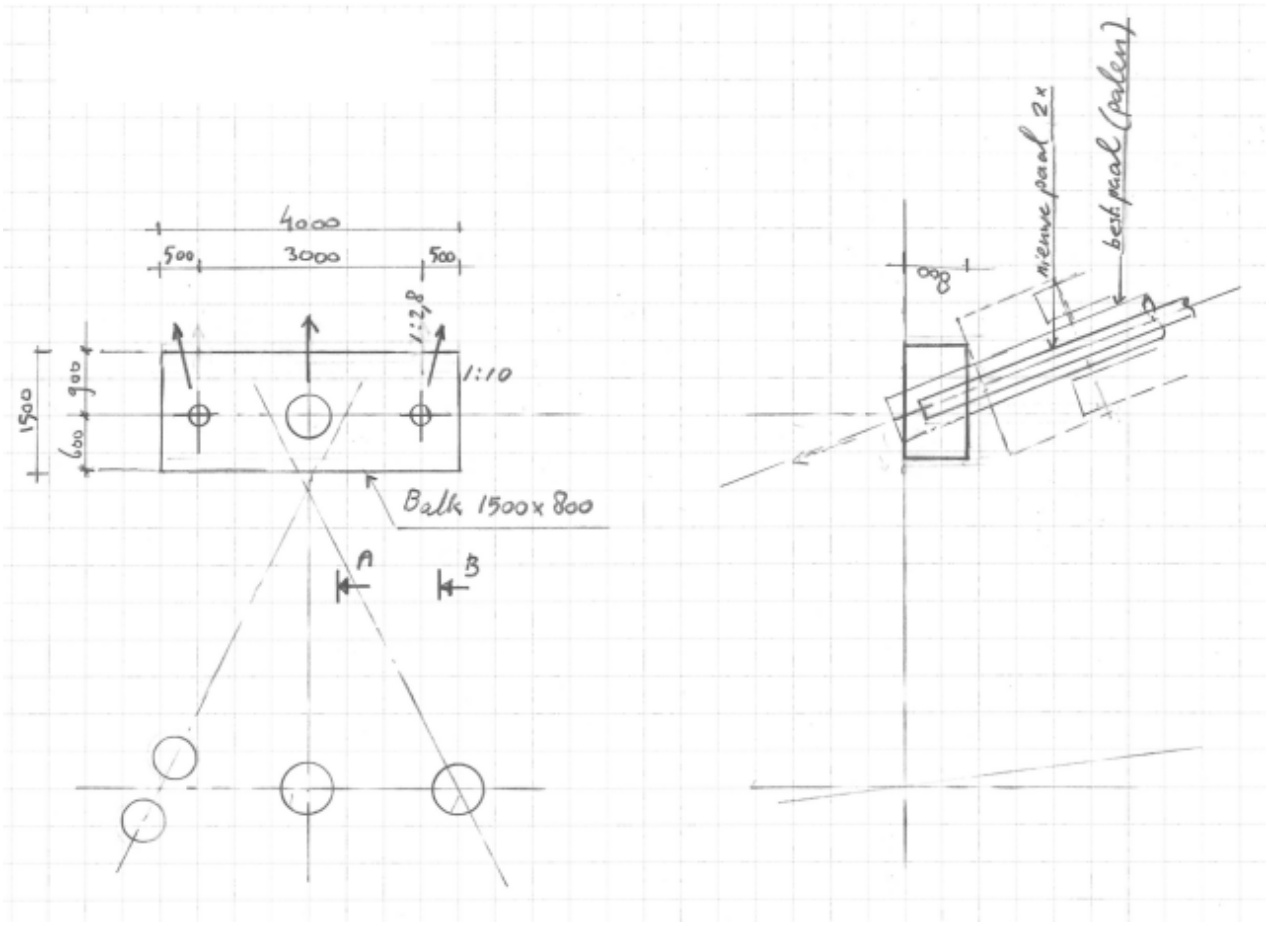
In de eerste zandlaag met paalpuntniveau 17- NAP wordt voldoende draagvermogen op trek gehaald voor het tekort in de bestaande paal. Vanwege de relatief grote diameter van bestaande palen wordt een kleinere diameter van de nieuwe palen ongewenst geacht, ondanks dat dit rekentechnisch mogelijk zou voldoen. De palen dienen in schoor te worden aangebracht, overeenkomstig met bestaande palen 1:2,8. In de dwarsrichting 1:10. Aandachtspunt is dat beperkte ruimte aanwezig is voor de stelling.

Tabel 29 Toetsing palen versterking portaal 155B

Knoop	Trekbelasting [kN]	Knoopnummer palenplan	Paal	Sondering	PP-niveau [m]	Aantal palen	$F_{Ed,trek}$ [kN]	$F_{Rd,trek}$ [kN]	**U.C.**
L2-K3P	1673	895B	B609/10	33	-24.0	2	1578	1290	1.22

Tekort [kN]	Benodigd [kN]	Paaltype versterking	PP-niveau [m-NAP]	Aantal palen	$F_{poer,d}$ [kN]	$F_{Ed,trek}$ [kN]	$F_{Rd,trek}$ [kN]	**U.C. nw. paal**
288	184	SI-paal 323/450	-17.0	2	104	92	451	0.20

De palen dienen via een betonbalk te worden verbonden aan de huidige paal. De afmeting bedraagt 1500x800 (bxh). Zie verder Figuur 21.



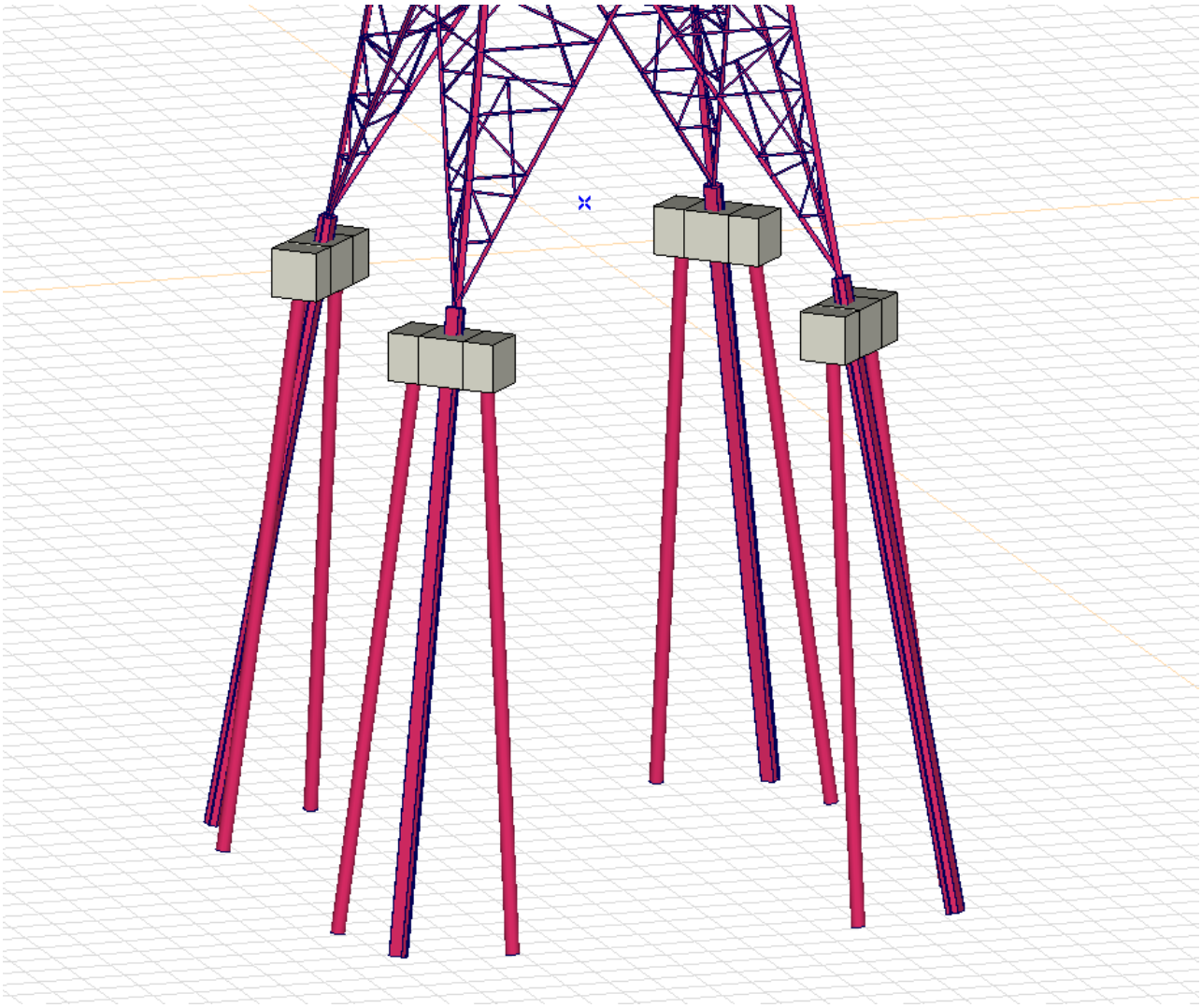
Figuur 21 Versterking fundering trekschoor portaal 155B

Op de zwaarst belaste middenas is reeds een poer aanwezig waarin de staalplaat voor de overgang tweelingpaal – enkele paal is opgenomen. De hoogteligging van deze poer moet ingemeten worden om eventuele aanpassingen aan de balk of poer te bepalen.

Voor uitwerking van de wapening en detaillering van blokdeuvels zie Appendix G.

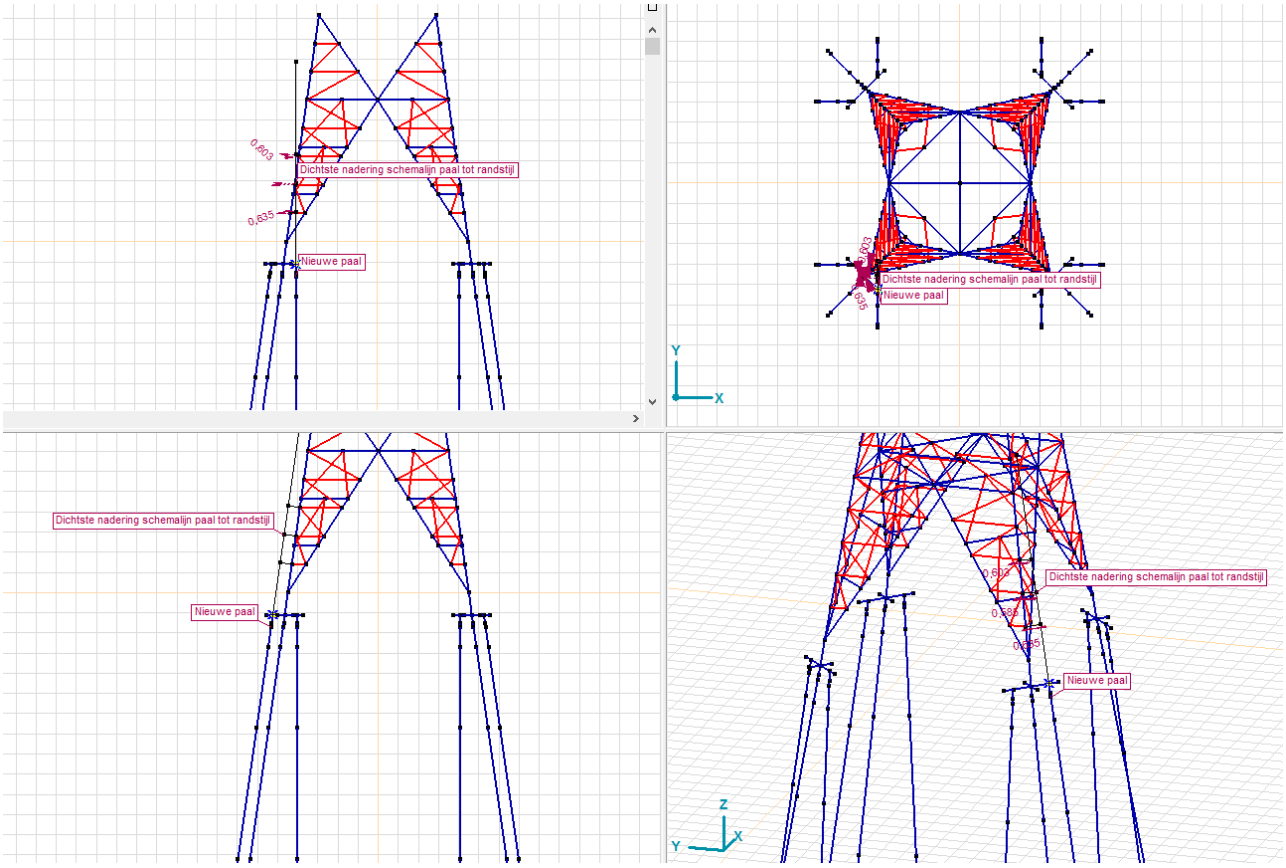
7.4 Eenpaalsfunderingen type 1P+2P type 1

Uit de berekeningen blijkt dat met uitzondering van mast 159 alle eenpaalsfunderingen niet voldoen op trekbelasting. Om deze funderingen te versterken worden tweepaalspoeren uitgewerkt. Er zijn twee varianten, de eerste is voor masten waarbij de randstijl niet versterkt hoeft te worden, de tweede is voor het geval dat de randstijl verzwaard wordt tot een kruisvormige doorsnede. In beide varianten komen drie mogelijke nieuwe paaltypes voor.

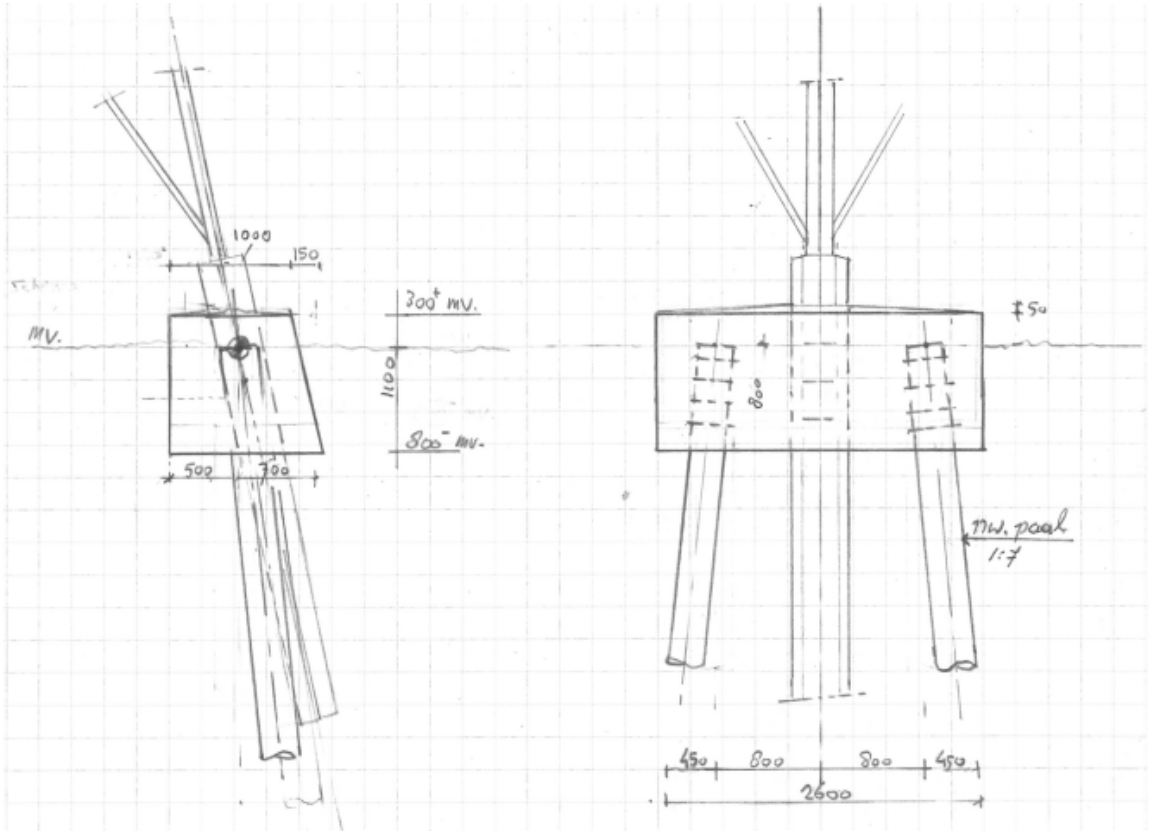


Figuur 22 Versterkte fundering steunmast

De eenpaalsfunderingen van de steunmasten zonder randstijlverzwaring, worden versterkt met een poerconstructie waarin de bestaande paal en de twee nieuwe palen opgenomen worden. De nieuwe poer, type 1P-2P1 wordt voor de LP2s- of LP2n-funderingspaal op identieke wijze uitgevoerd. In figuur 24 is een schets van de constructie weergegeven. De poer wordt tot 0,8 m diepte aangelegd. Bovenkant bevindt zich op 0,3 meter boven maaiveld. Via op te lassen blokdeuvels aan de bestaande en de nieuwe palen worden de krachten overgebracht.



Figuur 23 Paalplaatsing versterkte fundering



Figuur 24 Principevoorstel versterking eenpaalsfundering

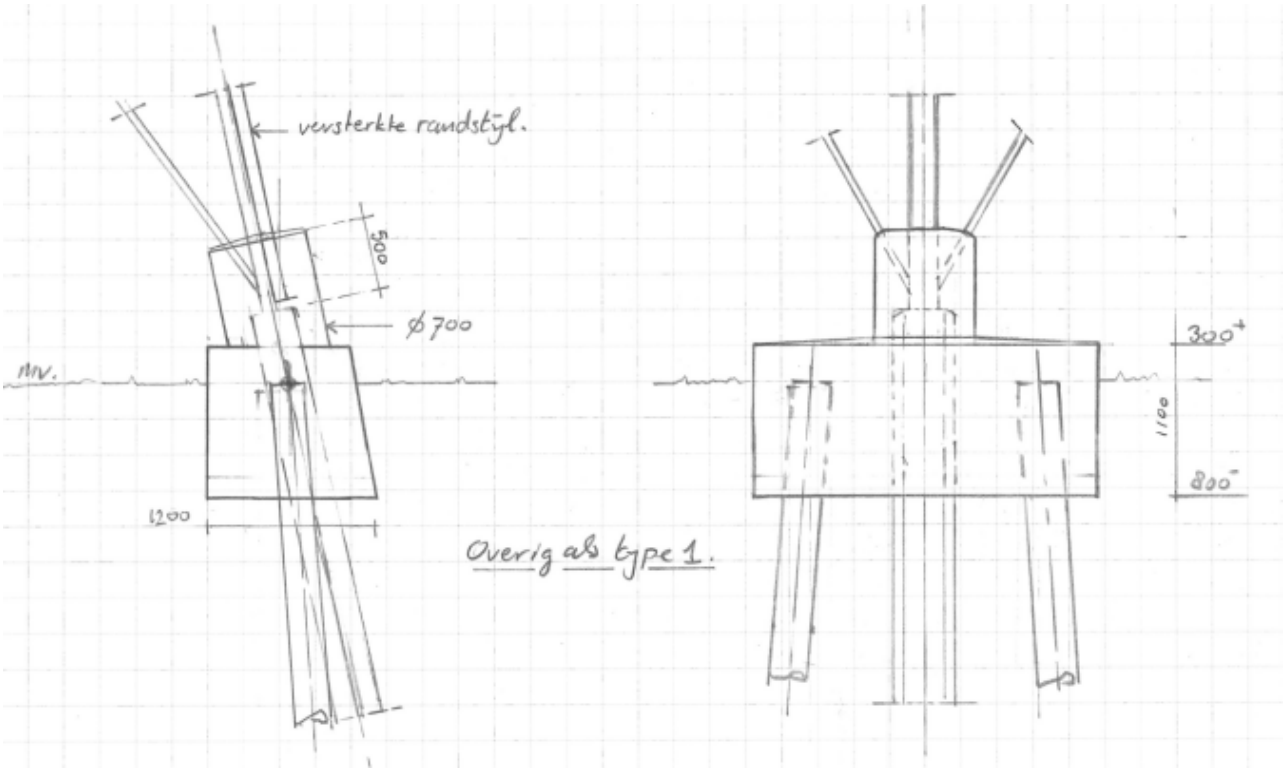
De toetsing van de palen op het verticale draagvermogen is in paragraaf 7.1 beschreven. Een tweede toets is uitgevoerd ten aanzien van de horizontale krachtsafdracht, zie Appendix J. Uit de berekeningen blijkt dat de nieuwe palen onder tenminste een schoorstand van 1:7 moeten worden aangebracht om voldoende effectief belasting op te nemen. Zouden de palen verticaal of "te lood" worden aangebracht dan ontstaan zowel horizontale als verticale verplaatsingen die onacceptabel groot zijn. De schoorstand van 1:7 geeft een speelruimte naar mastconstructie toe van 0,6 meter (zie Figuur 23), hetgeen voldoet aan de hiervoor gestelde eis van 0,5 m vanuit het oogpunt van uitvoerbaarheid.

In Appendix G is op indicatieve wijze de wapening berekend.

De tweepaalspoer van type 1 komt op 22 mastlocaties als oplossing voor, viermaal per mast.

7.5 Eenpaalsfunderingen type 1P+2P type 2

De fundering van de steunmasten met randstijlverzwaring wordt verzwaard met een tweepaalspoer, waarbij de randstijl wordt opgenomen in een korte betonnen kolom. Hierdoor kan de belasting van het nieuw aan te brengen hoekstaal worden overgebracht op de poer. Hoewel de belasting groter is dan op poertype 1, is de doorsnede van de poer gelijk genomen aan de poeren van type 1.

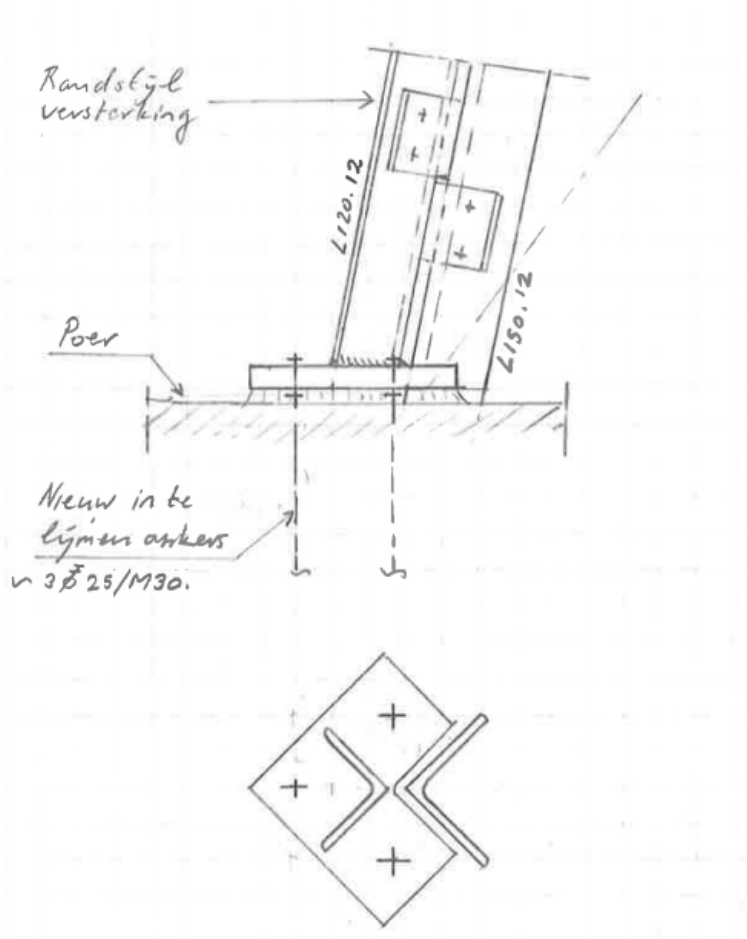


Figuur 25 Principevoorstel versterking eenpaalsfundering indien randstijl verzwaard

Voor toetsing op horizontale belastingen zien type 1, waar reeds met de hogere belasting van type 2 rekening was gehouden. De tweepaalspoer van type 2 komt op 13 mastlocaties als oplossing voor, vier poeren per mast.

7.6 Mast 171

Bij deze mast dient de randstijl versterkt te worden, de bestaande tweepaalspoer heeft voldoende capaciteit en blijft ongewijzigd. Er zal een voorziening moeten worden aangebracht om de belasting uit de nieuwe randstijl in te leiden in de bestaande poer. Het voorstel is om drie ankerstaven in te lijmen. In figuur 26 is dit indicatief weergegeven. De ankerlengte is beperkt door het snijpunt met de ingestorte randstijl, de ankers worden verticaal geboord, deze ontmoeten op een gegeven moment binnen de poer de ingestorte randstijl.

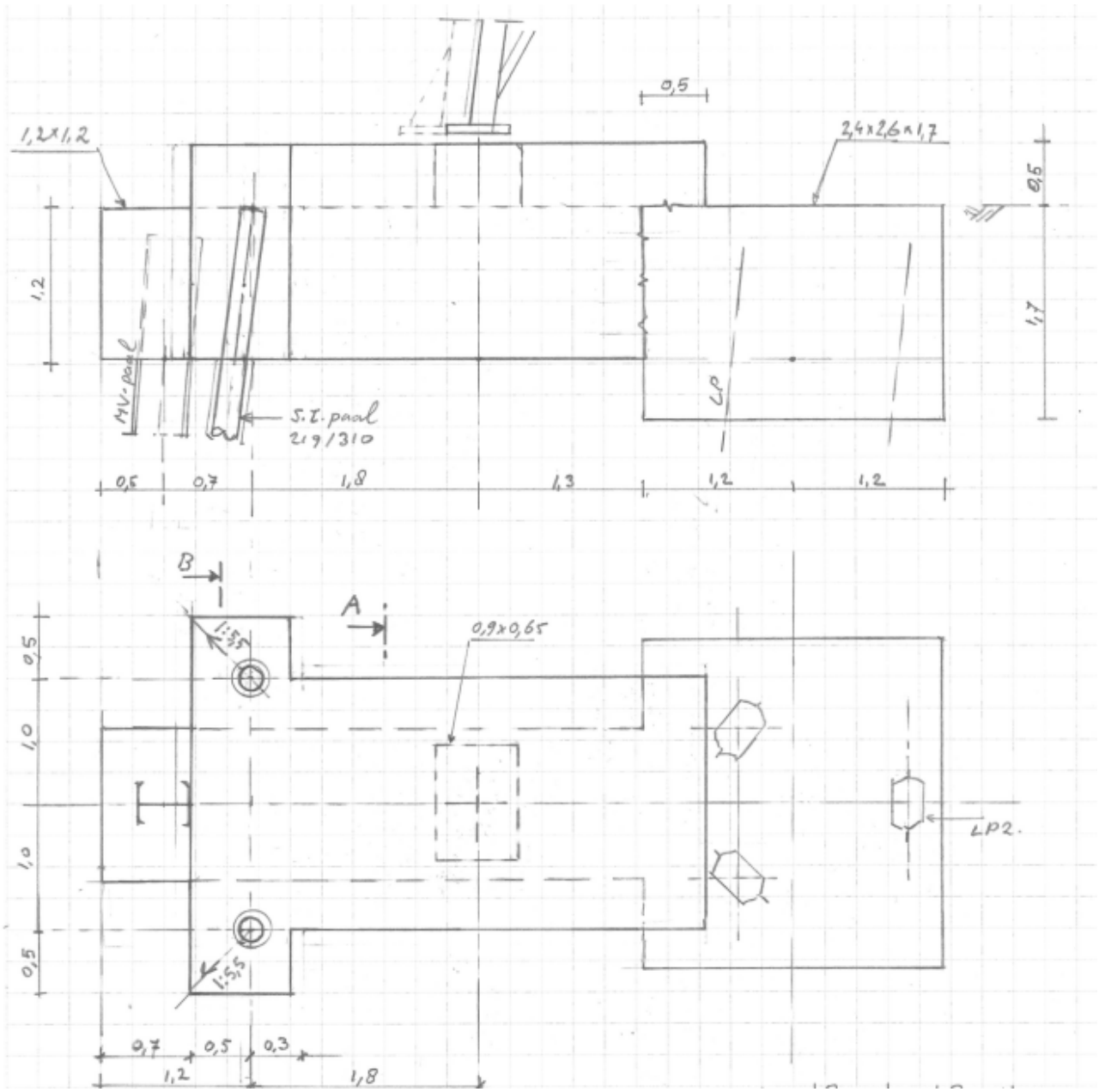


Figuur 26 Krachtsinleiding versterkte randstijl mast 171

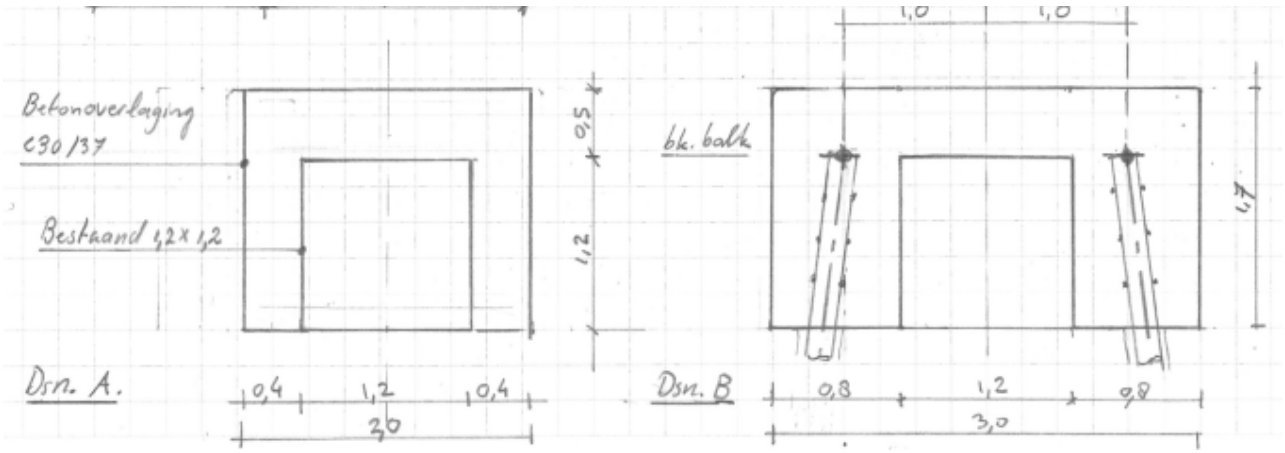
7.7 Mast 176

De betonbalk waar de kruisingsmast op is geplaatst bezit onvoldoende capaciteit in de bovenwapening. Er worden aanvullende palen aangebracht waar een aanpassing in de betonconstructie voor benodigd is. In Appendix G is de wapening verder uitgewerkt. De dikte van de overlaging is met 0,5 m gelijk aan de bestaande opstorting waar de mast op is geplaatst. De breedte aan weerszijden van de balk is 0,4 m.

Naast deze maatregelen dient ook rekening te worden gehouden met het aanbrengen van additionele ankers om de belasting uit de te versterken randstijl van de mast in te leiden. Deze ankers dienen ingelijmd te worden in te boren gaten.



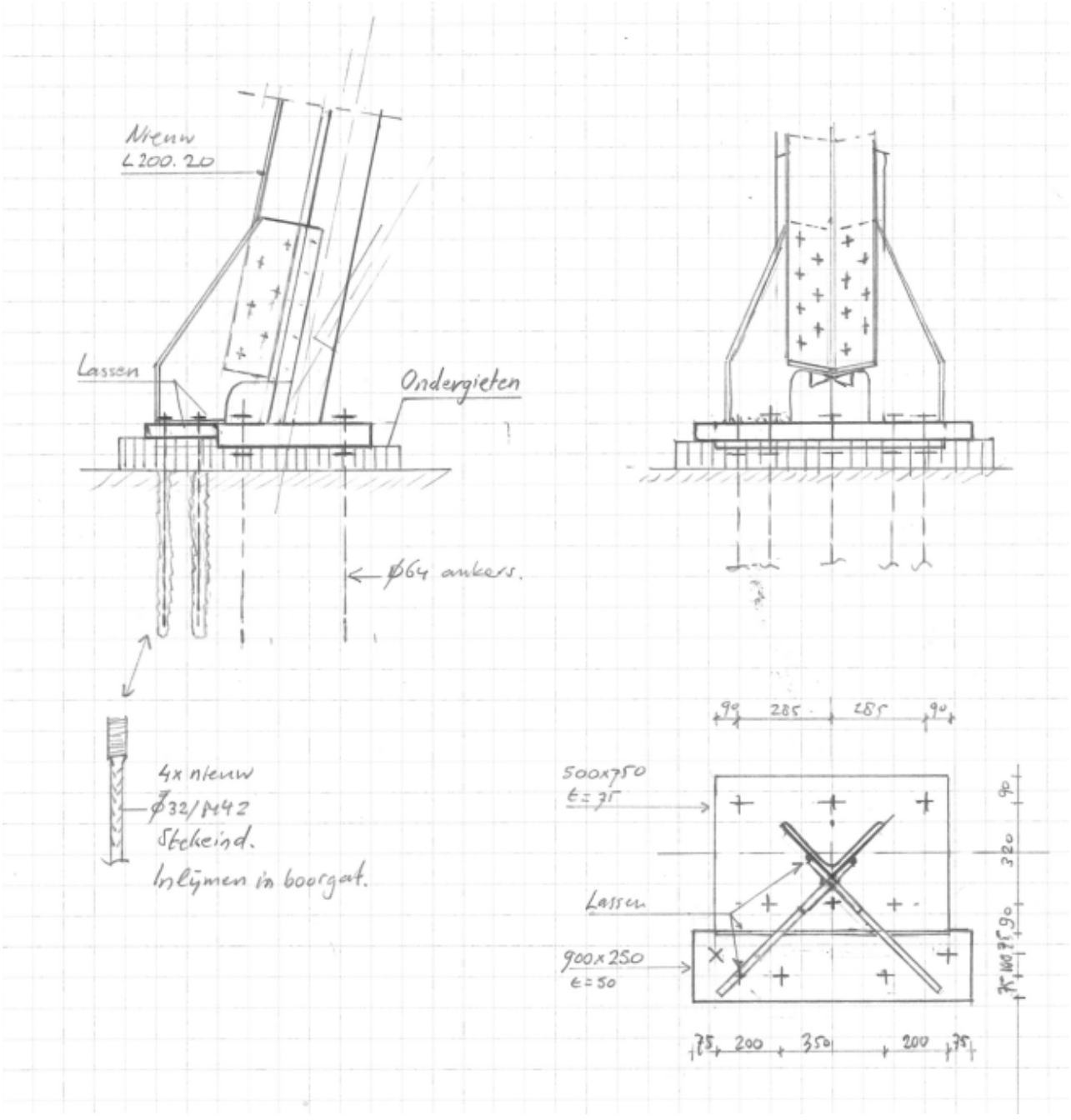
Figuur 27 Versterking balk mast 176



Figuur 28 Doorsneden te versterken fundatie mast 176

7.8 Ketelmeerfundaties

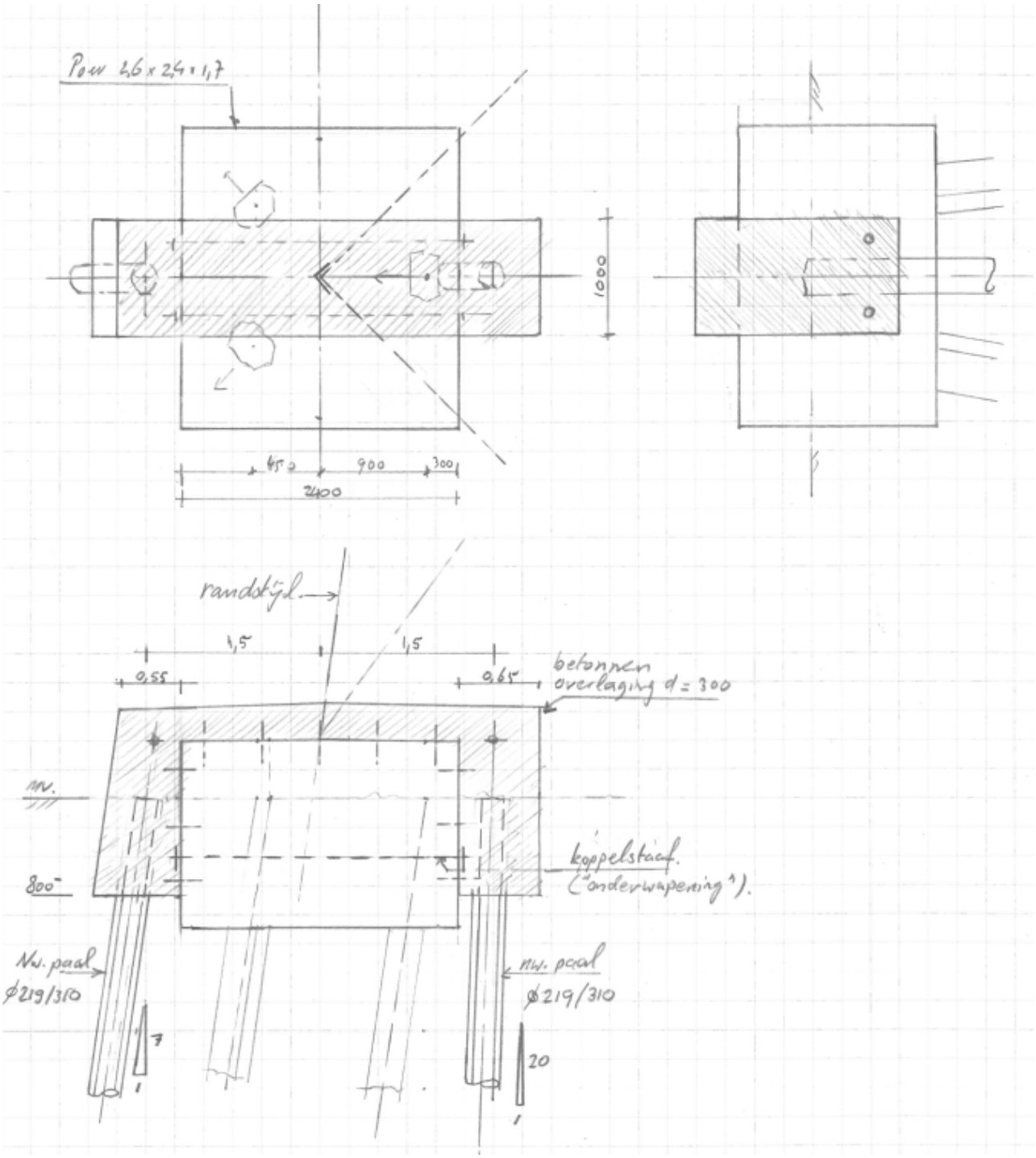
De randstijlen van de masten op de fundaties in het Ketelmeer moeten worden verzwaard. Hierdoor dient rekening te worden gehouden met het aanbrengen van additionele ankers om de belasting uit de te versterken randstijl van de mast in te leiden. Deze ankers dienen ingelijmd te worden in te boren gaten. Zie rapport 1.3a "mastconstructies" voor controle van de ankers.



