Bijlage 7 - Passende Beoordeling

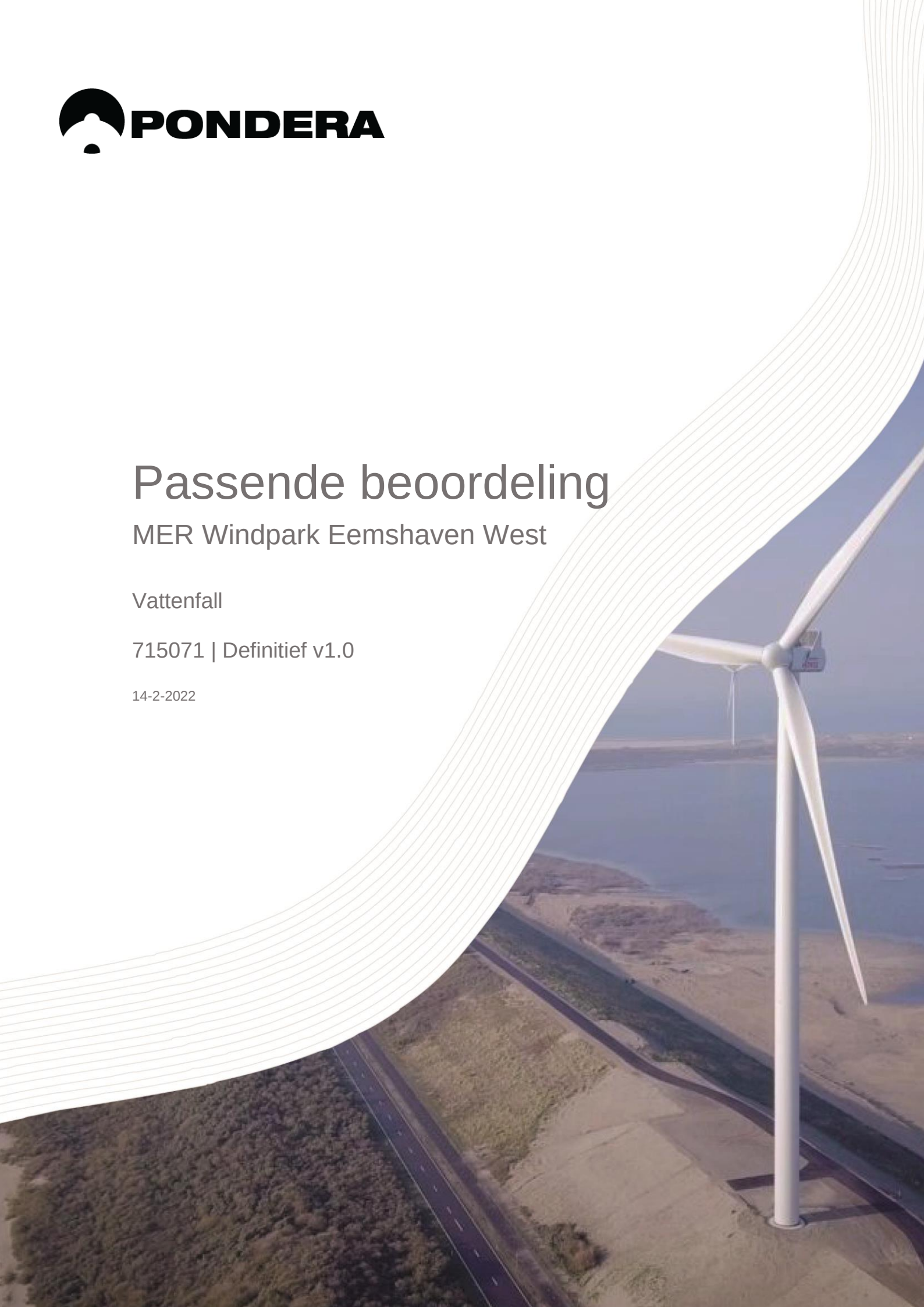
Passende beoordeling

MER Windpark Eemshaven West

Vattenfall

715071 | Definitief v1.0

14-2-2022



Pondera

Hoofdvestiging Nederland
Amsterdamseweg 13
6814 CM Arnhem
088 – pondera (088-7663372)
info@ponderaconsult.com

Postadres
Postbus 919
6800 AX Arnhem

Vestiging South East Asia
Jl. Mampang Prapatan XV no 18
Mampang
Jakarta Selatan 12790
Indonesia

Vestiging North East Asia
Suite 1718, Officia Building 92
Saemunan-ro, Jongno-gu
Seoul Province
Republic of Korea

Colofon

Soort document
Passende beoordeling

Projectnaam
MER Windpark Eemshaven West

Versienummer
Definitief v1.0

Datum
14-2-2022

Project nummer
715071

Opdrachtgever
Vattenfall

Auteur
Lisa Meissl, Pondera

Nagekeken door
M. ten Klooster

Disclaimer
In het onderzoek is gebruik gemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Pondera is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van Pondera afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera. Pondera is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing.Pondera werkt met een kwaliteitsmanagementsysteem dat door EIK gecertificeerd is volgens de ISO 9001:2015 norm.

Inhoudsopgave

1 Inleiding 1
1.1 Introductie 1
1.2 Passende beoordeling en wettelijk kader 2
1.3 Onderdeel landschap 4
1.4 Leeswijzer 5

2 Voorgenomen initiatief en autonome ontwikkelingen 6
2.1 Windturbines inclusief voorzieningen 6
2.2 Bouw windturbines en voorzieningen 10
2.3 Autonome ontwikkelingen 12

3 Natura 2000-gebieden in relatie tot het windpark 14
3.1 Brongegevens 16
3.2 (Habitat-)soorten en habitattypen met een relatie met het gebied 16
3.3 Natura 2000-gebied Waddenzee 19

4 Effecten Natura 2000-gebied Waddenzee 23
4.1 Ingreep-gevolg relaties 23
4.2 Potentiële effecten habitattypen 28
4.3 Potentiële effecten habitatsoorten 30
4.4 Potentiële effecten vogels 33
4.5 Mitigerende maatregelen 36

5 Cumulatie 37
5.1 Beschermde flora en habitattypen 37
5.2 Verstoring van vissen en zeezoogdieren door onderwatergeluid 38
5.3 Verstoring van vogels in de aanlegfase 38
5.4 Effecten op vogels door aanvaringen met windturbines 39

6 Samenvatting effectbeoordeling 44
Bijlage Overzichtskaart 46

1 Inleiding

1.1 Introductie

Om klimaatverandering en de afhankelijkheid van fossiele energiebronnen te beperken, heeft Nederland de taakstelling op zich genomen - op grond van de Europese richtlijn ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen (2009/28/EG) - om 16% van het energieverbruik in 2023 op te wekken uit hernieuwbare bronnen. In 2050 moet de energievoorziening bijna helemaal duurzaam zijn. Dit is de Nederlandse bijdrage aan 32% duurzame energie in Europa in 2030. En dat is een eerste stap naar klimaatneutraliteit in 2050.

Voor Nederland geldt, op basis van de geografische kenmerken, dat een mix van technieken beschikbaar is en ingezet moet worden voor het opwekken van hernieuwbare energie. Windenergie is, vanwege de beschikbaarheid van windrijke locaties, een van de meest geschikte technieken op dit moment vanwege de toepasbaarheid, de potentiële energieproductie en de kosten. Voor de duurzame energieopwekking op land is in het kader van het Nederlandse Klimaatakkoord door de provinciale en gemeentelijke overheden afgesproken in 2030 jaarlijks gezamenlijk 35 terrawattuur (TWh) te produceren, opgewekt uit wind- en zonne-energie. In samenwerkende regio's wordt dit uitgewerkt in de vorm van Regionale Energiestrategieën (RES).

De regio Groningen heeft in haar RES 1.0 een bod uitgebracht van totaal 5,7 TWh in 2030 die zijn opgewekt door wind- en zonne-energie. De locatie van Windpark Eemshaven West is in dit verband door de regio Groningen aangewezen voor de grootschalige opwek van minimaal 0,3 TWh windenergie in 2030. Het gebied wordt daarnaast ook in de provinciale Omgevingsverordening en in de gemeentelijke structuurvisie van de gemeenten Het Hogeland als concentratiegebied voor windparken aangemerkt.

Initiatiefnemer van het windpark is Vattenfall - een energieproducent en leverancier die werkt aan de realisatie van een energievoorziening zonder fossiele energie, onder meer door het opwekken van duurzame energie uit wind. Met Windpark Eemshaven West wil de initiatiefnemer bijdragen aan de provinciale en landelijke doelstelling op het gebied van de reductie van de uitstoot van broeikasgassen. Na een zorgvuldige voorbereiding op basis van onder meer additioneel ecologisch veldonderzoek en een ecologische beoordeling heeft de initiatiefnemer windturbinelocaties in de Eemshaven geselecteerd en hiervoor het initiatief genomen om tot ontwikkeling van een windpark te komen.

Het initiatief (het windpark) bevindt zich in de Eemshaven in de gemeente Het Hogeland (provincie Groningen) en bestaat uit de volgende onderdelen:

- 16 windturbines in de Eemshaven (inclusief funderingen)
- Ondergrondse windparkbekabeling tussen de windturbines en naar het hoogspanningsstation
- 1 transformatorstation met batterijopslag
- Civiele werken bestaande uit een kraanopstelplaats per locatie en ontsluitingswegen

Figuur 1.1 toont de locatie van de 16 windturbines. Aanvullend geldt dat er ook een transformatorstation en ondergrondse elektriciteitskabels voor het windpark worden gerealiseerd tussen de windturbines en het transformatorstation en tussen het transformatorstation en het nabijgelegen schakelstation van landelijk elektriciteitsnetbeheerder TenneT. Voor een overzichtstekening van de locatie van de civiele werken en het transformatorstation en het batterijopslag zie bijlage 1.

Figuur 1.1 Initiatief Windpark Eemshaven West

Het initiatief dat centraal staat in de passende beoordeling is het voorkeursalternatief (VKA) voor Windpark Eemshaven West. In het MER voor het windpark zijn meerdere alternatieven onderzocht (6) evenals een aantal optimalisaties. Het VKA bevat daarnaast diverse uitgangspunten, zoals ten aanzien van de mogelijke fundatieprincipes, die gekozen zijn op basis van het MER. Aangezien de effectbeoordeling in de passende beoordeling mede is gebaseerd op onderzoeken die zijn uitgevoerd voor het MER komen de verschillende alternatieven in de bijlagen aan de orde. De passende beoordeling betreft slechts de effecten van het voorkeursalternatief.

In het MER zijn, in het kader van toekomstvastheid voor de totstandkoming van het VKA, per alternatief 3 fasen van projectontwikkeling beschouwd. Daarbij betreft fase 1 het actuele voornemen van de initiatiefnemer en fase 2 en 3 mogelijke toekomstige realisaties, met name respectievelijk de uitbreiding van het windpark in oostelijke richting (fase 2) en de opschaling van reeds bestaande windturbines in de Emmapolder (fase 3). In de passende beoordeling wordt, zoals reeds genoemd, alleen fase 1 beschouwd. De overige fasen zijn geen onderdeel van het initiatief.

1.2 Passende beoordeling en wettelijk kader

De bescherming van vogels, overige soorten en habitats van soorten is op Europees niveau vastgelegd in de Vogelrichtlijn (1979) en de Habitatrichtlijn (1992). Met deze richtlijnen wordt invulling gegeven aan het biodiversiteitsbeleid van de Europese Unie. De richtlijnen hebben twee hoofddoelstellingen:

- Beschermen van soorten;
- Beschermen van kerngebieden voor specifieke soorten door habitatbescherming, gericht op het realiseren van het Natura 2000-netwerk.

In Nederland zijn deze richtlijnen geïmplementeerd in nationale regelgeving in de vorm van de Wet natuurbescherming (Wnb). Op grond van de genoemde richtlijnen zijn beschermde gebieden aangewezen vanwege hun natuurlijke kenmerken, de functie die zij vervullen voor de instandhouding van soorten en habitat(typen). Deze beschermde gebieden zijn de zogenaamde ‘Natura 2000-gebieden. In Nederland zijn die gebieden door middel van aanwijzingsbesluiten van het Rijk aangewezen. De te

beschermen waarden van de Natura 2000-gebieden zijn opgenomen in de algemene doelstellingen en de soort specifieke instandhoudingsdoelstellingen in het aanwijzingsbesluit voor het betreffende gebied.

Voor de bescherming van gebieden wordt door de Europese Commissie in de handreiking over de ontwikkeling van windenergie in Natura 2000-gebieden opgemerkt dat een kader wordt neergelegd voor menselijke activiteiten en er toe dient te leiden dat deze activiteiten, zoals opwekking van windenergie, op een dergelijke wijze plaats vindt dat de natuurwaarden worden gerespecteerd.

Op grond van artikel 2.7 Wnb is het verboden om zonder vergunning projecten te realiseren die, afzonderlijk of in combinatie met andere projecten of plannen, significante gevolgen kunnen hebben voor een Natura 2000-gebied. Op grond van artikel 2.8 van de Wnb moet voor deze plannen en projecten een passende beoordeling worden opgesteld van de gevolgen voor dit Natura 2000-gebied. Daarbij dient rekening te worden gehouden met de instandhoudingsdoelstellingen die voor het gebied gelden.

Met een passende beoordeling dient aangetoond te worden dat significant negatieve effecten op een Natura 2000-gebied uit te sluiten zijn.

Waarom een passende beoordeling voor Windpark Eemshaven West?

Het initiatief Windpark Eemshaven West grenst aan het Natura 2000-gebied Waddenzee. Mogelijke significante gevolgen op dit Natura 2000-gebied zijn niet op voorhand uit te sluiten. Op grond van het verbod in artikel 2.7 van de Wet natuurbescherming is daarom een vergunning nodig voor dit initiatief. Gedeputeerde staten verlenen deze vergunning alleen, indien uit een passende beoordeling blijkt dat het voornemen de natuurlijke kenmerken van het Natura 2000-gebied niet aantast (artikel 2.8 Wnb).

Wat wordt onderzocht in deze passende beoordeling?

In de passende beoordeling wordt onderzocht of aantasting van de natuurlijke kenmerken van Natura 2000-gebieden kan optreden als gevolg van verslechtering van natuurlijke habitats of habitats van soorten, of door een significant verstorend effect voor soorten waarvoor het gebied is aangewezen. Dit vindt plaats door te toetsen aan de instandhoudingsdoelstellingen voor het gebied. Ook dient beoordeeld te worden wat de zogenaamde externe werking op de natuurlijke kenmerken van andere Natura 2000-gebieden dan de Waddenzee is.

Bij de beoordeling van de gevolgen wordt nagegaan of de gevolgen significant negatief zijn. Significant negatieve effecten treden op als de instandhoudingsdoelstellingen van een Natura 2000-gebied niet gehaald kunnen worden (Leidraad bepaling significantie. Steunpunt Natura 2000, 2009). In de leidraad wordt dit nader toegelicht:

‘er sprake is van een significant gevolg wanneer de kwaliteit van een habitattype of leefgebied ten gevolge van menselijk handelen (met uitzondering van het beheer dat gericht is op de instandhoudings-doelstellingen) in de toekomst, gemiddeld genomen, lager zal zijn dan bedoeld in de instandhoudingsdoelstelling.´

Daarbij kan rekening worden gehouden met de veerkracht van het gebied. In de passende beoordeling wordt tevens rekening gehouden met de effecten van mitigerende maatregelen. De eventuele effecten van

het voornemen worden - voor zover van toepassing - in cumulatie met andere plannen en projecten bepaald.

Indien significant negatieve gevolgen niet kunnen worden uitgesloten: ADC-toets

Een vergunning kan alleen worden verkregen als het bevoegd gezag (voor het initiatief betreft dit de provincie Groningen) zich ervan heeft verzekerd dat de natuurlijke kenmerken van het gebied niet significant worden aangetast en het behouden of behalen van instandhoudingsdoelstellingen niet in gevaar wordt gebracht. Indien deze schadelijke gevolgen niet kunnen worden uitgesloten, kan alleen een vergunning worden verkregen door het doorlopen van de ADC-toets. Dit houdt in dat een vergunning alleen verleend kan worden mits wordt voldaan aan elk van de volgende voorwaarden:

a. Bij het ontbreken van (A)lternatieve oplossingen;
b. Om (D)wingende redenen van groot openbaar belang;
c. Door het treffen van (C)ompenserende maatregelen om de negatieve effecten te beperken/voorkomen.

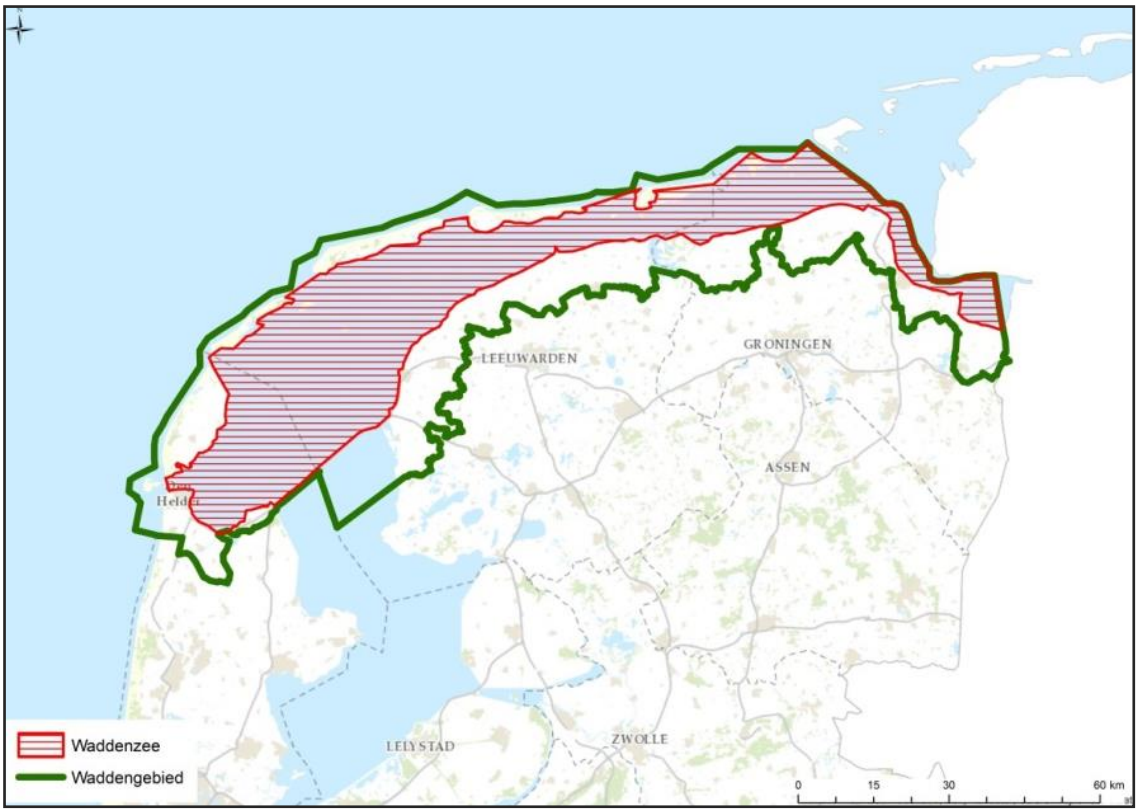
1.3 Onderdeel landschap

Het voornemen is gesitueerd in de Eemshaven en bevindt zich nabij de Waddenzee, op een afstand van minder dan 1 kilometer. Vanwege deze relatief korte afstand zal het voornemen zichtbaar zijn vanuit de Waddenzee. In de structuurvisie infrastructuur en ruimte (SVIR) zijn de Waddenzee en het waddengebied aangewezen. Dit volgt uit de aanwijzing in de planologische kernbeslissing (PKB) Waddenzee die is geïntegreerd in de SVIR. Het waddengebied is een zone om de Waddenzee die overeenkomt met de gemeentegrenzen van de (toenmalige) aangrenzende gemeenten. Deze begrenzing is tevens vastgelegd in het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro).

In het Barro, titel 2.5, zijn de landschappelijke en cultuurhistorische kwaliteiten van de Waddenzee opgenomen. De effecten op deze kwaliteiten dienen beoordeeld te worden voor een bestemmingsplan dat betrekking heeft op gebruik of bebouwing in het waddengebied en significante gevolgen voor voornoemde kwaliteiten kan hebben. Deze beoordeling van de effecten kan plaatsvinden in een passende beoordeling of in een milieueffectrapportage.

Voor het initiatief is deze beoordeling opgenomen in het MER. Op basis van deze beoordeling wordt geconcludeerd dat er weliswaar sprake is van beïnvloeding van de aangewezen (kern-)waarden van de Waddenzee als gevolg van de realisatie van Windpark Eemshaven West, maar dat dit dusdanig beperkt is dat er geen sprake is van significant negatieve gevolgen voor de kernkwaliteiten van de Waddenzee.

Figuur 1.2 Kaart Waddenzee en Waddengebied. Bron: Derde Nota Waddenzee, 2006



1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een toelichting gegeven op het initiatief en de autonome ontwikkelingen in en rondom de locatie van het initiatief. In hoofdstuk 3 is vervolgens toegelicht welke bronnen zijn gebruikt voor het beoordelen van de effecten en voor welke soorten en habitattypen en telkens Natura 2000-gebieden geldt dat deze een relatie hebben met het plangebied of invloed kunnen ondervinden vanuit het project. De ingreep-gevolg relaties en de effecten zijn vervolgens in hoofdstuk 4 beschreven. In hoofdstuk 5 worden de effecten die optreden in cumulatie met andere plannen en projecten beschreven. In hoofdstuk 0 is de conclusie van de Passende Beoordeling opgenomen.

In de Passende Beoordeling wordt verwezen naar diverse achtergrondinformatie die benut is voor de Passende Beoordeling. Het betreft:

- Een overzichtstekening van het windpark
- Natuurtoets Windpark Eemshaven West opgesteld door Bureau Waardenburg
- Rapportage Veldonderzoeken opgesteld door Bureau Waardenburg
- Rapportage AERIUS berekening
- Notitie trillingen heiwerkzaamheden opgesteld door Fugro
- Notitie hei- en windturbinegeluid opgesteld door Pondera Consult
- Cumulatiestudie Groningse Windparken (2017) opgesteld door Bureau Waardenburg, Arcadis, Altenburg & Wymenga en Pondera Consult

2 Voorgenomen initiatief en autonome ontwikkelingen

Het initiatief betreft de realisatie en exploitatie van windturbines in meerdere lijnopstellingen met bijbehorende elektrische en civiele werken. In dit hoofdstuk wordt een toelichting gegeven op het initiatief, de onderdelen van het initiatief en de activiteiten die worden uitgevoerd. Potentiële effecten van het initiatief volgen uit de aanleg, de exploitatie en de ontmanteling van het windpark. Daarom worden deze drie fasen in de toelichting behandeld.

Aan het einde van hoofdstuk wordt tevens ingegaan op andere plannen en projecten waarvan de realisatie invloed kan hebben op Natura 2000-gebieden, de zogenaamde autonome ontwikkelingen.

2.1 Windturbines inclusief voorzieningen

Het initiatief betreft een windpark met 16 windturbines. De windturbines zijn in een patroon geplaatst in een lijnopstelling, zoals in de eerder getoonde Figuur 1.1 in paragraaf 1.1 en/of de overzichtstekening in de bijlage. weergegeven. De onderlinge afstand tussen de windturbines varieert tussen de 480 en 580 meter. De opstelling is ten zuiden van de Waddendijk in de Eemshaven gepositioneerd.

Alle windturbines bevinden zich op gronden die op dit moment in agrarisch gebruik zijn. Geen van deze gronden maakt onderdeel uit van Natura 2000-gebieden of gebieden die onderdeel zijn van het Natuurnetwerk Nederland (NNN). Tevens vindt er geen overdraai van de wieken plaats over dergelijke gebieden.

Voor de verschillende onderdelen en activiteiten van het initiatief wordt in de volgende paragrafen een toelichting gegeven.

2.1.1 Onderdelen windturbines

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 (zie ook Figuur 2.1):
Het fundament: middels het fundament is de windturbine verankerd aan de grond. Ook verlaat de kabel via dit fundament de windturbine. Deze kabel verbindt de windturbine met het transformatorstation;
De mast, met onderin de mast de transformator die opgewekte elektriciteit naar het spanningsniveau van de kabel brengt, die de elektriciteit verder transporteert;
De gondel waarin zich de generator (omzetten van de draaiing van de rotorbladen in elektriciteit) bevindt en waar de rotor aan bevestigd wordt;
Drie rotorbladen.

De aansturing van de windturbine vindt automatisch plaats door een computer. Het functioneren van de windturbine en de prestatie kan op afstand worden gevolgd en indien wenselijk bijgestuurd worden. Het controlesysteem kan een windturbine automatisch stilzetten bij geconstateerde afwijkingen of ongunstige windomstandigheden. De windturbine kan tevens handmatig gestopt worden met de aanwezige start/stop-schakelaar en de diverse aanwezige noodstop-schakelaars.

De windturbines voldoen aan de internationale norm voor windturbines IEC-61400-1. Op grond van deze 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 zorg draagt dat inslaande bliksem buiten kwetsbare delen van de windturbine naar de grond leidt.

Figuur 2.1 Schema windturbine (rechts: voorbeeld turbine Nordex)

De meeste windturbines gaan in bedrijf bij windsnelheden van ongeveer 3-5 m/s (2 Beaufort) en gaan uit bedrijf bij windsnelheden tussen de 26- 34 m/s (10-12 Beaufort), de windsnelheid ter hoogte van de rotor is daarbij bepalend. Omdat deze omstandigheden niet afhankelijk zijn van dag of nacht zijn de windturbines in principe, bij voldoende wind, 24 uur per dag en 7 dagen per week in bedrijf (situatie zonder mitigerende maatregelen).

2.1.2 Afmetingen windturbines

Er is nog geen exacte turbinetype bepaald. Voor de passende beoordeling wordt uitgegaan van een turbineklasse. Turbine types zijn in principe serieproducten. De keuze wordt gemaakt op basis van onderhandelingen met turbinefabrikanten. Vanwege de schaal van het project vindt deze selectie plaats na afronding van de vergunningprocedure en subsidieverlening.

Voor de turbine klasse zijn minimum en maximum dimensies gedefinieerd waaraan de te selecteren windturbine zal voldoen. In Tabel 2.1 zijn deze dimensies opgenomen. Voor de effectbepaling is uitgegaan van de worst case dimensies. Bepalend voor de effecten op de doelstellingen voor Natura 2000-gebieden

is de maximale rotordiameter en de laagste tiphoogte. De eventuele afwijkingen hebben een ecologisch effect dat gelijk of kleiner is ten opzichte van de dimensies die zijn gehanteerd in de effectbepaling.

Tabel 2.1 Bandbreedte dimensies en grenzen windturbines (tov maaiveld)

Aspect	Dimensie / grens uitgangspunt
Hoogste tip	225 meter
Laagste tip	55 meter
Ashoogte (as)	120 tot 160 meter
Rotordiameter (rotor)	130 tot 160 meter
Aantal bladen	3

Ondanks dat de samenstelling voor alle windturbines gelijk is (toren, gondel, rotorbladen), kan het voorkomen dat elke type een marginaal andere verschijningsvorm door typische vormgeving van bijvoorbeeld de gondel heeft. Derhalve zijn de tekeningen als principetekeningen te beschouwen. De onderlinge verschillen tussen de windturbinetypes leiden overigens niet tot andere gevolgen.

