

Rijkswaterstaat Midden-Nederland (IJsselmeergebied)
T.a.v. Mike van de Velde
Postbus 2232
3500 GE Utrecht

Betreft : aanvraag vergunning waterwet Windpark Fryslân
Datum : 14 juli 2015
Bijlagen : ja
Kenmerk : 709026/ME

Geachte,

Hierbij vragen wij een watervergunning aan voor het gebruik maken van een waterstaatswerk of daartoe behorende beschermingszones voor zowel de bouwperiode, een operationele periode van 25 jaar en de ontmanteling van Windpark Fryslân, inclusief bijbehorende voorzieningen als het transformatorstation, bekabeling in de afsluitdijk en werkeiland/natuurvoorziening. Het betreft een aanvraag op grond van de artikelen 6.5 lid c van de Waterwet in samenhang met artikel 6.12, eerste lid, van het Waterbesluit.

Windpark Fryslân bevindt zich in het noordelijk deel van het IJsselmeer nabij Breezanddijk en bestaat uit 89 windturbines. Het transformatorstation is voorzien op Breezanddijk zelf, waar vandaan de kabel door de Afsluitdijk richting het Friese vaste land vertrekt. De natuurvoorziening/ werkeiland wordt aangelegd nabij Kornwerderzand. Een toelichting op de locatie en op de aanvraag vindt u in bijlage 1. Voor deze aanvraag is gebruik gemaakt van het digitale formulier van het omgevingsloket.

Ten aanzien van uw besluit op deze aanvraag is de Rijkscoördinatieregeling uit artikel 3.35 van de Wet op de ruimtelijke ordening van toepassing. Hierbij is de minister van Economische Zaken de aangewezen minister voor de coördinatie.

Op grond van de Wet ruimtelijke ordening (Wro) dient u als bevoegd gezag een afschrift van deze aanvraag aan de minister van EZ te versturen. In dit geval zal de initiatiefnemer er voor zorgen dat de minister van EZ een exemplaar van deze aanvraag ontvangt. U hoeft dus geen exemplaar door te sturen.

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.

Het ontwerpbesluit, en later ook het besluit, stuurt u niet aan de initiatiefnemer, maar aan de minister van Economische Zaken.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende geïnformeerd te hebben. In geval van inhoudelijke vragen of onduidelijkheden verzoeken wij u contact op te nemen met onze adviseur, de heer M. Ten Klooster van Pondera Consult. Voor procedurele vragen verzoeken wij u contact op te nemen met Bureau Energieprojecten, tel. 070 379 8979.

Namens Windpark Fryslân B.V.

Met vriendelijke groet,



Dhr. J.F.W. Rijntalder
Directeur Pondera Consult

Bijlage	Documentnaam
-	Aanvraagformulier omgevingsloket
1	Toelichting op de aanvraag
2	Situatietekeningen
3	Bouwtekeningen
4	Fugro Rapportage (Beoordeling dijkveiligheid)
5	Fugro Rapportage (aanvullende berekeningen)
6	MARIN Rapportage (Scheepvaartveiligheid)
7	Voorontwerp Natuurvoorziening/ Werkeiland
8	MER Windpark Fryslân

Formulierversie
2015.03

Aanvraaggegevens

Ingediende aanvraag/melding

Aanvraagnummer	1422567
Aanvraagnaam	Watervergunning Windpark Fryslan
Uw referentiecode	WPF/WW01/MTK

Ingediend op	14-07-2015
Soort procedure	Reguliere procedure

Projectomschrijving	Bouw en exploitatie van een windpark in het IJsselmeer nabij Breezanddijk met bijbehorende voorzieningen.
Opmerking	-
Gefaseerd	Nee
Blokkerende onderdelen weglaten	Ja
Persoonsgegevens openbaar maken	Nee
Bijlagen die later komen	Zie bijlage 1
Bijlagen n.v.t. of al bekend	Zie bijlage 1

Bevoegd gezag

Naam:	Rijkswaterstaat
Bezoekadres:	Avenue Ceramique 125 6221 KV Maastricht
Postadres:	Service Center Vergunningen Rijkswaterstaat Postbus 4142 6202 PA Maastricht
Telefoonnummer:	043-3294150
E-mailadres algemeen:	omgevingsloket@rws.nl
Website:	www.rijkswaterstaat.nl
Contactpersoon:	Service centre vergunningen
Bereikbaar op:	ma - vr: 8:30 - 17:00 uur

Overzicht bijgevoegde modulebladen

Aanvraaggegevens

Aanvragergegevens

Locatie van de werkzaamheden

Werkzaamheden en onderdelen

Activiteiten in, op of nabij een waterkering uitvoeren

- Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Bouwen, graven, aanleggen en andere activiteiten in een oppervlaktewaterlichaam (waaronder uiterwaarden) uitvoeren

- Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Bijlagen

Aanvrager bedrijf

1 Bedrijf

KvK-nummer	52567354
Vestigingsnummer	000022486844
Statutaire naam	Windpark Fryslan BV
Handelsnaam	Windpark Fryslan

2 Contactpersoon

Geslacht	<input checked="" type="checkbox"/> Man <input type="checkbox"/> Vrouw
Voorletters	A.T.
Voorvoegsels	-
Achternaam	de Groot
Functie	directeur

3 Vestigingsadres bedrijf

Postcode	8305BB
Huisnummer	15
Huisletter	-
Huisnummertoevoeging	-
Straatnaam	Duit
Woonplaats	Emmeloord

4 Correspondentieadres

Adres	Duit 15 8305BB Emmeloord
-------	-----------------------------

5 Contactgegevens

Telefoonnummer	0527616167
Faxnummer	-
E-mailadres	info@windparkfryslan.nl

Gemachtigde bedrijf

1 Bedrijf

KvK-nummer	08156154
Vestigingsnummer	000017968313
Statutaire naam	Pondera Consult BV
Handelsnaam	Pondera Consult

2 Contactpersoon

Geslacht	<input checked="" type="checkbox"/> Man <input type="checkbox"/> Vrouw
Voorletters	J.F.W.
Voorvoegsels	-
Achternaam	Rijntalder
Functie	Directeur

3 Vestigingsadres bedrijf

Postcode	7556 PE
Huisnummer	49
Huisletter	-
Huisnummertoevoeging	-
Straatnaam	Welbergweg
Woonplaats	Hengelo

4 Correspondentieadres

Postbus	579
Postcode	7550 AN
Plaats	Hengelo

5 Contactgegevens

Telefoonnummer	0742489940
Faxnummer	-
E-mailadres	h.rijntalder@ponderaconsult.com

Locatie

1 Locatieaanduiding

Locatie waar de werkzaamheden plaatsvinden

- Adres
- Kadastraal perceelnummer
- Locatie op Noordzee, Waddenzee of IJsselmeer

2 Aanvulling locatieaanduiding

Coördinatenstelsel

- RD
- UTM ED50
- ETRS89 / WGS84
- Kilometerraai

X-coördinaat

145077,45

Y-coördinaat

558824,52

3 Toelichting

Eventuele toelichting op locatie

Het windpark bevindt zich in het IJsselmeer nabij Breezanddijk, in de gemeente Sudwest Fryslan. In bijlage 1 van de aanvraag is een nadere toelichting op de locatie en verwijzing naar een kaart opgenomen.

Formulierversie
2015.03

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Activiteiten in, op of nabij een waterkering uitvoeren

1 Waterstaatwerk of beschermingszone gebruiken

Wilt u een bestaande vergunning wijzigen?

- Ja
 Nee

Wat is de geplande begindatum van deze activiteit?

01-05-2018

Geef eventueel een toelichting op de begindatum.

In bijlage 1 bij de aanvraag is een toelichting op de planning opgenomen

Wat is de geplande einddatum van deze activiteit?

01-12-2045

Geef eventueel een toelichting op de einddatum.

In bijlage 1 bij de aanvraag is een toelichting op de planning opgenomen

Omschrijf de activiteit die u wilt uitvoeren.

Gebruik afsluitdijk en IJsselmeer voor kabels en transformatorstation behorende bij windpark Fryslân

Waarom wilt u de activiteit uitvoeren?

Deze onderdelen zijn vereist voor de realisatie van Windpark Fryslân.

Formulierversie
2015.03

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Activiteiten in, op of nabij een waterkering uitvoeren

1 Activiteiten in, op of nabij een waterkering uitvoeren

Welke activiteit(en) wilt u uitvoeren in, op of nabij een waterkering?

- Oprichten van een gebouw, zoals een woning, bedrijfspand, strandpaviljoen of strandhuisje
- Aanbrengen van een waterinlaat- of wateruitlaatconstructie
- Plaatsen van een windturbine(park)
- Aanleggen van een oprit of grondlichaam
- Aanbrengen van een baggerdepot of gronddepot
- Ontgraven van grond
- Beweiden met vee
- Organiseren van een wedstrijd of evenement
- Aanbrengen van beplanting/bomen
- Verwijderen van beplanting/bomen
- Uitvoeren van boringen of sonderingen
- Oprichten van zandbanketten op het strand ten behoeve van niet permanente bebouwing
- Verplaatsen van zand op het strand (anders dan zandbanket)
- Andere werkzaamheden

Past u bij de werkzaamheden een horizontaal gestuurde boring toe die een waterkering of beschermingszone rond een waterkering doorkruist?

- Ja
- Nee

Formulierversie
2015.03

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Activiteiten in, op of nabij een waterkering uitvoeren

1 Kabels of leidingen aanleggen

Welke activiteit(en) wilt u uitvoeren met betrekking tot kabels of leidingen?

- Aanleggen van kabels of leidingen in of nabij een oppervlaktewaterlichaam
- Aanleggen van kabels of leidingen in, op of nabij een waterkering
- Aanleggen van kabels of leidingen in, op of nabij een oppervlaktewaterlichaam en een waterkering

Past u bij de werkzaamheden een horizontaal gestuurde boring toe die een oppervlaktewaterlichaam, waterkering of beschermingszone doorkruist?

- Ja
- Nee

Welke kabels of leidingen wilt u aanleggen?

- Aanleggen van een vloeistofleiding
- Aanleggen van kabels
- Aanleggen van een warmtetransportleiding
- Aanleggen van kabels ten behoeve van telecom/televisie
- Aanleggen van een drukleiding
- Anders

Formulierversie
2015.03

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Bouwen, graven, aanleggen en andere activiteiten in
een oppervlaktewaterlichaam (waaronder uiterwaarden)
uitvoeren

1 Waterstaatwerk of beschermingszone gebruiken

Wilt u een bestaande vergunning
wijzigen?

- Ja
 Nee

Wat is de geplande begindatum
van deze activiteit?

01-05-2018

Geef eventueel een toelichting op
de begindatum.

In bijlage 1 bij de aanvraag is een toelichting op de planning
opgenomen

Wat is de geplande einddatum van
deze activiteit?

01-12-2045

Geef eventueel een toelichting op
de einddatum.

In bijlage 1 bij de aanvraag is een toelichting op de planning
opgenomen

Omschrijf de activiteit die u wilt
uitvoeren.

Bouw en exploitatie van een windpark inclusief toebehoren.
Zie voor een nadere toelichting bijlage 1 bij de aanvraag.

Waarom wilt u de activiteit
uitvoeren?

Voor het opwekken van hernieuwbare energie uit
windkracht.

Formulierversie
2015.03

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Bouwen, graven, aanleggen en andere activiteiten in een oppervlaktewaterlichaam (waaronder uiterwaarden) uitvoeren

1 Activiteiten in de waterbodem uitvoeren

Hoeveel baggerspecie wordt verwijderd in m³? 0

Wat is de lengte van het totaal te baggeren oppervlak in meter? 0

In welke eenheid wilt u de breedte van het totaal te baggeren oppervlak opgeven? Kies de eenheid zo, dat u de breedte als een geheel getal kunt opgeven.

m
 cm

Wat is de breedte van het totaal te baggeren oppervlak in de door u opgegeven eenheid? 0

Wat is de bestemming van de baggerspecie?

Baggerspeciedepot
 Hergebruik op grond van het Besluit bodemkwaliteit
 Anders

Wat is de andere bestemming van de baggerspecie? nvt

Formulierversie
2015.03

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Bouwen, graven, aanleggen en andere activiteiten in
een oppervlaktewaterlichaam (waaronder uiterwaarden)
uitvoeren

1 Dam (met of zonder duiker) aanleggen, wijzigen of verwijderen

Welke activiteit(en) wilt u uitvoeren met betrekking tot de dam?

- Aanleggen van een nieuwe dam
 Wijzigen van een bestaande dam
 Verwijderen van een dam

Wat is de lengte van de dam, afgerond in hele meters?

6

In welke lengte-eenheid wilt u de bovenbreedte van de dam opgeven? Kies de eenheid zo, dat u de breedte als een geheel getal kunt opgeven.

- m
 cm

Wat is de bovenbreedte van de dam, in de door u gekozen eenheid?

6

Bevat de dam een duiker?

- Ja
 Nee

Wat is de vorm van de duiker?

- Rond
 Rechthoekig

Wat is de lengte van de duiker op de waterlijn, afgerond in hele meters?

6

Wat is de diameter van de duiker in centimeter?

50

Formulierversie
2015.03

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Bouwen, graven, aanleggen en andere activiteiten in een oppervlaktewaterlichaam (waaronder uiterwaarden) uitvoeren

1 Kabels of leidingen aanleggen

Welke activiteit(en) wilt u uitvoeren met betrekking tot kabels of leidingen?

- Aanleggen van kabels of leidingen in of nabij een oppervlaktewaterlichaam
- Aanleggen van kabels of leidingen in, op of nabij een waterkering
- Aanleggen van kabels of leidingen in, op of nabij een oppervlaktewaterlichaam en een waterkering

Past u bij de werkzaamheden een horizontaal gestuurde boring toe die een oppervlaktewaterlichaam, waterkering of beschermingszone doorkruist?

- Ja
- Nee

Welke kabels of leidingen wilt u aanleggen?

- Aanleggen van een vloeistofleiding
- Aanleggen van kabels
- Aanleggen van een warmtetransportleiding
- Aanleggen van kabels ten behoeve van telecom/televisie
- Aanleggen van een drukleiding
- Anders

Formulierversie
2015.03

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Bouwen, graven, aanleggen en andere activiteiten in een oppervlaktewaterlichaam (waaronder uiterwaarden) uitvoeren

1 Natuur ontwikkelen of inrichten

Welke activiteit(en) wilt u uitvoeren met betrekking tot het ontwikkelen of inrichten van natuur?

- Inrichten van een natuurvriendelijke oever
- Ontwikkelen van natuur, zoals het creëren van dynamische begroeiing (bijvoorbeeld ooibossen)
- Aanleggen van fauna-uittredingsplaatsen
- Aanleggen van faunapassages
- Aanleggen van ecologische verbindingzones

Formulierversie
2015.03

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Bouwen, graven, aanleggen en andere activiteiten in een oppervlaktewaterlichaam (waaronder uiterwaarden) uitvoeren

1 Overige activiteiten in of nabij een oppervlaktewaterlichaam uitvoeren

Welke overige activiteit(en) wilt u uitvoeren in of nabij oppervlaktewaterlichamen?

- Plaatsen van hekwerken en afrasteringen
- Oprichten van een gebouw, zoals een woning of bedrijfspand
- Plaatsen van nutsvoorzieningen (meet- en regelstations e.d.)
- (Ver)bouwen van een boothuis
- Plaatsen van afmeerpalen
- Plaatsen van remmingwerken
- Aanbrengen van lozingswerken
- Plaatsen van mosselzaadinvanginstallaties
- Plaatsen van meetpalen
- Aanbrengen van visfuisen of ander vistuig
- Oprichten van een windturbine(park)
- Oprichten van een zendmast
- Anders

Bijlagen

Formele bijlagen

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
140715 Aanbiedingsbrief Waterwet_pdf	140715 Aanbiedingsbrief Waterwet.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 1 aanvraag waterwetvergunning	Bijlage 1 aanvraag waterwetvergunning 140715.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 2A Overzicht windpark_pdf	Bijlage 2A Overzicht windpark.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 2B Deeltekening WTG_pdf	Bijlage 2B Deeltekening WTG.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 2C Plattegrond trafo_pdf	Bijlage 2C Plattegrond trafo.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 2D Deeltekening WTG en kabel_pdf	Bijlage 2D Deeltekening WTG en kabel.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 2E Overview kabel trace_pdf	Bijlage 2E Overview kabel trace.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 2F Natuurvoorziening_pdf	Bijlage 2F Natuurvoorziening.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3A Bovenaanzicht turbine_pdf	Bijlage 3A Bovenaanzicht turbine.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3B Aanzichten gondel_pdf	Bijlage 3B Aanzichten gondel.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3B aanzichten windturbine_pdf	Bijlage 3B aanzichten windturbine.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3C aanzicht monopile_pdf	Bijlage 3C aanzicht monopile.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3C aanzicht pentagon_pdf	Bijlage 3C aanzicht pentagon.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3C aanzicht damwand_pdf	Bijlage 3C aanzicht damwand.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3C aanzicht dukdalf_pdf	Bijlage 3C aanzicht dukdalf.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3C Damwand en WTG_pdf	Bijlage 3C Damwand en WTG.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3C Dukdalf en WTG_pdf	Bijlage 3C Dukdalf en WTG.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3C Monopile en WTG_pdf	Bijlage 3C Monopile en WTG.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3C Pentagon en WTG_pdf	Bijlage 3C Pentagon en WTG.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
Bijlage 3D Aanzicht_trafo-_pdf	Bijlage 3D Aanzicht_trafo-.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3E NVZ_kabeltrace_pdf	Bijlage 3E NVZ_kabeltrace-.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3F Kabelroute HDD trafo_pdf	Bijlage 3F Kabelroute HDD trafo.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3F Kabelroute HDD trafo2_pdf	Bijlage 3F Kabelroute HDD trafo2.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3F Dwarspr. boring Kornwerd	Bijlage 3F Dwarsprofiel boring Kornwerd.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3F Kabelboring HDD fietspad_pdf	Bijlage 3F Kabelboring HDD fietspad.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3F Persboring west kornwerd_pdf	Bijlage 3F Persboring west kornwerd.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3F Persboring oost Kornwerd	Bijlage 3F Persboring oost Kornwerd.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3G Dwarsprofiel dijkvak 9_pdf	Bijlage 3G Dwarsprofiel dijkvak 9.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3G Dwarsprofiel dijkvak 10_pdf	Bijlage 3G Dwarsprofiel dijkvak 10.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3G Dwarsprofiel dijkvak 11_pdf	Bijlage 3G Dwarsprofiel dijkvak 11.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3G Dwarsprofiel dijkvak 12_pdf	Bijlage 3G Dwarsprofiel dijkvak 12.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 3G Dwarsprofiel dijkvak 17_pdf	Bijlage 3G Dwarsprofiel dijkvak 17.pdf	Situatietekening, kaart of foto	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 4 Fugro 1 Risicoanalyse_pdf	Bijlage 4 Fugro 1 Risicoanalyse.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 5 Fugro 2 Berekeningen_pdf	Bijlage 5 Fugro 2 Berekeningen.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 6 MARIN Scheepvaartveiligheid	Bijlage 6 MARIN Scheepvaartveiligheid.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 7 Voorontwerp NVZ_pdf	Bijlage 7 Voorontwerp NVZ.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage8 MER Deel A Publiekssamenvatting	MER Deel A Publiekssamenvatting.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage8 MER Deel B Uitgeb. Samenvatting	MER Deel B Uitgebreide Samenvatting.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8 Deel C_milieueffectrapport	2015 07 14 Deel C_milieueffectrapport.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8 Deel C_Bijlage 1_locatiealt.	2015 07 14 Deel C_Bijlage 1_locatiealternatieven IJsselmeergebied.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8 Deel D MER Windpark Fryslan	2015 07 14 Deel D MER Windpark Fryslan.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8;Bijlage D-1 bij MER deel D_pdf	Bijlage D-1 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
Bijlage 8; Bijlage D-2 bij MER deel D	Bijlage D-2 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-3 bij MER deel D	Bijlage D-3 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8 Bijlage D-4a Deel 1 MER deel D	Bijlage D-4a Deel 1 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-4a Deel 2 MER deel D	Bijlage D-4a Deel 2 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-4b bij MER deel D	Bijlage D-4b bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-5 bij MER deel D	Bijlage D-5 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-6 bij MER deel D	Bijlage D-6 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-7 bij MER deel D	Bijlage D-7 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-8 bij MER deel D	Bijlage D-8 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-9 bij MER deel D	Bijlage D-9 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-9a bij MER deel D	Bijlage D-9a bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-10 bij MER deel D	Bijlage D-10 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-11 bij MER deel D	Bijlage D-11 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-12 bij MER deel D	Bijlage D-12 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-13 bij MER deel D	Bijlage D-13 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-14 bij MER deel D	Bijlage D-14 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-15 bij MER deel D	Bijlage D-15 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-16 bij MER deel D	Bijlage D-16 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-17 bij MER deel D	Bijlage D-17 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-18 bij MER deel D	Bijlage D-18 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-19 bij MER deel D	Bijlage D-19 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage D-20 bij MER deel D	Bijlage D-20 bij MER deel D.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Passende Beoordeling WPF	Passende Beoordeling Windpark Fryslan.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage 1 bij pB	Bijlage 1 bij pB.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage 2A bij PB	Bijlage 2A bij PB.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage 2B bij PB	Bijlage 2B bij PB.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage 2C bij PB	Bijlage 2C bij PB.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage 2D bij PB	Bijlage 2D bij PB.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
Bijlage 8; Bijlage 3A bij PB	Bijlage 3A bij PB.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage 3B bij PB	Bijlage 3B bij PB.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage 3C bij PB	Bijlage 3C bij PB.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling
Bijlage 8; Bijlage 3D bij PB	Bijlage 3D bij PB.pdf	Anders	14-07-2015	In behandeling

BIJLAGE 1 TOELICHTING OP DE AANVRAAG





Toelichting aanvraag waterwetvergunning Windpark Fryslân



Ministerie van Economische Zaken



Ministerie van Infrastructuur en Milieu

14 juli 2015



Duurzame oplossingen in
energie, klimaat en milieu

Postbus 579
7550 AN Hengelo
Telefoon (074) 248 99 40

Documenttitel	Bijlage 1 Toelichting aanvraag watervergunning Windpark Fryslân
Soort document	Definitief
Datum	14-07-2015
Projectnummer	709026
Opdrachtgever	Windpark Fryslân BV
Auteur	Martijn Edink, Pondera Consult
Vrijgave	Martijn ten Klooster, Pondera Consult

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Achtergrond initiatief	2
1.3	Toelichting opzet aanvraag	3
1.4	Procedure	4
1.5	Leeswijzer	4
2	Aanvrager en locatie	7
2.1	Aanvrager	7
2.2	Gemachtigde en contactpersoon	7
2.3	Locatie	8
2.4	Transformatorstation	12
3	Beschrijving activiteit	17
3.1	Activiteiten op hoofdlijnen	17
3.2	Windturbines	17
3.3	Windparkbekabeling	24
3.4	Transformatorstation	25
3.5	Aansluitkabel	26
3.6	Natuurvoorziening	27
3.7	Bouwactiviteiten	29
3.8	Exploitatie	30
3.9	Verwijdering	31
4	Ontwerp	33
4.1	Windturbines en fundatie	33
4.2	Transformatorstation	40
4.3	Windpark bekabeling	41
4.4	Ontsluitingskabel	47
4.5	Natuurvoorziening/ werkeiland	50
5	Werkplan	53
5.1	Kabels	53
5.2	Windturbines	54
5.3	Transformatorstation	55

5.4	Natuurvoorziening/ werkeiland	55
5.5	Later aan te leveren	56
6	Onderhoudsprogramma	59
6.1	Inleiding	59
6.2	Regulier onderhoud	59
6.3	Reparatie	62
7	Effecten	65
7.1	Waterbodem	65
7.2	Effecten waterkering	66
7.3	Veiligheid scheepvaart	76
7.4	Waterkwaliteit en ecologie	82

1 INLEIDING

1.1 Inleiding

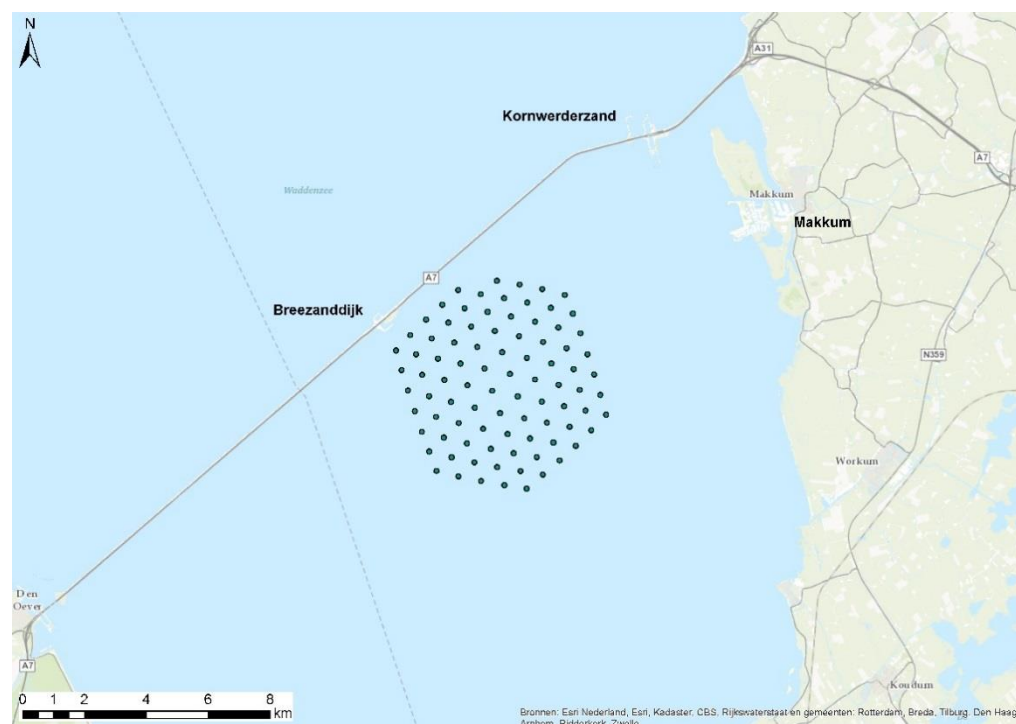
Windpark Fryslân BV realiseert een windpark met bijbehorende voorzieningen in het IJsselmeer. Ten behoeve van de realisatie en exploitatie van het windpark wordt een watervergunning aangevraagd op grond van artikel 6.5 lid c Waterwet in samenhang met artikel 6.12, eerste lid, van het Waterbesluit voor het gebruik maken van een waterstaatswerk of daartoe behorende beschermingszone voor zowel de bouwperiode, een operationele periode van 25 jaar vanaf het moment dat de laatste turbine in bedrijf wordt genomen en de ontmanteling van het windpark.

Het windpark bevindt zich in het noordelijk deel van het IJsselmeer nabij Breezanddijk binnen de grenzen van de gemeente Súdwest Fryslân (provincie Fryslân). De vergunningaanvraag heeft betrekking op zowel de realisatie als exploitatie van het windpark. In Figuur 1.1 is de locatie van het windpark in het IJsselmeer weergegeven. De precieze locatie van de onderdelen van het windpark wordt verderop in deze bijlage aangegeven.

Het windpark kent diverse onderdelen die ook relevant zijn voor de vergunningaanvraag:

- 89 windturbines in het IJsselmeer;
- Windparkbekabeling in de waterbodem van het IJsselmeer;
- Transformatorstation op Breezanddijk;
- Aansluitkabel in de Afsluitdijk naar het landelijke hoogspanningsnet;
- Natuurvoorziening.

Figuur 1.1 Locatie windpark



Deze rapportage is bijlage 1 bij de aanvraag om een watervergunning. In deze bijlage wordt in meer detail informatie gegeven over de voorgenomen activiteit als onderdeel van de aanvraag.

Het windpark is gelegen in het IJsselmeer en een deel van de voorzieningen zijn op of in de Afsluitdijk voorzien. Een waterwetvergunning is vereist op grond van artikel 6.12 en 6.14 van het Waterbesluit. Artikel 6.12 heeft betrekking op het gebruik van wateren in beheer bij het Rijk, en artikel 6.14 op het gebruik maken van waterkeringen in beheer bij het Rijk. Het windpark bevindt zich in het IJsselmeer. Een deel van de elektrische werken bevindt zich in of op de Afsluitdijk. De Afsluitdijk is een primaire waterkering. Deze aanvraag beperkt zich voor de aansluiting op het hoogspanningsnet tot de kabelverbinding in de Afsluitdijk tot aan het vaste land van Friesland. Op grond van Bijlage II van het Waterbesluit is het IJsselmeer als oppervlaktewaterlichaam in Rijksbeheer aangemerkt. De Afsluitdijk is op grond van Bijlage III van het Waterbesluit aangewezen als waterkering in beheer bij het Rijk.

Reikwijdte watervergunning windpark Fryslân

De aanvraag voor windpark Fryslân heeft betrekking op de bouw, exploitatie en verwijdering van windpark Fryslân. De onderdelen van het windpark zijn hiervoor opgesomd. De bouw- en verwijderingsfase hebben betrekking op de werkzaamheden op de locatie van het windpark en de bijbehorende voorzieningen voor het windpark. Werkzaamheden cq voorbereidingen buiten deze locatie(s) maken geen onderdeel uit van de aanvraag. Dit betreft bijvoorbeeld de aanvoer van windpark-onderdelen of installaties naar de locatie of pre-assemblage van turbineonderdelen buiten de locatie. Hiervoor zal, indien vereist, separaat vergunning worden aangevraagd aangezien dit afhankelijk is van bijvoorbeeld de gekozen turbineleverancier, de fabricage locatie en de

1.2 Achtergrond initiatief

Windpark Fryslân BV heeft het initiatief genomen voor de ontwikkeling van een windpark in het IJsselmeer om duurzame energie uit wind op te wekken. Daarmee wordt een bijdrage geleverd aan de nationale en provinciale doelstellingen ten aanzien van duurzame energie en meer specifiek windenergie. Nederland heeft op grond van de Europese richtlijn 2009/28/EC voor hernieuwbare energie een taakstelling van 14% hernieuwbare energie in 2020. Hiervoor is nationaal afgesproken dat 6.000 MW windenergie op land, waaronder in de grote meren, hier een belangrijke bijdrage aan levert. Het Rijk heeft in de Structuurvisie Wind op Land (SWOL) aangegeven in te zetten op concentratie van windenergie en daarvoor een aantal grootschalige locaties aangewezen die geschikt zijn voor windenergie. De locatie van het windpark is aangewezen in de SWOL welke in 2014 is vastgesteld door het Rijk. Ten behoeve van de SWOL is een plan-MER uitgevoerd.

De locatiekeuze van de initiatiefnemer is gebaseerd op een verkenning naar de mogelijkheden en beperkingen vanuit diverse aspecten zoals natuur, scheepvaartveiligheid en landschap. Ten behoeve van de besluitvorming over het project is tevens een MER opgesteld (MER Windpark Fryslân¹). Op basis van het MER is een voorkeursalternatief opgesteld waarvoor vergunning wordt aangevraagd.

¹ Het MER is als bijlage bij de aanvraag gevoegd.

Belangen IJsselmeer

Het initiatief is zo gesitueerd en inhoud gegeven dat geen nadelige gevolgen optreden voor het veilig en doelmatig gebruik van het IJsselmeer evenals voor het veiligheidsniveau van de primaire waterkering (de Afsluitdijk). Ten aanzien van de situering geldt dat het windpark is gelegen op enige afstand van de gemarkeerde beroepsvaartroute. Tevens is het gebied slechts beperkt in gebruik bij de recreatieve scheepvaart. In het MER en onderhavig document is dit nader toegelicht en beschreven. Uit het MER blijkt tevens dat het initiatief geen nadelige gevolgen heeft voor de waterkwaliteit van het IJsselmeer.

Ten gevolge van het initiatief ontstaat er geen belemmering voor het vergroten van de afvoercapaciteit van het IJsselmeer, is geen sprake van een relevante afname van het bergend vermogen aangezien de oppervlakte die wordt ingenomen door het voornemen circa 0.005% van de oppervlakte van het IJsselmeer bedraagt. Er is geen effect op de waterstand aangezien het peil van het IJsselmeer gecontroleerd wordt door middel van spuien op de Waddenzee. In het geval dat spuien op de Waddenzee niet mogelijk is, zal de verandering van de waterstand in het IJsselmeer verwaarloosbaar zijn, aangezien het voornemen een minimaal percentage van het totale IJsselmeer bedraagt. Voor de delen van het windpark in het IJsselmeer geldt dat een veranderd peil in het IJsselmeer, bijvoorbeeld door opwaaing, niet relevant is. De gevoelige delen van de windturbine, de elektrische besturing, en de toegang bevinden zich op circa minimaal 5 meter boven NAP. Voor de natuurvoorziening geldt dat dit periodiek onder water mag staan vanuit de ecologische functie (zgn. 'overstroombare natuur').

1.3 Toelichting opzet aanvraag

De realisatie van een grootschalig windpark doorloopt een aantal fasen. Ruwweg betreft het:

- Locatieselectie;
- Ruimtelijk plan en vergunningen;
- Contractfase onderdelen en bouw;
- Financiering;
- Detailengineering;
- Bouw;
- Exploitatie;
- Ontmanteling.

De achtergrond van deze fasen, die grotendeels volgtijdelijk zijn, is gelegen in de schaal van de projecten. Vanuit dit oogpunt vindt aanbesteding van het turbinetype en de aanleg en vervolgens detailengineering pas plaats na vergunningverlening om rekening te kunnen houden met vertraging (bijvoorbeeld in procedures), de actuele windturbinetypes die op dat moment beschikbaar zijn, met technische ontwikkelingen en met prijsontwikkelingen, zoals de prijs van staal. Daarbij is het niet ongebruikelijk om de realisatie van het gehele windpark door middel van een EPC contract aan te besteden. Dit betekent dat de contractpartij verantwoordelijk is voor de detailengineering en de bouw van het gehele windpark. Om hier rekening mee te houden is in de vergunningaanvraag enige flexibiliteit aangehouden voor diverse onderdelen van het windpark door marges en variatie op te nemen. Dit is expliciet en concreet aangegeven.

Voor de effectbeschrijving betekent dit dat in de aanvraag conservatief de potentiële effecten worden beschreven zodat een toetsing door het bevoegd gezag kan plaatsvinden op de

relevante toetsingskaders. Bij de detailengineering wordt dit als maximum aangehouden waardoor de effecten van het windpark nooit groter zullen zijn dan aangevraagd en vergund maar minimaal gelijk of kleiner. Mocht er aanleiding bestaan voor wijziging van het initiatief, bijvoorbeeld in de uitvoeringsmethode, die wel tot grotere effecten leidt zal hiervoor een wijziging van de vergunning worden aangevraagd.

Omdat detailengineering op een later moment plaatsvindt zullen voorafgaand aan de bouwfase detailplannen ter goedkeuring worden voorgelegd aan Rijkswaterstaat. Hiermee krijgt Rijkswaterstaat de gelegenheid te toetsen of de uitvoering van het windpark werkelijk blijft binnen de aangevraagde marges.

1.4 Procedure

Op de vergunningsaanvraag is de rijkscoördinatie regeling conform artikel 3.35 wro van toepassing. Dit houdt in dat de ter inzagelegging van ontwerp- en definitieve besluiten wordt gecoördineerd door de Minister van EZ. Aangezien sprake is van een windpark met een opgesteld vermogen van 100 MW of meer is tevens de Crisis- en Herstelwet van toepassing.

Voor het initiatief zijn nog niet eerder vergunningen verleend of aangevraagd. Een Rijksinpassingsplan is in voorbereiding door de ministeries van EZ en I&M. In Tabel 1.1 is een overzicht van een aantal vergunningen die naast onderhavige watervergunning zijn aangevraagd en onderdeel zijn van de coördinatie voor het project Windpark Fryslân.

Tabel 1.1 Aangevraagde vergunningen

Vergunning	Bevoegd gezag
Omgevingsvergunning	Gemeente Súdwest-Fryslân
Vergunning Natuurbeschermingswet 1998	Provincie Fryslân
Ontheffing Flora en Faunawet	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
WBR-vergunning	Rijkswaterstaat

1.5 Leeswijzer

Deze rapportage is bijlage 1 bij de aanvraag en bevat de informatie ten behoeve van de aanvraag. Deze is gebaseerd op het aanvraagformulier, welke als bijlage 2 bij de aanvraag is gevoegd. In het aanvraagformulier wordt op deze plekken verwezen naar onderhavige bijlage. Verzocht wordt het MER geen onderdeel van de vergunning te laten uitmaken.

Tabel 1.2 Bijlagen aanvraag

Nummer	Naam	Betreft
-	Formulier	Ingevulde formulier
Bijlage 1	Aanvraag	Onderhavige rapportage, met inhoudelijke informatie en toelichting op de activiteit waarvoor de watervergunning wordt aangevraagd.
Bijlage 2	Situatietekeningen	2A Situatietekening 2B Deeltekening windturbines 2C Deeltekening transformatorstation 2D Deeltekening windpark met kabelzone 2E Deeltekening kabelroute \geq 110kV kabel

		2F Deeltekening natuurvoorziening
Bijlage 3	Bouwtekeningen	3A Plattegrond windturbine 3B Tekeningen windturbine 3C Tekeningen fundatie 3D Tekeningen transformatorstation 3E Tekeningen natuurvoorziening 3F Tekeningen kabelboringen 3G Tekeningen kabels in dijk (doorsnede)
Bijlage 4		Fugro rapportage 1 (beoordeling dijkveiligheid)
Bijlage 5		Fugro rapportage 2 (aanvullende berekeningen)
Bijlage 6		MARIN rapportage
Bijlage 7		Voorontwerp Natuurvoorziening/ werkeiland (Arcadis)
	MER Windpark Fryslân	Milieueffectrapportage Windpark Fryslân

2 AANVRAGER EN LOCATIE

In dit hoofdstuk zijn de algemene gegevens van het initiatief opgenomen. Het betreft de gegevens van de aanvrager, de gemachtigde, de locatie van het initiatief, een overzicht van de activiteit in algemene zin en de globale planning.

2.1 Aanvrager

In Tabel 2.1 zijn de gegevens van de aanvrager opgenomen.

Tabel 2.1 Gegevens aanvrager

Gegevens	
Statutaire-/handelsnaam	Windpark Fryslân BV
KvK	52567354
Vestigingsnummer	000022486844
Vestigingsadres	Duit 15
	8305 BB EMMELOORD
Postadres	Duit 15
	8305 BB EMMELOORD
Contactpersoon	Dhr. A.T. de Groot
Functie	Directeur
Telefoon	0527 616167
E-mail	info@windparkfryslan.nl

2.2 Gemachtigde en contactpersoon

In Tabel 2.2 zijn de gegevens van de gemachtigde weergegeven.

Tabel 2.2 Gegevens gemachtigde

Gegevens	
Statutaire-/handelsnaam	Pondera Consult BV
KvK	08156154
Vestigingsnummer	000017968313
Vestigingsadres	Welbergweg 49
	7556 PE HENGELO (OV)
Postadres	Postbus 579
	7550 AN HENGELO (OV)
Contactpersoon	J.F.W. Rijntalder
Functie	Directeur
Telefoon	074 2489940
E-mail	h.rijntalder@ponderaconsult.com

De heer Ten Klooster van Pondera Consult is contactpersoon voor de aanvraag. De gegevens van de heer Ten Klooster zijn in Tabel 2.3 opgenomen.

Tabel 2.3 Gegevens contactpersoon

Gegevens	
Contactpersoon	M. ten Klooster
Functie	Adviseur
Telefoon	06 46111889
E-mail	m.tenklooster@ponderaconsult.com

2.3 Locatie

Het initiatief betreft een windpark met bijbehorende elektrische en civiele voorzieningen evenals een natuurvoorziening welke gedurende de bouw als werkeiland fungeert. De locatie van het initiatief betreft het noordelijk deel van het IJsselmeer in de gemeente Súdwest-Fryslân, nabij Breezanddijk. In Tabel 2.4 is de locatie van de onderdelen van het initiatief opgenomen. Na de tabel is de locatie kort toegelicht. Op bijlage 3A zijn alle onderdelen van het initiatief opgenomen.

Tabel 2.4 Locatie onderdelen initiatief

Onderdeel	Locatie
Windturbines	IJsselmeer
Transformatorstation	Breezanddijk
Windparkbekabeling	IJsselmeer en Breezanddijk (verbinding met het transformatorstation)
Ontsluitingskabelverbinding	Afsluitdijk naar vaste land van Friesland
Natuurvoorziening	IJsselmeer

2.3.1 Windturbines

Het initiatief betreft 89 windturbines. Deze turbines zijn gesitueerd in het noordelijk deel van het IJsselmeer nabij Breezanddijk op enige afstand van de Afsluitdijk, buiten de beschermingszone van de dijk. De locatie ligt binnen de provincie Fryslân, in de gemeente Súdwest-Fryslân. In Tabel 2.5 zijn een aantal details ten aanzien van de locatie van de windturbines opgenomen.

Tabel 2.5 Locatie windturbines

Locatie turbines	
Onderlinge afstand	gemiddeld 660
Afstand tot de Afsluitdijk (waterlijn)	> 800
Afstand tot Waddenzee (waterlijn)	> 850
Afstand tot Breezanddijk	Ca 750 m
Afstand tot Makkum (strand)	Ca. 6.300

Tabel 2.6 Kadastrale gegevens

Onderdeel	Locatie	Kadastrale aanduiding
Windturbines	IJsselmeer Windturbine nummer: A1 – A4, B1- B6, C2 – C7, D3 – D8, E3 – E9, F4-F10, G4-G10, H4-H9, I3- I8, J3- J4	MKM00D 001124G0000
	IJsselmeer Windturbine nummer: C1, D1, D2, E1, E2, F1, F2, G1	MKM00D 00804G0000
	IJsselmeer Windturbine nummer: F3, G2, G3, H1-H3, I1, I2, J1	MKM00D 00805G0000
	K1, J2, L1	MKM00D 00806G0000
	J5 – J7, K2 – K6, L2 – L5	MKM00D 00295G0000
Transformatorstation	Breezanddijk	MKM00D 00042G0000
Windparkbekabeling	IJsselmeer en Breezanddijk (verbinding met het transformatorstation)	Idem windturbines
Ontsluitingskabel	Afsluitdijk naar vaste land van Friesland	MKM00D 0042G0000 MKM00D 0040G0000 MKM00D 00037G0000 MKM00D 00034G0000 MKM00D 00031G0000 MKM00D 00027G0000 MKM00D 00026G0000 MKM00D 00023G0000 MKM00D 00625G0000 MKM00D 00016G0000 MKM00D 00013G0000
Natuurvoorziening	IJsselmeer	MKM00D 001124G0000 MKM00D 00030G0000 MKM00D 00028G0000

Als bijlage 3B bij de aanvraag is een tekening gevoegd met de aanduiding en positie van de windturbines. Bij de posities in de tekening zijn de x, y-coördinaten (Rijksdriehoeksstelsel) van het middelpunt van de windturbine vermeldt. In Tabel 2. zijn aanduiding en coördinaten ook opgenomen.

Tabel 2.7 Aanduiding en coördinaten

Turbine		X	Y
A	1	146554	560513
A	2	147296	560393
A	3	148023	560243
A	4	148748	560060
B	1	145300	560218

B	2	146037	560081
B	3	146784	559958
B	4	147533	559813
B	5	148293	559641
B	6	149001	559454
C	1	144787	559750
C	2	145512	559637
C	3	146255	559512
C	4	147013	559365
C	5	147789	559194
C	6	148542	559008
C	7	149230	558808
D	1	144263	559266
D	2	144982	559162
D	3	145722	559038
D	4	146485	558893
D	5	147272	558725
D	6	148052	558539
D	7	148803	558342
D	8	149465	558142
E	1	143754	558761
E	2	144443	558646
E	3	145168	558518
E	4	145926	558373
E	5	146717	558210
E	6	147523	558032
E	7	148314	557845
E	8	149041	557663
E	9	149697	557487
F	1	143295	558266
F	2	143945	558138
F	3	144642	557997
F	4	145380	557845
F	5	146159	557680
F	6	146972	557503
F	7	147788	557321
F	8	148549	557148
F	9	149236	556987
F	10	149899	556829
G	1	143478	557631
G	2	144141	557474

G	3	144849	557310
G	4	145603	557138
G	5	146405	556959
G	6	147230	556779
G	7	148015	556612
G	8	148726	556463
G	9	149423	556320
G	10	150090	556186
H	1	143684	556972
H	2	144352	556790
H	3	145067	556605
H	4	145841	556417
H	5	146654	556234
H	6	147447	556067
H	7	148177	555926
H	8	148903	555796
H	9	149608	555679
I	1	143906	556307
I	2	144583	556113
I	3	145321	555918
I	4	146108	555729
I	5	146895	555560
I	6	147632	555419
I	7	148378	555294
I	8	149105	555188
J	1	144129	555640
J	2	144829	555445
J	3	145584	555256
J	4	146356	555085
J	5	147093	554942
J	6	147847	554815
J	7	148581	554711
K	1	144367	555000
K	2	145084	554814
K	3	145832	554642
K	4	146564	554495
K	5	147318	554364
K	6	148048	554249
L	1	144600	554366
L	2	145316	554192
L	3	146040	554042

L	4	146795	553911
L	5	147521	553797

De waterdiepte in het gebied is circa 3-4 meter en de bodem zandig. Op de locatie gelden de waterstanden (ter plaatse van Lorentzsluizen) zoals weergegeven in Tabel 2.8. Aangezien het IJsselmeer zoet is, kan sprake zijn van ijsvorming en van eventueel kruierend ijs. Met de condities van de omgeving wordt rekening gehouden in het ontwerp van de fundaties (zie ook hoofdstuk 3). Op de constructieve eisen voor de fundaties is de omgevingsvergunning van toepassing. De gemeente Sudwést-Fryslân is hiervoor het bevoegd gezag.

Tabel 2.8 Waterstanden IJsselmeer (nabij Lorentzsluizen)

Situatie	Hoogte	Frequentie
MWH	NAP +2,20 m	1/10.000 jaar
HW	NAP +1,71 m	1/1.000 jaar
HW	NAP +1,23 m	1/100 jaar
HW	NAP +0,77 m	1/10 jaar
HW	NAP +0,10 m	1/1 jaar
Winterpeil	NAP -0,40 m	-
Zomerpeil	NAP -0,20 m	-

Bron: Arcadis

Een flexibilisering van het IJsselmeerpeil is voorzien voor de korte termijn (tot 2050) als de extra pompcapaciteit in de Afsluitdijk is geplaatst (rond 2020). Dit flexibele peil betekent het in stand houden van het huidige winterpeil en een flexibeler peil in de zomer met een potentiële stijging tot NAP -0,10 m (10 cm hoger maximaal, mogelijk ook ondieper). Dit heeft geen gevolgen voor het ontwerp van de windturbines of de fundaties. Voor de ontwerphoogte van de natuurvoorziening wordt bij het definitieve ontwerp rekening gehouden met de situatie ten aanzien van peilbesluiten door eventueel ook uit te gaan van een maximaal 10 cm hoger peil in de zomerperiode.

2.4 Transformatorstation

Het transformatorstation bestaat uit een 12-tal kleinere gebouwen van verschillende afmetingen. In onderstaande tabel zijn de afmetingen weergegeven. Het terrein heeft een afmeting van 42 x 67 meter op Breezanddijk. Op Breezanddijk bevinden zich diverse activiteiten (tankstation, camping, defensieterrein). De gebouwen van het transformatorstation zijn gesitueerd aan de zuidoostzijde van Breezanddijk. Breezanddijk is onderdeel van de kernzone van de Afsluitdijk. Het transformatorstation wordt via een korte ontsluitingsweg aangesloten op de nabijgelegen weg. Hieronder zijn de afmetingen per type gebouw weergegeven. Twee typen komen meerdere keren voor.

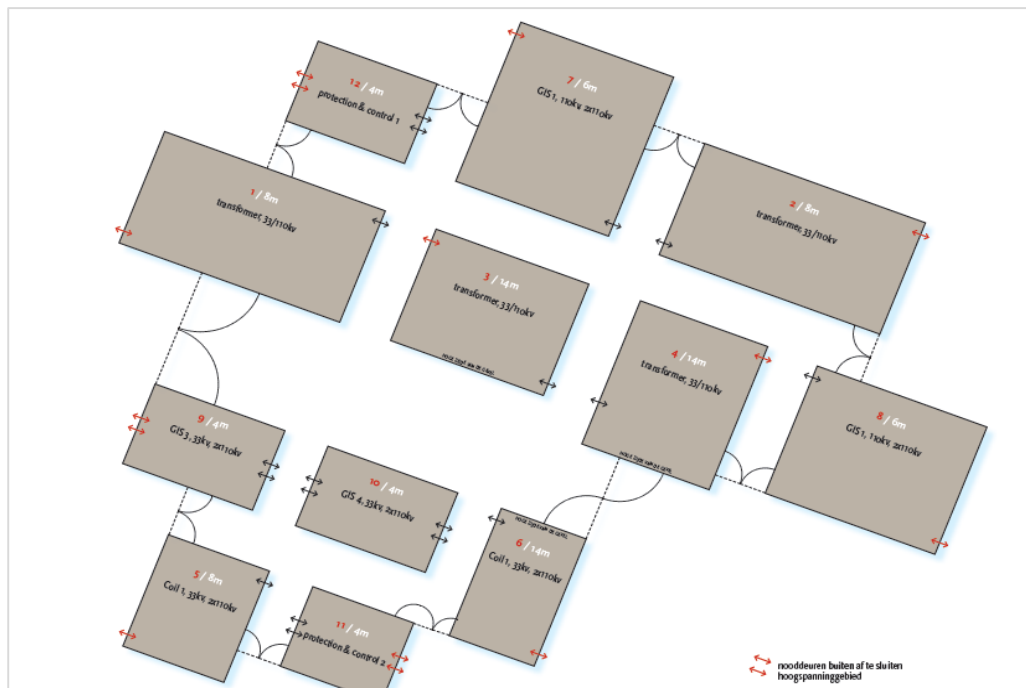
Tabel 2.9 Afmetingen gebouwen transformatorstation

Gebouw	L x B x H	Dak
I	7 x 13 x 8	Plat
II	7 x 9 x 14	Schuin (45 graden)

III	7,5 x 9 x 14	Schuin (45 graden)
IV	7 x 7 x 8	Plat
V	5 x 8 x 14	Schuin (45 graden)
VI	9 x 10 x 6	Plat
VII	8 x 10 x 8	Plat
VIII	9 x 5 x 4	Plat
IX	7 x 5 x 4	Plat

In figuur 2.1 is een schetsweergave van de indeling van de transformatorgebouwen gegeven. In bijlage 3C is een tekening van de locatie van de transformatorgebouwen opgenomen.

Figuur 2.1 Plattegrond transformatorstation



2.4.1 Windparkbekabeling

De opgewekte stroom van de windturbines wordt door middel van elektriciteitskabels naar het transformatorstation getransporteerd. Typisch is het voltage van deze kabels 33-66 kV, conform het spanningsniveau dat wordt opgewekt door de windturbines. Meerdere windturbines worden op één kabel aangesloten, circa 6-10. Dit is een technisch maximum bij dit voltage. Deze kabels liggen in het IJsselmeer op circa minimaal 2 meter onder de waterbodembodem en zijn verbonden met het transformatorstation op Breezanddijk.

Het aantal strings is afhankelijk van het voltage van de kabel en de aan te sluiten turbines op een string is afhankelijk van onder meer de bouwvolgorde. Het is wenselijk de turbines op één string achtereenvolgens te realiseren. In de detailengineering wordt het type kabel en de bouwvolgorde bepaald. Om die reden is het exacte aantal strings en het kabeltracé per string

nog niet bekend. Naar verwachting betreft het aantal strings 10-17. Het gebied waarbinnen de strings worden aangelegd is aangegeven in bijlage 3D ('bekabelingsgebied').

De definitieve kabeltracés worden uiterlijk 3 maanden voor aanvang van de aanleg door middel van een tekening ter informatie aan Rijkswaterstaat toegezonden.

2.4.2 Ontsluitingskabelverbinding

In het transformatorstation wordt de opgewekte stroom van de windturbines (33-66 kV) getransformeerd naar een hoger spanningsniveau, 110-220 kV. Met het hogere spanningsniveau is het mogelijk met minder kabels een verbinding te maken met het hoogspanningsnet waarop de opgewekte stroom wordt afgezet. Door de schaal van het project wordt de stroom op het nationale hoogspanningsnet dat in beheer is bij TenneT afgezet.

Met maximaal twee kabelverbindingen van 110-220 kV wordt de stroom getransporteerd. Een kabelverbinding bestaat uit drie kabels die in driehoeksverband op elkaar worden gelegd. Er is sprake van één of twee kabelverbindingen, tussen de kabelverbindingen wordt een beperkte afstand aangehouden. Hierna wordt naar een kabelverbinding gerefereerd als 'kabel'. De kabels zijn gelegen in de Afsluitdijk, in de kernzone. De locatie van de kabels is weergegeven in bijlage 3E. De kabels passeren onder meer het spuicomplex en schutcomplex bij Kornwerderzand op enige afstand door middel van een gestuurde boring. Voor de vergunningaanvraag wordt uitgegaan van een kabeltracé in de Afsluitdijk naar het vaste land van Friesland. Voor onderhavige vergunning wordt het tracé tot en met de Afsluitdijk opgenomen. Na de Afsluitdijk zijn er verschillende opties voor aansluiting op het hoogspanningsnet. De overige benodigde vergunningen voor het verdere tracé op land worden in een latere fase of door de te contracteren aannemer aangevraagd voorafgaand aan de uitvoering van de werkzaamheden. Voor deze aanvraag wordt uitgegaan van één tot twee kabels.

2.4.3 Natuurvoorziening/ werkeiland

Onderdeel van het initiatief is het ontwerp, de aanleg en de instandhouding de natuurvoorziening. De natuurvoorziening betreft een vooroever met een oppervlakte van 2 ha boven water met een hoogte van circa 0,20 m +NAP en een ondiepe luwte van circa 25 ha (diepte gemiddeld 2 m). De voorziening zal worden opgebouwd met zand. De oppervlakte van het eiland is dusdanig beperkt dat deze geen invloed heeft op de waterstand van het IJsselmeer.

Voor het de locatie van de natuurvoorziening wordt de combinatie met de Vismigratierivier gemaakt. De natuurvoorziening en de vismigratierivier worden (naadloos) tegen elkaar aan ontwikkelt. Dit betekent dat de natuurvoorziening op de locatie van de vismigratierivier, nabij de Afsluitdijk en de Lorentzsluizen wordt gerealiseerd. De natuurvoorziening zal daarbij onderdeel uitmaken van de vismigratierivier. Uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de realisatie wordt een definitief ontwerp aan Rijkswaterstaat overlegd. Het beheer van de natuurvoorziening is de verantwoordelijkheid van de vergunninghouder. Voor het beheer van de natuurvoorziening wordt in een latere fase een aannemer aangetrokken. Over de wijze en frequentie van het beheer worden met Rijkswaterstaat afspraken gemaakt, die in een beheerplan nader worden bepaald.

Voorafgaand aan de functie als natuurvoorziening wordt het eiland reeds aangelegd met als doel een tijdelijke functie als werkeiland voor de bouw van het windpark. Uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de realisatie van het eiland als werkeiland wordt een definitief ontwerp aan Rijkswaterstaat voorgelegd. Op het eiland vindt assemblage en tijdelijke op- en overslag plaats. Voor de tijdelijke functie wordt het werkeiland ingericht door een, tijdelijk, grotere oppervlakte (werkgebied van maximaal 9 ha) en hoogte (+1 m NAP) te hanteren en een aanmeergelegenheid te creëren. In bijlage 7 is het voorontwerp voor het werkeiland/natuurvoorziening weergegeven. De wenselijkheid van het gebruik van een werkeiland volgt ondermeer uit de ervaring met de aanleg van windpark Westermeerwind waarbij verspreid over een relatief groot aantal havens en locaties in het IJsselmeer schepen aanwezig zijn waardoor relatief veel interactie is met de overige gebruikers van het IJsselmeer. Eventuele aanvullende vergunningen voor activiteiten op het werkeiland worden te zijner tijd aangevraagd aangezien de precieze activiteiten afhankelijk zijn van het gekozen fundatietype en de aanpak van de aannemer.

2.4.4 Planning

Een indicatieve planning is opgenomen in tabel 2.9. Zoals hiervoor toegelicht is de planning afhankelijk van een aantal factoren, waaronder de doorlooptijd van de vergunningen. Dit betekent dat concrete startdata voor de realisatie van onderdelen van het windpark nog niet bekend zijn. In de indicatieve planning is aangegeven welke werkzaamheden globaal wanneer plaatsvinden.

Voor de aanvraag zijn vier periodes relevant vanuit het oogpunt van de waterwetvergunning:

- Detailengineering: grondonderzoeken, detailontwerp en -planning, toezending naar het bevoegd gezag, mobilisatie;
- Bouw windpark;
- Exploitatie windpark;
- Verwijdering windpark (en trafostation).

Tabel 2.10 Indicatieve planning

Stap	Van	Tot
Vorbereiding (grondonderzoek, ontwerp, mobilisatie, etc.)	Q1, 2016	Q1, 2019
Bouw	Q2, 2019	Q3, 2020
Exploitatie	Q3, 2020	Q3, 2045
Verwijdering	Q4, 2045	Q4, 2046

De aanleg en inrichting van het werkeiland/de natuurvoorziening vindt naar verwachting reeds aan het einde van de voorbereidingsfase plaats aangezien deze voor de realisatie van de windturbines wordt aangelegd. De bouw van het windpark duurt circa 1 jaar en is conform deze planning naar verwachting binnen 5 à 6 jaar na verlening van de vergunning afgerond. Verzocht wordt de operationele periode aan te laten vangen voor een periode van 25 jaar vanaf het moment dat de laatste windturbine in bedrijf wordt genomen. De in bedrijfsname van de laatste windturbine wordt één dag na in bedrijfsname gemeld aan Rijkswaterstaat.

Een meer gedetailleerde bouwplanning is onderdeel van de definitieve werkplannen van de bouw en aanlegwerkzaamheden dat ter goedkeuring aan Rijkswaterstaat wordt toegezonden voorafgaand aan de start van de bouw. Werkplannen worden per onderdeel van de werkzaamheden opgesteld en ingediend. De volgende onderdelen worden onderscheiden:

- Aanleg werkeiland en aanpassing tot natuurvoorziening;
- Realisatie fundaties
- Kabelleggen IJsselmeer
- Plaatsen windturbines
- Bouw transformatorstation
- Aanleg kabel verbinding van het transformatorstation naar de kop van de Afsluitdijk

Werkplannen worden uiterlijk 3 maand voorafgaand aan de start van de betreffende werkzaamheden aan Rijkswaterstaat toegezonden.

3 BESCHRIJVING ACTIVITEIT

In dit hoofdstuk wordt meer in detail een beschrijving gegeven van het initiatief (de activiteit) waarvoor vergunning wordt aangevraagd. Allereerst wordt een beschrijving van de onderdelen van het windpark gegeven en vervolgens wordt een beschrijving van de relevante fasen gegeven.

3.1 Activiteiten op hoofdlijnen

Het windpark kent diverse onderdelen die ook relevant zijn voor de vergunningaanvraag:

- 89 windturbines in het IJsselmeer;
- Windparkbekabeling in de waterbodem van het IJsselmeer;
- Transformatorstation op Breezanddijk;
- Aansluitkabel in de Afsluitdijk naar het landelijke hoogspanningsnet;
- Natuurvoorziening.

3.2 Windturbines

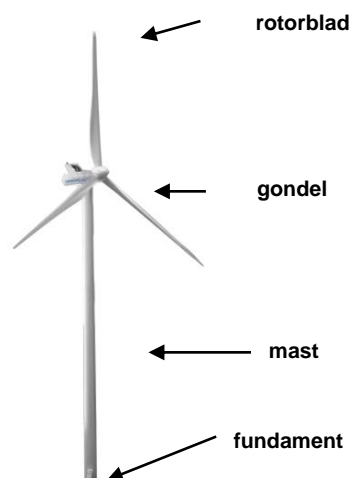
Het windpark bestaat uit 89 windturbines in het IJsselmeer. De locaties van de windturbines is in hoofdstuk 2 behandeld.

Een windturbine is een installatie voor het opwekken van elektriciteit uit windenergie. Een windturbine heeft drie rotorbladen die met de klok meedraaien.

Een windturbine zet de energie uit wind door de draaiing van de rotorbladen via een generator om in elektriciteit. Voor dit proces worden geen grond- of hulpstoffen gebruikt. De belangrijkste onderdelen van de windturbine, ongeacht het type, zijn:

- het fundament;
- de mast;
- de gondel waarin de generator zich bevindt, en;
- drie rotorbladen.

Figuur 3.1 Algemeen aanzicht windturbine



Onderdelen van de turbine

De opwekking van elektriciteit vindt plaats in de gondel bovenin de turbine. De belangrijkste onderdelen van de turbine worden hieronder nogmaals toegelicht:

- De gondel die de hoofdonderdelen bevat waar de rotor aan bevestigd wordt
- De generator voor het omzetten van de draaiing van de rotorbladen in elektriciteit
- De transformator brengt de opgewekte elektriciteit naar een gewenst spanningsniveau.
- Kruisysteem. Door middel van kruimotoren kan de gondel worden gedraaid zodat deze in of juist uit de wind wordt gedraaid
- Bladadaptors, verbinden de rotorbladen met de hub (de 'neus' van de windturbine) waarmee de hoek van het rotorblad kan worden aangepast aan de heersende windomstandigheden
- De hub is de naaf waar de rotorbladen aan bevestigd zijn
- Drie rotorbladen

Aangezien op dit moment het precieze merk (type) windturbine nog niet is bepaald wordt vergunning aangevraagd voor een klasse windturbines. Deze klasse wordt gedefinieerd door de relevante eigenschappen: de dimensies van de windturbine. In Tabel 3.1 zijn de minimale en de maximale afmetingen weergegeven naast de randvoorwaarden aan de afmetingen.

Tabel 3.1 Windturbineafmetingen

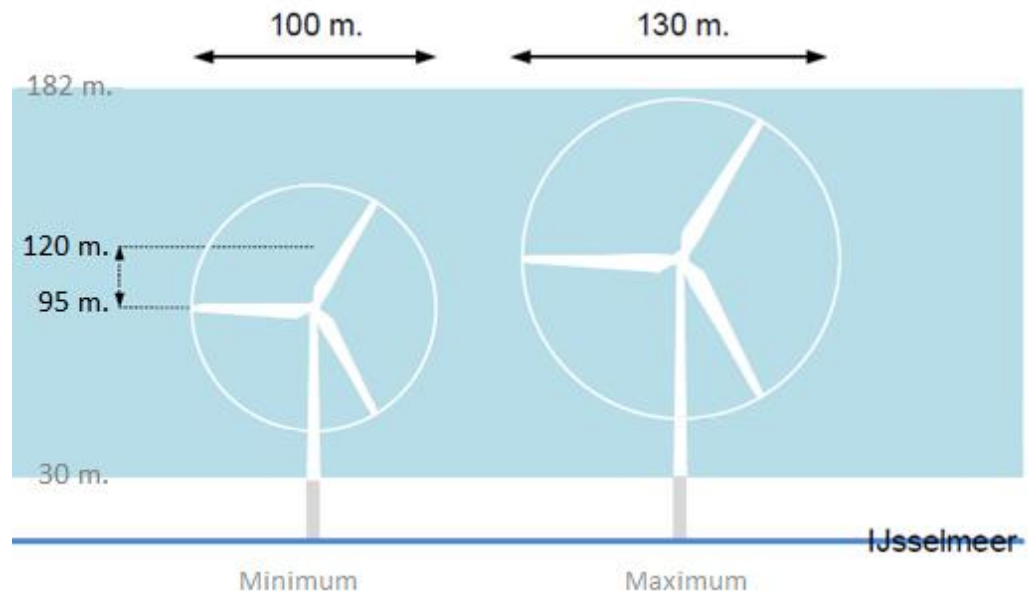
Afmetingen	Minimum	Maximum
Ashoogte	95 m +NAP	120 m +NAP
Rotordiameter	100 m	130 m
Rotortip	30 m +NAP	182 m +NAP
Verhouding as:rotor	1:0,9	1:1,4

Deze afmetingen zijn schematisch in Figuur 3.2 weergegeven. Voor de invloed op de belangen waarop de watervergunning toeziet zijn de worst case uitgangspunten aangehouden ten behoeve van de effectbepaling.

De keuze voor het definitieve turbinetype wordt uiterlijk 3 maanden voor aanvang van de realisatie van de turbines gemeld aan Rijkswaterstaat.

In bijlage 4A is een plattegrond van een typische turbine opgenomen en in bijlage 4B zijn aanzichttekeningen van een windturbine opgenomen. Ondanks dat de samenstelling voor alle windturbines gelijk is (toren, gondel, rotorbladen), heeft elke type een marginaal andere verschijningsvormen door typische vormgeving van bijvoorbeeld de gondel. Derhalve zijn de tekeningen als principetekeningen te beschouwen.

Figuur 3.2 Windturbine afmetingen



Veiligheid

Het definitieve windturbintype voor Windpark Fryslân is, net als elke turbine, gecertificeerd conform de IEC 61400-1. Daarmee wordt voldaan aan de internationale ontwerpnorm voor windturbines. Deze ontwerpnorm specificeert alle ontwerpcriteria voor windturbines. Hiermee wordt bevestigd dat de turbine is ontworpen voor een levensduur van tenminste 20 jaar, waardoor er geen gat ontstaat tussen de eerste en laatste turbine die in gebruik wordt genomen. De operationele periode van 25 jaar start op het moment dat het gehele windpark is opgeleverd. Windturbines zullen echter niet langer in gebruik zijn dan de periode waarvoor deze zijn gecertificeerd, tenzij er sprake is van verlenging van de levensduur, bijvoorbeeld door hercertificering. Voorafgaand aan de plaatsing van de windturbines wordt het ontwerpcertificaat voor de turbine ter informatie aan Rijkswaterstaat toegezonden.

De norm heeft betrekking op de windturbine en alle bijbehorende subsystemen. Met deze norm wordt gewaarborgd dat de windturbine bestand is tegen alle voor de locatie (windklasse) geldende omgevingscondities (in het bijzonder: wind, bliksem, e.d.) en de constructie gedurende de gehele technische levensduur op een veilige wijze windenergie om kan zetten naar elektrische energie. Voor het IJsselmeer geldt dat het te realiseren windturbine gecertificeerd zal zijn voor minimaal windklasse IEC I & II. Voorafgaand aan de realisatie van de windturbine wordt het windturbinecertificaat ter informatie aan Rijkswaterstaat toegezonden.

Op grond van de genoemde norm bevat de windturbine diverse veiligheidssystemen om ervoor te zorgen dat bij falen van onderdelen of bij extreme weersomstandigheden de windturbine niet beschadigd. Onder andere bevat de windturbine een remsysteem dat ervoor zorgt dat de rotorbladen uit de wind worden gedraaid bij te hoge windsnelheden. Daarnaast is er een bliksembeveiliging die ervoor zorgt dat inslaande bliksem buiten kwetsbare delen van de turbine naar de grond leidt. De veiligheidssystemen zijn zodanig ontworpen dat de turbine onder alle weersomstandigheden veilig kan functioneren. Ook in geval van storingen aan de turbine

zorgen de veiligheidssystemen ervoor dat de turbine stil wordt gezet. De werking van de veiligheidssystemen wordt zowel autonoom door de turbine (softwarematig) als door periodieke inspectie- en onderhoudsbeurten gecontroleerd.

De aansturing van de windturbine vindt automatisch plaats door computerbesturing. Het functioneren van de windturbine en de prestatie kan op afstand gevolgd en indien wenselijk bijgestuurd worden.

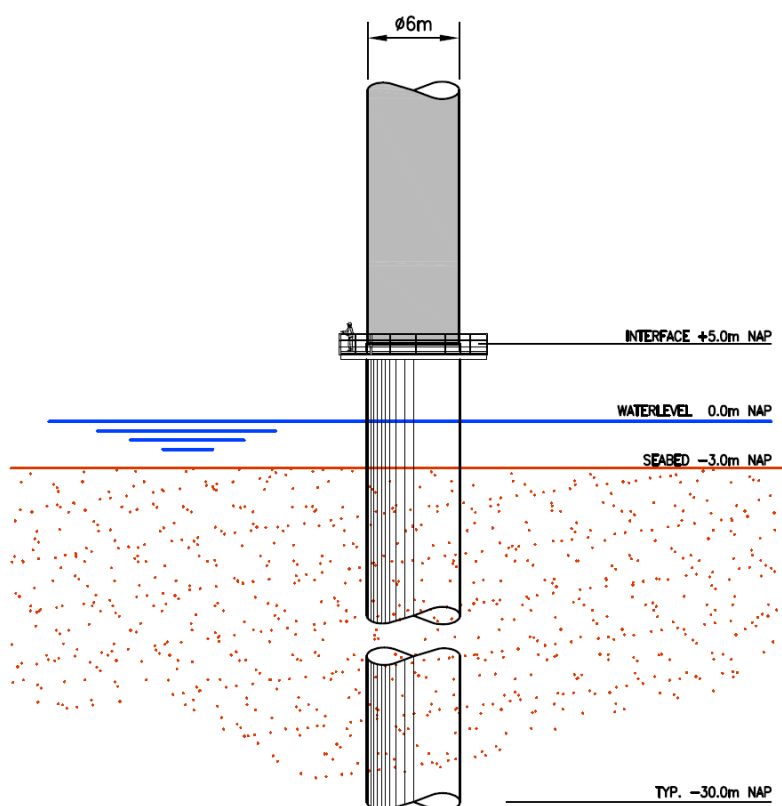
De turbine kan handmatig gestopt worden met de aanwezige start/stop schakelaar en de diverse aanwezige noodstop-schakelaars. Het controle systeem zet de turbine overigens automatisch stil bij geconstateerde fouten of ongunstige windomstandigheden. Windturbines zijn voorzien van een SCADA-systeem wat het mogelijk maakt de prestaties van de windturbines op afstand te monitoren en aan te sturen. Tevens zijn windturbines uitgerust met diverse veiligheidsvoorziening, bliksemafleiding en noodstop.

De windturbines zijn voorzien van nautische markering ten behoeve van de zichtbaarheid van de scheepvaart. Zie ook hoofdstuk 4 voor een beschrijving van het markeringsplan.

Fundatie

De windturbines worden gerealiseerd op een fundatie. Voor locaties in het water zijn er diverse fundatieprincipes beschikbaar waarop de windturbine kan worden gefundeerd. De fundatie zorgt voor stabiliteit van de windturbine. Een fundatie bestaat uit een onderwaterdeel, een deel boven water en eindigt bij het toegangsplatform. Het toegangsplatform is een balustrade rondom de turbine en geeft toegang tot de windturbine hierop bevindt zich veelal een zogenaamde david-kraan, een hijsmechanisme voor onderdelen. De hoogte van het platform, het zogenaamde *interface level*, bevindt zich 5 meter boven NAP met uitzondering van een pentagon-fundatie welke hoger is gelegen. Met deze hoogte is verzekerd dat de technische installaties onder in de windturbine altijd beschermd zijn tegen water (golfaanval in het IJsselmeer kan globaal oplopen tot 1,5 meter hoge golven) en dat de toegang is belemmerd voor derden. Toegang tot het platform vindt plaats door een vaste ladder (een zogenaamde 'boatlanding') of door een dergelijke ladder op onderhoudsvaartuigen aan te brengen.

Figuur 3.3 Schets fundatie (monopile principe) met platform



De fundatieprincipes betreffen fundaties op palen. De diepte van de palen en het aantal palen (met uitzondering van de *monopile* waarbij sprake is van één paal) wordt bepaald op basis van grondonderzoek en detailengineering.

Een turbine is een serieproduct terwijl een fundatie een locatie-specifiek ontwerp is dat is afgestemd op de omgevingscondities, de bodemopbouw en de belastingen van de turbine die de fundatie moet dragen. Relevante condities voor windpark Fryslân zijn de bodem- en watercondities en de mogelijkheid op ijs. Voorafgaand aan de bouw van de fundaties wordt het ontwerp opgesteld en ter goedkeuring voorgelegd aan het bevoegd gezag voor de omgevingsvergunning onderdeel bouw. Dit bevoegd gezag dient de constructie- en sterkteberekeningen goed te keuren. Mogelijk vindt een externe certificering van het fundatieontwerp plaats. Het definitieve ontwerp en, indien van toepassing, het ontwerpcertificaat, zullen ter informatie aan Rijkswaterstaat worden toegezonden uiterlijk 3 weken voorafgaand aan de realisatie van de fundaties.

De keuze voor een fundatieprincipe is afhankelijk van een aantal factoren. Onder meer de kostprijs die hieraan verbonden is aangezien het gebruik van materialen waarvan de prijs flexibel is, met name staal een grote invloed kan hebben op de kostprijs. In de volgende tabel is een overzicht gegeven van de fundatieprincipes die worden overwogen en de bijbehorende maximale dimensies. In bijlagen 4C zijn voorontwerptekeningen per fundatieprincipe opgenomen.

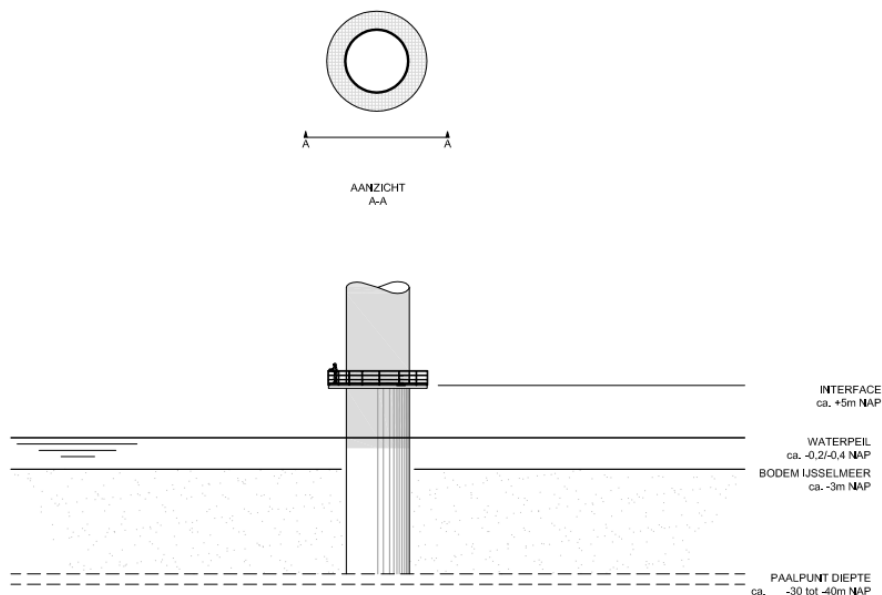
Tabel 3.2 Fundatieprincipes en afmetingen

Fundatieprincipe	Afmeting maximaal
<i>Monopile</i>	5-7 meter diameter
<i>Dolphin</i> fundatie	30 x 30 m
<i>Damwand</i> op palen fundatie	30 x 30 m
<i>Pentagon</i>	30 x 30 m

Monopile

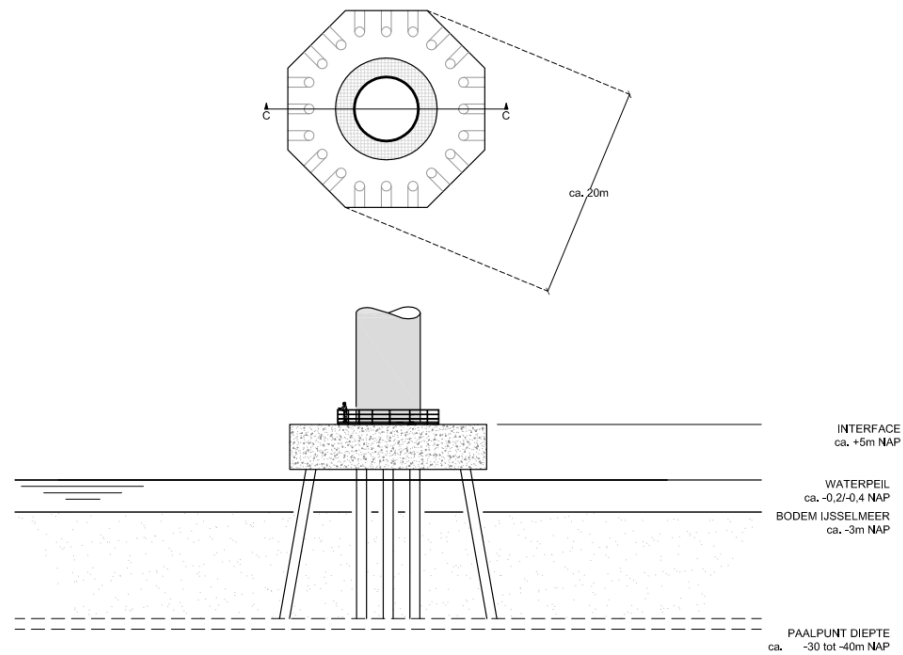
Een monopile fundatie is een stalen buis die tot een diepte van circa 20-40 meter de waterbodem in wordt geheid. De doorsnede van deze paal is circa 5-7 meter. De turbine wordt door middel van bijvoorbeeld een flens of *transition piece* op de fundatie geïnstalleerd.

Figuur 3.4 Fundatieprincipe Monopile

*Dolphin fundatie*

Dit fundatieprincipe betreft een fundatie op een beperkt aantal stalen of betonnen palen die de bodem in worden geheid (20 tot 30 palen). De palen hebben een doorsnede van ca. 1 meter. Boven het waterpeil wordt een betonnen plaat geplaatst waarop de turbine wordt geplaatst. De afmetingen van deze plaat zijn maximaal 30 x 30 m.

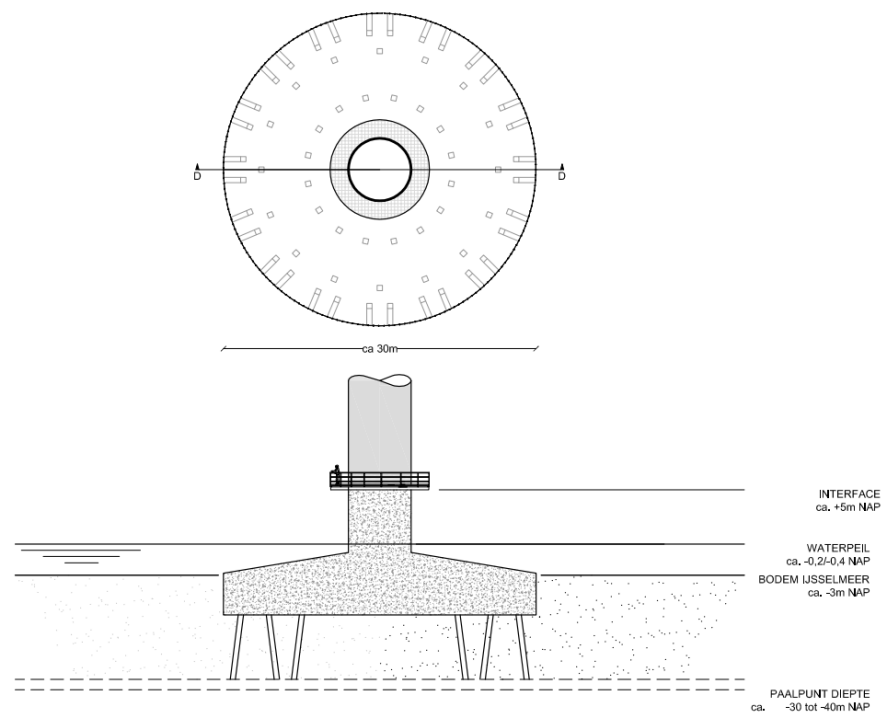
Figuur 3.5 Fundatieprincipe Dolphin fundatie



Damwand fundatie

Een damwand fundatie (*piled concrete slab*) is in principe een landfundatie. Door middel van damwanden wordt een bouwkuip gecreëerd. In de kuip worden een relatief groot aantal (ca. 60) betonnen heipalen (0,5 x 0,5 meter) geslagen (indicatie kop 450x450) waarna een betonnen werkvloer wordt gerealiseerd vanaf de waterbodem tot het waterpeil van maximaal 30 x 30 m.

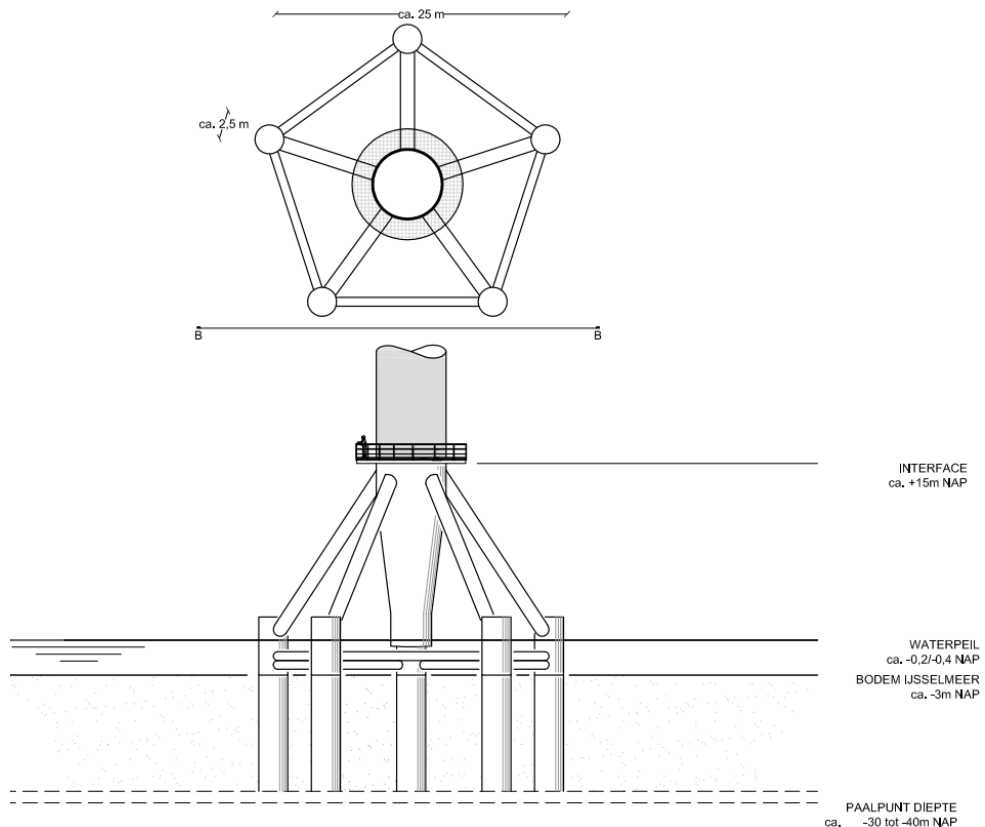
Figuur 3.6 Fundatieprincipe Damwand fundatie



Pentagon fundatie

Een Pentagon fundatie is een fundatie waarbij 5-8 stalen palen van ca. 2.5 meter doorsnede in de bodem worden geslagen. Hierop komen 5 buizen die in verbinding staan met een centrale koker. De centrale koker met ongeveer een doorsnede van een turbinemast vormt de basis waarop de turbine wordt geplaatst.

Figuur 3.6 Fundatieprincipe Pentagon



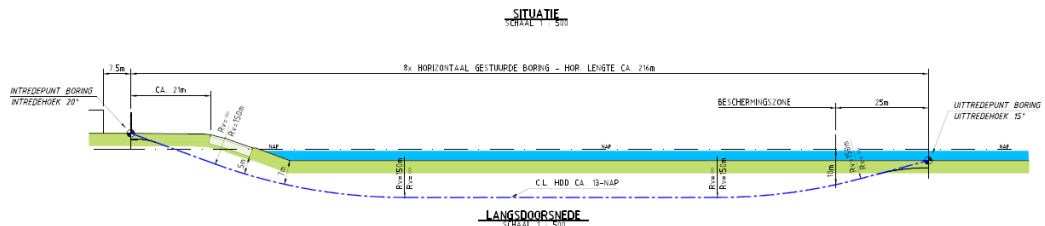
3.3 Windparkbekabeling

De turbines zijn door middel van kabels met elkaar verbonden. Deze elektriciteitskabels liggen op een diepte van circa 2 meter beneden de waterbodem. De kabels worden op deze diepte de fundatie ingevoerd en worden in of aan de buitenzijde van de turbine ingevoerd.

Meerdere turbines worden op één kabel (*string*) aangesloten. Deze strings worden door mantelbuizen onder het IJsselmeertalud van Breezanddijk gevoerd welke door middel van gestuurde boringen zijn geplaatst. Deze mantelbuizen komen uit in het terrein van het transformatorstation. Aangezien sprake is van een maximum aantal turbines per string worden meerdere mantelbuizen aangebracht om alle strings op het transformatorstation aan te sluiten. De tussenafstand tussen de mantelbuizen is 5 meter, om beïnvloeding van boorgaten tijdens de aanleg te voorkomen. Uitgaande van 13 strings betekent dit dat over een breedte van circa 65-75 meter, mantelbuizen worden aangebracht. De boringen starten op het terrein van het trafostation met een intredehoek van 20 graden. De boringen gaan op minimaal 5 meter onder

het talud door. Wanneer de boring op minder dan 15 meter onder het talud ligt, wordt deze gevuld met grout om zetting te voorkomen. De boringen hebben een lengte van circa 216 meter. Hierdoor komen de boringen circa 25 meter buiten de beschermingszone van de dijk boven. Hieronder is een impressie (één) van de gestuurde boring weergegeven. In bijlage 4D is de tekening en doorsnede van deze mantelbuizen opgenomen.

Figuur 3.7 Doorsnede boring talud Breezanddijk

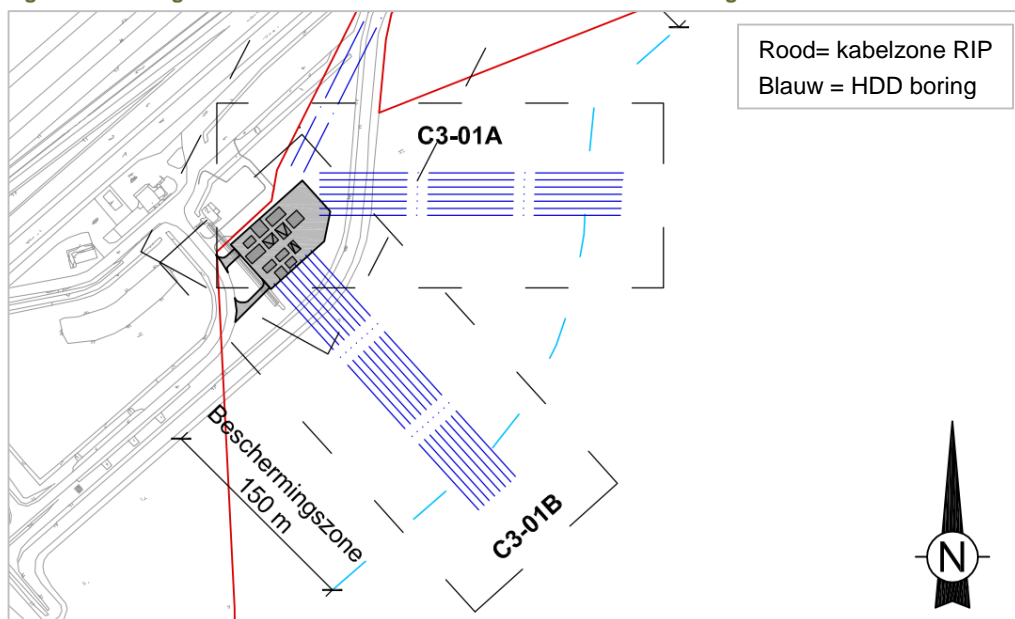


3.4 Transformatorstation

Het transformatorstation betreft een terrein van 42 x 67 meter. Binnen het terrein bevinden zich 12 betonnen kleinere transformatorgebouwen van verschillende afmetingen, kabelgoten en kleine elektrische werken gefundeerd op staal (betonnen plaat) of op korte heipalen. Het betreffen betonnen gebouwen gefundeerd op grond verdringende heipalen (beton of vibro) of op staal (betonnen plaat). De ontgraving ten behoeve van de invoer van de kabels in de transformatorgebouwen, is maximaal 1,5 m beneden maaiveld.

Het terrein is gelegen op circa 10 meter van het talud van Breezanddijk. De gebouwen zijn gelegen op circa 19 meter van het talud. In onderstaande figuur is de locatie van het trafostation weergegeven, alsmede een plattegrond van de (mogelijke) indeling van het gebouw. De tekeningen zijn tevens in bijlage 3C opgenomen.

Figuur 3.8 Plattegrond transformatorstation inclusief locatie HDD boringen



Figuur 3.9 plattegrond mogelijke indeling transformatorgebouw



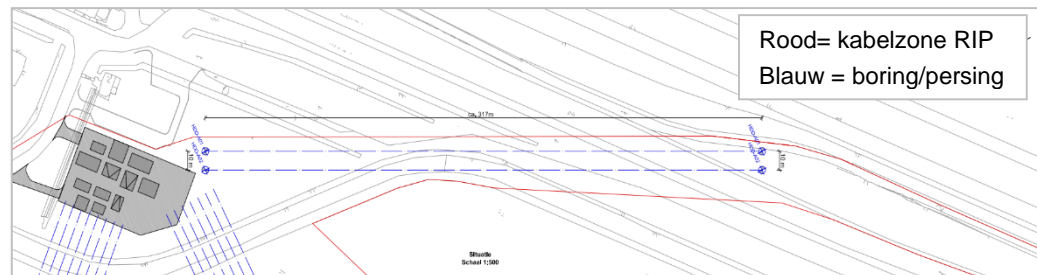
In bijlage 4D is een plattegrond op schaal van het transformatorstation opgenomen. Voorafgaand aan de realisatie van het station wordt een definitief fundatieontwerp opgesteld en uiterlijk 3 weken voorafgaand aan de start van de bouw ter goedkeuring aan het bevoegd gezag in het kader van de Omgevingsvergunning voorgelegd. Tevens zal worden aangetoond aan Rijkswaterstaat, uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de start van de bouw, dat de effecten op de waterkering ten gevolge van de aanleg van het definitieve fundatieontwerp gelijkwaardig of kleiner zijn aan hetgeen in deze bijlage is beschreven (zie hoofdstuk 6).

Het transformatorstation wordt door middel van een korte toegangsweg aangesloten op de openbare weg op Breezanddijk. Deze weg heeft een breedte van maximaal 6 meter en betreft een asfaltweg gefundeerd op puin met een diepte van maximaal 50 cm-mv. De bestaande sloot wordt door middel van een dam met duiker gekruist. De duiker heeft een diameter van minimaal 50 cm en steekt minimaal 10 en maximaal 30 cm uit het talud van de dam.

3.5 Aansluitkabel

De aansluitkabel betreft de verbinding tussen het transformatorstation en het landelijke hoogspanningsnet. De kabels liggen op een diepte van ca. 100 cm-mv in de Afsluitdijk, geheel onder het fietspad voor het traject van Breezanddijk tot Kornwerderzand. Na Kornwerderzand (oostzijde) liggen de kabels aan de noordzijde, naast het fietspad, tussen de tuimeldijk en het fietspad in. In bijlage 4G is een dwarsdoorsnede opgenomen met de ligging van de kabels. Er is sprake van twee kabelcircuits met een tussenafstand van circa 1 meter. Een kabelcircuit bestaat uit drie kabels die in driehoeksverband zijn gelegd. De kabels liggen aan de noordzijde van de Rijksweg, tussen de weg en de reeds bestaande kabel in. Middels een gestuurde boring of persing wordt de kabel onder de snelweg door naar de andere kant gebracht. In figuur 3.10 is hiervan een weergave te zien.

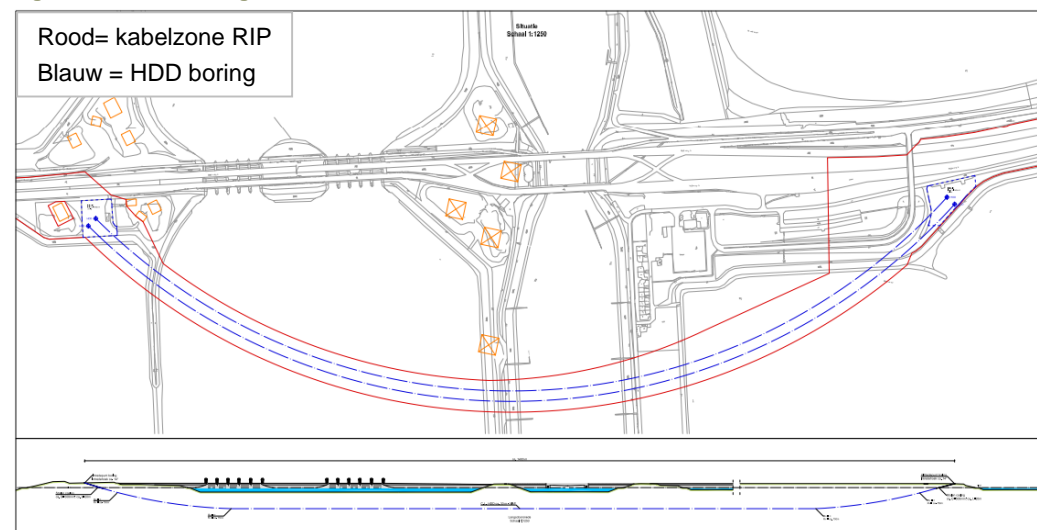
Figuur 3.10 aansluitingskabel vanuit transformatorstation



De kabel dient het spui- en sluizencomplex bij Kornwerderzand te passeren en dit gebeurt door middel van het aanbrengen van twee mantelbuizen middels gestuurde boringen. De boringen hebben een onderlinge tussenafstand van circa 5 meter en een in- en uittredehoek van 14 graden. De boringen starten aan de westzijde van Kornwerderzand en komen aan de oostzijde weer boven (of vice versa). Hieronder is een weergave van de boring gegeven. De boringen vinden plaats aan de zuidkant van de sluizen waardoor de tuimeldijk niet gekruist hoeft te worden en er geen interferentie ontstaat met de bestaande kabel aan de noordzijde. De boring komt uit op ca. 23 meter onder de waterbodembodem en heeft een lengte van ca. 1.200 meter. In de figuur hieronder is de locatie van de boringen opgenomen. In bijlage 4E is een tekening en dwarsdoorsnede van dit deel van het tracé opgenomen.

Bij de detailuitwerking wordt rekening gehouden met de ontwikkeling van de vismigratierivier. Met Rijkswaterstaat is besproken dat de kabel in een kabelgoot komt te liggen bij de kruising (de 'coupure') met de vismigratierivier ter hoogte van de Afsluitdijk.

Figuur 3.11 HDD boring Sluizen Kornwerderzand



3.6 Natuurvoorziening

Onderdeel van het project is een werkeiland met een werkgebied van maximaal 9 ha en kades van maximaal NAP + 1m. De zuidwestzijde bestaat uit een zandige onderwateroever dat met een relatief flauw talud afloopt naar het IJsselmeer. In bijlage 7 is het voorontwerp van het

werkeiland opgenomen. Uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de realisatie wordt een definitief ontwerp met Rijkswaterstaat overlegd

Na afronding van het gebruik van het werkeiland ten behoeve van de realisatie van de windturbines wordt het eiland aangepast tot een natuurvoorziening. Dit betekent effectief dat halverwege de bouw van de turbines het werkeiland niet meer in gebruik is. De natuurvoorziening betreft een eiland met een oppervlakte van 2 ha in combinatie met een ondiepe luwte van 25 ha met een ondiepte van gemiddeld 2 meter. Het eiland komt circa 20 centimeter boven NAP uit afhankelijk van het peilbesluit dat mogelijk volgt voor het zomerpeil. Een flexibel peil kan een hoger zomerpeil van 10 cm betekenen. Dit zal worden opgenomen in het definitieve ontwerp van de voorziening. De voorziening zal worden opgebouwd met zand. Het eiland is dusdanig beperkt dat deze geen invloed heeft op de waterstand van het IJsselmeer.

Voor het de locatie van de natuurvoorziening wordt de combinatie met de Vismigratierivier gemaakt. De natuurvoorziening en de vismigratierivier worden (naadloos) tegen elkaar aan ontwikkelt. Dit betekent dat de natuurvoorziening op de locatie van de vismigratierivier, nabij de Afsluitdijk en de Lorentzsluizen wordt gerealiseerd. De natuurvoorziening zal daarbij onderdeel uitmaken van de vismigratierivier. Uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de realisatie wordt een definitief ontwerp met Rijkswaterstaat overlegd. In figuur 3.9 is een impressie gegeven van een mogelijke combinatie. De genoemde karakteristieken van de natuurvoorziening gelden als ontwerpeisen waaraan het definitieve ontwerp zal voldoen. In tabel 3.3 zijn deze weergegeven. De definitieve vorm wordt bepaald door de integratie van de vismigratierivier. In figuur 3.9 is een indicatieve schets weergegeven.

Figuur 3.9 Locatie Natuurvoorziening



Bron: Pondera Consult

Tabel 3.3 Ontwerpcriteria natuurvoorziening

Criteria	Eis	Motivatie
Locatie	Niet tussen windpark en Afsluitdijk	Voorkomen additionele aanvaringslachtoffers
Locatie	Voldoende afstand van land	Voorkomen toegang door predatoren
Locatie	Voldoende afstand tot windturbines (minimaal 3 km)	Voorkomen additionele aanvaringslachtoffers
Locatie	Nabijheid van de Waddenzee (ca. 5-6 km)	Foerageermogelijkheden bieden in de Waddenzee (aangezien voedsel in het IJsselmeer een beperkende factor is)
Dimensie	Luwteverking over een lengte van circa 1 km	Ruime oppervlakte aan luwte
Ondiepte	Ondiepe zone (gemiddelde diepte 1-3 m) achter het luwte-element	Ten behoeve van foerageermogelijkheden
Doorstroming	Voldoende doorstroming	Slibophoping beperken
Hoogte	Voldoende hoog	1. Luwte bewerkstelligen ook tijdens hogere windsnelheden ten behoeve van rusten en foerageren 2. overstroming in het broedseizoen te beperken tot incidenten (eens in de circa 4 jaar)
Ontwerp en beheer	Kale biotoop en vegetatiesuccesie voorkomen	Geschikt houden voor rusten door soorten als zwarte stern en visdief
Ontwerp	building with nature	Natuurlijke uitvoering
Dijk	Minimaal 100 meter van de dijk	Bij minimaal 100 meter is effect op de dijk uitgesloten

3.7 Bouwactiviteiten

De bouw van het windpark kent een aantal relevante onderdelen vanuit het oogpunt van de waterwetvergunning. Deze zijn in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** opgenomen. In de tabel is tevens aangegeven ten aanzien van welke aspect van de watervergunning een nadere beschrijving is opgenomen. In hoofdstuk 5 wordt nadere ingegaan op de bouw in het werkplan.

Tabel 3.4 Werkzaamheden aanleg windpark

Werkzaamheden	Waterkering	Waterbodem/-kwaliteit	Scheepvaart
Engineering			
Grondonderzoeken turbinelocaties en kabeltracés			X
Kabels			
HDD boringen IJsselmeer-Breezanddijk (max. 15)	X	X	X
HDD boringen passage Kornwerderzand (max. 2)	X		
Aanleg kabels IJsselmeer (ingreep bodem)		X	X
Aanleg kabels Afsluitdijk (ontgraving, gestuurde boring)	X		
Windturbines			
Bouw windturbines (ontgraving, heien, installatie)	X	X	X
Transformatorstation			
Heien fundatie	X		
Ontgraving delen weg/ fundatie	X		
Bouw (bovenbelasting) station	X		
Weg transformatorstation (duiker/dam)	X		
Natuurvoorziening			
Natuurvoorziening		X	X

De ontgraving tijdens de bouw van de windturbines beperkt zich naar verwachting tot het verwijderen van grond uit de fundatie. Mogelijk zal er een beperkte verlaging van de bodem voor de fundaties optreden op de enkele locatie die ondiep is. Tevens zijn graafwerkzaamheden en/of bodemroering voor het aanleggen de kabels benodigd. De detaillering van de activiteiten **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** vindt plaats tijdens de detailengineering van het windpark. Daarbij worden maxima aangehouden om grotere effecten dan in de vergunningaanvraag aangegeven uit te sluiten. In hoofdstuk 6 wordt op deze effecten ingegaan.

3.8 Exploitatie

De exploitatie van het windpark betreft een periode van maximaal 25 jaar. In deze periode vindt beheer en onderhoud plaats. De relevante activiteiten in deze periode zijn beperkt tot:

- Periodiek bezoeken van de windturbines. Een beheersorganisatie bezoekt per schip de windturbines voor inspectie en onderhoud. De locatie van de beheersorganisatie en de locatie van de schepen betreft een bestaande haven;
- Periodiek bezoeken voor onderhoud en inspectie van het transformatorstation per weg.

De hoogspanningskabels zijn ontworpen op een levensduur van 40 jaar. In principe is onderhoud van de kabel in de exploitatiefase niet aan de orde, maar dit kan niet geheel worden uitgesloten. Bij een gebrek aan de kabel kan de storing tot op enkele meters nauwkeurig worden opgespoord, waarna een ontgraving van ca. 10 bij 2 meter nodig is om het defect te kunnen repareren. De ontgraving ligt voor een periode van enkele dagen open. Het effect op de waterkerende functie van de dijk is daarmee beperkt. De frequentie van inspecties en onderhoud is beperkt en wordt vastgelegd in een O&M-plan, dat uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de bouw wordt overlegd.

De windturbines worden gemarkeerd ten behoeve van de scheepvaart zodat deze bekend en goed waarneembaar zijn voor de scheepvaart. Zie ook hoofdstuk 4 hiervoor.

3.9 Verwijdering

Voor de verwijdering van het windpark wordt uitgegaan van een volledige verwijdering van windturbines en transformatorstation. De kabels worden in principe achtergelaten om ingrepen in de waterbodem of Afsluitdijk te voorkomen. Mocht verwijdering wenselijk wordt geacht door de beheerder is dit ook mogelijk en zal dit worden meegenomen in de verwijdering van het windpark, met uitzondering van de mantelbuizen en kabels ter plaatste van de gestuurde boringen.

Heipalen, zowel op land als in het IJsselmeer worden net beneden maaiveld/waterbodem afgesneden. Het verwijderen van palen tot op grotere diepte is onwenselijk vanwege potentiële effecten, zoals verandering van de bodemopbouw. Na het verwijderen van de windpark elementen wordt de bodem weer in haar oorspronkelijke staat hersteld. Voorafgaand aan het verwijderen van de elementen, wordt een verwijderingsplan opgesteld, waarin de activiteiten en werkwijze worden toegelicht. Het verwijderingsplan wordt in afstemming met de beheerder opgesteld en ter goedkeuring voorgelegd.

4 ONTWERP

In dit hoofdstuk wordt toegelicht welke ontwerpwerkzaamheden plaatsvinden en binnen welke kaders dit wordt aangevraagd zodat duidelijkheid en zekerheid bestaat over de effecten op de relevante belangen.

4.1 Windturbines en fundatie

4.1.1 Windturbines

Een windturbine is een standaard product en wordt door een leverancier 'kant en klaar' geleverd. Een windturbine bestaat uit een fundament, de mast, gondel en de rotorbladen. Aangezien de keuze voor een turbinetype afhankelijk is van veel verschillende factoren, wordt een turbine klasse aangevraagd. In hoofdstuk 3 is de range aan turbinedimensies weergegeven.

In onderstaande tabel wordt weergegeven wat de maxima zijn die worden aangevraagd en die bepalend zijn voor het vaststellen van de maximale effecten. In bijlage 4 zijn aanzicht tekeningen van een typisch turbinetype weergegeven en in bijlage 7 zijn de verhoudingen gevisualiseerd.

Tabel 4.1 Maximale afmetingen windturbines

Onderdeel	Afmeting
Ashoogte	120 meter + NAP
Rotordiameter	130 meter
Maximale tiphoogte	182 meter + NAP
Maximale tiplaaagte	30 meter +NAP

De worst-case benadering betekent dat bij de keuze voor een definitief turbinetype de effecten minimaal gelijk of zelfs gunstiger zijn dan middels deze aanvraag vergund. In een later stadium wordt een keuze gemaakt voor een definitief turbinetype die valt binnen de range die in deze aanvraag is weergegeven.

De definitieve keuze voor een windturbinetype wordt 3 maanden voor aanvang van de bouw van de windturbines aan Rijkswaterstaat medegedeeld.

Veiligheid turbines

Naast bovenstaande maximale afmetingen, voldoen de turbines aan het veiligheidscertificaat conform de IEC 61400-1 voor de windklasse II boven het IJsselmeer. In hoofdstuk 3 is aangegeven dat daarmee voldaan wordt aan de ontwerpeisen voor windturbines.

Nautische veiligheid

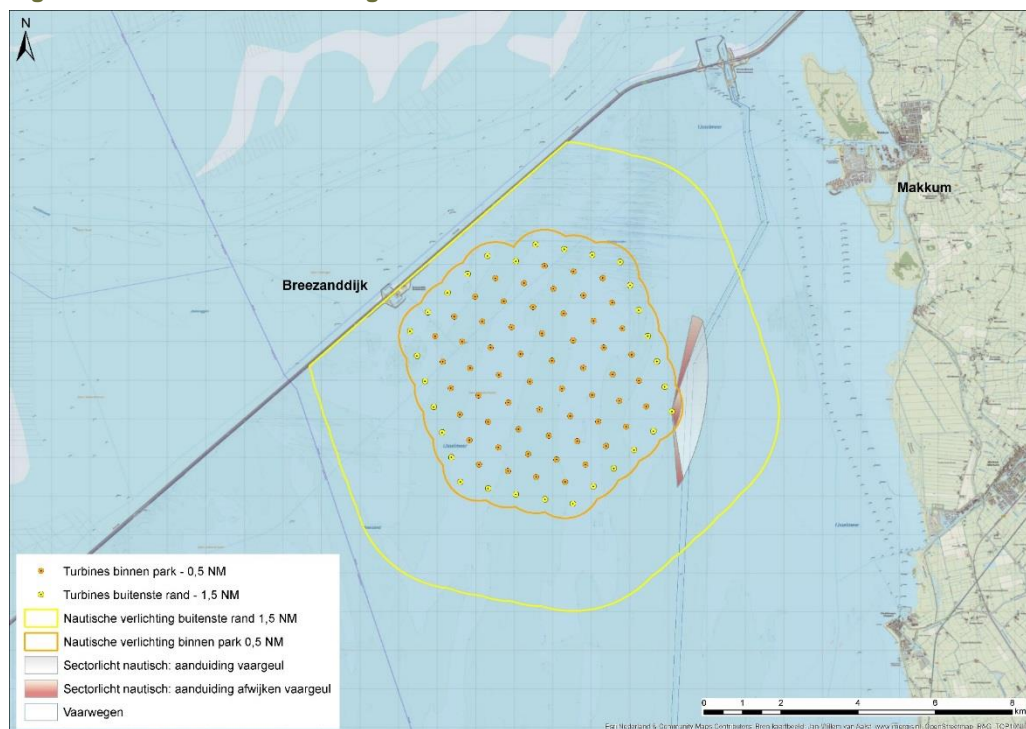
De turbines en de natuurvoorziening zijn voorzien van nautische markering ten behoeve van de scheepvaartveiligheid. Dit zal op verschillende turbines worden gedaan. Hieronder wordt kort beschreven waar de nautische markering aan voldoet. Uiterlijk 3 maanden van tevoren wordt een definitief nautisch markeringsplan met Rijkswaterstaat overlegd dat betrekking heeft op zowel de windturbines als de natuurvoorziening.

Verlichting

Ten behoeve van de scheepvaartveiligheid wordt er nautische verlichting op de turbines aangebracht en de natuurvoorziening. Hieronder wordt op hoofdlijnen beschreven hoe de nautisch verlichting voor windpark Fryslân eruit ziet. Uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de bouw wordt een definitief verlichtingsplan overlegd. Dit geldt voor zowel de bouw- als de exploitatiefase.

Voor (de zichtbaarheid) van de verlichting vormen de SIGNI richtlijnen, de Richtlijnen scheepvaarttekens (RST 2008) en het Binnenvaartpolitiereglement (BPR) het kader. Voor de buitenste turbines van het windpark geldt dat deze worden verlicht met een flitsend licht dat tot op 1,5 nautische mijl (NM) zichtbaar is. Om de lichthinder op de Friese kust zoveel mogelijk te beperken wordt hier afgeweken van de 3 NM die het SIGNI voorschrijft. 1,5NM geeft echter voldoende zicht en tijd om te reageren op de verlichting. Voor alle binnenste turbines geldt dat deze van verlichting worden voorzien met een zichtbaarheid tot op 0,5 NM, waardoor op alle plekken in het windpark de eerstvolgende turbine zichtbaar is.

Figuur 4.1. Nautische verlichting



Het flitslicht wordt bevestigd aan de buitenzijde van de turbine, dat vanuit alle richtingen zichtbaar is. Lantaarns worden geplaatst op een niveau van circa 5 meter boven NAP, onder de hoogte van de Afsluitdijk, waardoor de verlichting vanuit de Waddenzee niet zichtbaar is.

Voor het markeren van de vaarroute die aan de oostzijde van het windpark is gelegen, wordt een sectorlicht aangebracht op de dichtbijgelegen turbine (zie bijlagen). Met wit licht wordt aangegeven waar de vaarroute zich bevindt en met rood licht wordt aangegeven waar (aan de kant van het windpark) men afwijkt van de route in de richting van het windpark.

Voor de bouwfase (en verwijderingsfase) geldt dat het werkgebied zal bestaan uit een straal van 500 meter omringt wordt door boeien om de windturbine, of clusters van windturbines, met uitzondering van één turbine nabij de vaargeul tussen Kornwerderzand en Enkhuizen (op ca. 350 meter van de rand van de vaargeul). Voor deze turbine geldt dat aan de vaargeulzijde een werkgebied met een afstand van 250 meter met boeien wordt afgezet. De boeien worden voorzien van verlichting met dezelfde intensiteit als bij de exploitatiefase. De turbines die gereed zijn, worden voorzien van de verlichting zoals beschreven. Het werkgebied verplaatst zich naarmate er meer turbines worden gebouwd.

Voor het werkeiland worden tijdens de bouwfase zowel nautische verlichting als radarreflectoren voorzien. Voor de exploitatiefase volstaan naar verwachting radarreflectoren. Beide worden uitgewerkt in de markeringsplannen die voorafgaand aan de bouw-, en exploitatiefase worden voorgelegd aan Rijkswaterstaat.

Waarschuwing & Bewegwijzering

Naast de nautische verlichting wordt er zorg gedragen voor waarschuwing en bewegwijzering binnen in het windpark. Hieronder wordt op hoofdlijnen aangegeven welke informatie wordt gegeven. Voor het plaatsen van verkeerstekens moet op grond van het Besluit administratieve bepalingen scheepvaartverkeer (Babs) een verkeersbesluit worden genomen. Uiterlijk 3 maanden van tevoren wordt, gezamenlijk met het verlichtingsplan een definitief markeringsplan overlegd waarvoor een verkeersbesluit aangevraagd..

In het markeringsplan wordt ingegaan op de informatie die middels vaarwegborden wordt gegeven en op welke wijze de informatie wordt getoond. Denk hierbij aan afmetingen van borden, kleurencodes etc. Elke turbine zal voorzien worden van borden met de volgende informatie:

- Een adviesafstand tot de turbines; Er wordt een afstand weergegeven die tot turbines aangehouden moet worden. Hierbij wordt aangesloten bij de aanbevelingstekens uit de Richtlijn scheepvaarttekens (2008);
- Een verbodsteken voor het beklimmen van de turbines. Hierbij wordt aangesloten bij de verbodstekens uit de Richtlijn scheepvaarttekens (2008);
- Een voorrangsteken voor de turbines nabij de vaargeul. Hierbij wordt aangesloten bij de aanbevelingstekens uit de Richtlijn scheepvaarttekens (2008);
- Advies voor het gebruik van de marifoon. Ter voorkoming van ongevallen;
- Bewegwijzeringsborden. Op deze borden wordt aangegeven in welke richting vaardoelen (zoals Makkum, Breezanddijk, Lorentzsluizen etc.) zijn gelegen.
- Plaatsbepaling. Op deze borden wordt aangegeven waar binnen het park men zich bevindt.

Hieronder is een voorbeeld weergegeven van een bewegwijzeringsbord.

Figuur 4.2 Voorbeeld advies-afstands aanduiding tot windturbine



De vaarborden zullen in detail worden uitgewerkt in het definitieve nautische plan waarvoor uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de bouw in overleg met Rijkswaterstaat een verkeersbesluit wordt aangevraagd.

4.1.2 Fundaties

Voor wat betreft het fundatietype is in hoofdstuk 3 weergegeven welke typen worden aangevraagd. De principes en afmetingen die in dat hoofdstuk zijn gepresenteerd zijn worstcase en zijn aangehouden voor het bepalen van de maximale effecten. De effecten zijn weergegeven in hoofdstuk 6. De maxima zijn hier nogmaals weergegeven.

Tabel 4.2 Maximale afmetingen

Fundatieprincipe	Afmeting maximaal
<i>Monopile</i>	5-7 meter diameter
<i>Dolphin fundatie</i>	30 x 30 m
<i>Damwand op palen fundatie</i>	30 x 30 m
<i>Pentagon</i>	30 x 30 m

De keuze voor een definitief fundatieontwerp wordt later gemaakt, maar uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de bouw aan Rijkswaterstaat voorgelegd. Voor het definitieve fundatieontwerp zijn, naast het type fundatie, verschillende geotechnische gegevens van belang (zie hierna). Aan de hand van deze gegevens in combinatie met gegevens over (de belasting van) het uiteindelijke turbinetype wordt een definitief fundatieontwerp gemaakt. Ten behoeve van de omgevingsvergunning wordt dit, voorzien van alle sterkte- en stabiliteitsberekeningen ter goedkeuring aan het bevoegd gezag voor de omgevingsvergunning voorgelegd. Indien gewenst kan dit tevens ter informatie aan Rijkswaterstaat worden toegezonden.

Waterdiepte en golfslag

De waterdiepte van het IJsselmeer ter hoogte van de 89 turbineposities is verschillend. De range in waterdiepte betreft ca. 3,0 tot 4,0 beneden NAP (Normaal Amsterdams peil). De golfslag in het IJsselmeer is beperkt. De maximale golfslag is circa 1,0 tot 1,5 meter hoog (opstuwing door wind).

Bodemgesteldheid en objecten

Voor het definitieve fundatieontwerp zal nader grondonderzoek verricht worden met als doel de bodemgesteldheid ter plaatse van elke turbine inzichtelijk te maken. Hiervoor zullen sonderingen uitgevoerd worden op de locaties waar de fundaties van de windturbines geïnstalleerd worden. Voor het bepalen van de aanwezigheid van obstakels op de turbineposities (en kabels) wordt onderzoek uitgevoerd evenals een zogenaamde *pregrapnel*

run waarmee losse kabels, stukken net, e.d. van de bodem worden verwijderd (zie hoofdstuk 7). Tevens wordt een scan gemaakt van de bodem om de aanwezigheid van eventuele archeologische objecten te bepalen. Voor die 'verdachte' plekken waar mogelijk obstakels in de bodem zitten, zal nader onderzoek worden uitgevoerd om na te gaan of deze daadwerkelijk aanwezig zijn en vervolgens worden deze verwijderd of vermeden indien mogelijk (in geval van objecten op de locatie van de kabels).

Veiligheid

Door MARIN is het risico op aanvaring berekend ten behoeve van het MER. In het SAMSON model dat hiervoor wordt gebruikt is de grootte van fundatie een variabele. De resultaten zijn weergegeven in hoofdstuk 7.

4.1.3 Installatiemethode

Er zijn meerdere manieren waarop de turbines geïnstalleerd kunnen worden. De keuze hiervoor is onder andere afhankelijk van het type fundatie, de levering van onderdelen en de beschikbare ruimte. Hieronder wordt globaal aangegeven hoe de installatie zal plaatsvinden. Uiterlijk 3 maanden van tevoren wordt een definitief constructieplan en werkplan overlegd.

Als uitgangspunt wordt aangehouden dat naast de bouw van het transformatorstation en de aanleg van de kabel in de dijk, lokale activiteiten van beperkte omvang, de bouwwerkzaamheden in het IJsselmeer aan het windpark in een beperkt aantal werkgebieden tegelijkertijd plaats vinden, te weten op het werkeiland en aan maximaal 20 windturbineposities, verdeeld over nader in te delen clusters van turbines (bijvoorbeeld 2 clusters van 10 of 4 van 5). Buiten de bouwwerkzaamheden op de turbineposities is een kabellegschip bezig met het leggen van kabels en worden met een CTV (crew transfer vessel) werknemers afgezet op of opgehaald om binnen in gebouwde windturbines werkzaamheden te verrichten (bijv. inspectie, technische/elektrische installatie, etc). Enerzijds zijn de genoemde aantallen het maximaal haalbare. Tijdens de bouw wordt voorgaande in acht genomen. Anderzijds gelden deze aantallen als maximum voor de effectbepaling.

Fundatie

De installatiemethoden zijn per fundatietype verschillend. Hieronder worden de verschillende methode kort toegelicht.

Monopile fundatie

De monopile wordt volledig aan land gemaakt. Vervolgens wordt ze als een geheel getransporteerd naar de gewenste locatie. Dit gebeurt op een drijvend ponton dat meerdere palen tegelijk kan vervoeren. Eenmaal ter plaatse wordt de paal door een kraan op een ponton of door een jack-up platform opgetild. De paal wordt daarna gepositioneerd in een speciale mal, zodat ze zo verticaal mogelijk in de bodem kan worden geduwd. Als de paal eenmaal de gewenste diepte heeft bereikt, wordt indien nodig een tussenstuk op de paal geplaatst, waarop de windturbine komt.

Dolphin fundatie

Bij de dolphin fundatie worden de fundatiepalen op land gemaakt en naar de locatie gevaren middels een ponton. De palen worden door een kraan (op een werkschip) op de juiste locatie

gehesen en vervolgens de bodem in geheid. Als alle palen in de bodem zitten wordt de betonnen basis op de palen geplaatst waarop de turbine wordt bevestigd.

Damwand fundatie

Bij een damwand fundatie worden in het water schotten geplaatst, waarna het water binnen de schotten wordt overgepompt zodat een droge kuip ontstaat. In de kuip worden betonnen heipalen geslagen waarna een betonnen werkvloer wordt gerealiseerd vanaf de waterbodem tot het waterpeil van maximaal 30 x 30 m. Het werk gebeurt vanaf werkschepen op het water, vergelijkbaar met die van de monopile.

Pentagon fundatie

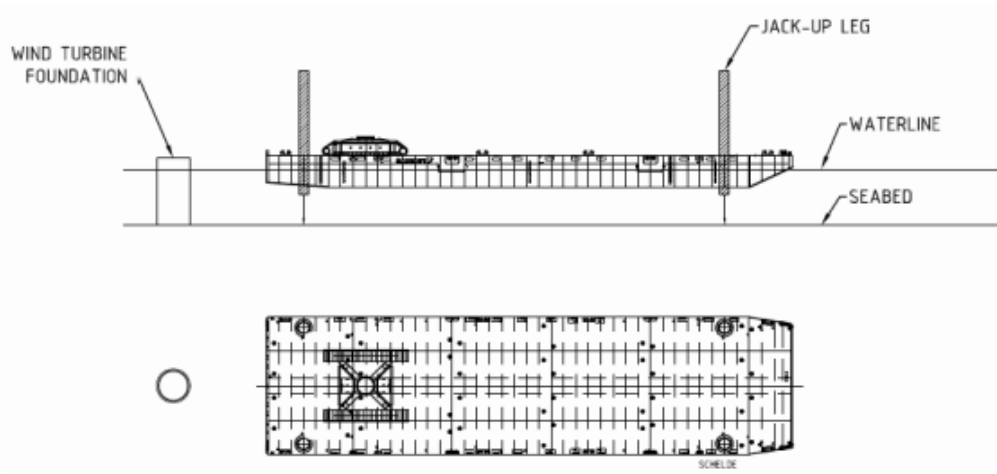
Ook voor de Pentagon fundatie geldt dat de 5-8 poten aan land wordt gemaakt en naar de locatie wordt getransporteerd. Vervolgens worden de poten middels een kraan op de juiste positie geplaatst en de bodem ingeheid. Wanneer de poten op de juiste positie in de bodem zitten, wordt de basis voor de turbine op de poten gemonteerd.

Turbine-onderdelen

De turbineonderdelen worden met een kraan vanaf het water geïnstalleerd. De exacte afmetingen van de ponton en de kraan en de hoeveelheid draagkracht is afhankelijk van het uiteindelijke gewicht van de onderdelen (en dus van het turbinetype). Hieronder wordt een globale beschrijving gegeven van het installeren van een turbine. Uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de bouw wordt een werkplan met Rijkswaterstaat overlegd.

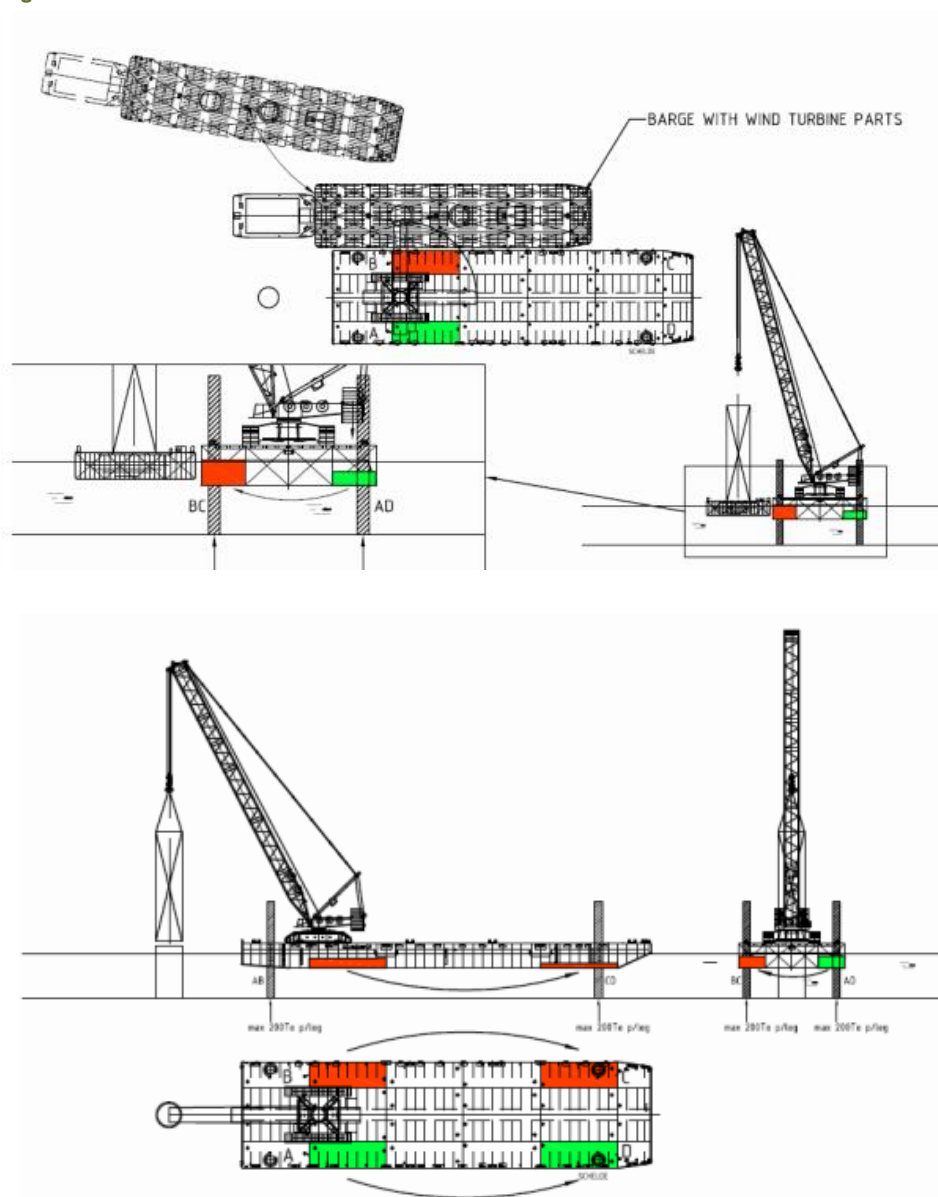
De ponton met de kraan wordt in positie gebracht op de juiste locatie ten opzicht van de turbinepositie. Wanneer de ponton op de juiste positie ligt wordt deze geankerd en zakken de 'poten' naar de bodem voor de stabiliteit. De poten voorkomen dat de ponton naar beneden zakt, wanneer er wordt getild.

Figuur 4.3 positioneren



Vervolgens worden de turbine onderdelen door een tweede ponton aangeleverd. Bij het tillen van de onderdelen verplaatst het gewicht zich, wat wordt gecompenseerd door waterballast in de ponton. Hierdoor is de belasting op de bodem nooit meer dan 200 Te. Ook bij het draaien van de turbine verplaatst het gewicht zich, wat op dezelfde wijze wordt opgevangen.

Figuur 4.4 Heffen



Idealiter komen de onderdelen 'just in time' aan, zodat er geen onderdelen langdurig opgeslagen hoeven te worden. Met het werkeiland kunnen tevens bakken met onderdelen (bijv. een monopile) voor anker gaan in de luwte van het werkeiland en kan tijdelijke opslag op het werkeiland plaatsvinden. De turbines zullen gefaseerd worden geïnstalleerd, wat betekent dat slechts aan een deel van het windpark tegelijkertijd gewerkt wordt. Dat deel waar gewerkt wordt, wordt afgesloten voor de scheepvaart om de scheepvaartveiligheid te waarborgen.