Figuur 29 Versterking ankers kruisingsmasten

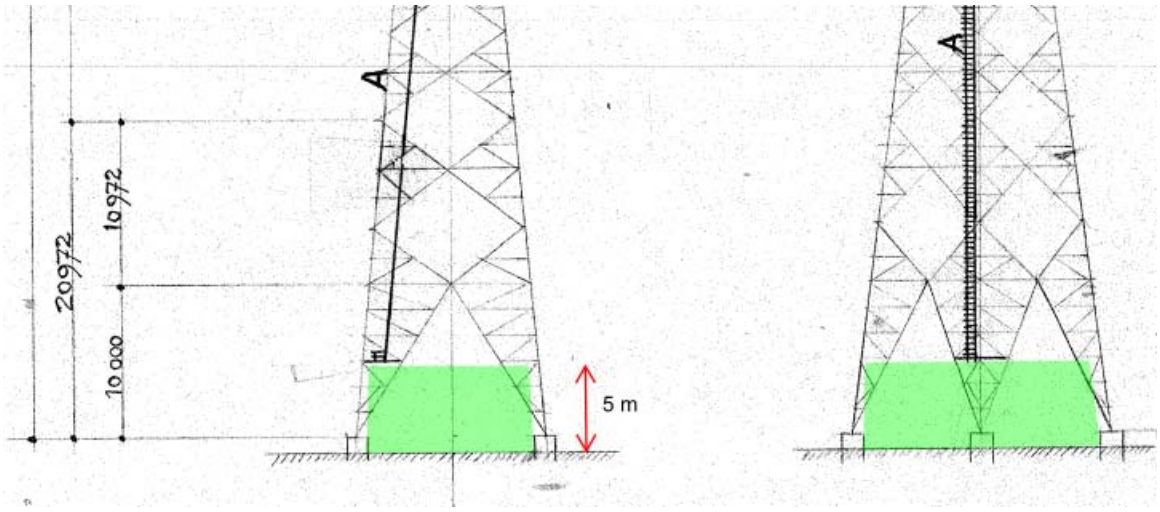
7.9 Mast 179

De paalfundering van de kruisingsmast 179 voldoet niet op trek. De wapening in de driepaalspoer voldoet niet. Een versterking wordt voorgesteld waarbij twee groutinjectiepalen vanuit de radiale (vanuit het hart mast gezien) richting gezien aan weerszijden van de bestaande poer worden aangebracht en de poer omstort wordt met een gewapend betonnen overlaging. De overlaging wordt verbonden met in te lijmen wapeningstekken en het aan te sluiten oppervlak moet worden opgeruwd.



Figuur 30 Versterkte fundatie mast 179

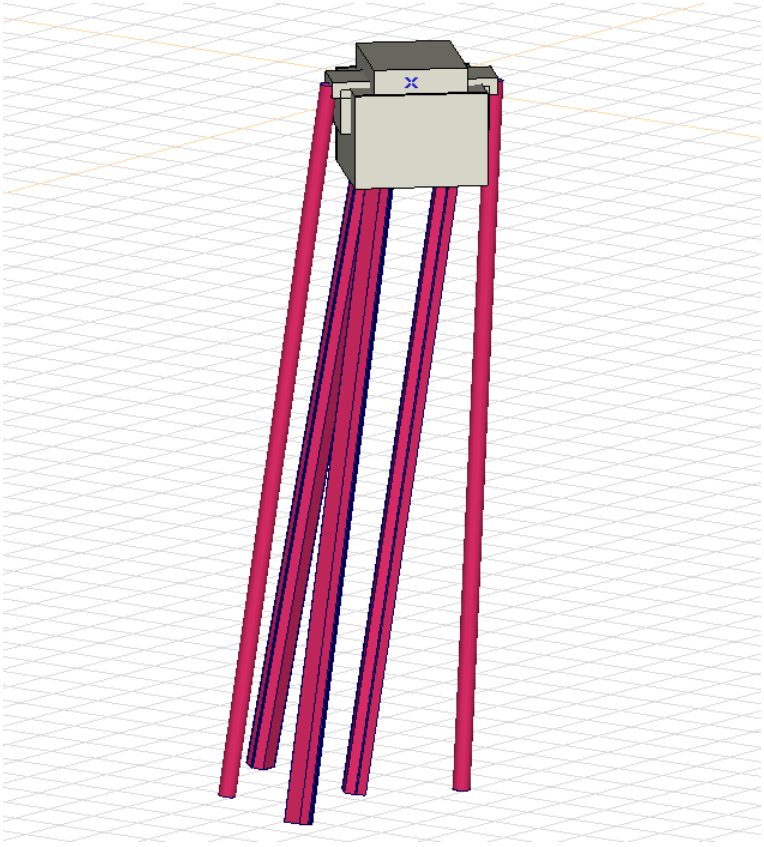
De keuze voor deze paalplaatsing vloeit voort uit de randvoorwaarde om schoorpalen toe te passen. Een te lood geheide paal is vanwege de afwijkende richting ten opzichte van de randstijl niet effectief, dit blijkt uit de toetsing van de horizontale afdracht, zie Appendix J. Door de reeds aanwezige drie palen, is een oplossing met schoorpalen aan de andere twee zijden van de poer (tangentiële richting) niet mogelijk zonder dat óf de paalpunten van nieuwe en bestaande paal elkaar raken, óf de paal en heistelling in conflict komt met de mastconstructie, tenzij de poer met meters wordt verlengd. Aangezien het broekstuk van mast D+24 geen inwendig pootverband heeft én groot van afmeting is, moet het aanbrengen van een paal binnen de mast met de beoogde kleine heistelling geen groter bezwaar opleveren met het oog op het risico van beschadigingen. Bovendien kunnen palen in segmenten worden aangebracht zodat de hoogte beperkt is van de stelling. De werkhoogte is maximaal 5 meter gerekend vanaf maaiveld. Er is dan nog circa 0,5 meter marge ten opzichte van het beginpunt van de ladder binnen de mast in een van de vier hoekpunten. Zie figuur.



Figuur 31 Beschikbare werkhoogte aan binnenzijde van de mast voor aanbrengen palen

De dikte van de overlaging aan de bovenzijde bedraagt 300 mm, de breedte is 1000 mm. De betonnen overlaging loopt door tot over de zijkanten waarin de palen opgenomen worden. Vanwege het toegenomen moment door naar buiten gebrachte palen moet via ankerstaven door horizontaal geboorde gaten de samenhang van de poer verzorgd worden, als onderwapening. Naast deze maatregelen dient ook rekening te worden gehouden met het aanbrengen van additionele ankers om de belasting uit de te versterken randstijl van de mast in te leiden. Deze ankers dienen ingelijmd te worden in te boren gaten, zie principe bij 7.8.

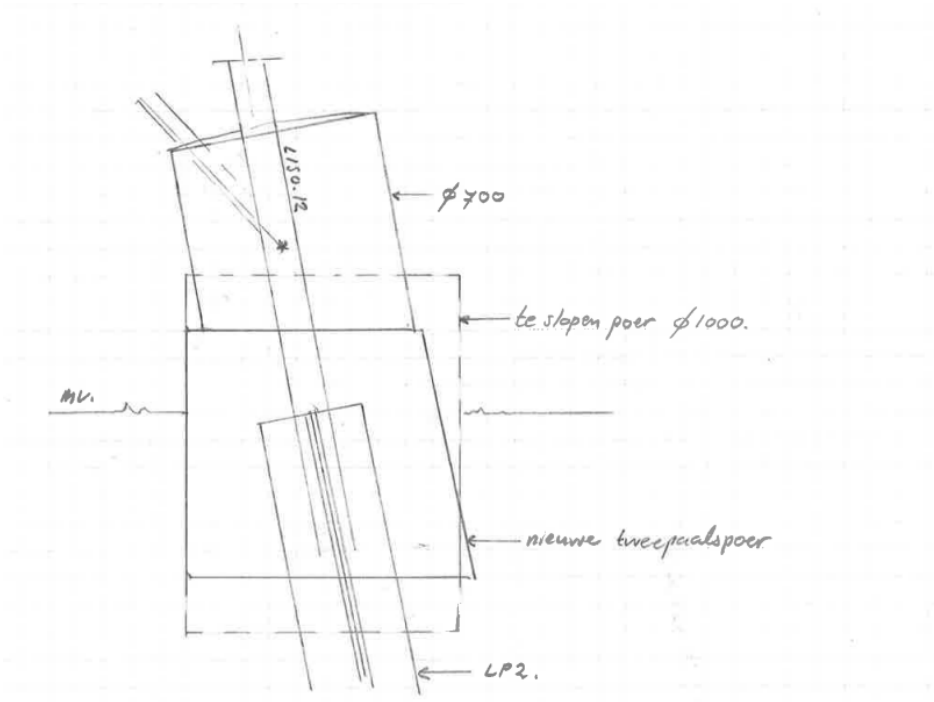
Zie Appendix G voor indicatieve uitwerking van de wapening.



Figuur 32 3D-principe paalplaatsing, links en rechts de nieuwe palen

7.10 Masten met eenpaalspoer

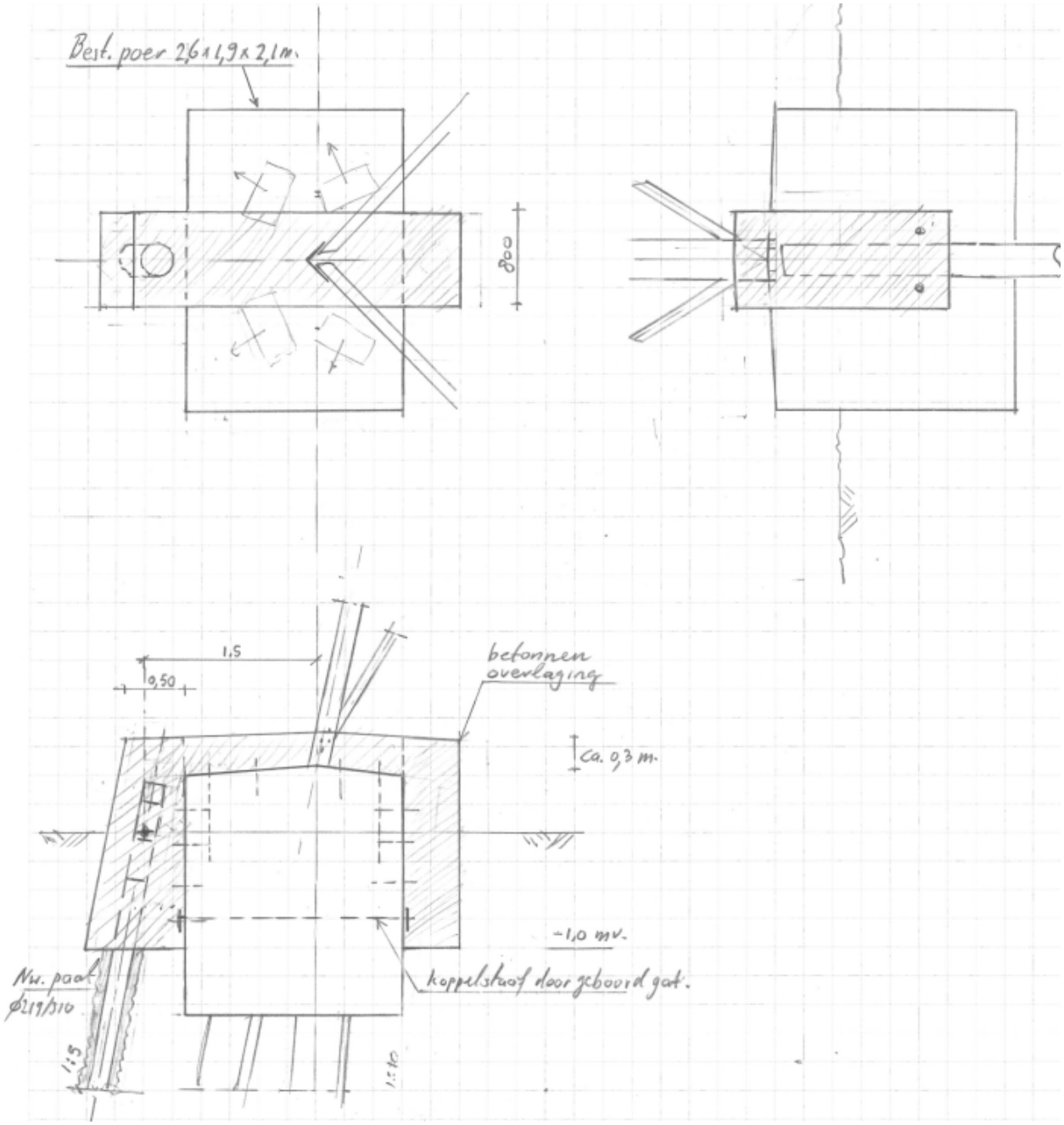
Er zijn drie masten met een eenpaalspoer, nummer 162, 188 en 202. Opnemen van deze poer in een nieuwe tweepaalspoer leidt vanwege de omvang van 1 meter doorsnede tot te grote afmetingen van de nieuwe poer. Voorgesteld wordt om de eenpaalspoer te slopen. Vanwege het feit dat de randstijl doorloopt tot in de funderingspaal zal dit zonder ingrijpende ondersteuningsmaatregelen aan de mastconstructie mogelijk zijn. Zie figuur 33.



Figuur 33 Nieuwe poer bij bestaande eenpaalspoer

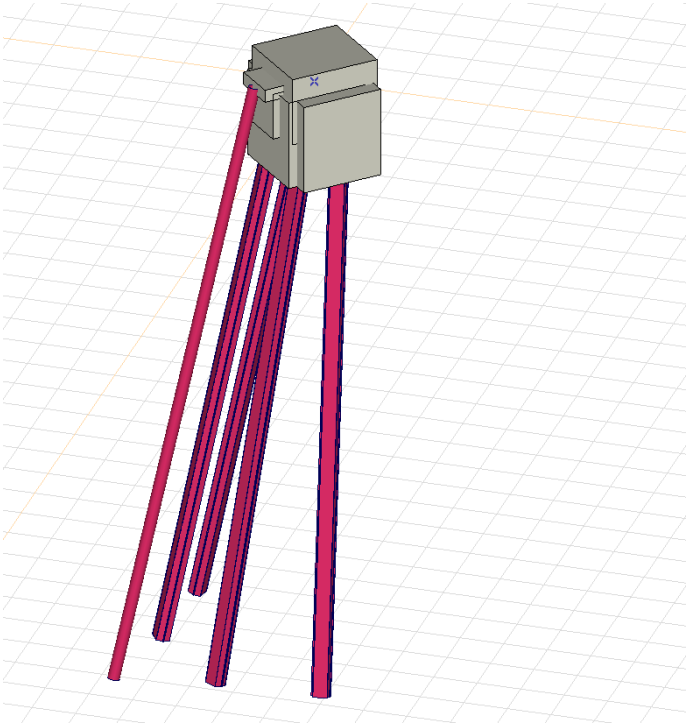
7.11 Masten met vierpaalspoer

De toetsing van de vierpaalspoer heeft uitgewezen dat er bij de drie zwaarst belaste masten 193, 204 en 206 onvoldoende capaciteit is om horizontale belastingen af te dragen. Een versterkingsvoorstel is uitgewerkt waarbij de poer met een nieuw bij te plaatsen paal wordt verzwaard en een betonnen overlaging wordt toegepast. De overlaging wordt verbonden met in te lijmen wapeningstekken en het aan te sluiten oppervlak moet worden opgeruwd.



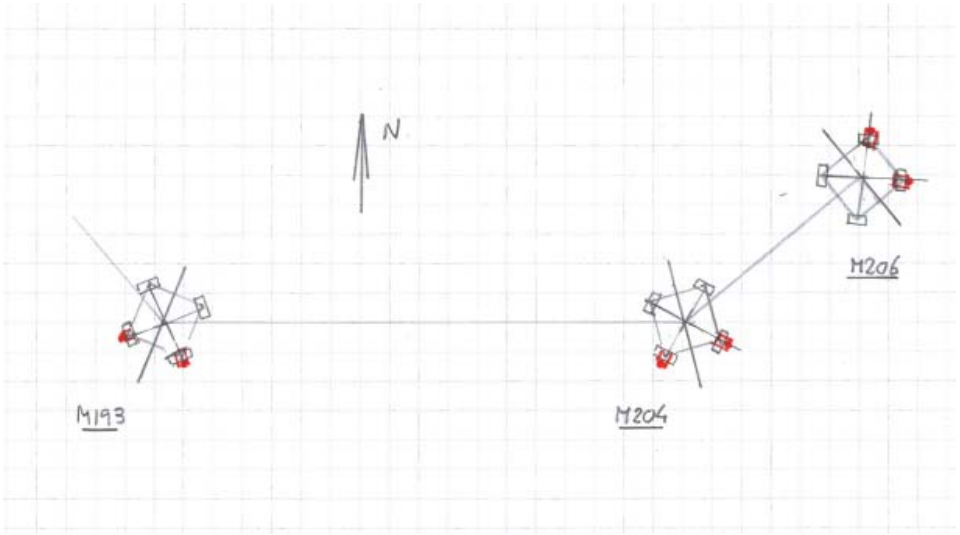
Figuur 34 Versterkte vierpaalspoer

De paal bevindt zich buiten de huidige funderingspalen zodat het zwaartepunt van de paalgroep beter samenvalt met de belastingrichting vanuit de mast. Daardoor voldoet de constructie na versterking met een enkele paal. In Figuur 35 is het principe van de paalplaatsing ruimtelijk weergegeven. Voor verdere uitwerking van de krachtsafdracht zie Appendix J.



Figuur 35 Paalplaatsing versterkte vierpaalspoer

Mastlocaties waar deze versterking noodzakelijk is, zijn mast 193, 204 en 206. Dit zijn alle masten met een sterke permanente eenzijdige trekbelasting. Daardoor is het mogelijk om onderscheid te maken tussen de op druk belaste en op trek belaste funderingspoeren. De versterking is enkel vereist aan de dominant op trek belaste zijde, waarbij ook geldt dat de verhoogde belasting door "kustzone" geen trek veroorzaakt op de funderingen aan de noordkant in de "binnenbocht".



Figuur 36 Te versterken poeren aan dominant op trek belaste zijde

Voor indicatieve uitwerking van de wapening zie Appendix G.

8 CONCLUSIE

Als onderdeel van het opwaarderingsproject van de hoogspanningslijn Lelystad – Ens zijn de bestaande fundaties getoetst aan het afkeurniveau voor bestaande bouw volgens NEN 8700. Daarbij zijn de palen gecontroleerd ten aanzien van de aanwezige capaciteit op trek-, druk- en horizontale belasting. Voor constructies die niet voldoen is een versterking uitgewerkt.

8.1 Toetsing bestaande fundering aan afkeurniveau

Uit de toetsingen is gebleken dat de fundaties van de steunmasten in het geval van een enkele paal op één uitzondering na niet voldoen aan de eisen ten aanzien van de capaciteit op trekbelasting. In een aantal gevallen voldoet de paal eveneens niet op drukbelasting.

De palen onder de fundaties van de hoekmasten hebben in alle gevallen voldoende capaciteit op zowel trek- als drukbelasting, echter bij drie van de vijf vierpaalspoeren veroorzaakt de horizontale belasting een overschrijding van de capaciteit.

De steunmasten die op een tweepaalspoer zijn gefundeerd voldoen, dit betreft drie masten.

De betonconstructies met paalfunderingen in het Ketelmeer voldoen op zowel trek- als drukbelasting, ondanks de hoge windbelasting door terreincategorie “kustzone”.

De fundaties van de twee kruisingsmasten aan weerszijden van het Ketelmeer voldoen niet. Bij mast 176 voldoet de wapening in de dragende betonnen balk niet. Bij mast 179 is het draagvermogen van de paalfundering op trek onvoldoende en voldoet de wapening in de poer niet.

In de fundering van de vakwerkkolommen in het stationsportaal van Lelystad voldoen de palen onder de middelste schoor niet op trekbelasting. Bij de fundering van de portalen van station Ens zijn geen overschrijdingen vastgesteld op de capaciteit. Dit geldt zowel voor palen als de betonconstructie.

8.2 Versterkingen

Voor de fundaties die niet voldoen zijn versterkingsvoorstellen uitgewerkt.

Hierbij zijn twee paalsystemen in aanmerking genomen; geheide stalen buispalen van 273 mm of geschroefde stalen buispalen met groutinjectie (schroefinjectiepalen). De diameter van de stalen buis varieert tussen 219 en 323 mm, de schroefpunt tussen 310 en 450 mm. De palen worden schoor 1:7 aangebracht, de hartafstand tot de bestaande paal is 0,8 meter. De palen dienen over de in te storten lengte te worden voorzien van opgelaste blokdeuvels.

Door middel van een tweepaalspoer zullen de belastingen vanuit de mast worden overgedragen aan de nieuwe palen. Deze poeren bevinden zich 0,3 meter boven maaiveld, hetgeen globaal gelijk is aan de tweepaalspoeren die reeds in de hoogspanningslijn voorkomen. De bestaande palen worden opgenomen in de poer en dienen te worden voorzien van opgelaste blokdeuvels.

De tweepaalspoer van mast 171 moet aangepast worden met aanvullende in te lijmen ankers.

De driepaalspoer van mast 179 dient te worden versterkt, waarbij twee palen per poer aangebracht worden. Voor het koppelen van de poer aan de palen dient de bestaande poer te worden van een gewapend betonnen overlaging en aanstorting bij de palen. Daarbij zal het betonoppervlak opgeruwd moeten worden en zullen wapeningsstekken ingelijmd worden. Voor de randstijlversterking zullen ankers worden ingelijmd.

De fundering met betonbalk van mast 176 dient versterkt te worden met een gewapend betonnen overlaging en aanstorting. Daarmee kunnen de twee aanvullende palen worden gemobiliseerd. Voor het

koppelen van de betonnen overlaging moet het oppervlak opgeruwd worden en moeten wapeningsstekken worden ingelijmd.

De masten in het Ketelmeer op de betonnen fundaties behoeven versterking voor de verankering van de randstijlverzwaring in de mastconstructie. Daarvoor worden nieuwe ankers ingelijmd in de betonconstructie.

Bij de drie masten met vierpaalspoeren die niet voldoen moeten per mast twee van de vier poeren versterkt worden met een extra paal en een betonnen overlaging en aanstorting.

Bij het portaal Lelystad dient bij de middelste trekschoor in het portaal een versterking met twee palen en een korte betonbalk aangebracht te worden om de capaciteit te laten voldoen.

In Tabel 30 zijn alle maatregelen met specificatie samengevat.

Tabel 30 Overzicht maatregelen

Mastnr.	Masttype	Paaltype nw. paal	Paallengte [m]	Aantal palen	Poertype	Afmeting nieuwe poer [m]	Wapenings hoeveelheid [kg/m³]	Aantal poeren	Aanpassingen bestaande poer	Opmerking
155B	Portaal	SI.-paal 323/450	14,5	2	Tweepaalspoer	1,5x0,8x4,0	80	1		1.
156	HC+0				Driepaalspoer (V&S)					2,3.
157	S+0	B273	14,40	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
158	S+0	B273	13,55	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
159	S+0	B273	16,50	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		4.
160	S+0	B273	13,65	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
161	S+0	B273	14,25	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
162	S+3	B273	14,95	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4	Bestaande poer slopen	
163	HA+0				Driepaalspoer					3.
164	S+0				Tweepaalspoer					3.
165	S+0	B273	13,25	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
166	S+0	SI.-paal 323/450	14,00	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
167	S+0	SI.-paal 323/450	14,30	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
168	S+0	SI.-paal 323/450	13,75	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
169	S+0	SI.-paal 219/310	13,10	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
170	S+0	B273	11,75	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
171	S+0				Tweepaalspoer				Ankers aanbrengen	5.
172	HB+0				Vierpaalspoer					3.
173	S+0				Tweepaalspoer					3.
174	S+0	SI.-paal 219/310	11,55	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
175	HA+0				Driepaalspoer					3.
176	SC+42	SI.-paal 219/310	17,80	8	Balk +	2x1,7x3,6	150	4	Betonnen aanstorting poer	6,9.
176	SC+42				Driepaalspoer				+ ankers aanbrengen	
177 (I)	SC+36				Ketelmeer "Z"				Ankers aanbrengen	
177 (II)	D+24				Ketelmeer "M"				Ankers aanbrengen	
178	D+24				Ketelmeer "N"				Ankers aanbrengen	
179	D+24	SI.-paal 219/310	17,10	8	3P+2P	1,0x1,6x3,7	150	4	Betonnen versterking, ankers aanbrengen	6,9.
180	S+0	SI.-paal 323/450	8,85	8	1P+2P type 2	1,15x1,1x2,4	90	4		
181	S+0	B273	10,70	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
182	HC+0				Driepaalspoer			4		3.
183	S+0	B273	11,50	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
184	S+0	B273	11,70	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
185	S+0	SI.-paal 323/450	13,10	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
186	S+0	B273	11,90	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
187	S+0	SI.-paal 219/310	11,15	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
188	S+0	SI.-paal 323/450	9,60	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4	Bestaande poer slopen	
189	S+0	B273	9,60	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
190	S+0	SI.-paal 323/450	10,10	8	1P+2P type 1	1,15x1,1x2,4	80	4		
191	HC+0				Vierpaalspoer		80	4		3.
192	S+0	SI.-paal 323/450	13,75	8	1P+2P type 2	1,15x1,1x2,4	90	4		
193	HC+0	SI.-paal 219/310	13,50	2	Vierpaalspoer	0,8x1,8x3,2	150	2	Betonnen versterking	7,9.
194	S+0	B273	14,05	8	1P+2P type 2	1,15x1,1x2,4	90	4		
195	S+0	SI.-paal 219/310	13,35	8	1P+2P type 2	1,15x1,1x2,4	90	4		
196	S+0	SI.-paal 219/310	13,15	8	1P+2P type 2	1,15x1,1x2,4	90	4		
197	S+0	B273	14,60	8	1P+2P type 2	1,15x1,1x2,4	90	4		
198	S+0	SI.-paal 323/450	14,05	8	1P+2P type 2	1,15x1,1x2,4	90	4		
199	S+0	SI.-paal 219/310	12,95	8	1P+2P type 2	1,15x1,1x2,4	90	4		
200	S+0	SI.-paal 219/310	12,50	8	1P+2P type 2	1,15x1,1x2,4	90	4		
201	S+0	SI.-paal 219/310	13,75	8	1P+2P type 2	1,15x1,1x2,4	90	4		
202	S+0	SI.-paal 219/310	14,10	8	1P+2P type 2	1,15x1,1x2,4	90	4	Bestaande poer slopen	
203	S+3	SI.-paal 219/310	13,20	8	1P+2P type 2	1,15x1,1x2,4	90	4		
204	HB+0	SI.-paal 219/310	11,45	2	Vierpaalspoer	0,8x1,8x3,2	150	2	Betonnen versterking	7,9.
205	S+0	SI.-paal 219/310	11,20	8	1P+2P type 2	1,15x1,1x2,4	90	4		
206	EA	SI.-paal 219/310	11,50	2	Vierpaalspoer	0,8x1,8x3,2	150	2	Betonnen versterking	7,9.
207	Portaal									3,8.

Opmerkingen:

1. *Hoogteligging bestaande poer inmeten.*
2. *Vaststellen of uitgangspunt voor het poertype op basis mast 1 en 154 overeenkomt met werkelijk aanwezige poertype.*
3. *Groen gearceerd: geen maatregelen geadviseerd.*
4. *Versterken op deze locatie mag op basis van U.C. ≤ 1,00 achterwege blijven.*
5. *Ankers dienen voor het verankeren van additioneel staalprofiel mastconstructie aan bestaande tweepaalspoer.*
6. *Naast het aanbrengen van ankers voor het verankeren van additioneel staalprofiel van de mastconstructie moeten ook wapeningstekken worden aangebracht voor het koppelen van de betonnen versterking aan de bestaande poer.*
7. *Wapeningsstekken aanbrengen voor koppelen betonnen versterking aan bestaande poer. T.p.v. overlaging betonpoer opruwen.*
8. *Aangenomen paallengte dient geverifieerd te worden.*
9. *Poerafmetingen overlappen met bestaande poer.*

APPENDIX A
Gebruikte gegevens

Omschrijving	Benaming	Nummer	Bestand
Masten			
Kalenderstaten SAG	"Herstellungsprotocol"		DIM-ENS380 Palenplan mast 160 tot 176 en 179 tot 206.pdf
Paal- en poerberekeningen SAG	"Statische Berechnung aller Pfahllängen 380 kV Ltg. Diemen – Ens" Statische Berechnung der Larssen Vierlingpfähle Mast 191, 193, 204 Statische Berechnung der Larssen Vierlingpfähle Mast 191, 193, 204 Statische Berechnung der Larssen Zwilingsfundamente Mast 164, 171, 173 Statische Berechnung der Larssen Drillingsfundamente Mast 163, 175, 182 Statische Berechnung der Larssen Drillingsfundamente Mast 176, 179 Statische Berechnung der Larssen Einzelpfhäle S+0		
Tekeningen SAG	Ramm- und Fundamentplan für LP-Drillungspfähle LP2s und LP2n	F3723, F3754	
	Ramm- und Fundamentplan für LP-Drillungspfähle 2P	F3749, F3749	
	Rammplann und Bewehrung Larssen-Stahlpfähle 3P	F3739, F3740	
	Ramm- und Fundamentplan für LP-Drillungspfähle 3P M176, M179	F3741, F3742	
	Ramm- und Fundamentplan für LP-Drillungspfähle 4P	F3773, F3774	
Beschrijving trekproef			trekproef paal - mast 100-129.pdf
Wapening poer mast 156	Fundatie mast 1	1922-7	fundatie - mast 1.tif
Vormtekening poer mast 156	Fundatie mast 154	1837-16A	fundatie - mast 154.pdf
Kalenderstaten mast 156-159	Heirapport Visser en Smit		kalenderstaat - mast 152tm159.pdf
Sonderingen mast 156-206	Grondmechanisch onderzoek Fugro Noord-West 380 kV deelgebied 4	000.144	0001.144.xxx.pdf
Lelystad			
Sonderingen station LLS	Grondonderzoek Fugro 380 kV-station IJsselmeerdijk 111 te Lelystad	R-3172	70561_26-07-06_Fugro Grondonderzoek 2000.pdf
Berekening palen	Verstraeten B.V. Fundamenten Lelystad Engineering en paalberekening	200034	betonconstructie_B.tif
Palenplan	Palenplan	006256-0000	Palenplan.tif
Detaillering palen	Details	006256-0002	
Ketelmeer			
Funderingen Ketelmeer	Overzicht	W516-1-1	HEBW516-1-1.tif
	Schacht	W516-5-1	HEBW516-5-1.tif
	Vormtekening M,N	W516-6	HEBW516-6.tif
	Vormtekening Z	W516-8	HEBW516-8.tif
	Balkwapening M,N	W516-7-3	HEBW516-7-3.tif
	Balkwapening Z	W516-9-2	HEBW516-9-2.tif
Ens			
Funderingen Ens	Overzicht fundaties	758.09-88	758.09-88.tif
	Palenplan	758.09-34	758.09-34.tif
Sonderingen Ens	Grondonderzoek Koops&Romeijn	2015-106-A	4,5,6,7.pdf

APPENDIX B
Gegevens funderingen

Paalgegevens bestaand

Mastnr.	Mast-type	Aantal palen	Paaltype	Paallengte [m]	Paal boven maaiveld [m]	Maaiveld 2014 [m]	Paalpuntniveau t.o.v. NAP [m]
156	HC+0	12	LP2s	16.00	0.75	-4.65	-19.70
157	S+0	4	LP2s	15.00	0.30	-4.55	-19.05
158	S+0	4	LP2s	14.00	0.30	-4.60	-18.10
159	S+0	4	LP2s	17.00	0.30	-4.60	-21.10
160	S+0	4	LP2s	14.50	0.50	-4.45	-18.25
161	S+0	4	LP2s	15.00	0.50	-4.40	-18.70
162	S+3	4	LP2s	15.00	0.00	-4.55	-19.35
163	HA+0	12	LP2s	14.50	0.00	-4.55	-18.85
164	S+0	8	LP2s	14.00	0.00	-4.50	-18.30
165	S+0	4	LP2s	14.00	0.50	-4.45	-17.75
166	S+0	4	LP2s	14.50	0.50	-4.65	-18.45
167	S+0	4	LP2s	15.00	0.50	-4.65	-18.95
168	S+0	4	LP2s	15.00	0.50	-4.10	-18.40
169	S+0	4	LP2s	13.50	0.50	-4.40	-17.20
170	S+0	4	LP2s	12.50	0.50	-4.35	-16.15
171	S+0	8	LP2s	13.00	0.00	-4.40	-17.20
172	HB+0	16	LP2s	13.00	0.00	-4.40	-17.20
173	S+0	8	LP2s	11.50	0.00	-4.40	-15.70
174	S+0	4	LP2s	12.50	0.50	-4.15	-15.95
175	HA+0	12	LP2s	13.50	0.00	-4.30	-17.60
176	SC+42	4	MVI Sp 350L	19.00	-0.20	-4.55	-23.55
176	SC+42	12	LP2s	18.00	0.00	-4.55	-22.35
177 (I)	SC+36	28	KP-26	16.50	-8.00	0.00	-24.50
177 (II)	D+24	28	KP-26	13.00	-8.00	0.00	-21.00
178	D+24	28	KP-26	14.50	-8.00	0.00	-22.50
179	D+24	12	LP2s	13.00	0.00	-4.30	-17.10
180	S+0	4	LP2n	9.50	0.50	-4.35	-13.15
181	S+0	4	LP2n	11.50	0.50	-4.25	-15.05
182	HC+0	12	LP2s	13.00	0.00	-4.25	-17.05
183	S+0	4	LP2n	12.10	0.40	-4.25	-15.75
184	S+0	4	LP2n	12.50	0.50	-4.15	-15.95
185	S+0	4	LP2n	12.60	0.40	-4.25	-16.25
186	S+0	4	LP2n	12.50	0.50	-4.35	-16.15
187	S+0	4	LP2n	12.00	0.50	-4.20	-15.50
188	S+0	4	LP2s	10.00	0.00	-4.00	-13.80
189	S+0	4	LP2n	10.00	0.50	-4.30	-13.60
190	S+0	4	LP2n	10.00	0.50	-4.10	-13.40
191	HC+0	16	LP2s	13.50	0.00	-3.90	-17.20
192	S+0	4	LP2n	14.05	0.45	-4.25	-17.65
193	HC+0	16	LP2n	14.00	0.00	-3.95	-17.75
194	S+0	4	LP2n	14.50	0.50	-4.20	-18.00
195	S+0	4	LP2S	14.10	0.40	-4.05	-17.55
196	S+0	4	LP2n	14.00	0.50	-3.90	-17.20
197	S+0	4	LP2S	15.00	0.50	-4.20	-18.50
198	S+0	4	LP2n	13.00	0.50	-3.95	-16.25
199	S+0	4	LP2n	13.50	0.50	-4.10	-16.90
200	S+0	4	LP2n	13.50	0.50	-3.80	-16.60
201	S+0	4	LP2n	14.50	0.50	-3.75	-17.55
202	S+0	4	LP2n	15.00	0.50	-3.55	-17.85
203	S+3	4	LP2n	14.00	0.50	-3.45	-16.75
204	HB+0	16	LP2n	12.50	0.00	-2.60	-14.90
205	S+0	4	LP2n	12.00	0.50	-2.50	-13.80
206	EA	16	LP2n	12.00	0.00	-2.20	-14.00

Poergegevens bestaand

Mastnr.	Masttype	Poertype	b [m]	l [m]	h [m]	Afm. onder MV [m]	Afm. boven MV [m]	Afm. onder GWS [m]	Volume poer [m^3]
156	HC+0	Driepaalspoer (V&S)	2.25	1.70	1.70	1.30	0.40	0.80	8.35
157	S+0								
158	S+0								
159	S+0								
160	S+0								
161	S+0								
162	S+3	Eenpaalspoer	1.00	0.00	1.45	0.90	0.55	0.40	1.14
163	HA+0	Driepaalspoer	1.75	2.60	2.31	1.70	0.61	1.20	10.51
164	S+0	Tweepaalspoer	1.00	2.20	1.55	1.00	0.55	0.50	3.41
165	S+0								
166	S+0								
167	S+0								
168	S+0								
169	S+0								
170	S+0								
171	S+0	Tweepaalspoer	1.00	2.20	1.55	1.00	0.55	0.50	3.41
172	HB+0	Vierpaalspoer	1.90	2.60	2.31	1.70	0.61	1.20	11.41
173	S+0	Tweepaalspoer	1.00	2.20	1.55	1.00	0.55	0.50	3.41
174	S+0								
175	HA+0	Driepaalspoer	1.75	2.60	2.31	1.70	0.61	1.20	10.51
176	SC+42	Balk	1.20	4.30	1.20	0.70	0.50	0.20	6.19
176	SC+42	Driepaalspoer	2.40	2.60	1.80	1.30	0.50	0.80	11.23
177 (I)	SC+36	Ketelmeer "Z"							
177 (II)	D+24	Ketelmeer "M"							
178	D+24	Ketelmeer "N"							
179	D+24	Driepaalspoer 179	2.40	2.60	1.80	1.30	0.50	1.20	10.51
180	S+0								
181	S+0								
182	HC+0	Driepaalspoer	1.75	2.60	2.31	1.70	0.61	0.40	10.51
183	S+0								
184	S+0								
185	S+0								
186	S+0								
187	S+0								
188	S+0	Eenpaalspoer	1.00	0.00	1.45	0.90	0.55		1.14
189	S+0								
190	S+0								
191	HC+0	Vierpaalspoer	1.90	2.60	5.20	2.60	2.60	1.40	12.40
192	S+0								
193	HC+0	Vierpaalspoer	1.90	2.60	5.20	2.60	2.60	1.40	12.40
194	S+0								
195	S+0								
196	S+0								
197	S+0								
198	S+0								
199	S+0								
200	S+0								
201	S+0								
202	S+0	Eenpaalspoer	1.00	0.00	1.45	0.90	0.55	0.40	1.14
203	S+3								
204	HB+0	Vierpaalspoer	1.90	2.60	2.51	1.90	0.61	1.40	12.40
205	S+0								
206	EA	Vierpaalspoer	1.90	2.60	2.51	1.90	0.61	1.40	12.40