Op grond van de tiphoogte van meer dan 150 meter is verlichting ten behoeve van de luchtvaart op windturbines vereist. Worst-case worden de windturbines voorzien van luchtvaartverlichting om de turbines als obstakel te markeren. De verlichting betreft een vastbrandend licht of licht met een voorgeschreven knipperfrequentie dat bij dag wit is en een intensiteit heeft van 20.000 candela en bij nacht rood is met een intensiteit van 2.000 candela, daarnaast dienen mastlichten (rood, 50 candela vastbrandend). De initiatiefnemer heeft aangegeven de verlichting te willen koppelen aan transponderidentificatie. Dat houdt in dat de verlichting slechts inschakelt als een vliegtuig aan de hand van het transpondersignaal van het vliegtuig in de nabijheid van het windpark voorkomt. Voor de ecologische effectbeoordeling is worst case uitgegaan van toepassing van de verlichting.

2.1.3 Fundaties windturbines

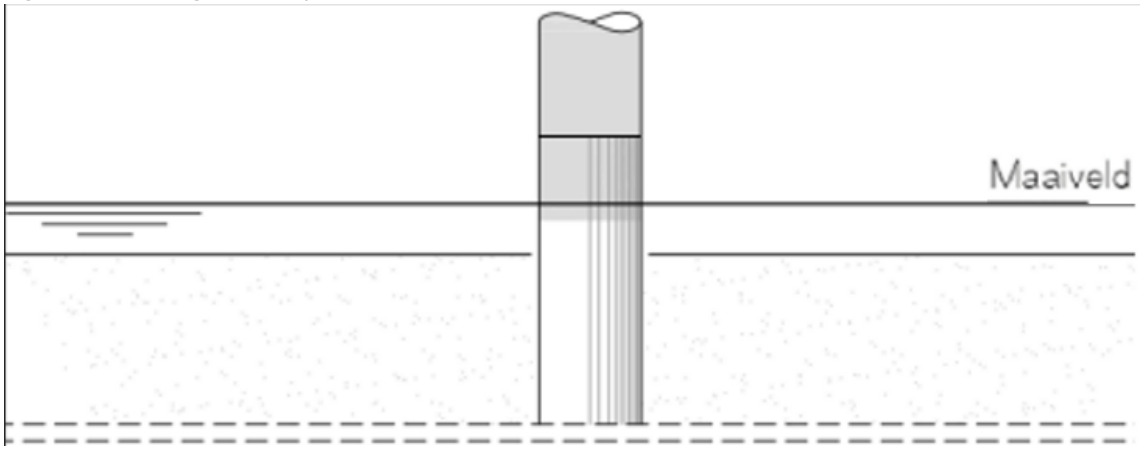
De windturbines worden gerealiseerd op een fundatie. Er is nog geen keuze gemaakt voor een fundatieprincipe. Deze keuze wordt tijdens de voorbereiding van de bouw gemaakt. Voor de effectbepaling worden conservatief de bepalende kenmerken van de fundatieprincipes beoordeeld, zoals het effect van (onderwater-)geluid bij het heien en het oppervlaktebeslag. Hiermee gaat deze passende beoordeling uit van de maximale gevolgen van de fundatie van de windturbines, ongeacht de uiteindelijke keuze voor een principe. De in het kader van deze passende beoordeling relevante fundatieprincipes zijn:

- een betonfundament op heipalen (maximale lengte circa 30 meter) of
- een enkele stalen holle buispaal (monopile met een diameter van circa 6 meter) die tot een diepte van 30-40 m de bodem in wordt geheid.

De fundatieprincipes betreffen allemaal 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. Voorafgaand aan de bouw van de fundaties wordt het definitieve ontwerp voor de fundaties opgesteld. De hier gehanteerde afmetingen zijn maxima en daarmee worst-case voor de effectbepaling.

Figuur 2.2 Fundering met heipalen

Figuur 2.3 Fundering met monopile



2.1.4 Elektrische voorzieningen

Elke windturbine wordt door middel van elektriciteitskabels met een spanning van circa 33-66 kV via een transformatorstation verbonden aan het lokale, regionale of landelijke hoogspanningsnet. De kabels worden op een diepte van globaal 1 tot 1,5 meter beneden maaiveld aangelegd. De kabels liggen binnen de contouren van het windpark en eindigen bij het transformatorstation. De exacte ligging binnen het windpark wordt op een later moment bepaald, aangezien de positie afhankelijk is van de bouwvolgorde van de windturbines.

In het windpark is één transformatorstation voorzien. In bijlage 1 is de locatie die hiervoor beschikbaar is aangegeven, eveneens op gronden met een agrarische functie. Het transformatorstation is een gebouw waar de elektriciteitskabels afkomstig van het windpark worden gekoppeld aan het netwerk van de netbeheerder. Het station bestaat uit twee transformatoren die in de buitenlucht, tussen scherfmuren worden geplaatst, vermogensschakelaars en een servicegebouw. De oppervlakte van het onderhoudsgebouw is circa 30 x 12 meter met een hoogte van circa 4,4 meter. De transformatoren hebben een hoogte van circa 7,5 meter. Onderdeel van het station is een batterij-opslag systeem voorzien bestaande uit 12 opslageenheden elk ter grootte van een zeecontainer. Door het opslaan van energie is het mogelijk om productie en consumptie van energie beter op elkaar af te stemmen. Het batterijsysteem heeft een oppervlakte van 6 x 2,5 meter en is 2,6 meter hoog.

2.1.5 Civiele voorzieningen

Nabij elke windturbine wordt een verharde kraanopstelplaats gerealiseerd die bestemd is voor de bouw van de turbine en onderhoud. De opstelplaatsen zijn op agrarische gronden voorzien en bestaan uit circa 2000 m^2 permanente verharding en circa 4000 m^2 tijdelijke verharding. Daarnaast worden alle kraanopstelplaatsen door middel van wegen met een breedte van maximaal 5 meter ontsloten op de openbare weg, tijdens de bouw kunnen wegen tijdelijk een breedte van 6-8 meter hebben. Ook de wegen zijn op agrarische gronden voorzien.

2.2 Bouw windturbines en voorzieningen

De realisatie van het windpark zal per ontwikkelfase een periode van ongeveer 2-3 jaar in beslag nemen. Werkzaamheden vinden in principe 24/7 plaats. Dit betekent echter niet dat er op alle plekken gedurende deze periode tegelijk bouwwerkzaamheden plaatsvinden. De lijnopstellingen zullen niet allemaal gelijktijdig worden gerealiseerd, maar gefaseerd worden aangelegd. Heiwerkzaamheden vinden in principe in de dagperiode plaats en bij uitzondering in de avondperiode.

Onder de bouw van het windpark wordt, naast de realisatie van de windturbines zelf, ook alle bijbehorende voorzieningen verstaan zoals aanpassing van bestaande wegen, aanleg van nieuwe ontsluitingswegen ten behoeve van het windpark, aanvoer van bouwmaterialen, realisatie van kraanopstelplaatsen en de installatie van de kabels naar het hoogspanningsnet. Ten behoeve van de bouw in periodes met beperkt daglicht of in de avond/nacht wordt met kunstlicht gewerkt. Dit wordt gericht toegepast om uitstraling naar de omgeving en de nachthemel te minimaliseren.

In principe ziet de volgorde van de werkzaamheden er als volgt uit. Allereerst worden de wegen gerealiseerd ten behoeve van de bereikbaarheid van de windturbineposities. Daarna worden de funderingen gerealiseerd. Waarna vervolgens de turbines worden geplaatst. Daarop volgt een periode van interne installatie, testen en in bedrijfsstelling. De werkzaamheden vinden in tijd en ruimte gefaseerd plaats. Dat betekent dat niet op elke locatie tegelijk wordt gewerkt. In principe worden de genoemde werkzaamheden achter elkaar uitgevoerd en zal overlap beperkt zijn zodat maximaal aan enkele posities tegelijk wordt gewerkt. Bekabeling wordt uitgevoerd parallel aan de civiele werken en het transformatorstation naar verwachting parallel aan de fundaties.

Civiele werken

De bouw start met de realisatie van de bouwwegen en opstelplaatsen. Dit betreft het realiseren van een ondiepe grondverbetering en het aanleggen van verhardingen, veelal puinverhardingen. Kap van bomen is niet aan de orde aangezien geen bomen, tevens is geen sprake van het dempen van gehele watergangen. Waar deze worden gekruist wordt een duiker geplaatst. De doorloptijd van de werkzaamheden is enkele weken, rekening houdend met eventuele benodigde tijd voor zetting van aangebracht zand.

Fundaties windturbines

Volgend op de civiele werken worden de fundaties voor de windturbines gerealiseerd. Met behulp van kranen kunnen vervolgens de torendelen worden geplaatst op het fundament. Dit betreft een stalen toren uit een beperkt aantal delen of een betontoren die veelal uit meer delen bestaat. Op de toren worden achtereenvolgens de gondel en de rotor bevestigd. De rotor gaat in delen (per blad) of in zijn geheel omhoog. De windturbine wordt vervolgens getest en geinspecteerd.

Voor de aanleg van een betonfundament op heipalen wordt door open ontgraving een beperkte bouwkuip gecreëerd met bemaling. In de kuip worden betonnen heipalen, ca 30-50 per locatie, met een lengte van indicatief 30 meter geslagen. Voor het installeren van de heipalen wordt gebruik gemaakt van een hijskraan. Heiwerkzaamheden vinden in principe overdag plaats, behalve indien werkzaamheden uitlopen. De koppen van de heipalen worden gesneld en het wapeningstaal wordt aangebracht, waarna het beton wordt gestort en de fundering klaar is. Heiwerkzaamheden vinden op een beperkt aantal aangrenzende locaties (maximaal twee) tegelijkertijd plaats. Per windturbine vindt circa gedurende een aantal dagen, minder dan een week, heiwerkzaamheden plaats. Dit betreft per dag enkele uren heien. Tussen de heiwerkzaamheden vinden voorbereidingen plaats (verplaatsing heiinstallatie, positioneren heipaal).

In het geval van de installatie van een monopile, wordt deze op locatie door een kraan rechtop gehesen en in een positioneringsstuk (template) geplaatst om op de juiste positie op de bodem te zakken. Met een hydraulische hamer wordt de monopile vervolgens tot op de gewenste diepte de bodem in geheid. Na het heien wordt op de monopile een verbindingsstuk geplaatst voor de installatie van de windturbinetoren en kan de elektriciteitskabel, die de fundering in wordt getrokken, worden vastgezet. De fundering is nu klaar voor de windturbine. Per monopile wordt circa 2-3 uur geheid.

Heiwerkzaamheden vinden in principe overdag plaats, behalve indien werkzaamheden uitlopen. Op één tot maximaal twee locaties vinden tegelijkertijd heiwerkzaamheden plaats.

Elektrische werken

Parallel aan de aanleg van de fundaties vindt de realisatie van de elektrische werken plaats en de aanleg van verhardingen en fundaties voor het transformatorstation en het plaatsen van de installaties.

De kabels worden aangelegd door middel van een open ontgraving of ploegmethode. De kern van het leggen van windparkbekabeling is het maken van een sleuf, 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.

Het transformatorstation bestaat uit een tweetal transformatoren, kleinere eigen bedrijfstransformatoren, een schakeltuin van stalen kolommen op een fundatie, een transformatorgebouw en de batterijopslag bestaande uit een twaalftal bouwwerken (formaat zeecontainer). Voor het station vindt lokaal ontgraving plaats, slaan van fundatiepalen en bouwwerkzaamheden zoals hijswerkzaamheden, aan- en afvoer van installatieonderdelen. Na plaatsing en bouw van de verschillende onderdelen vinden installatie en inbedrijfsstellingswerkzaamheden plaats.

Ontmanteling

De effecten voor de ecologie van de ontmanteling van het windpark zijn naar verwachting kleiner of maximaal gelijk aan die tijdens de aanleg. De ontmanteling zal qua duur minder tijd in beslag nemen vergeleken met de aanlegfase. Er is verder geen sprake van grootschalige geluidseffecten, zoals bij het heien van windturbines, en de potentiële verstoring van de ontmanteling zal dan ook kleiner zijn dan tijdens de aanlegfase. Na ontmanteling van het windpark is er geen effect meer op soorten en de ontmanteling heeft dan ook slechts beperkte tijdelijke effecten tot gevolg. Significant negatieve effecten zijn dan ook met zekerheid uit te sluiten. De ontmantelingsfase wordt derhalve niet verder separaat behandeld.

Figuur 2.4 Beelden bouw windturbine en kabelploeg (windpark NOP Agrowind; Bron: www.nopagrowind.nl)

2.3 Autonome ontwikkelingen

Naast de ontwikkeling van Windpark Eemshaven West zijn er andere plannen en projecten waarvan de realisatie invloed kan hebben op de natuurlijke kenmerken van Natura 2000-gebieden en hun habitattypen en soorten waarvoor instandhoudingsdoelstellingen zijn gesteld. De beoordeling van de effecten van Windpark Eemshaven West vindt plaats in cumulatie met deze plannen en projecten. Autonome ontwikkelingen beperken zich tot plannen en projecten waarover reeds een vergunning in het kader van de Wet natuurbescherming is verleend maar die nog niet zijn gerealiseerd. Het betreft plannen en projecten die een negatief effect kunnen hebben op de natuurlijke kenmerken van de Waddenzee en/of de soorten/ habitattypen waarvoor instandhoudingsdoelstellingen zijn gesteld én waarop het windpark Eemshaven West een negatief effect kan hebben.

Alleen plannen en projecten die effecten hebben op habitattypen en soorten van Natura 2000-gebieden waar Windpark Eemshaven West eveneens effect op heeft, zijn relevant voor de beoordeling. Habitattypen

en soorten waarop Windpark Eemshaven West geen effect heeft, ondervinden ook in cumulatie geen effect van dit windpark. Tabel 2.2 geeft de plannen en projecten weer die als autonome ontwikkeling zijn beschouwd in de PB.

Tabel 2.2 Overzicht autonome ontwikkelingen Windpark Eemshaven West

Autonome ontwikkeling	Toelichting
Aansluiting Tennet – Net op Zee, Ten noorden van de Waddeneilanden	Om de realisatie van offshore windparken ten noorden van de Waddeneilanden mogelijk te maken, dienen stroomkabels aangelegd te worden van de offshore locaties naar het aansluitingspunt op het Nederlandse vaste land. TenneT wil het landdeel van het Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden realiseren direct aan de zuidrand van het plangebied van Windpark Eemshaven West. Hiertoe is op 13 oktober 2020 een (voorkeurs-)besluit genomen.[1]
380 kV-verbinding Eemshaven - Groningen	TenneT is voornemens om tussen de Eemshaven en Vierverlaten (Groningen) een hoogspanningsverbinding te realiseren. De nieuwe 380 kV-verbinding volgt grotendeels de lijn van de bestaande 220 kV-verbinding. In 2020 is de bouw gestart. Als alles volgens planning verloopt wordt de verbinding in 2023 in gebruik genomen.
Windpark Oostpolderdijk	3 windturbines op de Oostpolderdijk aan de oostzijde van Eemshaven Zuidoost (gerealiseerd).
Windpark Oostpolder	21 windturbines ten zuiden van de Eemshaven en grenzend aan de oostzijde van het plangebied van Eemshaven West (in aanbouw).
Windpark Eemshaven Zuid Oost	Op de uitbreiding van bedrijventerrein Eemshaven aan de zuidoostzijde zijn 5 windturbines bestemd. De verwachting is dat de meest noordelijke turbine niet zal worden gerealiseerd in verband met een dicht aangrenzende turbine van windpark Oostpolder (in aanbouw).
Windenergie industrieterrein Oosterhorn	Op 30 juni 2021 is de voorbereiding van een bestemmingsplan voor het industriegebied Oosterhorn vastgesteld. Dit plan bevat plaatsingsmogelijkheden voor 18 windturbines (in aanbouw).
Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding	De plannen voor een windpark ten zuiden van windpark Delfzijl Zuid zijn in vergevorderd stadium, het betreft een gecoördineerde procedure. De uitbreiding bestaat uit 16 windturbines (in voorbereiding).
Windpark Geefsweer	14 windturbines ten zuiden van Delfzijl. Op moment van schrijven is omgevingsvergunning reeds onherroepelijk (in aanbouw).
Windturbines in de Eemshaven	4 turbines vergund op het terrein van de haven van Eemshaven. Dit in verband met de verwijdering van 2 turbines door de komst van Heliport Eemshaven (in aanbouw)

[1] Er vindt nog nader onderzoek plaats naar de het betreffende project. Vooralsnog is het uitgangspunt dat de effecten van het op 13 oktober aangewezen tracé worst case zijn voor de effecten op Natura 2000-gebied Waddenzee.

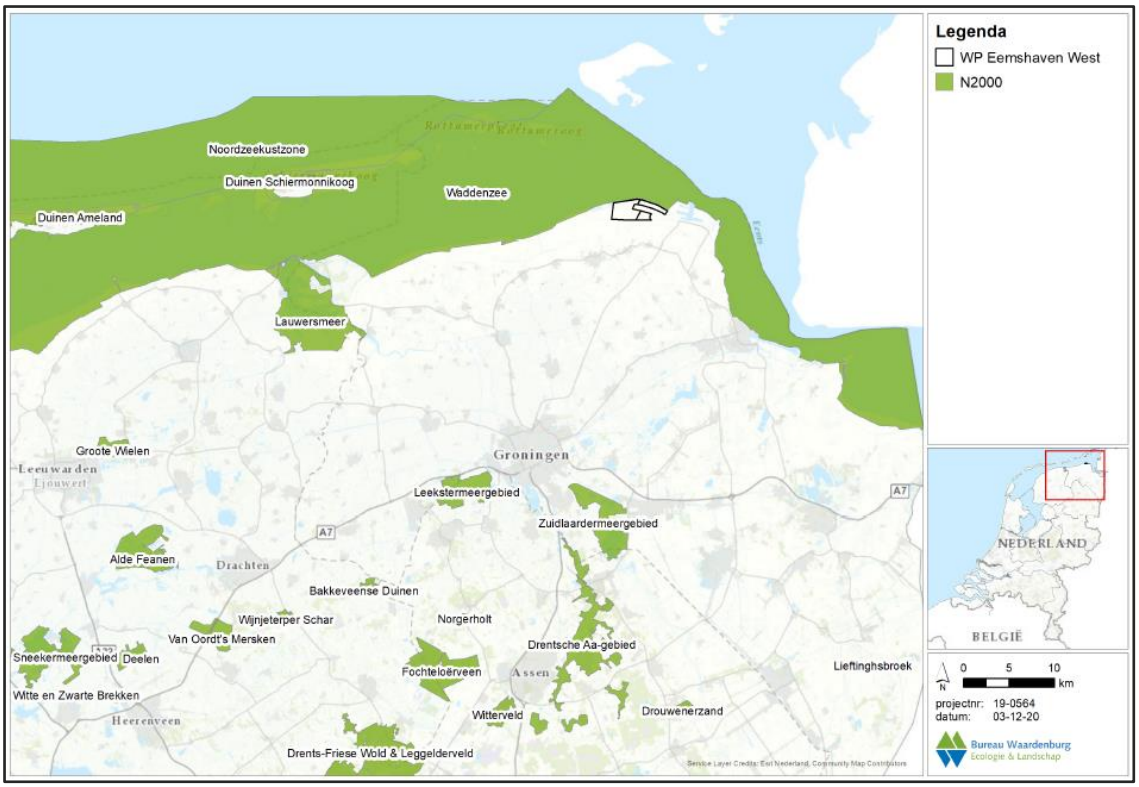
3 Natura 2000-gebieden in relatie tot het windpark

In de (ruime) omgeving van Windpark Eemshaven West bevinden zich diverse Natura 2000-gebieden (zie Figuur 3.1). Het dichtstbijzijnde Natura 2000-gebied is de Waddenzee, die zich op een afstand van ca. 180 m van het windpark bevindt, gevolgd door enkele Duitse Natura 2000-gebieden, te weten Unterems & Außenems, Hund & Paapsand en Niedersächsisches Wattemeer en verderop gelegen in Nederland Natura 2000-gebied Noordzeekustzone dat op 13 kilometer afstand ligt.

Aangezien het windpark niet in Natura 2000-gebied ligt, is geen sprake van directe effecten alleen van indirecte effecten. Het betreft dan de zogenaamde externe werking. De invloed van het initiatief op Natura 2000-gebieden is afhankelijk van de afstand tot het initiatief, de soorten waarvoor instandhoudingsdoelstellingen zijn gesteld voor het betreffende gebied en het gedrag van deze soorten. Als soorten, waarvoor instandhoudingsdoelstellingen (IHD's) gelden, het Natura 2000-gebied verlaten, bijvoorbeeld om te foerageren op een andere locatie, en daarbij het gebied van Windpark Eemshaven West benutten of passeren, kunnen effecten ontstaan. Een effect op deze soorten ten gevolge van het initiatief treedt dan op als 'externe werking' en wordt ook in de passende beoordeling bepaald en beoordeeld.

De soort met de grootste maximale foerageerafstand (70 km) is de aalscholver in het broedseizoen. Voor Windpark Eemshaven West is daarom een maximale afstand van 70 kilometer bepalend voor potentiële effecten op Natura 2000-gebieden. Tabel 3.1 geeft de Natura 2000-gebieden weer die binnen deze afstand tot het windpark liggen. Voor alle overige Natura 2000-gebieden in de (ruime) omgeving van het plangebied, die niet zijn opgenomen in Tabel 3.1, kan een significant negatieve effect door het windpark op voorhand worden uitgesloten. De aangewezen soorten hebben namelijk vanwege de grote afstand geen functionele relatie met het windpark.

Figuur 3.1 Ligging van Nederlandse Natura 2000-gebieden in de omgeving van Windpark Eemshaven West

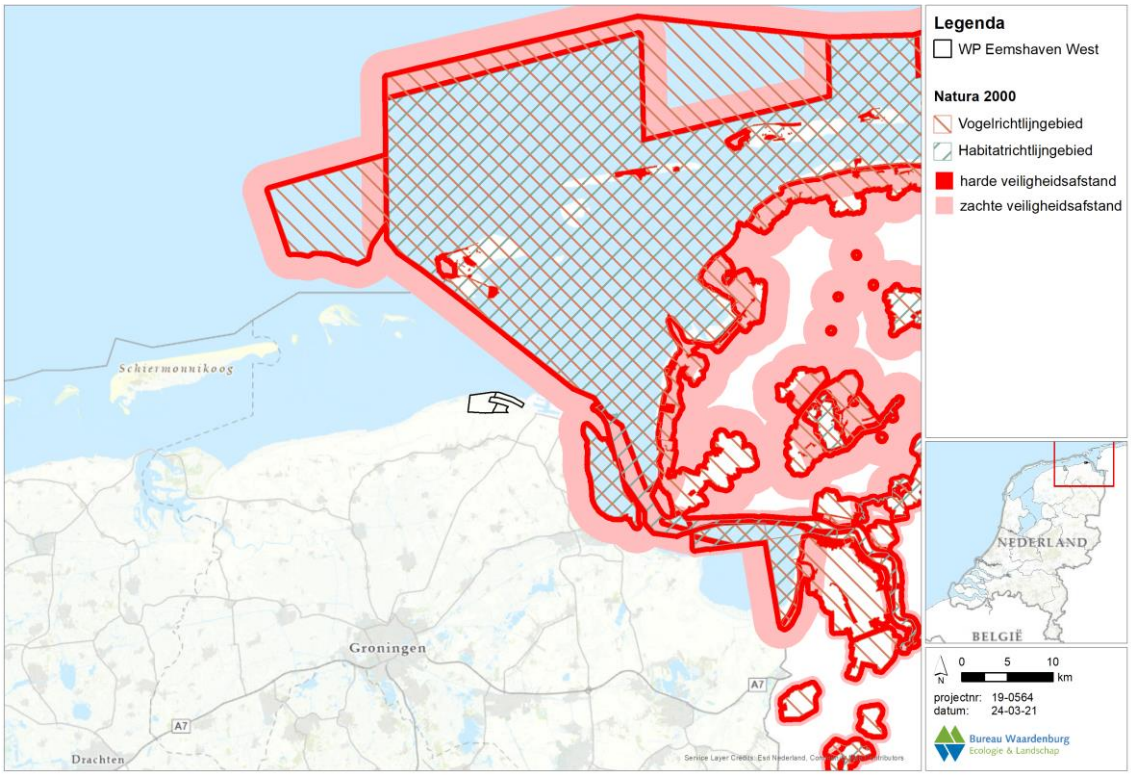


Tabel 3.1 Nabijgelegen Natura 2000-gebieden WP Eemshaven West

Natura 2000-gebied	Afstand vanuit het plangebied tot de grens van het Natura 2000-gebied
Waddenzee	<1 km
Noordzeekustzone	13 km
Zuidlaardermeergebied	29 km
Lauwersmeer	30 km
Duinen Schiermonnikoog	32 km
Duinen Ameland	52 km
Alde Feanen	60 km

In de ruime omgeving van het plangebied bevinden zich ook meerdere Duitse Natura 2000-gebieden. Het dichtstbijzijnde Duitse Natura 2000-gebied is het ‘Niedersächsische Wattenmeer und angrenzendes Küstenmeer’ dat ca. 5 kilometer ten noordoosten van het plangebied ligt.

Figuur 3.2 Duitse Natura 20000-gebieden nabij het plangebied



Duitsland hanteert voor de bescherming van de kwalificerende soorten van Natura 2000-gebieden verschillende veiligheidsafstanden die per Natura 2000-gebied bepaald worden door de meest gevoelige soort en haar broed-, rust- en foerageergebieden. Voor de realisatie van windturbines gelden restricties binnen deze afstanden. Voor het meest nabijgelegen Duitse Natura 2000-gebied geldt een ‘harde’ veiligheidsafstand van 600 m en een ‘zachte’ veiligheidsafstand van 3 km op basis van de kwalificerende soorten van het gebied. Windpark Eemshaven West ligt ruim buiten de veiligheidszones van alle nabijgelegen Duitse Natura 2000-gebieden. Hierdoor kan het optreden van effecten op (leefgebieden van) soorten en habitattypen waarvoor Duitse Natura 2000-gebieden zijn aangewezen, op voorhand worden uitgesloten.

3.1 Brongegevens

Ten behoeve van het bepalen van het voorkomen en het gedrag van soorten uit de hierboven genoemde Natura 2000-gebieden (met een functionele relatie tot het plangebied) zijn verschillende bronnen gebruikt. Daarnaast is veldonderzoek uitgevoerd naar het voorkomen van beschermde soorten in het plangebied. Voor meer informatie over de diverse bronnen wordt verwezen naar paragraaf 5.1 van de bijlage 4. De rapportage met de resultaten van het veldonderzoek is als bijlage 5 bijgevoegd.

3.2 (Habitat-)soorten en habitattypen met een relatie met het gebied

In deze paragraaf wordt gemotiveerd of voor habitattypen en (habitat-)soorten waarvoor de Natura 2000-gebieden zijn en in potentie effecten kunnen optreden. Daarbij zijn de instandhoudingsdoelstellingen voor

de soorten, habitatsoorten en habitattypen die in potentie beïnvloedt kunnen worden door het project meegewogen. (voor nader informatie zie ook bijlage 4).

3.2.1 Beschermde habitattypen en leefgebieden

Beschermde habitattypen betreffen delen van Natura 2000-gebieden met specifieke condities en flora die zijn aangewezen. Daarbij zijn ook leefgebieden relevant die weliswaar geen aangewezen habitattype zijn maar wel stikstofgevoelig. Deze kunnen namelijk leefgebied vormen voor habitatsoorten of vogelsoorten waarvoor instandhoudingsdoelstellingen zijn gesteld.

De windturbines worden buiten de begrenzing van Natura 2000-gebieden gebouwd. Daardoor bevinden zich geen beschermde habitattypen op grond van Natura 2000 in het plangebied. De dichtstbijzijnde beschermde habitattypen in de nabijheid van het windpark bevinden zich in het Natura 2000-gebied Waddenzee. De minimale afstand tot deze habitattypen en de dichtstbijzijnde windturbine bedraagt circa 3 kilometer. Een direct effect door ruimtebeslag is daardoor uitgesloten.