Een definitief werkplan zal per onderdeel uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de bouw van het betreffende onderdeel ter goedkeuring worden voorgelegd (zie ook hiervoor voor de onderdelen). In het werkplan wordt aangegeven wie, op welke wijze en wanneer de werkzaamheden wordt uitgevoerd. In dit plan wordt in ieder geval opgenomen:

- Een gegevenslijst van mensen die betrokken zijn bij de uitvoering, van de directie en bij de calamiteiten;
- De gegevens van de vaartuigen die gebruikt worden;
- De aan vang en het einde van de werkzaamheden;
- Een beschrijving van de werkmethode;
- Aangehouden werkuren;
- De te gebruikte materialen;
- De te nemen verkeers- & veiligheidsmaatregelen;
- De situatie- en/of detailtekeningen met coördinaten.

4.2 Transformatorstation

4.2.1 Algemeen

Het transformatorstation is gelegen op een open terrein in de zuidwest hoek van Breezanddijk (zie figuur 4.5). Het transformatorstation betreft een terrein van 42 x 67 meter. Binnen het terrein bevinden zich 12 kleinere, betonnen transformatorgebouwen met verschillende afmetingen (zie hoofdstuk 2), gefundeerd op grond verdringende heipalen (beton of vibro) of op staal (betonplaat), kabelgoten en kleine elektrische werken gefundeerd op staal (betonnen plaat) of op korte heipalen (paalpuntniveau ca. 2 meter).

De gebouwen zullen bestaan uit beton en worden gefundeerd op grond verdringende heipalen (beton of vibro). Het betreffen maximaal 150-200 heipalen met een maximale diameter van 310 mm (bij vibropalen) en een paalpuntniveau van ca. 2 meter.

Tabel 4.3 Maximale afmetingen heipalen

Heipalen	Afmeting
Aantal	150-200
Maximale diameter	310 mm
Maximale lengte	2.0 meter

Stabiliteit

Het transformatorstation zal minimaal 19 meter van de waterkant worden geplaatst waarmee effecten op de stabiliteit van de waterkering zijn uit te sluiten (zie ook effecten). Op basis van conservatieve uitgangspunten blijkt dat de effecten op de waterkering minimaal en beheersbaar zijn. Dit betekent dat het definitieve ontwerp van het transformatorstation gelijke of minder effecten zal hebben. Voor de effectbepaling is uitgegaan van één groot gebouw met een grote ontgraving aangezien dit worst case is. Voor het definitieve ontwerp van de fundaties voor de 12 gebouwen wordt geverifieerd dat de effecten kleiner of minimaal gelijkwaardig zijn ten opzichte van hetgeen in de aanvraag is aangegeven op basis van specifieke berekeningen die uiterlijke 3 maanden voorafgaand aan de bouw aan Rijkswaterstaat worden voorgelegd.

Toegangsweg

Ten behoeve van de bereikbaarheid van het transformatorstation voor periodiek onderhoud, zal een toegangsweg aangelegd worden. Deze weg heeft een breedte van circa 6 meter en betreft een asfaltweg gefundeerd op puin met een diepte van maximaal 50 cm-mv. De toegangsweg kruist een watergang op Breezanddijk. Hiervoor zal een dam met duiker worden gerealiseerd

om de doorstroom van afwatering te garanderen. De duiker heeft een diameter van minimaal 50 cm en steekt minimaal 10 en maximaal 30 cm uit het talud van de dam. De exacte locatie en afmetingen van de weg, alsmede de dam met duiker worden uiterlijk 3 weken voorafgaand aan de bouw overlegd. Hierbij wordt tevens een voorstel gedaan voor eventuele compensatie van bergings- / afwateringscapaciteit.

Ontgraving

Ten behoeve van de invoer van de kabels in het transformatorgebouw zal een ontgraving plaatsvinden. De ontgraving komt maximaal 1,5 m beneden maaiveld.

Figuur 4.5 Locatie transformatorstation en infrastructuur (indicatief)



4.3 Windpark bekabeling

De windparkbekabeling betreft de kabels tussen de turbines en richting het transformatorstation op Breezanddijk.

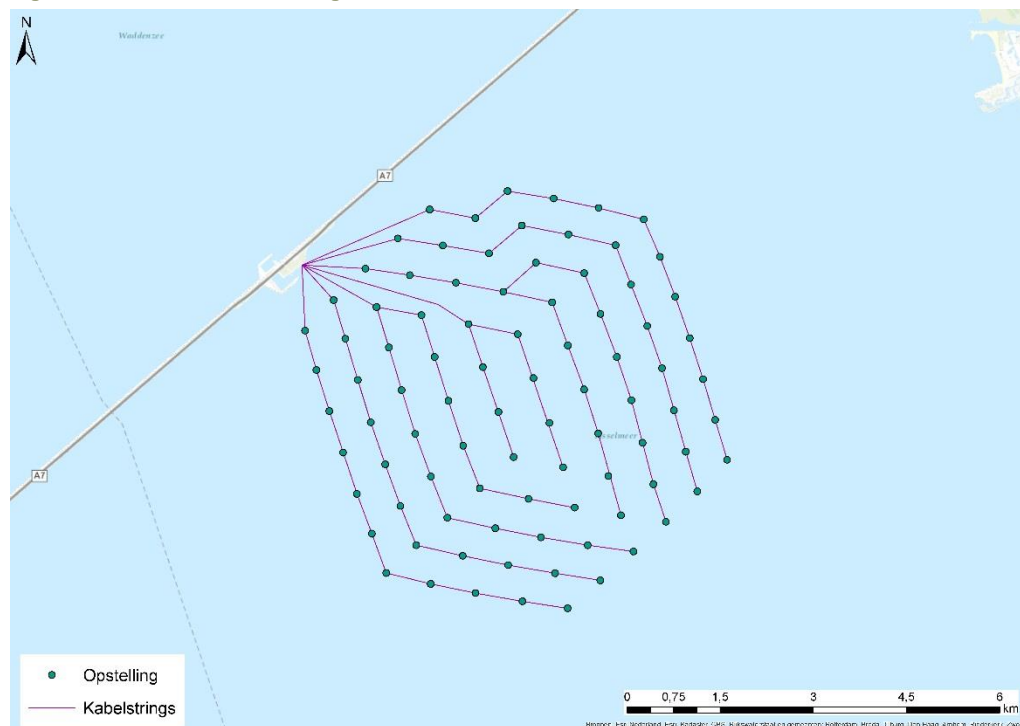
4.3.1 Tracé tussen turbines

De turbines zijn door middel van kabels met elkaar verbonden. Deze elektriciteitskabels liggen op een diepte van circa 2 meter beneden de waterbodem. De kabels worden op deze diepte de fundatie ingevoerd en worden in of aan de buitenzijde van de turbine via een zgn. 'J-tube' de turbine ingevoerd. De kabels leiden naar het transformator station op Breezanddijk.

Er worden meerdere turbines op één string aangesloten. Er is een maximum aan het aantal turbines die op één string aangesloten kan worden. Voor het aansluiten van alle 89 turbines zijn maximaal 15 strings benodigd. De kabels worden gerealiseerd binnen de kabelzone zoals

weergegeven in het inpassingsplan Windpark Fryslân. Hieronder is een weergave te zien van de mogelijke strings en de turbines die op één string kunnen worden aangesloten.

Figuur 4.6 Voorbeeld kabelstrings



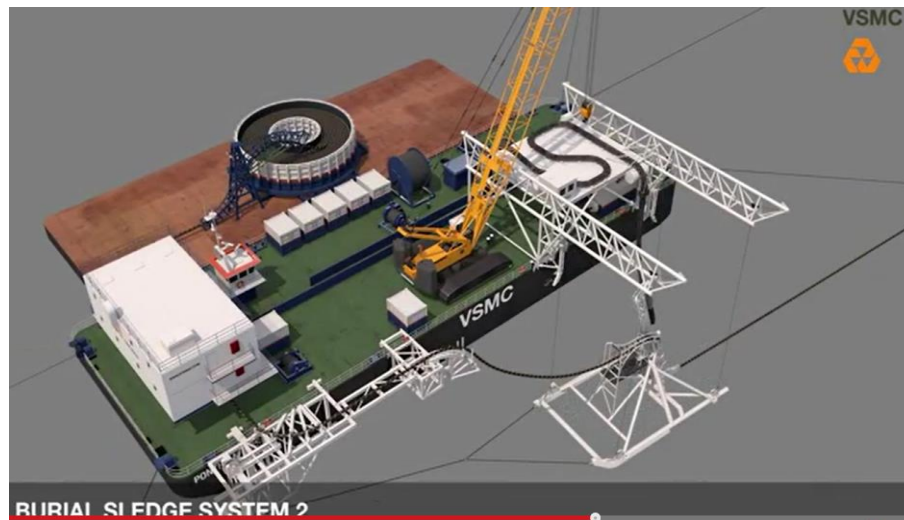
4.3.2 Aanlegmethode

Er zijn verschillende installatiemethodes voor het leggen van kabels in de waterbodem. Deze methodes hebben verschillende voor- en nadelen.

Toelichting installatiemethodes

De kern van het leggen van kabels is het maken van sleuven, het leggen van de kabel(s) en het opvullen van de sleuf. Deze stappen kunnen opeenvolgend of tegelijk worden uitgevoerd, afhankelijk van de gehanteerde methode. Voor alle technieken geldt dat de kabels vanaf een kabelschip, of in een trommel op een ponton, worden aangevoerd en op de locatie in de geul worden gevoerd om slepen van kabels over de waterbodem of door het water te voorkomen. Daarmee wordt onnodige bodemroering voorkomen. De combinatie van schip met kabels en kabelinstallatie is weergegeven in Figuur 4.7.

Figuur 4.7 Kabelinstallatie



Bron: YouTube

De volgende installatiemethodes zijn toepasbaar (soms gecombineerd):

- Ploegen;
- Kettinggraver (*chain cutter*);
- Fluidiseren (*jetten*);
- Baggeren.

De eerste drie wordt ook wel naar gerefereerd als 'trenchen'; het maken van geulen (*trenches*). Een *trencher* is dan ook een installatie om geulen te maken. De inzet van een bepaalde techniek is afhankelijk van de bodemopbouw (harde bodem, zachte bodem), lokale omstandigheden (zoals sterke stroming/ eb en vloed) en milieurandvoorwaarden (omvang bodemroering, slibopwerveling).

Ploegen

Bij het ploegen van de kabel wordt een installatie met een zogenaamd 'zwaard' (de ploeg) ervoor door de bodem getrokken. Dit gebeurt nadat de kabels op de waterbodem zijn gelegd. Het zwaard maakt een snede (geul) in de bodem en de kabel wordt tegelijkertijd aan de achterzijde van de installatie in de geul gevoerd. De geul sluit zich vanzelf na het leggen van de kabel. Bij een aantal installaties bevinden zich voor de ploeg *jets* (spuitlansen) die water voor het blad spuiten (fluidiseren) om de bodem zacht te maken en het ploegen te vergemakkelijken. Dit vermindert de kracht waarmee de ploeg wordt getrokken. De installatie van een ploeg, veelal op een slede, kan worden getrokken door een schip of een zelfstandige installatie op rupsbanden zijn. De bodemroering met een ploeg is minimaal. De breedte van de snede is minimaal, 30 cm tot een meter. De ploeg zelf sleept/rijdt ook over de bodem en heeft een contactoppervlak van zo'n 5 meter breedte waarbij de slede over de bodem glijdt. Een alternatieve uitvoering is een vibro-ploeg, die met name voor kleigronden toepasbaar is. Ploegen kunnen worden ingezet in ondiep water. Ploegen die een V-vormige opening maken in plaats van een smalle insnijding in de bodem zijn niet toepasbaar in ondiep water (circa < 10 m) door de diepgang van het schip dat vereist is om de ploeg te trekken.

Figuur 4.8 Ploeg (VBMS)



www.vbms.com

Kettinggraver (*chain cutter*)

Een zelfrijdende kettinggraver graaft door middel van een ronddraaiende ketting een smalle geul. Eventueel ondersteund met spuitlansen om de bodem zacht te maken. Ook bij deze techniek worden de kabels vooraf op de waterbodem gelegd. Een kettinggraver kan in ondiepe wateren worden toegepast en is met name geschikt voor hardere bodems tot rotsbodems. De kettinggraver maakt een geul waarin de kabel kan worden gevoerd, direct achter de graver. De geul heeft een beperkte breedte tot circa een halve meter. De bodem sluit zich vanzelf in zachte bodems zoals het geval bij de IJsselmeerbodem. De installatie heeft een breedte van circa 5-6 meter. Bodemroering beperkt zich tot de geul en de bodem waarover de installatie zich voortbeweegt of wordt voortbewogen.

Figuur 4.9 Chain cutter (trench former VBMS)



www.vbms.com

Jetten

Bij het jetten wordt door middel van een spuitlans de bodem door inspuiten van water vloeibaar gemaakt waardoor de kabel door zijn eigen gewicht in de bodem zakt of alternatief, zoals bij het

systeem dat in Figuur 4.10 is weergegeven, door middel van rollers ingevoerd in de bodem op de gewenste diepte. Deze techniek leent zich ervoor om simultaan met het leggen van de kabels toegepast te worden. In minimale waterdiepte van zo'n 2-2,5 meter geldt om deze installatiemethode te kunnen toepassen. De bodemroering beperkt zich tot een smalle sleuf van circa 30-50 cm. De installatie, bijvoorbeeld een slede, heeft een breedte van circa 5-10 meter

Figuur 4.10 Jetting tool (Burial sledge system VBMS)



www.vbms.com

Baggeren

Door middel van het baggeren wordt een tijdelijke geul gecreëerd waarin de kabel kan worden gelegd. Bodemmateriaal wordt naar de zijde van de geul, met een talud van circa 1:5, verplaatst en na het leggen van de kabel gebruikt om de kabel te bedekken en de geul te sluiten. De geul heeft een breedte van circa 5-8 meter en wordt gerealiseerd door een baggerinstallatie. Baggeren is minder geschikt voor kabelleggen, vanwege de relatief lange doorlooptijd en de noodzaak om breder te graven dan noodzakelijk om stabiele taluds te verkrijgen.

Voor een beperkt aantal ondiepere locaties (maximaal 5-7) is worst case een plaatselijke bodemverlaging vereist van maximaal 0,5 – 1 m. Dit is afhankelijk van het fundatieprincipe en de geselecteerde installatieschepen. Dit betreft een oppervlakte van maximaal 1,7-2,4 ha (circa 0,002% van de oppervlakte van het IJsselmeer). Daarbij is uitgegaan van een maximale fundatieafmeting van maximaal 30 x 30 meter en ruimte voor een installatieschip met ponton tijdens aanleg van circa 25 x 100 m. De vrijkomende grond kan worden ingezet voor de natuurvoorziening of wordt afgevoerd conform de voorwaarden uit het besluit bodemkwaliteit. Deze oppervlakte is mogelijk ook kleiner afhankelijk van het moment waarop gebouwd wordt. Voor de diepte is uitgegaan van het winterpeil (-0,4 m-NAP) terwijl in de zomer het waterpeil hoger ligt (-0,20 m-NAP).

Voorafgaand aan leggen van de kabels wordt, ongeacht de gekozen aanlegmethode, een 'pre grapnel run' uitgevoerd, waarbij met een anker over de bodem wordt gesleept om losliggende materialen (kabels/netten) te verwijderen.

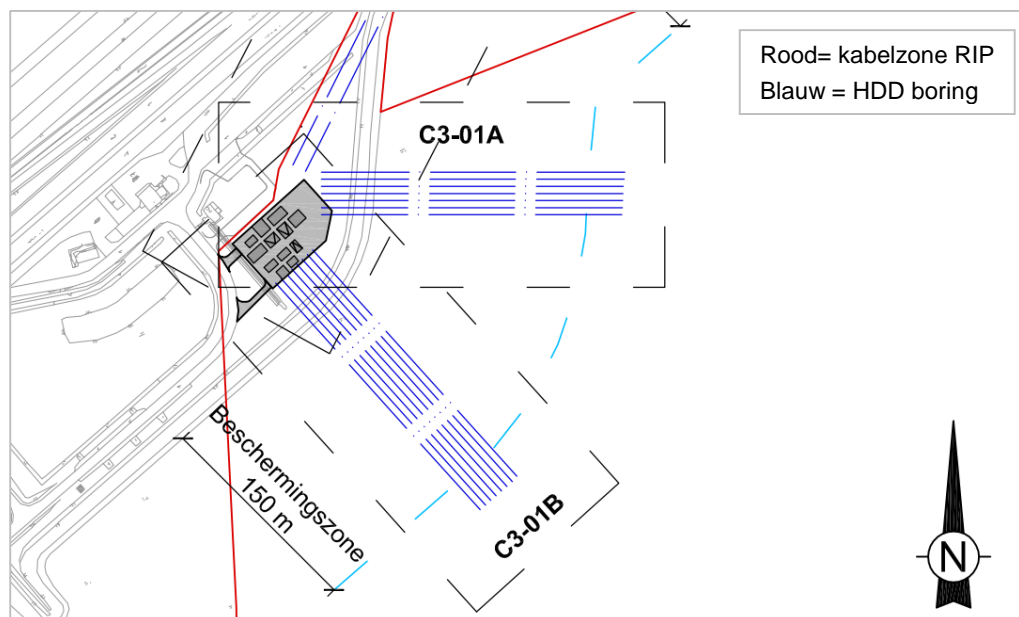
Scheepvaartveiligheid

Het realiseren van de windparkbekabeling gebeurt per string, wat betekent dat slechts een deel van het gebied, namelijk daar waar daadwerkelijk wordt gewerkt, tijdelijk wordt afgesloten voor de scheepvaart ten behoeve van de scheepvaartveiligheid. Naar mate de werkzaamheden doorschuiven naar andere delen van het windpark, schuift de afgesloten zone mee. Op deze wijze wordt de scheepvaartveiligheid gewaarborgd en wordt deze zo min mogelijk beperkt in haar gebruiksruimte. De markering hiervan maakt onderdeel uit van het nautisch (verlichting)plan.

4.3.3 Aansluiting transformatorstation

De verschillende strings worden vervolgens op het transformatorstation aangesloten. Door middel van HDD-boringen worden de strings door mantelbuizen onder het IJsselmeertalud van Breezanddijk gevoerd, waarna de mantelbuizen in het terrein van het transformatorstation uitkomen. Aangezien sprake is van een maximum aantal turbines per string worden meerdere mantelbuizen aangebracht om alle strings op het transformatorstation aan te sluiten. De tussenafstand tussen de mantelbuizen is circa 5 meter, om beïnvloeding van boorgaten tijdens de aanleg te voorkomen. Vanwege de onderlinge tussenafstand worden er 8 strings aan de zuidwest kant en 5 strings aan de westkant van het transformatorstation aangesloten. De boringen gaan op minimaal 5 meter onder het talud door. Wanneer de boringen op minder dan 15 meter onder het talud worden uitgevoerd, worden deze afgegrond. De mantelbuizen komen minimaal 21 meter van de teen van de dijk op Breezanddijk boven om invloed op de stabiliteit te voorkomen (zie ook hoofdstuk 6). In het IJsselmeer komen de mantelbuizen op ca. 25 meter buiten de beschermingszone uit. De kabels worden op het eigen terrein aangesloten op het transformatorstation. In bijlage 4D is een tekening en doorsnede van deze mantelbuizen opgenomen.

Figuur 4.11 aansluiting op transformatorstation



4.4 Ontsluitingskabel

4.4.1 Tracé

Vanuit het transformatorstation moet de elektriciteit ontsloten worden op het landelijk hoogspanningsnet. Hiertoe moeten twee kabels worden aangelegd van het transformatorstation naar het onderstation van Tennet in de provincie Fryslân. In figuur 4.12 is een weergave van het tracé gegeven voor zover dat relevant is voor deze aanvraag (deel Afsluitdijk).

Figuur 4.12 Kabeltracé Afsluitdijk (indicatie)



Een deel van de kabel wordt in de Afsluitdijk geplaatst. De kabels zullen volledig onder het (nieuwe) fietspad worden geplaatst tot Kornwerderzand en tussen het fietspad en de Tuimeldijk na Kornwerderzand tot het einde van de Afsluitdijk. Hiertoe moet het fietspad worden opgebroken en opnieuw aangelegd. De specificaties van het fietspad voldoen aan de huidige functie (fietspad en beheerpad) en worden in een werkplan uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de werkzaamheden aan Rijkswaterstaat toegezonden. Er wordt voor gezorgd dat tijdens de aanleg van de kabel en tijdens eventuele reparatiewerkzaamheden het dijklichaam toegankelijk blijft voor de beheerder en dat fietsverkeer mogelijk is. Ook dit zal onderdeel uitmaken van het werkplan. Tussen de kabels moet een afstand van 1,0 - 2,0 meter worden aangehouden, waardoor er een breedte van 4-6 meter nodig is om de kabels te realiseren. De kabel kruist de Lorentzsluizen middels een gestuurde boring (een mantelbuis onder de sluisen door).

In overleg met Rijkswaterstaat worden beheersmaatregelen getroffen ten behoeve van de beschikbaarheid van het fietspad tijdens de aanleg van de kabel. E.e.a. wordt in een werkplan nader uitgewerkt, wat 3 maanden voorafgaand aan de werkzaamheden ter goedkeuring aan

Rijkswaterstaat wordt voorgelegd. In het werkplan wordt tevens informatie over de aanlegmethode en de HDD boringen (boorplan) opgenomen.

4.4.2 Aanlegmethode

Ontgraven

Het kabeltracé wordt aangelegd middels het graven van sleuven voor die delen van het tracé waar een open ontgraving mogelijk is. De sleuven zijn maximaal 4 meter breed en voor het graven van de sleuven en het leggen van de kabels is een breedte van ca. 10 - 12 meter nodig. Het graven van de sleuf voor het leggen van de kabel gebeurt middels een sleuvengraver.

Bij het graven van sleuven wordt er met een sleuvengraver (of frees) een sleuf gegraven van een breedte van maximaal 4 meter. de graver rijdt simpelweg over het (toekomstig) tracé en graaft gaandeweg een snede tot op de gewenste diepte. Er zijn installaties waarbij de kabel tegelijkertijd aan de achterkant in de gleuf wordt gelegd.

De grond afkomstig uit de gleuf wordt zoveel mogelijk lokaal teruggeplaatst. Er zal zo min mogelijk grond worden afgevoerd.

Figuur 4.13 voorbeeld sleuvengraver



Bron: Google.nl

Voor het leggen van de kabel in de Afsluitdijk worden berekeningen uitgevoerd conform de NEN 3650/3651-serie (NPR 3659.1996) om de veiligheid van het waterstaatwerk te waarborgen. Tevens worden stabiliteitsberekeningen van het definitieve ontwerp uitgevoerd conform het Voorschrift toetsen op Veiligheid primaire waterkering 2007 (VTV) om aan te tonen dat het definitieve ontwerp en de aanlegmethode tot gelijkwaardige of kleinere effecten op de kering leiden. Deze zullen uiterlijk 3 weken voorafgaand aan het leggen met Rijkswaterstaat worden overlegd.

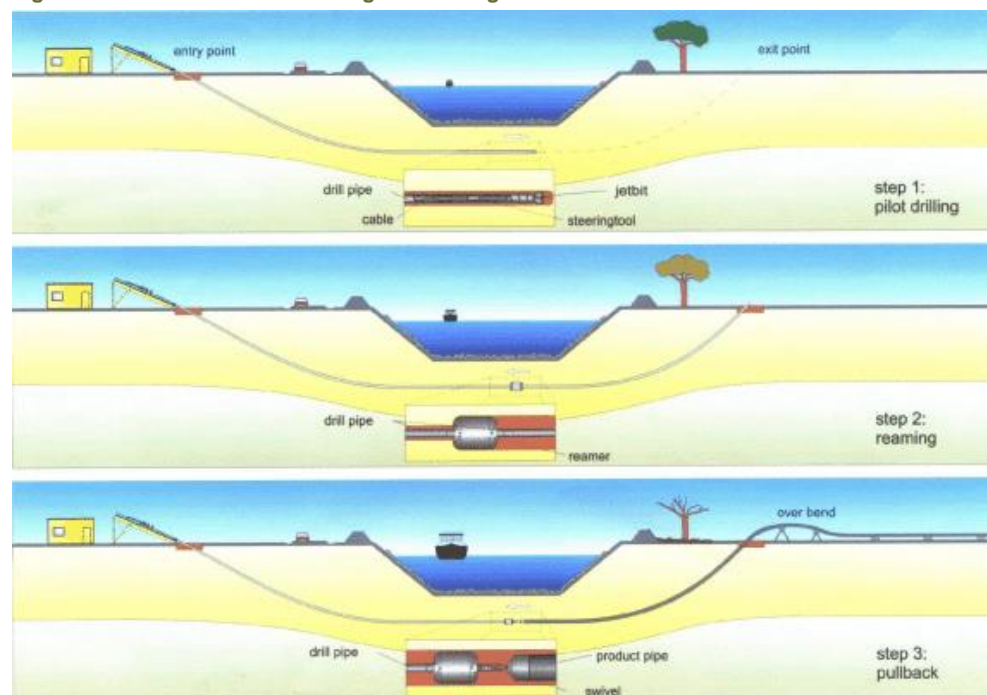
Gestuurd boren

Voor het kruisen van de Lorentzsluizen wordt er een HDD-boring toegepast. Hierbij worden er twee mantelbuizen onder de sluizen doorgetrokken. De mantelbuizen komen net na de sluizen weer boven.

Een HDD boring bestaat uit drie fasen. De eerste fase heet een pilotboring, waarbij een boorkop of een spuitjet voor op de pilotbuis wordt geplaatst. De boorkop wordt aangedreven door een mengsel van water en bentoniet. De boorspoeling wordt via de pilotbuis naar de boorkop getransporteerd en wordt samen met de losgewoelde grond langs de buitenzijde van de pilotbuis door het boorgat afgevoerd. De hoeveelheid boorspoeling is beperkt en niet milieubelastend. De boring gaat onder een nader te bepalen hoek de grond in, maakt een boog onder de sluizen door en komt aan de andere kant weer boven.

In de tweede fase wordt het boorgat ruimer gemaakt tot de gewenste diameter. Tot slot wordt de kabel door het boorgat getrokken. In figuur 4.14 is een schematische tekening van een HDD boring opgenomen. In bijlage 4 is een dwarsdoornede van de HDD boring onder Kornwerderzand weergegeven.

Figuur 4.14 Schematische tekening HDD boring



Bron: flowtexegypt.com

De horizontale boormethode is zeer goed bestuurbaar en de positie van de boorkop kan vrijwel continu worden bepaald. De boorkop wordt bestuurd door middel van een stuurslof die zich aan de voorzijde van de boorkop bevindt. Door tijdens de boring de stuurslof in de gewenste richting te laten wijzen, wordt sturing verkregen. De meest voorkomende methode om de positie van de boorkop te bepalen, is door detectie van een radiografisch signaal dat door de boorkop wordt uitgezonden. Het detectie apparaat is portaal en registreert alle verticale en horizontale bewegingen van de boorkop. Hierdoor is het mogelijk stuurcorrecties tijdens het boren uit te voeren. De loop van de leidingen wordt vastgelegd voor onder meer het verwerken van deze informatie in as-built tekeningen (afwijkingen ten opzichte van de theoretische lijn).

Voor de boring is geen bouwput vereist, alleen de mobiele boorinstallatie staat op de dijk. Gezien het gewicht van de boorinstallatie is van grote bovenbelasting op de waterkering geen sprak. De uitvoering van de werkzaamheden vindt buiten het stormseizoen plaats.

Als gevolg van het direct kunnen grijpen en invoeren van de mantelbuis in een boorgang, zal er een zeer beperkte hoeveelheid boorspoeling vrij kunnen komen. Omdat gewerkt wordt met goedgekeurde, niet milieubelastende, boorspoeling, hoeft voor aantasting van de waterkwaliteit van het IJsselmeer niet gevreesd te worden.

In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op maximale effecten als gevolg van de gestuurde boringen. Voor de HDD boringen wordt voorafgaand aan de werkzaamheden een boorplan opgesteld conform de NEN 3650-3651 en zal per boring gedetailleerde informatie/berekeningen worden geven (conform richtlijn boortechnieken). Hierbij wordt tevens de leidraad voor ontwerp, beheer en onderhoud van constructies in, op en nabij waterkeringen toegepast.:

- Mudberekeningen;
- Trekkkracht;
- Kwel;
- Boorvloeistof;
- Opstellingslocatie;
- Diameter boringen;
- Lengte boringen;
- Ruimten en invoeren in één gang
- Tekeningen

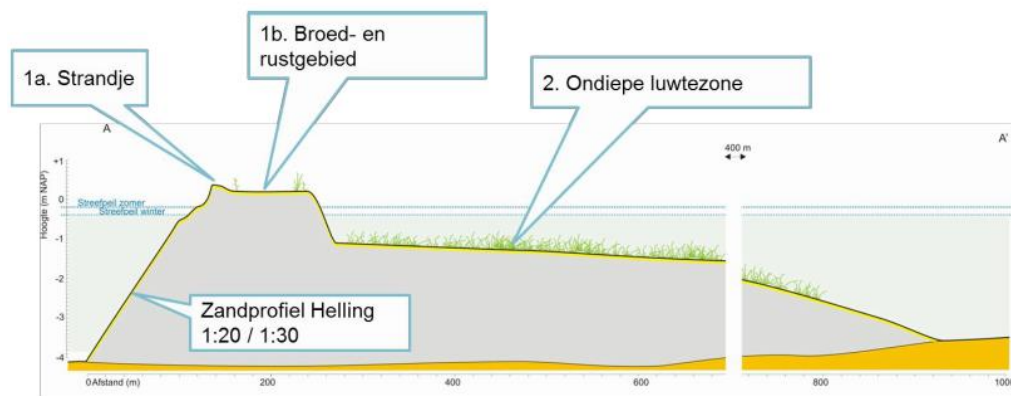
Het definitieve werkplan, inclusief boorplan voor het leggen van de kabel wordt uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de bouw aan Rijkswaterstaat toegezonden.

4.5 Natuurvoorziening/ werkeiland

Onderdeel van het project is een werkeiland dat voor de bouwfase van Windpark Fryslân wordt gebruikt. Het voorontwerp werkeiland bestaat uit een werkgebied van maximaal 9 ha opgebouwd tussen kades van maximaal NAP + 1m. De zuidwestzijde bestaat uit een zandige onderwateroever dat met een relatief flauw talud afloopt naar het IJsselmeer. De zuidoostzijde van het werkeiland bestaat uit een kade voor het afmeren van (werk) schepen. In bijlage 7 is het voorontwerp werkeiland weergegeven. Uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de realisatie wordt een definitief ontwerp met Rijkswaterstaat overlegd.

Na afronding van het gebruik van het werkeiland ten behoeve van de realisatie van de windturbines wordt het eiland aangepast tot een natuurvoorziening. Zoals in paragraaf 2.2 naar voren is gekomen bestaat de natuurvoorziening uit een eiland met een oppervlakte van 2 ha in combinatie met een ondiepe luwte van 25 ha. Het eiland wordt opgebouwd uit zand dat wordt opgespoten tot op de gewenste hoogte. Het eiland zal niet toegankelijk zijn voor recreanten, maar er zullen mogelijk wel aanlegplaatsen worden gerealiseerd in overleg met de watersport indien dit kan worden gerealiseerd op een locatie die niet strijdig is met de natuurfunctie. Dit is onderdeel van het definitieve ontwerp. In figuur 4.15 is een voorbeeld van een doorsnede de natuurvoorziening weergegeven.

Figuur 4.15 Voorbeeld mogelijke dwarsdoorsnede



Uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de bouw wordt een definitief ontwerp voorgelegd in combinatie met een werkplan voor de aanleg van de voorziening. Hierin wordt in ieder geval aangegeven:

- Locatie van de natuurvoorziening;
- Gebruikte Materiaal;
- Gebruikte vaartuigen;
- Tekeningen;

5 WERKPLAN

In dit hoofdstuk wordt op hoofdlijnen ingegaan op de werkzaamheden. Aangegeven wordt op welke onderdelen uitwerking plaats vindt die aan Rijkswaterstaat wordt voorgelegd en welke onderwerpen hierbij aan de orde komen. Het hoofdstuk heeft betrekking op de relevante activiteiten vanuit de watervergunning.

In tabel 5.1 wordt een overzicht gegeven van de werkzaamheden die zullen worden uitgevoerd ten behoeve van de realisatie van het windpark en de benodigde infrastructuur.

Tabel 5.1 Werkzaamheden project

Werkzaamheden	Waterkering	Waterbodem/-kwaliteit	Scheepvaart
Kabels			
HDD boringen IJsselmeer-Breezanddijk (max. 15)	X	X	X
HDD boringen passage Kornwerderzand (max. 2)	X		
Aanleg kabels IJsselmeer (ontgraving)		X	X
Aanleg kabels Afsluitdijk (ontgraving)	X		
Windturbines			
Bouw windturbines (ontgraving, heien, installatie)	X	X	X
Transformatorstation			
Heien fundatie	X		
Ontgraving delen weg/ fundatie	X		
Bouw (bovenbelasting) station	X		
Weg transformatorstation (duiker/dam)	X		
Natuurvoorziening			
natuurvoorziening, tijdens aanleg windpark werkeiland		X	X

5.1 Kabels

Voor het leggen van de kabels zijn enerzijds ontgravingen nodig en anderzijds HDD boringen. Hiervoor wordt een werkplan opgesteld inclusief:

Ontgravingen

Voor het leggen van de parkbekabeling tussen de verschillende turbines in het IJsselmeer zijn ontgravingen/bodemroering nodig afhankelijk van de door de aannemer gekozen aanlegmethode binnen de in de aanvraag genoemde opties.

Daarnaast zijn voor de aansluiting op het landelijk hoogspanningsnet ontgravingen nodig op de Afsluitdijk. Voor de ontgravingen in de kering wordt een veiligheidsplan en een stabiliteitsberekeningen aangeleverd.

HDD-boringen

Voor de aanlanding van de kabel bij Breezanddijk en de kruising van de Lorentzsluizen en het spuicomples worden HDD boringen uitgevoerd. Hiervoor wordt een boorplan opgesteld conform

de NEN 3650-3651 waarin per boring gedetailleerde informatie/berekeningen wordt gegeven over:

- Mudberekeningen;
- Trekkkracht;
- Kwel;
- Boorvloeistof;
- Opstellingslocatie;
- Diameter boringen;
- Lengte boringen;
- Uitvoering ruimen en invoeren kabel.

Het boorplan wordt uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de uitvoering met Rijkswaterstaat overlegd.

5.2 Windturbines

Werkplan & verwijderingsplan

Voor de bouw van de windturbines en de fundaties wordt een werkplan per onderdeel opgesteld. Een definitief werkplan zal uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de bouw van het betreffende onderdeel ter goedkeuring worden voorgelegd. In het werkplan wordt aangegeven wie, op welke wijze en wanneer de werkzaamheden voor het installeren van de turbines wordt uitgevoerd. In dit plan wordt in ieder geval opgenomen:

- Een gegevenslijst van mensen die betrokken zijn bij de uitvoering, van de directie en bij de calamiteiten;
- De gegevens van de vaartuigen die gebruikt worden;
- De aanvang en het einde van de werkzaamheden;
- Een beschrijving van de werkmethode;
- Aangehouden werkuren;
- De te gebruiken materialen;
- De te nemen verkeers- & veiligheidsmaatregelen;
- De situatie- en/of detailtekeningen met coördinaten.

Dezelfde informatie wordt geleverd voor het verwijderen van de turbines.

Veiligheidsplan

Zowel voor de bouwfase als voor de exploitatiefase en verwijderingsfase wordt een veiligheidsplan opgesteld. Het veiligheidsplan bevat in ieder geval de volgende onderwerpen:

- Veiligheid en installatiemethoden/ middelen
- Organisatie en communicatiestructuur;
- Coördinatie en risicobeheersing;
- ARBO (voor bouw)
- Toezicht en supervisie
- Handelen in geval van calamiteiten

Nautische markeringsplan & verlichtingsplan

Zowel voor de bouwfase als voor de exploitatiefase en verwijderingsfase wordt een nautisch markeringsplan & verlichtingsplan opgesteld. Het plan bevat in ieder geval de volgende onderwerpen:

- Het soort verlichting
- De sterkte van de verlichting
- De plaatsing van verlichting
- Bewegwijzering
- Plaatsing van de bewegwijzering
- AIS markering
- Misthoorns

Het werkplan, veiligheidsplan en nautische markeringsplan (verlichtingsplan) wordt 3 maanden voorafgaand aan de start van de betreffende fase (bouw, exploitatie en verwijdering) aan Rijkswaterstaat voorgelegd.

5.3 Transformatorstation

Ook voor het transformatorstation wordt een werkplan opgesteld dat uiterlijk 3 maanden van tevoren aan Rijkswaterstaat wordt voorgelegd. Hierin wordt opgenomen:

- Een gegevenslijst van mensen die betrokken zijn bij de uitvoering, van de directie en bij de calamiteiten;
- De gegevens van de voertuigen die gebruikt worden;
- De aanvang en het einde van de werkzaamheden;
- Een beschrijving van de werkmethode;
- Aangehouden werkuren;
- De te gebruiken materialen en installaties, waaronder kraan en maximale belasting van de stelpoten;
- De te nemen verkeers- & veiligheidsmaatregelen;
- De situatie- en/of detailtekeningen.

Bovenstaande geldt voor alle onderdelen van het transformatorstation. Zo gaat het werkplan in op het transformatorgebouw zelf, maar ook op de toegangswegen en de dam. Onderdeel van het werkplan zijn tevens definitieve stabiliteitsberekeningen voor de heiwerkzaamheden van de fundatie en de boven belasting van het gebouw. De berekeningen van Fugro zijn uitgevoerd op basis van één (groot) transformatorgebouw en zijn als worst-case stabiliteitsberekeningen te beschouwen doordat sprake is van één grote ontgraving en een groot aantal heipalen. Het daadwerkelijke effect op de stabiliteit van de dijk zal gelijk of kleiner zijn. Bij het definitieve ontwerp wordt hierover middels specifieke berekeningen een verificatie uitgevoerd.

5.4 Natuurvoorziening/ werkeiland

Voor de aanleg van het werkeiland wordt een werkplan opgesteld dat uiterlijk 3 maanden van tevoren aan Rijkswaterstaat wordt voorgelegd. Hierin wordt in ieder geval ingegaan op:

- Definitieve ontwerp van het werkeiland;
- Definitieve locatie van het werkeiland;
- Gebruikte Materiaal;
- Gebruikte vaartuigen;
- Tekeningen;
- Planning.

Ook voor de aanleg van de natuurvoorziening wordt een werkplan opgesteld dat uiterlijk 3 maanden van tevoren met Rijkswaterstaat wordt overlegd. Hier wordt in ieder geval ingegaan op:

- Definitieve locatie van de natuurvoorziening;
- Gebruikte Materiaal;
- Gebruikte vaartuigen;
- Tekeningen;
- Planning.

5.5 Later aan te leveren

In de tabel hieronder is een overzicht weergegeven van later aan te leveren plannen/documenten en het moment waarop deze aangeleverd worden.

Tabel 5.2 aan te leveren documenten

Plan	Aanlevering
Veiligheidsplan bouw	3 mnd voorafgaand aan bouw
Veiligheidsplan exploitatie fase per onderdeel	3 mnd voorafgaand aan bouw per onderdeel
Veiligheidsplan verwijderingsfase	3 mnd voorafgaand aan bouw
Werkplan aanleg kabels inclusief HDD boringen incl. benodigde berekeningen	3 mnd voorafgaand aan aanleg
Nautisch markeringsplan bouwfase	3 mnd voorafgaand aan bouw
Nautisch markeringsplan exploitatiefase	3 mnd voorafgaand aan exploitatie
Nautisch markeringsplan verwijderingsfase	3 mnd voorafgaand aan verwijdering
Werkplan bouw windpark (installatiemethode)	3 mnd voorafgaand aan bouw fundaties
Werkplan bouw transformatorstation (installatiemethode)	3 mnd voorafgaand aan bouw transformatorstation
Werkplan bouw werkeiland	3 mnd voorafgaand aan bouw werkeiland
Werkplan bouw natuurvoorziening	3mnd voorafgaand aan aanleg natuurvoorziening
O&M plan	3 mnd voorafgaand aan aanvang operationele fase
As-build tekeningen	3 mnd na afronding

Verwijderingsplan	3 mnd voorafgaand aan verwijdering
-------------------	------------------------------------

6 ONDERHOUDSPROGRAMMA

6.1 Inleiding

Naast de werkplannen uit voorgaand hoofdstuk wordt in het onderhoudsplan in dit hoofdstuk ingegaan op de manier waarop het onderhoud wordt uitgevoerd. In het navolgende komt eerst regulier onderhoud aan bod, waarin de verschillende onderdelen van het park de revue passeren. Daarna wordt inzicht gegeven in de manier waarop reparaties worden uitgevoerd. De beschrijving in dit hoofdstuk beschrijft op hoofdlijnen het onderhoud. 3 maanden voorafgaand aan de exploitatie van de windturbines wordt een definitief onderhoudsplan ter goedkeuring voorgelegd aan Rijkswaterstaat. Naar verwachting wordt het onderhoudsplan periodiek bijgesteld (bijvoorbeeld vanwege persoonswisselingen). Jaarlijks wordt het eventueel gewijzigde plan aan Rijkswaterstaat toegezonden.

6.2 Regulier onderhoud

Om de continuïteit van stroomleverantie door een windturbine zoveel als mogelijk te garanderen is regulier onderhoud noodzakelijk. Dit betekent onderhoud aan de fundering, aan de parkbekabeling en aan de windturbines. Aan de hand van de inspectierapporten die opgemaakt worden na iedere uitgevoerde inspectieronde wordt het uit te voeren onderhoud in kaart gebracht. Op basis hiervan wordt een serviceplan gemaakt met daarin een checklist waarmee het onderhoudsteam haar werk kan doen. De inspectierondes en het onderhoud zullen afhankelijk van het type windturbine één tot meerdere keren per jaar plaatsvinden. Inspecties van alle kritische onderdelen van de windturbine, zoals de rotorbladen, vinden plaats conform het onderhoudsplan

De beoogde uitvoerder van het onderhoud is over het algemeen de windturbine leverancier (afhankelijk van de contractvorming en de garantieperiode). Er wordt een contract opgesteld voor de rest van de levensduur van het windpark. Windpark Fryslân BV is als vergunninghouder echter verantwoordelijk voor de naleving van de vergunning door eventuele onderaannemers.

Voor alle inspectiewerkzaamheden is een geschikt servicevoertuig beschikbaar. Hierop kunnen in ieder geval twee of drie personen met de benodigde gereedschappen en onderdelen mee naar de locatie worden gebracht. Voor het reguliere onderhoud zal een werkplaats, inclusief magazijn met onderdelen worden opgericht in de nabijheid van het windpark, bijvoorbeeld in de haven van Makkum.

Voor het functioneren van de windturbines zijn een aantal systemen aanwezig die vanaf een servicelocatie op land kunnen worden bediend en bijgehouden. De systemen geven informatie over het functioneren van de windturbines en worden gebruikt om een aantal technische parameters te kunnen monitoren. Er zal gebruik worden gemaakt van SCADA, oftewel Supervisory Control and Data Acquisition. Dit systeem maakt veel inzichtelijk, zoals de productietijd van een windturbine en het al dan niet goed functioneren van controlesystemen. Met behulp van het SCADA-systeem kan de windturbine op afstand worden aangestuurd en kunnen diverse storingen met behulp van het SCADA-systeem worden opgelost. Ook komen automatisch meldingen binnen als de verlichting defect is of andere defecten zijn geconstateerd. Eventueel kan de turbine op afstand worden stilgezet. Zo kan men snel reageren op defecten en krijgt men inzicht in welke onderhouds- of reparatiewerkzaamheden

moeten worden uitgevoerd. Uiteraard blijven inspecties noodzakelijk, het systeem helpt alleen in het zo goed mogelijk functioneren van de windturbines. SCADA is een wereldwijd geaccepteerd systeem dat in nagenoeg alle huidige windparken wordt toegepast.

6.2.1 Onderhoud aan de fundering

Ongeacht het type bevindt de fundering van de windturbines zich gedeeltelijk onder en gedeeltelijk boven de waterspiegel. Een voorbeeld van de inspecties die boven en onder de waterspiegel worden uitgevoerd, staan hieronder weergegeven. In het O&M plan dat voorafgaand aan de operationele periode wordt voorgelegd aan Rijkswaterstaat is een uitputtend overzicht van uit te voeren inspecties opgenomen.

Onder de waterspiegel

- Inspectie van de funderingspaal vanaf de bodem tot het waterniveau;
- Inspectie van de J-tube;
- Inspectie van de verbindingen;
- Inspectie van de aangroei op de paal;
- Inspectie van mogelijk optredende ontgroning langs de paal;
- Inspectie van het kabeltracé;
- Inspectie van het corrosie beschermingssysteem.

Boven de waterspiegel:

- Inspectie van het coatingsysteem op het transitiestuk (indien van toepassing);
- Inspectie van de verbindingen van onderdelen;
- Inspectie van de verbindingen van de J-tube aan het transitiestuk;
- Inspectie van de ladder;
- Inspectie van het platform.

Mocht uit inspecties blijken dat reparatie nodig is, dan dient dit indien mogelijk meteen te worden uitgevoerd. Wanneer reparatiewerkzaamheden niet direct uitgevoerd kunnen worden, wordt dit genoteerd en wordt een later reparatiemoment ingepland met de daarvoor benodigde materialen.

6.2.2 Onderhoud aan windturbines

Het reguliere onderhoud aan de windturbine wordt uitgevoerd door een serviceteam, bestaande uit minimaal twee monteurs. Er zal minimaal ieder jaar (afhankelijk van het type turbine en leverancier) een dergelijke ronde plaatsvinden. Voor de windturbine wordt een onderhoudsprogramma vastgesteld waarin inspectie en onderhoud van alle relevante onderdelen van de windturbine is beschreven, zoals de rotorbladen en de gondel. Jaarlijks wordt een overzicht van het uitgevoerde onderhoud aan Rijkswaterstaat toegezonden. Het onderhoud kan opgedeeld worden in:

- Inspecteren;
- Natrekken van boutverbindingen;
- Testen;

- Smeren van lagers;
- Vervangen van filters;
- Nemen van monsters (olie in tandwielkast en hydraulische olie);
- Etc..

In het serviceplan met bijbehorende checklist wordt vermeld wanneer welke activiteiten worden uitgevoerd. Ook wordt vermeld welke gereedschappen, smeermiddelen etc. dienen te worden gebruikt.

Voor het onderhoud, maar ook voor reparaties, zal men de windturbines moeten kunnen bereiken per servicevaartuig. Er wordt dan naast de turbine aangemeerd en per ladder kunnen de onderhoudsmonteurs het platform op de windturbine bereiken. Op dit platform bevindt zich de toegang tot de binnenzijde van de toren en via een ladder aan de binnenzijden van de toren kan de gondel worden bereikt.

Hieronder wordt per windturbine onderdeel aangegeven hoe het onderhoud eruit ziet.

- **Rotor en lager.** Nagegaan moet worden of de lager nog goed gesmeerd loopt (automatisch smeersysteem). Eens per jaar vindt de inspectie plaats. Vanwege de veiligheid wordt bij de inspectie van de rotor en de lagers de rotor geborgd;
- **Rotorbladen.** Eens per jaar vindt visuele inspectie van het blad plaats vanaf maaiveld/het water en van de bladverbinding in de gondel. Eens in de 5 jaar wordt door een onafhankelijk deskundige bepaald of alle noodzakelijke inspectie en onderhoud is verricht;
- **Gondelhuis.** De gondelhuis wordt zo ontworpen dat onderhoud veilig kan plaatsvinden en dat eventuele lekkage van olie naar buiten toe voorkomen wordt. De gondel werkt als opvangvoorziening voor olie in geval van lekkage;
- **Tandwielkast.** De tandwielkast wordt zo ontworpen dat onderhoud zo gemakkelijk mogelijk kan worden uitgevoerd, zonder dat de tandwielbak hoeft te worden gedemonteerd. Lagers en onderdelen kunnen eventueel worden vervangen met behulp van de interne kraan;
- **Oliesysteem.** Uit inspecties, die minimaal eens per jaar worden uitgevoerd, zal blijken hoe vaak de olie moet worden verversd. Verversen wordt altijd op een veilige manier uitgevoerd, doordat met kleine vaten wordt gewerkt en dat mogelijke lekkage wordt opgevangen in de gondel;
- **Generator.** De generator wordt eens per jaar geïnspecteerd. De lagers in de generator worden automatisch gesmeerd en de generator kan indien nodig met behulp van de interne kraan worden vervangen (afhankelijk van type windturbine);
- **Koppeling.** De aanwezige koppeling tussen tandwielkast en generator is „onderhoudsvrij” ontwikkeld. Bij verwijdering van de koppeling hoeven geen andere onderdelen te worden verwijderd;
- **Hydraulisch systeem.** Het is noodzakelijk om de olie in het hydraulische systeem vrij te houden van welke vervuiling dan ook. Speciale procedures zullen worden ontwikkeld om met het hydraulische systeem te werken;
- **Kruisysteem.** Inspectie wordt eens per jaar uitgevoerd. Bewegende delen worden automatisch gesmeerd. Wanneer aan het systeem wordt gewerkt, kan het systeem worden vergrendeld;

- **Schakelaar.** Minimaal eens per jaar worden de schakelaars geïnspecteerd. Hoog voltage schakelaars zijn simpel te onderhouden, vanwege het beperkte aantal onderdelen;
- **Hijskraan.** De hijskraan die aanwezig is in elke windturbine kan onderdelen vanaf een schip het bordes ophijzen.

6.2.3 Wijze van rapportage van uitgevoerde onderhoudswerkzaamheden

Rapportage van uitgevoerde onderhoudswerkzaamheden gebeurt als volgt:

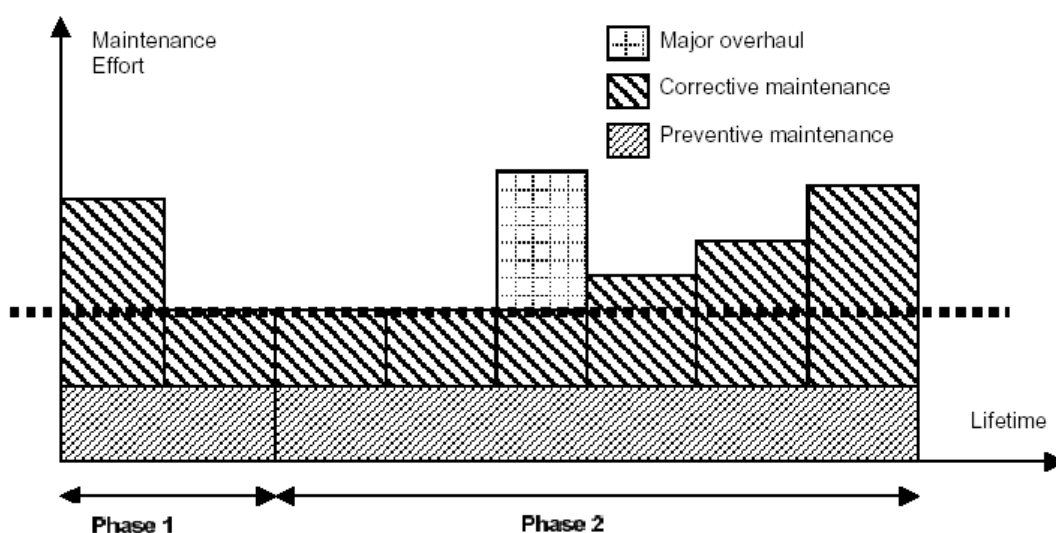
- Aftekenen van de onderhoudschecklist;
- Rapporteren van eventuele grote afwijkingen door middel van het schrijven van een afwijkingsrapport;
- Opstellen van een serviceraapport per bezoek, waarin staat wat er is gedaan en welke onderdelen zijn gebruikt;
- Vermelden van onderhoudsbezoek met reden van bezoek in het logboek van de turbine/transformatorstation.

Defecte onderdelen worden teruggenomen naar het servicecentrum (werkplaats op land) en worden voorzien van een defectlabel, waarop staat aangegeven wat er kapot is.

6.3 Reparatie

In figuur 7.1 is te zien dat in de eerste fase, de constructiefase, er (over de gehele levensduur van de windturbine) reparatiewerkzaamheden te verwachten zijn aan de turbines (de geïndiceerde tijdsblokken hebben een tijdsduur van circa 2,5 jaar). Te denken valt aan kleine productiefouten of software-instellingen. Preventief onderhoud is gedurende de gehele levensduur van de windturbine aan de orde.

Figuur 6.1 Schematisch overzicht van de te verwachten onderhoudswerkzaamheden



*Curvers en Rademakers, 2004

Uit inspectie, regulier onderhoud en ad hoc bezoek kan blijken dat reparatie noodzakelijk is. Het kan gaan om kleine reparaties bij inspectie in de turbine en aan de buitenzijde van de turbine,

vervanging van kleine (<1000 kg) onderdelen en grote (>1000 kg) onderdelen. Hieronder zullen de betreffende categorieën, vervanging kleine en grote onderdelen, worden beschreven.

6.3.1 Reparatie bij inspectie

Bij inspectie kan men gelijk een reparatie uitvoeren. In deze categorie gaat het om onderdelen die door monteurs gedragen kunnen worden. Een team van tenminste twee onderhoudsmonteurs zullen de reparaties uitvoeren met behulp van gereedschap in een kist. Het kan hierbij gaan om reparaties aan de binnenkant of aan de buitenkant van de turbine. Het transport van de monteurs naar de windturbines gebeurt met behulp van een servicevaartuig.

7 EFFECTEN

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de effecten van het windpark op de belangen vanuit de watervergunning en de maatregelen die worden getroffen om deze effecten tot een aanvaardbaar niveau te beperken. De effectbeschrijving is gebaseerd op het MER en op aanvullende berekeningen voor de vergunningaanvragen voor het voorkeursalternatief. De effecten zijn worst-case beschouwd, wat wil zeggen dat de maximale effecten zijn weergegeven. Dit betekent dat de effecten bij de detailuitwerking nooit groter zullen zijn dan in deze aanvraag weergegeven. Als dit wel het geval is, zal een wijziging worden aangevraagd.

7.1 Waterbodem

7.1.1 Bodemmorfolgie en natuurlijke dynamiek

Negatieve morfologische ontwikkelingen van de bodem of de natuurlijke dynamiek van de bodem van het IJsselmeer treden niet op ten gevolge van het windpark met bijbehorende voorzieningen. In het IJsselmeer is geen getijdewerking. De belangrijkste vorm van stroming is de waterbeweging opgewekt door wind en daardoor ontstane waterstandsverschil. De bijbehorende stroomsnelheden zijn verwaarloosbaar. Door aanleg van de windturbines en de natuurvoorziening zullen bestaande stroomsnelheden niet veranderen. Er worden geen relevante morfologische effecten verwacht, aangezien er geen sprake is van relevante stroming in het IJsselmeer met uitzondering van opstuwing door de wind. Bij de windturbines bij Lelystad in het IJsselmeer is nagegaan welke verandering van de bodem hier is opgetreden na meer dan 15 jaar bedrijfsvoering. Hier heeft geen relevante verandering voorgedaan. Er zijn geen negatieve effecten op de natuurlijke dynamiek van de bodem.

Ook relevante stroming/toename van de stroomsnelheid met lokaal erosie of sedimentatie tot gevolg wordt niet verwacht door de aanleg van het werkeiland/natureiland, indien voldoende afstand (tenminste 100 meter) wordt aangehouden tussen Afsluitdijk en het eiland. Effecten op de Afsluitdijk worden dan ook niet verwacht. De afstand van minimaal 100 meter is één van de ontwerpcriteria voor het eiland.

7.1.2 Verwerking bodem

Verweking van de bodem kan optreden bij los gepakt zand, die belast wordt door schuifspanning. Bij de tot heden uitgevoerde grondonderzoeken ten behoeve van de te realiseren windturbines in het IJsselmeer zijn de aangetroffen zandlagen over het algemeen matig tot vast gepakt. Tijdens het aanbrengen van de paalfundering kan lokaal verweking optreden, want zonder lokale verweking rondom een object kan deze niet op diepte worden gebracht. Deze zal van kortstondige duur zijn en beperkt zijn tot de directe omgeving. Gezien de afstanden tot waterkering, vaargeul, etc. zal een tijdelijke verweking nimmer invloed hebben op de stabiliteit van de waterkering. Het eventueel optreden van verweking, veroorzaakt door draaiende windturbine, is niet aan de orde.

7.2 Effecten waterkering

In deze paragraaf worden de potentiële effecten op de waterkering beschreven, die ten gevolge van de realisatie en exploitatie van het windpark kunnen optreden. Daarbij wordt verwezen naar de door Fugro opgestelde rapportage welke als bijlage bij de aanvraag is gevoegd. Voor een gedetailleerde effectbeschrijving wordt verwezen naar bijlage 5. In de rapportage wordt geconcludeerd dat de stabiliteit van de waterkering niet in het geding is en dat er geen ontoelaatbaar additioneel risico voor falen van de waterkering ontstaat als gevolg van het windpark en voorzieningen.

7.2.1 Stabiliteit

De effecten op de stabiliteit van de waterkering beperken zich tot het bouwen van het transformatorstation, gebruik van de kraan (opstelplaats) en de aanleg van de kabel. Fugro heeft een risicoanalyse uitgevoerd, welke als bijlage bij de aanvraag is opgenomen. Tevens heeft Fugro aanvullende berekeningen uitgevoerd. Bij de berekeningen is Fugro uitgegaan van maximale worst-case beschouwingen, conform het relevante ontwerp-/toetsingkader. Als de daadwerkelijke situatie naar boven toe afwijkt van hetgeen aangevraagd, zal een wijziging van de vergunning worden aangevraagd.

Windturbines

Voor de windturbines zelf geldt dat deze op voldoende afstand van de dijk staan om geen effect te hebben op de stabiliteit van de dijk. Tijdens het heien treden trillingen op die een potentieel effect zouden kunnen hebben. Bij een versnelling van circa 0,5 m/s als trillingsamplitude is er kans op een negatief effect. Fugro stelt dat het invloedsgebied van trillingen (versnellingen) ten gevolge van heiwerkzaamheden minder dan 100 meter bedraagt. De turbines zijn voorzien op een afstand van minimaal 650 meter van de Afsluitdijk. Versnellingen van 0,5 m/s of hoger zijn daarom uit te sluiten bij de primaire waterkering. Mocht er een turbine falen en omvallen is de afstand tot de dijk groot genoeg om deze niet te raken.

Werkeiland/natuurvoorziening

In het voorontwerp van het werkeiland en natuurvoorziening is rekening gehouden met de Afsluitdijk. In bijlage 7 is het voorontwerp weergegeven. Relevante stroming/toename van de stroomsnelheid met lokaal erosie of sedimentatie tot gevolg wordt niet verwacht door de aanleg van het werkeiland/natureiland, indien voldoende afstand (tenminste 100 meter) wordt aangehouden tussen Afsluitdijk en het eiland. Effecten van het werkeiland/de natuurvoorziening op de Afsluitdijk worden dan ook niet verwacht.

Fundatie transformatorstation

Onderdeel van de analyse is een fundatieadvies voor het transformatorstation. Op basis van dit advies worden de uitgangspunten duidelijk waarbij effecten voor de waterkering zijn uitgesloten bij de aanleg van het transformatorstation. Het uiteindelijke ontwerp van het transformatorstation dat wordt aangevraagd, wijkt af van het transformatorstation dat in het fundatieadvies is bekeken. Voor de uitgangspunten voor de berekening is een groot gebouw als transformatorstation onderzocht. In de aanvraag wordt nu uitgegaan van 12 kleinere gebouwtjes, het aantal en de afmetingen van de heipalen blijft gelijk alleen de benodigde ontgraving is beperkt tot de omvang van de gebouwtjes. Om die reden worden de berekening als worst-case beschouwd.

In de analyse zijn twee fundatietypen beschouwd:

- Een fundatie op heipalen (twee verschillende paaltypen);
- Een fundatie op staal.

Op basis van het advies zijn voor een fundering op palen prefab betonpalen van 250 mm tot een diepte van ca. NAP 2.0 m en/ of vibropalen van 270/310 mm tot een diepte van ca. NAP +2.0 meter benodigd. Hierbij zijn de belastingen conservatief aangehouden, waardoor ook de paalafmetingen conservatief zijn. De benodigde draagkracht van palen wordt immers bepaald door de paalafmetingen. Bij kleinere gebouwen zal minder draagkracht benodigd zijn, waardoor het hier conservatieve uitgangspunten betreft.

Bij het heien van de fundatiepalen komen trillingen vrij. De potentiële effecten hiervan zijn door fugro onderzocht. Zowel voor de Tuimeldijk als het IJsselmeertalud zijn de trillingsintensiteit tezamen met diverse overige belastingen, op stabiliteit getoetst. De werkzaamheden van het heien van de fundatie voor de kleinere gebouwen verschilt niet van het heien zoals in deze berekening beschouwd. Derhalve zal het ontwerp van de 12 gebouwen geen grotere effecten opleveren. De stabiliteitsfactor is 1,0 (uitvoeringsfase). De volgende stabiliteitsfactoren zijn bepaald:

Tabel 7.1 Stabiliteitsfactor fundatie

Fase	Stabiliteitsfactor
Tuimeldijk	
Referentiesituatie	1,29
Bouwfase heien	1,21
Bouwfase staal	1,29
IJsselmeertalud	
Referentiefase	1,82
Bouwfase heien	1,53
Bouwfase staal	1,80

De stabiliteitsfactor van zowel een fundatie middels heien als op staal gefundeerd, ligt ruim boven de stabiliteitsfactor van 1,0 (uitvoeringsfase). Om die reden wordt geconcludeerd dat er geen risico op ontoelaatbare standzekerheid van de waterkering te verwachten is. Voor de fundatiewerkzaamheden voor het transformatorstation van Windpark Fryslân wordt uitgegaan van een minimale stabiliteitsfactor van 1,0. Zoals de berekeningen van Fugro laten zien, zal de stabiliteitsfactor bij zowel een stalen fundatie als een fundatie op palen hoger zijn. Voor de specificaties van de berekening wordt verwezen naar de rapportage van Fugro.

In de rapportage van Fugro worden een aantal uitgangspunten gegeven die het risico op effecten minimaliseren. Bij de heiwerkzaamheden worden deze maxima gehanteerd.

Maaiveldverzakking

In de toplagen van Breezanddijk (tot ca. 3 meter) zijn minder verdichte zandlagen aanwezig. Deze kunnen door heiwerkzaamheden verdichten en daarmee een maaiveldverzakking teweeg brengen. Fugro stelt dat bij een minimale grenswaarde voor verdichting van 1m/s^2 een beïnvloedingsgebied van ca. 10 tot 15 meter uit de heiwerkzaamheden optreedt. Hierbuiten zijn

de maaiveldverzakkingen nihil/ verwaarloosbaar. Aangezien het transformatorstation op meer dan 15 meter uit de kruin van de kering is voorzien, geeft dit geen risico voor de stabiliteit en hoogte van de waterkering. Er zijn dan ook geen gevolgen voor de waterveiligheid.

Bovenbelastingen trafostation en kraan

Met een gevoeligheidsanalyse is inzicht verkregen in de risico's van afschuiven van het IJsselmeer talud van de waterkering bij de aangenomen bovenbelastingen ten gevolge van het transformatorstation en de stempeldruk van de kraan tijdens de bouw, en een afstand van de belasting tot de insteek van het talud. De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd voor de funderingsdruk van de transformatoren en de stempeldruk van de kraan om de transformatoren te verladen. Hierbij is conservatief naar de maximale belasting gekeken. Er zijn een aantal scenario's beschouwd, waarbij is gevarieerd in bovenbelasting en breedte.

Fugro adviseert dat wanneer de kraan op een minimale afstand van 10 meter uit het talud staat of de belasting niet groter dan 100 kPA, effecten op de macrostabiliteit van de waterkering zijn uit te sluiten. Voor de locatie en belasting van de kraan en transformatorstation wordt de afstand tot het talud als minimaal uitgangspunt gehanteerd. Fugro benadrukt dat de stabiliteit van de kern van de dijk door de beschouwde bovenbelasting niet afneemt en dat een eventuele instabiliteit van het IJsselmeertalud door wat voor oorzaak ook geen gevolgen heeft op de kern van de waterkering. Bij het ontwerp met de 12 gebouwen wordt dezelfde afstand van 10 meter van het talud aangehouden, waardoor effecten op de stabiliteit niet aan de orde zijn.

Kabels

Aanlanding kabels Breezanddijk

Voor het aansluiten van de kabelstrings op het transformatorstation worden verschillende HDD boringen onder het talud van Breezanddijk uitgevoerd. Potentiele effecten als gevolg van deze boringen zijn het zakken van bovenliggende grondlagen (zettingen) en effect op de taludstabiliteit. Door Fugro zijn voor beide mechanismen berekeningen uitgevoerd.

De boorgaten die met de HDD boringen worden gemaakt, worden tijdens het boorproces met bentoniet opgevuld. Op lange termijn kan door samendrukking van het bentoniet een volumeverlies optreden, wat tot zakkingen in de lagen boven de boorbuis kan leiden. Fugro heeft berekend dat het volumeverlies in een worst-case beschouwing 0,038 m³/m betreft, wat bij een boordiepte van 10 – 15 meter niet tot zakkingen zal leiden. Bij een geringere diepteligging kan het volumeverlies tot beperkte zettingen aan het oppervlak leiden. Fugro concludeert dat dergelijke beperkte zettingen door middel van een groudinjectie tot 'nihil' worden gereduceerd. De boringen worden op minimaal 5 meter onder het talud uitgevoerd. Wanneer de boringen op minder dan 15 meter onder het talud worden uitgevoerd, wordt de mantel na plaatsing van de kabel gevuld met grout, om zetting te voorkomen. Zettingen als gevolg van de boringen bij Breezanddijk zijn derhalve niet te verwachten.

De taludstabiliteit kan in geval van overdruk van de boorkop licht verlagen. Dit effect is tijdelijk en beperkt. De stabiliteit van het talud kent echter een overmaat van 25%, wat de tijdelijke verlaging gemakkelijk kan opvangen. Door Fugro is berekend dat een eventuele stabiliteitsafname ten alle tijden niet lager zal zijn dan de stabiliteitseis van 1,22. Derhalve wordt geconcludeerd dat de stabiliteit van het talud niet in het geding komt.

Kabels van transformatorstation naar kabelstraat Afsluitdijk

Voor de kabels van het transformatorstation naar de kabelstraat in de Afsluitdijk aan de andere kant van de snelweg kan potentieel perforatie en/of verzwakking van het damlichaam optreden. Fugro concludeert dat er geen doorgaande kwelweg kan ontstaan doordat de kabelstraat aan de IJsselmeerzijde van de tuimeldijk is gelegen (en deze dus niet doorboord wordt). Daarnaast kan met een zorgvuldige werkwijze grondroering tot een minimum worden beperkt. Overigens wordt er enkel in het open seizoen gewerkt, waardoor de risico's goed beheersbaar zijn.

Aanleg kabelstraat Afsluitdijk

Voor de kabels geldt dat deze over de lengte van de dijk tot aan Kornwerderzand worden aangelegd, geheel onder het fietspad. Na Kornwerderzand liggen de kabels tussen het fietspad en de Tuimeldijk. Voor de aanleg van de kabels is een tijdelijke ontgraving nodig. Er zijn een aantal faalmechanismen relevant bij de aanleg van de kabels. Deze zijn door Fugro behandeld. Voor het effect op de stabiliteit van de dijk zijn aanvullend worst-case berekeningen uitgevoerd om de maximale effecten te bepalen. Fugro concludeert dat door de kortstondige en plaatselijke ontgraving, geen invloed op de faalmechanismen conform het Voorschrift Toetsen op Veiligheid primaire waterkering 2006 (VTV) optreden. Hieronder worden de mechanismen behandeld.

Stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de invloed van de kabels op de macrostabiliteit van de waterkering. Voor de uitgangspunten voor wat betreft geometrie, bodemopbouw, grondwaterstand wordt verwezen naar de Fugro-rapportage. Bij de toetsing zijn de randvoorwaarden uit de VTV2006 en de HR2006 aangehouden. De berekeningen zijn uitgevoerd voor een viertal scenario's, die hieronder staan weergegeven. Deze scenario's zijn in overleg met Rijkswaterstaat geselecteerd.

1. Referentiesituatie, geen activiteiten
2. De bouwfase, met ontgraving
3. De toekomstige situatie met verhoging van tuimeldijk
4. De toekomstige situatie met verhoging van tuimeldijk, i.c.m ontgraving.

De berekeningsresultaten zijn in de tabel hieronder weergegeven.

Tabel 7.2 Stabiliteitsfactoren aanleg kabel

Scenario	Situatie	Stabiliteitsfactor Tuimeldijk	Minimaal vereiste stabiliteitsfactor
1	Referentie	1,29	1,22
2	Huidige geometrie i.c.m ontgraving	1,29	1,10
3	Verhoging tuimeldijk	1,26	1,22
4	Verhoging tuimeldijk i.c.m ontgraving	1,26	1,10

Uit de berekeningen volgt dat de macrostabiliteit van de ten gevolge van de ontgraving voor de sleuf voor het kabeltracé een verwaarloosbaar effect heeft op de stabiliteit. Aan de gestelde stabiliteitseisen wordt voldaan; uit de beoordeling blijkt dat er geen afname is ten opzichte van de referentiesituatie.

Bij het niet goed verdichten van de teruggebrachte grond bestaat de kans op zettingen als gevolg van holle ruimten. Door de klei in lagen van 0,2 à 0,4 meter aan te brengen wordt de

dichtheid optimaal. Achteraf worden verdichtingscontroles, door middel van handsonderingen uitgevoerd om de dichtheid te kunnen garanderen. Eventueel wordt de toegepaste klei aangevuld met daarvoor op grond van NEN3651 geschikte grond. Bij de aanleg van de kabels wordt gecontroleerd dat de grondconditie voor en na aanbrengen van de kabels vergelijkbaar zijn. Hiertoe worden elke 50 m handsonderingen uitgevoerd.

De overgang van gras naar verhard oppervlak (fietspad) levert, vlak na de uitvoering een zwakke plek voor de overslagbestendigheid van de dijk. Dit komt doordat de grasmat enige tijd nodig heeft tot een vergelijkbare sterkte als in de huidige situatie te groeien. Mocht er overslag in de eerste jaren plaatsvinden waardoor de locatie wordt aangetast, wordt dit hersteld door de vergunninghouder. Door de kabels geheel onder het fietspad te leggen, wordt de bekleding na de werkzaamheden snel hersteld. Fugro concludeert dat met een zorgvuldige werkwijze zwakke plekken verholpen kunnen worden, waardoor het risico beperkt blijft. Dit is derhalve uitgangspunt voor de voorziene uitvoering door de initiatiefnemer. Door het toepassen van een overgangsconstructie in de vorm van doorgroeistenen of geotextiel (versterkte grasmat) wordt het risico tot een minimum beperkt. Indien gewenst wordt verzocht dit voor te schrijven. Opgemerkt wordt dat in de huidige situatie een overgangsconstructie eveneens niet aanwezig is. De stabiliteitsfactor van de dijk wijzigt wordt niet verlaagd door de aanleg. Er geldt derhalve ook geen hersteltijd.

Keileem in de Afsluitdijk is voornamelijk aanwezig aan de buitenzijde van de dijk. Over het gehele kabeltracé tussen Breezanddijk en de Friese kust is dan ook geen keileemlaag aanwezig waar bij de aanleg van de kabel rekening mee moet worden gehouden, behalve bij dijkvak 11. Op locaties waar de keileemlaag wordt gekruist adviseert Fugro om de keileem ter plaatse van de ontgraving te vervangen door verdichte klei van categorie 1 om het waterkerend vermogen van dit deel van de dijk te waarborgen. Conform advies zal dat deel van de keileemlaag worden verwijderd, vervangen worden door klei van categorie 1. De dikte van de kleilaag komt overeen met de dikte van de verwijderde laag.

Het risico op eventuele schade aan de bestaande kabels is goed te beheersen door voorafgaand aan de werkzaamheden de ligging van de bestaande kabels vast te leggen door middel van een klic-melding. Door zorgvuldig graven wordt beschadiging aan de bestaande kabel voorkomen.

Reparatiewerkzaamheden

De kabel is ontworpen en getest voor een levensduur van 40 jaar. Dat er gedurende de levensduur van een turbine nooit een gebrek aan de kabel optreedt, is echter niet uit te sluiten. Indien een deel van de kabel kapot is, zijn enkele dagen nodig om het defect te detecteren. Dit gebeurt met een meetkoffer die tot op enkele meters nauwkeurig het defect kan opsporen. Daarna wordt een gebied van circa 2 x 10 meter opengebrouwen tot op een diepte die net iets dieper ligt dan de kabel. De reparatie kan snel worden uitgevoerd (enkele dagen), omdat reserve onderdelen altijd voorradig zijn. De ontgraving wordt daarna direct dichtgemaakt. Aangezien de kabels ten westen van Kornwerderzand onder een verhard oppervlak zijn gelegen (fietspad) geldt voor dit deel van het tracé dat de bekleding direct na het herstel van het asfalt op volledige sterkte is. Voor het deel ten oosten van Kornwerderzand geldt dat het fietspad ook naast het fietspad is gelegen en dat de bodem na reparatie weer wordt ingezaaid met gras. Dit gras heeft een groeiperiode en het duurt enige tijd voordat het gras op hetzelfde

niveau is als in de huidige situatie. Mocht er overslag in de eerste jaren plaatsvinden waardoor de locatie wordt aangetast, wordt dit hersteld door de vergunninghouder.

Een reparatie zal ook in het stormseizoen moeten kunnen plaatsvinden, omdat de stroomvoorziening niet enkele maanden stil kan liggen. Bij een defect zal de waterbeheerder direct worden ingelicht. Hoewel de ontgraving zeer beperkt is, zal 24 uur per dag worden gewerkt om de ontgraving zo kort mogelijk aanwezig te laten zijn. Bij dreigend hoog water zal de ontgraving snel worden afgedekt met erosiebestendig materiaal dat te allen tijde paraat wordt gehouden. Er wordt alleen met de werkzaamheden gestart als de voorspellingen geen aanleiding geven dat binnen de uitvoering van de werkzaamheden een relevante hoogwaterstand te verwachten is. Het protocol voor het uitvoeren van reparaties (in het stormseizoen) wordt in detail uitgewerkt en zal onderdeel uitmaken van het veiligheidsplan voor de exploitatiefase dat 3 maanden voorafgaand aan de exploitatiefase ter goedkeuring aan Rijkswaterstaat wordt voorgelegd.

Kruisingen

Voor het traject om de sluizen van Kornwerderzand te passeren, wordt middel van HDD-boringen uitgevoerd. HDD boringen zijn goed beheersbaar, waardoor mogelijke risico's worden geminimaliseerd. De boringen zullen plaatsvinden in het open seizoen. Er wordt niet geboord bij extreem hoog water of onder extreme weersomstandigheden. Voor de boringen is een veiligheidsbeschouwing uitgevoerd, waarbij is gekeken naar de damstabiliteit, het alignement en zettingen.

Damstabiliteit

Onder andere rondom de sluiskolk zijn damwanden aanwezig, waar de installatie van de HDD boring effect op kan hebben. Door het tracé van de HDD boring buiten het beïnvloedingsgebied te laten lopen, is geen risico op verminderde damwandstabiliteit. Dit wordt in een later stadium nader uitgewerkt en voorafgaand aan de boring ter goedkeuring aan Rijkswaterstaat voorgelegd.

De kans op aantasting van de damstabiliteit als gevolg van kleine ontgravingen bij het in en uittredepunt van de HDD boring wordt zeer gering geacht, aangezien deze locaties in het achterland op ruime afstand van het damtalud zijn gelegen en dus niet op kritische locaties. Bovendien kan met grondkerende schermen eenvoudig een stabielere situatie worden gecreëerd.

Alignement

Bij voldoende afstand tussen het tracé van de HDD boring en bestaande constructies is geen aanleiding aan te nemen dat er risico op zakking dan wel negatief effect op de waterkering optreedt. Wanneer een afstand van circa 15 a 20 meter wordt aangehouden zijn er geen effecten te verwachten. Deze afstand geldt als uitgangspunt. Wanneer uit detailontwerp blijkt dat een kleinere afstand geen (ander) effect heeft, wordt gemotiveerd een kleinere afstand aangehouden. Voorafgaand aan de bouw wordt het definitieve ontwerp aan u voorgelegd, waarin het aanhouden van dergelijke afstanden wordt geverifieerd.

Zettingen

De HDD boring is op voldoende afstand van het sluizencomplex gelegen om geen zakkingen van de fundatiepalen tot gevolg te hebben. Voor installatie van de HDD boringen wordt een

bentonietmengsel als boorvloeistof toegepast, wat het boorgat achter zich dicht. In de boringen worden mantelbuizen geplaatst waar de kabels doorheen worden gevoerd waardoor geen relevante zettingen worden verwacht. Het tracé van de boring passeert geen bebouwing van Kornwerderzand onderlangs.

Voor wat betreft zettingsvloeiing kan worden opgemerkt dat dit kan worden uitgesloten als de onderkant van de HDD boring minimaal 15 meter onder verwekingsgevoelige lagen ligt. De boring wordt op 15 meter onder deze lagen uitgevoerd of minder als uit detail engineering blijkt dat dit mogelijk is. Drie maanden voorafgaand aan de uitvoering van de boringen wordt een uitgewerkt ontwerp, inclusief een detailbeschouwing van de benodigde beheersmaatregelen ter goedkeuring aan Rijkswaterstaat voorgelegd, zoals in paragraaf 5.5. weergegeven.

Piping is niet aan de orde aangezien er geen waterstandsverschil tussen het in- en uitredepunt van de boring is.

Grond-kabelinteractie tijdens exploitatie

Tijdens het optreden van hoog water en door de verhoging van de Tuimeldijk kunnen er vervormingen optreden in de Afsluitdijk. Omdat de kabel een 'stijf' element in een bewegende dijk betreft, kan er zogenoemde liggerwerking optreden. Fugro heeft voor twee scenario's berekend hoe groot de vervormingen in de dijk kunnen zijn.

- Maatgevend hoog water tegen de dijk
- Maximale verhoging van de tuimeldijk

Uit de berekening van Fugro blijkt dat de verhoging van de tuimeldijk maatgevend is voor de grondvervorming bij de kabels. De berekening laat vervormingen zien van circa 0,03 meter met een maximum van 0,05 m. Deze grondvervormingen treden ook op zonder de aanwezigheid van de kabel. Het is mogelijk dat de kabel iets minder vervormt dan de berekende 0,05 m (orde van grootte), doordat niet alle grondvervorming op de kabel wordt overgedragen. Stel dat de dam vervormt, dan zullen de kabels stabielere zijn dan de grond, zoals dat ook het geval is voor het aanwezige fietspad, de snelweg en de funderingen van de vangrail. Dit levert een weerstand op die afschuiven bemoeilijkt (wat positief is voor de stabiliteit van de kering). Gezien de grote omvang van de Afsluitdijk ten opzichte van de diameter van de kabels heeft dit effect een heel kleine (positieve) invloed. Het optreden van minimale holle ruimtes is niet volledig uit te sluiten maar leiden niet tot een aantasting van de stabiliteit van de waterkering aangezien deze minimaal zijn en de grond ook flexibiliteit kent.

Temperatuurseffecten

Door Fugro is bekeken of de warmte die door de hoogspanningsleiding wordt gegenereerd een nadelig effect kan hebben op de kwaliteit van de grasmatten, die mede bepalend is voor de overslagbestendigheid van de dijk. Er is gekeken naar verschillende elementen, waaronder temperatuurverhoging, verdampingstoename en droogte (zie rapportage Fugro). Al deze elementen dragen bij aan een algemene conclusie over temperatuur effecten als gevolg van de kabel in de Afsluitdijk. Gezien het lage vermogen van de warmtelevering, de gedempte luchttemperatuur in waterrijke omgeving, de relatief hoge luchtvochtigheid en de relatief gunstige expositie van de dijk ten opzichte van de zon is het onwaarschijnlijk dat de verdroging in de huidige situatie optreedt. Ook voor de toekomstige situatie wordt geen meetbare invloed

verwacht van de temperatuurverhoging door de aanwezigheid van kabels. De zoninstraling op het fietspad is veel meer dan de maximale warmteproductie van de kabel. De toekomstige situatie wijkt derhalve niet af van de huidige (referentie) situatie, omdat de bijdrage van de kabel verwaarloosbaar is ten opzichte van het fietspad.

Glijvlakken bij calamiteit

Hoewel voortdurende kortsluiting in de kabel vrijwel uitgesloten is, omdat het gebruik van differentiaal materiaal ervoor zorgt dat de spanning meteen wordt afgesloten, heeft Fugro stabiliteitsberekeningen gedaan om meer inzicht te krijgen van het effect van langdurige kortsluiting op de macrostabiliteit van de waterkering. De berekeningen zijn uitgevoerd voor verschillende scenario's:

- 1.0 Referentieniveau (huidige geometrie) zonder activiteiten;
- 1.1 Huidige geometrie, met kortsluiting;
- 1.2 Huidige geometrie, met kortsluiting en overslag (dijk verzadigd);
- 1.3 Huidige geometrie, met golfoverslag (dijk verzadigd);
- 2.0 Toekomstige geometrie, verhoogde tuimeldijk naar NAP +10,0m;
- 2.1 Toekomstige geometrie, met kortsluiting;
- 2.2 Toekomstige geometrie, met kortsluiting en golfoverslag (dijk verzadigd);
- 2.3 Toekomstige geometrie, met golfoverslag (dijk verzadigd).

De resultaten van de berekening zijn hieronder weergegeven. De berekeningen zelf en onderliggende uitgangspunten zijn terug te vinden in de rapportages van Fugro in de bijlagen.

Tabel 7.3 Scenario's kortsluiting

Scenario	Situatie	Stabiliteitsfactor Tuimeldijk	Minimaal vereiste stabiliteitsfactor
1.0	Referentie	1,29	1,22
1.1	Referentie i.c.m kortsluiting	1,29	1,22
1.2	Referentie i.c.m. kortsluiting & golfoverslag	0,69	1,22
1.3	Referentie i.c.m. golfoverslag	0,69	1,22
2.0	Referentie (verhoogde tuimeldijk)	1,26	1,22
2.1	Referentie i.c.m. kortsluiting	1,26	1,22
2.2	Referentie i.c.m. kortsluiting en golfoverslag	0,67	1,22
2.3	Referentie i.c.m. golfoverslag	0,67	1,22

Uit de resultaten komt naar voren de stabiliteitsfactor niet wijzigt in het geval van kortsluiting voor zowel de huidige als toekomstige referentiesituatie. Kortsluiting heeft dus geen effect op de stabiliteit van de dijk. Dit volgt ook uit het gegeven dat kortsluiting alleen tot schade aan de kabel leidt; buiten de kabel is er geen relevante invloed. Mocht er schade zijn aan een kabel kan deze worden opgespoord op afstand of met instrumenten bovengronds. Er is geen ingreep in de grond vereist.

Zwaar transport over de waterkering

Stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd waarbij zwaar transport over de reguliere weg van de waterkering is beschouwd. Er wordt geconcludeerd dat bij een zware belasting van 80 kPa over

een breedte van 3 of 6 m de stabiliteitsfactor niet dusdanig afneemt dat de standzekerheid van de waterkering in het geding is. Transport maakt echter geen onderdeel uit van onderhavige aanvraag. Alle transporten zullen moeten voldoen aan de eisen qua belasting en afmetingen die van toepassing zijn voor de A7 ter plaatse van de Afsluitdijk en eventueel hiervoor een ontheffing bij de RDW vragen.

7.2.2 Elektromagnetische straling

Effecten als gevolg van elektromagnetische straling (velden) zijn op verzoek van Rijkswaterstaat bepaald aangezien het fietspad tevens inspectiepad is voor het onderhoud van de Afsluitdijk en de kabel onder het fietspad gepland is.

In Nederland wordt een magneetveldzone aangehouden van maximaal 0,4 micro Tesla bij (bovengrondse) hoogspanningslijnen, waarin zich geen gevoelige bestemmingen mogen bevinden, zoals woningen en scholen, waar langdurig verblijf plaatsvindt op grond van het advies van het ministerie van VROM (2005/2008). Er is geen sprake van gevoelige bestemmingen in de nabijheid van de kabels of het transformatorstation.

De Europese Unie hanteert voor de publieke ruimte de maximaal toelaatbaar elektromagnetische veldsterkte een referentieniveau van 100 microtesla voor bescherming van leden van de bevolking vastgelegd. Deze waarde wordt in Nederland op voor het publiek toegankelijke plaatsen niet overschreden, ook niet in de buurt van hoogspanningslijnen.¹ Beneden het referentieniveau veroorzaakt het magneetveld geen directe effecten.

Bij tracering van de kabel (ondergrondse verbinding) is afstand gehouden van gevoelige bestemmingen (woningen, scholen). Tussen Breezanddijk en de kop van de Afsluitdijk liggen de kabels onder /naast het fietspad, tevens inspectiepad van Rijkswaterstaat. Dit is geen gevoelige bestemming en er is geen sprake van langdurig verblijf.

Om te bepalen of de kabels aan het Europese referentieniveau van 100 μ T voldoen is de bijbehorende magneetveld voor twee 110 kV kabels berekend door Energy Solutions. De gehanteerde uitgangspunten zijn in de tabel opgenomen.

Tabel 7.4 Uitgangspunten berekening magneetveld kabels Windpark Fryslân

Onderdeel	Uitgangspunt	
Kabeltype	EYAlkrvlwd 64/110kV 1x1600Alrs	
Aantal Circuits	2	
Max vermogen per kabel	350MVA / 2 = 175MVA	
Capaciteitsfactor	50% (conform RIVM)	
Gemiddelde belasting	175 MVA @ 110kV = 918A x 50% = 459A	
Ligging	Configuratie	Driehoek
	Fasevolgorde	Gespiegeld
		R

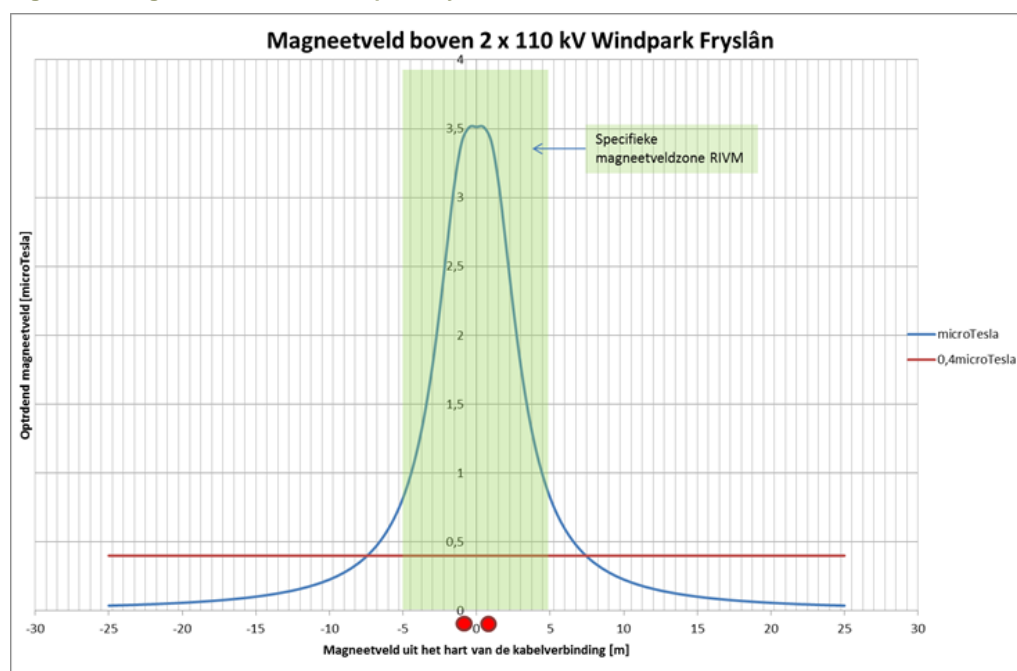
¹ EU aanbeveling voor de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden, 1995/519/EG

	ST	TS
Hartafstand circuits	1500mm	
Diepte	1000mm (dek)	
Aarding	crossbonding	

De resultaten zijn in de volgende figuur weergegeven. De rode stippen zijn de locaties van de hoogspanningscircuits. De blauwe lijn geeft het magneetveld dwars op deze verbinding weer. Het groene gebied geeft de zogenaamde specifieke magneetveldzone. Deze wordt afgerond op 5 meter nauwkeurig. De zone is 5m aan weerszijde van het hart van de kabelverbinding.

Bij maximale belasting van de kabels wordt ruimschoots aan het Europese referentieniveau van 100 μT voldaan. Voor het transformatorstation geldt dat het niveau van 100 μT niet buiten de muren van de gebouwen optreedt.

Figuur 7.1 Magneetveld kabels windpark Fryslân



Bron: Energy Solutions, 2015

7.2.3 Beheer waterkering

De aanwezigheid van het transformatorstation op Breezanddijk en de kabel in de dijk vormen geen belemmering voor het beheer van de waterkering. Door het plaatsen van het transformatorstation worden geen extra beheerwerkzaamheden toegevoegd. Het terreinbeheer binnen de grenzen van het station is de verantwoordelijkheid van Windpark Fryslân. De locatie van het transformatorstation is op voldoende afstand gelegen van het talud en de randen van infrastructuur om geen belemmering te vormen voor het beheer ervan. Zowel voor de bouw als de exploitatiefase geldt dat er geen effect optreedt op de toegankelijkheid van de waterkering ten behoeve van onderhoud, inspectie of reparatie. De huidige toegangswegen tot de

waterkering blijven in de exploitatiefase ten alle tijden toegankelijk voor het Rijkswaterstaat. Hetzelfde geldt voor de ligging van de kabel. Tijdens de aanlegfase wordt geborgd dat de IJsselmeertaluds en de tuimeldijk bereikbaar blijven voor Rijkswaterstaat voor onderhoud en inspectie.

7.2.4 Versterking Afsluitdijk

In het kader van de versterking van de dijk is op de locatie van het transformatorstation op Breezanddijk geen versterking van de waterkering voorzien. De realisatie van het transformatorstation is dan ook niet van invloed op de versterking van de dijk. Voor de aanleg van de kabel vindt geregeld overleg plaats met Rijkswaterstaat ter afstemming met de werkzaamheden voor de versterking van de Afsluitdijk. De versterking vindt met name aan de Waddenzeezijde plaats.

7.3 Veiligheid scheepvaart

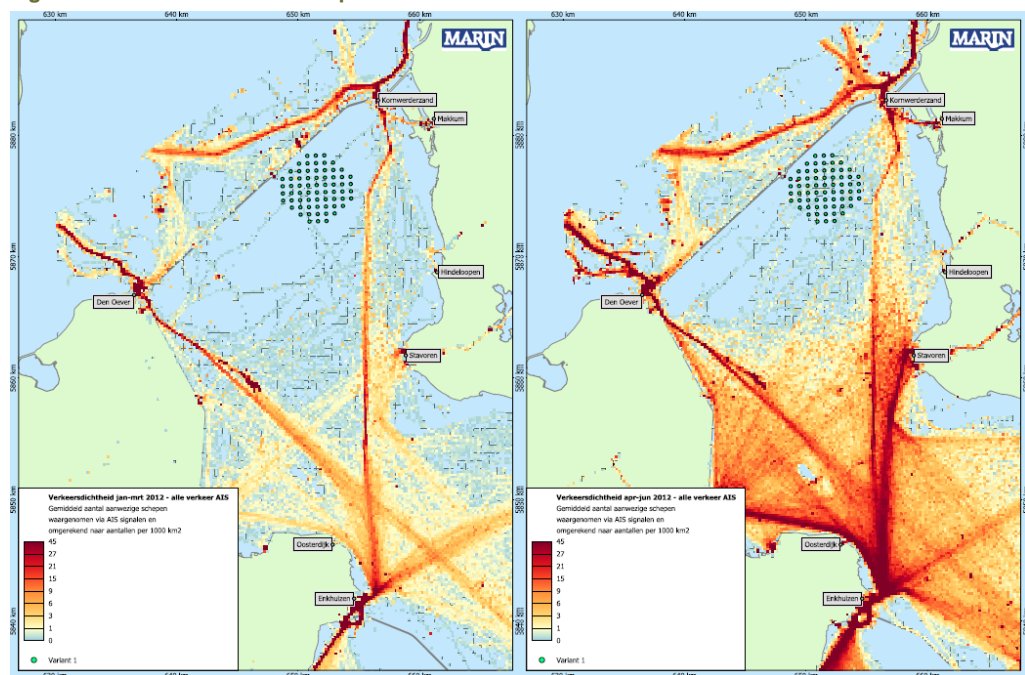
Ten behoeve van het MER Windpark Fryslân is door MARIN een onderzoek uitgevoerd naar de scheepvaartveiligheid in en rondom Windpark Fryslân (Bijlage 6). Hierin is onderzocht wat de aanvaringskans is voor zowel de beroepsvaart als de recreatievaart. Aanvullend is in het MER een onderzoek uitgevoerd naar de effecten van een aanvaring (Pondera Consult). Als uitgangspunt is gehanteerd dat het windpark toegankelijk blijft voor de scheepvaart. Rijkswaterstaat heeft aangegeven dat dit het geval is maar dat zij, Indien daartoe aanleiding ontstaat maatregelen kan treffen.

7.3.1 Beroepsvaart

Het risico van de aanwezigheid van een windpark voor de beroepsvaart is gelegen in de kans op het raken van een windturbine en de gevolgen van een dergelijk incident. Een dergelijk contact met een turbine kan het gevolg zijn van twee mogelijke hoofdoorzaken, een navigatiefout (menselijke fout) en een motor/stuurinrichting storing. Als een schip een navigatiefout maakt en dit wordt te laat ontdekt kan dit leiden tot een *ramming*. Bij een *ramming* is de snelheid van het schip gelijk aan de vaarsnelheid en is de richting waarin het schip zich beweegt vrijwel gelijk aan de originele vaarrichting. Als een schip een motorstoring krijgt kan het gaan drijven. Hierdoor kan een schip onbestuurbaar worden en tegen een windturbine aandrijven. De snelheid van een schip is bij een drift lager dan de originele vaarsnelheid. De drift richting zal niet veel verschillen van de originele vaarrichting.

De intensiteit van beroepsvaart op de locatie van Windpark Fryslân is beperkt. In figuur 6.1 is een dichtheidskaart weergegeven van de beroepsvaart met AIS.

Figuur 7.2 dichtheidskaart beroepsvaart



Dichtheidskaart gebaseerd op alle schepen met AIS; links jan-mrt 2012; rechts apr-juni 2012

De kans op incidenten op de locatie van het windpark is door MARIN bepaald. Binnen het SAMSON-model² wordt gewerkt met één ongevalskans, die beide oorzaken (ramming & driften) omvat. Dit betekent dat de resultaten van het model zowel de aanvaar- als de aandrijffrequenties zijn. De ongevalskans is de kans per vaartuigmijl dat er 'iets' gebeurt wat kan leiden tot een aanvaring met een object.

De kans op het aanvaren/aandrijven van een windturbine is door MARIN bepaald voor de 89 turbines uit deze aanvraag. In de tabel hieronder is de aanvaringskans voor de beroepsvaart opgenomen. In bijlage 6 is de rapportage van MARIN opgenomen, waarin de berekende aanvaringskans wordt toegelicht.

Tabel 7.5 aanvaringskans beroepsvaart

Type vaart	Aanvaringskans
Beroepsvaart	6.720

De totale aanvaar/aandrijffrequentie voor de opstelling is daarmee eens in de 6.720 jaar. Bij de berekening is uitgegaan van het maximale effect (maximaal aantal turbines op vaste posities). De maximale aanvaringskans voor de beroepsvaart is daarmee erg laag.

7.3.2 Recreatievaart

Ook voor de recreatievaart is het risico van de aanwezigheid van een windpark het raken van een windturbine en de gevolgen van een dergelijk incident. Voor de recreatievaart geldt echter

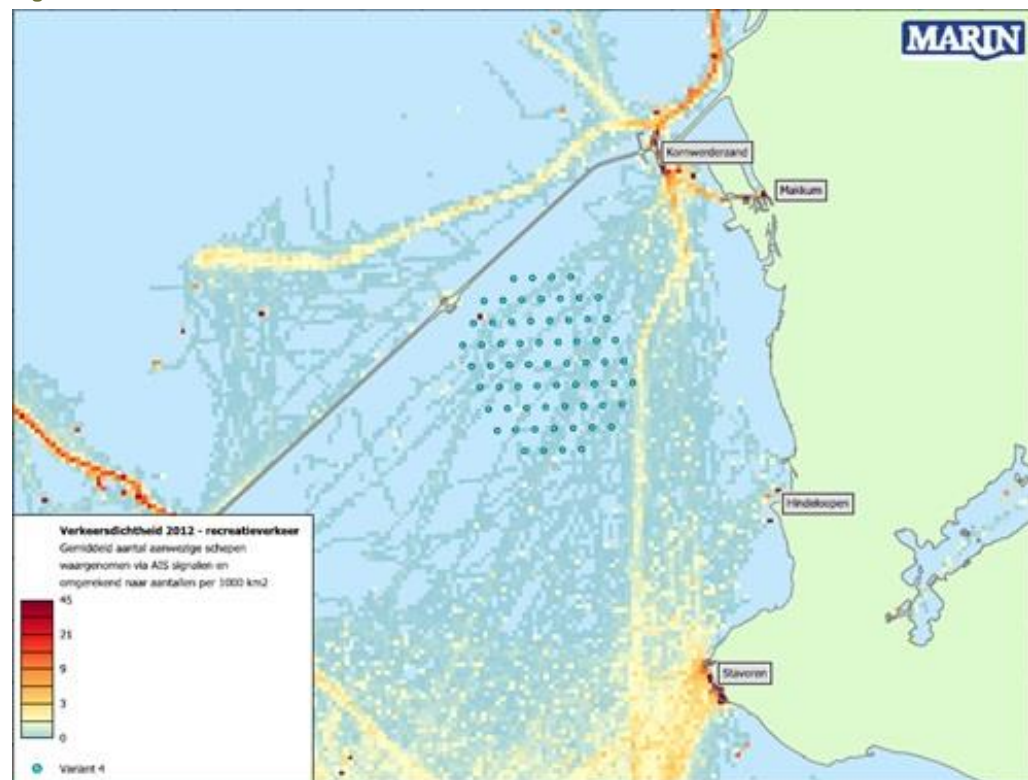
² Het model van MARIN waarmee de aanvaring-/aandrijvingskans wordt berekend.

dat deze minder volgens vaste routen varen, waardoor een risicoberekening (volgens het SAMSON-model) minder geschikt is. Wel kan op basis van KNRM gegevens en gegevens uit overige onderzoeken de kans op contact met een turbine worden weergegeven.

Kans op incidenten

Slechts een deel van de recreatievaart heeft AIS aan boord, waardoor AIS data geen volledig beeld geeft van het recreatieverkeer in het plangebied. Op basis van deze AIS gegevens, aangevuld met overige bronnen, zoals onderzoeken naar recreatie op het IJsselmeer en KNRM gegevens, is de recreatievaart op het IJsselmeer in kaart gebracht. Dit laat zien dat voor het deel van de recreatievaart die AIS aan boord hebben geldt dat met name gebruik wordt gemaakt van de vaarrouten (Lorentzsluizen en Enkhuizen). De recreatievaart is in mindere mate op de locatie van het windpark terug te vinden. Dit is ook enigszins te verklaren doordat het gebied ten westen van de locatie een beschermd gebied is (schietgebied Defensie), waar de recreatievaart in eerste instantie geen reden heeft om naar toe te varen. Daarnaast zijn de ondiepten bij 'De Zeug' (tussen het windpark en Den Oever) tevens een reden om niet in dat deel van het IJsselmeer te varen.

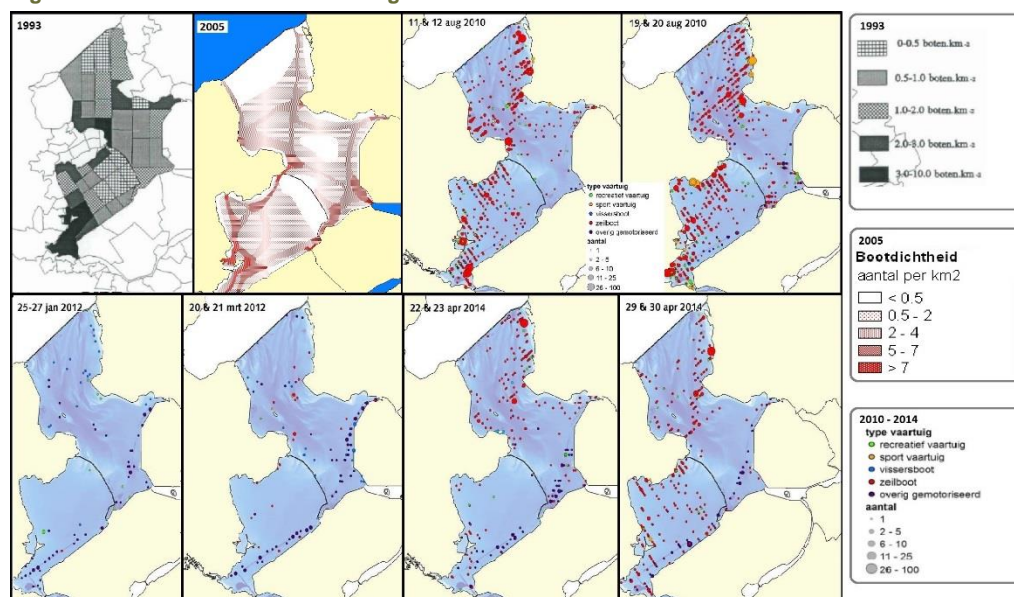
Figuur 7.3 Recreatievaart met AIS



Door de jaren heen zijn er meerdere onderzoeken gedaan (zie literatuurlijst), waarin de intensiteit, verspreiding en concentraties van de recreatievaart op het IJsselmeer en Markermeer een component is geweest. Veelal in relatie tot toerisme en de ecologische draagkracht van het gebied. Zo zijn er meerjarige studies waar op meerdere dagen en in verschillende jaren, het aantal recreatievaartuigen zijn geteld tijdens vaartuigtellingen en vogeltellingen boven het IJsselmeer. Deze dataset geeft een consistente trend weer van de

recreatievaart op het IJsselmeer en laat zien dat de intensiteit van de vaartuigen niet gelijk verdeeld is over het IJsselmeer, maar dat er sprake is van spreiding en concentratie. Hieruit is af te lezen dat de locatie van het plangebied van Windpark Fryslân veel minder schepen varen dan in andere delen van het IJsselmeer/ Markermeer. In figuur 6.3 is een uitsnede gemaakt van de verschillende intensiteit kaarten uit de verschillende onderzoeken.

Figuur 7.4 Vaarintensiteit IJsselmeer gedurende



Bron: Rapportage MARIN

Berekening aanvaringskans

Het grootste risico van het varen in een windpark treedt op als er bij een schip averij optreedt, waardoor het schip niet meer onder controle is en op drift raakt. Ook een navigatiefout (menselijke fout) kan leiden tot een aanvaring met een turbine, maar door de afstand tussen de turbines (minimaal 600 meter) in verhouding tot de grootte van de recreatieschepen in het gebied is de kans hierop erg klein. Overigens zijn de recreatieschepen veelal schepen die goed manoeuvreerbaar zijn en daardoor nog op het laatste moment kunnen corrigeren om een aanvaring te voorkomen (zie ook rapportage MARIN). Voor de berekening van de aanvaringskans gaat MARIN derhalve uit van schepen waarbij averij optreedt.

Op basis van KNRM gegevens is bepaald dat er per jaar gemiddeld 260 averij-incidenten met recreatievaart op het IJsselmeer zijn. Verreweg de meeste recreatievaart bevindt zich echter buiten het windpark, waardoor slechts een klein deel van de incidenten binnen het windpark plaatsvindt.

Op basis van de oppervlakte van het windpark kan het aantal incidenten binnen het windpark worden bepaald. De grootste oppervlakte (35km²) bedraagt 1,9% van de totale oppervlakte van het IJsselmeergebied (1.800km²). Als wordt aangenomen dat de recreatievaart uniform verdeeld is over het IJsselmeer, betekent dit dat er 4,9 incidenten als gevolg van averij plaatsvinden in het windpark. Dit betreft een zeer conservatieve beschouwing, aangezien er geen uniforme verdeling van de vaarbewegingen op het IJsselmeer is (zie figuur 7.7).

Daarnaast zullen niet alle schepen met averij dusdanige problemen hebben dat het schip totaal niet meer onder controle is.

Wanneer een schip op drift raakt dan zal het schip het park uitdrijven. De kans dat een schip hierbij in aanraking komt met een turbine is afhankelijk van de grootte van het schip en het aantal turbines dat moet worden gepasseerd. MARIN geeft aan dat de kans op het raken van 1 windturbine gelijk is aan 0.123. Bij 4.9 incidenten per jaar wordt de kans op het raken van een turbine eens in de 17 jaar, blijkt uit de berekening van MARIN. Daarbij heeft MARIN rekening gehouden met de omstandigheid dat voor het grootste deel (90%) van de schepen met averij het anker gebruikt wordt om driften en daarmee aanraking met een turbine te voorkomen. Dit is volgens MARIN nog steeds een conservatieve insteek aangezien geen rekening is gehouden met verdere beperking van drift ten gevolge van tijdige hulp door andere vaartuigen of de KNRM of met het eventueel gebruik van de turbine om het driften te stoppen (aanleggen bij de paal) of de oorzaak van het driften te verhelpen.

Wanneer er overigens wordt uitgegaan van minder incidenten per jaar die zich binnen het windpark bevinden, wordt de kans op het raken van een turbine proportioneel lager. Het is zeer waarschijnlijk dat er minder incidenten per jaar in het windpark voorkomen, aangezien de verdeling van vaarbewegingen niet uniform verdeeld is.

Dit aantal zal in de praktijk kleiner worden doordat:

- de KNRM al bij het schip kan zijn voordat het uit het windpark is gedreven is of tegen een paal gedreven is;
- De oorzaak van het driften verholpen is voordat een paal geraakt is;
- De paal als afmeersteiger kan fungeren.

Naast de kans op aanvaren / -drijven bestaat een kans op het raken van een rotorblad door de mast van een zeilschip. Uit aanbevelingen door de Royal Yacht Association (RYA) aan de autoriteiten blijkt dat een rotorblad minimaal 22 meter boven het wateroppervlak moet zijn om contact te voorkomen. Het kleine en grote turbinetype in onderhavig MER draaien op respectievelijk 28 en 35 meter boven het wateroppervlak. Het grootste deel van de chartervaart heeft masten van minder dan 30 meter boven NAP. Er is een klein aantal schepen met masten van deze hoogte (bijvoorbeeld schepen uit de zogenaamde bruine vloot) die op het IJsselmeer varen. De kans dat een schip met een dergelijke mast in het gebied vaart, stuurloos raakt en daardoor in het bereik van een rotor raakt, is verwaarloosbaar klein. Te meer omdat een schip van die afmeting bijzonder dicht langs de turbinemast moet varen om in aanraking te komen met de laagste rotortip. Wanneer een schip van die afmetingen met de boeg een turbine recht raakt, zit er voldoende ruimte tussen rotor/mast en de scheepsmast om elkaar niet te raken. De kans dat een schip zo dicht langs een turbine vaart/drift dat er contact is tussen de rotor en scheepsmast, is bijzonder klein. Daarbij betreft het ervaren schippers die goed kunnen navigeren en handelen in onverwachte situaties. Op basis hiervan worden geen effecten verwacht en wordt geen aanleiding gezien om maatregelen te treffen voor de grotere chartervaart.

De beleidsvisie recreatietoervaartnet (BRTN) biedt een beleidsvisie op het basistoervaartnet van Nederland. De AZM (verbinding zeil en motorvaartuigen) en BZM (ontsluiting zeil en motorvoertuigen) routes (waaronder de staande mastroute) die hierin worden beschreven

geven een masthoogte tot 30 meter. Het IJsselmeer is vanzelfsprekend ook in gebruik voor dergelijke schepen en maakt in zijn geheel onderdeel uit van het tourvaarnet. Voor de locatie van het windpark geldt dat er voldoende ruimte is langs het windpark via of naast de gemarkeerde vaarroute en de ondieptes voor de Friese IJsselmeerkust maar ook tussen de windturbines waardoor het windpark geen invloed heeft op de staande mastroute en deze invloed beperkt is door een afname van bevaarbaar oppervlak voor schepen die het niet prettig vinden om door het windpark te navigeren.

Natuurvoorziening/ werkeiland

Het effect van de natuurvoorziening (zie hoofdstuk 5 over natuur) op de scheepvaartveiligheid is verwaarloosbaar. De natuurvoorziening zal gemarkeerd worden voor de scheepvaart. De natuurvoorziening ligt in een deel van het IJsselmeer waar de intensiteit van het vaarverkeer zeer laag is. Beroepsvaart in dit deel van het IJsselmeer is vrijwel niet aan de orde en ook recreatievaart zal hier slechts beperkt varen. De natuurvoorziening is aflopend en bestaat voor het grootste deel uit zacht materiaal (zand). Mocht een vaartuig in aanraking komen met de natuurvoorziening zal deze in het ergste geval stranden. Negatieve effecten (schade, letsel) van contact tussen een vaartuig en de natuurvoorziening zijn niet te verwachten.

Ook voor het werkeiland geldt dat het effect op de scheepvaartveiligheid verwaarloosbaar is. De intensiteit van de vaarbewegingen in dit deel van het IJsselmeer zijn zeer laag. Daarnaast zal het werkeiland niet toegankelijk zijn voor de scheepvaart. Aanvaring is derhalve niet te verwachten. Het grootste deel van het werkeiland bestaat uit zacht materiaal, waardoor negatieve effecten beperkt zullen zijn, wanneer toch contact tussen een vaartuig en het werkeiland optreedt.

Tijdelijke effecten

Tijdens de aanlegfase en de verwijderingsfase van het windpark worden delen van het windpark, namelijk daar waar op dat moment wordt gewerkt, tijdelijk afgesloten voor de scheepvaart. Dit gebied is beperkt aangezien aan slechts enkele turbines tegelijkertijd wordt gewerkt. Het afgesloten gebied wordt duidelijk gemarkeerd om de zichtbaarheid te waarborgen. Naast deze tijdelijke, minimale beperking van het vaaroppervlak, zijn er geen effecten voor de scheepvaart te verwachten. De kans op aanvaring wordt verwaarloosbaar geacht gezien de tijdelijkheid van deze fasen, het 'opschuiven' van de werkzaamheden, de beperkte oppervlakte en het feit dat er met (relatief) goed weer gewerkt wordt (en daardoor het zicht goed is).

Conclusie

Door MARIN is geconcludeerd dat de aanvaringskansen zeer klein zijn en daarmee het risico beperkt. Daarnaast zijn de potentiële gevolgen van een aanvaring is veel gevallen klein. Het zal in het overgrote deel van de gevallen gaan om materiele schade. Ook de natuurvoorziening levert slecht een beperkt risico. Aangezien de scheepvaart in dit deel van het IJsselmeer zeer beperkt is, is kans op contact zeer klein. Daarnaast gaat het om zacht materiaal, waardoor een schip hoogstens zal stranden. Gevaarlijke situaties als gevolg van de natuurvoorziening zullen zich niet voordoen. Tijdens de bouw wordt het werkgebied afgesloten voor de scheepvaart. Dit gebied wordt duidelijk gemarkeerd met boeien.

7.4 Waterkwaliteit en ecologie

7.4.1 Waterkwaliteit

Vaar- en werktuigen bevatten milieugevaarlijke stoffen. Dit betreft met name brandstof en olie voor hydraulische systemen van bijvoorbeeld kraaninstallaties. Het vrijkomen van deze stoffen naar het water treedt slechts in geval van incidenten op door lekkage. In geval van een incident is de hoeveelheid van een stof die vrijkomt beperkt en zullen, op grond van het wettelijk kader, direct gemeld en opgeruimd dienen te worden. Belangrijke of grote negatieve effecten op de waterkwaliteit ten gevolge van een incident tijdens de bouwperiode worden niet verwacht.

Uitgaande van de bouwmaterialen die worden toegepast (beton en staal en natuurlijke materialen (zand/stenen) en wijze van aanleg zijn er geen gevolgen voor de waterkwaliteit. Uitloging is niet aan de orde. Dit is ook geborgd door het besluit bodemkwaliteit. Bij de aanleg van de fundatie dient erop te worden toegezien dat er geen milieuvreemde stoffen in het water terecht komen.

Door de werkzaamheden voor de aanleg van de fundatie treedt mogelijk tijdelijk en lokaal enige vertroebeling op. Bijvoorbeeld doordat bij graafwerkzaamheden slibopwerveling optreedt. Het slib zakt binnen korte tijd, enkele uren weer naar de bodem. Het gaat hier door de afwezigheid van stroming om een kortdurend en lokaal effect. Eventuele afgeleide gevolgen voor natuur door een tijdelijke vertroebeling zijn beschreven in het hoofdstuk natuur van het MER.

Wanneer de windturbines in werking zijn, treden geen gevolgen voor de waterkwaliteit op. Uit ervaringen met bestaande windturbines in het IJsselmeer (mondelinge mededeling beheerder Windpark Irene Vorrink) blijkt de corrosiesnelheid aanmerkelijk lager is dan op zee. Dit komt door het zoete karakter van het IJsselmeer. Hierdoor is slechts minimale corrosiebescherming nodig voor stalen delen (*monopile* is een stalen heipaal). Corrosiebescherming kan bestaan uit overdimensionering van staaldiktes of coating of toepassing van bijvoorbeeld zink- of aluminium anodes. De corrosie van staal heeft geen relevante invloed op de chemische waterkwaliteit. Bescherming van de fundaties tegen aangroei, door bijvoorbeeld inzet van speciale coating is niet aan de orde.

Kabels en transformatorstation

De aanleg van het transformatorstation op Breezanddijk heeft geen gevolgen voor de kwaliteit van het IJsselmeer water. Bij aanleg van de kabels in de IJsselmeerbodem, bij aanlanding op Breezanddijk en bij de passage van de sluizen bij Kornwerderzand met een gestuurde boring wordt erop toegezien dat geen milieuverontreinigende stoffen in het water terecht komen. Bij het toepassen van boorspoeling wordt de hoeveelheid vrijkomende boorspoeling tot een minimum beperkt. Boorspoeling is geen milieuverontreinigende stof. Tijdens de aanleg van de kabels in de IJsselmeerbodem kan door slibopwerveling het water (tijdelijk en lokaal) vertroebelen. Diverse technieken zijn mogelijk, zoals jetten, graven, ploegen en baggeren. In zijn algemeenheid geldt dat grond verplaatsende technieken, zoals baggeren, of mechanische installaties (kettinggraver) tot meer vertroebeling leiden in vergelijking met technieken die de bodem vloeibaar maken waardoor de kabel in de bodem zakt. De vertroebeling die optreedt duurt enkele uren tot maximaal circa een dag. Omdat het om een tijdelijk en lokaal effect gaat is dit als licht negatief beoordeeld.

Het werkeiland zal naar verwachting bestaan uit een combinatie van stortsteen met zand. De kwaliteit van het toe te passen zand/grond moet voldoen aan het Besluit Bodemkwaliteit. Bij de aanleg van het werkeiland is dan ook geen sprake van negatieve gevolgen voor de (chemische) waterkwaliteit optreden. Een tijdelijke lokale vertroebeling van het water door de aanleg van de natuurvoorziening treedt naar verwachting op, maar zal een beperkt effect hebben. Eventuele gevolgen voor natuur door de tijdelijke vertroebeling zijn beschreven in het hoofdstuk natuur van het MER.

7.4.2 Ecologie

Effecten heien fundaties

Er zijn meerdere fundatietypen mogelijk zoals hiervoor beschreven. De uiteindelijke keuze voor een principe wordt op een later moment gemaakt. Voor alle fundamentprincipes geldt dat dit kan leiden tot verlies van driehoeksmosselen door ruimtebeslag. Het ruimtebeslag is echter beperkt ten opzichte van het IJsselmeer. Eveneens kan door slibopwerveling tijdens de aanleg van de fundaties lokaal een tijdelijk verminderd doorzicht optreden.

De effecten van slibopwerveling als gevolg van de heiwerkzaamheden zijn beperkt. Aangezien geen tot minimale stroming in het plangebied is met uitzondering van het effect van opwaaing zal effect van vertroebeling beperkt zijn tot de locatie van de werkzaamheden en tijdelijk van aard. Een verminderd doorzicht leidt tot minder predatiesucces voor watervogels die duiken op vis of zoetwatermosselen. Gezien watervogels de locaties met werkzaamheden zullen mijden en de effecten slechts tijdelijk en lokaal van aard zijn en kunnen negatieve effecten op de beschikbaarheid van voedsel als gevolg van verminderd doorzicht worden uitgesloten. In het gebied komen zeer beperkt driehoeksmosselen en treedt geen relevant verlies aan areaal op. Ook voor baggeren geldt dat de effecten tijdelijke en lokaal van aard zijn. Hiervoor gelden dezelfde conclusies.

Voor wat betreft geluidseffecten op onderwaterleven kan worden aangegeven dat er onderwatergeluid optreedt tijdens zowel de aanleg als exploitatiefase. Tijdens de exploitatiefase is dit beperkt en ondergeschikt aan onderwatergeluid van reguliere scheepvaart. Tijdens de aanlegfase is het onderwatergeluid als gevolg van heiwerkzaamheden maatgevend. Hiervoor geldt dat de populaties van de soorten waar potentieel effect optreedt naar verwachting dan ook niet worden beïnvloed door de heiwerkzaamheden bij de aanleg van het windpark. Ook effecten op watervogels die afhankelijk zijn van de beschikbaarheid van vis voor overleving zijn derhalve niet aan de orde. Eventuele effecten van onderwatergeluid beslaan een zeer geringe oppervlakte van het IJsselmeer en treden uitsluitend op in de korte perioden dat daadwerkelijk wordt geheid.

In het MER zijn de effecten op ecologie in meer detail beschreven en wordt geconcludeerd dat de ecologische doelstellingen voor het IJsselmeer, zowel vanuit het Natura 2000 kader als vanuit de Kaderrichtlijn Water niet in het geding zijn.

Effecten kabelinstallatiemethoden

Als gevolg van de aanleg van de onderwaterkabels ontstaan geluidsemissies. De geluidsemissie is vergelijkbaar met de emissie van de scheepvaart in de vaargeul of van baggeren, wat nu ook regelmatig plaatsvindt om de vaargeul op diepte te houden. Het effect op vissen is daarmee zeer beperkt.

De effecten van slibopwerveling als gevolg van de kabelinstallatie zijn beperkt. Aangezien er slechts beperkt stroming in het IJsselmeer bestaat de slibdeeltjes binnen enkele uren tot een dag weer op de bodem neerdalen, is het effect zeer tijdelijk en lokaal. Het verminderen van het doorzicht is daarmee zeer beperkt. Voor het effect op driehoeksmosselen geldt dezelfde conclusie.

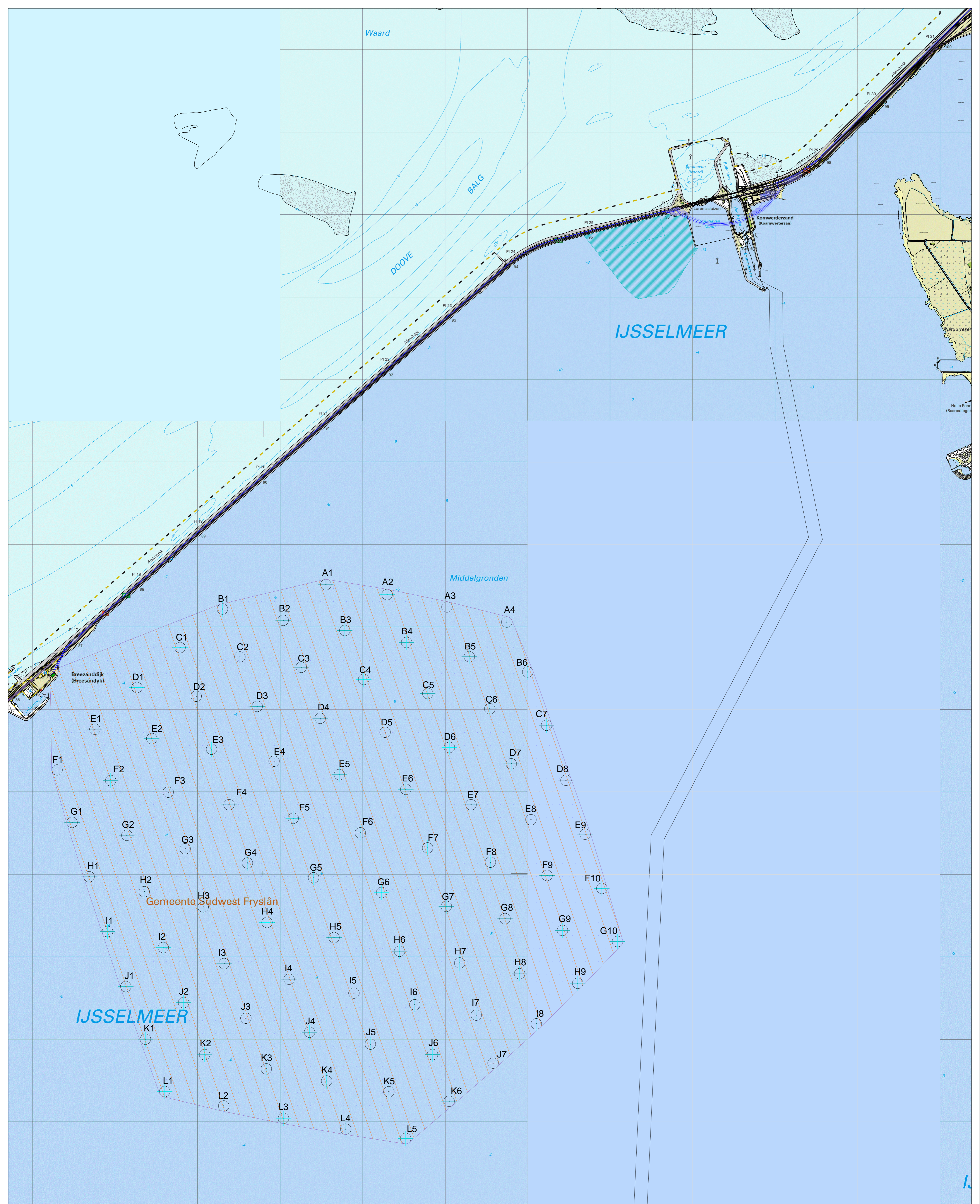
In het MER zijn de effecten op ecologie in meer detail beschreven.


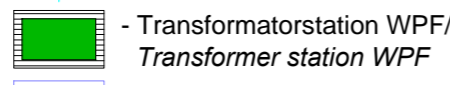
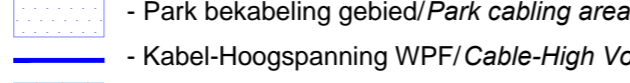
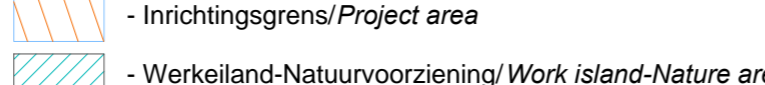


Natuurvoorziening/ werkeiland

De realisatie van de voorziening leidt in potentie tot slibopwerveling. Slibopwerveling leidt tot een tijdelijk verminderd doorzicht en kan het succes van voedselverzameling van vogels welke een bepaald niveau van doorzicht in het water nodig hebben. Tevens kan dit een negatieve invloed hebben door verlies van driehoeksmosselen (areaalverlies). Aangezien het slib binnen enkele uren tot een dag weer naar de bodem zakt, en er afgezien van opwaaiing geen stroming in het IJsselmeer is, is het effect van vertroebeling zeer beperkt. De effecten van de aanleg van de natuurvoorziening zijn tijdelijk en lokaal en om die reden beperkt van invloed op de waterkwaliteit en de ecologische waarden.