Paalgegevens nieuw palen

Mastnr.	Mast-type	Aantal palen	Paaltype	Paallengte [m]	Bovenkant paal [m]	Maaiveld 2014 [m]	Paalpuntniveau t.o.v. NAP [m]
156	HC+0						-19,70
157	S+0	2	B273	14,40	-4,65	-4,65	-19,05
158	S+0	2	B273	13,55	-4,55	-4,55	-18,10
159	S+0	2	B273	16,50	-4,60	-4,60	-21,10
160	S+0	2	B273	13,65	-4,60	-4,60	-18,25
161	S+0	2	B273	14,25	-4,45	-4,45	-18,70
162	S+3	2	B273	14,95	-4,40	-4,40	-19,35
163	HA+0						
164	S+0						
165	S+0	2	B273	13,25	-4,50	-4,50	-17,75
166	S+0	2	SI.-paal 323/450	14,00	-4,45	-4,45	-18,45
167	S+0	2	SI.-paal 323/450	14,30	-4,65	-4,65	-18,95
168	S+0	2	SI.-paal 323/450	13,75	-4,65	-4,65	-18,40
169	S+0	2	SI.-paal 219/310	13,10	-4,10	-4,10	-17,20
170	S+0	2	B273	11,75	-4,40	-4,40	-16,15
171	S+0						
172	HB+0						
173	S+0						
174	S+0	2	SI.-paal 219/310	11,55	-4,40	-4,40	-15,95
175	HA+0						
176	SC+42	2	SI.-paal 219/310	17,80	-4,55	-4,55	-22,35
176	SC+42						
177 (I)	SC+36						
177 (II)	D+24						
178	D+24						
179	D+24	2	SI.-paal 219/310	17,10	0,00	0,00	-17,10
180	S+0	2	SI.-paal 323/450	8,85	-4,30	-4,30	-13,15
181	S+0	2	B273	10,70	-4,35	-4,35	-15,05
182	HC+0						
183	S+0	2	B273	11,50	-4,25	-4,25	-15,75
184	S+0	2	B273	11,70	-4,25	-4,25	-15,95
185	S+0	2	SI.-paal 323/450	13,10	-4,15	-4,15	*-17,25*
186	S+0	2	B273	11,90	-4,25	-4,25	-16,15
187	S+0	2	SI.-paal 219/310	11,15	-4,35	-4,35	-15,50
188	S+0	2	SI.-paal 323/450	9,60	-4,20	-4,20	-13,80
189	S+0	2	B273	9,60	-4,00	-4,00	-13,60
190	S+0	2	SI.-paal 323/450	10,10	-4,30	-4,30	*-14,40*
191	HC+0						
192	S+0	2	SI.-paal 323/450	13,75	-3,90	-3,90	-17,65
193	HC+0	1	SI.-paal 219/310	13,50	-4,25	-4,25	-17,75
194	S+0	2	B273	14,05	-3,95	-3,95	-18,00
195	S+0	2	SI.-paal 219/310	13,35	-4,20	-4,20	-17,55
196	S+0	2	SI.-paal 219/310	13,15	-4,05	-4,05	-17,20
197	S+0	2	B273	14,60	-3,90	-3,90	-18,50
198	S+0	2	SI.-paal 323/450	14,05	-4,20	-4,20	*-18,25*
199	S+0	2	SI.-paal 219/310	12,95	-3,95	-3,95	-16,90
200	S+0	2	SI.-paal 219/310	12,50	-4,10	-4,10	-16,60
201	S+0	2	SI.-paal 219/310	13,75	-3,80	-3,80	-17,55
202	S+0	2	SI.-paal 219/310	14,10	-3,75	-3,75	-17,85
203	S+3	2	SI.-paal 219/310	13,20	-3,55	-3,55	-16,75
204	HB+0	1	SI.-paal 219/310	11,45	-3,45	-3,45	-14,90
205	S+0	2	SI.-paal 219/310	11,20	-2,60	-2,60	-13,80
206	EA	1	SI.-paal 219/310	11,50	-2,50	-2,50	-14,00

NB1: SI.-paal: schoefinjectiepaal.
NB2: cursief aangegeven paalpuntniveau ligt lager dan bestaand niveau

Poergegevens nieuwe poeren

Mastnr.	Masttype	Poertype	Opmerking	b [m]	l [m]	h [m]	Afm. onder MV [m]	Afm. boven MV [m]	Afm. boven MV [m]2	Afm. onder GWS [m]	Volume poer [m^3]	EG_{poer} [kN]
156	HC+0	Driepaalspoer		2,25	1,70	1,70	1,30	0,40	0,80	0,80	8,35	200
157	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
158	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
159	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
160	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
161	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
162	S+3	1P+2P type 1	Bestaande poer slopen	1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,55	0,30	3,04	73
163	HA+0	Driepaalspoer		1,75	2,60	2,31	1,70	0,61	0,61	1,20	10,51	252
164	S+0	Tweepaalspoer		1,00	2,20	1,55	1,00	0,55	0,55	0,50	3,41	82
165	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
166	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
167	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
168	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
169	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
170	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
171	S+0	Tweepaalspoer		1,00	2,20	1,55	1,00	0,55	0,55	0,50	3,41	82
172	HB+0	Vierpaalspoer		1,90	2,60	2,31	1,70	0,61	0,61	1,20	11,41	274
173	S+0	Tweepaalspoer		1,00	2,20	1,55	1,00	0,55	0,55	0,50	3,41	82
174	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
175	HA+0	Driepaalspoer		1,75	2,60	2,31	1,70	0,61	0,61	1,20	10,51	252
176	SC+42	Balk	Bestaande balk versterken	2,00	3,60	1,70	1,20	0,80	0,50	0,70	6,19	149
176	SC+42	Driepaalspoer		2,40	2,60	1,70	1,70	0,00	0,50	1,20	10,61	255
177 (I)	SC+36	Ketelmeer "Z"										
177 (II)	D+24	Ketelmeer "M"										
178	D+24	Ketelmeer "N"										
179	D+24	3P+2P	Bestaande poer versterken	3,00	4,60	2,05	1,30	0,75	0,50	1,20	26,8	643
180	S+0	1P+2P type 2		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
181	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
182	HC+0	Driepaalspoer		1,75	2,60	2,31	1,70	0,61	0,61	0,40	10,51	252
183	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
184	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
185	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
186	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
187	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
188	S+0	1P+2P type 1	Bestaande poer slopen	1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,55	0,30	3,04	73
189	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
190	S+0	1P+2P type 1		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,04	73
191	HC+0	Vierpaalspoer		1,90	2,60	5,20	2,60	2,60	0,61	1,40	12,40	298
192	S+0	1P+2P type 2		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,42	82
193	HC+0	Vierpaalspoer	Bestaande poer versterken	1,90	2,60	5,20	2,60	2,60	0,61	1,40	12,40	298
194	S+0	1P+2P type 2		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,42	82
195	S+0	1P+2P type 2		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,42	82
196	S+0	1P+2P type 2		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,42	82
197	S+0	1P+2P type 2		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,42	82
198	S+0	1P+2P type 2		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,42	82
199	S+0	1P+2P type 2		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,42	82
200	S+0	1P+2P type 2		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,42	82
201	S+0	1P+2P type 2		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,42	82
202	S+0	1P+2P type 2	Bestaande poer slopen	1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,55	0,30	3,42	82
203	S+3	1P+2P type 2		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,42	82
204	HB+0	Vierpaalspoer	Bestaande poer versterken	1,90	2,60	2,51	1,90	0,61	0,61	1,40	12,40	298
205	S+0	1P+2P type 2		1,15	2,40	1,10	0,80	0,30	0,00	0,30	3,42	82
206	EA	Vierpaalspoer	Bestaande poer versterken	1,90	2,60	2,51	1,90	0,61	0,61	1,40	12,40	298

NB. Voor de te realiseren poer bij portaal LLS 155B, zie Appendix H.

APPENDIX C
Eigenschappen bestaande palen

Paaleigenschappen									
Paal	b	d	t	O	D_{ef}	A_{ef}	A_s	A_b	A_{total}
LP2s	0.533	0.385	0.010	1.640	0.522	0.214	0.0177	0.150	0.168
LP2n	0.436	0.314	0.010	1.380	0.439	0.152	0.0124	0.105	0.117
LT31	0.532	0.517	0.095	1.730	0.551	0.238	0.0172	0.213	0.230
RP-53-124	0.614	0.539	0.008	1.870	0.595	0.278	0.0158	0.227	0.243
MVI Sp 350L	0.400	0.350	0.020	1.900	0.350	0.175	0.0156	0.137	0.153
KP-26		0.680			0.000	0.000			0.000

APPENDIX D
Overzichtstabel draagkrachtberekening

Toetsing funderingen op trekbelasting, afkeurniveau

Mast	Masttype	Paaltype	$F_{Ed,mast}$ [kN]	Aantal palen per randstijl	$F_{poer,d}$ [kN]	$F_{Ed,paal}$ [kN]	$F_{R,d,trek}$ [kN]	U.C.
156	HC+0	LP2s	-1283	3	149	378	518	0,73
157	S+0	LP2s	-569	1	-	569	404	1,41
158	S+0	LP2s	-568	1	-	568	412	1,38
159	S+0	LP2s	-577	1	-	577	631	0,91
160	S+0	LP2s	-568	1	0	568	414	1,37
161	S+0	LP2s	-561	1	21	540	492	1,10
162	S+3	LP2s	-574	1	21	552	520	1,06
163	HA+0	LP2s	-1113	3	172	313	362	0,87
164	S+0	LP2s	-566	2	63	252	303	0,83
165	S+0	LP2s	-586	1	-	586	427	1,37
166	S+0	LP2s	-588	1	-	588	287	2,05
167	S+0	LP2s	-579	1	-	579	474	1,22
168	S+0	LP2s	-578	1	-	578	523	1,10
169	S+0	LP2s	-576	1	-	576	352	1,64
170	S+0	LP2s	-586	1	-	586	431	1,36
171	S+0	LP2s	-686	2	63	312	331	0,94
172	HB+0	LP2s	-1148	4	187	240	431	0,56
173	S+0	LP2s	-551	2	63	244	336	0,73
174	S+0	LP2s	-551	1	-	551	393	1,40
175	HA+0	LP2s	-1147	3	172	325	547	0,59
176	SC+42	MVI Sp 350L	-2737	1	98	1408	1165	1,21
176	SC+42	LP2s	-2737	3	154	359	653	0,55
177 (I)	SC+36	KP-26	-2717	-	-	160	328	0,49
177 (II)	D+24	KP-26	-2393	-	-	0	251	0,00
178	D+24	KP-26	-2333	-	-	0	272	0,00
179	D+24	LP2s	-2267	3	193	691	552	1,25
180	S+0	LP2n	*-674*	1	-	674	342	1,97
181	S+0	LP2n	-541	1	-	541	313	1,73
182	HC+0	LP2s	-1224	3	172	350	565	0,62
183	S+0	LP2n	-569	1	-	569	507	1,12
184	S+0	LP2n	-574	1	-	574	424	1,35
185	S+0	LP2n	-576	1	-	576	337	1,71
186	S+0	LP2n	-579	1	-	579	347	1,67
187	S+0	LP2n	-578	1	-	578	314	1,84
188	S+0	LP2s	-575	1	21	554	241	2,30
189	S+0	LP2n	-569	1	-	569	392	1,45
190	S+0	LP2n	-563	1	-	563	298	1,89
191	HC+0	LP2s	-1179	4	199	245	630	0,39
192	S+0	LP2n	-627	1	-	627	408	1,54
193	HC+0	LP2n	-1392	4	199	298	349	0,85
194	S+0	LP2n	-630	1	-	630	527	1,20
195	S+0	LP2S	-652	1	-	652	447	1,46
196	S+0	LP2n	-659	1	-	659	376	1,75
197	S+0	LP2S	-660	1	-	660	522	1,26
198	S+0	LP2n	-674	1	-	674	211	3,19
199	S+0	LP2n	-673	1	-	673	416	1,62
200	S+0	LP2n	-660	1	-	660	370	1,78
201	S+0	LP2n	-660	1	0	660	377	1,75
202	S+0	LP2n	-662	1	21	641	366	1,75
203	S+3	LP2n	-663	1	-	663	320	2,07
204	HB+0	LP2n	-1386	4	199	297	358	0,83
205	S+0	LP2n	-593	1	-	593	271	2,19
206	EA	LP2n	-1175	4	199	244	341	0,72

Toetsing funderingen op drukbelasting, afkeurniveau

Mast	Mastype	Paaltype	$F_{Ed,mast}$ [kN]	Aantal palen per mastpoot	$F_{poer,d}$ [kN]	$F_{Ed,paal}$ [kN]	$F_{R,d,druk}$ [kN]	U.C.
156	HC+0	LP2s	1661	3	240	634	922	0,69
157	S+0	LP2s	744	1	-	744	1159	0,64
158	S+0	LP2s	734	1	-	734	937	0,78
159	S+0	LP2s	752	1	-	752	845	0,89
160	S+0	LP2s	737	1	-	737	1007	0,73
161	S+0	LP2s	725	1	-	725	1203	0,60
162	S+3	LP2s	763	1	33	796	1832	0,43
163	HA+0	LP2s	1370	3	303	558	1832	0,30
164	S+0	LP2s	735	2	98	417	480	0,87
165	S+0	LP2s	765	1	-	765	904	0,85
166	S+0	LP2s	766	1	-	766	894	0,86
167	S+0	LP2s	748	1	-	748	526	1,42
168	S+0	LP2s	748	1	-	748	571	1,31
169	S+0	LP2s	745	1	-	745	1214	0,61
170	S+0	LP2s	764	1	-	764	1384	0,55
171	S+0	LP2s	883	2	98	491	651	0,75
172	HB+0	LP2s	1409	4	329	434	855	0,51
173	S+0	LP2s	720	2	98	409	1393	0,29
174	S+0	LP2s	721	1	-	721	1089	0,66
175	HA+0	LP2s	1367	3	303	557	657	0,85
176	SC+42	MVI Sp 350L	3366	1	178	2029	1812	1,12
176	SC+42	LP2s	3366	3	306	607	2260	0,27
177 (I)	SC+36	KP-26	3272	-	-	1680	3197	0,53
177 (II)	D+24	KP-26	2848	-	-	1387	4125	0,34
178	D+24	KP-26	2793	-	-	1387	2477	0,56
179	D+24	LP2s	2729	3	323	1017	1226	0,83
180	S+0	LP2n	*868*	1	-	868	904	0,96
181	S+0	LP2n	705	1	-	705	452	1,56
182	HC+0	LP2s	1489	3	303	597	885	0,67
183	S+0	LP2n	738	1	-	738	792	0,93
184	S+0	LP2n	744	1	-	744	661	1,13
185	S+0	LP2n	746	1	-	746	341	2,19
186	S+0	LP2n	749	1	-	749	820	0,91
187	S+0	LP2n	747	1	-	747	632	1,18
188	S+0	LP2s	746	1	33	778	656	1,19
189	S+0	LP2n	737	1	-	737	686	1,07
190	S+0	LP2n	738	1	-	738	239	3,09
191	HC+0	LP2s	1462	4	357	455	933	0,49
192	S+0	LP2n	816	1	-	816	466	1,75
193	HC+0	LP2n	1671	4	357	507	1171	0,43
194	S+0	LP2n	809	1	-	809	1227	0,66
195	S+0	LP2S	836	1	-	836	1522	0,55
196	S+0	LP2n	845	1	-	845	1202	0,70
197	S+0	LP2S	845	1	-	845	1045	0,81
198	S+0	LP2n	868	1	-	868	619	1,40
199	S+0	LP2n	867	1	-	867	949	0,91
200	S+0	LP2n	844	1	-	844	954	0,89
201	S+0	LP2n	846	1	-	846	757	1,12
202	S+0	LP2n	847	1	33	879	699	1,26
203	S+3	LP2n	874	1	-	874	899	0,97
204	HB+0	LP2n	1646	4	357	501	799	0,63
205	S+0	LP2n	761	1	-	761	889	0,86
206	EA	LP2n	1505	4	357	465	913	0,51

Toetsing funderingen op trekbelasting, verbouwniveau

Mast	Masttype	Paaltype	$F_{Ed,mast}$ [kN]	Aantal palen per randstijl	$F_{poer,d}$ [kN]	$F_{Ed,paal}$ [kN]	$F_{R,d,trek}$ [kN]	U.C.	Gereduceerde $F_{r,d}$	Tekort [kN]	Paaltype versterking	Aantal palen	$F_{poer,nw,d}$ [kN]	$F_{rd,benodigd}$ [kN]	$F_{r,d,nieuw}$ [kN]	U.C. nieuw	Opmerking
156	HC+0	LP2s	-1449	3	149	434	518	0,84									
157	S+0	LP2s	-678	1	-	678	404	1,68	80%	355	B273	2	49	153	191	0,80	
158	S+0	LP2s	-677	1	-	677	412	1,64	80%	347	B273	2	49	149	195	0,77	
159	S+0	LP2s	-688	1	-	688	631	1,09	80%	184	B273	2	49	67	299	0,23	
160	S+0	LP2s	-677	1	0	677	414	1,63	80%	345	B273	2	49	148	199	0,74	
161	S+0	LP2s	-669	1	21	647	492	1,32	80%	254	B273	2	49	102	234	0,44	
162	S+3	LP2s	-685	1	21	664	520	1,28	80%	248	B273	2	49	99	245	0,41	
163	HA+0	LP2s	-1129	3	172	319	362	0,88									
164	S+0	LP2s	-674	2	63	306	303	1,01									
165	S+0	LP2s	-699	1	-	699	427	1,64	80%	357	B273	2	49	154	190	0,81	
166	S+0	LP2s	-701	1	-	701	287	2,44	80%	472	SI.-paal 323/450	2	49	211	245	0,86	
167	S+0	LP2s	-690	1	-	690	474	1,46	80%	311	SI.-paal 323/450	2	49	131	404	0,32	Druk maatg
168	S+0	LP2s	-688	1	-	688	523	1,32	80%	270	SI.-paal 323/450	2	49	110	490	0,23	Druk maatg
169	S+0	LP2s	-686	1	-	686	352	1,95	80%	404	SI.-paal 219/310	2	49	178	216	0,82	
170	S+0	LP2s	-699	1	-	699	431	1,62	80%	354	B273	2	49	152	190	0,80	
171	S+0	LP2s	-817	2	63	377	331	1,14									
172	HB+0	LP2s	-1166	4	187	245	431	0,57									
173	S+0	LP2s	-656	2	63	297	336	0,88									
174	S+0	LP2s	-657	1	-	657	393	1,67	80%	342	SI.-paal 219/310	2		171	238	0,72	
175	HA+0	LP2s	-1159	3	172	329	547	0,60									
176	SC+42	MVI Sp 350L	-3291	1	98	1712	1165	1,47			SI.-paal 219/310	2		413	474	0,87	(1)
176	SC+42	LP2s	-3291	3	154	552	653	0,85									
177 (I)	SC+36	KP-26	-3271	-	-	81	328	0,25									
177 (II)	D+24	KP-26	-2881	-	-	0	251	0,00									
178	D+24	KP-26	-2802	-	-	0	272	0,00									
179	D+24	LP2s	-2721	3	193	843	552	1,53			SI.-paal 219/310	2		382	382	1,00	(1)
180	S+0	LP2n	-802	1	-	802	342	2,35	80%	528	SI.-paal 323/450	2	49	240	326	0,74	
181	S+0	LP2n	-645	1	-	645	313	2,06	80%	394	B273	2	49	173	181	0,95	
182	HC+0	LP2s	-1278	3	172	369	565	0,65									
183	S+0	LP2n	-678	1	-	678	507	1,34	80%	273	B273	2	49	112	290	0,39	
184	S+0	LP2n	-684	1	-	684	424	1,61	80%	345	B273	2	49	148	240	0,62	
185	S+0	LP2n	-686	1	-	686	337	2,04	80%	417	SI.-paal 323/450	2	49	184	391	0,47	1 m dieper
186	S+0	LP2n	-689	1	-	689	347	1,99	80%	412	B273	2	49	181	200	0,91	
187	S+0	LP2n	-689	1	-	689	314	2,19	80%	437	SI.-paal 219/310	2	49	194	247	0,79	
188	S+0	LP2s	-686	1	21	664	241	2,76	80%	471	SI.-paal 323/450	2	49	211	238	0,89	
189	S+0	LP2n	-679	1	-	679	392	1,73	80%	365	B273	2	49	158	232	0,68	
190	S+0	LP2n	-671	1	-	671	298	2,25	80%	433	SI.-paal 323/450	2	49	192	419	0,46	1 m dieper
191	HC+0	LP2s	-1216	4	199	254	630	0,40									
192	S+0	LP2n	-752	1	-	752	408	1,84	80%	426	SI.-paal 323/450	2	57	185	468	0,39	
193	HC+0	LP2n	-1408	4	199	302	349	0,87			SI.-paal 219/310	1		201	308	0,65	(1)
194	S+0	LP2n	-755	1	-	755	527	1,43	80%	334	B273	2	57	138	299	0,46	
195	S+0	LP2S	-782	1	-	782	447	1,75	80%	425	SI.-paal 219/310	2	57	184	295	0,62	
196	S+0	LP2n	-790	1	-	790	376	2,10	80%	490	SI.-paal 219/310	2	57	216	302	0,72	
197	S+0	LP2S	-791	1	-	791	522	1,52	80%	374	B273	2	57	158	248	0,64	
198	S+0	LP2n	-808	1	-	808	211	3,83	80%	640	SI.-paal 323/450	2	57	291	370	0,79	2 m dieper
199	S+0	LP2n	-807	1	-	807	416	1,94	80%	474	SI.-paal 219/310	2	57	209	337	0,62	
200	S+0	LP2n	-791	1	-	791	370	2,14	80%	495	SI.-paal 219/310	2	57	219	298	0,73	
201	S+0	LP2n	-791	1	0	791	377	2,10	80%	490	SI.-paal 219/310	2	57	216	304	0,71	
202	S+0	LP2n	-794	1	21	773	366	2,11	80%	480	SI.-paal 219/310	2	57	211	298	0,71	
203	S+3	LP2n	-797	1	-	797	320	2,49	80%	541	SI.-paal 219/310	2	57	242	260	0,93	
204	HB+0	LP2n	-1400	4	199	300	358	0,84			SI.-paal 219/310	1		201	304	0,66	(1)
205	S+0	LP2n	-711	1	-	711	271	2,62	80%	494	SI.-paal 219/310	2	57	218	226	0,97	
206	EA	LP2n	-1331	4	199	283	341	0,83			SI.-paal 219/310	1		201	296	0,68	(1)

(1) *Belastingen ontleend aan berekening horizontale belasting.*

Toetsing funderingen op drukbelasting

Mast	Masttype	Paaltype	$F_{Ed,mast}$ [kN]	Aantal palen per mastpoot	$F_{poer,d}$ [kN]	$F_{Ed,paal}$ [kN]	$F_{R,d,druk}$ [kN]	U.C.	Gereduceerde Fr,d	Tekort [kN]	Paaltype versterking	Aantal palen	$F_{poer,nw,d}$ [kN]	$F_{rd,benodigd}$ [kN]	$F_{r,d,nieuw}$ [kN]	U.C. nieuw	Opmerking
156	HC+0	LP2s	1845	3	240	695	922	0,75	80%								
157	S+0	LP2s	857	1	-	857	1159	0,74	80%	-70	B273	2	68	0	411	0,00	
158	S+0	LP2s	846	1	-	846	937	0,90	80%	97	B273	2	68	82	321	0,26	
159	S+0	LP2s	866	1	-	866	845	1,03	80%	190	B273	2	68	129	224	0,58	
160	S+0	LP2s	850	1	-	850	1007	0,84	80%	45	B273	2	68	56	257	0,22	
161	S+0	LP2s	836	1	-	836	1203	0,70	80%	-126	B273	2	68	0	363	0,00	
162	S+3	LP2s	879	1	33	912	1832	0,50	80%	-554	B273	2	68	0	286	0,00	
163	HA+0	LP2s	1398	3	303	567	1832	0,31	80%								
164	S+0	LP2s	847	2	98	473	480	0,98	80%								
165	S+0	LP2s	881	1	-	881	904	0,97	80%	158	B273	2	68	113	230	0,49	
166	S+0	LP2s	883	1	-	883	894	0,99	80%	167	SI.-paal 323/450	2	68	118	583	0,20	
167	S+0	LP2s	862	1	-	862	526	1,64	80%	442	SI.-paal 323/450	2	68	255	340	0,75	
168	S+0	LP2s	862	1	-	862	571	1,51	80%	405	SI.-paal 323/450	2	68	236	392	0,60	
169	S+0	LP2s	858	1	-	858	1214	0,71	80%	-113	SI.-paal 219/310	2	68	0	423	0,00	
170	S+0	LP2s	880	1	-	880	1384	0,64	80%	-227	B273	2	68	0	421	0,00	
171	S+0	LP2s	1018	2	98	558	651	0,86	80%								
172	HB+0	LP2s	1439	4	329	442	855	0,52	80%								
173	S+0	LP2s	830	2	98	464	1393	0,33	80%								
174	S+0	LP2s	830	1	-	830	1089	0,76	80%	-41	SI.-paal 219/310	2	68	14	467	0,03	
175	HA+0	LP2s	1390	3	303	564	657	0,86	80%								
176	SC+42	MVI Sp 350L	3941	1		1305	1812	0,72			SI.-paal 219/310	2		525	1155	0,45	(1)
176	SC+42	LP2s	3941	3		886	2260	0,39									
177 (I)	SC+36	KP-26	3842	-	-	1640	3197	0,51	80%								
177 (II)	D+24	KP-26	3347	-	-	1366	4125	0,33	80%								
178	D+24	KP-26	3275	-	-	1366	2477	0,55	80%								
179	D+24	LP2s	3196	3	323	1173	1226	0,96			SI.-paal 219/310	2		360	417	0,86	(1)
180	S+0	LP2n	979	1	-	979	904	1,08	80%	256	SI.-paal 323/450	2	68	162	628	0,26	
181	S+0	LP2n	813	1	-	813	452	1,80	80%	451	B273	2	68	260	352	0,74	
182	HC+0	LP2s	1603	3	303	635	885	0,72									
183	S+0	LP2n	851	1	-	851	792	1,07	80%	217	B273	2	68	143	383	0,37	
184	S+0	LP2n	857	1	-	857	661	1,30	80%	329	B273	2	68	198	281	0,71	
185	S+0	LP2n	859	1	-	859	341	2,52	80%	587	SI.-paal 323/450	2	68	327	356	0,92	1 m dieper
186	S+0	LP2n	863	1	-	863	820	1,05	80%	207	B273	2	68	137	413	0,33	
187	S+0	LP2n	861	1	-	861	632	1,36	80%	356	SI.-paal 219/310	2	68	212	314	0,67	
188	S+0	LP2s	859	1	33	892	656	1,36	80%	367	SI.-paal 323/450	2	68	218	738	0,29	
189	S+0	LP2n	850	1	-	850	686	1,24	80%	301	B273	2	68	185	332	0,56	
190	S+0	LP2n	850	1	-	850	239	3,55	80%	658	SI.-paal 323/450	2	68	363	406	0,89	1 m dieper
191	HC+0	LP2s	1552	4	357	477	933	0,51									
192	S+0	LP2n	946	1	-	946	466	2,03	80%	573	SI.-paal 323/450	2	79	326	495	0,66	
193	HC+0	LP2n	1700	4	357	514	1171	0,44			SI.-paal 219/310	1		188	787	0,24	(1)
194	S+0	LP2n	939	1	-	939	1227	0,77	80%	-43	B273	2	79	18	654	0,03	
195	S+0	LP2S	970	1	-	970	1522	0,64	80%	-248	SI.-paal 219/310	2	79	0	498	0,00	
196	S+0	LP2n	980	1	-	980	1202	0,82	80%	19	SI.-paal 219/310	2	79	49	694	0,07	
197	S+0	LP2S	980	1	-	980	1045	0,94	80%	144	B273	2	79	112	213	0,52	2 m dieper
198	S+0	LP2n	1007	1	-	1007	619	1,63	80%	512	SI.-paal 323/450	2	79	295	652	0,45	
199	S+0	LP2n	1005	1	-	1005	949	1,06	80%	246	SI.-paal 219/310	2	79	162	520	0,31	
200	S+0	LP2n	979	1	-	979	954	1,03	80%	216	SI.-paal 219/310	2	79	148	534	0,28	
201	S+0	LP2n	981	1	-	981	757	1,30	80%	375	SI.-paal 219/310	2	79	227	373	0,61	
202	S+0	LP2n	982	1	33	1015	699	1,45	80%	456	SI.-paal 219/310	2	79	267	347	0,77	
203	S+3	LP2n	1012	1	-	1012	899	1,13	80%	293	SI.-paal 219/310	2	79	186	561	0,33	
204	HB+0	LP2n	1671	4	357	507	799	0,63			SI.-paal 219/310	1		188	389	0,48	(1)
205	S+0	LP2n	883	1	-	883	889	0,99	80%	172	SI.-paal 219/310	2	79	126	532	0,24	
206	EA	LP2n	1675	4	357	508	913	0,56			SI.-paal 219/310	1		188	561	0,34	(1)

(1) *Belastingen ontleend aan berekening horizontale belasting.*

APPENDIX E
Uitvoer Technosoft paalfunderingen

Opgenomen in separate bijlage.

Leeswijzer: de Appendix is opgebouwd uit vier delen:

- bestaande palen op trek. In deze bijlage zijn de bestaande palen getoetst op trek. De uitvoer is inclusief sonderingen en grondprofielen uitgevoerd. Aan het einde van de bijlage is een overzichtstabel opgenomen waarbij de berekeningsresultaten van TS/paalfunderingen zijn bewerkt om op basis van de ksi-factoren het nettodraagvermogen te berekenen. Deze resultaten zijn vervolgens het uitgangspunt voor de toetsing van de constructie.
- bestaande palen op druk. In deze bijlage zijn de bestaande palen op druk getoetst. Het programma heeft reeds de ksi-factoren toegepast, zodat geen overzichtstabel is opgenomen aan het einde.
- nieuwe palen op trek. De uitvoer van de nieuwe palen is hier opgenomen. De uitvoer is exclusief sonderingen en grondprofielen, dat onderdeel is geheel gelijk aan de uitvoer van bestaande palen. Aan het einde van de bijlage is een overzichtstabel opgenomen.
- nieuwe palen op druk. De resultaten van de berekening van de nieuwe palen op druk zijn hierin gepresenteerd, de uitvoer is compact gehouden als bij uitvoer op trek van nieuwe palen.

APPENDIX F
Controle betonconstructies

Opgenomen in separate bijlage

APPENDIX G
Berekening nieuwe poeren

Opgenomen in separate bijlage

APPENDIX H
Toetsing portaal Lelystad

Opgenomen in separate bijlage

APPENDIX I

Toetsing portaal Ens

Opgenomen in separate bijlage

APPENDIX J
Toetsing horizontale belastingen

Opgenomen in separate bijlage

About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.

Bijlagenoverzicht

nummer	Titel
1	Aanvulling toelichting en wijziging
2	Oplegnotitie constructieve berekening
3	Uitgangspuntenrapport LLS-ENS
4	Rapportage Funderingen LLS-ENS
5	Berekening mastconstructie LLS-ENS

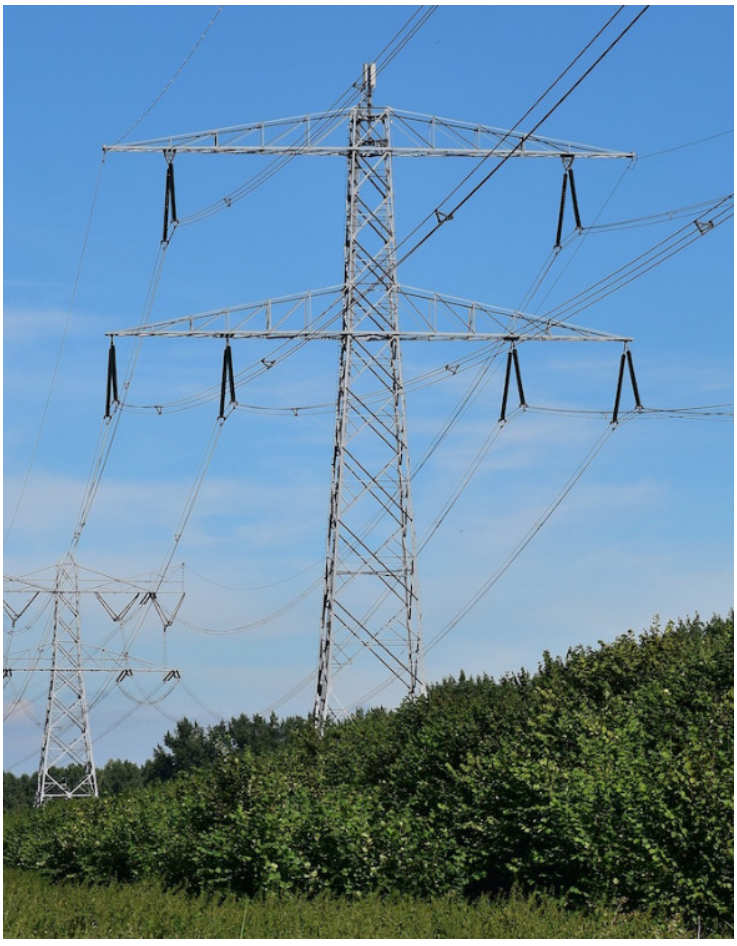
DNV·GL

NADERE DETAILLERING MASTCONSTRUCTIES DIEMEN – LELYSTAD – ENS

Berekeningen mastconstructies van de 380 kV-verbinding Lelystad – Ens

TenneT

Rapport nr.: 10060953-TDT 18-0272 Rev 4
Datum: 2018-08-17



Projectnaam:	Nadere detaillering mastconstructies DIM-LLS-ENS	DNV GL - Energy
Rapporttitel:	Berekeningen mastconstructies Lelystad-Ens	Energy Advisory
Opdrachtgever:	TenneT TSO B.V.	Postbus 9035
Contactpersoon:	Corné Scheffers	6800 ET ARNHEM
Datum:	2018-08-17	
Projectnr.:	10060953	
Organisatie unit:	TDT	Tel: +31 26 356 9111
Rapport nr.:	10060953-TDT 18-0272 rev 4	KvK 09006404

Geschreven door:	Beoordeeld door:	Goedgekeurd door:
Tom Börger / Ronald Lommers	E. Platenkamp	Frederik Groeman
Consultant	Consultant	Project Manager

Copyright © DNV GL 2018 All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distributie:

☐ Onbeperkte distributie (intern en extern)

☒ Onbeperkte distributie binnen de DNV GL Groep

☐ Onbeperkte distributie binnen DNV GL Netherlands

☐ Geen distributie (vertrouwelijk)

Trefwoorden:

[Trefwoorden]

Versie	Datum	Reden voor uitgave	Auteur	Beoordeeld	Goedgekeurd
0	2018-02-23	Eerste uitgave	A.J. Börger/R. Lommers	E. Platenkamp	J.F. Groeman
1	2018-03-09	Aangepast en aangevuld	A.J. Börger/R. Lommers	E. Platenkamp	J.F. Groeman
2	2018-06-08	Aangepast en aangevuld	A.J. Börger/R. Lommers	T.J. PLoeg	J.F. Groeman
3	2018-07-13	Aangepast en aangevuld	A.J. Börger/R. Lommers	T.J. PLoeg	J.F. Groeman
4	2018-08-17	Aangepast en aangevuld	A.J. Börger/R. Lommers	E. Platenkamp	J.F. Groeman

DNV GL Netherlands B.V.

Inhoud

1 INLEIDING 3

2 UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN 4
2.1 Normen 4
2.2 TenneT specificaties 4
2.3 Materialen 4
2.4 Minimale afmetingen constructie-elementen 5
2.5 Software 5
2.6 PLS-CADD en PLS-Tower modellen 6
2.7 Constructiegegevens 6

3 BELASTINGEN 7
3.1 Gevolgklasse en belastingsfactoren 7
3.2 Permanente belasting 7
3.3 Geleiders 8
3.4 Windbelasting 9
3.5 IJzelbelasting 9
3.6 Antenne 9
3.7 Onderhoudsbelastingen 9

4 AANPAK BEREKENING 10
4.1 Toepassing NEN 8700 10
4.2 PLS-CADD 11
4.3 PLS-TOWER 13
4.4 Detailberekeningen 14
4.5 Portaal Lelystad en portaal Ens 14
4.6 Fundatie 14
4.7 Verificatie 14

5 RESULTATEN PLS-CADD GELEIDER- EN MASTBELASTINGEN 15

6 MAATGEVENDE MASTEN BINNEN DE VERBINDING LELYSTAD - ENS 17

7 BEREKENINGEN MASTCONSTRUCTIES 18
7.1 Mast S+0 (eo) 18
7.2 Mast S+0 (eo) - kustzone 20
7.3 Mast S+0 (hv) 23
7.4 Mast S+0 (hv) - kustzone 26
7.5 Mast S+0 (HV) met telecom 28
7.6 Mast S+3 (hv) 30
7.7 Mast S+3 (hv) - kustzone 32
7.8 Mast SC+42 34
7.9 Mast SC+36 36
7.10 Mast D+24 38
7.11 Mast HA+0 40
7.12 Mast HB+0 41
7.13 Mast HB+0 (kustzone) 42
7.14 Mast HC+0 44

7.15 Mast HC+0 (mast 156) 45
7.16 Mast HC+0 (mast 156 – wisselmast) 46
7.17 Mast HC+0 (kustzone) 48
7.18 Mast EA 50
7.19 Portaal Ens 51
7.20 Portaal Lelystad (155b) 52

8 VERSTERKINGEN 53

9 CONCLUSIE 54

APPENDIX A MASTENLIJST 380 KV VERBINDING LELYSTAD - ENS 56

APPENDIX B GELEIDER- EN MASTBELASTINGEN PLS-CADD 57

APPENDIX C BEREKENINGSRESULTATEN PLS-TOWER 58

APPENDIX D VERSTERKINGSVOORSTELLEN 59

APPENDIX E KNIKSTABILITEIT 60

APPENDIX F BLOKDEUVELS EN ANKERS 61

APPENDIX G BOVENREGEL PORTAAL ENS 62

APPENDIX H DRAAGLIGGERS ISOLATORKETTINGEN 63

APPENDIX I TEKENINGENLIJST CONSTRUCTIES 64

APPENDIX J REACTIES OP FUNDERINGEN 65

APPENDIX K PORTAAL LELYSTAD (155B) 66

APPENDIX L TENNET SPECIFICATIES 67

1 INLEIDING

Om in de toekomst meer elektriciteit te kunnen transporteren is het noodzakelijk om naast de nieuwbouw van verbindingen bestaande hoogspanningsverbindingen aan te passen zodat er een grotere transportcapaciteit mogelijk wordt gemaakt. Om die reden is TenneT voornemens de bestaande 380 kV-ring op te waarderen. Binnen het betreffende programma vallen de deelprojecten "Opwaardering 380 kV-verbinding Lelystad - Ens" en "Opwaardering 380 kV-verbinding Diemen – Lelystad".