Effecten op beschermde habitattypen beperken zich tot emissies van stikstof dat vrijkomt tijdens de aanleg door de inzet van bouwverkeer en -installaties. Wanneer deze stikstof neerslaat in een Natura 2000-gebied dat is aangewezen voor stikstofgevoelige habitattypen en/of voor soorten die afhankelijk zijn van een stikstofgevoelig habitat (beoordeling op leefgebied), kan dit leiden tot negatieve effecten op het behalen van de IHD's voor deze habitattypen en/of soorten. Omdat depositie van stikstof over grote afstanden kan optreden als gevolg van transport van emissies door de lucht kan een veelheid aan stikstofgevoelige habitattypen en leefgebieden. Een limitatief overzicht is daarom vooraf niet aan te geven. In de nabije omgeving betreft het habitattypen zoals:

- H1310A zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)
- H1320 Slijkgrasvelden
- H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)

Er geldt dat er geen negatief effect is voor een vegetatietype bij een achtergronddepositiewaarde (ADW) kleiner dan de kritische depositiewaarde (KDW) van dat vegetatietype. Voor alle beschermde habitattypen in de relatieve nabijheid van het windpark geldt dat er in de huidige situatie geen sprake is van een (naderende) overschrijding van de KDW. De dichtstbijzijnde beschermde habitattypen waarvoor de KDW reeds wordt overschreden liggen op Schiermonnikoog, op meer dan 30 kilometer afstand van het plangebied (monitor.aerius.nl).

Volledigheidshalve is de omvang van de tijdelijke additionele depositie voor het initiatief echter alsnog berekend voor Natura 2000-gebied Waddenzee. Vanwege de tijdelijkheid van de werkzaamheden en de grote afstand kunnen negatieve effecten voor de overige Natura 2000-gebieden op voorhand worden uitgesloten.

3.2.2 Habitatsoorten

Zoals reeds genoemd zijn er geen directe effecten op de beschermde flora, ongewervelden en grondgebonden zoogdieren waarvoor Natura 2000-gebieden zijn aangewezen omdat alle turbines van het windpark buiten de begrenzing van Natura 2000-gebieden staan. Daarom is met zekerheid geen sprake van verlies aan areaal van leefgebieden van Habitatrichtlijnsoorten door ruimtebeslag binnen deze Natura 2000-gebieden. Hierbij geldt dat de noordse woelmuis, de enige gebiedsgebonden zoogdiersoort voor

Natura 2000-gebied Waddenzee, binnen dit gebied alleen op Texel voorkomt en daarmee dus ruim buiten de invloedssfeer van het windpark.

Het windpark grenst aan Natura 2000-gebied Waddenzee. Verstorende effecten van de bouw en/of de aanwezigheid van de windturbines kunnen tot binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied reiken. Denk hierbij aan trillingen of geluidshinder door heiwerkzaamheden of visuele verstoring door draaiende rotoren. Effecten van de bouw en het gebruik van Windpark Eemshaven West op IHD's van Habitatrichtlijnsoorten die gelden in andere Natura 2000-gebieden dan de Waddenzee, zijn door de grotere afstand op voorhand met zekerheid uit te sluiten.

De Waddenzee is aangewezen voor verschillende Habitatrichtlijnsoorten. Een aantal van deze soorten is sterk gebonden aan specifieke habitattypen binnen het Natura 2000-gebied Waddenzee die niet in de nabijheid van het plangebied aanwezig zijn en/of is niet gevoelig voor verstoring door de bouw of aanwezigheid van windturbines (de nauwe korfslak en groenknolorchis). Van de Habitatrichtlijnsoorten waarvoor de Waddenzee is aangewezen kunnen echter mogelijke effecten op het behalen van de IHD's van de vissoorten zeeprik, rivierprik en fint en de zoogdiersoorten bruinvis en grijze en gewone zeehond niet op voorhand uitgesloten worden en zijn daarom nader onderzocht in deze passende beoordeling.

De zeeprik, rivierprik en fint, waarvoor het Natura 2000-gebied Waddenzee is aangewezen, zijn soorten die een anadrome levensstijl hebben. Dit betekent dat ze (grote) rivieren optrekken om zich voort te planten. Zeeprik en fint doen dit tussen het voorjaar en de zomer en rivierprik tussen het najaar en de winter. Volwassen prikken sterven na de voortplanting, maar finten keren uiteindelijk terug naar zee. Al deze soorten kunnen in potentie voorkomen in de oeverzone direct ten noorden van de Waddendijk. De oeverzone is onderdeel van het Eems-Dollard estuarium en bevat de juiste habitat voor deze soorten. De aanwezigheid van zeeprik en rivierprik is bekend in de ruime omgeving van het Eemshavengebied. Fint is niet vastgesteld, maar is een soort die voorkomt in kustwateren en grote rivieren. Voor alle drie soorten geldt dat het hooguit zeer kleine aantallen zal betreffen, omdat de oeverzone direct ten noorden van het plangebied niet specifiek van belang is voor deze soorten.

In de ruime omgeving van het plangebied is de aanwezigheid van strikt beschermde soorten zeezoogdieren bekend, namelijk gewone zeehond en bruinvis. Het plangebied van Windpark Eemshaven West zelf biedt geen geschikt habitat voor deze soorten, maar de oeverzone van de Waddenzee direct ten noorden van het plangebied wel. Uit de resultaten van de monitoring die is uitgevoerd in het kader van de uitbreiding van de Eemshaven blijkt dat de aantallen bruinvissen die gebruik maken van het Eems-Dollard estuarium laag zijn in vergelijking met de Nederlandse Noordzee. Het aantal bruinvisdetecties is daarnaast het hoogst in dieper water en duidelijk lager in ondiep water. Bij elkaar betekent dit dat het aantal bruinvissen in de directe omgeving van het plangebied zeer beperkt zal zijn.

De grijze zeehond komt voornamelijk in de westelijke Waddenzee voor en de aantallen in de omgeving van het plangebied zijn laag. In de ruime omgeving van het plangebied zijn geen ligplaatsen van zeehonden aanwezig. De dichtstbijzijnde ligplaats bevindt zich op meer dan 7 kilometer van het plangebied op de zandplaten van De Hond en Paap.

3.2.3 Vogels

Voornoemde Natura 2000-gebieden (zie Tabel 3.1) zijn samen aangewezen voor 26 soorten broedvogels en voor 52 soorten niet-broedvogels (zie ook paragraaf 4.1 in bijlage 4). Op basis van de maximale

foerageerafstand van deze soorten in het broedseizoen, respectievelijk buiten het broedseizoen, en de minimale afstand tussen de Natura 2000-gebieden en Windpark Eemshaven West, is een eerste schifting gemaakt of vogelsoorten uit deze Natura 2000-gebieden een relatie met het plangebied van het windpark kunnen hebben. Deze schifting is onderverdeeld in broedvogels en niet-broedvogels.

Op basis van de kenmerken van de soort, zoals maximale foerageerafstand, en de afstand tot het plangebied is vastgesteld voor welke soorten mogelijk effecten optreden op het behalen van de IHD's (zie ook bijlage 4, paragrafen 4.1.1, 6.1.3 en 6.2.3). Tabel 3.2 geeft aan welke vogelsoorten uit Natura 2000-gebieden gebruik kunnen maken van het plangebied en daardoor in principe een effect kunnen ondervinden. Het betreft uiteindelijk alleen vogels uit het Natura 2000-gebied Waddenzee.

Voor alle overige soorten is de maximale foerageerafstand kleiner dan de afstand tussen de Natura 2000-gebied(en) en het windpark of heeft het gebied en de omgeving geen functie en kan een relatie met het plangebied en dus ook het optreden van (significante) effecten van Windpark Eemshaven West op voorhand met zekerheid uitgesloten worden. Deze soorten komen in deze passende beoordeling daarom verder niet meer aan bod.

Tabel 3.2 Vogelsoorten uit Natura 2000-gebieden die potentieel effect kunnen ondervinden

Natura 2000-gebied	Vogels- broedvogels	Vogels-niet broedvogels
Waddenzee	Bruine kiekendief Kleine mantelmeeuw Visdief	Grauwe gans Brandgans Bergeend Wintertaling Wilde eend Slobeend Scholekster Bontbekplevier Goudplevier Zilverplevier Kievit Bonte strandloper Grutto Wulp

3.3 Natura 2000-gebied Waddenzee

Uit de voorafgaande paragrafen blijkt dat potentiële negatieve effecten op de IHD's van in het kader van Natura 20000 aangewezen habitattypen en (habitat-)soorten in de omgeving van Windpark Eemshaven West allen voor het Natura 2000-gebied Waddenzee niet op voorhand uit te sluiten zijn.

De Nederlandse Waddenzee is onderdeel van het internationale waddengebied dat zich uitstrekt van Den Helder tot Esbjerg (Denemarken). Het is een natuurlijk en dynamisch zoutwatergetijdengebied dat bestaat uit een complex van diepe geulen en ondiep water met zand- en slibbanken, waarvan grote delen bij eb droog vallen. Deze banken worden doorsneden door een fijn vertakt stelsel van geulen.

Langs het vasteland en op de eilanden liggen verspreid kweldergebieden, die door grote verschillen in vocht- en zoutgehalte bijdragen aan een zeer diverse flora en vegetatie. De kwelders langs de vastelandskust zijn tot stand gekomen door menselijk ingrijpen in de kwelderbodem. Op de overgang van de hoge, groene kwelders en de lager gelegen, nattere landaanwinningskwelders ligt een natuurlijke

afslagrand, de zogenaamde kwelderklif. De kwelders op de Waddeneilanden hebben een natuurlijke geomorfologie, met geleidelijke hoogtegradiënten, meanderende kwelderkreken en afwisseling in de mate van natuurlijke drainage. De bodem is over het algemeen zandig, mede door de invloed van stuivend zand uit de nabijgelegen duingebieden. De geleidelijke overgangen van het wad richting duin leveren een grote biodiversiteit op. Enkele voorbeelden hiervan zijn de Boschplaat op Terschelling, Nieuwlandsreid (Zoute Weide) op Ameland en de Oosterkwelder op Schiermonnikoog.

Er is een nagenoeg ongestoorde hydrodynamiek en geomorfologie aanwezig, waarin natuurlijke processen zorgen voor instandhouding en ontwikkeling van karakteristieke ecotopen en habitats en de grenzen van land en water voortdurend wijzigen. Dit is ook duidelijk zichtbaar aan diverse 'wandelende' eilanden zoals Rottummerplaat. Tussen Harlingen en Terschelling ligt het door een dijklichaam beschermde eiland Griend dat belangrijke vogelkolonies herbergt. Het landschap kenmerkt zich door zijn vrijwel ongerepte en weidse en open karakter. De identiteit van het Waddengebied wordt mede bepaald door de natuurlijke samenhang tussen Waddenzee, Waddeneilanden, Noordzeekustzone en de vastelandkust en de karakteristieke overgangen tussen land en zee, zoet en zout en droog en nat.

De algemene behoudsdoelstellingen voor de Waddenzee zijn:

- Behoud en indien nodig herstel van de bijdrage van het Natura 2000-gebied aan de ecologische samenhang van het Natura 2000-netwerk zowel binnen Nederland als binnen de Europese Unie;
- Behoud en indien nodig herstel van de bijdrage van het Natura 2000-gebied aan de biologische diversiteit en aan de gunstige staat van instandhouding van natuurlijke habitats en soorten binnen de Europese Unie, die zijn opgenomen in bijlage I of bijlage II van de Habitatrichtlijn. Dit behelst de benodigde bijdrage van het gebied aan het streven naar een op landelijk niveau gunstige staat van instandhouding voor de habitattypen en de soorten waarvoor het gebied is aangewezen;
- Behoud en indien nodig herstel van de natuurlijke kenmerken van het Natura 2000-gebied, inclusief de samenhang van de structuur en functies van de habitattypen en van de soorten waarvoor het gebied is aangewezen;
- Behoud en indien nodig herstel van de op het gebied van toepassing zijnde ecologische vereisten van de habitattypen en soorten waarvoor het gebied is aangewezen.

De Waddenzee is aangewezen voor diverse soorten habitattypen, soorten van Bijlage II Habitatrichtlijn, broedvogels en niet-broedvogels. Deze zijn opgenomen in het Besluit Natura 2000 Waddenzee (2009)[2] en de bijbehorende wijzigingsbesluiten. Hierin zijn ook de instandhoudingsdoelen voor deze soorten opgenomen.

3.3.1 Beschermde (staats-)natuurmonumenten in de Waddenzee

Aanvullend geldt dat in het aangrenzende Natura 2000-gebied Waddenzee diverse voormalige beschermde (staats-)natuurmonumenten liggen. Op grond van de voormalige Natuurbeschermingswet 1998 en tegenwoordig de Wet natuurbescherming (Wnb), vervalt een besluit tot aanwijzing van een beschermd (staats-)natuurmonument zodra het gebied is aangewezen als Natura 2000-gebied en voor zover het beschermde monument binnen dat Natura 2000-gebied ligt.

De oorspronkelijke doelstellingen met betrekking tot behoud, herstel en de ontwikkeling van het natuurschoon of de natuurwetenschappelijke betekenis van deze natuurmonumenten maken in principe

[2] https://www.natura2000.nl/gebieden/friesland/waddenzee/waddenzee-aanwijzing

onderdeel uit van de instandhoudingsdoelstellingen van het Natura 2000-gebied (zoals bepaald in de vervallen besluiten). Indien de doelstellingen uit de voormalige besluiten echter geen Natura 2000-waarden betreffen, houden deze doelstellingen hun zelfstandige betekenis.

Voor de Waddenzee geldt dat aanvullend op de Natura 2000-waarden doelstellingen gelden. Voor Windpark Eemshaven West zijn hierbij vooral de waarden van het staatsnatuurmonument Waddenzee I en Waddenzee II relevant, aangezien Waddenzee I het aangrenzende gebied betreft, te weten de open watervlakte aan de noordzijde van de Waddenzeedijk. Met de aanwijzing van Waddenzee II zijn de overige delen van de Waddenzee (ten zuidoosten van de Eemshaven) aangewezen (zie Figuur 3.3).

Uit de toelichting van de besluiten die in samenhang met de beschikking moet worden gelezen, blijkt dat het bij de aanvullende doelstellingen van de Waddenzee (I+II) gaat om de landschappelijke waarden of het natuurschoon, zoals dat is omschreven in de aanwijzingsbesluiten. Hieronder vallen de bijzondere landschappelijke schoonheid van het gebied, alsmede de rust. Deze zijn niet te scharen onder het beschermingsregime van Natura 2000. De overige (natuurwetenschappelijke) waarden zijn direct of indirect beschermd als onderdeel van habitattypen of leefgebieden van soorten van het Natura 2000-gebied of maken deel uit van de bepalende (a)biotische factoren van het ecosysteem. Deze waarden worden daarom niet apart beschouwd in deze passende beoordeling.

Voor de Waddenzee geldt dat de landschappelijke kwaliteiten zijn opgenomen in het Barro (zie paragraaf 1.3). Hierbij behoren de rust, weidsheid, open horizon en natuurlijkheid met inbegrip van duisternis. De effecten op deze waarden door Windpark Eemshaven West zijn reeds apart beoordeeld in het MER. Op basis van deze beoordeling wordt geconcludeerd dat er weliswaar sprake is van beïnvloeding van de aangewezen landschappelijke waarden van de Waddenzee als gevolg van de realisatie van Windpark Eemshaven West, maar dat dit dusdanig beperkt is dat er geen sprake is van significant negatieve gevolgen voor de kernkwaliteiten van de Waddenzee.

Aan de hand van deze beoordeling kunnen significant negatieve effecten op het natuurschoon van de Waddenzee worden uitgesloten, waaronder de bijzondere landschappelijke schoonheid van het gebied, alsmede de rust.

Figuur 3.3 Ligging staatnatuurmonumenten Waddenzee I en Waddenzee II

4 Effecten Natura 2000-gebied Waddenzee

In dit hoofdstuk worden de effecten van het initiatief beschreven op de natuurlijke kenmerken en instandhoudingsdoelstellingen van natura 2000-gebied Waddenzee. Deze effecten zijn bepaald zonder rekening te houden met mitigerende maatregelen. De mitigerende maatregelen en de effecten hiervan zijn in hoofdstuk 4.5 beschreven. Voor de effecten die resteren na mitigatie zijn in hoofdstuk 5 de effecten in cumulatie met andere plannen en projecten beoordeeld. Ten slotte wordt in hoofdstuk 0 de conclusie getrokken van de effecten van het initiatief, inclusief mitigatie en in cumulatie op de natuurlijke kenmerken van Natura 2000-gebieden.

4.1 Ingreep-gevolg relaties

Effecten op de status van soorten kunnen optreden door veranderingen in de omgeving of directe effecten. Generiek zijn deze beschreven in de rapportage ‘Effectenindicator Natura 2000-gebieden; achtergronden en verantwoording ecologische randvoorwaarden en storende factoren’ (Alterra, 2005, diverse updates).

De verschillende typen effecten worden onderscheiden in groepen en zijn in Tabel 4.1 weergegeven. Afhankelijk van de soort /habitattype geldt dat effecten zijn in te delen in klassen als zeer gevoelig, gevoelig, niet gevoelig, onbekend of niet van toepassing (zoals stroomsnelheid voor vogels). Onder mechanische effecten kan ook het optreden van aanvaringsslachtoffers worden verstaan.

Tabel 4.1 Effecten op de status van soorten door verandering in de omgeving of directe effecten

	Effectgroep	Typen effecten
1	Achteruitgang kwantiteit van habitattype en leefgebied	• Verlies aan oppervlakte
2	Achteruitgang kwaliteit van habitattype en leefgebied: chemische factoren	• Verzuring • Vermesting • Verzoeting • Verzilting • Verontreiniging
3	Achteruitgang kwaliteit habitat en leefgebied: fysische factoren	• Verdroging • Vernatting • Verandering stroomsnelheid • Verandering overstromingsfrequentie • Verandering dynamiek substraat
4	Achteruitgang kwaliteit leefgebied: verstorende factoren	• Geluid • Licht • Trillingen • Verstoring door mensen (of bebouwing) • Mechanische effecten (betreding, luchtwervelingen, golfslag)
5	Achteruitgang kwaliteit leefgebied: ruimtelijke factoren	• Barrièrewerking • Versnippering
6	Introductie of uitbreiding van gebiedsvreemde of genetisch gemodificeerde soorten	• Verbreiding van soorten

Bij de effecten die kunnen optreden wordt onderscheid gemaakt naar aanleg- en exploitatiefase.

4.1.1 Aanlegfase

In de aanlegfase worden alle onderdelen van het initiatief gerealiseerd (zie ook eerdere paragraaf 2.2). Tijdens deze fase zijn er een aantal activiteiten die tot effecten op soortgroepen kunnen leiden. Het betreft de aanleg van de turbines (fundament, turbine, kabels, etc.), de aanleg van de civiele en elektrische werken (kraanopstelplaatsen, wegen kabels en het transformatorstation) en de verkeersdynamiek. De verkeersdynamiek betreft de scheepvaart en auto's/vrachtwagens die betrokken zijn bij de aanleg. In zijn algemeenheid geldt dat de aanlegfase tijdelijke effecten met zich meebrengt, aangezien de effecten na afronding van de werkzaamheden stoppen.

Effecten waar rekening mee dient te worden gehouden tijdens de aanleg zijn in potentie:

- Vermesting door de uitstoot van stikstofoxiden;
- verlies leefgebied door ruimtebeslag door de windturbines en/of elektrische en civiele werken;
- aantasting leefgebied door bemaling
- geluidsbelasting onder/ boven water door heiwerkzaamheden;
- optische verstoring en geluidsbelasting door vervoers- en constructiebewegingen;
- verstoring door kunstlicht;
- verstoring door mensen (aanwezigheid/dynamiek).

Het gebied waarin deze werkzaamheden worden uitgevoerd ligt buiten Natura 2000-gebieden. In het gebied bevinden zich geen onder Natura 2000 beschermde habitattypen of fauna, die permanent vernietigd zouden kunnen worden door deze tijdelijke effecten. Ten aanzien van oppervlakteverlies geldt dat dit een potentieel effect is voor gebieden die door soorten worden gebruikt die afkomstig zijn uit omliggende Natura 2000-gebieden en waarvoor het gebied van belang is bijvoorbeeld als foerageergebied.

Relevante effecten zijn beperkt tot:

- vermesting (stikstofdepositie)
- Aantasting leefgebied door bemaling
- Geluidsbelasting door bouwwerkzaamheden
- Verstoring door bouwwerkzaamheden, in feite een combinatie van optische verstoring, geluidsbelasting, aanwezigheid en licht

Verkeersdynamiek

Voor het transport van relevante onderdelen, het bouwen van het fundament en de turbines, het aanleggen van de kabels, etc., vindt in de aanlegfase verkeersdynamiek plaats. Het betreft hoofdzakelijk een beperkt aantal auto's en vrachtwagens voor de aanvoer van onderdelen voor het windpark evenals voor de bouw van het transformatorstation en kabeltracés. Als in het donker gewerkt of vervoerd wordt, is het gebruik van verlichting door voertuigen en op de bouwplaats relevant. De dynamiek kan verstoring veroorzaken voor soorten. Ook verstorend geluid onderwater wordt in de effectbepaling betrokken. Hiervoor geldt dat het een tijdelijk effect betreft.

De voer- en vaartuigen die ten behoeve van de aanleg in bedrijf zijn, leiden tot emissies. Stikstofemissies kunnen een negatief effect hebben op kwetsbare flora tot op grote afstanden, afhankelijk van de optredende deposities. Stikstof (NOx) komt vrij bij de verbranding van fossiele brandstoffen. Uitstoot van

stikstof vindt plaats tijdens de bouw van het windpark door de bouwinstallaties (kranen, hei-installaties) en transporten van materieel en mensen. Veel materieel werkt met diesel als brandstof waarbij NOx vrijkomt dat vervolgens neerslaat leidt tot stikstofdepositie.

Verstoring door bouwwerkzaamheden

Voor de bouw vinden werkzaamheden door het gebied plaats. De kortste afstand tot de Waddenzee is cra 175 m en tot natuurcompensatiegebied de Ruidhorn ca. 500 m. Relevant voor de beoordeling is dat de Waddenzeedijk een visuele afscherming biedt voor werkzaamheden op de grond. Werkzaamheden zijn beschreven in paragraaf 2.2. als aandachtspunten gelden met name de aanleg van fundatiewerkzaamheden vanwege de geluidsbelasting die hierbij is te verwachten.

Er zijn meerdere fundatietypen mogelijk zoals in paragraaf 2.1.3 beschreven. Voor het aanleggen van de fundaties vinden beperkte graafwerkzaamheden plaats waarvoor bemaling benodigd is en waarvoor heiwerkzaamheden plaats vinden. Voor alle werkzaamheden wordt daarbij uitgegaan van een zogenaamde ‘slow start’. Dit houdt in dat het heien of trillen langzaam wordt opgevoerd (trilfrequentie of toegepaste energie voor het heien). Bij het heien van een monopile of kleinere heipalen kunnen hoge geluidsniveaus optreden die effecten kunnen hebben op vissen of andere onderwater fauna zoals zeehonden. Effecten die kunnen optreden zijn wegzwemmen, tijdelijke gehoorschade, permanente schade of sterfte. Fysieke schade kan met name optreden bij vissoorten met een zwemblaas.

Het heien van de monopile is maatgevend aangezien hierbij de grootste slagenergie optreedt en als gevolg hiervan de hoogste onderwatergeluidsniveaus optreden. De effecten van het heien van de monopile wordt derhalve als worst case situatie beschouwd voor het aspect onderwatergeluid. Voor het heien van kleinere heipalen, zoals betonnen palen, is sprake van aanmerkelijk lagere energieniveaus en derhalve lagere geluidsniveaus en is het gebied dat verstoord wordt aanmerkelijk kleiner ten opzichte van de monopile fundatie.

4.1.2 Exploitatiefase

In de exploitatiefase zijn effecten van het in bedrijf zijn van de windturbines en de aanwezigheid van de voorzieningen relevant. De verkeersdynamiek is verwaarloosbaar aangezien onderhoud en inspectie van windturbines slechts periodiek plaatsvindt. Er is dan ook geen sprake van relevante emissies. Dit is incidenteel en de effecten hiervan zijn verwaarloosbaar.

De windturbines leiden tot beweging en produceren geluid. De windturbines zijn voorzien van obstakelverlichting voor de luchtvaart. De aanwezigheid van windturbines kan een belemmering vormen voor soorten om leefgebied te bereiken en tenslotte kunnen soorten in aanvaring komen.

Relevante effecten in de exploitatiefase zijn in potentie:

- Oppervlakteverlies van leefgebied door ruimtebeslag
- Verstoring door in bedrijf zijnde windturbines wat leidt tot:
    - Geluid
    - Licht[3]

[3] Het effect van de obstakelverlichting op de windturbines op vogels is in de natuurtoets niet nader beschouwd. Op basis van literatuuronderzoek blijkt dat geen negatief effect optreedt voor verstoring of aanvaringsslachtoffers ten gevolge van luchtvaartverlichting.

    - Verstoring door bouwwerken (aanwezigheid/dynamiek)
    - Mechanische effecten in de vorm van aanvaring
- Achteruitgang kwaliteit leefgebied: ruimtelijke factoren: barrièrewerking

Effecten ten gevolge van overige verstoringsfactoren zijn niet aan de orde.

Effecten op vogelsoorten (exploitatie)

Zoals blijkt uit paragraaf 3.2 beperken de potentiële effecten van het initiatief op de natuurlijke kenmerken van Natura 2000-gebieden tijdens de exploitatiefase zich voornamelijk tot vogelsoorten die het plangebied buiten Natura 2000-gebied gebruiken of passeren en daarbij invloed van het windpark kunnen ondervinden. De hiervoor genoemde effecten voor vogels kunnen vertaald worden naar de volgende drie effecten:

- Aanvaringsslachtoffers
- Verstoringseffect
- Barrièrewerking

Aanvaringsslachtoffers

Vogels kunnen met de rotor, mast of het zog achter de windturbine in aanraking komen en gewond raken of sterven. Dit gevaar is voor de soorten die ’s nachts het windpark passeren het grootst, met name in donkere nachten of nachten met slecht weer (regen) en voor soorten die overdag in het windpark in hoge dichtheden foerageren.

Voor de effectberekening van de aantallen vogelslachtoffers voor de relevante vogelsoorten is uitgegaan van de meest recente kennis en wetenschappelijke inzichten over verspreiding, aantallen in het plangebied, vlieggedrag en aanvaringskans. Voor het berekenen van de mogelijke aantallen aanvaringsslachtoffers is gebruik gemaakt van bestaande literatuur onder meer over slachtofferaantallen bij windparken in Nederland en België, Duitsland en andere (West-)Europese landen en monitoringsresultaten van het bestande windpark in de Emmapolder.

Er is rekening gehouden met het feit dat het aantal slachtoffers niet recht evenredig toeneemt met het groter worden van de turbines. Het rotoroppervlak van de windturbines die voorzien zijn voor het windpark is tot ruim twee maal groter dan de grootste turbines waarvan in Nederland en België tot nu toe resultaten van slachtofferonderzoek beschikbaar zijn. Grotere rotoren beslaan een groter oppervlak, waardoor de kans dat vogels in het risicovlak van de rotor van een turbine vliegen ook groter is. Tegelijkertijd is bij een grotere rotordiameter ook sprake van een lager toerental, wat de kans op een aanvaring verkleint.

Een uitgebreide toelichting op de methodiek, toegepaste uitgangspunten (zoals ten aanzien van macro uitwijking: het percentage van soorten die om of over het gehele windpark vliegen; aanvaringskans: de kans dat een vogel die in het windpark vliegt in aanvaring komt met de rotor; en vlieggedrag) en onderbouwing van de gemaakte aannamen is opgenomen in paragraaf 5.2 van bijlage 4.