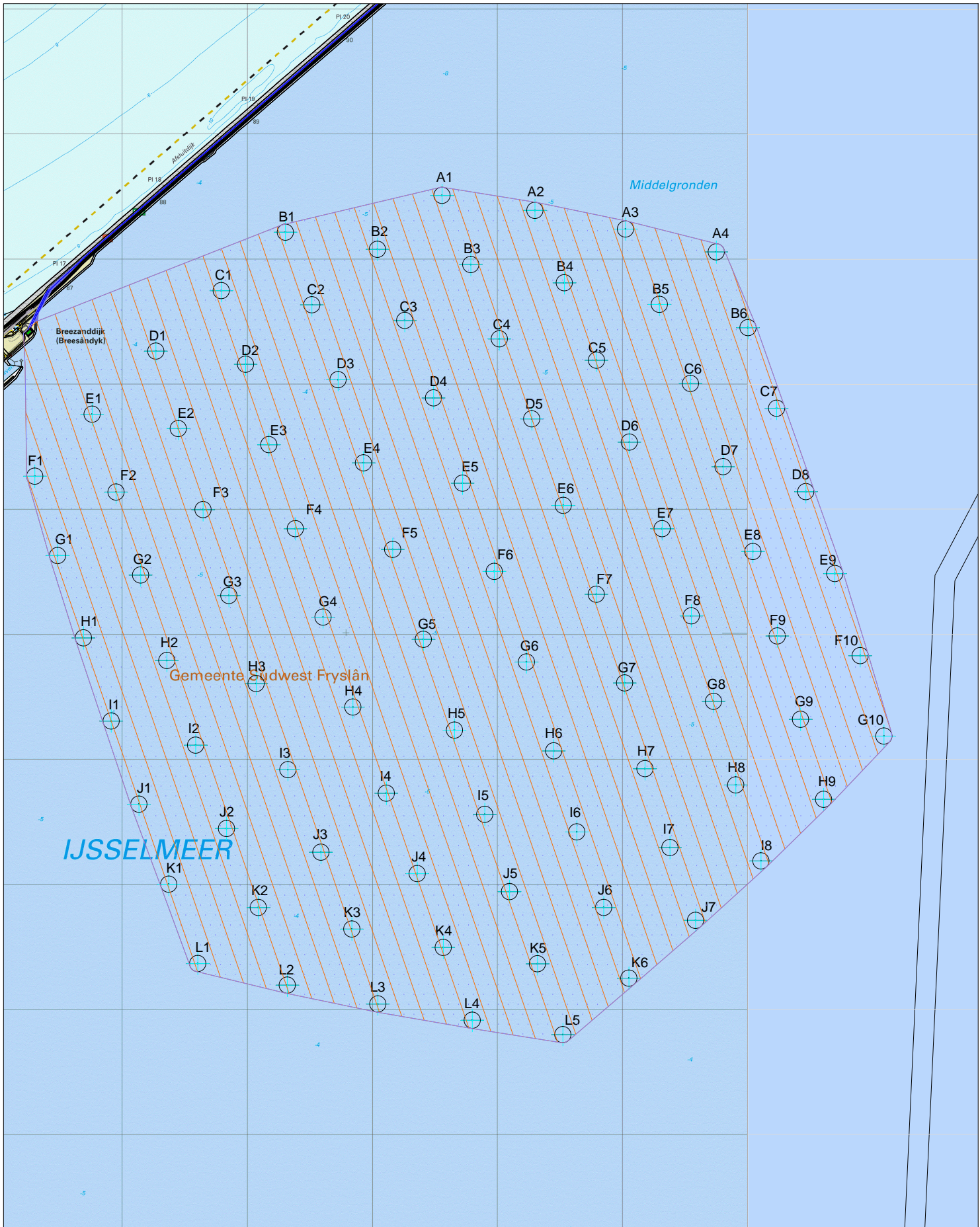
BIJLAGE 2 (A T/M F) OVERZICHTSTEKENINGEN










- LEGEND:**
-  - Windturbine
 -  - Transformatorstation WPF/
Transformer station WPF
 -  - Park bekabeling gebied/Park cabling area
 -  - Kabel-Hoogspanning WPF/Cable-High Voltage WPF
 -  - Inrichtingsgrens/Project area
 -  - Werkiland-Natuurvoorziening/Work island-Nature area


REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GETEKEND/DRAWN	GOEDGEKEURD/APPR.
00	09.06.2015	FOR PERMITS	RM	AB
Windpark Fryslân			PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines bv Duit 15, 83000 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE: Overzichtstekening plangebied windpark / Overview drawing project area windfarm				
PROJECT	FR	SITE	Fryslân	
SCHAAL/SCALE	1:20000	DOC. NO.	A1-01	
FORMAT/SIZE	A1	Dit is een tekening in eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.		

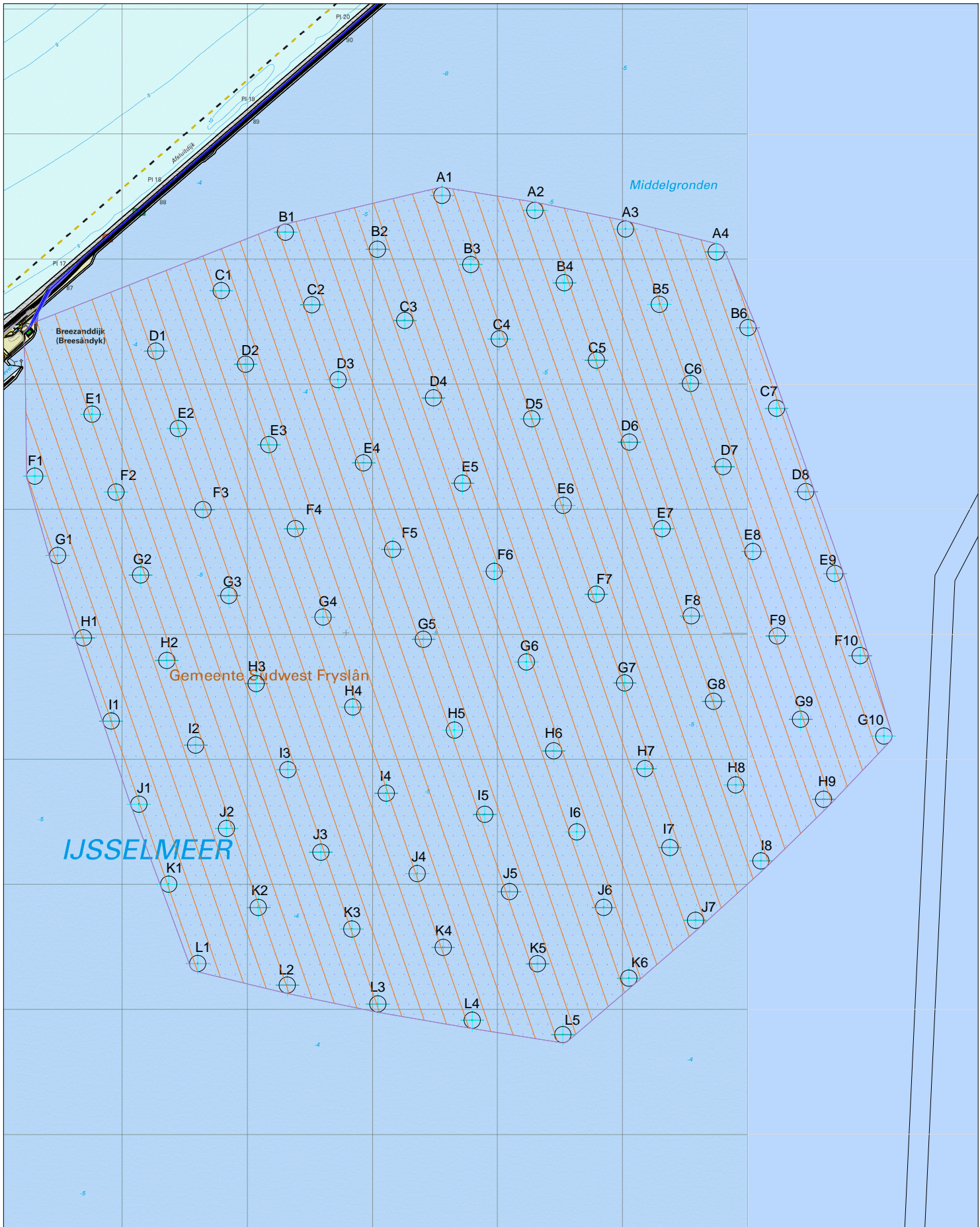


LEGEND:






-  - Windturbine
-  - Transformatorstation WPF/
Transformer station WPF
-  - Park bekabeling gebied/ Park cabling area
-  - Kabel-Hoogspanning WPF/ Cable-High Voltage WPF
-  - Inrichtingsgrens/ Project area




00	09.06.2015.	FOR PERMITS	RM	AB
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GETEKEND/DRAWN	GOEDGEKEURD/APPR.
Windpark Fryslân			 PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines bv Duit 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE				
Deeltekening / Section view drawing WTG's and park cabling				
PROJECT	FR	SITE	Fryslân	
SCHAAL/SCALE	1:40000	DOC. NO.	A1-03	
FORMAT/SIZE	A4			
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.				



LEGEND:

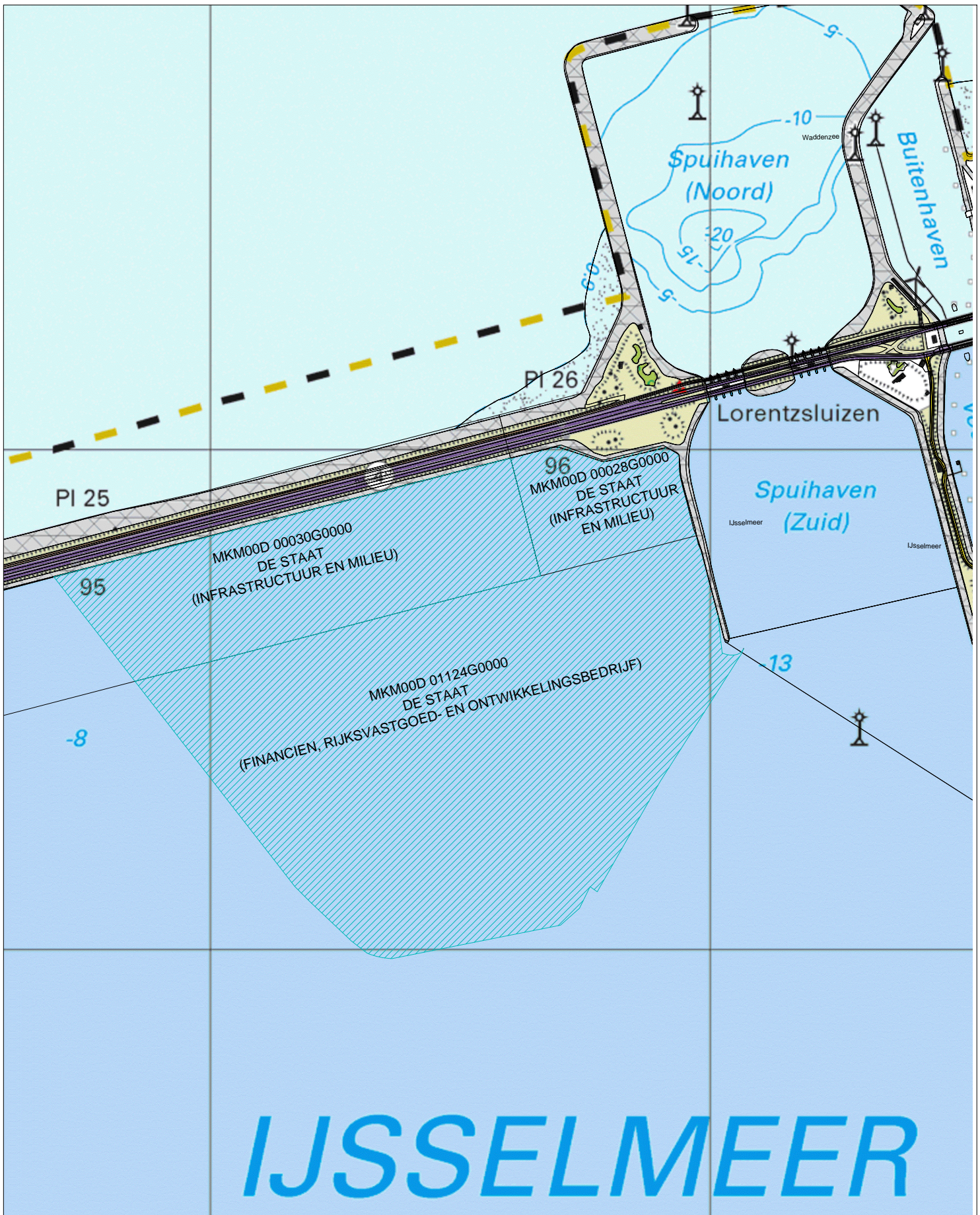
-  - Windturbine
-  - Transformatorstation WPF/
Transformer station WPF
-  - Park bekabeling gebied/ Park cabling area
-  - Kabel-Hoogspanning WPF/ Cable-High Voltage WPF
-  - Inrichtingsgrens/ Project area



00	09.06.2015.	FOR PERMITS	RM	AB
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GETEKEND/DRAWN	GOEDGEKEURD/APPR.
Windpark Fryslân			 PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines bv Duit 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE				
Deeltekening / Section view drawing WTG's and park cabling				
PROJECT	FR	SITE	Fryslân	
SCHAAL/SCALE	1:40000	DOC. NO.	A1-03	
FORMAT/SIZE	A4			
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.				

Breezanddijk Oudehaske







IJSSELMEEER



LEGEND:

 - Werkiland-Natuurvoorziening/ Work island-Nature area



00	09.06.2015.	FOR PERMITS	RM	AB
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GETEKEND/DRAWN	GOEDGEKEURD/APPR.
Windpark Fryslân			 PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines bv Duit 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE Natuurvoorziening plattegrond/ Nature area plan				
PROJECT	FR	SITE	Fryslân	
SCHAAL/SCALE	1:10000	DOC. NO.	A5-01	
FORMAT/SIZE	A4			
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.				

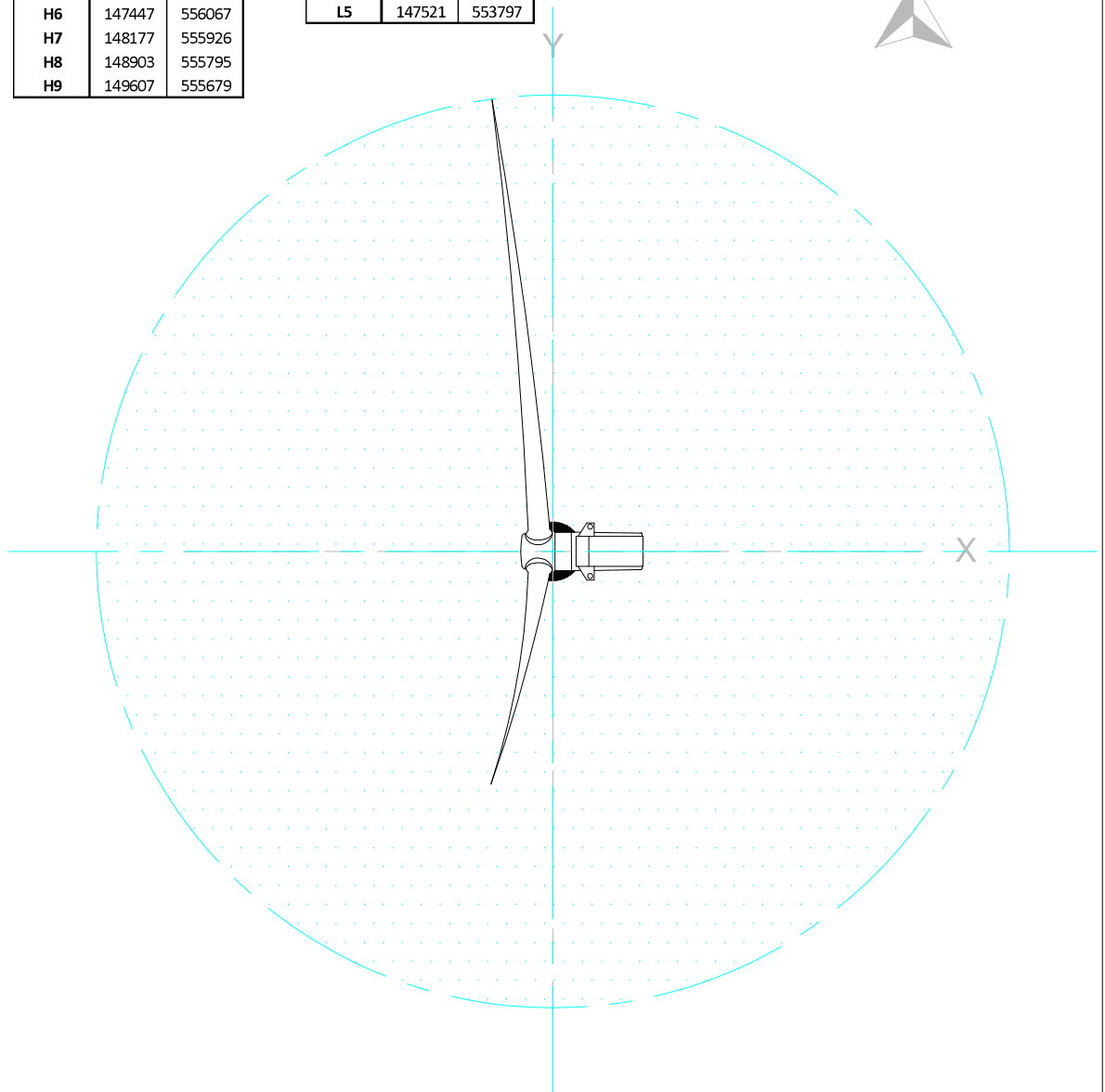
BIJLAGE 3 (A T/M G) DETAILTEKENINGEN



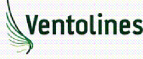
WTG ID	X	Y
A1	145300	560218
A2	146037	560080
A3	146554	560513
A4	146784	559958
B1	147296	560393
B2	147533	559813
B3	148022	560243
B4	148293	559641
B5	148748	560060
B6	149001	559454
C1	144787	559750
C2	145512	559637
C3	146255	559512
C4	147013	559364
C5	147789	559193
C6	148542	559008
C7	149230	558808
D1	144263	559266
D2	144982	559162
D3	145722	559038
D4	146485	558893
D5	147272	558725
D6	148052	558539
D7	148803	558342
D8	149465	558142
E1	143754	558761
E2	144443	558646
E3	145168	558518
E4	145926	558373
E5	146717	558210
E6	147523	558032
E7	148314	557845
E8	149041	557662
E9	149697	557487

WTG ID	X	Y
F1	143295	558266
F10	143945	558138
F2	144642	557997
F3	145380	557845
E7	146159	557680
F5	146972	557503
F6	147788	557321
F7	148549	557148
F8	149236	556987
F9	149899	556829
G1	143478	557631
G10	144141	557474
G2	144849	557310
G3	145602	557138
G4	146405	556959
G5	147230	556779
G6	148015	556612
G7	148726	556463
G8	149423	556320
G9	150090	556186
H1	143684	556972
H2	144352	556790
H3	145067	556605
H4	145841	556417
H5	146654	556234
H6	147447	556067
H7	148177	555926
H8	148903	555795
H9	149607	555679

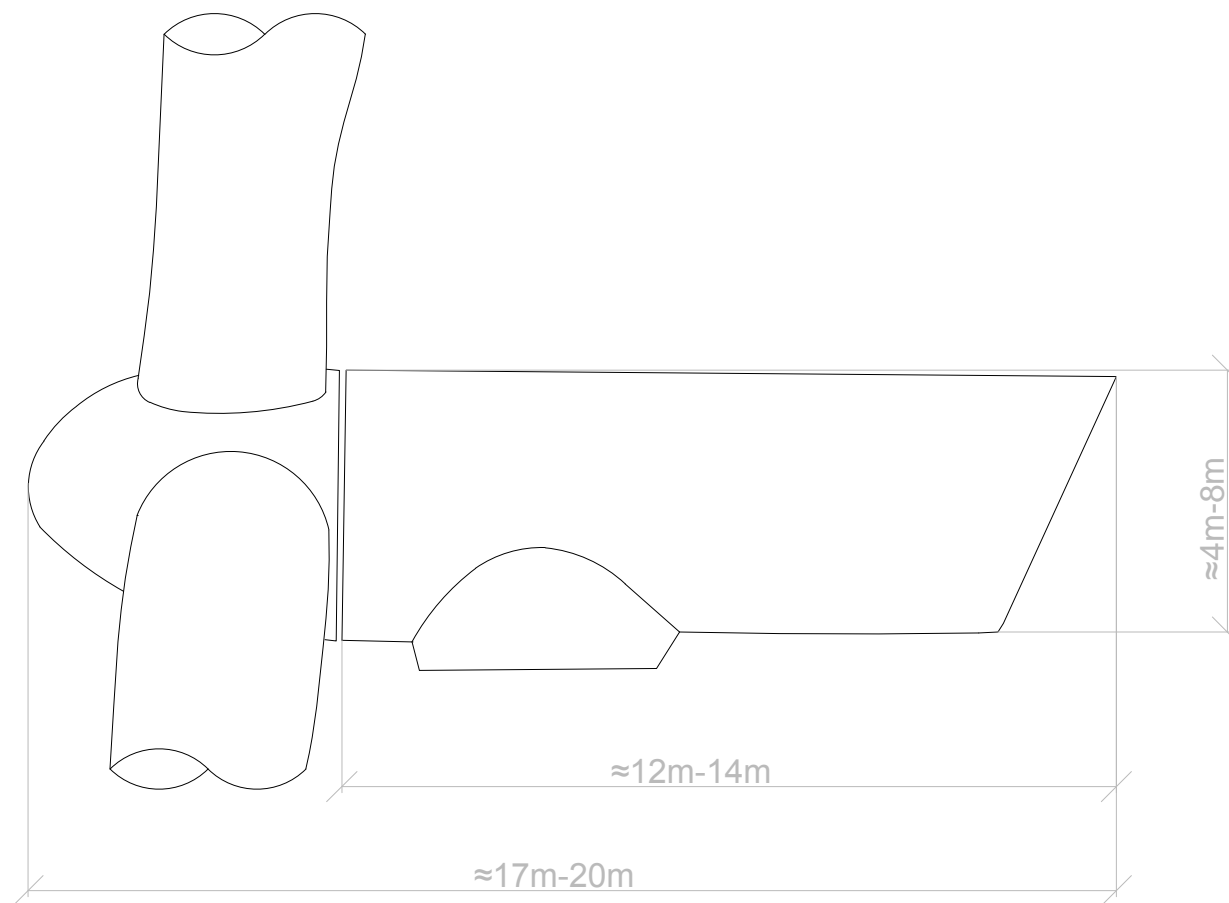
WTG ID	X	Y
I1	143906	556307
I2	144583	556113
I3	145320	555918
I4	146108	555729
I5	146895	555560
I6	147632	555419
I7	148377	555294
I8	149105	555188
J1	144128	555640
J2	144829	555445
J3	145584	555256
J4	146356	555085
J5	147093	554942
J6	147847	554815
J7	148581	554711
K1	144367	555000
K2	145084	554814
K3	145832	554642
K4	146564	554494
K5	147318	554364
K6	148048	554249
L1	144600	554366
L2	145316	554192
L3	146040	554042
L4	146795	553911
L5	147521	553797



- Draaicirkel rotor in verband met kruien rotor windturbine /
Rotation circle following from yawing of rotor windturbine

00	05.12.2014.	FOR PERMITS	RM	AB
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GETEKEND/DRAWN	GOEDGEKEURD/APPR.
Windpark Fryslân			 PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines bv Duit 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE Detail bovenaanzicht turbine/Detail top view turbine				
PROJECT	FR	SITE	Fryslân	
SCHAAL/SCALE	1:1000	DOC. NO.	B1-03	
FORMAT/SIZE	A4			
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.				

Indicatieve afmetingen/Indicative dimensions:



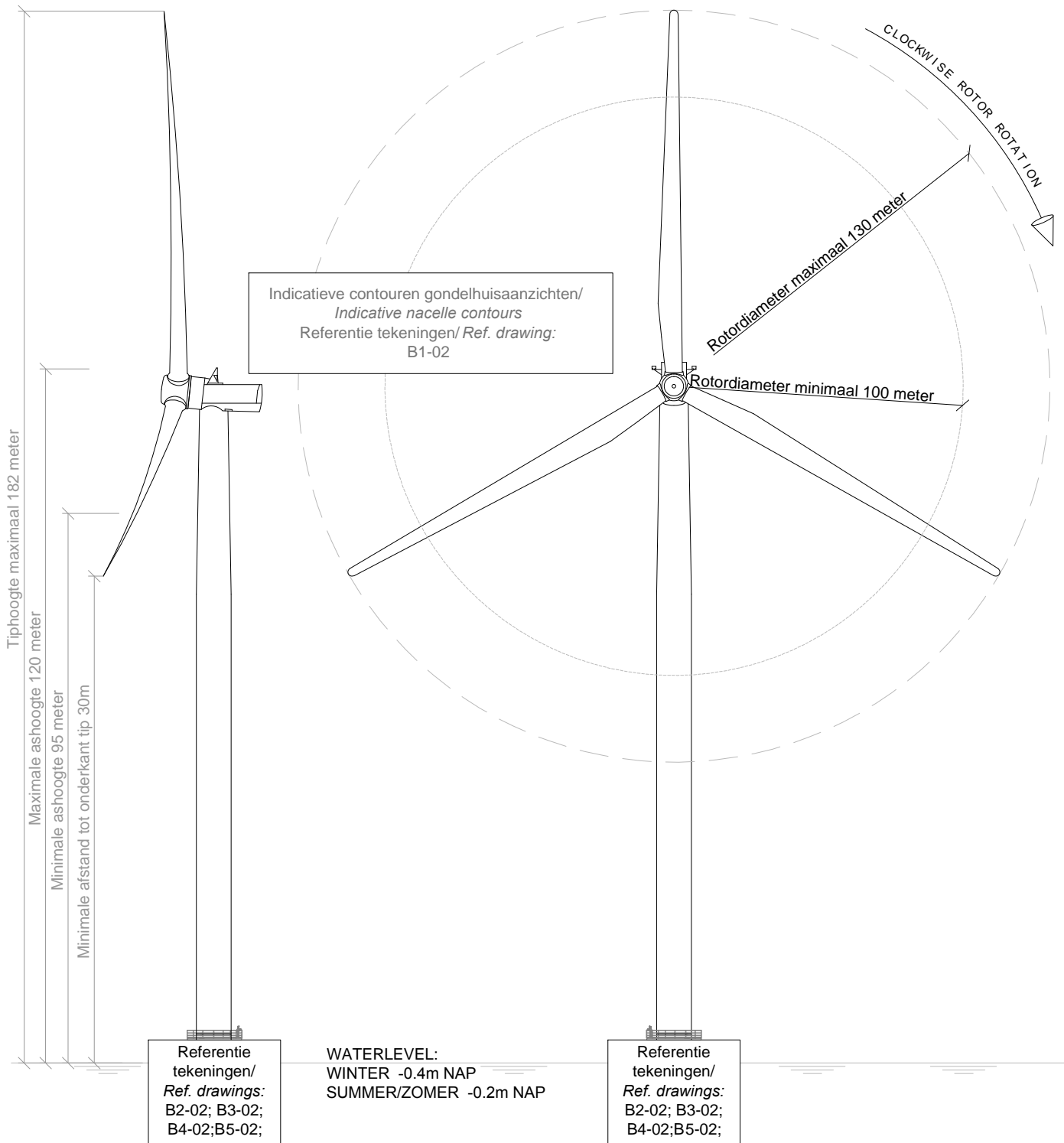
**Indicatieve contouren gondelhuisaanzichten/
Indicative nacelle contours**


Zijaanzicht/Side view	Vooraanzicht/Front view

Optionele toevoegingen aan gondel/Optional additions to nacelle:

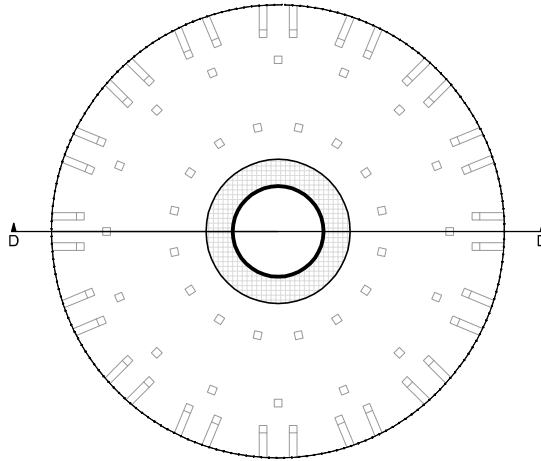
METEOROLOGICAL SENSORS	AVIATION LIGHT	COOLING SPOILER

00	05.12.2014.	FOR PERMITS	RM	AB
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GETEKEND/DRAWN	GOEDGEKEURD/APPR.
Windpark Fryslân			PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines bv Duit 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE				
Detail- aanzichten gondel (boven-, zij-)/Detail- nacelle views (top, side)				
PROJECT	FR	SITE	Fryslân	
SCHAAL/SCALE	NTS	DOC. NO.	B1-02	
FORMAT/SIZE	A3			
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.				



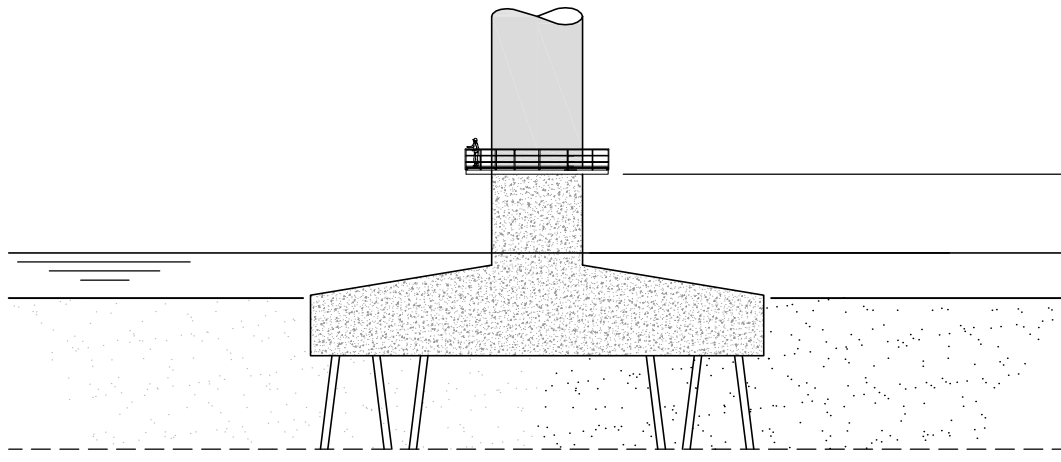
00	05.12.2014.	FOR PERMITS	RM	AB
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GETEKEND/DRAWN	GOEDGEKEURD/APPR.
Windpark Fryslân			 PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines bv Duit 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE Aanzichten windturbine- zij-, voor-/Wind turbine views- side, front				
PROJECT	FR	SITE	Fryslân	
SCHAAL/SCALE	1:1000	DOC. NO.	B1-01	
FORMAT/SIZE	A4			
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.				

AANTAL PALEN ca. 64
 AFMETING PALEN ca. 0,5x0,5m
 DAMWANDEN ca. 188



DOORSNEDE
D-D

ca 30m




INTERFACE
ca. +5m NAP

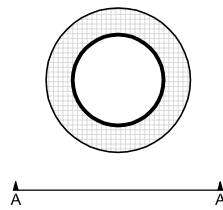
WATERPEIL
ca. -0,2/-0,4 NAP
 BODEM IJSSELMEER
ca. -3m NAP

PAALPUNT DIEPTTE
ca. -30 tot -40m NAP

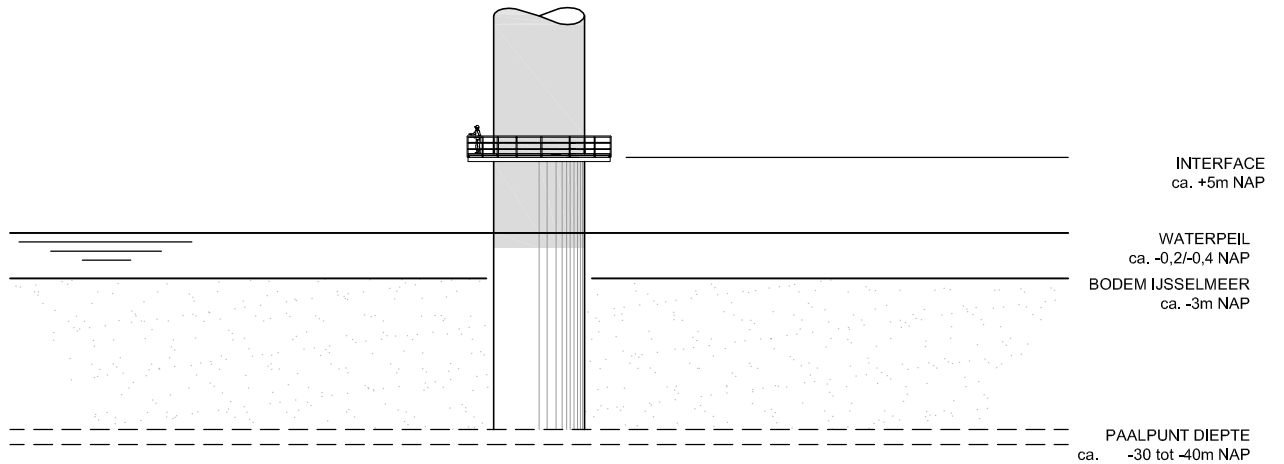
CONCEPT-D
KOFFERDAM


00	15.12.2014.	VERGUNNING / FOR PERMIT	Atv	BaU
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GETEKEND/DRAWN	GOEDGEKEURD/APPR.
Windpark Fryslân			 PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines bv Dult 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE Detail: aanzichten cofferdam fundering: zij-, boven-, inzet platform/ Detail: cofferdam foundation views: side, top, deployment platform				
PROJECT	WPF	SITE	Fryslân	
SCHAAL/SCALE	1:500	DOC. NO.	B5-02	
FORMAT/SIZE	A4			
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.				

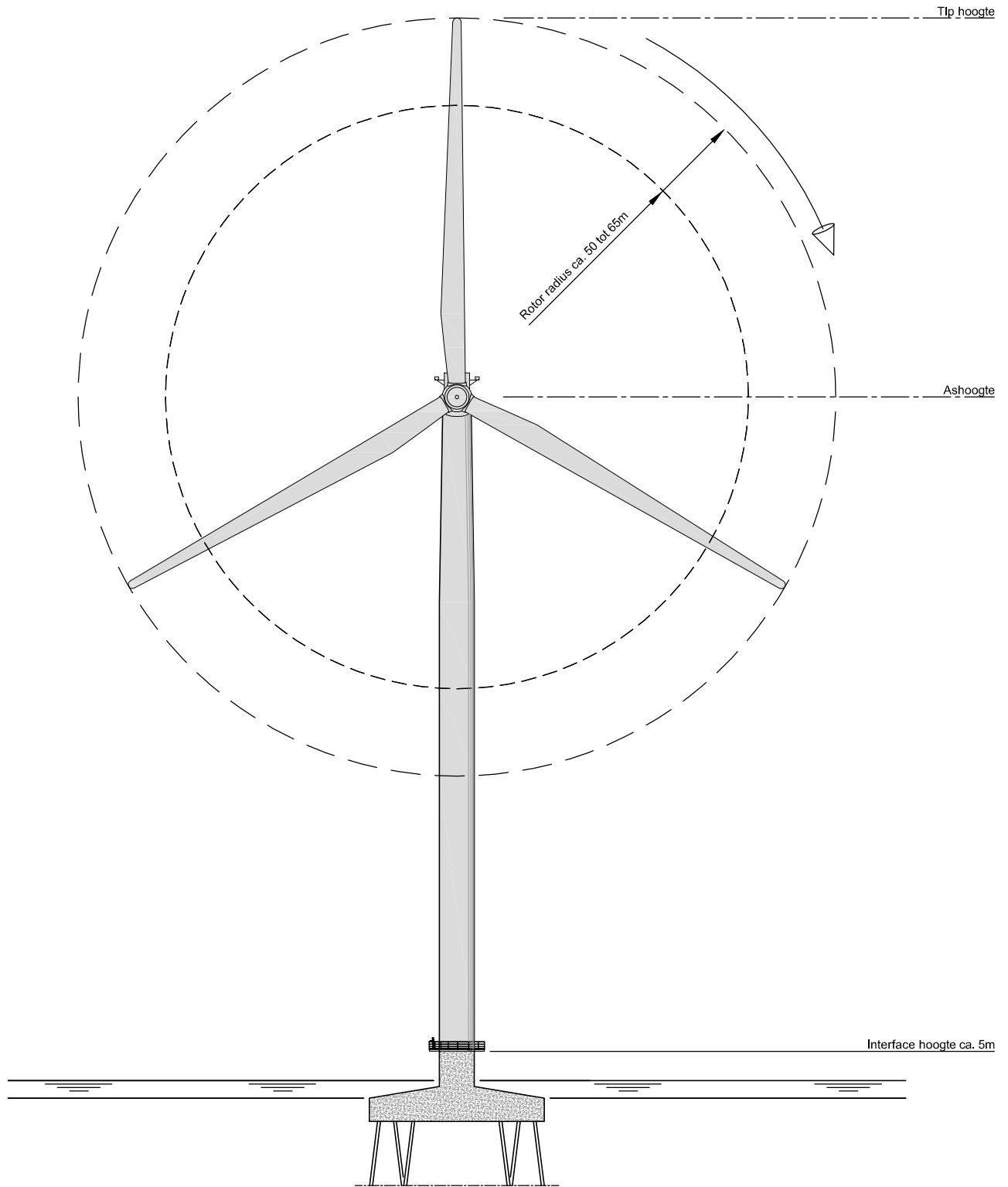
AANTAL PALEN 1
 AFMETING PALEN ca. Ø5-7m




AANZICHT
A-A

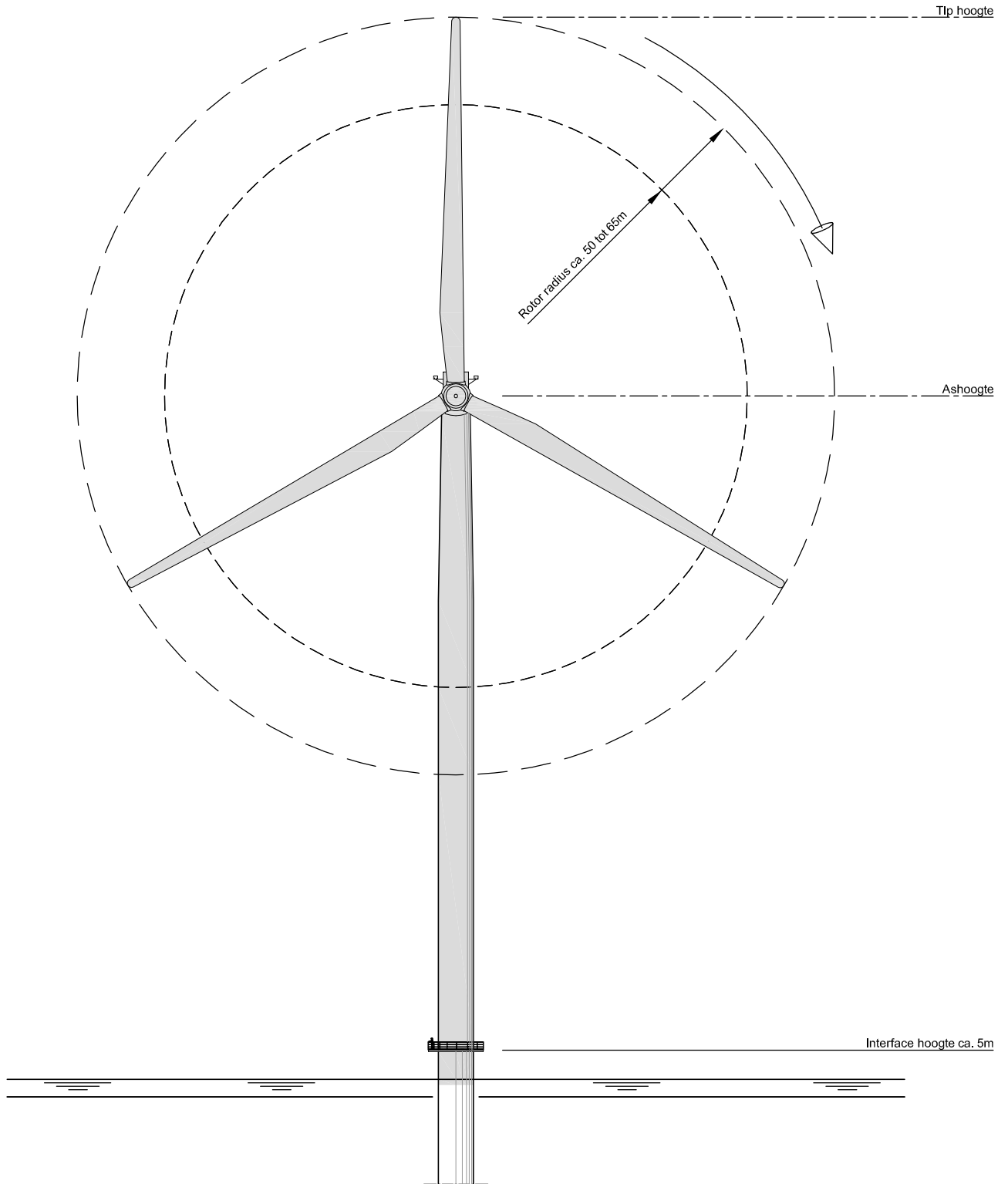


00	15.12.2014.	FOR PERMIT	AtV	BaU
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GETEKEND/DRAWN	GOEDGEKEURD/APPR.
Windpark Fryslân			 PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines bv Duik 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE Detail: aanzichten monopile fundering: zij-, boven-, inzet platform/ Detail: monopile foundation views: side, top, deployment platform				
PROJECT	WPF	SITE	Fryslân	
SCHAAL/SCALE	1:500	DOC. NO.	B2-02	
FORMAT/SIZE	A4			
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.				




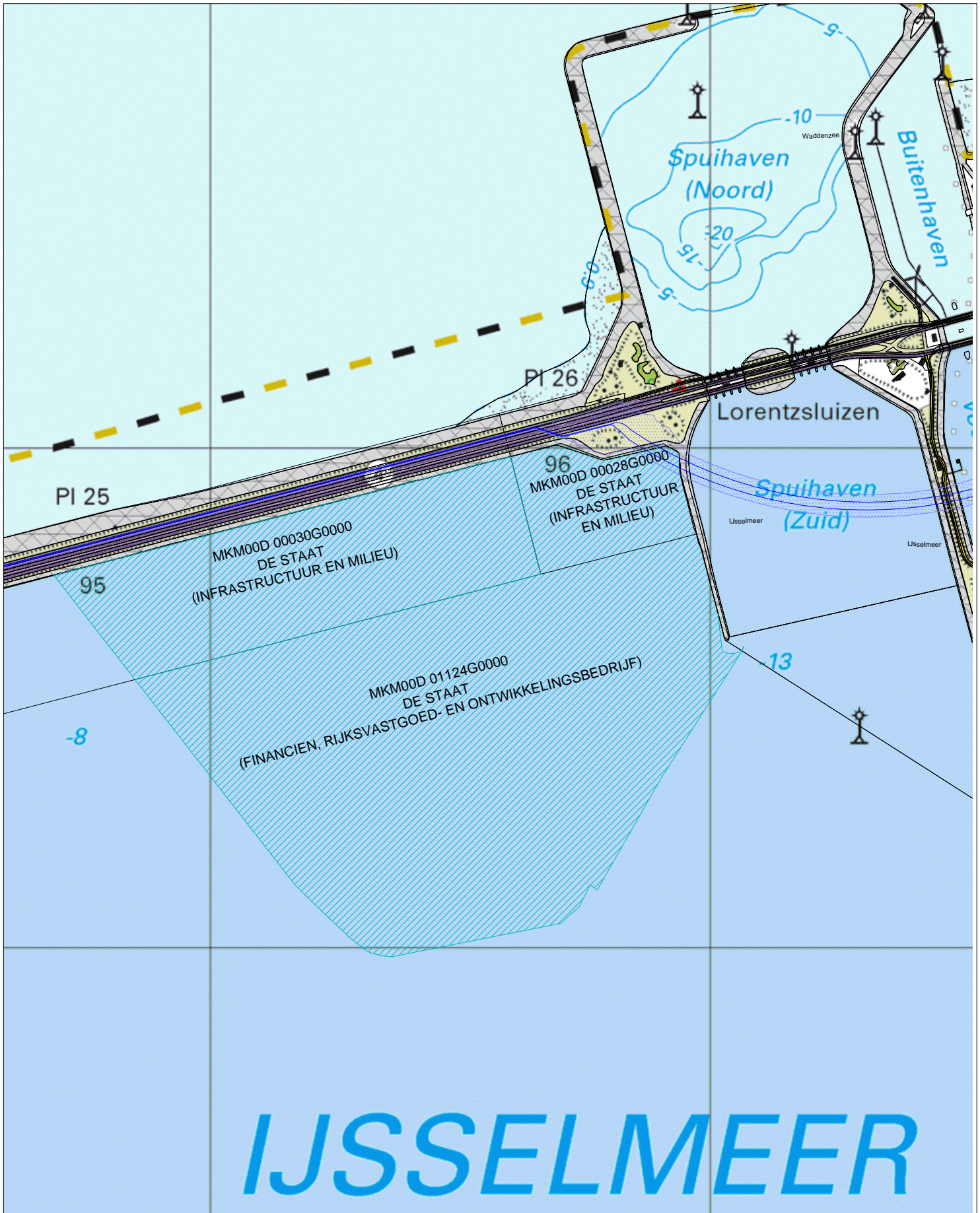
CONCEPT-D
KOFFERDAM

00	15.12.2014.	FOR PERMIT	Atv	BaU
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GETEKEND/DRAWN	GOEDGEKEURD/APPR.
Windpark Fryslân			 PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines bv Dult 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE Kofferdam fundering met turbine (zijaanzicht)/ Cofferdam foundation incl turbine (side view)				
PROJECT	WPF	SITE	Fryslân	
SCHAAL/SCALE	1:1000	DOC. NO.	B5-01	
FORMAT/SIZE	A4			
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.				





CONCEPT-A
MONOPILE

00	15.12.2014.	FOR PERMIT	Atv	BaU
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GETEKEND/DRAWN	GOEDGEKEURD/APPR.
Windpark Fryslân			 PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines bv Duik 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE Monopile fundering met turbine (zijaanzicht)/ Monopile foundation incl turbine (side view)				
PROJECT	WPF	SITE	Fryslân	
SCHAAL/SCALE	1:1000	DOC. NO.	B2-01	
FORMAT/SIZE	A4			
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.				




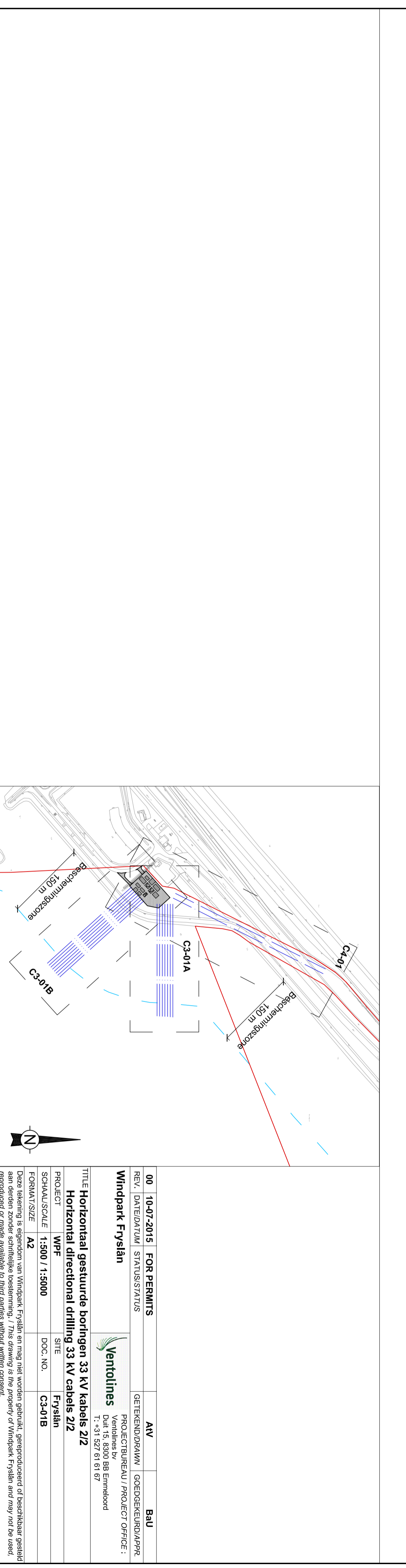
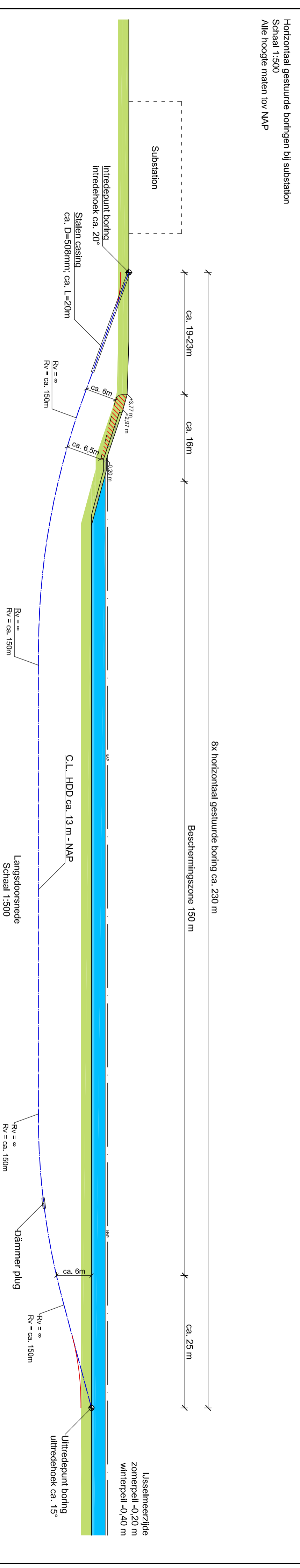
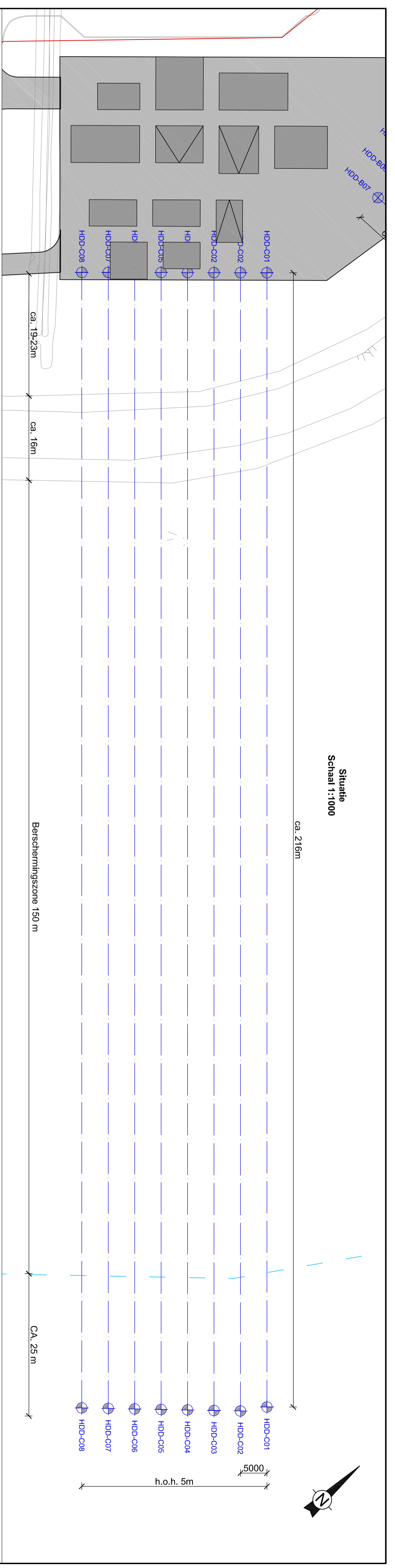
IJSSELMEEER

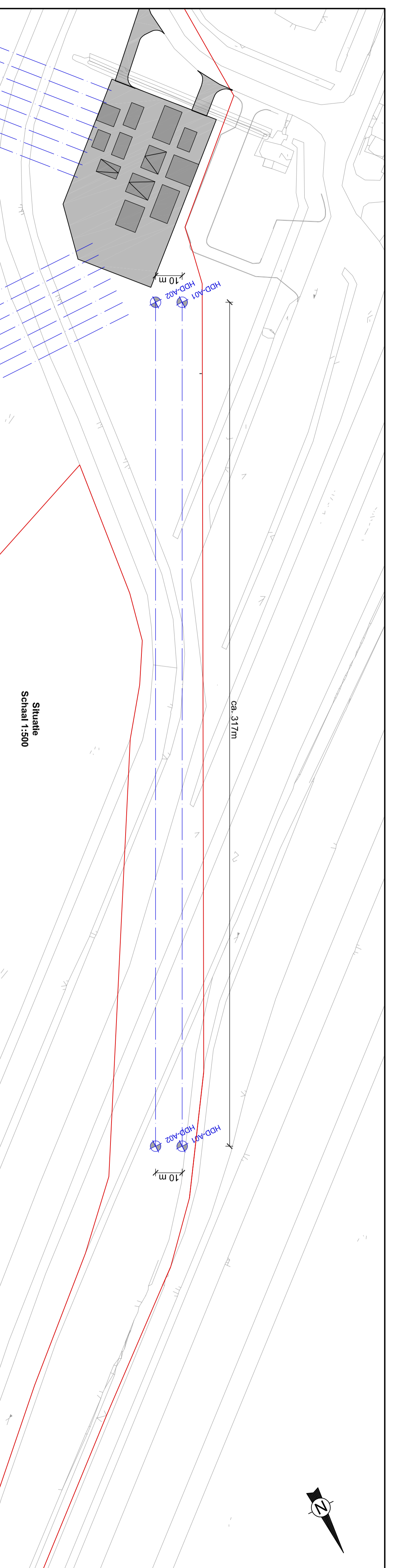
LEGEND:

-  - Werkeiland-Natuurvoorziening/ Work island-Nature area
-  - Kabel-Hoogspanning WPF/ Cable-High Voltage WPF
Park bekabeling gebied/ Park cabling area

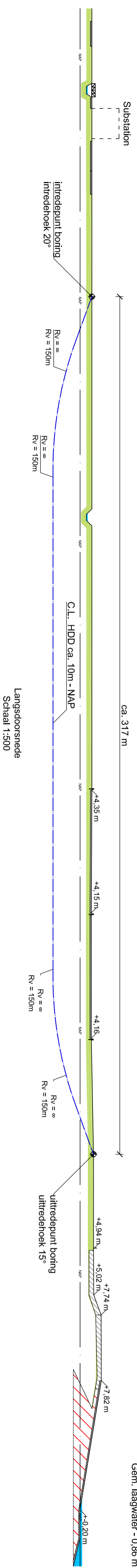


00	09.06.2015.	FOR PERMITS	RM	AB
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GETEKEND/DRAWN	GOEDGEKEURD/APPR.
Windpark Fryslân			 PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines bv Duit 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE Natuurvoorziening plattengrond/ Nature area plan				
PROJECT	FR	SITE	Fryslân	
SCHAAL/SCALE	1:10000	DOC. NO.	A5-01	
FORMAT/SIZE	A4			
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.				

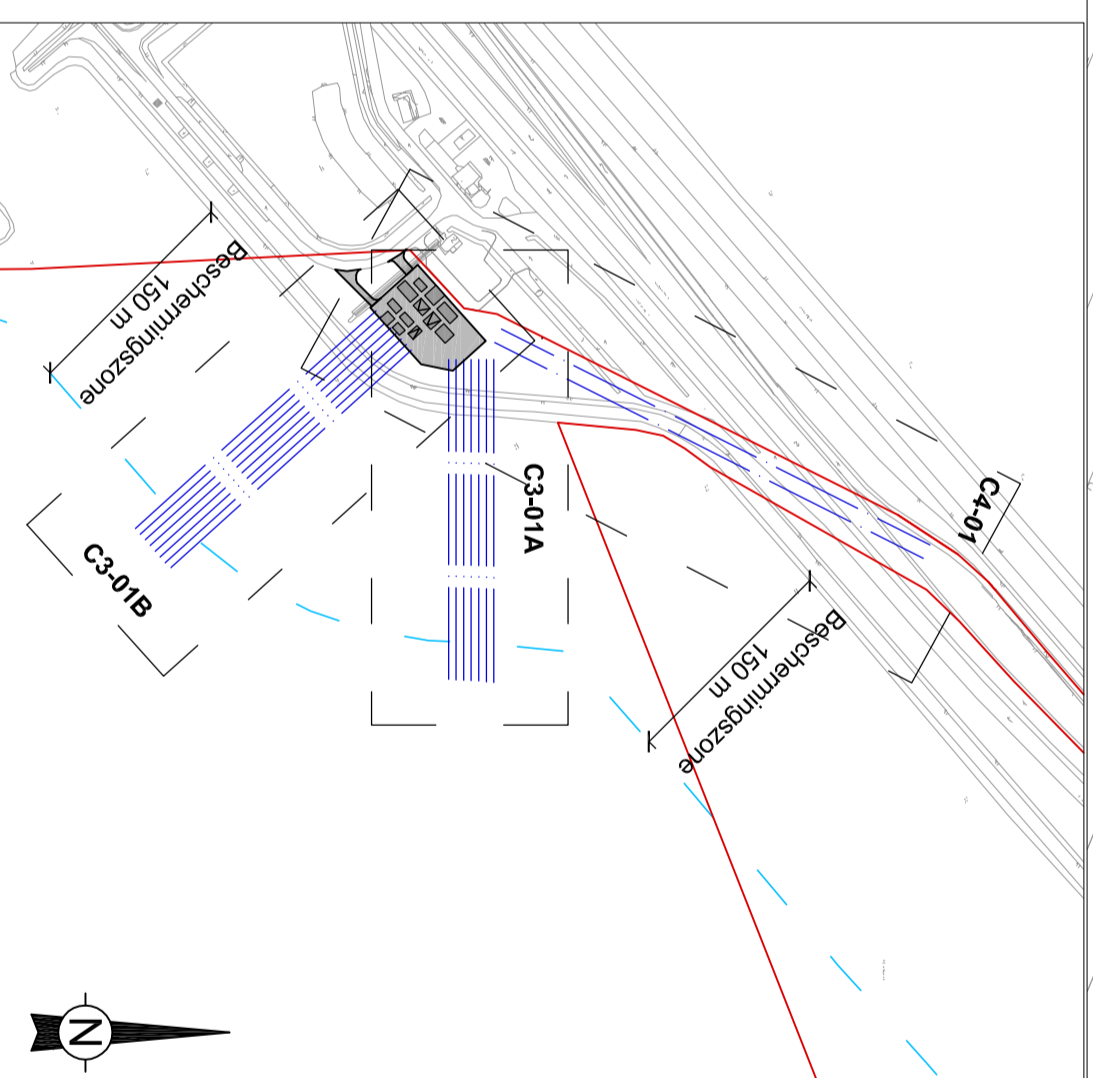




Horizontaal gestuurde boringen bij substation
 Schaal 1:1000
 Alle hoogtes maten tov NAP



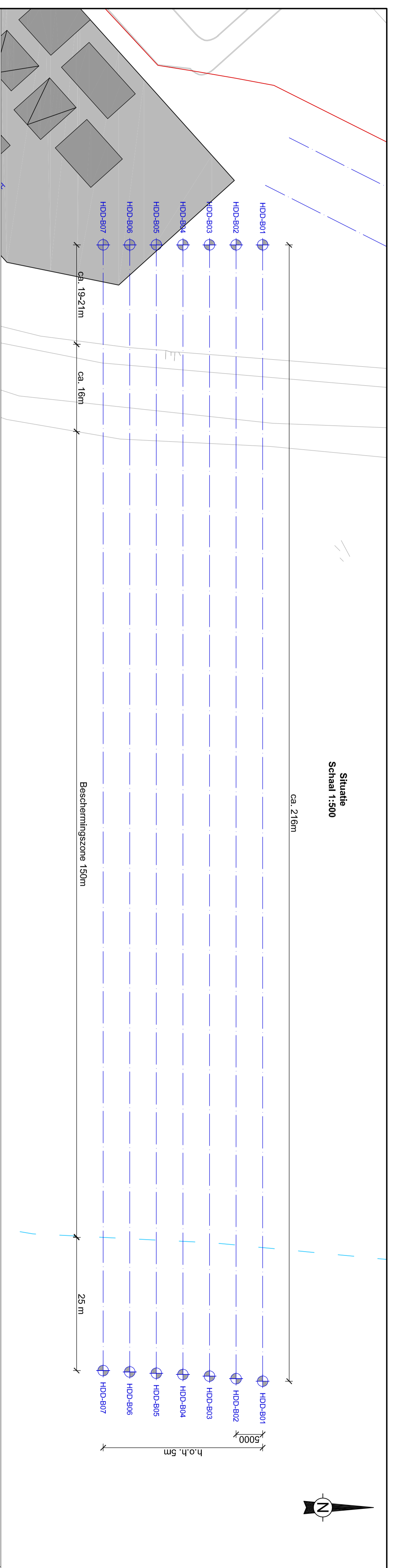
Waddenzeezijde
 Gem. hoogwater + 0.76 m
 Gem. laagwater - 0.86 m



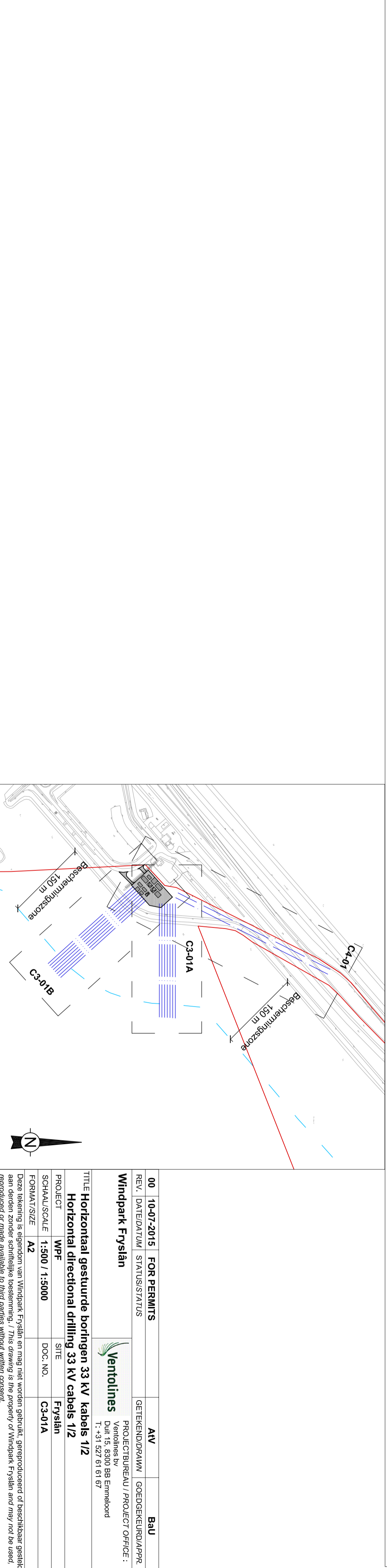
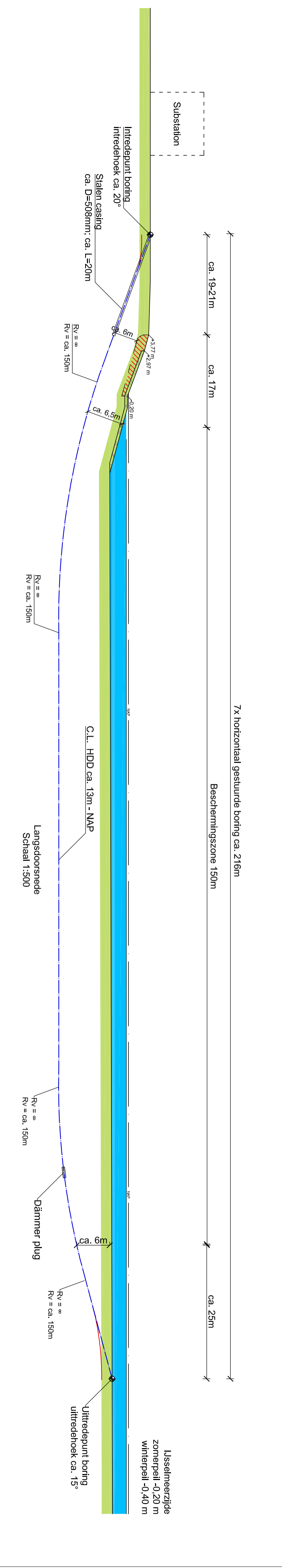
00	10-07-2015	FOR PERMITS	AVV	BAU
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GETEKEND/DRAAIV	GOEDGEKEURD/APPR
Windpark Fryslân			PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE :	
			Ventolines	
			Ventolines bv	
			Dijk 15, 8300 B9 Emmeloord	
			T: +31 527 61 61 67	
TITLE Horizontaal gestuurde boringen 110 kV kabel				
PROJECT Horizontal directional drilling 110 kV kabel				
PROJECT	WPF	SITE	Fryslân	
SCHAAL/SCALE	1:1000 / 1:5000	DOC. NO.	C4-01	
FORMAT/SIZE	A2			

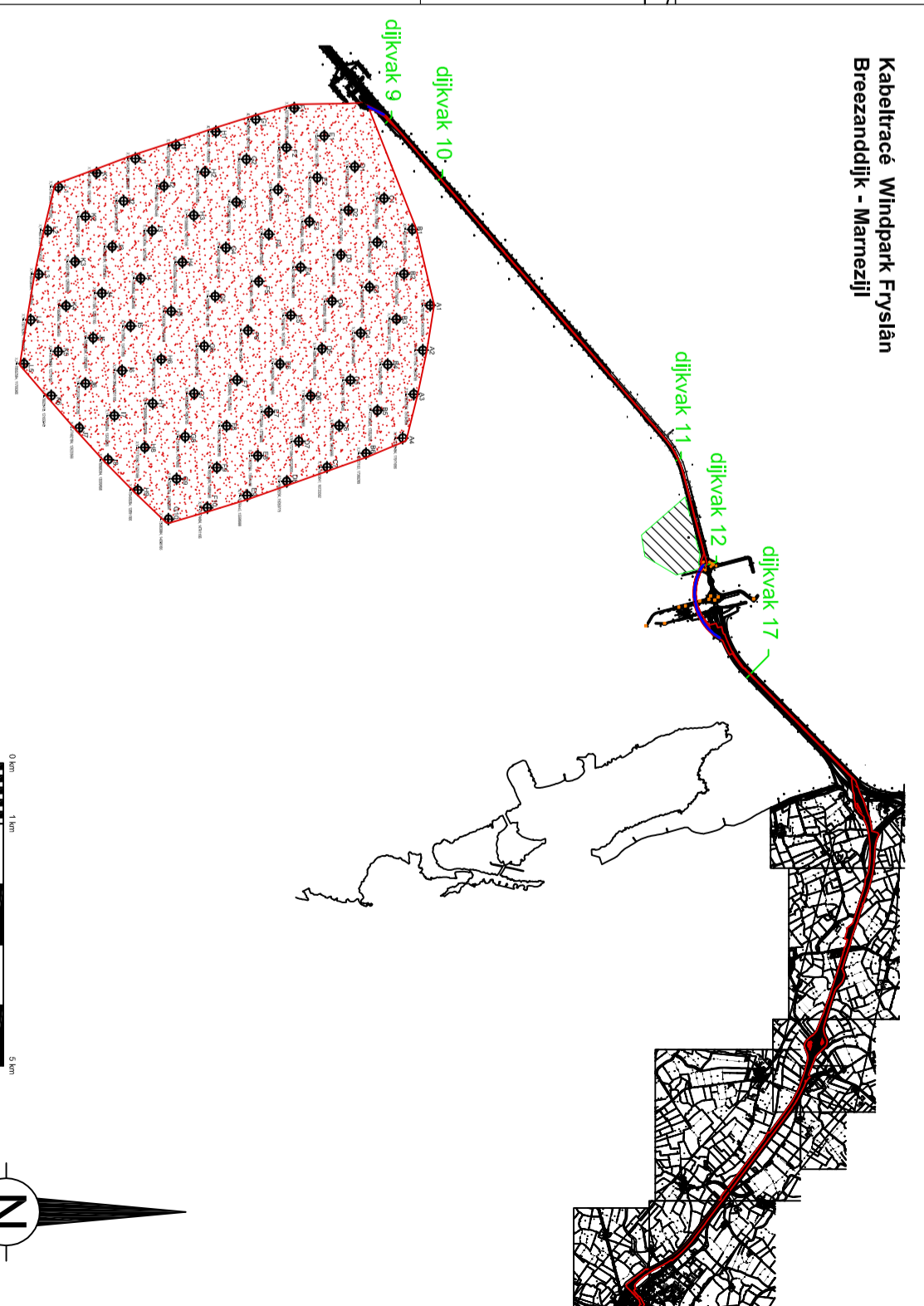
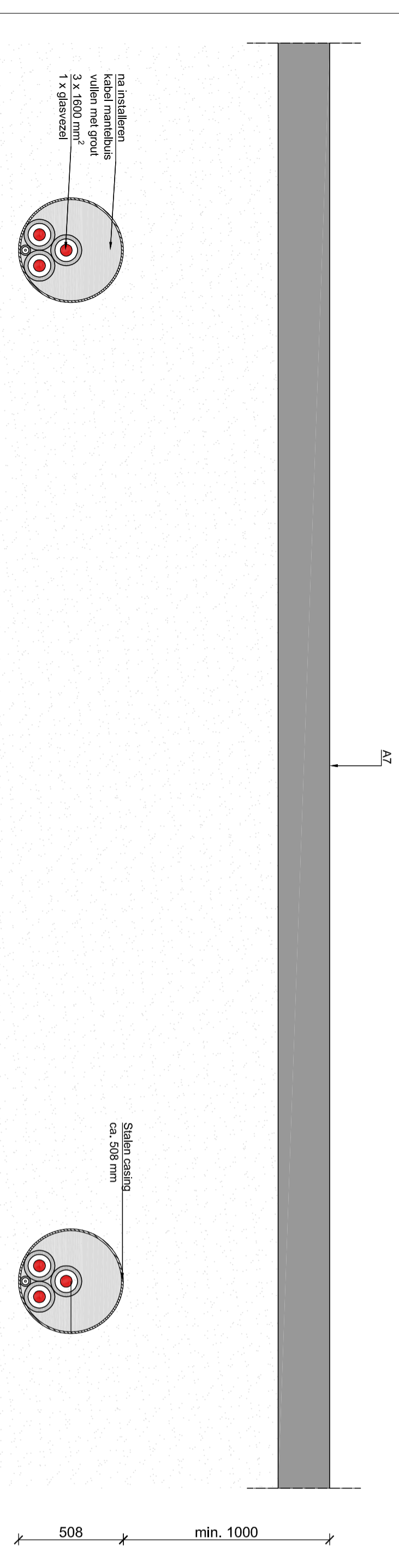
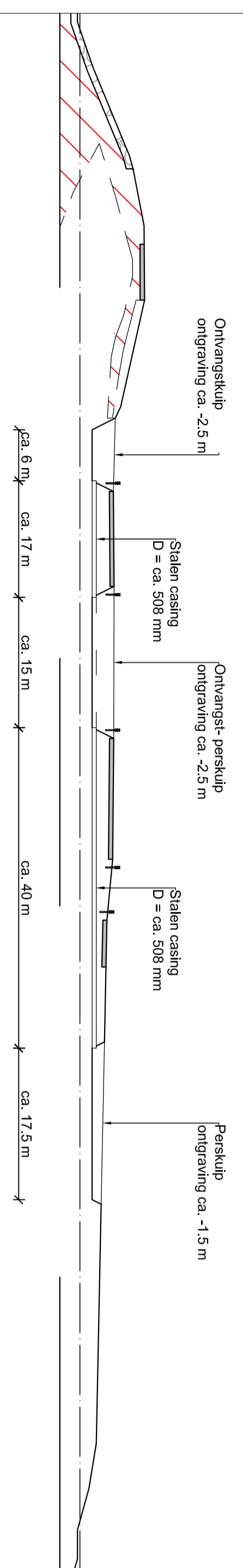
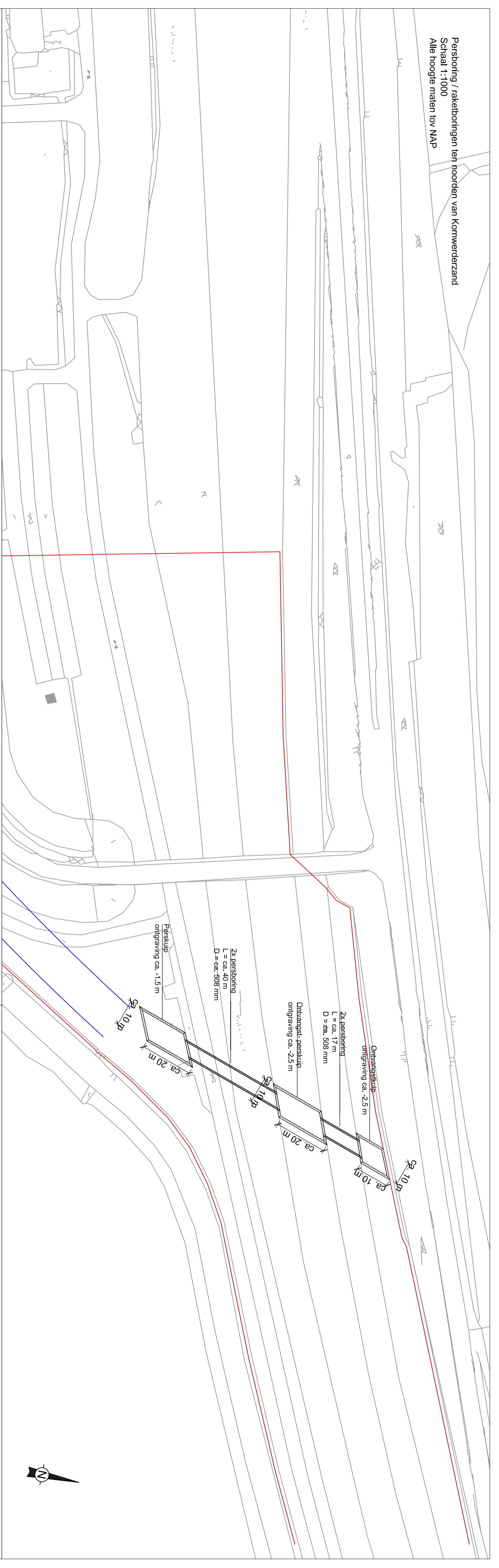
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.

Situatie
Schaal 1:500

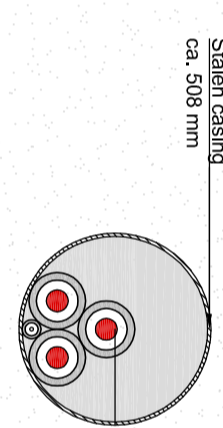
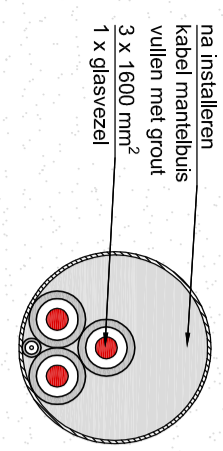
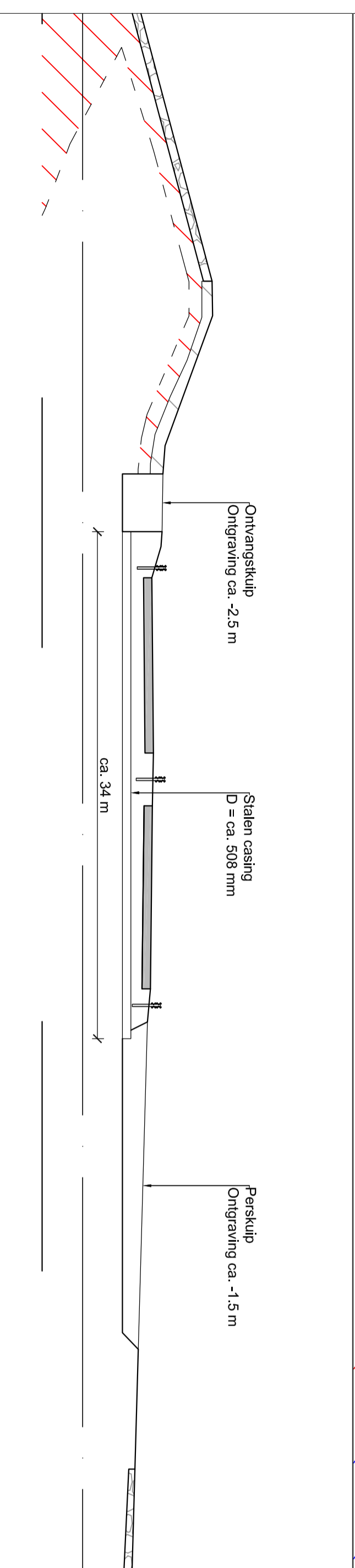
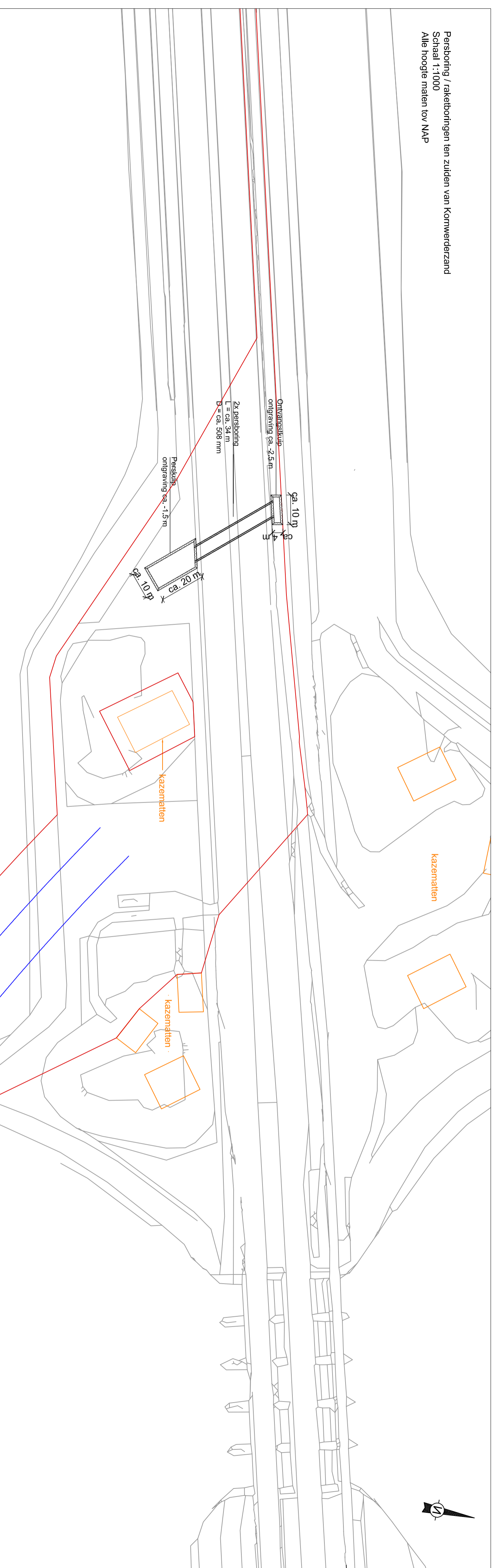


Horizontaal gestuurde boringen bij substation
Schaal 1:500
Alle hoogtes maten tov NAP





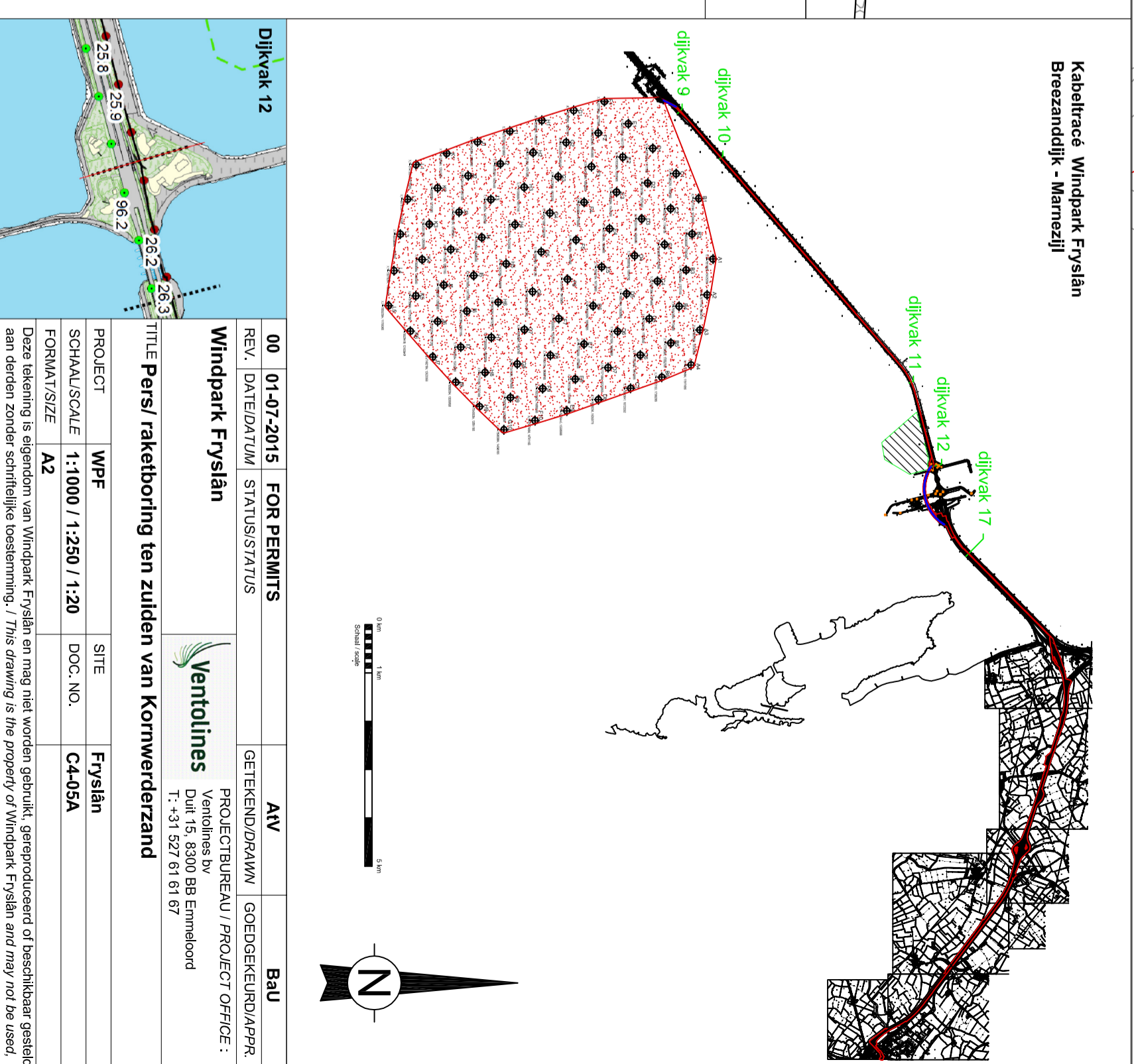
00		01-07-2015		FOR PERMITS		AVV		BAU	
REV.		DATE/DATUM		STATUS/STATUS		GETEKEND/DRAAIV		GOEDGEKEURD/APPR	
Windpark Friesland				PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines bv Duit 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67					
PROJECT		WPF		SITE		Friesland		CA-47	
SCHAAAL/SCALE		1:20 / 1:500 / 1:1000		DOC. NO.		CA-47			
FORMAT/SIZE		A2							
TITLE Dwarsprofiel boring ten oosten van de Kornwerdersluisen Cross section drilling east of Kornwerdersluisen Deze tekening is eigendom van Windpark Friesland en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Friesland and may not be used reproduced or made available to third parties without written consent.									



DOORSNEDE PERSBORING / RAKET BORING
 SCHAAAL 1:20

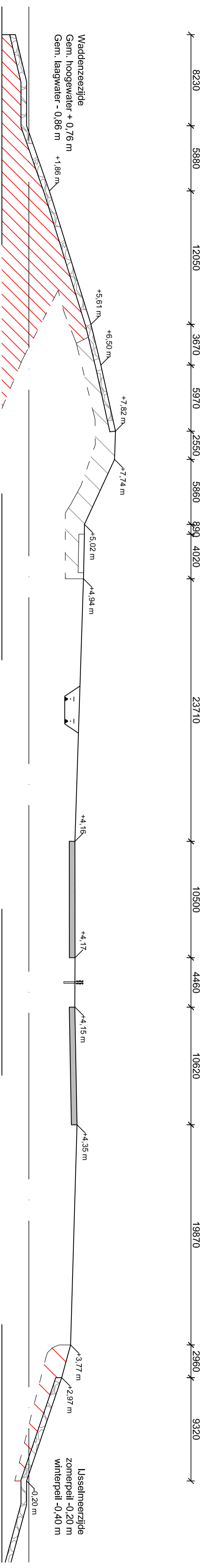
508

5000

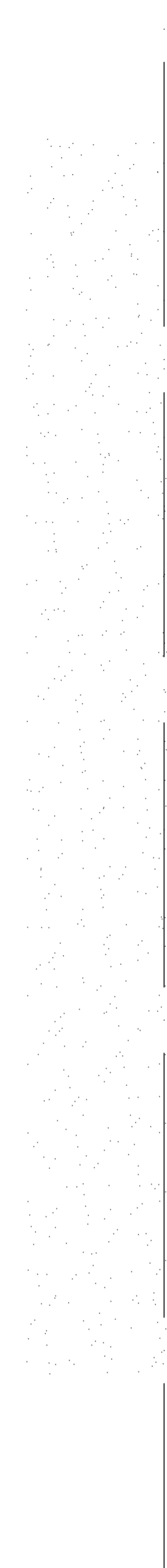
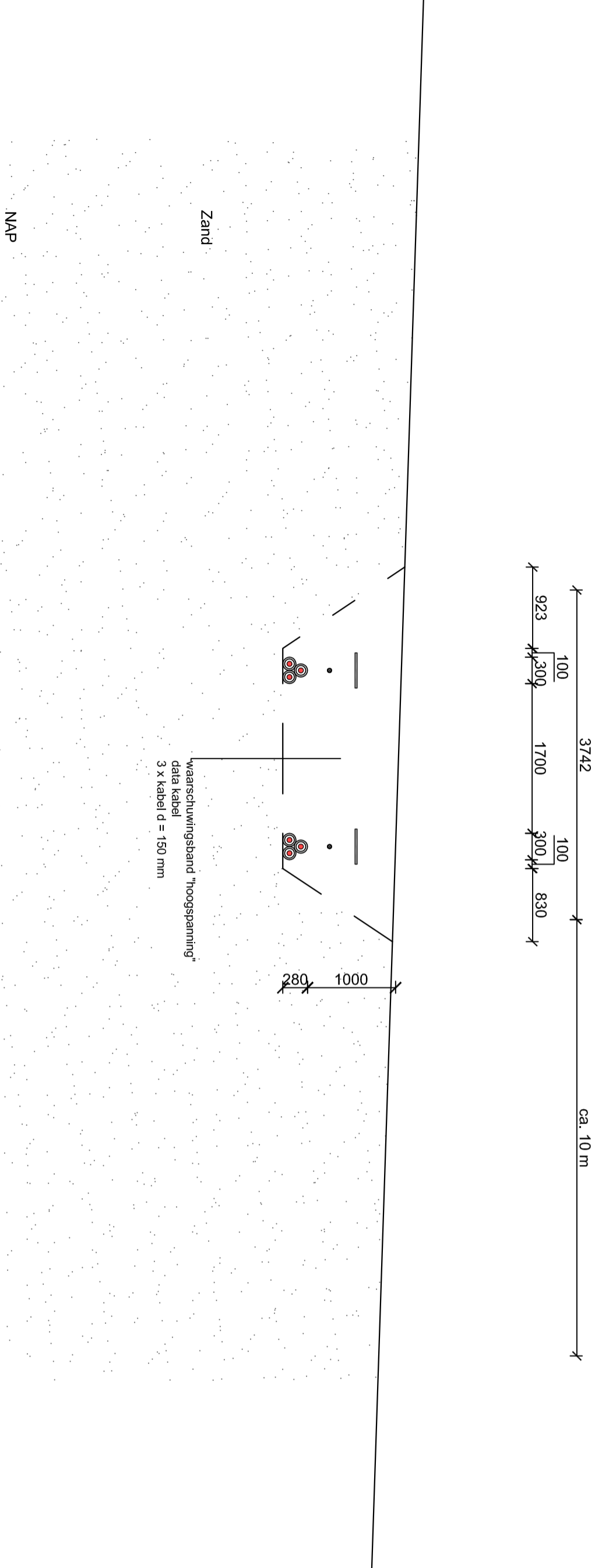


PROJECT	WPF	SITE	Fyslan
SCHAAL/SCALE	1:1000 / 1:250 / 1:20	DOC. NO.	C4-05A
FORMAT/SIZE	A2		
00	01-07-2015	FOR PERMITS	AVV
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	BAU
Windpark Fyslan		GETEKEND/DRAWN	GOEDGEKEURD/APPR
Pers/ raketboring ten zuiden van Kornwerderzand		PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE :	
Ventolines		Ventolines bv	
		Duit 15, 8300 B9 Emmeloord	
		T: +31 527 61 61 67	

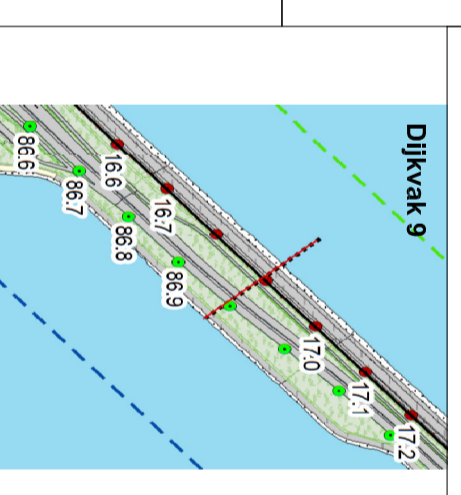
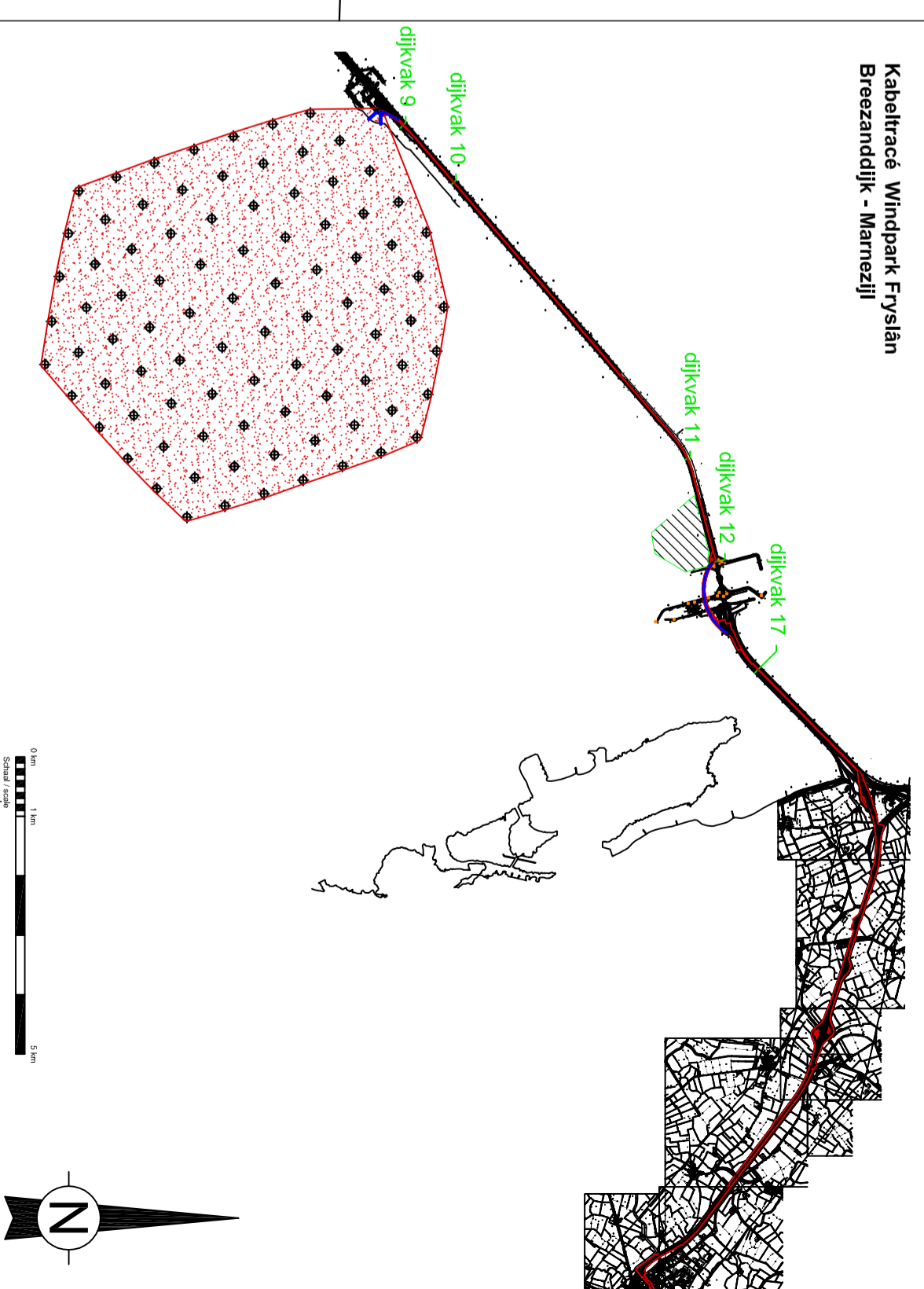
Deze tekening is eigendom van Windpark Fyslan en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fyslan and may not be used reproduced or made available to third parties without written consent.



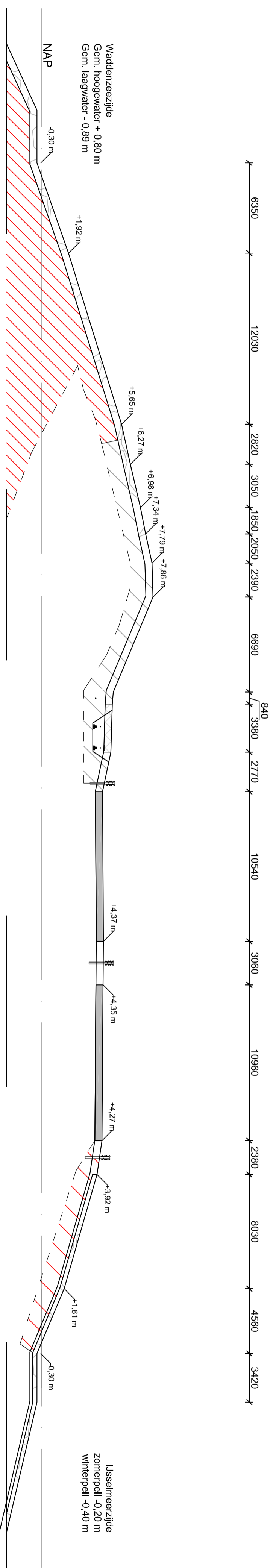
Detail dwarsdoorsnede dijkvak 9
 Schaal 1:50



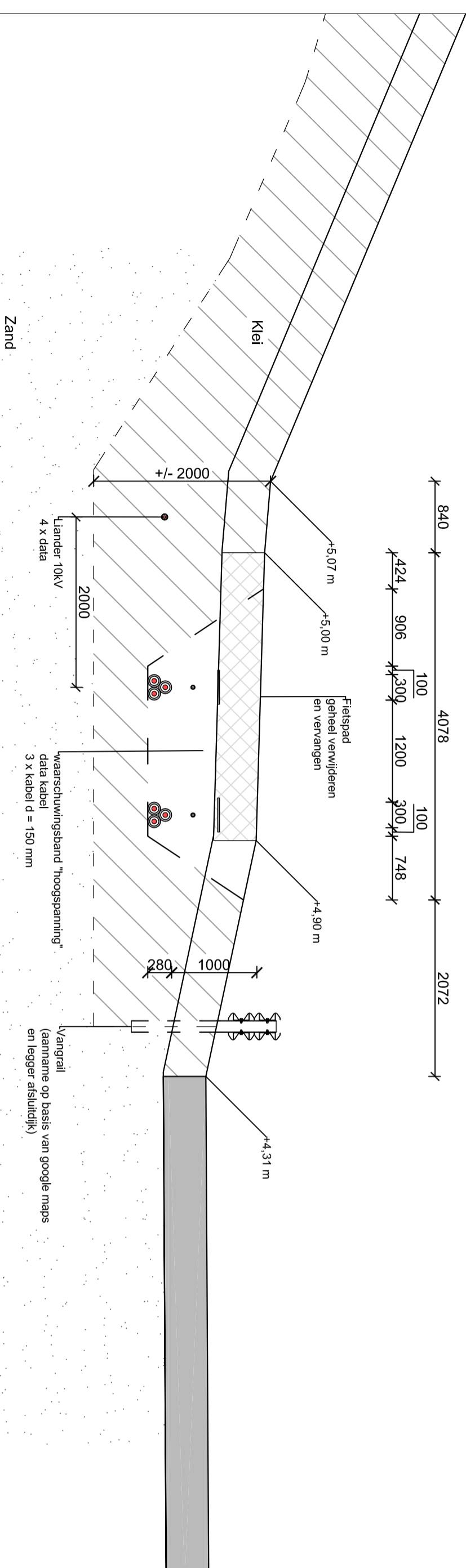
Kabeltracé Windpark Frysian
 Brezanddijk - Marrezijl



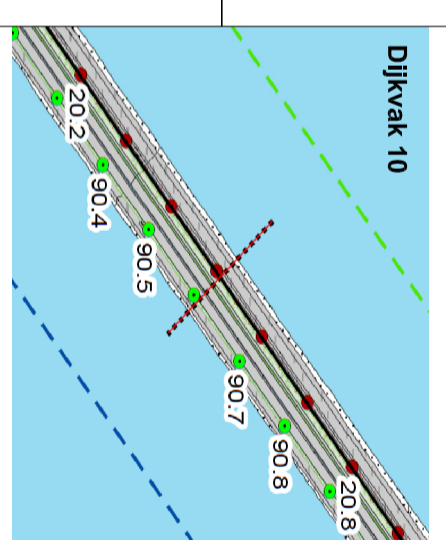
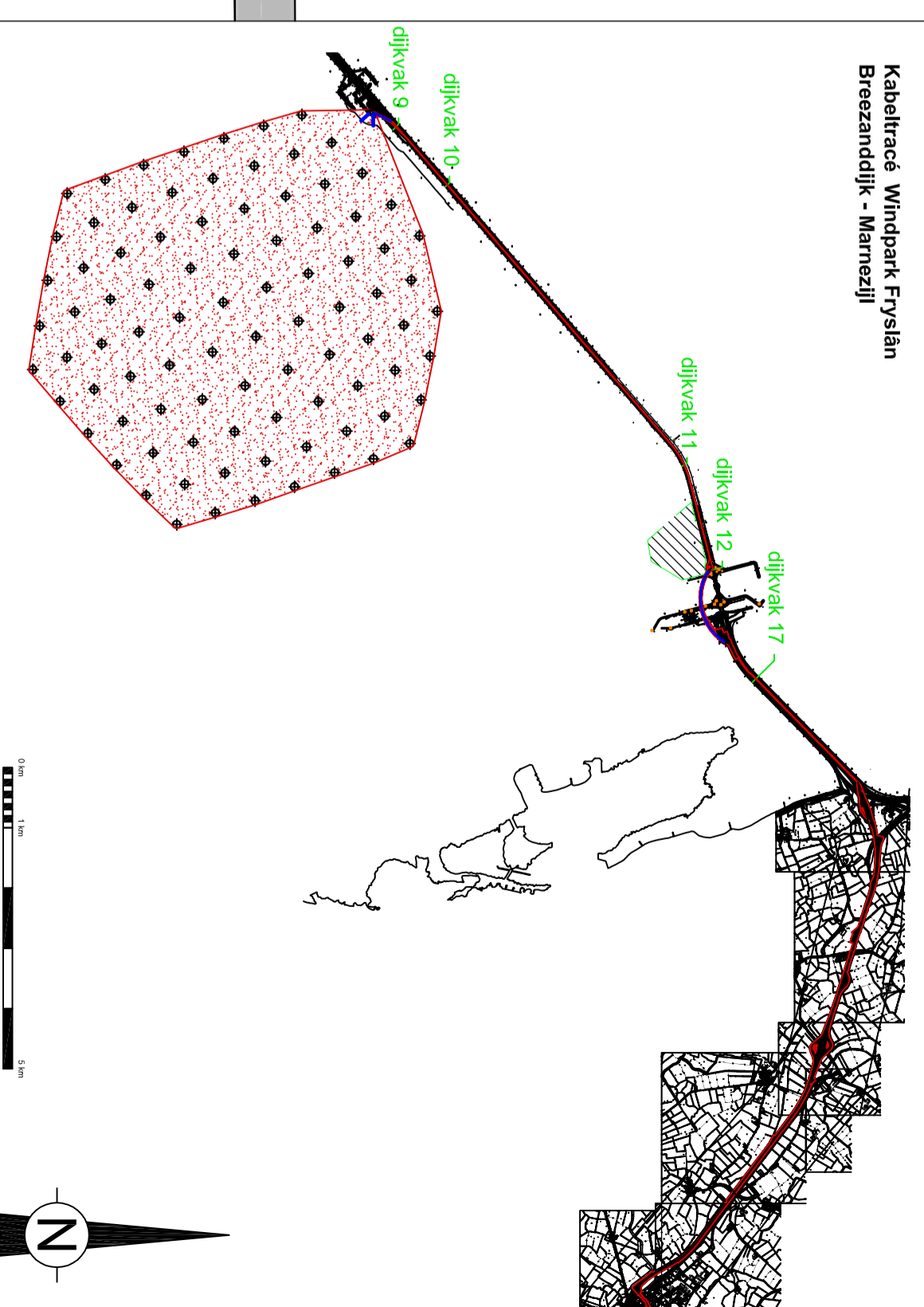
00	01-07-2015	FOR PERMITS	AVV	Bau
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GETEKEND/DRAWN	GOEDGEKEURD/APPR
Windpark Frysian			PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE :	
			Ventolines bv	
			Dijk 15, 8300 B9 Emmeloord	
			T: +31 527 61 61 67	
TITLE Dwarsprofiel dijkvak 9: kabels onder fietspad				
PROJECT Cross section dyke section 9: cables in under bike road				
PROJECT	WPF	SITE	Frysian	
SCHAAL/SCALE	1:50 / 1:250 / 1:100000	DOC. NO.	CA-02	
FORMAT/SIZE	A2			
Deze tekening is eigendom van Windpark Frysian en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Frysian and may not be used reproduced or made available to third parties without written consent.				



Detail dwarsdoorsnede dijkvak 10
 Schaal 1:50



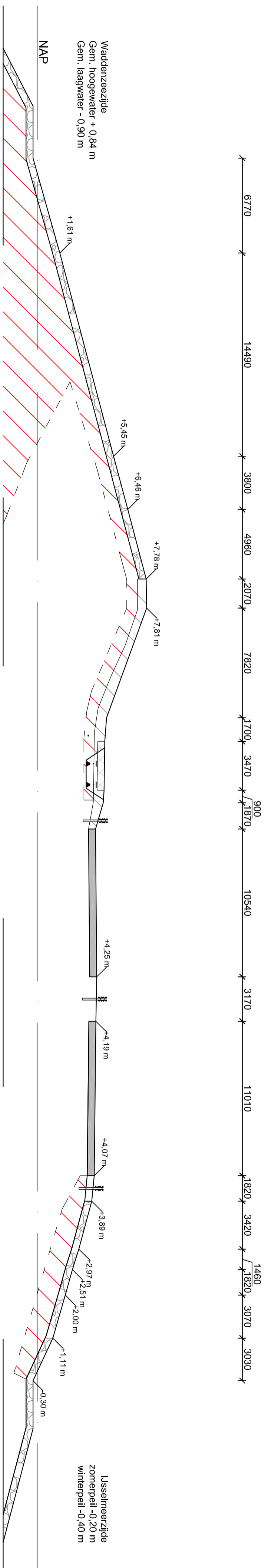
Kabeltracé Windpark Frysian
 Breezanddijk - Marrezijl



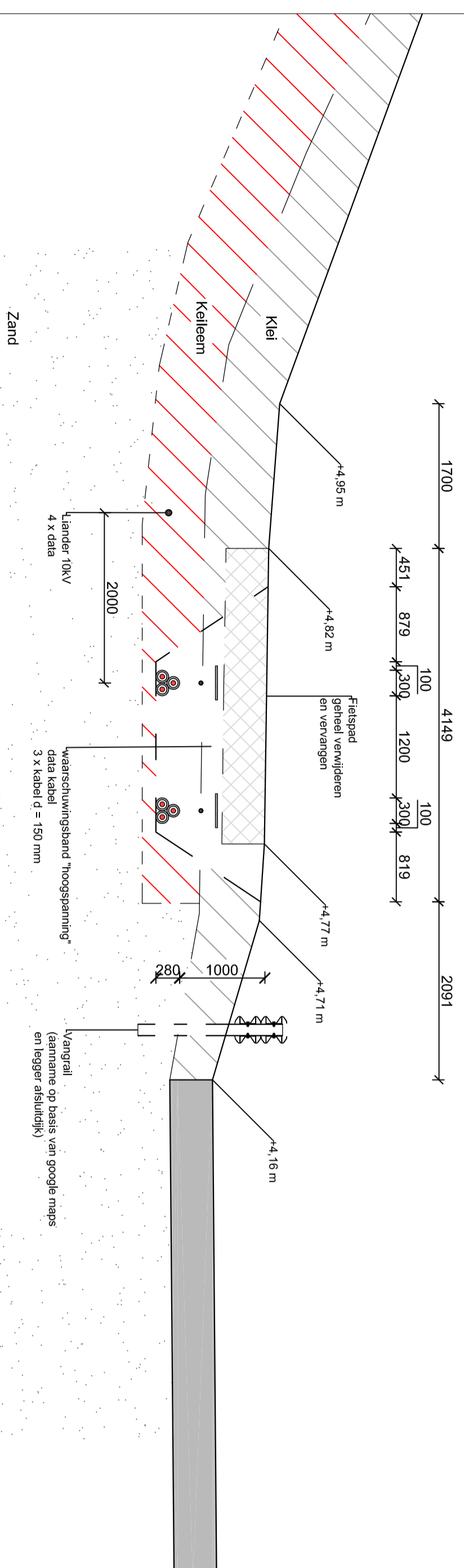
00	01-07-2015	FOR PERMITS	AVV	GOEDGEKURD/APPB	Bau
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE:	Ventolines	
Windpark Frysian			Ventolines bv Dijk 15, 8300 B9 Emmeloord T: +31 527 61 61 67		
TITLE Dwarsprofiel dijkvak 10: kabels onder fietspad					
Cross section dyke section 10: cables in under bike road					
PROJECT	WPF	SITE	Frysian		
SCHAAL/SCALE	1:50 / 1:200 / 1:100000	DOC. NO.	C4-03		
FORMAT/SIZE	A2				

Deze tekening is eigendom van Windpark Frysian en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Frysian and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.

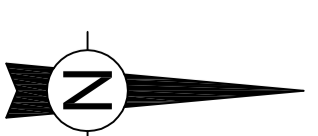
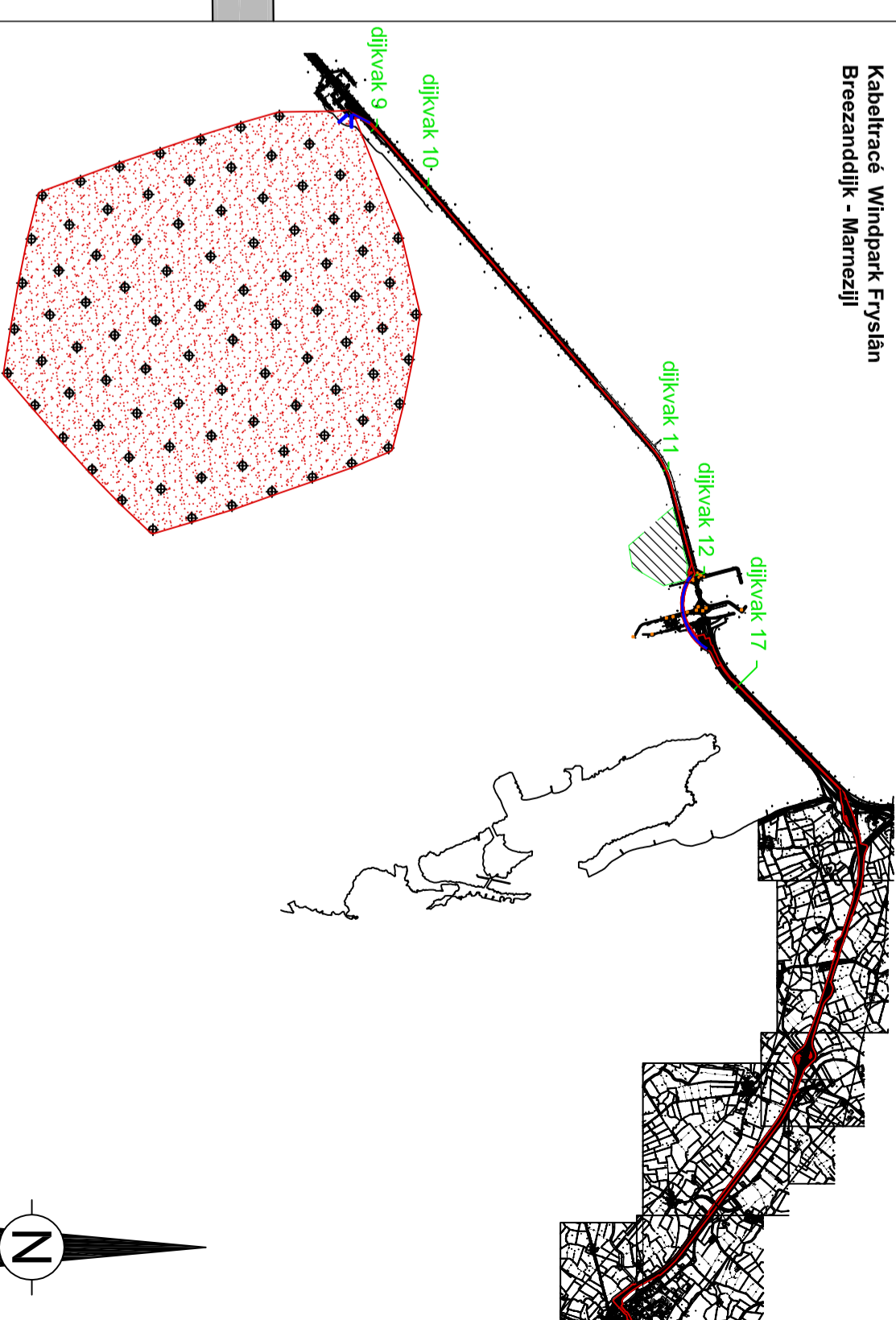
Dwarsdoorsnede dijkvak 11
 Schaal 1:200
 Bron: Rijkswaterstaat - Legger Afsluitdijk - 06 maart 2009
 Alle hoogtes maten tov NAP



Detail dwarsdoorsnede dijkvak 11
 Schaal 1:50



Kabeltracé Windpark Fryslân
 Breezanddijk - Marrezijl



Dijkvak 11



REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	AVV	GOEDGEKURD/APPR	Bau
00	01-07-2015	FOR PERMITS			
<p>PROJECT: Windpark Fryslân</p> <p>PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE: Ventolines bv Duik 15, 8300 BG Emmeloord T: +31 527 61 61 67</p>					

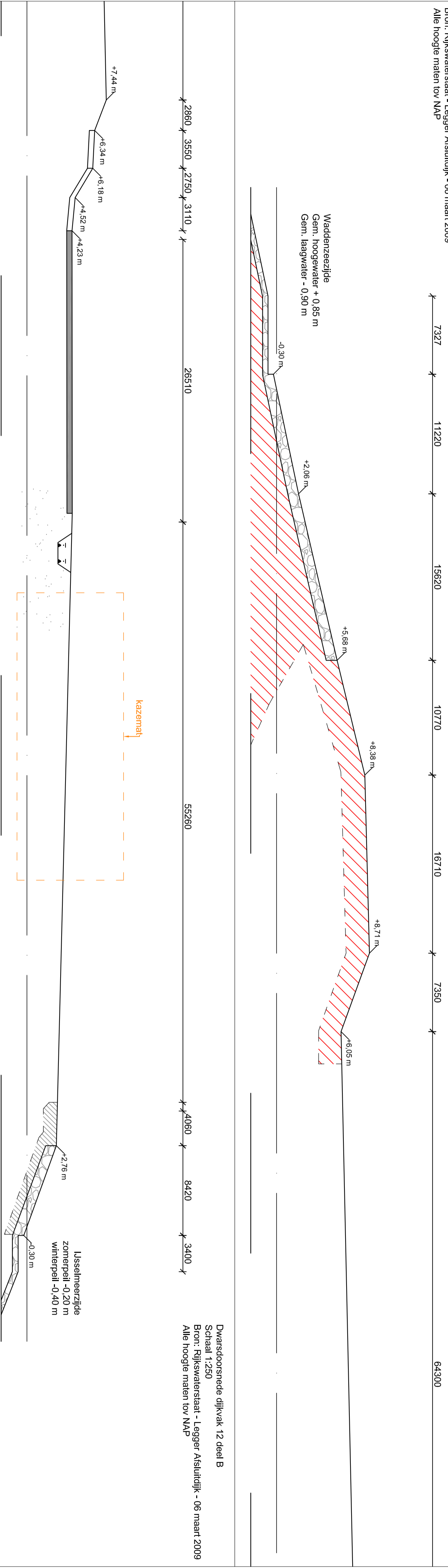
TITLE Dwarsprofiel dijkvak 11: kabels onder fietspad
 Cross section dyke section 11: cables in under bike road

PROJECT WPF SITE Fryslân

SCHAAL/SCALE 1:50 / 1:200 DOC. NO. CA-04

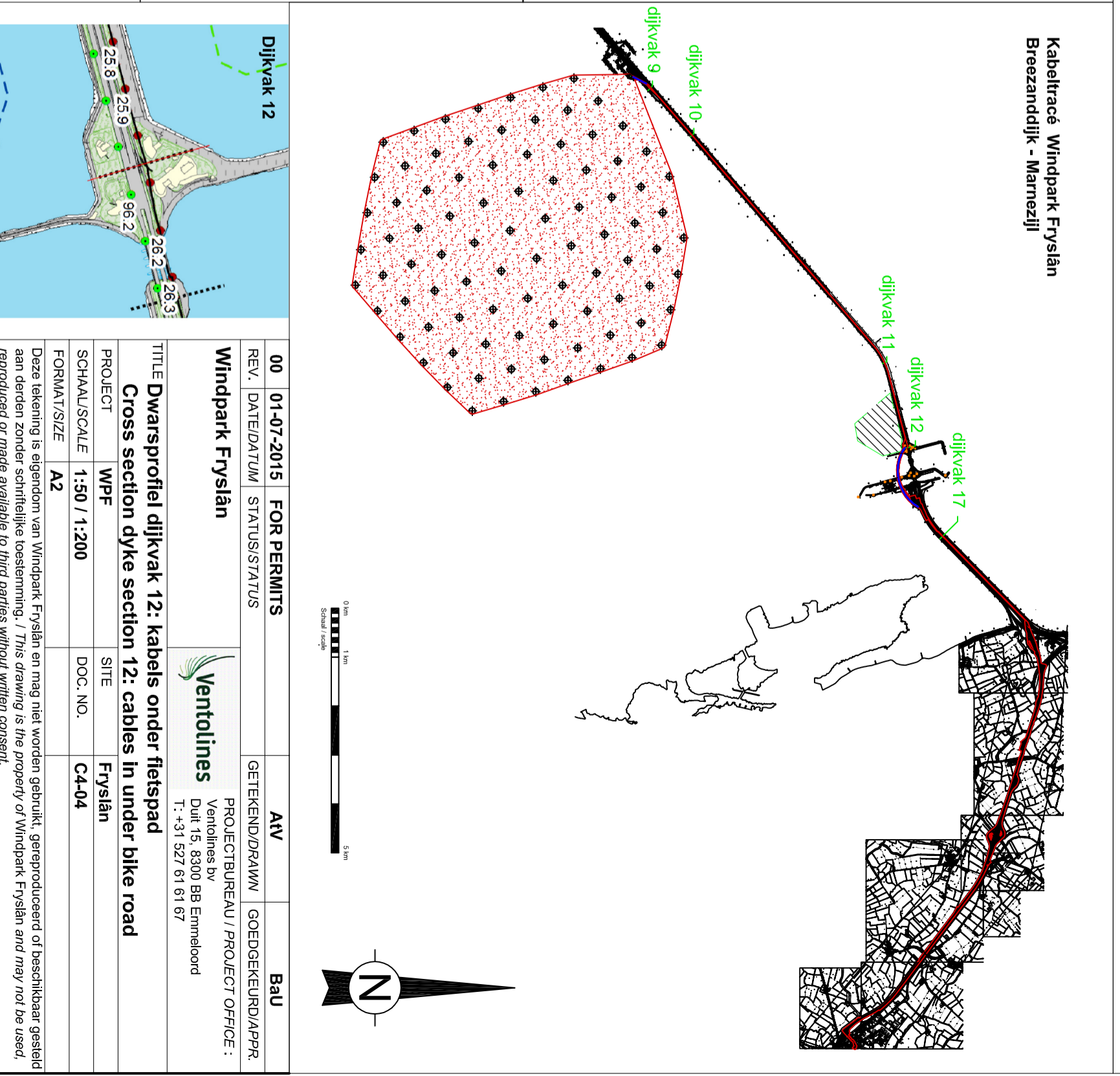
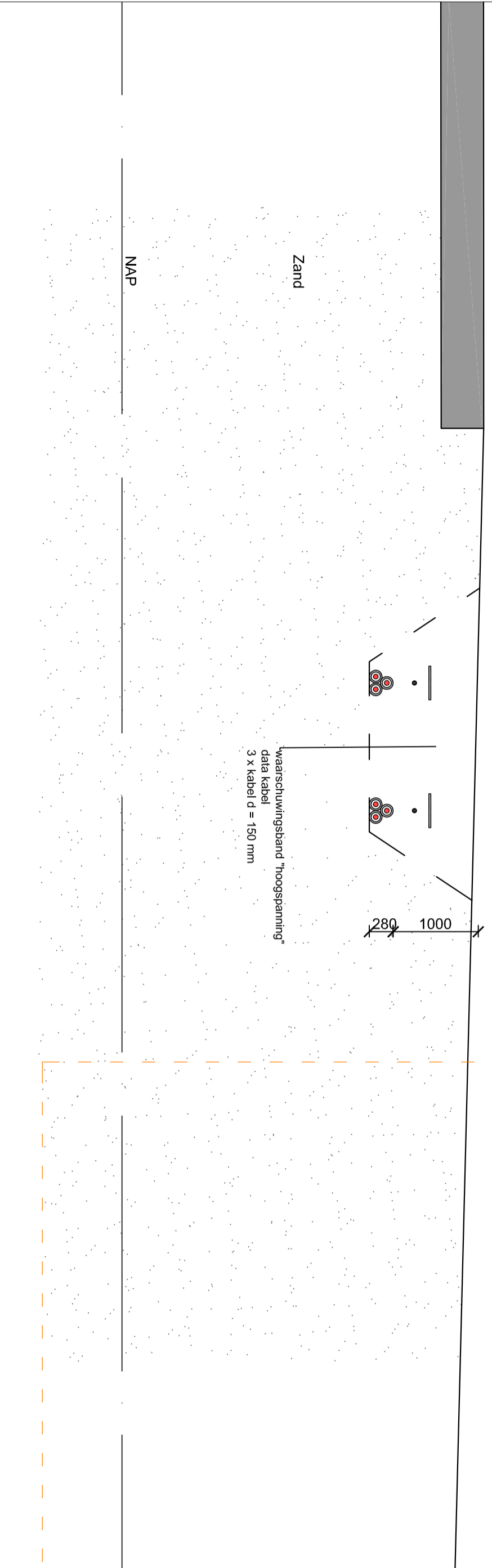
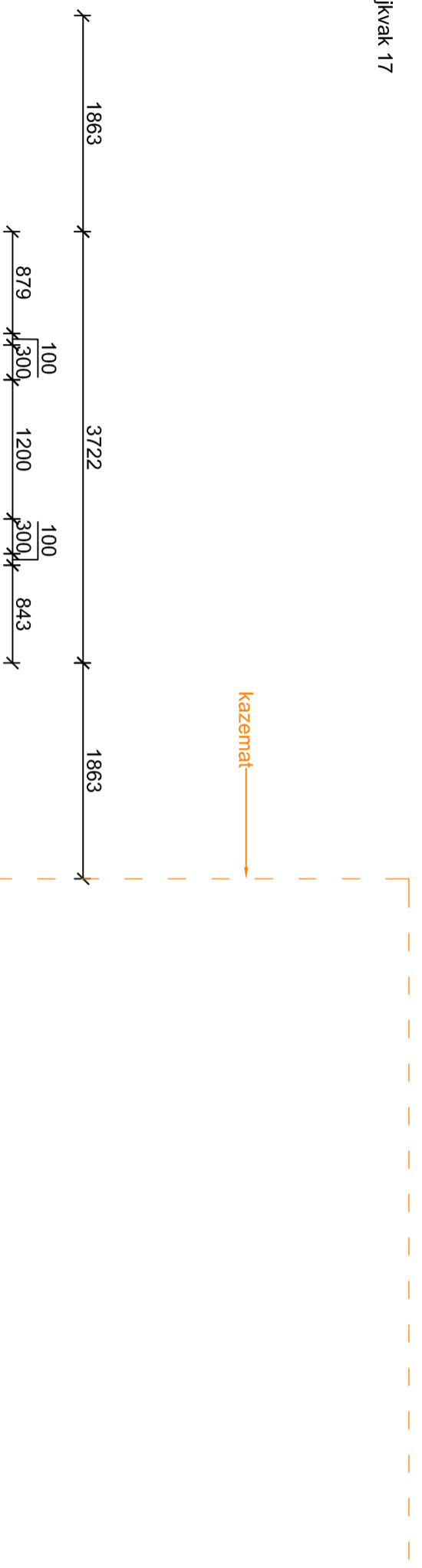
FORMAT/SIZE A2

Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.

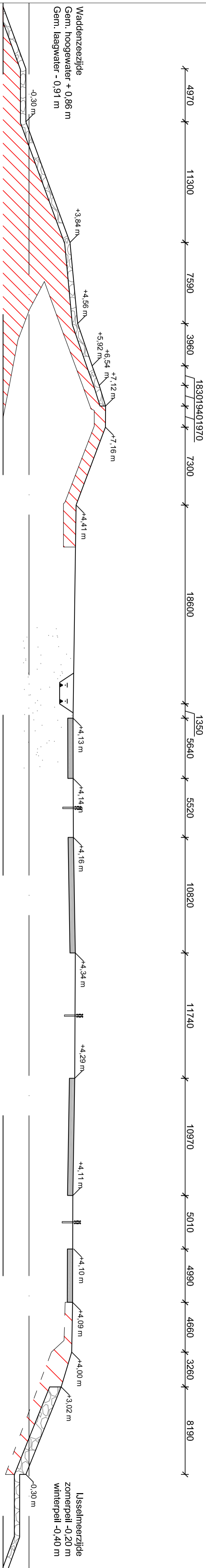


Dwarsdoorsnede dijkvak 12 deel B
 Schaal 1:250
 Bron: Rijkswaterstaat - Legger Afsluitdijk - 06 maart 2009
 Alle hoogte maten tov NAP

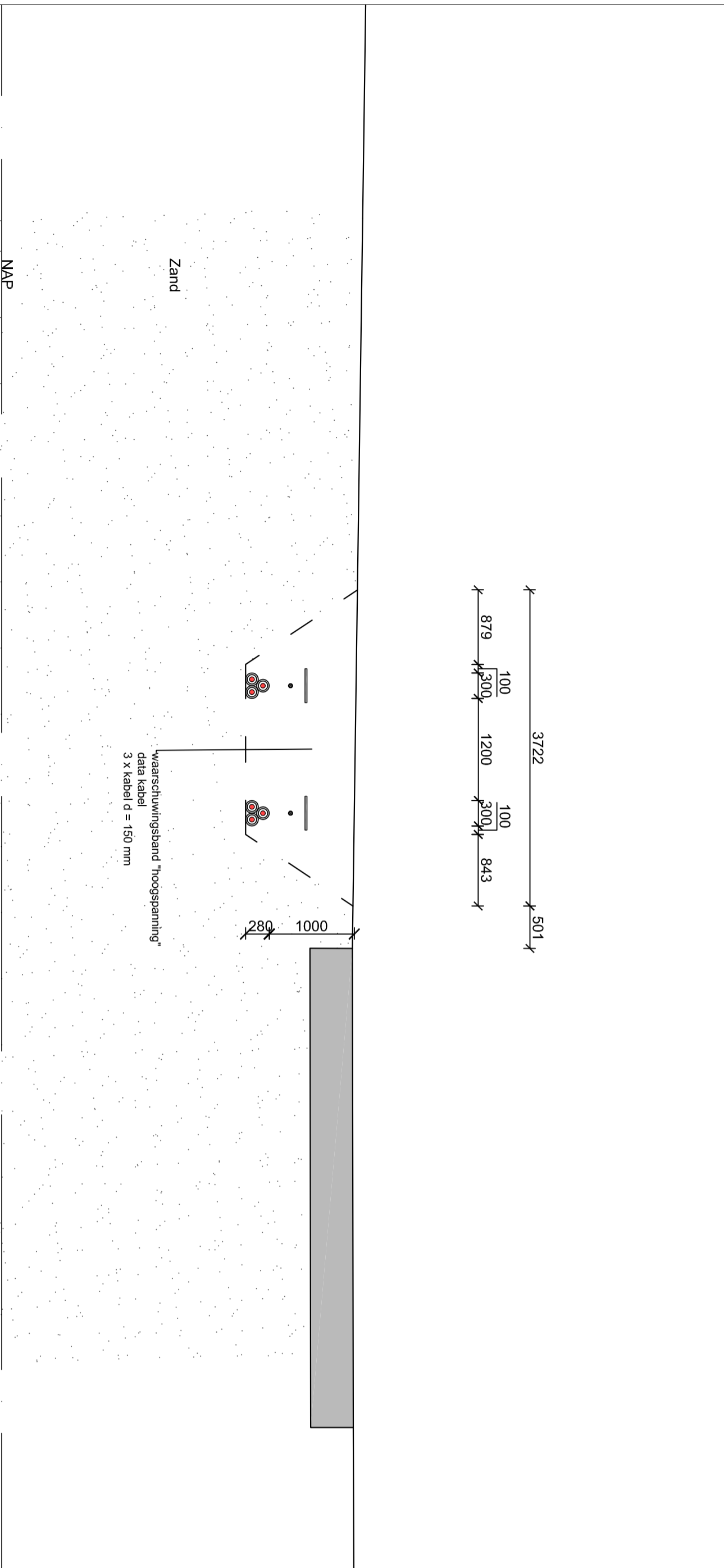
Detail dwarsdoorsnede dijkvak 17
 Schaal 1:30



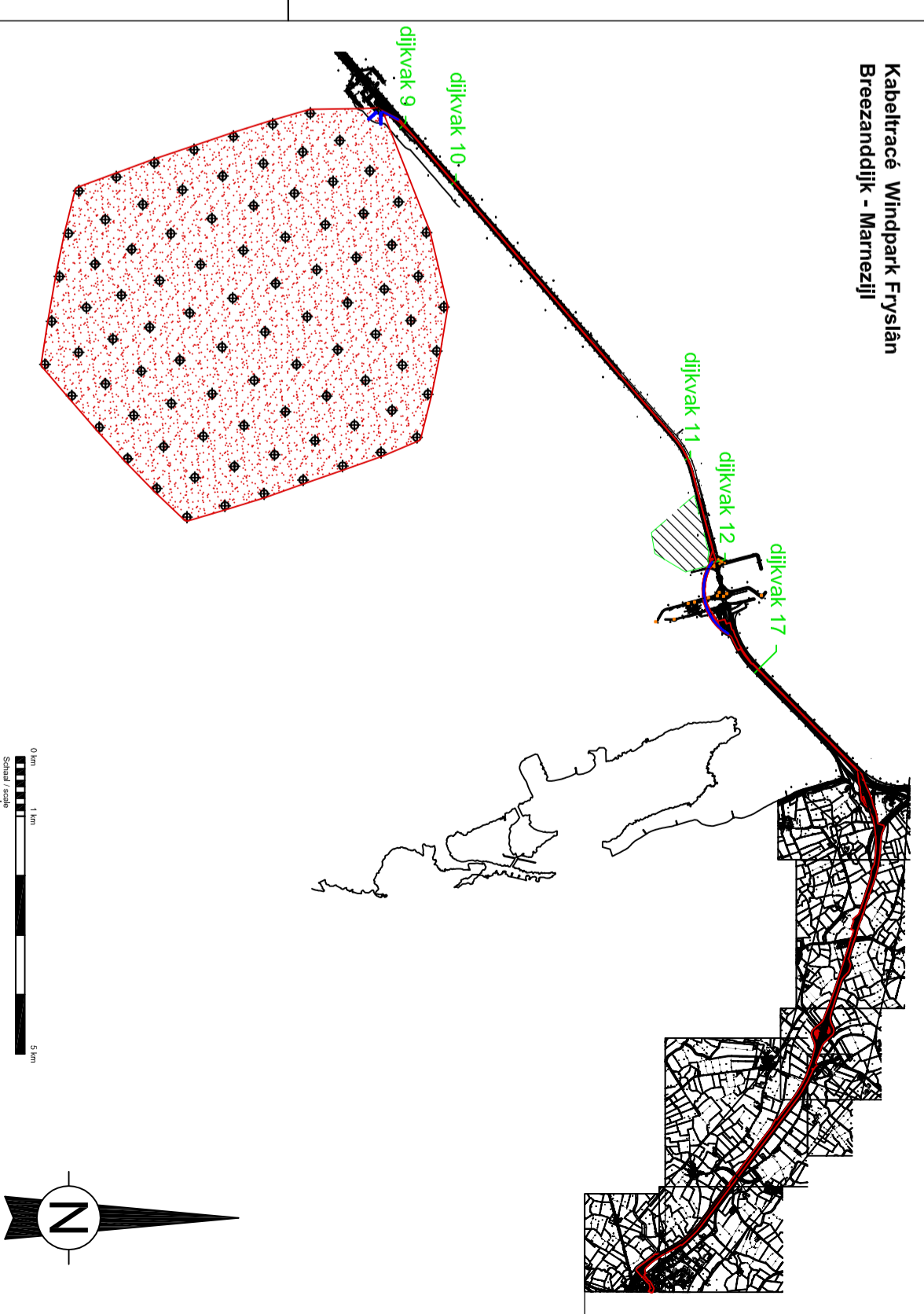
Dijkvak 12		Kabeltracé Windpark Fryslân Breezanddijk - Marrezijl	
00	01-07-2015	FOR PERMITS	AVV
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GOEDGEKEURD/PPR
Windpark Fryslân		PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE:	
Ventolines		Ventolines bv Dijk 15, 8300 B9 Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE Dwarsprofiel dijkvak 12: kabels onder fietspad			
Cross section dyke section 12: cables in under bike road			
PROJECT	WPF	SITE	Fryslân
SCHAAL/SCALE	1:50 / 1:200	DOC. NO.	C4-04
FORMAT/SIZE	A2		
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used reproduced or made available to third parties without written consent.			