Dit document beschrijft voor de hoogspanningslijn Lelystad - Ens de berekeningen die zijn uitgevoerd om vast te stellen in hoeverre de mastconstructies in de hoogspanningslijn voldoen aan de eisen voor constructieve veiligheid. Indien niet voldaan wordt, zijn maatregelen bepaald. In een separaat document wordt getoetst of de capaciteit van de bestaande fundaties toereikend is. De reacties op de fundatie zijn wel opgenomen in dit rapport.

Voor de beoordeling is de huidige situatie ten aanzien van geleiders en isolatoren het uitgangspunt.

De uitgangspunten zijn gebaseerd op de vigerende normen voor constructies en hoogspanningslijnen. Aan de basis daarvan staat de NEN 8700:2011, "Grondslagen voor de constructieve beoordeling van bestaande bouw en het constructief ontwerp ten behoeve van verbouw". De uitgangspunten en randvoorwaarden staan in hoofdstuk 2.

In hoofdstuk 3 worden de gehanteerde belastingen op de masten gegeven.

De aanpak van de berekeningen wordt in hoofdstuk 4 gegeven, waarbij nader ingegaan wordt op hoe omgegaan is met de toetsing aan afkeur- en verbouwniveau. De huidige mastconstructies zijn op sterkte getoetst aan het afkeurniveau en 15 jaar referentieperiode. Benodigde aanpassingen zijn uitgewerkt en getoetst op het verbouwniveau voor 30 jaar referentieperiode. In dit hoofdstuk wordt ook de werkwijze van de software toegelicht.

Hoofdstuk 5 bevat de samenvatting van de met PLS-CADD berekende belastingen van de geleiders.

In hoofdstuk 6 en 7 zijn de berekeningsresultaten gepresenteerd. Daarbij is op grafische wijze zichtbaar gemaakt welke profielen in de mast overschrijdingen op de capaciteit vertonen.

In de appendices zijn per masttype uitgebreide berekeningen met in- en uitvoergegevens en gedetailleerde versterkingsvoorstellen opgenomen.

Uitgevoerde berekeningen zijn op bestekniveau uitgewerkt en mede bestemd voor een eventuele vergunningaanvraag. Detailontwerp, belastingen tijdens montage en verdere berekeningen dienen door de uitvoerende aannemer te worden uitgevoerd.

2 UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

De uitgangspunten voor de mastberekeningen zijn vastgelegd in het Uitgangspuntenrapport DLE, kenmerk 10060953-TDT 17-1506, revisie 4.

2.1 Normen

Er is gebruik gemaakt van de volgende normen en voorschriften:

- NEN 1060:1964, "bovengrondse hoogspanningslijnen";
- NEN 8700:2011, "Grondslagen voor de constructieve beoordeling van bestaande bouw en het constructief ontwerp ten behoeve van verbouw";
- NEN 8701:2011, "Belastingen voor bestaande bouw";
- prNEN 8707:2017, "Geotechnisch ontwerp - Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk";
- EN 50341-1:2013, "Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV - Part 1: General requirements – Common";
- prEN 50341-2-15:2017, "Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV Part 2 National Normative Aspects (NNA) for THE NETHERLANDS";
- NEN-EN 1993-1-1+C2+A1:2016 nl, "Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies, deel 1-1: algemene regels en regels voor gebouwen";
- NEN-EN 1993-1:2007/NB:2012, "Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 3-1: Torens, masten en schoorstenen - Torens en masten";
- NEN-EN 1993-1-8+C2:2011/NB:2011 nl, "Ontwerp en berekening van staalconstructies, deel 1-8: ontwerp en berekening van verbindingen";
- NEN-EN 1997-1-C1+A1:2016/NB:2016 nl, "Geotechnisch – Algemeen";

Voor het toetsen van de constructieve veiligheid is gebruikgemaakt van NEN 8700 en de Eurocode-normenreeks.

Voor de elektrische aspecten geldt: interne spanningsafstanden conform NEN 1060:1964, externe spanningsafstanden conform NEN 1060:1964, behoudens definitie "stroomwegen".

2.2 TenneT specificaties

Van toepassing zijn de standaarden en specificaties vanuit TenneT. Deze zijn opgenomen in appendix L . Verder zijn de onderstaande specifieke zaken van toepassing:

- "Specifiek Programma van Eisen" sPvE.05.001 LLS-ENS380 en – DIM-LLS380 versie 3.3 d.d. januari 2018.
- Spanveldschema LLS-ENS380 (Versie D) okt 2017
- Spanveldschema DIM-LLS380 (Versie D) okt 2017

2.3 Materialen

Voor de controle van de bestaande mastconstructies en funderingen gebouwd in 1971/1972 wordt in principe uitgegaan van tabel 1.

Tabel 1 Materialen bestaande constructie

	Aanduiding '71	Huidig uitgangspunt
Staalsoort	St.37	S235JR
Boutkwaliteit	5.6, gerolde draad	5.6, gerolde draad
Betonkwaliteit	K225 K300 (Ketelmeer)	C16/20 C20/25
Wapeningsstaal	QR24,-40 en -48 St III b	B220, B400, B500

De constructie van het portaal van station Lelystad is in 2000 gebouwd. Hiervoor gelden de uitgangspunten van tabel 2. Er is in het portaal zowel S235 als S355 toegepast als staalsoort.

Tabel 2 Materialen portaal LLS

Staalsoort	S235JR S355J2
Penverbinding	RVS A4-80
Boutkwaliteit	8.8, gerolde draad
Betonkwaliteit	B25
Wapeningsstaal	FeB500

Voor de controle van de mastconstructie in de nieuwe situatie geldt voor aan te brengen versterkingen als minimale kwaliteit:

Tabel 3 Materialen aangepaste constructie

Staalsoort	S355J0 (t≤16 mm) S355J2 (16<t≤40 mm)
Boutkwaliteit	8.8 gerolde draad
Betonkwaliteit	C30/37
Wapeningsstaal	B500

2.4 Minimale afmetingen constructie-elementen

Voor modificaties van de constructie geldt conform TenneT-specificatie:

- Toe te passen bouten: M16/M20/M24;
- voor hoekstaal is de minimale afmeting L50x5 mm;
- minimale plaatdikte 6 mm.

2.5 Software

Tabel 4 Toegepaste software

Software	Versie
PLS-CADD	15.00
PLS-TOWER	15.00
PLS-POLE	15.00
SAPS2000	19.00
AxisVM	X4 r2d
Excel	2016

2.6 PLS-CADD en PLS-Tower modellen

Voor de evaluatie van de masten is er gebruik gemaakt van het door TenneT aangeleverde PLS-CADD model en de PLS-Tower modellen. Door DNV GL heeft er een validatie plaats gevonden ten aanzien van de modellen en zijn deze aangepast op verzoek van TenneT.

De aangepaste Tower modellen zijn gekenmerkt [TYPE] - dnv gl-ini.tow. Vooralsnog zullen versterkingen doorgevoerd worden indien niet wordt voldaan aan het afkeurniveau met een referentieperiode van 15 jaar. De versterkte modellen zijn gekenmerkt met [TYPE] - dnv gl-afkeur 15jr.tow en deze worden getoetst op verbouwniveau t.a.v. de versterkte delen.

Voor een overzicht zie de mastenlijst Appendix A.

2.7 Constructiegegevens

Tekeningenlijst constructies: zie Appendix I.

3 BELASTINGEN

3.1 Gevolgklasse en belastingsfactoren

Constructies in hoogspanningslijnen behoren in gevolgklasse CC2a te zijn ingedeeld.

De belastingsfactoren zijn op basis van NEN 8700 bepaald. Via artikel 3.2.2 NL2 van NEN-EN 50341-2-15 zijn de factoren verlaagd in verband met de referentieperiode. De resulterende factor is het product van de belastingfactor uit de NEN 8700-tabel en de reductie in verband met de referentieperiode.

Een uitgebreide tabel met belastingfactoren voor afkeur- en verbouwniveau is in Appendix B opgenomen.

De belastingsfactoren voor verbouwniveau en 30 jaar referentieperiode zijn in samengevatte vorm:

Tabel 5 Belastingsfactoren verbouwniveau

Belastingsfactor EG	γ_G =					1,15	-
Belastingsfactor wind	γ_{QW} =	1,40	x	0,94	=	1,32	-
Belastingsfactor ijzel	γ_{Qi} =	1,30	x	0,88	=	1,14	-

De belastingsfactoren voor afkeurniveau en 15 jaar referentieperiode zijn in samengevatte vorm:

Tabel 6 Belastingsfactoren afkeurniveau

Belastingsfactor EG	γ_G =					1,10	-
Belastingsfactor wind	γ_{QW} =	1,30	x	0,87	=	1,13	-
Belastingsfactor ijzel	γ_{Qi} =	1,15	x	0,71	=	0,82	-

3.2 Permanente belasting

3.2.1 Isolatorkettingen

Het gewicht van de isolatorkettingen en appendages wordt in PLS-CADD als puntlast op de aangrijpingspunten aangebracht.

Type ketting	Tekeningnummer	Gewicht [N]	Lengte [m]	Windoppervlak [m²]
AK	1405-239-1	5900	7,06	2
	1405-239-5	5900	7,06	2
	E-1405-239-2/3/4 E-1405-126-10	5900	7,06	2
EK	E-1405-237-1/2	2400	5,5	1,3
HV	1405-226-3/5	5000	6,96	2,5
	1405-226-4/5	5000	6,96	2,5
	E-1405-238-1/3	5000	6,96	2,5
	E-1405-238-2/3	5000	6,96	2,5
VK	1405-254	4500	5,85	0,93
V-steun hoekmast	1405-68-9A 1405-68-3	4500	5,85	0,93

3.2.2 Eigen gewicht mastconstructie

Het eigen gewicht van de mastconstructie is berekend door het rekenprogramma en wordt per sectie verdeeld over de knooppunten. Voor de aanwezigheid van schetsplaten en bouten en afwijkingen van werkelijke lengte tot systeemlengte is een toeslag op het eigen gewicht aangebracht. Zie onderstaande tabel.

Tabel 7 Eigen gewicht masttypen

Mast type	Gewicht [ton][1]
Portaal_ens	14,19
Portaal_lelystad	95,21
ea (da)	51,96
ha+0 (da)	44,79
hb+0 (da)	44,06
hc+0 (da)	47,41
s+0 (eo)	21,96
s+0 (hv) met telecom	24,50
s+0 (hv)	23,79
s+3 (hv)	24,10
d+24 (hv) Coast	62,59
sc+36 (hv) Coast	73,95
sc+42 (hv) Coast	81,11
s+0 (eo) Coast	21,96
s+3 (hv) Coast	24,10
hb+0 (da) Coast	44,06
hc+0 (da) Coast	47,41

3.3 Geleiders

Tabel 8 Geleider eigenschappen

Eigenschap	Bestaande Fasegeleider 380 kV		Bliksemgeleider	OPGW (bestaand)	Portaal 155b
	St/Al 48/7 SEP	AMS-460[2]	Hawk 242/39	OPTIFLEX	acsr-1055-46e.wir
Oppervlak[mm^2]	460,50	460,41	281,10	294,00	1726.84
Diameter [mm]	27,94	27,9	21,80	21,70	43.2
Gewicht [N/m]	14,96	12,43	9,81	10,46	32.28
Elasticiteitsmodulus [MPa]	62000	54400	74515	70760	62000
Expansiecoëfficiënt [1/°C]	0,0000205	0,0000230	0,0000188	0,0000193	0,0000213
UTS [N]	112500	137000	86524	133000	231000
Trekparameter	1400	2100	1500 en 200[4]	1500	200 en 1000[3]
Trekparameter temperatuur °C	10	10	10	10	10
Aantal draden per bundel	3	3	1	1	2

[1] Gewicht is inclusief kettingisolatoren en antennes.

[2] AMS460 is voor de volledigheid opgenomen. Berekening is over de gehele verbinding uitgevoerd met SEP-geleider.

[3] P=1000m bij 10°C tussen portaal 155a en 155b en P=200m bij 10°C tussen lijnportaal en stationsportaal

3.4 Windbelasting

De hoogspanningslijn valt onder windgebied II. Er is vanwege de nabijheid tot open water onderscheid naar twee terreincategorieën, onbebouwde omgeving en kustzone.

Tabel 9 Windbelasting

Windgebied	II	
Terreincategorie	II	Onbebouwd gebied
	0	Kustzone

3.5 IJzelbelasting

De grootte van de ijzelbelasting is in Tabel 10 gegeven. Op basis van het SPvE wordt voor de ijzelbelasting op de bliksemgeleider / OPGW uitgegaan van gebied B.

Tabel 10 IJzelbelasting

Geleider	IJsgebied	IJzelbelasting (N/m)
Fasegeleider	B	$g_R = 4 + 0{,}2d$
Bliksemgeleider / OPGW	B	$g_R = 4 + 0{,}2d$

3.6 Antenne

De antenneopstelling(en) in de mast(en) hebben de volgende eigenschappen als weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 11 Uitgangspunt antenne

	GSM 3500X262X3+fitting		
Mast 171	Gewicht	7000	N
	Windoppervlak	2,5	m^2
	Vorm	Circle	
	Dragfactor	1,2	-
	Diameter	0,262	m
	Lengte	3,5	M

Het eigen gewicht en het windoppervlak van de feeders (verticale draadbundel) is in rekening gebracht door de sectie-eigenschappen van het mastmodel aan te passen. Afhankelijk van de sectie bedraagt de verhoging van het windoppervlak circa 30%. Toeslag op het eigen gewicht bedraagt circa 10%.

3.7 Onderhoudsbelastingen

Profielen dienen volgens artikel 4.9 NL.2 van NEN-EN 50341-2-15:2017 getoetst te worden op de belasting door onderhoud. De “klimlast” bedraagt 1 kN. Dit is separaat van PLS-TOWER getoetst.

Daarnaast is er een grotere belasting van 3 kN voorgeschreven voor het uitvoeren van onderhoud ingeval gebruik wordt gemaakt van lijnwagens. Deze belasting grijpt aan bij de ophangpunten van de geleider, of op de geleider zelf tussen twee masten.

Beide belastingen zijn niet in rekening gebracht bij de toetsing van de masten. Op basis van een afzonderlijke beschouwing van belastingsgeval 6a Construction & Maintenance blijkt de relatieve toename in geleidertrek op de afspanpunten maximaal 30% te zijn wanneer wordt uitgegaan van een lijnwagen van 3 kN. De verhoogde trekkracht in de geleider geeft een torsiebelasting op de hoekmast. De grootte van de torsiebelasting is echter niet maatgevend ten opzichte van de SpLS-torsiecombinaties door wind en ijs. De trekkracht is in die gevallen circa 50% hoger dan de alledaagse EDS-trekkracht. Voor de verticale belasting leidt combinatie 6a evenmin tot maatgevende belastingen, aangezien de ijsbelasting op de bundelgeleider in alle gevallen in ruime mate groter is dan 3 kN.

4 AANPAK BEREKENING

De toetsing van de masttypen in de 380 kV-verbinding Lelystad-Ens is uitgevoerd met de combinatie PLS-CADD – PLS-Tower.

Het van TenneT verkregen tracé Lelystad-Ens dat opgesteld is in PLS-CADD en waarvan de masten zijn gemodelleerd in PLS-Tower zijn gevalideerd op correctheid, zie DNV GL-rapportage 10060953-TDT 17-1560, revisie 5. Alvorens de berekeningen uit te voeren zijn het PLS-CADD tracé en de -TOWER-modellen aangepast.

De resultaten van de berekeningen zijn in het volgende hoofdstuk op hoofdlijnen uitgewerkt.

De uitgebreidere resultaten zijn in de volgende bijlagen toegevoegd:

- Appendix A Mastenlijst 380 kV Verbinding Lelystad - Ens
- Appendix B Geleider- en mastbelastingen PLS-CADD
- Appendix C Berekeningsresultaten PLS-Tower
- Appendix D Versterkingsvoorstellen
- Appendix E Knikverkorters
- Appendix F Blokdeuvels en ankers
- Appendix G Bovenregel portaal Ens
- Appendix H Draagliggers isolatorkettingen
- Appendix I Tekeningenlijst constructies
- Appendix J Reacties op funderingen
- Appendix K Portaal Lelystad (155b)

4.1 Toepassing NEN 8700

Het startpunt voor de toetsing van de mastconstructies zijn de belastingen en belastingsfactoren op basis van het afkeurniveau van NEN 8700. Indien blijkt dat er onderdelen van de constructie niet voldoen aan het afkeurniveau dient het betreffende constructieonderdeel te worden verstrekt. De hiervoor benodigde aanpassingen aan de mastconstructies dienen conform het SPvE aan het verbouwniveau te voldoen. Twee aspecten verdienen nadere toelichting.

4.1.1 Bouten

Bepaalde noodzakelijke versterkingen kunnen worden gerealiseerd door het vervangen van bouten. In dat geval worden bij toetsing aan het verbouwniveau van een verbinding enkel de bouten getoetst, niet de stuikcapaciteit of netto doorsnede. Voor die laatste aspecten blijft het afkeurniveau van toepassing, aangezien aan de staaf en/of schetsplaat geen aanpassing nodig is en enkel de bout fysiek wordt vervangen.

4.1.2 Versterking van randstijlen

Bij randstijlen komen er twee soorten aanpassingen in aanmerking indien de capaciteit niet voldoet: verzwaring van de randstaaf met een meelopend hoekstaal (vlinderprofiel) of toepassing van aanvullende knikverkorters. In het eerste geval wordt de gehele nieuwe samengestelde randstijl getoetst aan verbouwniveau.

Bij versterking met aanvullende knikverkorters blijft voor de toetsing van de randstaaf de belasting op basis van het afkeurniveau gelden, aangezien dit profiel fysiek niet wordt vervangen. Voor de aanvullende knikverkorters geldt wel het verbouwniveau. Vanwege het feit dat de axiale capaciteit van

knikverkorters gerelateerd is aan de knikcapaciteit van de te steunen randstijl en niet aan de belasting in de stijl, zal er ten aanzien daarvan geen verschil ontstaan tussen verbouw- en afkeurniveau.

Enkel de beschouwing van de knikverkorters voor de klimlast zal bij het verbouwniveau enigszins strenger zijn dan de eis van het afkeurniveau.

4.2 PLS-CADD

Voor de berekening zijn de externe belastingen bepaald en ingevoerd in PLS-CADD, waarna de berekeningen van de belastingen op geleiders en constructies zijn uitgevoerd.

In PLS-CADD worden de omgevingsvariabelen (weather cases) toegekend. Verder wordt rekening gehouden met terreinruwheden, wind op hoogte, vlaagfactoren en partiële factoren, afhankelijk van het onderdeel (mast, isolatoren en geleiders).

De EN 50341-1 is gehanteerd in PLS-CADD. Omdat het windmodel enigszins afwijkt van het windmodel in de NEN-EN 50341-2-15;2017, de huidige NNA, zijn er correcties gemaakt op de winddruk in PLS-CADD. De verschillen zijn te vinden in de vlaagfactor Gc, vormfactor Cc en de aangrijphoogte wind op de geleiders.

Vlaagfactor Gc

Voor de vlaagfactor hanteert PLS-CADD de EN 50341-1 formules artikel 4.4.1.2. De NNA wijkt hier in af t.a.v. de zogenaamde K_p factor en Lm. Dit resulteert in een afwijking van ongeveer 4% ten opzichte van de NNA over het geheel van de variaties in hoogtes en vlaaglengten bij een terrein ruwheid van 0.2m.

Vormfactor Cc

Voor de vormfactor (Cc) hanteert PLS-CADD de eerste van de drie methodes als gegeven in de 50341-1 artikel 4.4.1.3. Ingeval van de fasegeleiders Lelystad-Ens is de waarde van PLS-CADD circa 6% te laag.

Aangrijphoogte wind op de geleiders

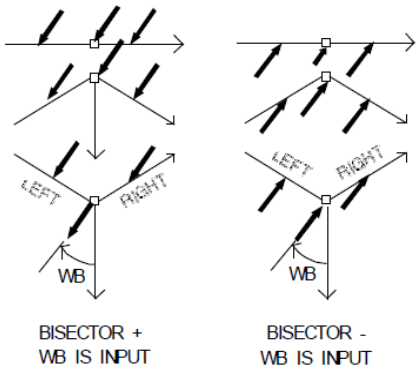
In de hoofdnorm is er de keuze uit 9 (tabel 4.3) verschillende methodes voor het bepalen voor de hoogte van waar de wind aangrijpt op de geleider. De NNA geeft aan dat het "recommended" (niet normatief) is het zwaartepunt van de zeeg te gebruiken. Het verschil in stuwdruk tussen PLSCADD en de recommended methode in de norm is dan ongeveer 11%.

Correctie van de winddruk in PLS-CADD

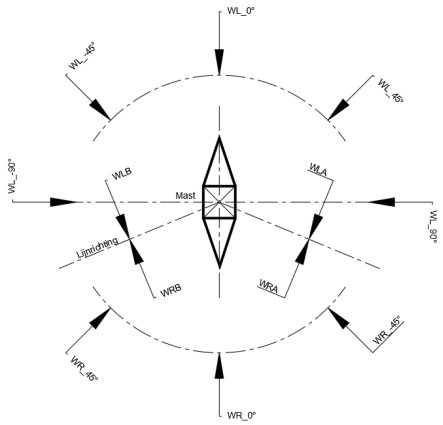
Bovengenoemde afwijkingen tussen de norm en PLSCADD worden gecompenseerd. Voor de verbinding Lelystad – Ens komt dit bij de reguliere masten in terreincategorie onbebouwde omgeving uit op een absolute winddruk verlaging in PLS-CADD tot 88%. Voor masten in kustzone of sterk verhoogde masten, is op vergelijkbare wijze een andere specifieke waarde gehanteerd in de invoer.

Voor het toetsen onder de verschillende omstandigheden worden de belastingcombinaties onder een aantal windrichtingen op geleiders, isolatoren en mast gezet. Hierdoor wordt verzekerd dat de maatgevende belasting wordt gevonden.

Figuur 1 illustreert de windrichting onder hoek WB op hoek- en steunmasten. Figuur 2 toont de toegepaste windrichtingen voor Lelystad – Ens. Verdere toelichting is gegeven in appendix B.



Figuur 1 windrichting onder hoek WB



Figuur 2 Toegepaste windrichtingen voor LLS - ENS

De hoogspanningslijn is onderverdeeld in secties afhankelijk van het uitgangspunt voor de windbelasting, kustzone of onbebouwde omgeving.

De belastingen zijn voor het toetsen van de huidige toestand bepaald voor het afkeurniveau en 15 jaar referentieperiode. Benodigde versterkingen zijn uitgewerkt en getoetst op het verbouwniveau voor 30 jaar referentieperiode, doch enkel voor de staven die niet voldoen. Met het oog op die berekening zijn belastingen opgesteld voor het verbouwniveau. De gehele versterkte mastconstructie is vervolgens nogmaals getoetst aan het afkeurniveau.

4.3 PLS-TOWER

De mast is geanalyseerd met het programma PLS-TOWER. De norminstellingen zijn:



Instellingen PLS-TOWER

Het programma toetst de stabiliteit van de staven, de capaciteit van netto en bruto doorsnede en de capaciteit van de boutverbinding indien van toepassing.

Uit de berekening volgt voor elke mastlocatie welke profielen voldoen of niet voldoen. De resultaten zijn gebundeld voor de masten die in dezelfde staven overschrijdingen op de capaciteit hebben.. Dit geldt met name voor de steunmasten. In Tabel 12 zijn de masttypes weergegeven met daarbij de terreincategorie en de factor voor de richting Cdir waarvoor de mastberekening op detailniveau is uitgevoerd.

Hoewel de berekening is uitgevoerd voor alle mogelijke windrichtingen rondom de mast, geldt dat het resultaat van de toetsingen en de eventuele aanpassing spiegel-symmetrisch is. Dat wil zeggen het voor- en achtervlak zijn gelijk, hetzelfde geldt voor de twee zijvlakken. Dus niet rotatie-symmetrisch waarbij alle vlakken identiek zijn.

Tabel 12 Overzicht berekeningen

Type[4]	Terreincategorie	c_{dir}	Antenne
S+0 (eo)	onbebouwd	-	-
S+0 (eo)	kustzone	0,9	-
S+0 (hv)	onbebouwd	-	-
S+0 (hv)	kustzone	0,9	-
S+0 (hv) met telecom	onbebouwd	-	x
S+3 (hv)	onbebouwd	-	-
S+3 (hv)	kustzone	0,9	-
SC+42 (hv)	kustzone	1,0	-
SC+36 (hv)	kustzone	1,0	-
D+24 (hv)	kustzone	1,0	-
HA+0 (da)	onbebouwd	-	-
HB+0 (da)	onbebouwd	-	-
HB+0 (da)	kustzone	0,9	-
HC+0 (da)	onbebouwd	-	-
HC+0 (da) mast 156	onbebouwd	-	-
HC+0 (da) mast 156 met wisseling	onbebouwd	-	-
HC+0 (da)	kustzone	0,9	-
EA (da)	onbebouwd	-	-
Portaal Ens	onbebouwd	-	-
Portaal Lelystad	onbebouwd	-	-

[4] (eo) = Enkele ophanging, (hv) = Halverankering) en (da) = dubbele afspanketting

4.4 Detailberekeningen

Onderdelen die buiten de toetsing van PLS-TOWER vallen zijn separaat getoetst. Dit gaat om:

- knikverkorters (Appendix E);
- controle van staven ten aanzien van klimlast (Appendix E);
- controle van de slankheid. Uit de toetsing aan de aanbevolen grenswaarde vanuit NEN-EN 50341-1 blijkt dat in een aantal gevallen de slankheid van de staven te hoog is. In veel gevallen gaat het om trekstaven (in traverses) of om knikverkorters, zodat de overschrijding niet de sterkte van de constructie beïnvloedt en derhalve geaccepteerd kan worden. Bij staven die niet voldoen aan de slankheidseis en op druk worden belast zal een separate toets op druk en buiging worden uitgevoerd[5]. Zie Appendix E;
- de blokdeuvels (knaggen) op de randstijl in de fundatie (Appendix G);
- de draagliggers voor de isolatorketting (Appendix H)

4.5 Portaal Lelystad en portaal Ens

Het stationsportaal van Lelystad is separaat met PLS-POLE getoetst. Zie Appendix K.

Het portaal Ens is getoetst in PLS-Tower. Een separate toets is, enkel voor de ligger van het portaal, uitgevoerd met behulp van de software AxisVM, zie daarvoor Appendix G.

4.6 Fundatie

De fundatiebelastingen volgen uit de berekening van PLS-TOWER. In appendix J is de samenvatting van de reacties opgenomen.

In een separaat rapport wordt getoetst of de capaciteit van de bestaande fundaties toereikend is.

4.7 Verificatie

De berekeningen zijn geverifieerd met een spreadsheetprogramma voor geleiderbelastingen en belastingen op de fundering. Voor de controle van de belastingaanname uit geleiders en isolatorgewichten is daarnaast gebruik gemaakt van archiefberekeningen van de betreffende masttypes.

De toetsing van de staafcapaciteit door PLS-TOWER is geverifieerd aan een spreadsheetprogramma op basis van de Eurocode voor staalconstructies.

Er is goede overeenstemming waaruit geconcludeerd wordt dat de berekening correct is uitgevoerd conform NEN-EN 50341-1:2013 in combinatie met nationale bijlage NEN-EN 50341-2-15:2017.

[5] De buiging ontstaat door windbelasting tegen het profiel.

5 RESULTATEN PLS-CADD GELEIDER- EN MASTBELASTINGEN

Voor alle masten in de 380kV verbinding Lelystad – Ens zijn er berekeningen uitgevoerd van de externe belastingen die uitwerken op de geleiders, isolatoren en masten.

Een korte samenvatting van de minimale en maximale belastingen voor zowel afkeur (15jr) als verbouw (30jr) die optreden per masttype en per belastingrichting is weergegeven in de onderstaande tabellen. Het gaat hier om de maximale mastbelasting[6] die kan voorkomen op het afspan/ophangpunt[7] van de isolator in de mast.

De uitgebreide berekende geleiderbelastingen die zijn gehanteerd voor het doorrekenen van de constructies zijn weergegeven in appendix B.

Tabel 13 Maximale en minimale mastbelastingen afkeur [N].

Masttype	Maximale verticaal belasting	Maximale transversale belasting	Maximale longitudinale belasting	Minimale verticale belasting	Minimale transversale belasting	Minimale longitudinale belasting
S+0 (eo)	32184	29133	50277	1926	-29111	-50277
S+0 (eo) kustzone 0.9	31826	31207	50279	1397	-31206	-50279
S+0 (hv)	35280	31592	50278	1387	-31592	-50278
S+0 (hv) kustzone 0.9	34982	33582	50279	372	-33565	-50279
S+0 (hv) met telecom	35020	30579	50266	2061	-30406	-50266
S+3 (hv)	33681	28406	50277	1746	-28382	-50277
S+3 (hv) kustzone 0.9	37357	33655	50279	2201	-33465	-50278
sc+42 (hv) kustzone 1.0	53037	50468	50268	2749	-49928	-50272
sc+36 (hv) kustzone 1.0	44748	54888	50272	2859	-54888	-50272
d+24 (hv) kustzone 1.0	39207	51814	50272	1606	-51814	-50272
HA+0 (da)	20865	30778	110310	-2614	-21217	-123247
HB+0 (da)	20760	0	109395	1564	-42203	-107903
HB+0 (da) kustzone 0.9	20591	0	113409	1528	-43449	-109023
HC+0 (da)	23974	57357	111085	1444	-68463	-106751
hc+0 (da) wisselmast 156	23974	0	93437	1984	-68387	-101026
HC+0 (da) kustzone 0.9	19285	0	107662	1832	-59558	-108055
ea (da)	17024	16051	110830	1175	-16535	-25214
Portaal_ens	5951	9860	25833	-2493	-9468	0
Portaal Lelystad	13014	65117	4697	228	-5430	-108812

[6] Het gaat hier om de mastbelastingen. Het kan dus voorkomen dat bijvoorbeeld een HC mast in kustzone minder belast is dan een HC mast in onbebouwd. Dit ten gevolge van een grotere lijnhoek in onbebouwd dan in de kustzone.

[7] Voor de hoekmast worden enkel de maximale van het voor of achterliggend veld weergegeven. Voor steunmasten is dit een optelling van het voor en achterliggend veld.

Tabel 14 Maximale en minimale mastbelastingen verbouw [N].

Masttype	Maximale verticale belasting	Maximale transversale belasting	Maximale longitudinale belasting	Minimale verticale belasting	Minimale transversale belasting	Minimale longitudinale belasting
s+0 (eo)	37003	34028	50277	1926	-34005	-50277
s+0 (eo) kustzone 0.9	36646	36709	50279	1397	-36708	-50279
s+0 (hv)	40261	36900	50278	1387	-36900	-50278
s+0 (hv) kustzone 0.9	39972	39479	50279	5	-39460	-50279
s+0 (hv) met telecom	39967	35728	50266	2061	-35536	-50266
s+3 (hv)	38311	33189	50277	1746	-33163	-50277
s+3 (hv) kustzone 0.9	42645	39570	50279	2201	-39358	-50278
sc+42 (hv) kustzone 1.0	60980	63893	50268	2749	-63537	-50272
sc+36 (hv) kustzone 1.0	51661	70017	50272	2859	-70017	-50272
d+24 (hv) kustzone 1.0	44794	65803	50272	1606	-65803	-50272
ha+0 (da)	23451	35113	124848	-3385	-24777	-138838
hb+0 (da)	23334	0	124281	1559	-47768	-121807
hb+0 (da) kustzone 1.0	23173	0	127210	1528	-49570	-121934
hc+0 (da)	23770	64304	124134	1264	0	-120699
hc+0 (da) wisselmast 156	26933	0	105841	1984	-76559	-113052
hc+0 (da) kustzone 0.9	21644	0	119997	1827	-67256	-120645
ea (da)	18967	18696	123178	1121	-19231	-27527
Portaal Ens	6210	11265	28174	-2867	-10783	0
Portaal Lelystad	14989	107072	6646	112	-6762	-123123

6 MAATGEVENDE MASTEN BINNEN DE VERBINDING LELYSTAD - ENS

Voor de berekeningen van de mastconstructies is vastgesteld welke mastnummers maatgevend zijn van de diverse masttypen. Onderstaande tabel geeft de mastnummers en de typen weer

Tabel 15 maatgevende mastnummers

Terreincategorie	Masttype	Uitnutting (%)	Maatgevende mast
Onbebouwd	s+0 (eo)	103,61	186
	s+0 (hv) met telecom	113,86	171
	s+0 (hv)	107,35	166
	s+3 (hv)	104,70	162
	ha+0 (da)	95,7	175
	hb+0 (da)	93,37	172
	hc+0 (da) Wisselmast	110,40	156
	hc+0 (da)	96,4	182
	ea (da)	99,22	206
	c_portaal_ens	67,63	207A
Kustzone Cdir 0.9	s+0 (eo)	110,69	202
	s+0 (hv)	115,03	198
	s+3 (hv)	114,48	203
	hb+0 (da)	102,85	204
	hc+0 (da)	104,99	193
Kustzone Cdir 1.0	sc+42 (hv)	123,35	176
	sc+36 (hv)	129,98	177 (I)
	d+24 (hv)	137,58	177 (II)

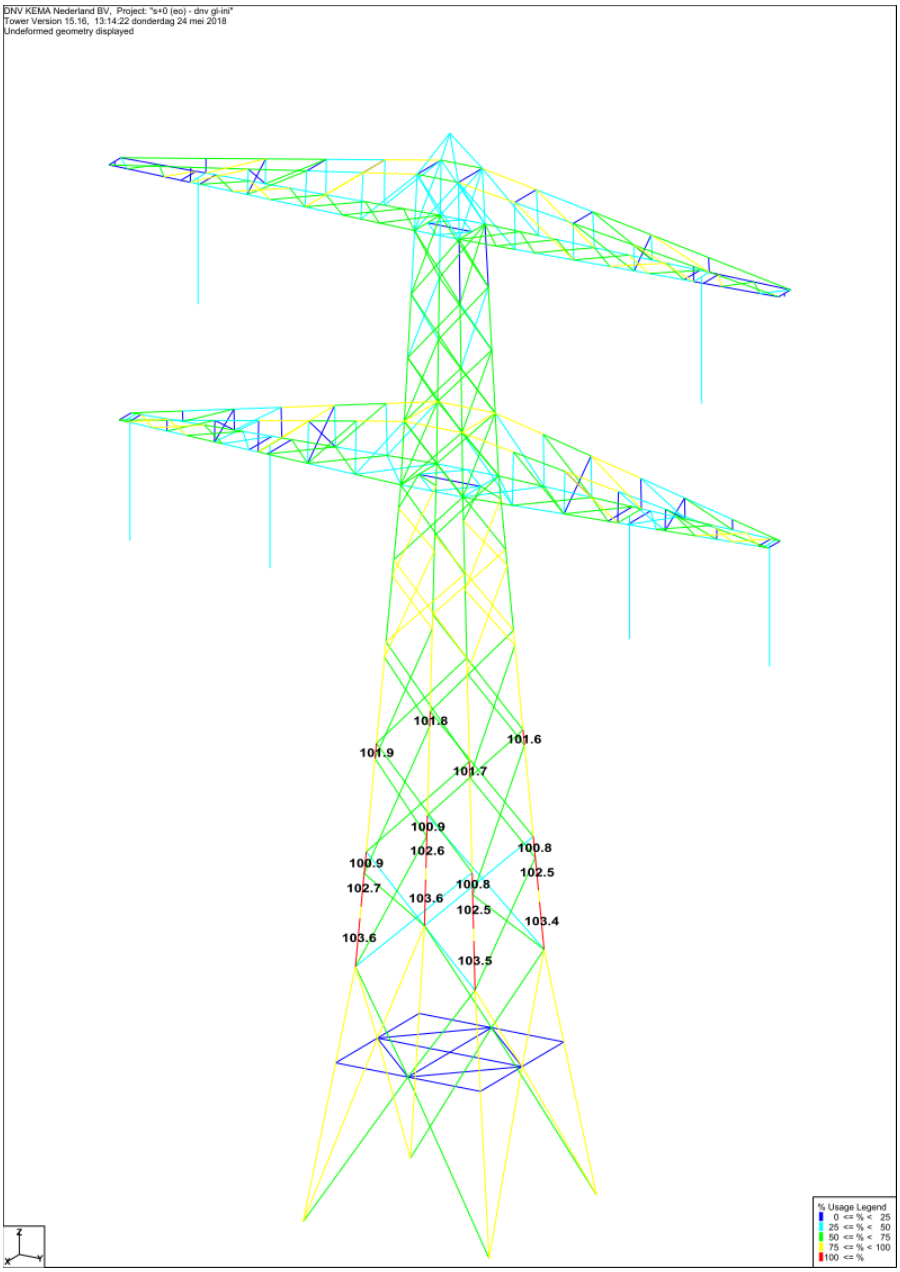
In Appendix C is via staafgrafieken “fingerprints” gevisualiseerd hoe de elementen in de mastconstructie uitgenut worden. De grafieken zijn opgesteld per masttype over de gehele lijn gezien en voor de bij elk type horende maatgevende mast.

7 BEREKENINGEN MASTCONSTRUCTIES

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de toetsing van de masten met PLS-TOWER (appendix C) en de detailberekeningen gepresenteerd. De detailberekeningen betreft de knikverkorters (Appendix E), ankers en blokdeuvels (Appendix F) en draagliggers (Appendix H). De benodigde aanpassingen zijn in Appendix D op elementniveau volledig weergegeven.

7.1 Mast S+0 (eo)

Uit de berekening blijkt dat het masttype S+0 (eo) (enkele ophanging), niet voldoet aan het afkeurniveau. De capaciteit van de randstijlen wordt overschreden. Dit treedt op onder de belastingcombinatie extreme wind onder 45°.