Ter beoordeling van de omvang van het effect van het aantal aanvaringslachtoffers van een Natura 2000-soort, is 1% van de gemiddelde jaarlijkse sterfte (ook wel 1% van de ‘natuurlijke mortaliteit’) van die soort in het Natura 2000-gebied als eerste beoordelingsgrens aangehouden. Deze norm is gebaseerd op het advies van het ORNIS-comité om te beoordelen of gesproken kan worden van kleine aantallen.

Additionele sterfte van minder dan 1% van de natuurlijke sterfte betekent een verwaarloosbaar effect op de populatie en een significant negatief effect is daarom in dat geval met zekerheid uit te sluiten. Als de additionele (cumulatieve) sterfte meer dan 1% van de natuurlijke sterfte bedraagt, is in potentie wel sprake van een negatief effect en wordt nagegaan op basis van een nadere analyse van de soort of dit een significant effect op de populatie (of in dit geval het instandhoudingsdoel van de betreffende vogelsoort) kan hebben. Daarbij is onder meer de huidige populatieomvang in het Natura 2000-gebied ten opzichte van de in de instandhoudingsdoelstelling genoemde populatie van belang.

Verstoringseffect

Verstoringsreacties kunnen zich op verschillende manieren uiten, zoals een verandering in fysiologie, gedrag, voortplanting en locatie. Dit kan uiteindelijk leiden tot een verandering in de omvang van de populatie.

Vogels kunnen als gevolg van de aanwezigheid van een draaiende windturbine, door geluid en beweging van de windturbine, een bepaald gebied rond de windturbine of het windpark verlaten. Per soort geldt een eigen verstoringsafstand waarbinnen het grootste deel van de soort het gebied mijdt. Door de verstorende werking kan een bepaald oppervlak voor gebruik door vogels verloren gaan (zogenoemd habitatverlies). De bepaling van de verstoringseffecten is gebaseerd op bestaande literatuur. In sommige gevallen gaat het om tijdelijke effecten en keren vogels naar verloop van tijd weer terug.

Voor het bepalen van het aantal verstoorde vogels als gevolg van de aanwezigheid van turbines, is gekeken naar de dichtheid van vogels op grond van de beschikbare gegevens over de spreiding en de dichtheid van vogels en het additioneel uitgevoerde veldonderzoek. Ook is er rekening mee gehouden dat binnen de verstoringszone niet alle vogels verstoord zullen worden en dat dit per soort verschillend is, evenals de van toepassing zijnde verstoringsafstand.

Als gevolg van verstoring kan habitatverlies optreden, afhankelijk van omvang en duur van de verstoring, van rust- en/of foerageergebieden waardoor de kwaliteit van Natura 2000-gebieden voor soorten achteruitgaat en deze het gebied zullen verlaten door gebrek aan rust- en of foerageergebieden, ervan uitgaande dat zij in de nabijheid van het initiatief, buiten de verstoringsafstanden, geen alternatieve rust- en/of foerageergebied kunnen vinden binnen het Natura 2000-gebied. Een negatief effect op de instandhoudingsdoelstelling treedt op als vogels ten gevolge van de verstoring het Natura 2000-gebied verlaten. In dat geval wordt gesproken van maatgevende verstoring.

Barrièrewerking

Om aanvaringen met turbines te voorkomen, kunnen vogels hun vliegrouten verleggen bij nadering van een windpark. Uit veldonderzoek blijkt dat diverse vogelsoorten afbuigen voor windturbines en om de windturbines heen vliegen. Een lijn van turbines kan zo een barrière in een vliegroute worden. Een dergelijke barrièrewerking kan tot gevolg hebben dat vogels rust- en/of foerageergebieden niet meer kunnen bereiken en het Natura 2000-gebied gaan mijden/verlaten. Als de om te vliegen afstand groot is, zullen vogels energie verliezen en vervolgens meer moeten eten om het energieverlies te compenseren. Als dit niet vrij direct lukt, kan hun conditie achteruit gaan.

Voor het inschatten van de mate waarin barrièrewerking een probleem vormt, is gebruik gemaakt van literatuur en eigen waarnemingen van Bureau Waardenburg uit veldonderzoek bij windturbineopstellingen van situaties waarin vogels omvlogen. Op grond hiervan en informatie over de dimensies van de geplande turbineopstellingen is ingeschat of vogels de turbineopstellingen zullen kruisen, of dat ze omvliegen, en de mate waarin dat valt te verwachten. Daarnaast wordt ingeschat of de kans bestaat dat een foerageer- of rustgebied onbereikbaar wordt voor een soort waardoor de soort mogelijk het gebied verlaat of in welke mate hinder ontstaat.

Overige soorten

Voor overige soorten met instandhoudingsdoelstellingen zijn eventuele effecten beperkt tot potentiële verstoring door geluid van de windturbines over het Natura 2000-gebied. Dit kan de aangewezen zeezoogdiersoorten raken. Er is geen relevante trilling in de ondergrond tijdens de gebruiksfase waardoor geen effect door onderwatergeluid op vissen optreedt.

4.1.3 Ontmanteling

De windturbines van Windpark Eemshaven West worden na een exploitatieperiode van ca. 25 jaar verwijderd. De activiteiten van ontmanteling zijn vergelijkbaar met die van de aanleg zij het beperkter van omvang en aard, zo vinden er geen heiwerkzaamheden plaats. Aangezien de aard van de effecten niet afwijkt of kleiner zijn dan die van de aanlegfase worden deze niet separaat behandeld in de PB.

4.2 Potentiële effecten habitattypen

Aanlegfase

De windturbines worden buiten de begrenzing van Natura 2000-gebieden gebouwd. Daardoor bevinden zich geen beschermde habitattypen op grond van Natura 2000 in het plangebied. De dichtstbijzijnde beschermde habitattypen in de nabijheid van het windpark bevinden zich in het Natura 2000-gebied Waddenzee. De minimale afstand tot deze habitattypen en de dichtstbijzijnde windturbine bedraagt circa 3 kilometer. Een direct effect door ruimtebeslag is daardoor uitgesloten.

Effecten op beschermde habitattypen beperken zich tot emissies van stikstof dat vrijkomt tijdens de aanleg door de inzet van bouwverkeer en -installaties. Met behulp van het programma AERIUS is de depositie van stikstof bij stikstofgevoelige habitattypen van Natura 2000-gebieden berekend. De resultaten van de berekening zijn opgenomen in bijlage 6. Hieruit komt naar voren dat alleen habitattypen en/of leefgebieden in Natura 2000-gebied Waddenzee een effect kunnen ondervinden. Als gevolg van de realisatie van de windturbines is sprake van een tijdelijke bijdrage van maximaal 0,05 mol N/ha/jaar aan de stikstofdepositie op dit Natura 2000-gebied. Voor de maximale bijdrage aan de depositie per habitattype zie Tabel 4.2.

Indien de huidige stikstofdepositie (de achtergronddepositiewaarde, de ADW) hoger is dan de kritische depositiewaarde (KDW) van het habitattype kan extra depositie een negatief effect veroorzaken.

In principe geldt dat emissies tijdens de bouwfase niet getoetst hoeven te worden aangezien zij vallen onder de partiele vrijstelling voor emissies van bouwwerkzaamheden. Dit volgt uit de op 1 juli 2021 in werking getreden Wet stikstofreductie en natuurverbetering en het bijbehorende besluit stikstofreductie en natuurverbetering.

Ten overvloede is een berekening uitgevoerd van de emissies met behulp van de AERIUS calculator. Hieruit volgt dat er de stikstofdepositie die optreedt niet leidt tot een overschrijding van de KDW van stikstofgevoelige habitattypen. Er is dan ook geen negatief effect. Uit de AERIUS berekening volgt dat er geen depositie optreedt van meer dan 0,00 mol/ha/jr optreedt ter plaatse van droge en of droogvallende delen van Duitse Natura 2000-gebieden. De ‘natte delen’ zijn niet stikstofgevoelig.

Op 10 januari 2022 is het AERIUS rekenprogramma geactualiseerd. Voor de aanleg van het windpark is een herberekening uitgevoerd. De berekening geeft een ongewijzigde conclusie ten opzichte van de berekening met de vorige AERIUS modelversie. De rapportage met het resultaat van de herberekening is opgenomen in de bijlage bij onderhavige PB.

Tabel 4.2 Hoogste bijdrage per stikstofgevoelig habitattype Natura 2000-gebied Waddenzee

Habitattype Natura 2000-gebied Waddenzee	**Hoogste bijdrage [mol/ha/j]**	**Bijdrage op (bijna) overbelaste hexagonen [mol/ha/j]**
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,05	-
H1320 Slijkgrasvelden	0,04	-
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,04	-
H2110 Embryonale duinen	0,01	-
ZGH2120 Witte duinen	0,01	-
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	0,01	-
ZGH2110 Embryonale duinen	0,01	-
ZGH2130A Grijze duinen (kalkrijk)	0,01	-
ZGH2160 Duindoornstruwelen	0,01	-

Tijdens de aanleg vindt ook bemaling plaats waardoor tijdelijk een grondwaterstandsverlaging optreedt. De locatie van beschermde habitattypen is op dermate grote afstand gelegen dat dit buiten het invloedsgebied van de tijdelijk bemaling is gelegen.

Exploitatiefase

Emissies tijdens de exploitatiefase treden op ten gevolge van vervoer van personen voor periodieke inspecties en onderhoud van de windturbines. Dit verkeer is dermate beperkt dat dit met zekerheid geen stikstofdepositie veroorzaakt bij stikstofgevoelige habitattypen en derhalve geen negatief effect veroorzaakt.

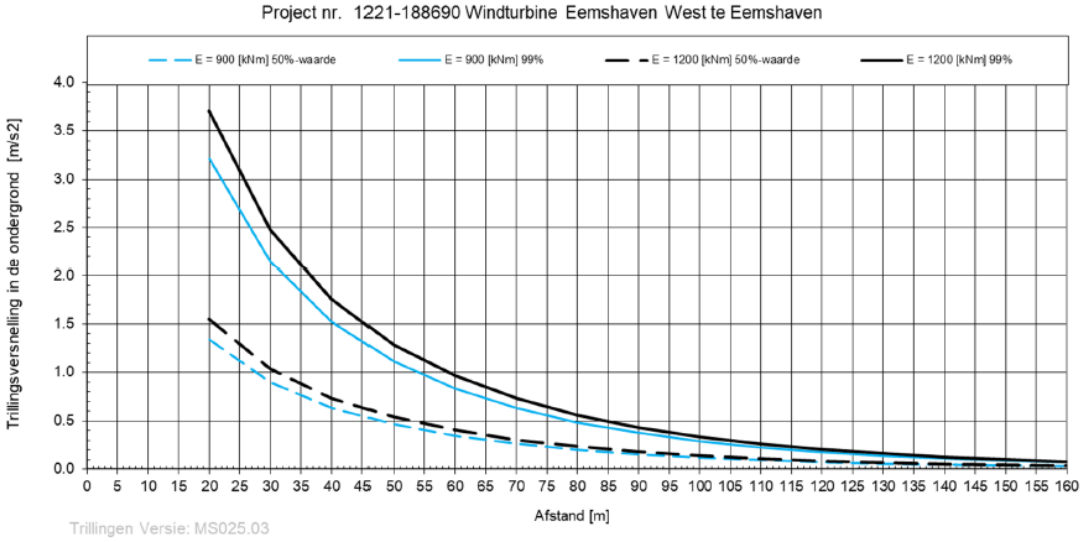
4.3 Potentiële effecten habitatsoorten

Aanlegfase

Het heien van de funderingen tijdens de aanleg van de windturbines leidt tot onderwatergeluid. Vissen kunnen door dit onderwatergeluid verstoord worden of zelfs sterven, zo ook de zeeprik, rivierprik en fint. Een eventueel effect betreft alleen onderwatergeluid omdat bovenwatergeluid de ligplaatsen van zeehonden ten oosten van de Eemshaven niet bereikt en/of wordt overstemd door de geluiden in de Eemshaven zelf. Voor het optreden van schade bij vissen en zeezoogdieren worden bepaalde drempelwaarden gehanteerd.

Ten behoeve van windpark Eemshaven West is locatiespecifiek een onderzoek uitgevoerd naar het optreden van trillingen in de bodem bij de heiwerkzaamheden. Op het moment dat deze trillingen bij de waterlijn komen vormen deze onderwatergeluid dat verstorend kan optreden. Door Fugro is de verplaatsing en uitdemping van trillingen onderzocht. Uit het onderzoek komt naar voren dat trillingen ten gevolge van heiwerkzaamheden ter plaatse van de Waddenzee (ca. 175 m voor de meest noordelijke turbines) nagenoeg zijn uitgedempt, zie ook paragraaf 3.2.4 van de rapportage van Fugro en de volgende figuur van de trillingsversnelling bij het heien van een monopilefundatie. Trillingen tijdens de exploitatiefase zijn niet meer meetbaar op die afstand volgt uit de rapportage van Fugro. Relevante onderwatergeluidniveau's die effect op vissen of zeezoogdieren kunnen veroorzaken zijn dan ook uitgesloten.

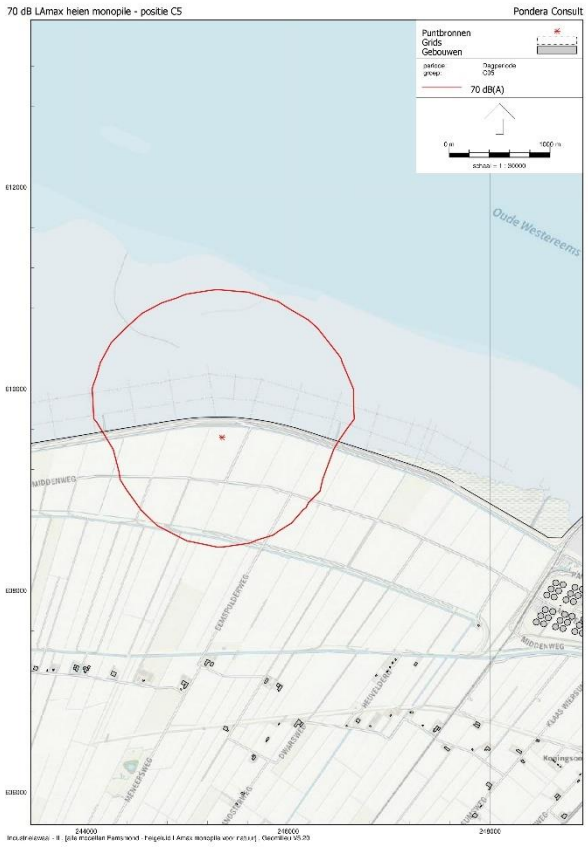
Figuur 4.1Trillingsversnelling ondergrond bij heien van een monopile



Dit sluit aan bij metingen van onderwatergeluid tijdens heiwerkzaamheden voor de bouw van de energiecentrales in de Eemshaven. Daar zijn de drempelwaarden slechts op één locatie overschreden en alleen op een dag dat er een maximumaantal palen werd geheid (zie paragraaf 8.2 in bijlage 4). Het onderwatergeluid bij de heiwerkzaamheden ten behoeve van de beoogde windturbines van Windpark Eemshaven West zal in intensiteit overeenkomen met die tijdens de bouw van de centrales en andere werkzaamheden in de Eemshaven. Als tijdens de aanleg van Windpark Eemshaven West al sprake is van een overschrijding van drempelwaarden dan betreft dit een zeer beperkte oppervlakte gedurende een beperkte periode (tijdelijk effect). De vissen hebben genoeg ruimte om binnen Natura 2000-gebied Waddenzee (tijdelijk) uit te wijken bij eventuele verstoring door onderwatergeluid.

Om inzicht te krijgen in het geluid bovenwater is een beoordeling gemaakt van de omvang van het gebied waar piekgeluiden tot boven 70 dB(A) kunnen optreden. Hiervoor is een notitie opgesteld door Pondera Consult (Memo akoestisch onderzoek heigeluid WP Eemshaven West, 26 november 2021). De volgende figuur geeft de bovenwatergeluidscontour van het heien van een monopile voor de meest noordelijke windturbinepositie. Dit geeft de grootste geluidscontour. Hieruit volgt dat bovenwatergeluid een beperkte areaal verstoord. Relevant geluidsniveau's bij ligplaatsen is niet aan de orde.

Figuur 4.2 Piekgeluid 70 dB(A) contour heien monopile



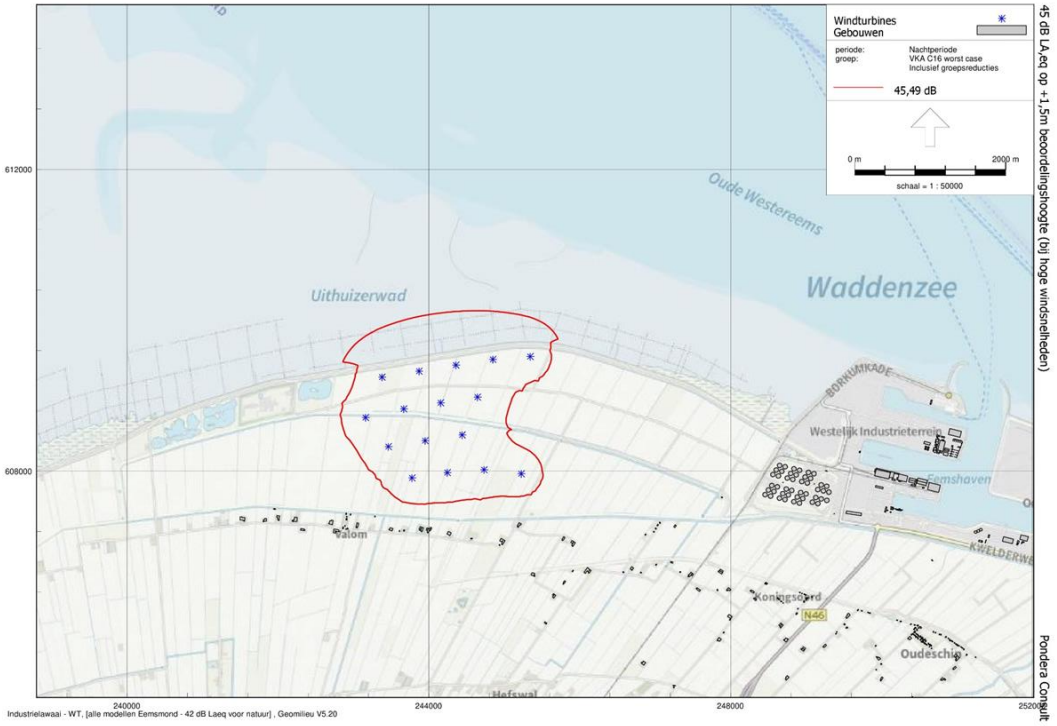
Samengevat kan het volgende worden geconcludeerd. In de ruime omgeving van het plangebied is de aanwezigheid van verschillende soorten zeezoogdieren bekend, namelijk gewone zeehond, grijze zeehond en bruinvis. Windpark Eemshaven West zelf biedt geen geschikt habitat voor deze soorten, maar de oeverzone van de Waddenzee direct ten noorden van het windpark wel. Van alle drie de soorten zijn de aantallen ter hoogte van het plangebied van Windpark Eemshaven West laag tot zeer laag (zie paragraaf 3.2.2). Tijdens de bouw van het windpark kan geluid (zowel onder als boven water) potentieel voor verstoring van zeehonden en bruinvissen zorgen. Deze verstoring is echter tijdelijk van aard, vindt plaats in slechts een zeer beperkt deel van het Natura 2000-gebied en zal, gezien de afstand van de windturbines tot de Waddenzee, hooguit marginaal zijn. De zeehonden en bruinvissen kunnen indien nodig tijdelijk uitwijken naar andere delen van de Waddenzee. Er zijn geen ligplaatsen van zeehonden in de omgeving van het plangebied aanwezig, waardoor verstoring van een vaste rust- of verblijfplaats niet aan de orde is.

Het optreden van significant negatieve effecten op het behalen van de IHD's van de betrokken soorten in Natura 2000-gebied Waddenzee kan met zekerheid uitgesloten worden. De mogelijke effecten van de bouw en het gebruik van Windpark Eemshaven West op Habitatrichtlijnsoorten waarvoor het Natura 2000-gebied Waddenzee is aangewezen, beperken zich tot eventuele marginale verstoring van enkele vissoorten (zeeprik, rivierprik en fint) en zeezoogdieren (gewone zeehond, grijze zeehond en bruinvis) door heiwerkzaamheden tijdens de aanleg. Omdat deze verstoring tijdelijk van aard is en in slechts een zeer beperkt deel van het Natura 2000-gebied optreedt, kunnen de betrokken soorten indien nodig tijdelijk uitwijken naar een rustigere plek binnen Natura 2000-gebied Waddenzee.

Exploitatiefase

Geluid van de windturbines kan ook de Waddenzee bereiken in de exploitatiefase. Dit kan tot verstoring leiden van zeezoogdieren. In de genoemde notitie van Pondera Consult is ook het geluid in de exploitatiefase gebruikt. Hierbij is de 45 dB(A) contour gegeven; dit is een beperkt geluidsniveau waarbuiten geen relevante verstoring hoeft te worden verwacht. De figuur laat zien dat de contour over een zeer beperkt deel van de Waddenzee. Aangezien er geen vaste rust- of verblijfplaatsen in de omgeving van het plangebied aanwezig zijn is verstoring uit te sluiten en daarmee is ook een significant negatief effect uit te sluiten op zeezoogdieren tijdens de exploitatiefase.

Figuur 4.3 Bovenwatergeluid 45 dB(A) contour exploitatiefase



Afkomstig uit bijlage 4 Natuurtoets paragraaf 16.1

4.4 Potentiële effecten vogels

Voor vogels gelden deels dezelfde argumenten als hierboven beschreven voor Habitatrichtlijnsoorten. Ook voor de IHD's van vogels van het Natura 2000-gebied Waddenzee spelen alleen externe effecten door het windpark een rol, te weten aanvaringsslachtoffers, barrièrewerking en verstoring.

Voor de broedvogelsoorten met een IHD voor Natura 2000-gebied Waddenzee zijn voor drie soorten de effecten nader bepaald, namelijk bruine kiekendief, kleine mantelmeeuw en visdief. Voor de niet-broedvogelsoorten met een IHD voor Natura 2000-gebied Waddenzee zijn voor 14 soorten de effecten nader bepaald (zie Tabel 4.3). Effecten op alle andere aangewezen vogelsoorten zijn uitgesloten (zie ook paragraaf 3.2.3).

4.4.1 Aanvaringsslachtoffers

Om te kunnen bepalen of de sterfte van vogelsoorten door aanvaringen in het windpark relevant is voor de IHD's van deze soorten, wordt bepaald hoe deze sterfte zich verhoudt tot de jaarlijkse natuurlijke sterfte van de soorten. Indien de additionele sterfte niet meer is dan 1% van de jaarlijkse sterfte van de betreffende Natura 2000-populatie, dan is deze verwaarloosbaar (zie ook paragraaf 4.1.2). De 1% norm is derhalve bepaald door de huidige populatie.

Tabel 4.3 toont de populatieomvang en de 1%-mortaliteitsnorm per relevante vogelsoort van het Natura2000-gebied Waddenzee voor de broedvogels en de niet-broedvogels van Natura 2000-gebied Waddenzee. Daarbij is voor broedvogels aan de broedpopulatie en voor niet-broedvogels aan de populatie buiten het broedseizoen getoetst.

Tabel 4.3 Toetsing van de voorziene sterfte van broedvogels en niet-broedvogels in Windpark Eemshaven West aan de relevante populatie uit Natura 2000-gebied Waddenzee

Soort	Populatieomvang	Jaarlijkse natuurlijke sterfte (%)	1%-mortaliteitsnorm	Jaarlijkse sterfte in Windpark Eemshaven West
Broedvogels:				
Bruine kiekendief	76	26	<1	<1
Kleine mantelmeeuw	42.207	9	37	<1
Visdief	3.745	10	4	<1
Niet-broedvogels:				
Foerageren / rusten (regulier):				
Grauwe gans	28.697	17	49	0-<1
Brandgans	198.966	9	179	0-1
Wilde eend	24.932	37,3	93	2-3
Goudplevier	33.557	27	91	5-7
Kievit	22.131	29,5	65	2-3
Wulp	122.316	26,4	323	0-<1
Foerageren / rusten (als percelen onder water staan):				
Bergeend	84.234	11,4	96	0

Soort	Populatieomvang	Jaarlijkse natuurlijke sterfte (%)	1%-mortaliteitsnorm	Jaarlijkse sterfte in Windpark Eemshaven West
Wintertaling	12.681	47	60	0-<1
Slobeend	2.391	42	10	0
Scholekster	126.235	12	151	0
Bontbekplevier	13.066	22,8	30	0
Zilverplevier	59.309	14	83	0
Bonte strandloper	432.816	26	1.125	0-<1
Grutto	2.816	6	2	0

Aanvaringsslachtoffers broedvogels

Voor kleine mantelmeeuw en visdief geldt dat de berekende sterfte ruim onder de 1%- mortaliteitsnorm blijft. Een dergelijk aantal aanvaringsslachtoffers is een kleine hoeveelheid en niet van invloed op behoud van de omvang van deze populaties. Het windpark zal op zichzelf met zekerheid geen negatief effect hebben op het behalen van de IHD van deze soorten in het betrokken Natura 2000-gebied. Voor de bruine kiekendief is een incidenteel slachtoffer niet uit te sluiten. Daarmee is de berekende sterfte in dezelfde ordegrootte als de 1%-mortaliteitsnorm (<1).

De bruine kiekendief is deels waargenomen in het plangebied voor het windpark. Het plangebied zelf biedt echter geen optimaal foerageergebied voor de soort en er is daarom geen reden om aan te nemen dat het gebied een groot aantal bruine kiekendieven aantrekt. De soort vliegt daarnaast weinig op risicohoogte en vertoont sterk uitwijkingsgedrag in de nabijheid van windturbines. Bruine kiekendieven worden daarom weinig gevonden als aanvaringsslachtoffer in windparken. Tijdens 5 jaar slachtofferonderzoek bij 15 windturbines in het bestaande Windpark Emmapolder zijn geen slachtoffers van bruine kiekendieven gevonden. Onder windturbines elders in de Eemshaven zijn daarentegen wel 5 slachtoffers gevonden. Dit betroffen naar verwachting (groten)deels kiekendieven op trek. Op basis hiervan kan gesteld worden dat bruine kiekendieven die in de Waddenzee broeden hoogstens incidenteel slachtoffer worden van een aanvaring met een windturbine in het plangebied (<1 per jaar in het gehele windpark). De bruine kiekendief bevindt zich bovendien met gemiddeld 38 broedparen in de jaren 2016 t/m 2019 ruim boven de IHD van 30 broedparen in de Waddenzee. Enige sterfte is dus toelaatbaar zonder dat dit direct een effect heeft op het behalen van de IHD, ook aangezien de kans op aanvaring in het plangebied voor Windpark Eemshaven West incidenteel van aard is.

Aanvaringsslachtoffers niet-broedvogels

Het aantal aanvaringsslachtoffers blijft voor alle relevante niet-broedvogelsoorten ruim onder de 1%-mortaliteitsnorm. Een dergelijk aantal aanvaringsslachtoffers is een kleine hoeveelheid en niet van invloed op behoud van de omvang van deze populaties. Het windpark zal op zichzelf met zekerheid geen negatief effect hebben op het behalen van de IHD van deze soorten in het betrokken Natura 2000-gebied.

Het valt op dat alle soorten die het plangebied alleen dan gebruiken als er agrarische percelen deels zijn geïnundeerd, een incidentele jaarlijkse sterfte hebben van een maximaal aantal slachtoffers tussen 0 en 1

per jaar. Omdat deze situaties zich alleen incidenteel na hevige regenval voordoen (niet jaarlijks en niet altijd binnen de periode dat de soorten in grote aantallen aanwezig zijn in de Waddenzee) zijn negatieve effecten op deze soorten eveneens uitgesloten.