Detail dwarsdoorsnede dijkkvak 17
 Schaal 1:50



Kabeltracé Windpark Frysian
 Brezanddijk - Marrezijl



Dijkkvak 17



00	01-07-2015	FOR PERMITS	AVV	Bau
REV.	DATE/DATUM	STATUS/STATUS	GETEKEND/DRAWN	GOEDGEKEURD/APPR
Windpark Frysian				
PROJECT BUREAU / PROJECT OFFICE:			Ventolines	
VENTOLINES BV			Dijk 15, 8300 B9 Emmeloord	
T: +31 527 61 61 67				
TITLE Dwarsprofiel dijkkvak 17: kabels onder fietspad				
Cross section dyke section 17: cables in under bike road				
PROJECT	WPF	SITE	Frysian	
SCHAAL/SCALE	1:50 / 1:200	DOC. NO.	C4-08	
FORMAT/SIZE	A2			

Deze tekening is eigendom van Windpark Frysian en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Frysian and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.

BIJLAGE 4 FUGRO RAPPORTAGE 1 RISICOANALYSE



GEOTECHNISCH ADVIES en RISICOANALYSE
betreffende

**EFFECTEN WATERKERING TEN
GEVOLGE VAN WINDPARK FRYSLÂN**

Oprichtnummer: 1013-0226-004

Opdrachtgever : Pondera Consult Zeist
Nooitgedacht 2
3701 AN Zeist

Engineer windpark : Ventolines
Duit 15
8305 BB Emmeloord

Datum grondonderzoek : Diverse grondonderzoeken 2000 en 2001

Projectleider : ir. A.J. Snethlage

Opgesteld door : ing. P.A.J. Kivit
ir. A. Pool
ir. W.R. Halter

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	21 november 2013	definitief	
2	23 december 2013	aanvulling hst. 9 en 10	
3	20 februari 2014	opm. opdrachtgever verwerkt	
4	21 juli 2014	opmerkingen RWS verwerkt	
5	6 oktober 2014	Aanvullende opmerkingen verwerkt	
6	3 november 2014	Nieuwe opmerkingen verwerkt, risicoanalyse kabeltracé uitgewerkt	
7	12 januari 2015	Opmerkingen RWS verwerkt	
8	20 januari 2015	Aanvullende opmerkingen verwerkt	

SAMENVATTING

Door Pondera Consult is aan Fugro GeoServices BV gevraagd om voor het project "Windpark Fryslân" een risicoanalyse en effectbeoordeling uit te brengen ten aanzien van effecten op de waterkering.

Het windpark is voorzien in het IJsselmeer ten zuiden van de Afsluitdijk ter hoogte van Breezanddijk. Het windpark bestaat uit windturbines op een afstand van circa 600 meter of meer tot de Afsluitdijk. Op en in de Afsluitdijk zijn diverse elektrische en civiele werken voorzien. Dit betreft een transformatorstation op locatie Breezanddijk en ondergrondse elektriciteitskabels naar land.

Voor het windpark wordt een MER opgesteld. Onderdeel hiervan is een nadere beschouwing van de potentiële effecten op de veiligheidsaspecten van de primaire waterkering (de Afsluitdijk). Fugro heeft hiertoe een risicoanalyse uitgevoerd waarbij voor relevante activiteiten is beschouwd of deze een negatieve effect op het veiligheidsniveau c.q. de stabiliteit van de waterkering kunnen hebben. De rapportage is aangevuld met de achterliggende veiligheidsfilosofie en kwaliteitseis m.b.t. leggen van kabels.

Risicoanalyse

In deze fase van het project is sprake van een risicoanalyse. Voor deze analyses zijn de nodige (conservatieve) aannames gedaan. Het doel van deze studie is om inzicht te krijgen in de uitvoerbaarheid van een transformatorstation op Breezanddijk, de bekabeling in de waterkering en het formuleren van randvoorwaarden om gevolgen voor dijkveiligheid te beperken tot een aanvaardbaar niveau. Ten behoeve van de risicoanalyse worden conservatieve aannames gehanteerd die zekerheid geven over de te verwachten effecten voor de waterkering. De invulling bij het definitieve ontwerp kan de uitkomsten hiervan bevestigen.

Grondonderzoek

Omdat sprake is van een risicoanalyse waarbij afbakening van mogelijke geotechnische risico's aan de orde is en niet van een uitgewerkt ontwerp, is nog geen grondonderzoek op locatie van de windturbines (windpark) en op locatie van het trafostation uitgevoerd. Voor de analyses is wel beschikbaar grondonderzoek uit de nabije omgeving gehanteerd. Op het moment dat de ontwerpfase (of voorontwerp) voor het definitief ontwerp gestart gaat worden, zal grondonderzoek op de nodige locaties (windpark in het IJsselmeer, transformatorstation en kabeltracé) conform NEN9997-1 uitgevoerd worden ten behoeve van definitieve ontwerpen.

Funderingsadvies

Een onderdeel van de risicoanalyse in deze rapportage is een funderingsadvies voor het transformatorstation. Op basis van het funderingsadvies komen de uitgangspunten beschikbaar voor het beschouwen van de potentiële effecten van de aanleg ervan voor de waterkering. Op verzoek van de initiatiefnemer zijn twee type funderingen beschouwd: een fundering op heipalen (voor twee verschillende paaltypen) en een fundering op staal. Geconcludeerd is dat zowel een fundering op staal als een fundering op palen toepasbaar zijn en dat daarbij de stabiliteit van de kering niet in gevaar komt, zowel tijdens bouw- als gebruiksfase. Gezien de ondiepe ligging van draagkrachtige zandlagen komt een fundering op staal het meest in aanmerking.

Bij een belasting van 500 kN / paal per prefab betonpaal, kunnen betonpalen met een schachtafmeting van $\varnothing 250$ mm worden toegepast. Voor deze belastingen kunnen vibropalen met een schachtafmeting van $\varnothing 271/310$ mm worden toegepast. Het paalpuntniveau van beide paaltypen ligt op circa NAP +2,0 m.

Dimensionering van de afmetingen van de betonfundering op staal dient voor het definitieve ontwerp door een constructeur gedaan te worden. Op basis van sondering DKM39 bedraagt de maximale funderingsdruk 155 kN/m^2 (plaatdikte $d = 0,2 \text{ m}$).

Trillingsintensiteiten bij waterkering a.g.v. heiwerkzaamheden

Voor de paalfundering is sprake van korte paallengtes. De trillingen ten gevolge van heien zijn uitgewerkt, omdat dit maatgevend is voor de effecten op de stabiliteit van het dijklichaam tijdens uitvoering. Tijdens de heiwerkzaamheden van prefab betonpalen is een energieniveau van circa 35 kNm benodigd om de palen op diepte te brengen. Met het heien van vibropalen is een energieniveau van 25 kNm benodigd. Als gevolg van de heiwerkzaamheden worden trillingsintensiteiten van 0,17 tot $0,23 \text{ m/s}^2$ bij de waterkering verwacht. Deze trillingsintensiteiten zijn als input gebruikt voor de stabiliteitsanalyse van de waterkering en daaruit blijkt dat deze geen risico op ontoelaatbare standzekerheid geven.

Prognosemodel trillingen

Op basis van de prognosemethodiek voor trillingen zoals deze is opgenomen in het CUR handboek CUR 166 "Damwandconstructies" zijn de trillingsintensiteiten (versnellingen) in de grond geprognoseerd. In de methodiek wordt een vereenvoudigde lognormale kansverdeling aangehouden. Ten tijde van het schrijven van het rapport, voorafgaand aan de MER fase (december 2013), zijn de analyses van trillingsintensiteiten uitgevoerd op basis van een normale kansverdeling. Als gevolg van voortschrijdend inzicht in het prognosemodel worden door Fugro vanaf de zomer 2014 de analyses uitgevoerd op basis van een uitgebreide lognormale verdeling [*Aanscherping trillingsprognoses met nauwkeuriger bepaalde veiligheidsfactoren*, Geotechniek, jaargang 18, nr 4, blz 37 t/m 40]. Het aangepaste prognosemodel zal echter niet leiden tot significant andere conclusies ten aanzien van de standzekerheid (stabiliteit) van de waterkering.

Toetsfactoren stabiliteit

In de gebruiksfase bedraagt de toetsfactor voor de stabiliteit van de waterkering 1,16 à 1,22. In de uitvoeringsfase is de toetsfactor 1,0. Deze factoren zijn conform het Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies. De stabiliteitsfactor is een product van modelfactor, schadefactor en de schematiseringsfactor. Deze factoren zijn benut voor het beoordelen van de potentiële impact van de voorgenomen werken op de stabiliteit van de waterkering.

Risicoanalyse primaire waterkering

Zowel de Tuimeldijk als het IJsselmeertalud zijn bij de gegeven trillingsintensiteit tezamen met diverse overige belastingen, op **stabiliteit** getoetst. De volgende stabiliteitsfactoren zijn bepaald:

1. Referentiefase (geen werkzaamheden)
 - Tuimeldijk 1,29
 - IJsselmeertalud 1,82
2. Bouwfase (heiwerkzaamheden)
 - Tuimeldijk 1,21
 - IJsselmeerdijk 1,53.

Omdat deze stabiliteitsfactor ruim boven de stabiliteitsfactoreis van 1,0 (uitvoeringsfase) ligt, wordt geconcludeerd dat er geen risico op ontoelaatbare standzekerheid van de waterkering te verwachten is ten gevolge van heiwerkzaamheden.

Gevoeligheidsanalyse bovenbelastingen trafostation en kraan

Met een gevoeligheidsanalyse is inzicht verkregen in de risico's van afschuiven van het IJsselmeertalud van de waterkering bij een bovenbelastingen van trafostation en kraan ten behoeve van de bouw en een afstand van de belasting tot de insteek van het talud. Dit risico kan vermeden worden door de bovenbelasting van de kraan op minimaal een afstand van 10 m uit het talud te houden en de belasting niet hoger te laten zijn dan 100 kPa.

Zwaar transport over de waterkering

Stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd waarbij zwaar transport over de reguliere weg van de waterkering is beschouwd. Bij aannahme van een zware belasting van 80 kPa over een breedte van 6 m neemt de stabiliteitsfactor niet dusdanig af dat de standzekerheid van de waterkering in het geding is. Ter vergelijking: regulier wordt bij dijken een belasting van 13,3 kPa over een breedte van 2,5 m in rekening gebracht.

Monitoring tijdens bouwfase

Indien wenselijk als aanvullende borging kan gebruik worden gemaakt van zowel trillingsmetingen als hoogfrequentie waterspanningsmeters om de stabiliteit te bewaken (monitoring). Indien hogere trillingen optreden dan verwacht, is monitoring een effectieve maatregel aangezien trillingsintensiteiten direct afnemen na het stoppen van heiwerkzaamheden. Op dat moment kan met een lagere slagenergie of frequentie verder worden geheid om aanvaardbare niveaus aan te houden. Indien gewenst wordt aanbevolen dit in een monitoringsplan nader uit te werken, waarin de meetfrequentie, meetlocaties, etc. en een meetprotocol opgenomen worden. Het monitoringsplan kan pas opgesteld worden in een eindfase (na de ontwerpfase).

Overige geotechnische risico's

Hiervoor zijn de resultaten van de analyses van trillingen, bovenbelastingen en de risico's op de waterkering weergegeven. In bijlage A3 is een risicotabel gepresenteerd. In de tabel wordt ingegaan op overige potentiële risico's en zijn de oorzaak / gevolg / wel of niet beperkt risico en eventuele te nemen beheersmaatregelen beschreven.

Geconcludeerd wordt dat zettingsvloeiing, instabiliteit door trillingen (door hei-, installatie HDD en overige werkzaamheden) geen risico vormen voor de standzekerheid van de primaire waterkering, uitgaande van de conservatieve uitgangspunten die zijn gehanteerd.

Opgemerkt wordt dat volgens de beschouwde sonderingen in de toplagen (dikte circa 3 m) minder verdichte zandlagen aanwezig zijn. Door heiwerkzaamheden kunnen deze lagen verdichten en daarmee een maaiveldzakking teweeg brengen. Bij een minimale grenswaarde voor verdichting van 1 m/s^2 wordt een invloedsgebied verwacht van circa 10 tot 15 m uit de heiwerkzaamheden. Dit betreft de directe locatie en omgeving van het transformatorstation. Buiten het invloedsgebied zijn de maaiveldzakkingen nihil. Gezien de geplande locatie van het trafostation op ruim grotere afstand dan 15 m uit de kruin van de kering geeft dit geen risico voor de stabiliteit en hoogte van de waterkering. Derhalve zijn er geen gevolgen voor de waterveiligheid.

Kabeltracé

Het kabeltracé dient gecontroleerd te worden op (knelpunten) met de ligging van bestaande kabels en leidingen, zogenaamde "clash controle". Het beoogde kabeltracé ligt onder het fietspad. Op deze locatie in het dwarsprofiel is volgens de beschikbare informatie over de gehele Afsluitdijk tussen Breezand en Friesland geen keileemlaag aanwezig, behalve in dijkvak 11. Hier wordt geadviseerd de keileem ter plaatse van de ontgraving te vervangen door goed verdichte klei van categorie 1. In het algemeen wordt geadviseerd de kabels onder het fietspad te leggen, omdat na reparatiewerkzaamheden de bekleding snel kan worden hersteld. Bij het herstel van het asfalt is de bekleding van de waterkering meteen op volledige sterkte, terwijl een grasbekleding een paar jaar tijd nodig heeft om een goede wortelstructuur te ontwikkelen.

Ondanks dat bij de aanleg van de kabels zowel evenwijdig aan de waterkering als van en naar de locatie van het trafostation de waterkerende functie van de ondergrond behouden blijft, dient de grondconditie gecontroleerd te worden. Hiertoe dienen zowel voorafgaand als nadien om de 50 m handsonderingen uitgevoerd te worden, zodat aangetoond kan worden dat de verdichting van de bovenste grondlagen minimaal even goed is als voor de werkzaamheden.

Bij Kornwerderzand is een horizontaal gestuurde boring in het voorland voorzien om de sluizen en de toekomstige vistrap te passeren. Dit betekent dat het kabeltracé op twee plekken de tuimeldijk moet passeren. Dit kan op meerdere manieren: een kruising over de tuimeldijk heen of een gestuurde boring onder de tuimeldijk door. De technische risico's van beide methoden zijn beheersbaar. Definitieve beheersmaatregelen moeten in het ontwerpstadium worden uitgewerkt.

Ontgraving en ligging grondwaterstand / c.q. waterremmende keileemlaag

De ontgraving voor de kelder van het trafostation op Breezanddijk bedraagt maximaal circa 1,5 m. Het maaiveld van het terrein ligt op NAP +4,2 m. Omdat het zomerpeil op NAP -0,2 m aangehouden wordt, wordt bij het ontgraven geen grondwater aangetroffen.

Uit de ontwerptekening van de verbreding bij Breezanddijk (1969) is op te maken dat de ophoging (vanaf circa NAP -4 m) in zand is uitgevoerd en dat ter plekke geen beschermende keileemlaag aanwezig is. De ontgraving heeft hier derhalve geen invloed op een keileemlaag.

<u>INHOUDSOPGAVE</u>	<u>Blz.</u>
SAMENVATTING	I
1. INLEIDING	1
2. PROJECTOMSCHRIJVING	2
3. FAALMECHANISMEN WATERKERING	5
4. GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN BODEMGESTELDHEID	8
4.1. Algemeen	8
4.2. Globale bodemgesteldheid	8
4.3. Ligging keileem	8
5. TRILLINGSINTENSITEIT	10
5.1. Karakteristieken werkzaamheden	10
5.2. Modelling	10
5.3. Demping	11
5.4. Trillingsoverdracht	11
6. RISICOBESCHOUWING WATERKERING	13
6.1. Algemene risicobeschuwing	13
6.2. Risico's windturbines	14
6.3. Risico's transformatorstation	15
6.4. Risico's kabels	15
6.5. Risico's bij sluizen Kornwerderzand	16
7. STABILITEIT	18
7.1. Uitgangspunten	18
7.2. Toegepaste partiële veiligheidsfactoren	20
7.3. Stabiliteitsberekeningen	21
7.4. Gevoeligheidsanalyse bovenbelasting transformatorstation	23
7.5. Effect zwaar transport op stabiliteit Afsluitdijk	24
7.6. Monitoring	26
<u>BIJLAGEN</u>	<u>Nr.</u>
<u>Geotechnisch onderzoek</u>	
- Situatiekening	1013-0226-000-A1
- "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten"	
- "Continu Elektrisch Sonderen"	
- Sondeergrafiek	Q-1837-DKM39
 <u>Adviezen / Risicoanalyse</u>	
- Funderingsadvies	A2
- Berekening en toetsing rekenwaarde netto draagkracht – Fundering op palen	A3
- Berekening rekenwaarde draagkracht – Fundering op staal	A4
- "Toelichting modellering trillingen"	A5
- Risicoanalysetabel waterveiligheid Afsluitdijk	A6
- Stabiliteitsanalyse	A7
 <u>Uitvoering</u>	
- "Richtlijnen grondverbetering"	

1. INLEIDING

Op 2 september 2013 ontving Fugro GeoServices B.V. te Leidschendam van Pondera Consult te Zeist de opdracht voor het uitvoeren van een risicoanalyse voor het project "Windpark Fryslân".

Het doel van de risicoanalyse is het bepalen van een mogelijke invloed van de voorgenomen (bouw)werkzaamheden op de standzekerheid van de primaire waterkering en het formuleren van randvoorwaarden (beheersmaatregelen) om de standzekerheid van de waterkering te borgen.

Door Fugro is onder opdrachtnummer Q-1837 voor de Afsluitdijk een geotechnisch onderzoek (in nov. 2000) uitgevoerd bestaande uit diverse sonderingen. Sondering DKM 39 (dp 16.5) nabij de beoogde locatie van het trafostation is representatief gesteld (opgenomen in bijlage A1).

In de risicoanalyse is nog geen rekening gehouden met de in aantocht zijnde versterking van de Afsluitdijk, omdat nog niet bekend is hoe deze eruit zal zien. Op basis van mededelingen van Rijkswaterstaat over de inhoud van de versterking zal de vormgeving van de versterking geen belemmering vormen voor de (bouw)werkzaamheden, omdat inpassing met maatwerk-beheersmaatregelen altijd mogelijk is.

Toelichting opbouw rapportage

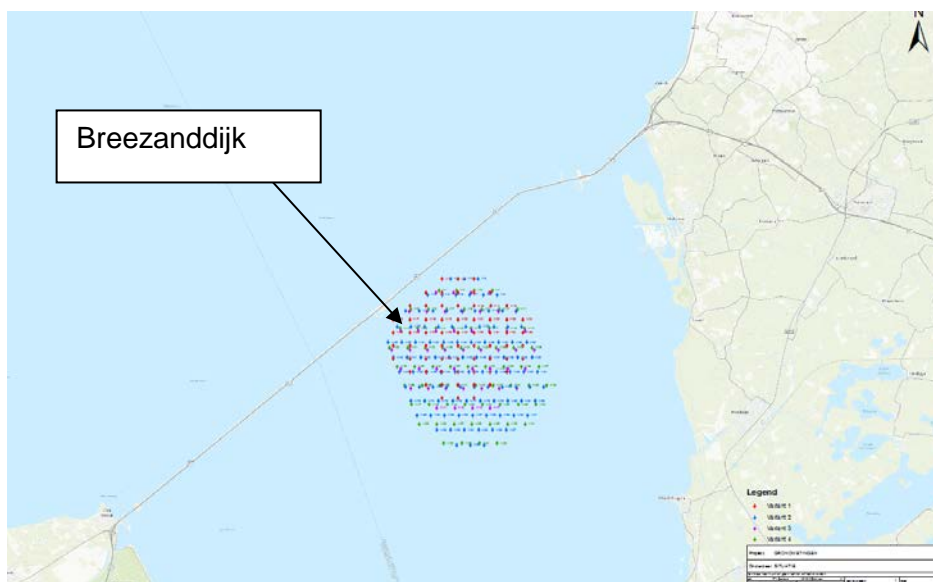
In hoofdstuk 1 is de rapportage samengevat waarbij de belangrijkste conclusies van verdere hoofdstukken zijn beschouwd. Hoofdstuk 2 t/m 6 gaan in op mogelijke risico's aan de primaire waterkering ten gevolge van de aanleg van Windpark Fryslân. Uitgangspunten voor de trillingsintensiteit als belasting op de waterkering is terug te vinden in de bijlage evenals de risicotabel A3.

Dit rapport bevat:

- een samenvatting (hoofdstuk 1);
- een projectomschrijving (hoofdstuk 2);
- beschrijving uitgevoerd geotechnisch onderzoek (hoofdstuk 3);
- risicobeschouwing werkzaamheden tijdens bouw-, gebruik- en sloopfase (hoofdstuk 4);
- analyse trillingsintensiteit tijdens heien (hoofdstuk 5);
- stabiliteitsanalyse van diverse werkzaamheden (hoofdstuk 6).

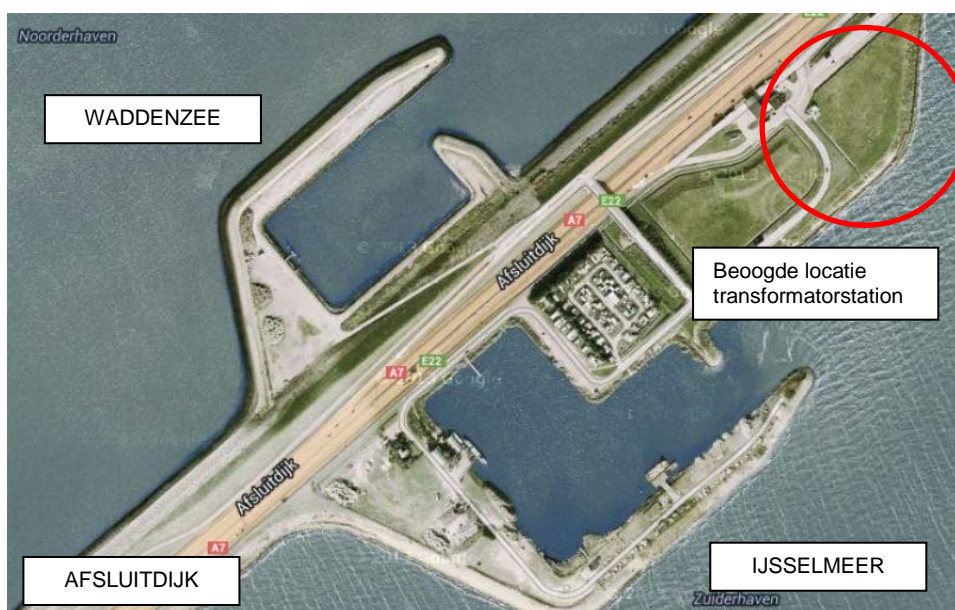
2. PROJECTOMSCHRIJVING

In het IJsselmeer is Windpark Fryslân BV voornemens om een windpark te realiseren ten zuiden van de Afsluitdijk ter hoogte van de Breezanddijk. In onderstaande figuur 2-1 is de beoogde locatie van het windpark weergegeven. Een MER wordt opgesteld waarin onderscheid wordt gemaakt in varianten met tussen de 47 en 100 windmolens.



Figuur 2-1: Beoogde locatie windpark Fryslan

Vanuit de windturbines zullen verschillende elektriciteitskabels aangelegd worden naar het transformatorstation “op” Breezanddijk. De exacte locatie van het transformatorstation is in dit stadium (nog) niet definitief. Wel is duidelijk dat het trafostation op minimaal 10 m afstand uit de insteek van het het IJsselmeertalud wordt geplaatst. De voorziene locatie is weergegeven in figuur 2-2.



Figuur 2-2: Projectlocatie Breezanddijk met locatie transformatorstation

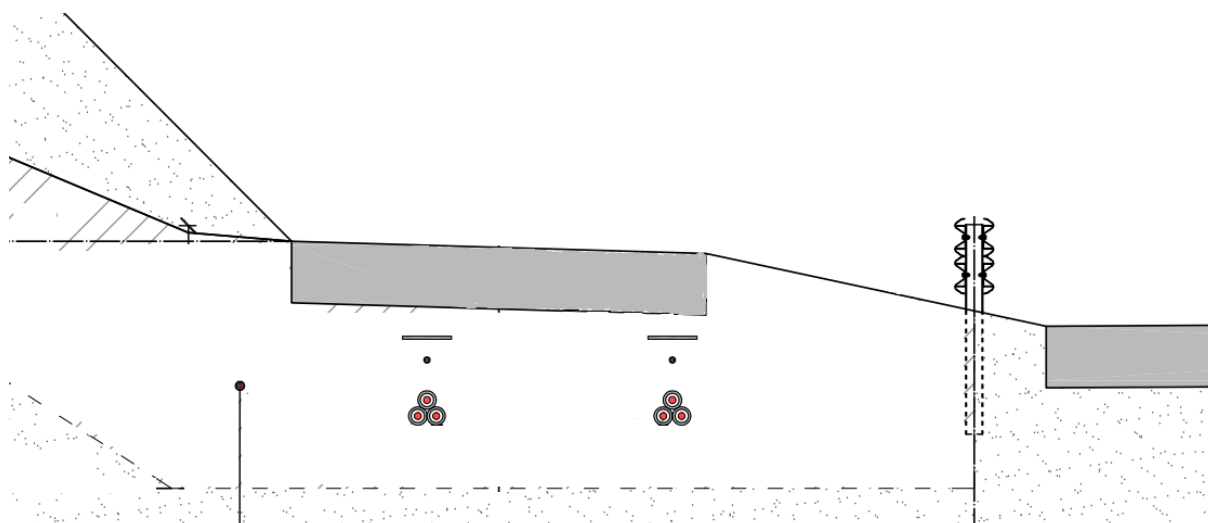
Het transformatorstation heeft een maximale oppervlakte van circa 45 x 25 m (op basis van conservatieve uitgangspunten). In het gebouw worden een aantal transformatoren opgesteld tezamen met schakelapparatuur. Het terrein wordt mogelijk omsloten door een hek. Naar het transformatorstation wordt een ontsluitingsweg aangelegd met een breedte van circa 5-8 meter.

Het is een optie om onder het gebouw een kabelkelder te realiseren. De elektriciteitskabels worden dan ingevoegd via deze kelder welke een diepte heeft van circa mv - 1,5 m (bovenkant vloer).

Nieuwe hoogspanningskabels

Vanaf het transformatorstation wordt een tweetal ondergrondse 110 kV-verbindingen naar land aangelegd. De kabels zijn voorzien in de Afsluitdijk en sluiten het windpark aan op het landelijk hoogspanningsnet in Friesland, waarschijnlijk bij 110 kV-station Marnezijl bij Bolsward. De enige mogelijke locaties voor de kabels in de Afsluitdijk (op het traject Breezanddijk – Kornwerderzand) zijn onder het fietspad, tussen het fietspad en de snelweg en in de middenberm van de snelweg. Na het sluisencomplex bij Kornwerderzand is er meer ruimte voor de kabels. De voorkeurslocatie is onder het fietspad, omdat in de middenberm van de snelweg reeds een rioleringstelsel ligt (hemelwaterafvoer rijksweg). Een kabeltracé naast het fietspad is niet gewenst, omdat dan de grasmat tijdelijk zal moeten worden opengelegd. De rijksweg wordt gekruist met twee horizontaal gestuurde boringen (HDD) om vanaf het trafostation bij het fietspad te komen.

Elke verbinding bestaat uit 3 kabels (1 kabel per fase). Voor de aanleg van de kabels onder het fietspad dient een sleuf met een breedte van circa 3 tot 4 m aan maaiveld gegraven te worden. De aanlegdiepte van de kabels bedraagt maximaal ca. 1,0 m onder maaiveld of bestaande bekleding/wegfundering (zie figuur 2-3). De aanlegdiepte kan aangepast worden als dat gewenst is voor de opbouw van de waterkering. Als geen keileem aanwezig is dan kan de ontgraving worden opgevuld met dezelfde grond die eerder ontgraven is; er is geen speciaal zandmengsel rond de kabels voorzien. Derhalve blijft de grondconditie voor en na aanleg van de kabels gelijk. Op locaties met een keileemkern wordt de keileem ter plaatse van de ontgraving vervangen door goed verdichte klei van categorie 1.



Figuur 2-3: Indicatieve ligging hoogspanningskabels onder fietspad

Het sluizencomplex bij Kornwerderzand wordt gepasseerd met twee horizontaal gestuurde boringen (HDD). De voorziene start- en eindlocaties van de HDD's zijn in het 'voorland' van de kering gelegen (zie tekening TP14182-K-X-02 voor de exacte locaties). Om bij deze locaties te komen, dienen de kabels de kruin van de kering (tuimeldijk) te kruisen. Hiervoor staan nog verschillende opties open: een kruising over de tuimeldijk heen, een gegraven kruising door de tuimeldijk, een gestuurde boring onder de tuimeldijk. Van alledrie de opties zijn de effecten beschouwd. Bij de kruising van het Kornwerderzand-complex wordt ook al rekening gehouden met de plannen voor een vismigratierivier bij Kornwerderzand, waarbij een koker door de dijk zou moeten komen direct ten westen van de spuisluisen bij Kornwerderzand. De hoogspanningskabels kruisen de voorziene koker naar verwachting bovenlangs. Afstemming vindt plaats met de initiatiefnemer van de vismigratierivier.

Ligging bestaande kabels

Bekend is dat er een 10 kV-kabel ligt tussen het fietspad en de tuimeldijk aan de Waddenzeezijde.

Overige objecten Breezanddijk

De geplande locatie van het trafostation op locatie Breezanddijk is zodanig dat de bouw en aanwezigheid van het transformatorstation, de HDD-boringen (van het windpark naar het transformatorstation en van het transformatorstation naar het fietspad) en de hoogspanningskabels in de dijk geen invloed hebben op de werkhavens, voorhavens, havendammen en het viaduct over de rijksweg. De afstand tot deze objecten is minimaal 200 m.

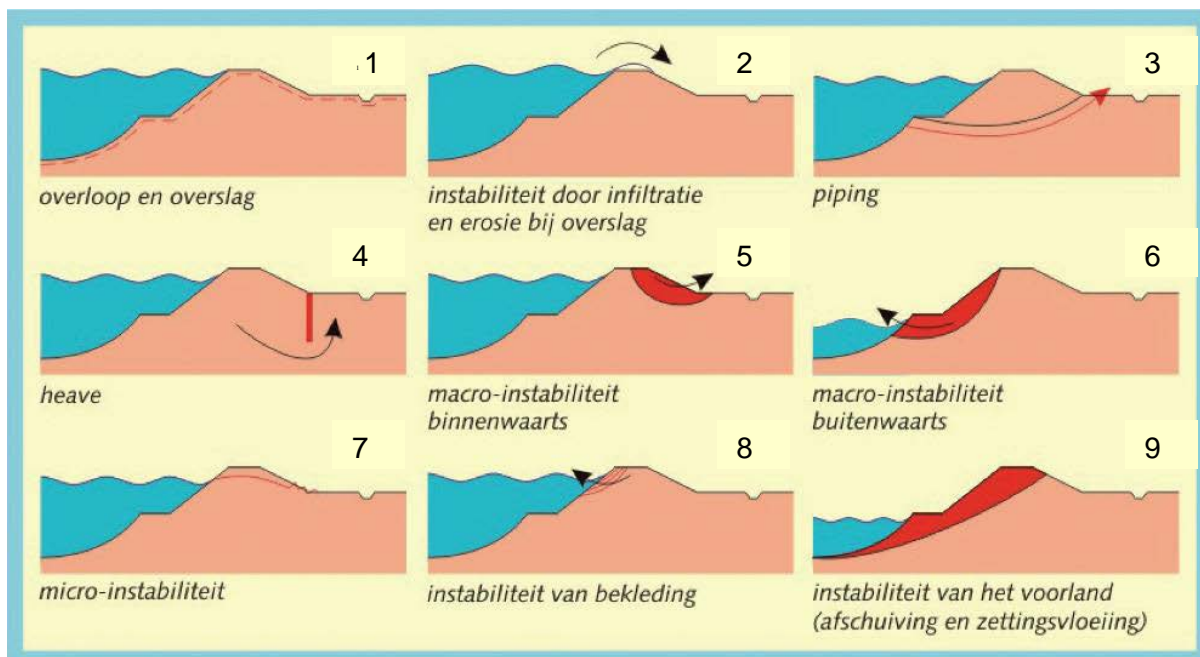
Beheer Afsluitdijk

Met betrekking tot de beheers- en onderhoudswerkzaamheden voor de primaire waterkering zijn, nadat het transformatorstation is aangelegd, geen additionele (c.q. noodzakelijke) werkzaamheden aan de orde. Het station is voorzien op een terrein dat op dit moment geen bijzondere functie heeft.

Ook na aanleg van de elektriciteitskabels zijn geen noodzakelijke onderhoudswerkzaamheden voorzien. De kabels zijn gedurende de levensduur van ca. 40 jaar onderhoudsvrij. Alleen in het geval van een calamiteit (storing, graafschade) is reparatie noodzakelijk.

3. FAALMECHANISMEN WATERKERING

De mogelijke invloed van de windturbine / transformatorstation op de waterkerende functie van de primaire waterkering is vanuit geotechnisch oogpunt beschouwd. Hiertoe dienen de belangrijkste faalmechanismen conform Voorschrift Toetsen op Veiligheid primaire waterkering 2006 (VTV) te worden geanalyseerd zoals deze schematisch zijn weergegeven in figuur 3-1.



Figuur 3-1: Faalmechanismen waterkeringen (VTV 2006)

Transformatorstation

Nadat het Windpark Fryslân in gebruik is genomen, worden door het transformatorstation geen dynamische belastingen (trillingen) op de waterkering uitgeoefend.

Indien het station op staal gefundeerd is, kan de extra bovenbelasting tot een verlaging van de stabiliteit van de kering leiden (faalmechanisme 5). Indien het transformatorstation gefundeerd is op palen, is kwel ten gevolge van grondwaterstromingen langs de paal een aspect om te beoordelen. Kortom, in de bedrijfssituatie zijn dan de faalmechanismen 3 en 7 mogelijk van invloed. De ontgraving voor de kelder van het transformatorstation heeft mogelijk invloed op de stabiliteit van de kering (faalmechanisme 5).

In de bouwfase wordt de waterkering mogelijk dynamisch belast (trillingen). Deze belastingen kunnen van invloed zijn op faalmechanismen stabiliteit binnen- en buitentalud (5 en 6) en op zettingsvloeiing (9).

Samengevat: voor het transformatorstation dienen de faalmechanismen 3, 5, 6, 7 en 9 beoordeeld te worden. Faalmechanismen 1, 2, 4 en 8 worden niet beïnvloed door de realisatie en aanwezigheid van het transformatorstation.

Windturbines

Omdat de locatie van de windturbines zelf dusdanig ver weg is (minimaal 600 m tot de Afsluitdijk) kan uitgesloten worden dat het installeren c.q. het in bedrijf zijn van de turbines invloed heeft op de faalmechanismes van de waterkering. In hoofdstuk 5 is dit nader toegelicht.

Samengevat: geen van de faalmechanismen wordt beïnvloed door de windturbines in het IJsselmeer.

Kabels

Voordat de kabels in de Afsluitdijk worden aangebracht, wordt een tijdelijke sleuf gegraven waarin de kabels aangebracht worden. Vervolgens wordt de sleuf weer gedicht waarbij de grondlagen zo goed als mogelijk in oorspronkelijke opbouw worden teruggebracht en goed worden verdicht. Door de kortstondige en plaatselijke ontgraving, wordt geen directe invloed op de meeste faalmechanismen verwacht. Afhankelijk van de exacte ligging van de kabels en de uitvoeringswijze, kan faalmechanisme 8 (instabiliteit bekleding) beïnvloed worden, bijv. bij het openleggen van de grasmat of het verharde fietspad. Dit dient dus beschouwd te worden.

Samengevat: Voor de kabels in de Afsluitdijk dient faalmechanisme 8 beoordeeld te worden. De andere faalmechanismen worden niet beïnvloed door de kortstondige en plaatselijke ontgraving:

- Er is geen sprake van verlaging van de dijk of gladder buitentalud, dus er zijn geen effecten op overloop en overslag.
- Door boogwerking rondom een plaatselijke ontgraving, eventueel aangevuld met tijdelijke hulpconstructies, kan de stabiliteit worden gegarandeerd.
- Piping wordt niet beïnvloed, omdat geen nieuwe intreepunten of kwelwegen worden geïntroduceerd.

Sluis Kornwerderzand

Het kabeltracé is bij de sluisen gepland als een horizontaal gestuurde boring (HDD) onder de sluisen door. Met deze uitvoeringswijze worden mogelijke risico's geminimaliseerd / zijn zeer goed beheersbaar. Mede omdat gesteld is (door RWS) dat de werkzaamheden alleen in het open seizoen uitgevoerd mogen worden. Geadviseerd wordt de werkzaamheden niet tijdens extreem hoog water of andere extreme weersomstandigheden uit te voeren. De startlocatie van de HDD ten oosten van de schutsluis zal bij een hoogwater met een kans van 1x per 2 jaar onder water staan (maaiveldhoogte ca. NAP +3 m)

Het geplande kabeltracé van de HDD's is volledig aan de buitenzijde van de primaire kering gelegen. Daarmee is het risico voor de primaire waterkering beperkt. Om bij de geplande start- en eindlocaties te komen, moeten de kabels de tuimeldijk kruisen. Hiervoor zijn verschillende mogelijkheden, zoals een HDD of een gegraven kruising. Door de kortstondige en plaatselijke ontgraving wordt geen directe invloed op de meeste faalmechanismen verwacht. Faalmechanisme 8 (instabiliteit bekleding) kan wel beïnvloed worden, bijv. bij het openleggen van de grasmat. Daarnaast dient piping (faalmechanisme 3) beschouwd te worden en is kwel ten gevolge van grondwaterstroming langs de HDD's een aspect om te beoordelen, hierdoor kan de stabiliteit van de kering worden beïnvloed (faalmechanisme 5). De overige faalmechanismen worden niet beïnvloed door de kruising van de tuimeldijk.

Samengevat: Voor de HHD-boringen bij Sluis Kornwerderzand dienen faalmechanisme 3, 5 en 8 beoordeeld te worden.

4. GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN BODEMGESTELDHEID

4.1. Algemeen

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op gebruikte informatie over de bodemgesteldheid. Er wordt specifiek ingegaan op de ligging van de keileemlaag/-lagen in de waterkering.

In de directe nabijheid van het geplande trafostation is door Fugro in 2000 en 2001 grondonderzoek uitgevoerd (langs de Afsluitdijk).

Fugro heeft veel grondonderzoek (om de 250 m, 2008) verricht in de Afsluitdijk. Uit dit grondonderzoek en het uitgebrachte geotechnisch lengteprofiel, wordt geconcludeerd dat de Afsluitdijk uit voornamelijk zandlagen bestaat en onderbroken is door (deels plaatselijke) klei- en veenlagen. De kern van de waterkering is geschematiseerd met behulp van bestekstekeningen. Voor de toekomstige locatie van het trafostation is de dichtstbijzijnde gelegen sondering DKM39 maatgevend gesteld. Deze sondering is opgenomen in de bijlage "Geotechnisch onderzoek".

Voor de beoordeling van mogelijke effecten op de waterkering kan volstaan worden met de beschikbare grondgegevens.

4.2. Globale bodemgesteldheid

Op basis van het geotechnisch onderzoek en het geotechnisch lengteprofiel ter plaatse van de kruin van de kering en de bestekstekening is in tabel 4-1 de bodemgesteldheid ter plaatse van het trafostation globaal geschematiseerd weergegeven.

Tabel 4-1: Globale bodemgesteldheid ter plaatse van het trafostation

Diepte in m t.o.v. NAP			Bodembeschrijving	
+4,2	tot	-3,8	ZAND	Los tot matig vast gepakt (opgebracht)
-3,8	tot	-4,5	KLEI	Sterk zandig, siltig
-4,5	tot	-8,5	ZAND	Matig vast gepakt
-8,5	tot	-10,0	KLEI	
-10,0	Maximaal verkende diepte			

Opmerkingen:

Het maaiveldniveau op de Afsluitdijk varieert; op basis van de aanlegtekening uit 1969 en AHN2 is aangehouden dat het maaiveld ter plaatse van het trafostation op NAP +4,2 m ligt.

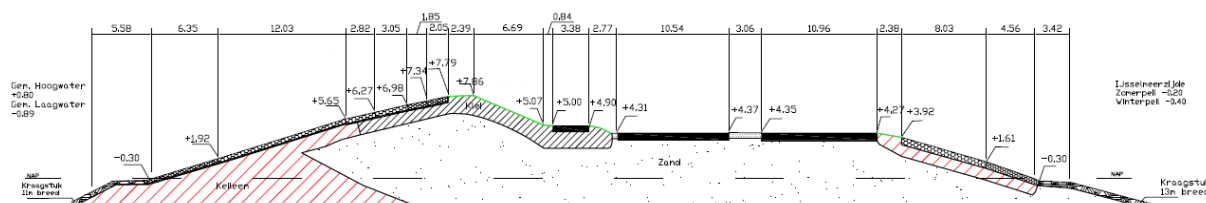
4.3. Ligging keileem

Keileem is een taai materiaal dat veelal zeer erosiebestendig is. Het bestaat uit klei, zand en stenen en is gebruikt bij de aanleg van de Afsluitdijk om een dam te maken die bestand was tegen de optredende stroming en om de zandkern af te dekken. De ligging van de keileemlaag is enerzijds van belang omdat de beheerder eist dat de 'keileemkern' aan de buitenzijde van de waterkering niet verzwakt wordt en anderzijds omdat het graven in keileem zwaar en ingrijpend kan zijn vanwege de aanwezigheid van stenen.

Op basis van het door Fugro uitgevoerde grondonderzoek is de ligging van het keileem niet direct te bepalen, omdat zowel zandige als kleihoudende lagen benoemd kunnen worden als keileem. Daarnaast is van lagen boven de grondwaterstand (dus ook van de keileemdekkingen) minder nauwkeurig de grondsoort vast te stellen op basis van een

sondering. Het meeste grondonderzoek is uitgevoerd op de kruin van de tuimeldijk; ter plaatse van het fietspad is veel minder grondonderzoek beschikbaar.

De ligging van het keileem is daarom bepaald aan de hand van de ontwerptekeningen en de leggerprofielen (Legger Afsluitdijk, 2 november 2009). De keileemdam aan de buitenzijde reikt tot een niveau van NAP +2 à +3 m. Achter de keileemdam is een zandlichaam aangebracht, dat aan de IJsselmeerzijde is afgedekt met ca. 0,75 m keileem vanaf NAP -1,0 m. Het buitentalud is tot ca. NAP + 5,5 m afgedekt met 1,0 m keileem. Op de meeste locaties is de rest van het buitentalud en het binnentalud van de tuimeldijk afgedekt met 1,0 m klei (zie figuur 4-1).



Figuur 4-1: Doorsnede Afsluitdijk (km 20.51) met ligging keileemkern en kleilaag

Op enkele trajecten is de keileemdeklaag verder doorgezet over het buitentalud en binnentalud van de tuimeldijk. Dit geldt voor de volgende trajecten tussen Breezanddijk en Friese kust (dijkvakken op basis van de legger):

- Dijkvak 11 (dp 20.0 – dp 25.9)
- Dijkvak 12 (dp 25.9 – dp 26.2); vlak ten westen van spuisluizen Kornwerderzand
- Dijkvak 13 (dp 26.2 – dp 26.5); bij spuisluizen Kornwerderzand
- Dijkvak 14 (dp 26.5 – dp 26.7); tussen spui- en schutsluizen Kornwerderzand
- Dijkvak 17 (dp 26.7 – dp 31.9); traject Kornwerderzand – Friese kust

Bovenstaande is gebaseerd op de aanlegtekeningen en de vastgestelde legger. Aangezien de precieze ligging van het keileem hier niet uit naar voren komt, dient dit in een later stadium gecontroleerd worden met grondonderzoek ter plaatse, bijvoorbeeld met de handboringen.

5. TRILLINGSINTENSITEIT

De belasting op de dijklichaam wordt bepaald door de “trillingsbelasting” veroorzaakt door de heideactiviteiten. De resultaten van de trillingsintensiteit, in versnellingswaarde, wordt gebruikt bij de risicoanalyse van de standzekerheid van de waterkering. In dit hoofdstuk is de trillingsintensiteit bepaald die maximaal te verwachten is ten gevolge van heidewerkzaamheden.

5.1. Karakteristieke werkzaamheden

Voor het transformatorstation is een funderingsadvies opgesteld. Dit advies, inclusief de gebruikte uitgangspunten en parameters, is te vinden in bijlage A2. Op basis van de resultaten van dit advies worden voor een fundering op palen prefab betonpalen $\varnothing 250$ mm tot een diepte van ca. NAP +2,0 m en / of vibropalen $\varnothing 271/310$ mm tot een diepte van ca. NAP +2,0 m geheld.

Omdat de belastingen conservatief zijn aangehouden, zijn de gekozen paalafmetingen eveneens conservatief. De benodigde draagkracht van de palen wordt immers bepaald door de paalafmeting / paallengte.

Opgemerkt wordt dat de berekende paallengten dusdanig kort zijn, dat een fundering op staal wellicht meer voor de hand ligt, ook gezien de bodemopbouw. De paalberekening is vooral gebruikt om een bovengrensin-schatting te kunnen geven van de trillingseffecten op de waterkering.

Op basis van indicatieve dimensioneringsberekeningen met behulp van de formule van Sprenger-Potma is de benodigde heide-energie bepaald. Verwacht wordt dat de prefab betonpalen met een energieniveau van 35 kNm en de vibropalen met een energieniveau 25 kNm op diepte geheld kunnen worden.

Het stootrendement van het hydraulische heideblok bedraagt circa 95%.

Relevantie van de blokkeuze

De hierboven beschouwde blokken kunnen goed geregeld (dit is variabele valhoogte) worden, zodat niet met een te hoog of te laag energieniveau op de palen geslagen behoeft te worden. De acceptatie van het gekozen blok dient uiteindelijk in de uitvoeringsfase door een aannemer in overleg met de constructeur te worden verzorgd.

Bij de keuze van het blok is het van belang dat er gelet wordt op zowel de beschikbare bruto als netto energie. Rekening dient te worden gehouden met het feit dat sommige hydraulische heideblokken bij de neerwaartse klap hydraulisch versneld worden. Bij dit soort blokken is er vaak een kleiner verschil tussen het bruto en netto energieniveau.

Bovengenoemde aannamen zijn als uitgangspunt voor de analyse gehanteerd. In geval van wijzigingen in het te hanteren equipment en / of materieel, wordt aanbevolen de analyse / toetsing aan te laten passen.

5.2. Modellerings

In de bijlage “*Toelichting Modellerings trillingen*” (bijlage A5) wordt nader ingegaan op de theoretische achtergrond omtrent trillingen.

De modellering en het opstellen van de trillingsrisicoanalyse vindt plaats op basis van CUR - publicatie 166 'Damwandconstructies'. In genoemde CUR - publicatie wordt onderscheid gemaakt in verschillende bodemkarakteristieken, verschillende palen en damwandplanken alsmede in verschillende wijzen van inbrengen.

In CUR 166 wordt voor de bronintensiteit van de trillingsintensiteit een "standaard" bodemprofiel gehanteerd. Door de bronwaarden van het "standaard" profiel te correleren met de grondcondities van de projectlocatie is met lokale omstandigheden rekening gehouden. Voor de modellering van de projectlocatie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Gemiddelde bronsnelheid u_{5m} , heien 0,035 mm/s
- Variatiecoëfficiënt, heien 0,6

In tegenstelling tot de in CUR 166 (5^e druk) gehanteerde lognormale verdeling voor de bronwaarde wordt in de analyse uitgegaan van een normale kansverdeling.

Opgemerkt wordt dat ten tijde van het schrijven van de eerste versie van dit rapport (december 2013), voorafgaand aan de MER fase, de analyses van trillingsintensiteiten uitgevoerd zijn op basis van een normale kansverdeling. Als gevolg van voortschrijdend inzicht in het prognosemodel worden door Fugro vanaf zomer 2014 de analyses uitgevoerd op basis van een uitgebreide lognormale verdeling. Uit een vergelijking van beide methodiekresultaten volgt dat de "nieuwe" methodiek tot iets hogere prognosewaarden leidt. Mede gezien de resultaten van de stabiliteitsanalyses waar de trillingsintensiteiten als invoerwaarden gehanteerd zijn, wordt geconcludeerd dat de iets verhoogde prognosewaarden niet tot andere conclusies ten aanzien van de standzekerheid van de waterkering zal leiden.

5.3. Demping

Tijdens de installatie van de palen wordt de omringende grond in beweging gebracht. Hierdoor ontstaan trillingen. Deze trillingen planten zich als golven door de ondergrond voort. Te onderscheiden zijn compressie-, afschuif- en Rayleigh-golven.

Op korte afstand van de trillingsbron zijn qua trillingsniveau zowel de afschuif- als Rayleighgolven van belang, op grotere afstand alleen de Rayleighgolven. De voortplantingssnelheid van de trillinggolven in de aanwezige zandlagen bedraagt globaal 125 à 200 m/s.

De demping is in sterke mate afhankelijk van de mate waarin het grondmateriaal vervormd wordt onder invloed van de homogeniteit en de gelaagdheid van het bodemprofiel.

Tijdens het heien van de palen wordt bij een dempingsmaat van $\zeta = 1$ tot 2% uitgegaan van een dempingsconstante van circa $\alpha = 0,01 \text{ m}^{-1}$ voor prefab betonpalen en circa $\alpha = 0,015 \text{ m}^{-1}$ voor vibropalen.

5.4. Trillingsoverdracht

In tabel 5-1 is een overzicht van de waarden van de trillingsversnelling in de ondergrond als functie van de afstand gepresenteerd. De versnellingen zijn bepaald bij een dominante frequentie voor het heien van prefab betonpalen van 15 Hz en van vibropalen van 25 Hz.

Tabel 5-1: Trillingsversnelling als functie van afstand tot trillingsbron, **heien**

afstand tot werkzaamheden [m]	prefab betonpalen E = 35 kNm Freq. = 15 Hz ondergrond [m/s ²]		vibropalen E = 25 kNm Freq. = 25 Hz ondergrond [m/s ²]	
	50%	99%	50%	99%
	5	0,59	1,40	0,82
10	0,39	0,94	0,55	1,33
15	0,31	0,73	0,43	1,03
20	0,25	0,60	0,35	0,85
25	0,21	0,51	0,30	0,72
30	0,19	0,45	0,26	0,63
35	0,16	0,39	0,23	0,55
40	0,15	0,35	0,21	0,49
45	0,13	0,31	0,18	0,44
50	0,12	0,28	0,17	0,40
55	0,11	0,26	0,15	0,36
60	0,10	0,23	0,14	0,33
65	0,09	0,21	0,13	0,30
70	0,08	0,20	0,12	0,28
75	0,08	0,18	0,11	0,25
80	0,07	0,17	0,10	0,23

Afstand = afstand tussen trillingsbron en object

De 50% waarden betreft de waarde voor de maximaal optredende trillingsintensiteit met een kans van ca. 50% op overschrijding

De 99% waarden betreft de waarde voor de maximaal optredende trillingsintensiteit met een kans van ca. 1% op overschrijding

6. RISICOBESCHOUWING WATERKERING

6.1. Algemene risicobeschouwing

In dit hoofdstuk is een algemene risicobeschouwing opgenomen over in hoeverre de bouw en aanwezigheid van het transformatorstation en het kabeltracé effect hebben op de standzekerheid van de primaire waterkering. Naast stabiliteit zijn er nog andere aspecten die van invloed zijn op de standzekerheid van de waterkering. De complete uitwerking van de beschouwing is opgenomen in bijlage A6.

De Afsluitdijk is een primaire waterkering waarvoor een legger is vastgesteld. De legger is een register waarin wordt aangegeven aan welke minimumeisen de waterkering moet voldoen voor wat betreft ligging, vorm, afmeting en constructie. In een legger worden ook de beheergrenzen en de beschermingszones van de kering aangegeven. In deze beschermingszones mogen alleen onder strikte voorwaarden activiteiten plaatsvinden, zodat de veiligheid van de kering niet in gevaar wordt gebracht.

De gehele Afsluitdijk, inclusief de verbreding bij Breezanddijk, valt binnen de 'kernzone' van de legger. Hiervoor gelden de meeste beperkingen aan de activiteiten die worden toegestaan. Voor het uitvoeren van werkzaamheden binnen de beheergrenzen van de waterkering dient een (water)vergunning te worden aangevraagd. De vergunningaanvraag wordt vaak getoetst aan het beleidsplan van de waterkering. Voor de Afsluitdijk is het vigerende beleidsplan het Beheerplan Waterkering Afsluitdijk van Rijkswaterstaat uit 2006.

Uit de algemene risicobeschouwing volgt dat de risico's van de bouw van een transformatorstation op de standzekerheid van de waterkering klein en beheersbaar zijn. Onderscheid is gemaakt tussen een bouwfase, een gebruiksfase en een sloopfase. Per risico zijn de volgende aspecten opgenomen:

- mogelijke gevolgen bij optreden van het risico;
- een motivatie waaruit blijkt dat elk risico een beperkte kans van optreden heeft;
- beheersmaatregelen om te garanderen dat de risico's inderdaad beperkt blijven. Dit kunnen beheersmaatregelen zijn die in de voorbereiding moeten worden getroffen, maar kunnen ook maatregelen zijn die tijdens de uitvoering of door middel van beheer en onderhoud moeten worden genomen.

Bij de **bouwfase** is onderscheid gemaakt tussen de risico's bij de bouw van het transformatorstation en de risico's bij de aanleg van de verschillende delen van het kabeltracé. Dit zijn de gestuurde boringen van het windpark naar het transformatorstation en / of onder het spuicomplex bij Kornwerderzand door en de gegraven kabelstrook tussen Breezanddijk en Friesland (excl. passage sluiscomplex). De risico's voor de waterkering blijven beperkt, omdat deze met eenvoudige en gangbare werkmethode (bv. HDD-boring) goed beheersbaar zijn. Indien in een latere fase voor een andere werkmethode wordt gekozen, dient geverifieerd te worden of dit tot andere risico's leidt.

In het algemeen kunnen de bouwrisico's voor de kering worden beperkt door in het open seizoen te werken en niet tijdens hoog water of andere extreme weersomstandigheden. Het open seizoen betreft de periode van april tot oktober. Buiten deze periode is sprake van het 'stormseizoen' en is er een hogere kans op hoog water of andere extreme weersomstandigheden. Werkzaamheden in het stormseizoen worden veelal door de beheerder van de kering alleen onder strenge voorwaarden toegestaan en alleen als vooraf

aangetoond kan worden dat de risico's voor de waterkerende veiligheid voldoende beheerst worden.

Bij de **gebruiksfase** is onderscheid gemaakt tussen beheer, de versterking van de waterkering en calamiteiten. Bij "beheer" zijn risico's vermeld die gepaard gaan met beheer, onderhoud en reparatie van onderdelen van de aangebrachte infrastructuur. Een deel van deze risico's wordt beperkt door in het ontwerp al te anticiperen op beheersaspecten. Dit is verwoord in een aantal aandachtspunten. Bij "damversterking" zijn risico's genoemd die verband houden met het feit dat de Afsluitdijk de komende jaren versterkt gaat worden. Dit vereist mogelijk afstemming tussen beide projecten. Naast risico's biedt dit ook kansen. Bij "calamiteiten" is gemotiveerd waarom een mogelijke schade aan de infrastructuur (het transformatorstation en de kabels) niet zal leiden tot een verminderde standzekerheid van de waterkering.

Bij de **sloof fase** zijn enkele risico's vermeld die betrekking hebben op het ontmantelen van de aangebrachte infrastructuur na beëindiging van de planperiode van het windenergieproject. Dit betreft met name enkele aandachtspunten bij het zorgvuldig verwijderen van de materialen en het vastleggen van in de waterkering achterblijvende funderingselementen.

6.2. Risico's windturbines

De windturbines in het IJsselmeer vormen geen risico voor de waterkering. In de risicotabel wordt dan ook niet nader ingegaan op risico's van de windturbines zelf op de waterkering. De afstand van de windturbines tot de waterkering is zodanig groot (meer dan 600 m), dat deze geen effect hebben op de waterkerende veiligheid van de waterkering. Het type en de inheidiepte van de funderingspalen is nog niet vastgesteld. Echter, de trillingsintensiteiten die gepaard gaan met de aanleg van de funderingen en het in gebruik zijn van de windturbines, zijn op een afstand van meer dan 600 m ondergeschikt aan de regulier optredende trillingsintensiteiten door b.v. het passerende verkeer over de snelweg gelegen op de waterkering. Als bij een calamiteit van de windturbine (afbreken / omvallen van een onderdeel etc), dan valt dit niet in de nabijheid op de grond of in het water van de waterkering.

De eventuele invloed van de funderingspalen op kwel uit de Waddenzee kan pas worden vastgesteld als het ontwerp van de funderingspalen bekend is. Kweltoename kan sowieso worden voorkomen door een grondverdringend paaltype te kiezen. Er is geen effect op piping onder de Afsluitdijk, omdat bij het maatgevende verval over de Afsluitdijk een kwelweglengte van 600 m ruim voldoende is. Bovendien zal de maatgevende kwelweglengte in de huidige situatie aanzienlijk korter zijn.

Korte toelichting effect trillingen windturbine op Afsluitdijk

Bij het heien van palen voor de windturbines treden tevens trillingen op. Tijdens de installatie van monopiles treden de grootste trillingen op. De trillingsamplitude in combinatie met een optredende wateroverspanning is beoordeeld in relatie tot een van de faalmechanisme (zie figuur 3-1) voor de waterkering. In het algemeen geldt dat een minimale versnelling (trilling) van ca. $0,5 \text{ m/s}^2$ benodigd is als trillingsamplitude om te kunnen spreken van een kans op een negatieve effect. Op basis van ervaring (expert judgement) met vergelijkbare heiprojecten bedraagt het invloedsgebied van trillingen (versnellingen) ten gevolge van heiwerkzaamheden minder dan 100 m. De turbines zijn voorzien op een afstand van minimaal 600 meter tot de Afsluitdijk. Versnellingen van $0,5 \text{ m/s}^2$ of hoger zijn daarom uit te sluiten bij de primaire waterkering.

6.3. Risico's transformatorstation

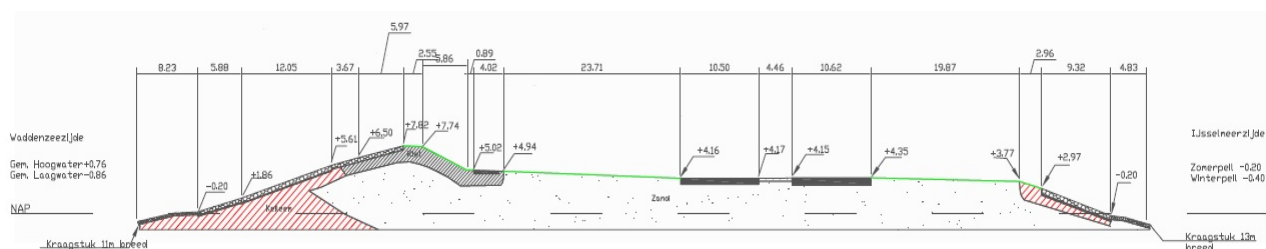
Enkele risico's van de bouw van transformatorstation uit de risicotabel hebben betrekking op de stabiliteit van de Afsluitdijk en de taluds van het achterland. Hier wordt in het volgende hoofdstuk (hoofdstuk 6) verder op ingegaan.

Opgemerkt wordt dat volgens de beschouwde sonderingen in de toplagen (dikte circa 3 m) minder verdichte zandlagen aanwezig zijn. Door heiwerkzaamheden kunnen deze lagen verdichten en daarmee een maaiveldzakking teweeg brengen. Bij een minimale grenswaarde voor verdichting van 1 m/s² wordt een invloedsgebied verwacht van circa 10 tot 15 m uit de heiwerkzaamheden. Buiten het invloedsgebied zijn de maaiveldzakkingen nihil. Gezien de geplande locatie van het trafostation op ruim grotere afstand dan 15 m uit de kruin van de kering geeft dit geen risico voor de stabiliteit en hoogte van de waterkering. Derhalve zijn er geen gevolgen voor de waterveiligheid.

Terreinbeheer binnen de begrenzing van het terrein van het trafostation (gras/verharding) is de verantwoordelijkheid van windpark Fryslân. De aanwezigheid van het station heeft geen invloed op beheers- en onderhoudswerkzaamheden door de dijkbeheerder. Door het aanhouden van voldoende afstand tot het IJsselmeertalud wordt dit zeker gesteld. Een afstand van 10 meter tot het IJsselmeertalud wordt daarbij geadviseerd als ruim minimum om voldoende werkafstand voor werktuigen te behouden.

6.4. Risico's kabels

De beoogde locatie voor de hoogspanningskabels van het transformatorstation naar het landelijk hoogspanningsnet is onder het fietspad op de Afsluitdijk. De aanwezigheid van twee, parallel gelegen, hoogspanningskabels over een lengte van ca. 15 km in de kering kan van invloed zijn op het waterkerend vermogen van de Afsluitdijk.



Figuur 6-1: Doorsnede Afsluitdijk nabij Breezanddijk, km 16.9

Op deze locatie in het dwarsprofiel is volgens de beschikbare informatie over de gehele Afsluitdijk tussen Breezand en Friesland geen keileemlaag aanwezig, behalve in dijkvak 11. Hier wordt geadviseerd de keileem ter plaatse van de ontgraving te vervangen door goed verdichte klei van categorie 1. In het algemeen wordt geadviseerd de kabels onder het fietspad te leggen, omdat na reparatiewerkzaamheden de bekleding snel kan worden hersteld. Bij het herstel van het asfalt is de bekleding van de waterkering meteen op volledige sterkte, terwijl een grasbekleding een paar jaar tijd nodig heeft om een goede wortelstructuur te ontwikkelen.

De kabels zijn onderhoudsvrij, derhalve is gedurende de levensduur (40 jaar) van de kabels geen regulier onderhoud nodig waarbij ontgravingen in de waterkering aan de orde zijn. Bij calamiteiten (storingen, beschadigingen t.g.v. graafschade) kan onder andere door middel

van 'pulsen' nauwkeurig vastgesteld worden waar het probleem zich bevindt en hoeft er slechts een beperkte lengte opengelegd worden (10 à 15 m). Indien de kabels onder een harde bekleding (zoals asfalt van het fietspad) gelegd worden, is de bekleding meteen op volledige sterkte na herstel van de bekleding. Een grasmat kan na opengraven versterkt worden met een geotextiel, waardoor de sterkte met name in de eerste jaren toeneemt.

Een reparatie zal ook in het stormseizoen moeten kunnen plaatsvinden, omdat de stroomvoorziening van de windturbines aan het vaste land niet enkele maanden kan worden stilgelegd.

Als procedure voor een werkwijze, waarbij een minimaal veiligheidsniveau van de dijk wordt gehandhaafd, wordt het volgende geadviseerd: de waterkeringbeheerder zal bij een storing in de kabel direct worden ingelicht. De weersomstandigheden worden vooraf en gedurende de werkzaamheden gevolgd. Werkzaamheden starten alleen indien binnen afzienbare tijd geen relevante hoogwatercondities worden verwacht. Dit dient in overleg met de dijkbeheerder nader te worden gespecificeerd. Vervolgens wordt er een reparatiesleuf gemaakt. Hoewel deze sleuf niet groter wordt gemaakt dan strikt noodzakelijk, zal dit tijdelijk een zwakke plek opleveren. Daarom zal er dan 24 uur per dag gewerkt worden om de zwakke plek in de bekleding zo kort mogelijk aanwezig te laten zijn. Bij dreigend hoogwater zal de ontgraving direct afgedekt worden met erosiebestendig materiaal dat paraat wordt gehouden. Er wordt alleen met de werkzaamheden begonnen als de voorspellingen geen aanleiding geven dat binnen de uitvoering van de werkzaamheden een relevante hoogwaterstand te verwachten is.

De kabels kunnen eventuele kleine vervormingen (zettingen) van de Afsluitdijk volgen. Deze zettingen zullen beperkt zijn, omdat de Afsluitdijk meer dan 80 jaar geleden is aangelegd; eventuele zettingen zijn in deze periode inmiddels opgetreden.

Voor de risicobeoordeling is zoveel mogelijk aangesloten bij het Beheerplan Waterkering Afsluitdijk van Rijkswaterstaat uit 2006. De beleidsregel voor kabels en leidingen in de kering is: 'Ja, mits er aan een aantal voorwaarden wordt voldaan.' Deze voorwaarden zijn niet gespecificeerd in het beheerplan, maar de algemene regel is dat aan landelijke regelgeving moet worden voldaan.

Algemene risico's m.b.t. kabels en leidingen die benoemd zijn in het beheerplan zijn tevens opgenomen in de risicobeschouwing in bijlage A6. Relevant om te vermelden is dat een deel van de risico's van kabels en leidingen in waterkeringen alleen gelden voor leidingen: risico's op explosie (leidingen onder druk) en uitstromen van vloeistoffen (bijvoorbeeld water). Hiervan is bij elektriciteitskabels geen sprake.

6.5. Risico's bij sluisen Kornwerderzand

Voor het passeren van het kabeltracé bij de sluisen bij Kornwerderzand is een horizontaal gestuurde boring voorzien, conform tekening TP14182-K-X-02. In het voorland is relatief veel ruimte aanwezig voor zo'n boring. Na aanleg heeft de kabel een verwaarloosbare invloed op de waterkerende veiligheid, omdat deze aan de buitenkant van de waterkering is gelegen, parallel aan de Afsluitdijk. Aan het begin en eind van de horizontaal gestuurde boring is een kruising met de tuimeldijk nodig om aan te sluiten op het langstracé onder het fietspad. Dit vergt een zorgvuldige aanpak, omdat de tuimeldijk een belangrijke functie heeft bij het beperken van de golfoverslag. Er worden twee varianten beschouwd:

1. Een kruising over de tuimeldijk heen, die het profiel van de tuimeldijk volgt.
2. Een horizontaal gestuurde boring onder de tuimeldijk door.

Ad 1. Een kruising over de tuimeldijk heen, die het profiel van de tuimeldijk volgt, leidt tot de minste verstoring van de tuimeldijk. Door de hoge ligging van de kabels kan er geen piping optreden langs de kabel. De kabels blijven verder goed bereikbaar voor reparatie en onderhoud door haar ondiepe ligging. Nadelen zijn dat er een aantal scherpe hoeken in de kabels komen en dat er lokaal een overmaat aan grond en bekleding nodig is om de kabels voldoende af te dekken (ter beschermen van de kabel). Dit zal duidelijk herkenbaar zijn door een lokale overhoogte van de tuimeldijk en/of een afwijkende bekleding.

Ad 2. Het voordeel van een horizontaal gestuurde boring is dat er niet in de tuimeldijk hoeft te worden gegraven en dat de bekleding van de tuimeldijk niet hoeft te worden aangetast. Een nadeel van deze sleufloze techniek is dat er haaks op de dijk, deels onder maatgevend hoogwaterpeil, een kabel wordt geïntroduceerd waarlangs een geconcentreerde kwelstroom kan plaatsvinden. Dit dient te worden voorkomen door het tracé onderbouwd te kiezen, door het in- en uittreepunt van de leiding boven maatgevend hoog waterpeil te realiseren en door plaatselijk de aansluiting met de omliggende grond te bevorderden met manchetten. Aangezien er aan de binnenzijde van de tuimeldijk weinig ruimte beschikbaar is, wordt geadviseerd om de beginschacht van de 'rig' die de leiding de grond inperst op het voorland te realiseren. Het ontwerp van de boring, specifiek de boorvloeistofdruk, dient erop gericht te zijn dat geen verzwakking van de tuimeldijk optreedt door de overdruk waarmee de boorvloeistof uit de boorkop komt. Dit wordt met berekeningen aangetoond in het boorplan van het definitieve ontwerp.

In het algemeen kan worden gesteld dat de technische risico's van de kruising met de tuimeldijk beheersbaar zijn. Een detailbeschouwing van de benodigde beheersmaatregelen moet plaatsvinden zodra het definitieve ontwerp van de kruising beschikbaar is. Algemene risico's m.b.t. kabels zijn tevens opgenomen in de risicobeschouwing in bijlage A6.

7. STABILITEIT

Indicatieve stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de invloed van het transformatorstation op de macrostabiliteit van de waterkering. Voor de bovenbelasting bij (de bouw van) het transformatorstation is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Het effect van zwaar transport op de stabiliteit van de waterkering is onderzocht. Deze inzichten zijn gebruikt om randvoorwaarden voor de uitvoering van het transformatorstation en de bouwwerkzaamheden te formuleren.

7.1. Uitgangspunten

Geometrie

De geometrie van het dwarsprofiel aan de zijde van de Waddenzee is gebaseerd op de leggerprofielen van de Afsluitdijk. De waterbodempligging aan weerszijden van de Afsluitdijk is gebaseerd op lodingen en waterdieptekaarten. De geometrie van de verbreding van de Afsluitdijk bij Breezanddijk is gebaseerd op het Actuele Hoogtebestand Nederland (AHN-viewer).

De maximale ontgraving ten behoeve van de bouw van het transformatorstation is gesteld op maximaal circa 1,5 m diep en heeft als oppervlakte maximaal 45 x 25 m. Omdat het maaiveld van het terrein op NAP +4,2 m ligt en omdat de verbreding bij Breezanddijk vanaf oorspronkelijk maaiveld op circa NAP -3 m met zand is opgehoogd, is geen risico dat de ontgraving tot in de kleilaag wordt doorgezet.

Bodemopbouw

De kern is geschematiseerd met behulp van bestekstekeningen. Voor de bepaling van de verdere grondopbouw zijn meerdere sonderingen beschikbaar. Sondering DKM39 is maatgevend gesteld ten opzichte van de naastgelegen sonderingen. Van het achterland ter hoogte van Breezanddijk zijn geen grondgegevens beschikbaar. Op basis van de aanlegtekeningen van de uitbreiding van Breezanddijk kan worden aangenomen dat dit uit opgespoten, losgepakt zand bestaat.

Grondparameters

De representatieve parameters zijn geschat volgens tabel 2b van NEN 9997-1:C1:2012 (nl), de parameters zijn globaal bepaald over de gehele laag en zijn niet specifiek gekoppeld aan een profiel.

De rekenwaarden zijn verkregen door de representatieve waarde van de effectieve cohesie te delen door een materiaalfactor van 1,25 en de tangens van de hoek van inwendige wrijving door een materiaalfactor van 1,2 (conform tabel 5.3.1 van het Addendum uit het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies).

Tabel 7-1: Rekenwaarden sterkteparameters op basis van tabel 2b van NEN 9997-1:C1:2012 (nl)

Grondlaag	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]
Zand dijk	17/19	0,0	25,7
Klei dijk	16/18	0,8	19,0
Zand/wadafzetting zand	17/19	0,0	27,7
Klei/wadafzetting klei	15/15	0,8	16,0
Klei humeus	14/14	0,0	15,0
Opgespoten zand	17/19	0,0	25,0
Veen	12/12	0,0	15,0

Opmerkingen bij de tabel:

- γ en γ_{sat} = volumiek gewicht; sat = verzadigd
- c' = effectieve cohesie
- ϕ' = effectieve hoek van inwendige wrijving
- δ = wandwrijvingshoek

Hydraulische randvoorwaarden

Voor de waterstanden zijn de volgende waarden aangehouden:

- Waddenzee:

Bij Breezanddijk is het toetspeil NAP +5,1 m; [Hydraulische Randvoorwaarden 2006];

- IJsselmeer:

De waterstand is NAP -0,4 m (winterpeil) en NAP -0,2 m (zomerpeil).

Voor een situatie met een hoge waterstand aan de IJsselmeerszijde door opstuwing wordt een waterstand van NAP +1,4 m aangehouden. Dit is het toetspeil bij Makkum (Friesland) volgens het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 en komt overeen met een windopzet van 1,6 m ten opzichte van het zomerpeil en 1,8 m ten opzichte van het winterpeil. Dit is naar verwachting conservatief, omdat het water bij Makkum extra wordt opgestuwd door de trechtersvorm van het IJsselmeer op die locatie in vergelijking met Breezanddijk.

Voor een situatie met extreem laagwater wordt gerekend met een waterstand van NAP -1,4 m. Dit komt overeen met een afwaaiing van 1,0 m ten opzichte van winterpeil.

Opgemerkt wordt dat de randvoorwaarden uit VTV2006 en HR2006 zijn aangehouden. Dit zijn formeel toetsrandvoorwaarden voor de huidige situatie en geen ontwerp-randvoorwaarden voor de ontwerpperiode (van bijv. 50 jaar). Er is niet gerekend met de ontwerp-randvoorwaarden, omdat deze (nog) niet beschikbaar waren. Zodra de ontwerp-randvoorwaarden door Rijkswaterstaat ter beschikking gesteld worden, kunnen deze gebruikt worden in de stabiliteitsbeschouwing. Er is geen aanleiding te veronderstellen dat deze van invloed zijn op de resultaten van de berekeningen, gezien de aanwezige overmaat aan stabiliteit ter plaatse van Breezanddijk.

Hoogteligging grondwaterstand

Omdat het grondprofiel voornamelijk uit zand bestaat, opgebracht op een kleilaag, zal de waterstand in het pakket vrij kunnen "nauwlijzen" al naar gelang de buitenwaterstanden op de Waddenzee dan wel IJsselmeer. De waterstand op het IJsselmeer is tot in de kern van de waterkering doorgetrokken (inclusief een opbolling). Vanaf de kern loopt de waterstand op tot aan de waterstand op de Waddenzee.

Toelichting peilen

Veelal mogen werkzaamheden aan de Afsluitdijk enkel uitgevoerd worden buiten het stormseizoen (winterperiode). Het stormseizoen is grofweg tussen de periode van oktober tot april. In de analyses is gerekend met het zomerpeil. De situatie met een hoog peil aan de IJsselmeerzijde hoeft formeel niet getoetst te worden, omdat de Afsluitdijk vanuit de IJsselmeerzijde gezien geen primaire waterkering is.

Overig

- Als verkeersbelasting is over een breedte van 2,5 m een ongedraineerde belasting van $13,3 \text{ kN/m}^2$ aangehouden. De belasting is gesitueerd ter plaatse van de kruin van de waterkering of net daarnaast, afhankelijk van welke locatie maatgevend is.
- Indien belasting door trillingen is meegenomen (uitgaande van een paalfundering) zijn hiervoor op basis van de trillingsberekeningen de volgende waarden gebruikt: horizontaal $0,23 \text{ m/s}^2$ (vibropalen is maatgevend) en verticaal $0,12 \text{ m/s}^2$.
- Voor de belasting door de kraan is over een breedte van 5 m indicatief 40 kN/m^2 aangehouden. Deze belasting is sterk afhankelijk van de uitvoeringswijze van de aannemer, met het door hem ingezette materieel.
- Voor de belasting door het transformatorstation is over een breedte van 45 m conservatief 10 kN/m^2 aangehouden (uitgaande van een fundering op staal) op de aanleghoogte van de kelder van het transformatorstation.

7.2. Toegepaste partiële veiligheidsfactoren

De standzekerheid van een waterkering wordt volgens de vigerende richtlijnen bepaald met een semi-probabilistische methode op basis van partiële veiligheidsfactoren. De volgende partiële veiligheidsfactoren worden onderscheiden:

- de materiaalfactor;
- de modelfactor;
- de schadefactor;
- de schematiseringsfactor.

De materiaalfactor wordt over de sterkte eigenschappen van de grond gezet. Het product van de overige drie factoren bepaalt de minimale stabiliteitsfactor waaraan de waterkering moet voldoen.

De aangehouden eisen ("Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006") die aan de stabiliteitsfactoren zijn gesteld zijn hierin terug te vinden. Omdat in het VTV geen materiaalfactoren zijn gedefinieerd voor representatieve grondparameters, zijn de materiaalfactoren gebaseerd op NEN 9997-1:C1:2012 (nl). De gevolgde werkwijze is ook conform het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies. Het VTV 2006 biedt de mogelijkheid om gebruik te maken van het in 2007 verschenen Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, waarin nieuwe partiële veiligheidsfactoren zijn geïntroduceerd.

Toetsfactor stabiliteit

- De modelfactor (γ_d) bedraagt 1,0 (methode Bishop zonder opdrijven);
- De schadefactor (γ_n) corrigeert voor de hogere vereiste betrouwbaarheid van een waterkering ten opzichte van de basisbetrouwbaarheid. Conform het Addendum bij het Technisch Rapport Grondconstructies bedraagt de schadefactor in de:
 - Uitvoeringsfase
Gedurende de uitvoeringssituatie, bij gebruik van rekenwaarden, bedraagt de

schadefactor 0,9, mits het waterkerend vermogen niet in gevaar komt. Als een afschuiving wel het waterkerend vermogen in gevaar brengt, dient van een schadefactor (γ_n) van 1,0 te worden uitgegaan;

- Gebruiksfase
In de gebruiksfase geldt een schadefactor van 1,11 binnenwaarts en 1,05 buitenwaarts;
- Met behulp van gevoeligheidsanalyses en berekeningen is onderbouwd dat een schematisatiefactor (γ_b) van 1,1 kan worden gehanteerd;
- Conform het Addendum bij het Technisch Rapport Grondconstructies is de toetsfactor voor de stabiliteit het product van de modelfactor, de schadefactor en de schematisatiefactor. De toetsfactor voor de macrostabiliteit bedraagt derhalve:
 - Uitvoeringsfase, binnen- en buitentalud
waterkerend vermogen niet in het geding, factor van **0,99** ($1,0 * 0,9 * 1,1$);
waterkerend vermogen wel in het geding, factor van 1,10 ($1,0 * 1,0 * 1,1$);
 - Gebruiksfase
Voor het binnentalud geldt een toetswaarde van 1,22 ($1,11 * 1,0 * 1,1$);
Voor het buitentalud geldt een toetswaarde van 1,16 ($1,05 * 1,0 * 1,1$);

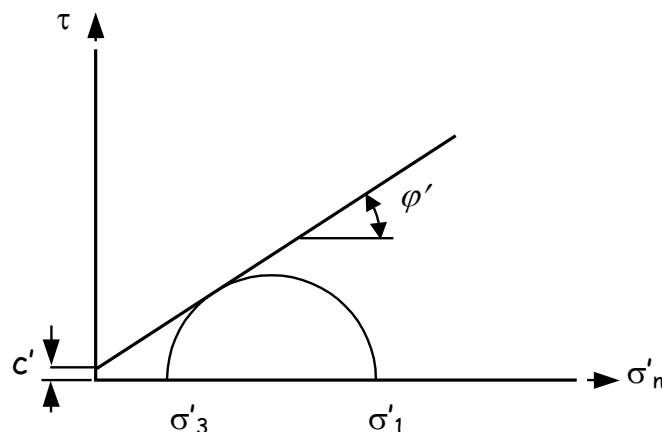
7.3. Stabiliteitsberekeningen

Methode Bishop

De stabiliteit van de waterkering is geanalyseerd door het uitvoeren van glijvlakberekeningen volgens de vereenvoudigde methode Bishop (computerprogramma DGeoStability). Hierbij wordt de veiligheidsfactor van een grondmoot langs een cirkelvormig glijvlak berekend. De stabiliteit van het talud is afhankelijk van:

- de sterkte van de grond;
- de hoogte van de dam;
- de waterspanningen in de dam en de ondergrond;
- de taludhelling, inclusief de aanwezigheid van een steunberm;

De ondergrond is verdeeld in een aantal lagen waarbij voor iedere laag het volume gewicht en de wrijvingseigenschappen (hoek van inwendige wrijving φ' en de cohesie c') worden opgegeven, zie figuur 7-1. Deze parameters zijn o.a. bepaald aan de hand van interpretatie van het grond- en laboratoriumonderzoek alsmede aan de hand van ervaring. In de berekeningen zijn rekenwaarden van de grondparameters gebruikt.



Figuur 7-1: Scherweerstand

Macrostablieiteit

Een indicatieve bepaling van de macrostablieiteit (bouwphase en gebruiksfase) is berekend voor zowel de Tuimeldijk als het talud aan de IJsselmeerzijde van de Afsluitdijk ter hoogte van Breezanddijk voor de volgende verschillende scenario's:

- Scenario 1: De huidige situatie (gebruiksfase).
- Scenario 2: De toekomstige situatie met belasting van op staal gefundeerd transformatorstation (gebruiksfase).
- Scenario 3: De toekomstige situatie met belasting van een op staal gefundeerd transformatorstation bij een hoogwaterpeil op het IJsselmeer (gebruiksfase).
- Scenario 4: De toekomstige situatie met belasting van een op staal gefundeerd transformatorstation bij een extreem laagwaterpeil op het IJsselmeer (gebruiksfase).
- Scenario 5: Uitvoeringsfase met ontgraving van 1,5 m diep bij het transformatorstation.
- Scenario 6: Uitvoeringsfase met zware kraan (ten tijde van plaatsen transformator).
- Scenario 7: Uitvoeringsfase met trillingen door installatie van palen bij een op palen gefundeerd transformatorstation.

Gelijktijdig optreden van de scenario's tijdens de bouw is niet aan de orde. Bijvoorbeeld: ten tijde van het heien van de palen zal geen zware kraan aanwezig zijn die de transformator aan het plaatsen is.

Het maakt voor de stabiliteitsberekeningen niet uit of de bovenbelasting (op staal gefundeerd transformatorstation) op het maaiveld of in een ontgraving van 1,5 m diep geplaatst wordt (aanlegniveau kelder). Het verschil in berekende stabiliteitsfactor is verwaarloosbaar klein.

De berekeningsresultaten zijn grafisch gepresenteerd in bijlage A7 en in tabel 7-2 samengevat.

Tabel 7-2: Berekende stabiliteitsfactoren scenario's bouwwerkzaamheden (rekenwaarden van de grondparameters)

Scenario	Situatie	Stabiliteitsfactor tuimeldijk [-]	Stabiliteitsfactor IJsselmeertalud [-]	Minimaal vereiste stabiliteitsfactor [-]
1	Referentie	1,29	1,82	1,22
2	Transformatorstation	1,29	1,80	1,22
3	Trafo + hoogwater	1,29	1,96	1,22
4	Trafo + extreem laagwater	1,29	1,53	1,22
5	Ontgraving	1,29	1,88	1,10 / 0,99 *
6	Zware kraan	1,29	1,61	1,10 / 0,99 *
7	Trillingen	1,21	1,53	1,10 / 0,99 *

* Eerste waarde geldt voor glijcirkels die het waterkerend vermogen aantasten, tweede waarde geldt voor glijcirkels die het waterkerend vermogen niet aantasten.

Uit de indicatieve berekeningen volgt dat de macrostablieiteit van de waterkering slechts in beperkte mate afneemt door de bouw van het transformatorstation. Aan de gestelde stabiliteitseisen blijft voldaan worden.

Uit een kwantitatieve beschouwing volgt dat indien uitgegaan wordt van een hoog peil op het IJsselmeer (gerekend is met het toetspeil bij Makkum van NAP +1,4 m), dit leidt tot een hogere stabiliteitsfactor dan bij zomerpeil (scenario 3 vs. scenario 2 in tabel 6-2). Een hoog

peil ten gevolge van opwaaiing heeft derhalve geen negatieve invloed op de stabiliteit van de het IJsselmeertalud in combinatie met een belasting uit het transformatorstation.

7.4. Gevoeligheidsanalyse bovenbelasting transformatorstation

Zowel over de (funderings)druk van de transformatoren als de stempeldruk(ken) van de kraan om de transformatoren te verladen, is nog geen detailinformatie bekend. De stempeldrukken zijn afhankelijk van het te verladen gewicht. Derhalve is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd naar de invloed van de bovenbelasting op de stabiliteit van de waterkering. Daarbij is conservatief naar maximale belastingen gekeken.

Algemeen

Er is nog niet bekend welke type belasting maatgevend is: stempeldruk van de kraan of funderingsdruk van de transformatoren. Grootte en ligging van de belasting zijn niet bekend. Als vuistregel voor de maximaal toelaatbare belasting worden vaak de volgende waarden gehanteerd:

- Siltige ondergrond: 50 – 100 kPa
- Zandondergrond: 100 – 200 kPa
- Asfaltondergrond: 500 – 600 kPa

Benadrukt wordt dat de vuistregel slecht als indicatie mag worden gebruikt, omdat zaken als bodemopbouw, grondwaterstand en omvang van de belasting van invloed zijn op de maximaal toelaatbare belasting.

De oorspronkelijke scenario's waarmee vergeleken wordt:

- Situatie met belasting van op staal gefundeerd transformatorstation.
- Situatie met zware kraan.

Deze situaties zijn mogelijk maatgevend voor de stabiliteit van de kering.

De volgende aanvullende scenario's zijn beschouwd:

- Scenario I: Bovenbelasting van 100 kPa over een breedte van 5 m;
- Scenario II: Bovenbelasting van 150 kPa over een breedte van 5 m;
- Scenario III: Bovenbelasting van 200 kPa over een breedte van 5 m;
- Scenario IV: Bovenbelasting van 200 kPa over een breedte van 5 m, 10 m uit het talud.
- Scenario V: Bovenbelasting van 100 kPa over een breedte van 40 m (fictieve belasting transformatorstation gefundeerd op staal).

Uitgangspunten

Voor de gevoeligheidsanalyse zijn dezelfde uitgangspunten (excl. bovenbelasting) gehanteerd als de eerder gemaakte berekening voor de locatie Breezanddijk. De kraanbelasting grijpt aan op 5 m uit het talud, behalve bij scenario 4 (10 m afstand).

Resultaten gevoeligheidsanalyse

De berekeningsresultaten zijn in tabel 7-3 samengevat.

Tabel 7-3: Berekende stabiliteitsfactoren gevoeligheidsanalyse bovenbelasting (met rekenwaarden van de grondparameters)

Scenario	Situatie	Stabiliteitsfactor IJsselmeertalud [-]
-	Transformatorstation	1,80
-	Zware kraan (40 kPa)	1,61
I	Bovenbelasting 100 kPa, 5 m breed, 5 m uit talud	1,38
II	Bovenbelasting 150 kPa, 5 m breed, 5 m uit talud	1,24
III	Bovenbelasting 200 kPa, 5 m breed, 5 m uit talud	1,11
IV	Bovenbelasting 200 kPa, 5 m breed, 10 m uit talud	1,20
V	Bovenbelasting 100 kPa, 45 m breed, ca. 8 m uit talud	1,28

Uit de indicatieve berekeningen volgt dat de macrostabiliteit van dit deel van de waterkering afneemt bij grotere bovenbelastingen. De macrostabiliteit voldoet ($>1,2$ à $1,3$) bij een bovenbelasting tot 150 kPa op 5 m uit het IJsselmeertalud. Daarboven daalt de stabiliteitsfactor tot lagere waarden. Bij een bovenbelasting van 100 kPa over een breedte van 45 m (fictieve funderingsdruk transformatorstation) neemt de stabiliteitsfactor af tot 1,38. Benadrukt wordt dat de stabiliteit van de kern van dijk (ter plaatse van de rijksweg en het fietspad) door de beschouwde bovenbelasting niet afneemt en dat een eventuele instabiliteit van het IJsselmeertalud door wat voor een oorzaak ook geen gevolgen heeft op de kern van de waterkering.

Geadviseerd wordt om in het voorontwerp de stempeldrukken vanuit kraanbelastingen te limiteren op 100 kPa of de stempels op meer dan 10 m uit het talud te houden. Verwacht wordt dat binnen deze beperkingen een kraanontwerp mogelijk is.

7.5. Effect zwaar transport op stabiliteit Afsluitdijk

Als uitgangspunt is genomen dat de zware transformatoren via de weg met een zwaar transport vervoerd worden. Dit zware transport rijdt over een deel van de Afsluitdijk.

Algemeen

Een zwaar transport met een lading van 200 – 250 ton vindt doorgaans plaats met speciale voertuigen voorzien van veel assen om de aslast cq. de contactspanning (per band) te beperken. Doorgaans is de aslast bij zware transporten lager dan de maximale aslast bij gewone, (over)beladen vrachtwagens. De wettelijk toegestane aslast op openbare wegen bedraagt 10 ton.

Een indicatieve stabiliteitsberekening is uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de invloed van het transport op de macrostabiliteit van de waterkering.

Uitgangspunten

Verkeersbelasting

Op basis van specificaties van een bedrijf gespecialiseerd in zwaar transport, bedraagt de maximaal toelaatbare aslast van trailers (met 8 wielen per as) 36 ton. De hart-op-hartafstand (h.o.h.-afstand) van de assen bedraagt 1,5 m en de breedte tussen de buitenste wielen 3 m. Dit wordt geschematiseerd als een gelijkmatig verdeelde belasting (per as) van 360 kN / (1,5

$x 3) = 80 \text{ kN/m}^2$. Bij een h.o.h.-afstand van 1,5 m bedraagt de verdeelde belasting ca. 53 kN/m^2 . Bij zwaar transport is over een breedte van 3,0 m een verkeersbelasting mogelijk van $50 - 80 \text{ kN/m}^2$. Dit is aanmerkelijk hoger dan de gebruikelijke ontwerpverkeersbelasting in stabiliteitsberekeningen van $13,3 \text{ kN/m}^2$ over een breedte van 2,5 m.

Maatgevend dwarsprofiel

Het maatgevend dwarsprofiel van de Afsluitdijk is overgenomen uit een eerdere geotechnische schematisatie van de Afsluitdijk door Fugro in 2008 (projectnummer 1207-0127-000). Dit betreft zowel de geometrie als de bodemopbouw en grondparameters. De geometrie betreft de standaard breedte van de Afsluitdijk, die veel smaller is dan bij Breezanddijk en dus maatgevend. Bij het maatgevende dwarsprofiel bij dijkpaal 10.2 komen relatief ondiepe slappe lagen voor. De rekenwaarden van de grondparameters zijn identiek aan de waarden in tabel 6-1.

Overig

Uitgangspunten die niet in deze paragraaf gespecificeerd zijn, zijn gelijk aan de uitgangspunten genoemd in paragraaf 6.1.

Scenario's

Voor het dwarsprofiel ter plaatse van dijkpaal 10,2 zijn de volgende verschillende scenario's beschouwd:

- Scenario 0: De huidige situatie zonder verkeersbelasting.
- Scenario 1: Situatie met verkeersbelasting van $13,3 \text{ kN/m}^2$ over een breedte van 2,5 m (gebruikelijke verkeersbelasting bij dijkberekeningen).
- Scenario 1: Situatie met verkeersbelasting van 80 kN/m^2 over een breedte van 3 m (één rijstrook bezet);
- Scenario 2: Situatie met verkeersbelasting van 80 kN/m^2 over een breedte van 6 m (breed transport, twee rijstroken bezet).

Berekeningsresultaten

De berekeningsresultaten zijn in tabel 7-4 samengevat.

Tabel 7-4: Berekende stabiliteitsfactoren zwaar transport Afsluitdijk (met rekenwaarden van de grondparameters)

Scenario	Situatie	Stabiliteitsfactor Ijsselmeertalud [-]
0	Huidige situatie (geen verkeer)	1,38
1	Verkeersbelasting $13,3 \text{ kPa}$; 2,5 m	1,38
2	Verkeersbelasting 80 kPa ; 3m	1,26
3	Verkeersbelasting 80 kPa ; 6m	1,26

Uit de indicatieve berekeningen volgt dat de macrostabiliteit van de waterkering slechts in beperkte mate afneemt door de belasting vanuit zwaar transport over de waterkering. De berekende stabiliteitsfactor inclusief verkeersbelasting ligt boven de minimaal vereiste stabiliteitsfactor van 1,2 en daarmee is de standzekerheid van de waterkering gewaarborgd.

7.6. Monitoring

In het algemeen geldt dat als gevolg van bouwactiviteiten (dynamische dan wel statische) belastingsituaties voor de primaire waterkering kunnen optreden die tot ontoelaatbare stabiliteitsfactoren kunnen leiden. Indien heiwerkzaamheden uitgevoerd gaan worden, is er ook risico op maaiveldzakkingen. Op basis van de gedane analyses is geconcludeerd dat de standzekerheid van de primaire waterkering niet in het geding is. Ondanks dat, wordt geadviseerd zekerheidshalve tijdens de bouwactiviteiten monitoring uit te (laten) voeren.

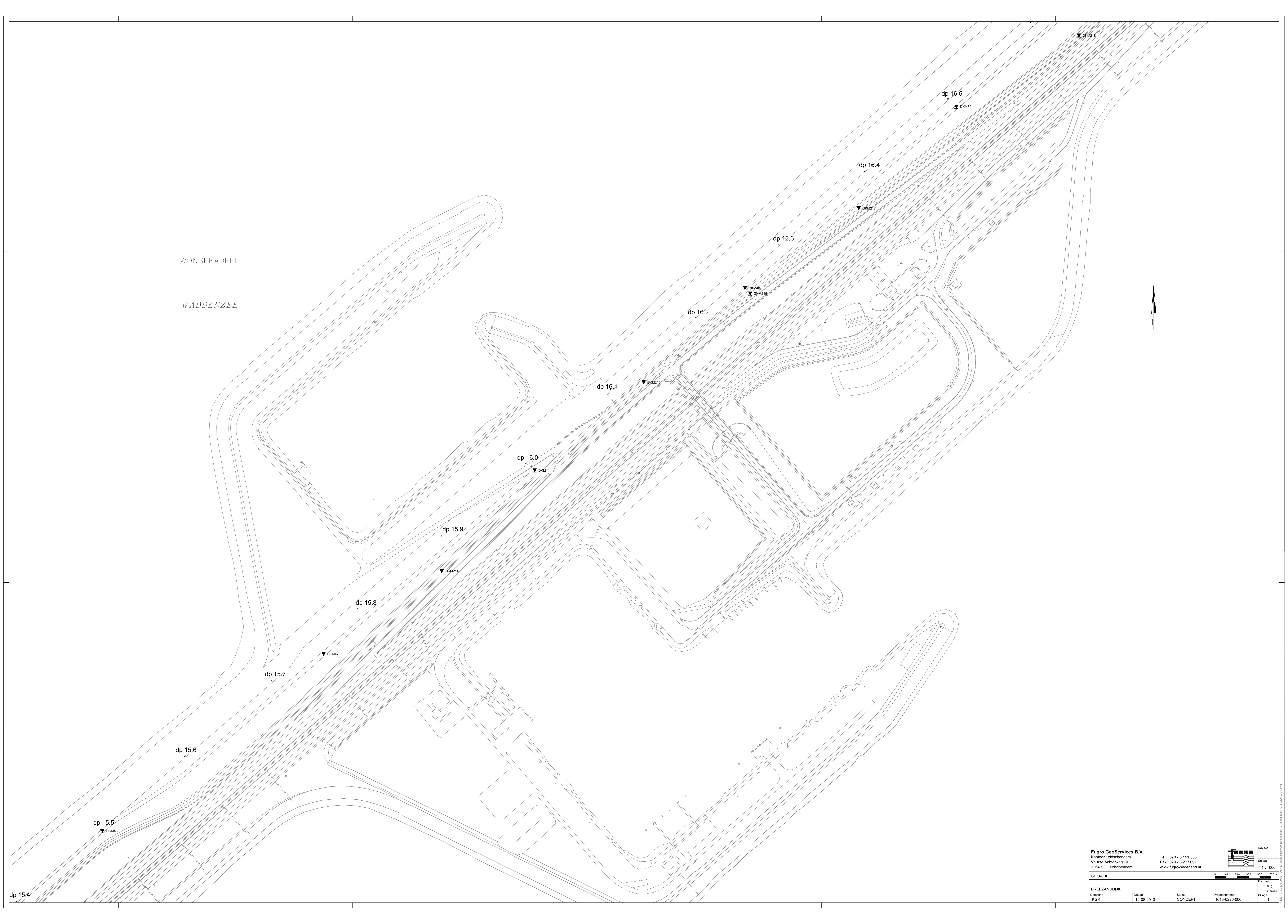
Geadviseerd wordt de monitoring te laten bestaan uit trillingsmetingen in combinatie met (hoog frequent) waterspanningsmetingen. Hierbij dienen de metingen in de te verwachte glijvlakken in 2 raaien op 2 verschillende locaties (per raai) op 2 verschillende diepten (per raai) uitgevoerd te worden. Ten tijde van eventuele heiwerkzaamheden dienen de trillingsmetingen zowel op diepte als aan het maaiveld uitgevoerd te worden.

Aanvullend op de trillings- en waterspanningsmetingen wordt geadviseerd ten tijde van de bouwactiviteiten een hoogtemeting van het terrein uit te voeren, omdat heiwerkzaamheden tot lokale maaiveldzakkingen kunnen leiden.

Geadviseerd wordt een en ander op te nemen in een monitoringsplan, waar ook een meetprotocol in is opgenomen.

WONSERADEEL

WADDENZEE



Fugro GeoServices B.V.				Revisie					
Kantoor Leidschendam		Tel: 070 - 3 111 333		Schaal					
Vlaarse Achterweg 10		Fax: 070 - 3 277 081		1 : 1000					
2264 SG Leidschendam		www.fugro-nederland.nl		Formaat					
SITUATIE				A0					
BREEZANDDIJK		18m04		Bijlage					
Opsteller	KGR	Datum	12-08-2013	Status	CONCEPT	Projectnummer	1013-0226-000	Bijlage	1

dp 15.4

LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

BORINGEN / PEILBUIZEN

	mechanische boring (B)
	handboring (HB)
	niet uitgevoerde boring
	niet uitgevoerde handboring
	boring met peilbuis
	boring met peilbuis, ondiep en diep filter
	boring met peilbuis, ondiep, middeldiep en diep filter
	handboring met peilbuis
	hellingmeterbuis (HMB)
	gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF)
	boring derden
	boring derden met peilbuis

SONDERINGEN

	diep-/diepzware sondering
	middelzware sondering
	diep-/diepzware sondering met plaatselijke kleefmeting
	middelzware sondering met plaatselijke kleefmeting
	slagsondering
	niet uitgevoerde sondering
	waterspanningsmeter (WSM)
	sondering derden
	sondering derden met plaatselijke kleefmeting

Type sonderingen

M	middelzware sondering
D	diepsondering
DZ	diepzware sondering
S	slagsondering

Toegevoegde metingen

KM	meting van de plaatselijke kleef
P	meting van waterspanning
M	meting van de magnetische veldsterkte
G	meting van de geleidbaarheid
S	meting van de schuifgolfsnelheid (seismische meting)
T	meting van de temperatuur

LEGENDA / TERMINOLOGIE

grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

zand

	Zand, kleilig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleilig
	Veen, sterk kleilig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

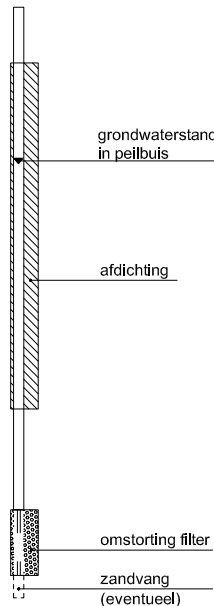
leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig

Peilbuis



Monsters

	geroerd monster
	ongeroid monster

Overig

	gemiddeld hoogste grondwaterstand
	grondwaterstand
	gemiddeld laagste grondwaterstand
	slib
	verharding / kern / asfalt
	puin

Meettechniek

De standaard bij Fugro toegepaste conus is de “elektrische kleefmantelconus”, waarmee de conusweerstand, de plaatselijke wrijvingsweerstand en de helling gelijktijdig worden gemeten. Sinds februari 2013 is de nieuwe norm *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013 Geotechnisch onderzoek en beproeving - Veldproeven - Deel 1: Elektrische sondering met en zonder waterspanningsmeting* van toepassing als vervanging van NEN 5140, die is terug getrokken. In NEN 9997-1 wordt echter nog wel verwezen naar NEN 5140.

Bij het uitvoeren van een sondering conform *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013* wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 mm² met een constante snelheid van ca 20 mm/s in de bodem te drukken. Voor de meting van de wrijvingsweerstand is een mantel met een oppervlak van 15000 mm² boven de punt aangebracht. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) en de wrijving langs de kleefmantel (plaatselijke wrijvingsweerstand in MPa) worden door rekstroken in de conus continu digitaal gemeten. Volgens *NEN-EN-ISO 22476-1* mag het basisoppervlak van de conus tussen 500 en 2000 mm² variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm² en een manteloppervlak van 20000 mm².

Veelal wordt gebruik gemaakt van een conus met een korter cilindrisch deel boven de conuspunt dan in *NEN-EN-ISO 22476-1* vermelde 400 mm voor een standaard conus. Het cilindrische deel vanaf de conuspunt van de standaard door Fugro gebruikte conussen een lengte heeft van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte. Onderzoek¹⁾ heeft aangetoond, dat de invloed van de lengte van deze conus op het sondeerresultaat verwaarloosbaar is, terwijl met een kortere conus met minder risico een grotere sondeerdiepte kan worden bereikt.

De meetsignalen worden digitaal naar een elektrische meeteenheid gestuurd en samen met de diepte en de tijd opgeslagen. Definitieve verwerking vindt daarna op kantoor plaats, waarbij de gemeten parameters tegen de diepte in grafiekvorm worden uitgewerkt. Door continue registratie van de gemeten conus- en wrijvingsweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen.

Afwijking van de conus met de verticaal worden continu geregistreerd, waarmee bij de uitwerking de diepte wordt gecorrigeerd en zo een onjuiste diepteaanduiding als gevolg van “scheef sonderen” wordt voorkomen.

Interpretatie van de sonderingen met plaatselijke wrijvingsweerstand

Meting van zowel de conusweerstand q_c als de plaatselijke wrijvingsweerstand f_s maakt het mogelijk het wrijvingsgetal R_f te berekenen. Het wrijvingsgetal wordt gedefinieerd als het quotiënt van de plaatselijke wrijving en de op gelijke diepte gemeten conusweerstand in procenten. Hierbij wordt rekening gehouden met laagscheidingen ter hoogte van de mantel.

Het wrijvingsgetal R_f geeft samen met de conusweerstand q_c een goed beeld van de bodemopbouw *beneden* de grondwaterspiegel. In de onderstaande tabel zijn enige kenmerkende waarden van het wrijvingsgetal aangegeven. *Met nadruk dient te worden gesteld dat deze waarden slechts indicatief zijn en getoetst dienen te worden aan boringen of lokale ervaring en uitsluitend gelden voor de cilindrische elektrische conus.*

grondsoort	wrijvingsgetal in %	grondsoort	Wrijvingsgetal in %
Grind, grof zand	0,2 – 0,6	Klei	3,0 – 5,0
Zand	0,6 – 1,2	Potklei	5,0 – 7,0
Silt, leem, löss	1,2 – 4,0	Veen	5,0 – 10,0

In geroerde grond en in grond boven de grondwaterspiegel kunnen grote afwijkingen ten opzichte van de genoemde waarden voorkomen en gelden deze waarden niet.

¹⁾ Lunne en Powell, A comparison of different sized piezocones in UK clays.

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

Presentatie sondeergegevens

Sonderingen kunnen worden uitgewerkt met interpretatie van het wrijvingsgetal voor identificatie van de bodemlagen. De identificatie van de bodemlagen is dan uitgevoerd volgens Robertson [1990]², die door Fugro is aangepast aan de Nederlandse omstandigheden. Bij deze interpretatie wordt uitgegaan van de genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f als ingangsparementers.

De genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f worden berekend, uit de gemeten wrijvingsweerstand f_s en conusweerstand q_c , indien mogelijk gecorrigeerd voor de waterspanning en de verticale effectieve - en totale grondspanning volgens de onderstaande formules.

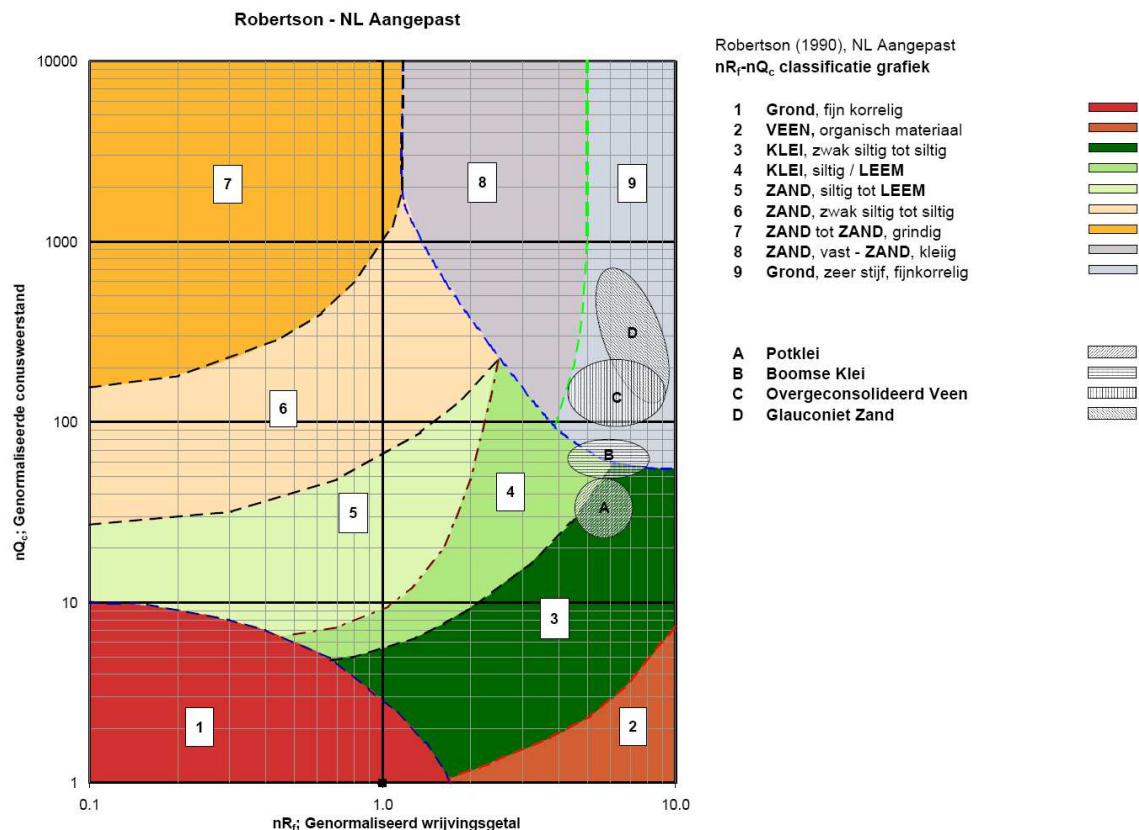
Genormaliseerde conusweerstand:
$$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

Genormaliseerd wrijvingsgetal:
$$nR_f = \frac{100 \cdot f_s}{q_t - \sigma_{v0}}$$

In geval er geen waterspanning is gemeten, wordt voor q_t de waarde van q_c gebruikt.

Voor de grondsoorten, die specifiek zijn voor de Nederlandse ondergrond condities, zijn in de Bodem Classificatiegrafiek van Robertson [1990] twee aanpassingen gedaan om de Nederlandse situatie beter te beschrijven:

- Gebieden 4 en 5 zijn anders ingedeeld, zodat losgepakte zanden en ondiepe kleilagen beter worden geïnterpreteerd. Deze aanpassingen zijn in onderstaande figuur weergegeven.
- Bovendien is een extra voorwaarde ingebracht om Holocene veenlagen goed te kunnen classificeren. Voor $q_c < 1,5$ MPa en $R_f > 5$ % wordt de grond als veen geclassificeerd.



² Robertson, P.K. [1990] "Soil Classification using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, 27(1), 151-8²

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

Voor een aantal specifieke grondtypen, zoals bijvoorbeeld Potklei, Boomse klei, overgeconsolideerd veen en glauconiethoudend zand is tevens het classificatie gebied aangegeven. Deze stemmen niet direct overeen met de benamingen van gebieden 1 tot en met 9.

De identificatie is indicatief en alleen geldig voor lagen onder de grondwaterstand. De resultaten dienen te worden geverifieerd met boringen of geologische informatie. Uitgedroogde cohesieve toplagen geven een te hoge waarde worden voor het wrijvingsgetal, waardoor bijvoorbeeld uitgedroogde kleilagen mogelijk onterecht worden geïnterpreteerd als veenlagen. Ook is de correlatie voor de toplagen minder betrouwbaar vanwege het lage effectieve spanningsniveau in deze lagen.

Andere conustypen

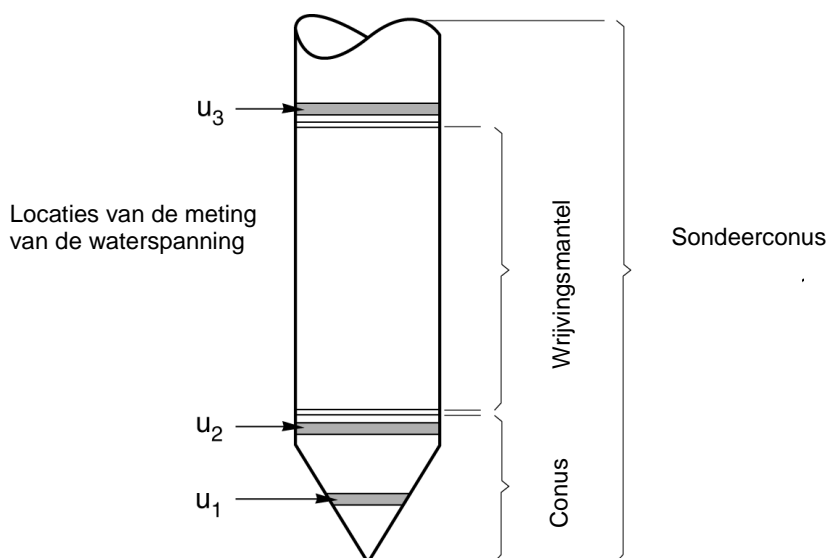
Naast de meting van conusweerstand en plaatselijke wrijving is het mogelijk extra (combinaties van)

type meting	Meetresultaten	toepassingsmogelijkheden
waterspanning	waterspanning ter plaatse van de punt	registreren waterremmende lagen indicatie stijghoogte grondwater classificatie / gelaagdheid bodem
magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	Blindganger onderzoek, onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen, grondankers), onderzoek paalpunt niveau / schoorstand funderingspalen, onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden
geleidbaarheid	elektrische geleiding grond en grondwater	indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens onderzoek verspreiding verontreiniging
temperatuur	temperatuurmeting op verschillende diepten	warmteoverdracht in de bodem bepaling temperatuurgradiënt
schuifgolfsnelheid (seismisch)	dynamische bodemparameters op verschillende diepten	machiefunderingen, windturbinefunderingen
versnelling	versnellingen op verschillende diepten	heitrillingen / verkeerstrillingen
MIP (membrane interface probe)	verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (rapid optical screening tool)	verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen

metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst kan nadere informatie over metingen en toepassingsmogelijkheden worden verschaft.

Waterspanningssonderingen

Naast registratie van conusweerstand en plaatselijke wrijvingsweerstand wordt bij een groot deel van de sonderingen waterspanning geregistreerd. Een waterspanningsconus is voorzien van een ingebouwde druksensor, waarmee de waterdruk tijdens het sonderen wordt gemeten. Een filter voorkomt het contact van grond met de druksensor. De waterdruk kan op drie locaties in de conus worden gemeten waarbij de posities u_1 en u_2 veelvuldig voorkomen. Positie u_3 wordt zelden toegepast. Slechts een kleine hoeveelheid water ($0,2 \text{ mm}^3$) is nodig om een nauwkeurige waterdruk te meten. Het meetbereik kan worden gekozen afhankelijk van de te verwachten wateroverspanning. In stijve kleien kan deze oplopen tot meer dan 3 MPa.



Figuur 1 Principe piëzo-conus

Uitvoeringswijze

Om een juiste meting van de waterspanning te verkrijgen, dient het gehele meetsysteem volledig ontlucht en gevuld te zijn met een weinig samendrukbare vloeistof. Om te voorkomen dat de vloeistof tijdens het sonderen in de onverzadigde lagen boven de grondwaterstand wegvloeit zijn een juiste keuze van vloeistof, het gebruik van een rubber membraam, een goede uitvoering en de poriëngrootte van het filter belangrijk.

Indien het grondwater relatief ondiep aanwezig is, wordt bij voorkeur voorgeboord tot het niveau van de grondwaterspiegel teneinde luchttoetreding te voorkomen. Hiermee wordt ook de kans op beschadiging en in de grond achterblijven van het rubber membraan verkleind.

Interpretatie

De resultaten van de piëzo-sonderingen bestaan uit de gemeten conusweerstand (q_c), de plaatselijke wrijvingsweerstand (f_s), het wrijvingsgetal (R_f), de gemeten waterspanning (u_1 of u_2 respectievelijk in de punt en achter de punt) en de wateroverspanningindex B_q .

De resultaten van de waterspanningsmeting tijdens het sonderen vormen uit grondmechanisch en geohydrologisch oogpunt een belangrijke extra informatiebron voor de interpretatie van de bodemopbouw. Door combinatie van de meting van de conusweerstand en de waterspanning, bij voorkeur samen met de plaatselijke wrijvingsweerstand, wordt optimaal gebruik gemaakt van de sondeertechniek en kan het benodigde aanvullend grondonderzoek efficiënter worden gepland.

Bij de interpretatie speelt met name de wateroverspanning een rol, dat wil zeggen de verhoging van de waterspanning die door het indrukken van de conus ontstaan is.

Dunne cohesieve laagjes in een zandpakket en dunne zandlaagjes in een kleipakket, die in de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand door uitmiddeling niet of slecht zichtbaar zijn, kunnen goed worden gedetecteerd aan de hand van de water(over)spanningen, die door het sonderen ontstaan. Deze laagjes kunnen van groot belang zijn voor het zettingsgedrag van funderingen en voor de verticale (on)doorlatendheid van de grond.

Verder kunnen met de piëzo-conus, met name via de u_1 -meting, sterk gelaagde structuren van zand en klei onderscheiden worden van homogene lagen hetgeen op basis van conusweerstand en plaatselijke

wrijving in de meeste gevallen niet lukt. Aangetoond is dat het detectievermogen van de u_1 -meting veel hoger is dan van de u_2 -meting.

Wateroverspanningindex B_q

Met de wateroverspanningindex B_q kan een meer nauwkeurige classificatie van de grondsoort worden verkregen. Deze index is de verhouding van de wateroverspanning en de netto conusweerstand q_{net} , zijnde de gemeten conusweerstand q_c gecorrigeerd voor de waterspanning op het netto oppervlak van de sondeerconus, rekeninghoudend met de heersende effectieve verticale spanning op het betreffende niveau. De wateroverspanningindex B_q wordt als volgt berekend:

$$B_q = \beta \cdot (u_1 - u_0) / q_{net} \quad \text{of} \quad B_q = (u_2 - u_0) / q_{net}$$

waarin:

- β = factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u_1 naar u_2 ; standaard wordt hiervoor aangehouden 0,8, zijnde normaal geconsolideerde kleien (zie hierna volgende tabel);
- q_{net} = $q_t - \sigma_{v0}$ = netto conusweerstand;
- q_t = $q_c + (1-a) \cdot \{\beta \cdot (u_1 - u_0) + u_0\}$ voor een filter in de conuspunt;
= $q_c + (1-a) \cdot u_2$ voor een filter direct achter de conuspunt;
- σ_{v0} = de verticale grondspanning; standaard wordt hierbij uitgegaan van een gemiddeld volumiek gewicht van de bodemlagen van 14 kN/m^3 en een grondwaterstand op 1 m beneden maaiveld;
- a = netto oppervlakteverhoudingscoëfficiënt van de conus i.v.m. de spleet achter de conuspunt;
- u_1 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *in* de punt;
- u_2 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *achter* de punt;
- u_0 = de hydrostatische stijghoogte; standaard wordt hiervoor in de berekening een niveau uitgegaan van 1 m beneden maaiveld.

Voor andere grondsoorten zijn de β -factoren in onderstaande tabel gegeven.

Grond gedrag	β -factor
Normaal geconsolideerde klei	0,6 - 0,8
Licht overgeconsolideerde klei	0,5 - 0,7
Sterk overgeconsolideerde klei	0 ¹⁾ - 0,3
Leem samendrukbaar	0,5 - 0,6
Leem, vast en dillatant gedrag	0 ¹⁾ - 0,2
Zand siltig, los gepakt	0,2 - 0,4

¹⁾ Bij meting van de waterspanning achter de conuspunt worden in bepaalde gevallen negatieve waterspanningen gemeten. Deze waarden geven nauwelijks een indicatie van de doorlatendheid, doch alleen over het materiaalgedrag.

Dissipatietest

Het is ook mogelijk het sondeerproces op een bepaalde diepte tijdelijk te stoppen en de afname van de wateroverspanning (dissipatie) als functie van de tijd te registreren. Daarna kan het sondeerproces worden voortgezet.

In doorlatende gronden geeft de dissipatietest een goed beeld van de heersende hydrostatische waterspanning en daarmee van de stijghoogte. Het betreft slechts een indicatie aangezien de meetnauwkeurigheid beperkt is. Door het uitvoeren van meerdere metingen in een grondlaag en de gemiddelde waarde van de stijghoogte te bepalen kan een beduidend hogere nauwkeurigheid worden behaald. Ervaring leert dat de onnauwkeurigheid circa 0,5 m bedraagt.

Voor een meer nauwkeurige bepaling en de optredende fluctuaties zijn peilbuismetingen over een langere waarnemingsperiode nodig, afhankelijk van het doel.

In slecht doorlatende, cohesieve lagen kan met behulp van de dissipatietest een indicatie van de consolidatiecoëfficiënt en daarmee van de verticale (on)doorlatendheid worden verkregen. Hierbij dient

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

de dissipatietest te worden voortgezet totdat de wateroverspanning tenminste met 50 % is afgenomen. In de praktijk komt dat overeen met circa 1/2 uur à 3/4 uur.

Uit berekeningen en kwalitatieve vergelijking van de metingen wordt inzicht verkregen in het consolidatiegedrag van de grond.

Voor het vaststellen van de heersende hydrostatische waterspanning in kleilagen is de dissipatietest in de meeste gevallen weinig geschikt, vanwege de benodigde lange aanpassingstijd en de onnauwkeurigheid.

Klassenindeling EN-ISO 22476-1

Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten parameters.

Door invoering van de Eurocode is op Europees niveau de internationale sondeernorm EN-ISO 22476-1 "Electrical cone and piezocone testing" ontwikkeld, welke de oorspronkelijke NEN 5140 heeft vervangen. De nieuwe elektrische sondeernorm **EN-ISO 22476-1** is in opzet vergelijkbaar met de oude Nederlandse norm NEN 5140 voor elektrische sonderingen. Een verschil tussen norm **EN-ISO 22476-1** met NEN 5140 is dat in de nieuwe norm de nauwkeurigheid van de meetresultaten wordt gekoppeld aan het toepassingsgebied met bijbehorend bodemkenmerken / geschiktheid voor interpretatie en afleiding van bodemparameters. Verder is de meting van de waterspanning genormeerd.

In de Europese tabel van sondeerclassen worden de sondeerclassen ingedeeld naar de toepassing van de sondering, zie onderstaande tabel.

Toepassing klassen volgens NEN-EN-ISO 22476-1:2012

Toepassing Klasse	Test type	Gemeten parameter	Toegestane minimum nauwkeurigheid ^a	Maximum lengte tussen metingen	Gebruik	
					Grondsoort ^b	Interpretatie ^c
1	TE 2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning Helling Sondeerlengte	35 kPa of 5 % 5 kPa of 10 % 10kPa of 2 % 2° 0,1 m of 1%	20 mm	A	G, H
2	TE1 TE2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning Helling Sondeerlengte	100 kPa of 5 % 15 kPa of 15 % 25 kPa of 3 % 2° 0,1 m of 1 %	20 mm	A B C D	G, H* G, H G, H G, H
3	TE1 TE2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning ^d Helling Sondeerlengte	200 kPa of 5 % 25 kPa of 15 % 50 kPa of 5 % 5° 0,2 m of 2 %	50 mm	A B C D	G G, H* G, H G, H
4	TE1	Conus weerstand Mantel wrijving Sondeerlengte	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A B C D	G* G* G* G*
NOOT 1 Richtlijnen voor gebruik van Tabel 2 zijn gegeven in bijlage F.						
NOOT 2 Voor uiterst slappe gronden maken soms nog hogere nauwkeurigheden noodzakelijk.						
^a De toegestane minimum nauwkeurigheid van de gemeten parameters is de grootste van de twee genoemde. De relatieve nauwkeurigheid geldt voor de gemeten waarde en niet voor het meetbereik.						
^b Volgens ISO 14688-2: <ul style="list-style-type: none"> A Homogene gronden bestaande uit zeer slappe tot stijve kleien (en silt) ($q_c < 3$ MPa) B Gemengde bodemprofielen met slappe tot stijve kleien ($q_c \leq 3$ MPa) en matig vaste tot vaste zanden (conusweerstand $5 \text{ MPa} \leq q_c < 10 \text{ MPa}$) C Gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand $1,5 \text{ MPa} \leq q_c < 3 \text{ MPa}$) en zeer dichte zanden ($q_c > 20 \text{ MPa}$) D Zeer stijve tot harde kleien ($q_c \geq 3 \text{ MPa}$) en zeer vaste grove gronden ($q_c \geq 20 \text{ MPa}$) 						
^c G vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een laag niveau van onzekerheid G* indicatieve vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een hoog niveau van onzekerheid H interpretatie met betrekking tot ontwerp met een laag niveau van onzekerheid H* interpretatie met betrekking tot ontwerp met een hoog niveau van onzekerheid						
^d Waterspanning kan alleen worden gemeten als TE2 wordt toegepast.						