Figuur 3 Mast S+0 (eo) in initiële toestand

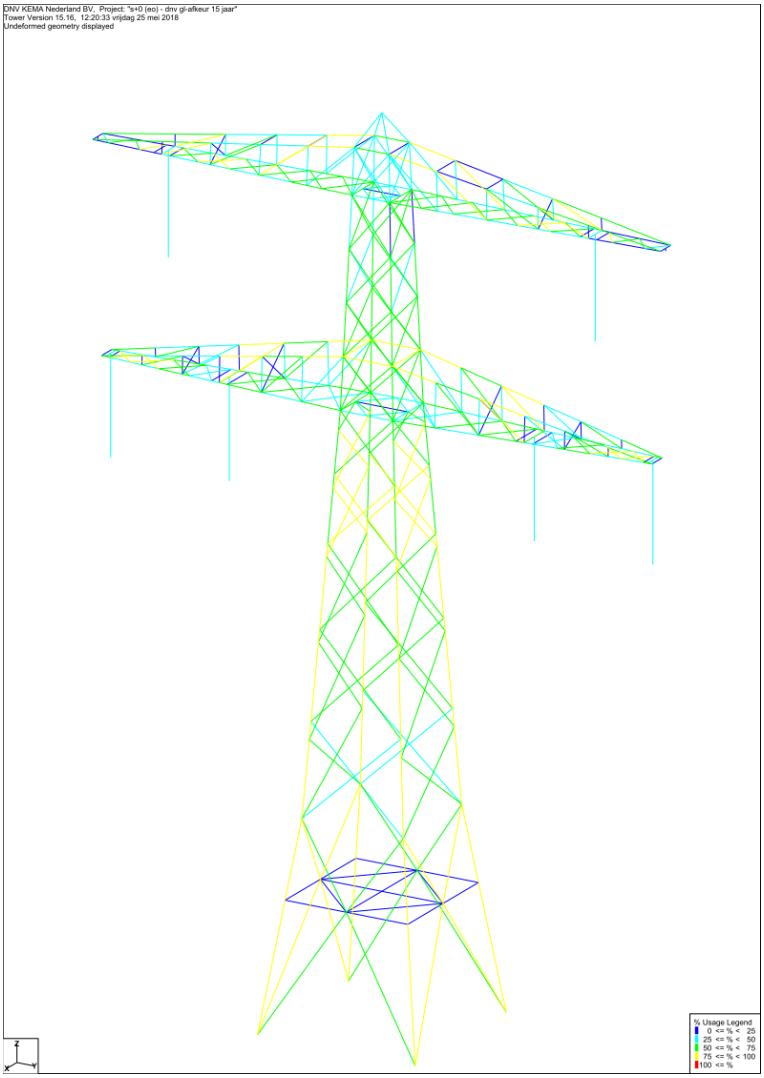
Uit de detailberekeningen blijkt dat de ophangliggers en blokdeuvels (knaggen) voldoen. De capaciteit van een tweetal knikverkorters in het tussenstuk is niet toereikend voor de klimlast. Een aantal staven heeft een slankheid die de grenswaarde overschrijdt. In alle gevallen beïnvloedt dit niet de sterkte van de mast en kan de overschrijding worden geaccepteerd.

Voor de overschrijdingen in de initiële situatie, zie figuur 3.

Een versterkingsvoorstel om de mast aan afkeurniveau te laten voldoen is uitgewerkt. Dit voorstel bevat de volgende maatregelen:

- knikverkorters toevoegen
- bouten vervangen;

Met deze aanpassing voldoet de mast aan het afkeurniveau en de aangepaste onderdelen aan het verbouwniveau. Voor het resultaat van de toetsing van de aangepaste mast zie figuur 4.

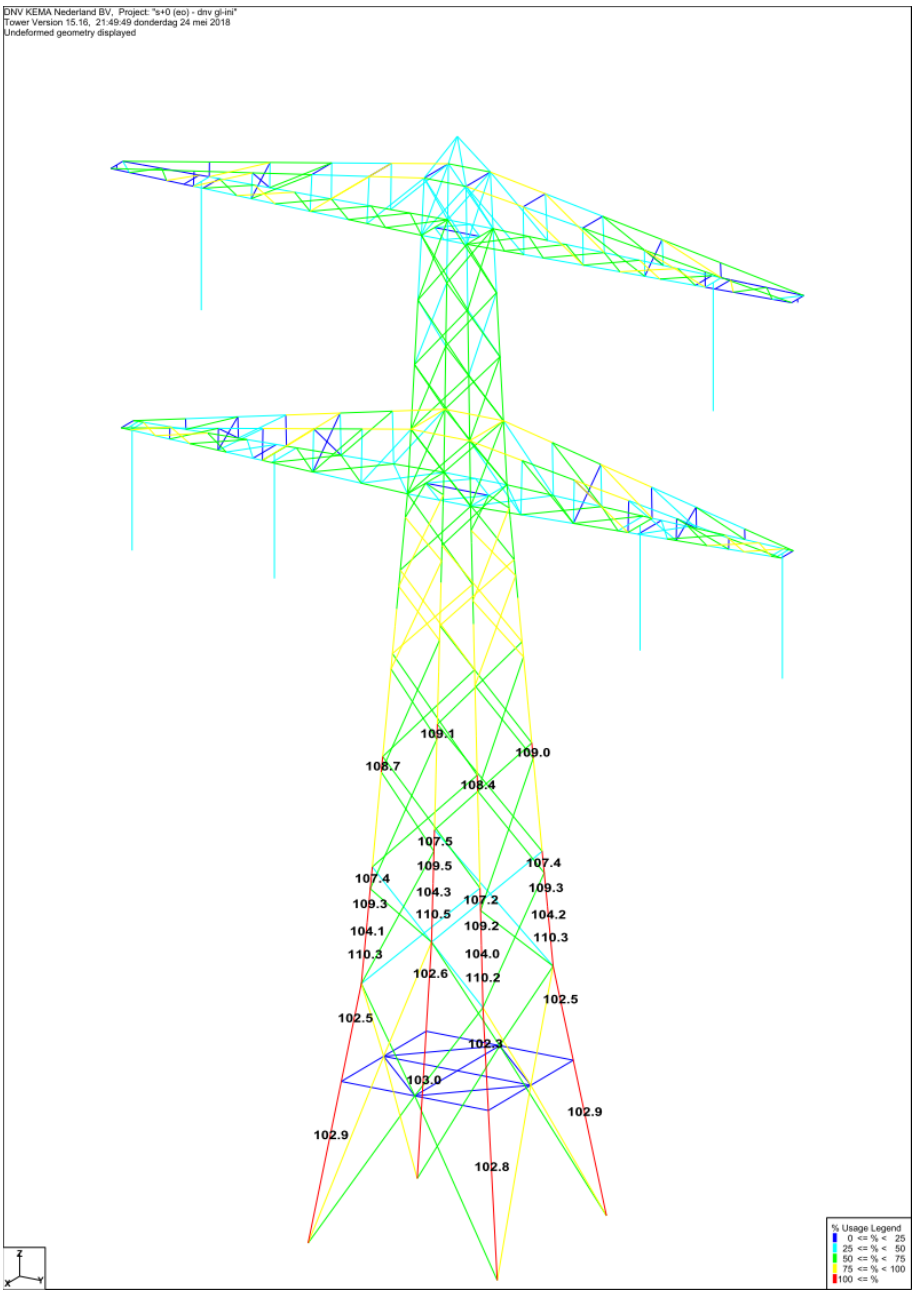


Figuur 4 S+0 (eo) na aanpassing

7.2 Mast S+0 (eo) - kustzone

Uit de berekening blijkt dat het masttype S+0 (eo) in terreincategorie kustzone niet voldoet aan het afkeurniveau. De capaciteit van de randstijlen wordt overschreden. Dit treedt op onder de belastingscombinatie extreme wind onder 45°. Zie Figuur 5.

Uit de detailberekeningen blijkt dat de ophangliggers en blokdeuvels voldoen. Met betrekking tot klimlast en slankheid wordt verwezen naar mast S+0 (eo).



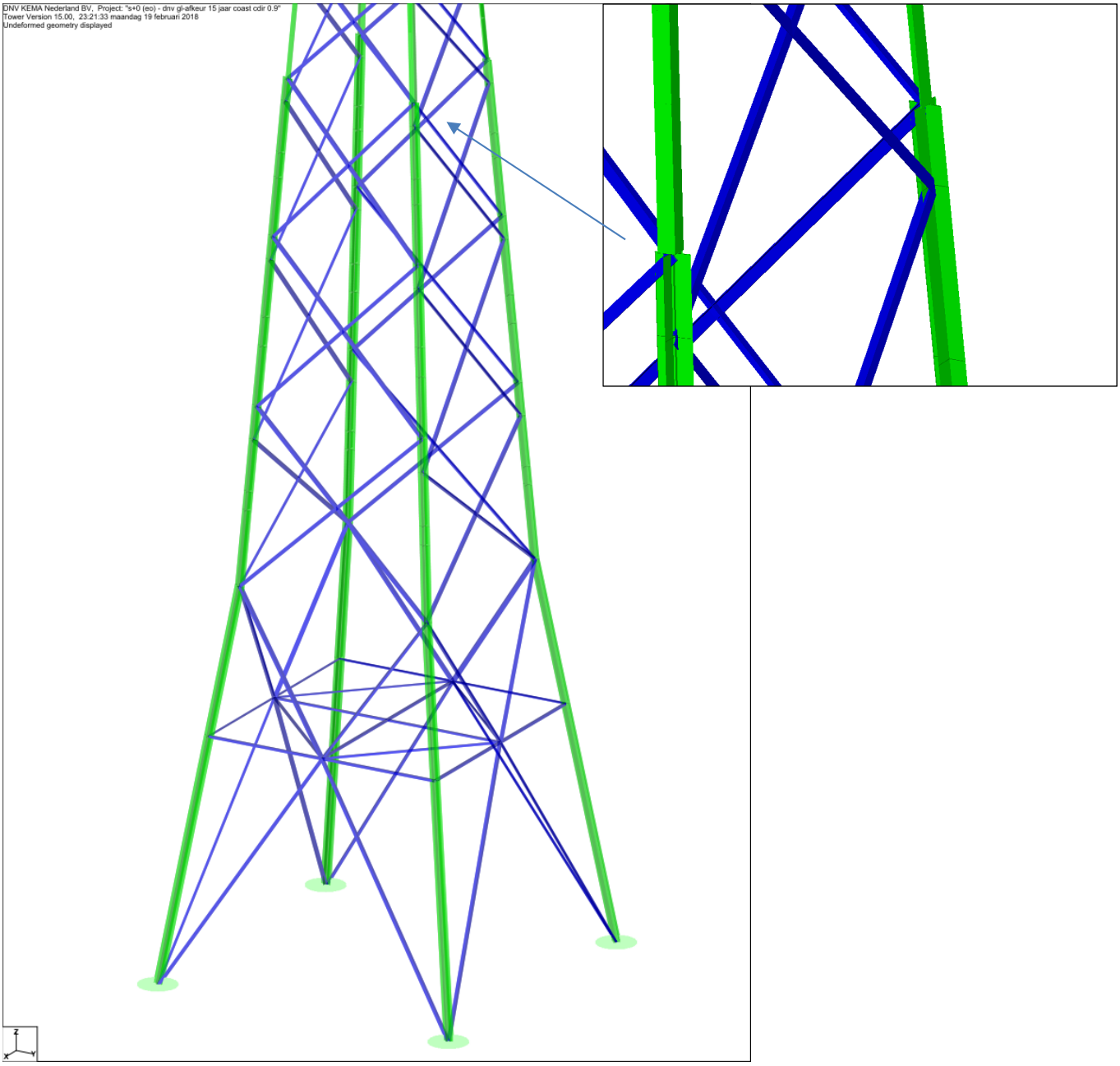
Figuur 5 Mast S+0 (eo) in initiële toestand onder belasting van "kustzone"

Een versterkingsvoorstel om de mast aan afkeurniveau te laten voldoen is uitgewerkt. Dit voorstel bevat de volgende maatregelen:

- knikverkorters toevoegen;
- bouten vervangen;

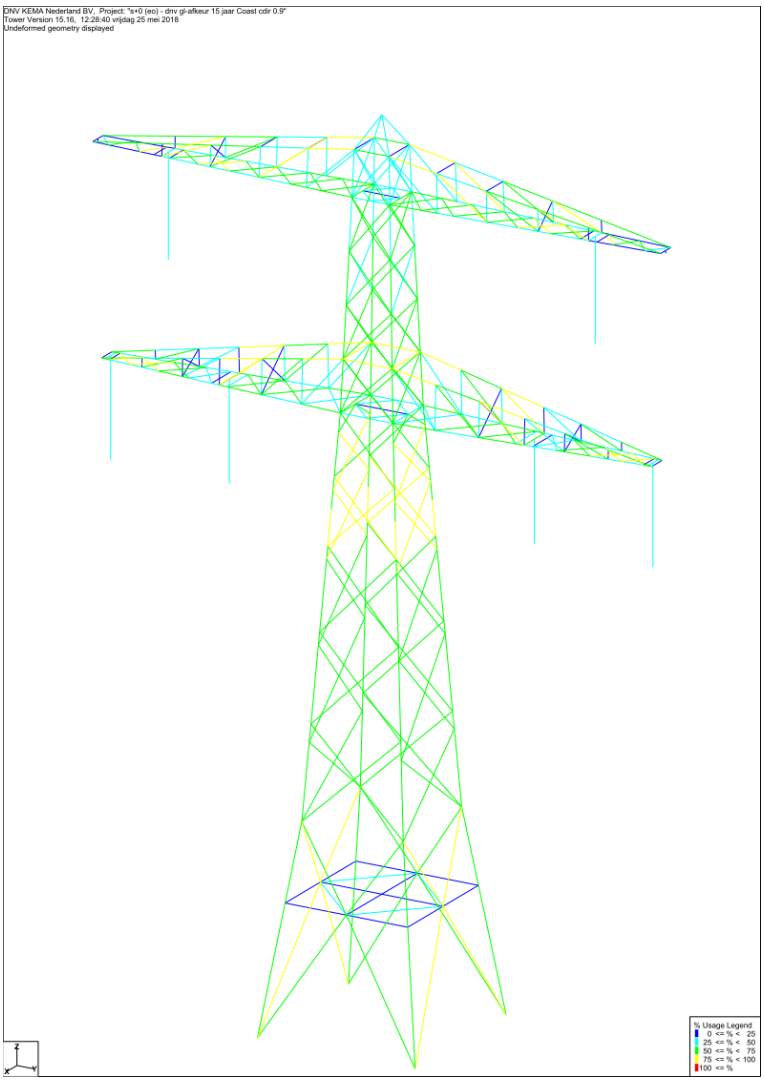
- tegen de randstijlen van het broekstuk en het tussenstuk tot en met het derde diagonaalvak een aanvullend hoekstaal aanbrengen, zie Figuur 6.

De keuze voor het versterken van de randstijl is ingegeven door het feit dat toevoegen van knikverkorters onvoldoende soelaas biedt om de 10% hogere vereiste sterkte te behalen.



Figuur 6 Versterking randstijlen broekstuk en tussenstuk

Met deze aanpassing voldoet de mast aan het afkeurniveau en de aangepaste onderdelen aan het verbouwniveau. Voor de toetsing van de aangepaste mast zie Figuur 7.



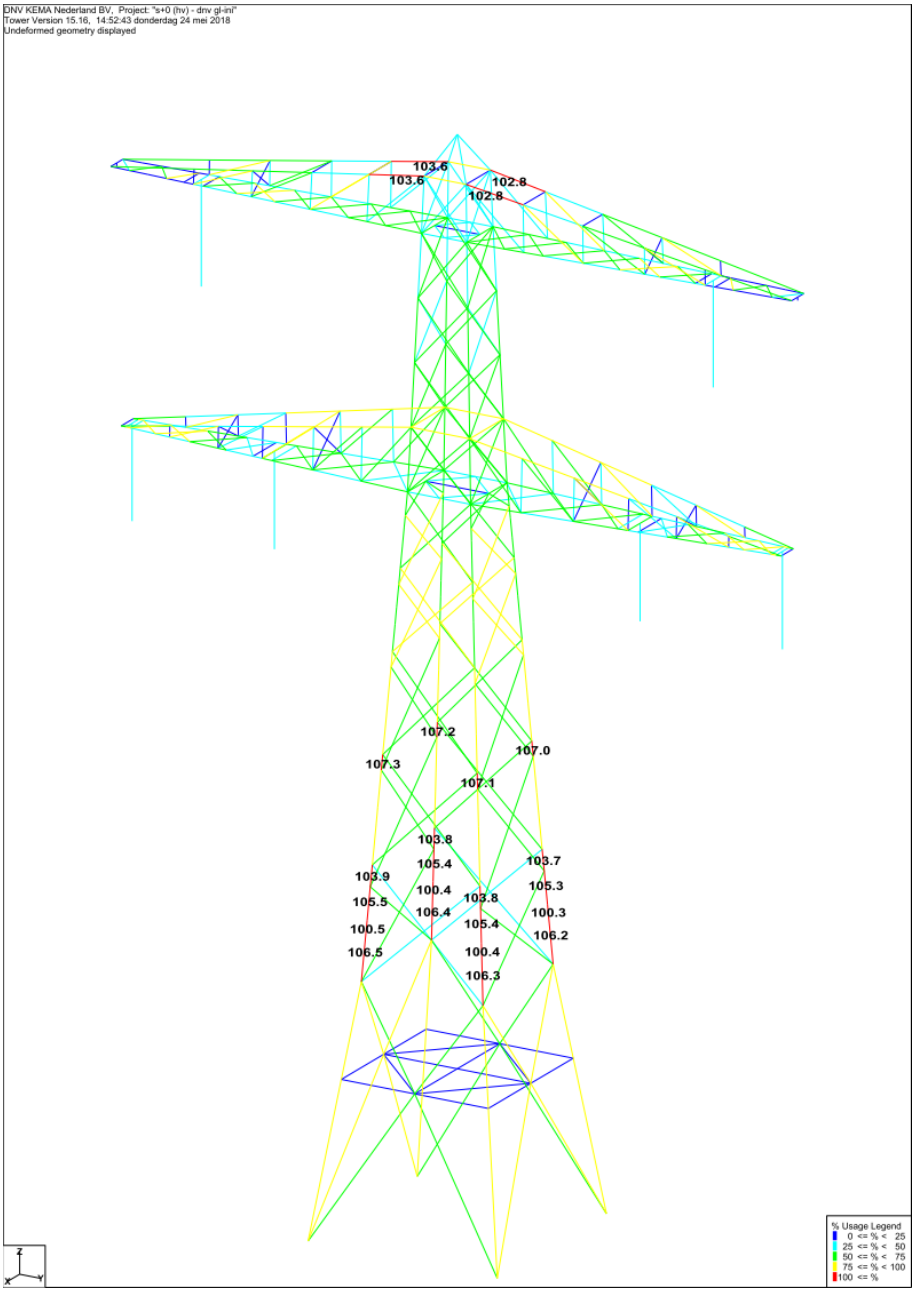
Figuur 7 Mast S+0 (eo) – kustzone na aanpassing

7.3 Mast S+0 (hv)

Uit de berekening blijkt dat het masttype S+0 (hv) (halfverankering) niet voldoet aan het afkeurniveau. De capaciteit van de randstijlen wordt overschreden. Dit treedt op onder de belastingscombinatie extreme wind onder 45°. Onder combinatie 3 wordt de treksterkte (nettodoorsnede) van de verbinding van de trekschoor in de boventraverse overschreden. Hierin onderscheidt deze mast met halfverankering zich van het type met enkele ophanging.

Uit de detailberekeningen blijkt dat de ophangliggers en blokdeuvels voldoen. Met betrekking tot klimlast en slankheid wordt verwezen naar mast S+0 (eo).

Voor de overschrijdingen in initiële situatie, zie Figuur 8.

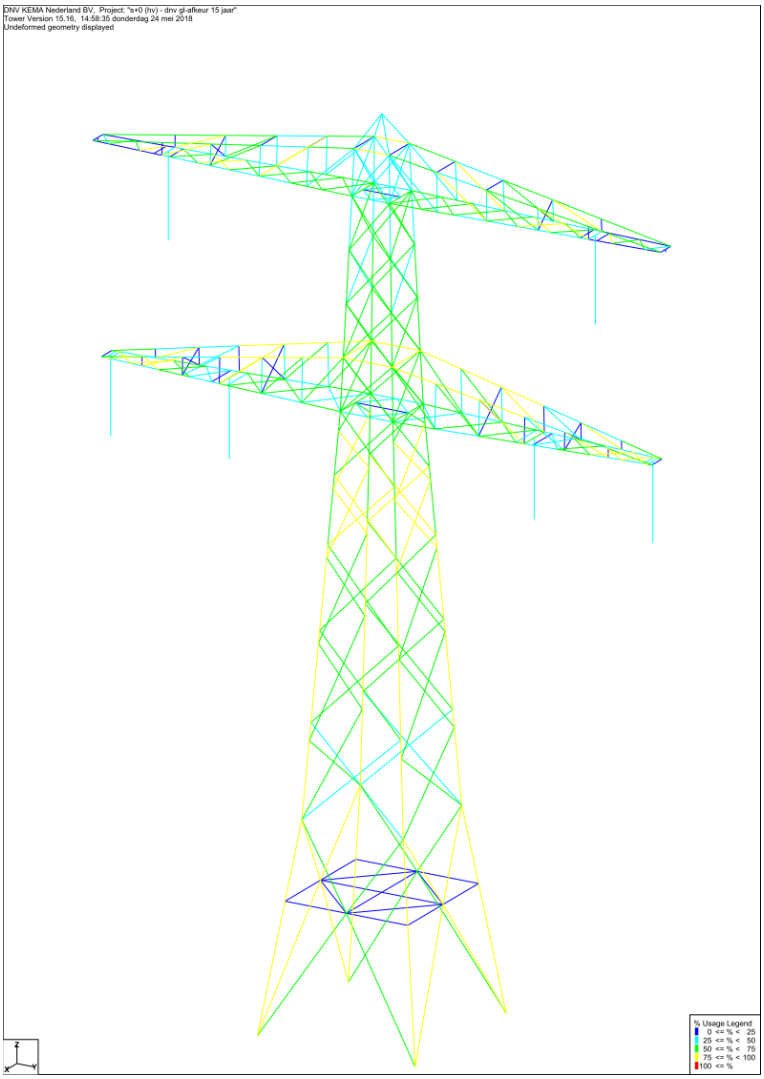


Figuur 8 Mast S+0 (hv) in initiële toestand

Een versterkingsvoorstel om de mast aan afkeurniveau te laten voldoen is uitgewerkt. Dit voorstel bevat de volgende maatregelen:

- knikverkorters toevoegen;
- versterken trekschoor boventraverse;
- bouten vervangen.

Met deze aanpassing voldoet de mast aan het afkeurniveau en de aangepaste onderdelen aan het verbouwniveau. Voor de toetsing van de aangepaste mast zie Figuur 9.

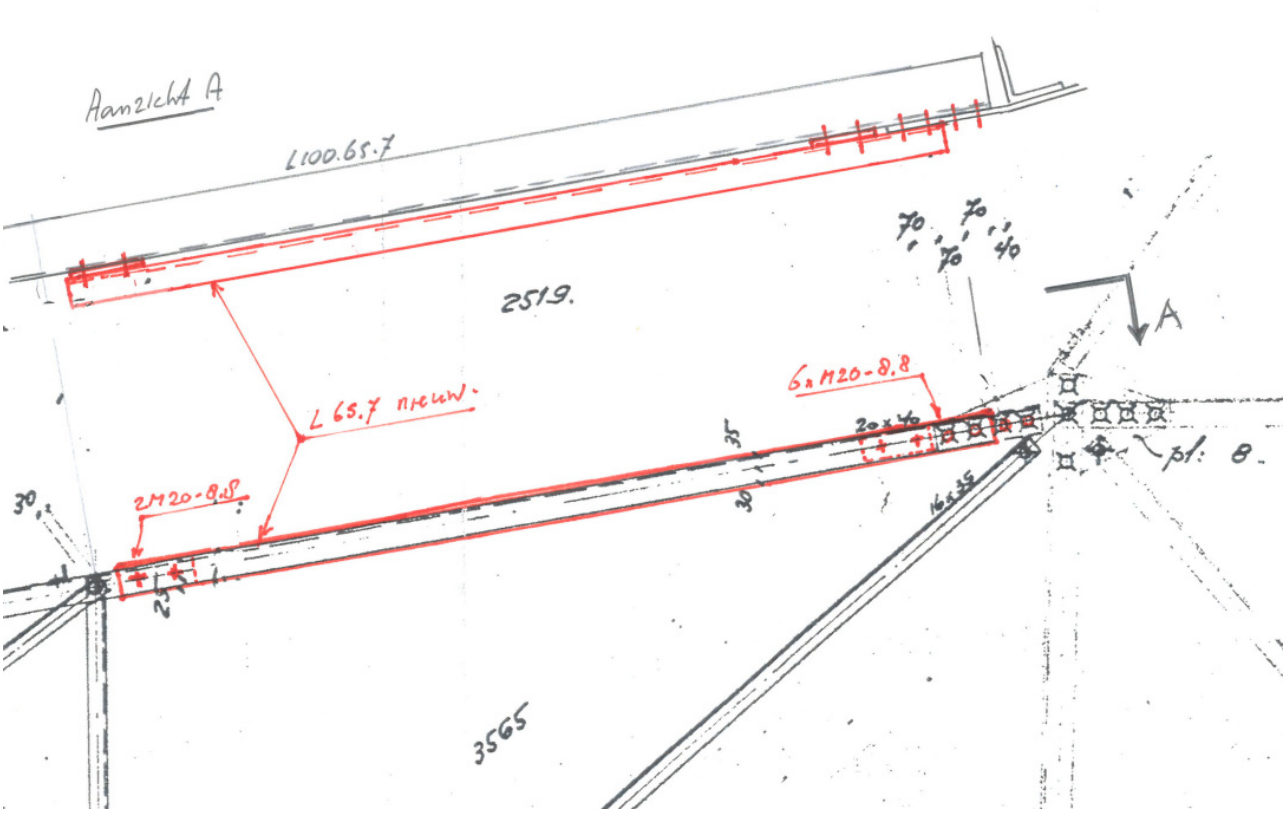


Figuur 9 Mast S+0 (hv) na aanpassing.

Uit de berekening blijkt dat de nettodoorsnede in de boutverbinding van het hoekstaal L100.65.7 onvoldoende is. Versterking richt zich dan ook met name op de verbinding, niet op het profiel zelf. In Figuur 10 is het principe van de versterking weergegeven. Over de lengte van het eerste diagonaalvak van de boventraverse moet het versterkingsprofiel worden aangebracht. Met deze lengte kan de excentriciteit bij de overgang van enkel- naar dubbelhoeklijn worden afgedragen door het koppelhoeklijn tussen beide zijden in het bovenvlak van de traverse.

De versterking van de trekschoor is beoordeeld vanuit het oogpunt van uitvoerbaarheid. Er is immers geen tijdelijke afsteuning van de traverse naar bovenliggende mastconstructie mogelijk. De werkwijze is hier als volgt:

- uitwisselen twee huidige bouten door 8.8-kwaliteit bouten;
- boren gaten nieuwe aanvullende gaten in bestaand hoeklijn;
- verwijderen andere twee van de vier bouten. De verbinding is met twee nieuwe bouten sterk genoeg om de permanente belasting tijdelijk te dragen;
- nieuw hoekstaal L65.7 over twee van de vier boutgaten zonder bout aanbrengen;
- twee nieuwe bouten terugplaatsen en overige bevestigsbouten aanbrengen.

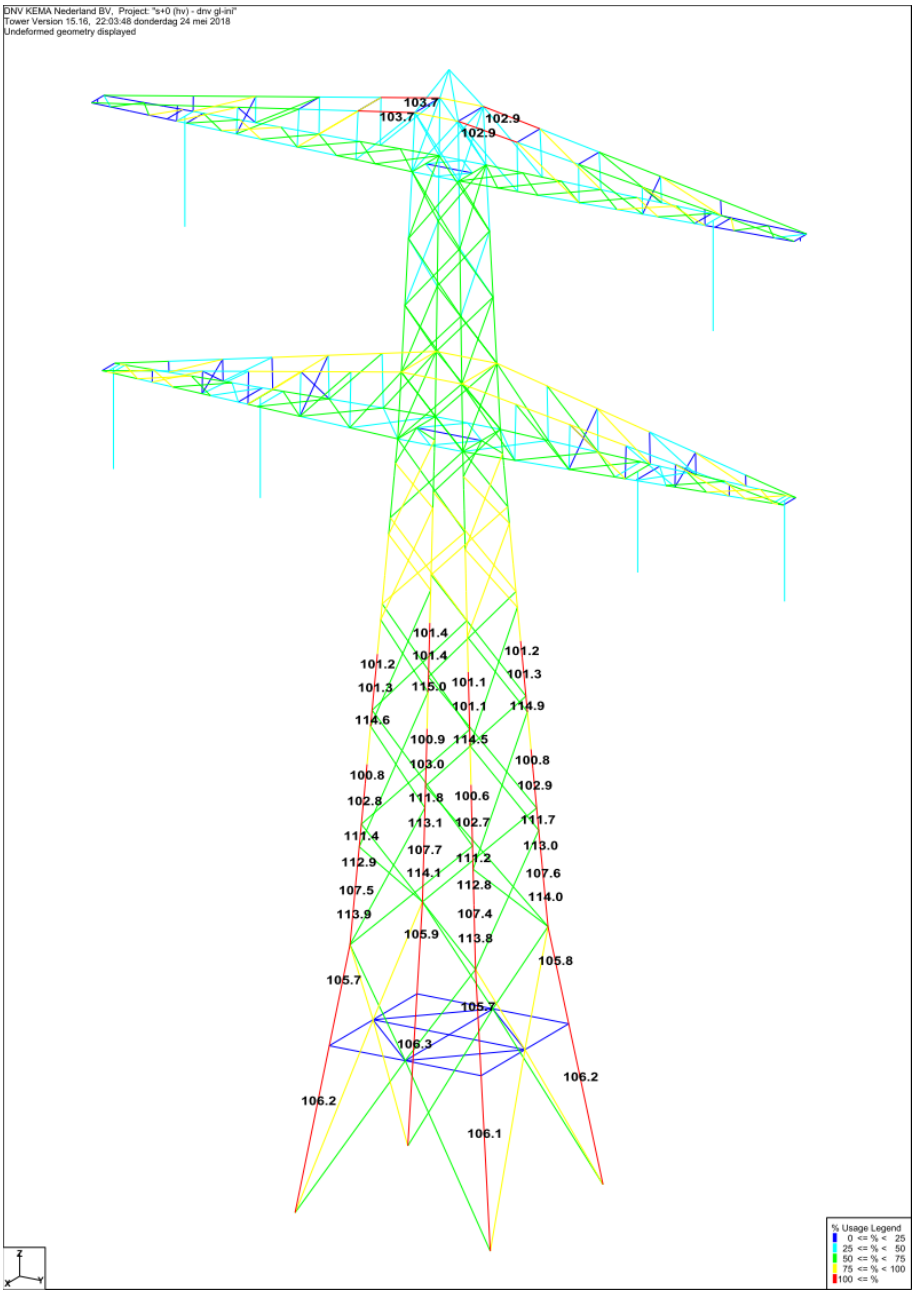


Figuur 10: principedetail versterking trekschoor boventraverse

7.4 Mast S+0 (hv) - kustzone

Uit de berekening blijkt dat het masttype S+0 (hv) in terreincategorie kustzone niet voldoet aan het afkeurniveau. De capaciteit van de randstijlen wordt overschreden. Dit treedt op onder de belastingscombinatie extreme wind onder 45°. Onder combinatie 3 wordt de treksterkte van de verbinding van de trekschoor in de boventraverse overschreden. Zie Figuur 11.

Uit de detailberekeningen blijkt dat de ophangliggers en blokdeuvels voldoen. De capaciteit van de knikverkorters is niet in alle gevallen toereikend voor de klimlast.



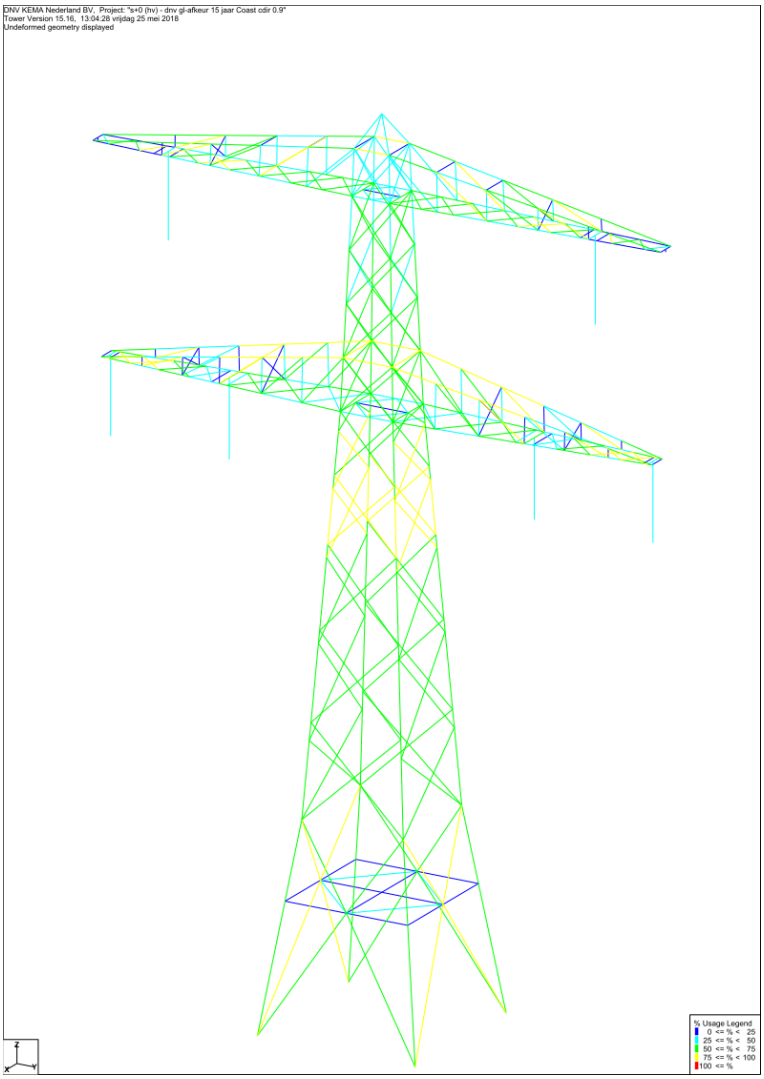
Figuur 11 Mast S+0 (hv) in initiële toestand onder belasting van "kustzone"

Een versterkingsvoorstel om de mast aan afkeurniveau te laten voldoen is uitgewerkt. Dit voorstel bevat de volgende maatregelen:

- knikverkorters toevoegen;

- versterken trekschoor boventraverse;
- bouten vervangen;
- tegen de randstijlen van het broekstuk en het tussenstuk tot en met het derde diagonaalvak een aanvullend hoekstaal aanbrengen.

Met deze aanpassing voldoet de mast aan het afkeurniveau en de aangepaste onderdelen aan het verbouwniveau. Voor de toetsing van de aangepaste mast zie figuur 12.

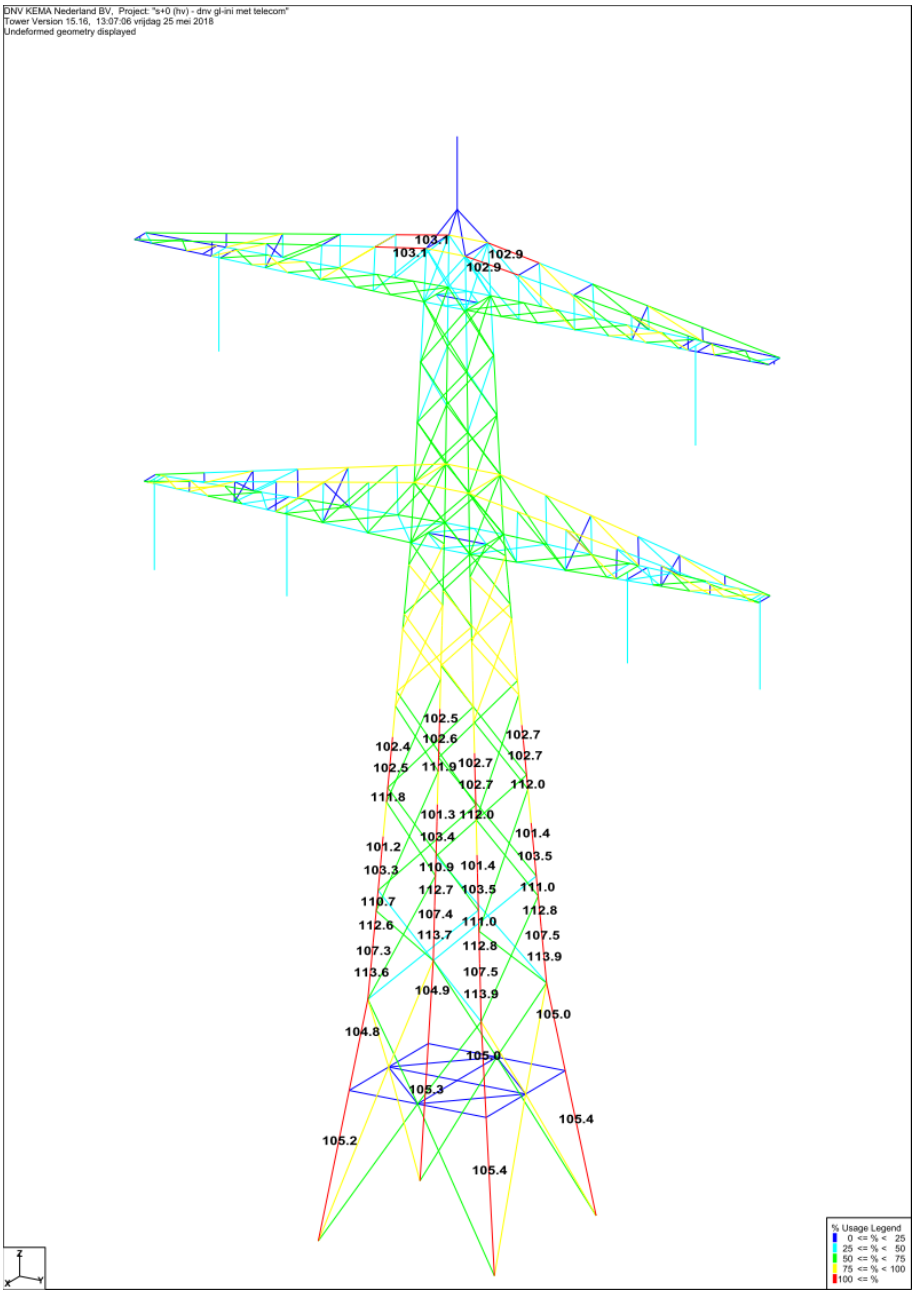


Figuur 12 Mast S+0 (hv) – kustzone na aanpassing

7.5 Mast S+0 (HV) met telecom

Uit de berekening blijkt dat het masttype S+0 - HV met telecominstallatie niet voldoet aan het afkeurniveau. De capaciteit van de randstijlen wordt overschreden. Dit treedt op onder de belastingscombinatie extreme wind onder 45°. Onder combinatie 3 wordt de treksterkte van de verbinding van de trekschoor in de boventraverse overschreden.