4.4.2 Verstoring en vermijding

Kleine mantelmeeuwen en visdieven uit de Waddenzee broeden op meer dan 7 kilometer afstand van het plangebied. Bruine kiekendieven kunnen potentieel op de kwelder direct ten noorden van het natuurgebied Ruidhorn broeden. De afstand van het plangebied tot deze kwelder is circa één kilometer en is daarmee groter dan de maximale vermijdingsafstand van enkele tientallen tot maximaal honderden meters. Zodoende kan met zekerheid worden gesteld dat directe vermijdingseffecten door de aanleg en/of het gebruik van Windpark Eemshaven West op broedende kleine mantelmeeuwen, visdieven en bruine kiekendieven in het Natura 2000-gebied Waddenzee met zekerheid zijn uitgesloten.

Voor de soorten niet-broedvogels uit het Natura 2000-gebied Waddenzee, die in het plangebied van Windpark Eemshaven West kunnen foerageren of rusten, wordt de kwaliteit van het leefgebied in de gebruiksfase van de windturbines mogelijk aangetast door de aanwezigheid van de windturbines (de combinatie van o.a. beweging, geluid). Vrijwel het gehele oppervlak van het plangebied komt binnen 400 meter van een windturbine te liggen. Voor de betrokken soortgroepen betreft 400 meter de maximale vermijdingsafstand. In de ruime omgeving van het plangebied zijn echter vergelijkbare akker- en graslandpercelen aanwezig die de betrokken soorten voldoende onverstoord foerageer- en rusthabitat bieden om uit te wijken. Het plangebied is daarnaast voor deze soorten geen primair of essentieel foerageer- of rustgebied. Tevens wordt een deel van het plangebied reeds beïnvloed door de aanwezigheid van Windpark Emmapolder waardoor lokale vogels mogelijk een zekere vorm van gewenning hebben opgebouwd.

Er is derhalve met zekerheid geen sprake van maatgevende verstoring door de aanleg en/of exploitatie van het initiatief, waarbij vogels het Natura 2000-gebied Waddenzee permanent verlaten.

Dit geldt ook voor de hoogwatervluchtplaats (HVP) Rommelhoek die ten noorden van de Waddendijk en ten westen van de Eemshaven ligt en een belangrijke functie voor grote aantallen watervogels in de regio heeft om te overtijen. De 16 windturbines van het initiatief bevinden zich op ruime afstand (circa 1,3 km) tot deze HVP. Verstoring is niet aan de orde. Zowel het geluid tijdens de bouwfase bij heiwerkzaamheden als van de windturbines ligt niet over de Rommelhoek. Daarbij geldt dat de aanwezige bestaande windturbines en industrieterrein Eemshaven bepalend zijn voor eventuele geluidsniveaus bij de Rommelhoek aangezien deze zich op kortere afstand bevinden dan het initiatief.

Een bijzonderheid is eventuele potentiële verstoring van de Ruidhorn. De Ruidhorn is een natuurcompensatiegebied aangelegd vanwege de bouw van een tweetal energiecentrales in de Eemshaven. In het kader van het natuurvergunning van deze centrales is de Ruidhorn aangelegd als potentieel broedgebied en HVP. De notitie van Pondera Consult laat zien dat heiwerkzaamheden piekgeluiden boven de 70 dB(A) kunnen veroorzaken afhankelijk van het gekozen windturbinetype. Deze verstoring is op zich tijdelijk. Verstoring van eventuele broedende vogels kan echter vermeden worden door te voorkomen dat piekgeluiden boven 70 dB(A) optreden tijdens het broedseizoen. Dit geldt als uitgangssituatie voor de initiatiefnemer. Daarmee is verstoring van broedgevallen in de Ruidhorn tijdens die periode uitgesloten. Het geluidsniveau in de Ruidhorn ten gevolge van de windturbines is niet relevant als gevolg van de afstand tot de Ruidhorn. Het geluidsniveau ligt lager dan 45 dB(A).

4.4.3 Barrièrewerking

Van een effectieve barrière is sprake als vogels door een windparkopstelling hun voedsel- of rustgebied niet of moeilijk kunnen bereiken. Enkele vogelsoorten maken gebruik van het plangebied om te foerageren, waaronder ook de agrarische percelen ten zuiden ervan. Ook de bruine kiekendief maakt potentieel gebruik van het plangebied om te foerageren. Deze soort is echter niet verstoringsgevoelig voor windturbines en vliegt op lage hoogte.

Voor andere vogelsoorten waarvoor het Natura 2000-gebied Waddenzee is aangewezen, biedt het plangebied weinig tot geen geschikt foerageergebied. Ook ten zuiden van het plangebied zijn geen geschikte foerageergebieden voor deze soorten gelegen waardoor frequente vliegbewegingen door het plangebied vanuit de Waddenzee zijn uitgesloten (zie voor meer informatie de paragrafen 8.3.3 en 8.4.3 van de bijlage 4).

Het geplande windpark vormt daarom met zekerheid geen barrière voor kwalificerende broedvogels en niet-broedvogels uit het Natura 2000-gebied Waddenzee.

4.5 Mitigerende maatregelen

In de voorgaande (sub)paragrafen zijn de effecten beschreven ten gevolge van het initiatief voor de habitattypen en (habitat-)soorten waarvoor in omliggende Natura 2000-gebieden instandhoudingsdoelstellingen zijn gesteld en welke invloed of effect kunnen ondervinden van het initiatief.

Er zijn diverse potentiële effecten geïdentificeerd waarvoor is geconcludeerd dat deze niet leiden tot significant negatieve effecten waardoor instandhoudingsdoelen of natuurlijke kenmerken van de Natura 2000-gebieden in het geding zijn. Er is dan ook geen aanleiding voor het treffen van mitigerende maatregelen. Om een tijdelijk verstorend effect op broedvogels in de Ruidhorn te voorkomen voorkomt de initiatiefnemer dat piekgeluiden boven de 70 dB(A) optreden in de Ruidhorn in het broedseizoen. Dat kan door de keuze van fundatieprincipe of door het buiten het broedseizoen uitvoeren van de heiwerkzaamheden.

5 Cumulatie

Ten gevolge van het initiatief zijn negatieve effecten te verwachten voor een aantal niet-broedvogelsoorten in de vorm van additionele sterfte, aantasting beschikbaar foerageergebied door verstoring en barrièrewerking met als gevolg eveneens aantasting van de kwaliteit van beschikbaar foerageergebied. Deze effecten op zichzelf leiden niet tot significant negatieve effecten voor de natuurlijke kenmerken en instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden.

De gevolgen van de realisatie en exploitatie van het windpark voor ecologie in en om het plangebied staan echter niet op zichzelf. Ook van andere plannen en projecten (autonome ontwikkelingen) kunnen effecten uitgaan. Het is belangrijk om te beoordelen wat het gevolg is voor de ecologische waarden ten gevolge van de combinatie (cumulatie) van effecten van deze plannen en projecten. Het gaat hierbij om plannen en projecten waarvoor reeds een vergunning op grond van de Wet natuurbescherming is verleend maar die nog niet zijn gerealiseerd en die mogelijk een effect kunnen hebben op het behalen van dezelfde IHD's als het initiatief (zie voor meer informatie paragraaf 2.3).

Voor de beoordeling in het kader van Natura 2000-gebied Waddenzee geldt dat relevant is welke projecten al wel vergund maar nog niet, of zeer recent, zijn gerealiseerd. Voor reeds gerealiseerde plannen en projecten geldt dat de gevolgen daarvan al worden gereflecteerd in de huidige staat van instandhouding van beschermde soorten en habitattypen.

In hoofdstuk 4 is bepaald dat sprake is van een marginaal verstorend effect op het behalen van de IHD's van de vissoorten zeeprik, rivierprik en fint; en de zeezoogdieren gewone zeehond, grijze zeehond en bruinvis. Daarnaast treedt er tijdelijke stikstofdepositie op tijdens de aanleg van het windpark. Verder geldt een mogelijk gering negatief effect op het behalen van de IHD's voor de broedvogelsoorten bruine kiekendief, kleine mantelmeeuw en visdief en de niet-broedvogelsoorten grauwe gans, brandgans, wilde eend, goudplevier, kievit, wulp, wintertaling en bonte strandloper vanwege aanvaringsslachtoffers. Deze effecten zijn daarom hieronder in cumulatie met relevante autonome ontwikkelingen beschouwd.

5.1 Beschermde flora en habitattypen

Uit de beoordeling komt naar voren dat een potentieel effect optreedt door de tijdelijke depositie van stikstof tijdens de aanlegfase. Het is niet uitgesloten dat aanleg van het windpark samenvalt met de uitvoering van één van de autonome ontwikkelingen. Voor het overgrote deel van de autonome ontwikkelingen geldt dat deze reeds zijn gerealiseerd of in aanbouw. De aanleg zal niet gelijk vallen met die van het initiatief. Voor windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding en het Net op zee Ten noorden van de Wadden is niet uitgesloten dat uitvoering tegelijk plaats vindt.

Voor het aspect stikstof geldt dat de aanleg van Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding slechts een tijdelijke depositie veroorzaakt op habitattypen in de Waddenzee ten oosten van het betreffende initiatief[4]. Windpark Eemshaven West leidt niet tot tijdelijke depositie op deze locatie waardoor van cumulatie geen sprake is. Uit de achtergrondrapportage over de natuureffecten voor Net op zee Ten Noorden van de Wadden[5] volgt dat ten gevolge van de aanleg van het gekozen voorkeurstracé de maximale depositie op habitattypen in de Waddenzee 4,25 mol/ha/j bedraagt. Ook bij gelijktijdige uitvoering is geen sprake van

[4] Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding. Addendum MER/PB. Pondera Consult, 2019
[5] Net op zee Ten Noorden van de Wadden. Achtergrondrapport bij Deelrapport II – Natuur. Tennet, 2020

een overschrijding van de KDW van stikstofgevoelige habitattypen in cumulatie. Een negatief effect is ook in cumulatie uitgesloten.

5.2 Verstoring van vissen en zeezoogdieren door onderwatergeluid

Vrijwel alle projecten en initiatieven op het gebied van windturbines en hoogspanningsverbindingen in de omgeving van de Eemshaven vinden binnendijks plaats. Voor deze projecten geldt telkens dat alleen sprake kan zijn van een marginaal effect op het behalen van de IHD's van vissen en zeezoogdieren in Natura 2000-gebied Waddenzee.

De enige uitzondering betreffen twee windturbines op de strekdammen die eveneens effecten door onderwatergeluid op vissen en zeezoogdieren kunnen hebben tijdens de aanleg. De fundaties voor de windturbines de strekdammen zijn reeds afgerond. De windturbines zijn naar verwachting begin 2022 gerealiseerd. De aanleg van de windturbines van Windpark Eemshaven West en de twee turbines op de strekdammen vindt niet tegelijkertijd plaats. De vissen en zeezoogdieren hebben daarnaast genoeg ruimte om binnen Natura 2000-gebied Waddenzee (tijdelijk) uit te wijken bij eventuele verstoring door onderwatergeluid.

Bij het project Net op Zee (ten noorden van de Waddeneilanden) is de verstoring voor vissen en zeehonden door onderwatergeluid beperkt en bovendien tijdelijk. Er is geen sprake van verstoring van de bruinvis. Omdat het VKA-tracé van dit project veel westelijker loopt dan de Eemshaven is geen overlap qua locatie binnen de Waddenzee. Er blijft, gezien de tijdelijke verstoringen van beide projecten en het afwezigheid aan overlap tussen projectlocaties, altijd ruim voldoende ruimte over voor vissen en zeezoogdieren om tijdelijk uit te wijken.

Gezien het tijdelijke effect is het effect van onderwatergeluid op het behalen van de IHD's van habitatrichtlijnsoorten in Natura 2000-gebied Waddenzee marginaal en met zekerheid niet significant negatief. Voor het geluid bovenwater geldt dat er geen relevant effect is geconstateerd. In cumulatie zal dit dan ook niet tot een significant negatief effect leiden.

5.3 Verstoring van vogels in de aanlegfase

Een deel van het tracé Net op Zee (ten noorden van de Waddeneilanden) van TenneT loopt langs het plangebied van Windpark Eemshaven West op een afstand van bijna 2 km van de Waddenzee. Aangezien het gebied van het windpark onder ander geschikt foerageergebied is voor soorten niet-broedvogels waarvoor Natura 2000-gebied Waddenzee is aangewezen, kan potentieel verstoring optreden door de uitvoering van de aanlegwerkzaamheden door TenneT. De aanlegwerkzaamheden voor de kabel hebben een beperkt lokaal verstorend effect.

Voor beide projecten geldt dat de uitvoering gefaseerd plaatsvindt. De aanleg van het tracé van TenneT vindt dus niet tegelijk over het gehele tracé plaats, eveneens als de aanleg van het windpark niet of op alle turbinelocaties tegelijk plaatsvindt. Aangezien er (ruim) voldoende uitwijkmogelijkheden zijn en het gebied niet van bijzondere betekenis is voor Natura 2000-soorten uit de Waddenzee, heeft de tijdelijke verstoring geen significant negatief effect voor de IHD's van deze soorten.

5.4 Effecten op vogels door aanvaringen met windturbines

In de exploitatiefase leiden diverse andere plannen en projecten, met name andere windparken, tot een negatief effect in de vorm van aanvaringsslachtoffers. In 2017 is een studie uitgevoerd Cumulatie Groningse Windparken (Arcadis e.a., 2017) (hierna 'het cumulatieonderzoek'). In deze studie zijn de gevolgen van aanvaringsslachtoffers bepaald beoordeeld van de verschillende windparken in Groningen. Windpark Fryslân en Windpark Wieringermeer zijn al meegenomen in deze studie. Windpark Eemshaven West maakt geen onderdeel uit van deze rapportage aangezien hierover destijds nog geen besluitvorming had plaatsgevonden. Windpark Ny Hiddum-Houw maakt eveneens nog geen deel uit van deze studie maar is wel betrokken bij de afweging van cumulatieve effecten op aanvaringsslachtoffers onder vogels in deze passende beoordeling.

In Tabel 5.1 is een overzicht opgenomen van de soorten waarvoor aanvaringsslachtoffers bij windpark Eemshaven West worden verwacht aangevuld met de gevolgen van vergunde en nieuwe andere projecten voor deze soorten conform de genoemde cumulatiestudie. Soorten waarop geen aanvaringsslachtoffers worden verwacht ten gevolge van windpark Eemshaven West ondervinden geen cumulatief effect door sterfte.

In de tabel is nog geen rekening gehouden met het effect van de verwijdering van een aantal bestaande windturbines als onderdeel van de realisatie van nieuwe windturbines. Zo zijn ten behoeve van de realisatie van windpark Oostpolder ten zuiden van de Eemshaven een 10-tal bestaande windturbines verwijderd. De aantallen zijn dan ook worst case. In de tabel is uitgegaan van een geactualiseerde populatieomvang voor het bepalen van de 1% mortaliteitsnorm. Uit de tabel volgt dat behalve voor de broedvogelsoorten kleine mantelmeeuw en visdief en de niet-broedvogelsoort wilde eend het cumulatieve aantal berekende slachtoffers voor soorten met een IHD voor Natura 2000-gebied Waddenzee onder de 1%-mortaliteitsnorm van de populatie in het gebied ligt. Significant negatieve effecten vanwege Windpark Eemshaven West zijn voor deze soorten daarmee ook in cumulatie met andere projecten en plannen uitgesloten.

Tabel 5.1 Cumulatief aantal aanvaringsslachtoffers Natura 2000-gebied Waddenzee in relatie tot 1%-mortaliteitsnorm

Soort	**Populatie-omvang**	**1%-norm**	**Vogelslachtoffers per jaar toegekend aan Natura 2000-gebied Waddenzee**			**Overschrijding van de 1%-norm in cumulatie**
			Windpark Eemshaven West	**Gecumuleerd aantal uit cumulatiestudie 2017**	**Gecumuleerd aantal Windpark Ny Hiddum-Houw**	
Broedvogels						
Bruine kiekendief	76	<1	<1	0	0	nee
Kleine mantelmeeuw	42.207	37	<1	70	<1	ja
Visdief	3.745	4	<1	53	0	ja
Niet broedvogels (foerageren/rusten – regulier)						
Grauwe gans	28.697	49	0-<1	51	0	ja
Brandgans	198.966	179	0-1	5	0	nee

Soort	Populatie-omvang	1%-norm	Vogelslachtoffers per jaar toegekend aan Natura 2000-gebied Waddenzee			Overschrijding van de 1%-norm in cumulatie
			Windpark Eemshaven West	Gecumuleerd aantal uit cumulatiestudie 2017	Gecumuleerd aantal Windpark Ny Hiddum-Houw	
Wilde eend	24.932	93	2-3	290	0	ja
Goudplevier	33.557	91	5-7	29	0	nee
Kievit	22.131	65	2-3	109	0	ja
Wulp	122.316	323	0-<1	59	0	nee
Niet-broedvogels (als percelen met staand water)						
Wintertaling	12.681	60	0-<1	12	0	Nee
Bonte strandloper	432.816	1.125	0-<1	51	0	Nee

Voor de soorten kleine mantelmeeuw, visdief, kievit, grauwe gans en wilde eend geldt in cumulatie een overschrijding van de 1%-mortaliteitsnorm voor de Waddenzeepopulatie. Voor visdief, kleine mantelmeeuw, grauwe gans worden bij Windpark Eemshaven West slechts incidenteel (<1/jaar) slachtoffers verwacht. Dat betekent dat niet structureel aanvaringsslachtoffers worden verwacht maar dat incidenteel een aanvaringsslachtoffer niet is uit te sluiten. Voor de wild eend gaat het worst case om 2-3 slachtoffers per jaar door dit windpark en voor de kievit eveneens. In de natuurtoets is voor de soorten een toelichting gegeven op de sterfte en de instandhouding en trend van deze soorten in de Waddenzee. Voor de overige soorten waarvoor aanvaringsslachtoffers in Windpark Eemshaven West niet zijn uit te sluiten geldt dat ook in cumulatie de 1% mortaliteitsnorm niet worden overschreden en dus een significant negatief effect is uitgesloten.

Cumulatieonderzoek 2017

Uit het cumulatieonderzoek uit 2017 volgt dat ook zonder Windpark Eemshaven West reeds sprake was van overschrijding van de 1% mortaliteitsnorm voor de genoemde 5 soorten. De sterfte ten gevolge van het windpark komt hier bovenop. De toevoeging van aanvaringsslachtoffers van windpark Eemshaven West leidt voor andere soorten niet tot een overschrijding van de 1% mortaliteitsnorm in cumulatie.

In het cumulatieonderzoek uit 2017 is voor de genoemde vijf soorten met een overschrijding van de 1% mortaliteitsnorm een nadere beoordeling uitgevoerd op basis van de Potential Biological Removal (PBR). De PBR is een maat voor hoeveel sterfte een populatie kan dragen zonder negatieve effecten op de levensvatbaarheid van de populatie (oftewel hoeveel extra sterfte een populatie kan dragen zonder risico op uitsterven van de populatie). Indien de sterfte van het te toetsen initiatief/initiatieven (ruim) onder de PBR valt kan het uitsterven van de populatie (of een effect op de levensvatbaarheid van de populatie) worden uitgesloten. De reden dat de voorziene sterfte van het initiatief/de initiatieven in cumulatie ruim onder de PBR moet vallen, is dat in de PBR alle door mensen veroorzaakte additionele sterfte ligt besloten. Dus ook van zaken die niet betrokken zijn in de te toetsen voorziene (gecumuleerde) sterfte. Deze methode is een soortspecifieke beoordeling die, in tegenstelling tot de 1% mortaliteitsnorm, aanvullend rekening houdt met populatiekenmerken, zoals de trend, overleving (1%-mortaliteitsnorm houdt

wel rekening met overleving), reproductie, en dergelijke. In paragraaf 3.1 van het cumulatieonderzoek is de methode nader toegelicht. Bij het bepalen van de PBR en de sterfte van bestaande activiteiten geldt dat ook de sterfte ten gevolge van windturbines die reeds lange tijd operationeel zijn is meegenomen in het cumulatieonderzoek uit 2017. De PBR beoordeelt de totale additionele sterfte (dus ook sterfte als gevolg van andere menselijke invloeden dan windparken), terwijl voor de 1% mortaliteitswaarde geldt dat de invloed, onder andere in de vorm van sterfte, ten gevolge van bestaande activiteiten al verwerkt is in de omvang van de populatie.

De conclusie in de cumulatiestudie voor de genoemde vijf soorten is dat de additionele sterfte van de gezamenlijke windparken niet leidt tot een overschrijding van de soortspecifieke PBR. Uit de cumulatiestudie blijkt dat geen significant negatief effect optreedt voor het gestelde instandhoudingsdoel voor deze soorten in de Waddenzee.

PBR-analyse Windpark Eemshaven West

De additionele sterfte ten gevolge van de toevoeging van Windpark Eemshaven West komt bovenop de reeds verwachte sterfte van andere projecten. Op zichzelf is de toename in sterfte beperkt. Conform de beoordeling in de cumulatiestudie is een nadere beoordeling uitgevoerd van de sterfte voor de soorten waarvoor in cumulatie de 1% mortaliteitsnorm wordt overschreden. In bijlage 7b bij de Passende Beoordeling is een notitie opgenomen met de PBR-analyse Windpark Eemshaven West. Hierna zijn de uitkomsten daarvan weergegeven. Voor alle 5 soorten komt naar voren dat de sterfte van het windpark Eemshaven West op zichzelf en in combinatie met de sterfte van andere plannen en projecten lager ligt dan de soort specifieke PBR-waarden. Daarmee kunnen significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de betreffende populaties uit de Waddenzee met zekerheid worden uitgesloten. Hierna is voor de betreffende soorten een korte samenvatting van de bevindingen uit bijlage 7b opgenomen.

Kleine mantelmeeuw & grauwe gans

In de volgende tabel zijn de resultaten van de berekening voor de kleine mantelmeeuw en de grauwe gans opgenomen. De tabel laat zien dat de gecumuleerde sterfte, inclusief Windpark Eemshaven West ruim onder de PBR waarde van de betreffende kwalificerende soort valt. Dit betekent dat het optreden van significant negatieve effecten op het instandhoudingsdoelen voor kleine mantelmeeuw en grauwe gans met zekerheid kan worden uitgesloten.

Tabel 5.2 PBR in relatie tot gecumuleerde sterfte kleine mantelmeeuw en Grauwe gans

Soort	Nmin	PBR	Sterfte vanwege EHW	Gecumuleerde sterfte
Kleine mantelmeeuw	51.621	306	0-1	72
Grauwe gans	14.064	661	0-1	52

Visdief

Bij de berekening van de gecumuleerde sterfte in de cumulatiestudie uit 2017 en de natuurtoets voor Windpark Eemshaven West is uitgegaan van de gecumuleerde sterfte zonder rekening te houden met de reductie van sterfte als gevolg van de aanleg van broedeiland ‘Stern’ in de Eems.
Het broedeiland ‘Stern’ (2018) in de Eems is als compensatiemaatregel ter vermindering van het aantal toekomstige aanvaringsslachtoffers door nieuwe windturbines en hoogspanningslijnen in en rond de Eemshaven gerealiseerd. De verwachting destijds (Klop et al. (2017)) was dat de additionele sterfte bij alle

nieuwe initiatieven in de oostelijke Waddenzee samen naar verwachting met minimaal 80% gereduceerd zou worden als gevolg van de aanleg van het eiland.

Het aantal paren visdief op het broedeiland is sinds de aanleg toegenomen van 289 in 2018 naar 895 in 2020. Daarnaast is het broedsucces op het eiland 'Stern' hoog in vergelijking met kolonies in de Eemshaven. Dit heeft geleidt tot een positieve trend van de visdief in de Eems-Dollard regio, in tegenstelling tot het gehele Natura 2000-gebied Waddenzee. Tevens heeft het succes van het eiland op de locatie in de Eems[6] ertoe geleidt dat er een ander patroon is ontstaan in de broedgebieden van broedkolonies rondom de Eemshaven (de vogels hoeven niet meer naar / langs de Eemshaven), waardoor zich minder kolonies op risicovolle locaties bevinden. Daarmee is de inschatting van 80% reductie van additionele sterfte voldoende gevalideerd.

Door het veranderende patroon van de broedkolonies en de ligging van de voor de visdief belangrijke foerageergebieden op de Waddenzee, zijn er veel minder vliegbewegingen over de Eemshaven, wat resulteert in een afname van aanvaringsslachtoffers. Rekening houdend met een reductie van 80% vallen er in cumulatie, inclusief Windpark Eemshaven West 12 aanvaringsslachtoffers. De gecumuleerde sterfte valt daarmee onder de PBR-waarde van 33. Dit betekent dat het optreden van significant negatieve effecten op het instandhoudingsdoel van de visdief met zekerheid kan worden uitgesloten.

Tabel 5.3 PBR in relatie tot gecumuleerde sterfte visdief

Soort	Nmin	PBR	Sterfte vanwege EHW	Gecumuleerde sterfte
Visdief	4.350	33	0-1	12

Wilde eend

Voor de wilde eend geldt dat alleen de niet-broedvogels een kwalificerende status hebben voor Natura 2000-gebied Waddenzee. Wanneer gekeken wordt naar de sterfte in cumulatie in relatie tot de PBR van de wilde eend zijn derhalve alleen de kwalificerende niet-broedvogels relevant. Op basis van analyses van Klop et al. (2017) naar aanvaringsslachtoffers in de Eemshaven is reeds geconcludeerd dat circa 2/3 van de aanvaringsslachtoffers in de Eemshaven in het broedseizoen vallen. Dit betreffen slachtoffers onder lokale (niet- kwalificerende) broedvogels. Hieruit volgt dat (minder dan) een derde van de cumulatieve slachtoffers van de wilde eend uit kwalificerende vogels bestaat. Ervan uitgaande dat een derde van de slachtoffers kwalificerende niet-broedvogels betreffen, betreft de gecumuleerde sterfte onder kwalificerende niet-broedvogels, inclusief de te verwachte sterfte als gevolg van Windpark Eemshaven West 100 slachtoffers. Dit aantal ligt ruim lager dan de PBR-waarde van 349, zodat ook in cumulatie significant negatieve effecten op het instandhoudingsdoel van de wilde eend met zekerheid zijn uitgesloten.

Tabel 5.4 PBR in relatie tot gecumuleerde sterfte wilde eend

Soort	Nmin	PBR	Sterfte vanwege EHW	Gecumuleerde sterfte
Wilde eend	11.431	349	2-3	100

[6] Op pagina 6 van bijgaande rapportage is de locatie van het eiland 'Stern' weergegeven: https://www.sovon.nl/nl/publicaties/broedvogels-en-broedsucces-van-visdief-en-noordse-stern-op-broedeiland-%E2%80%98stern%E2%80%99-2019

Kievit

Net als voor de wilde eend geldt voor de kievit dat alleen de niet-broedvogels een kwalificerende status hebben. Ook hier kan op basis van analyse van aanvaringsslachtoffers in de Eemshaven geconcludeerd worden dat in de vijf jaar monitoring, vijf van de in totaal acht slachtoffers vielen in het broedseizoen en derhalve betrekking hebben op niet-kwalificerende broedvogels. Dit betekent dat ca. 35% van het aantal slachtoffers gaat om (wel-) kwalificerende niet-broedvogels. Op basis hiervan is de gecumuleerde sterfte onder de kievit 41 slachtoffers, wat ruim onder de PBR- waarde valt. Dat betekent dat in cumulatie significant negatieve effecten op het instandhoudingsdoel van de kievit met zekerheid zijn uitgesloten.