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 2.b NEN 9997-1 worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is echter in een bodemgesteldheid met zowel zeer slappe grondlagen als zeer vaste zandlagen met hoge conusweerstand onmogelijk om aan de eisen van toepassing klasse 1 voldoen zoals ook blijkt uit de bovenstaande tabel. Het bij Fugro gehanteerde

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

meetsysteem voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door toepassing van digitale conussen, strikte kwaliteitscontroles en calibraties. In de praktijk is gebleken dat standaard Fugro sonderingen in de nieuwe norm tenminste in toepassingsklasse 3 vallen en voor een groot deel binnen klasse 2. Sonderingen volgens toepassingsklasse 3 in de nieuwe norm zijn vergelijkbaar met sonderingen volgens klasse 2 van de oude NEN 5140.

Toepassingklasse 1 sonderingen kunnen alleen met speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik en een kleibodemprofiel met $q_c < 3$ MPa worden bereikt. In bodemprofielen waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen kan de hoogste meetnauwkeurigheid van klasse 1 enigszins worden benaderd door aanvullende maatregelen en procedures. Toepassingklasse 2 sonderingen kunnen in bodemprofielen, waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen, alleen worden verkregen door toepassing van digitale conussen met regelmatige calibraties, aanvullende uitvoeringsmaatregelen en kwaliteitscontroles. Toepassingklasse 1 is in deze bodem niet haalbaar. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van calibraties en 0-puntsverlopen tussen het begin en eind van de sondering.

In de praktijk komt het af en toe voor dat sonderingen worden uitgevoerd, waarbij door de opdrachtgever is aangegeven dat de maaiveldhoogte niet ten opzichte van een vast referentiepeil (NAP) behoeft te worden vastgelegd. Deze sonderingen voldoen derhalve op dit punt niet aan **EN-ISO 22476-1**.

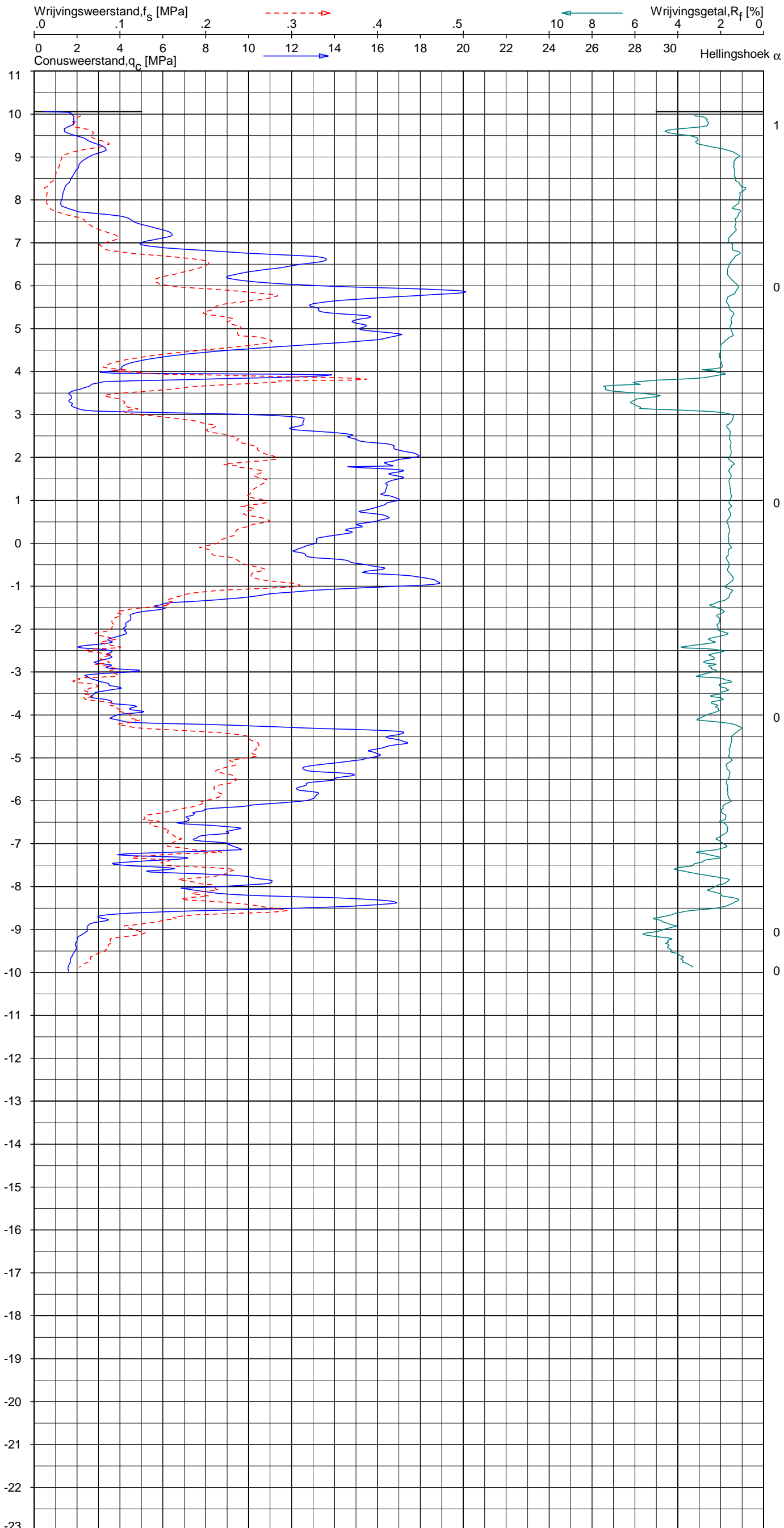
Klassenindeling NEN 5140

De norm NEN 5140 ging uit van vier kwaliteitsklassen. Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten conusweerstand, plaatselijke wrijvingsweerstand en diepte, zoals blijkt uit de onderstaande tabel.

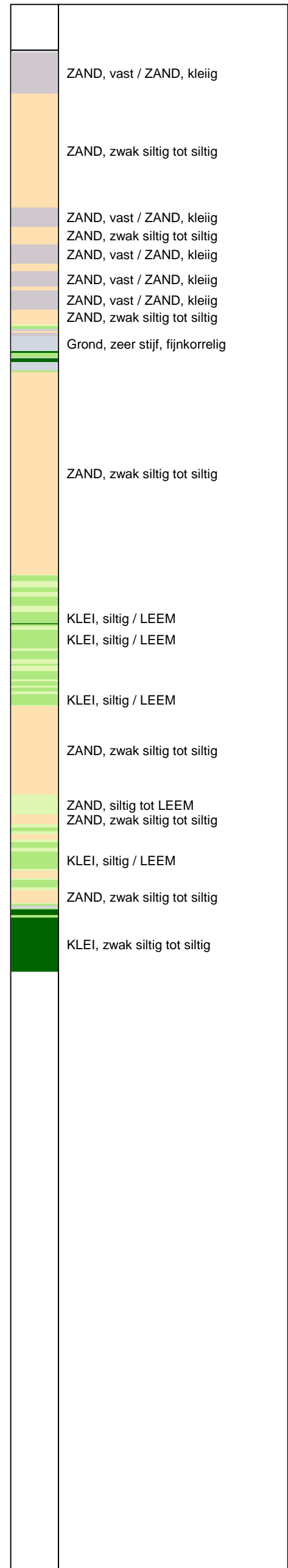
klasse	Meetgrootheid	toelaatbare meetonzekerheid	meetinterval
1	Conusweerstand	0,05 MPa of 3%	20 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,01 MPa of 10%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 1 %	
2	Conusweerstand	0,25 MPa of 5%	50 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 15%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
3	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Helling	5°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
4	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Sondeerlengte	0,1 m of 1%	

Opmerking: De toelaatbare meetonzekerheid is de grotere waarde van de absolute meetonzekerheid en de relatieve meetonzekerheid. De relatieve meetonzekerheid geldt voor de meetwaarde en niet voor het meetbereik.

Vergelijking van de gespecificeerde nauwkeurigheden van de NEN 5140 en NEN-EN-ISO 22476-1 laat zien dat de nauwkeurigheid van de meest in NL gehanteerde sondeerklasse 2 volgens NEN 5140 iets hoger ligt dan die van de toepassingklasse 3 volgens de ISO norm.



Indicatieve bodembeschrijving
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : GAV-GSM d.d. 21-nov-2000 Coord.: X=143200.9m Y= 559600.1m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : 01.20.nl d.d. 6-dec-20 0 MV = NAP +10.06m Conus: F7.5CKE/V 1232 Toepassingsklasse 3. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1500 mm²; A_s = 20002mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 GRONDONDERZOEK AFSLUITDIJK, KORNWERDERZAND-DEN OEVER

Opdr. Q-1837
 Sond. DKM39

FUNDERINGSADVIES – OP PALEN

Algemeen

Dit advies is verzocht om uitgangspunten te bepalen ten behoeve van de risicobeschuwing. Het aangetroffen bodemgesteldheid en de aard van de bebouwing komt een fundering op palen in aanmerking.

In overleg met de opdrachtgever is uitgegaan van een funderingsoplossing met prefab betonpalen of vibropalen.

Tijdens de heiwerkzaamheden worden trillingen in de ondergrond opgewekt waardoor een extra belasting op het dijklichaam optreedt. Deze belasting is meegenomen in de risicoanalyse van het dijklichaam.

Het voorlopig funderingsadvies voor dit project is opgesteld gebaseerd op de norm geotechniek NEN 9997-1. Conform 1.5.2.127 van NEN 9997-1 dient de minimale paallengte ten minste $5 \times D_{eq}$ te bedragen. Voor het uiteindelijke funderingsontwerp moet nog grondonderzoek worden uitgevoerd.

In het ontwerpstadium zijn in het algemeen geen gedetailleerde gegevens beschikbaar met betrekking tot het palenplan, de exacte paalbelastingen, de gebouwtijfheid en de vervormingseisen. Derhalve wordt in dit stadium van het project volstaan met de toetsing van de uiterste grenstoestand (UGT) type B op sterkte. Voor de meeste paaltypen, zoals grondverdringende palen met relatief kleine diameter, is deze grenstoestand veelal maatgevend, zodat hiermee ook de andere grenstoestanden worden ondervangen.

Voor de paalfundering is uitgegaan van verticaal, centrisc en op druk belaste palen. Momenten, trekbelastingen, dynamische belasting en horizontale belastingen zijn niet beschouwd.

Uitgangspunten

Voor de uitwerking van het funderingsadvies voor dit project zijn de volgende door de opdrachtgever verstrekte uitgangspunten gehanteerd:

- De rekenwaarden (UGT) voor de paalbelastingen vanuit de constructie ($F_{c,d}$) is niet opgegeven. Opgave van paalbelastingen worden opgegeven door de constructeur en belasting per paal is afhankelijk van het aantal palen. Uitgegaan wordt van een reguliere paalbelasting van 500 kN (50.000 kg), rekenwaarde (UGT).
- Het constructief aanlegniveau van de fundering is onbekend, aangenomen is dat maaiveldniveau NAP +4,2 m bedraagt (de kabelkelder is gelegen op NAP +2,7 m).
- Aangenomen is dat het terrein niet significant zal worden opgehoogd of ontgraven.

FUNDERINGSADVIES

Op druk belaste palen

Voor het funderingsadvies voor op druk belaste palen is voor diverse schachtafmetingen van prefab betonpalen of vibropalen op gekozen paalpuntniveaus de rekenwaarde van de draagkracht van de palen bepaald. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in tabel 1 en 2.

Tabel 1: Paalpuntniveaus en rekenwaarden van de paal draagkracht, **prefab betonpalen**

Sondering nr.	Maaiveldhoogte in m t.o.v. NAP	Paalpuntniveau in m t.o.v. NAP	$R_{net;d}$ in kN Prefab beton - geheid		
			∅ 220 mm	∅ 250 mm	∅ 290 mm
DKM39	+10,06	+2,00	390	480	620
		+1,50	480	580	720
		+1,00	520	615	750

Tabel 2: Paalpuntniveaus en rekenwaarden van de paal draagkracht, **vibropalen**

Sondering nr.	Maaiveldhoogte in m t.o.v. NAP	Paalpuntniveau in m t.o.v. NAP	$R_{net;d}$ in kN Vibropaal - heidend getrokken buis		
			∅ 271/310 mm	∅ 323/365 mm	∅ 380/435 mm
DKM39	+10,06	+2,00	570	755	1010

Opmerkingen bij de tabel:

Aangenomen dat ter plaatse van trafostation maaiveld NAP +4,2 m bedraagt en positieve schachtwrijving vanaf NAP +2,7 m.

$R_{c;net;d}$ = rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal,.

∅ 271/310 = diameter schacht (d) = ∅ 271 mm; diameter voetplaat (D) = ∅ 310 mm. Hierbij wordt voldaan aan 7.6.2.3(g) van NEN 9997-1: $D_{eq}^2 / d_{eq}^2 \leq 1,5$

Voor de aangehouden belastingen kunnen prefab betonpalen met een schachtafmeting ca. ∅ 250 à 290 mm worden toegepast, waarbij een paalpuntniveau van NAP +2,0 m dient te worden aangehouden, zie tabel 1.

Aangezien uitgevoerde sondering niet op beoogde projectlocatie is uitgevoerd en ontwerp niet definitieve is, is derhalve uitgegaan van een schachtafmeting **∅250 mm** met een paalpuntniveau van **NAP +2,0 m**.

Voor de aangehouden belastingen kunnen vibropalen met een schachtafmeting van **∅ 271/310 mm** worden toegepast, waarbij een paalpuntniveau van **NAP +2,0 m** dient te worden aangehouden, zie tabel 2.

Bij het indelen van het palenplan, dient het verschil in paalpuntniveau van naast elkaar gelegen vakken bij voorkeur niet groter dan ca. 2,0 m te worden gekozen.

De in de tabel gepresenteerde waarden voor de paal draagkracht zijn grondmechanische waarden. Door de constructeur dient te worden gecontroleerd of de bijbehorende paalschachtspanningen toelaatbaar zijn. Bij heiafwijkingen kunnen de schachtspanningen in de paal maatgevend worden.

FUNDERINGSADVIES

Voorbeeldberekeningen van de rekenwaarde van de netto draagkracht van een paal en de toetsing van UGT type B zijn gegeven in de bijlage A3.

Voor de berekening van de rekenwaarde van de maximale draagkracht en de toetsing van de UGT type B volgens 7.6.2.3 van NEN 9997-1 zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Het project is geplaatst in geotechnische categorie 2.
- Omdat in dit stadium van het ontwerp de stijfheid van de constructie nog niet exact bekend is, is de stijfheid van de constructie niet in rekening gebracht. Volgens tabel A.10a van NEN 9997-1 is voor de factoren ξ_3 en ξ_4 een waarde van 1,39 gehanteerd.
- Aangezien geen terreinzakkingen groter dan 0,02 m verwacht worden is conform 7.3.2.2(a) van NEN 9997-1 in de berekeningen geen negatieve kleefbelasting verdisconteerd.
- Bij de draagkrachtberekeningen zijn de volgende paalfactoren aangehouden;

Vibropalen	Prefab betonpalen
$\alpha_p = 1,0$	$\alpha_p = 1,0$
$\alpha_s = 0,014$	$\alpha_s = 0,010$
$\beta = 1,0$	$\beta = 1,0$
$s = 1,0$	$s = 1,0$
- Toetsing volgens de UGT type B houdt in dat voldaan moet worden aan:
 $F_{c;d} \leq (R_{c;d} - F_{nk;d})$. De vervormingsgrenstoestanden zijn, gezien de zeer geringe zakking van de palen onder invloed van de belasting, niet maatgevend.

FUNDERINGSADVIES

UITVOERING – FUNDERING OP PALEN

Prefab betonpalen

Het heiwerk van de prefab betonpalen dient te worden uitgevoerd door een gerenommeerd en op dit terrein gespecialiseerd bedrijf, bij voorkeur conform de KIWA beoordelingsrichtlijn BRL 2357 2002-03-14 ("*Heien van geprefabriceerde betonpalen*"). Toezicht dient plaats te vinden op basis van CUR Aanbeveling 114 "Toezicht op de realisatie van paalfunderingen".

Vibropalen

Het heiwerk van de vibropalen dient te worden uitgevoerd door een gerenommeerd en in dit paaltype gespecialiseerd bedrijf, bij voorkeur conform de KIWA beoordelingsrichtlijn BRL 2356 1992-06-01, bijlage C ("*Werkwijze bij het vervaardigen van ingeheide en schokkend of trillend getrokken palen*") en de Nederlandse voornorm NVN 6724, maart 2001, ("*Voorschriften Beton –In de grond gevormde funderingselementen van beton of mortel*"). Toezicht dient plaats te vinden op basis van CUR Aanbeveling 114 "Toezicht op de realisatie van paalfunderingen".

De volgende aanbevelingen zijn van toepassing tijdens het heiwerk:

- Bij het installeren van de palen moet een zodanige volgorde worden aangehouden, dat beschadiging van nog niet verharde palen wordt voorkomen. In principe mag geen paal geïnstalleerd worden op een afstand kleiner dan 4 x de voetdiameter van een nog niet voldoende verharde paal. De paal kan als voldoende verhard worden beschouwd na 20 uur verhardingstijd. De verhardingstijd is mede afhankelijk van de gebruikte hulpstoffen.
- Wordt na het bereiken van de gewenste diepte grond en/of water in de buis aangetroffen, dan dient in principe de paal te worden afgekeurd.
- De hoeveelheid beton die per paal gebruikt wordt, dient te worden geregistreerd;
- Het trekken van de buis dient heidend te geschieden teneinde een goede verdichting van de betonmortel te verkrijgen.
- Horizontale belastingen op de palen, door b.v. het verplaatsen van de stelling in de bouwput en/of het ontgraven van de bouwput, dienen te worden vermeden in verband met de kans op het ontstaan van schade aan de palen. Dit geldt vooral bij gedeeltelijk gewapende palen.
- De kwaliteit van de geïnstalleerde paalschacht dient door middel van akoestische metingen te worden gecontroleerd. Fugro beschikt hiervoor over de benodigde apparatuur en expertise.

Door het heien van prefab betonpalen danwel vibropalen zullen trillingen worden opgewekt. De invloed van deze trillingen op het dijklichaam is nader beschouwd in de risicoanalyse van het dijklichaam.

FUNDERINGSADVIES

	Opdr. :	1013-0226-004
Risicoanalyse trafostation Breezanddijk windpark Fryslan	Bijl. :	A2

FUNDERINGSADVIES – OP STAAL

Algemeen

Gevraagd is om een geotechnisch advies uit te brengen voor een fundering op staal. Tijdens de uitvoering zal grondverbetering noodzakelijk zijn. In bijlage "Richtlijnen grondverbetering" staat beschreven wat de benodigde maatregelen zijn.

Gezien de aangetroffen bodemgesteldheid en de aard van de bebouwing komt voor dit project een fundering op staal in aanmerking.

Het funderingsadvies voor dit project is opgesteld conform de norm geotechniek NEN 9997-1. Het mede op basis van dit advies gemaakte funderingsontwerp dient achteraf te worden getoetst aan de geldende geotechnische normen. In dit stadium van het project wordt volstaan met het verstrekken van die gegevens die nodig zijn om het ontwerp van de fundering mogelijk te maken.

De constructie dient te voldoen aan:

- Uiterste Grenstoestand (UGT op draagkracht): bij deze toetsing dient de rekenwaarde van de belasting (V_d) kleiner te zijn dan de rekenwaarde van de draagkracht (R_d).
- Uiterste Grenstoestand type B (UGT in bovenbouw door te grote vervorming fundering): bij normale bouwconstructies, waarvan hier sprake is, is de bruikbaarheids-grenstoestand (BGT) maatgevend.
- Bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT, vervormingen): getoetst wordt of de berekende zakkingen van de bovenzijde van de fundering toelaatbaar zijn.

Ten tijde van het opstellen van dit rapport waren nog geen gedetailleerde gegevens over de krachtsafdracht van de constructie naar de fundering bekend.

Voor de uitwerking van het funderingsadvies voor dit project zijn de volgende door de Fugro verstrekte uitgangspunten gehanteerd:

- Het maaiveldniveau is aangenomen op NAP +4,2 m het constructief aanlegniveau van de fundering bedraagt NAP +2,7 m (niveau kabelkelder). De totale gronddekking bedraagt 1,5 m.
- De rekenwaarde (UGT) van de belasting op de plaatfundering is onbekend.

Uitgegaan is van een horizontaal maaiveld, alsmede van een statische, verticaal en centrisch aangrijpende belastingen.

Aanlegniveau en draagkracht fundering (UGT)

Voor een fundering op staal dient conform 6.4(c) van NEN 9997-1 in het algemeen uitgegaan te worden van een minimaal aanlegniveau van 0,8 m beneden het toekomstige maaiveld ter plaatse van de buitenwanden en 0,6 m beneden het toekomstige maaiveld ter plaatse van de binnenwanden. Bij de toepassing van een plaatfundering dient een vorstrand tot een dergelijk niveau te reiken.

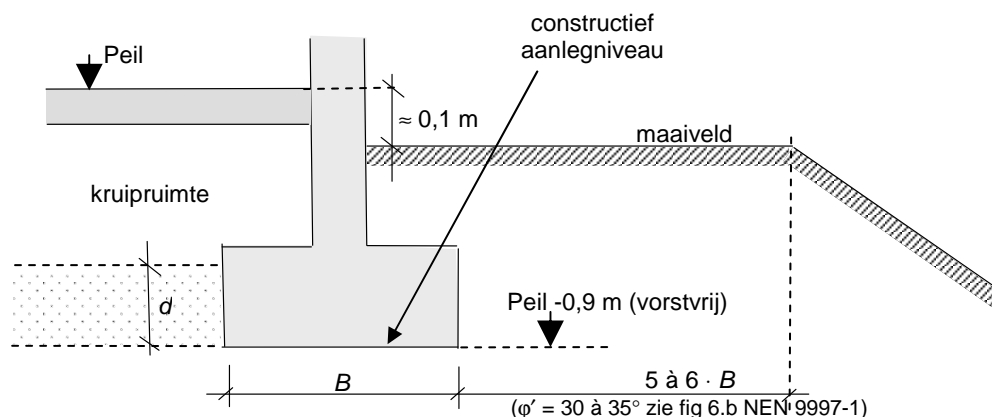
Wanneer op het aanlegniveau van de fundering los gepakte /kleiige /humeuze /kleilaagjes aanwezig zijn, dient deze te worden verwijderd en een grondverbetering te worden uitgevoerd.

FUNDERINGSADVIES

Het ontgravingsniveau dient, ook indien geen grondverbetering hoeft te worden aangebracht, met een lichte trilplaat in meerdere gangen te worden afgetrild en verdicht. Na ontgraven dient ervoor zorg gedragen te worden dat het materiaal niet verweekt of wordt verkleed.

Strookfundering

In tabel 3 zijn de rekenwaarden voor de draagkracht van de fundering ($\sigma'_{\max;d} \cdot b$) als functie van de strookbreedte B en de gronddekking d naast de fundering, zie figuur 1.



Figuur 1: Maatgevende gronddekking -d- naast funderingselement(strook)

Tabel 3: Rekenwaarde draagkracht strookfundering (UGT)

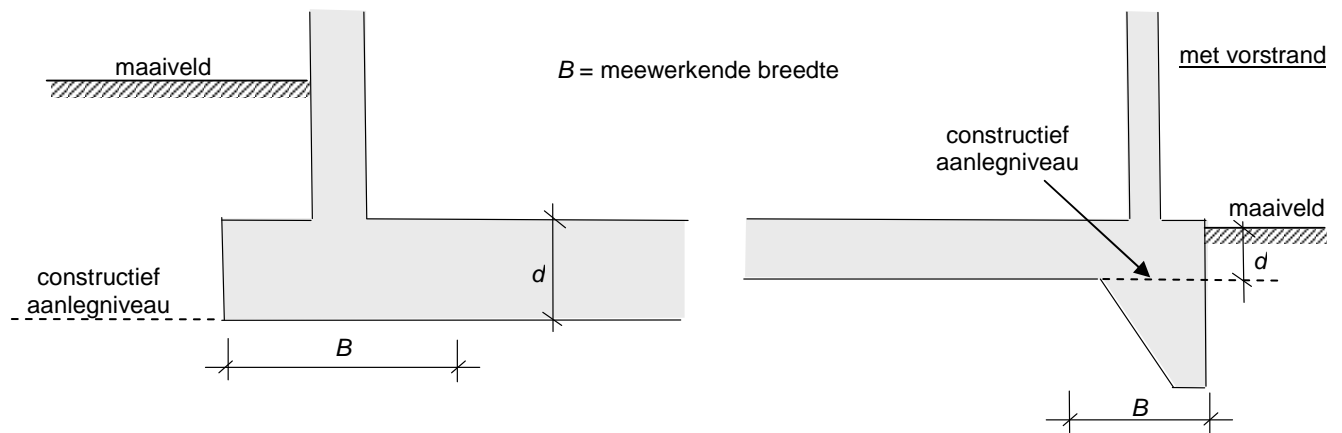
Strookbreedte B [m]	Draagkracht $\sigma'_{\max;d}$ in kN/m^2		
	gronddekking $d = 0,2 \text{ m}$	gronddekking $d = 0,5 \text{ m}$	gronddekking $d = 0,8 \text{ m}$
0,75	115	180	240
1,00	140	205	265
1,25	165	230	290

Aangenomen is dat de bodem uit zand bestaat, volgens hoofdstuk 6 van NEN 9997-1 de rekenwaarde van de maximale funderingsdruk ($\sigma'_{\max;d}$ of R_d) van de funderingsgrondslag berekend. Verder is uitgegaan dat het grondwater onder het invloedsgebied ligt. Een voorbeeldberekening is gegeven in bijlage A4.

Plaatfundering

In tabel 4 zijn de rekenwaarden voor de maximale funderingsdruk ($\sigma'_{\max;d}$) als functie van de meewerkende (strook)breedte B en de dekking d naast de fundering weergegeven, zie figuur 2.

FUNDERINGSADVIES



Figuur 2: Maatgevende dekking -d- naast vloer zonder vorstrand (links) / met vorstrand (rechts)

Tabel 4: Rekenwaarde draagkracht plaatfundering (UGT)

	Rekenwaarde maximale funderingsdruk $\sigma'_{\max;d}$ in kN/m^2		
dikte betonvloer	d= 0,15 [m]	d= 0,20 [m]	d= 0,25 [m]
	Meewerkende breedte * b= 0,75 [m]	Meewerkende breedte * b= 1,00 [m]	Meewerkende breedte * b= 1,25 [m]
	115	155	195

*) = Onder meewerkende breedte wordt bij een plaatfundering bedoeld het gedeelte van de plaat dat belast wordt conform 6.8(c) van NEN 9997-1. In de praktijk komt dit veelal overeen met een strookbreedte van circa 5 x de vloerdikte. Vooralsnog is de vloerdikte van het trafostation onbekend, waardoor in de tabel een var. vloerdikte tussen 0,15 en 0,25 m is aangehouden en geen gronddekking wanneer ontgraving naast trafostation tot aanlegniveau.

Voor de berekening van de rekenwaarden van de draagkracht onder de plaatfundering zijn denkbeeldige stroken beschouwd. De "gronddekking" naast een dergelijke strook bestaat uit de daar aanwezige betonplaat. Behalve door het eigen gewicht, levert de betonvloer ook weerstand door buiging. In de berekeningen is voor de dekking veiligheidshalve alleen het effectieve gewicht van de betonvloer in rekening gebracht.

FUNDERINGSADVIES

Maximale funderingsdruk

Om te voldoen aan de UGT dienen de fundamentafmetingen zodanig gekozen te worden, dat de rekenwaarde voor de funderingsbelasting (q_d of V_d) kleiner is dan of gelijk is aan de rekenwaarde voor de draagkracht ($\sigma'_{\max;d} * b'$ of R_d).

Zakking van de fundering (BGT)

In dit stadium zijn (nog) geen eisen bekend m.b.t. zakkingen van het transformatorstation. Aan de BGT zijn eisen geformuleerd ten aanzien van de maximaal toelaatbare vervormingen. Bij overschrijding van de BGT kunnen grote vervormingen optreden waardoor het gebruiksgemak verlaagd wordt zoals klemmende deuren.

FUNDERINGSADVIES

UITVOERING – FUNDERING OP STAAL

De ontgravingsniveaus dienen nauwgezet te worden geïnspecteerd op geroerde en/of verweekte zones. In geval van twijfel omtrent het aan te houden niveau kunt u contact opnemen met Fugro.

Een eventuele grondverbetering dient te bestaan uit goed gegradeerd zand dat laagsgewijs wordt verdicht. Om een goede spreiding van de funderingsdrukken mogelijk te maken moet de grondverbetering onder een hoek van 45° met de verticaal gerekend vanaf de rand van de stroken of poeren worden aangebracht.

De breedte van de grondverbetering dient ten minste 4B te bedragen, dat wil zeggen in dit geval ten minste 4 m rond de funderingsplaat moet worden toegepast. Voor materiaalkeuze en aanbevelingen ten behoeve van de uitvoering van de grondverbetering wordt verwezen naar de bijlage "*Richtlijnen Grondverbetering*".

FUNDERINGSADVIES

	Opdr. :	1013-0226-004
Risicoanalyse trafostation Breezanddijk windpark Fryslan	Bijl. :	A2

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : DKM39
- paaltype : Vibropaal - heidend getrokken buis
- paalpuntniveau : NAP +2.00 m
- schachtdiameter : Ø 271 mm
- puntafmeting : Ø 310 mm

Maximale draagkracht van de paalpunt

De *maximale puntweerstand* volgens art. 7.6.2.3(e) bedraagt:

$q_{b,max}$	=	$\frac{1}{2} \cdot \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot ((q_{c,I,gem} + q_{c,II,gem})/2 + q_{c,III,gem})$	
	=	11.1 MPa. (≤ 15 MPa, limietwaarde conform NEN 9997-1)	
waarin:			in dit geval:
$q_{c,I,gem}$	=	de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I (0,7 à 4 x D_{eq} onder de punt)	16,4 MPa
$q_{c,II,gem}$	=	de minimale waarde van de conusweerstand over traject II (0,7 à 4 x D_{eq} onder de punt)	14,6 MPa
$q_{c,III,gem}$	=	de gemiddelde minimale waarde van de conusweerstand over traject III (8 x D_{eq} boven de punt)	6,6 MPa
α_p	=	paalklassefactor (tabel 7.c, NEN 9997-1)	1,0 -
β	=	factor voor de paalvoetvorm (art. 7.6.2.3(g))	1,0 -
s	=	factor voor de vorm van de dwarsdoorsnede van de paalvoet (art. 7.6.2.3(h))	1,0 -

De *maximale draagkracht* van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3(c) bedraagt:

$R_{p,cal,max}$	=	$A_{punt} \cdot q_{b,max} \cdot 1000$	
	=	836 kN.	
waarin:			in dit geval:
A_{punt}	=	oppervlak van de paalvoet	0,0755 m ²

Maximale paalschachtwrijving

De *maximale paalschachtwrijving* volgens art. 7.6.2.3(i) bedraagt:

$$q_{s,max} = \alpha_s \cdot q_{c;z;a}$$

$$= 0.190 \text{ MPa.}$$

waarin:		in dit geval:
α_s	= factor voor de invloed van de uitvoering en het paaltype (tabel 7.c, NEN 9997-1)	0,014 -
$q_{c;z;a}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over het traject waarover schachtwrijving wordt berekend	14,3 MPa

De *maximale schachtwrijvingskracht* volgens art. 7.6.2.3(c) bedraagt:

$$R_{s;cal,max} = O_s \cdot \Delta L \cdot q_{s,max} \cdot 1000$$

$$= 116 \text{ kN.}$$

waarin:		in dit geval:
O_s	= omtrek van de paalschacht	0,8514 m
ΔL	= traject voor berekening schachtwrijving	0,68 m

Maximale draagkracht

De *maximale draagkracht* van de paal volgens art. 7.6.2.3(c) bedraagt:

$$R_{c;cal} = R_{b;cal,max} + R_{s;cal,max}$$

$$= 952 \text{ kN.}$$

De *karakteristieke waarde* van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3(5) bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c;cal} / \xi$$

$$= 685 \text{ kN.}$$

waarin:		in dit geval:
ξ_3 of ξ_4	= factor volgens tabel A.10 van NEN 9997-1	1,39 -

Voor de *rekenwaarde* van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 7.6.2.3(3) en (4) worden aangehouden:

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R$$

$$= 571 \text{ kN.}$$

waarin:		in dit geval:
γ_R	= partiële materiaalfactor volgens tabellen A.6, A.7 en A.8 van NEN 9997-1	1,2 -

Voor de uiterste grenstoestand (UGT) geldt volgens art. 2.4.7.3.1(1) van NEN 9997-1 dat de rekenwaarde van de belasting E_d kleiner/gelijk moet zijn aan de rekenwaarde van de weerstand R_d :

$$E_d \leq R_d.$$

Uitgegaan wordt van een verticale belasting, d.w.z. $E_d = V_d$.

Voor de uiterste grenstoestand type B kan het zakkingscriterium dat in art. 2.4.9(a) is gegeven, worden vervangen door:

$$V_d + F_{nk;d} \leq R_{c;d}$$

waarin:		in dit geval:	
V_d	=	rekenwaarde van de belasting in kN	
$F_{nk;d}$	=	rekenwaarde van de negatieve kleefbelasting	0 kN
$R_{c;d}$	=	rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal	571 kN

Voor de meeste paaltypen, zoals grondverdringende palen met relatief kleine diameter, is UGT type B maatgevend, zodat hiermee ook de andere grenstoestanden worden ondervangen.

Bovenstaande formule kan worden bewerkt tot de volgende voorwaarde:

$V_d \leq R_{net;d}$		in dit geval:	
waarin:			
$R_{net;d}$	=	$R_{c;d} - F_{nk;d}$	
	=	de rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met de negatieve kleefbelasting	571 kN

Indien aan de bovenstaande voorwaarde wordt voldaan, dan bezwijkt de grond rondom de paal niet. De vervormingen van de paalkop zullen hierbij ook beperkt zijn.

In tabel 4-2 zijn de waarden gepresenteerd van $R_{net;d}$, de rekenwaarde van de netto draagkracht, rekening houdend met de negatieve kleef.

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : DKM39
- grondwaterstand : NAP +2,7 m / dieper dan invloedsdiepte t_e onder funderingselement.
- aanlegniveau : NAP +2,7 m
- gronddekking : 0,15 m
- rekenwaarde
wrijvingshoek ϕ'_d : 26,7°

In de berekening is uitgegaan van een gedraineerde situatie (lange termijn gedrag) en gewogen parameters voor de grondslag tussen het funderingsoppervlak en de maatgevende invloedsdiepte. De invloedsdiepte z_e is volgens 6.5.2.2(d) en figuur 6.b van NEN 9997-1 bepaald op 1,5 maal de effectieve funderingsbreedte b' .

De rekenwaarde van de maximale funderingsdruk op het effectieve funderingsoppervlak in de gedraineerde toestand volgens 6.5.2.2(i) van NEN 9997-1 bedraagt:

$$\sigma'_{\max;d} = \sigma'_{v;z;d} \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma'_{\text{gem};d} \cdot b' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma = 38 \text{ kPa}$$

waarin:

in dit geval:

$\sigma'_{v;z;d}$	= rekenwaarde van de verticale korrelspanning op het aanlegniveau	1,0	kPa
N_q	= draagkrachtfactor voor de invloed gronddekking	12,7	-
s_q	= vormfactor voor de invloed van de gronddekking	1,3	-
i_q	= reductiefactor belastinghelling	1,0	-
$\gamma'_{\text{gem};d}$	= rekenwaarde van het (gewogen) effectieve volumieke gewicht van de grond onder aanlegniveau	6,4	kN/m ³
b'	= effectieve breedte funderingsoppervlak	0,8	m
N_γ	= draagkrachtfactor voor de invloed van het effectieve volumieke gewicht van de grond onder aanlegniveau	11,8	-
s_γ	= vormfactor voor de invloed van het effectieve gewicht van de grond onder aanlegniveau	0,8	-
i_γ	= reductiefactor belastinghelling	1,0	-

De rekenwaarde van de draagkracht loodrecht op het funderingsoppervlak bedraagt:

$$\text{strook} = \sigma'_{\max;d} \cdot b' = 28 \text{ kN/m}^1$$

waarin:

in dit geval:

b'	= effectieve funderingsbreedte	0,8	m
l	= effectieve funderingslengte	1,0	m

BEREKENING REKENWAARDE DRAAGKRACHT PLAATFUNDERING

Risicoanalyse trafostation Breezanddijk windpark Fryslan

Opdr. : 1013-0226-00
Bijl. : A4

Modellering conform CUR 166

De modellering en het opstellen van de trillingsrisicoanalyse vindt plaats op basis van CUR - publicatie 166 ‘*Damwandconstructies*’. In genoemde CUR - publicatie wordt onderscheid gemaakt in verschillende bodemkarakteristieken en verschillende palen en planken alsmede de verschillende wijzen van inbrengen.

Wanneer een paal of plank in een grondmassief doordringt, veroorzaakt deze langs en aan de onderzijde van de paal plastische en elastische vervormingen. Door de snelle introductie van deze vervormingen ontstaan golfverschijnselen in de grond. De plastische golfverschijnselen blijven beperkt tot een gebied rondom de paal/plankpunt met een doorsnede van ongeveer 1,5 tot 2,5 maal de equivalente paal/plankdiameter.

Voor de trillingen in de omgeving zijn alleen de elastische golven van belang. Wanneer de paal/plank enige meters diep in de grond is doorgedrongen, ontstaan trillingsgolven die zich in alle richtingen (kunnen) voortplanten. Komen deze golven aan de oppervlakte, bij een laagovergang of bij een bouwwerk, dan vindt hier reflectie en omzetting van de trillingsgolven plaats, zodat een interferentiepatroon van bodembewegingen ontstaat. Gezien de complexiteit van dit interferentiepatroon kan de bodembeweging slechts in benaderende zin beschreven worden.

De factoren die invloed hebben op de intensiteit van de trillingen die door installatie van de palen / planken aan de bodem worden afgegeven zijn:

- eigenschappen van de ondergrond;
- afmetingen van de paal/plank;
- energie / slagkracht die nodig is om de paal / plank op diepte te krijgen.

Bronsterkte

CUR 166 hanteert voor Nederland enkele karakteristieke bodemprofielen. Voor deze karakteristieke bodemprofielen is voor de verschillende wijze van inbrengen van palen en planken, een bronintensiteit gegeven op een referentie afstand van 5 m tot de bron. De bronsterkten zijn gerelateerd aan een lognormaal verdeling. In de analyse wordt gebruik gemaakt van een normale verdeling. Op basis van praktijkervaringen, waarbij prognoses met metingen vergeleken zijn, is gebleken dat prognose waarden, waarbij een normale verdeling is gehanteerd, beter aansluit op de meetwaarden.

Voor de karakteristieke bodemprofielen zijn indicatiewaarden gegeven voor de demping, de referentiesnelheid (u_0) op 5 m en de variatiecoëfficiënt van de trillingsbron voor het in- en uittrillen van damwandplanken of het heien van stalen buispalen. Voor de meeste situaties zijn geen indicatiewaarden gegeven en dient de referentiesnelheid geschat te worden. Voor het trillingsniveau zijn het noodzakelijke inheinniveau en de grondopbouw van grotere invloed dan het paal/planktype of –lengte. Deze factoren worden in rekening gebracht.

“TOELICHTING MODELLERING TRILLINGEN”

	Opdr. :	1013-0226-00
Risicoanalyse trafostation Breezanddijk windpark Fryslan	Bijl. :	A5

Bepaling bronsterkte heien

De referentie trillingsintensiteit wordt bepaald met een empirische formule, welke afhankelijk is van het vermogen van het heiblok:

$$v_{o,(x=5m)} = u_0 \cdot \sqrt{\psi * E}$$

Waarin:

$v_{0(x=5m)}$	trillingsnelheid op referentieafstand van 5 meter	[mm/s];
u_0	referentie trillingsnelheid	[mm/s];
E	inhei-energieniveau	[Nm];
ψ	stootrendement	[-].

Op basis van deze relatie is de bronsterkte van de trillingsnelheid bepaald.

Bepaling bronsterkte trillen

De bronsterkte van het intrillen van stalen damwandelementen wordt bepaald met de volgende empirische relatie:

$$v_0(x = 5m) = u_0 + 0,002(F - 350)$$

Waarin:

v_0	bronsterkte van de trillingsintensiteit op 5 m afstand van de bron	[mm/s];
u_0	referentie trillingsnelheid op 5 m afstand	[mm/s];
F	slagkracht trilblok	[kN].

Bij uittrillen wordt voor de referentiesnelheid op 5 m afstand 1,5 maal de waarde voor intrillen gehanteerd.

Trillingsoverdracht in de ondergrond

Tijdens de installatie van de palen / planken wordt de omringende grond in beweging gebracht. Hierdoor ontstaan trillingen. Deze trillingen planten zich als golven door de ondergrond voort. Te onderscheiden zijn compressie-, afschuif- en Rayleigh-golven.

Bij compressiegolven (drukgolven) bewegen de gronddeeltjes zich in dezelfde richting als de voortplantingsrichting van de drukgolf. Ten gevolge van de afschuifgolf worden de gronddeeltjes zijdelings bewogen, loodrecht op de voortplantingsrichting van de golf. Aangezien zowel de compressie- als afschuifgolven zich bolvormig voortplanten wordt de trillingsenergie over een steeds groter volume verdeeld en zal dus vrij snel afnemen.

Ten gevolge van de afschuifgolven en compressiegolven aan het maaiveld ontstaan zogenaamde oppervlaktegolven (Rayleigh-golven). Deze golven nemen het grootste deel van de totale trillingsenergiebron op en kenmerken zich door een geringe dieptewerking, waardoor deze golven op grotere afstand van de bron nog steeds een behoorlijke trillingssterkte kunnen bezitten.

De afname van de amplitude van de golven wordt veroorzaakt door geometrische demping. Tevens vertoont de grond door inwendige wrijving een dissipatief gedrag (energieverlies) bij vervormingen, wat materiaaldemping wordt genoemd. Dit energieverlies wordt gemodelleerd door hysteretische demping.

“TOELICHTING MODELLERING TRILLINGEN”

Risicoanalyse trafostation Breezanddijk windpark Fryslan	Opdr. :	1013-0226-00
	Bijl. :	A5

Indien de geometrische verzwakking en de materiaaldemping worden samengenomen kan met onderstaande relatie de amplitude van een trilling op een afstand x van de bron bepaald worden:

$$v(x) = v_0 \sqrt{\frac{x_0}{x}} e^{-\alpha(x-x_0)}$$

Waarin:

$v(x)$	trillingssnelheid op afstand x van de bron [mm/s];
v_0	bronsterkte van de trillingsintensiteit op 5 m afstand van de bron [mm/s];
x_0	referentieafstand van 5 m tot de bron [m];
x	afstand tot de bron [m];
α	karakteristieke dempingsconstante ten gevolge van materiaaldemping [m^{-1}].

Verwijzend naar CUR-166 wordt in de tabellen een indicatieve waarde voor de dempingsconstante α gepresenteerd van 0,00 à 0,03 m^{-1} . Afhankelijk van de grootte van de golfsnelheden (oppervlakte golf) is een nadere indicatie voor de karakteristieke bodemdemping α te bepalen met:

$$\alpha = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \zeta}{c}$$

Waarin:

f	dominante frequentie [Hz];
ζ	dempingsmaat als functie van de vervormingshoek [-];
c	voortplantingssnelheid van de trilling in de bodem [m/s].

Ter indicatie zijn in CUR 166 voor zand snelheden van 100 tot 200 m/s, voor klei snelheden van 50 tot 100 m/s en voor veen snelheden van 75 tot 125 m/s aangegeven.

Trillingsoverdracht naar bebouwing

De optredende trillingen in de ondergrond worden overgedragen naar de fundering van de nabij gelegen gebouwen. De overdracht vindt plaats op verschillende manieren, zoals:

- overdracht van de trillingen in het zandpakket via de fundering;
- overdracht van de oppervlaktegolven direct onder het maaiveld op de funderingsconstructie.

Bij de overdracht van trillingen van de bodem naar de funderingselementen en de draagconstructie treedt een zekere mate van demping op. Voor de overdrachtsfunctie van de trillingsintensiteit van de ondergrond naar de fundering en draagconstructie is een schatting gemaakt, gebaseerd op CUR 166.

Trillingsoverdracht naar vloeren

Voor het bepalen van de hinderbeleving en bij beoordeling van trillingsgevoelige apparatuur zijn de trillingsintensiteiten op de vloeren van belang. Bij de overdracht van de trillingsintensiteit aan de draagconstructie naar die op vloeren en ondersteunende onderdelen treedt enige opslinger effect op. Het opslinger effect wordt met factoren in rekening gebracht. De maximale trillingsintensiteit in het midden van de vloer volgt door de trillingsintensiteit aan de

“TOELICHTING MODELLERING TRILLINGEN”

draagconstructie te vermenigvuldigen met dynamische vergrotingsfactoren C_{fc} . De vergrotingsfactoren berusten grotendeels op praktijkervaringen.

Bij trillingshinder zijn de maximale voortschrijdende effectieve waarde ($v_{\text{eff,max}}$) en de, per 30 sec, periodieke waarde (v_{per}) op vloeren van belang.

Bepaling $v_{\text{eff,max}}$

De maximale effectieve waarde van de trillingssnelheden op de vloeren wordt bepaald voor de toetsingsprocedure voor hinder voor personen in gebouwen. De effectieve waarde van de trillingssnelheid is dimensieloos. De waarde wordt bepaald door een omrekening van de maximale trillingssnelheid naar een gewogen momentane waarde voor de trillingssnelheid. Uit de gewogen momentane waarde kan de voortschrijdende effectieve waarde worden bepaald.

Binnen de gegeven beoordelingsperiode, dag, avond of nacht, is de maximale waarde $v_{\text{eff,max}}$ te bepalen als het maximum van de grootste effectieve waarden in de betreffende beoordelingsperiode. CUR-166 geeft als richtlijn voor het uit te voeren procédé, dat:

$$v_{\text{eff,max}} [-] = 0,42 \text{ à } 0,64 \times v_{\text{piek}} [\text{mm/s}]$$

In geval van trillen van damwanden (continue trillingen) geldt een factor van 0,64. In geval van heien van palen (of passages van verkeer) geldt een factor van 0,42. Bij hinderbeleving is eerder het meest waarschijnlijke trillingsniveau (50% waarde) van toepassing dan de incidentele extreme waarde. Derhalve wordt de factor bij de verwachtingswaarden gebruikt.

Bepaling v_{per}

De effectieve waarde, v_{per} , van de maxima $v_{\text{eff,max}}$, wordt bepaald over het aantal tijdsintervallen van 30 seconden binnen een beoordelingsperiode, dag, avond of nacht [-]. Uit gegeven aantallen per tijdsinterval en de maxima $v_{\text{eff,max}}$, voor ieder tijdsinterval van 30 sec wordt v_{per} bepaald volgens:

$$v_{\text{per}} = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^n v_{\text{eff,max},30,i}^2}$$

Waarin:

N aantal tijdsintervallen van 30 seconden, waarin gemeten is binnen een beoordelingsperiode [-]

“TOELICHTING MODELLERING TRILLINGEN”

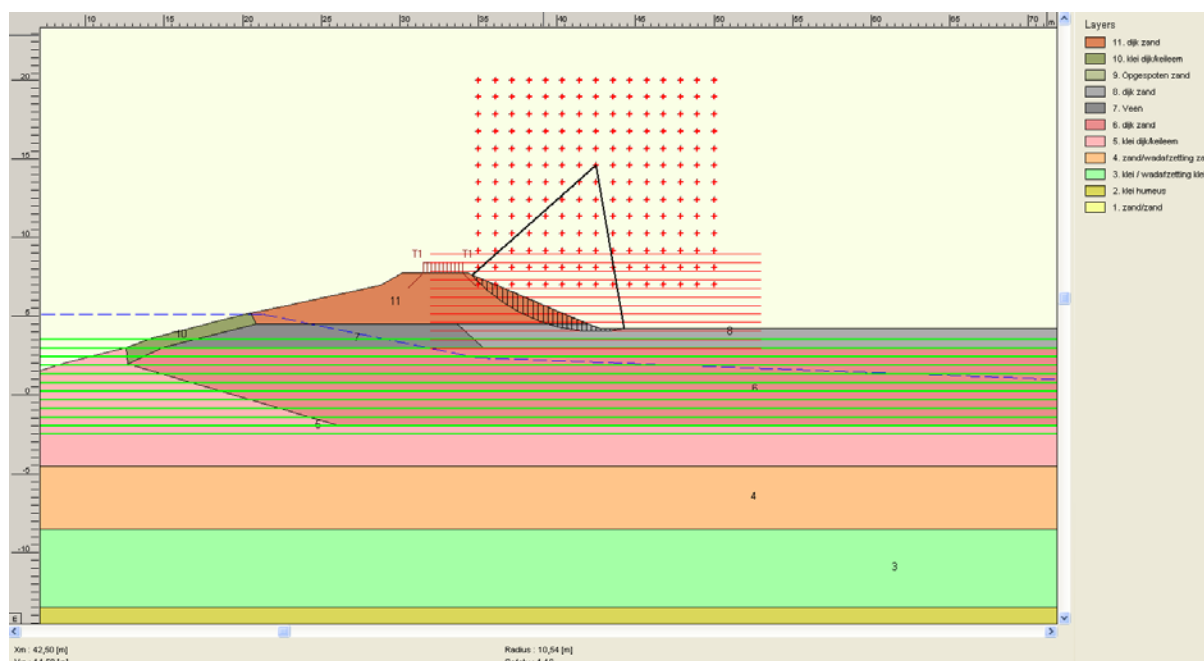
BIJLAGE A6 - RISICOANALYSETABEL WATERVEILIGHEID AFSLUITDIJK

ORZAAK/RISICO	GEVOLG	MOTIVATIE WAAROM RISICO VOOR VEILIGHEID WATERKERING BEPERKT IS	BEHEERSMAATREGELEN
BOUWFASE			
ALGEMEEN			
Trillingen/verzakkingen/spoorvorming door zwaar materieel.	Verlaagde stabiliteit van de dam. Verdichting van losgepakte zandlagen met zakking tot gevolg.	Trillingen zijn naar verwachting minder dan heitringingen.	Waar nodig rijplaten e.d. gebruiken, bekleding herstellen en/of maaiveld uitvlakken.
Aanleg transformatorstation en kabels valt samen met versterking waterkering.	Werkzaamheden kunnen elkaar belemmeren.	Eventuele knelpunten kunnen worden opgelost door aanpassingen van het werkproces.	Afstemming tussen beide projecten.
TRANSFORMATORSTATION			
Trillingen door aanleg fundering (heien, fundering op palen).	Verlaagde stabiliteit van de dam.	Volgens indicatieve stabiliteitsanalyse is effect verwaarloosbaar.	Meten van trillingen en waterspanningen. Keuze optimale heivolgorde.
Trillingen door aanleg fundering (heien, fundering op palen).	Verdichting van losgepakte zandlagen met zakking tot gevolg.	Trillingen bij damlichaam zijn beperkt doordat het trafostation op circa 80 m afstand komt te staan.	Meten van trillingen en waterspanningen. Keuze optimale heivolgorde.
Trillingen door aanleg fundering (heien, fundering op palen).	Zettingsvloeiing bij onderwatertalud	De waterdiepte is te beperkt voor zettingsvloeiing.	Niet van toepassing.
Trillingen door aanleg fundering (trilplaat).	Verdichting van losgepakte zandlagen met zakking tot gevolg in de toplaag	Trillingen zijn naar verwachting minder dan heitringingen. Materieel is kleiner, dus minder energie, dus minder risico tov heitringingen	Inzet lichte trilplaat. Meten van trillingen en waterspanningen.
Kraanbelasting tijdens de bouw.	Verlaagde stabiliteit van de dam.	Volgens indicatieve stabiliteitsanalyse is effect verwaarloosbaar, mits kraan niet te dicht bij waterkant wordt geplaatst ($\leq 10m$).	Definitieve werkwijze, inclusief kraanlocatie en -belasting evalueren.
Bemaling ten behoeve van de bouw trafostation.	Zettingen	Bemaling is naar verwachting beperkt, omdat ontgraving boven het freatisch vlak in de kering plaatsvindt. Zandgrond ondervindt nauwelijks zettingen door grondwaterstandsveranderingen.	Verificatie geometrie en bodemopbouw.
Ontgraving voor aanleg van de fundering transformatorstation.	Verlaagde stabiliteit van de dam.	Volgens indicatieve stabiliteitsanalyse is effect verwaarloosbaar.	Verificatie geometrie en bodemopbouw.
ELECTRICITEITSKABELS			
Aanleg kabels van transformatorstation naar IJsselmeer.	Schade aan bekleding. Verlaagde stabiliteit door roering ondergrond. Verlaagde stabiliteit door toename waterspanningen tijdens boren. Verlaagde stabiliteit bij blow-out nabij teen van de dam.	Er kan met enige marge onder de bekleding worden doorgeboord. Gestuurde boring vindt niet in damlichaam plaats. De toename van waterspanningen kan berekend worden. Maximaal toelaatbare muddruk kan berekend worden.	Definitieve werkwijze evalueren. Monitoren van waterspanningen. Monitoren van muddruk tijdens boren.
Aanleg kabels van transformatorstation naar leidingstraat in Afsluitdijk.	Perforatie en/of verzwakking damlichaam.	Kabelstraat wordt achter tuimeldijk aangelegd. Daardoor ontstaat geen doorgaande kwelweg. Door zorgvuldige werkwijze kan grondroering worden beperkt.	Definitieve werkwijze evalueren. Werkzaamheden uitvoeren in open seizoen.
Aanleg kabelstraat in Afsluitdijk.	Verlaagde erosiebestendigheid of stabiliteit door tijdelijke ontgraving.	Ontgraving is beperkt en kan gefaseerd worden uitgevoerd. Risico is vooralsnog beperkt.	Definitieve werkwijze evalueren. Materiaal keuren en alleen erosiebestendig materiaal terugbrengen. Gefaseerd ontgraven. Werkzaamheden uitvoeren in open seizoen.
Aanleg kabelstraat in Afsluitdijk.	Zettingen t.g.v. holle ruimten door niet (goed) verdichten teruggebrachte grond.	Door zorgvuldige werkwijze ontstaan geen holle ruimten.	Teruggebrachte klei goed verdichten. Dichtheid controleren met verdichtingscontroles (RAW proeven). Dichtheid controleren m.b.v. handsondering voor en na ontgraving.
Aanleg kabelstraat in Afsluitdijk.	Aansluiting tussen grasbekleding en fietspad vormt een zwakke plek.	Door zorgvuldige werkwijze kan risico worden beperkt.	Overgangsconstructie toepassen, bijv. doorgroeistenen of geotextiel (versterkte grasmat).
Aanleg kabelstraat in Afsluitdijk.	Schade aan bestaande kabel door aanleg nieuwe kabels	Ligging bestaande kabel bekend uit KLIC-melding. Door zorgvuldig graven kan beschadiging bestaande kabel voorkomen worden.	Ligging bestaande kabel in het veld vaststellen voor start ontgraving nieuwe kabels.
Aanleg kabelkruising bij sluizen.	Verlaagde veiligheid waterkerend kunstwerk door kabelkruising. Mogelijke overstroming startlocatie HDD ten oosten van schutsluis bij hoogwater.	Bij een voldoende diepe gestuurde boring is de invloed nihil, zoals recent is gebleken bij een andere kabelkruising. Startlocatie HDD ligt in voorland van kering op voldoende grote afstand van buitenteen van kering.	Definitieve werkwijze evalueren. Diepte van funderingselementen achterhalen. Uitvoering in open seizoen. Startlocatie beschermen met grondlichaam of damwanden rondom.
Kruising tuimeldijk voor gestuurde boring bij sluizen	Perforatie en/of verzwakking tuimeldijk / kruin van de kering (optie gegraven kruising). Verlaagde erosiebestendigheid bekleding door openleggen grasmat; grasmat heeft 3 tot 5 jaar nodig om te herstellen (opties kruising over tuimeldijk heen en gegraven kruising). Verlaagde veiligheid waterkering (optie gestuurde boring).	Bij een korte uitvoeringstijd in het open seizoen is het risico beperkt. Beperkte ontgraving die maar over enkele meters breedte plaatsvindt. Bij een zorgvuldige uitvoering is het risico beperkt.	Aanleg van een tijdelijke kering buitenom (damwanden of grondlichaam) als graafwerkzaamheden in tuimeldijk plaatsvinden. Graszoden na graafwerkzaamheden zorgvuldig terugplaatsen. Grasmat lokaal versterken met geogrids of vergelijkbaar. Lokaal harde bekleding toepassen. Definitieve werkwijze evalueren.
Aanleg kabels in de keileemkern.	Verstoring van de keileemkern, sterkteafname door grondroering. Ongewenste waterophopingen. Zwaar graafwerk i.v.m. stenen in keileem.	De keileemkern ligt vooral aan buitenkant dam, terwijl de kabels aan de binnenkant (onder het fietspad) komen te liggen, dus geen effect op de keileemkern. Alleen in dijkvak 11 is een dunne keileemlaag aanwezig onder het fietspad.	Ligging kabeltracé in dijkvak 11 (enige dijkvak met keileem onder beoogde kabeltracé) optimaliseren. Keileem vervangen door categorie 1-klei in dijkvak 11.
Aanleg kabels in de keileemkern (kruising tuimeldijk, optie gegraven kruising).	Verstoring van de keileemkern, sterkteafname door grondroering. Ongewenste waterophopingen. Zwaar graafwerk i.v.m. stenen in keileem.	Keileemkern kan worden uitgekarteerd door middel van grondonderzoek en worden vermeden door een andere locatiekeuze, door een gestuurde boring of door de kabels over de tuimeldijk heen te leggen.	Geen doorgravingen maken bij keileemkernen.

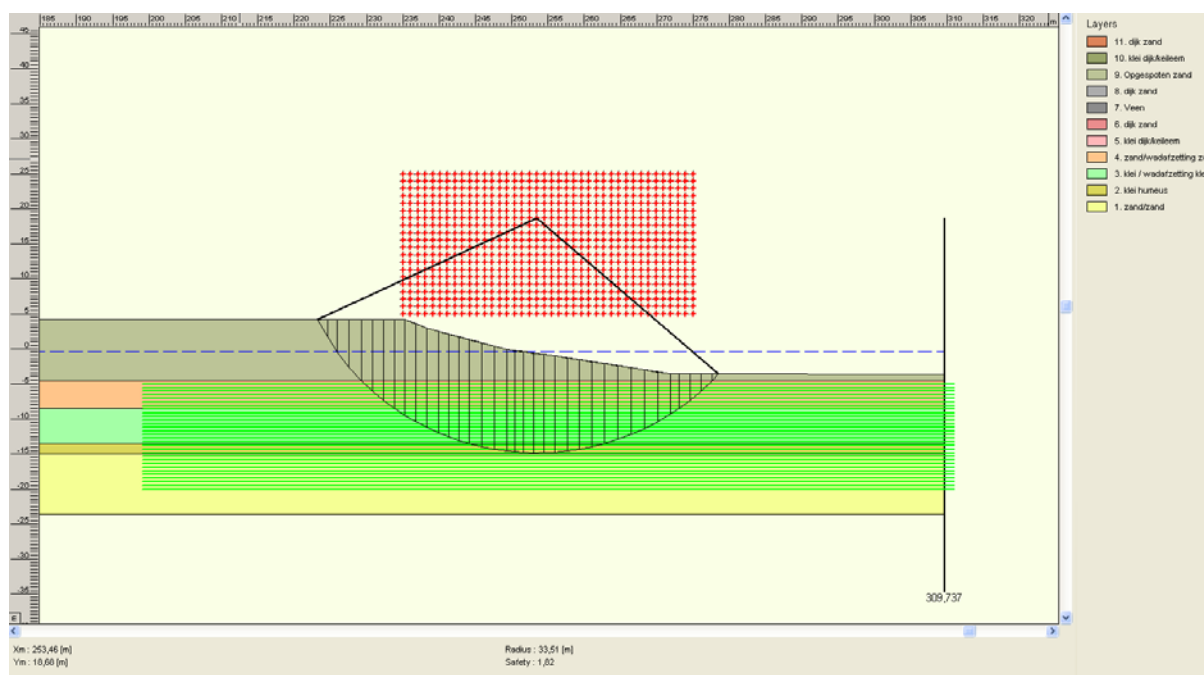
ORZAAK/RISICO	GEVOLG	MOTIVATIE WAAROM RISICO VOOR VEILIGHEID WATERKERING BEPERKT IS	BEHEERSMAATREGELEN
GEBRUIKSFASE			
BEHEER			
ALGEMEEN			
Trillingen door onderhoudswerkzaamheden	Verlaagde stabiliteit van de dam. Verdichting van losgepakte zandlagen met zakking tot gevolg.	Trillingen zijn naar verwachting minder dan heitringingen.	Waar nodig rijplaten e.d. gebruiken, bekleding herstellen en/of maaiveld uitvlakken.
TRANSFORMATORSTATION			
Aanwezigheid van transformatorstation.	Verminderde overzichtelijkheid van de dam. Verminderde bereikbaarheid voor onderhoud van de dam.	Transformatorstation komt op circa 80 m afstand van de dam te staan.	Niet van toepassing.
Geleiding kwelstroom langs paalfundering (fundering op palen).	Verminderde stabiliteit van de dam door verhoging freatisch vlak en/of uitgespoelde grond.	Kwelweglengte is voldoende lang.	Grondverdringende palen toepassen. Bij dit paaltype komt in de praktijk geen kwel voor.
ELECTRICITEITSKABELS			
Kwel bij kabeldoorvoer	Wateroverlast.	Huidige damlichaam bestaat uit zand en is al doorlaatbaar.	Beperking van doorvoerpunten
Piping langs mantelbuizen gestuurde boring IJsselmeer	Verlaagde veiligheid van de kering.	Mantelbuis bevindt zich buiten profiel van de kering; het is niet de maatgevende doorsnede voor piping.	Niet van toepassing.
Piping langs mantelbuizen gestuurde boring onder tuimeldijk t.b.v. gestuurde boring sluizen (optie gestuurde boring)	Verlaagde veiligheid van de kering.	Tuimeldijk ligt boven maatgevend hoogwaterpeil	Zorgen voor goede aansluiting tussen kabels en omliggende grond door middel van manchetten.
Piping langs kabelkruising tuimeldijk t.b.v. gestuurde boring sluizen (optie gegraven kruising)	Verlaagde veiligheid van de kering.	In- en uittreepunt van horizontaal gestuurde boring liggen boven maatgevend hoogwaterpeil	Zorgen voor goede aansluiting tussen kabels en omliggende grond door middel van manchetten. Kabeltracé zodanig vormgeven dat aanwezige kwelweg niet wordt verkort.
Volumeverlies bentoniet rond mantelbuizen gestuurde boring IJsselmeer	Verzakking van het IJsselmeertalud en/of taludbekleding.	Zettingen ter plaatse van talud zijn beperkt als gestuurde boring voldoende diep onder talud door gaat.	
Zettingen onder kabels in Afsluitdijk	Holle ruimten onder kabels	Treedt niet op, want de zettingen zijn zeer beperkt (de kering ligt er al geruime tijd waardoor primaire zettingen al volledig zijn opgetreden); de kabels kunnen deze kleine zettingen volgen.	Niet van toepassing.
Kapot gaan mof bij kabels of andere storing aan kabels	Ontgraving in de dam benodigd. Grasbekleding heeft 3 tot 5 jaar nodig om te herstellen.	Beperkte ontgraving (lengte 10 à 15 m) die alleen nodig is bij een storing.	Grotere kabellengtes (minder moffen). Overleg met dambeheerder omtrent adhoc onderhoud. Kabels onder fietspad en/of harde bekleding leggen die snel te herstellen is. Grasmat versterken met geotextiel of doorgroeistenen. Bij reparatie 24 uur/dag werken en erosiebestendig materiaal paraat houden
Kwelstroom door waterstandsverschil over kabel	Verminderde stabiliteit van de dam door uitgespoelde grond.	Kabels worden boven het freatisch vlak in de dijk gelegd.	Niet van toepassing.
Effect magnetisch veld	Mogelijke storing elektronische apparatuur (bijv. bij inspecties).	Het optredend magnetisch veld is beperkt en leidt niet tot beïnvloeding van elektronische apparatuur.	Niet van toepassing.
VERSTERKING WATERKERING			
TRANSFORMATORSTATION			
Damversterking leidt mogelijk tot een andere geometrie van de dam.	Voorziena locatie transformatorstation blijkt niet meer mogelijk.	Transformatorstation komt op circa 80 m afstand van de dam te staan. De geometrie van de dam zal daar waarschijnlijk niet veranderen.	Afstemming tussen beide projecten.
Verhoogde belasting op fundering door dijkverzwaring	Horizontale draagkracht funderingselementen wordt mogelijk overschreden.	Transformatorstation komt op circa 80 m afstand van de dam te staan. De geometrie van de dam zal daar waarschijnlijk niet veranderen.	Afstemming tussen beide projecten. Bij funderingsontwerp anticiperen op een kleine maaiveldverhoging.
Overslagbestendige kering leidt tot verhoogde golfoverslag.	Erosie op overgang tussen harde en zachte constructie (transformatorstation / maaiveld). Buiten gebruik raken van transformatorstation door wateroverlast.	Golfoverslag bij Breezanddijk is beperkt. Golfoverslag bij Breezanddijk is beperkt.	Erosiebestendige verharding / overgangsconstructie rondom transformatorstation. Constructie transformatorstation voldoende waterdicht maken.
ELECTRICITEITSKABELS			
Kabels komen mogelijk onder een harde bekleding te liggen.	Kabels zijn lastiger bereikbaar voor onderhoud.	Kabels behoeven geen onderhoud.	Voorzieningen maken, zoals opneembare verharding om kabels bereikbaar te houden voor onderhoud.
Versterking leidt mogelijk tot een andere geometrie van de kering.	Voorziena locaties kabels blijkt niet meer mogelijk. Kabeltracé moet worden aangepast.	Met definitieve tracékeuze kan worden gewacht totdat meer over de versterking bekend is. Met definitieve tracékeuze kan worden gewacht totdat meer over de versterking bekend is.	Afstemming tussen beide projecten. Afstemming tussen beide projecten.

ORZAAK/RISICO	GEVOLG	MOTIVATIE WAAROM RISICO VOOR VEILIGHEID WATERKERING BEPERKT IS	BEHEERSMAATREGELEN
CALAMITEITEN			
TRANSFORMATORSTATION			
Brand in transformatorgebouw.	Zwakke plek in dambekleding (tuimeldijk, Waddenzeezijde).	Golfoverslag bij Breezanddijk is beperkt, geen effect op erosiebestendigheid.	Herstel bekleding. Waterkeringbeheerder inlichten bij calamiteit.
Schade aan transformatorgebouw door ijsgang.	Zwakke plek in dambekleding (tuimeldijk, Waddenzeezijde).	Golfoverslag bij Breezanddijk is beperkt, geen effect op erosiebestendigheid.	Herstel bekleding. Waterkeringbeheerder inlichten bij calamiteit.
Stormschade aan transformatorgebouw.	Zwakke plek in dambekleding (tuimeldijk, Waddenzeezijde).	Golfoverslag bij Breezanddijk is beperkt, geen effect op erosiebestendigheid.	Herstel bekleding. Waterkeringbeheerder inlichten bij calamiteit.
ELECTRICITEITSKABELS			
Beschadiging kabels door werkzaamheden aan fietspad	Ontgraving in de dam benodigd.	In een waterkering wordt niet zomaar gegraven. Aannemer werkzaamheden fietspad moet een KLIC-melding doen voorafgaand aan uitvoering.	Kabels beschermen met plastic 'slab'. Bij reparatie 24 uur/dag werken en erosiebestendig materiaal paraat houden Geen reparatiewerkzaamheden uitvoeren als relevant hoogwater voorspeld wordt. Waterkeringbeheerder inlichten bij calamiteit.
Explosie hoogspanningskabel	Verminderde stabiliteit van de dam door weggeslagen en/of verweekte grond.	Dit is geen reëel risico voor een ondergrondse hoogspanningskabel	Niet van toepassing.
SLOOPFASE			
TRANSFORMATORSTATION			
Trillingen door sloop van de fundering.	Verminderde stabiliteit dam	Geen effect op standzekerheid dam bij zorgvuldige werkwijze	Monitoring, niet te zwaar materieel toepassen
Achterblijven van palen (vanaf -1m m.v.).	Obstakels in de ondergrond	Geen effect op standzekerheid dam bij zorgvuldige werkwijze	Inmeten locaties palen
Achterblijven van puin.	Verslechtering van de ondergrond	Geen effect op standzekerheid dam bij zorgvuldige werkwijze	Controle/toezicht tijdens sloop
Amoveren transformatorstation.	Gat in de dambekleding	Golfoverslag bij Breezanddijk is beperkt, geen effect op erosiebestendigheid.	Herstel bekleding.
ELECTRICITEITSKABELS			
Verwijderen van kabels.	Verslechtering van de ondergrond door grondroering	Geen effect op standzekerheid dam bij zorgvuldige werkwijze	Zorgvuldig ontgraven en aanvullen Werkzaamheden uitvoeren in open seizoen.
Verwijderen van kabels.	Schade aan bestaande, andere kabel door verwijderen hoogspanningskabels.	Ligging andere kabel bekend uit KLIC-melding. Door zorgvuldig graven kan beschadiging andere kabel voorkomen worden.	Ligging andere kabel in het veld vaststellen voor start ontgraving verwijderen hoogspanningskabels.
Achterblijven van HDD-mantelbuizen.	Obstakels in de ondergrond.	Geen effect, want situatie is hetzelfde als met kabels in mantelbuis.	Vastleggen locaties mantelbuizen. Beheer lege mantelbuis vastleggen.

SCENARIO 1 – Referentie (huidige situatie) Tuimeldijk (SF = 1,29)

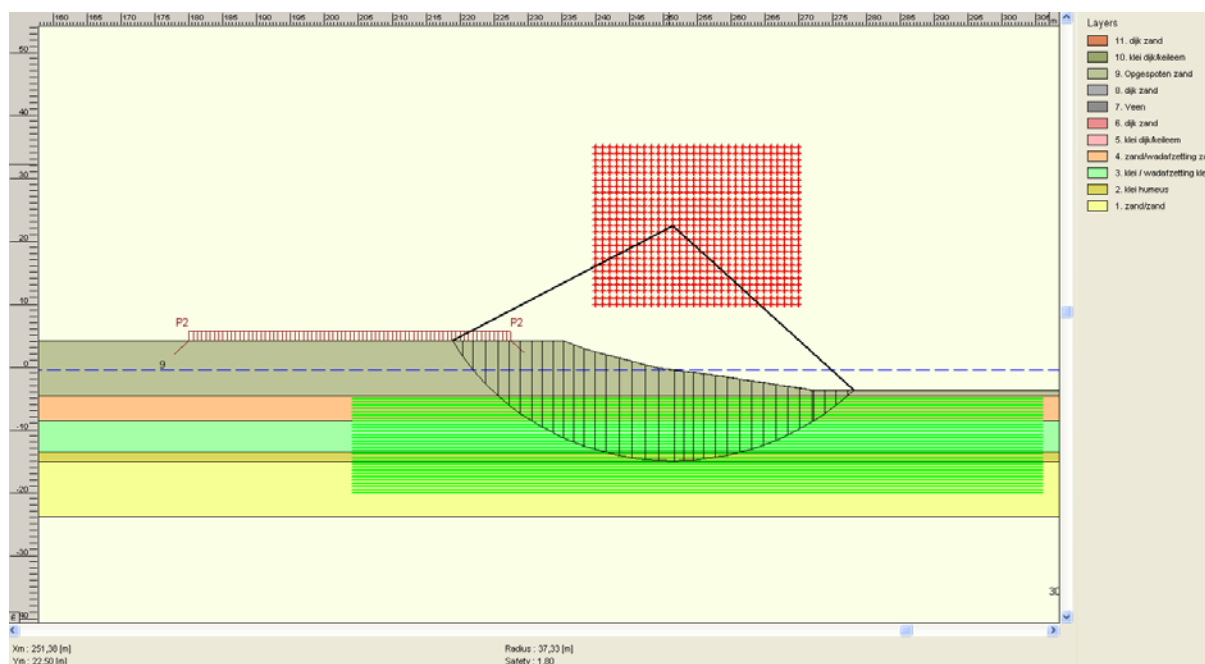


SCENARIO 1 – Referentie (huidige situatie) IJsselmeertalud (SF = 1,82)

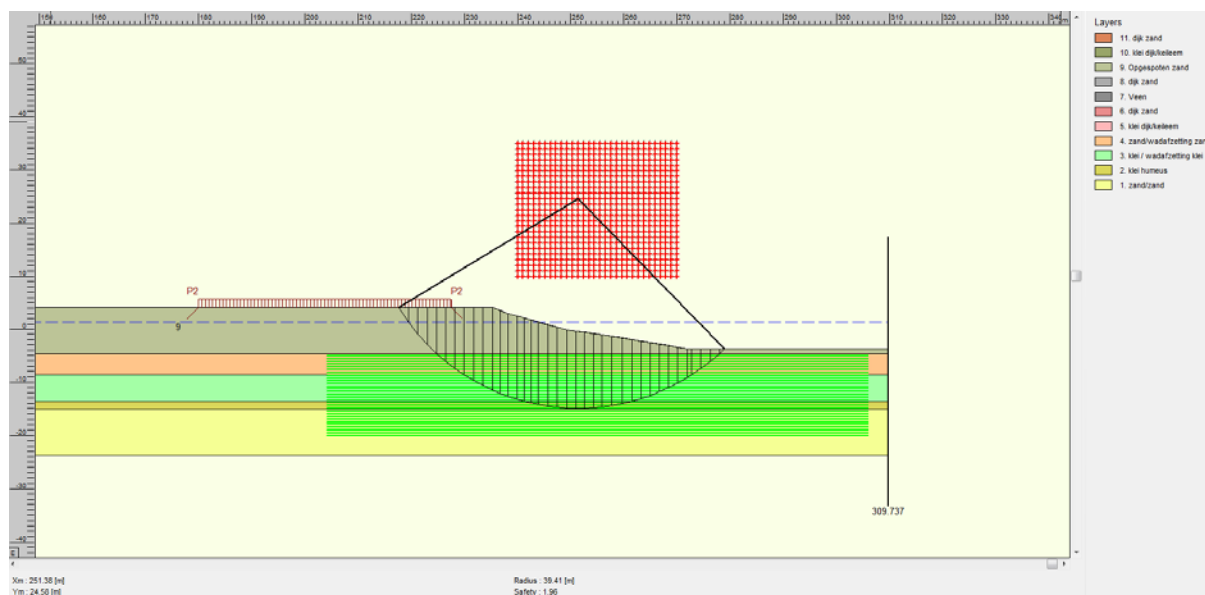


STABILITEITSANALYSE

SCENARIO 2 – Transformatorstation IJsselveertalud (SF = 1,80)

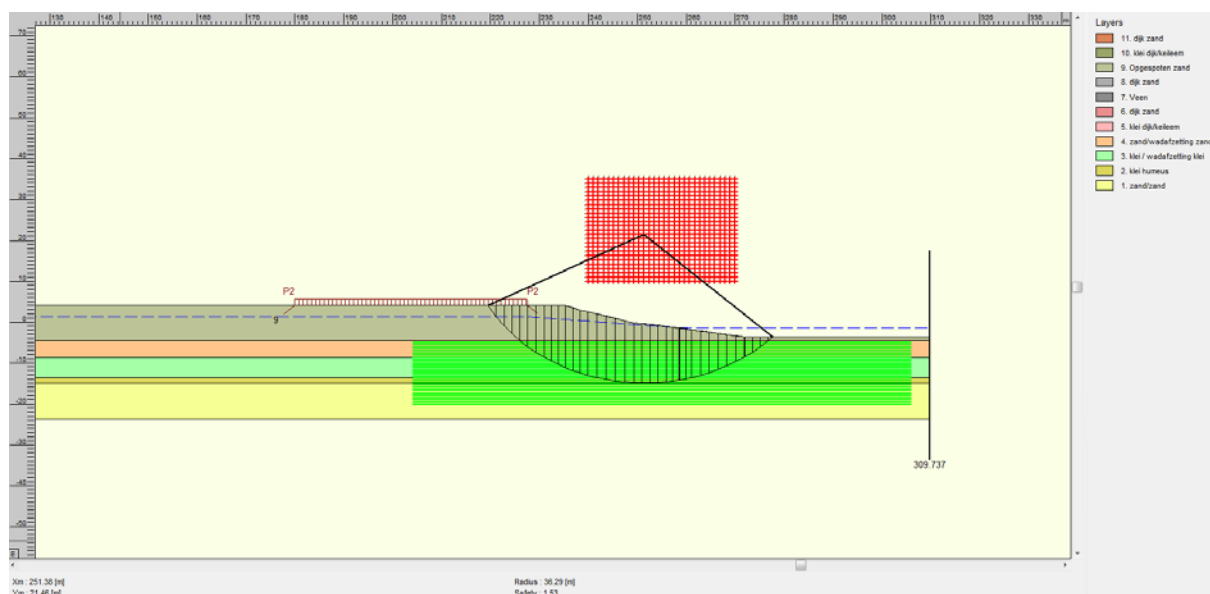


SCENARIO 3 – Transformatorstation + hoogwater IJsselveertalud (SF = 1,96)

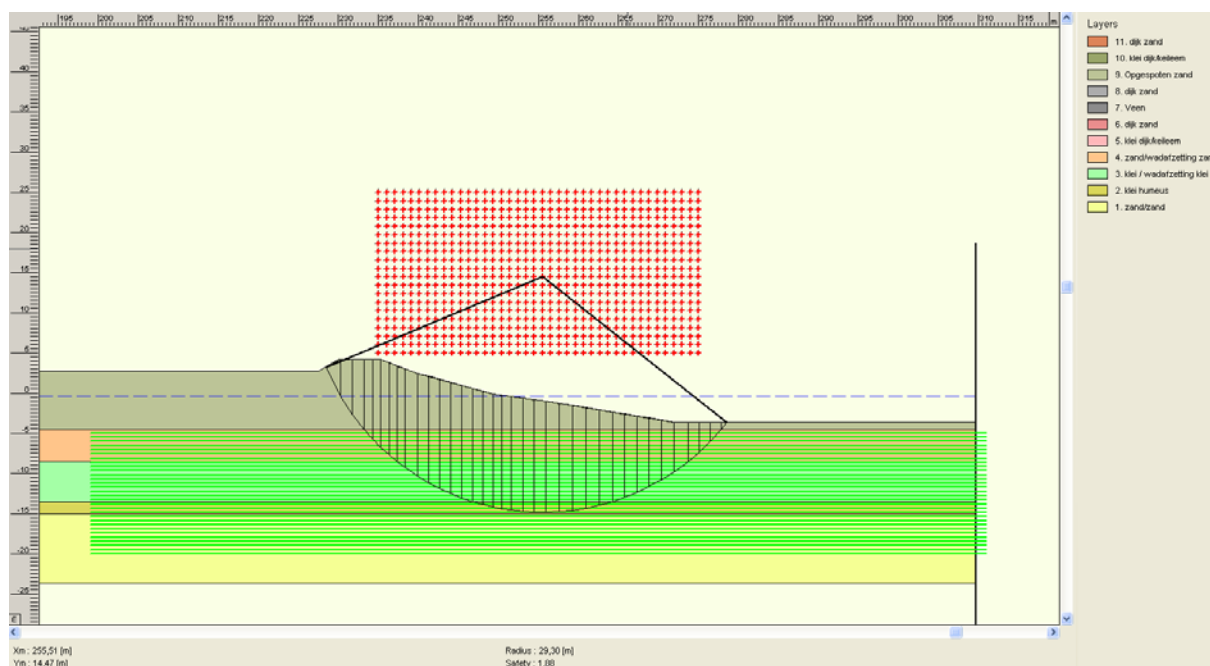


STABILITEITSANALYSE

SCENARIO 4 – Transformatorstation + laagwater IJsselmeertalud (SF = 1,53)



SCENARIO 5 – Ontgraving IJsselmeertalud (SF = 1,88)



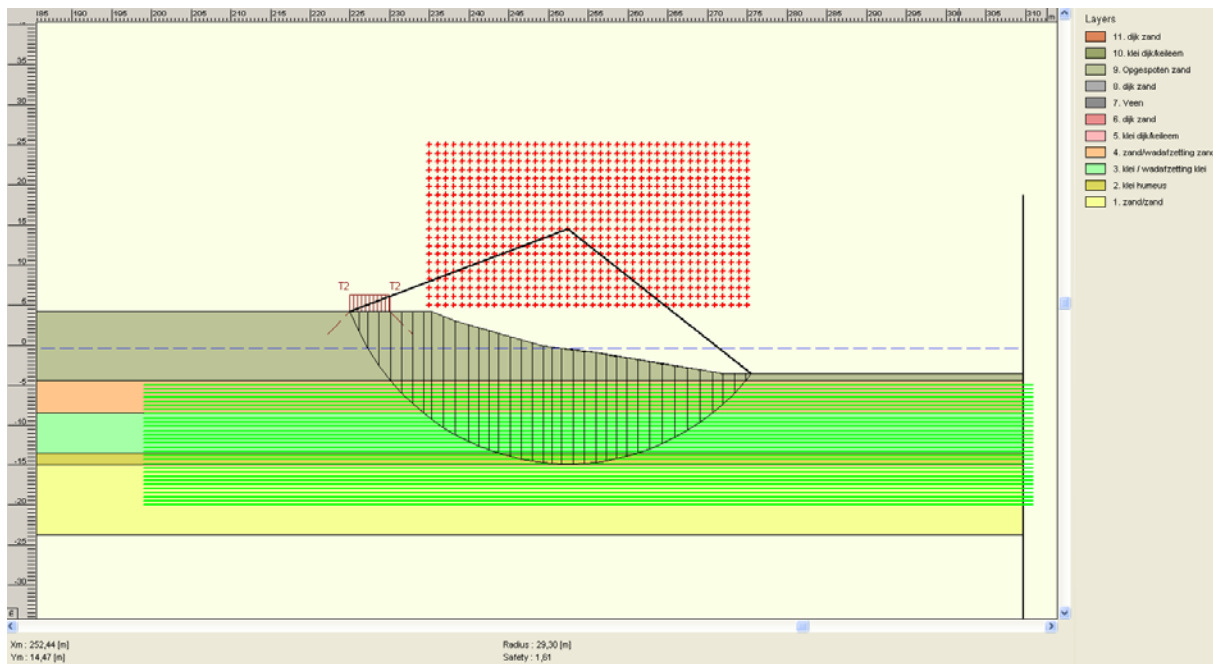
STABILITEITSANALYSE

Risicoanalyse trafostation Breezanddijk windpark Fryslan

Opdr. : 1013-0226-00

Bijl. : A7

SCENARIO 6 – Zware kraan IJsselmeertalud (SF = 1,61)

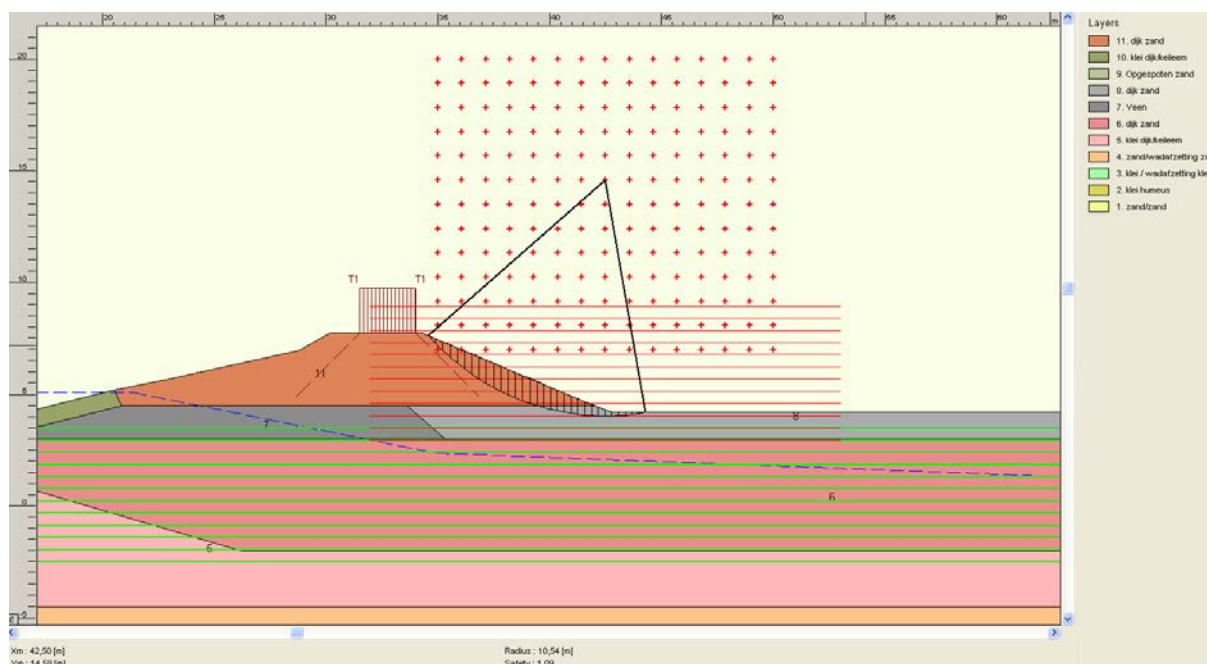


STABILITEITSANALYSE

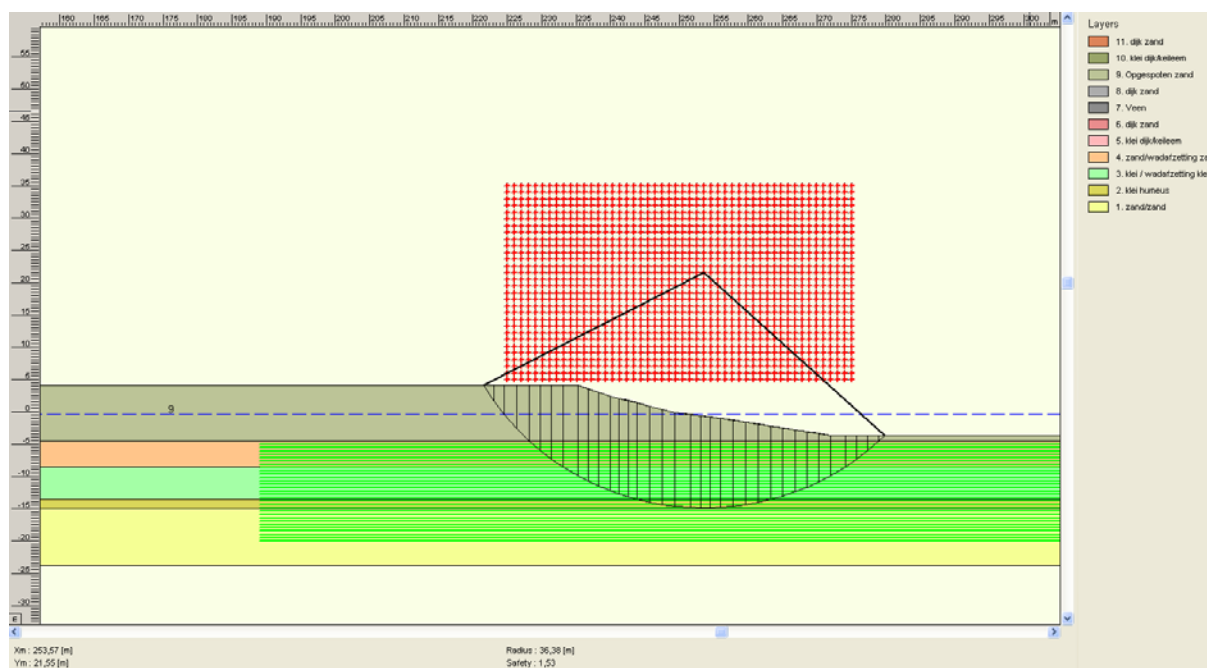
Risicoanalyse trafostation Breezanddijk windpark Fryslan

Opdr. : 1013-0226-00
 Bijl. : A7

SCENARIO 7 – Trillingen tuimeldijk (SF = 1,21)



SCENARIO 7 – Trillingen IJsselmeertalud (SF = 1,53)



STABILITEITSANALYSE

Aan het zand te stellen eisen

De grondverbetering dient uitgevoerd te worden met geschikt zand, dat goed verdichtbaar is. Het zand moet worden onderzocht op korrelverdeling, korrelvorm, humusgehalte en verdichtbaarheid. Dit geldt zowel voor het van nature aanwezige zand als voor eventueel aan te voeren zand. De vereiste eigenschappen zijn:

- De korrelfractie kleiner dan 0,063 mm dient bij voorkeur niet meer te bedragen dan 5%; indien minder strenge eisen worden gesteld aan de grondverbetering is 10% [m/m] toelaatbaar (6.9(c) van NEN 9997-1).
- De korrelfractie < 0,016 mm dient niet meer te bedragen dan 5% (6.9(c) van NEN 9997-1).
- De gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} van de zandfractie dient bij voorkeur ten minste 2,0 te bedragen, waarbij:
 D_{10} = korreldiameter met een zeefdoorval van 10 % [m/m]
 D_{60} = korreldiameter met een zeefdoorval van 60 %.
- De korrelvorm dient bij voorkeur hoekig te zijn.
- Het organisch stofgehalte mag maximaal 3% [m/m] bedragen.
- De "Proctor"-curve, waarmee de verdichtbaarheid wordt aangegeven en waarin het watergehalte is uitgezet tegen de droge dichtheid, dient rond de maximum dichtheid een flauw verloop te hebben.

Zand dat minder goede eigenschappen heeft, is vaak nog wel verdichtbaar. De benodigde verdichtingsenergie kan dan echter aanzienlijk toenemen.

Verdichtingswijze

Voor een optimale verdichting van zand met bovengenoemde eigenschappen wordt de volgende werkwijze geadviseerd:

- Het ontgravingsniveau afrillen in minimaal 4 gangen, kruiselings en overlappend alvorens de eerste laag wordt aangebracht.
- De grondverbetering in lagen aanbrengen en verdichten met een trilplaat of trilwals in minimaal 4 gangen, kruiselings en overlappend.
- De laagdikte afstemmen op de aan te wenden verdichtingsapparatuur en de eigenschappen van het zand. In de onderstaande tabel is hiervoor een indicatie gegeven.

Apparaat	Gewicht	Laagdikte
trilplaat	1 à 2 kN	0,2 m
trilplaat	3 à 5 kN	0,3 m
hand-trilwals	6 à 8 kN	0,2 m
tandem trilwals	12 à 15 kN	0,2 m
tandem trilwals	ca 20 kN	0,3 m
zelfrijdende (tril)wals	80 à 120 kN	0,3 à 0,5 m
zelfrijdende (tril)wals	≥ 120 kN	0,5 m

Opgemerkt wordt, dat voor een grote dieptewerking in het algemeen een groot aantal gangen (10 à 15) vereist is doordat de effectiviteit met de diepte snel afneemt. Daarnaast is de staat van onderhoud van de apparatuur ook een belangrijk aspect.

- Het funderingsniveau verdichten met een lichte trilplaat indien de bovenlaag los is geschud door het gebruik van zware trilapparatuur.
- De aanlegbreedte van de grondverbetering zodanig kiezen, dat spreiding van de funderingsdruk mogelijk is onder een hoek van 45° met de verticaal gerekend vanaf de rand van de fundering.

Grondwaterstand en watergehalte

Tijdens de verdichting dient het grondwater dieper dan 0,5 m beneden het werkniveau te staan. Bij te hoge grondwaterstand zal, afhankelijk van de doorlatendheid van het zand en de eigenschappen van de trilapparatuur, drijfzand kunnen ontstaan, waardoor verdichting onmogelijk wordt. Voor uitvoering van grondverbeteringen onder de grondwaterstand dient een bemaling te worden geïnstalleerd om de grondwaterstand tot tenminste 0,5 m beneden het werkniveau te verlagen.

Het watergehalte van het te verdichten zand dient bij voorkeur 8 tot 15 % (m/m) te bedragen. Eén en ander is af te leiden uit de Proctor-proef, waarbij het optimale watergehalte wordt bepaald in relatie tot de hoogst verkregen droge dichtheid.

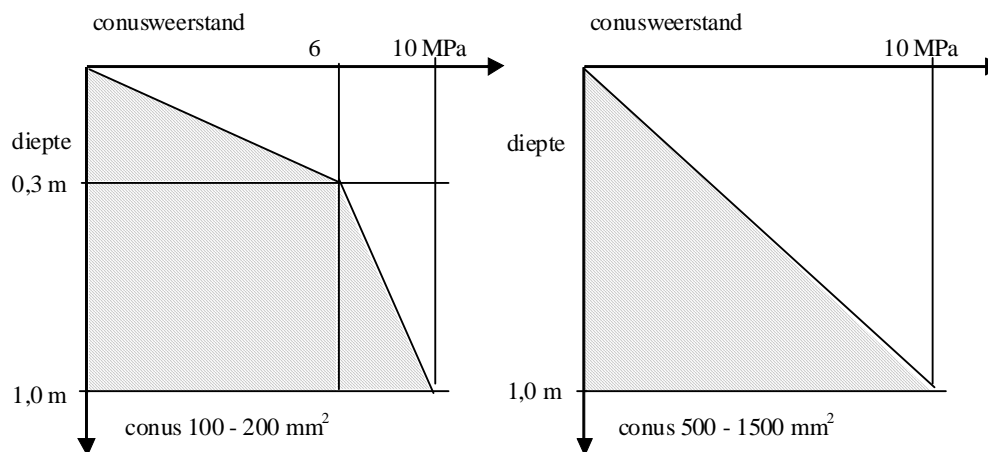
Controle grondverbetering

De kwaliteit van de grondverbetering dient zodanig te zijn, dat minstens de hoek van inwendige wrijving wordt bereikt die in de berekening van de draagkracht is gehanteerd. De controle op de kwaliteit van de uitgevoerde grondverbetering kan geschieden op de navolgende wijze:

- Sonderingen met conus met een conusoppervlak van 100 à 200 mm². Met een minisondeerrups (*Landscout*) zijn nauwkeurige sonderingen met automatische registratie tot een diepte van maximaal 5 m mogelijk. Met handsonderingen zijn de mogelijkheden beperkt, zowel voor wat betreft de nauwkeurigheid als de diepte; een verdichte zandlaag van 0,4 à 0,5 m is hiermee te controleren, eventueel in combinatie met een handboor.
- Sonderingen conform NEN 5140 of NEN-EN-ISO 22476-12 met conus met een conusoppervlak van 500 à 2000 mm². Hierbij kan de grondverbetering over grote laagdikten nauwkeurig worden gecontroleerd.
- Dichtheidsbepalingen met behulp van volumesteekringen, nucleaire meetapparatuur, de CMC-methode, de kunststoffoliemethode of de zand-vervangingsmethode. De onderzoeksdiepte is beperkt, zodat iedere laag afzonderlijk moet worden gecontroleerd alvorens de volgende laag wordt aangebracht.

In een goed uitgevoerde grondverbetering voor een fundering op staal loopt de conusweerstand gelijmatig op tot:

- sonderingen met A_c 100 à 200 mm² 6 MPa op 0,3 m diepte en 10 MPa op 1,0 m diepte
- sonderingen met A_c 500 à 2000 mm² 10 MPa op 1,0 m diepte



De gemeten conusweerstand moet buiten het gearceerde gebied liggen.

Bovengenoemde waarden komen overeen met een Proctordichtheid van gemiddeld 95% waarbij in zand een φ' -waarde aanwezig is van circa 35° hetgeen voor een fundering op staal een gebruikelijke eis is. Als de grondverbetering primair ten doel heeft de zetting te verminderen en minder strenge eisen aan de draagkracht worden gesteld, zijn in specifieke gevallen en in overleg met de geotechnisch adviseur lagere waarden acceptabel.

Voor de wegenbouw zijn verdichtingseisen onder andere gegeven in het door CROW uitgegeven Infoblad Infrastructuur - *Verdichtingscontrole via handsonderingen*.

BIJLAGE 5 FUGRO RAPPORTAGE 2

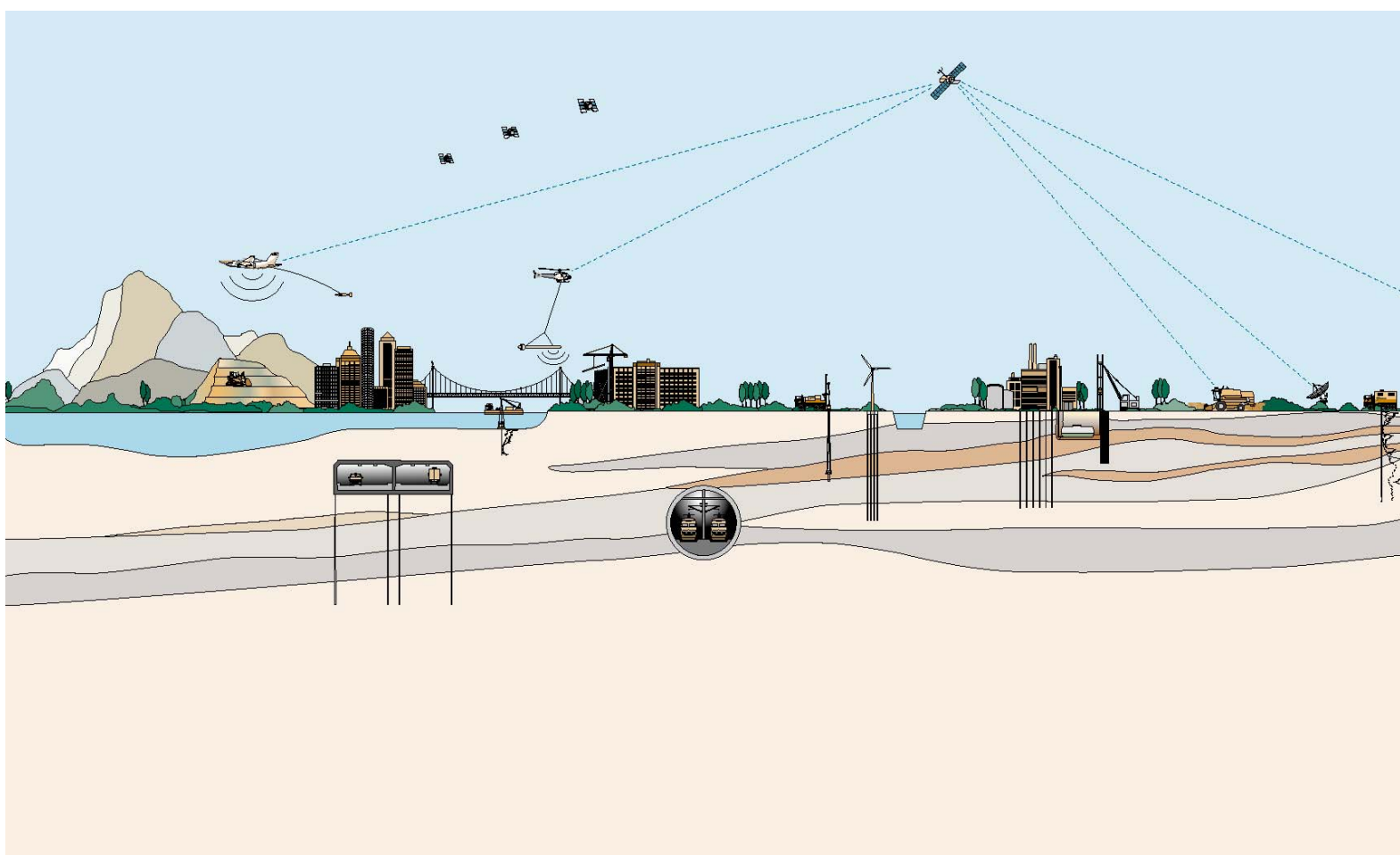
AANVULLENDE BEREKENINGEN



RAPPORT
betreffende

**RISICOBESCHOUWING
ELEKTRICITEITSKABELS IN AFSLUITDIJK
FASE 2**

Opdrachtnummer: 1013-0226-005



RAPPORT
betreffende

**RISICOBESCHOUWING
ELEKTRICITEITSKABELS IN AFSLUITDIJK
FASE 2**

Opdrachtnummer: 1013-0226-005

Opdrachtgever : Ventolines
Postbus 1054
8300 BB Emmeloord

Projectleider : ir. A.J. Snethlage

Opgesteld door : ir. W.R. Halter
ir. A.P. Pool
ing. P.A.J. Kivit
ir. F. Hogervorst
ing. B. van Hoof

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	1 april 2015	Fase 1	
2	24 april 2015	Fase 2 (1 ^e concept)	
3	8 mei 2015	Fase 2 (2 ^e concept)	
4	21 mei 2015	Fase 2 (definitief)	

FILE: 1013-0226-005 R02v03

<u>INHOUDSOPGAVE</u>	<u>Blz.</u>
1. INLEIDING	1
1.1. Achtergrond	1
1.2. Doelstelling	1
1.3. Opbouw rapport	1
2. PROJECTOMSCHRIJVING	2
2.1. Beschikbare informatie	2
2.2. Windpark Fryslan	2
2.3. Transformatorstation	3
2.4. Elektrische kabels vanaf transformatorstation naar vaste land	4
3. RELEVANTE NORMEN EN RICHTLIJNEN	8
3.1. Inleiding	8
3.2. Relevantie per norm of richtlijn voor kabels in waterkeringen	8
3.3. Conclusies n.a.v. verkenning normen en richtlijnen	11
4. KWALITATIEVE RISICOBESCHOUWING	12
5. KWANTITATIEVE RISICOBESCHOUWING	13
5.1. Nader te kwantificeren risico's	13
5.2. Uitgangspunten	13
5.3. Aanlanding elektrakabel Breezanddijk (B.2 en B.3)	15
5.4. Glijvlakberekening uitvoeringsfase (B.6)	16
5.5. Kruising locatie Kornwerderzand (G.2)	20
5.6. Grond-kabelinteractie (G.5 en G.12)	23
5.7. Temperatuurseffecten (G.9)	24
5.8. Glijvlakberekening calamiteit (G.14)	29
5.9. Conclusies n.a.v. resultaten kwantitatieve analyse	32
<u>BIJLAGEN</u>	<u>Nr.</u>
- Risico-overzicht	1
- Sondering DKMP 1	2
- Stabiliteitsberekeningen	3
- Plaxis-resultaten	4

1. INLEIDING

Op 19 maart 2015 ontving Fugro GeoServices B.V. te Nieuwegein van Ventolines te Emmeloord de opdracht voor het opstellen van een aanvullende risicobeschuwing omtrent de aanleg en het beheer van hoogspanningskabels in de Afsluitdijk.

1.1. Achtergrond

In het IJsselmeer is Windpark Fryslân BV voornemens om een windpark te realiseren ten zuiden van de Afsluitdijk ter hoogte van de Breezanddijk. Het plan voorziet in maximaal twee hoogspanningscircuits (twee bundels van drie kabels, hierna wordt voor de duidelijkheid gesproken over 'twee kabels') door de Afsluitdijk die de opgewekte elektriciteit naar het landelijke hoogspanningsnet in Friesland transporteren.

Op 20 januari 2015 is door Fugro een geotechnisch advies en een risicoanalyse opgesteld betreffende de effecten op de waterkering ten gevolge van Windpark Fryslân (rapport met kenmerk 1013-0226-000.R01V08. Hierin zijn de risico's van het gehele project op de waterkering beschouwd, inclusief de bouw van windturbines, de bouw van een transformatorstation bij Breezanddijk en de aanleg van elektriciteitskabels. De conclusie van dit rapport is dat de risico's goed beheersbaar zijn en dit is in een definitief ontwerp met een detailbeschouwing eventueel aan te tonen.

Hoogspanningskabels in dijken zijn geen noviteit. De aanleg van een ondergrondse hoogspanningskabel door een primaire waterkering is een aspect dat echter nog weinig is onderzocht. Daarom is op 11 februari 2015 een expertsessie georganiseerd om de mogelijkheden te bespreken. Daarin is de vraag beschouwd onder welke randvoorwaarden met betrekking tot de functie primaire waterkering een hoogspanningsleiding in de Afsluitdijk mogelijk is. Uit dit overleg zijn een aantal vervolgvragen naar voren gekomen.

1.2. Doelstelling

Het doel van dit rapport is om de effecten van de voorziene ondergrondse hoogspanningskabels door de Afsluitdijk te beschouwen.

Het verschil met het Fugro-rapport van 20 januari 2015 is dat alleen de risico's van de kabels worden beschouwd en dat er in hoger detailniveau op de mogelijke risico's wordt ingegaan. Het tracé is beschouwd vanaf de gestuurde boringen bij de aanlanding bij het transformatorstation op Breezanddijk tot aan het einde van de Afsluitdijk.

In voorliggende rapportage worden de risico's kwalitatief behandeld en in nader gekeken naar de risico's waarvoor in de expertsessie aanvullende berekeningen noodzakelijk werden geacht en wordt voor enkele risico's een detailbeschouwing gemaakt, deels op basis van berekeningen. Tijdens de risicosessie (11 februari 2015) zijn enkele aspecten benoemd waarbij met een berekening inzicht dient te worden verkregen in de grootte van risico.

1.3. Opbouw rapport

In het volgende hoofdstuk wordt het project beschreven. In hoofdstuk 3 wordt geïnventariseerd wat er in de normen en richtlijnen is vermeld over kabels in waterkeringen. In hoofdstuk 4 is de kwalitatieve risicobeschuwing opgenomen, waarbij verwezen wordt naar de uitgebreide risicotabel in bijlage 1. De kwantitatieve risicobeschuwing van de in de risicosessie aangestipte aspecten is opgenomen in hoofdstuk 5.

2. PROJECTOMSCHRIJVING

2.1. Beschikbare informatie

De volgende informatie is beschikbaar gesteld door de opdrachtgever na oplevering van het Fugro-rapport van 27 februari 2015:

- Geotechnisch laboratoriumonderzoek versterking Afsluitdijk te Den Oever, Wiertsema & Partners, nr. 58842-1, 8 januari 2014.
- Geotechnisch veldonderzoek versterking Afsluitdijk te Den Oever, Wiertsema & Partners, nr. 58842-1, 5 november 2013.
- Presentaties expertmeeting, 11 februari 2015.
- Verslag Workshop kabels in de Afsluitdijk Rijkswaterstaat, 11 februari 2015.
- Horizontaal gestuurde boringen Kornwerderzand, Ventolines, 2 maart 2015.
- Doorslag 110kV/220kV-kabel, Energy Solutions, 9 april 2015.
- Toelichting op kortsluitkrachten, e-mail Ventolines 21 april 2015.
- Toelichting op 'kwispeleffect' kabel, e-mail Pondera/Ventolines, 21 mei 2015.

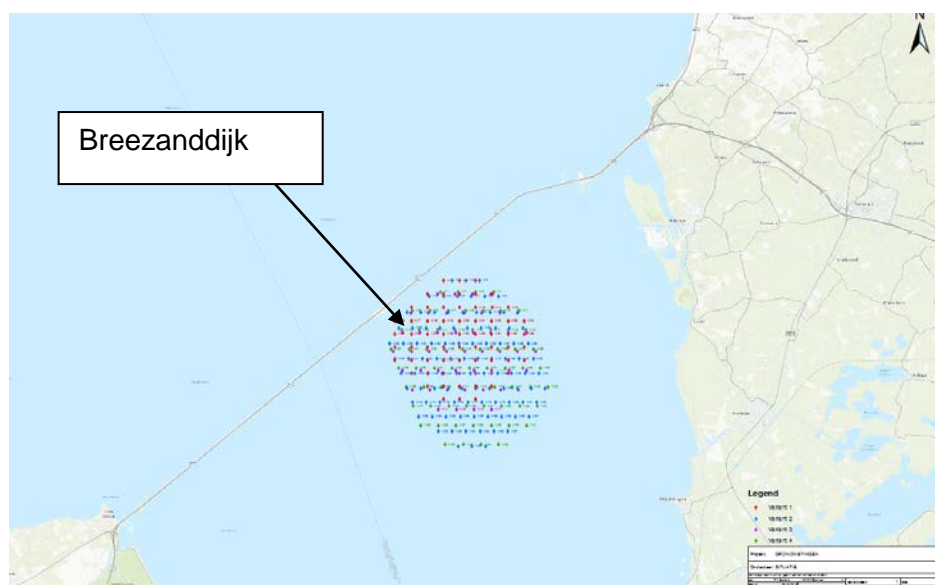
Fugro staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

Verder is er informatie gehaald uit de volgende twee Fugro-rapporten:

- Geotechnische schematisatie Afsluitdijk, rapport nr. 1207-0027-000 d.d. 26 mei 2008.
- Geotechnisch Advies en risicoanalyse betreffende "Effecten waterkering ten gevolge van windpark Fryslân", rapport nr. 1013-0226-004.R01V08 d.d. 20 januari 2015.

2.2. Windpark Fryslan

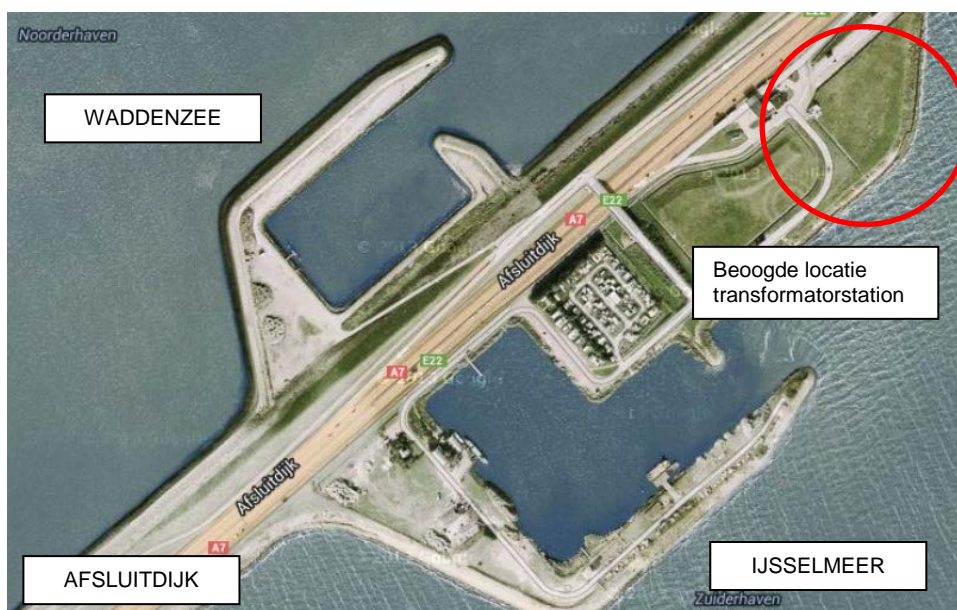
In het IJsselmeer is Windpark Fryslân BV voornemens om een windpark te realiseren ten zuiden van de Afsluitdijk ter hoogte van de Breezanddijk. In onderstaande figuur 2-1 is de beoogde locatie van het windpark weergegeven. Een MER wordt opgesteld waarin onderscheid wordt gemaakt in varianten met tussen de 47 en 100 windmolens.



Figuur 2-1: Beoogde locatie windpark Fryslan

2.3. Transformatorstation

Vanuit de windturbines zullen verschillende elektriciteitskabels aangelegd worden naar het transformatorstation 'op' Breezanddijk. De exacte locatie van het transformatorstation is in dit stadium (nog) niet definitief. Wel is duidelijk dat het trafostation op minimaal 10 m afstand uit de insteek van het IJsselmeertalud wordt geplaatst ten einde voldoende ruimte voor uitvoering van beheer aan de oeververdediging te laten. De voorziene locatie is weergegeven in figuur 2-2.



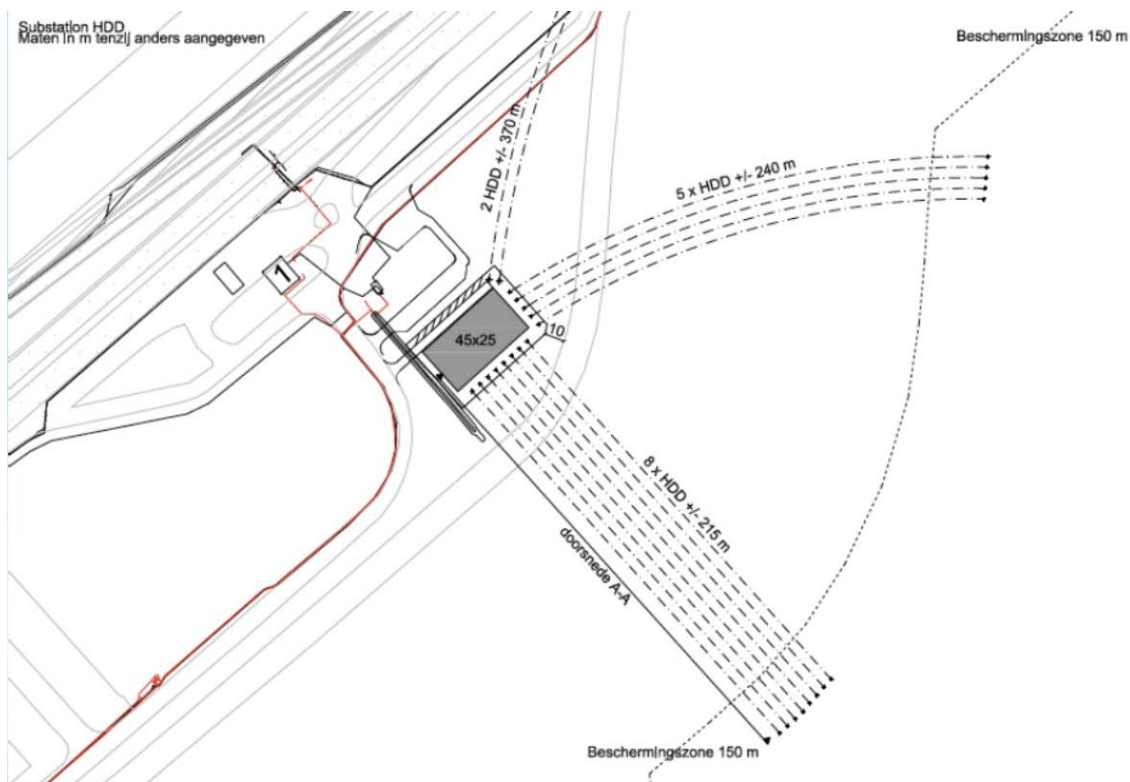
Figuur 2-2: Projectlocatie Breezanddijk met locatie transformatorstation

Het transformatorstation staat op een terrein met een maximale oppervlakte van circa 60 x 45 m (op basis van conservatieve uitgangspunten) waarbij slechts een deel van het terrein bebouwd zal worden. In het gebouw of de losse gebouwen wordt een aantal transformatoren opgesteld tezamen met schakelapparatuur. Naar het transformatorstation wordt een ontsluitingsweg aangelegd met een breedte van circa 5 meter.

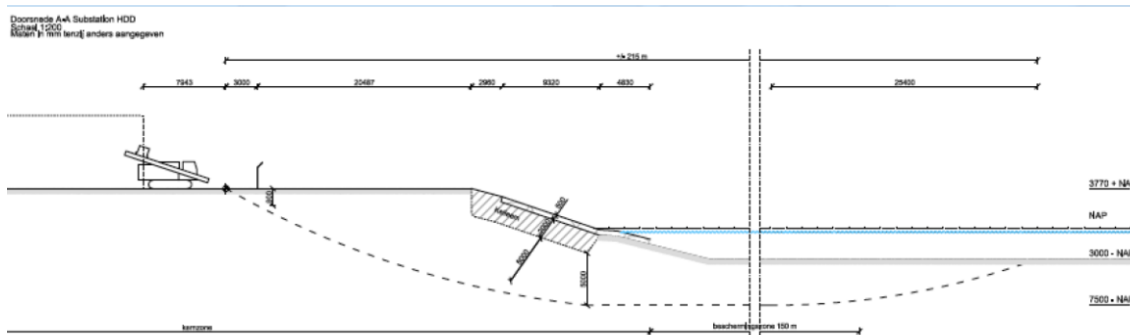
Het is een optie om onder het gebouw of de gebouwen kabelkelders te realiseren. De elektriciteitskabels worden dan ingevoegd via deze kelder welke een diepte heeft van circa mv - 1,5 m (bovenkant vloer).

De kabels worden vanuit het IJsselmeer met horizontaal gestuurde boringen aan het transformatorstation verbonden. Daarbij wordt ruim onder de aanwezige taludbekleding doorgeboord. De tussenafstand van de kabels bedraagt minimaal 5 m (zie figuren 2-3 en 2-4).

Definitieve ontwerpen worden voorafgaand aan de bouw /aanleg opgesteld waarbij aan de van toepassing zijnde ontwerpnormen wordt voldaan, zoals die voor DD-boringen.



Figuur 2-3: Kabeltracés rondom transformatorstation (principeschets)



Figuur 2-4: Dwarsdoorsnede van HDD-kabel bij aanlanding (principeschets)

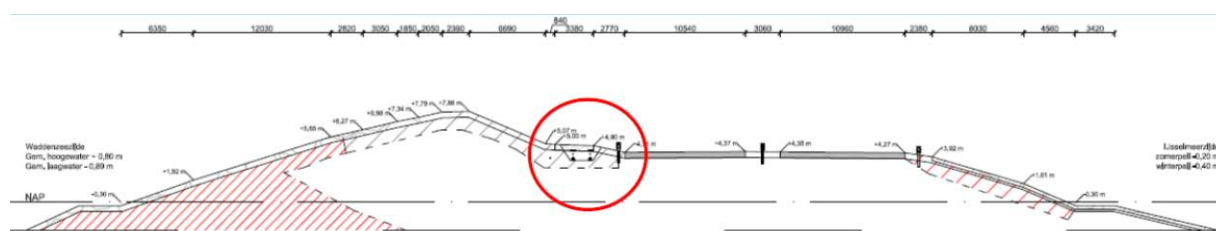
2.4. Elektrische kabels vanaf transformatorstation naar vaste land

Bekend is dat er reeds een 10 kV-kabel ligt tussen het fietspad en de tuimeldijk aan de Waddenzeezijde. Deze kruist plaatselijk de tuimeldijk en is via een HDD-boring aan de Waddenzee kant van de Afsluitdijk onder de sluisen bij Kornwerderzand doorgeleid.

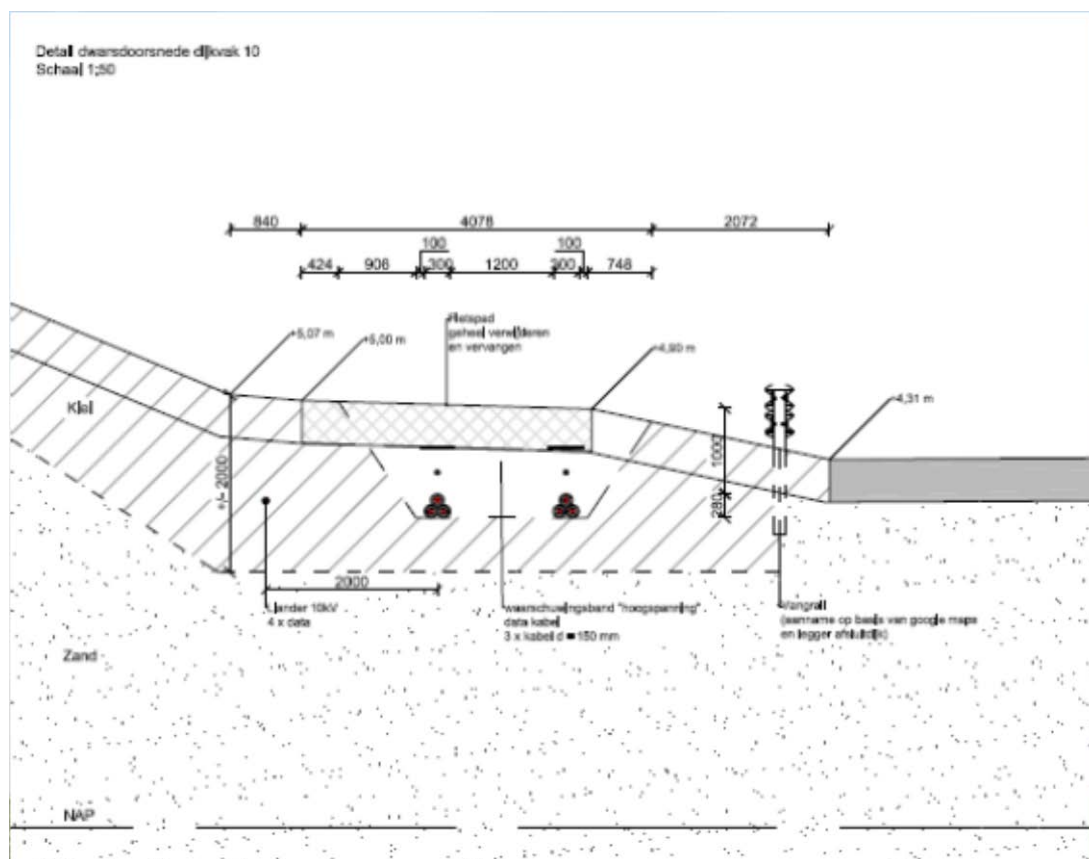
Vanaf het transformatorstation worden nieuwe elektrische kabels voorzien door de dijk: een tweetal ondergrondse 110 kV-verbindingen naar land (maximum scenario, alternatief is één verbinding van 220 kV). De kabels zijn voorzien in de Afsluitdijk en sluiten het windpark aan op het landelijk hoogspanningsnet in Friesland, bijvoorbeeld bij 110 kV-station Marnezijl bij Bolsward of elders. De enige mogelijke locaties voor de kabels in de Afsluitdijk (op het traject Breezanddijk – Kornwerderzand) zijn onder het fietspad, tussen het fietspad en de snelweg en in de middenberm van de snelweg. Na het sluisencomplex bij Kornwerderzand is er meer ruimte voor de kabels. De voorkeurslocatie voor het traject Breezanddijk –

Kornwerderzand is na overleg met Rijkswaterstaat onder het fietspad, omdat in de middenberm van de snelweg reeds een rioleringsstelsel ligt (hemelwaterafvoer rijksweg). Een kabeltracé in de tuimeldijk of aan de buitenzijde wordt door de beheerder niet als wenselijk geacht. De rijksweg wordt gekruist met twee horizontaal gestuurde boringen (HDD) of persingen om vanaf het trafostation bij het fietspad te komen. Na het sluisencomplex bij Kornwerderzand is er meer ruimte voor de kabels en is de voorkeurslocatie direct naast het fietspad aan de noordzijde.

Elke verbinding bestaat uit 3 kabels die in driehoeksverband liggen (1 kabel per fase). Voor de aanleg van de kabels onder het fietspad dient een sleuf met een breedte van circa 3 tot 4 m aan maaiveld gegraven te worden. De aanlegdiepte van de kabels bedraagt ca. 1,0 m onder maaiveld of bestaande bekleding/wegfundering (zie figuren 2-5 en 2-6). De aanlegdiepte kan aangepast worden als dat gewenst is voor de opbouw van de waterkering. Als geen keileem aanwezig is, dan kan de ontgraving worden opgevuld met dezelfde grond, die eerder ontgraven is. Derhalve blijft de grondconditie voor en na aanleg van de kabels gelijk. Op locaties met een keileemkern wordt de keileem ter plaatse van de ontgraving vervangen door goed verdichte klei van erosie categorie 1, buiten de inbedding in materiaal met goede thermische eigenschappen.



Figuur 2-5: Dwarsdoorsnede van Afsluitdijk met kabeltracé (dijkvak 10)



Figuur 2-6: Dwarsdoorsnede van Afsluitdijk met kabeltracé (dijkvak 10, detail)

Het sluisencomplex bij Kornwerderzand wordt gepasseerd met twee horizontaal gestuurde boringen (HDD). De voorziene start- en eindlocaties van de HDD's zijn in het achterland van de kering gelegen (zie figuur 2.7). Opgemerkt wordt dat tijdens de expertsessie op 11 februari nog was uitgegaan van een HDD-kruising ten noorden van de Afsluitdijk, maar dat dit uitgangspunt op grond van de sessie met experts van Rijkswaterstaat en Deltares is bijgesteld om een dubbele kruising van de tuimeldijk te vermijden (optimalisatie van het ontwerp).

Bij de kruising van het Kornwerderzand-complex wordt ook al rekening gehouden met de plannen voor een vismigratierivier bij Kornwerderzand, waarbij een koker door de dijk zou moeten komen direct ten westen van de spuisluisen bij Kornwerderzand. De hoogspanningskabels kruisen de voorziene koker (de 'coupure') naar verwachting bovenlangs. Rijkswaterstaat realiseert deze coupure en is verzocht rekening te houden met het aanbrengen van een kabelgoot om een boring te vermijden.



Figuur 2-7: Twee opties voor de HDD-boring van kabels bij Kornwerderzand. Er is gekozen voor de ruime boog om de effecten op bebouwing te beperken en vanwege toekomstige reserveringen van Rijkswaterstaat

3. RELEVANTE NORMEN EN RICHTLIJNEN

3.1. Inleiding

In dit hoofdstuk is een overzicht gegeven van normen en richtlijnen die relevant zijn of kunnen zijn voor kabels in primaire waterkeringen. De volgende normen en richtlijnen zijn beschouwd:

- Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, september 2007.
- Vuistregels voor het beheerdersoordeel bij de toetsing van niet-waterkerende objecten, Provincie Zuid-Holland, 2009.
- Leidraad voor ontwerp, beheer en onderhoud van constructies en vreemde objecten in, op en nabij waterkeringen, COW, 1976.
- Handreiking Constructief Ontwerpen, TAW 1994.
- Technische Rapport Waterkerende Grondconstructies, TAW, 2001.
- Leidraad Kunstwerken, TAW, 2003.
- Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen (herziene versie), Rijkswaterstaat 2012.
- Kabels en leidingen rond wateren en waterkeringen, CROW, 2011.
- NEN 3651: Leidingen bij Waterstaatswerken, 2012.
- NPR 3659: Ondergrondse pijpleidingen - Grondslagen voor de sterkteberekening, 1996.