Uit de detailberekeningen blijkt dat de ophangliggers en blokdeuvels voldoen. De capaciteit van de knikverkorters is niet in alle gevallen toereikend voor de klimlast.



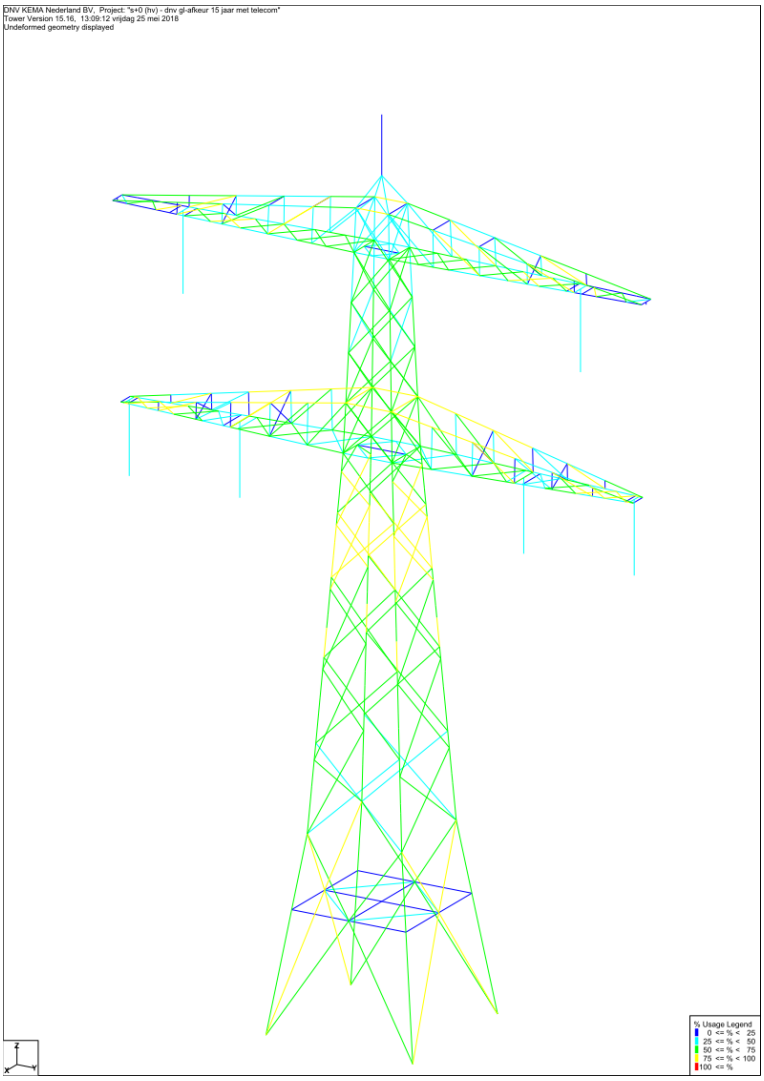
Figuur 13 Mast S+0 (hv) met telecominstallatie in initiële toestand

Een versterkingsvoorstel om de mast aan afkeurniveau te laten voldoen is uitgewerkt. Dit voorstel bevat de volgende maatregelen:

- knikverkorters toevoegen;

- versterken trekschoor boventraverse;
- bouten vervangen;
- tegen de randstijlen van het broekstuk en het tussenstuk tot en met het derde diagonaalvak een aanvullend hoekstaal aanbrengen.

Met deze aanpassing voldoet de mast aan het afkeurniveau en de aangepaste onderdelen aan het verbouwniveau. Voor de toetsing van de aangepaste mast zie figuur 14.

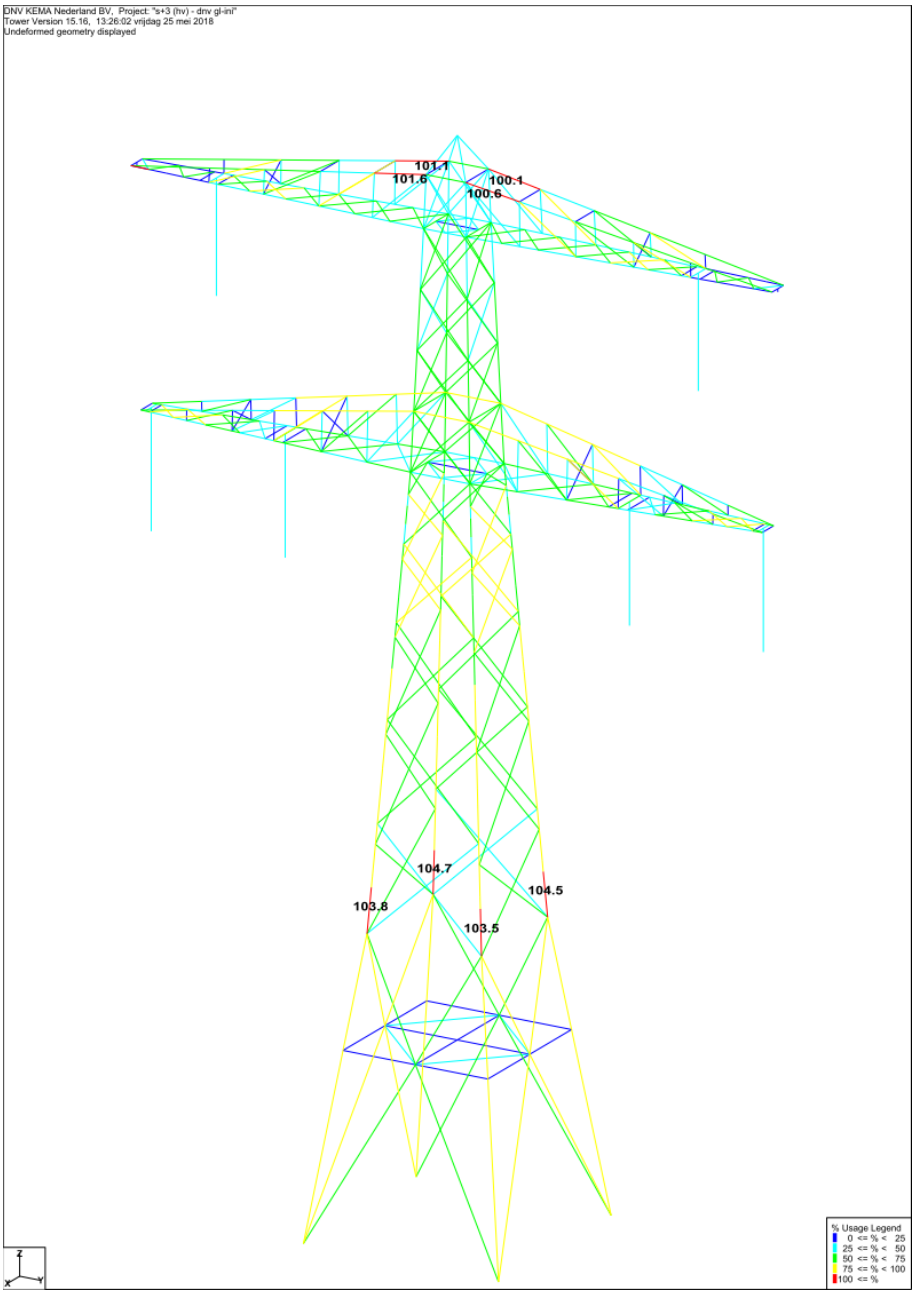


Figuur 14 Mast S+0 (hv) met telecominstallatie na aanpassing

7.6 Mast S+3 (hv)

Dit masttype komt éénmaal voor als mast 162. Uit de berekening blijkt dat het masttype S+3 (hv) niet voldoet aan het afkeurniveau. De capaciteit van de randstijlen wordt overschreden. Dit treedt op onder de belastingscombinatie extreme wind onder 45°. Onder combinatie 3 wordt de treksterkte (nettodoorsnede) van de verbinding van de trekschoor in de boventraverse overschreden. Zie figuur 15.

Uit de detailberekeningen blijkt dat de ophangliggers en blokdeuvels voldoen. De capaciteit van de knikverkorters is niet in alle gevallen toereikend voor de klimlast.



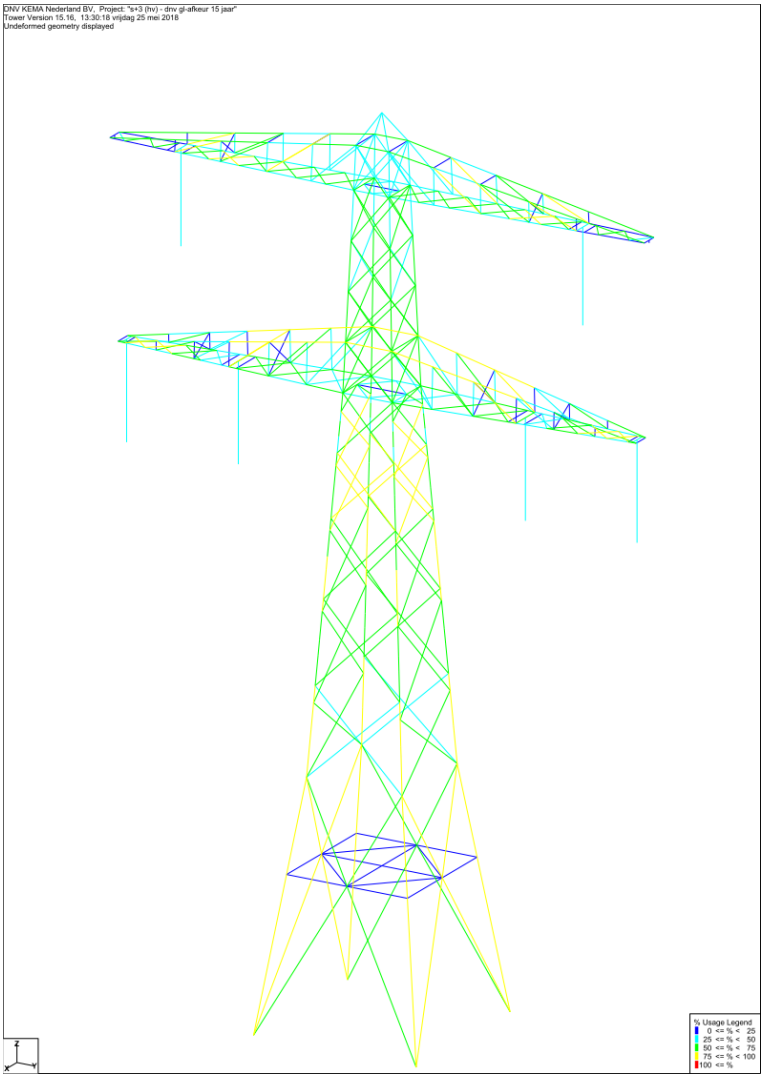
Figuur 15 Mast S+3 (hv) in initiële toestand

Een versterkingsvoorstel om de mast aan afkeurniveau te laten voldoen is uitgewerkt. Dit voorstel bevat de volgende maatregelen:

- knikverkorters toevoegen;

- versterken trekschoor boventraverse;
- bouten vervangen.

Met deze aanpassing voldoet de mast aan het afkeurniveau en de aangepaste onderdelen aan het verbouwniveau. Voor de toetsing van de aangepaste mast zie figuur 16.

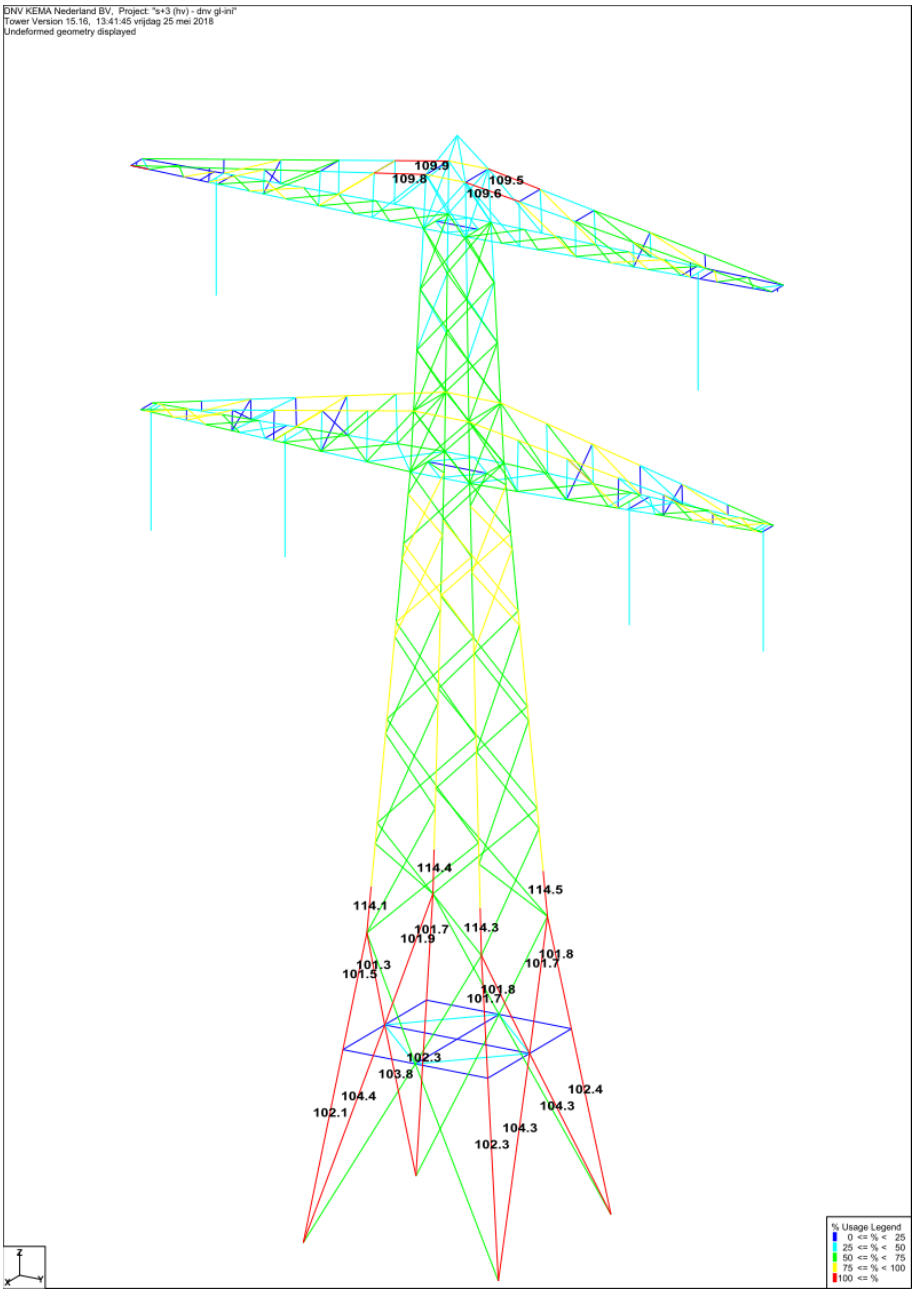


Figuur 16 Mast S+3 (hv) na aanpassing

7.7 Mast S+3 (hv) - kustzone

Uit de berekening blijkt dat het masttype S+3 – HV in terreincategorie kustzone niet voldoet aan het afkeurniveau. De capaciteit van de randstijlen wordt overschreden. Dit treedt op onder de belastingscombinatie extreme wind onder 45°. Onder combinatie 3 wordt de treksterkte van de verbinding van de trekschoor in de boventraverse overschreden. Zie Figuur 17.

Uit de detailberekeningen blijkt dat de ophangliggers en blokdeuvels voldoen. De capaciteit van de knikverkorters is niet in alle gevallen toereikend voor de klimlast, bovendien ontstaan door het verzwaren van de randstijl overschrijdingen op de capaciteit van de knikverkorters.

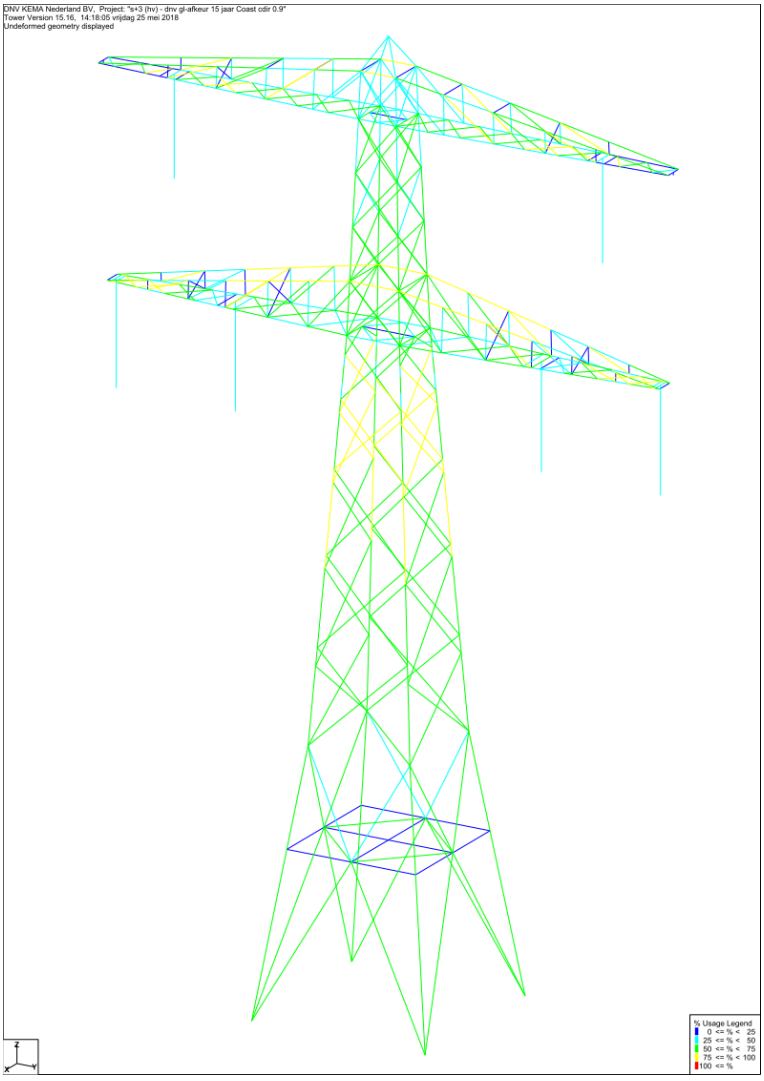


Figuur 17 Mast S+3 (hv) kustzone in initiële toestand

Een versterkingsvoorstel om de mast aan afkeurniveau te laten voldoen is uitgewerkt. Dit voorstel bevat de volgende maatregelen:

- knikverkorters vervangen;
- versterken trekschoor boventraverse;
- bouten vervangen;
- tegen de randstijlen van het broekstuk en het tussenstuk tot en met het tweede diagonaalvak een aanvullend hoekstaal aanbrengen;

Met deze aanpassing voldoet de mast aan het afkeurniveau en de aangepaste onderdelen aan het verbouwniveau. Voor de toetsing van de aangepaste mast zie figuur 18.

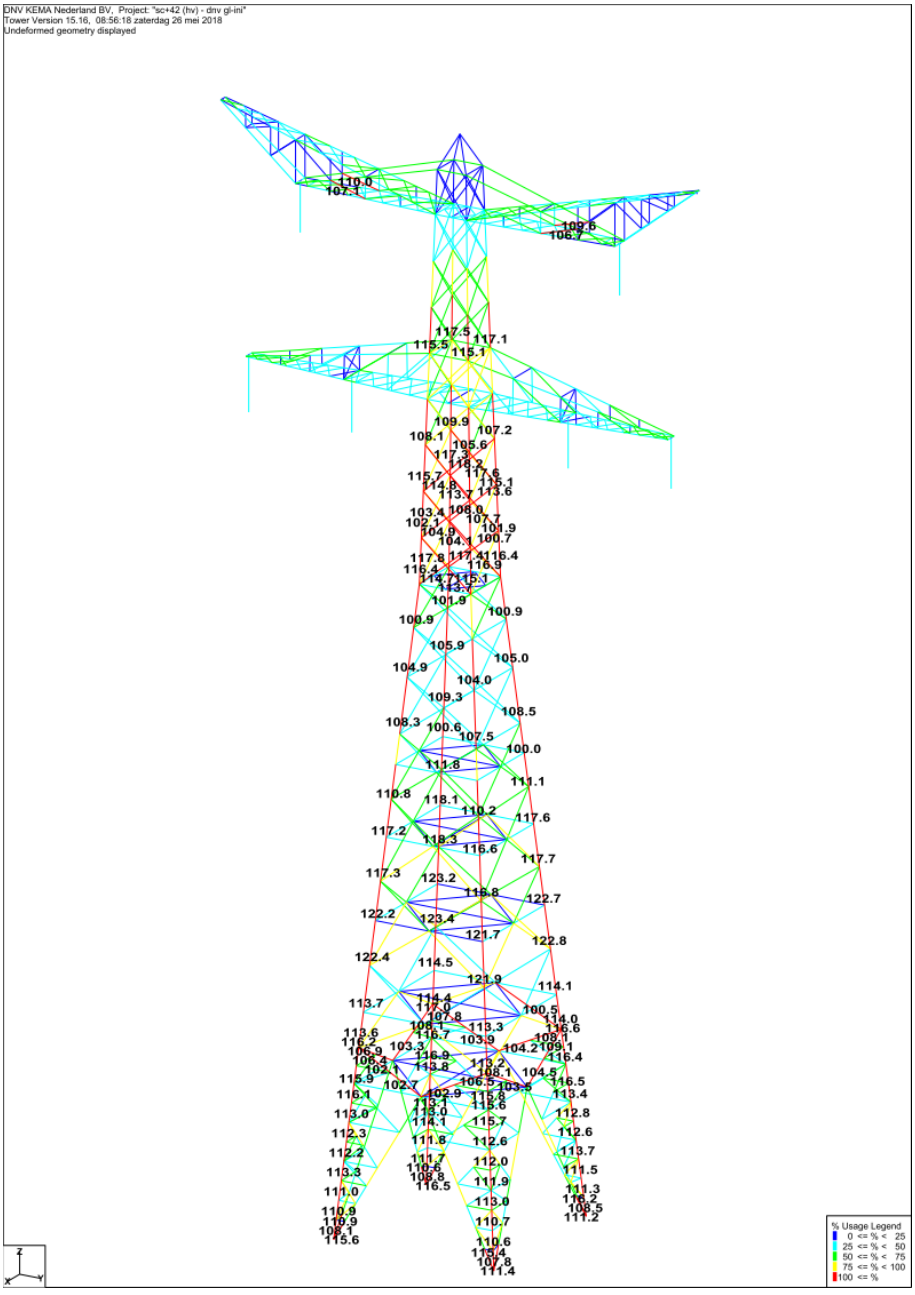


Figuur 18 Mast S+3 (hv) kustzone na aanpassing

7.8 Mast SC+42

Uit de berekening blijkt dat het masttype SC+42 niet voldoet aan het afkeurniveau. De capaciteit van de randstijlen, kruis- en torsieverbanden wordt in aanzienlijke mate overschreden. Dit treedt op onder de diverse belastingscombinaties en is het gevolg van het uitgangspunt van de windbelasting "kustzone".

Uit de detailberekeningen blijkt dat de ophangliggers van de isolatorkettingen voldoen met uitzondering van de binnenste fase van de ondertraverse. De ankers van de fundatie voldoen. De capaciteit van de knikverkorters is niet in alle gevallen toereikend voor de klimlast, bovendien komen er profielen met een te grote slankheid voor[9]. Vanwege de slankheid is de onderrand van het "kattenoor" van de boventraverse nader op druk en buiging gecontroleerd, zie Appendix E. Deze blijkt te voldoen.



Figuur 19 Mast SC+42 in initiële toestand

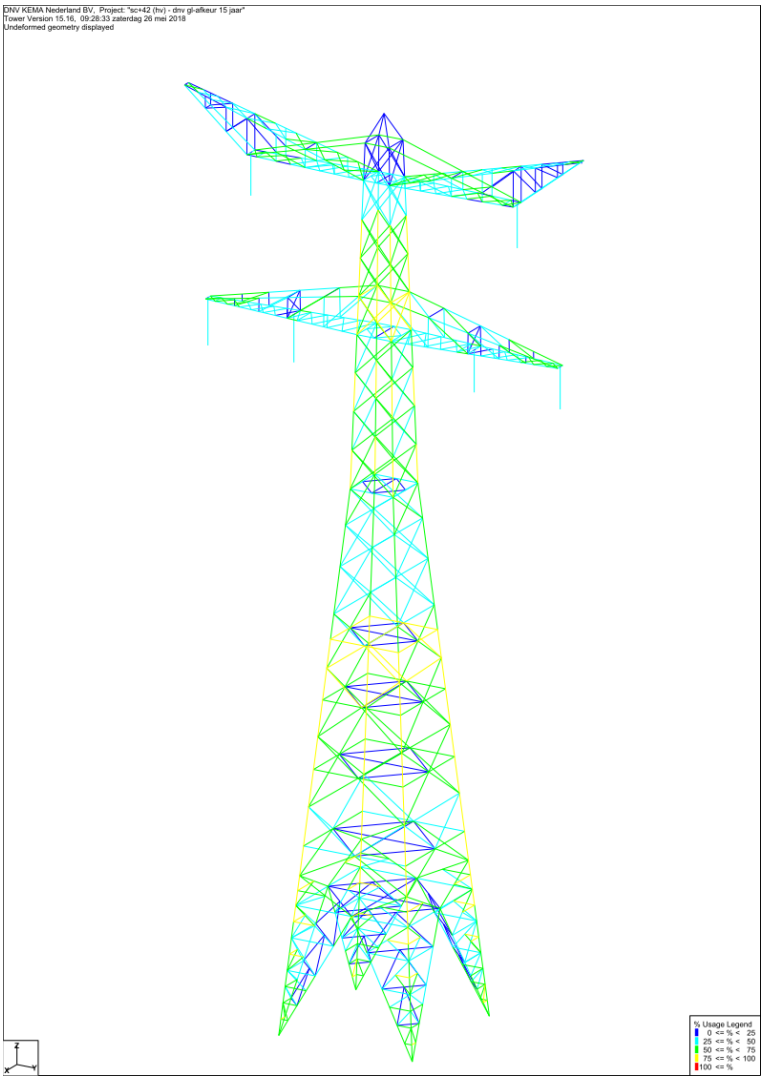
[9] Dit komt niet tot uiting in de figuur, maar is separaat gecontroleerd, zie bijlage E.

Een versterkingsvoorstel om de mast aan afkeurniveau te laten voldoen is uitgewerkt. Vanwege de versterking van de randstijl wordt de capaciteit van een aantal knikverkorters onvoldoende om de rand tegen knik te steunen. Vanuit die overweging dienen ook knikverkorters te worden vervangen.

Het voorstel bevat de volgende maatregelen:

- knikverkorters vervangen;
- inwendig pootverband toegevoegd;
- bouten vervangen;
- tegen de randstijlen tot de ondertraverse een aanvullend hoekstaal aangebracht;
- diagonalen vervangen;
- aanvullende profielen bij ophangliggers ondertraverse.

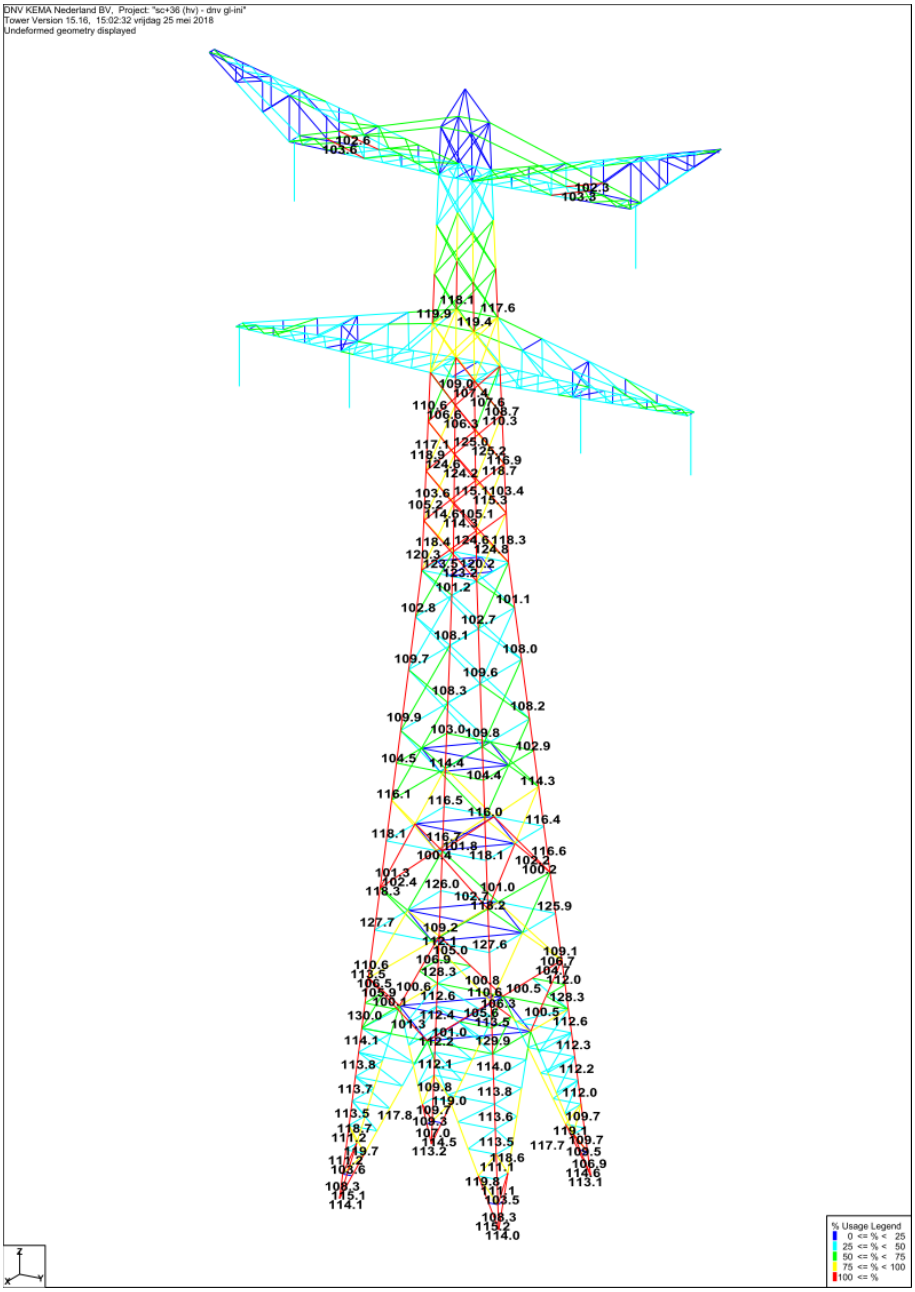
Met deze aanpassing voldoet de mast aan het afkeurniveau en de aangepaste onderdelen aan het verbouwniveau. Zie Figuur 20.



Figuur 20 Mast SC+42 na aanpassing

7.9 Mast SC+36

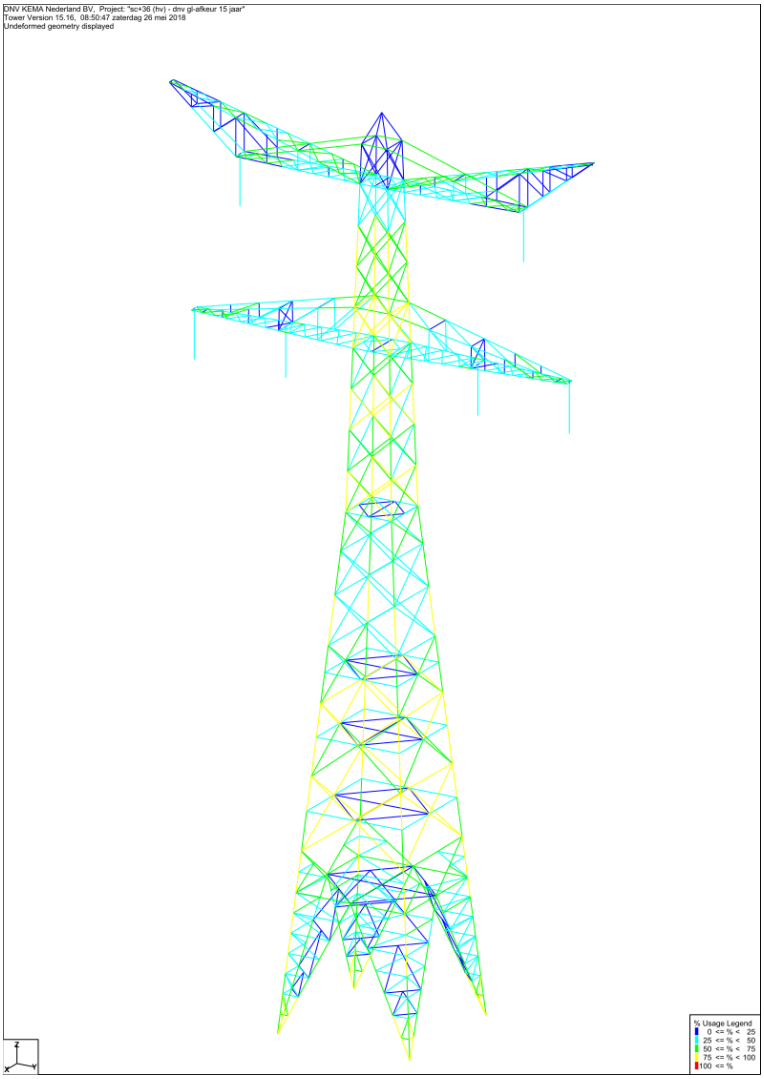
Uit de berekening blijkt dat het masttype SC+36 niet voldoet aan het afkeurniveau. De capaciteit van de randstijlen, kruis- en torsieverbanden wordt in aanzienlijke mate overschreden. Dit treedt op onder de diverse belastingscombinaties en is het gevolg van het uitgangspunt van de windbelasting “kustzone”. De overschrijdingen zijn vergelijkbaar met mast SC+42.



Figuur 21 Mast SC+36 in initiële toestand

Een versterkingsvoorstel om de mast aan afkeurniveau te laten voldoen is uitgewerkt. Dit voorstel is vergelijkbaar met SC+42.

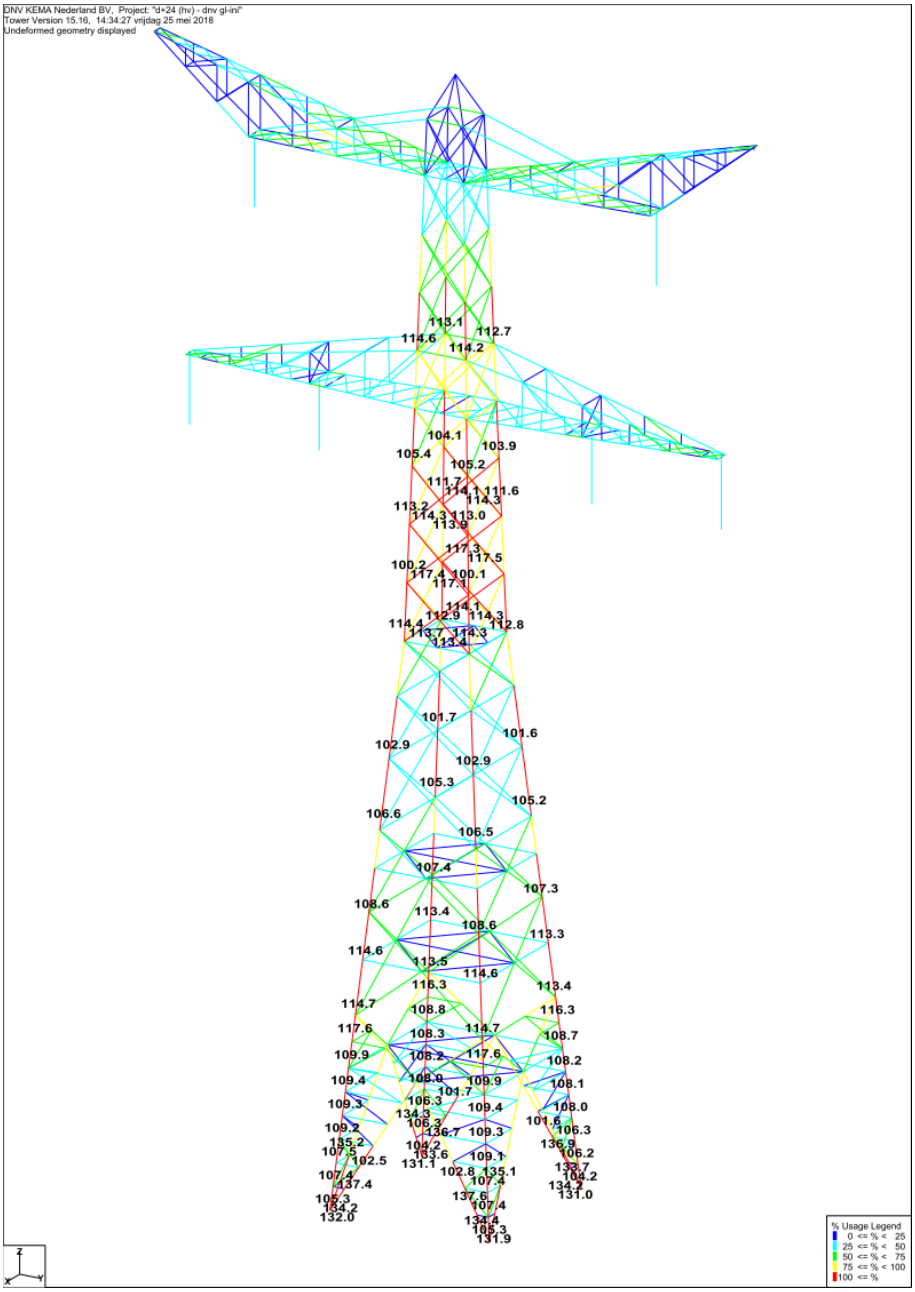
Met deze aanpassing voldoet de mast aan het afkeurniveau en de aangepaste onderdelen aan het verbouwniveau. Zie Figuur 22.