Tabel 5.5 PBR in relatie tot gecumuleerde sterfte wilde eend

Soort	Nmin	PBR	Sterfte vanwege EHW	Gecumuleerde sterfte
Kievit	4.708	128	2-3	41

6 Samenvatting effectbeoordeling

Het initiatief Windpark Eemshaven West veroorzaakt in potentie negatieve effecten voor een aantal soorten waarvoor instandhoudingsdoelstellingen zijn gesteld in Natura 2000-gebied Waddenzee. Uit de effectbeoordeling blijkt dat, ook in cumulatie met andere plannen en projecten, deze effecten gezamenlijk dermate beperkt zijn dat deze, in aansluiting op de beoordeling in de cumulatiestudie uit 2017, met zekerheid niet leiden tot significant negatieve effecten ten aanzien van de natuurlijke kenmerken of de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebied Waddenzee.

In Tabel 6.1 zijn de resultaten van de effectbeschrijving samengevat voor de betreffende habitattypen, -habitatsoorten en vogels. Voor overige instandhoudingsdoelen is uit hoofdstuk 3 naar voren gekomen dat deze geen relatie hebben met het plangebied en dat uitgesloten is dat er door externe werking negatieve effecten kunnen optreden.

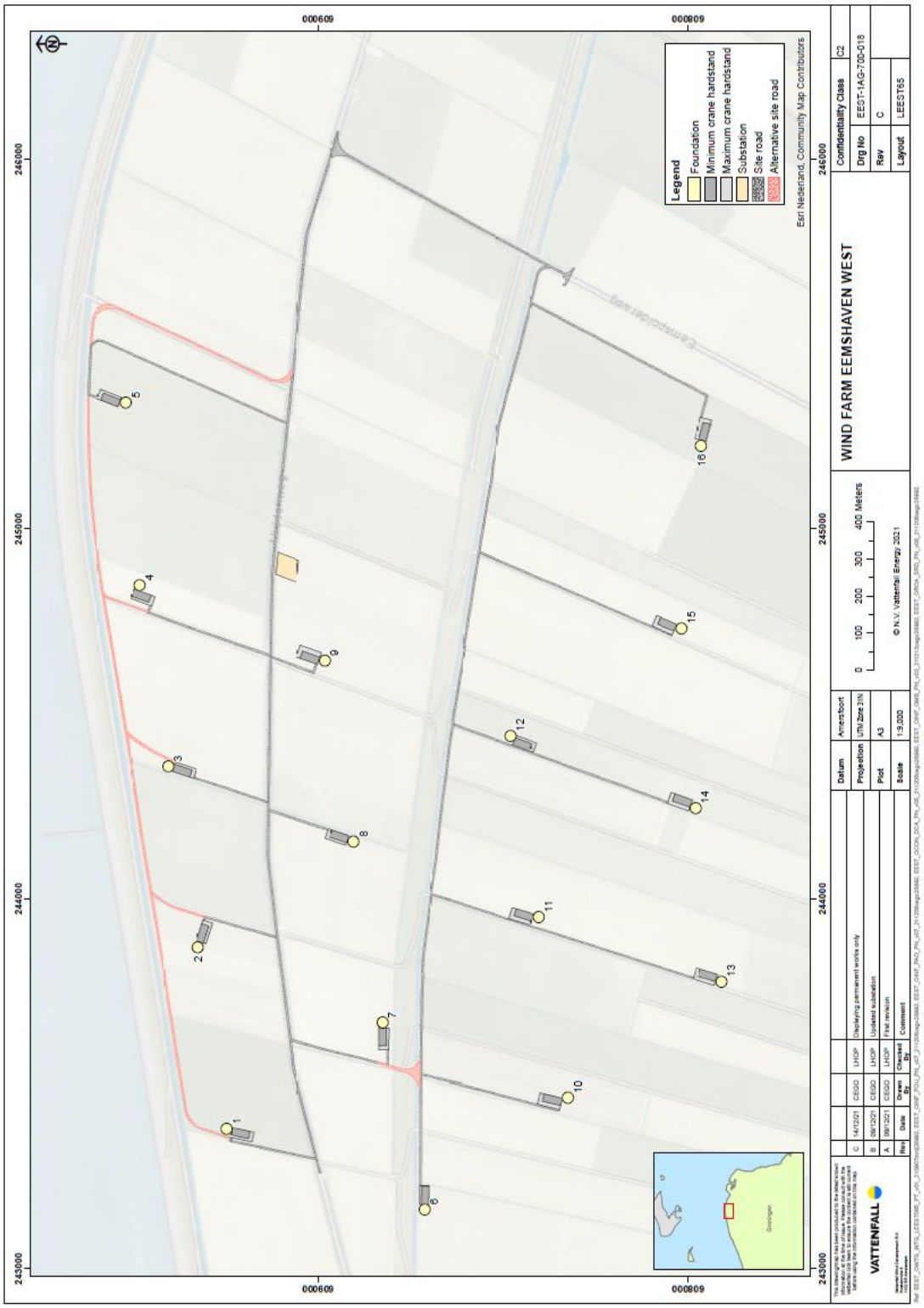
Tabel 6.1 Samenvatting effecten op Natura 2000-gebied Waddenzee

Instandhoudingsdoel Natura 2000-gebied Waddenzee	**Effect**	**Significant negatief effect?**
Habitattypen	• Depositie van stikstof (door emissie tijdens aanleg); • Aerius berekening toont aan <0,05 mol/ha/jaar • effect daardoor verwaarloosbaar klein	nee
Habitatsoorten		
Vissen en zeezoogdieren	• onderwater- en bovenwatergeluid door heiwerkzaamheden tijdens aanleg; • Bovenwatergeluid tijdens de exploitatiefase • Geen relevante onder- en bovenwatergeluidniveau's door uitdemping in de ondergrond en beperkte belast areaal in de Waddenzee • Beïnvloedt gebied niet van bijzonder belang • Voldoende ruimte voor vissen en zeezoogdieren om uit te wijken	nee
Broedvogels		
Bruine kiekendief	• Aanvaringsslachtoffers • Sterfte benaderd de 1% maar is niet significant gezien de beperkte sterfte (<1/jaar), het belang van het gebied voor de bruine kiekendief als broedvogel in de Waddenzee en de gunstige staat	nee
Kleine mantelmeeuw Visdief	• Aanvaringsslachtoffers • >1%-mortaliteitsnorm in cumulatie • Reeds in huidige situatie overschrijding van 1%-mortaliteitsnorm; het knelpunt van de overschrijding ligt elders; • De sterfte is beperkt tot een incidenteel slachtoffer (<1/jaar) • De bijdrage van het initiatief is verwaarloosbaar klein ten opzichte van de sterfte die de andere projecten veroorzaken • Uit de cumulatiestudie volgt dat de cumulatieve sterfte geen effect op de instandhoudingsdoelstellingen van de soorten heeft, de bijdrage van het project verandert die conclusie niet • Uit de aanvullende PBR-analyse blijkt dat de cumulatie sterfte van de relevante soorten ruim onder de PBR-waarde blijft en significant negatieve effecten op instandhoudingsdoelstellingen uitgesloten zijn	nee
Niet-broedvogels		
Wilde eend, kievit	• Aanvaringsslachtoffers • >1%-mortaliteitsnorm in cumulatie	Nee

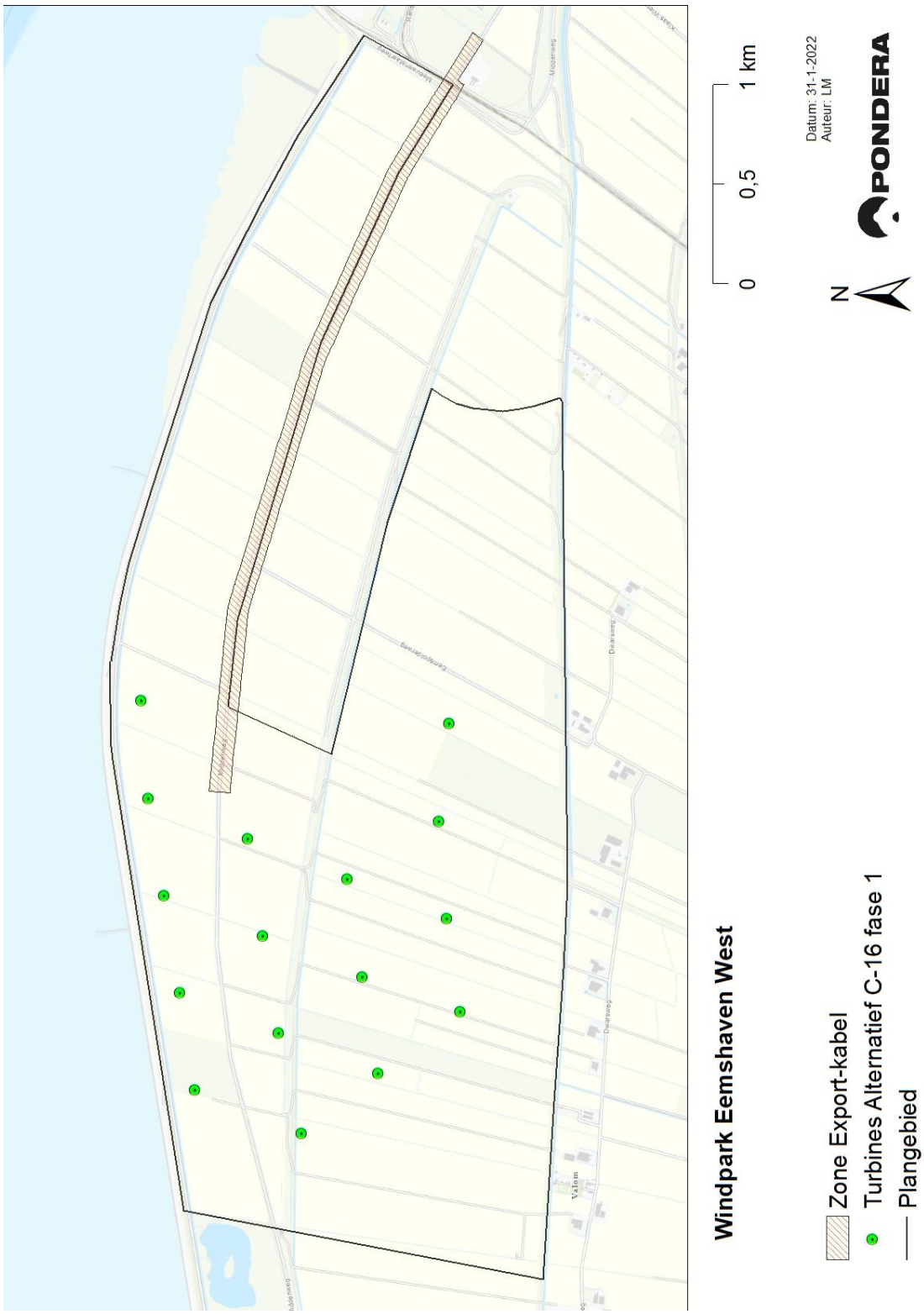
Instandhoudingsdoel Natura 2000-gebied Waddenzee	Effect	Significant negatief effect?
	• Reeds in huidige situatie overschrijding van 1%-mortaliteitsnorm; het knelpunt van de overschrijding ligt elders; • De bijdrage van het initiatief is zeer beperkt. Uit de cumulatiestudie volgt dat de cumulatieve sterfte geen effect op de instandhoudingsdoelstellingen van de soorten heeft, de bijdrage van het project verandert die conclusie niet • Uit de aanvullende PBR-analyse blijkt dat de cumulatie sterfte van de relevante soorten ruim onder de PBR-waarde blijft en significant negatieve effecten op instandhoudingsdoelstellingen uitgesloten zijn	
Grauwe gans	• Aanvaringsslachtoffers • >1%-mortaliteitsnorm in cumulatie • Reeds in huidige situatie overschrijding van 1%-mortaliteitsnorm; het knelpunt van de overschrijding ligt elders; • De sterfte is beperkt tot een incidenteel slachtoffer (<1/jaar) • De bijdrage van het initiatief is verwaarloosbaar klein ten opzichte van de sterfte die de andere projecten veroorzaken • Uit de cumulatiestudie volgt dat de cumulatieve sterfte geen effect op het behoud van de populatie heeft, de bijdrage van het project verandert die conclusie niet • Uit de aanvullende PBR-analyse blijkt dat de cumulatie sterfte van de relevante soorten ruim onder de PBR-waarde blijft en significant negatieve effecten op instandhoudingsdoelstellingen uitgesloten zijn	nee
Brandgans, Goudplevier, Wulp, Wintertaling, Bonte strandloper	• Aanvaringsslachtoffers • <1%-mortaliteitsnorm op zichzelf en in cumulatie	nee
Scholekster, Bontbekplevier, slobeend, bergeend, Zilverplevier, grutto	• geen aanvaringsslachtoffers verwacht	nee
Natuurschoon	• beïnvloeding van de aangewezen landschappelijke waarden van de Waddenzee als gevolg van het initiatief is dusdanig beperkt dat er geen sprake is van significant negatieve gevolgen voor de kernkwaliteiten van de Waddenzee	nee

Bijlage Overzichtskaart

Windturbinelocaties inclusief indicatief opstelplaatsen, transformatorstation en wegen



Zone exportkabel



Bijlage 7.1 - Aerius VKA

AERIUS CALCULATOR

Dit document bevat rekenresultaten van AERIUS Calculator. Het betreft de hoogst berekende stikstofbijdragen per stikstofgevoelig Natura 2000-gebied, op basis van rekenpunten die overlappen met habitattypen en/of leefgebieden die aangewezen zijn in het kader van de Wet natuurbescherming, gekoppeld aan een aangewezen soort, of nog onbekend maar mogelijk wel relevant.

De berekening op basis van stikstofemissies gaat uit van de componenten ammoniak (NH_3) en/of stikstofoxide (NO_x).

Wilt u verder rekenen of gegevens wijzigen? Importeer de pdf dan in Calculator. Voor meer toelichting verwijzen wij u naar de website www.aerius.nl.

Berekening Situatie 1

- Kenmerken
- Samenvatting emissies
- Depositieresultaten
- Gedetailleerde emissiegegevens

Verdere toelichting over deze PDF kunt u vinden in een bijbehorende leeswijzer. Deze leeswijzer en overige documentatie is te raadplegen via: https://www.aerius.nl/handleidingen-en-leeswijzers.

AERIUS CALCULATOR

Contact

Rechtspersoon	Inrichtingslocatie
Pondera Consult	WP Eemshaven West, 9979 XG Eemshaven

Activiteit

Omschrijving	AERIUS kenmerk
WP Eemshaven West, AERIUS v0.3	S6h1D6vnBzav

Datum berekening	Rekenjaar	Rekenconfiguratie
25 november 2021, 09:43	2021	Berekend voor natuurgebieden

Totale emissie

	Situatie 1
NOx	1.761,95 kg/j
NH3	11,83 kg/j

Resultaten

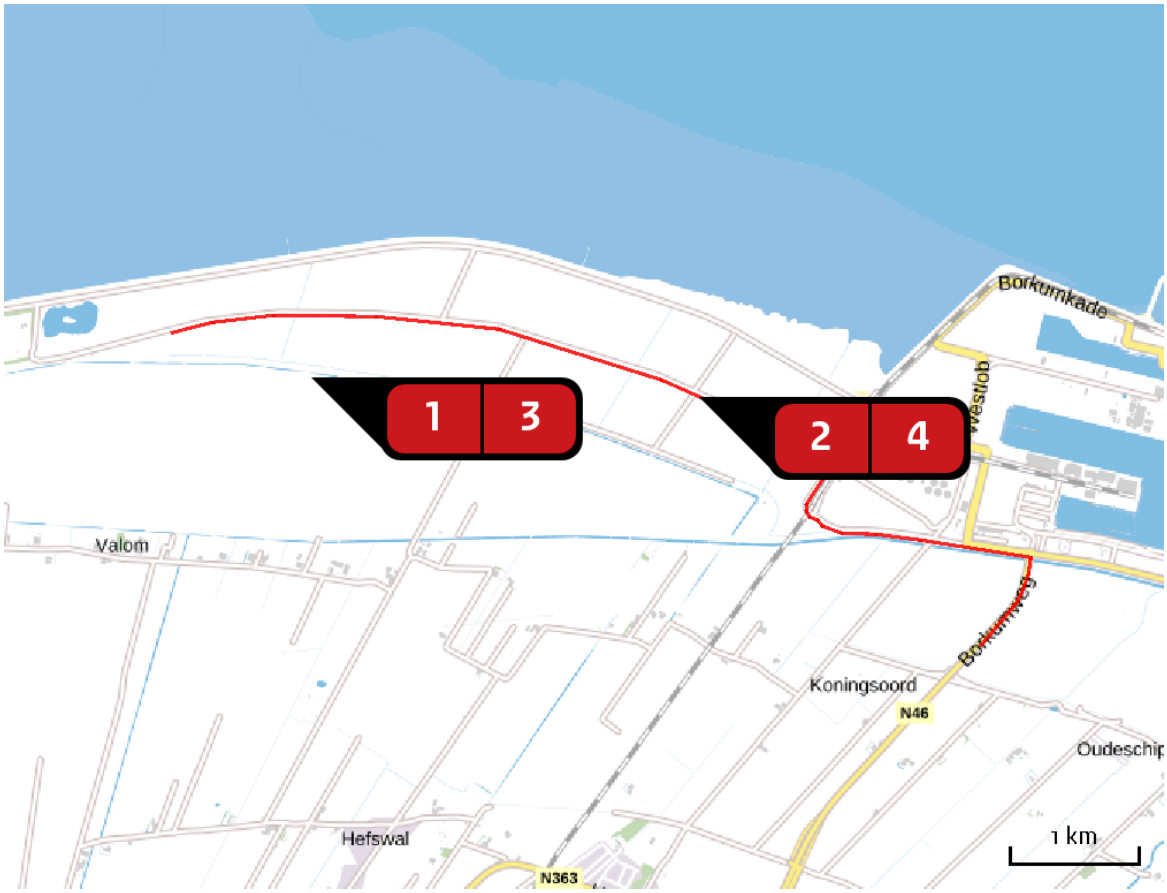
Hectare met hoogste bijdrage (mol/ha/j)

Natuurgebied	Bijdrage
Waddenzee	0,05

Toelichting

Voorkeursalternatief x2 inclusief transformatorstation, batterijopslag, 8 km wegen en 12 km kabel

Locatie
Situatie 1



Emissie
Situatie 1

Bron Sector			Emissie NH3	Emissie NOx
1		Windturbines en inkoopstation D1 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	2,03 kg/j	697,74 kg/j
2		Transporten Wegverkeer | Buitenwegen	3,89 kg/j	183,24 kg/j
3		Windturbines en inkoopstation D1 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	2,03 kg/j	697,74 kg/j
4		Transporten Wegverkeer | Buitenwegen	3,89 kg/j	183,24 kg/j

Resultaten stikstof gevoelige Natura 2000 gebieden (mol/ha/j)

Natuurgebied	Hoogste bijdrage	Bijdrage op (bijna) overbelaste hexagonen*
Waddenzee	0,05	-

* Als de hoogste depositietoename plaatsvindt op een hexagoon waar géén sprake is van een (naderende) stikstofoverbelasting, dan is de hoogste toename op een hexagoon met wel een (naderende) stikstofoverbelasting in deze kolom weergegeven.

Resultaten per habitattype (mol/ha/j)

voor de 10 stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden met het hoogste resultaat

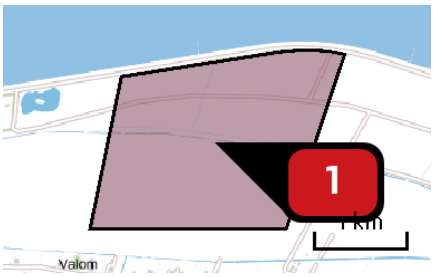
Waddenzee

Habitattype	Hoogste bijdrage	Bijdrage op (bijna) overbelaste hexagonen*
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,05	-
H1320 Slijkgrasvelden	0,04	-
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,04	-
H2110 Embryonale duinen	0,01	-
ZGH2120 Witte duinen	0,01	-
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	0,01	-
ZGH2110 Embryonale duinen	0,01	-
ZGH2130A Grijze duinen (kalkrijk)	0,01	-
ZGH2160 Duindoornstruwelen	0,01	-

* Als de hoogste depositietoename plaatsvindt op een hexagoon waar géén sprake is van een (naderende) stikstofoverbelasting, dan is de hoogste toename op een hexagoon met wel een (naderende) stikstofoverbelasting in deze kolom weergegeven.

Emissie (per bron)

Situatie 1

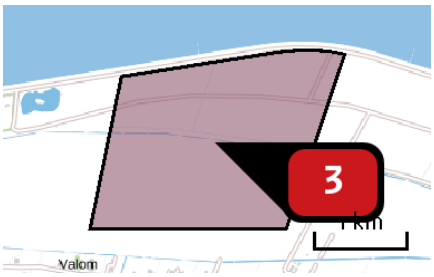


Naam	Windturbines en inkoopstation D1
Locatie (X,Y)	244360, 608646
NOx	697,74 kg/j
NH_3	2,03 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Verreiker	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	32,66 kg/j < 1 kg/j
AFW	Hulpkraan	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	33,12 kg/j < 1 kg/j
AFW	Hoofdkraan	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	158,98 kg/j < 1 kg/j
AFW	Betonmixer	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	30,91 kg/j < 1 kg/j
AFW	Betonpomp	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	30,91 kg/j < 1 kg/j
AFW	Heimachine	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	38,02 kg/j < 1 kg/j
AFW	Shovel	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	95,04 kg/j < 1 kg/j
AFW	Rupskraan	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	158,40 kg/j < 1 kg/j
AFW	Asfalteermachine	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	2,92 kg/j < 1 kg/j
AFW	Wals	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	12,67 kg/j < 1 kg/j
AFW	Tractor Haspel	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	33,26 kg/j < 1 kg/j
AFW	Generator groot	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	15,74 kg/j < 1 kg/j
AFW	Generator klein	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	55,10 kg/j < 1 kg/j

Naam	Transporten
Locatie (X,Y)	247374, 608500
NOx	183,24 kg/j
NH3	3,89 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Middelzwaar vrachtverkeer	2.576,0 / jaar	NOx NH3	51,35 kg/j < 1 kg/j
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	4.234,0 / jaar	NOx NH3	129,13 kg/j 2,80 kg/j
Standaard	Licht verkeer	1.296,0 / jaar	NOx NH3	2,76 kg/j < 1 kg/j



Naam	Windturbines en inkoopstation D1
Locatie (X,Y)	244360, 608646
NOx	697,74 kg/j
NH_3	2,03 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Verreiker	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	32,66 kg/j < 1 kg/j
AFW	Hulpkraan	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	33,12 kg/j < 1 kg/j
AFW	Hoofdkraan	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	158,98 kg/j < 1 kg/j
AFW	Betonmixer	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	30,91 kg/j < 1 kg/j
AFW	Betonpomp	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	30,91 kg/j < 1 kg/j
AFW	Heimachine	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	38,02 kg/j < 1 kg/j
AFW	Shovel	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	95,04 kg/j < 1 kg/j
AFW	Rupskraan	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	158,40 kg/j < 1 kg/j
AFW	Asfalteermachine	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	2,92 kg/j < 1 kg/j
AFW	Wals	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	12,67 kg/j < 1 kg/j
AFW	Tractor Haspel	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	33,26 kg/j < 1 kg/j
AFW	Generator groot	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	15,74 kg/j < 1 kg/j
AFW	Generator klein	4,0	4,0	0,0	NOx NH3	55,10 kg/j < 1 kg/j

Naam	Transporten
Locatie (X,Y)	247374, 608500
NOx	183,24 kg/j
NH3	3,89 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Middelzwaar vrachtverkeer	2.576,0 / jaar	NOx NH3	51,35 kg/j < 1 kg/j
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	4.234,0 / jaar	NOx NH3	129,13 kg/j 2,80 kg/j
Standaard	Licht verkeer	1.296,0 / jaar	NOx NH3	2,76 kg/j < 1 kg/j

Disclaimer

Hoewel verstrekte gegevens kunnen dienen ter onderbouwing van een vergunningaanvraag, kunnen er geen rechten aan worden ontleend. De eigenaar van AERIUS aanvaardt geen aansprakelijkheid voor de inhoud van de door de gebruiker aangeboden informatie. Bovenstaande gegevens zijn enkel bruikbaar tot er een nieuwe versie van AERIUS beschikbaar is. AERIUS is een geregistreerd handelsmerk in Europa. Alle rechten die niet expliciet worden verleend, zijn voorbehouden.

Rekenbasis

Deze berekening is tot stand gekomen op basis van:

AERIUS	versie 2020_20210525_2040287d5b
Database	versie 2020_20210713_c09c249ebe

Voor meer informatie over de gebruikte methodiek en data zie:
https://www.aerius.nl/nl/factsheets/release/aerius-calculator-2020

Bijlage 7.2 AERIUS- rapportage V2

Projectberekening

Dit document geeft een overzicht van de invoer en rekenresultaten van een Projectberekening met AERIUS Calculator. De berekening is uitgevoerd binnen stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden, op rekenpunten die overlappen met habitattypen en/of leefgebieden die aangewezen zijn in het kader van de Wet natuurbescherming, gekoppeld aan een aangewezen soort, of nog onbekend maar mogelijk wel relevant, en waar tevens sprake is van een overbelaste of bijna overbelaste situatie voor stikstof.