Normen en richtlijnen die in algemene zin ingaan op de waterkerende veiligheid of die deelaspecten als bekledingen of materiaaleigenschappen behandelen, kunnen ook relevant zijn voor kabels in waterkeringen, maar zijn niet apart behandeld in dit hoofdstuk.

Hieronder is per document aangegeven in hoeverre er eisen, handreikingen of risico's in zijn vermeld voor parallelle kabels in waterkeringen.

3.2. Relevantie per norm of richtlijn voor kabels in waterkeringen

3.2.1. Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006

Als een kabel in een waterkering na aanleg wordt getoetst, dan moet deze voldoen aan dit voorschrift. Er geldt:

1. Kabels worden geacht van weinig invloed te zijn op de veiligheid van waterkeringen en hoeven in principe niet te worden getoetst.
2. Geadviseerd wordt mantelbuizen waarin een kabel of kabelbundels zijn gelegd te toetsen als drukloze leidingen. Mantelbuizen worden in de praktijk toegepast bij HDD-boringen om een glad buitenoppervlak te creëren en zo te vermijden dat de boring vastloopt. Concreet betekent dit, dat de invloed van verweking door verstoring bij de leiding moet worden beschouwd, dat de pijpleiding wordt ontworpen volgens NEN 3650 en NEN 3651 en dat wordt voldaan aan de voorwaarden vanuit controle, beheer en onderhoud zoals beschreven in bijlage E van NEN 3651.

In het voorschrift wordt in algemene zin opgemerkt dat kabels in waterkeringen niet gewenst zijn, omdat het kan leiden tot graafwerkzaamheden in de dijk. Als aandachtspunt wordt opgemerkt dat bij aanleg van kabel met het juiste materiaal wordt aangevuld en goed wordt verdicht.

Het voorschrift gaat niet in op eisen die gelden bij het ontwerp en de aanleg van een nieuwe leiding.

3.2.2. Vuistregels voor het beheerdersoordeel bij de toetsing van niet-waterkerende objecten

Dit document onderschrijft het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006. Er worden geen specifieke vuistregels voor kabels / drukloze leidingen genoemd.

3.2.3. Leidraad voor ontwerp, beheer en onderhoud van constructies en vreemde objecten in, op en nabij waterkeringen

In deze 40 jaar oude leidraad worden enkele aanvullende aandachtspunten genoemd voor het ontwerp, beheer en onderhoud van kabels bij waterkeringen, die nog onveranderd van toepassing zijn:

- Nagaan of er redelijkerwijs een alternatief tracé kan worden gevonden. Als mogelijkheid wordt genoemd om de kabel buiten de langs de waterkering gelegen terreinstrook (stabiliteitszone) worden te leggen, die in verband met stabiliteit van de waterkering ongestoord moet blijven.
- Eindigen van een mantelbuis binnen de zone waarin de verkeersbelastingen meetbaar zijn.
- De mantelbuis waterdicht laten aansluiten op de kabels die zelf ook waterdicht zijn.
- Graafwerk in de waterkering zoveel mogelijk beperken.
- De bij graafwerk opgedolven soorten grond gescheiden opgeslaan en voor zover bruikbaar bij het dichten van de sleuf weer op de oorspronkelijke plaatsen terugbrengen.
- Bij het dichten van de sleuf de ingebrachte grond laagsgewijs verdichten.
- Het is wenselijk het tijdstip van uitvoering buiten het jaargetijde met voor de waterkering ongunstige omstandigheden te laten vallen, ten einde het risico bij uitvoering te beperken en de kwaliteit van het werk zo hoog mogelijk op te voeren.
- Bij een nog niet herstelde grasmat kan het toepassen van een tijdelijke bekramming wenselijk zijn.
- Nadat de kabel is gelegd de ligging nauwkeurig inmeten.
- In het geval van buiten gebruikstelling de kabel niet verwijderen, omdat het nadeel van grondroering zwaarder weegt dan het nadeel van de aanwezigheid van de kabel.

3.2.4. Handreiking Constructief Ontwerpen

Hierin staan deels bovengenoemde aandachtspunten en de volgende aanvullingen:

- Het opbarsten van de sleuf tijdens ontgraven voorkomen en hierop controleren.
- Bij het mogelijk optreden van kwel de leiding (inclusief sleuf bij aanleg) meer dan 3 meter binnenwaarts van de buitenkruinlijn leggen.
- Het wordt wenselijk geacht de leiding niet aan te leggen in een het buitentalud en niet in een parallel dijck.
- Rekening houden met nog uit te voeren dijkversterkingsmaatregelen.

3.2.5. Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies

Hierin staan deels bovengenoemde aandachtspunten en de volgende aanvullingen:

- De kabels dienen bij voorkeur in dezelfde grond te liggen als het omringende dijk materiaal. Indien dit niet het geval is, kan worden overwogen om het kabelbed aan te passen, of kan het dijkprofiel worden beoordeeld, rekening houdend met de afwijkende grondsoort ter plaatse van de kabel.

3.2.6. Leidraad Kunstwerken

Hierin wordt een deel van bovengenoemde aandachtspunten ook genoemd.

3.2.7. Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen (herziene versie)

Hierin staan deels bovengenoemde aandachtspunten met als aanvulling dat piping ook dient te worden beschouwd.

3.2.8. Kabels en leidingen rond wateren en waterkeringen

Hierin staan deels bovengenoemde aandachtspunten met als aanvulling dat er rekening moet worden gehouden met andere kabels en leidingen in de buurt van het tracé.

3.2.9. NEN 3651: Leidingen bij Waterstaatswerken

Deze norm is van toepassing voor leidingen en niet voor kabels en is dus alleen geldig voor kabels in mantelbuizen, omdat geadviseerd wordt om deze als drukloze leiding te beschouwen. Daarom wordt hieronder consequent gesproken over mantelbuizen in plaats van kabels. Benadrukt wordt dat een aantal aandachtspunten specifiek lijkt te zijn bedoeld voor leidingen die vlak onder het oppervlak lopen en voor HDD-boringen flexibel invulbaar lijken. In NEN 3651 staan deels bovengenoemde aandachtspunten en de volgende aanvullingen:

- Afstanden kleiner dan 50 m van kunstwerken in overleg met de beheerder vaststellen.
- De afstand van de mantelbuis tot de rand van de buitenzijde van de verharding van een weg dient ten minste 5 m bedragen. De verwekingszone moet boven een vlak liggen, lopend onder een helling 1:3 vanuit de rand van de bovenzijde van de verharding.
- De tussenruimte tussen gelijktijdig in een open sleuf te leggen parallelle mantelbuizen moet ten minste 0,4 m bedragen.
- Indien de mantelbuizen niet gelijktijdig worden gelegd, moet de hart-op-hart-afstand ten minste 15 m bedragen. Indien de veilige ligging van de bestaande leiding voldoende is gewaarborgd, kan hiervan in overleg met de beheerder van het waterstaatswerk worden afgeweken.
- Voor wegwakruisingen geldt een hart-op-hart-afstand van ten minste 2 m vermeerderd met vijfmaal de grootste mantelbuismiddellijn indien de mantelbuizen gelijktijdig door doorpersing worden aangebracht, dan wel 10 m tussenruimte bij ongelijktijdige aanleg.
- De afstand tussen twee parallelle HDD-boringen moet zo groot zijn dat stuurcorrecties onbelemmerd kunnen plaatsvinden.
- In zand wordt aanbevolen om tussen twee parallelle HDD's ten minste 5,0 m en in klei 10,0 m hart-op-hartafstand aan te houden.
- Aanbevolen wordt het leggen van een mantelbuis in een waterkering slechts toe te staan als daar dringende planologische redenen toe bestaan en als met een stabiliteitsanalyse kan worden aangetoond dat dit aanvaardbaar is.
- Voor de middellijn van een mantelbuis wordt 200 mm als maximum geadviseerd in verband met de maximale toegestane inbreuk op de samenhang van het profiel.
- Geadviseerd wordt een minimale gronddekking boven een mantelbuis van 0,8 m aan te houden.
- De zakking van een mantelbuis na de aanleg nauwkeurig waarnemen om te kunnen nagaan of de in de sterkteberekening ingevoerde opgedrongen verplaatsingen van de grond niet worden overschreden. Daartoe kunnen op de mantelbuis standzekere en solide meetpunten (zakbaken) met klembanden worden bevestigd en gemonitord.
- Zand voor aanvullingen moet vrij zijn van verontreiniging door wortels, plantenresten, slibbonken en dergelijk en mag ten hoogste 3% van de droge massa afslibbare bestanddelen (kleiner dan 16 µm) bevatten. Het zand moet vrij zijn van vreemde

- bestanddelen, afvalstoffen, chemicaliën en dergelijke, en moet een U-getal bezitten dat niet hoger ligt dan 80 volgen NEN 5101:1989.
- Klei voor aanvullingen moet vast, samenhangend en taai zijn en vrij van wortels, plantenresten, grind, schelpen, vreemde bestanddelen, afvalstoffen, chemicaliën en dergelijke. De klei moet ten minste 20% van de droge massa-bestanddelen kleiner dan $2\ \mu\text{m}$ (lutum) en ten minste 40% van de droge massa-bestanddelen kleiner dan $16\ \mu\text{m}$ (slib) bevatten.
 - Bij zakkingen van een mantelbuis dient rekening te worden gehouden met zettingen door ophogingen, grondroering bij aanleg en dynamische invloed van de leiding op de omringende grond.
 - Onnodig dieper graven dient te worden voorkomen.
 - Instorting van sleufwanden dient te worden voorkomen.
 - De maximale druk in de boorspoeling tijdens een HDD-boring mag niet uitkomen boven een door middel van berekeningen bepaalde maximale waarde.

3.2.10. NPR 3659: Ondergrondse pijpleidingen – Grondslagen voor de sterkteberekening

Deze norm geeft aan hoe een sterktereductie rondom een leiding in rekening kan worden gebracht. Onderscheid kan worden gemaakt tussen erosie door een vloeistof transportleiding en explosie bij een gasleiding. Bij de toegepaste (mantelbuizen met) kabels is echter geen sprake van een vloeistof of een gas.

3.3. Conclusies n.a.v. verkenning normen en richtlijnen

Uit bovenstaande verkenning blijkt dat de eisen en aandachtspunten voor parallelle kabels in waterkeringen op een versnipperde manier in normen en richtlijnen worden behandeld. Door alle relevante zaken in dit hoofdstuk op te sommen, is een totaaloverzicht verkregen.

Uit de verkenning komt naar voren dat in algemene zin wordt geadviseerd kabels niet in waterkeringen te plaatsen, met name vanwege de hieraan verbonden graafwerkzaamheden. Aangezien kabels in sommige gevallen toch wenselijk zijn, wordt plaatsing niet uitgesloten en zijn diverse randvoorwaarden geadviseerd om het effect op de waterkering te beperken met name tijdens de aanlegfase. In de exploitatiefase wordt van kabels minder relevante invloeden genoemd in de beschouwde normen en richtlijnen.

Voor een goede beoordeling van de veiligheidsrisico's van elektriciteitskabels in de Afsluitdijk is een maatwerk beschouwing nodig in overleg met de beheerder. In het volgende hoofdstuk wordt daar verder op ingegaan.

4. KWALITATIEVE RISICOBESCHOUWING

In bijlage 1 is een overzicht opgenomen met risico's. Voor deze tabel heeft de risicotabel uit het Fugro-rapport van 20 januari 2015 als basis gediend. Eerst zijn alle risico's, die geen betrekking hebben op parallel liggende leidingen uit de tabel gefilterd. Vervolgens is de tabel nader uitgedetailleerd op basis van de bevindingen uit de expertsessie en de in hoofdstuk 3 gepresenteerde verkenning van relevante normen en richtlijnen.

Er is onderscheid gemaakt tussen de bouwfase, de gebruiksfase en de slooffase. De gebruiksfase is onderverdeeld in beheer, versterking en calamiteiten.

Alle risico's kunnen afdoende worden beperkt door het nemen van beheersmaatregelen.

5. UITGEWERKTE RISICOBESCHOUWING

5.1. Nader uitgewerkte risico's

De volgende risico's uit bijlage 1 zijn nader gekwantificeerd of behandeld door middel van berekeningen en/of beschouwingen:

- B.2 Analyse van de te verwachten zetting op de steenbestorting bij het IJsselmeertalud ten gevolge van grondverstoring door de HDD-boringen bij de aanlanding Breezanddijk.
- B.3 Daarnaast wordt globaal beschouwd op basis van welke gronden bij de aanleg en aanwezigheid van HDD-boringen gesteld kan worden dat effect op de stabiliteit van het IJsselmeertalud kan worden uitgesloten. Hierbij wordt gelet op het tracé van de boring (diepte onder het talud), de afstand van de in- en uittredepunten van de boring tot het talud, invloed van de verstoring t.g.v. overdruk bij de boorkop en op de invloed van eventuele na-injectie van de horizontaal gestuurde boring t.b.v. zettingscompensatie.
- B.6 Glijvlakberekening uitvoeringssituatie (zonder en met verhoogde tuimeldijk) waarbij de invloed van de ontgraving voor de kabelsleuf op de stabiliteit van de Afsluitdijk wordt bepaald.
- G.2 Er wordt een veiligheidsbeschouwing uitgevoerd voor de HDD-boringen bij Kornwerderzand ten zuiden van de Afsluitdijk. Daarbij zullen de damstabiliteit, de zettingen en het alignement worden beschouwd.
- G.5 Grond-kabelinteractie waarbij grondvervormingen nabij de kabels beschouwd worden. Voor vervormingen t.g.v. maatgevend hoog water zal worden beschouwd in hoeverre de dijk kan 'bewegen' ten opzichte van de kabel als stijf element en of en welk potentieel risico dat voor de dijk oplevert.
- G.9 Temperatureffecten: warmtetransport door bodem en effect op grasmat. De temperatuurontwikkeling rondom de kabels en de invloed op het bodemvochtgehalte worden verkend.
- G.12 Grond-kabelinteractie waarbij grondvervormingen nabij de kabels beschouwd worden. Voor vervormingen t.g.v. de versterking van de Afsluitdijk zal worden beschouwd in hoeverre de dijk kan 'bewegen' ten opzichte van de kabel als stijf element en welk risico dat voor de dijk oplevert.
- G.14 Glijvlakberekening calamiteit. Hierbij wordt de invloed bepaald van een lokale grondverweking ten gevolge van een kortsluiting in de kabel op de stabiliteit van de Afsluitdijk. Hierbij wordt uitgegaan van een worst case scenario met een volledig verzadigde dijk.

5.2. Uitgangspunten

Bij de bovenstaande berekeningen wordt van de onderstaande uitgangspunten uitgegaan:

- De geometrie, bodemopbouw, grondparameters en (grond)waterstanden worden gebaseerd op eerdere schematisaties en recent beschikbaar gekomen grondonderzoek in de Afsluitdijk.
- Voor de versterkte Afsluitdijk wordt ervan uitgegaan dat het binnentalud van de tuimeldijk onder een gelijke helling wordt doorgetrokken tot een niveau van NAP + 10 m, dat de breedte van de nieuwe kruin gelijk wordt aan de breedte van de bestaande tuimeldijk (ca. 2,5 m) en dat het nieuwe buitentalud een helling krijgt gelijk aan het bestaande buitentalud. In die situatie moet rekening worden gehouden met een golfoverslag van 10 l/m/s. Verder wordt aangenomen dat de dijkverbreding wordt uitgevoerd in zand. Voor de grondvervormingen wordt dit als worst case benadering gezien, omdat andere dijkversterkingen tot minder gewichtsverhoging leiden.

- Rijkswaterstaat heeft per e-mail aangegeven dat de toelaatbare zettingen van de Afsluitdijk als gevolg van de aanleg van de kabel "nihil" zijn, onafhankelijk van de locatie in de dijk.
- Het tracé en alignement van de kabels en HDD's wordt gebaseerd op de in hoofdstuk 2 genoemde informatie.
- In verband met de warmteafvoer is een mengsel van zand en leem direct rondom de kabel gebruikelijk. In verband met erosiebestendigheid zal de toplaag van 0,50 – 0,70 m in erosiebestendige klei (klasse 1) worden uitgevoerd.
- De kans op het optreden van een verbinding / sluiting door een interne kabelfout is gepresenteerd in tabel 5.1 (bron: Energy Solutions). Het risico van een externe kabelfout is niet berekend, want in dat geval zal de dijk immers door graafwerkzaamheden al open liggen. De vrijkomende krachten bij externe kabelfouten zijn overigens naar verwachting van de opdrachtgever niet afwijkend van die bij een interne kabelfout.

Tabel 5.1 - Kans op optreden van een interne kabelfout

		Gegevens Cigré 379, Tabel 11, 60-219kV, XLPE
		Faalpercentage per 100km kabelcircuit of 100 componenten per jaar
Interne oorzaak	Kabel	0,027%
	Mof	0,005%
	Eindsluiting	n.v.t.

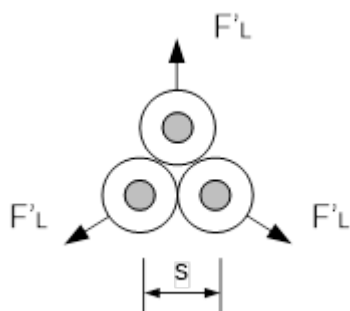
Gegevens exportkabels Windpark Fryslân 110kV

Circuit lengte verbinding	:	2 circuits x 14,07 km = 28,14km
Lengte HDD	:	2 circuits x 0,90 km = 1,8km
Aantal moffen in de dijk	:	2 circuits x 3 x 11 stuks = 66 stuks (kabel lengte ca. 1200m)
Storingskans in boring	:	1,8 x (0,00027) = 0,00049 (1 x per 2058 jaar)
Storingskans kabel in Afsluitdijk	:	28,1 x (0,00027) = 0,00760 (1 x per 132 jaar)
Storingskans mof in Afsluitdijk	:	78 x (0,00005) = 0,00390 (1 x per 256 jaar)

Gegevens exportkabels Windpark Fryslân 220kV

Circuit lengte verbinding	:	1 circuits = 14,07 km
Lengte HDD	:	1 circuits = 0,90 km
Aantal moffen in de dijk	:	1 circuits x 3 x 11 stuks = 33 stuks (kabel lengte ca. 1200m)

- Mocht er ondanks de kleine kans van optreden toch kortsluiting ontstaan, dan zullen krachten vanuit de kabel in de ondergrond worden opgewerkt. Voor een 110 kV met een 3-tal gebundelde kabels is de kracht 11 kN/m^1 de krachtafdracht is gelijkmatig over de 3 richtingen verdeeld. De situatie van de krachtafdracht is in figuur 5.1.



Figuur 5.1 - Situatie krachtafdracht

Aangezien aanbesteding van de kabels nog niet heeft plaatsgevonden, gezien het stadium van het project, zijn de specificaties van de uiteindelijk aan te leggen kabels nog niet beschikbaar en zijn waar nodig conservatieve aannames gedaan ten aanzien van:

- De buigstijfheid van de elektriciteitskabels
- De diameter van de elektriciteitskabels.
- Eventuele eisen met betrekking tot de uitvoeringsveiligheid, zoals deze in een vergunning worden voorgeschreven.

5.3. Aanlanding elektrakabel Breezanddijk (B.2 en B.3)

Voor aanlanding van de elektrakabels op Breezanddijk zijn meerdere HDD-boringen gepland (zie figuren 2.3 en 2,4). Zorg is geuit dat door het aanbrengen van de elektrakabels zakking kan optreden van bovenliggende grondlagen. Tijdens de workshop is gevraagd om beschouwend het effect op zetting te bepalen door installatie van de elektrakabels. Daarnaast is verzocht de taludstabiliteit te bepalen.

Volgens opgave van Rijkswaterstaat is de zettingseis “nihil” in de primaire waterkering.

Beschouwing van zakking door installatie HDD-boring

Door installatie van de HDD leiding wordt met een ruimer een gat gecreëerd voor de aan te brengen elektrakabel. Deze wordt tijdens het boorproces opgevuld met bentoniet. Dit is voor de zettingsbeschouwing een conservatieve aanname. Wanneer de boring met groutmengels wordt uitgevoerd is samendrukking lager t.o.v. bentoniet.

Op lange termijn kan door samendrukking van het bentoniet een volumeverlies van maximaal 75% optreden. Dit kan leiden tot zakkingen in de lagen boven de boorbuis. In deze beschouwing wordt uitgegaan van een elektrakabel van Ø 240 mm en ruimer van Ø 350 mm. Dat geeft het volgende volumeverlies:

- Volume ruimer = $\frac{1}{4} \pi D^2 = 0,096 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,35 \text{ m}$.
- Volume kabel = $\frac{1}{4} \pi D^2 = 0,045 \text{ m}^3/\text{m}$, waarin $D = 0,24 \text{ m}$.
- Volume bentoniet = Volume ruimer - Volume kabel = $0,051 \text{ m}^3/\text{m}$.
- Volumeverlies bentoniet = $75\% \times \text{Volume bentoniet} = 0,038 \text{ m}^3/\text{m}$.

Dit volumeverlies kan bij een geringe diepteligging van de HDD-boring leiden tot beperkte zettingen aan het oppervlak. Uit ervaring van Fugro bij eerdere soortgelijke projecten waarbij analyses zijn gemaakt met Plaxis wordt verwacht dat zakkingen op lange termijn mogelijk zijn tot 10 tot 15 m boven de leiding. Als het tracé van de HDD-boring wordt geïnstalleerd met een diepte van 10 tot 15 m onder de teen, dan zal dit tot nagenoeg geen zakkingen leiden aan het oppervlak. Als de HDD-boring ondieper wordt aangelegd (zoals in de principeschets in figuur 2.4), dan kan door middel van groutinjectie de zettingen tot “nihil” worden gereduceerd.

Beschouwing van stabiliteit door installatie HDD-boring

Als het tracé van de HDD-boring wordt geïnstalleerd met een diepte van 10 tot 15 m onder de teen, dan heeft dit geen nadelig effect op de stabiliteit. Als de HDD-boring ondieper wordt aangelegd, dan kan door middel van groutinjectie de zettingen tot “nihil” worden gereduceerd. Daarnaast kan er tijdens realisatie invloed zijn van verstoring t.g.v. overdruk bij de boorkop. Dit kan leiden tot een iets lagere taludstabiliteit welke echter tijdelijk is.

Er is echter een ruime overmaat aan stabiliteit aanwezig. In het Fugro-rapport van 20 januari 2015 is een stabiliteitsfactor berekend van 1,53 onder maatgevende extreme omstandigheden (zie bijlage 3.1), terwijl er volgens dit rapport moet worden voldaan aan een eis van 1,22. Dit is een overmaat van 25%. De kabels hebben een hart-op-hartafstand van 5 m. Stel dat een 'groutschil' in combinatie met de invloed van de verstoring t.g.v. overdruk bij de boorkop rondom een kabel over een breedte van 1 m leidt tot een reductie van de schuifsterkte langs het maatgevend glijvlak tot nul, dan is de maximale reductie van de stabiliteitsfactor $1 \text{ m} / 5 \text{ m} = 20\%$. In werkelijkheid is de stabiliteit hoger, onder andere omdat grout een schuifsterkte heeft en het glijvlak niet volledig langs de kabel kan lopen. Eventuele stabiliteitsafname leidt derhalve ten allen tijde niet tot een factor lager dan 1,22. De stabiliteit wordt dus niet minder dan de eis.

5.4. Glijvlakberekening uitvoeringsfase (B.6)

Doel stabiliteitsberekening

Indicatieve stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de invloed van twee situaties op de macrostabiliteit van de waterkering: ontgraving met en zonder verhoging van de tuimeldijk. Het effect op veiligheidsfactor door ontgraving onder het bestaande fietspad t.b.v. aanleg van de elektrakabels met de huidige en toekomstige geometrie van de kering (verhoging van de tuimeldijk naar NAP +10 m, met gelijke kruinbreedte) wordt inzichtelijk gemaakt.

Als uitgangspunt voor de berekening, geometrie, bodemopbouw, grondparameter, hydraulische randvoorwaarde, hoogteligging grondwaterstand en partiële veiligheidsfactoren en toetsing stabiliteit is gebruik gemaakt van gegevens uit eerder uitgebrachte rapportage van Fugro, geotechnisch advies en risicoanalyse Effect waterkering ten gevolge van Windpark Fryslân (rapportagenr. 1013-0226-000 d.d. 20-01-2015 (versie 8)).

Geometrie

De geometrie van het dwarsprofiel aan de zijde van de Waddenzee is gebaseerd op de leggerprofielen van de Afsluitdijk. De waterbodempligging aan weerszijden van de Afsluitdijk is gebaseerd op lodingen en waterdiepte kaarten. De geometrie van de verbreding van de Afsluitdijk bij Breezanddijk is gebaseerd op het Actuele Hoogtebestand Nederland (AHN-viewer).

Bodemopbouw

De kern is geschematiseerd met behulp van bestekstekeningen. Voor de bepaling van de verdere grondopbouw zijn meerdere sonderingen beschikbaar. Sondering DKM39 is maatgevend gesteld ten opzichte van de naastgelegen sonderingen.

Van het achterland ter hoogte van Breezanddijk zijn geen grondgegevens beschikbaar. Op basis van de aanlegtekeningen van de uitbreiding van Breezanddijk kan worden aangenomen dat dit uit opgespoten, los gepakt zand bestaat.

Aangenomen is dat de verhoogde tuimeldijk wordt aangevuld met zand.

Grondparameters

De representatieve parameters zijn vastgesteld conform tabel 2b van NEN 9997-1:C1:2012 (nl), de parameters zijn bepaald over de gehele laag en zijn niet specifiek gekoppeld aan een profiel.

De rekenwaarden zijn verkregen door de representatieve waarde van de effectieve cohesie te delen door een materiaalfactor van 1,25 en de tangens van de hoek van inwendige wrijving door een materiaalfactor van 1,2 (conform tabel 5.3.1 van het Addendum uit het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies).

Tabel 5.2 - Rekenwaarden sterkteparameters op basis van tabel 2b van NEN 9997-1:C1:2012 (nl)

Grondlaag	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]
Zand dijk	17/19	0,0	25,7
Klei dijk	16/18	0,8	19,0
Zand/wadafzetting zand	17/19	0,0	27,7
Klei/wadafzetting klei	15/15	0,8	16,0
Klei humeus	14/14	0,0	15,0
Opgespoten zand	17/19	0,0	25,0
Veen	12/12	0,0	15,0

Opmerkingen bij de tabel:

- γ en γ_{sat} = volumiek gewicht; sat = verzadigd
- c' = effectieve cohesie
- φ' = effectieve hoek van inwendige wrijving
- δ = wandwrijvingshoek

Hydraulische randvoorwaarden

Voor de waterstanden zijn de volgende waarden aangehouden:

- Waddenzee:

Bij Breezanddijk is het toetspeil NAP +5,1 m; [Hydraulische Randvoorwaarden 2006];

- IJsselmeer:

De waterstand is NAP -0,4 m (winterpeil) en NAP -0,2 m (zomerpeil).

Voor een situatie met een hoge waterstand aan de IJsselmeerszijde door opstuwing wordt een waterstand van NAP +1,4 m aangehouden. Dit is het toetspeil bij Makkum (Friesland) volgens het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 en komt overeen met een windopzet van 1,6 m ten opzichte van het zomerpeil en 1,8 m ten opzichte van het winterpeil. Dit is naar verwachting conservatief, omdat het water ter plaatse van Makkum extra wordt opgestuwd door de trechtervorm van het IJsselmeer op die locatie in vergelijking met Breezanddijk. Voor een situatie met extreem laagwater wordt gerekend met een waterstand van NAP -1,4 m. Dit komt overeen met een afwaaiing van 1,0 m ten opzichte van winterpeil.

Opgemerkt wordt dat de randvoorwaarden uit VTV2006 en HR2006 zijn aangehouden. Dit zijn formeel toetsrandvoorwaarden voor de huidige situatie en geen ontwerp-randvoorwaarden voor de ontwerpperiode (van bijv. 50 jaar) aangezien de berekeningen betrekking hebben op de tijdelijke effecten tijdens de uitvoeringsfase is dit voor de hand liggend en conform het van toepassing zijnde kader..

Uitgegaan is dat de bouwfase buiten het stormseizoen plaats vindt en om die reden is ook geen rekening gehouden met golfoverslag en is uitgegaan van zomerpeil aan IJsselmeerszijde.

Hoogteligging grondwaterstand

Omdat het grondprofiel voornamelijk uit zand bestaat, opgebracht op een kleilaag, zal de waterstand in het pakket vrij kunnen "nauwlijzen" al naar gelang de buitenwaterstanden op de Waddenzee dan wel IJsselmeer. De waterstand op het IJsselmeer is tot in de kern van de waterkering doorgetrokken (inclusief een opbolling). Vanaf de kern loopt de waterstand op tot aan de waterstand op de Waddenzee.

Toelichting peilen

Veelal mogen werkzaamheden aan de Afsluitdijk enkel uitgevoerd worden buiten het stormseizoen (winterperiode). Het stormseizoen is grofweg tussen de periode van oktober tot april. In de analyses is gerekend met het zomerpeil. De situatie met een hoog peil aan de IJsselmeerzijde is niet maatgevend voor de stabiliteit van de tuimeldijk.

Overig

- Als verkeersbelasting is over een breedte van 2,5 m een ongedraineerde belasting van $13,3 \text{ kN/m}^2$ aangehouden. De belasting is gesitueerd ter plaatse van de kruin van de waterkering of net daarnaast, afhankelijk van welke locatie maatgevend is.
- Voor scenario 1, is bij ontgraving van het fietspad aangenomen dat geen langdurige belasting door bouwverkeer aanwezig is, omdat deze voor dan wel achter de ontgraving is opgesteld.

Toegepaste partiële veiligheidsfactoren

De standzekerheid van een waterkering wordt volgens de vigerende richtlijnen bepaald met een semi-probabilistische methode op basis van partiële veiligheidsfactoren. De volgende partiële veiligheidsfactoren worden onderscheiden:

- de materiaalfactor;
- de modelfactor;
- de schadefactor;
- de schematiseringsfactor.

De materiaalfactor wordt over de sterkte eigenschappen van de grond gezet. Het product van de overige drie factoren bepaalt de minimale stabiliteitsfactor waaraan de waterkering moet voldoen.

De aangehouden eisen ("Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006") die aan de stabiliteitsfactoren zijn gesteld zijn in de VTV terug te vinden. Omdat in het VTV geen materiaalfactoren zijn gedefinieerd voor representatieve grondparameters, zijn de materiaalfactoren gebaseerd op NEN 9997-1:C1:2012 (nl). De gevolgde werkwijze is ook conform het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies. Het VTV 2006 biedt de mogelijkheid om gebruik te maken van het in 2007 verschenen Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, waarin nieuwe partiële veiligheidsfactoren zijn geïntroduceerd.

Toetsfactor stabiliteit

De modelfactor (γ_d) bedraagt 1,0 (methode Bishop zonder opdrijven);

De schadefactor (γ_n) corrigeert voor de hogere vereiste betrouwbaarheid van een waterkering ten opzichte van de basisbetrouwbaarheid. Conform het Addendum bij het Technisch Rapport Grondconstructies bedraagt de schadefactor in de:

- Uitvoeringsfase (scenario 1)
Gedurende de uitvoeringssituatie, bij gebruik van rekenwaarden, bedraagt de

schadefactor 0,9, mits het waterkerend vermogen niet in gevaar komt. Als een afschuiving wel het waterkerend vermogen in gevaar brengt, dient van een schadefactor (γ_n) van 1,0 te worden uitgegaan;

- Gebruiksfase (scenario 2)
In de gebruiksfase geldt een schadefactor van 1,11 binnenwaarts en 1,05 buitenwaarts;
- Met behulp van gevoeligheidsanalyses en berekeningen is onderbouwd dat een schematiseringsfactor (γ_b) van 1,1 kan worden gehanteerd.

Conform het Addendum bij het Technisch Rapport Grondconstructies is de toetsfactor voor de stabiliteit het product van de modelfactor, de schadefactor en de schematiseringsfactor. De toetsfactor voor de macrostabiliteit bedraagt derhalve:

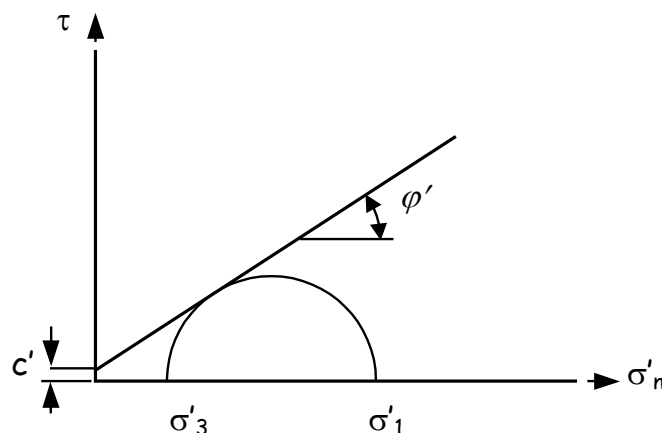
- Uitvoeringsfase, binnen- en buitentalud
Waterkerend vermogen niet in het geding, factor van 0,99 ($1,0 * 0,9 * 1,1$);
Waterkerend vermogen wel in het geding, factor van 1,10 ($1,0 * 1,0 * 1,1$).
- Gebruiksfase
Voor het binnentalud geldt een toetswaarde van 1,22 ($1,11 * 1,0 * 1,1$);
Voor het buitentalud geldt een toetswaarde van 1,16 ($1,05 * 1,0 * 1,1$).

Methode Bishop

De stabiliteit van de waterkering is geanalyseerd door het uitvoeren van glijvlakberekeningen volgens de vereenvoudigde methode Bishop (computerprogramma DGeoStability). Hierbij wordt de veiligheidsfactor van een grondmoot langs een cirkelvormig glijvlak berekend. De stabiliteit van het talud is afhankelijk van:

- de sterkte van de grond;
- de hoogte van de dam;
- de waterspanningen in de dam en de ondergrond;
- de taludhelling, inclusief de aanwezigheid van een steunberm;

De ondergrond is verdeeld in een aantal lagen waarbij voor iedere laag het volume gewicht en de wrijvingseigenschappen (hoek van inwendige wrijving ϕ' en de cohesie c') worden opgegeven, zie figuur . Deze parameters zijn o.a. bepaald aan de hand van interpretatie van het grond- en laboratoriumonderzoek alsmede aan de hand van ervaring. In de berekeningen zijn rekenwaarden van de grondparameters gebruikt.



Figuur 5.2 - Schuifweerstand

Macrostablieiteit

Een indicatieve bepaling van de macrostablieiteit (bouwfase en gebruiksfase) is berekend voor zowel de tuimeldijk als het talud aan de IJsselmeerzijde van de Afsluitdijk ter hoogte van Breezanddijk voor de volgende verschillende scenario's:

- Scenario 1: Referentie niveau, geen activiteiten voorzien;
- Scenario 2: De bouwfase situatie, met ontgraving (uitvoeringsfase);
- Scenario 3: De toekomstige situatie met verhoging van tuimeldijk;
- Scenario 4: De toekomstige situatie met verhoging van tuimeldijk, met ontgraving (uitvoeringsfase).

Gelijktijdig optreden van de scenario's tijdens de bouw is niet aan de orde. Het is bijvoorbeeld niet aan de orde dat ten tijde van eventuele ontgraving t.b.v. de aanleg van het trafostation heiwerkzaamheden worden uitgevoerd.

De berekeningsresultaten zijn grafisch gepresenteerd in bijlage 3.2 t/m 3.4 en in tabel 5.3 samengevat.

Tabel 5.3 - Berekende stabiliteitsfactoren scenario's bouwwerkzaamheden (rekenwaarden van de grondparameters)

Scenario	Situatie	Stabiliteitsfactor tuimeldijk [-]	Minimaal vereiste stabiliteitsfactor ¹⁾ [-]
1	Referentie	1,29	1,22
2	Huidige geometrie i.c.m. ontgraving	1,29	1,10
3	Verhoging tuimeldijk	1,26	1,22
4	Verhoging tuimeldijk i.c.m. ontgraving	1,26	1,10

1) Minimaal vereiste stabiliteitsfactor, binnentalud (tuimeldijk), gebruiksfase dan wel uitvoeringsfase

Uit deze indicatieve berekeningen volgt dat de macrostablieiteit van de waterkering slechts in beperkte mate afneemt door verhoging van de tuimeldijk en dat de ontgraving van de sleuf voor het kabeltracé een verwaarloosbaar effect heeft op de stabiliteit. Aan de gestelde stabiliteitseisen wordt voldaan.

Ontgraving t.b.v. lasput / doorkoppeling elektrakabels

Voor aansluiting van de elektrakabels dient deze, afhankelijk van de haspellingte, onderling gekoppeld te worden. Voor het maken van een dergelijke volledige las rondom de kabels is werkruimte onder de kabel nodig. Dit heeft tot gevolg dat de ontgravingen lokaal beperkt dieper uitgevoerd worden.

Gezien het feit dat deze ontgraving, ook wel lasput genoemd, een tijdelijk en beperkt (qua afmeting) karakter heeft in combinatie met grote onderlinge afstand, is geen aanleiding te verwachten dat het een significant negatief effect heeft op de macrostablieiteit van de Afsluitdijk.

5.5. Krusing locatie Kornwerderzand (G.2)

Een veiligheidsbeschouwing is uitgevoerd voor de HDD-boring bij Kornwerderzand ten zuiden van de Afsluitdijk. Daarbij zijn de damstablieiteit, de zettingen en het alignment

beschouwd. De door Rijkswaterstaat toelaatbare zettingen ten gevolge van de realisatie van de HDD-boring zijn “nihil”.

Korte inleiding

Het sluizencomplex bij Kornwerderzand wordt gepasseerd met twee horizontaal gestuurde boringen (HDD). De voorziene start- en eindlocaties van de HDD's zijn in het achterland van de kering gelegen (zie figuur 2.7), de waterkering wordt derhalve niet gekruist.



Figuur 5.3 - Situatie Kornwerderzand, foto in zuidelijke richting, met achtergrond sluis, beoogde locatie HDD-boring

Blowout

De kans op een blow-out dient voldoende klein te zijn. Uitgangspunt is dat de HDD in de definitieve fase wordt ontworpen volgens NEN 3650-1 en NEN 3651 en dat de kans op een blow-out derhalve voldoende klein is.

Zettingsvloeiing

Er is gecontroleerd of de realisatie van de leidingkruising kan leiden tot zettingsvloeiing. Een zettingsvloeiing treedt op indien bij een toename van de schuifspanning in een losgepakte zandlaag een dusdanige wateroverspanning ontstaat dat verweking van het materiaal optreedt. Een zettingsvloeiing kan alleen optreden indien sprake is van een losgepakte zandlaag met voldoende dikte (> ca. 3 m) en een voldoende steil onderwatertalud. Daarnaast moet er sprake zijn van een initiatie. Twee aspecten zouden in dit geval kunnen leiden tot een initiatie voor zettingsvloeiing:

- trillingen in de ondergrond ten gevolge van de uitvoering van de HDD;
- ontspanning in de ondergrond ten gevolge van de HDD door tijdsafhankelijke samendrukking van het bentoniet.

Bij een flauw onderwatertalud kan zettingsvloeiing sowieso worden uitgesloten. De helling van het onderwatertalud kan echter niet worden beoordeeld, omdat daarover geen gegevens bekend zijn.

De relatieve dichtheid is een maat voor de pakking van zand. Indien de relatieve dichtheid (R_e) hoger is dan 65% is sprake van vast gepakt zand en is zettingsvloeiing niet aan de orde. Aan de hand van archiefsondering sondering, DKMP1 (bron: Fugro-project G-7043, t.p.v. KM97.000 langs A7) is de relatieve dichtheid van de zandlagen bepaald, zie bijlage 2.

Hierbij is de relatieve dichtheid bepaald volgens Baldi. Een overzicht van de relatieve dichtheid en verwekingsgevoeligheid van de aanwezige zandlagen is weergegeven in 5.4.

Tabel 5.4 - Overzicht relatieve dichtheid zandlagen op basis van sondering DKMP1, G-7043

Bovenkant laag [m NAP]	Onderkant laag [m NAP]	Dikte laag [m]	Gemiddelde R _e [%]	Zettingsvloeiingsgevoelig
+6,8	-1,0	7,8	20	ja
-1,0	-3,5	2,5	55	ja
-3,5	-7,5	4,0	65	nee
-7,5	-8,5	1,0	35	nee
-8,5	-11,0	2,5	70	nee
-12,0	-14,0	2,0	70	nee

Uit de bepaling van de relatieve dichtheid blijkt dat er tussen NAP +6,8 en -3,5 m verwekingsgevoelige lagen aanwezig zijn. Er is één sondering beschouwd en er is dus niet verkend hoe dit varieert voor andere locaties. Als de onderkant van de HDD-boringen op minimaal 15 m onder de verwekingsgevoelige lagen ligt, kan initiatie van zettingsvloeiing bij deze lagen worden uitgesloten.

Risico op zakking van objecten

Door installatie van de HDD-boring wordt een bentonietmengsel als boorvloeistof toegepast. Op lange termijn kan bentoniet tot inklinking leiden en tot zakkingen van het direct omliggende grondlichaam. Dit kan leiden tot zakking van objecten. Er is sprake van de volgende interacties met objecten:

- De HDD-boringen gaan aan beide zijden van het sluiskanaal langs bebouwing. Het is niet bekend hoe de bebouwing is gefundeerd. Bij het detailontwerp dient dit te worden geverifieerd teneinde de HDD-boring voldoende diep te leggen om zakking bij bebouwing te voorkomen, indien de kabel hier dichtbij komt. Verder wordt aanbevolen om door middel van een bouwkundige vooropname de toestand van de bebouwing vast te leggen en met meetpunten te verifiëren dat de vervormingen beperkt zijn
- De HDD-boring gaat onder steigers, geleidewerken en meerpalen in het sluiskanaal door. Bij het detailontwerp dient de HDD leiding voldoende diep te worden gelegd.
- Verondersteld wordt dat het sluizencomplex op palen gefundeerd is. Zakking kan enkel optreden wanneer de HDD-boring binnen het beïnvloedingsgebied ligt van deze paalfundatie. De kans op zakking is zeer beperkt gezien de afstand tussen HDD-boring en het sluizencomplex (ca. 100 m). Daarom wordt niet verwacht dat daar zakkingen zullen gaan optreden.

Risico op damwandstabiliteit

Onder andere rondom de sluiskolk zijn damwanden aanwezig. Door installatie van HDD-boring in de passieve zone dan wel het beïnvloedingsgebied van de plankpunt van de damwandconstructie kan deze een negatief effect hebben op de damwandstabiliteit. Door het tracé van de HDD-boring buiten de beïnvloedingsgebied te laten lopen, is geen risico op verminderde damwandstabiliteit. Bij de nadere invulling van het tracé wordt dit in detail uitgewerkt.

Alignement van HDD-boring

Bij voldoende afstand tussen het tracé van de HDD-boring en bestaande constructies (brug, sluizencomplex, damwand en waterkering) is geen aanleiding een risico op zakking dan wel negatief effect voor de faalkans te verwachten. Uit eerdere berekeningen van voorliggende rapportage is geconcludeerd dat wanneer een afstand van globaal 15 á 20 m wordt aangehouden dit geen negatief effect heeft.

Vooralsnog wordt het huidige tracé mogelijk geacht, mits voldoende afstand is tussen HDD-boring en bestaande constructie (incl. damwand en paalfundering). In een later stadium wordt het definitieve ontwerp nader uitgewerkt te worden en kan de interactie met bestaande constructies worden geverifieerd op voorgaande conclusie..

In- en uittredepunt HDD-boring

Bij het in- en uittredepunt van de HDD-boring zal tijdens uitvoering mogelijk een kleine ontgraving moeten plaatsvinden. Op basis van het definitieve uitvoeringsplan zal moeten worden gecontroleerd dat deze ontgraving niet gepaard gaat met instabiliteit of opdrijven. De kans op aantasting van de damstabiliteit wordt zeer gering geacht, omdat de locaties van het in- en uittredepunt in het achterland op ruime afstand van het damtalud liggen. Bovendien kan, indien nodig, eenvoudig met grondkerende schermen een stabielere situatie worden gecreëerd.

Vismigratierivier

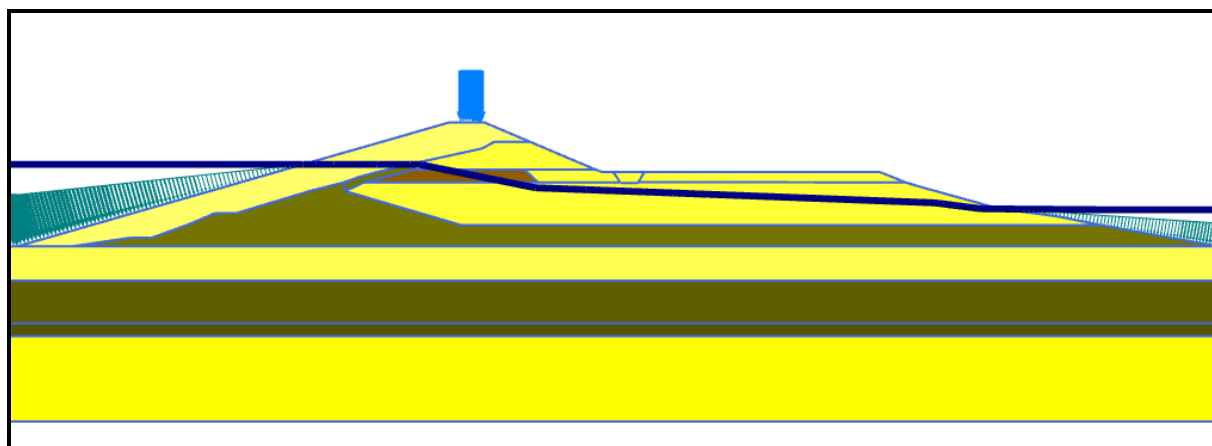
Nabij de locatie Kornwerderzand zal in de toekomst een vismigratierivier worden aangelegd. Op dit moment is het definitieve ontwerp van deze rivier nog niet beschikbaar. Bij de werkzaamheden voor Windpark Fryslân zal te zijner tijd rekening gehouden worden met deze activiteiten. Gezien de locatie van de boringen en de ligging van de vismigratierivier is echter geen onderlinge beïnvloeding te verwachten. Invloed op de stabiliteit van de waterkering is niet aan de orde.

Overige

In het definitieve ontwerp van de HDD-boring dient de gebruikelijke detaillering nog plaats te vinden. Hierbij komt onder andere zoals gebruikelijk de boordruk en het risico op blow-out aan de orde, conform de daartoe geldende richtlijnen waardoor hiervan geen relevante risico's zijn te verwachten.

5.6. Grond-kabelinteractie (G.5 en G.12)

Er kunnen vervormingen optreden in de Afsluitdijk tijdens het optreden van hoog water en door verhoging van de tuimeldijk. Er treedt dan zogenaamde liggerwerking op, omdat de kabel als stijf element fungeert in een 'bewegende' dijk. Hoe groter deze deformaties zijn en hoe korter de afstand is waarover ze optreden, hoe hoger de spanningen zijn in de kabels.



Figuur 5.4 – Doorsnede Afsluitdijk in Plaxisschematisatie met hoogwater in Waddenzee

Met behulp van het eindige elementen model Plaxis is berekend hoe groot de vervormingen in de dam kunnen zijn bij twee scenario's:

1. Maatgevend hoog water tegen de dijk.
2. Maximale verhoging van de tuimeldijk.

Er is een representatief profiel van de Afsluitdijk gekozen. De grondparameters zijn geschematiseerd aan de hand van representatieve sonderingen. Uit de gemeten conusweerstand zijn door middel van correlaties stijfheden bepaald. Er is gerekend met het Hardening Soil Model. Voor achtergronden van de Plaxisberekening wordt verwezen naar bijlage 4.

Uit de berekening blijkt dat de verhoging van de tuimeldijk maatgevend is voor de grondvervormingen bij de kabels. Dit vormt een bovengrensbepaling, omdat de uitgangspunten voor de verhoging conservatief zijn gekozen. Er worden vervormingen berekend bij de kabels ten gevolge van de verhoging van de tuimeldijk van circa 0,03 m. De onzekerheid van deze prognose bedraagt +/- 30%. Bij het ontwerp van kabels is het niet ongebruikelijk dat met dit soort vervormingen rekening wordt gehouden.

Benadrukt wordt dat in het definitief ontwerp van de kabel conform NEN 3650 alle mogelijke vervormingen van de kabel moeten worden beschouwd. Daaronder vallen ook uitvoeringszettingen en vervormingen van de kabel in dwars- en lengterichting door thermische uitzetting. Deze zaken zijn echter niet specifiek voor een dijk.

Aangezien met de bepaalde maximale vervorming in het ontwerp van de kabel rekening kan worden gehouden, hoeft bij de veiligheidsbeschouwing van de dijk geen rekening te worden gehouden met een verhoogde faalkans van de kabel.

5.7. Temperatuurseffecten (G.9)

Samenvatting

De sterkte van de grasmat van de dijk is mede bepalend voor de erosiebestendigheid van de kering bij golfoverslag. In de expertsessie is de vraag naar voren gekomen of de warmte die door de hoogspanningsleiding wordt gegenereerd een nadelig effect kan hebben op de kwaliteit van de grasmat. Deze risicofactor wordt in de onderstaande tekst nader omschreven en beoordeeld.

De sterkte van het wortelstelsel van vegetatie zoals gras is optimaal zolang er permanent lengtegroei (verjonging) plaats vindt van wortels. Stilstand van wortelgroei is niet normaal en eindigt uiteindelijk in verzwakking en sterfte. Veranderingen van standplaatseigenschappen zoals bodemtemperatuur dragen soms bij aan verbetering van groeisnelheid en soms juist niet. Voor de grasmat boven de begraven hoogspanningsleiding is sprake van de volgende veranderingen:

- bodemtemperatuur door warmtelevering van kabels (permanent)
- capillaire nalevering en infiltratie veranderen door aanwezigheid van PE beschermplaat en door verandering van profielopbouw door kabelsleuf (permanent)
- organische stofgehalte (tijdelijk)
- beschikbaarheid van nutriënten (tijdelijk)
- structuur (tijdelijk)
- bodemleven (tijdelijk)

Een deel van deze veranderingen zullen na enkele jaren niet meer meetbaar zijn. Of de veranderingen leiden tot gewasgroei-limiterende omstandigheden hangt af van toevalligheden zoals het weer in de periode direct na de werkzaamheden. Zelfs bij compleet hergebruik van het bestaande dijkmateriaal zullen verschillen ontstaan met de omgeving waarvan de expressie in termen van wortelgroei niet voorspelbaar is. In de eerste risico-inventarisatie is de verandering van de bodemtemperatuur aangemerkt als factor die nader moet worden bestudeerd. Omdat bodemtemperatuur inhaakt op de balans van water en energie aan het oppervlak is ook de invloed van de PE beschermplaat van belang. In de onderhavige rapportage is een kwalitatieve benadering gevolgd.

Conclusie

De sterkte van een grasmat is afhankelijk van diverse factoren. De factor “toevoeging van warmte” leidt onvermijdelijk tot een langer groeiseizoen en een toename van de intensiteit, lengte en frequentie van perioden met grote gewastranspiratie. Indien onvoldoende bodemwater aanwezig is, leidt extra bodemwarmte tot toename van verdroging. Gezien het lage vermogen van de warmtelevering, de gedempte luchttemperatuur in waterrijke omgeving, de relatief hoge luchtvochtigheid en de relatief gunstige expositie van de dijk ten opzichte van de zon is het zeer de vraag of de verdroging in de huidige/historische situatie überhaupt optreedt. Andere factoren zoals de grassoort spelen een ondergeschikte rol.

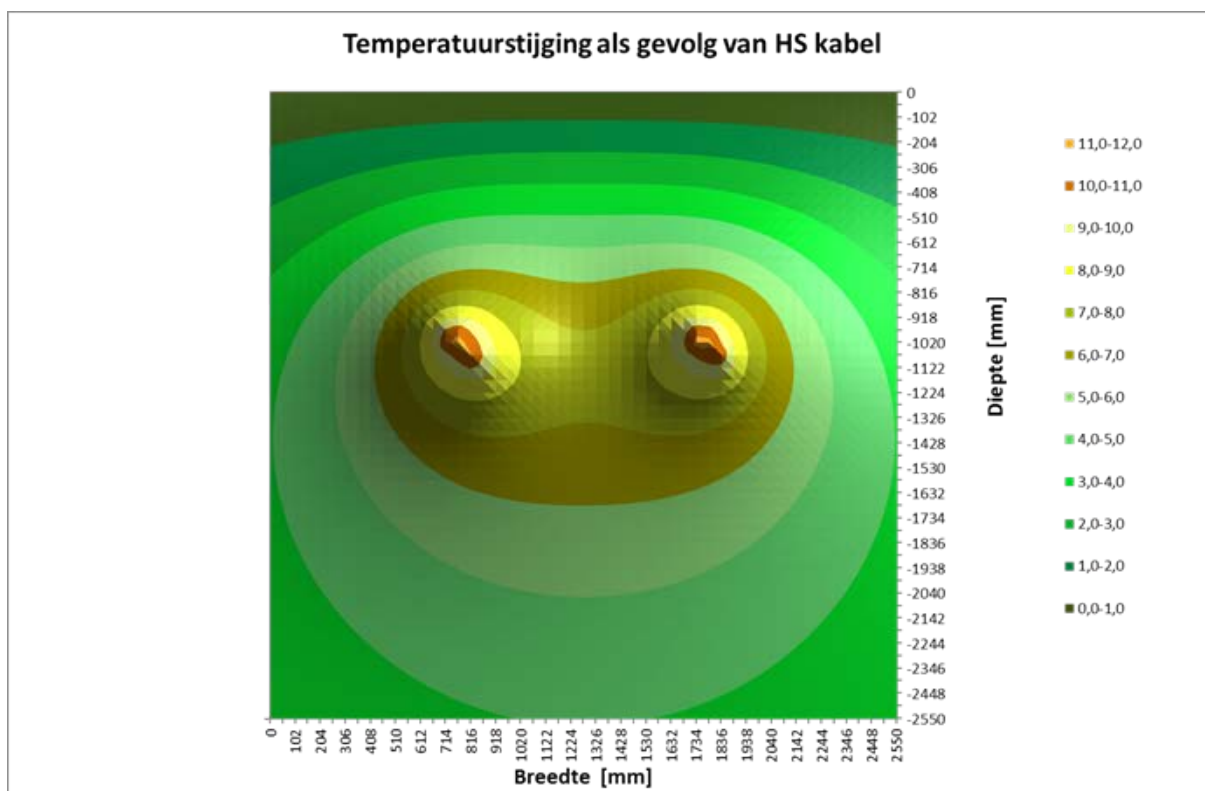
Aanbeveling

Met de opbouw van een gedetailleerd warmtetransportmodel, met daarin een representatief beeld van de kabelomgeving, kan worden onderzocht hoe de profielwaterbalans zich ontwikkelt. Daardoor kan meer informatie worden verschaft over de mate waarin droogtestress toeneemt door kabelwarmte. Gezien het lage thermische vermogen van de kabel in vergelijking met de andere termen in de oppervlakte energiebalans (zoninstraling en neerslag), verwachten wij geen meetbare invloed. De modellering van bovengenoemde factoren vereist een gekoppeld gewas-bodem-water model zoals dat gebruikt wordt in detailstudies voor klimaatmodellen. Een dergelijke aanpak zal hand in hand moeten gaan met veldvalidatie (met en zonder kabel) omdat de micro-meteorologische omstandigheden op de dijk sterk afwijken van die van normale grasproductie-omstandigheden. Dergelijk onderzoek vraagt aanzienlijke inspanningen en gezien de toevalligheid van zomerse omstandigheden kan pas na enkele jaren observeren een kwantitatieve uitspraak over de frequentieverdeling van droogteschade toename worden gedaan, al kan additionele bijdrage aan uitdroging nooit volledig worden uitgesloten, ook niet met verfijnde dynamische simulaties.

Hierna worden de verschillende elementen van een potentieel effect die ten grondslag liggen aan deze conclusie toegelicht.

Stationair warmteveld

Temperatuurverhoging De stationaire warmtelevering van 28W per meter kabel leidt tot een manteltemperatuur van 27,5°C. Bij normale waarden van warmtecapaciteit en warmtegeleidingseigenschappen van de bodem leidt dit tot een stationaire temperatuurverhoging van enkele graden op de diepte van de wortelzone van de grasmat (overgenomen uit onderstaand figuur met berekeningsresultaat van een verticaal dwarsdoorsnedemodel Energy Solutions, 2015).



Figuur 5.5 - Stationaire of beperkte tijd-warmteverdeling van de beide kabelgroepen bij maaiveldtemperatuur van 15C en een thermisch vermogen van 28 W/m kabel, Ensol 2015.

Het modelresultaat laat zien dat de isothermen boven de kabels dichter bij elkaar liggen dan die onder de kabels. Omdat de bovenrandtemperatuur is vastgesteld en de grootte van het modeldomein niet bekend is, is het onzeker welk deel van de warmte boven de kabels naar het maaiveld stroomt. Deze verhouding (omhoog/omlaag) en de afstand waarover de warmte wordt verspreid is bepalend voor de invloed op de waterbalans (neerslag/verdamping) boven en naast de kabel. Hieronder volgt een kort rekenvoorbeeld over de extra verdamping door extra bodemwarmte.

Verdampingstoename

1 mm neerslag vertegenwoordigt een hoeveelheid verdampingsenergie van 2250KJoule per m^2 . Stel dat 1/3 deel van het totale vermogen van 28 W van 3 kabels de bovengrond opwarmt; dan duurt het $2250.000J/28 = 80.000$ seconden ofwel 22 uur voordat 1 mm water verdampt is. Per strekkende meter kabel kan in 22 uur dus 1 mm neerslag verdampen tot op een afstand van 0,5 m, of minder naar mate die warmtestroom over een grotere afstand verdeeld wordt.

Uitgaande van een effectieve “werkende breedte” van het warmtefluxveld van 2 m aan weerszijden zal de verdamping op jaarbasis ten koste gaan van toenemen met 335 mm, te verdelen over $4 m^2$ is dat $>10\%$ van de totale neerslag.

Conclusie 1: als kabelwarmte doordringt tot het oppervlak zal deze leiden tot een toename van het *aantal dagen met droogtestress voor de grasmat*, zelfs als die warmte over een grote afstand wordt verdeeld.

Conclusie 2: de verdeling van de warmteflux rondom de kabel (meer of minder dan 1/3 deel van het totaal) is dus een dominante factor voor de bijdrage van de warmte aan de waterbalans.

Droogte

Indien de bodemtemperatuur ondiep werkelijk wordt verhoogd in toch al droge perioden gaat de extra verdamping ten koste van de bodemvochtvoorraad. Die vochtvoorraad bevindt zich in het kleiige deel van het bodemprofiel. De situatie is vergelijkbaar met continentale hangwaterprofielen (grondwatervoorraad buiten bereik van capillaire nalevering). Vanuit deze invalshoek is de opbouw van de dijk ongunstig aangezien het gras zich meters boven de freatische lijn bevindt en de dijk binnendijks is opgebouwd als een goed drainerend systeem. Het gras kan voor wortelgroei en bladkoeling niet rekenen op water via capillaire nalevering vanuit het grondwater. Neerslag en run-off van hoger gelegen oppervlak vult de kleilaag af en toe aan.

Ongeveer 25% v/v van het bodemvolume is als bodemvocht beschikbaar voor transpiratie van het gras. Uitgaande van een kleilaagdikte van 0,5 m is daarmee 150 mm water beschikbaar om droogteperioden te overleven. Evapotranspiratie kan op een zomerdag oplopen tot 7 mm per dag waardoor de voorraad na enkele weken is uitgeput. Capillaire nalevering vanuit diepere lagen is vrijwel uitgesloten. Om hierover kwantitatieve uitspraken te kunnen doen is meer informatie nodig over kleisamenstelling en beworteling en normale evapotranspiratie op deze dijk.

Verlenging groeiseizoen

Verhoging van de bodemtemperatuurverhoging leidt tot een verlenging van het groeiseizoen en tot een sterkere wortelmat zolang voldoende bodemvocht beschikbaar is. Een weelderiger bladgroei leidt ook tot een grotere blad-oppervlakindex waardoor potentiële transpiratie toeneemt. Mogelijk ontstaat daardoor een negatieve feedback op de overlevingskansen van gras in de perioden met droogtestress. Ook kan het zijn dat gras minder diep wortelt in warmere bodem. Omzettingsprocessen (nutriëntenvoorziening) en bodemleven (bodemaeratie) kan een gunstig effect hebben op gewasgroei omstandigheden.

Werkende breedte warmtefluxveld

In werkelijkheid zal die effectieve breedte van het warmteveld meerdere meters bedragen, te zien aan de simulatie. De gesimuleerde temperatuurverdeling is echter het resultaat van een constante warmtebron, constante temperatuur-randvoorwaarden en homogene bodemeigenschappen.

Ligging onder/naast fietspad

Het fietspad vormt een complicerende warmtebron in de zomer. Net op het moment dat droogtestress optreedt, is het fietspad een zonnecollector en zorgt voor een extra toename van de temperatuur van de atmosferische grenslaag. Dat kan negatieve effecten hebben op de overlevingskansen van gras. Een toename van de zeer beperkte kabelwarmteflux aan deze piektemperaturen is niet waarschijnlijk. Het vermogen van zoninstraling is immers 3000W per strekkende meter fietspad, en daarmee vergeleken is het thermisch vermogen van de kabels dat naar boven wordt afgevoerd nihil.

Detaileringsmogelijkheden voor simulatie

Voor een kwantitatieve analyse van de bovengenoemde factoren om te komen tot de kansverdeling van de grassterfte en de toename door kabelwarmte is een simulatie nodig waarin minimaal de volgende zaken dynamisch worden gekoppeld :

- gewasgroei
- verdeling van zoetwater over het dijkprofiel
- verdeling van bodemeigenschappen
 - a. overzadigde waterdoorlatendheid (K-h)
 - b. retentiekarakteristiek (pF)
 - c. thermische eigenschappen (Capaciteit en thermisch geleidingsvermogen)
- warmtebron

Daarnaast is uit de eerdere paragrafen benadrukt dat de oriëntatie, dijkvorm, kabelposities en het materiaalgebruik mogelijk zeer belangrijk zijn. Voor een simulatie is daarom minimaal een 2D dwarsdoorsnede nodig.

Verschillen in thermische geleidbaarheid en de verdeling daarvan over de omgeving van de kabels bepalen de verdeling van warmte in de ondergrond en daardoor de blootstelling van de wortelzone aan temperatuurverhogingen. De verschillen zijn groot, enkele ordegrottes, denk aan de droge klei met verticale en horizontale krimp-scheuren op zand, verdichtingsverschillen tussen sleufvulling en ondergrond (zand), asfalt en de daaronder gelegen wegcunetmaterialen. Hoe lang het duurt voordat sterfte optreedt na ingang van een droogtesituatie hangt ook af van de initiële warmteverdeling.

Detailering van het model door naast bodem en kabel ook het asfalt en de PE beschermplaat op te nemen in het model als die zich uitstrekt buiten het wegprofiel. Immers als meer warmte in de diepe ondergrond wordt afgevoerd neemt de temperatuur van de wortelzone naar verhouding *minder en langzamer toe* dan blijkt uit de modelsimulatie van Energy Solutions.

Conclusie/verwachting: De simulatie van Energy Solutions is conservatief vanuit het oogpunt van schade aan de sterkte van de grasmat. Aanscherping van het model door verlaging van het thermische geleidingsvermogen van de bovengrond zal opleveren dat de verhouding tussen warmteafdracht naar maaiveld en naar diepere lagen sterk afneemt. Uitdroging van de grond in de zomer heeft daardoor vermoedelijk een gunstige feedback omdat het leidt tot afname van de invloed van kabelwarmte op de grasmat. De extra verdamping zal mogelijk later alsnog optreden omdat de bodemwarmtevoorraad zal worden vereffend. Verschuiven in de tijd of in de ruimte is gunstig, tenzij neerslag langdurig uitblijft.

Dynamische aspecten De detailering van een warmtetransportmodel kan verder doorgevoerd worden door tijd-variabelen toe te voegen. Immers een groot deel van de uitgangspunten zijn seizoensgebonden en de thermische eigenschappen zijn sterk seizoensgebonden via neerslag en zoninstraling. Dynamische simulaties hebben pas zin als uit de onderstaande variabelen (de lijst is mogelijk niet uitputtend) een maatgevende situatie kan worden afgeleid en de daaraan ten grondslag liggende kans en frequentieverdeling kan worden vastgesteld.

Voor het verdrogingsscenario zijn de volgende dynamische kenmerken en invloeden mogelijk significant:

- Thermisch piekvermogen van de kabel in de winter, maatgevend vermogen in de zomer.

- Winters neerslagoverschot, run-off verdeling over de dijk, en zomers tekort.
- Beperking van verticale waterbewegingen door de aanwezigheid van de PE beschermplaat is alleen relevant wanneer die zich buiten het wegprofiel bevindt en is daarmee afhankelijk van de breedte van de plaat.
- De dijk is Noord-Oost gericht waardoor de stralingsintensiteit gedurende de ochtenduren maximaal is. Dit is gunstig vanuit het oogpunt van verdroging van de grasmatten. In de ochtenduren wordt immers de nachtelijke voorraad dauw verdampt. In de uren dat de stralingsintensiteit maximaal is, heeft de zon een gunstiger invalshoek bereikt.
- Bij een dijk in zee kan worden verondersteld dat natriumchloride in de wortelzone aanwezig is. Daardoor kan het gras iets verdrogingsgevoeliger zijn dan in vergelijkbare situaties op het vaste land.

Voor mechanische schade aan de dijkbekleding en wortelstelsel via thermische expansie of zwel en krimpgedrag zijn de volgende dynamische kenmerken relevant:

- Evapotranspiratie waardoor mogelijk diepe krimpscheuren ontstaan. Alle klei vertoont krimp bij afname van het watergehalte. Iedere temperatuurstijging door kabelwarmte leidt dus naar rato tot krimp. De zwel en krimpeigenschappen van de klei in de dijkbekleding zijn een standaard specificatie en bekend bij de dijkbeheerder.

Temperatuurverschillen leiden tot thermische expansie. Deze valt echter in het niet bij de zwel- en krimpgedrag van de kleiige bovengrond.

5.8. Glijvlakberekening calamiteit (G.14)

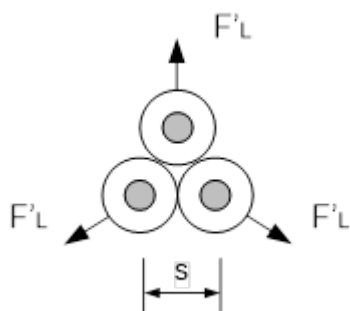
Doel stabiliteitsberekening

Indicatieve stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de invloed van kortsluiting in de elektrakabels op de macrostabiliteit van de waterkering. Het effect op veiligheidsfactor door de optredende belasting onder of naast het bestaande fietspad t.b.v. aanleg van de elektrakabels met de huidige en toekomstige geometrie (verhoging van de tuimeldijk naar NAP +10 m, met gelijke kruinbreedte) wordt inzichtelijk gemaakt. Tevens wordt in de gevoeligheidsanalyse een verzadigde dijk beschouwd, wanneer kortsluiting gelijktijdig met de bijzondere belasting van golfoverslag optreedt.

Kortsluitingsbelasting (aangeleverd door opdrachtgever)

De kabels onder het fietspad bestaan uit een drietal gecombineerde / gebundelde kabels zoals ook in het overleg op 11 februari 2015 is aangegeven. In hetzelfde overleg is eveneens aangegeven dat voortdurende kortsluiting en daarmee vrijkomen van krachten vrijwel uitgesloten wordt, omdat het gebruik van differentiaal materiaal ervoor zorgt dat de spanning meteen wordt afgesloten. In tabel 5.1 is aangegeven dat de kansen op optreden van een interne kabelfout zeer klein zijn.

Mocht onverhoopt toch kortsluiting ontstaan dan zullen krachten vanuit de kabel in de ondergrond worden opgewerkt. Voor een 110 kV met een 3-tal gebundelde kabels is de kracht 11 kN/m^1 de krachtafdracht is gelijkmatig over de 3 richtingen verdeeld volgens opgave van Ventolines van 21 april 2015. De situatie van de krachtafdracht is getekend in figuur 5.6.



Figuur 5.6 - Krachtafdracht elektrakabels (3-tal kabels, gebundeld)

Uitgangspunt berekening

Als uitgangspunt voor de berekening, geometrie, bodemopbouw, grondparameter, hydraulische randvoorwaarde, hoogteligging grondwaterstand en partiële veiligheidsfactoren en toetsing stabiliteit is gebruik gemaakt van gegevens uit eerder uitgebrachte rapportage van Fugro, geotechnisch advies en risicoanalyse Effect waterkering ten gevolge van Windpark Fryslân (rapportagenr. 1013-0226-000 d.d. 20-01-2016 (versie 8)).

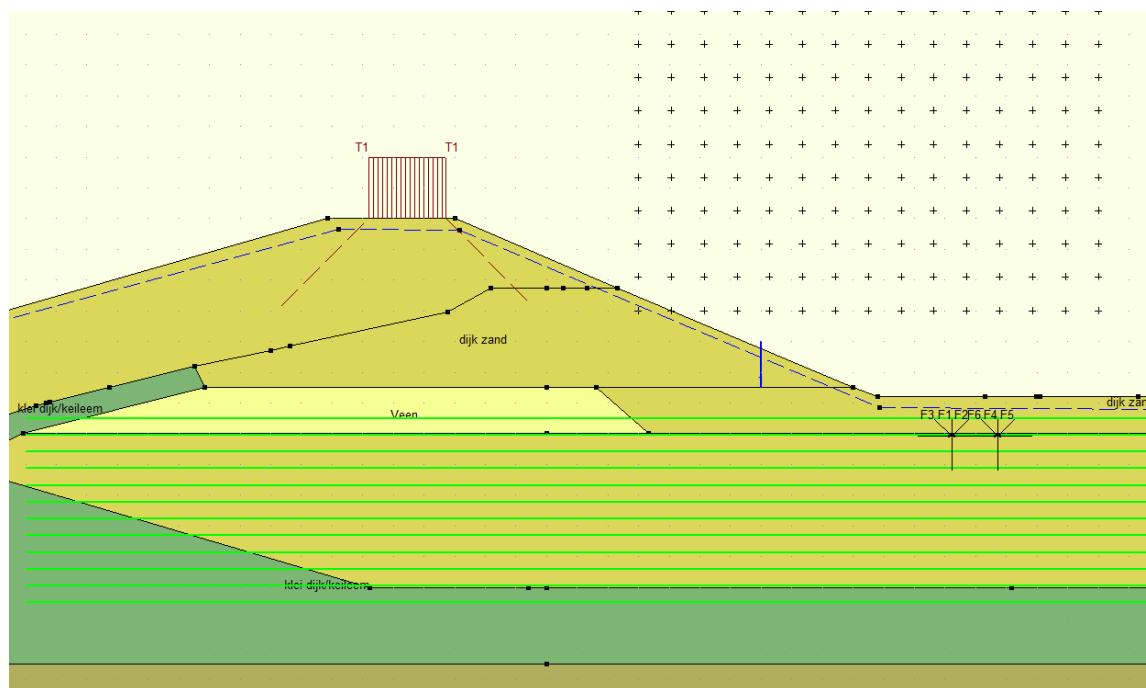
Voor de uitgangspunten is verder gebruik gemaakt van gegevens uit paragraaf 5.4.

Macrostabieliteit

Een indicatieve bepaling van de macrostabieliteit (in gebruiksfase) is berekend voor de tuimeldijk van de Afsluitdijk ter hoogte van Breezanddijk voor de volgende verschillende scenario's:

- Scenario 1.0: Referentie niveau (huidige geometrie), geen activiteiten voorzien;
- Scenario 1.1: Huidige geometrie, met kortsluiting;
- Scenario 1.2: Huidige geometrie, met kortsluiting en golfoverslag (dijk verzadigd);
- Scenario 1.3: Huidige geometrie, met golfoverslag (dijk verzadigd);
- Scenario 2.0: Toekomstige geometrie, verhoogde tuimeldijk naar NAP +10,0 m;
- Scenario 2.1: Toekomstige geometrie, met kortsluiting;
- Scenario 2.2: Toekomstige geometrie, met kortsluiting en golfoverslag (dijk verzadigd);
- Scenario 2.3: Toekomstige geometrie, met golfoverslag (dijk verzadigd).

De berekeningsresultaten zijn grafisch gepresenteerd in bijlagen 3.5 t/m 3.7 en in tabel 5.5 samengevat.



Figuur 5.7 – Schematisatie 'worst case' scenario 2.2 met verzadigde dijk, verkeersbelasting en meervoudige kortsluiting

De kortsluiting is geschematiseerd als krachten, waarbij er conservatief vanuit is gegaan dat kortsluiting in alle kabels tegelijkertijd optreedt en alleen de krachten optreden die ongunstig werken op de evenwicht van het glijvlak. Verder is aangenomen dat er, ondanks de zeer hoge golfoverslag en het ontbreken van een weg, zwaar verkeer over de kruin van de dijk rijdt. Bij hoge golfoverslag is met een nagenoeg verzadigde dijk gerekend.

Tabel 5.5 - Berekende stabiliteitsfactoren scenario's kortsluiting (rekenwaarden van de grondparameters)

Scenario	Situatie	Stabiliteitsfactor tuimeldijk [-]	Minimaal vereiste stabiliteitsfactor ¹⁾ [-]
1.0	Referentie	1,29	1,22
1.1	Huidige geometrie i.c.m. kortsluiting	1,29	1,22
1.2	“, i.c.m. kortsluiting en golfoverslag	0,69	1,22
1.3	“, i.c.m. golfoverslag	0,69	1,22
2.0	Referentie (verhoogde tuimeldijk)	1,26	1,22
2.1	Verhoging tuimeldijk i.c.m. kortsluiting	1,26	1,22
2.2	“, i.c.m. kortsluiting en golfoverslag	0,67	1,22
2.3	“, i.c.m. golfoverslag	0,67	1,22

1) Minimaal vereiste stabiliteitsfactor, binnentalud (tuimeldijk), gebruiksfase

Uit de berekeningen komt naar voren dat de berekende stabiliteitsfactor van de dijk niet verandert door het optreden van kortsluiting voor zowel de huidige geometrie (scenario's 1.1 en 1.2) of de toekomstige (scenario's 2.1 en 2.2) ten opzichte van de situaties zonder kortsluiting. Voor de kabel is van belang dat voor elk scenario de stabiliteit met of zonder kortsluiting even groot is. De invloed van kortsluiting op de stabiliteit is dus verwaarloosbaar klein.

Opvallend is dat de berekende stabiliteitsfactor bij maatgevend hoog water ruimschoots niet voldoet aan de eis (ongeacht de aanwezigheid van de kabel en het optreden van kortsluiting). Dit komt doordat in de berekeningen conservatief is aangenomen dat de Afsluitdijk geheel 'verweekt' tijdens maatgevend hoog water door een hoog golfoverslag-debiet. Dit is gedaan door de freatische grondwaterstand bijna gelijk te kiezen aan het damprofiel. In werkelijkheid zal de stabiliteit hoger zijn. Optimalisatie van deze berekening en het onderliggende damversterkingsontwerp is echter niet relevant voor de scope van dit onderzoek.

5.9. Conclusies n.a.v. resultaten kwantitatieve analyse

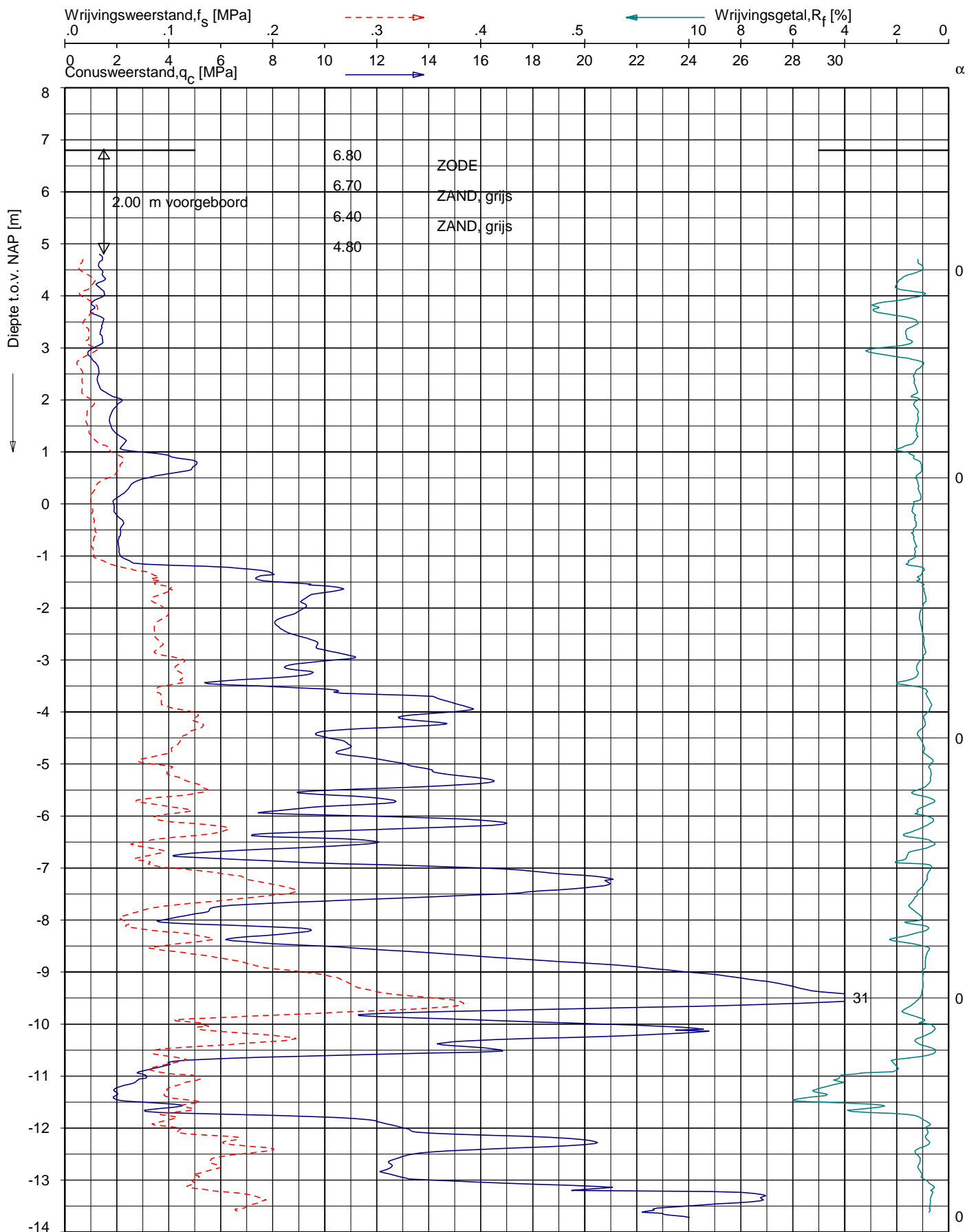
De conclusies uit de kwantitatieve analyse kunnen als volgt worden samengevat:

- B.2 Als het tracé van de HDD-boring bij Breezanddijk wordt geïnstalleerd met een diepte van 10 tot 15 m onder de teen, dan zal dit tot nagenoeg geen zakkings leiden ('nihil') aan het oppervlak. Als de HDD-boring ondieper wordt aangelegd, dan is groutinjectie nodig om de zettingen met zekerheid tot "nihil" te reduceren.
- B.3 De HDD-boringen bij Breezanddijk zullen in de voorziene configuratie niet leiden tot een onvoldoende taludstabiliteit.
- B.6 De ontgraving voor de kabelsleuf heeft een verwaarloosbaar effect op de stabiliteit van de Afsluitdijk. Onder dagelijkse omstandigheden voldoet de stabiliteit van de Afsluitdijk aan de eisen, zowel met tuimeldijk als met een ontgraving als met een combinatie van beide.
- G.2 Op basis van een verkennende veiligheidsbeschouwing kan worden geconcludeerd dat eventuele tijdelijke effecten van de voorziene HDD-boringen bij Kornwerderzand ten zuiden van de Afsluitdijk goed beheersbaar zijn. Bij een detailbeschouwing van het definitieve ontwerp moet definitief worden aangetoond dat de effecten op de damveiligheid en de en de omgeving verwaarloosbaar zijn. Aanbevolen wordt in het definitieve uitvoeringsplan een monitoringsplan op te nemen, waarin is omschreven hoe schade en hinder bij objecten en bebouwing wordt voorkomen en gemonitord; indien boringen onder of vlak langs objecten en/of bebouwing lopen.
- G.5 De maximale vervormingen van de kabel door hoog water ligt in de orde van enkele centimeters. De vervormingen van de kabel door aanleg van een tuimeldijk zijn maatgevend en kunnen worden meegenomen in het ontwerp (zie G.12). Daarom zijn de vervormingen door hoog water niet verder beschouwd.
- G.9 Er wordt geen meetbare invloed verwacht van de temperatuurverhoging door de aanwezigheid van kabels op de kwaliteit van de grasmatten.
- G.12 De maximale vervormingen van de kabel door een maximale verhoging van de tuimeldijk na aanleg van de tuimeldijk of door optreden van maatgevend hoog water ligt in de orde van 0,05 m. Deze waarde is input voor de dimensionering van de kabels samen met andere grondvervormingen conform NEN 3650. De kans dat de kabels schade oplopen door liggerwerking (waarbij kabels een stijf element vormen in een 'bewegende' dijk) is dan uitgesloten.
- G.14 De kans op een kortsluiting in de kabels is zeer klein. Mocht dit optreden dan geldt dat de krachten in een kabel ten gevolge van het optreden van een kortsluiting een verwaarloosbare invloed op de stabiliteit van de Afsluitdijk hebben.

BIJLAGE 1 - RISICOANALYSETABEL ELEKTRICITEITSKABELS AFSLUITDIJK

NR.	OORZAAK/RISICO	GEVOLG	MOTIVATIE WAAROM RISICO VOOR VEILIGHEID WATERKERING BEPERKT IS	BEHEERSMAATREGELEN
BOUWFASE				
B.1	Aanleg kabels valt samen met versterking waterkering.	Werkzaamheden kunnen elkaar belemmeren.	Eventuele knelpunten kunnen worden opgelost door aanpassingen van het werkproces. De aanlanding ligt niet direct bij het dijklichaam en de versterkingswerkzaamheden zijn waarschijnlijk voorzien aan de Waddenzijde. Aanpassingen van fietspad en rijksweg zijn niet voorzien.	Afstemming tussen beide projecten.
B.2	Aanleg kabels van transformatorstation naar IJsselmeer.	Schade aan bekleding door zettingen.	Maximale zetting kan worden berekend. Zettingen in zandige ondergrond zijn beperkt Zettingen kunnen eenvoudig worden gecompenseerd. Kabels worden voldoende diep onder bekleding door geboord.	Zettingsprognose (zie paragraaf 5.3) Zettingen steenbekleding monitoren. Zettingscompensatie door na-injectie Alternatief: kabels op het talud leggen in een zandbed.
B.3	Aanleg kabels van transformatorstation naar IJsselmeer.	Verlaagde stabiliteit door roering ondergrond. Verlaagde stabiliteit door toename waterspanningen tijdens boren. Verlaagde stabiliteit bij blow-out nabij teen van de dam. Verlaagde stabiliteit door eventuele na-injectie	Er kan met enige marge onder de bekleding worden doorgeboord. Gestuurde boring vindt niet in damlichaam plaats. De toename van waterspanningen kan berekend worden. Maximaal toelaatbare muddruk kan berekend worden en gecontroleerd worden tijdens de uitvoering.	Stabiliteitsanalyse (zie paragraaf 5.3) Definitieve werkwijze evalueren. Monitoren van waterspanningen. Monitoren van muddruk tijdens boren. Alternatief: kabels op het talud leggen in een zandbed.
B.4	Aanleg kabels van transformatorstation naar IJsselmeer.	Schade aan andere aanlandingskabels tijdens installatie (Geen potentieel risico voor de kering)	Kabels worden op 5 m tussenaafstand geboord	Nauwkeurige plaatsbepaling.
B.5	Aanleg kabels van transformatorstation naar kabelstraat in Afsluitdijk.	Perforatie en/of verzwakking damlichaam.	Kabelstraat wordt achter tuimeldijk aangelegd. Daardoor ontstaat geen doorgaande kwelweg. Door zorgvuldige werkwijze kan grondroering worden beperkt.	Definitieve werkwijze evalueren. Werkzaamheden uitvoeren in open seizoen.
B.6	Aanleg kabelstraat in Afsluitdijk.	Verlaagde erosiebestendigheid of stabiliteit door tijdelijke ontgraving.	Ontgraving is beperkt en kan gefaseerd worden uitgevoerd.	Definitieve werkwijze evalueren. Stabiliteits-, piping- en opbarstanalyse uitvoeren (zie paragraaf 5.4) Sleuf niet onnodig diep maken. Indien nodig sleufbekisting toepassen. Materiaal keuren en alleen erosiebestendig materiaal terugbrengen. Opgedolven grond gescheiden opslaan. Gefaseerd ontgraven. Werkzaamheden uitvoeren in open seizoen.
B.7	Aanleg kabelstraat in Afsluitdijk.	Zettingen t.g.v. holle ruimten door niet (goed) verdichten teruggebrachte grond.	Door zorgvuldige werkwijze ontstaan geen holle ruimten.	Teruggebrachte klei in lagen van 0,20 à 0,40 m aanbrengen en goed verdichten. Dichtheid controleren met verdichtingscontroles (RAW proeven). Dichtheid controleren m.b.v. handsondering voor en na ontgraving. Aanvullen met geschikte grond conform NEN3651
B.8	Aanleg kabelstraat in Afsluitdijk.	Aansluiting tussen grasbekleding en fietspad vormt vlak na uitvoering een zwakke plek.	Door zorgvuldige werkwijze kan risico worden beperkt. Er is nu ook reeds sprake van een aansluiting tussen grasbekleding en fietspad, de hieraan gerelateerde beheersproblemen blijken beperkt te zijn.	Overgangsconstructie toepassen, bijv. doorgroeistenen of geotextiel (versterkte grasmat). Graszoden na graafwerkzaamheden zorgvuldig terugplaatsen.
B.9	Aanleg kabelstraat in Afsluitdijk.	Schade aan bestaande kabels en leidingen door aanleg nieuwe kabels.	Ligging bestaande kabels bekend uit KLIC-melding. Door zorgvuldig graven kan beschadiging bestaande kabel voorkomen worden.	Ligging bestaande kabel in het veld vaststellen voor start ontgraving nieuwe kabels. Definitieve tracékeuze vergelijken met ligging bestaande leidingen in relatie tot afstandseisen uit NEN 3651
B.10	Aanleg kabelkruising bij sluisen.	Verlaagde veiligheid waterkerend kunstwerk door kabelkruising.	Bij een voldoende diepe gestuurd boring is de invloed nihil, zoals recent is gebleken bij een andere kabelkruising.	Definitieve werkwijze evalueren. Diepte van funderingselementen achterhalen en kruising zo mogelijk door tracé optimalisatie vermijden.
B.10	Aanleg kabels in de keileemkern.	Verstoring van de keileemkern, sterkeafname door grondroering. Ongewenste waterophopingen. Zwaar graafwerk i.v.m. stenen in keileem.	De keileemkern ligt vooral aan de buitenkant van de Afsluitdijk, terwijl de kabels aan de binnenkant (onder het fietspad) komen te liggen, dus geen effect op de keileemkern. Alleen in dijkvak 11 is een dunne keileemlaag aanwezig onder het fietspad.	Ligging kabeltracé in dijkvak 11 (enige dijkvak met keileem onder beoogde kabeltracé) optimaliseren. Keileem vervangen door categorie 1-klei in dijkvak 11. Precieze ligging keileemkern uitkarteren met grondonderzoek
GEBRUIKSFASE				
BEHEER				
G.1	Kwel bij kabeldoorvoer.	Wateroverlast.	Dit is niet van toepassing, omdat de kabels nergens het dijkprofiel kruisen.	Niet van toepassing.
G.2	Gestuurde boring sluisen Kornwerderzand.	Verlaagde veiligheid door piping. Schade aan kunstwerken of objecten door grondvervormingen. Schade aan dam door grondroering of volumeverlies bentoniet Schade aan bekleding bij in- en uitredpunt HDD-boring. Watertransport tussen mantelbuizen en kabels	Er is geen waterstandsverschil tussen in- en uitredpunt. Vervormingen zijn beperkt door gecontroleerde uitvoering en voldoende diepte van HDD-boring. De HDD ligt op enige afstand van het dijklichaam en wordt op een gecontroleerde manier uitgevoerd. In- en uitredpunten zijn niet voorzien op een kritieke plek. Eventuele schade is zeer plaatselijk en kan eenvoudig worden hersteld. Mantelbuizen zijn waterdicht en worden waterdicht op kabels aangesloten.	Niet van toepassing. Definitieve werkwijze evalueren (zie ook paragraaf 5.5). Bij afstanden tot objecten, kleiner dan 50 m, alignement definitieve ontwerp afstemmen met beheerder door indiening werkplan en DO Definitief ontwerp o.b.v. NEN 3650/3651. Definitieve werkwijze evalueren (zie ook paragraaf 5.5). Definitieve werkwijze evalueren (zie ook paragraaf 5.5). Definitieve werkwijze evalueren (zie ook paragraaf 5.5).
G.3	Volumeverlies bentoniet rond mantelbuizen gestuurde boring IJsselmeer.	Verzakking van het IJsselmeetalud en/of taludbekleding.	Zettingen ter plaatse van talud zijn beperkt als gestuurde boring voldoende diep onder talud door gaat en niet te dicht bij het dijklichaam worden uitgevoerd.	Definitieve werkwijze evalueren.
G.4	Zettingen onder kabels in Afsluitdijk door gewicht van huidige dam.	Holle ruimten onder kabels, hierdoor komen er krachten in kabels.	Treedt niet op, want de zettingen zijn zeer beperkt (de kering ligt er al geruime tijd waardoor primaire zettingen al volledig zijn opgetreden); de kabels kunnen deze kleine zettingen volgen.	Niet van toepassing.
G.5	Grondvervormingen bij kabel tijdens hoog water.	Holle ruimten onder kabels, hierdoor komen er krachten in kabels.	De Afsluitdijk vormt een massief geconsolideerd grondlichaam. De grondvervormingen door hoog water zijn dermate klein dat gevolg niet wordt verwacht	Prognose gronddeformaties door eindige elementensimulatie (zie paragraaf 5.6).

NR.	ORZAAK/RISICO	GEVOLG	MOTIVATIE WAAROM RISICO VOOR VEILIGHEID WATERKERING BEPERKT IS	BEHEERSMAATREGELEN
G.6	Kapot gaan of bij kabels of andere storing aan kabels.	Ontgraving in de dam benodigd. Grasbekleding heeft 3 tot 5 jaar nodig om te herstellen.	Beperkte ontgraving (lengte 10 à 15 m) die alleen nodig is bij een storing. De ontwerplevensduur van kabels is 40 jaar en dus aanzienlijk langer dan de planperiode van de windturbines van 20 jaar.	Grotere kabellengtes (minder moffen). Overleg met dambeheerder omtrent adhoc onderhoud. Kabels onder fietspad en/of harde bekleding leggen die snel te herstellen is. Grasmat versterken met geotextiel of doorgroeistenen. Bij reparatie 24 uur/dag werken en erosiebestendig materiaal paraat houden en weersvoorspelling monitoren voor hoog water voorspelling
G.7	Kwelstroom door waterstandsverschil over kabel.	Verminderde stabiliteit van de dam door uitgespoelde grond.	Kabels worden boven het freatisch vlak in de dijk gelegd.	Niet van toepassing.
G.8	Effect magnetisch veld.	Mogelijke storing elektronische apparatuur (bijv. bij inspecties).	Het optredend magnetisch veld is beperkt en leidt niet tot beïnvloeding van elektronische apparatuur.	Niet van toepassing.
G.9	Verhoging temperatuur rondom kabel.	Aantasting grasmat door verhoging temperatuur. Aantasting grasmat door uitdroging grond.	Temperatuurverhoging is beperkt, mede omdat dit voor het kabelontwerp ook van belang is. Windpark draait bijna nooit op vol vermogen en dit zal bovendien niet samenvallen met hoge grondtemperaturen door zonneschijn. Bij zonneschijn is het warmte-effect van de weg zeer waarschijnlijk significant hoger dan van de kabel.	Verkenning warmtetransport en temperatuurontwikkeling (zie paragraaf 5.7). Bij keuze aanvulmateriaal rekening houden met temperatuureffecten. Bij ontwerp kabelconfiguratie rekening houden met temperatuureffecten.
VERSTERKING WATERKERING				
G.10	Kabels komen mogelijk onder een harde bekleding te liggen.	Kabels zijn lastiger bereikbaar voor onderhoud.	Kabels behoeven geen onderhoud.	Niet van toepassing.
G.11	Versterking leidt mogelijk tot een andere geometrie van de kering.	Voorziena locaties kabels blijkt niet meer mogelijk. Kabeltracé moet worden aangepast.	Versterking vindt waarschijnlijk plaats aan Waddenzeezijde kering. Aanpassingen van fietspad en rijksweg zijn niet voorzien. Versterking vindt waarschijnlijk plaats aan Waddenzeezijde kering. Aanpassingen van fietspad en rijksweg zijn niet voorzien.	Afstemming tussen beide projecten. Afstemming tussen beide projecten.
G.12	Grondvervormingen door verhoging en verbreding van Afsluitdijk.	Holle ruimten onder kabels, hierdoor komen er krachten in kabels.	De Afsluitdijk vormt een massief grondlichaam op een voorbelaste zandige ondergrond. De grondvervormingen door verhoging en verbreding zijn dermate klein dat gevolg niet wordt verwacht	Prognose gronddeformaties door eindige elementensimulatie (zie paragraaf 5.6).
CALAMITEITEN				
G.13	Beschadiging kabels door werkzaamheden aan fietspad.	Ontgraving in de dam benodigd.	In een waterkering wordt niet zomaar gegraven. Aannemer werkzaamheden fietspad moet een KLIC-melding doen voorafgaand aan uitvoering. Locatie kan bij storing nagenoeg exact worden bepaald	Ligging kabel bij aanleg nauwkeurig inmeten en vastleggen. Kabels beschermen met plastic 'slab'. Voldoende gronddekking toepassen (minimaal 0,8 m). Bij reparatie 24 uur/dag werken en erosiebestendig materiaal paraat houden, uitvoeringsduur maximaal een week. Geen reparatiewerkzaamheden uitvoeren als relevant hoogwater voorspeld wordt. Beperkte ontgraving (lengte 10 à 15 m) Waterkeringbeheerder inlichten bij calamiteit.
G.14	Kortsluiting in hoogspanningskabel.	Verminderde stabiliteit van de dam door verweekte grond.	De kans op kortsluiting is beperkt door beveiliging in systeem, waarbij het binnen enkele tienden van seconden wordt uitgeschakeld. Er komt een beperkte kracht vrij bij kortsluiting.	Analyse krachtenspel in kortsluitscenario. Stabiliteitsanalyse (zie paragraaf 5.8).
G.15	Beschadiging kabels door opvriazing (uitzetten grondwater door vorst).	Ontgraving in de dam benodigd.	Het toepassen van minimale gronddekking is voldoende.	Voldoende gronddekking toepassen (minimaal 0,8 m).
G.16	Uitzetten en krimpen van kabels door temperatuurwisseling ('kwispeleffect').	Grotere krachten in kabels. Verlaging van de sterkte van de grond rondom kabels.	Er is geen relevante uitzet of krimp als gevolg van het ontwerp van de kabels (koper of aluminium in een mantel) en het op diepte leggen van de kabel. De kabels worden zogenaamd 'kortsluitvast' geïnstalleerd wat betekent dat deze in principe ook bij kortsluiting niet beweging komt. De potentiële beweging in de kabel door krimp of uitzet is verwaarloosbaar klein op zichzelf en ten opzichte van een kracht bij kortsluiting (zie G.14). Er is dan ook geen invloed op de positie of de lengte van de kabel.	Niet van toepassing.
SLOOPFASE				
S.1	Verwijderen van kabels.	Verslechtering van de ondergrond door grondroering	Geen effect op standzekerheid dam bij zorgvuldige werkwijze	Kabel bij voorkeur niet verwijderen, tenzij dit efficiënt en veilig kan worden gecombineerd met andere werkzaamheden, zoals bijvoorbeeld het onderhoud fietspad. Zorgvuldig ontgraven en aanvullen Werkzaamheden uitvoeren in open seizoen.
S.2	Verwijderen van kabels.	Schade aan bestaande, andere kabel door verwijderen hoogspanningskabels.	Ligging andere kabel bekend uit KLIC-melding. Door zorgvuldig graven kan beschadiging andere kabel voorkomen worden.	Kabel bij voorkeur niet verwijderen, tenzij dit efficiënt en veilig kan worden gecombineerd met andere werkzaamheden, zoals bijvoorbeeld het onderhoud fietspad. Ligging andere kabel in het veld vaststellen voor start ontgraving verwijderen hoogspanningskabels.
S.3	Achterblijven van HDD-mantelbuizen.	Obstakels in de ondergrond.	Geen effect, want situatie is hetzelfde als met kabels in mantelbuis.	Vastleggen locaties mantelbuizen. Afwerking lege mantelbuis vastleggen.



Opg.: GRF d.d. 18-06-97 conus: F7.5CKEW₁/V X = 0.0
 Get.: ELD d.d. 14-aug-1997 MV = NAP +6.80 m Y = 0.0

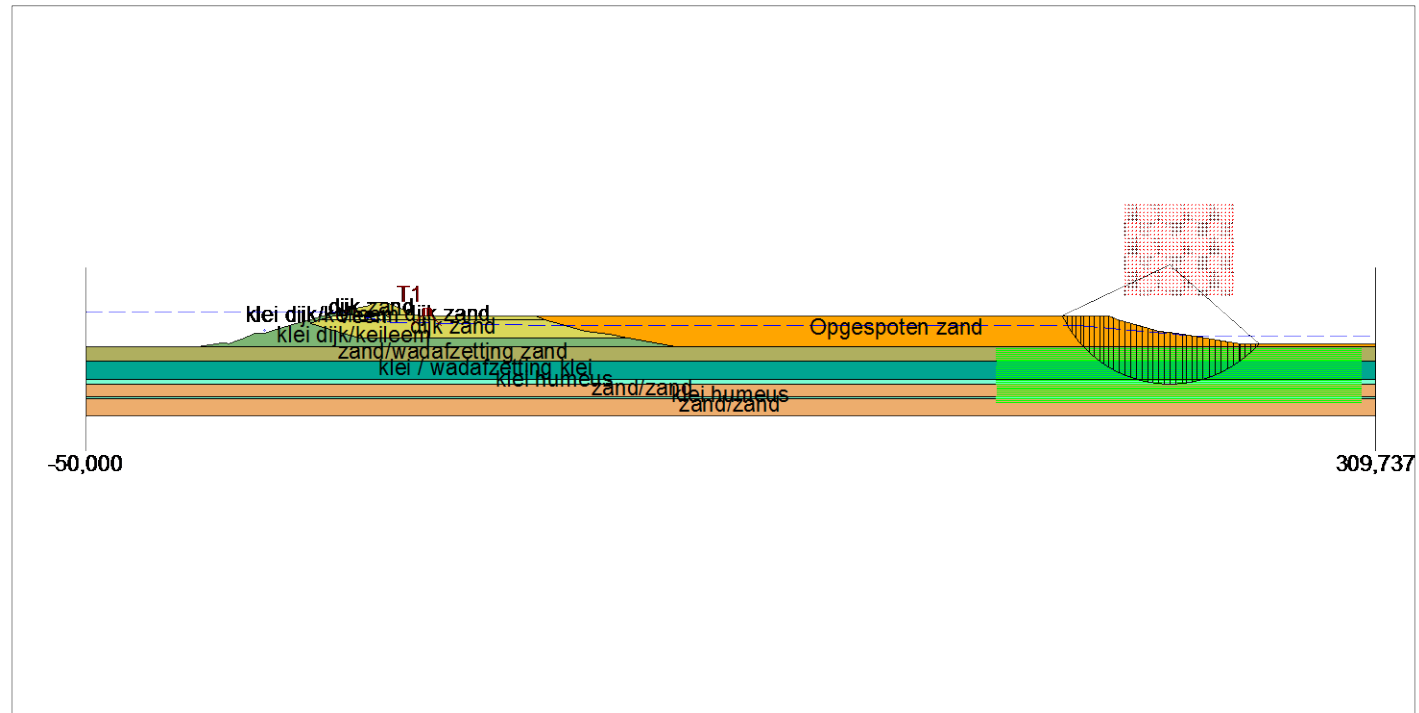
Sondering volgens norm NEN 5140, klasse 2.
 Conustype cilindrisch elektrisch 1500 mm.
 Specificaties conform bijl. Elektrisch sonderen.



SONDERING MET PLAATSSELIJKE KLEEFMETING
 KRUISSING A7 KM.97.000 a/d AFSLUITDIJK TE KORNERWERDERZAND

Opdr. G-7043
 Sond. DKMP1

Critical Circle Bishop

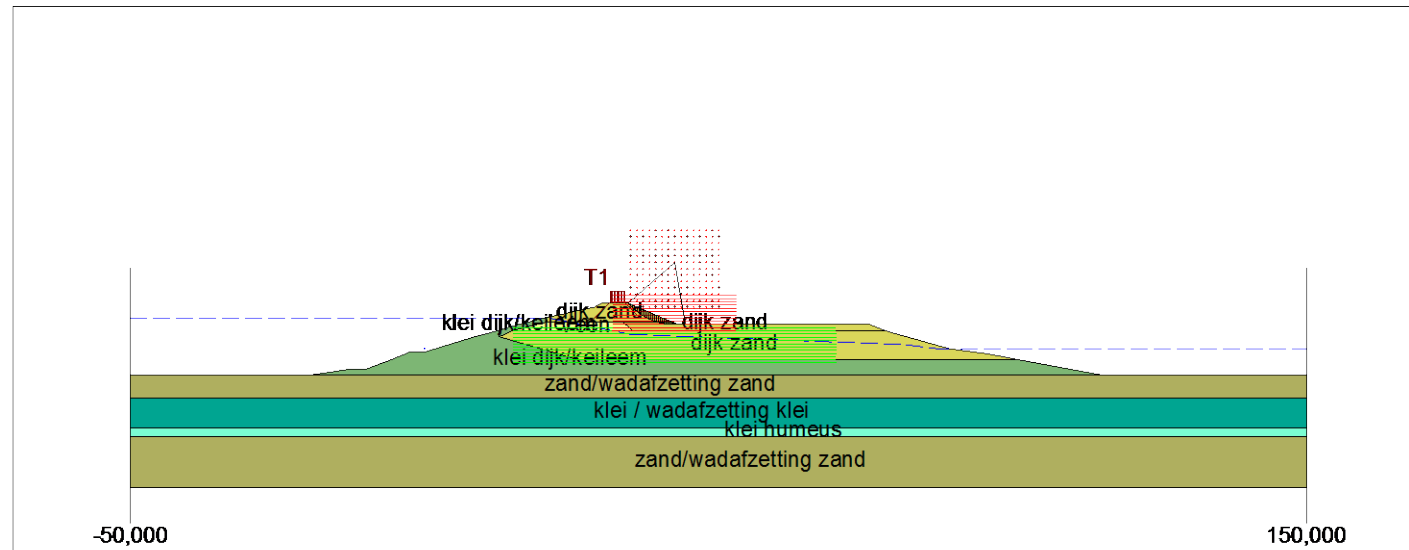


Xm : 252,41 [m]
Ym : 18,33 [m]

Radius : 33,16 [m]
Safety : 1,53

Afsluitdijk Dijkpaal 10,26 Aanlanding Breezanddijk worst case MHW bi		Pagina 8-6-2015		Case Stability / 4/1 - Concreet kadaster - Breda - 100 - 100	
Annex	3.1	1013-0226-005	PAK	dr.	dr.
					A4

Critical Circle Bishop

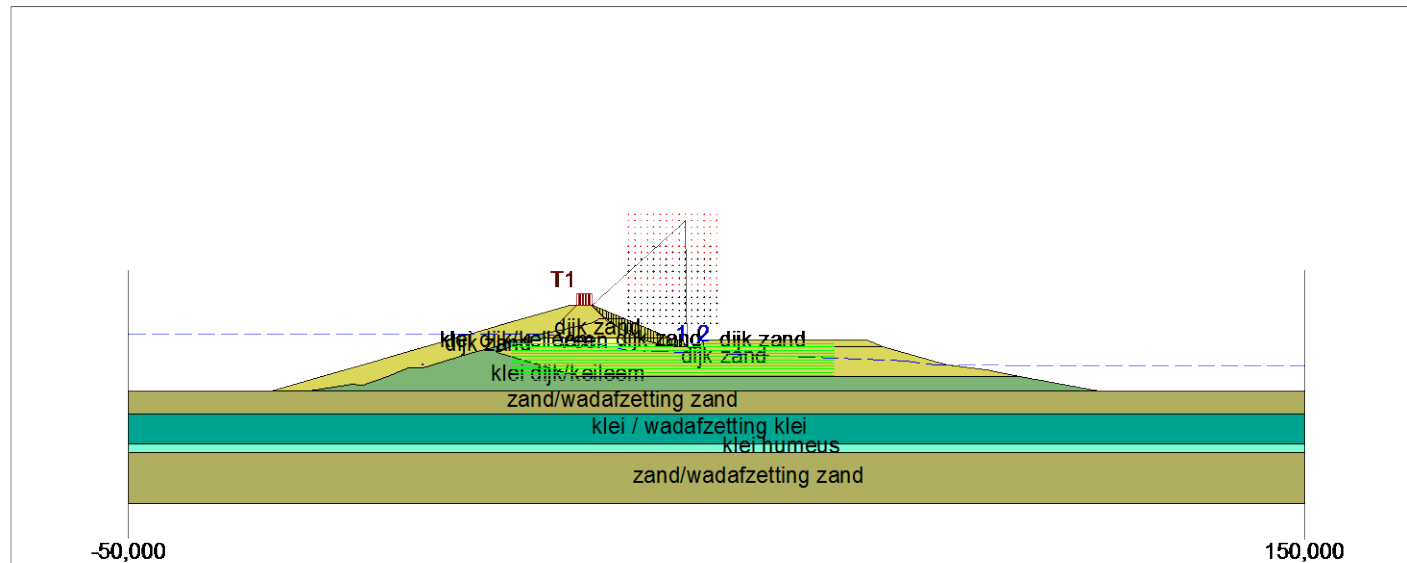


Xm : 42,50 [m]
Ym : 14,58 [m]

Radius : 10,54 [m]
Safety : 1,29

Referentie		A4	
Afsluitdijk		Annex 3.2	
Phone		1013-0226-005	
Fax		8-5-2015	
Date		DAK	
D-Ord Stability 14.1 - 2015-05-14		dr.	

Critical Circle Bishop

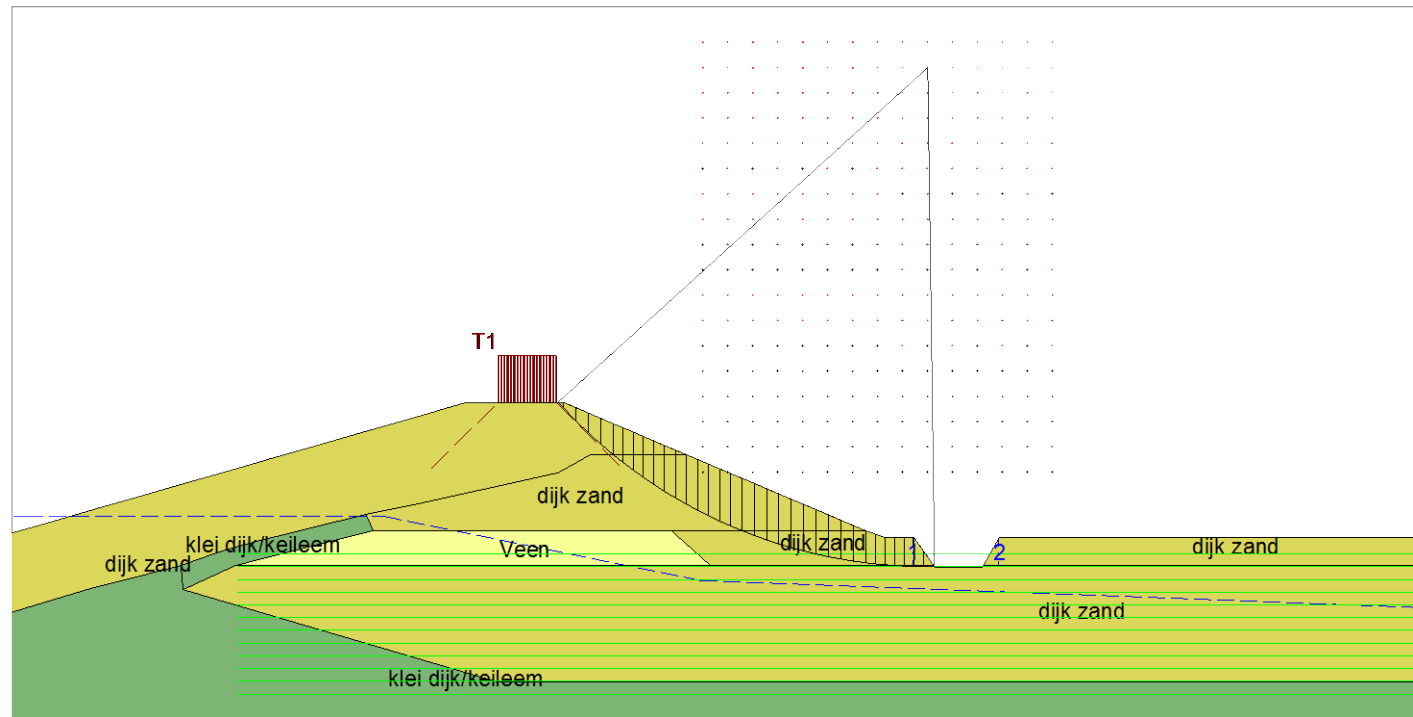


Xm : 44,64 [m]
Ym : 24,33 [m]

Radius : 21,38 [m]
Safety : 1,26

Verhoging tuimeldijk + ontgraving kabelseurf		Project FAK	
Annex 3.3	1013-0226-006	8-5-2015	DAK
A4			

Critical Circle Bishop

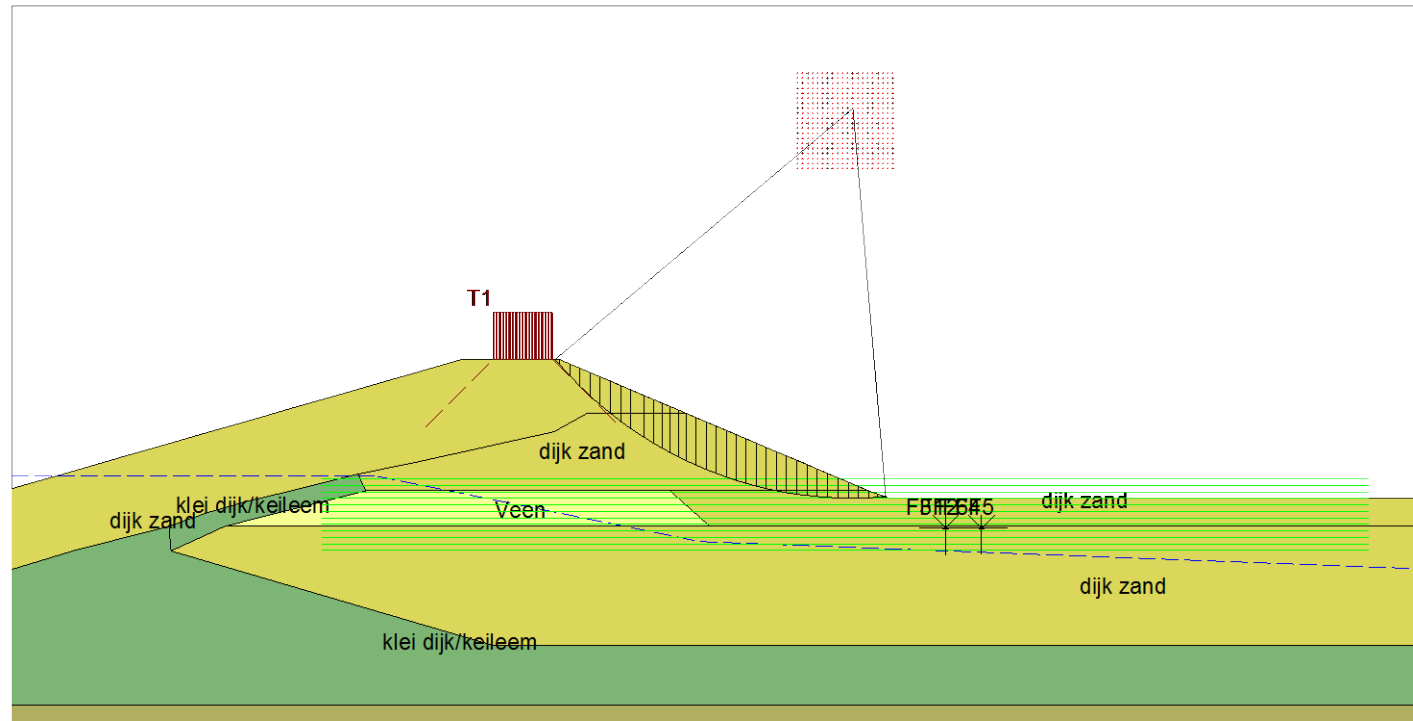


Xm : 44,64 [m]
Ym : 24,33 [m]

Radius : 21,38 [m]
Safety : 1,26

Verhoging tuimeldijk + ontgraving kabelsleuf		Foto's Fot		3-Dim Stability V4.1 : versie 3.1 (2011) [M]	
Afsluitdijk detail		8-5-2015		drw: PAK	
		1013-0226-005		dr: []	
		Annex 3.4		bom: A4	

Critical Circle Bishop

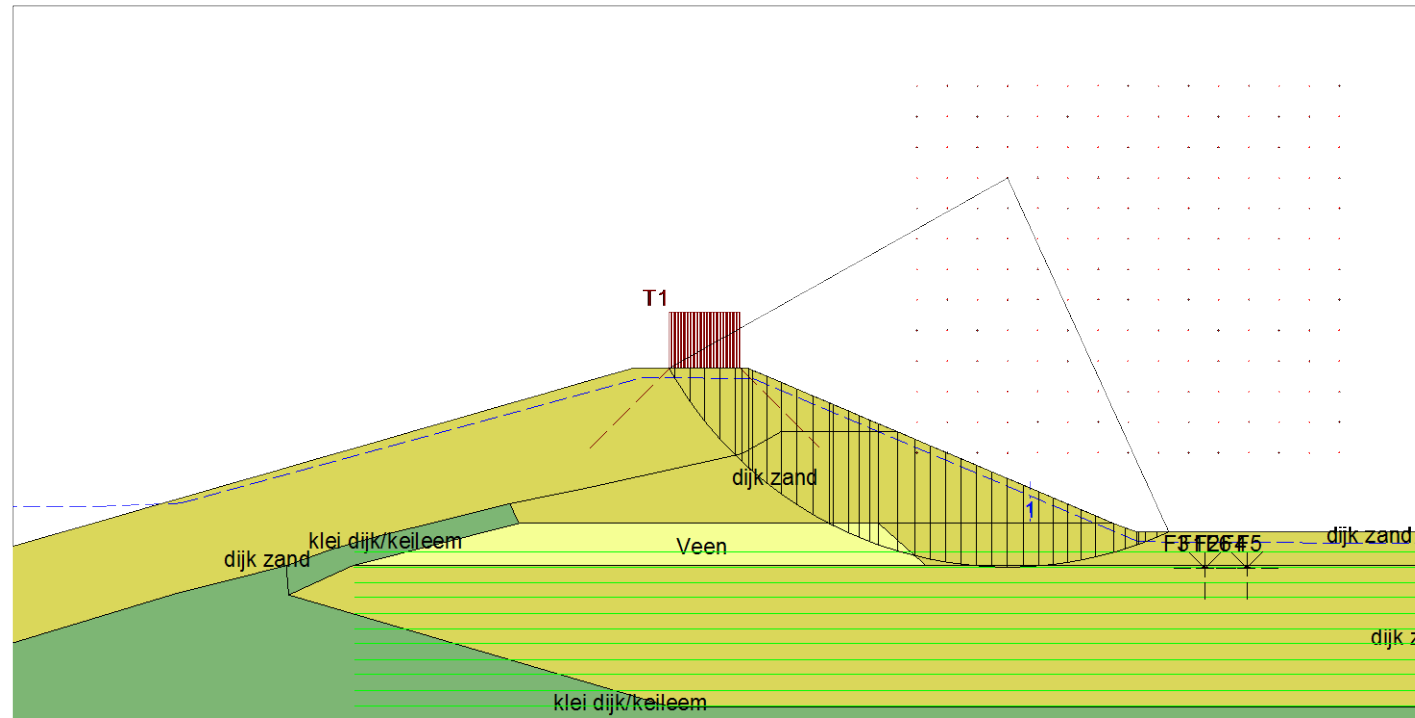


Xm : 41,32 [m]
Ym : 20,53 [m]

Radius : 16,34 [m]
Safety : 1,26

Verhoogde tuimeldijk + kortsluiting		Foto's		2-082 Stelling 14.1, 14.2, 14.3, 14.4, 14.5, 14.6, 14.7, 14.8, 14.9, 14.10, 14.11, 14.12, 14.13, 14.14, 14.15, 14.16, 14.17, 14.18, 14.19, 14.20, 14.21, 14.22, 14.23, 14.24, 14.25, 14.26, 14.27, 14.28, 14.29, 14.30, 14.31, 14.32, 14.33, 14.34, 14.35, 14.36, 14.37, 14.38, 14.39, 14.40, 14.41, 14.42, 14.43, 14.44, 14.45, 14.46, 14.47, 14.48, 14.49, 14.50, 14.51, 14.52, 14.53, 14.54, 14.55, 14.56, 14.57, 14.58, 14.59, 14.60, 14.61, 14.62, 14.63, 14.64, 14.65, 14.66, 14.67, 14.68, 14.69, 14.70, 14.71, 14.72, 14.73, 14.74, 14.75, 14.76, 14.77, 14.78, 14.79, 14.80, 14.81, 14.82, 14.83, 14.84, 14.85, 14.86, 14.87, 14.88, 14.89, 14.90, 14.91, 14.92, 14.93, 14.94, 14.95, 14.96, 14.97, 14.98, 14.99, 15.00	
		Foto's		2-082 Stelling 14.1, 14.2, 14.3, 14.4, 14.5, 14.6, 14.7, 14.8, 14.9, 14.10, 14.11, 14.12, 14.13, 14.14, 14.15, 14.16, 14.17, 14.18, 14.19, 14.20, 14.21, 14.22, 14.23, 14.24, 14.25, 14.26, 14.27, 14.28, 14.29, 14.30, 14.31, 14.32, 14.33, 14.34, 14.35, 14.36, 14.37, 14.38, 14.39, 14.40, 14.41, 14.42, 14.43, 14.44, 14.45, 14.46, 14.47, 14.48, 14.49, 14.50, 14.51, 14.52, 14.53, 14.54, 14.55, 14.56, 14.57, 14.58, 14.59, 14.60, 14.61, 14.62, 14.63, 14.64, 14.65, 14.66, 14.67, 14.68, 14.69, 14.70, 14.71, 14.72, 14.73, 14.74, 14.75, 14.76, 14.77, 14.78, 14.79, 14.80, 14.81, 14.82, 14.83, 14.84, 14.85, 14.86, 14.87, 14.88, 14.89, 14.90, 14.91, 14.92, 14.93, 14.94, 14.95, 14.96, 14.97, 14.98, 14.99, 15.00	
Afsluitdijk		8-5-2015		PAK	
Verhoogde tuimeldijk + kortsluiting		1013-0226-005		dr.	
Annex 3.5		A4		dr.	

Critical Circle Bishop

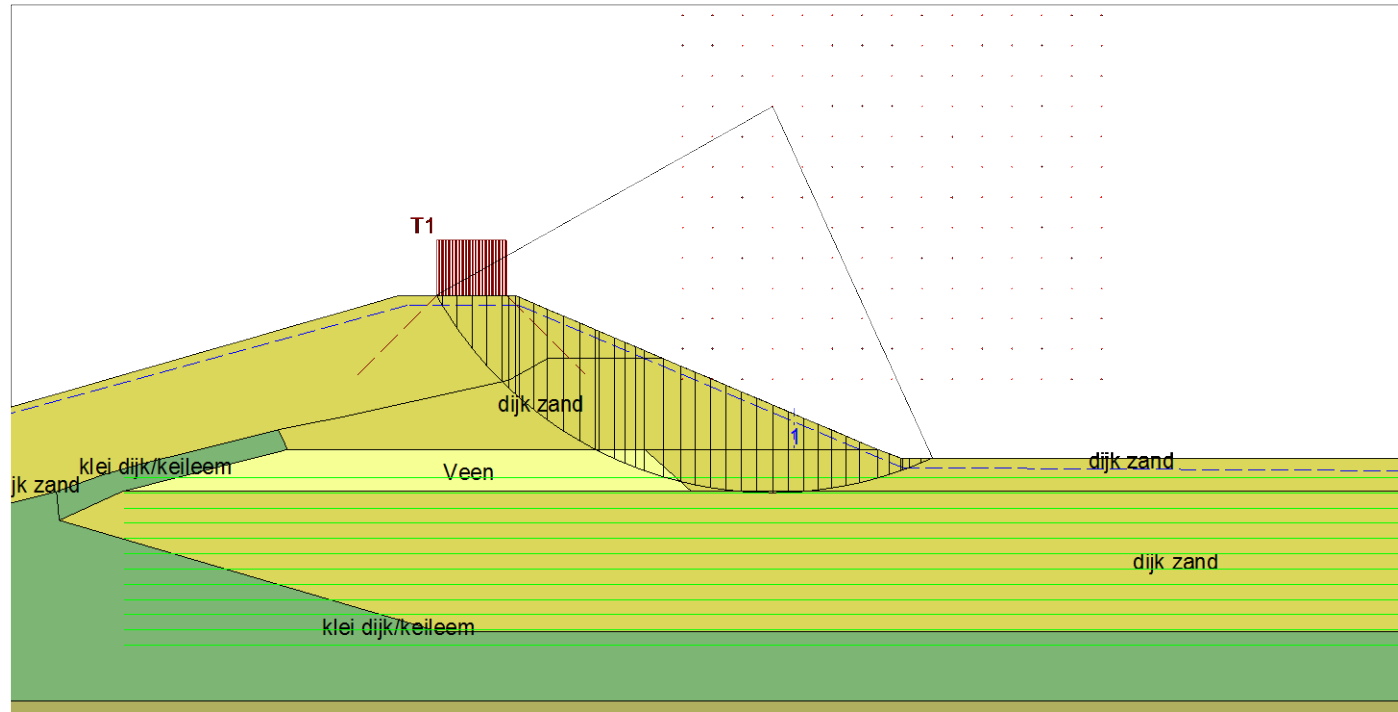


Xm : 38,21 [m]
Ym : 16,75 [m]

Radius : 13,80 [m]
Safety : 0,67

Verhoogde tuimeldijk + kortsluiting + MHW		Project FAK	
Annex 3.6	1013-0226-005	8-5-2015	PAK
A4			

Critical Circle Bishop



Xm : 38,21 [m]
Ym : 16,75 [m]

Radius : 13,80 [m]
Safety : 0,67

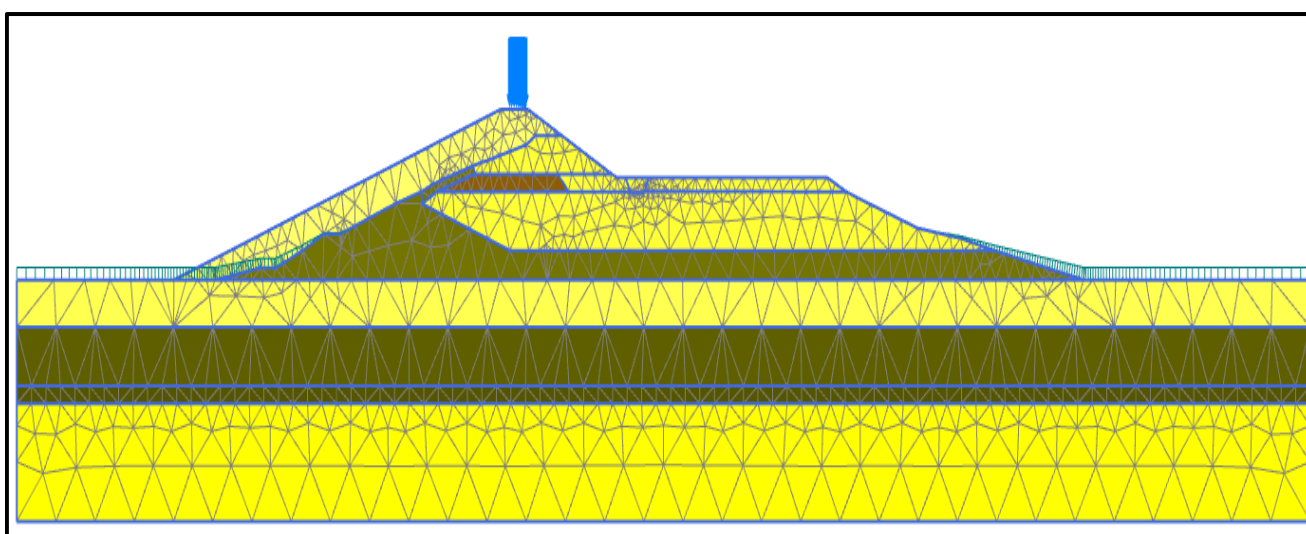
Verhoogde tuimeldijk + MHW		Picta	
		Fax	
Afsluitdijk		D-Que Stability 4.1 versie 2.3.1.01	
1013-0226-005		date	8-6-2015
Annex 3.7		dr.	PAK
A4		tem.	