Figuur 22 Mast SC+36 na aanpassing

7.10 Mast D+24

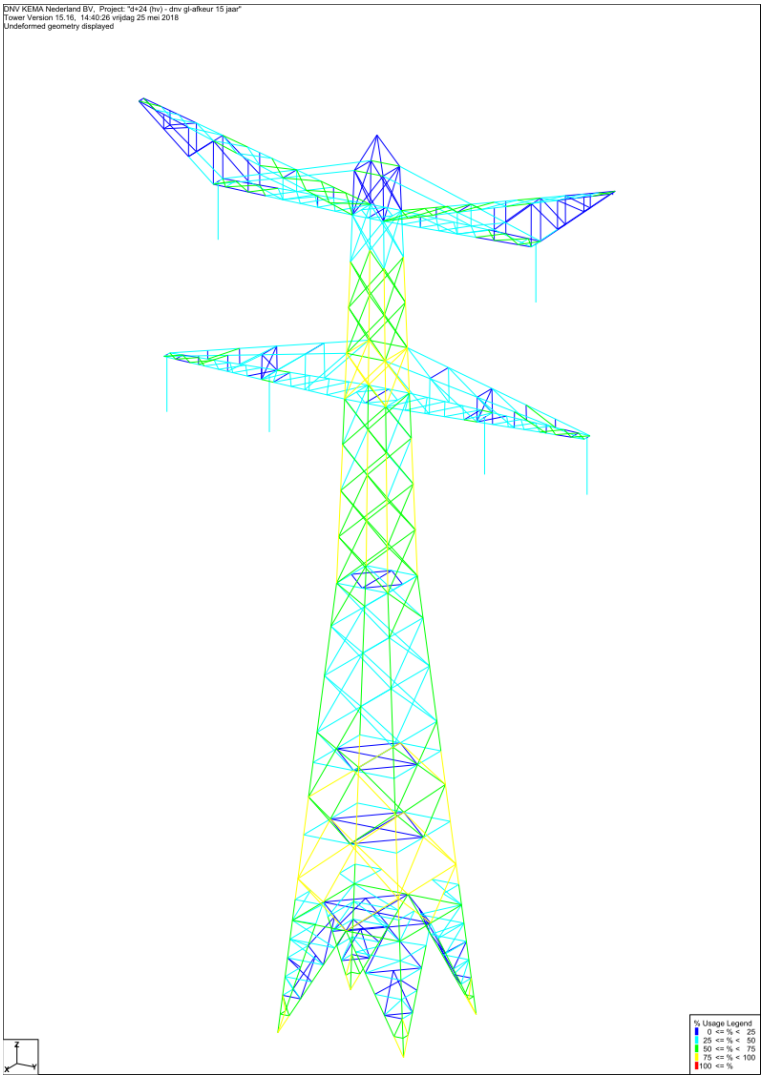
Uit de berekening blijkt dat het masttype D+24 niet voldoet aan het afkeurniveau. De capaciteit van de randstijlen, kruis- en torsieverbanden wordt in aanzienlijke mate overschreden. Dit treedt op onder de diverse belastingscombinaties en is het gevolg van het uitgangspunt van de windbelasting “kustzone”. De overschrijdingen zijn vergelijkbaar met mast SC+42.



Figuur 23 Mast D+24 in initiële toestand

Een versterkingsvoorstel om de mast aan afkeurniveau te laten voldoen is uitgewerkt. Dit voorstel is vergelijkbaar met SC+42.

Met deze aanpassing voldoet de mast aan het afkeurniveau en de aangepaste onderdelen aan het verbouwniveau. Zie Figuur 24.

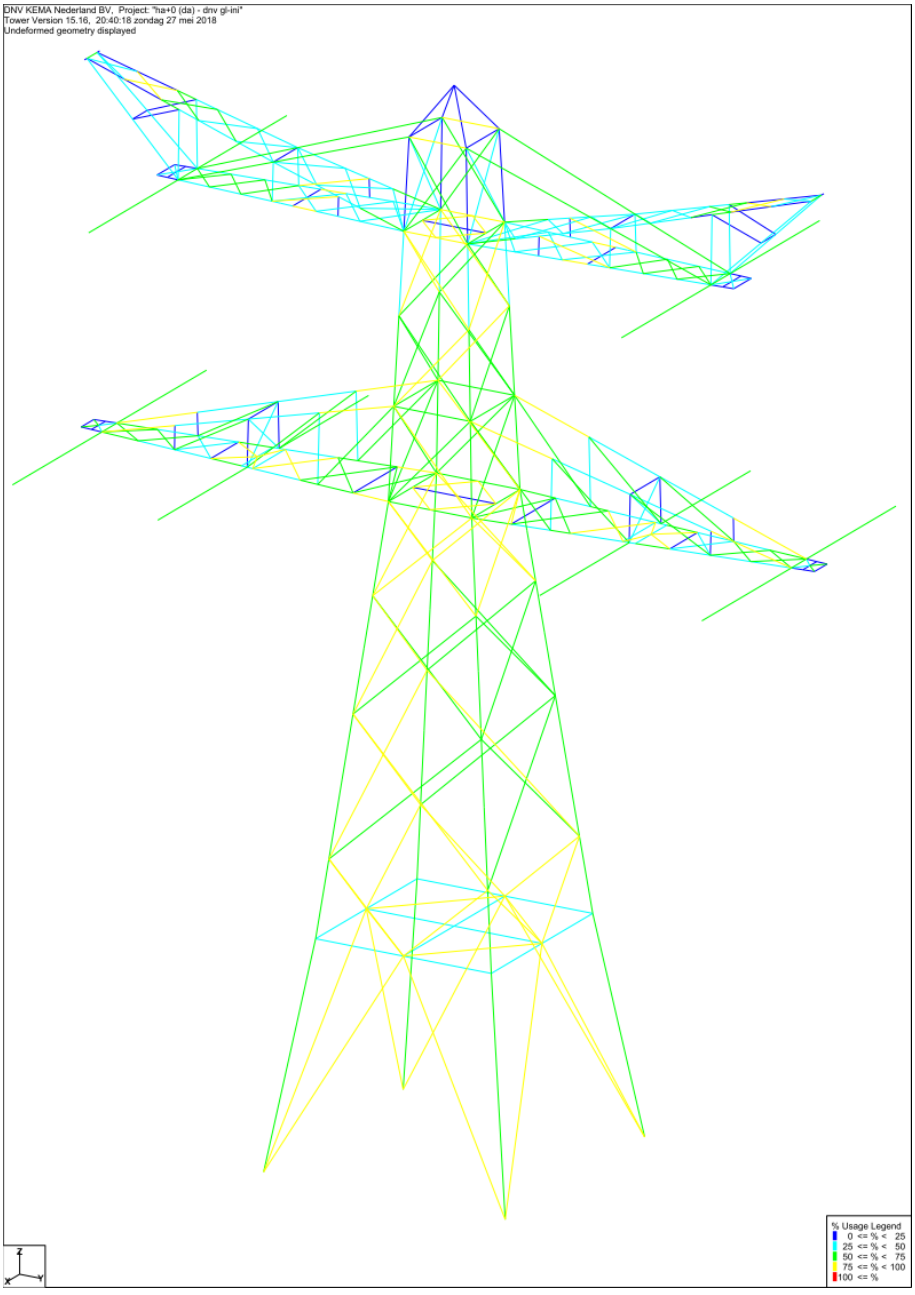


Figuur 24 Mast D+24 na aanpassing

7.11 Mast HA+0

Uit de berekening blijkt dat de in TOWER gemodelleerde constructie van het masttype HA+0 voldoet aan het afkeurniveau. Zie figuur 25.

De uitvoering van knikverkorters en blokdeuvels is identiek voor de hoekmasten HA+0, HB+0 en HC+0. Uit de detailberekeningen op basis van de zwaarder belaste HC+0 blijkt dat de blokdeuvels voldoen. De capaciteit van de knikverkorters is toereikend voor de klimlast. In het ondervlak en zijvlak van de boventraverse is een overschrijding van de eis aan de slankheid aanwezig. De onderrand van de boventraverse is nader op druk en buiging getoetst, op basis van hoekmast HC+0. Deze blijkt te voldoen. Zie appendix E.

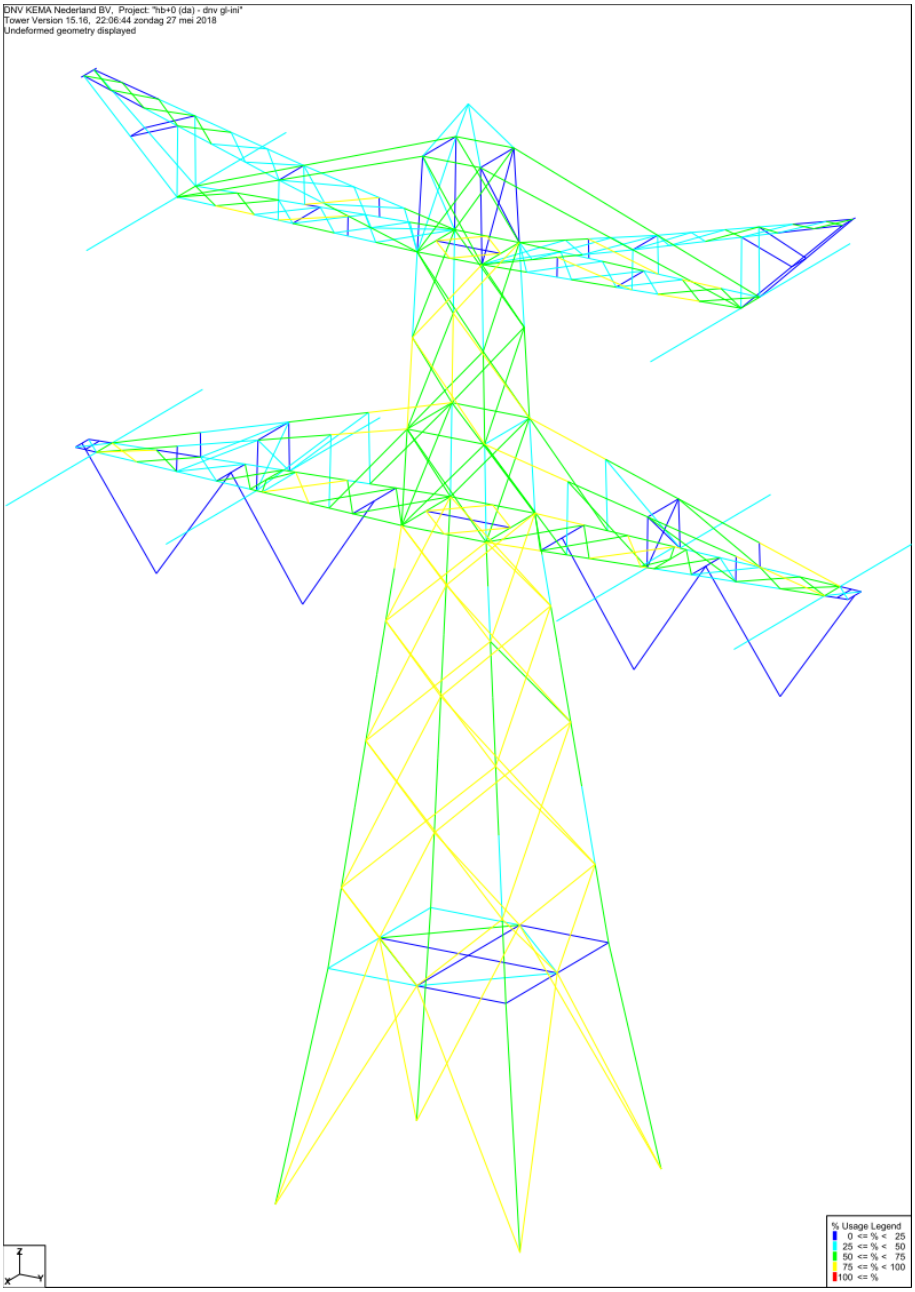


Figuur 25 Mast HA+0 in initiële toestand

7.12 Mast HB+0

Uit de berekening blijkt dat de in TOWER gemodelleerde constructie van het masttype HB+0 voldoet aan het afkeurniveau. Zie figuur 26.

Uit de detailberekeningen op basis van zwaarder belaste HC+0 blijkt dat de blokdeuvels voldoen. De capaciteit van de knikverkorters is toereikend voor de klimlast. De onderrand van de boventraverse is nader op druk en buiging getoetst, op basis van hoekmast HC+0. Deze blijkt te voldoen. Zie appendix E.



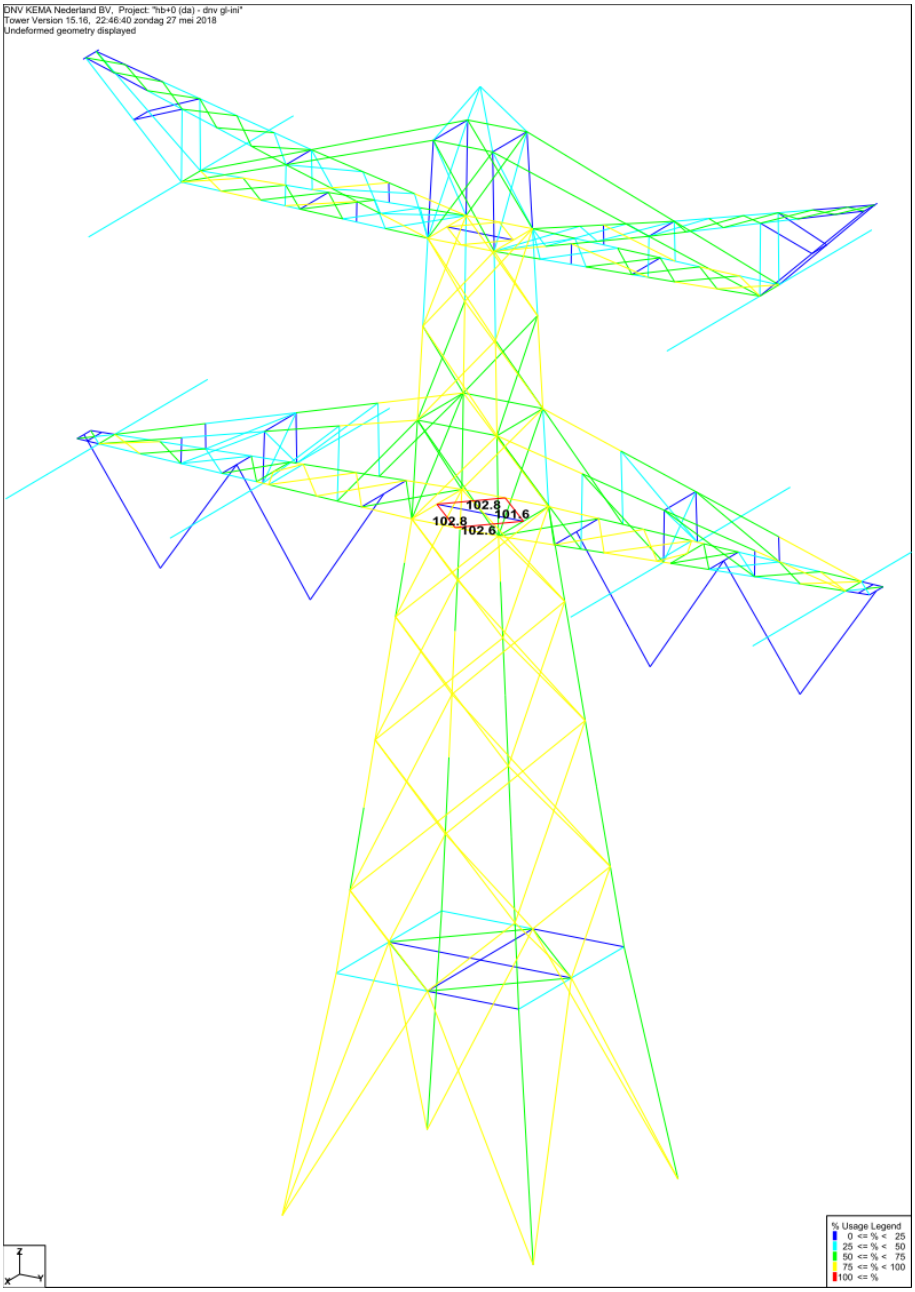
Figuur 26 Mast HB+0 in initiële toestand[10]

[10] Afhankelijk van de lijnhoeken worden de HB, HC en HE masten voorzien van bretelle fixatie om zo voldoende afstand naar het mastlichaam te krijgen. Om praktische rede is dit in de figuren weergegeven aan beide zijde van de mast. Voor de berekening wordt echter maar met een zijde gerekend.

7.13 Mast HB+0 (kustzone)

Uit de berekening blijkt dat de constructie van het masttype HB+0, die zich bevindt in het gebied met terreincategorie kustzone, niet voldoet aan het afkeurniveau, zie figuur 27. Dit geldt voor mast 204.

Uit de detailberekeningen op basis zwaarder belaste HC+0 (kust) blijkt dat de blokdeuvels voldoen. De capaciteit van de knikverkorters is toereikend voor de klimlast. De onderrand van de boventraverse is nader op druk en buiging getoetst, op basis van hoekmast HC+0. Deze blijkt te voldoen. Zie appendix E.

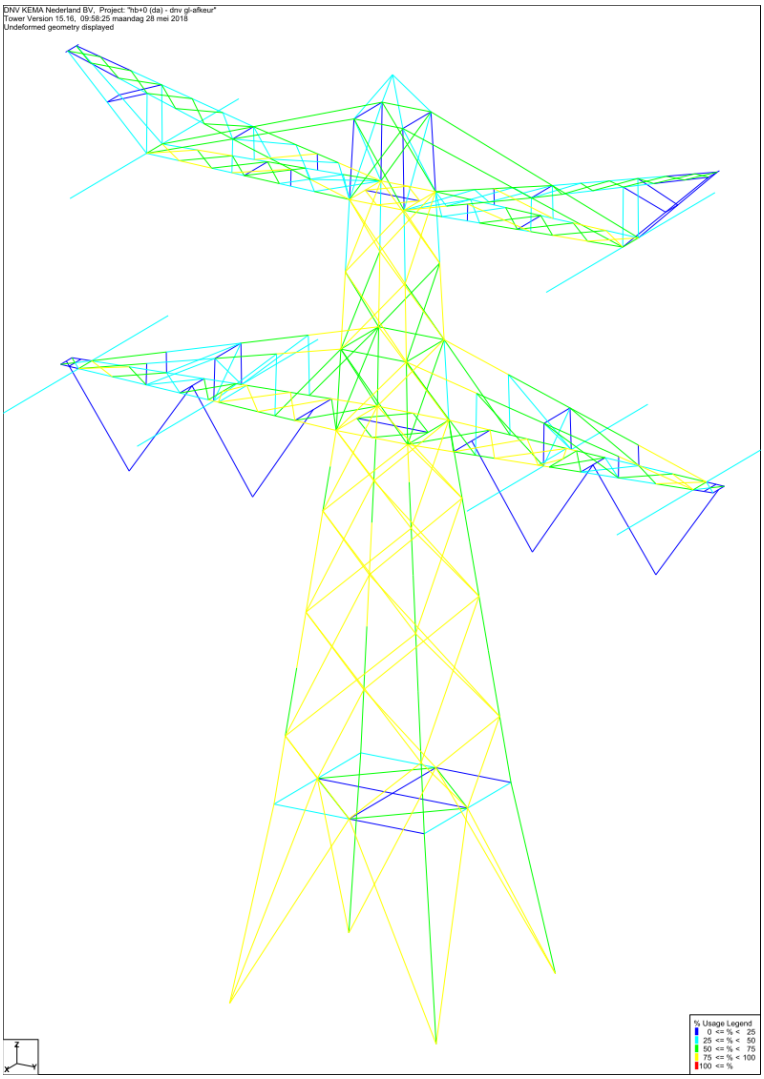


Figuur 27 Mast HB+0 (kustzone) in initiële toestand

Een versterkingsvoorstel om de mast aan afkeurniveau te laten voldoen is uitgewerkt. Dit voorstel bevat de volgende maatregelen:

- bouten vervangen;

Met deze aanpassing voldoet de mast aan het afkeurniveau en de aangepaste onderdelen aan het verbouwniveau. Zie figuur 28.

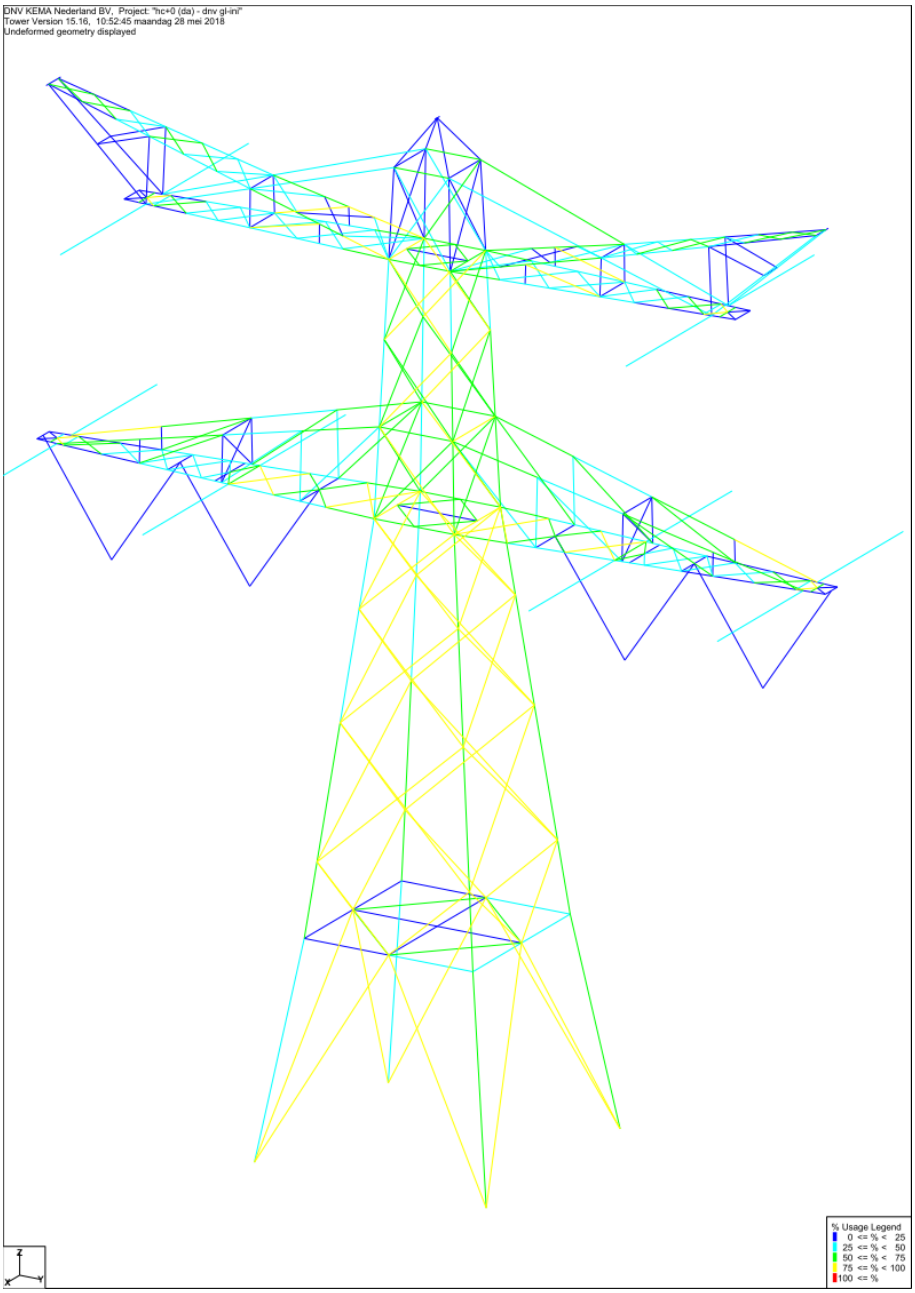


Figuur 28 Mast HB+0 (kustzone) na aanpassing

7.14 Mast HC+0

Uit de berekening blijkt dat de constructie van het masttype HC+0 voldoet aan het afkeurniveau.

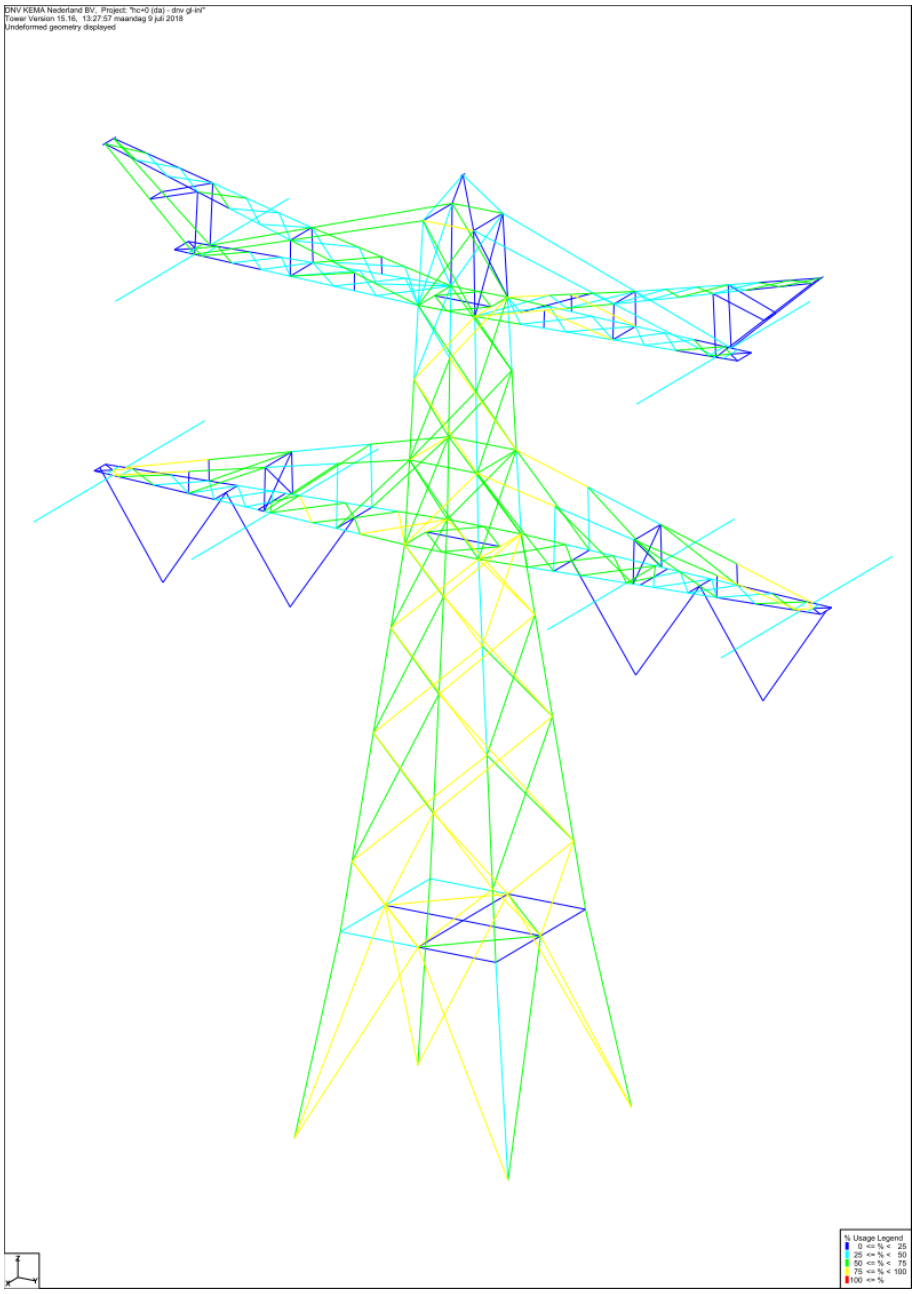
Uit de detailberekeningen blijkt dat de blokdeuvels voldoen. De capaciteit van de knikverkorters is toereikend voor de klimlast. De onderrand van de boventraverse is nader op druk en buiging getoetst. Deze blijkt te voldoen. Zie appendix E.



Figuur 29 Mast HC+0 in initiële toestand

7.15 Mast HC+0 (mast 156)

Vanwege de grotere lijnhoek is mast 156 specifiek gecontroleerd. Uit de berekening blijkt dat de constructie voldoet aan het afkeurniveau. Hierbij is uitgangspunt dat naar het portaal Lelystad de SEP-geleider met een P10 van 1400 aanwezig is.

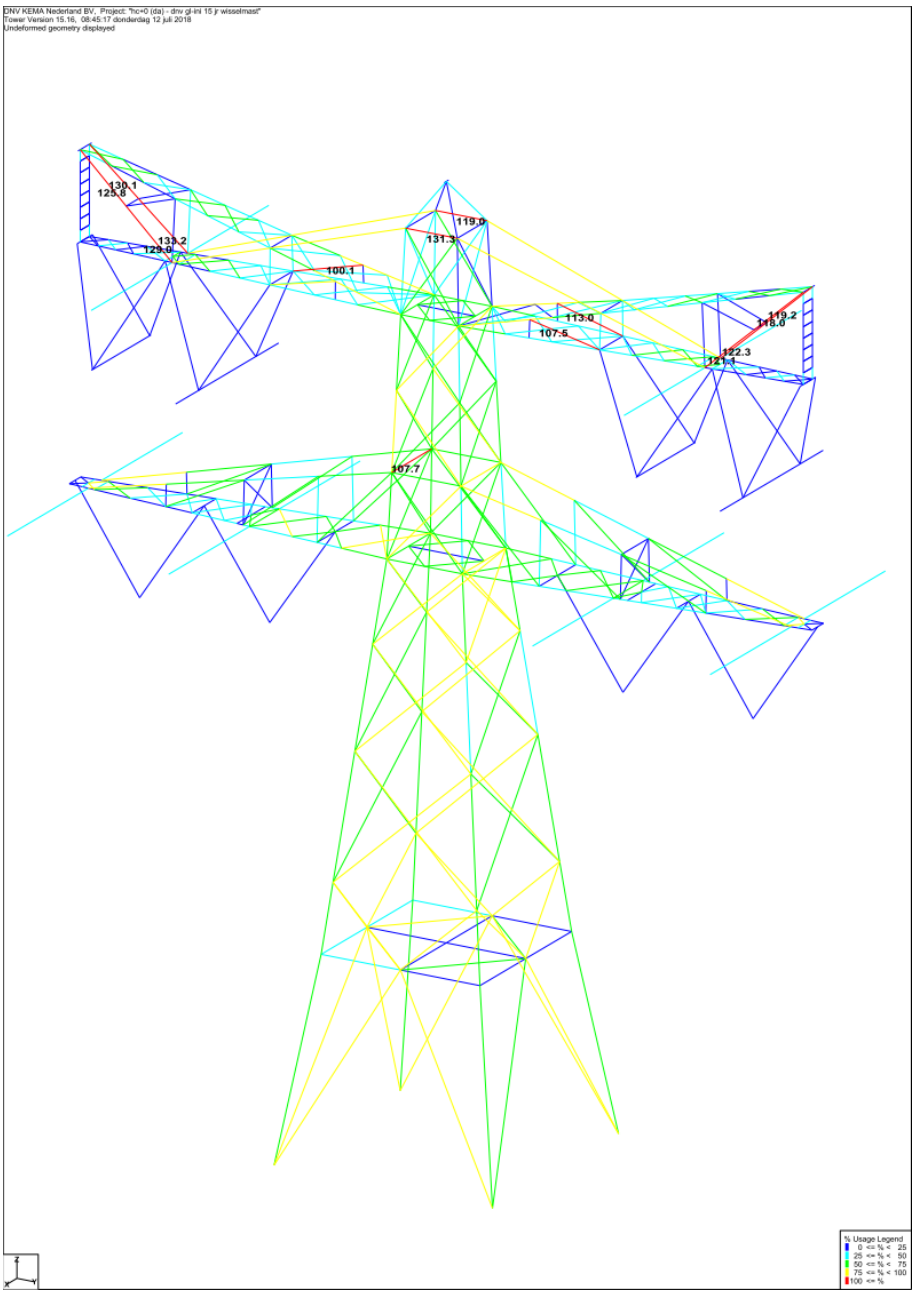


Figuur 30: Initieel model HC+0 mast 156 zonder aanpassing tot wisselmast.

7.16 Mast HC+0 (mast 156 – wisselmast)

Mast 156 wordt mogelijk voorzien van een fasewisseling. Uit de berekening blijkt dat de constructie van het masttype HC+0 wanneer deze wordt omgebouwd tot wisselmast niet voldoet aan het afkeurniveau. De constructie van de wisseling zelf wordt met het verbouwniveau ontworpen en getoetst.

Uit de detailberekeningen blijkt dat de blokdeuvels voldoen. De capaciteit van de knikverkorters is toereikend voor de klimlast.

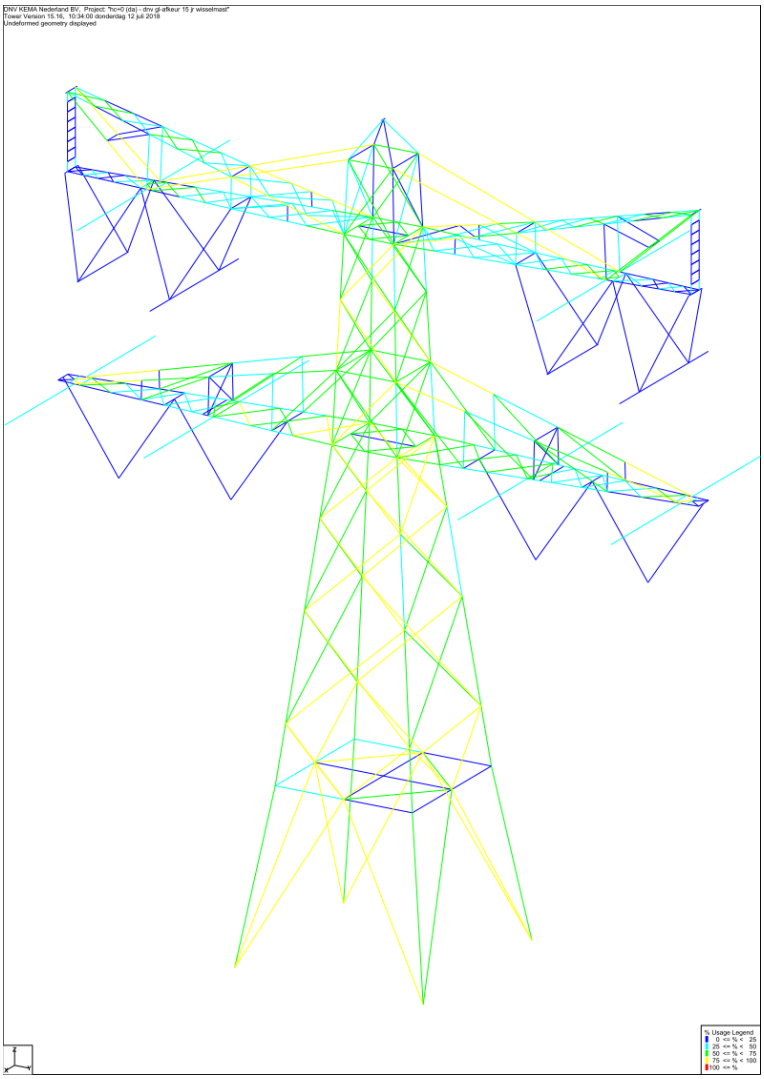


Figuur 31: Initiële constructie mast 156 (HC+0) omgebouwd tot wisselmast

Een versterkingsvoorstel is uitgewerkt om de mast te laten voldoen aan het afkeurniveau. Dit voorstel bevat de volgende maatregelen:

- profielen vervangen;
- knikverkorters toevoegen (zie Appendix E);

Met deze aanpassing (afgezien van de ombouw naar wisselmast) voldoet de mast aan het afkeurniveau en de aangepaste onderdelen aan het verbouwniveau. Zie Figuur 32.

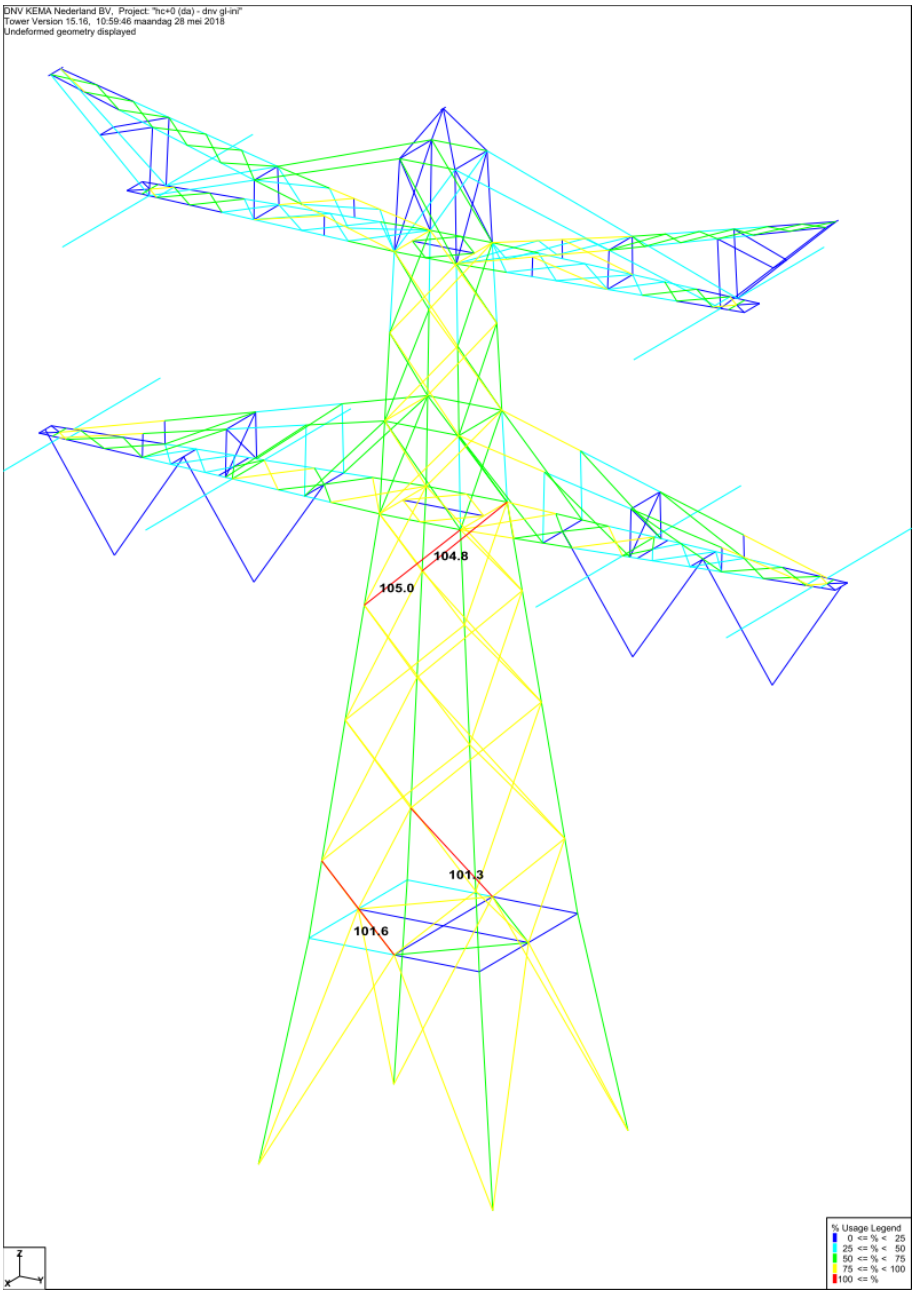


Figuur 32: Versterkte constructie mast 156 (HC+0) als wisselmast

7.17 Mast HC+0 (kustzone)

Uit de berekening blijkt dat de constructie van het masttype HC+0, die zich bevindt in het gebied met terreincategorie kustzone, niet voldoet aan het afkeurniveau. Dit geldt voor mast 193. Zie Figuur 33.