- Overzicht
- Samenvatting situaties
- Resultaten
- Detailgegevens per emissiebron

Meer toelichting over deze PDF kunt u vinden in een bijbehorende leeswijzer. Deze leeswijzer en overige documentatie is te raadplegen via: www.aerius.nl/handleidingen-en-leeswijzers

Contactgegevens

Rechtspersoon	Pondera Consult
Inrichtingslocatie	WP Eemshaven West, 9979 XG Eemshaven

Activiteit

Omschrijving	WP Eemshaven West, AERIUS v0.3
Toelichting	Voorkeursalternatief x2 inclusief transformatorstation, batterijopslag, 8 km wegen en 12 km kabel

Berekening

AERIUS kenmerk	RbJzFNCNa5KK
Datum berekening	28 januari 2022, 09:26
Rekenconfiguratie	Wnb-rekengrid incl. eigen rekenpunten

Totale emissie

	Rekenjaar	Emissie NH3	Emissie NOx
Situatie 1 - Beoogd	2021	< 0,1 ton/j	1,8 ton/j

Resultaten

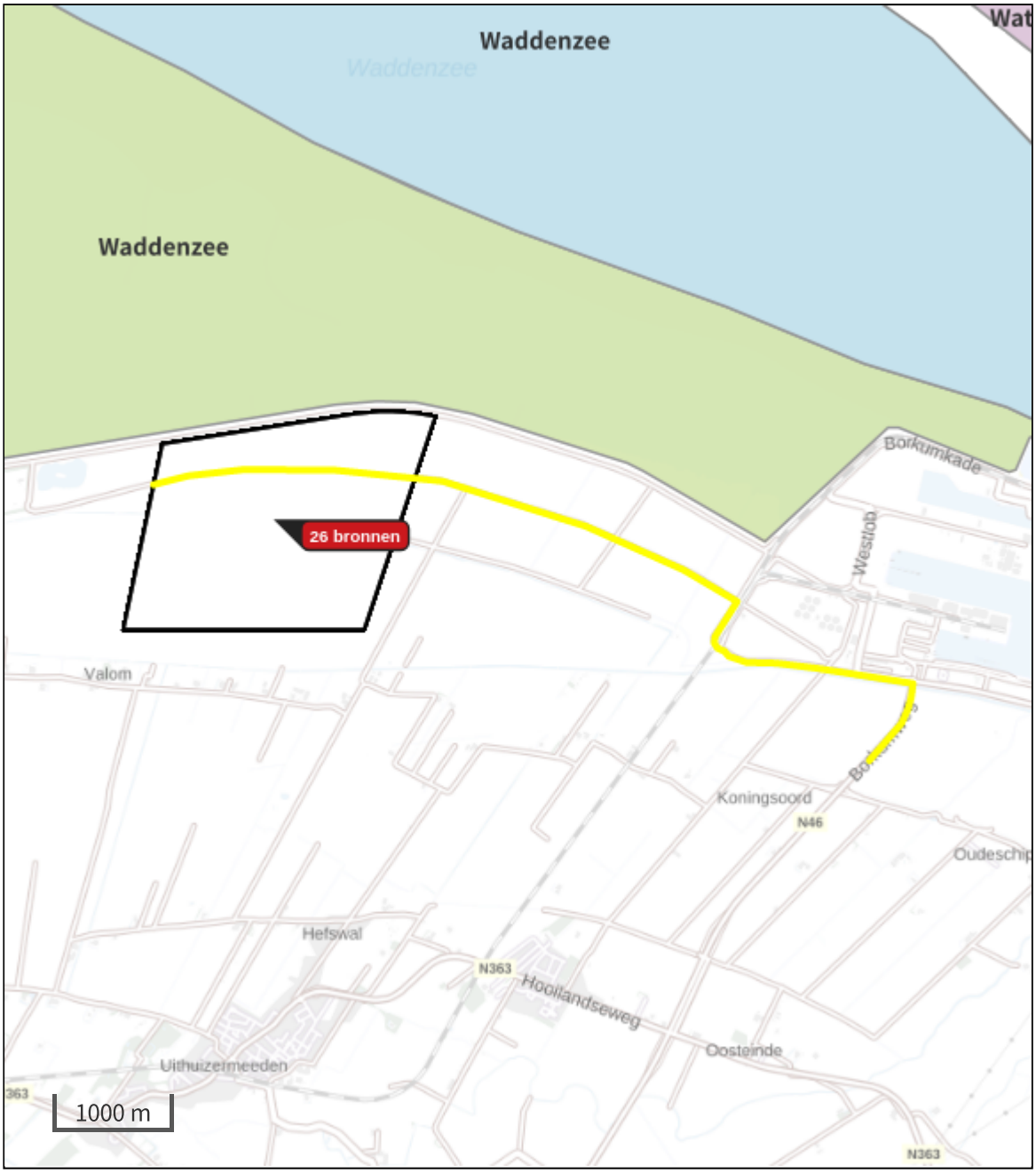
	Hoogste depositie	Hexagon	Gebied
Situatie 1 - Beoogd	-		
Gekarteerd oppervlak met toename (ha)	0,00 ha		
Gekarteerd oppervlak met afname (ha)	0,00 ha		
Grootste toename van depositie	0,00 mol/ha/j		
Grootste afname van depositie	0,00 mol/ha/j		

Situatie 1 (Beoogd), rekenjaar 2021

Emissiebronnen	Emissie NH3	Emissie NOx
3 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Verreiker	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
4 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Hulpkraan	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
5 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Hoofdkraan	< 0,1 ton/j	0,2 ton/j
6 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Betonmixer	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
7 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Betonpomp	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
8 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Heimachine	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
9 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Shovel	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
10 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Rupskraan	< 0,1 ton/j	0,2 ton/j
11 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Asfalteermachine	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
12 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Wals	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
13 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Tractor Haspel	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
14 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Generator groot	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
15 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Generator klein	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
16 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Verreiker	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
17 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Hulpkraan	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j

Emissiebronnen	Emissie NH3	Emissie NOx
18 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Hoofdkraan	< 0,1 ton/j	0,2 ton/j
19 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Betonmixer	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
20 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Betonpomp	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
21 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Heimachine	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
22 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Shovel	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
23 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Rupskraan	< 0,1 ton/j	0,2 ton/j
24 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Asfalteermachine	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
25 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Wals	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
26 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Tractor Haspel	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
27 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Generator groot	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
28 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning | Windturbines en inkoopstation D1; Generator klein	< 0,1 ton/j	< 0,1 ton/j
Verkeersnetwerk	< 0,1 ton/j	0,4 ton/j

Hoogste af- en toename op (bijna) overbelaste stikstofgevoelige Natura 2000 gebieden.



Habitatrichtlijn
Vogelrichtlijn
Vogelrichtlijn, Habitatrichtlijn
Niet bepaald
Grootste afname van depositie
Grootste toename van depositie
Hoogste totale depositie

De bronnen op de kaart horen bij de Beoogde situatie.

Resultaten stikstofgevoelige Natura 2000 gebieden situatie "Situatie 1" (Beoogd) incl. saldering e/o referentie

	Berekend (ha gekarteerd)	Hoogste totale depositie (mol/ha/jr)	Met toename (ha gekarteerd)	Grootste toename (mol/ha/jr)	Met afname (ha gekarteerd)	Grootste afname (mol/ha/jr)
Totaal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Per eigen rekenpunt	Naam	Coördinaat	Projectbijdrage (mol/ha/jr)
1	Borkum 1	X:243504 Y:619518	0,01
2	Borkum 2	X:241721 Y:620856	0,01

Situatie 1, Rekenjaar 2021

3 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Verreiker	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	< 0,1 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

4 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Hulpkraan	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	< 0,1 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

5 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Hoofdkraan	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	0,2 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

6 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Betonmixer	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	< 0,1 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

7 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Betonpomp	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	< 0,1 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

8 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Heimachine	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	< 0,1 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

9 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Shovel	Uittreedhoogte	4,0 m	NOx	< 0,1 ton/j
		Warmteinhoud	0,000 MW	NH3	< 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

10 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Rupskraan	Uittreedhoogte	4,0 m	NOx	0,2 ton/j
		Warmteinhoud	0,000 MW	NH3	< 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

11 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Asfalteermachine	Uittreedhoogte	4,0 m	NOx	< 0,1 ton/j
		Warmteinhoud	0,000 MW	NH3	< 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

12 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Wals	Uittreedhoogte	4,0 m	NOx	< 0,1 ton/j
		Warmteinhoud	0,000 MW	NH3	< 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

13 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Tractor Haspel	Uittreedhoogte	4,0 m	NOx	< 0,1 ton/j
		Warmteinhoud	0,000 MW	NH3	< 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

14 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Generator groot	Uittreedhoogte	4,0 m	NOx	< 0,1 ton/j
		Warmteinhoud	0,000 MW	NH3	< 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

15 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Generator klein	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	< 0,1 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

16 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Verreiker	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	< 0,1 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

17 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Hulpkraan	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	< 0,1 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

18 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Hoofdkraan	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	0,2 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

19 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Betonmixer	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	< 0,1 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

20 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Betonpomp	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	< 0,1 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

21 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Heimachine	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	< 0,1 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

22 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Shovel	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	< 0,1 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

23 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Rupskraan	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	0,2 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

24 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Asfalteermachine	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	< 0,1 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

25 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Wals	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	< 0,1 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

26 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Tractor Haspel	Uittreedhoogte Warmteinhoud	4,0 m 0,000 MW	NOx NH3	< 0,1 ton/j < 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

27 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Generator groot	Uittreedhoogte	4,0 m	NOx	< 0,1 ton/j
		Warmteinhoud	0,000 MW	NH3	< 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

28 Mobiele werktuigen | Bouw, Industrie en Delfstoffenwinning

Naam	Windturbines en inkoopstation D1; Generator klein	Uittreedhoogte	4,0 m	NOx	< 0,1 ton/j
		Warmteinhoud	0,000 MW	NH3	< 0,1 ton/j
Wijze van ventilatie	Niet geforceerd				
Temporele Variatie	Standaard Profiel Industrie				

Disclaimer

Hoewel verstrekte gegevens kunnen dienen ter onderbouwing van een vergunningaanvraag, kunnen er geen rechten aan worden ontleend. De eigenaar van AERIUS aanvaardt geen aansprakelijkheid voor de inhoud van de door de gebruiker aangeboden informatie. Bovenstaande gegevens zijn enkel bruikbaar tot er een nieuwe versie van AERIUS beschikbaar is. AERIUS is een geregistreerd handelsmerk in Europa. Alle rechten die niet expliciet worden verleend, zijn voorbehouden.

Rekenbasis

Deze berekening is tot stand gekomen op basis van:

AERIUS versie	2021_20220120_17ff380b1e
Database versie	2021_17ff380b1e

Voor meer informatie over de gebruikte methodiek en data zie:
https://www.aerius.nl/

Bijlage 7.3 PBR analyse Windpark Eemshaven West

NOTITIE

Vattenfall Wind Development B.V.
PAC code: 1AA5211
Postbus 41920
1009 DC Amsterdam

DATUM:	29 dec 2021
ONS KENMERK:	19-0564/22.00122/RolVV
UW KENMERK:	berekening PBR
AUTEUR:	dr. R.E. van der Vliet & J.C. Kleyheeg-Hartman MSc.
PROJECTLEIDER:	dr. R.E. van der Vliet
STATUS:	definitief
CONTROLE:	J.C. Kleyheeg-Hartman MSc.

PBR-analyse Windpark Eemshaven West

In de natuurtoets naar de effecten van Windpark Eemshaven West bleek dat in cumulatie significant negatieve effecten op het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen van enkele vogelsoorten van Natura 2000-gebied Waddenzee niet met zekerheid konden worden uitgesloten (Kleyheeg-Hartman *et al.* 2021). In deze natuurtoets is voor de beoordeling van de cumulatieve effecten gebruik gemaakt van de 1%-mortaliteitsnorm. Wanneer de 1%-mortaliteitsnorm niet wordt overschreden kan het optreden van significant negatieve effecten met zekerheid uitgesloten worden. Bij een overschrijding is een nadere beoordeling nodig om vast te stellen of er sprake is of kan zijn van significant negatieve effecten op het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen van de betrokken soorten.

In een eerdere cumulatiestudie betreffende alle windparken en vergelijkbare projecten in de omgeving van Eemshaven en Delfzijl (Klop *et al.* 2017) is in een vergelijkbare situatie via de rekenmethode van Potential Biological Removal (hierna: PBR) nader beoordeeld of significant negatieve effecten konden worden uitgesloten. Omdat Windpark Eemshaven West in dezelfde regio ligt en dus effecten kan hebben op het doelbereik van dezelfde instandhoudingsdoelstellingen als waarvoor Klop *et al.* (2017) deze methode heeft ingezet, worden in deze notitie ook de effecten van Windpark Eemshaven West via de PBR-methode nader getoetst.

In deze notitie wordt eerst de PBR-methode nader toegelicht, waarna per soort de input voor de rekenmethode wordt bepaald. Hierna worden de resultaten gepresenteerd.

Conclusie

De (gecumuleerde) sterfte ligt voor kleine mantelmeeuw en grauwe gans zeer ruim onder de PBR. Significant negatieve effecten op de populaties van deze soorten zijn op grond hiervan met zekerheid uit te sluiten.

Bij wilde eend en kievit ligt de mortaliteit ook onder de PBR, maar hier is de marge aanzienlijk kleiner. Bij visdief is sprake van een overschrijding van de PBR. Op basis van inhoudelijk-ecologische argumenten is ook voor deze drie soorten een significant effect vanwege cumulatie op het behalen van de respectievelijke instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebied Waddenzee uitgesloten.

De rekenmethode Potential Biological Removal (PBR)

De Potential Biological Removal (PBR) is een (reken)methode waarmee een inschatting gemaakt kan worden van de door mensen veroorzaakte sterfte die door een populatie gedragen kan worden. Deze methode is door Wade (1998) ontwikkeld en toegepast voor populaties van zeezoogdieren (*Cetaceans* en *Pinnipeds*) en is later overgenomen voor vogelpopulaties (Milner-Gulland & Akçakaya 2001, Dillingham & Fletcher 2008, Richard & Abraham 2013). De methode is inmiddels ook al verschillende malen gebruikt om een inschatting te maken van het potentiële effect op vogelpopulaties van additionele sterfte als gevolg van aanvaringen met windturbines (Watts 2010, Poot *et al.* 2011, Sugimoto & Matsuda 2011, Bellebaum *et al.* 2013, Gyimesi *et al.* 2018, Leemans *et al.* 2021). De PBR wordt berekend volgens de formule (Wade 1998):

$$PBR = 0{,}5 * R_{max} * N_{min} * rf \qquad (1)$$

Waarin R_{max} de maximale jaarlijkse reproductie (aantal jongen per paar per jaar) representeert, N_{min} een conservatieve schatting van de populatiegrootte en *rf* een *recovery factor* tussen 0,1 en 1,0 (Wade 1998, Dillingham & Fletcher 2008). R_{max} en de maximale jaarlijkse groeisnelheid van de populatie (λ_{max}) zijn gerelateerd volgens:

$$R_{max} = \lambda_{max} - 1 \qquad (2)$$

Wanneer voldoende demografische informatie voorhanden is kan λ_{max} geschat worden met behulp van matrixmodellen. Wanneer weinig demografische informatie beschikbaar is kan een schatting van λ_{max} gemaakt worden met behulp van de *demographic invariant method* (DIM), ontwikkeld door Niel & Lebreton (2005). Hiervoor is alleen de overleving van volwassen vogels (s) en de leeftijd waarop de soorten voor het eerst broeden (α) nodig. Een schatting van λ_{max} kan dan verkregen worden door de volgende formule in te vullen:

$$\lambda_{max} \approx \frac{(s\alpha - s + \alpha + 1) + \sqrt{((s - s\alpha - \alpha - 1)^2 - 4s\alpha^2)}}{2\alpha} \qquad (3)$$

De *worst case* schatting van de PBR wordt verkregen door een hoge sterfte van volwassen vogels (s) en ook een hoge leeftijd waarop vogels voor het eerst broeden (α) aan te nemen.

Wade (1998) suggereerde om voor N_{min} de ondergrens van een 60% betrouwbaarheids-interval te hanteren. Voor vogels zijn echter zelden populatieschattingen beschikbaar, waarvan tevens de variatie bekend is (Watts 2010). In dit geval hebben we daarom (conservatief) de ondergrens van de beschikbare populatieschattingen gehanteerd.

De *management factor rf* wordt gebruikt om onderscheid te kunnen maken in de 'hersteltijd' voor populaties die onder druk staan (van bedreigde soorten) en voor populaties die stabiel zijn, of die een sterke groei kennen (van niet bedreigde soorten). Voor bedreigde soorten en/of voor populaties die (sterk) afnemen wordt over het algemeen *rf* = 0,1 gehanteerd, zodat met zekerheid een conservatieve PBR wordt berekend. Voor niet bedreigde soorten met stabiele of zelfs groeiende populaties wordt over het algemeen *rf* = 0,5 gebruikt. Alleen wanneer zeker is dat geen fouten zijn gemaakt in R_{max} of N_{min} en wanneer de populatie zonder twijfel stabiel is of groeit, kan ervoor gekozen worden om *rf* = 1,0 toe te passen.

Voor de toetsing van voorziene sterfte aan de PBR geldt een andere aanpak dan bij toetsing aan de 1%-mortaliteitsnorm. Voor de 1%-mortaliteitsnorm geldt dat het optreden van significant negatieve effecten op de populatie met zekerheid uitgesloten kan worden als de voorziene sterfte onder de 1%-mortaliteitsnorm blijft. Er zal dan geen sprake zijn van een wezenlijk effect op de populatie. De PBR is echter een heel andere maat, die bedoeld is om aan te geven hoeveel dieren/vogels er uit een populatie 'geoogst' kunnen worden zonder dat de populatie als gevolg daarvan zal uitsterven. Dat is een hele andere benadering. De PBR is een relatief simpel model, waarbij aannames ten aanzien van de in te vullen parameters, zoals de *recovery factor,* een belangrijke invloed hebben op de uitkomst. Daarom worden de waardes voor R_{max}, N_{min} en *rf* hieronder zorgvuldig onderbouwd.

Bij toetsing van de voorziene additionele sterfte aan de PBR moet rekening gehouden worden met het feit dat niet alleen de door het initiatief (of in geval van cumulatie een veelheid aan initiatieven) veroorzaakte additionele sterfte onder de PBR moet blijven, maar alle door mensen veroorzaakte additionele sterfte van vogels uit de betreffende populaties (O'Brien *et al.* 2017). Dat betekent dus ook (niet-natuurlijke) sterfte die elders in de *flyway* optreedt of sterfte die optreedt bij projecten die niet in de (cumulatieve) beoordeling zijn betrokken. Een overschrijding van de PBR betekent dat de populatie mogelijk zal uitsterven als gevolg van de additionele sterfte. Het optreden van significant negatieve effecten op de populatie kan daarom alleen met zekerheid uitgesloten worden als de voorziene sterfte ruim onder de (op conservatieve wijze berekende) PBR blijft, zodat aannemelijk is dat alle additionele niet-natuurlijke sterfte in de populatie onder de PBR blijft.

Onderbouwing soortspecifieke input voor PBR

Uit de natuurtoets (Kleyheeg-Hartman *et al.* 2021) kwam naar voren dat voor de broedvogelsoorten kleine mantelmeeuw en visdief en de niet-broedvogelsoorten grauwe gans, wilde eend en kievit het cumulatieve aantal berekende slachtoffers boven de 1%-mortaliteitsnorm voor Natura 2000-gebied Waddenzee ligt. Ook Klop *et al*. (2017) berekenden voor deze soorten al een overschrijding. Hoewel de bijdrage van Windpark

Eemshaven West aan deze overschrijding in alle vijf gevallen verwaarloosbaar is, is mogelijk iedere toename in sterfte te veel voor de betrokken populaties. Om deze reden wordt in deze notitie voor deze vijf soorten een nadere beoordeling aan de hand van de PBR uitgevoerd.

R_{max} is berekend via formule 2. Hiervoor dient λ_{max} te worden berekend waarvoor per soort als input alleen de overleving van volwassen vogels (s) en de leeftijd waarop de soorten voor het eerst broeden (α) benodigd is. De overleving van volwassen vogels is afkomstig van de British Trust for Ornithology (www.bto.org). Voor de leeftijd waarop de soorten voor het eerst broeden zijn de door Klop *et al.* (2017) gebruikte data aangehouden aangezien deze intrinsieke parameter niet zal wijzigen in de loop der tijd. Voor de vijf soorten worden relevante inputwaardes voor de parameter R_{max} vermeld in tabel 1.

Tabel 1 *Inputwaardes voor de parameter R_{max} van het PBR-model voor vijf soorten met een instandhoudingsdoelstelling voor Natura 2000-gebied Waddenzee*

Soort	Jaarlijkse overleving	Leeftijd broeden	R_{max}
broedvogelsoort			
kleine mantelmeeuw	0,913	4	0,118
visdief	0,900	3	0,152
niet-broedvogelsoort			
grauwe gans	0,830	3	0,188
wilde eend	0,627	1	0,611
kievit	0,705	1	0,543

Voor de bepaling van N_{min} is gebruik gemaakt van SOVON-data tussen 2015 en 2020 (broedvogels) en tussen 2014/15 en 2019/20 (niet-broedvogels), waarbij, vergelijkbaar met Klop *et al.* (2017), als *worst case* is uitgegaan van de minimum populatiegrootte in die periode. Net als bij Klop *et al.* (2017) is voor broedvogels de populatie berekend door het aantal broedparen te vermenigvuldigen met 3 om te corrigeren voor niet-broedende individuen (*floaters*) in de populatie.

De *rf* per soort is bepaald aan de hand van zowel *1.* de gemiddelde actuele populatie ten opzichte van de instandhoudingsdoelstelling, als *2.* de korte termijntrend. Indien voor een soort beide positief zijn (+) dan is een waarde van 0,5 voor *rf* aangehouden. In andere gevallen is een waarde van 0,1 aangehouden. Tabel 2 geeft nadere informatie over N_{min} en de bepaling van *rf* per soort.

Met behulp van deze inputwaardes is de PBR berekend voor de vijf soorten en vergeleken met de berekende cumulatieve mortaliteit. Deze is gerapporteerd in de natuurtoets (Kleyheeg-Hartman *et al.* 2021).

Tabel 2 *Inputwaardes voor de parameter N_{min} van het PBR-model alsmede instandhoudingsdoelstelling (IHD), korte termijntrend (sinds 2008 voor broedvogels en 2007 voor niet-broedvogels) en gemiddelde populatie ter bepaling van de parameter rf voor vijf soorten met een instandhoudingsdoelstelling voor Natura 2000-gebied Waddenzee. Trendsymbolen: onzeker: onzeker, geen trend aantoonbaar; +: significante matige toename van < 5% per jaar; 0: stabiel, geen significante trend; -: matige significante afname van < 5% per jaar*

Soort	N_{min}	IHD	N_{gem}	N_{gem} vs IHD	trend	rf
Broedvogelsoort (IHD en N_{gem} in broedparen)						
kleine mantelmeeuw	51.621	19.000	17.207	-	onzeker	0,1
visdief	4.350	5.300	1.853	-	onzeker	0,1
niet-broedvogelsoort (IHD en N_{gem} in exemplaren)						
grauwe gans	14.064	7.000	15.282	+	+	0,5
wilde eend	11.431	25.400	12.643	-	-	0,1
kievit	4.708	10.800	9.174	-	0	0,1

Resultaten

Tabel 3 geeft per doorgerekende soort de PBR-waardes vergeleken met de berekende cumulatieve mortaliteit voor de betrokken populaties uit Natura 2000-gebied Waddenzee.

Tabel 3 *Inputwaardes voor de berekening van de PBR voor vijf soorten met een instandhoudingsdoelstelling voor Natura 2000-gebied Waddenzee, vergeleken met de berekende sterfte vanwege Windpark Eemshaven West (zowel op zichzelf als cumulatief en gecorrigeerd cumulatief; zie hoofdtekst). WPEW = Windpark Eemshaven West*

					Berekende sterfte		
Soort	R_{max}	N_{min}	rf	PBR	vanwege WPEW	cumulatie	correctie cumulatie
kleine mantelmeeuw	0,118	51.621	0,1	306	0-1	72	nvt
visdief	0,152	4.350	0,1	33	0-1	54	12
grauwe gans	0,188	14.064	0,5	661	0-1	52	nvt
wilde eend	0,611	11.431	0,1	349	2-3	293	100
kievit	0,543	4.708	0,1	128	2-3	112	41

Op basis van gegevens in tabel 3 wordt geconcludeerd dat de (gecumuleerde) sterfte voor kleine mantelmeeuw en grauwe gans zeer ruim onder de PBR ligt. Het optreden van significant negatieve effecten op de populaties van deze soorten zijn op grond hiervan met zekerheid uit te sluiten.

Bij wilde eend en kievit ligt de mortaliteit ook onder de PBR, maar hier is de marge aanzienlijk kleiner. Bij visdief is sprake van een kleine overschrijding van de PBR. Deze drie soorten worden hieronder in meer detail besproken.

Wilde eend

Bij de wilde eend hebben uitsluitend de niet-broedvogels een kwalificerende status. Klop *et al*. (2017) analyseerden de ruwe data van enkele windparken in de omgeving van Delfzijl

en de Eemshaven. Zij vonden dat voor de wilde eend veruit de meeste slachtoffers (87%) in Windpark Delfzijl-Zuid vielen in de periode april t/m juni. Deze slachtoffers hebben zodoende betrekking op lokale (niet kwalificerende) broedvogels en niet op (wel kwalificerende) in de (omgeving van de) Waddenzee overwinterende dieren. Bij de Eemshaven viel *ca*. tweederde van de slachtoffers in het broedseizoen. Klop *et al*. (2017) concludeerden dan ook dat waarschijnlijk minder dan een derde van de cumulatieve slachtoffers van de wilde eend uit kwalificerende vogels bestaat. Wanneer het (conservatieve) getal van eenderde wordt toegepast op het aantal van 290 slachtoffers uit de studie van Klop *et al*. (2017) wordt onder niet-broedvogels een aantal slachtoffers van 97 berekend. Voor Windpark Eemshaven West is een aantal van maximaal drie slachtoffers onder niet-broedvogels berekend, resulterend in een gecumuleerd totaal van 100 slachtoffers onder niet-broedvogels in Delfzijl en de Eemshaven (Tabel 3). Dit aantal ligt veel lager dan de PBR-waarde van 349 (Tabel 3) zodat ook in cumulatie significant negatieve effecten op de niet-broedvogelpopulatie van de wilde eend met zekerheid zijn uitgesloten.

Kievit

Vergelijkbaar met de wilde eend hebben bij de kievit uitsluitend de niet-broedvogels een kwalificerende status. Ook de kievit komt echter jaarrond voor in Natura 2000-gebied Waddenzee en omringende gebieden inclusief het plangebied van Windpark Eemshaven West. Aantallen kieviten kunnen van jaar tot jaar behoorlijk fluctueren als gevolg van weersomstandigheden.

De N_{min} voor kievit is gebaseerd op de aantallen in het seizoen van (juli) 2018 tot (juni) 2019 toen er volgens www.sovon.nl gemiddeld per maand 4.708 exemplaren zijn geteld in Natura 2000-gebied Waddenzee. Dit is bijna de helft van het gemiddelde aantal exemplaren (N_{gem}) dat er in de seizoenen 2014/15 en 2019/20 in de Waddenzee is geteld. Voor heel Nederland gold dat evenzo (Hornman *et al*. 2021). Bovendien was het landelijk zo dat gedurende het hele seizoen het maximum aantal kieviten net iets meer dan de helft van dat van het seizoen ervoor was (Hornman *et al*. 2021). In het seizoen 2019/20 lag het gemiddelde aantal (N_{gem}) in de Waddenzee bijvoorbeeld op 12.336 exemplaren (waarmee dus de instandhoudingsdoelstelling van 10.800 exemplaren werd gehaald). Ondanks deze verschillen in aantallen is de korte termijntrend voor kievit in Natura 2000-gebied Waddenzee stabiel (Tabel 2). Landelijk is de trend negatief zodat de Waddenzee er in dat opzicht positief uitspringt voor de soort (Hornman *et al*. 2020).

Hoewel zowel het landelijke aantal als dat van Natura 2000-gebied Waddenzee in seizoen 2018/19 erg laag waren, konden hiervoor geen specifieke oorzaken worden aangewezen (Hornman *et al*. 2021). Zo was het weer in 2018-2019 niet van dien aard (kou in de winter) dat vele kieviten het land hebben ontvlucht.

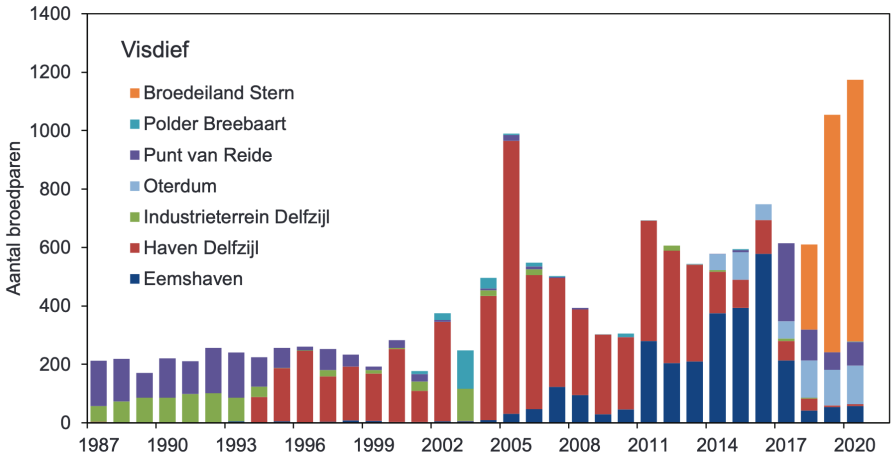
Wanneer in navolging van de wilde eend ook voor kievit de ruwe data van Windpark Eemshaven wordt geanalyseerd (*cf*. Klop & Brenninkmeijer 2014) dan kan worden geconstateerd dat in de vijf jaar van de monitoring (2009-2014) vijf van de acht kieviten als slachtoffer vielen in het broedseizoen (maart-mei). Deze slachtoffers hebben zodoende betrekking op lokale (niet kwalificerende) broedvogels en niet op (wel kwalificerende) in de

(omgeving van de) Waddenzee overwinterende dieren. Conservatief bestaat dan ook *ca*. 35% van de cumulatieve slachtoffers van de kievit uit kwalificerende vogels. Wanneer het (conservatieve) getal van 35% wordt toegepast op het aantal van 109 slachtoffers uit de studie van Klop *et al*. (2017) wordt onder niet-broedvogels een aantal slachtoffers van 38 berekend. Voor Windpark Eemshaven West is een aantal van maximaal drie slachtoffers onder niet-broedvogels berekend, resulterend in een gecumuleerd totaal van 41 slachtoffers onder niet-broedvogels in Delfzijl en de Eemshaven (Tabel 3). Dit aantal ligt veel lager dan de PBR-waarde van 128 (Tabel 3) zodat ook in cumulatie significant negatieve effecten op de niet-broedvogelpopulatie van de kievit met zekerheid zijn uitgesloten.