Tabel: Bodemopbouw (sondering Q-1837 DKM39)

Level [m NAP]		Layer
Top	Bottom	Material
10	7.75	ZAND los gepakt (ophoging)
7.75	4.2	ZAND vast gepakt (dijk)
4.2	3	VEEN matig (dijk)
3	-2	ZAND vast gepakt (dijk)
-2	-4.5	KLEI siltig, keileem (dijk)
-4.5	-8.5	ZAND matig vast gepakt (afzetting)
-8.5	-13.5	KLEI slap (afzetting)
-13.5	-15	KLEI zwak humeus (afzetting)
-15	-25	ZAND zeer vast gepakt (afzetting)

Tabel: Geometrie Afsluitdijk

Grondvlakken
_polygon (-19.309 -4.5) (-12.252 -3.461) (-10 -3.5) (-5.81 -2) (-2.5 -0.6) (0 -0.6) (0.195 -0.541) (0.613 -0.415) (8.625 2) (12.585 3) (12.676 1.969) (26.231 -2) (31.395 -2) (32 -2) (47.175 -2) (101.127 -2) (114.97 -4.5) (56.44 -4.5) (32 -4.5)
_polygon (12.676 1.969) (14.935 3) (32 3) (35.313 3) (44.902 3) (44.972 2.92) (46.97 2.92) (47.02 3.005) (78.27 3) (79.92 2.5) (89.3 -0.1) (95.909 -0.959) (101.127 -2) (47.175 -2) (32 2) (31.395 -2) (26.231 -2)
_polygon (47.02 3.005) (47.718 4.2) (47.969 4.2) (48.094 4.2) (51.3 4.2) (75.3 4.2) (78.27 3)
_polygon (14.935 3) (20.849 4.5) (32 4.5) (33.635 4.5) (35.313 3) (32 3)
_polygon (33.635 4.5) (41.983 4.5) (42.8 4.2) (44.064 4.2) (44.902 3) (35.313 3)
_polygon (12.585 3) (14.227 3.589) (15.357 3.91) (15.675 4) (15.804 4.032) (17.725 4.5) (20.525 5.2) (20.849 4.5) (14.935 3) (12.676 1.969)
_polygon (20.525 5.2) (23 5.7) (23.635 5.84) (28.774 6.973) (30.166 7.75) (32 7.75) (33.325 7.75) (34.3 7.75) (41.983 4.5) (33.635 4.5) (32 4.5) (20.849 4.5)
_polygon (-25.701 -4.5) (24.866 10) (29 10) (34.3 7.75) (33.325 7.75) (32 7.75) (30.166 7.75) (28.774 6.973) (23.635 5.84) (23 5.7) (20.525 5.2) (17.725 4.5) (15.804 4.032) (15.675 4) (15.357 3.91) (14.227 3.589) (12.585 3) (8.625 2) (0.613 -0.415) (0.195 -0.541) (0 -0.6) (-2.5 -0.6) (-5.81 -2) (-10 -3.5) (-12.252 -3.461) (-19.309 -4.5)
_polygon (44.064 4.2) (47.718 4.2) (47.02 3.005) (46.97 2.92) (44.972 2.92) (44.902 3)
Grondwater
_waterlevel (-50 5.1) (5.936 5.1) (21.332 5.1) (34.911 2.362) (48.157 1.863) (81.715 0.598) (87.194 -0.1) (100.466 -0.2) (150 -0.2)



Figuur: Gehanteerde mesh

Tabel: Bodemschematisatie (sondering Q-1837 DKM39)

Bk laag	Lg	Classificatie	yunsat	ysat	ow;incr	c'	φ'	pref	α = Eoed/qc	m	Eoed;ref	K0nc	v'ur	OCR	POP	E50;ref/Eoed;re	Eur/E50
[m NAP]	[-]	[Naam]	[kN/m3]	[kN/m3]	[kPa/m]	[kPa]	[°]	[kN/m2]	[-]	[-]	[kN/m2]	[-]	[-]	[-]	[kPa]	[-]	[-]
10	1	ZAND los gepakt (ophoging)	17	19	10	0.1	30	100	3	0.5	12,500	0.50	0.2	1.0	0	1.0	3
7.75	2	ZAND vast gepakt (dijk)	18	20	10	0.1	32	100	3	0.5	34,000	0.47	0.2	1.0	0	1.0	3
4.2	3	VEEN matig (dijk)	12	12	10	0.1	15	100	1	0.9	1,500	0.70	0.2	1.0	0	2.0	5
3	4	ZAND vast gepakt (dijk)	18	20	10	0.1	32	100	3	0.5	34,000	0.47	0.2	1.0	0	1.0	3
-2	5	KLEI siltig, keileem (dijk)	16	18	10	1	22.5	100	3	0.9	4,500	0.62	0.2	1.0	0	2.0	3
-4.5	6	ZAND matig vast gepakt (afzetting)	17	19	10	0.1	32	100	3	0.5	20,000	0.47	0.2	1.0	0	1.0	3
-8.5	7	KLEI slap (afzetting)	15	15	10	1	19	100	3	0.9	2,250	0.67	0.2	1.0	0	2.0	4
-13.5	8	KLEI zwak humeus (afzetting)	15	15	10	0.1	17.5	100	1.75	0.9	2,500	0.70	0.2	1.0	0	2.0	4
-15.0	9	ZAND zeer vast gepakt (afzetting)	19	21	10	0.1	35	100	3	0.5	45,000	0.43	0.2	1.0	0	1.0	3

GWS
[m NAP]
-0.2

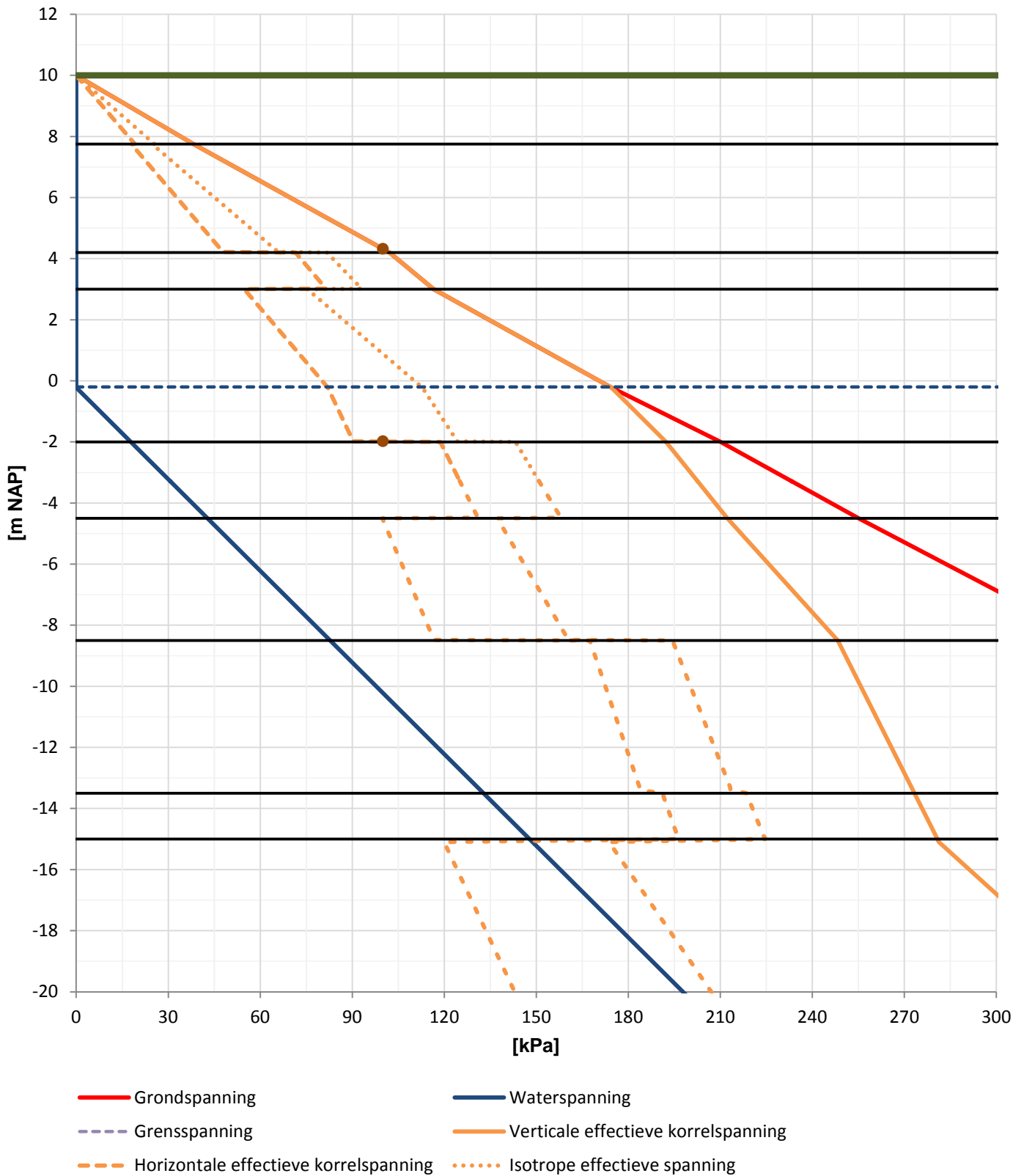
$$E_{oed}^{ref} = \alpha \cdot q_c \left(\frac{p'_{ref}}{\sigma'_{v;0}} \right)^m$$

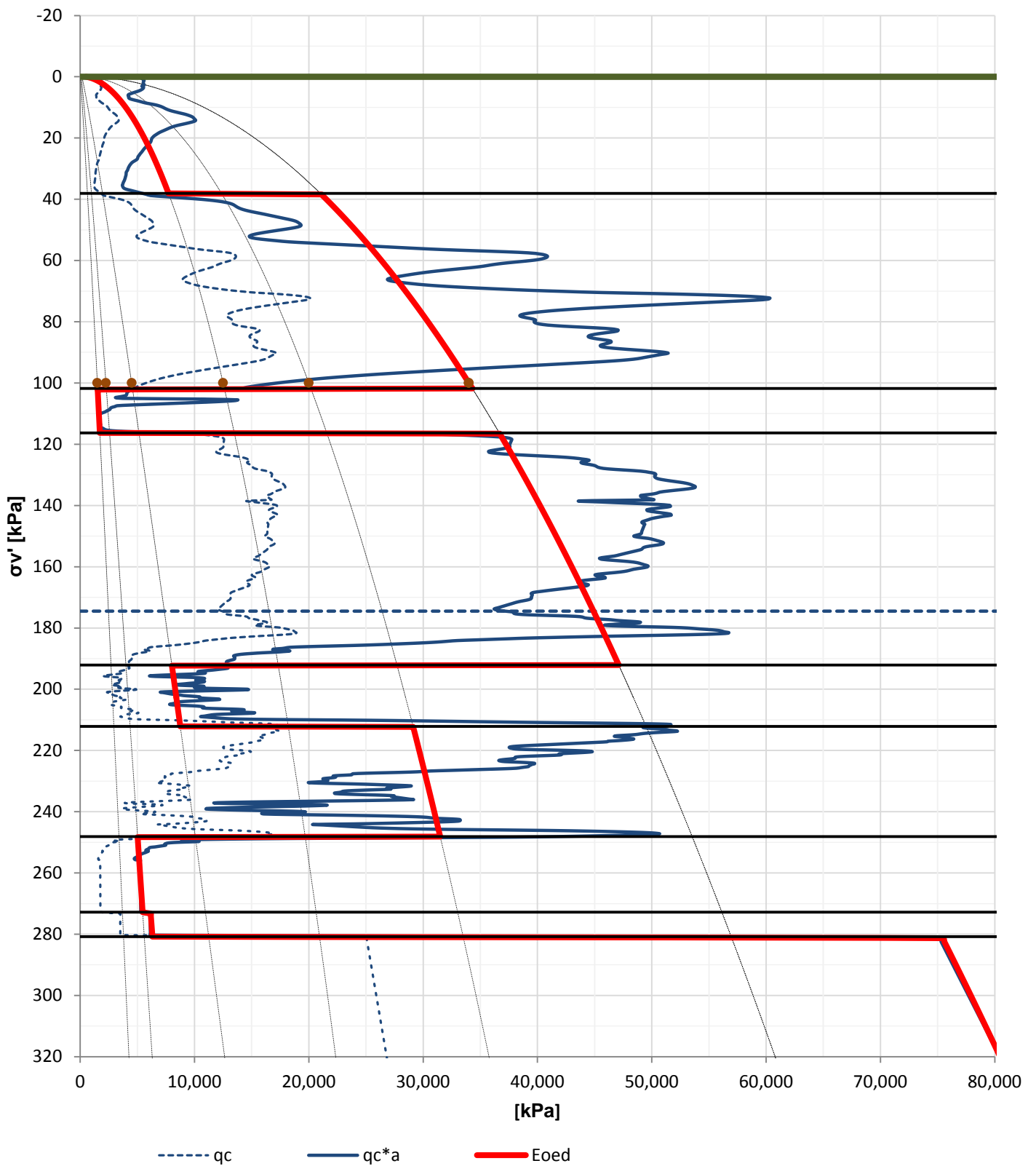
Tabel: Materiaal parameters (a)

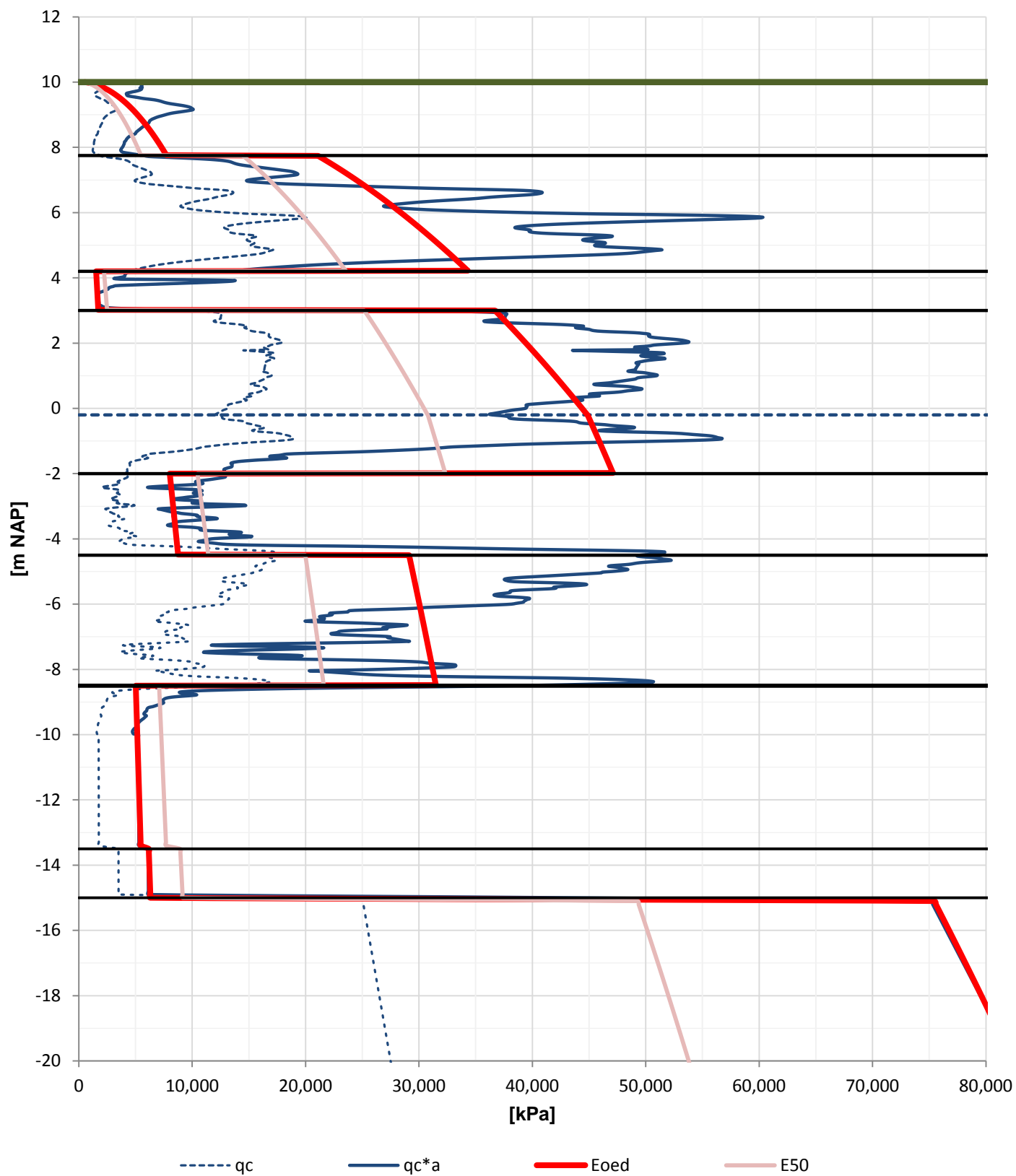
Parameter	Symbol	Unit	Value			
General						
<u>Material set</u>						
Identification			ZAND los gepakt (ophoging)	ZAND vast gepakt (dijk)	VEEN matig (dijk)	KLEI siltig, keileem (dijk)
Material model			Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil
Drainage type			Drained	Drained	Drained	Undrained (A)
Colour	R/G/B		255 / 255 / 100	255 / 255 / 50	140 / 90 / 0	110 / 110 / 0
<u>General properties</u>						
Unit weight above phreatic level	yunsat	kN/m3	17	18	12	16
Unit weight below phreatic level	ysat	kN/m3	19	20	12	18
<u>Void ratio</u>						
Dilatancy cut-off			No	No	No	No
Parameters						
<u>Stiffness</u>						
Drained triaxial test stiffness	E50ref	kN/m2	12,500	34,000	3,000	9,000
Primary loading oedometer stiffness	Eoedref	kN/m2	12,500	34,000	1,500	4,500
Unloading / reloading stiffness	Eurref	kN/m2	37,500	102,000	15,000	27,000
Stress-level dependency of stiffness	m	-	0.5	0.5	0.9	0.9
<u>Alternatives</u>						
Use alternatives			No	No	No	No
<u>Strength</u>						
Effective cohesion	c' ref	kN/m2	0.1	0.1	0.1	1
Effective friction angle	φ'	°	30	32	15	22.5
Dilatancy angle	ψ	°	0	2	0	0
<u>Advanced</u>						
Set to default values			Yes	Yes	Yes	Yes
Flow parameters						
<u>Parameters</u>						
Horizontal permeability	kx	m/day	0.6	0.6	0.08001	0.15
Vertical permeability	ky	m/day	0.6	0.6	0.08001	0.15
Initial void ratio	einit	-	0.5	0.5	0.5	0.5
Change of permeability	ck	-	1.E+15	1.E+15	1.E+15	1.E+15
<u>Interfaces</u>						
<u>Strength</u>						
Consider gap closure			Rigid Yes	Rigid Yes	Rigid Yes	Rigid Yes
Initial						
<u>Ko settings</u>						
Ko determination			Automatic	Automatic	Manual	Automatic
Lateral earth pressure coefficient	K0,x	-	0.5000	0.4701	0.7	0.6173
<u>Overconsolidation</u>						
Over-consolidation ratio	OCR	-	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabel: Materiaal parameters (b)

Parameter	Symbol	Unit	Value			
General						
<u>Material set</u>						
Identification			ZAND matig vast gepakt	KLEI slap (afzetting)	KLEI zwak humeus	ZAND zeer vast gepakt
Material model			Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil
Drainage type			Drained	Undrained (A)	Undrained (A)	Drained
Colour	R/G/B		255 / 255 / 75	90 / 90 / 0	80 / 80 / 0	255 / 255 / 0
<u>General properties</u>						
Unit weight above phreatic level	yunsat	kN/m ³	17	15	15	19
Unit weight below phreatic level	ysat	kN/m ³	19	15	15	21
<u>Void ratio</u>						
Dilatancy cut-off			No	No	No	No
Parameters						
<u>Stiffness</u>						
Drained triaxial test stiffness	E50ref	kN/m ²	20,000	4,500	5,000	45,000
Primary loading oedometer stiffness	Eoedref	kN/m ²	20,000	2,250	2,500	45,000
Unloading / reloading stiffness	Eurref	kN/m ²	60,000	18,000	20,000	135,000
Stress-level dependency of stiffness	m	-	0.5	0.9	0.9	0.5
<u>Alternatives</u>						
Use alternatives			No	No	No	No
<u>Strength</u>						
Effective cohesion	c' ref	kN/m ²	0.1	1	0.1	0.1
Effective friction angle	φ'	°	32	19	17.5	35
Dilatancy angle	ψ	°	2	0	0	5
<u>Advanced</u>						
Set to default values			Yes	Yes	Yes	Yes
Flow parameters						
<u>Parameters</u>						
Horizontal permeability	kx	m/day	0.6	0.15	0.15	0.6
Vertical permeability	ky	m/day	0.6	0.15	0.15	0.6
Initial void ratio	einit	-	0.5	0.5	0.5	0.5
Change of permeability	ck	-	1.E+15	1.E+15	1.E+15	1.E+15
<u>Interfaces</u>						
<u>Strength</u>						
Consider gap closure			Rigid Yes	Rigid Yes	Rigid Yes	Rigid Yes
Initial						
<u>Ko settings</u>						
Ko determination			Manual	Manual	Manual	Manual
Lateral earth pressure coefficient	K0,x	-	0.4701	0.6744	0.6993	0.4264
<u>Overconsolidation</u>						
Over-consolidation ratio	OCR	-	1.0	1.0	1.0	1.0

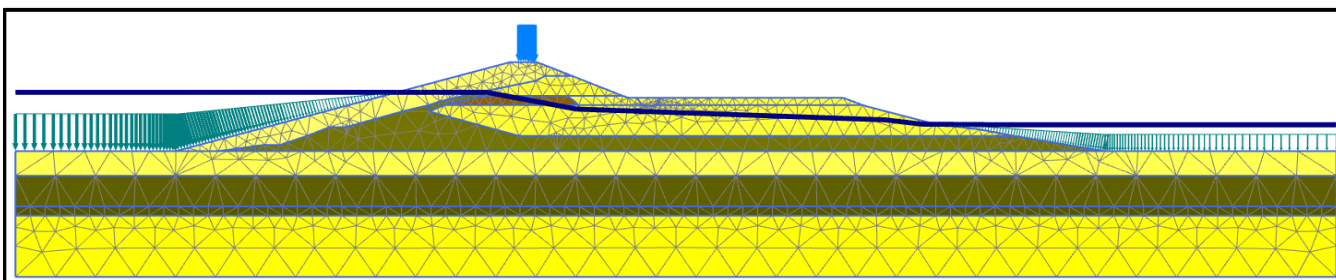
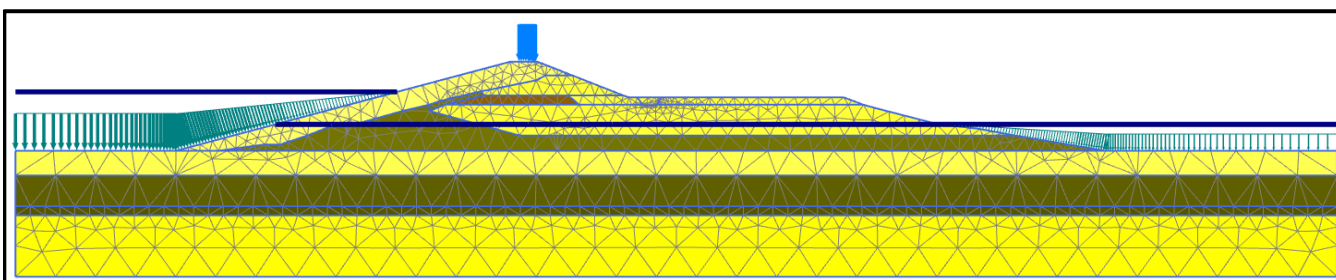
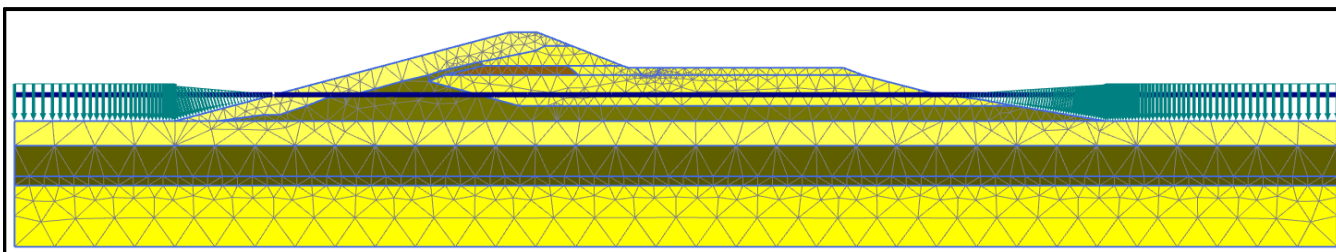
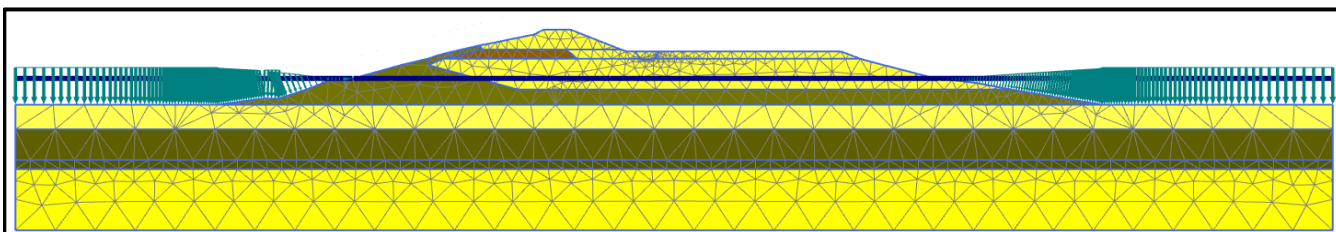


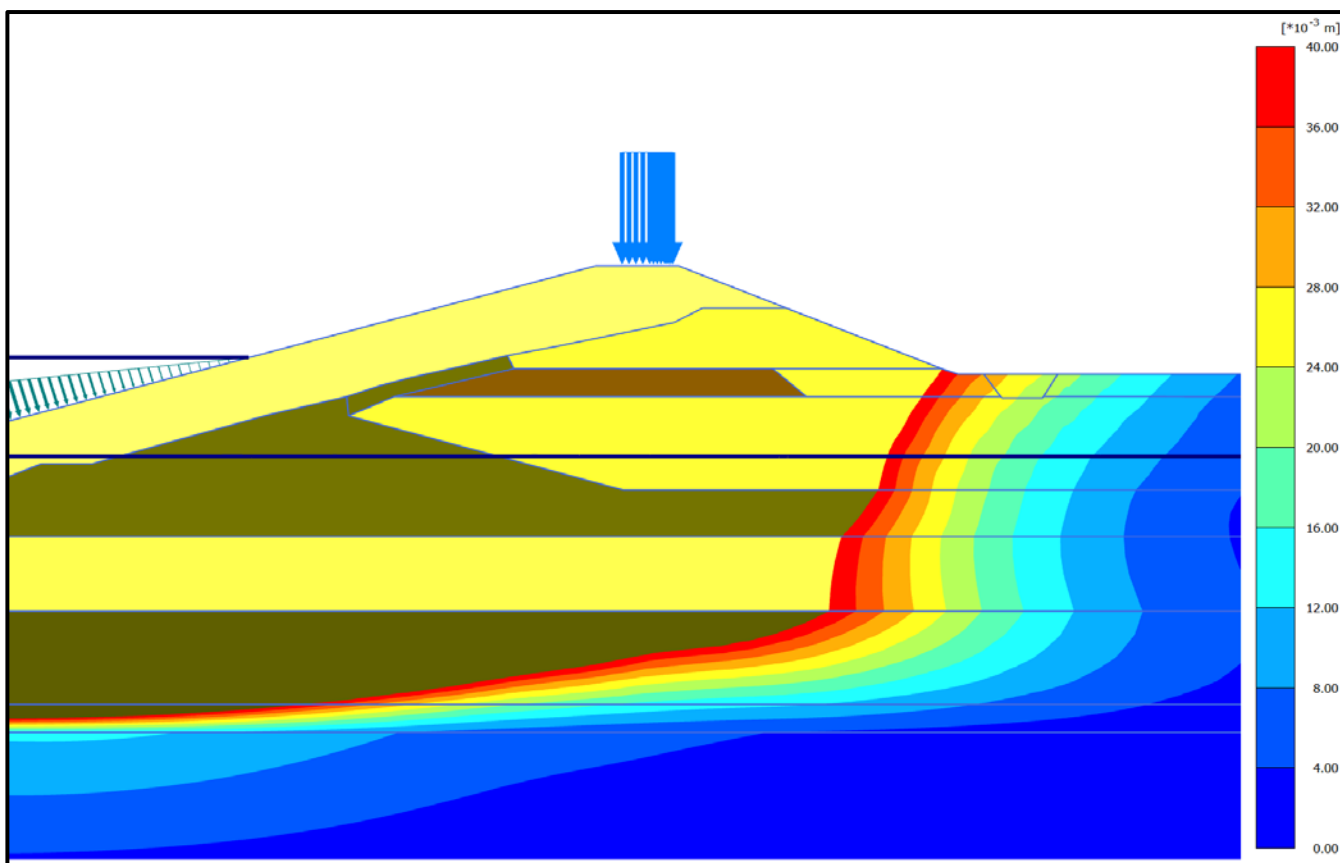




Tabel: Overzicht rekenmethode

General							Deformation control parameters					
ID Phase	Name Phase changes	Start from	Calculation type	Loading type	Pore pressures	Time interval	Ignore undrained	Reset displacement	Reset small strain	Updated mesh	Updated pressure	Ignore suction
InitialPhase	Bestaande situatie, Waddenzee laag		Gravity loading	Staged construction	Phreatic	0 day	Yes					Yes
Phase_1	Ophogen, Waddenzee laag	InitialPhase	Plastic	Staged construction	Phreatic	0 day	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes
Phase_2	Waddenzee extreem omhoog, dijk niet verzadigd	Phase_1	Plastic	Staged construction	Phreatic	0 day	Yes	No	No	No	No	Yes
Phase_3	Verkeersbelasting, ongedraineerd	Phase_2	Plastic	Staged construction	Phreatic	0 day	No	No	No	No	No	Yes
Phase_4	Uitconsolideren verkeersbelasting	Phase_3	Consolidation	Minimum pressure	Previous			No	No	No	No	Yes
Phase_5	Afsluitdijk verzadigd	Phase_4	Plastic	Staged construction	Phreatic	0 day	Yes	No	No	No	No	Yes





Figuur: Visualisatie absolute verplaatsingen ter plaatse van kabelgoot in de maatgevende rekenfase

Addendum zettingsvloeiing bij Kornwerderzand - 8 juli 2015

Onderstaand tekstdeel vervangt het tekstdeel over zettingsvloeiing in paragraaf 5.5 van het Fugro-rapport "Risicobeschouwing elektriciteitskabels, fase 2" d.d. 21 mei 2015.

Zettingsvloeiing

Er is gecontroleerd of de realisatie van de leidingkruising met HDD kan leiden tot zettingsvloeiing. Een zettingsvloeiing treedt op indien bij een toename van de schuifspanning in een losgepakte zandlaag een dusdanige wateroverspanning ontstaat dat verweking van het materiaal optreedt. Een zettingsvloeiing kan alleen optreden indien sprake is van:

1. een initiërend mechanisme;
2. een losgepakte zandlaag met voldoende dikte (> ca. 3 m);
3. een voldoende steil onderwatertalud.

Deze voorwaarden worden hieronder beschouwd:

1. Initiërend mechanisme

Twee aspecten zouden in dit geval kunnen leiden tot een initiatie voor zettingsvloeiing:

- trillingen in de ondergrond ten gevolge van de uitvoering van de HDD;
- ontspanning in de ondergrond ten gevolge van de HDD door tijdsafhankelijke samendrukking van het bentoniet.

Deze twee aspecten zijn niet met berekeningen voor deze specifieke situatie beschouwd. Uit berekeningen bij andere locaties blijkt dat initiatie van zettingsvloeiing kan worden uitgesloten bij verwekingsgevoelige lagen als de onderkant van de HDD-boringen op minimaal 15 m onder deze lagen ligt.

2. Losgepakte zandlaag

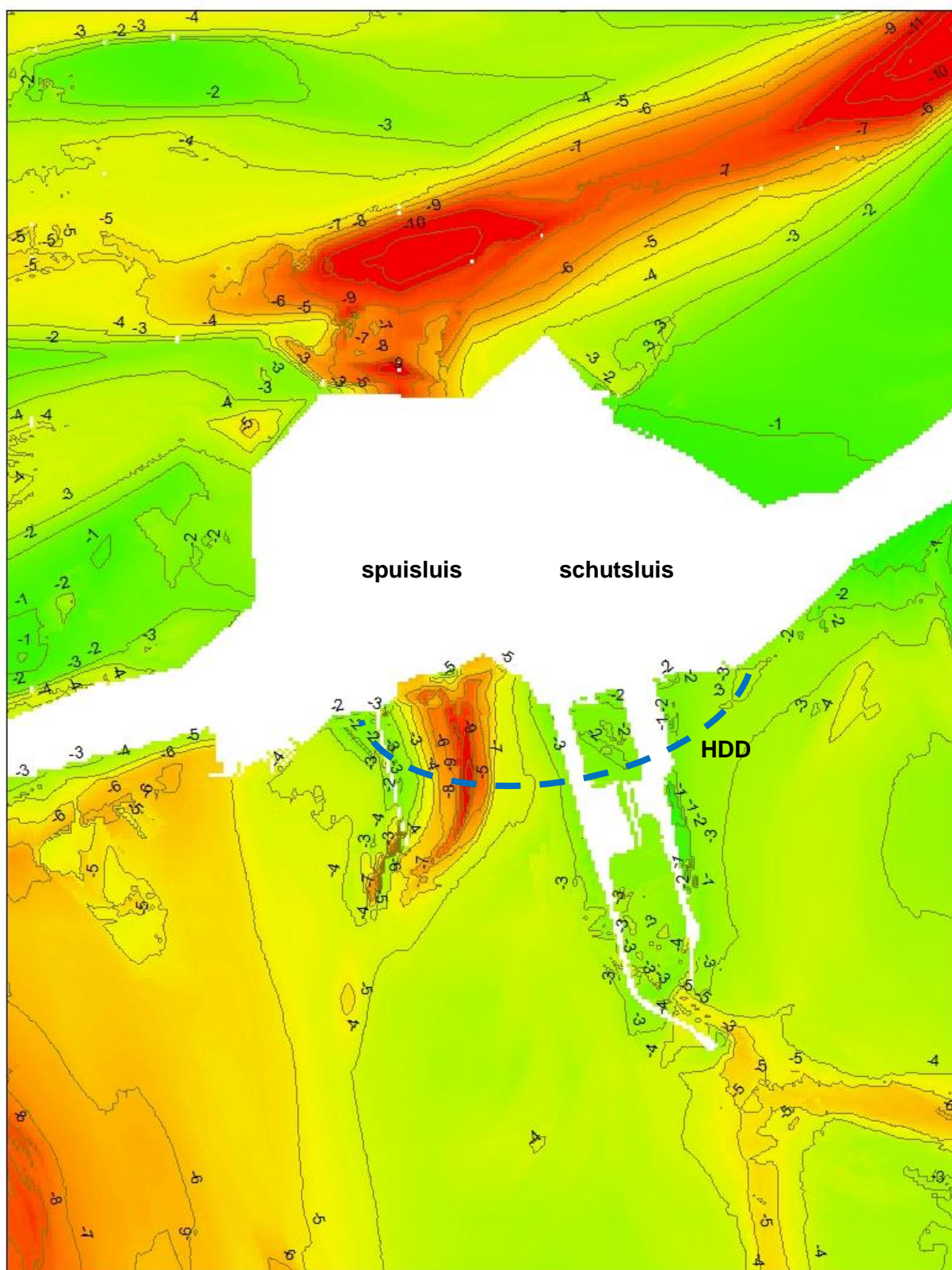
De relatieve dichtheid is een maat voor de pakking van zand. Indien de relatieve dichtheid (R_e) hoger is dan 65% is sprake van vast gepakt zand dan is zettingsvloeiing niet aan de orde. Aan de hand van archiefsondering sondering, DKMP1 (bron: Fugro-project G-7043, t.p.v. KM97.000 langs A7) is de relatieve dichtheid van de zandlagen bepaald, zie bijlage 2.

Hierbij is de relatieve dichtheid bepaald volgens Baldi. Een overzicht van de relatieve dichtheid en verwekingsgevoeligheid van de aanwezige zandlagen is weergegeven in 5.4.

Tabel 5.4 - Overzicht relatieve dichtheid zandlagen op basis van sondering DKMP1, G-7043

Bovenkant laag [m NAP]	Onderkant laag [m NAP]	Dikte laag [m]	Gemiddelde R_e [%]	Zettingsvloeiingsgevoelig
+6,8	-1,0	7,8	20	ja
-1,0	-3,5	2,5	55	ja
-3,5	-7,5	4,0	65	nee
-7,5	-8,5	1,0	35	nee
-8,5	-11,0	2,5	70	nee
-12,0	-14,0	2,0	70	nee

Uit de bepaling van de relatieve dichtheid blijkt dat er tussen NAP +6,8 en -3,5 m verwekingsgevoelige lagen aanwezig zijn. Er is één sondering beschouwd en er is dus niet verkend hoe dit varieert voor andere locaties. Er kan dus niet worden gegarandeerd dat er locaties zijn rondom Kornwerderzand zonder verwekingsgevoelige zandlagen.



Figuur 5.4 – Waterbodenniveau rondom Kornwerderzand met globale ligging HDD-boring (opname RWS 2007)

3. Helling onderwatertalud

Bij een flauw onderwatertalud kan zettingsvloeiing worden uitgesloten. Het verloop van het onderwatertalud is herleid uit bij Fugro beschikbare data, die is vrijgegeven door Rijkswaterstaat op 29 november 2007, zie figuur 5.4. Er wordt aangenomen dat de ligging van de waterbodem sindsdien niet ingrijpend is gewijzigd.

Uit deze bathymetrische informatie blijkt dat bij zuidelijke kolk van de schutsluis van Kornwerderzand en ten zuidoosten hiervan de waterdiepte zeer beperkt is en er nauwelijks sprake is van onderwatertaluds. Dit is een zelfde situatie als bij de aanlanding van HDD-boringen bij het transformatorstation bij Breezanddijk, waar ook sprake is van een waterdiepte van 2 à 3 m. Bij deze geringe waterdieptes kan zettingsvloeiing niet optreden.

Ten zuiden van de spuisluis zijn wel grotere waterdieptes gemeten. Hier kruist de HDD-boring een geul van maximaal 10 m diep. De onderwatertaluds langs deze geul hebben hellingen van maximaal 1 : 10 à 1 : 15. Met behulp van het Voorschrift Toetsen op Veiligheid voor Primaire Waterkeringen (VTV, katern 9 Voorland) is getoetst of er sprake kan zijn van een afschuiving van het voorland of zettingsvloeiing.

Volgens het VTV is in het getijdengebied nog nooit een inscharing tot aan de waterkering ten gevolge van zettingsvloeiing of afschuiving geconstateerd in natuurlijke geulen waarbij de geuldiepte kleiner was dan 9 m. Dit hangt samen met enerzijds de kans op een instabiliteit, die afneemt naarmate de geuldiepte kleiner is, en anderzijds met de grootte van de inscharing, dus de kans dat de waterkering beschadigd raakt door een instabiliteit; die kans wordt eveneens kleiner bij een kleinere geuldiepte. In de andere watersystemen (zoals het IJsselmeer) zijn de sterkte en belasting bij natuurlijke geulen altijd gunstiger dan in het getijdengebied: het zand is grover en hoekiger en de waterstandvariatie is kleiner. Voor een eerste conservatieve benadering kan het criterium voor bewezen sterkte dat geldt in het getijdengebied daarom ook worden toegepast in het IJsselmeer. Op basis van dit criterium kunnen zettingvloeiing en afschuiving echter niet worden uitgesloten, omdat de geul lokaal 10 m diep is. Bovendien moet rekening worden gehouden met een vergrote (fictieve) geuldiepte door de aanwezigheid van havendammen en de dijk boven water.

In stap 4 van katern 9 van de VTV wordt een geometrische toetsing beschreven. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een rekenregel die berekent of afschuiving mogelijk is op basis van de geometrie van het onderwatertalud. Dit optredingscriterium bevat regels voor de taludhelling van de geul: als de taludhelling nergens zo steil is dat het mechanisme kan optreden, kan op basis daarvan een score 'voldoende' worden gegeven. Het blijkt dat de kans op afschuiving voldoende klein is, omdat de taludhelling tussen de geulrand en geulbodem nergens steiler is dan 1 : 4,5. De kans op zettingsvloeiing is voldoende klein, omdat de taludhelling tussen de geulrand en geulbodem nergens steiler is dan 1 : 7.

Conclusie

Op basis van bovenstaande beschouwing kan worden geconcludeerd dat het risico op zettingsvloeiing bij Kornwerderzand door toedoen van de voorziene HDD-boringen voldoende klein is.

Bijlage 6 Scheepvaartveiligheid - MARIN



INVLOED WINDPARK FRYSLAN OP SCHEEPVAARTVEILIGHEID

Opdrachtgever :Pondera Consult B.V.
Postbus 579
7550 AN Hengelo

Revisienr.	Status	Datum	Auteur	Voor gezien
0	Concept	24 september 2013	Y. Koldenhof	
1	Concept	25 oktober 2013	Y.Koldenhof	
2	Concept	4 november 2013	Y.Koldenhof	
3	Concept	10 februari 2014	Y. Koldenhof, D. Looije	
4	Definitief	20 maart 2014	Y. Koldenhof, D. Looije	W.H. van Iperen
5	Definitief	24 maart 2014	Y. Koldenhof, D. Looije	W.H. van Iperen
6	Concept	27 november 2014	Y. Koldenhof, D. Looije	W.H. van Iperen
7	Definitief	5 december 2014	Y. Koldenhof, D. Looije	W.H. van Iperen
8	Definitief	10 december 2014	Y. Koldenhof, D. Looije	W.H. van Iperen

INHOUDSOPGAVE	Pagina	
1	INLEIDING.....	3
1.1	Achtergrond	3
1.2	Doelstelling	3
1.3	Leeswijzer	3
2	ALGEMENE AANPAK.....	4
3	DEFINIËREN MOGELIJKE RISICO'S	5
3.1	Locatie en lay-out.....	5
3.2	Belangrijkste risico's	6
4	VERKEERSSTROMEN OP HET IJSSELMEER.....	8
4.1	Werkwijze.....	8
4.2	Bronnen.....	8
4.2.1	AIS en radar	8
4.2.2	Aanvullende bronnen.....	9
4.3	Scheepstypen	9
4.4	Dichtheidskaarten	9
4.5	Intensiteiten.....	11
4.6	Beroepsvaart.....	14
4.7	Recreatievaart.....	17
4.8	Invoer SAMSON: verkeersdatabase.....	19
4.9	Conclusies verkeersstromen IJsselmeer	22
5	ONGEVALLEN OP HET IJSSELMEER.....	23
5.1	Werkwijze.....	23
5.2	SOS-database 2001 - 2012	23
5.3	Invoer SAMSON: ongevalskans	28
5.4	Resultaten KNRM	29
6	AANVAAR/AANDRIJFKANSEN.....	33
6.1	Resultaten beroepsvaart: SAMSON	33
6.1.1	SAMSON-model	33
6.1.2	Contact model	34
6.1.3	Resultaten	35
6.2	Aanvaarkansen recreatievaart.....	40
6.2.1	Aanvaren/aandrijven turbine	40
6.2.2	Gevolgen aanvaring/aandrijving.....	41
6.2.3	Schatten van het risico dat een klein schip tegen een windturbine komt. 41	
6.2.4	Kans op raken rotor	42
6.2.5	Oriëntatie in het windpark.....	44
6.2.6	Gebruik windturbines in geval van ongeval.....	45
6.2.7	Voorlichting.....	45
7	RISICO ANALYSE / CONCLUSIE	46
	REFERENTIES	49
	BIJLAGE A: DICHTHEIDSKAARTEN VOOR DE 7 VARIANTEN	50

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

Pondera Consult heeft MARIN opdracht gegeven voor het uitvoeren van een veiligheidsstudie wat betreft de scheepvaart voor een mogelijk windparklocatie in het IJsselmeer. Dit betreft het initiatief Windpark Fryslân.

De aanwezigheid van een windpark in water heeft mogelijk consequenties voor de scheepvaart nabij de locatie van het windpark. De scheepvaart langs, en mogelijk in het windpark kan in aanraking komen met een windturbine. Indien bepaald wordt dat schepen niet in het windpark mogen varen, betekent dit dat schepen routes mogelijk moeten aanpassen. Dit kan bijvoorbeeld een verschuiving van de reeds aanwezige risico's betekenen. Het kan zijn dat het op andere plekken drukker wordt waardoor de kans op een aanvaring toe kan nemen. Het uiteindelijke effect van een windpark is afhankelijk van de precieze inrichting van het park en de aanwezige scheepvaart.

Voor de veiligheidsstudie is het van belang dat de verkeersstromen op het IJsselmeer, met name rond de locatie, vast te stellen. Daarnaast is het belangrijk te kijken naar ongevallen en incidenten in het verleden voor het gebied. Door beide gegevens te combineren kan in een eerste fase het risico kwalitatief bepaald worden. In een vervolgstap is, voor zover de informatie (locatie, verkeersstromen en ongevalsanalyse) het toelaat, gekozen voor een kwantitatieve risicoanalyse waarbij het SAMSON-model gebruikt zal worden.

1.2 Doelstelling

Het doel van de studie is om voor het initiatief Windpark Fryslân in het IJsselmeer de diverse risico's met betrekking tot de scheepvaart in kaart te brengen en mogelijk te kwantificeren. Hierbij zal gekeken worden naar zowel beroeps- als recreatievaart. Er wordt ook gekeken naar de risico's van het openstellen van het windpark voor de scheepvaart.

1.3 Leeswijzer

De studie is in drie stappen uitgevoerd. In hoofdstuk 2 wordt kort de algemene aanpak beschreven, waarna in hoofdstuk 3 een overzicht van de mogelijke effecten wordt gegeven op basis van de lay-out van het gebied. In hoofdstuk 4 worden de verkeersstromen op het IJsselmeer beschreven aan de hand van verkeersdichtheidskaarten voor verschillende typen schepen. In hoofdstuk 5 wordt een analyse gegeven van de verschillende typen ongevallen die op het IJsselmeer plaatsvinden, en worden de risico's beschreven. In hoofdstuk 6 worden de resultaten gegeven van de berekeningen met het SAMSON-model, waarbij de kansen op een aanvaring door beroepsvaart bepaald zijn. In dit hoofdstuk wordt eveneens beschreven hoe de kans op een aanvaring voor de recreatievaart is bepaald. In hoofdstuk 0 worden alle analyses gecombineerd en wordt een kwalitatieve beoordeling van de mogelijke effecten van het windpark op de scheepvaartveiligheid gegeven.

2 ALGEMENE AANPAK

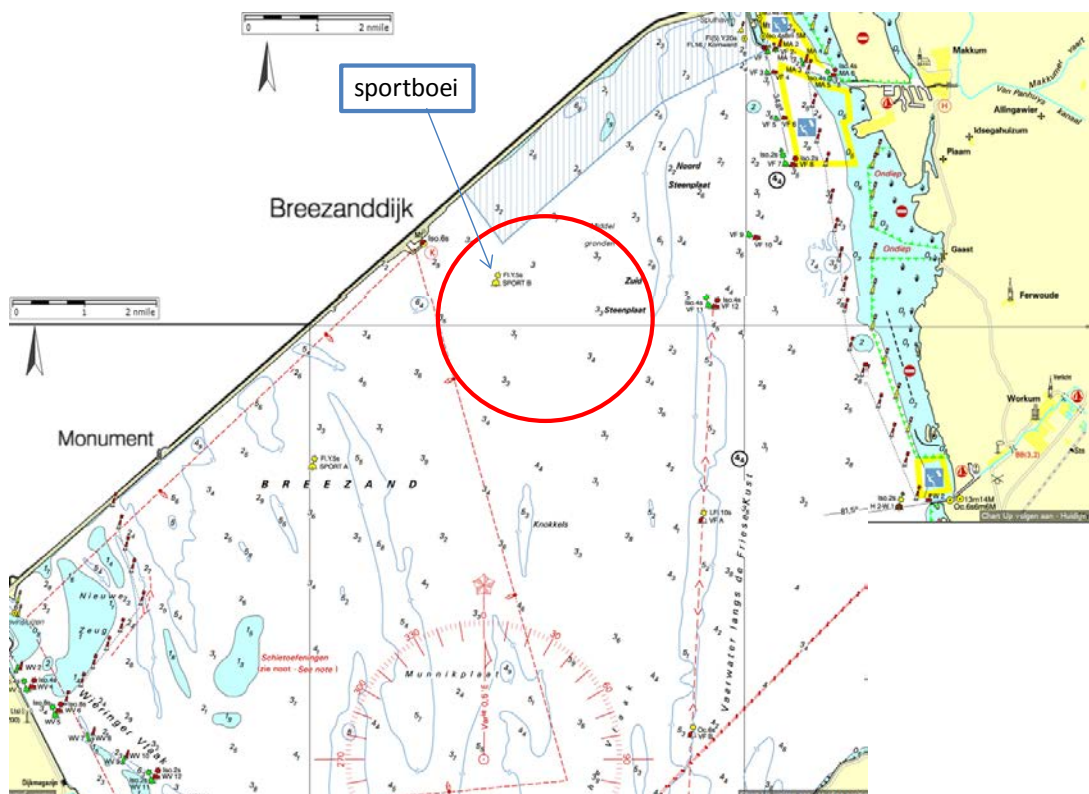
De algemene aanpak van de studie naar de effecten van windpark Fryslân op de scheepvaartveiligheid op het IJsselmeer bestaat uit 5 stappen:

1. Vaststellen mogelijke risico's;
In deze eerste stap worden de potentiële effecten/risico's van de aanwezigheid van het park op de scheepvaartveiligheid benoemd. Deze eerste analyse is gebaseerd op de locatie van het park en de eigenschappen van de omgeving. In deze eerste stap worden de mogelijke effecten alleen benoemd. Later in de studie zullen sommige risico's kwalitatief en andere kwantitatief beoordeeld. Aangenomen is dat het windpark toegankelijk blijft voor de scheepvaart.
2. Overzicht creëren van het scheepvaartverkeer op en nabij de locatie van het park;
Gebaseerd op AIS en andere bronnen is een overzicht gemaakt van het verkeer op en nabij de locatie van het park. Het aantal scheepsbewegingen in het gebied is een belangrijke factor in het effect op de veiligheid.
3. Analyseren van ongevallen in het gebied;
Naast het verkeer in het gebied is het ook belangrijk te kijken naar het type ongevallen dat de afgelopen jaren plaats heeft gevonden in het gebied. Hiervoor is de ongevallendatabase van RWS gebruikt aangevuld met andere bronnen. Deze ongevalsanalyse is ook een belangrijke parameter in het SAMSON-model.
4. Vaststellen van de meest relevante risico's;
Door gebruik te maken van het verkeersbeeld, de ongevallen analyse en de lay-out van het gebied kan worden aangegeven welke van de risico's beschreven in de eerste stap relevant zijn. Hierbij zal het risico op een aanvaring van een turbine worden bepaald, voor de beroepsvaart met SAMSON en voor de recreatievaart op basis van een andere kwantitatieve benadering. De overige risico's zullen kwalitatief benaderd worden. Uiteraard zal in deze laatste stap ook gekeken worden naar mogelijke reducerende maatregelen en de mogelijke effecten hiervan.
5. Mitigerende maatregelen;
Naast het beschrijven van de mogelijke effecten en risico's wordt ook kort in gegaan op de mogelijke mitigerende maatregelen.

3 DEFINIEREN MOGELIJKE RISICO'S

3.1 Locatie en lay-out

In Figuur 3-1 is de nautische kaart van de omgeving weergegeven met daarin de locatie van het initiatief. Hierop zijn de vaarwegmarkeringen zichtbaar.



Figuur 3-1 Nautische kaart van het noordelijk deel van het IJsselmeer (rode cirkel: locatie initiatief.

De locatie van het initiatief bevindt zich tussen een beboeide vaarroute aan de oostkant, de Afsluitdijk aan de noordwest kant en een open stuk IJsselmeer aan de west kant. In de locatie van het initiatief in Figuur 3-1 is een boei zichtbaar. Het gaat hierbij om een sportboei ("Sport B - FI.Y.5s) die gebruikt kan worden tijdens zeilwedstrijden. Het gaat hierbij dus niet om een boei die een doorgaande vaarweg markeert.

De afstand tussen de locatie en de beboeide doorgaande vaarroute aan de oostkant is verschillend per inrichtingsvariant. Aan de zuidwest kant van de locatie, ter hoogte van Den Oever, zijn enkele ondieptes zichtbaar op de nautische kaart. Ook is er een gebied aangegeven als "Schietoefengebied". In dit gebied test het ministerie van Defensie munitie. In het gebied mogen projectielen terecht komen.

Er zijn vier verschillende inrichtingsvarianten voor het gebied bedacht. Op basis van de resultaten van deze vier inrichtingsvarianten, heeft Pondera drie aanvullende varianten ingericht. Ook voor deze varianten zijn de risico's bepaald. In Bijlage A worden de zeven varianten weergegeven, met op de achtergrond de dichtheid van het verkeer.

3.2 Belangrijkste risico's

De aanwezigheid van een windpark in een gebied waarin zich ook scheepvaart bevindt beïnvloedt de veiligheid in dat gebied voor de scheepvaart. Dit heeft een tweetal oorzaken:

1. *Extra objecten*: Door het plaatsen van extra objecten in een vaargebied wordt een risico toegevoegd, namelijk de kans dat een vaartuig tegen een windturbine aanvaart en de mogelijke gevolgen van deze aanvaring. Dit risico bestond niet toen de turbines er nog niet stonden.
2. *Verschuiven verkeersstromen*: Door de aanwezigheid van de turbine kan het zo zijn dat schepen die eerder door het gebied voeren dit niet meer mogen doen. Dit betekent dat verkeersstromen kunnen veranderen door de aanwezigheid van een windpark. Dit veranderen van de verkeersstromen kan een effect (positief en negatief) hebben op de veiligheid. Negatief door het feit dat er meer verkeer in sommige verkeersbanen terecht komt, waardoor meer ontmoetingen tussen schepen plaatsvinden en dus de kans op aanvaringen onderling groter worden. Een mogelijk positief effect kan zijn dat door de verschuiving van een verkeersstroom schepen verder van de kust af varen waardoor de kans op een stranding kleiner wordt.

Het effect op de scheepvaartveiligheid als gevolg van de eerste oorzaak, het toevoegen van een object in het gebied waar tegenaan gevaren kan worden, kan van invloed zijn in deze situatie.

De hoofdvaarroute van de beroepsvaart ligt niet op de locatie van het park, maar ernaast. Deze route zal door de aanleg van het park niet verschuiven. Daarnaast is het gebruik van de locatie van het windpark door het overige verkeer beperkt, dus zal de verschuiving van het verkeer weinig invloed hebben op de scheepvaartveiligheid. De risico's die hiermee samenvallen zullen dus ook niet verder worden beschouwd in deze studie.

Het scheepvaart verkeer op het IJsselmeer kan globaal in drie groepen worden in gedeeld:

- Beroepsvaart: schepen die een beroepsmatige reden hebben op het IJsselmeer te varen, bijvoorbeeld binnenvaartschepen (vracht en tankers), vissersschepen en werkschepen.
- Recreatievaart: schepen die recreatief aanwezig zijn in het gebied, bijvoorbeeld zeilboten en motorjachten.
- Bruine vloot: chartervaart, vaak zeilend.

Beroepsvaart zal zich voornamelijk in de betonde vaargeulen bevinden op het IJsselmeer, deze groep schepen zal zich niet in het park bevinden, aangezien er geen duidelijke vertreklocatie en bestemming zijn waarvoor het noodzakelijk en/of wenselijk is door het park te varen. Dit wordt bevestigd door de AIS gegevens (zie ook hoofdstuk 4). Recreatievaart bevindt zich meer verspreid op het IJsselmeer, aangezien deze groep geen noodzakelijke bestemming heeft. Daarom is aangenomen dat deze groep schepen zich ook in het park zal bevinden, indien dit wordt toegestaan.

Hierdoor zijn de effecten en risico's voor beide groepen anders. De effecten op de veiligheid van het scheepvaartverkeer door de aanwezigheid van het park zijn:

- Kans op aanvaring met een turbine door beroepsvaart die langs het park vaart en als gevolg daarvan kans op schade aan het vaartuig, milieu of persoonlijke schade;
- Kans op aanvaring met een turbine door recreatievaart die langs of in het park vaart en als gevolg daarvan kans op schade aan het vaartuig, milieu of persoonlijke schade;
- Overige effecten op de veiligheid voor het verkeer dat in het park vaart, zoals verminderd zicht, verlies van oriëntatie etc.

In hoofdstuk 0 zullen de effecten in meer detail besproken worden, gebruikmakend van de resultaten van de verkeers- en ongevalanalyse.

4 VERKEERSSTROMEN OP HET IJSSELMEER

4.1 Werkwijze

Om te bepalen welke risico's voor de scheepvaart een rol spelen bij het windpark, moet eerst vastgesteld worden welke scheepvaart er op welke manier op of langs de locatie vaart. In de eerste stap van de studie worden daarom de verkeersroutes in het gebied van het windpark voor verschillende scheepstypen in kaart gebracht met behulp van de AIS-signalen die door schepen zijn uitgezonden. Omdat de dekking van het IJsselmeer niet overal toereikend is en er een groot deel van de schepen zonder AIS vaart is ook gebruik gemaakt van aanvullende bronnen.

4.2 Bronnen

4.2.1 AIS en radar

Om inzicht te verkrijgen in de scheepsbewegingen op het IJsselmeer nabij de geplande windpark locatie is gebruikt gemaakt van AIS-data. AIS is een afkorting welke staat voor Automatic Identification System. Sinds 2005 zijn alle schepen groter dan 300 GT (Gross Tonnage), dus vrijwel alle koopvaardij schepen, verplicht uitgerust met een AIS transponder, die enkele malen per minuut een AIS bericht uitzendt waarin het MMSI nummer (Maritime Mobile Service Identity), de positie van het schip, het scheepstype, de snelheid, diepgang, bestemming en enkele additionele kenmerken van het schip zijn opgenomen. Al deze gegevens worden opgevangen door de AIS ontvangststations langs de Nederlandse kust en op offshore platforms. Vervolgens worden deze berichten doorgestuurd naar het Kustwachtcentrum gevestigd in Den Helder.

Inmiddels zijn ook kleinere schepen, waaronder dienstvaart, werkvaart, visserij schepen en sommige recreatieschepen uitgerust met AIS. Echter, voor deze schepen is het gebruik van AIS op dit moment niet verplicht en is er een aanzienlijk deel dat nog geen AIS signalen uitzendt. Daarnaast kunnen schepen hun AIS uitschakelen. Verwacht wordt dat binnen afzienbare tijd (december 2013) AIS verplicht wordt voor binnenvaart schepen langer dan 20 meter, zowel beroeps- als recreatievaart¹. In de aanloop hiernaartoe is in het kader van de Tijdelijke subsidieregeling Inland AIS-apparaten binnenvaart (van 2009 tot en met 2012) bij ruim 5.800 schepen AIS ingebouwd². Voor de grotere recreatieschepen wordt derhalve verwacht dat een groot deel AIS heeft, voor kleinere recreatieschepen is dit niet de verwachting gezien de investeringskosten en aangezien hiervoor geen verplichting op korte termijn wordt verwacht. Om deze reden, is er in sommige gebieden ook nog radardekking vanaf kuststations. Beide signalen, zowel AIS als radar, worden door de Kustwacht gearchiveerd. Deze data krijgt MARIN maandelijks ter beschikking gesteld. Voor deze studie is gebruik gemaakt van de data van 2012.

Omdat zeker niet alle schepen op het IJsselmeer voorzien zijn van AIS (vooral recreatieverkeer en in mindere mate vissersschepen en binnenvaart) is behalve de AIS ook gekeken naar de radardata die in de data van de Kustwacht bevat is. De dekking van de radar bleek echter vrijwel nihil te zijn in het relevante gebied. Dit is te zien in de resultaten in 4.4. Om deze redenen is ervoor gekozen om nog een aanvullende informatiebron te gebruiken.

¹ [www.rijkswaterstaat.nl/water/veiligheid/scheepvaartverkeersbegeleiding/ris/ais/ invoering_ais \(5 november 2013\)](http://www.rijkswaterstaat.nl/water/veiligheid/scheepvaartverkeersbegeleiding/ris/ais/ invoering_ais (5 november 2013))

² [www.rijkswaterstaat.nl/water/veiligheid/scheepvaartverkeersbegeleiding/ris/ais/ invoering_ais \(5 november 2013\)](http://www.rijkswaterstaat.nl/water/veiligheid/scheepvaartverkeersbegeleiding/ris/ais/ invoering_ais (5 november 2013))

4.2.2 Aanvullende bronnen

Vanwege de beperkte AIS ontvangst van de Kustwacht stations vanaf het IJsselmeer, en vooral omdat niet alle schepen van AIS zijn voorzien, en radargegevens ontbreken, is ook gekeken naar de beschikbare tellingen van sluispassages in het Netwerkmanagement Informatie Systeem (NIS) van RWS om een inschatting te kunnen maken van de verkeersintensiteiten op de routes. Hiermee kan ook de AIS dekking per scheepstype geschat worden. Daarnaast is gebruik gemaakt van rapportages over de recreatievaart op het IJsselmeer ([2]-[6]) om extra informatie over het recreatieverkeer te vergaren en mee te nemen in de beschouwingen.

4.3 Scheepstypen

Voor het beschrijven van het verkeer worden verschillende scheepstypen onderscheiden. Deze scheepstypen worden onderscheiden op basis van het scheepstype dat in de AIS is aangegeven. Het scheepstype wordt niet in alle AIS-signalen meegezonden, of kan soms in latere reizen iets afwijken van eerder uitgezonden typen (bijvoorbeeld type code 41 in plaats van 40). Daarom wordt per schip (MMSI nummer) voor het gehele jaar het meest voorkomende AIS-scheepstype bepaald en gehanteerd.

De verschillende AIS scheepstypen worden voor deze studie gegroepeerd tot de scheepscategorieën vissersschepen, recreatie (zeil- of motorjachten), passagiersschepen, vrachtschepen en tankers. De omschrijving en AIS-codes hiervan zijn gegeven in Tabel 4-1. De categorie 'Onbekend' blijkt uit een studie voor het Waddengebied [8] voornamelijk uit recreatie te bestaan.

Tabel 4-1 Indeling en omschrijving van scheepscategorieën

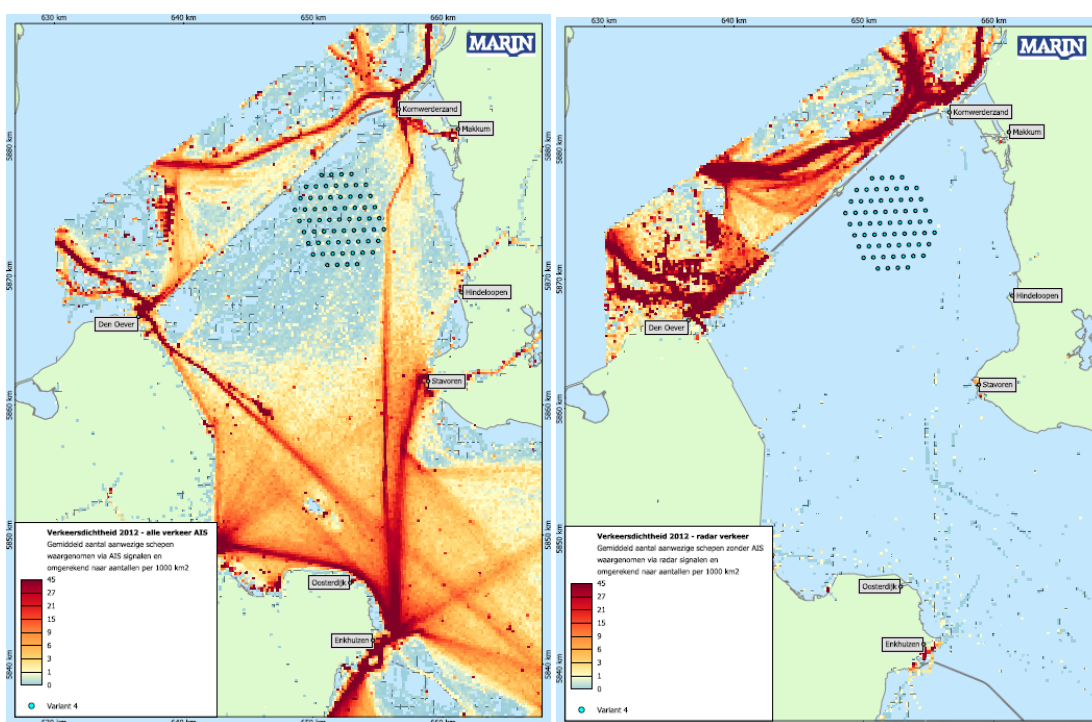
Scheepscategorieën	Omschrijving	AIS type codes
Vissersschepen		30
Recreatie	Zeil- en motorjachten	36, 37
Passagiersschepen	Veerboten, rondvaart, (zeil)charters	60-69
Vrachtschepen	voornamelijk binnenvaart	70-79
Tankers	voornamelijk binnenvaart	80-89
Onbekend	voornamelijk recreatie, in mindere mate binnenvaart	0
Werkschepen		90-99
Overige	Sleepboten, baggerschepen, loodsen, reddingsboten, waterpolitie, marine	20-29, 31-35, 40-58,

4.4 Dichtheidskaarten

De verkeersstromen in het gebied kunnen inzichtelijk gemaakt worden via dichtheidskaarten die gebaseerd zijn op de beschikbare AIS gegevens. De verkeersdichtheid is het gemiddeld aantal aanwezige schepen in een bepaald gebied (een cel), gedeeld door de oppervlakte van dat gebied, omgerekend naar aantallen per 1.000 km². Om de kaarten te maken is het IJsselmeer verdeeld in cellen van 200 bij 200 meter, zodat per cel de dichtheid kan worden berekend.

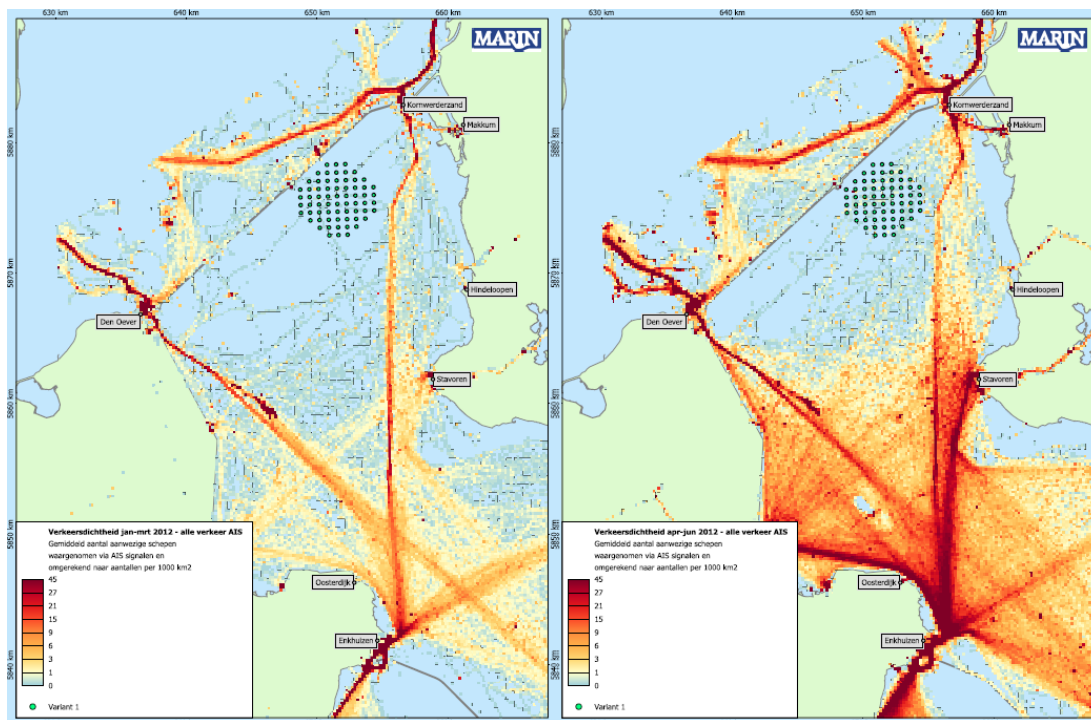
Het tellen van de aanwezige schepen gebeurt op basis van de door de schepen uitgezonden AIS signalen gedurende een reis. In Figuur 4-1 is links een dichtheidskaart weergegeven waarbij alleen gebruik gemaakt is van de signalen van de schepen met AIS. In de kaart is ook inrichtingsvariant 4 van het park zichtbaar. De routes van en naar de sluisen in de Afsluitdijk zijn duidelijk zichtbaar.

In Figuur 4-1 is rechts een vergelijkbare kaart weergegeven, hierbij zijn alleen de schepen meegenomen die geen AIS aan boord hebben en dus alleen via de walradar zichtbaar waren en in de beschikbare dataset van de kustwacht opgenomen zijn. Uit de figuur komt naar voren dat de beschikbare data set geen radar gegevens van het IJsselmeer bevat. Op de Waddenzee zijn duidelijk routes zichtbaar van schepen die alleen door radar waargenomen zijn, maar op het IJsselmeer zijn deze niet te zien. Alleen een aantal objecten in de havens, en enkele bewegingen op het IJsselmeer, zijn te zien. De radarwaarnemingen blijken verder bij Amsterdam en de Flevopolder wel aanwezig te zijn in de data, maar dat is niet relevant voor deze studie.



Figuur 4-1 Dichtheidskaart gebaseerd op heel 2012; links alleen schepen waargenomen met AIS en rechts schepen alleen waargenomen met radar (dus schepen zonder AIS).

In Figuur 4-2 zijn twee dichtheidskaarten weergegeven waarin duidelijk de invloed van het seizoen zichtbaar is. Duidelijk zichtbaar is de verhoogde intensiteit in het zuidelijke deel van het IJsselmeer in het voorjaar ten opzichte van de winter periode. Wat wel opvalt, is dat de dichtheid nabij de locatie van het windpark minder gevoelig lijkt te zijn voor seizoensinvloeden. Echter dit komt deels omdat in de figuren alleen de beroepsvaart (schepen met AIS) zichtbaar zijn en in mindere mate de recreatievaart.



Figuur 4-2 Dichtheidskaart gebaseerd op alle schepen met AIS; links jan-mrt 2012 en rechts apr-juni 2012.

4.5 Intensiteiten

De verkeersdichtheid levert nog geen directe informatie over het aantal schepen dat passeert per tijdseenheid (ofwel de verkeersintensiteit). Om de intensiteit van de verkeersstromen te bepalen zijn op twee hoofdroutes bij de sluisen in de Afsluitdijk meetlijnen gedefinieerd waarvoor het aantal scheepspassages geteld is in beide richtingen op basis van de gegevens beschikbaar in de AIS/radar dataset. Deze tellingen zijn vergeleken met de sluisstellingen uit het NIS.

Uit het Netwerkmanagement Informatie Systeem van Rijkswaterstaat zijn de aantallen passages bij de Lorentzsluisen (Kornwerderzand), de Stevinsluis (Den Oever) en de Prins Margrietsluisen (Lemmer) opgevraagd voor 2012. De aantallen voor iedere scheepscategorie voor de Lorentzsluisen en de Stevinsluis zijn per vaarrichting gegeven in Tabel 4-2. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen zeilende recreatievaart en recreatievaart met motor. Vooral de schepen die de Lorentzsluisen passeren zijn interessant voor de studie, aangezien vrijwel al deze schepen (zeker de beroepsvaart) de locatie van het windpark passeren. Per jaar passeren er dus gemiddeld 19.000 schepen de locatie per vaarrichting. Ongeveer 9% van deze schepen is beroepsvaart (3.438 schepen per jaar, 9,5 per dag totaal in beide richtingen).

Tabel 4-2 Scheepspassages van de sluisen in heel 2012 (NIS gegevens)

Scheepstype	Lorentzsluizen		Stevinsluis	
	N	Z	N	Z
Vissersschepen	475	515	275	260
Recreatie (zeilend)	13.466	13.455	7.323	7.126
Recreatie (motor)	3.834	3.989	1.782	1.631
Passagiersschepen	166	177	113	93
Vrachtschepen	658	874	634	558
Tankers	124	99	172	240
Werkschepen	44	36	22	27
Overige	125	145	198	209
Totaal	18.892	19.290	10.519	10.144
Totaal recreatie	17.300	17.444	9.105	8.757
Totaal beroepsvaart	1.592	1.846	1.414	1.387
% beroepsvaart	8,4%	9,6%	13,4%	13,7%

In Tabel 4-3 zijn de aantallen passages geteld via de AIS. Deze aantallen zijn aanmerkelijk lager dan de aantallen uit het NIS.

Tabel 4-3 Scheepspassages van de sluisen (AIS data, 2012)

Scheepstype	Lorentzsluizen		Stevinsluis	
	N	Z	N	Z
Vissersschepen	15	30	58	48
Recreatie (zeilend)	24	38	38	15
Recreatie (motor)	7	7	6	4
Passagiersschepen	83	88	105	46
Vrachtschepen	45	65	87	85
Tankers	10	30	53	56
Werkschepen	13	22	21	20
Overige	78	67	95	80
Onbekend	190	140	142	237
Totaal	465	487	605	591
Totaal recreatie	31	45	44	19
Totaal beroepsvaart (incl onb.)	434	442	561	572
% beroepsvaart	93,3%	90,8%	92,7%	96,8%

In Tabel 4-4 zijn per scheepscategorie de dekking van de AIS weergegeven in de vorm van een percentage. Duidelijk te zien is dat de percentages per scheepscategorie aanmerkelijk verschillen. Van de passagiersschepen, werkschepen en overige (loodsen, baggerschepen, kustwacht, waterpolitie, en dergelijke) is het merendeel (variërend van 50% tot 95%) van de AIS signalen opgevangen door de Kustwacht stations. Van passerende vissers en binnenvaart (vrachtschepen en tankers) wordt een groter deel ontvangen (15% tot 30% bij Den Oever en bij Kornwerderzand iets minder). Van passerende recreatievaart wordt nauwelijks AIS ontvangen.

De lagere percentages voor binnenvaart, vissers en recreatie zullen voornamelijk te maken hebben met het nog niet aan boord hebben van AIS, maar kunnen ook te maken hebben met een zwakker signaal.

Tabel 4-4 AIS dekking bij sluisen

Scheepstype	Lorentzsluizen		Stevinsluis	
	N	Z	N	Z
Vissersschepen	3,2%	5,8%	21,1%	18,5%
Recreatie (zeilend)	0,2%	0,3%	0,5%	0,2%
Recreatie (motor)	0,2%	0,2%	0,3%	0,2%
Passagiersschepen	50,0%	49,7%	92,9%	49,5%
Vrachtschepen	6,8%	7,4%	13,7%	15,2%
Tankers	8,1%	30,3%	30,8%	23,3%
Werkschepen	29,5%	61,1%	95,5%	74,1%
Overige	62,4%	46,2%	48,0%	38,3%
Totaal	2,5%	2,5%	5,8%	5,8%
Totaal recreatie	0,2%	0,3%	0,5%	0,2%
Totaal beroepsvaart	27,3%	23,9%	39,7%	41,2%

Op basis van de tellingen kan voor scheepscategorieën waarvoor de routes over het IJsselmeer vanuit de sluisen min of meer eenduidig zijn bepaald in de dichtheidskaarten, het aantal passages op die route worden bepaald.

De aantallen voor iedere scheepscategorie voor de Prinses Margrietsluizen zijn gegeven in Tabel 4-5.

Tabel 4-5 Scheepspassages van de Prinses Margrietsluis in 2012 (NIS gegevens)

Scheepstype	Prinses Margrietsluis	
	N	Z
Vissersschepen	2	3
Recreatie (zeilend)	6.317	6.744
Recreatie (motor)	4.017	4.423
Passagiersschepen	95	82
Vrachtschepen	7.115	6.674
Tankers	2.033	1.982
Werkschepen	13	17
Overige	102	116
Totaal	19.694	20.041
Totaal recreatie	10.334	11.167
Totaal beroepsvaart	9.360	8.874
% beroepsvaart	47.5%	44.3%

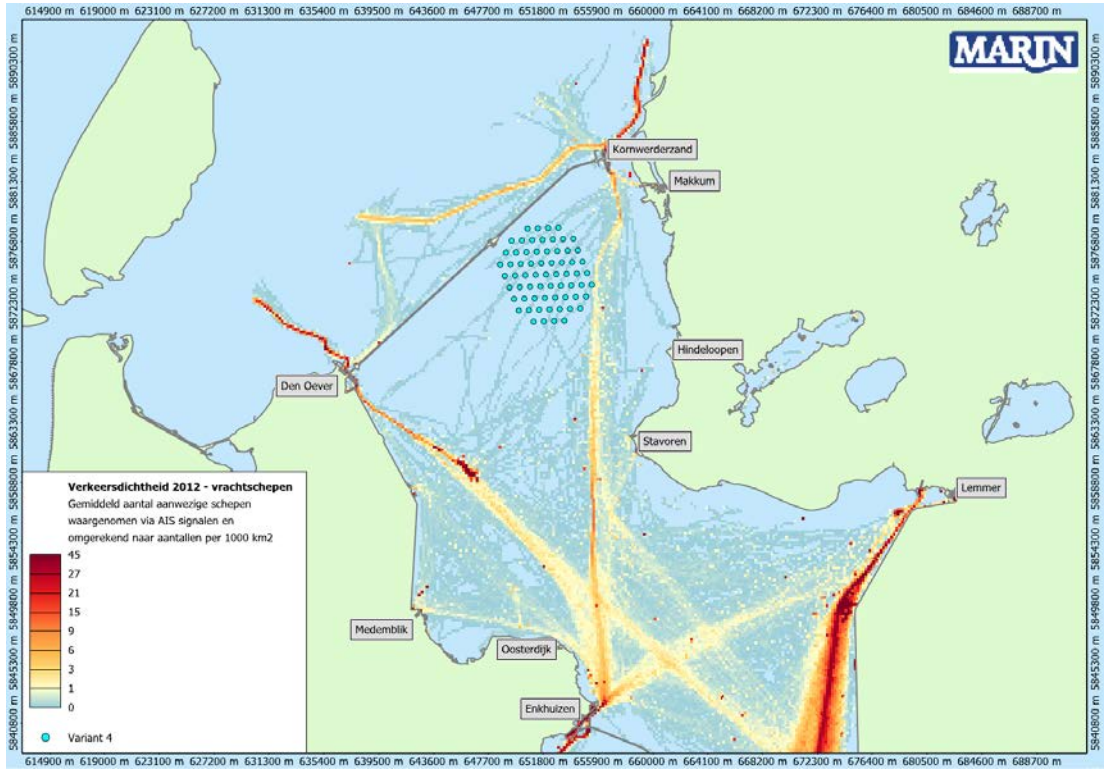
Uit een vergelijking van Tabel 4-2 en Tabel 4-5 volgt dat er minder beroepsvaart is op het noordelijke deel van het IJsselmeer. Voor de recreatievaart geldt dit niet, er vaart relatief veel recreatieverkeer door de Lorentzsluizen. Dit is echter ook verkeer dat van Makkum naar de Waddenzee vaart, en dus relatief kort op het IJsselmeer is.

4.6 Beroepsvaart

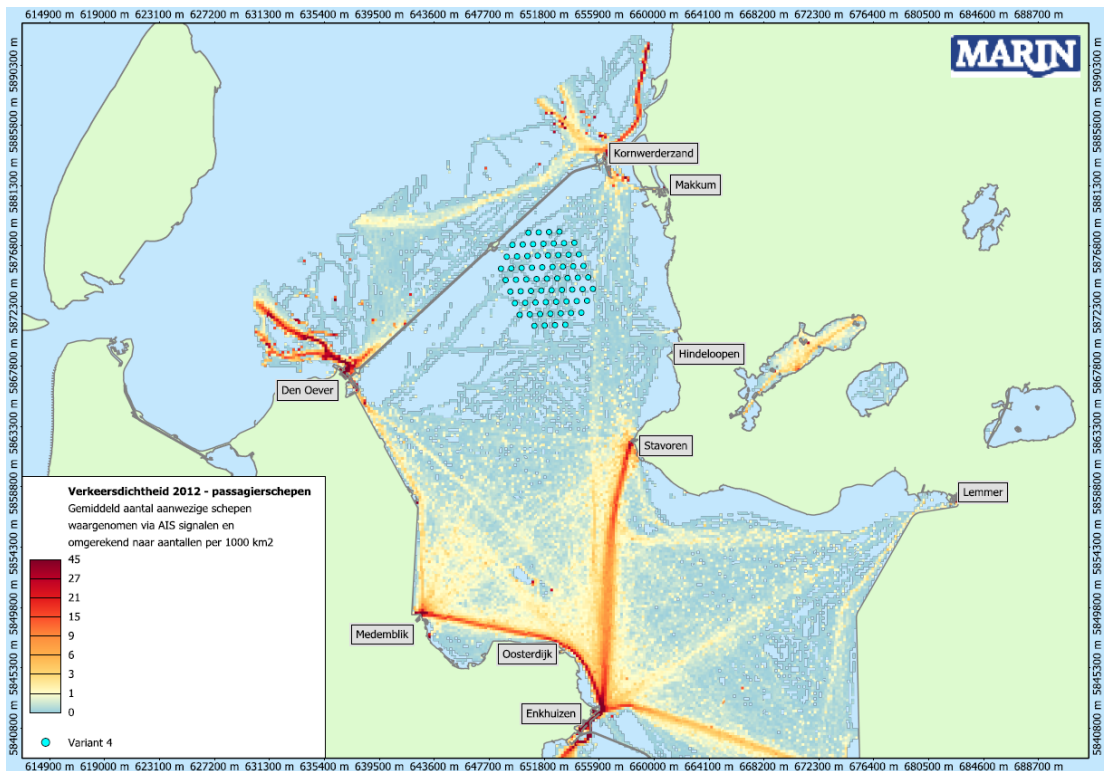
Ondanks dat de dekking voor de beroepsvaart niet volledig is kunnen de AIS-gegevens toch gebruikt worden om de verkeerstromen van deze vaartuiggroep weer te geven. De dichtheid is wellicht niet volledig, maar de locatie van de schepen is wel representatief.

In Figuur 4-3 is een dichtheidskaart weergegeven op basis van alleen de vrachtschepen. De figuur laat wederom duidelijk de doorgaande vaarroute vanuit de Lorentzsluizen in zuidelijke richting (en vice versa) zien.

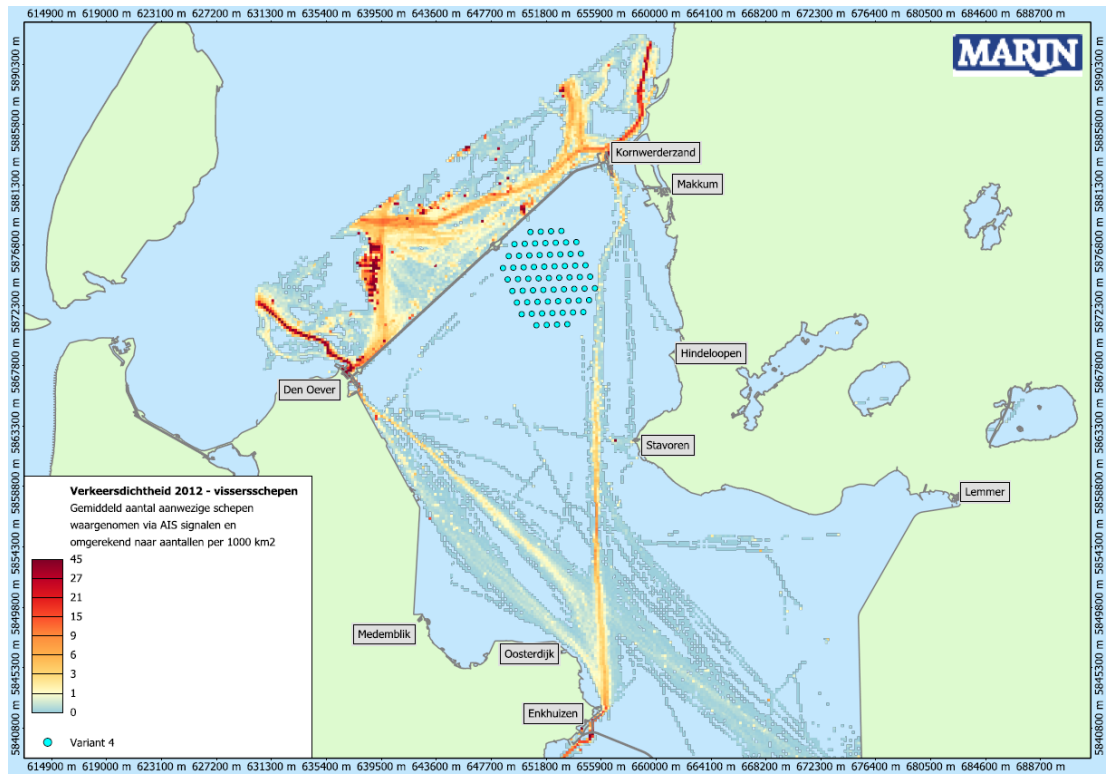
In Figuur 4-4 is de verkeersdichtheid weergegeven van alle passagiersschepen. Duidelijk zichtbaar is dat de verkeerstromen van deze categorie schepen meer verdeeld is over het noordelijk deel van het IJsselmeer. Het merendeel van de passagiersschepen dat de Lorentzsluizen passeert vaart richting Makkum (of in omgekeerde richting). Tenslotte is in Figuur 4-5 de verkeersdichtheid van de vissersschepen (waargenomen in de AIS) weergegeven. Hierbij is te zien dat de meeste vissersschepen in de vaarroute langs het park varen, komend vanuit Enkhuizen naar de Waddenzee (en terug).



Figuur 4-3 Dichtheidskaart gebaseerd op alle vrachtschepen met AIS.



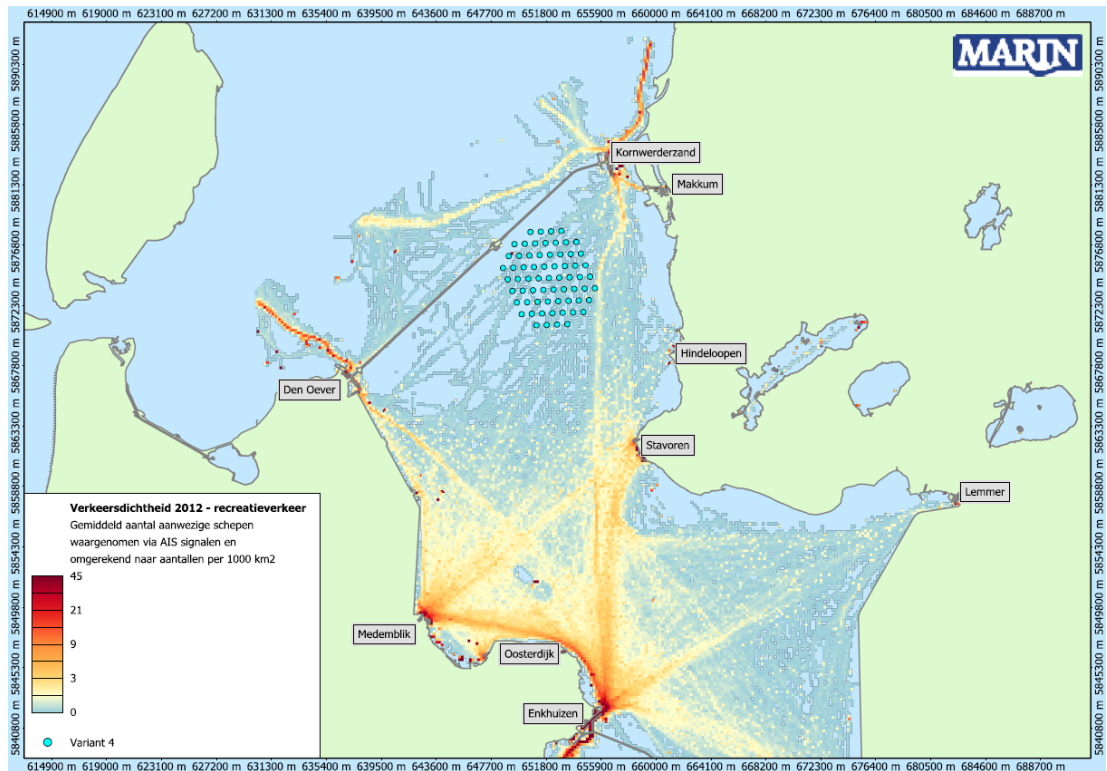
Figuur 4-4 Dichtheidskaart gebaseerd op alle passagierschepen met AIS.



Figuur 4-5 Dichtheidskaart gebaseerd op vissersschepen met AIS

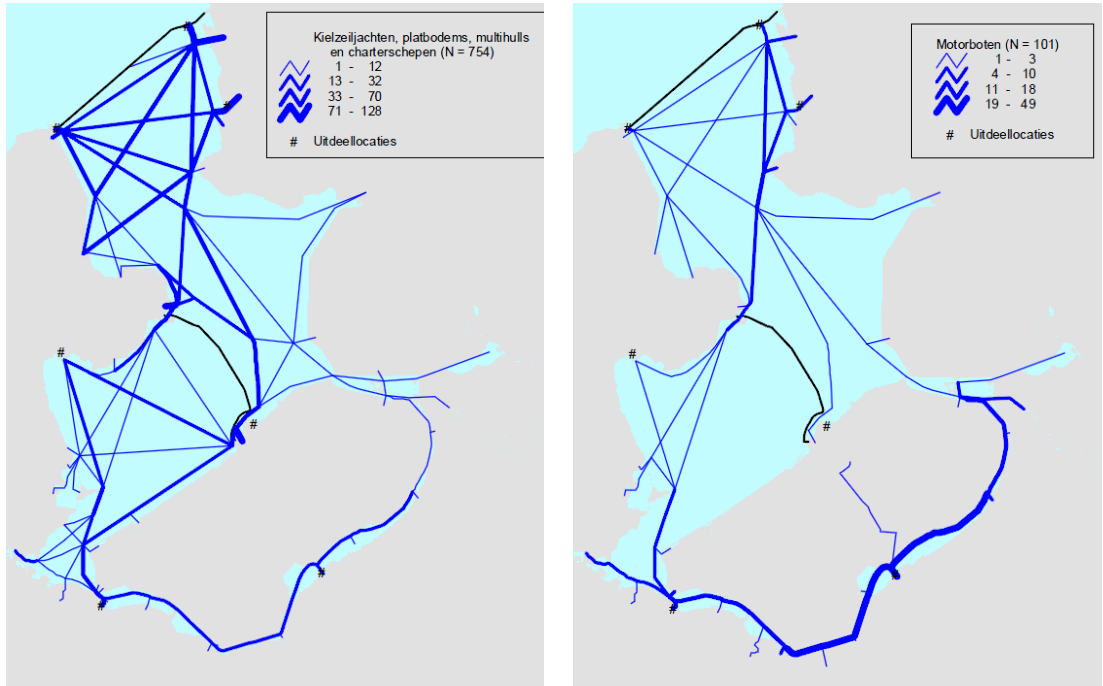
4.7 Recreatievaart

Slechts een beperkt deel van de recreatievaart heeft AIS aan boord (zie eerder). Op basis van deze schepen is een dichtheidskaart gecreëerd. Duidelijk zichtbaar is de vaarroute vanuit de Lorentzsluizen in zuidelijke richting en vice versa. Deze vaarroute wordt voornamelijk gevolgd door de grotere recreatievaart, die wel AIS aan boord heeft.

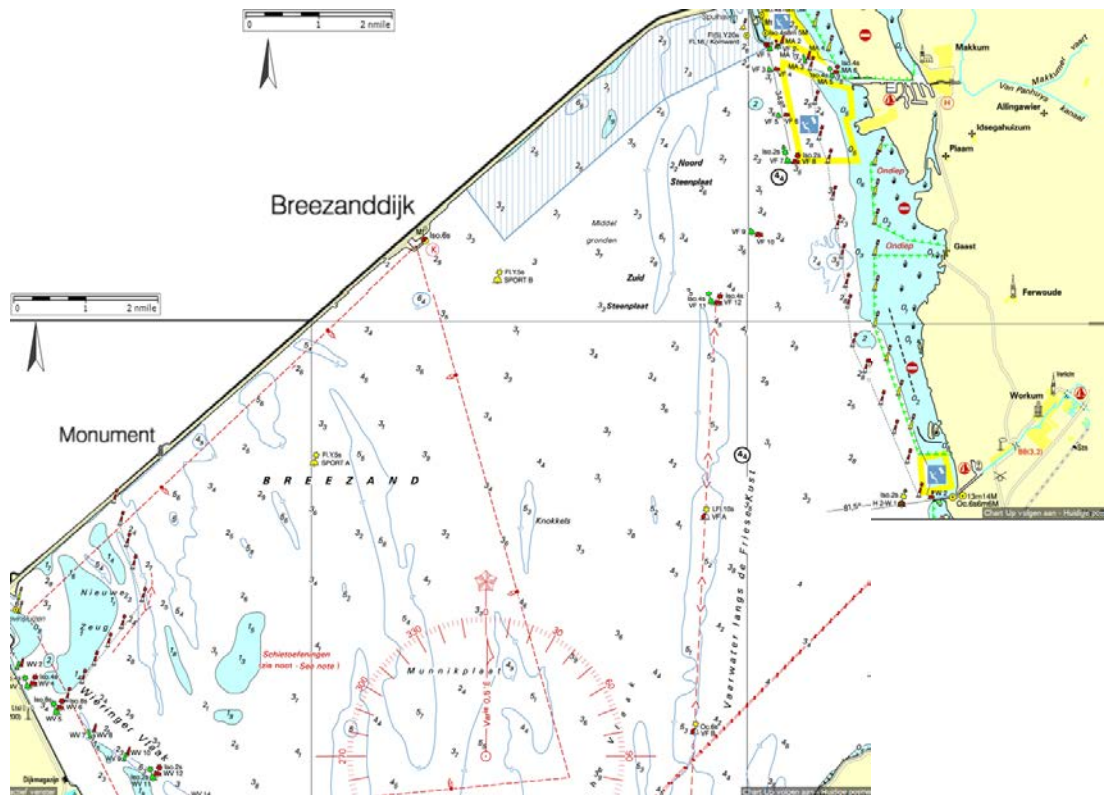


Figuur 4-6 Dichtheidskaart gebaseerd op alle recreatieschepen met AIS.

Door de jaren heen zijn er verschillende onderzoeken geweest, waarin de intensiteit, verspreiding en concentratie van de recreatievaart een component was, zie [2]-[7]. In [2] worden enquêtes besproken. In Figuur 4-7 worden de resultaten getoond van de enquêtes onder respectievelijk zeilschepen en motorboten naar de genomen routes op het IJsselmeer. Bij deze enquête is recreanten gevraagd waar ze vandaan kwamen en waar ze van plan waren heen te gaan. De lijnen weergegeven in Figuur 4-7 zijn daarmee niet een weergave van de werkelijk gevaren route. Er is hierbij geen rekening gehouden met de ondiepte 'De Zeug' bij Den Oever en gebied 'Schiotoefeningen' (zie Figuur 4-8). De routes tussen Makkum en De Oever, weergegeven in Figuur 4-7 zullen dus in werkelijkheid naar verwachting zuidelijker liggen. Echter de kaarten in Figuur 4-7 laten wel zien dat het gebied benut wordt voor de recreatievaart en dat er meer recreatievaart aanwezig is in het gebied dan Figuur 4-6 (op basis van AIS) aangeeft. Ook al hebben niet alle recreatieschepen AIS en is het aantal gemiddeld aanwezige schepen in Figuur 4-6 niet representatief voor het werkelijke aantal, de dichtheidskaart kan wel gebruikt worden om aan te geven dat de dichtheid in het gebied tussen Makkum en Den Oever relatief laag is ten opzichte van de dichtheid in andere gebieden. De kaart laat zien dat de locatie van het initiatief een relatief rustig gebied is.

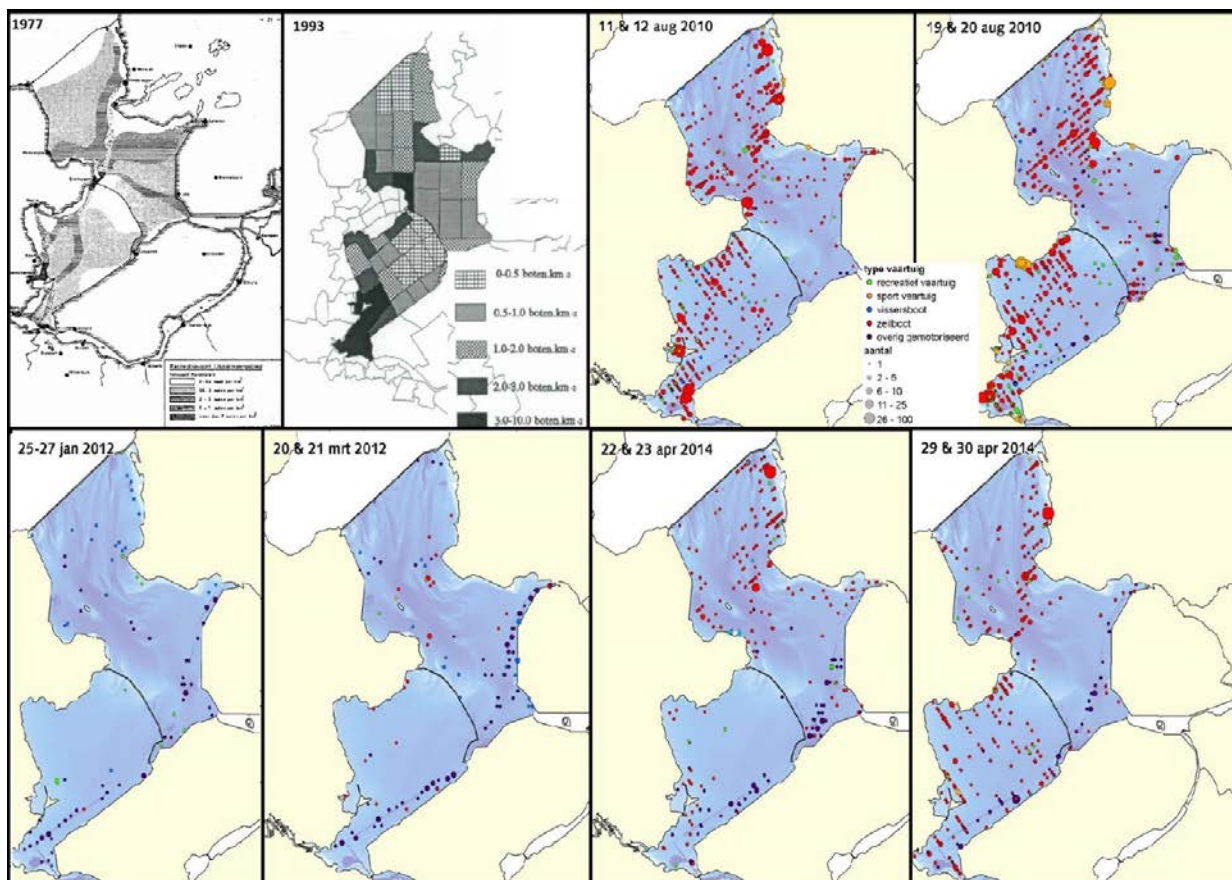


Figuur 4-7 Routes van zeilschepen (links) en motorboten (rechts) op het IJsselmeer volgens de enquête uit [2]



Figuur 4-8 Nautische kaart van het gebied tussen Makkum en Den Oever (let op ondiepte 'De Zeug' bij Den Oever en gebied 'Schietoefeningen')

In de onderzoeken [4], [5] en [6] is het aantal recreatievaartuigen geteld op verschillende dagen tijdens vaartuigtellingen en vogeltellingen boven het IJsselmeer. Een overzicht van resultaten is te vinden in Figuur 4-9.



Figuur 4-9 Vaartuigtellingen in verschillende jaren ([4]-[6])

De data uit deze studies geven aan dat de intensiteit van recreatievaartuigen niet uniform verdeeld is over het IJsselmeer, er is sprake van spreiding en concentratie. Op de locatie van het plangebied zijn over het algemeen veel minder schepen aanwezig dan op de rest van het IJsselmeer.

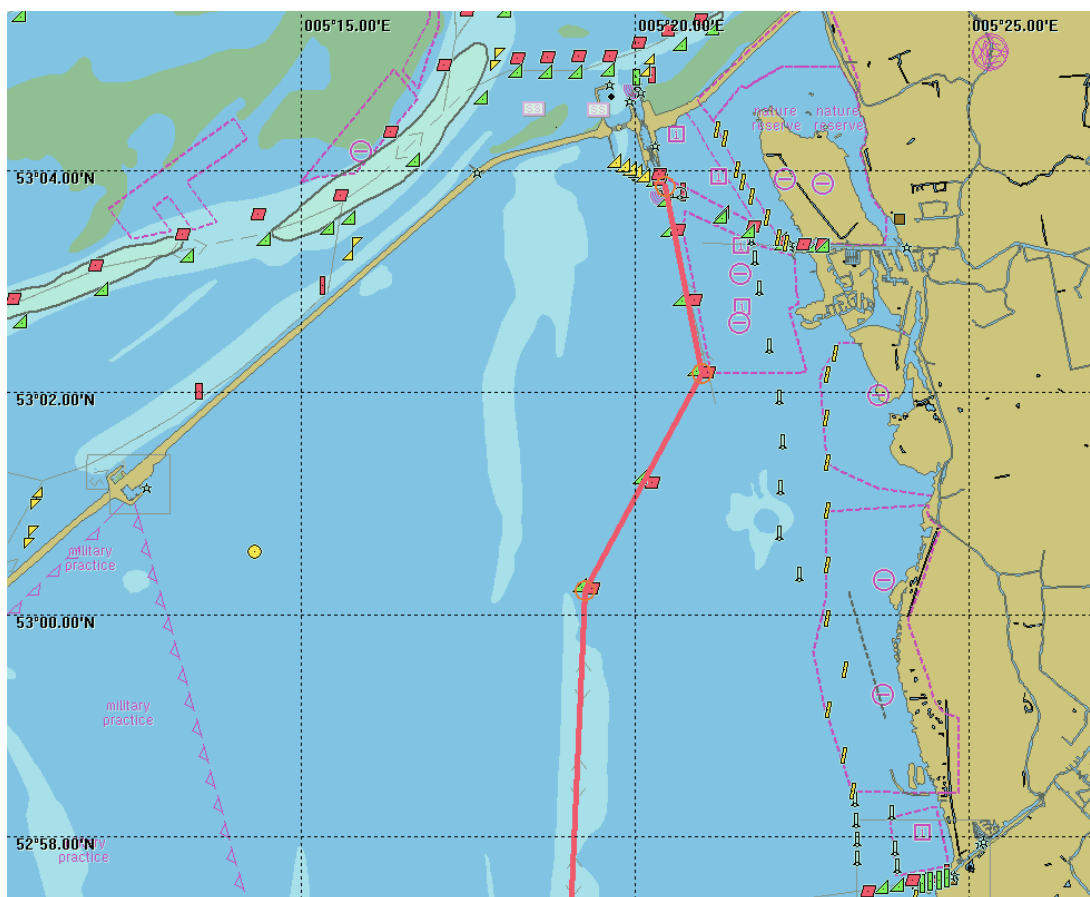
4.8 Invoer SAMSON: verkeersdatabase

Omdat er beperkte verkeersgegevens beschikbaar zijn van de recreatievaart en aangezien de gevolgen voor deze schepen relatief klein zijn is ervoor gekozen alleen een kwantitatieve analyse te maken met SAMSON voor de passerende beroepsvaart in de vaarroute vanuit de Lorentzsluizen richting het zuiden en vice versa.

Voor deze verkeersstroom is op basis van de locatie van boeien, de verkeersstromen zichtbaar op de dichtheidskaarten op basis van AIS en de tellingen bij de sluisen een verkeersdatabase samengesteld die als invoer dient voor het SAMSON model. Een meer uitgebreidere beschrijving van het model wordt gegeven in 6.1.1.

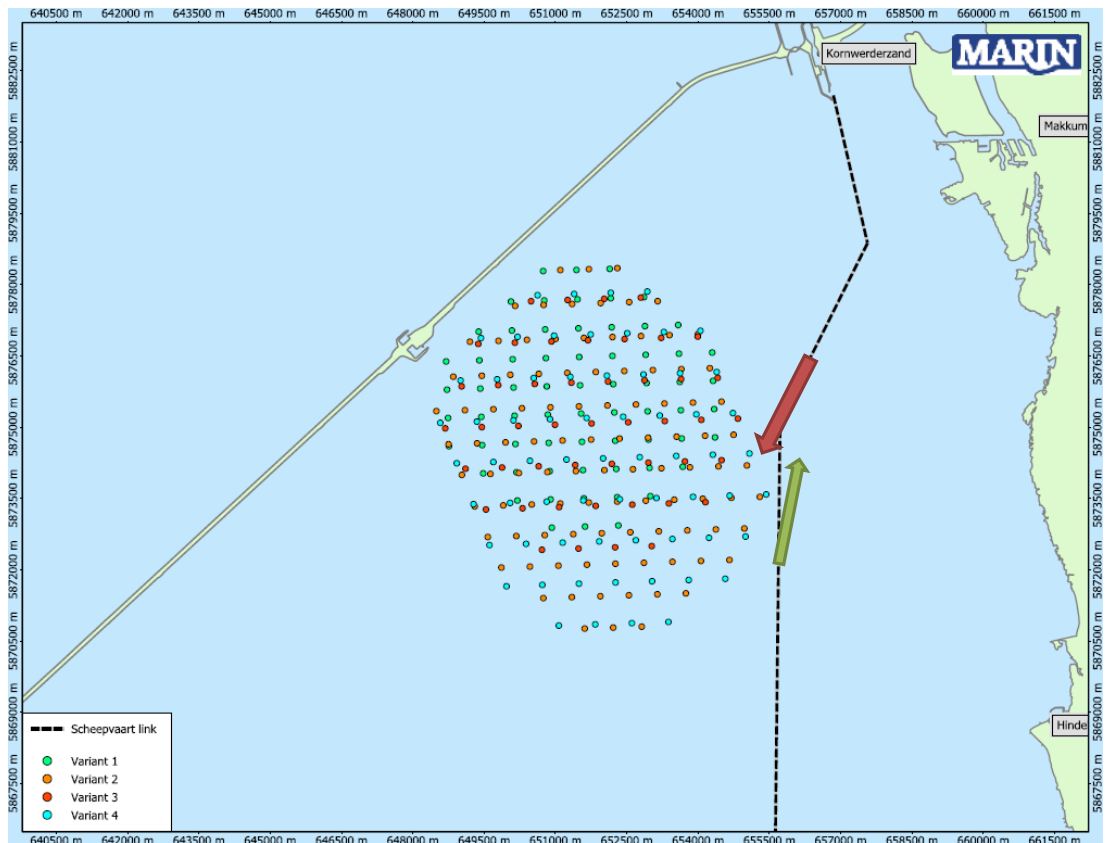
Een verkeersdatabase bestaat uit een routestructuur, in dit geval een vaarroute startend bij Lorentzsluizen in zuidelijke richting. In Figuur 4-10 is de vaarroute schematisch weergegeven. In de dichtheidskaarten is ook nog een duidelijke vaarroute zichtbaar aan

de westzijde van het windpark, de verkeersstroom startend bij de Stevinsluis in zuidelijke richting (en vice versa). Deze verkeersstroom bevindt zich echter op meer van 7 NM (ongeveer 13 km) van de meest westelijke turbines. Dit betekent dat de kans op een aanvaring (aandrijving) van een van deze schepen met een turbine verwaarloosbaar klein is. Voor een schip dat ofwel een navigatie fout maakt ofwel een motorstoring krijgt in deze vaarroute geldt dat deze de turbines van het park waarschijnlijk niet zal bereiken. De storing zal waarschijnlijk voor die tijd verholpen zijn, of de navigatiefout hersteld.



Figuur 4-10 Overzicht routestructuur van de gebruikte verkeersdatabase.

De locatie van de vaarroute langs het park is gebaseerd op de huidige lay-out van het gebied en volgt de met boeien aangegeven hoofdvaarroute. Deze route maakt een flauwe S-bocht. Deze knik in de vaarroute is relevant bij het bepalen van de kans op aanvaringen voor de schepen die in zuidelijke richting varen. Als deze schepen namelijk bij de tweede bocht naar bakboord te laat reageren, varen ze rechtdoor het park in. Echter voor de noordgaande stroom werkt de knik positief aangezien schepen al van het park afbuigen om richting de sluis te varen.



Figuur 4-11 Situatieschets van het park en de vaarroute

Per onderdeel van de rotestructuur wordt het totaal aantal schepen per jaar gedefinieerd, verdeeld in een aantal scheepstypen en scheepsgroottes. Deze aantallen zijn gebaseerd op de gegevens verzameld uit het NIS (paragraaf 4.5). Hierbij is aangenomen dat alle schepen (beroepsvaart) die door de sluis gaan ook langs het park varen. Een klein deel zal wellicht naar Makkum varen, daarnaast is er ook een klein deel van de schepen dat de “knik” afsnijdt. Dit betekent dat deze schepen dus verder van het park varen dan aangenomen in de verkeersdatabase. In de berekening wordt hierdoor dus een “worst-case” scenario aangenomen.

4.9 Conclusies verkeersstromen IJsselmeer

- De ontvangst van AIS in het gebied is niet volledig. Radar ontbreekt volledig in de dataset beschikbaar bij het MARIN.
- De relatief lage dekkingspercentages van binnenvaart, vissers en recreatie worden voornamelijk veroorzaakt door het ontbreken van AIS aan boord.
- De algemene verkeersbanen zijn toch duidelijk zichtbaar in de dichtheidskaarten en worden representatief geacht.
- De binnenvaart en grotere visserij vaart op vaste routes van en naar de sluisen. Met name de route vanuit de sluis bij Lorentzsluizen richting Enkhuizen (en terug) loopt, afhankelijk van de inrichtingsvariant, dicht langs de geplande locatie. De “knik” in de vaarroute kan een extra risico opleveren, in het bijzonder voor schepen komend vanuit het noorden. Voor schepen komend vanuit het zuiden is het juist risico verlagend omdat de schepen afbuigen van het park.
- Op basis van de dichtheidskaart in Figuur 4-6 en de enquêtes uit [2] is te zien dat het recreatieverkeer meer verspreid over het IJsselmeer vaart. Met name de schepen die varen vanuit Makkum of de Lorentzsluis en “oversteken” in zuidwestelijke richting, passeren in potentie de locatie van het park. Echter door de aanwezigheid van een ondiepte nabij Den Oever zal de werkelijke route tussen Makkum en Den Oever meer zuidelijk liggen. Het verkeer zal dus anders varen dan aangegeven in Figuur 4-8. Ook de locatie van het initiatief wordt benut, zij het naar verwachting zeer beperkt.
- Ook de kaarten in Figuur 4-9 laten zien dat het recreatieverkeer niet uniform verdeeld is over het IJsselmeer. De locatie van het plangebied ligt in een rustig gebied.

5 ONGEVALLEN OP HET IJSSELMEER

5.1 Werkwijze

Om een goede beschrijving te geven van de mogelijke effecten op de scheepvaartveiligheid in het gebied door de aanwezigheid van het park, is het belangrijk een goed overzicht te hebben van de ongevallen die nu in het gebied en op het IJsselmeer plaatsvinden. Daarnaast is de analyse van de ongevallen een input voor de berekeningen met SAMSON.

Voor het schatten van de kans op een ongeval na een storing of manoeuvreerfout (navigatiefout) is in het verleden gebruik gemaakt van de resultaten van het onderzoek Monitoring Nautische Veiligheid: De Nulmeting, [5]. In dat onderzoek is het aantal ongevallen gerelateerd aan de voor dat ongeval meest relevante parameter, zijnde vaartuigkilometers, sluispassages of het aantal havenbezoeken. Dit onderzoek is uitgevoerd in 1999 en is gebaseerd op ongevalsgegevens over 1990-1998. Voor het bepalen van de kans op een navigatiefout en/of motorstoring op het IJsselmeer, voor de studie naar scheepvaartveiligheid van het windpark nabij de Noordoostpolder, is opnieuw een analyse uitgevoerd van het aantal relevante ongevallen waargenomen op het IJsselmeer. Op basis van nieuwe analyses zijn aangepaste ongevalkansen bepaald die zijn gebruikt in de berekeningen met SAMSON.

Voor de studie naar de effecten van het park Fryslân is de analyse van de ongevallen aangevuld tot en met 2012.

Daarnaast is een analyse uitgevoerd van de meldingen van de KNRM. Deze meldingen geven inzicht in het aantal ernstige incidenten in het gebied.

5.2 SOS-database 2001 - 2012

Voor de Noordoostpolder is een analyse uitgevoerd op basis van de SOS-database 2001-2010. Voor deze studie is de analyse aangevuld met de gegevens tot en met 2012.

Om de ongevalskans te bepalen is een analyse uitgevoerd van de SOS-database van Rijkswaterstaat. Hierbij is het aantal ongevallen bekeken op de vaarwegen in het IJsselmeer die zijn weergegeven in Tabel 5-1. De ongevallen waarbij aangegeven is dat ze in een haven hebben plaatsgevonden, zijn niet meegenomen in de selectie, omdat deze ongevallen niet representatief zijn voor de situatie nabij het windpark.

Tabel 5-1 Overzicht relevante vaarwegnummers.

Vaarweg code	Vaarweg omschrijving
230	Vaarweg van Amsterdam via de Houtribsluizen naar Lemmer
230b	Toegangsgeul en Voorhaven van de Zuidersluis
230c	Vaarroute van Lelystad-Haven naar het Krabbersgat
230d	Oostvaardersdiep
251	Vaarweg van Amsterdam via de Krabbersgatsluizen naar Lemmer
251a	Kustroute vanaf de Pampusgeul langs Marken en de Noord-Hollandse kust naar het Krabbersgat
251b	Buitenhaven van Enkhuizen
251e	Vaarweg door het naviduct Krabbersgat
300	IJsselmeer
301	Vaarweg van Urk naar Kornwerderzand
301a	Vaarroute ten noorden van het Enkhuizerzand
301b	Kustroute van de Friese Hoek naar Makkum en Kornwerderzand
302	Vaarweg van Enkhuizen naar Den Oever
302a	Kustroute van Enkhuizen naar Den Oever
302b	Vaarroute bezuiden langs de Afsluitdijk
303	Vaarweg van de Ketelbrug naar de Houtrib
303a	Vaarroute van de Ketelbrug naar de Val van Urk

Niet alle type ongevallen zijn relevant voor het bepalen van het effect van het windpark op de scheepvaartveiligheid. Er staan windturbines in het IJsselmeer, 4 op iets meer dan 2 km afstand ten noorden van Medemblik en 28 ten westen van de Ketelbrug, vlak bij de IJsselmeerdijk tussen Lelystad en de Ketelbrug. Er zijn geen aanvaringen bekend van schepen met deze windturbines.

Een aanvaring met een turbine kan twee hoofdoorzaken hebben:

1. Een navigatiefout
2. Een motor- en of stuurinrichtingstoring waardoor een boot niet meer onder controle is en richting een turbine drijft

Het doel van de ongevalsanalyse is, naast het creëren van een overzicht van de ongevallen op het IJsselmeer, het inschatten van de kans op ofwel een navigatiefout ofwel een motor- en of stuurinrichtingstoring die kan leiden tot een aanvaring met een turbine. Om deze kans in te schatten wordt gekeken naar ongevallen die plaatsgevonden hebben, die ook veroorzaakt zijn door een navigatiefout of een motorstoring. Uiteindelijk zal de analyse er toe leiden dat er een kans per vaartuigkilometer bepaald wordt dat er "iets" mis gaat dat kan leiden tot een aanvaring/aandrijving van een turbine. Deze ongevalskans "beschrijft" de oorzaak van het ongeval.

Daarom is er in de analyse voor gekozen de volgende ongevalstypen als relevant (vergelijkbaar) mee te nemen:

- Grond (in geval van stranden)
- Aanvaring met de oever
- Aanvaring met steigers/palen
- Aanvaring met een boei

Er is een duidelijk verschil tussen het aan de grond lopen door een navigatiefout en het mogelijk aanvaren van een windturbine door een navigatiefout, simpelweg omdat een windturbine duidelijk zichtbaar is en een ondiepte afgelezen moet worden vanaf de kaart. Toch zijn alle ongevallen van het type "aan de grond" lopen mee genomen in deze analyse en de verdere verwerking tot ongevals-kansen die als invoer dienen voor het SAMSON-model. Dit omdat er op basis van de beschikbare gegevens geen duidelijk onderscheid gemaakt kan worden naar de oorzaak van de stranding en hierdoor een duidelijke "worst-case" benadering aangehouden wordt.

In de SOS-database is een selectie gemaakt op basis van de aanwezige omschrijvingen van de ongevallen. In Tabel 5-2 is het aantal geregistreerde "relevante" ongevallen weer gegeven.

In totaal zijn in de periode 2001 – 2012 304 "relevante" ongevallen geregistreerd. Opvallend is dat voornamelijk in de laatste 3 jaren het aantal geregistreerde ongevallen sterk is toegenomen. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de verbeterde registratie.

Tabel 5-2 Overzicht van het aantal "relevante" ongevallen per jaar in het IJsselmeer gebied.

Type ongeval	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Totaal
Grond (i.g.v. stranding)	4	4	3	6	5	2	6	10	24	55	56	80	255
Aanvaring met Oever	0	0	0	0	0	0	1	0	2	7	16	17	43
Aanvaring met Steigers/palen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
Aanvaring met boei	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	4
Totaal	4	4	3	6	5	2	8	10	26	63	76	97	304

In de database is ook iets over de oorzaak van de ongevallen vermeld, dit is geen uitgebreide omschrijving, maar geeft wel de globale oorzaak weer. In Tabel 5-3 is een overzicht gegeven van de oorzaken voor de verschillende relevante ongevalstypes in het IJsselmeer gebied. Uit de tabel komt duidelijk naar voren dat slechts voor een derde van de ongevallen een oorzaak is opgenomen in de gegevens. In Figuur 5-1 zijn de locaties van de relevante ongevallen weergegeven. Hierbij is ook het type ongeval en de oorzaak aangeduid.

Tabel 5-3 Overzicht van het aantal geregistreerde relevante ongevallen in het IJsselmeer gebied per type en oorzaak.

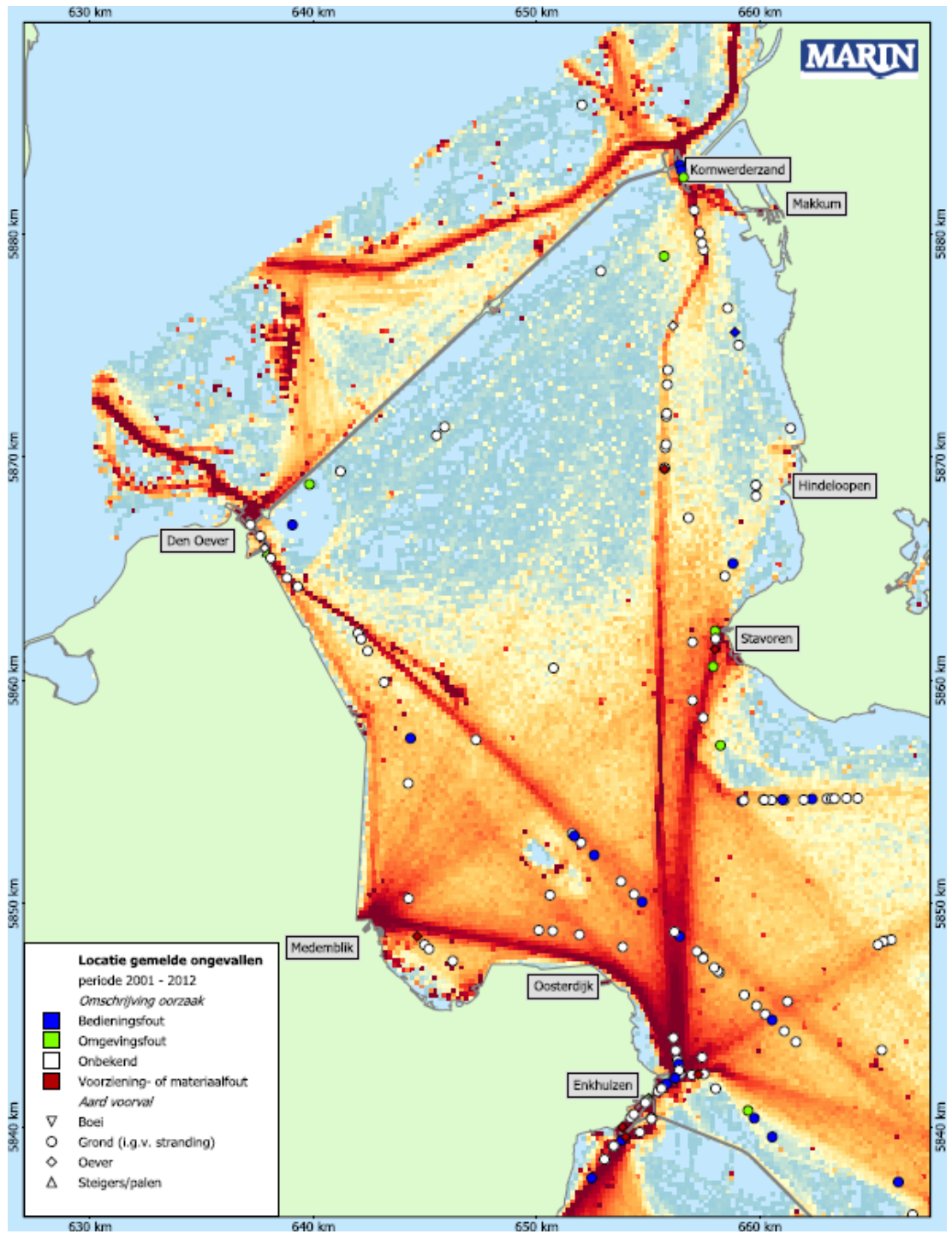
Oorzaak	Boei	Grond	Oever	Steigers/palen	Totaal
Bedieningsfout	3	49	7		59
Omgevingsfout		11	7	2	20
Onbekend	1	187	16		204
Voorziening- of materiaalfout		8	13		21
Totaal	4	255	43	2	304

Ten slotte is gekeken naar de gevolgen van de relevante ongevallen in het gebied en dan met name naar milieuschade en persoonlijke schade. In Tabel 5-4 is een overzicht gegeven van de gemelde milieuschade per ongevalstype over de gehele periode 2001 – 2012. Er zijn slechts 4 gevallen gemeld waarbij mogelijk enige milieuschade geregistreerd is. Echter hierbij dient wel opgemerkt te worden dat voor meer dan 86%

van de ongevallen onbekend is wat de milieuschade was. Echter, hierbij kan aangenomen worden dat in geval van schade dit zeker opgenomen zal worden in de database, dus de ongevallen waarbij de schade onbekend is, zullen zeer waarschijnlijk geen schade gehad hebben.

Tabel 5-4 Overzicht van het aantal geregistreerde relevante ongevallen in het IJsselmeer gebied per type en gevolg.

Milieuschade	Boei	Grond	Oever	Steigers/palen	Totaal
Geen milieugevolgen	0	27	9	2	38
Mogelijk enige milieugevolgen	0	3	1	0	4
Onbekend	4	225	33	0	262
Totaal	4	255	43	2	304



Figuur 5-1 Overzicht locaties van de relevante ongevallen in het IJsselmeer gebied.

5.3 Invoer SAMSON: ongevalskans

Voor de periode 2001-2013 zijn in totaal 304 relevante ongevallen waargenomen in het IJsselmeergebied (IJsselmeer + Markermeer). De gegevens over de scheepstypen ontbraken in de gegevens voor de aanvullende jaren 2011 en 2012. Uit de analyse voor 2001-2010 volgt dat ongeveer 50% van de relevante ongevallen beroepsvaart betrof. Als dit percentage ook aangehouden wordt voor de ongevallen in 2011 en 2013 volgt dat er in de gehele periode 152 relevante ongevallen zijn waargenomen waarbij beroepsvaart betrokken was. Dit betekent ruim 12 ($152/12=12,7$) ongevallen per jaar (in het hele IJsselmeer gebied)

In totaal zijn er 3 miljoen vaartuigkilometers per jaar afgelegd door beroepsvaart in het gehele IJsselmeergebied (gebaseerd op gegevens uit BIVAS). Dit geeft een ongevalskans per miljoen vaartuigkilometer van 4,22 ($12,7 / 3$). De ongevalskans per nautische mijl (nm^3), nodig binnen het SAMSON model, wordt $7,82\text{E-}6$ ($=4,22 * 1.852$). Deze nieuw bepaalde ongevalskans is gebruikt in de uiteindelijke berekeningen met het SAMSON-model.

Dit is dus een ongevalskans die gebaseerd is op alle ongevallen in het gehele IJsselmeergebied in de periode 2001-2012, wat betekent dat het een worst-case benadering betreft, omdat veel van de ongevallen op een ander deel van het IJsselmeer plaatsvonden.

	2001-2012 (alleen beroepsvaart)
Relevante ongevallen SOS per jaar	12,67
Totaal aantal vrtgkm (per jaar, BIVAS)	3.000.000
Ongevalskans per vaartuig km	4,22E-06
Ongevalskans per vaartuig nm	7,82E-06

³ nm = nautische mijl; 1 nm = 1852 m = 1.852km

5.4 Resultaten KNRM

Om beter inzicht te krijgen in het aantal incidenten/acties per jaar en de belangrijkste oorzaken van de incidenten is een analyse uitgevoerd van de KNRM acties over de jaren 2005 (vanaf juni) tot en met heel 2010. Deze gegevens zijn beschikbaar gesteld door de KNRM voor het hele IJsselmeer gebied.