Met betrekking tot knikverkorters en blokdeuvels wordt verwezen naar HC+0 in onbebouwde omgeving.

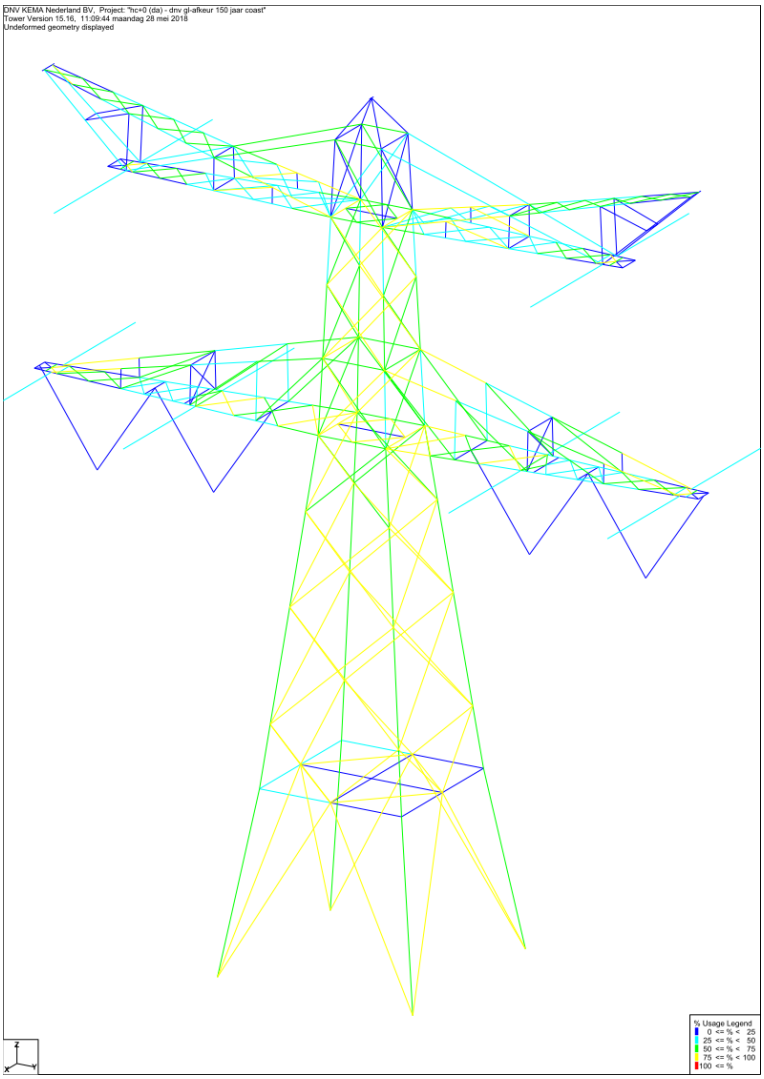


Figuur 33 Mast HC+0 (kustzone) in initiële toestand

Een versterkingsvoorstel om de mast aan afkeurniveau te laten voldoen is uitgewerkt. Dit voorstel bevat de volgende maatregelen:

- profielen vervangen in mastlichaam;
- bouten vervangen;

Met deze aanpassing voldoet de mast aan het afkeurniveau en de aangepaste onderdelen aan het verbouwniveau. Zie Figuur 34.

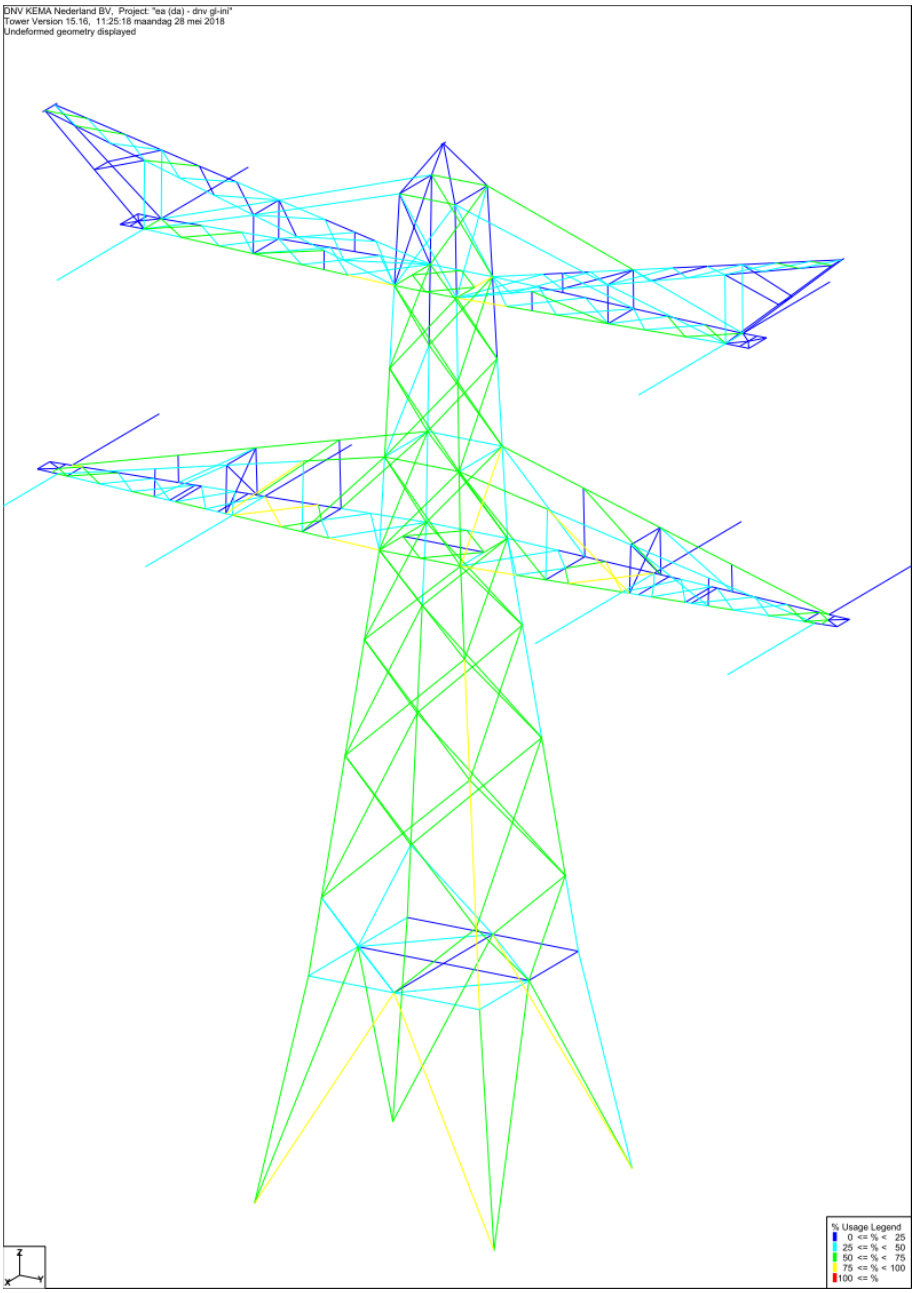


Figuur 34 Mast HC+0 (kustzone) na aanpassing

7.18 Mast EA

Uit de berekening blijkt dat de in TOWER gemodelleerde constructie van het masttype EA voldoet aan het afkeurniveau. Zie figuur 35.

Met betrekking tot knikverkorters en blokdeuvels wordt verwezen naar mast HC+0 die een gelijke constructie heeft op dat aspect.



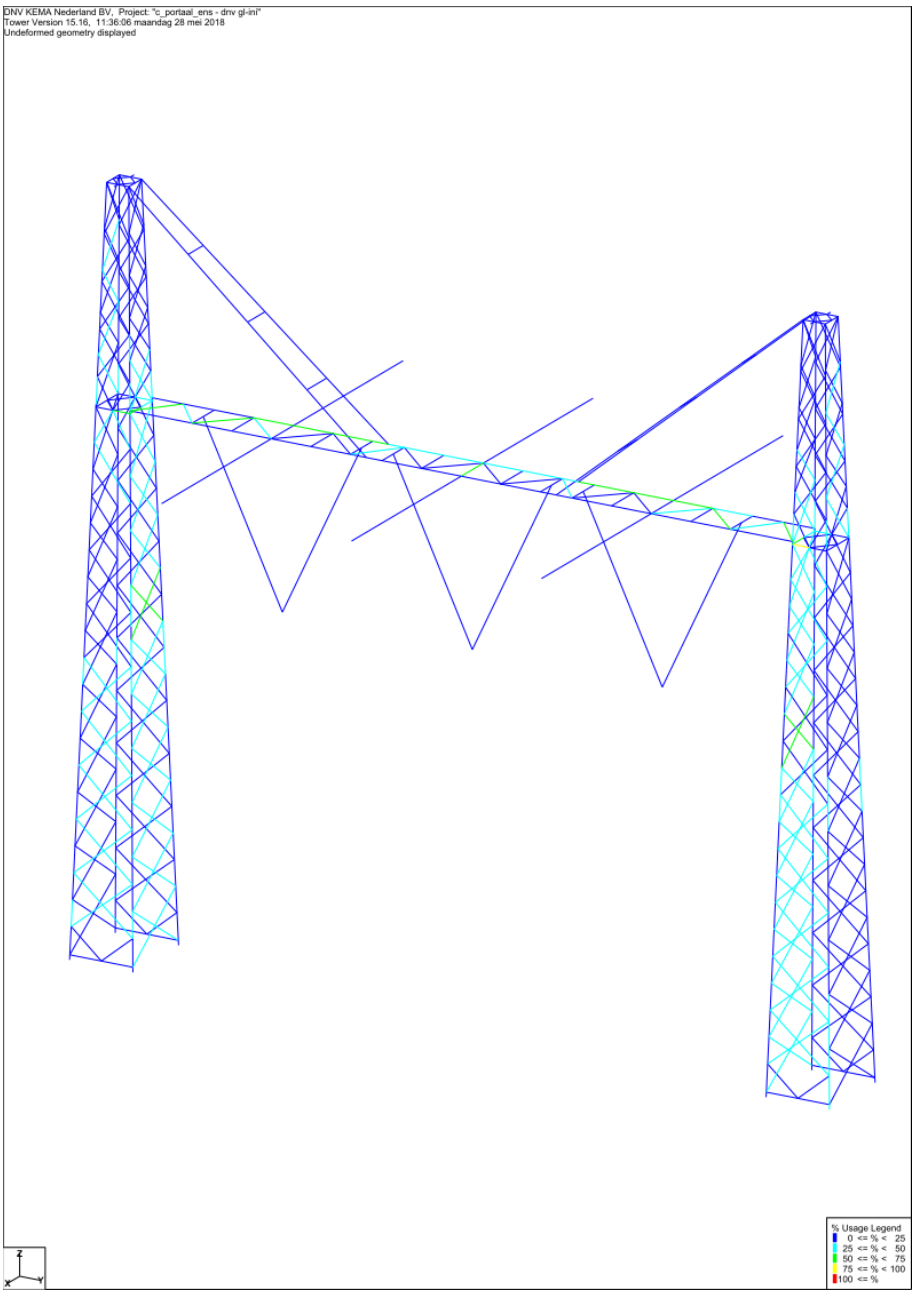
Figuur 35 Mast EA+0 in initiële toestand

7.19 Portaal Ens

De vakwerkkolommen van het portaal zijn getoetst met PLS-TOWER. Uit de berekening blijkt dat het constructie voldoet aan het afkeurniveau. De bovenregel en trekschoor is vanwege de aanwezigheid van op buiging belaste elementen aanvullend getoetst met AxisVM. Uit deze berekening blijkt dat deze onderdelen voldoen.

De berekeningsuitvoer van AxisVM is opgenomen in appendix G. De uitvoer van PLS-TOWER in bijlage C.

Er zijn geen versterkingen vereist naar aanleiding van de toetsing.



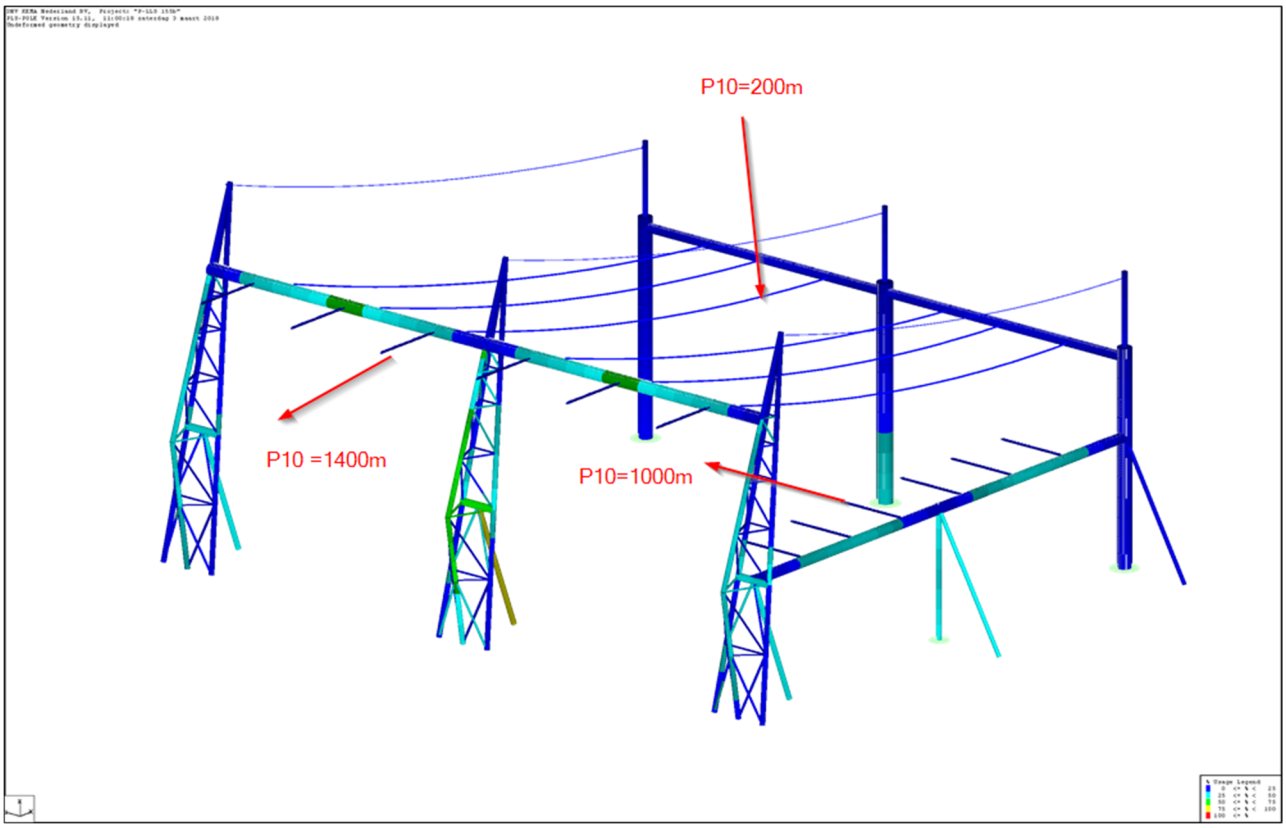
Figuur 36 Het portaal in initiële toestand

7.20 Portaal Lelystad (155b)

Het portaal Lelystad (155b) is gecontroleerd met PLS-POLE. Daarbij is rekening gehouden met de invloed van de overige afgespannen geleiders aan het raamwerk. Daarbij is als kettingparameter naar het stationsportaal een P10 van 200 m aangehouden, naar het portaal Lelystad 155a 1000m, en richting mast 156 1400m, zie figuur. Tussen 155b en mast 156 is de Sep-geleider aanwezig, in de andere richtingen vanaf het portaal 155b de ACSR1055.

Uit de berekening blijkt dat het Portaal Lelystad (155b) voldoet aan het afkeurniveau.

Een uitgebreidere samenvatting van de berekeningen die zijn uitgevoerd is toegevoegd in appendix K.



Figuur 37 Het portaal Lelystad in initiële toestand

8 VERSTERKINGEN

Voor de benodigde mastaanpassingen zijn er tabellen opgesteld per masttype. Voor een gedetailleerde opgave van uit te wisselen bouten, toe te voegen of te vervangen profielen, zie Appendix D. De onderstaande tabellen geven een samenvatting van de hoeveelheden en gewichten van de aanpassingen over de aan te passen masttypen binnen de verbinding. De opgave is per masttype, dus niet over het totaal van de masttypes in de verbinding.

Tabel 16 Overzicht toe te voegen of te vervangen staalprofielen per masttype LLS-ENS

Masttype*	Aantal profielen	Totaal gewicht [kg/mast]
S+0 (EO) kustzone 0.9	12	2255
S+0 (HV)	4	53
S+0(HV) kustzone 0.9	16	2308
S+0 (HV) Telecom	24	2543
S+3 (HV)	4	53
S+3 (HV) kustzone 0.9	12	2212
SC+42 (HV) kustzone 1.0	168	27385
SC+36 (HV) kustzone 1.0	130	23685
D+24 (HV) kustzone 1.0	96	16892
HC+0 (DA) kustzone 0.9	4	633
HC+0 Wisselmast	72	6083

* *Netto gewichten. (zonder verbindingsplaten en bouten)*

* *Gewichten zijn exclusief knikverkorters (zie tabel knikverkorters)*

De knikverkorters zijn niet gemodelleerd in PLS-Tower. Voor de benodigde aanpassing per masttype is op basis van de separate berekeningen in Appendix E de onderstaande tabel opgesteld.

Tabel 17 Overzicht toe te voegen staal voor knikverkorters per masttype LLS-ENS

Masttype	Terreincategorie	Aantal profielen	Gewicht [kg/mast]
S+0 (eo)	onbebouwd	40	262
S+0 (eo)	kustzone	20	166
S+0 (hv)	onbebouwd	40	262
S+0 (hv)	kustzone	20	166
S+0 (hv) met telecom	onbebouwd	20	166
S+3 (hv)	onbebouwd	40	147
S+3 (hv)	kustzone	44	704
D+24 (hv)	kustzone	38	918
SC+36 (hv)	kustzone	38	918
SC+42 (hv)	kustzone	38	918

9 CONCLUSIE

Voor de 380 kV-verbinding Lelystad-Ens zijn de mastconstructies getoetst aan het minimale betrouwbaarheidsniveau voor bestaande constructies, het afkeurniveau, met 15 jaar referentieperiode.

Uit de berekeningen blijkt dat de masttypes niet aan het afkeurniveau voldoen. Om de masttypes te laten voldoen aan het afkeurniveau zijn er aanpassingen op basis van het verbouwniveau uitgewerkt (zodanig dat de mast als geheel voldoet aan het afkeurniveau en de aanpassing aan het verbouwniveau).

Voor de steunmasten in het tracé die in onbebouwd gebied vallen dienen bouten te worden vervangen en knikverkorters te worden toegevoegd in het onderste delen van het mastlichaam. Dit geldt zowel voor masten met enkele ophanging als masten met halfverankering. Uitzondering vormt de steunmast met een telecominstallatie. Bij deze mast is een ingrijpender aanpassing vereist met versterking van de randstijl.

Voor de steunmasten in het tracé die in terreincategorie kustzone vallen is het onvoldoende om enkel bouten te vervangen en knikverkorters toe te voegen. In deze masten dienen ook de randstijlen te worden verzwaard tot globaal halverwege het tussenstuk. Er is hier eveneens geen onderscheid naar type ophanging.

Bij de vijf kruisingsmasten bij het Ketelmeer treden grote overschrijdingen op in de capaciteit van de constructie, met name veroorzaakt door de hogere windbelasting in terreincategorie kustzone. Bij deze masten dienen als meest ingrijpende maatregel de randstijlen tot aan de ondertraverse te worden verzwaard. Verder moeten diagonalen en bouten worden vervangen en moet een inwendig pootverband worden toegevoegd.

De hoek- en eindmasten in terreincategorie onbebouwde omgeving voldoen aan het afkeurniveau. Bij de twee hoekmasten in terreincategorie kustzone voldoet de constructie niet, en zijn maatregelen noodzakelijk, maar niet van de omvang als bij de steunmasten.

Het stationsportaal in Ens geeft geen overschrijding op de capaciteit aan. Het stationsportaal in Lelystad voldoet eveneens. In Tabel 18 is de samenvatting van de resultaten opgenomen.

Tabel 18 Overzicht resultaten

Type	Terreincategorie	Huidige mast voldoet?	Maatregelen
S+0 (eo)	onbebouwd	Nee	knikverkorters toevoegen, bouten vervangen[11]
S+0 (eo)	kustzone	Nee	Randstijlen verzwaren, knikverkorters toevoegen, bouten vervangen
S+0 (hv)	onbebouwd	Nee	knikverkorters toevoegen, bouten vervangen, versterken schoor boventraverse
S+0 (hv)	kustzone	Nee	Randstijlen verzwaren, knikverkorters toevoegen, bouten vervangen, versterken schoor boventraverse
S+0 (hv) met telecom	onbebouwd	Nee	Randstijlen verzwaren, knikverkorters toevoegen, bouten vervangen, versterken schoor boventraverse
S+3 (hv)	onbebouwd	Nee	knikverkorters toevoegen, bouten vervangen, versterken schoor boventraverse
S+3 (hv)	kustzone	Nee	Randstijlen verzwaren, knikverkorters toevoegen en vervangen, bouten vervangen, versterken schoor boventraverse
SC+42 (hv)	kustzone	Nee	Randstijlen verzwaren, profielen uitwisselen, knikverkorters toevoegen en vervangen, bouten vervangen, pootverband toevoegen
SC+36 (hv)	kustzone	Nee	Randstijlen verzwaren, profielen uitwisselen, knikverkorters toevoegen en vervangen, bouten vervangen, pootverband

[11] Onder de maatregel "bouten vervangen" wordt verstaan het vervangen van bouten indien bouten onvoldoende capaciteit hebben. Indien profielen worden vervangen of toegevoegd zijn de bijbehorende bouten niet als aparte maatregel in de tabel benoemd.

Type	Terreincategorie	Huidige mast voldoet?	Maatregelen
			toevoegen
D+24 (hv)	kustzone	Nee	Randstijlen verzwaren, profielen uitwisselen, knikverkorters toevoegen en vervangen, bouten vervangen, pootverband toevoegen
HA+0 (da)	onbebouwd	Ja	-
HB+0 (da)	onbebouwd	Ja	-
HB+0 (da)	kustzone	Nee	bouten vervangen
HC+0 (da)	onbebouwd	Ja	-
HC+0 (da)	kustzone	Nee	bouten vervangen en profielen uitwisselen.
HC+0 (da) mast 156	onbebouwd	Ja	-
HC+0 (da) mast 156 met wissel	onbebouwd	Nee	profielen uitwisselen, knikverkorters toevoegen. Tevens dient de mast omgebouwd te worden tot wisselmast.
EA (da)	onbebouwd	Ja	-
Portaal Lelystad	onbebouwd	Ja	-
Portaal Ens	onbebouwd	Ja	-

APPENDIX A MASTENLIJST 380 KV VERBINDING LELYSTAD - ENS

De mastenlijst is separaat toegevoegd als:

- PDF met nummer, 10060953-039-001, ”Mastenlijsten LLS-ENS380.pdf

APPENDIX B GELEIDER- EN MASTBELASTINGEN PLS-CADD

Deze appendix bevat geordend per masttype een aantal onderdelen.

- de berekende belastingen op de geleiders
- de belastingen die geleiders en isolatoren uitoefenen op de bevestigingspunten van de masten

De resultaten zijn gepresenteerd voor zowel afkeur- als verbouwniveau. De berekeningen zijn separaat opgeleverd en ondergebracht in de volgende document:

- 10060953-35-002 LLs-Ens geleider en mast belastingen.pdf

APPENDIX C BEREKENINGSRESULTATEN PLS-TOWER

In deze bijlage zijn de "group summary's" weergegeven van is het door PLS-TOWER gegenereerde resultaat van de uitgevoerde analyse per masttype.

Aan het eind van de Appendix zijn de "fingerprints" weergegeven, de visualisatie van de uitnutting van de staafgroepen per masttype.

De tabellen voor alle masttypen zijn separaat opgeleverd en ondergebracht in het volgende document:

- Appendix C Resultaten PLS-TOWER.pdf

APPENDIX D VERSTERKINGSVOORSTELLEN

Voor de benodigde aanpassing zijn er tabellen opgesteld per masttype. In de tabellen zijn in twee hoofdkolommen de profielen en bouten opgenomen die niet voldoen. Vervolgens zijn in de tabel aanpassingsvoorstellen opgenomen, met het resultaat van de toetsing na aanpassing. De lijst is separaat opgeleverd en ondergebracht in het volgende document:

- Mastaanpassingen LLS-Ens 2.0.pdf.

De in deze appendix beschreven aanpassingen vormen de basis voor een principetekening per masttype. Deze tekeningen zullen worden opgesteld in de vergunning- en bestekfase van het project.

APPENDIX E KNIKSTABILITEIT

In deze bijlage zijn de berekeningen opgenomen over de knikstabiliteit van de randstijlen en de sterkte van de secundaire profielen, ook wel aangeduid als knikverkorters of "redundants". De bevindingen voor alle masttypen zijn separaat opgeleverd en ondergebracht in het volgende document:

- Appendix E Knikstabiliteit.pdf

APPENDIX F BLOKDEUVELS EN ANKERS

De masten zijn verbonden met de fundatie via ingestorte profielen voorzien van blokdeuvels of "knaggen". Verder zijn de kruisingsmasten bij het Ketelmeer verbonden met de fundering via een voetplaat met ingestorte ankers.

Voor de ingestorte delen en voetplaten is een analyse uitgevoerd en separaat ondergebracht in de volgende documenten:

- Appendix F blokdeuvels en ankers.pdf

APPENDIX G BOVENREGEL PORTAAL ENS

In het stationsportaal Ens komen op buiging belaste elementen voor. Het gaat om de bovenregel en de trekschoren. Deze onderdelen worden separaat van PLS-TOWER getoetst.

De berekening voor de bovenregel voor het stationsportaal is uitgevoerd en separaat ondergebracht in het volgende document:

- Appendix G Bovenregel portaal.pdf

APPENDIX H DRAAGLIGGERS ISOLATORKETTINGEN

De draagliggers in de steunmasten voor de ophanging van de isolatoren zijn los van PLS-Tower berekend en separaat ondergebracht in het volgende document:

Appendix H draagliggers rev1.pdf

APPENDIX I TEKENINGENLIJST CONSTRUCTIES

De tekeningen waarvan de mastconstructies voor de hoogspanningslijn zijn gemodelleerd en berekend zijn weergegeven in een tekeningenlijst, die separaat is toegevoegd met documentnaam.

- Documenten en tekeningenlijst constructies LLS-ENS.pdf

APPENDIX J REACTIES OP FUNDERINGEN

De reacties op de fundering zijn over de gehele verbinding samengevat. De appendix is separaat ondergebracht in het volgende document:

- Appendix J reacties fundering.pdf

APPENDIX K PORTAAL LELYSTAD (155B)

In deze bijlage is de berekening van het portaal weergegeven. De appendix is separaat ondergebracht in het volgende document:

- Appendix K 155b analysis afkeur and verbouw.pdf

APPENDIX L TENNET SPECIFICATIES

Van toepassing zijnde standaarden TenneT

TYPE	Dis.	Naam	Versie	Datum
PVE	0	PVE.00.001 Naamgeving assets standaard programma van eisen.pdf	1.1	30-11-2015
PVE	0	PVE.00.001 Bijlage Naamgeving assets.xlsx	1	11-10-2017
PVE	0	PVE.00.002 Planologische traceringsuitgangspunten en locatie-eisen (Excel Format).zip	2	25-4-2017
PVE	0	PVE.00.002 Planologische traceringsuitgangspunten en locatie-eisen.pdf	2	25-4-2017
PVE	0	PVE.00.003 Publieke en Private rechten (Excel Format).zip	2	25-4-2017
PVE	0	PVE.00.003 Publieke en Private rechten.pdf	1	25-4-2017
PVE	0	PVE.00.060 Meetbestek inmeten kabels en leidingen TenneT TSO	2.1	20-9-2016
TYP	0	TYP.00.002 Template Basisontwerp.docx	3.1	14-9-2016
TYP	0	TYP.00.002 Bijlagen Template basisontwerp.zip	-	14-9-2016
TYP	0	TYP.00.003 ENG Guidelines for Technical Drawing using.pdf	1.7	18-5-2016
TYP	0	TYP.00.003 Bijlage A TenneT-Acad2010.ctb	-	20-7-2015
TYP	0	TYP.00.003 BIJLAGE C TENNET-TOOL PALETTES.zip	-	11-4-2016
TYP	0	TYP.00.003 Appendix B ENG ACAD-TenneT2014.zip	-	18-5-2016
TYP	0	TYP.00.003 Richtlijnen voor technisch tekenen - AutoCAD.pdf	1.7	11-4-2016
TYP	0	TYP.00.004 TEMPLATE Typical Projectcommunicatie achtergronden en voorbeelden.docx	1	2-3-2016
SPE	0	SPE.00.901 Standaard specificatie kunststof borden.pdf	1	12-7-2011
SPE	0	SPE.00.901 Bijlage bronbestanden.zip	-	12-7-2011
SPE	0	SPE.00.901 Bijlage.zip	-	12-7-2011
SPE	0	SPE.00.903 Conservering Grote Buiscontructies.pdf	1.5	1-5-2016
SPE	0	SPE.00.904 Conservering staaldelen stations in maritieme omgeving en kustgebied.pdf	1.2	21-5-2015
SPE	0	SPE.00.905 Conservering Mastverzwaring.pdf	1.3	29-8-2016
SPE	0	SPE.00.906 Herstel Conservering Grote Buisconstructies.pdf	1.2	21-5-2015
SPE	0	SPE.00.907 Conservering Nieuwbouw Vakwerkmasten.pdf	1.3	21-5-2015
SPE	0	SPE.00.908 Conservering Onderhoud Vakwerkmasten en Stations.pdf	1	21-5-2015
SPE	0	SPE.00.910 Factory acceptance test planning.pdf	1	1-1-2016
SPE	1	SPE.01.100 Specificatie Staalwerk primaire ondersteuningen portalen en bliksempieken.pdf	1.1	1-6-2017
SPE	1	SPE.01.424 Algemene specificatie aluminium buizen ronde staven als geleider	1	24-3-2011
SPE	1	SPE.01.439 Werkinstructie aluminium laswerk thermisch verzinken	1	28-3-2011
SPE	1	SPE.01.450 Algemene specificatie klemmen bevestigingsmateriaal … openlucht station	1	25-3-2011
SPE	1	SPE.01.451 Model projectspecificatie klemmen … raildraagarmatuur geleider openlucht station	1	25-3-2011
SPE	1	SPE.01.459 Algemene specificatie aardnet 380kV stations	1	25-3-2011
SPE	1	SPE.01.460 Model projectspecificatie aardnet 380kV stations	1	29-3-2011
PVE	3	PVE.03.000 Telecom.pdf	2	21-4-2017
PVE	3	PVE.03.000 Telecom (Excel Format).zip	2	21-4-2017
SPE	3	SPE.03.326 Algemene Specificatie Glasvezelkabel Koppelpunten.pdf	2	15-7-2014
SPE	3	SPE.03.328 Algemene Specificatie montage koppelpunten … HS lijnen.pdf	2	23-5-2014
SPE	3	SPE.03.559 Algemene Specificatie Aanleg en Montage van Glasvezelverbindingen.pdf	2	13-7-2016
SPE	3	SPE.03.563 Algemene Specificatie Aanleg en … Glasvezelverbindingen.docx.pdf	1	15-11-2017
SPE	3	SPE.03.564 Algemene Specificatie metaalvrije Multi Mode Glasvezelkabels.pdf	2.1	15-11-2017
SPE	3	SPE.03.585 Algemene Specificatie metaalvrije G652D glasvezelkabel.pdf	3.1	15-11-2017
SPE	3	SPE.03.590 Alg Specificatie uitvoeren metingen singlemodefiber.pdf	2.1	10-10-2016
SPE	3	SPE.03.601 Algemene Specificatie voor categorie 6 netwerkbekabeling	1	6-2-2015

TYPE	Dis.	Naam	Versie	Datum
PVE	4	PVE.04.000 Bouwkunde.pdf	2	21-4-2017
PVE	4	PVE.04.000 Bouwkunde (Excel Format).zip	2	1-5-2017
PVE	4	PVE.04.001 Bouwkunde Projectspecifiek.docx	1.1	1-6-2014
SPE	4	SPE.04.001 Specificatie Betonrenovatie.pdf	1	1-7-2012
SPE	4	SPE.04.002 Specificatie Hekwerken en Poorten.pdf	1.1	1-12-2013
SPE	4	SPE.04.004 Specificatie Constructieberekeningen.pdf	1.3	1-6-2017
SPE	4	SPE.04.006 Eisen Bouwbesluit 2012.pdf	2	1-9-2015
SPE	4	SPE.04.007 Vaste Trappen-(Kooi)ladders Hoogspanningslocaties.pdf	2	1-9-2015
SPE	4	SPE.04.008 HERGEBRUIK BESTAANDE BETONCONSTRUCTIES.pdf	1	1-7-2015
SPE	4	SPE.04.009 Specificatie (Paal)Funderingen.pdf	1	1-6-2017
BOU	4	BOU.04.004.00.000 Standard Module Site Details and Facilities	1.1	1-10-2011
BOU	4	BOU.04.004.00.000 Standard Module Site Details and Facilities bronbestanden	1.1	1-10-2011
PVE	5	PVE.05.000 Lijnen.pdf	2.0	16-6-2014
PVE	5	PVE.05.001 Project specifiek lijnen.docx	3.3	18-1-2018
SPE	5	SPE.05.301 Generic Specification for Spacer for OHL.pdf	2	9-8-2016
SPE	5	SPE.05.302 Model Project Specification spacersdampers for OHL.docx	2	7-11-2016
SPE	5	SPE.05.303 Algemene specificatie trillingsdempers HS lijnen.pdf	1	30-4-2012
SPE	5	SPE.05.304 Modelspecificatie trillingdempers HS lijnen.docx	1	3-10-2014
SPE	5	SPE.05.312 Algemene specificatie transport … staalconstructies HS stations en HS lijnen.pdf	1	22-3-2011
SPE	5	SPE.05.315 Generic specification for OPGW.pdf	2.4	30-7-2013
SPE	5	SPE.05.315 Addendum OPGW test bundel version 10.pdf	1	30-7-2013
SPE	5	SPE.05.316 Model project specification OPGW for framework contract.pdf	2.2	30-7-2013
SPE	5	SPE.05.316 Projectspecification OPGW for framework contract.docx	2.2	30-7-2013
SPE	5	SPE.05.323 Handleiding montage HDPE buis.docx	1	23-3-2011
SPE	5	SPE.05.324 Algemene specificatie installatie geleiders.pdf	2.3	26-11-2012
SPE	5	SPE.05.325 Model projectspecificatie installatie geleiders etc.docx	2.3	17-8-2014
SPE	5	SPE.05.330 Algemene specificatie keramische langstaafisolatoren V-isolator.pdf	1	22-3-2011
SPE	5	SPE.05.331 Model projectspecificatie keramische langstaafisolatoren V-isolator.docx	1	22-3-2011
SPE	5	SPE.05.332 Generic specification for clamps and fitings in OHL.pdf	2	27-1-2016
SPE	5	SPE.05.333 Model project specification clamps.docx	2	1-3-2016
SPE	5	SPE.05.334 Specification for Conductors.pdf	2.1	1-11-2013
SPE	5	SPE.05.344 Algemene specificatie ontwerp axiaal belaste paalfunderingen	1	10-2-2011
SPE	5	SPE.05.344 Bijlage 00526-02-01.pdf	0	9-6-213
SPE	5	SPE.05.344 Bijlage 00526-02-02.pdf	0	19-6-213
SPE	5	SPE.05.345 Model projectspecificatie ontwerp axiaal belaste paalfunderingen	1	24-7-2017
SPE	5	SPE.05.346 Algemene specificatie stalen HS masten.pdf	1.2	27-11-2012
SPE	5	SPE.05.350 Specification for Glasinsulators.pdf	2	12-3-2015
SPE	5	SPE.05.352 Generic specification for special OHL conductors.pdf	1	22-3-2011
SPE	5	SPE.05.353 Model project specificication special OHL conductors.docx	1	22-3-2011
SPE	5	SPE.05.354 Generic specification CFCC conductors.pdf	1.2	16-5-2017
SPE	5	SPE.05.355 Generic specification GZTACSR conductors.pdf	1.2	18-5-2017
SPE	5	SPE.05.356 Technical Specification Composite Long-rod Insulators for OHL.pdf	2	24-7-2015
SPE	5	SPE.05.357 Model Project Specification for Composite insulators.docx	2	24-7-2015
SPE	5	SPE.05.358 Technical Specification Composite Post Insulators for OHL.pdf	2	11-11-2015

TYPE	Dis.	Naam	Versie	Datum
SPE	5	SPE.05.359 Model project specificication for CFCC and GTACSR conductors.docx	1.1	18-5-2017
SPE	5	SPE.05.360 Standaard specificatie kunststof borden mast.pdf	3.4	1-8-2016
SPE	5	SPE.05.360 bijlage met pdf en dwg tekeningen mastborden en stickers.zip	-	6-4-2016
SPE	5	SPE.05.360 bijlage met pdf en dwg tekeningen vlaggestokhouders.zip	-	6-4-2016
SPE	5	SPE.05.361 Model Projectspecificatie kunststof mastborden.docx	1.1	8-2-2013
PVE	7	PVE.07.000 EMC en aarding (Excel Format).zip	2.1	4-7-2017
PVE	7	PVE.07.000 EMC en aarding.pdf	2.1	4-7-2017
PVE	7	PVE.07.001 EMC en aarding Projectspecifiek.docx	1.3	18-1-2018

About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.