De acties zijn onderverdeeld in 6 typen. In Tabel 5-5 is een totaal overzicht gegeven van het aantal acties per type en jaar. In de tabel zijn alle acties weergegeven zoals deze in de toegeleverde gegevens zitten. In totaal zijn er in de gegeven periode 3.633 acties uitgevoerd op het IJsselmeer, gemiddeld 660 acties per jaar. De tabel laat zien dat het aantal actie per jaar vrijwel constant is. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de gegevens over 2005 voor een half jaar zijn.

Tabel 5-5 Overzicht van het aantal acties per jaar op het IJsselmeer ingedeeld in actie type.

aard actie	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Totaal
Hulpverlening / redding	340	519	638	586	601	564	3.248
Loos alarm (geen zoekactie)	8	7	8	9	17	8	57
Medische evacuatie	2		2	8	4	15	31
Stoffelijk overschot bergen				3		1	4
Zoekactie	21	67	27	59	57	52	283
(blank)						10	10
Totaal	371	593	675	665	679	650	3.633

Niet alle type acties zijn relevant voor deze studie. In de verdere analyse is een selectie gemaakt waarbij alleen gekeken wordt naar een bepaald type actie en een bepaald relevant scheepstype. In Tabel 5-6 zijn nogmaals alle acties weergegeven, maar nu per actie type en scheepstype. In groen is weergegeven welke hoofdcategorieën er relevant zijn voor deze studie en dus meegenomen zijn in de verdere verwerking.

Tabel 5-6 Aantal acties in de periode juni 2005 tot en met 2010 per type actie en type schip.

aard actie	Scheepstype				Totaal
	Beroepsvaart	Divers.	Watersport	Onb.	
Hulpverlening / redding	223	43	2.979	3	3.248
Loos alarm (geen zoekactie)	6	5	46		57
Medische evacuatie	10	4	17		31
Stoffelijk overschot bergen		4			4
Zoekactie	12	127	144		283
(blank)			3	7	10
Grand Total	251	183	3.189	10	3.633

Alleen de "hulpverlening/redding" en "zoekactie" voor de beroepsvaart en de watersport zijn geselecteerd. Hierbij zijn ook, voor het vervolg van de analyse, voor de categorie "watersport" de kano's, kitesurfers, duikers en windsurfers weggelaten. Dit type kleine recreatievaart is niet relevant voor de locatie, aangezien deze niet of minimaal op de locatie zullen varen/voorkomen.

In Tabel 5-7 is het uiteindelijke aantal relevante (gebaseerd op type actie en vaartuig) incidenten weergegeven per jaar. In totaal zaten er in de database met relevante incidenten 3.227 incidenten, gemiddeld 587 per jaar. Hierbij waren er gemiddeld 43 incidenten waarbij beroepsvaart betrokken was en gemiddeld 544 waarbij een recreatievaartuig/watersport betrokken was.

Tabel 5-7 Totaal aantal relevante incidenten/acties per jaar.

datum actie	Beroepsvaart	Watersport ⁴	Totaal
2005 (half jaar)	19	327	346
2006	34	494	528
2007	66	538	604
2008	55	540	595
2009	28	571	599
2010	33	522	555
Totaal	235	2.992	3.227
Gemiddeld per jaar	43	544	587

In de gegevens is niet de exacte locatie opgenomen van het incident, wel is het station weergegeven van waaruit de actie is gestart. Dit geeft een indicatie van waar het incident heeft plaatsgevonden. In Tabel 5-8 is een overzicht gegeven van het aantal relevante incidenten per station. De meeste incidenten werden uitgevoerd vanuit Enkhuizen, Marken en Urk. De locatie waaruit een actie is ondernomen is veelal gerelateerd aan de locatie van het incident, het kan echter ook te maken hebben met het materieel dat nodig is voor het uitvoeren van de actie en op een specifiek station is gesitueerd.

Tabel 5-8 Overzicht van het station van waaruit de actie heeft plaatsgevonden voor de relevante incidenten op het IJsselmeer

Station	Beroepsvaart	Watersport ⁵	Totaal
Andijk	3	124	127
Den Helder		1	1
Den Oever	4	61	65
Enkhuizen	55	710	765
Hindeloopen	10	325	335
Huizen	5	190	195
Lemmer	34	365	399
Marken	35	614	649
Medemblik	3	153	156
Neeltje Jans	1		1
Scheveningen		1	1
Terschelling-West		1	1
Urk	84	447	531
Warder	1		1
Totaal	235	2.992	3.227

Voor de gemelde acties/incidenten is ook een oorzaak weergegeven. De oorzaken zijn in 4 hoofdcategorieën in gedeeld; Aversij, weersomstandigheden, menselijke fout en overige oorzaken. In Tabel 5-9 is het totaal aantal acties/incidenten per hoofdcategorie weergegeven. In de tabel is ook onderscheid gemaakt tussen beroepsvaart en

⁴ Hierbij zijn in deze tabel de (kite)surfers en roeiboten weg gelaten.

⁵ Hierbij zijn in deze tabel de (kite)surfers en roeiboten weg gelaten.

recreatievaart betrokken bij het incident. In Tabel 5-10 zijn de procentuele verdeling van de oorzaken per scheepstype gegeven. In totaal was voor ruim 47% van de incidenten "averij" de oorzaak van het incident waarvoor assistentie gevraagd is van de KNRM. Voor de beroepsvaart ligt dit percentage iets lager, namelijk 34%

Een doel van de analyse van de KNRM gegevens is het bepalen van een motor- of stuurinrichtingstoring voor de recreatievaart, waardoor het vaartuig mogelijk niet meer onder controle is. Hierdoor zou het vaartuig tegen een turbine kunnen drijven als het zich in het park bevindt. Doordat de ruimte tussen de turbines relatief groot is ten opzichte van de afmetingen van de recreatievaart is de kans dat een navigatiefout leidt tot een daadwerkelijke aanvaring met een turbine erg klein, mede als mee wordt genomen dat het gebied een laag gebruik kent voor de recreatievaart en dat de intensiteit nog verder zal afnemen bij slecht zicht condities. De kans op een aanvaring door een navigatiefout wordt derhalve niet nader beschouwd. Daarom is hier voornamelijk geconcentreerd op de kans op een motor- of stuurinrichtingstoring (averij)

Tabel 5-9 Overzicht van de oorzaken van de incidenten per type schip.

Oorzaak	Beroepsvaart	Watersport ⁶	Totaal
Averij	79	1.425	1.504
Weersomstandigheden	26	86	112
"Menselijke" fout	29	687	716
Overig	101	794	895
Totaal	235	2.992	3.227

Tabel 5-10 Procentuele verdeling over de oorzaken van incidenten per type schip.

Oorzaak	Beroepsvaart	Watersport ⁷	Totaal
Averij	34%	48%	47%
Weersomstandigheden	11%	3%	3%
"Menselijke" fout	12%	23%	22%
Overig	43%	27%	28%
Totaal	100%	100%	100%

Tenslotte is nog gekeken naar de afmetingen van de schepen betrokken bij de incidenten. In Tabel 5-11 is het aantal relevante incidenten, met oorzaak averij weergegeven per vaartuigtype en lengte klasse. Echter voor ruim 42% van de schepen was de lengte niet ingevuld in de database, maar aangenomen kan worden dat het hierbij dan ook om de kleinere vaart gaat (<25m). Verder valt op dat in totaal slechts 2,3% van de schepen betrokken bij een relevant incident met als oorzaak averij langer waren van 25m.

⁶ Hierbij zijn in deze tabel de (kite)surfers en roeiboten weg gelaten.

⁷ Hierbij zijn in deze tabel de (kite)surfers en roeiboten weg gelaten.

Tabel 5-11 Aantal relevante incidenten met oorzaak “averij” per lengteklasse en scheepstype.

Oorzaak	Beroepsvaart	Watersport ⁸	Totaal
onbekend	25	611	636
0-25	22	811	833
25-50	14	2	16
50-75	15		15
75-100	3	1	4
Totaal	79	1.425	1.504

De conclusie op basis van de geleverde gegevens is dan ook dat averij (motor-of stuurinrichtingstoring) de oorzaak is van ruim 47% van de relevante incidenten waarbij de KNRM in actie is gekomen.

Belangrijk hierbij is dat de kans op een motorstoring/averij onafhankelijk is van het wel of niet varen in een windpark. Aangenomen is dat het windpark dus niet de kans op averij (motorstoring) zal beïnvloeden.

Deze analyse van de acties van de KNRM wordt gebruikt om de kans dat een recreatievaartuig tegen een windturbine aanvaart/aandrijft te bepalen, in 6.2.

⁸ Hierbij zijn in deze tabel de (kite)surfers en roeiboten weg gelaten.

6 AANVAAR/AANDRIJFKANSEN

6.1 Resultaten beroepsvaart: SAMSON

Het “extra” risico voor de beroepsvaart in de vaarroute langs de geplande locatie bestaat uit een aanvaring met een te plaatsen windturbine en de gevolgen van een dergelijke aanvaring.

De kans op een aanvaring is bepaald met het SAMSON-model (Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea). Dit model is al voor vele vergelijkbare studies gebruikt, waaronder de risico's van windparken op de Noordzee. Een korte beschrijving is gegeven in 6.1.1. In 6.1.2 wordt het contact-model binnen het SAMSON model beschreven, een uitgebreide omschrijving hiervan is opgenomen in Bijlage B.

6.1.1 SAMSON-model

De aanvaarfrequenties zijn bepaald met behulp van ongevalsmodules van het SAMSON-model (Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea). Het model is ontwikkeld voor Rijkswaterstaat en wordt gebruikt om de kansen en consequenties van alle type ongevallen op zee te schatten. Ook wordt het SAMSON-model gebruikt om de impact van deze ongevallen op het veiligheidsniveau te voorspellen. Een algemene beschrijving van het model kan worden gevonden in [1]. In de executive summary van POLSSS, Policy for Sea Shipping Safety [2], wordt beschreven op welke wijze SAMSON gebruikt is om de kosten en gevolgen van een groot aantal beleidsmaatregelen te voorspellen.

Het SAMSON-model is al verscheidene keren gebruikt buiten de Noordzee en binnen havens. Indien het mogelijk was heeft een validatie plaatsgevonden tussen de voorspellingen van de modellen en de waargenomen ongevallen. Het gaat echter vaak om een zeer klein aantal waargenomen ongevallen of een korte observatieperiode. Bij alle studies, waar het mogelijk was een validatie uit te voeren, bleken de voorspellingen in lijn te liggen met de werkelijke situatie.

Hoewel het SAMSON-model ontwikkeld is voor de open zeegebieden is er voor deze studie naar de aanvaarkans van de windturbines in het IJsselmeer toch voor gekozen om het model te gebruiken. Een andere mogelijkheid is de aanvaarkans te bepalen op basis van alleen het aantal scheepsbewegingen in de buurt van de windturbines zonder naar de volledige verkeersafwikkeling te kijken. Met deze methode kan alleen een “globale” aanvaarkans met het windpark bepaald worden; terwijl met behulp van het volledige SAMSON-model de aanvaarkans voor de specifieke windturbines bepaald kan worden.

Het risico kan beschouwd worden als de kans op een niet-wenselijke gebeurtenis vermenigvuldigd met de consequentie van deze gebeurtenis. Binnen deze studie is de niet-wenselijke gebeurtenis een aanvaring (contact) van een passerend schip met een van de windturbines.

6.1.2 Contact model

De aanvaarkansen voor de windturbines worden bepaald met behulp van het SAMSON-model, de verkeersgegevens en de routestructuur. Eén van de modellen binnen SAMSON bepaalt het aantal aanvaringen met een vast object.

De kans op een aanvaring met een object wordt in twee stappen bepaald. Het contact-model bepaalt eerst het aantal mogelijke gevaarlijke situaties, in dit geval het aantal zogenoemde kritische vaartuigmijlen. Eerst wordt bepaald op welk gedeelte van de scheepvaartroute een schip geen fout mag maken. Omdat op dit kritische deel van de vaartroute een schip het object zal raken als er wel iets “mis” gaat. Hieruit volgt dus het aantal kritische mijlen (kilometers) van een vaartroute. Vervolgens wordt dit vermenigvuldigd met het aantal schepen dat voorbij komt per jaar, zodat uiteindelijk het aantal kritische vaartuigmijlen bepaald is. Bij het bepalen van de kritische mijlen van een vaartroute wordt rekening gehouden met de afstand tot het object en de afmetingen van het schip. Er wordt geen rekening gehouden met het gebruik van een anker, dit kan later worden toegevoegd als aanvullende maatregel.

Dit aantal kritische vaartuigmijlen (of km) wordt vervolgens vermenigvuldigd met de kans dat het daadwerkelijk mis gaat. Deze kans is gebaseerd op ongevalstatistiek (zie 5.3).

Aanvaringen met een object kunnen naar toedracht onderverdeeld worden in twee hoofdtypen:

- *Ramming*: een aanvaring waarbij het schip wel onder controle is, maar door wat voor oorzaak dan ook tegen het object aanvaart
- *Drifting*: het schip is door een technische storing niet meer bestuurbaar en drijft onder invloed van stroom, wind en golven tegen het object.

Als een schip een navigatiefout maakt en dit wordt te laat ontdekt dan kan dit leiden tot een *ramming*. De snelheid van het schip bij de aanvaring is vrijwel gelijk aan de vaarsnelheid, en de richting waarin het schip zich beweegt is vrijwel gelijk aan de originele vaarrichting.

Als een schip een motorstoring krijgt gaat het *driften* en is het niet meer te besturen. Als gevolg hiervan kan een schip richting een object driften en er tegenaan drijven, indien de storing niet op tijd gerepareerd kan worden. De snelheid van het schip bij dit type aanvaring is lager dan de vaarsnelheid.

Het tijdsinterval in de huidige studie tussen de start van de motorstoring en de aanvaring met de turbine is relatief kort, aangezien de afstand tussen de vaartroute en de objecten relatief klein is. Hierdoor zal de driftrichting van het schip weinig verschillen van de vaarrichting.

De ongevalskans, hier dus de kans per vaartuigmijl dat er “iets” mis gaat wat leidt tot een aanvaring met de oever/object, bevat in dit geval beide genoemde type oorzaken. Daarbij wordt bij het bepalen van de ongevallen gebruik gemaakt van de totale ongevaldatabase, dus de invloed van de eigenschappen van het gebied zoals stroming, wind, golfklimaat zitten “in” de ongevalskans.

6.1.3 Resultaten

Een contact met een vast object kan het gevolg zijn van twee mogelijke hoofdoorzaken, een navigatiefout (menselijke fout) en een motor- en/of stuurinrichtingstoring. Omdat het uit de ongevallen database onvoldoende duidelijk is wat de echte oorzaak van een ongeval geweest is, kan in de ongevalskans geen echt onderscheid gemaakt worden tussen beide oorzaken. Binnen het model wordt dus gewerkt met één ongevalskans, die beide oorzaken omvat. Dit betekent dat de resultaten van het model zowel de aanvaars- als de aandrijffrequenties zijn.

De kans op het aanvaren/aandrijven van een windturbine is bepaald voor zeven inrichtingsvarianten. In Bijlage A zijn de zeven varianten gegeven met de dichtheid van het verkeer op de achtergrond. Voor iedere variant is de kans per turbine bepaald. In Tabel 6-1 is een overzicht gegeven van de totale verwachte aanvaar/aandrijffrequentie per jaar voor de eerste vier varianten.

Tabel 6-1 Totale en gemiddelde aanvaar/aandrijffrequentie voor de vier verschillende inrichtingsvarianten.

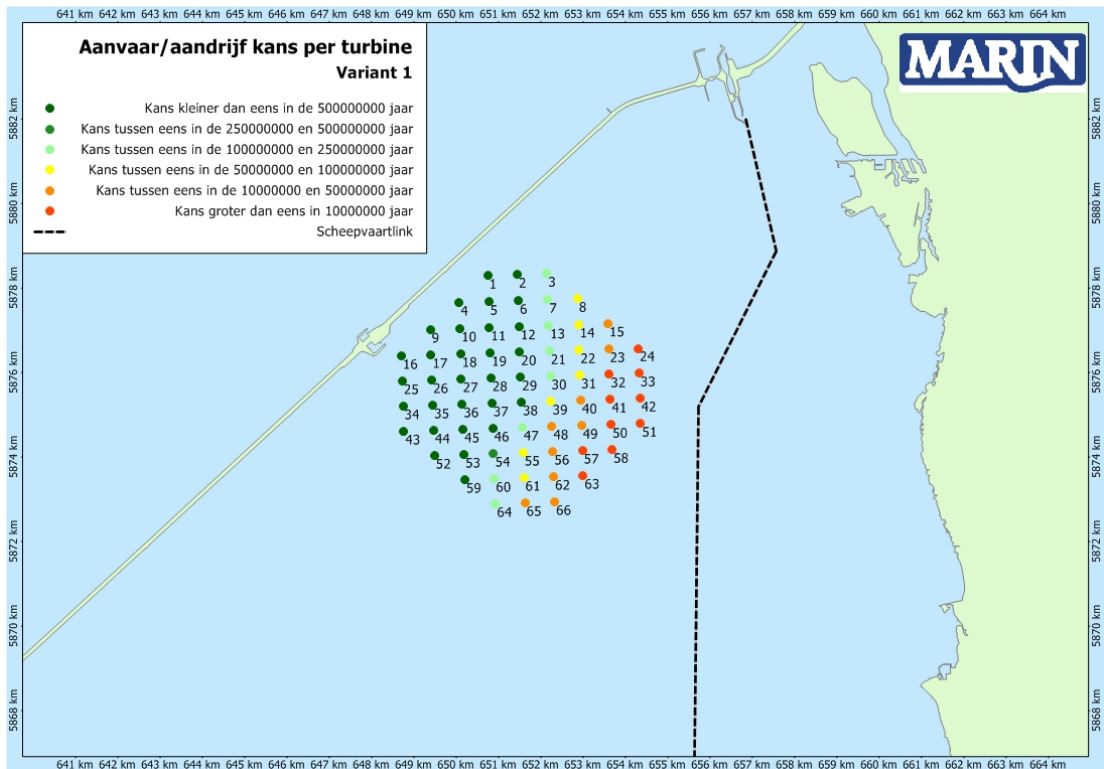
	Aantal turbines	Totale Frequentie	Gem. eens per ... jaar	Gem. kans per turbine	Frequentie turbine met max. freq
Variant 1	66	9,485E-06	105.426	1,437E-07	2,48E-06
Variant 2	100	1,049E-04	9.537	1,049E-06	4,71E-05
Variant 3	47	2,006E-05	49.839	4,269E-07	6,76E-06
Variant 4	65	1,688E-04	5.924	2,597E-06	1,10E-04

In de tabel is de naast de totale frequentie voor het hele park, ook de gemiddelde aanvaarkans per turbine weergegeven. In de laatste kolom is de frequentie weergegeven van de turbine met de hoogste aanvaarfrequentie binnen die variant. De totale aanvaar/aandrijffrequentie voor het park varieert tussen de eens in de bijna 6.000 jaar en eens in de meer dan 100.000 jaar. De aanvaar/aandrijffrequenties zijn dus erg laag.

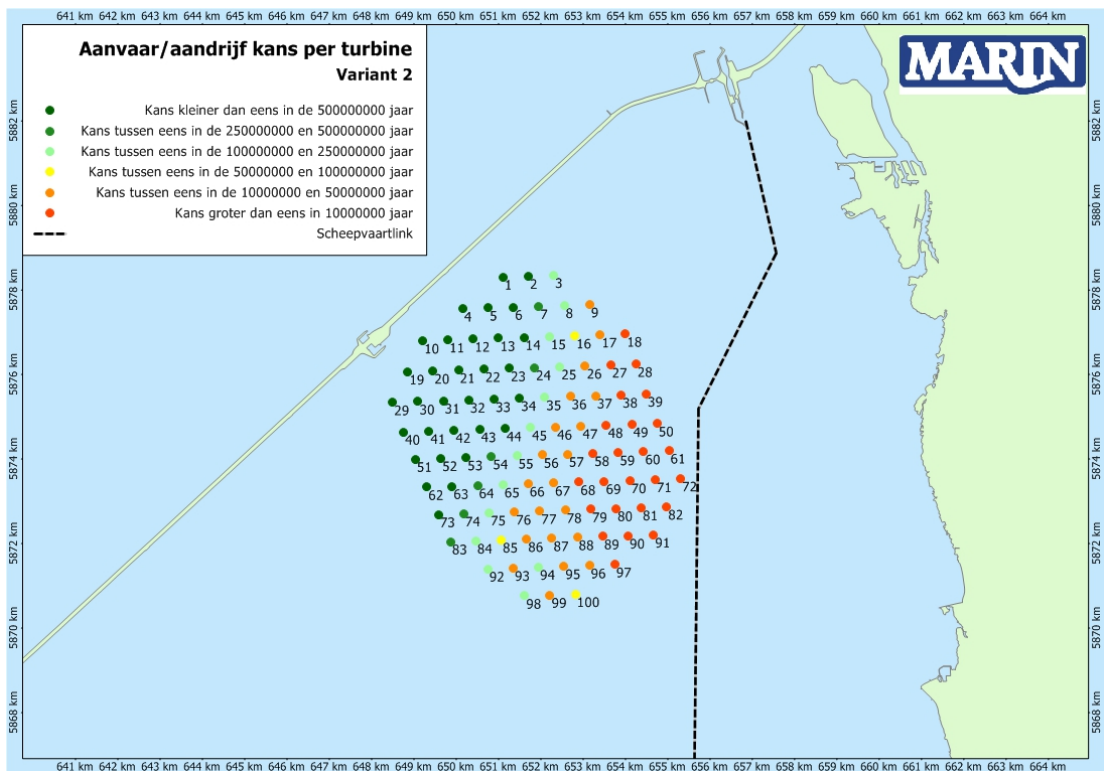
De hoogste totale frequentie is voor variant 4, met 1,688E-04 incidenten per jaar. Het verwachte aantal keren per jaar dat er een ongeval plaatsvindt op het IJsselmeer is, op basis van de ongevalsanalyse in hoofdstuk 5, 12,67 keer per jaar. De additionele faalfrequentie vanwege de plaatsing van het windpark bedraagt daarmee $1,688E-04/12,67=0,0013\%$. Merk op dat deze additionele frequentie afhangt van het beschouwde gebied. Als het verwachte aantal incidenten in het gebied rond het windpark beschouwd wordt, dus 0,24 incidenten (1.9% van 12,67), is de additionele faalfrequentie $1,688E-04/0,24=0,07\%$.

Opvallend is dat de totale kans voor inrichtingsvariant 4 hoger is dan die voor inrichtingsvariant 2, terwijl het aantal turbines bij variant 2 veel hoger ligt. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de turbine dichtbij de vaarroute (nr. 48). Bijna 65% van de totale aanvaar/aandrijffrequentie wordt door deze turbine bepaald. Ook voor variant 2 geldt dat 1 turbine verantwoordelijke is voor bijna 45% van de totale aanvaar/aandrijffrequentie.

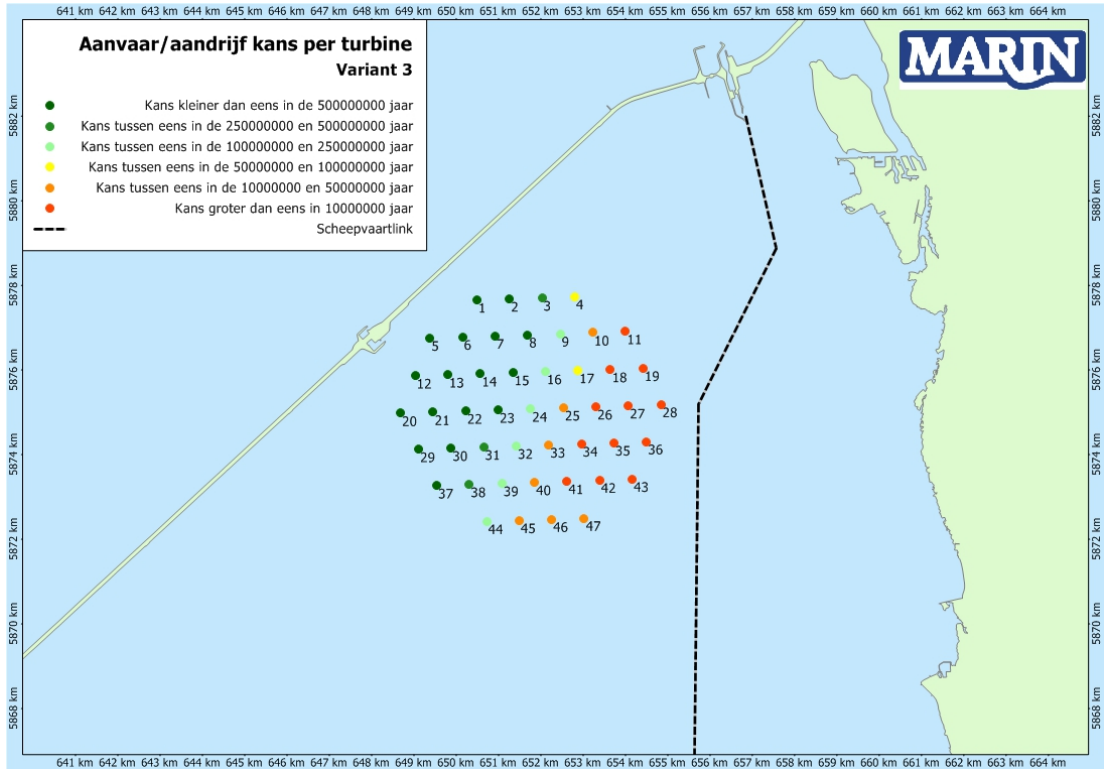
In Figuur 6-1 tot en met Figuur 6-4 is met kleur de kans per turbine weer gegeven voor alle inrichtingsvarianten. Duidelijk zichtbaar is dat de turbines dichtbij de vaarroute een hogere kans hebben aangevaren te worden door verkeer vanuit de vaarroute.



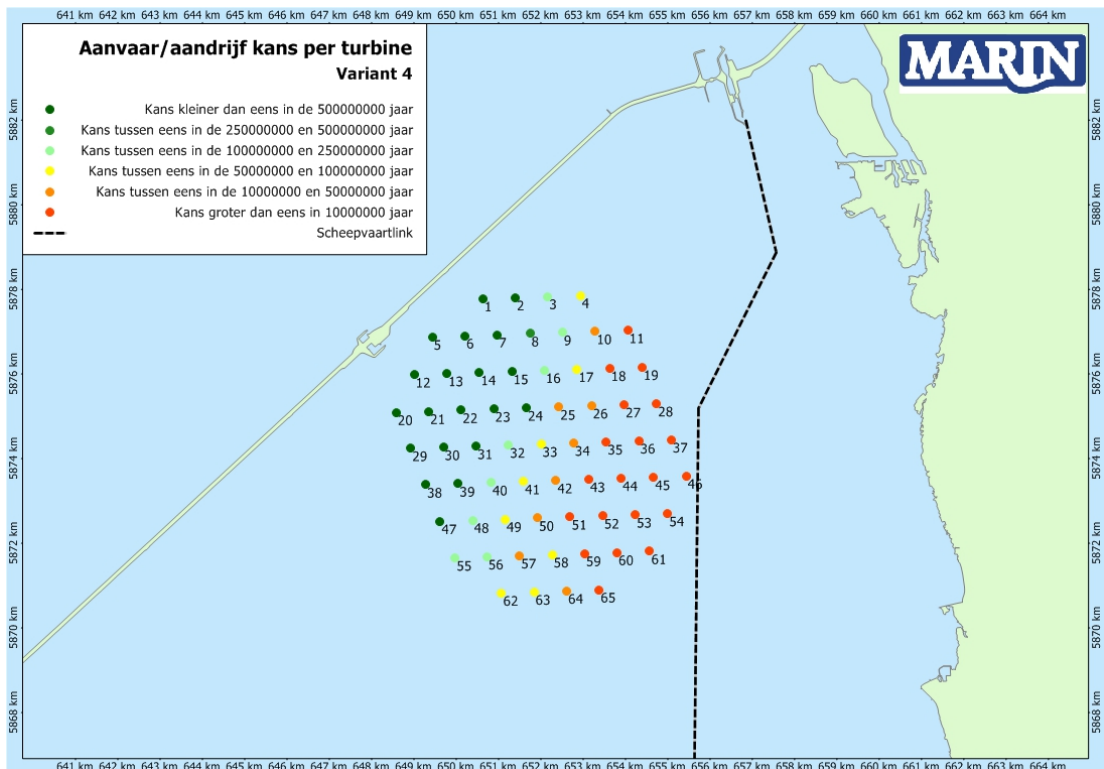
Figuur 6-1 Aanvaar/aandrijffrequenties per turbine; variant 1



Figuur 6-2 Aanvaar/aandrijffrequenties per turbine; variant 2



Figuur 6-3 Aanvaar/aandrijffrequenties per turbine; variant 3



Figuur 6-4 Aanvaar/aandrijffrequenties per turbine; variant 4

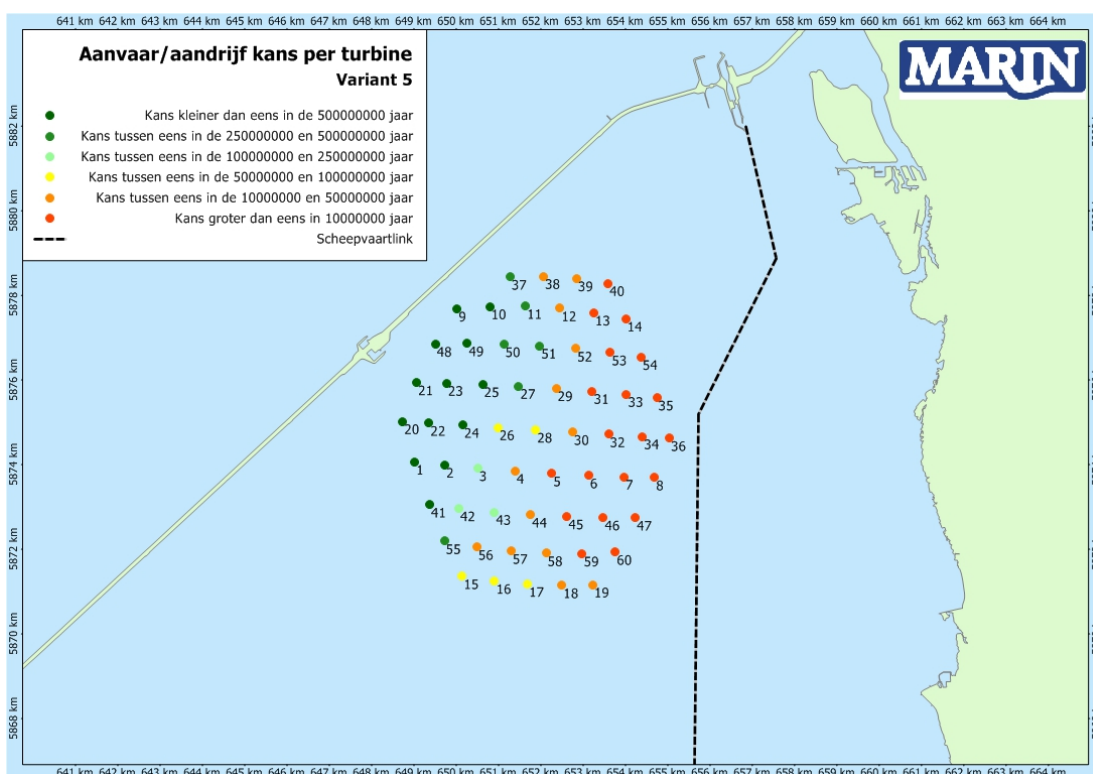
In Tabel 6-2 is een overzicht gegeven van de totale verwachte aanvaar/aandrijffrequentie per jaar voor de drie geoptimaliseerde inrichtingsvarianten.

Tabel 6-2 Totale en gemiddelde aanvaar/aandrijffrequentie voor de drie geoptimaliseerde inrichtingsvarianten.

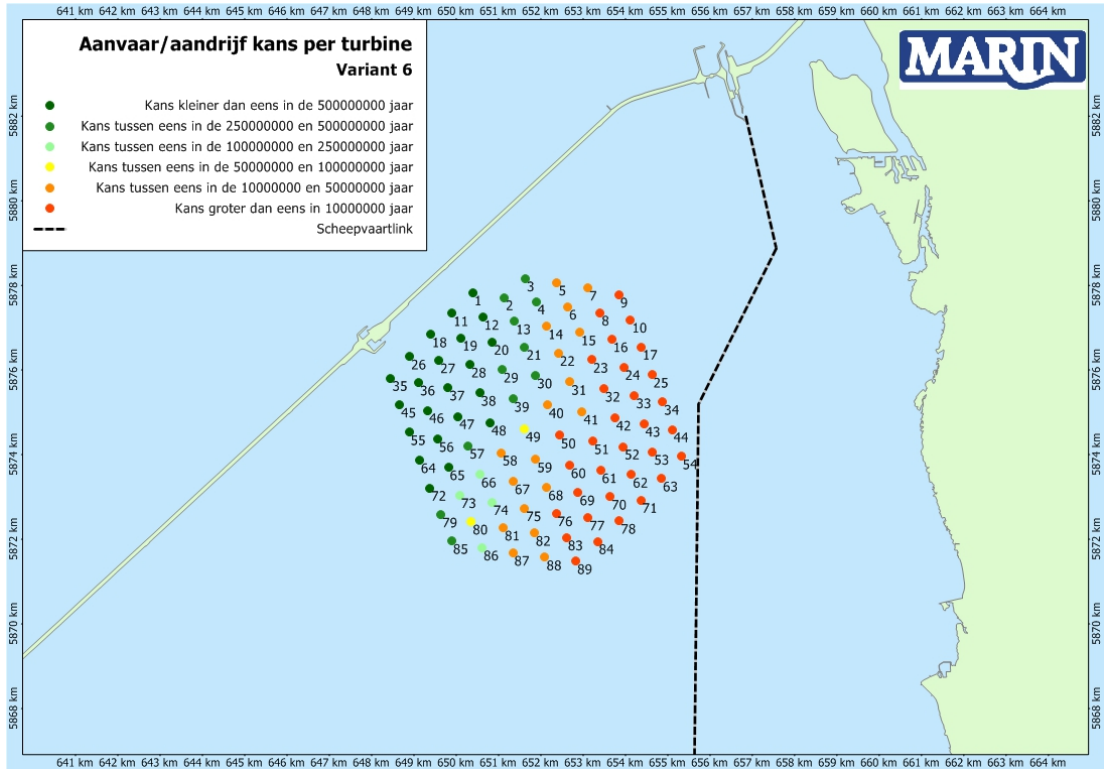
	Aantal turbines	Totale Frequentie	Gem. eens per ... jaar	Gem. kans per turbine	Frequentie turbine met max. freq
Variant 5	60	9,551E-05	10.470	1,592E-06	2,86E-05
Variant 6	89	1,488E-04	6.720	1,672E-06	2,84E-05
Variant 7	65	1,009E-04	9.907	1,553E-06	2,73E-05

De totale aanvaar/aandrijffrequentie voor de drie geoptimaliseerde varianten varieert tussen de eens in de ruim 6.500 jaar en eens in de meer dan 10.000 jaar.

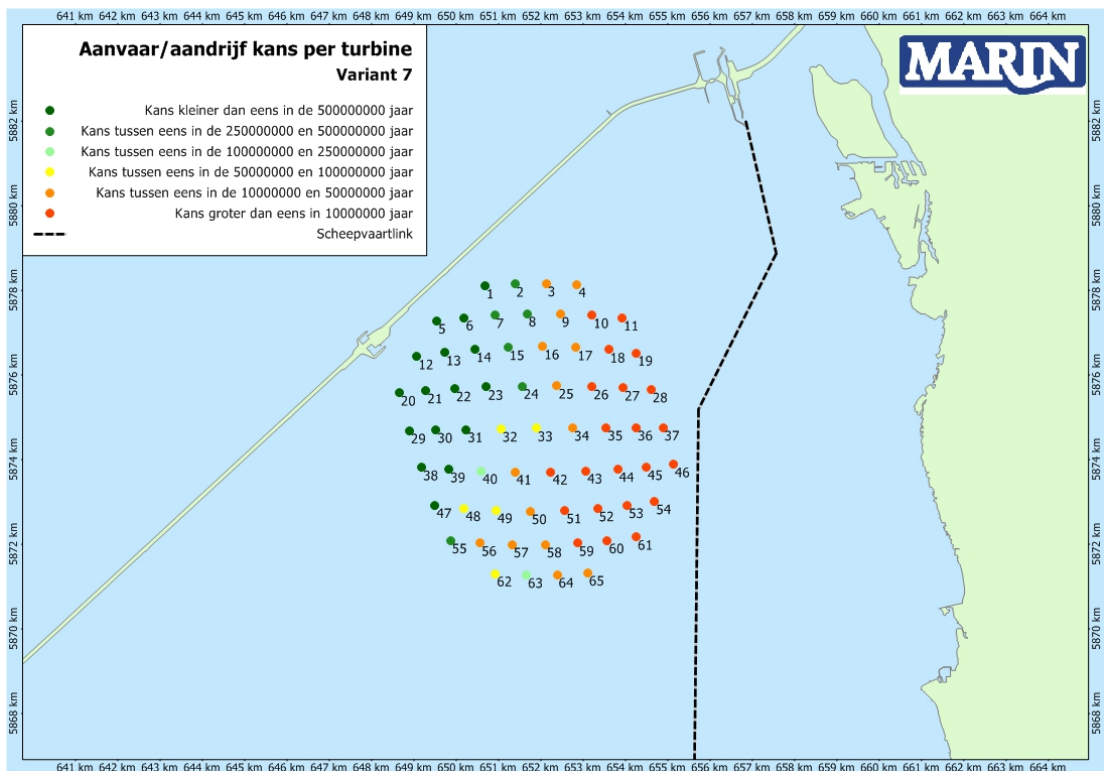
De hoogste totale frequentie is voor variant 7, met 1,488E-04 incidenten per jaar. De additionele faalfrequentie vanwege de plaatsing van het windpark bedraagt daarmee $1,488E-04/12,67=0,0012\%$.



Figuur 6-5 Aanvaar/aandrijffrequentie per turbine; variant 5



Figuur 6-6 Aanvaar/aandrijffrequentie per turbine; variant 6



Figuur 6-7 Aanvaar/aandrijffrequentie per turbine; variant 7

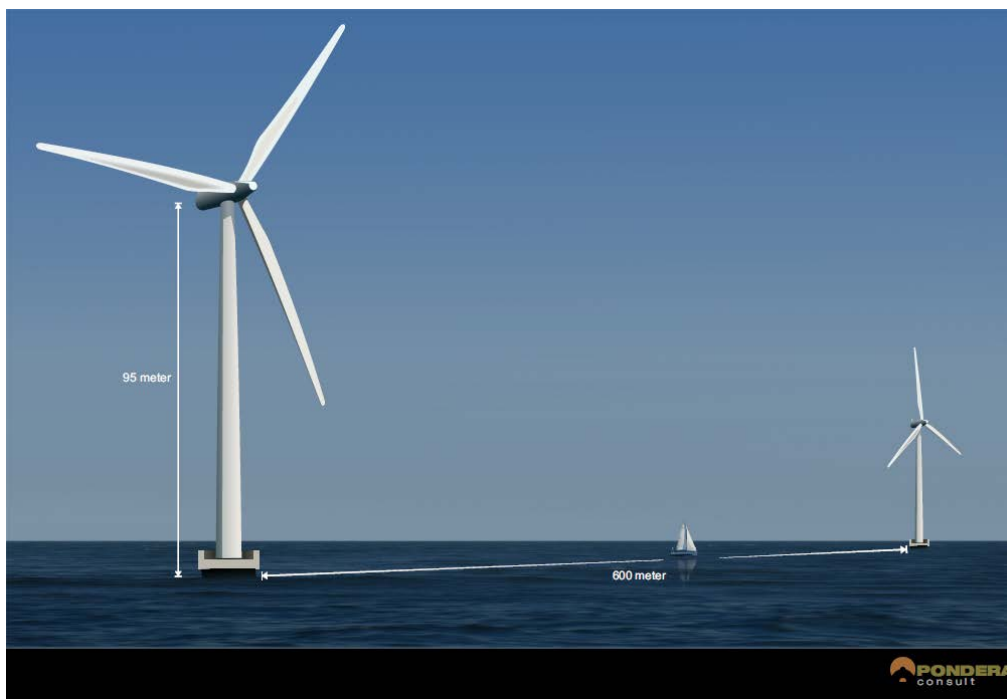
6.2 Aanvaarkansen recreatievaart

Recreatievaart vaart minder volgens vaste vaarroutes. Daarom is de aanvaar/aandrijf frequentie voor deze groep schepen niet bepaald met het SAMSON model. Daarnaast is het voor deze groep schepen straks toegestaan om in het park te varen.

6.2.1 Aanvaren/aandrijven turbine

Het extra risico voor de recreatievaart in het windpark bestaat uit de kans dat een schip tegen een windturbine aanvaart/aandrijft en de mogelijke gevolgen hiervan. Uit de analyse van de KNRM gegevens is gevonden dat 47% van de relevante incidenten bestaat uit een motorstoring/averij voor de recreatievaart. Dit betekent dat voor 47% van de incidenten waarbij hulp in geroepen is van de KNRM averij als oorzaak op gegeven is. Indien deze motorstoring plaatsvindt binnen een windpark bestaat de kans dat het schip tegen een paal aan drijft.

Naast de kans op het raken van een turbine als gevolg van een motor- of stuurinrichtingstoring kan ook een navigatiefout leiden tot een aanvaring met een turbine. Echter door de afstand tussen de palen (600m) in verhouding tot de grootte van de recreatieschepen die in het gebied varen is de kans hierop erg klein. Daarnaast zijn de recreatieschepen veelal (kleine) schepen die goed manoeuvreerbaar zijn en dus nog op het laatste moment voldoende kunnen uitwijken/corrigeren om een aanvaring te voorkomen.



Figuur 6-8 Situatie schets van de verhoudingen tussen de afstand tussen de palen en de afmetingen van een recreatieschip van 12 m.

Echter, met mist of slecht zicht door regen is de kans op het maken van een navigatiefout groter en is de tijd om te corrigeren ook korter omdat pas later de paal waargenomen wordt. Dit betekent dat de kans op een aanvaring tijdens slechtweer situaties groter is. Echter recreatieschepen varen veelal tijdens relatief goede weercondities. Daarnaast kan door duidelijke markering aan te brengen op de palen, die duidelijk zichtbaar is met mist/regen, de kans op een navigatiefout verkleind worden.

6.2.2 Gevolgen aanvaring/aandrijving

In eerdere studie is aangenomen dat er minimaal 2 MJoules nodig is om een turbine "om te varen". Deze energie ontstaat niet bij een aanvaring met een recreatievaartuig. Dit betekent dat de schade aan de turbine door een aanvaring van een recreatievaartuig verwaarloosbaar is, gezien de relatief lage snelheid en massa van deze categorie schepen. Schade aan het vaartuig kan daarentegen wel, in meer of mindere mate, optreden. Dit betekent dat de consequenties van een aanvaring/aandrijving met een windturbinepaal voor het schip en de bemanning in potentie groot kunnen zijn, in sommige gevallen zodanig dat een SAR-actie gewenst is.

Om de consequenties voor de schepen in het park te beperken zouden stootkussens aangebracht kunnen worden aan de palen. Verdere aanbevelingen zijn aan het einde van de rapportage opgenomen.

6.2.3 Schatten van het risico dat een klein schip tegen een windturbine komt.

Het grootste risico dat het varen in een windpark oplevert voor een klein schip lijkt het incident te zijn waarbij een motorstoring of andere averij optreedt waardoor het schip niet meer onder controle is en op drift raakt. Indien deze averij/motorstoring plaatsvindt binnen een windpark en tijdig ankeren niet succesvol of mogelijk is, bestaat de kans dat het op drift geraakte schip daarbij een van de windturbines raakt, waarbij afhankelijk van de wind en golven kleine of zeer grote schade (zinken van het schip) kan ontstaan. Ankeren is niet altijd succesvol, vanwege bijvoorbeeld te harde wind. De kabels van het windpark zullen op twee meter onder de bodem komen te liggen, waardoor deze niet van invloed zullen zijn op de mogelijkheid tot ankeren.

Uitgangspunt bij het bepalen van de kans op een incident waarna het schip op drift raakt zijn de acties van de KNRM. Er zijn gemiddeld 544 relevante incidenten met recreatievaart per jaar op het IJsselmeer. In totaal betrof het gemiddeld bijna 260 incidenten met recreatievaart die veroorzaakt werden voor averij. Hierbij zijn (kite)surfers, roeiboten e.d. buiten beschouwing gelaten.

Deze incidenten zullen echter lang niet altijd in een windpark plaatsvinden. Verreweg de meeste recreatievaart bevindt zich buiten het zoekgebied voor het windpark (Figuur 4-1). Echter door een uniforme verdeling over het IJsselmeer aan te nemen, wordt een worst-case/conservatieve benadering beschouwd.

Het grootste oppervlakte van de inrichtingsvarianten betreft variant 4, met een oppervlakte van 35 km², dit is 1.9% van het totale oppervlakte van het IJsselmeergebied (1.800 km²). Als er aangenomen wordt dat het recreatieverkeer uniform verdeeld is over het IJsselmeer betekent dit dat er gemiddeld maximaal 4.9 incidenten als gevolg van averij plaatsvinden in het windpark (1,9% van 260 incidenten met recreatievaart veroorzaakt door averij). In totaal worden er dus gemiddeld per jaar 4,9 schepen op drift verwacht in het park (recreatievaart). Hierbij dient te worden opgemerkt dat het hier om een conservatieve, worst-case beschouwing gaat. Niet alle schepen met averij zullen dusdanige problemen hebben dat het schip totaal niet meer onder controle is. Daarnaast is, zoals besproken in 4.7 de recreatievaart niet uniform verdeeld over het IJsselmeer. Er is waarschijnlijk minder dan 1,9% van het recreatieverkeer aanwezig op de locatie van het windpark.

Wanneer een schip in het windpark op drift raakt dan zal het schip het park uitdrijven. De kans dat hierbij een windturbine wordt geraakt hangt af van de grootte van het schip en het aantal rijen met windturbines dat moet worden gepasseerd voordat het vrije water wordt bereikt. Uitgaande van een windpark van 5 MW is de maximale verwachte kans

dat het schip een windturbine raakt (20m (= lengte van het schip) + 6m (= diameter windturbine)) / (600m (= ruimte tussen de turbines) + 6m (= diameter van windturbine)), dus $26/606 = 0,042$. Vanuit het midden van het park zal een vaartuig maximaal 5 rijen turbines kunnen passeren. Gemiddeld zijn dit dus 3 rijen. Stel dat gemiddeld 3 rijen gepasseerd moeten worden voordat de het gebied buiten het park bereikt wordt dan is de kans op het schadevrij bereiken van het gebied buiten het park gelijk aan $(1-0,042)^3 = 0,87$, dus de kans op het raken van minstens 1 windturbine gelijk aan 0,123. Uitgaande van een windpark van 6MW is de ruimte tussen de turbines 720 meter, wat de kans op het raken van minstens 1 windturbine gelijk maakt aan 0,104.

Bij de 4,9 incidenten per jaar in een windpark wordt de kans op het raken van een turbine $4,9 * 0,123 = 0,603$, uitgaande van een windpark van 5MW. Dit betekent dus gemiddeld eens in de 1,7 jaar een incident waarbij een recreatievaartuig dat zich in het park bevindt tegen een turbine aandrijft als gevolg van averij.

Hierbij wordt geen rekening gehouden met het feit dat een aandrijving voorkomen kan worden door het gebruik van het anker. Ook kan de averij verholpen zijn voor een paal geraakt wordt, of de KNRM is op tijd ter plaatse naar aanleiding van een noodoproep of hulp door derden. Het is de verwachting dat het grootste deel van de averij niet leidt tot aanvaring. Indien wordt aangenomen dat 90% van de aandrijvingen dus nog voorkomen kan worden door het gebruik van het anker, betekent dit dat de kans op een aandrijving door recreatievaart in het park 0,06039 per jaar is. Dit betekent dus eens in de 17 jaar.

Daarnaast is, zoals besproken in 4.7 de recreatievaart niet uniform verdeeld over het IJsselmeer. Er is waarschijnlijk minder dan 1,9% van het recreatieverkeer aanwezig op de locatie van het windpark. Dit zou dan betekenen dat ook het verwachte aantal incidenten in het windpark lager is dan 4,9 incidenten per jaar. Bij minder incidenten per jaar, wordt de kans op het raken van een turbine proportioneel lager.

Dit aantal zal in de praktijk kleiner worden doordat:

- De KNRM al bij het schip kan zijn voordat het uit het windpark is gedreven is of tegen een paal gedreven is;
- De oorzaak van het driften verholpen is voordat een paal geraakt is;
- De paal als afmeersteiger kan fungeren om drift te stoppen.

Het verwachte aantal incidenten met recreatievaartuigen in het gehele IJsselmeergebied is 260 per jaar, zie 5.4. De additionele faalfrequentie vanwege de plaatsing van het windpark bedraagt daarmee $0,0604/260 = 0,0232\%$. Merk ook hier op dat deze additionele frequentie afhangt van het beschouwde gebied. Als het beschouwde gebied kleiner is, wordt de additionele faalfrequentie hoger.

6.2.4 Kans op raken rotor

Behalve de belemmeringen door het windpark is er een op voorhand niet uit te sluiten risico dat de mast in contact komt met de rotorbladen, hoewel de kans hierop zeer klein is.

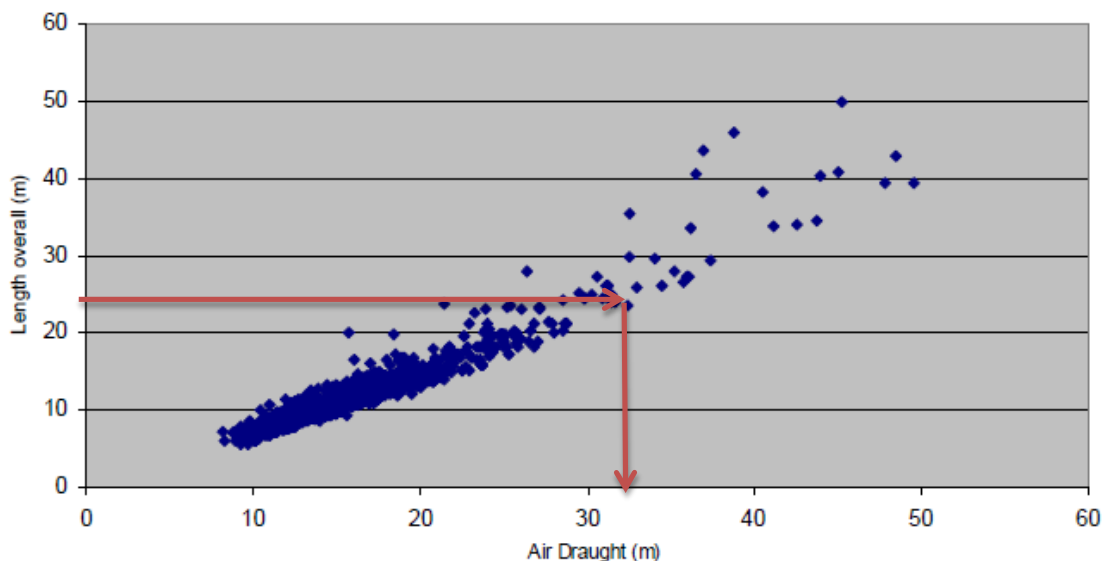
De 2 MW turbines van het Prinses Amalia windpark op de Noordzee hebben bijvoorbeeld een as-hoogte van 59m en rotordiameter van 80 m. Dit betekent dat de afstand tussen de onderkant van de rotor en de waterlijn ongeveer 19 m is (zie Figuur 6-9).



Figuur 6-9 Links: afmetingen van een paal in het Prinses Amalia park (foto van website: www.prinsesamaliawindpark.eu; Rechts: foto van de 5MW turbines op de Thornton Bank

De 5 MW windturbines die op de Thornton Bank geplaatst zijn hebben een hoogte van 157m boven de waterlijn, met een rotor diameter van 126m. Voor deze 5 MW turbines is de afstand tussen de onderkant van de turbines en de waterlijn 31 meter.

De RYA (Royal Yacht Association) in het Verenigd Koninkrijk heeft in hun aanbevelingen richting de autoriteiten staan: “*a minimum rotor tip air draft of 22 metres above Mean High Water Springs (MHWS)*”. Dit is deels gebaseerd op een onderzoek waarbij de hoogte van de zeilschepen in de UK onderzocht is. Hierbij zijn de gegevens gebruikt van Royal Ocean Racing Club (RORC). In Figuur 6-10 is de relatie weergegeven tussen de LOA en de hoogte van de schepen meegenomen in de studie. Hieruit volgt dat schepen van 24 meter een maximale hoogte van 32 m hebben. Dit betekent dus dat een mast geraakt kan worden door een draaiende turbine. Echter, dan moet het schip wel erg dicht langs de turbines varen, dus de kans is erg klein. Maar als een mast geraakt wordt door een draaiende rotor is de schade aan het schip aanzienlijk.



Figuur 6-10 Relatie tussen de LOA in meters en de air draught in meters van de IRC vloot (Bron: RYA).

Nader onderzoek naar de hoogte van mast van de Nederlandse zeilschepen zou kunnen uitwijzen of de aanbeveling van de RYA ook een goed geldende aanbeveling voor de Nederlandse parken is.

De kleinste afstand tussen tip en waterpeil voor de onderzochte varianten ligt tussen 28 en 35 meter. Er zijn schepen in het IJsselmeer actief met een masthoogte in dit bereik, bijvoorbeeld de bruine vloot met een masthoogte tot 40 meter. Dit betreft echter een klein deel van de schepen in het IJsselmeer. De kans dat een dergelijk schip in het gebied vaart, stuurloos raakt en daardoor in het bereik van de rotor komt is dus klein.

Daarnaast dienen zeilboten die in een windpark gaan zeilen zich bewust te zijn van de hoogte tussen de waterlijn en de onderkant van de rotor. Dit kan via voorlichting of wellicht door de hoogtes aan te geven in de kaarten gebruikt door zeilschepen. Een middel hiervoor kan eveneens zijn om een minimale adviesafstand, een soort veiligheidszone, vast te leggen rondom de windturbines. Hierbij kan bijvoorbeeld aansluiting worden gezocht bij de afstanden die in Engeland voor offshore windparken worden gehanteerd. In de bouwfase wordt een 'safety zone' geadviseerd van 500 meter en in de gebruiksfase een zone van 50 meter⁹.

6.2.5 Oriëntatie in het windpark

In sommige situaties is het mogelijk dat men de oriëntatie op het water verliest. Bijvoorbeeld als men geen radar aan boord heeft, het slecht weer is en het zicht hierdoor erg wordt beperkt. Ook binnen het windpark kan een dergelijke situatie zich voordoen. Het is mogelijk dat door het verlies aan oriëntatie in combinatie met slecht zicht, een schip in aanraking komt met een turbine. Om aanvaring bij slecht zicht te voorkomen is het goed mogelijk windturbines te gebruiken als oriëntatiepunt, door met markering aan te geven hoe men het uit het park kan komen. Overigens kunnen turbines ook als aanlegplaats fungeren op het moment dat men de oriëntatie op het water verliest.

⁹ Electricity (Offshore Generating Stations) (Safety Zones) (Application Procedures and Control of Access) Regulations 2007

6.2.6 Gebruik windturbines in geval van ongeval

Door de aanwezigheid van de windturbines kunnen de consequenties van een ongeval ook gereduceerd worden. Indien een ongeval plaatsvindt waardoor een schip zinkt of water maakt bestaat de mogelijkheid voor de personen aan boord zichzelf te “redden” door de aanwezigheid van de windturbines. De palen kunnen gebruikt worden om schepen eventueel aan vast te maken of als vast object voor personen in het water om zich aan vast te houden of wellicht op te klimmen. In Figuur 6-11 zijn de funderingen te zien van de turbines in het Prinses Amalia park. Deze foto laat zien dat er mogelijkheden zijn om de paal als “redmiddel” te gebruiken. Echter tijdens slecht weer kan dit lastiger zijn. Hierbij zou gekeken kunnen worden naar maatregelen zoals het uitrusten van de palen met reddingsmateriaal, zoals een reddingsvest of iets dergelijks.

Daarnaast kunnen de palen ook gebruikt worden als een extra hulp bij locatiebepaling. Indien de palen bijvoorbeeld zichtbaar genummerd worden kan een persoon in nood duidelijk aangeven waar het schip/persoon zich bevindt. Vergelijkbaar met de hectometerpalen langs de snelweg. Deze mogelijkheden zijn niet meegenomen in de risicoberekeningen.



Figuur 6-11 Foto van een funderingspaal van een turbine in het Prinses Amalia park (foto van website: <http://www.prinsesamaliawindpark.eu/>)

6.2.7 Voorlichting

Tenslotte zal een goede voorlichting aan de recreanten over de mogelijkheden en de risico's van het varen in het park belangrijk zijn. Doordat schippers bewust gemaakt worden van de mogelijke risico's kunnen zij dit meenemen tijdens de vaart en zo zullen risico's verkleind worden.

7 RISICO ANALYSE / CONCLUSIE

Kans op aanvaring met een turbine door beroepsvaart die langs het park vaart

Als gevolg van een motorstoring of een navigatiefout kan de beroepsvaart die langs het park vaart een aanvaring/aandrijving met een turbine hebben. Op basis van het verkeer dat door de Lorentzsluizen vaart en vervolgens langs de locatie van het park is met behulp van het SAMSON-model de kans op een aanvaring/aandrijving van een turbine bepaald. Deze kansen zijn bepaald voor de eerste vier inrichtingsvarianten en voor de drie geoptimaliseerde varianten. In Tabel 7-1 staan de resultaten van deze berekening. De totale verwachte aanvaar/aandrijffrequentie per jaar ligt tussen de 1,688E-04 en 9,485E-06. De maximale aanvaar kans voor een individuele turbine is 1,1E-04, dit betekent gemiddeld eens in de $1/1,1E-04=9.090$ jaar. De kans dat een turbine wordt aangevaren door passerende beroepsvaart is klein. De additionele faalfrequentie voor de beroepsvaart vanwege de plaatsing van het windpark bedraagt 0,0013% ten opzichte van het gemiddelde aantal ongevallen per jaar in het IJsselmeergebied.

Tabel 7-1 Totale en gemiddelde aanvaar/aandrijffrequentie voor beroepsvaart voor de verschillende inrichtingsvarianten.

	Aantal turbines	Totale Frequentie	Gem. eens per ... jaar	Gem. kans per turbine	Frequentie turbine met max. freq
Variant 1	66	9,485E-06	105.426	1,437E-07	2,48E-06
Variant 2	100	1,049E-04	9.537	1,049E-06	4,71E-05
Variant 3	47	2,006E-05	49.839	4,269E-07	6,76E-06
Variant 4	65	1,688E-04	5.924	2,597E-06	1,10E-04
Variant 5	60	9,551E-05	10.470	1,592E-06	2,86E-05
Variant 6	89	1,488E-04	6.720	1,672E-06	2,84E-05
Variant 7	65	1,009E-04	9.907	1,553E-06	2,73E-05

Kans op een aanvaring met een turbine door schepen die zich in het park bevinden

Schepen zullen in het park mogen varen, tussen de turbines. Dit betekent dat er een kans bestaat dat deze schepen tegen een turbine aanvaren/aandrijven. Omdat beroepsvaart schepen zijn die tussen verschillende bestemmingen varen en dus geen reden hebben om door het park te varen, wordt aangenomen dat alleen recreatievaart zich in het park zal bevinden. Op basis van gegevens van de KNRM is een inschatting gemaakt van het aantal verwachte incidenten in het park dat veroorzaakt wordt door averij aan het schip (motor/stuur problemen). Daarbij is op basis van de afmetingen van de turbines, de ruimte tussen de turbines en de afmetingen van de schepen de kans bepaald dat een schip tegen een turbine aandrijft wanneer het in de problemen komt. Tenslotte leidt dit tot een verwachte kans op een aandrijving van een recreatieschip dat zich in het park bevindt tegen een turbine. Deze kans is gemiddeld eens in de 1,7 jaar. Hierbij is wel aangenomen dat de waargenomen incidenten en dus ook het recreatieverkeer gelijkmatig over het IJsselmeer verdeeld is, wat in werkelijkheid, voor deze locatie, leidt tot een overschatting van het risico. Echter het is nu nog onbekend wat het open stellen van het park tot gevolg zal hebben op de verdeling van de recreatievaart.

Daarnaast zal het aantal incidenten in de praktijk kleiner worden doordat:

- De KNRM al bij het schip kan zijn voordat het uit het windpark is gedreven is of tegen een paal gedreven is;
- Het schip gebruik gemaakt kan hebben van het anker, zodat het driften gestopt is;
- De oorzaak van het driften verholpen is voordat een paal geraakt is;
- De paal als afmeersteiger kan fungeren.

Indien wordt aangenomen dat 90% van de aandrijvingen dus nog voorkomen kan worden door het gebruik van het anker, betekent dit dat de kans op een aandrijving door recreatievaart gemiddeld eens in de 17 jaar zal zijn. De additionele faalfrequentie voor de recreatievaart vanwege de plaatsing van het windpark bedraagt daarmee 0,0232%. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat dit een worst case benadering is, waarbij aangenomen is dat het recreatieverkeer uniform verdeeld is over het IJsselmeer. Dit is niet het geval, dus de kans op een aandrijving door recreatievaart zal in werkelijkheid waarschijnlijk lager zijn.

Naast de kans op het raken van een turbine als gevolg van een motorstoring kan ook een navigatiefout leiden tot een aanvaring met een turbine. Echter door de afstand tussen de palen in verhouding tot de grootte van de recreatieschepen die in het gebied varen is de kans hierop erg klein. Daarnaast zijn de recreatieschepen veelal (kleine) schepen die goed manoeuvreerbaar zijn en dus nog op het laatste moment voldoende kunnen uitwijken/corrigeren om een aanvaring te voorkomen.

Overige effecten op de veiligheid voor het verkeer dat in het park vaart

Naast het aanvaring/aandrijven van een turbine zijn er ook nog mogelijke andere effecten op de veiligheid bij het varen in het park:

- Een groot zeilschip zou mogelijk de rotortip kunnen raken met de mast. Echter moet een schip dan wel erg dicht langs de turbines varen. De kans op dit type "ongeval" is daarom ook verwaarloosbaar klein gezien het aantal potentiële schepen dat het hier betreft.
- De turbines kunnen, in sommige situaties, leiden tot een verlies van oriëntatie wanneer in het park gevaren wordt.

Mogelijke maatregelen/aanbevelingen

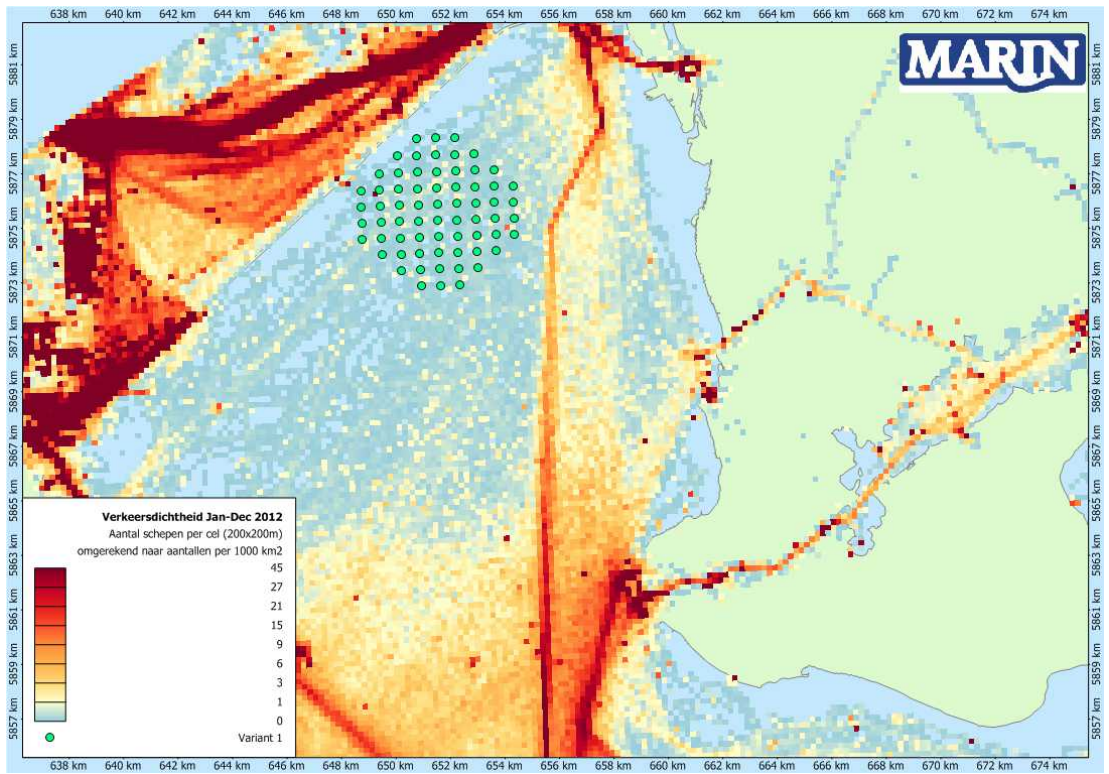
- Door het afzwakken van de knik in de vaarweg kan de aanvaringskans voor de beroepsvaart worden verkleind. Door de knik minder sterk te maken, varen schepen in de vaargeul niet op het windpark af. Voor de varianten 2 en 4 betekent dit een verkleining van de aanvaringskans met ongeveer 90%.
- Verwijderen of verplaatsen van de turbine die het dichtst bij de vaarroute ligt (voor variant 2 en 4), waardoor de kans op aanvaring sterk wordt verminderd. Dit zou betekenen dat de aanvaringskans voor variant 2 op eens in de 17.324 jaar komt en variant 4 op eens in de 16.891 jaar (ten opzichte van 9.537 en 5.924);
- Het aanbrengen van 'veiligheidszone' (adviesafstand) rond de turbines in zowel de bouw- als de exploitatiefase (bijvoorbeeld 50 & 500 meter). Door de zones op kaart weer te geven zijn schippers bekend met de situatie en kunnen aanvaringen worden voorkomen;

- Communiceren van de nieuwe situatie. Alle schepen in het begin bewust maken van de extra risico's. Door mensen alerter te maken op de situatie in dit deel van het IJsselmeer en het risico op aanvaring, kunnen incidenten voorkomen worden. Hierbij hoort tevens de hoogte van de rotor te worden gecommuniceerd. Onderdeel hiervan is het vermelden van de nieuwe situatie op nautische kaarten;
- Het windpark gebruiken als oriëntatiepunt door markeringen op turbines te plaatsen. Tevens is het mogelijk een in- en uitgang of mogelijke vaarroutes door het park te creëren;
- Om gevolgen bij een aanvaring te beperken is het mogelijk om stootkussens op de turbines aan te brengen of een oploopvoorziening te creëren waardoor een schip niet tegen de mast aan kan varen maar slechts vast loopt. Daarnaast is het mogelijk het aantal uitsteeksels aan de fundatie te beperken aangezien dit de potentiële schade bij schepen vergroot;
- Het is raadzaam kabels ten behoeve van het windpark op relevante diepte te leggen zodanig dat ankeren voor de recreatievaart mogelijk is zonder risico's voor recreatievaart en kabels.

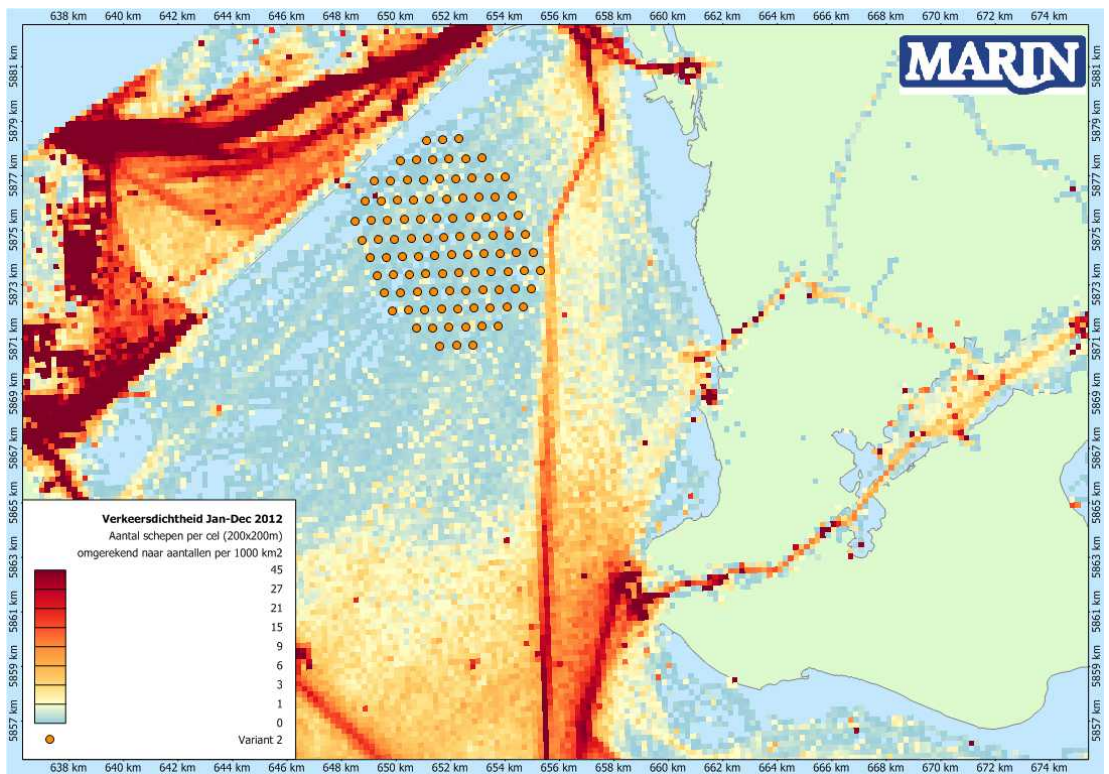
REFERENTIES

- [1] Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart (DVS)
Scheepvaartinformatie Hoofdvaarwegen Editie 2010
November 2010
- [2] Waterrecreatie Advies
Onderzoek vaargedrag IJsselmeergebied en Waddenzee: 878 watersporters
aan het woord
Lelystad, februari 2003
- [3] Bureau Waardenburg bv
Uitbreiding van de recreatievaart in het IJsselmeergebied tot 2030 in relatie tot
de aanwijzingen als Natura 2000-gebied
Rapport nr. 06-048, 31 mei 2007
- [4] Ministerie van Verkeer en Waterstaat
IJsselmeer in beeld
1977
- [5] Bureau Waardenburg bv
Verspreiding van watervogels op het open water in de nazomer in het
IJsselmeergebied
Rapport nr. 10-230, 18 december 2010
- [6] Ministerie van Verkeer en Waterstaat
De ecologische draagkracht van IJsselmeer en Markermeer in relatie tot het
gebruik door de watersport
Lelystad, 1995
- [7] Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Ecologie en Ruimte: gebruik door vogels en mensen in de SBZ's IJmeer,
Markermeer en IJsselmeer
RIZA Rapport 2005.014, 2005
- [8] W.H. van Iperen
Verkeersanalyse scheepvaart Noordzeekustzone
MARIN nr. 26147-1-MSCN-rev.2, 6 augustus 2012

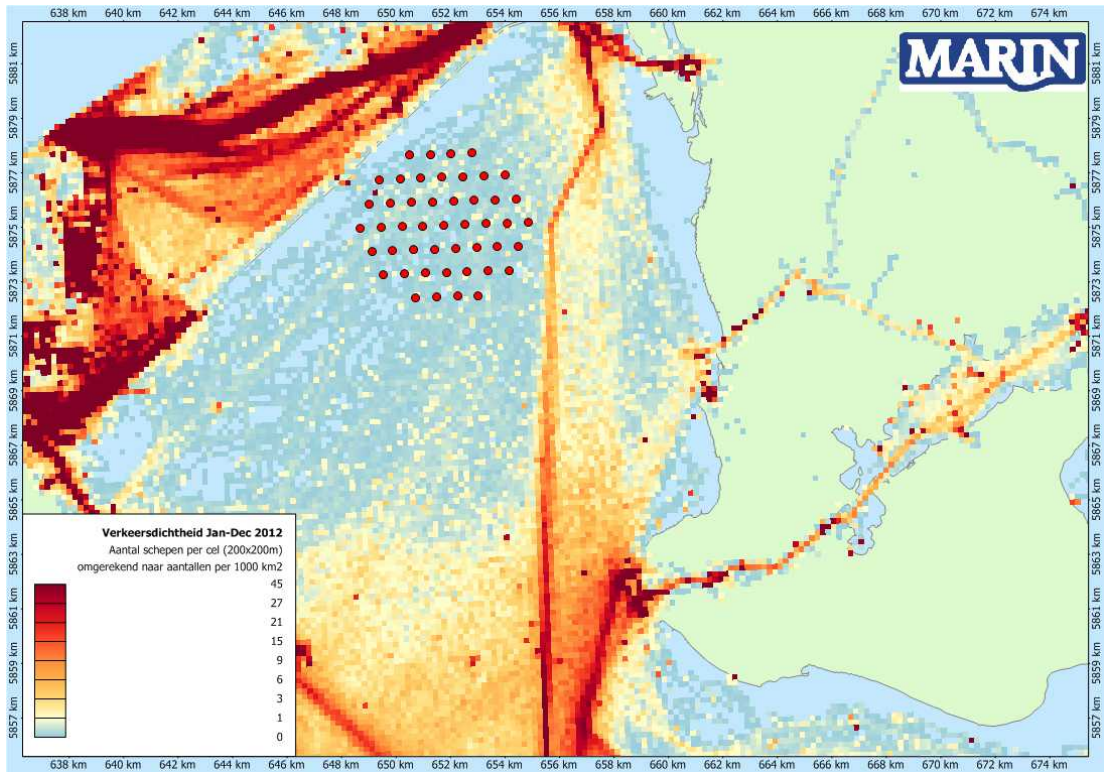
BIJLAGE A: DICHTHEIDSKAARTEN VOOR DE 7 VARIANTEN



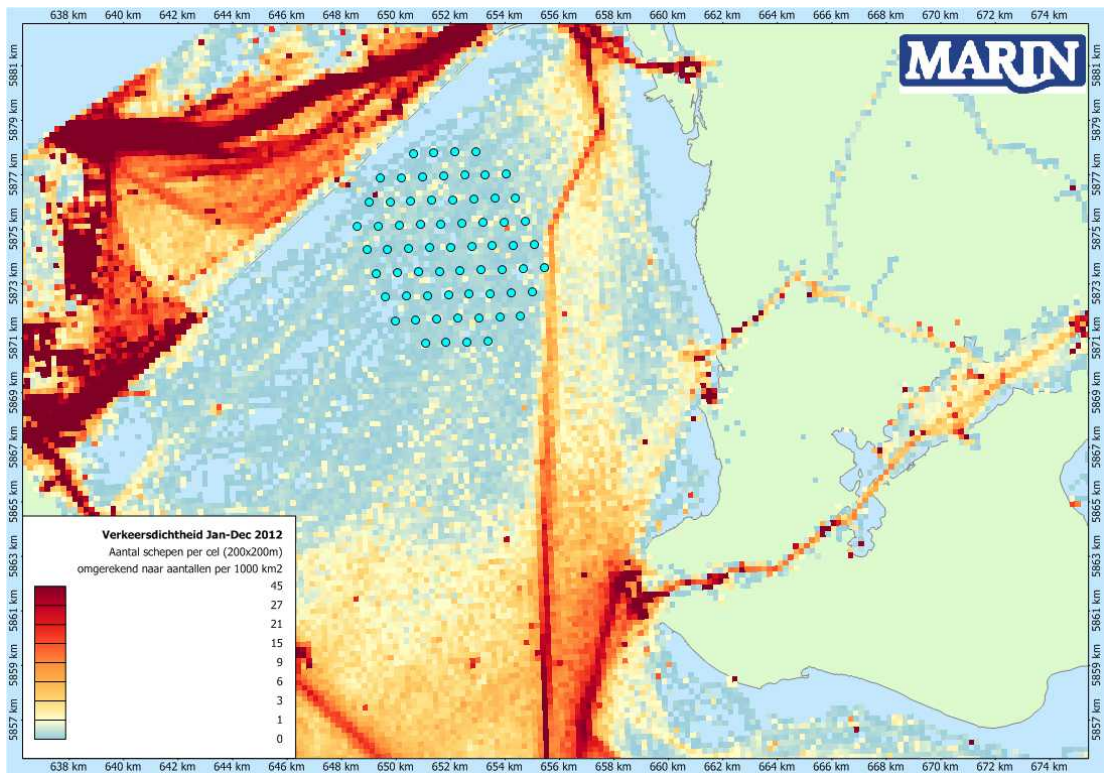
Figuur A- 1 Variant 1



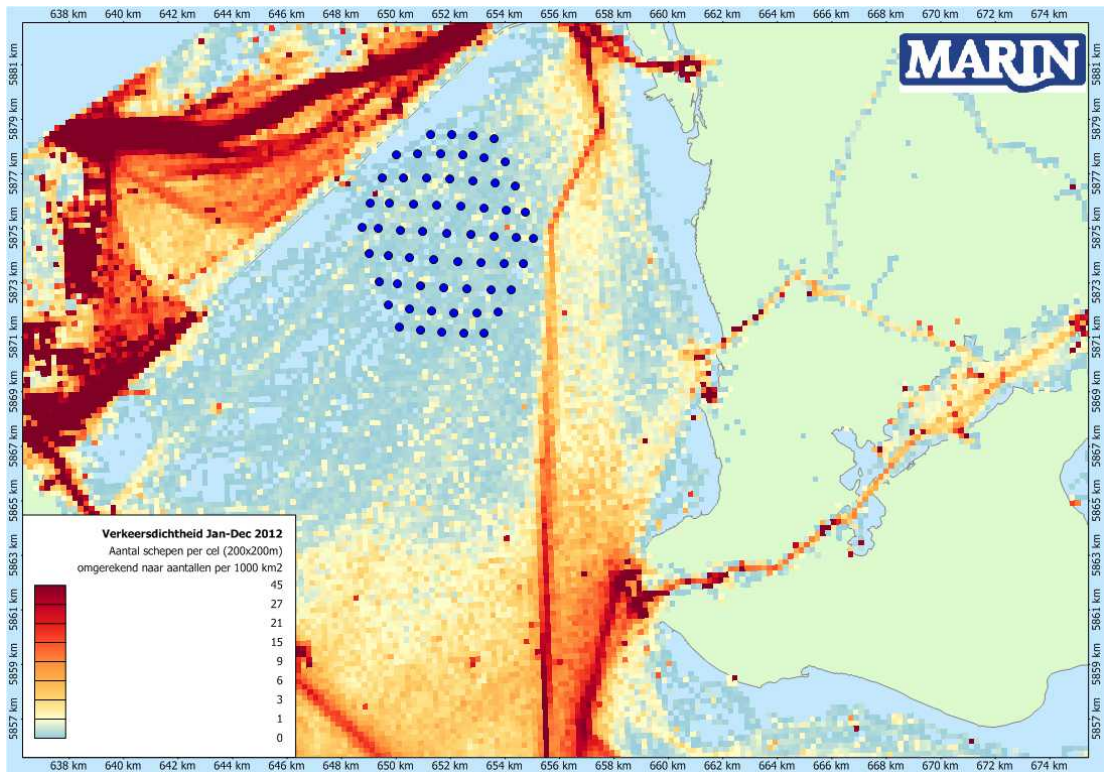
Figuur A- 2 Variant 2



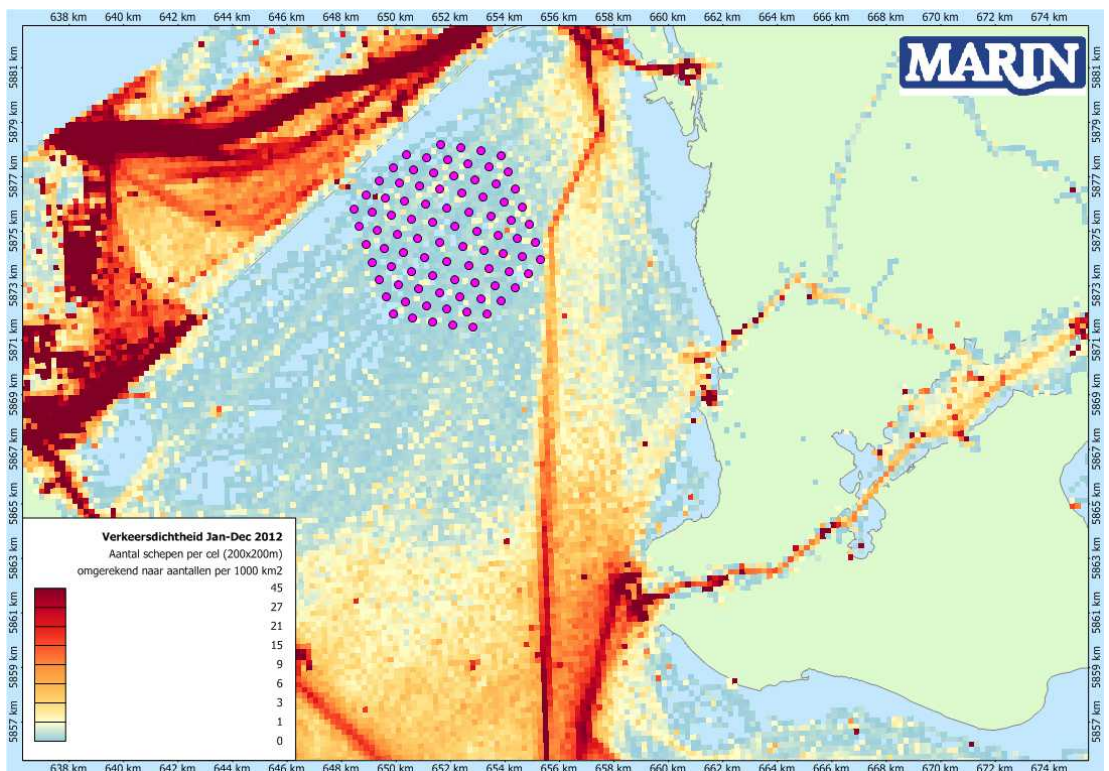
Figuur A- 3 Variant 3



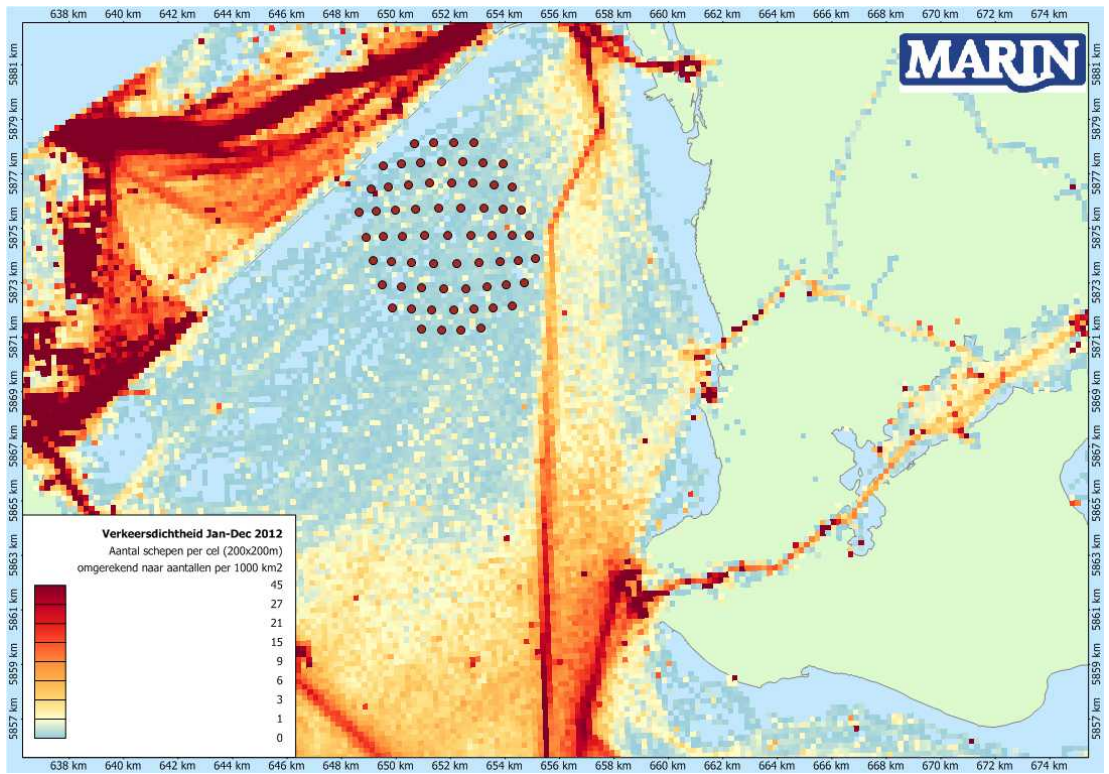
Figuur A- 4 Variant 4



Figuur A- 5 Variant 5



Figuur A- 6 Variant 6



Figuur A- 7 Variant 7

BIJLAGE 7 VOORONTWERP NATUURVOORZIENING



MEMO

Onderwerp:

Verkenning Werk-/Natuureiland Windpark Fryslan

Zwolle,
7 juli 2015

Projectnummer:
C01021.200841.

Van:
dr. J. Cleveringa

Opgesteld door:
dr. J. Cleveringa

DIVISIE WATER & MILIEU

Afdeling:
Divisie Water & Milieu Zwolle

Ons kenmerk:
:

Aan:
Windpark Fryslan
t.a.v. Martijn ten Klooster

Kopieën aan:
Hans Pohlman, Martijn Oosterheert

1. Inleiding, doelstelling en leeswijzer

Windpark Fryslan ontwikkelt een windpark in het IJsselmeer nabij de Afsluitdijk ter hoogte van Breezanddijk. Onderdeel van het windpark is een tijdelijk werkeiland ten behoeve van de bouw van het windpark. De initiatiefnemer heeft aangegeven voor het werkeiland uit te willen gaan van een natuurinclusief ontwerp voor de fase na de bouw van het windpark (het werkeiland wordt dan een natuureiland), zodat potentiële negatieve effecten van de windturbines worden gemitigeerd en een positieve impuls wordt gegeven aan de ecologische waarden van het IJsselmeer. Op grond van de ecologische effectbeoordeling door Bureau Waardenburg komt naar voren dat de effecten van het windpark op vogels zich beperken tot additionele sterfte en aantasting van de kwaliteit van leefgebied door verstoring. Met het natuureiland wordt een bijdrage geleverd aan het mitigeren van de potentiële aantasting van de kwaliteit van leefgebied (verstoring). Uit de ecologische effectbeoordeling geldt voor de volgende soorten in potentie verstoring optreedt: grote zaagbek, brilduiker, fuut, grauwe gans, dwergmeeuw, kleine mantelmeeuw, topper, zwarte stern, visdief, aalscholver, kuifeend, smient, wilde eend, tafeleend, bergeend, krakeend, middelste zaagbek, eider, nonnetje en meerkoet. Voor het ontwerp van het werkeiland is de insteek in deze mitigatieopgave te voorzien.

De doelstelling van het voorliggende memo is om schetsontwerpen te presenteren voor het Werk-/Natuureiland.

In het voorliggende memo worden de ecologische vereisten en wensen (hoofdstuk 2), en de fysische randvoorwaarden (hoofdstuk 3) voor het werkeiland/natuureiland besproken en vertaald in schetsontwerpen (hoofdstuk 4). Ook wordt inzichtelijk gemaakt hoe het Werk-/Natuureiland kan bijdragen aan de realisatie van de Vismigratierivier, waarbij de functies worden geïntegreerd (hoofdstuk 5). In hoofdstuk 6 wordt een aantal kanttekeningen bij het ontwerp besproken. In hoofdstuk 7 wordt in gegaan op de mogelijkheid om het Werk-/Natuureiland robuust uit te voeren om zo rekening te houden met een eventueel flexibele zomerpeil. In het laatste hoofdstuk (8) wordt

ARCADIS

getoond hoe het Werk-/Natuureiland onderdeel kan vormen van een lokaal initiatief, de Makkumer lagune.

2. Ecologische vereisten en wensen

Het eiland moet in ieder geval ten goede komen aan het foerageren door de zwarte stern, dwergmeeuw, grote zaagbek en fuut. Dit gebeurt door de foerageer- en rustmogelijkheden te vergroten door een luwtegebied te creëren met een beperkte waterdiepte. In het gebied met de beperkte waterdiepte zullen de condities voor de vestiging van waterplanten verbeteren en ontstaat een aantrekkelijk habitat voor vis. Uitgegaan wordt van een vereiste oppervlakte van 20-25 ha ondiep water met een gemiddelde waterdiepte van ca. 2 meter.

Daarnaast is gewenst dat het eiland een rustfunctie kan vervullen voor verschillende vogelsoorten. In de praktijk moet een deel van het eiland voldoende hoog zijn ten opzichte van het waterpeil van het IJsselmeer, dat hoog opgaande begroeiing (struiken, bomen, riet) beperkt of niet aanwezig zijn en dat het niet direct toegankelijk is vanaf de Afsluitdijk zodat verstoring beperkt blijft. Ook de toegang vanaf een eventuele aanlegfaciliteit dient beperkt te blijven, om verstoring tegen te gaan. Uitgegaan wordt van een gewenst oppervlakte van 2 ha rustgebied. De functie als rustgebied biedt ook de aanvullende kans om het rustgebied ook bruikbaar te laten zijn als broedgebied zoals visdieven. Hiervoor is als stelregel gehanteerd dat het rustgebied in de broedperiode (½ april – ½ augustus) maximaal een keer per vier á vijf jaar overstroomt¹.

3. Fysische randvoorwaarden en vereisten

De fysische randvoorwaarden die bepalend zijn voor de werking (en daarmee het ontwerp) van het Natuureiland zijn de variaties in de waterstand op deze locatie in het IJsselmeer en de overheersende windrichting.

Overheersende windrichting

In figuur 1 is een windroos weergegeven voor de locatie Kornwerderzand. De overheersende windrichting, in termen van voorkomen en sterkte is het zuidwesten. Andere veelvoorkomende windrichtingen zijn het westen, westzuidwest en zuid. Een eiland met een oriëntatie loodrecht op de overheersende windrichting zal het effectief zijn als luwtmaatregel: met die noordwest-zuidoost oriëntatie wordt per strekkende meter eiland het meeste oppervlak aan luwte gecreëerd. Deze oriëntatie is ook het meest aantrekkelijk bij de aanleg van een eiland met een vooroever en strand van zand. Bij deze oriëntatie vindt er weinig herverdeling van zand langs het strand plaats en wordt snel een evenwichtsligging bereikt.

Variaties in de waterstand

Op het IJsselmeer veroorzaken drie elementen variaties in de waterstand:

- Peilbeheer: streefpeil winter NAP -40 cm; streefpeil zomer NAP – 20 cm per seizoen²;

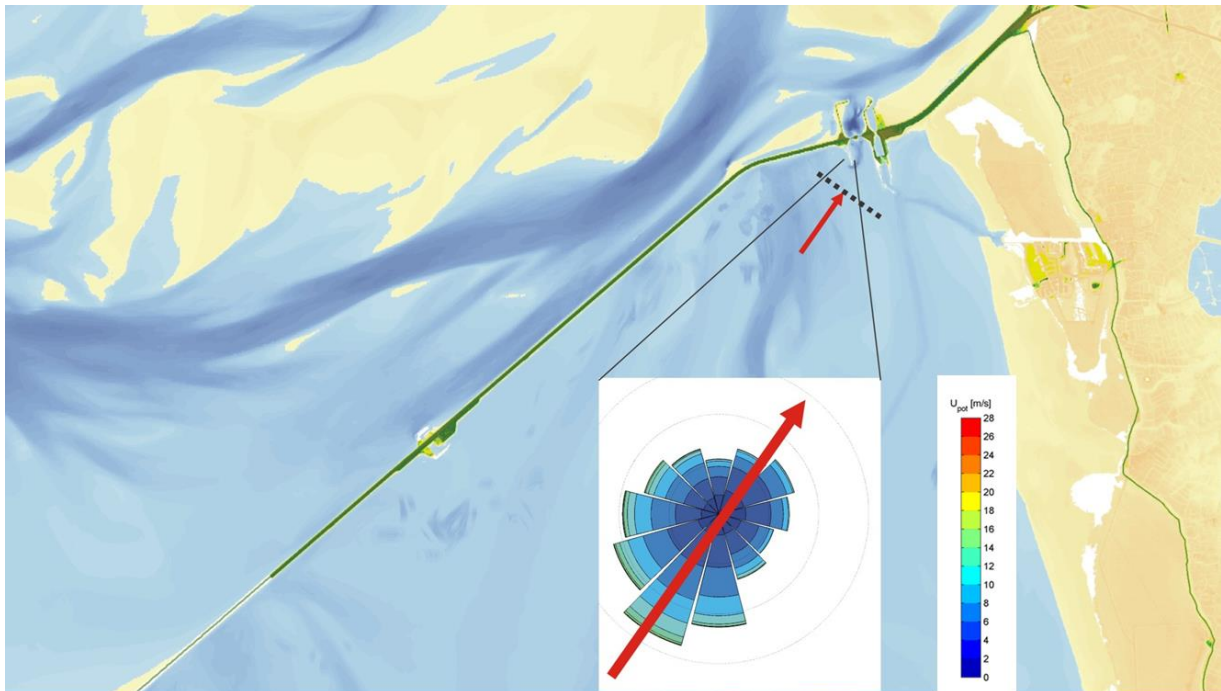
¹ Visdieven zijn bij uitstek pioniersoorten, die broeden op kale stukken met veel dynamiek. Hun hele broedbiologie is daarop afgestemd. Dat wil zeggen dat de populatie het heel goed kan hebben als eens per zoveel jaar het gehele broedsel wegspoelt.

² De komende jaren zal als uitvloeisel van het Deen nieuw peilbesluit worden genomen, waarin het zomerpeil meer flexibel wordt ingericht en er sprake zal zijn van een tijdelijk hoger opzet in maart en geleidelijke verlaging in augustus.

ARCADIS

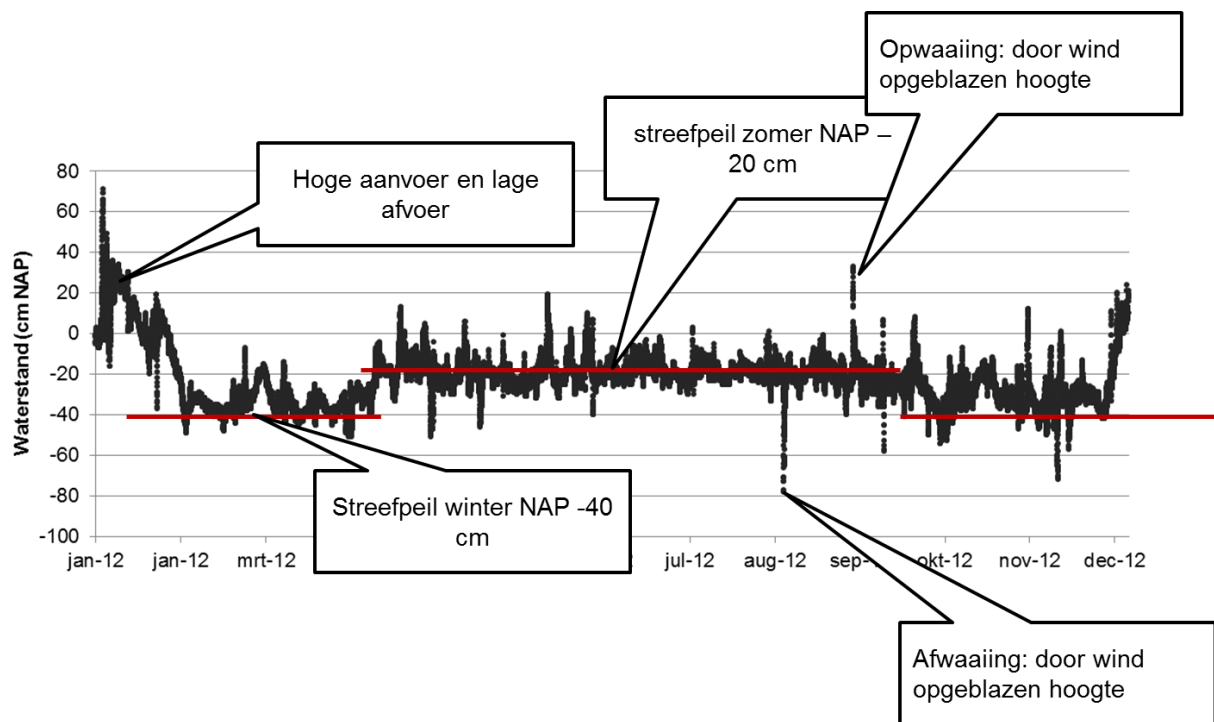
- Peilfluctuaties: bij hoge aanvoer (IJssel e.a.) en lage afvoer (hoge waterstanden Waddenzee beperkt spuien) tijdelijk hogere waterstanden;
- Opwaaiing: door wind opgeblazen hoogte.

In figuur 2 is voor het jaar 2012 getoond welke fluctuaties kunnen optreden. Hierbij staan ook verklaringen voor de gemiddelden en de pieken en dalen Per jaar verschillen de patronen, omdat deze afhankelijk zijn van het weer in het betreffende jaar.

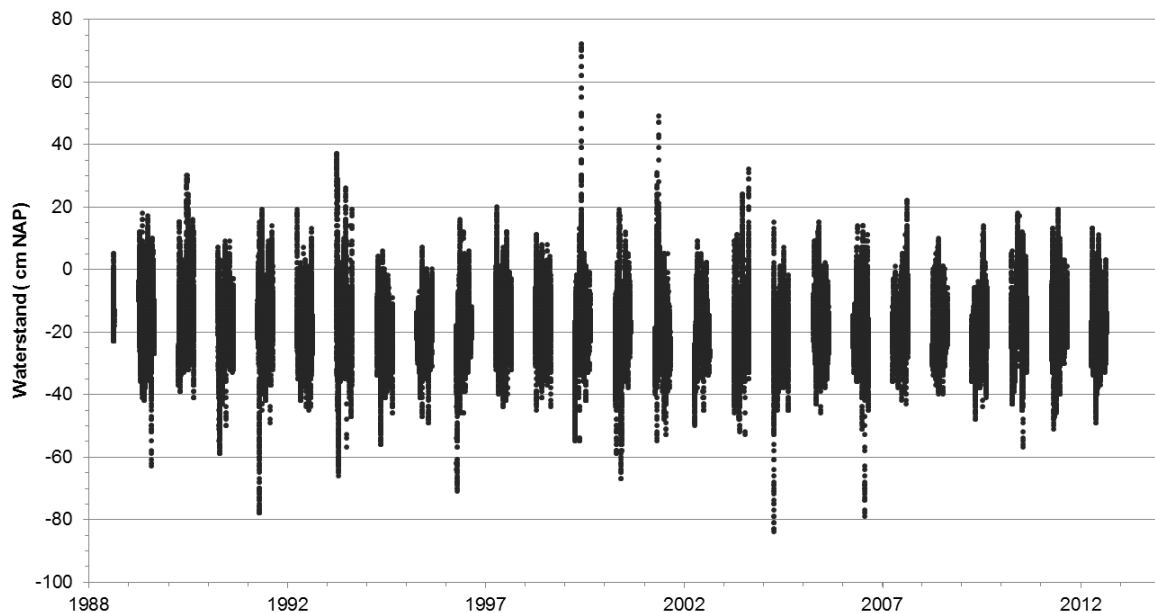


Figuur 1. Windroos voor de locatie Kornwerderzand.

Voor de inrichting van de eiland als rustgebied is het belangrijk dat het maximaal enkele keren per jaar overstroomt. In figuur 3 zijn alle gemeten waterstanden (van het begin van de meetreeks in 1988 tot de meest recent beschikbare gegevens van eind 2013) in de broedperiode aangegeven. In de figuur is zichtbaar het niveau van NAP + 20 cm in de broedperiode 6 keer wordt overschreden in de periode van 25 jaar. Het niveau van NAP +20 cm voldoet daarmee aan de ecologische vereisten. In de toekomst, zal na het invoeren van het nieuwe peilbesluit de frequentie van overstromen in de verschillende periodes van het jaar enigszins zal toenemen. Omdat het peilbesluit ook een meer flexibele benadering van het peil omvat, waarmee beter kan worden ingespeeld op periode van droogte en lage rivierafvoeren is de frequentie waarmee dit zal optreden nog niet bekend. Bij de detaillering van het ontwerp zal worden gekeken of een extra hoogte van 1 decimeter wenselijk is om de beoogde overstromingsfrequentie te bereiken.



Figuur 2. Gemeten waterstanden in 2012 voor de locatie Kornwerderzand- binnen.



Figuur 3. Gemeten waterstanden in broedperiode(½ april – ½ augustus) in de jaren van 1988-2013 voor de locatie Kornwerderzand- binnen.

Involed op stroming

De (beperkte) stroming in het IJsselmeergebied vindt plaats onder invloed van de wind en door de aanvoer (met name IJssel) en afvoer bij de twee spuicomplexen. De stroming bij het spuien kan lokaal

ARCADIS

hogere snelheden bereiken (hoewel geen Waddenzee-getijdesnelheden worden bereikt). De stroming door de wind is het gevolg van het optreden van het verhang. Onder normale omstandigheden vindt er geen tot weinig stroming door de wind plaats in het IJsselmeergebied, maar bij een storm kan dat groter worden (maar ook hiervoor geldt dat de bereikte stroomsnelheden in absolute zin met dm's/s nog steeds niet groot zijn). Dat de stroming en het effect ervan stroming in het IJsselmeergebied beperkt is in termen van sedimenttransporten en erosie en sedimentatie blijkt uit de bodem, die sinds de aanleg van de Afsluitdijk slecht beperkt verandert is. Er heeft een beetje aftopping van de hoge delen plaatsgevonden en gedeeltelijke opvulling van de lage delen, maar het oude patroon van geulen en ondieptes is nog prominent aanwezig.

Relevante stroming/toename van de stroomsnelheid met lokaal erosie of sedimentatie tot gevolg wordt niet verwacht door de aanleg van het werkeiland/natuureiland, indien voldoende afstand (tenminste 100 meter) wordt aangehouden tussen Afsluitdijk en het eiland. Effecten op de Afsluitdijk worden dan ook niet verwacht.

Samenvatting eisen en specificaties

Het gewenste oppervlakte van het rust en/of broedgebied met een hoogte van NAP +20 cm is 2 ha. Het ondiep water zal een oppervlakte van tenminste 20-25 ha moeten hebben met een gemiddelde waterdiepte van ca. 2 meter (1-3 m).

De voorkeursoriëntatie voor het creëren van luwte is noordwest-zuidoost.

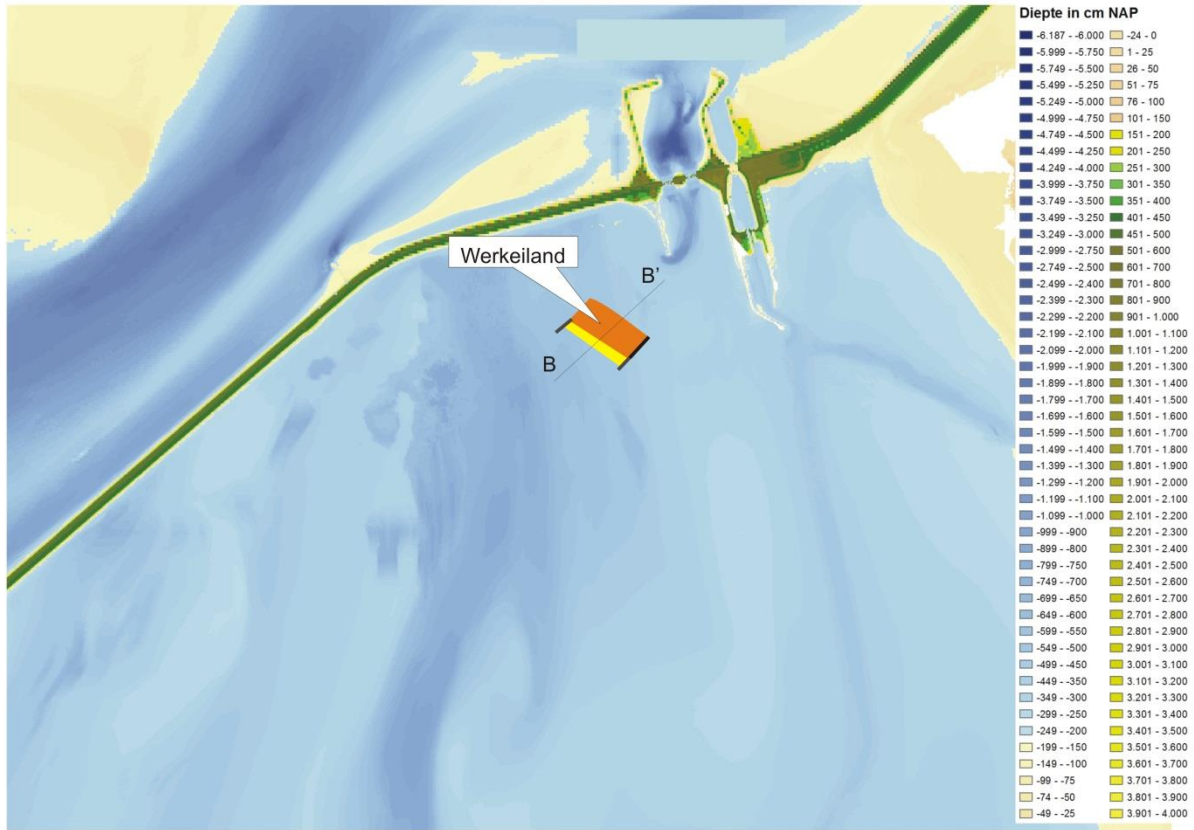
4. Schetsontwerp: Werkeiland (fase 1) en Natuureiland (fase 2)

Het ontwerp bestaat uit Fase 1, waarin het eiland is ingericht als werkeiland en Fase 2, waarin het werkeiland is omgebouwd tot Natuureiland. De gekozen locatie en de inrichting zijn gericht op integratie met de Vismigratierivier (VMR), maar het is zondermeer mogelijk om het Werk/Natuureiland op een andere locatie te realiseren of los van de Vismigratierivier.

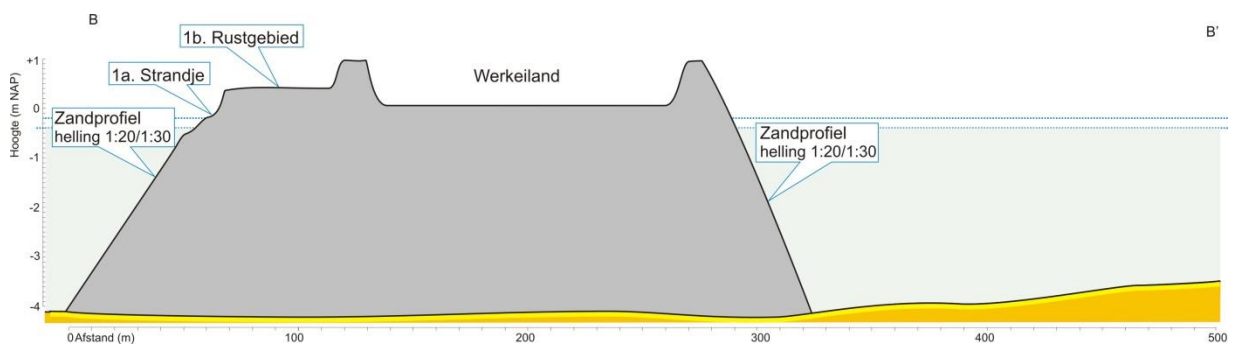
Werkeiland (fase 1)

In de figuren 4 en 5 zijn schetsontwerpen in respectievelijk boven- en zijaanzicht gepresenteerd. In de eerste fase omvat het Werkeiland:

- Het werkgebied zelf, met een oppervlakte van maximaal 9 ha. Het werkeiland zelf, is zo aangelegd dat het niet overstroomt tijdens periode met hogere waterstanden met kades tot op een niveau van NAP +1 m (of door het hele werkgebied op hoogte te brengen). De definitieve omvang kan kleiner zijn afhankelijk van de werkzaamheden die hier worden gepland door de aannemer.
- Aan de zuidwestzijde een klein strandje/ een zandige onderwateroever, dat met een relatief flauw talud afloopt naar de bodem van het IJsselmeer. Het strandje wordt aangelegd tussen stenen dammen (a en b in figuren 4 en 5). Deze dammen dienen als 'ophangpunten' waartussen een stabiele strandboog kan worden aangelegd.
- Aan de noordwest- en noordoostzijde zandige onderwateroevers, die met een relatief flauw talud afloopt naar de bodem van het IJsselmeer.
- De zuidoostzijde bestaat uit een kade, voor het afmeren van schepen en de aan- en afvoer van materiaal voor de assemblage van onderdelen van de windmolens.



Figuur 4. Bovenaanzicht van het werkeiland (fase 1) op de locatie ter voorbereiding van het geïntegreerde luwtegebied en de VMR.



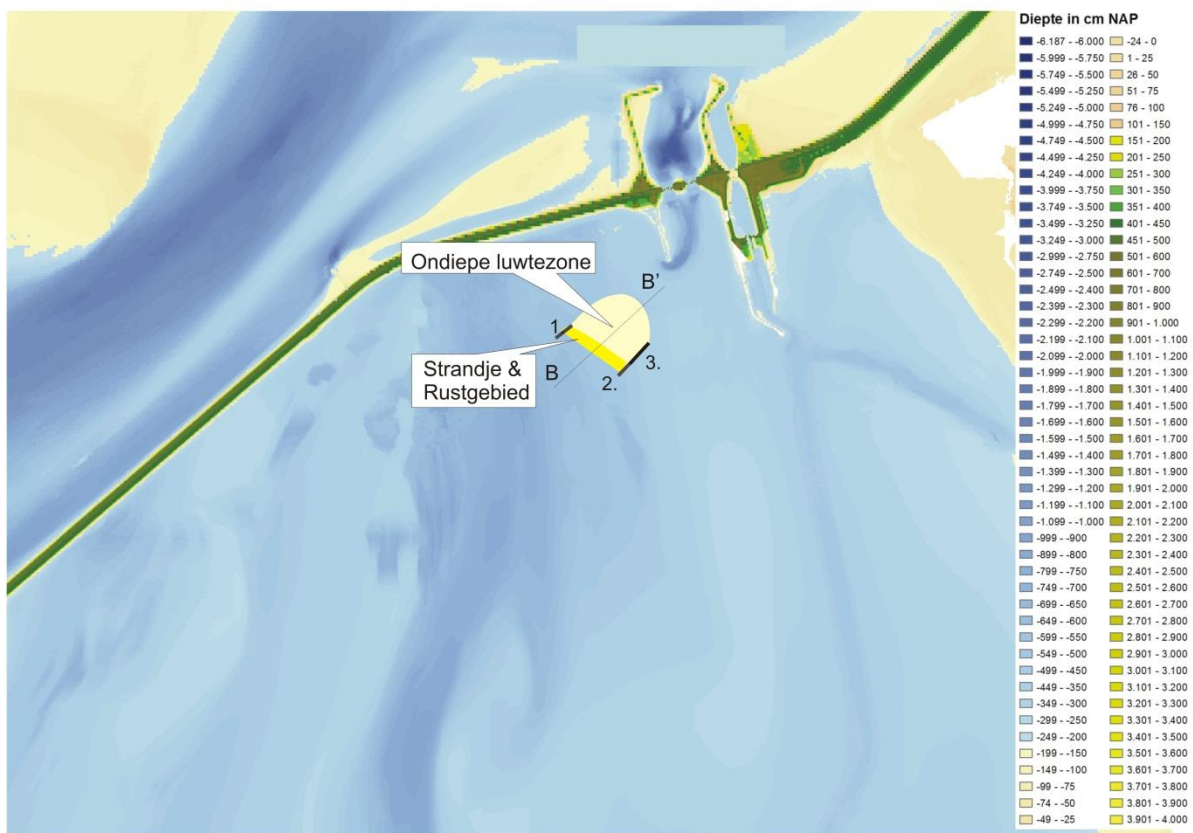
Figuur 5. Dwarsdoorsnede B-B' (locatie in figuren 4 en 5) Fase 1 van het geïntegreerde ontwerp van het geïntegreerde luwtegebied en de VMR.

Natureiland (fase 2)

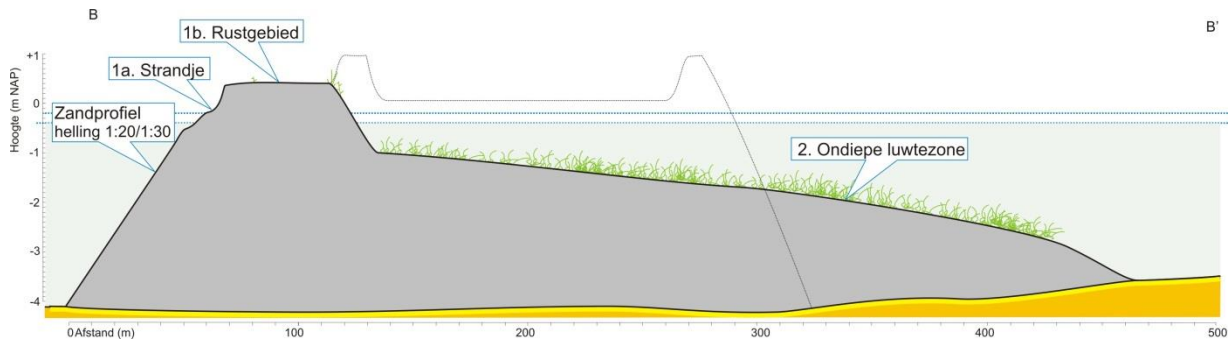
Het natureiland is in de figuren 6 en 7 in schetsontwerpen van boven- en zijaanzicht gepresenteerd. In de tweede fase omvat het Natureiland:

- Het rust- en broedgebied aan de zuidwestzijde, met een klein strandje en onder water een zandige vooroever. Dit komt geheel overeen met de situatie in het werkeiland.
- De ondiepe luwtezone aan de oostzijde van het rust en broedgebied, met een naar het oosten toe aflopende waterdiepte van gemiddeld 2 m.
- Het is een optie de zuidoostzijde te laten blijven bestaan uit de kade, zoals die al bij het werkeiland aanwezig was.

De werkzaamheden voor de transitie van Werkeiland naar natuureiland bestaan uit het verplaatsen van het zand van het werkgebied naar de ondiepe luwtezone en eventueel het aanvoeren van additioneel materiaal voor het realiseren van de gewenste oppervlakte aan ondiepte.



Figuur 6. Bovenaanzicht van het natuureiland (fase 2) op de locatie ter voorbereiding van het geïntegreerde luwtegebied en de VMR.



Figuur 7. Dwarsdoorsnede B-B' (locatie in figuren 4 en 5) Fase 2 van het geïntegreerde ontwerp van het geïntegreerde luwtegebied en de VMR.

5. Schetsontwerp: Integratie met Vismigratierivier (VMR)

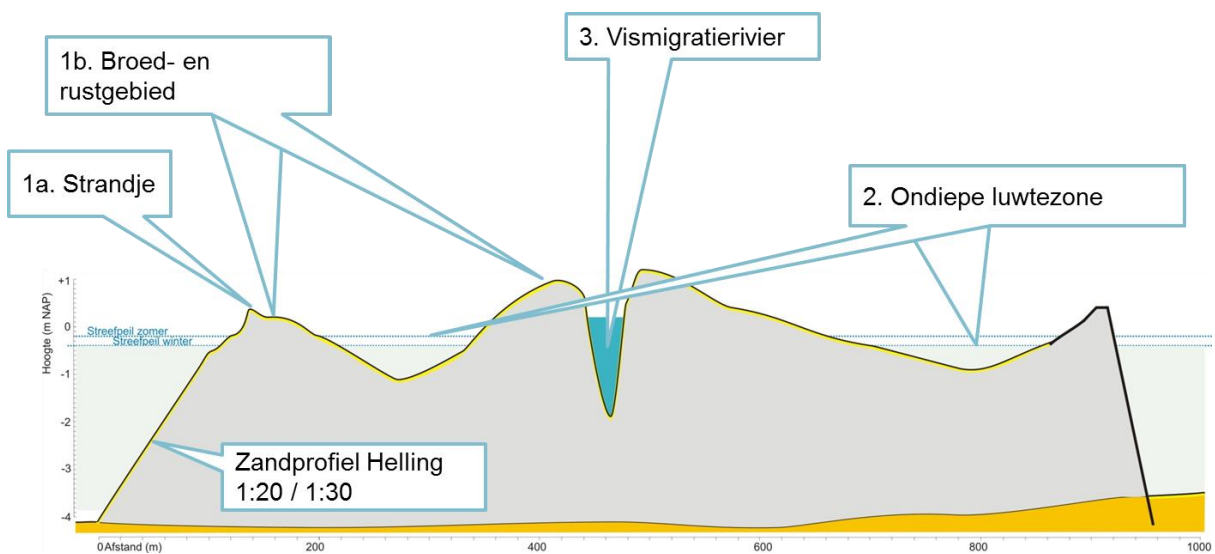
De locatie die in het ontwerp voor het Werk-/Natuureiland is gekozen (figuren 4 en 6) voorziet in een integratie met de Vismigratierivier. In deze paragraaf is een voorbeeld beschreven hoe integratie kan plaatsvinden. In de figuren 8 (bovenaanzicht) en 9 (zijaanzicht). Het Werkeiland (of het Natuureiland als de realisering van de VMR langer duurt dan de aanleg van het windpark) levert onderdelen van de VMR, namelijk:

- De zachte vooroever en het strand aan de zuidwestzijde met de twee van de opsluitdammen.
- De kade aan de zuidoostzijde van het werkeiland fungeert als (onderdeel van de harde) bescherming van de VMR.
- Het zand in het eiland vormt een deel van het zand dat nodig is voor de aanleg van de VMR.

In de geschetste variant is sprake van complete integratie van de functies van het Natuureiland met de functies van de VMR. De ondiepe luwtezones bevinden zich verspreid rond de geul van de VMR. Andere varianten, met een duidelijk scheiding van de functies van de VMR en het Natuureiland zijn denkbaar, bijvoorbeeld door de ondiepe luwtezone aan de westzijde van de VMR te concentreren. De mogelijkheden hiervoor zullen duidelijk worden naarmate de detaillering van het ontwerp van de VMR vordert.



Figuur 8. Bovenaanzicht van de VMR en het geïntegreerde luwtegebied.



Figuur 9. Dwarsdoorsnede A-A' (locatie in figuur 8) van de VMR en het geïntegreerde luwtegebied.

Overigens zijn de realisering en functioneren van het Natuureiland losgekoppeld van de realisering van de VMR. Mocht onverhoopt de VMR niet worden gerealiseerd, dan kan het Natuureiland als zodanig functioneren specifiek voor de doelen die vanuit de gewenste mitigatie voor de effecten van het windpark zijn gesteld.

6. Kanttekeningen bij het schetsontwerp

Bij de getoonde schetsontwerpen (in de figuren 4 tot en met 7) passen enkele kanttekeningen:

- Sedimentatie en erosie zachte vooroever van het werkeiland;
- Locatie kade;
- Andere locaties voor het eiland;
- Landschappelijke inpassing.

Sedimentatie en erosie zachte vooroever van het werkeiland

In het ontwerp is voorzien in een oever van zand aan de noordwest en noordoostzijde (daar waar geen kade is bedacht). Een oever van zand is blootgesteld aan de golven en zal onder invloed van het zandtransport langs en dwars op de kust van vorm veranderen. Voor het functioneren van het Werkeiland worden beperkte veranderingen door het zandtransport niet als een probleem gezien, omdat naar verwachting sprake zal zijn van zandtransport van beperkte omvang (dit zijn niet de zijden die aan de zwaarste golfaanval worden blootgesteld) en anderzijds omdat de levensduur van het Werkeiland beperkt is. Voor een definitief ontwerp wordt aangeraden om de omvang van de zandtransporten te berekenen en voldoende buffer op te nemen in het ontwerp.

Locatie kade

In het getoonde ontwerp is de kade aan de zuidoostzijde geplaatst, zodat deze in de toekomst een onderdeel kan vormen van de VMR. De keuze voor de locatie van de kade is grotendeels vrij, alleen een locatie aan de zuidwestzijde (waar de zwaarste golfaanval plaatsvindt) wordt afgeraden. Wel moet worden nagedacht over de route die de schepen nemen (ondiepte vermijden) en de positie van een eventueel gewenste kade in het toekomstige Natuureiland.

Andere locaties voor het eiland

Het getoonde ontwerp kan zonder aanpassingen naar een andere locatie worden geschoven. Belangrijke aandachtspunten zijn dan het behoud van de oriëntatie van het strand en de zandige vooroever, de waterdiepte ter plaatse en de afstand tot de opstaphavens. Bij de waterdiepte geldt de opmerking dat voor het gebruik van het Werkeiland goed moet worden gekeken naar de diepgang van de gebruikte schepen.

Landschappelijke inpassing

Vanuit landschappelijk oogpunt geldt dat het eiland slechts beperkt boven de waterspiegel uitsteekt en niet of weinig begroeid blijft, waardoor er sowieso niet zoveel van te zien is.

7. Vooruitblik flexibel zomerpeil

In het kader van het Deltaprogramma wordt toegewerkt naar een peilbesluit over het invoeren van een flexibel zomerpeil voor het IJsselmeer. Mogelijk heeft het invoeren van een flexibel zomerpeil consequenties voor de overschrijdingsfrequentie van bepaalde waterstanden in de zomermaanden. Dit kan dan weer gevolgen hebben voor het gebruik van het rust- en broedgebied op het Natuureiland. In het ontwerp kan rekening worden gehouden met een toename van hogere waterstanden in de zomermaanden door een overhoogte toe te voegen aan het rustgebied. Gedacht wordt aan het verhogen met 10 of maximaal 20 cm van het rustgebied.

8. Schetsontwerp: Makkumer lagune

De Makkumerlagune is een lokaal idee dat is gericht op het stimuleren van de kustrecreatie bij de Friese IJsselmeerkust. Door het vormen van een luw gebied wordt het gebied toegankelijk voor een grotere groep (vaar)recreanten. Het Werk/Natuureiland zou een startpunt kunnen vormen voor de Makkumerlagune. In figuur 10 is een voorbeeld getoond van het werkeiland ten westen van Makkum en in figuur 11 is de doorontwikkeling naar het Natuureiland getoond. Figuur 12 toont ten slotte een idee van een archipel van eilanden die samen het luwtegebied Makkumerlagune vormen.



Figuur 10. Bovenaanzicht van het ontwerp van het Werkeiland als startpunt voor de Makkumerlagune.



Figuur 11. Bovenaanzicht van het ontwerp van het natuureiland als startpunt voor de Makkumerlagune.

Het ontwerp van het Werk-/Natuureiland in de figuren 10 en 11 komt deels overeen met het ontwerp dat is getoond in de figuren 4 en 6. De oriëntatie van het strandje en de vooroever tussen de twee opsluitdammen is hetzelfde vanwege het identieke golfklimaat. De positie van de kade is verplaatst naar het noordoosten, zodat deze dicht bij de vaargeul ligt. Deze positie heeft als voordeel dat de toegankelijkheid voor schepen is geborgd. Verder fungeert de kade bij het natuureiland als een blokkade voor transport van zand naar de vaargeul. De geometrie van de ondiepe luwtezone van het Natuureiland is zo gekozen dat zandtransporten in de richting van de vaargeul zijn uitgesloten. De aanwezigheid van het Werk-/Natuureiland kan de aanvoer van zand naar de vaargeul beperken en daarmee het baggerbezwaar verminderen dat een terugkerend probleem is.

Andere ontwerpen van de Makkerlagune en de eilandenarchipel zijn zonder meer mogelijk. Aandachtspunten daarbij zijn de vorm (bol, recht, hol), de keuze voor harde (stenen) randen aan de westzijde of zachte (zandstrand en vooroever) en de waterdiepte ter plaatse (sterk bepalend voor de kosten, omdat bij een grotere diepte veel meer zand of steen nodig is voor de aanleg. Andere punten die aandacht verdienen zijn de verversing van het water in de lagune en de sedimentatie van slib. In het schetsontwerp in de figuren 10, 11 en 12 is uitgegaan van een zogenaamde 'zachte' oevers aan de zuidwestzijde waar de sterkste golfbelasting plaatsvindt. Dit ontwerp sluit aan bij de Building with Nature principes ((zie http://www.ecoshape.nl/nl_NL) voor een toelichting en een link naar het Building with Nature boek waarin voorbeelden staan) en verschillende (pilot)projecten langs de oevers van IJsselmeer en Markermeer. Alternatief voor een zachte oever is een stortstenendam, zoals toegepast bij de Kreupel en de Scheepvaartvoorziening bij Urk. Een stortstenendam kan onder een veel steilere helling worden aangelegd en beperkt daarmee het benodigde aanlegvolume. Ondanks het kleinere aanlegvolume, zijn de kosten bij het gebruik van een stortstenendam hetzelfde of hoger dan bij een zachte oever. De hoge kosten hebben te maken met de grote en zware stenen die nodig zijn bij de golfcondities op het IJsselmeer.



Figuur 12. Bovenaanzicht van idee van eilanden archipel voor de Makkumerlagune.

BIJLAGE 8 MILIEUEFFECTRAPPORT WINDPARK FRYSLAN



Voor deze bijlage wordt verwezen naar het
'Milieueffectrapport Windpark Fryslân'.