Daarnaast geldt voor de kievit dat de gebruikte waardes voor zowel N_{min} als *rf* (0,1) vermoedelijk te conservatief zijn, gezien de hiervoor besproken patronen in de populatie en de stabiele korte termijntrend. Zo wordt een PBR van 225 berekend indien wordt gerekend met het op een-na-laagste aantal van 8.291 exemplaren in de winter 2016/17 in Natura 2000-gebied Waddenzee als waarde voor de N_{min}.

Visdief
In de winter van 2017/18, na het verschijnen van Klop *et al*. (2017), is in de Eems ter hoogte van Bierum het eiland 'Stern' aangelegd en ingericht als broedlocatie voor sterns. Het broedeiland 'Stern' is een compensatiemaatregel ter vermindering van het aantal toekomstige aanvaringsslachtoffers door nieuwe windturbines en hoogspanningslijnen in en rond de Eemshaven (als berekend door bijvoorbeeld Klop *et al*. 2017) en voor verlies van broedgelegenheid in de nabijgelegen Eemshaven. Deze compensatie was gewenst omdat de broedpopulatie van de visdief voor de Waddenzee destijds met gemiddeld *ca*. 2.100 paren (in 2010-2014) ruim onder de instandhoudingsdoelstelling van 5.300 paar lag. De conclusie van Klop *et al*. (2017) was dat de additionele sterfte bij alle nieuwe initiatieven in de oostelijke Waddenzee samen naar verwachting met minimaal 80% gereduceerd zou worden vanwege de aanleg van het broedeiland.

De aanleg van broedeiland 'Stern' is een succes (de Boer 2021; Figuur 1). Het aantal paren visdief op het broedeiland nam toe van 389 in 2018, tot 812 in 2019 en 895 in 2020. Daarnaast is het broedsucces op 'Stern' hoog in vergelijking met kolonies in de Eemshaven. Hier spelen de maatregelen om predatie door zoogdieren (met name vos) tegen te gaan een belangrijke rol. Al met al leidt dit tot een positieve trend van de visdief in de Eems-Dollard regio, in tegenstelling tot het gehele Natura 2000-gebied Waddenzee. In zowel 2019 als 2020 bereikte de broedpopulatie in de Eems-Dollard regio de hoogste aantallen sinds 1987. Volgens de Boer (2021) is 'Stern' voor visdief de belangrijkste broedlocatie in de Nederlandse Waddenzee geworden, met in 2019 bijna een kwart (24%) van de totale populatie van 3.400 paar. Dit is een opvallende melding omdat Sovon voor 2019 een aantal van 2.000 broedparen voor Natura 2000-gebied Waddenzee noemt.



Figuur 1 *Populatieontwikkeling bij visdief in de Eems-Dollardregio voor en na aanleg van broedeiland 'Stern' (in 2017/2018). Uit: de Boer (2021).*

De ligging van de broedgebieden van de visdief in de Eems-Dollard regio is sterk gewijzigd sinds het verschijnen van Klop *et al*. (2017) vanwege de aanleg van broedeiland 'Stern'. Hun aanname dat er door de aanleg van het broedeiland 'Stern' een ander patroon zou ontstaan van broedkolonies rondom de Eemshaven is bewaarheid geworden. Dit veranderde patroon heeft geresulteerd in minder kolonies op risicovolle plekken voor de visdief (Figuur 1). Daarmee is de inschatting van een reductie van 80% voldoende aannemelijk gemaakt.

Omdat de foerageergebieden vooral in en buiten de Eemshaven en Delfzijl op de Waddenzee liggen, heeft de verandering in de locaties van kolonies tot veel minder vliegbewegingen over de Eemshaven geleid, hetgeen weer resulteert in een afname van aanvaringsslachtoffers. Door aanleg van broedeiland 'Stern' vallen bij een reductie van 80% nog slechts 11 aanvaringsslachtoffers van de eerder gemelde 53 slachtoffers in de gehele regio Eems-Dollard (zonder medenemen van de 0-1 slachtoffer van Windpark Eemshaven West). Met medenemen van de 0-1 slachtoffers vallen er cumulatief in de huidige situatie dus maximaal 12 (Tabel 3). Het aantal van 12 exemplaren ligt veel lager dan de PBR-waarde van 33 (Tabel 3) zodat ook in cumulatie significant negatieve effecten op de broedvogelpopulatie van de visdief met zekerheid zijn uitgesloten.

Literatuur

Bellebaum, J., F. Korner-Nievergelt, T. Dürr & U. Mammen, 2013. Wind turbine fatalities approach a level of concern in a raptor population. Journal for Nature Conservation 21: 394-400.

de Boer, P., 2021. Broedvogels en broedsucces van Visdief en Noordse Stern op het broedeiland Stern in de Eems in 2020. Sovon-rapport 2021/04. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Dillingham, P.W. & D. Fletcher, 2008. Estimating the ability of birds to sustain additional human-caused mortalities using a simple decision rule and allometric relationships. Biological Conservation 141: 1783-1792.

Gyimesi, A., E.L. Bravo Rebolledo, J.C. Kleyheeg-Hartman, J.W. de Jong, M. Teunis, K. Didderen, M. Boonman, M. Schutter & R.C. Fijn, 2018. Achtergronddocument ten behoeve van MER en PB windenergiegebied Hollandse Kust (noord). Kavel V en VI: vogels, vleermuizen, vissen en benthos. Rapport 18-068. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Hornman, M., F. Hustings, K. Koffijberg, E. van Winden, P. van Els, R. Kleefstra, Sovon Ganzen- en Zwanenwerkgroep & L. Soldaat, 2020. Watervogels in Nederland in 2017/2018. Sovon-rapport 2020/01, RWS-rapport BM 19.18. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Hornman, M., M. Kavelaars, K. Koffijberg, F. Hustings, E. van Winden, P. van Els, R. Kleefstra, Sovon Ganzen- en Zwanenwerkgroep & L. Soldaat, 2021. Watervogels in Nederland in 2018/2019. Sovon-rapport 2021/01, RWS-rapport BM 21.08. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Kleyheeg-Hartman, J.C., R.E. van der Vliet, B.W.R. Engels & S.K. Jeninga, 2021. Natuurtoets Windpark Eemshaven West. Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming en Natuurnetwerk Nederland. Rapport 20-325. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Klop, E. & A. Brenninkmeijer, 2014. Monitoring aanvaringsslachtoffers Windpark Eemshaven 2009-2014. Eindrapportage vijf jaar monitoring. A&W-rapport 1975. Altenburg & Wymenga Ecologisch Onderzoek, Veenwouden.

Klop, E., H. Prinsen, A. Brenninkmeijer, B. Koolstra & M. ten Klooster, 2017. Groningse windparken cumulatie ecologie. Arcadis, Altenburg & Wymenga, Bureau Waardenburg, Pondera, Assen.

Leemans, J.J., M. Teunis, A. Potiek, E.G.R. Bakker, J. Zwerver, J.W. de Jong & A. Gyimesi, 2021. Achtergronddocument ten behoeve van MER en PB windenergiegebied ten Noorden van de Waddeneilanden. Vogels, vleermuizen, vissen en benthos. Rapport 20-272. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Milner-Gulland, E.J. & H.R. Akçakaya, 2001. Sustainability indices for exploited populations under uncertainty. Trends in Ecology & Evolution 16: 686-692.

Niel, C. & J.D. Lebreton, 2005. Using Demographic Invariants to Detect Overharvested Bird Populations from Incomplete Data. Conservation Biology 19: 826-835.

O'Brien, S.H., A.S.C.P. Cook & R.A. Robinson, 2017. Implicit assumptions underlying simple harvest models of marine bird populations can mislead environmental management decisions. Journal of Environmental Management 201: 163-171.

Poot, M.J.M., P.W. van Horssen, M.P. Collier, R. Lensink & S. Dirksen, 2011. Effect studies Offshore Wind Egmond aan Zee: cumulative effects on seabirds. A modelling approach to estimate effects on population levels in seabirds. Rapport 11-026. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Richard, Y. & E.R. Abraham, 2013. Application of Potential Biological Removal methods to seabird populations. New Zealand Aquatic Environment and Biodiversity Report No. 108. Ministry for Primary Industries.

Sugimoto, H. & H. Matsuda, 2011. Collision risk of White-fronted Geese with wind turbines. Ornithological Science 10: 61-71.

Wade, P.R., 1998. Calculating limits to the allowable human-caused mortality of Cetaceans and Pinnipeds. Marine Mammal Science 14(1): 1-37.

Watts, B.D., 2010. Wind and waterbirds: Establishing sustainable mortality limits within the Atlantic Flyway. Center for Conservation Biology Technical Report Series, CCBTR-10-05. College of William and Mary/Virginia Commonwealth University, Williamsburg, VA.

Voor vragen over deze notitie kunt u contact opnemen met Roland van der Vliet.

Akkoord voor uitgave: Teamleider Bureau Waardenburg
drs. C. Heunks

Paraaf:

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv; opdrachtgever vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Vattenfall Wind Development B.V.
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is gecertificeerd door EIK Certificering overeenkomstig ISO 9001:2015. Bureau Waardenburg bv hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.

Bureau Waardenburg
Ecologie & Landschap

Bureau Waardenburg, Varkensmarkt 9 4101 CK Culemborg, 0345 51 27 10, info@buwa.nl, www.buwa.nl

Bijlage 8 - Windturbines en gezondheid

[

Gezondheid en windturbines

Pondera

v1.0 | Definitief

14-10-2021

Samenvatting

In deze bijlage zijn de onderzoeken naar de gezondheidseffecten van windturbines beschreven. De beschouwde onderzoeken zijn door ons op betrouwbaarheid geëvalueerd. Naast wetenschappelijk betrouwbare onderzoeken behandelen we ook enkele veel gebruikte minder wetenschappelijk betrouwbare bronnen. Dit omdat dergelijke bronnen vaak worden aangehaald en in diverse gesprekken over en zienswijzen op plannen voor windenergie naar voren worden gebracht.

Conclusies relatie windturbinegeluid en gezondheid uit wetenschappelijk betrouwbare bronnen

Wetenschappelijke studies: geen significante relatie gezondheid en windturbinegeluid

Zoals uit Tabel 1 is af te leiden laten de beschouwde wetenschappelijke studies zien dat er geen significante relatie is gevonden tussen gezondheidseffecten en windturbinegeluid. Wel kunnen windturbines hinder (geluid, zicht, gevoel van onrechtvaardigheid) veroorzaken. Er is bewezen dat slaapverstoring eerder verband houdt met hinder dan met windturbinegeluid boven een bepaald geluidniveau. Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat er een verband bestaat tussen de totale hinder en gezondheidsklachten, maar er kunnen nog geen conclusies worden getrokken over de richting van dit verband: hebben mensen die ernstig worden gehinderd door windturbinegeluid meer gezondheidsklachten of worden mensen met gezondheidsklachten meer gehinderd door windturbinegeluid?

Eventuele gezondheidseffecten houden eerder verband met ervaren hinder dan met windturbinegeluid boven een bepaald niveau

In diverse onderzoeken is gevonden dat slaapverstoring en andere gezondheidseffecten van omwonenden van windparken gerelateerd kunnen zijn aan hinder, in plaats van directe blootstelling aan geluid van een windturbine. De gezondheidsklachten houden voornamelijk verband met een scala aan niet-akoestische factoren en minder met het feitelijke blootstellingsniveau. De mate van hinder kan worden beperkt door in planvorming rekening te houden met gezondheidsaspecten door de optimalisering van locaties waar windturbines worden geplaatst en het doorvoeren van technische innovaties zoals het toepassen van een andere bladvorm en het aanbrengen van structuren op de rotorbladen die het geluid verminderen. Voor sommige maatregelen is onvoldoende informatie beschikbaar om een goede inschatting van de gezondheidseffecten te kunnen bepalen. Het RIVM en de GGD's hebben een 'Expertisepunt Windenergie en Gezondheid' opgericht. Het expertise centrum verzamelt kennis en houdt deze bij in een databank. Het expertisecentrum adviseert het ministerie.

Geen verband tussen laagfrequent geluid (LFH) en gezondheidseffecten. LFG leidt ook niet tot extra hinder

Uit de literatuur blijkt niet dat het laagfrequent deel van het windturbinegeluid (lage tonen) tot extra hinder leidt. Verder is er geen direct bewijs voor een verband tussen laagfrequent geluid van windturbines en gezondheidseffecten.

Conclusies relatie windturbinegeluid en gezondheid uit niet wetenschappelijke betrouwbare bronnen

Vaak aangehaalde niet wetenschappelijke bronnen zeggen dat windturbinegeluid de gezondheid schaadt

In Tabel 1 is de in de beschouwde onderzoeken gevonden of veronderstelden relatie tussen gezondheidsaspecten en windturbinegeluid samengevat. De nummers van de onderzoeken komen overeen met de paragraafnummers waarin de betreffende onderzoeken later in het document zijn beschreven. Drie van de vier bronnen die wij als niet wetenschappelijk beschouwen stellen dat windturbine geluid gezondheidseffecten veroorzaken. Eén bron is iets minder stellig.

Tabel 1 Gevonden en veronderstelde de relatie tussen gezondheid en windturbinegeluid

Beschreven gezondheidsaspect	**Wetenschappelijke bronnen**								**Niet wetenschappelijke bronnen**			
	Bronnen								**Bronnen**			
	2.1	**2.2**	**2.3**	**2.4**	**2.5**	**2.6**	**2.7**	**2.8**	**2.9**	**2.10**	**2.11**	**2.12**
Hart- en vaatziekten		GR	GR									
Hoge bloeddruk	GR	GR	GR									
Cognitieve stoornissen			GR									
Gehoorproblemen			GR									
Ongunstige zwangerschap uitkomsten		GR	GR									
Slaapstoornissen	GR	GR	GR	GR	GR							
Windturbinesyndroom door LFG						GR			R			R
Gezondheidseffecten door LFG		GR					GR					
Hart- en vaatziekten door LFG											R	R
Migraine	GR											
Diabetes	GR											
Gezondheidseffecten			GR	GR	GR	GR	GR			MR		
Gezondheidseffecten door hinder			MR	MR				MR				

GR= Geen significante Relatie aangetoond
MR= Mogelijk Relatie
R= Er is een Relatie

Paragraaf

2.1 Exposure to wind turbine noise: Perceptual responses and reported health effects, Health Canada (2016)
2.2 A nationwide cohort study, Denmark (2018)
2.3 Environmental Noise Guidelines: for the European Region, World Health Organization (2018)
2.4 RIVM & GGD Windturbines: invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden, (2013/ 2018)
2.5 RIVM Health effects related to wind turbine sound: an update (2020)
2.6 Wind Turbine Health Impact Study: Report of Independent Expert Panel, Massachusetts (2012)
2.7 NHMRC Statement and information paper: Evidence on Wind Farms and Human Health (2015)
2.8 RIVM Effecten van nieuwe energiebronnen op gezondheid en veiligheid in Nederland (2021)
2.9 Pierpont, Wind Turbine Syndrome – A Report on a Natural Experiment (2009)
2.10 Artikel S. van Manen, Medisch Contact, Windmolens maken wel degelijk ziek (2018)
2.11 Onderzoek van M. Alves-Pereira Public health and noise exposure: the importance of low frequency noise (2007)
2.12 Rapport DEI Voorkom het windturbine syndroom (2020)

Conclusies overige effecten windturbines

Op grond van de normen die gehanteerd worden voor windturbinegeluid wordt al een zodanige afstand tussen windturbines en bebouwing aangehouden dat er geen sprake is van elektromagnetische hinder van de windturbines.

Uit onderzoek blijkt dat de invloed van trillingen bij het in gebruik zijn van de windturbines binnen een afstand van circa 15 tot 20 meter uit de windturbine nog enige invloed kan hebben, daarbuiten is deze invloed verwaarloosbaar.

Windturbines hebben een effect op de verspreiding van fijnstof die al in de lucht aanwezig is.

De verspreiding van fijnstofuitstoot door verkeer heeft vanwege de grote horizontale afstand tussen ontvangers en windturbines geen significant negatief effect.

De mate van verspreiding van industriële uitlaatgassen neemt toe als de afstand tussen een emissiebron en de windturbines kleiner is. De verspreiding neemt ook toe als de schoorsteen hoger is dan de as van de windturbine. Uit een onderzoek bij Tata Steel bleek dat bij een afstand van meer dan 1,5 kilometer vanaf de windturbines geen significante effecten waarneembaar zijn.

1. Inleiding

Wanneer windturbines in bewoonde gebieden worden geplaatst, kunnen omwonenden hinder ondervinden van de effecten van windturbines, bijvoorbeeld als gevolg van zicht, slagschaduw of geluid. Voor zicht zijn geen normen gesteld. Wel wordt zicht als mogelijke aspect van hinder als onderdeel van een goede ruimtelijke onderbouwing getoetst aan onder andere landschappelijke uitgangspunten. Ten aanzien van effecten geluid- en slagschaduw zijn normen gesteld om deze effecten tot een aanvaardbaar niveau te beperken. Deze normen zijn vergelijkbaar met normen die zijn gesteld voor andere activiteiten zoals wegverkeer en industrie. De vraag wordt gesteld of de effecten van windturbines ook invloed op de menselijke gezondheid kunnen hebben.

Het eerste deel van deze bijlage presenteert de actuele status van wetenschappelijke inzichten ten aanzien van de relatie tussen windturbines en gezondheid. Omdat de discussie en de wetenschappelijke literatuur over dit onderwerp zich voornamelijk buigt over de effecten van windturbinegeluid en gezondheid, zal windturbinegeluid centraal staan in dit deel van de bijlage. In hoofdstuk drie richten we ons op de overige thema's die aan de orde komen in het gesprek over windturbines en gezondheid.

Kader 1.1 Informatiebronnen evalueren

Om inzicht te krijgen in de stand van de kennis is het belangrijk om vast te stellen welke bronnen betrouwbare informatie bieden. De kwaliteit van gebruikte bronnen moet worden geëvalueerd om de zeggingskracht van de informatie te kunnen waarderen. Daarbij kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van de tips van de Universiteit Utrecht inzake het evalueren van bronnen: https://libguides.library.uu.nl/bronnen-evalueren/algemeen#s-lg-box-wrapper-16941472

Dit laat zien dat wetenschappelijke bronnen zijn te prefereren aangezien hier controle voor- en achteraf plaatsvindt, daarnaast zijn er niet wetenschappelijke bronnen waarbij de kwaliteit van de informatie beoordeeld kan worden door bijvoorbeeld te beschouwen wie de auteur(s) is/zijn, het doel of intentie van de bron (indien bekend) of het niveau van de bronnen (zoals de gehanteerde/gebruikte verwijzingen).

2. Stand van zaken (wetenschappelijke) studies windturbines en gezondheid

De eerste moderne windturbines zijn in de jaren '70 van de vorige eeuw ontwikkeld en gerealiseerd. Er zijn in de loop van de jaren diverse studies naar gezondheidseffecten van windturbines uitgevoerd. De informatie in deze bijlage is gebaseerd op met name informatie volgend uit (inter)nationale gezondheidsinstituten en universiteiten. Voornamelijk worden er wetenschappelijke metastudies behandeld waarin een analyse is gemaakt van een groot aantal uitgevoerde onderzoeken. Daarnaast behandelen wij in deze bijlage regelmatig aangehaalde berichtgevingen in de maatschappelijke discussie rond windturbines en gezondheid zoals een onderzoek van N. Piermont, een artikel van Van Manen in het blad Medisch Contact en een recent rapport van het Democratisch Energie Initiatief.

2.1 Exposure to wind turbine noise: Perceptual responses and reported health effects, Health Canada (2016)[1]

De federale gezondheidsinstantie van Canada, Health Canada, heeft een uitgebreid onderzoek gedaan naar de gezondheidseffecten van windturbines. In dit onderzoek zijn meer dan 1.000 personen betrokken. Het onderzoek bestond uit lichamelijk onderzoek en het beoordelen van ingevulde vragenlijsten.

De kwaliteit van de informatie is hoog aangezien de uitvoering plaats heeft gevonden door deskundigen met relevante expertise en de resultaten zijn gepubliceerd in wetenschappelijke tijdschriften en daarom peer reviewed. De onderzoeken zijn uitgevoerd onder supervisie van een begeleidingscommissie bestaande uit inhoudelijk deskundigen.

Uit het onderzoek komt naar voren dat geluid van windturbines geen directe negatieve effecten heeft op de gezondheid van omwonenden. Er zijn geen meetbare effecten op (chronische) ziekten, stress en slaap, zo luidt de conclusie. Vanaf 2012 zijn 1.238 volwassenen, woonachtig op verschillende woonafstanden van windturbines gevolgd. Voor het onderzoek zijn deze mensen meerdere keren lichamelijk onderzocht op bloeddruk, hartritme, slaap en stresshormonen. Ook moesten zij enquêtes invullen bestaande uit vragen over sociaal-demografische situaties, geluid en hinder, gezondheidseffecten, levensstijl en bestaande chronische ziektes. Tevens is tijdens het onderzoek 4.000 uur aan windenergiegeluid opgenomen om te kijken of er bij een hoger geluidniveau ook meer klachten zijn. Er zijn geen directe verbanden gevonden tussen blootstelling aan windturbinegeluid en klachten als migraine, diabetes, hoge bloeddruk en slapeloosheid. "While some people reported some of the health conditions above, their existence was not found to change in relation to exposure to wind turbine noise," aldus Health Canada. Wel ervaren omwonenden meer hinder van de luchtvaartlichten op de gondels en slagschaduw wanneer het geluidniveau hoger is.

2.2 A nationwide cohort study, Denmark (2018)

In 2018 publiceerde de Deense overheid in het kader van “a nationwide cohort study” de volgende onderzoeken over de effecten van windturbinegeluid op de gezondheid:

1. Het effect van langdurige blootstelling aan windturbinegeluid op het laten voorschrijven van slaapmedicatie en antidepressiva;[2]
2. Het effect van langdurige blootstelling aan windturbinegeluid op zwangerschap en geboorte en het effect op het laten voorschrijven van bloeddrukverlagende medicijnen;[3]
3. Het effect van langdurige blootstelling aan windturbinegeluid op risico van het krijgen van een hartaanval of beroerte.[4]

De kwaliteit van de informatiebron is hoog als gevolg van de uitvoering door deskundigen met relevante expertise en de publicatie in wetenschappelijke tijdschriften.

[1] Michaud, David S., et al. "Exposure to wind turbine noise: Perceptual responses and reported health effects." The Journal of the Acoustical Society of America 139.3 (2016): 1443-1454.
[2] Impact of Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise on Redemption of Sleep Medication and Antidepressants: A Nationwide Cohort Study
[3] Long term exposure to wind turbine noise and redemption of antihypertensive medication: a nationwide cohort study (2018) & Pregnancy exposure to wind turbine noise and adverse birth outcomes: a nationwide cohort study (2018).
[4] Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise and Risk for Myocardial Infarction and Stroke: Nationwide Cohort Study (2018)

Voor hun onderzoek gebruikten de onderzoekers nationale registers met tientallen jaren verblijfs- en gezondheidsgegevens voor honderdduizenden inwoners van Denemarken. De onderzoekers hadden toegang over landelijke gegevens van meer dan 7.000 windturbines in het land.

Voor het onderzoek zijn alle Deense huishoudens die tussen 1982 en 2013 zijn blootgesteld aan windturbinegeluid geïdentificeerd.

In het eerste onderzoek is onderzocht of langdurige blootstelling aan windturbinegeluid geassocieerd kan worden met slaapverstoring. De onderzoekers vonden een zwak verband tussen een jaargemiddeld niveau van windturbinegeluid van 42 dB(A) of hoger 's nachts (buitenshuis) en het gebruik van slaapmedicatie, maar dit verband was niet significant. Ook is geen verband gevonden met het geluidniveau binnenshuis. De effecten lijken daarom veroorzaakt te worden door niet-akoestische aspecten. Een nadere analyse toonde aan dat de sterkste verbanden voorkwamen bij oudere mensen. Het risico op vertekening in deze studie is hoog, omdat de gegevens werden geanalyseerd op groeps-/bevolkingsniveau en gegevens niet op individueel niveau beschikbaar. Verder later de resultaten van het onderzoek geen relatie zien tussen laag frequent geluid (zie Kader 2.1) en slaap en welbevinden. In de discussie van het onderzoek stelt de onderzoeker dat de verhoogde kans op slaapverstoring bij ouderen ook veroorzaakt kan worden door de verandering in slaappatroon van mensen boven een bepaalde leeftijd. Het onderzoek ligt daarmee in lijn met de bevindingen van het RIVM over hinder en potentiële impact op slaapverstoring.

Kader 2.1 Laag Frequent geluid

Laagfrequent geluid is geluid met een frequentie lager dan 200 Hz. In de meeste gevallen wordt dit overstemd door hoger frequent geluid en dus niet als zodanig gehoord. Het is meestal mechanisch geproduceerd geluid. Bekende bronnen zijn transformatoren, wegverkeer en windturbines. Maar ook warmtepompen, airconditioners, wasmachines en andere huishoudelijke apparaten, mechanische ventilatie en muziek bij festivals/discotheken produceren laagfrequent geluid. Laagfrequent geluid dempt door gevels en op grotere afstand minder uit dan normaal geluid. Op meer dan 5 kilometer afstand van sterke geluidbronnen blijft alleen laagfrequent geluid over.

In de discussie rondom windturbines en gezondheid wordt vaak de vraag gesteld of laagfrequent geluid van windturbines effecten kan hebben op de menselijke gezondheid. Er is geen direct wetenschappelijk bewijs gevonden voor een verband tussen laagfrequent geluid van windturbines en gezondheidseffecten.

Er is geen Nederlandse wettelijke norm voor specifiek laagfrequent geluid van windturbines, omdat laagfrequent geluid wordt meegewogen in de wettelijke norm van Lden 47 dB. Het RIVM concludeert eveneens dat geen aparte beoordeling nodig is boven op de huidige geluidsnorm.

Opgemerkt wordt dat in Denemarken sinds januari 2012 een aparte geluidnorm van 20 dB(A) voor laagfrequent geluid geldt. In enkele projecten in Nederland, zoals Windpark Lage Weide is getoetst aan de Deense norm voor laagfrequent geluid. Hieruit blijkt dat de 47 Lden en 41 Lnight bescherming biedt die vergelijkbaar is met de Deense norm

In het tweede onderzoek zijn uit de hiervoor genoemde populatie alle geboren baby's van moeders die zijn blootgesteld aan windturbinegeluid geïdentificeerd. Er is onderzoek gedaan naar vroeggeboorte, laag geboortegewicht en klein voor zwangerschapsduur. Er is geen relatie gevonden tussen windmolengeluid en negatieve geboorteresultaten. Daarnaast is in dit onderzoek het gebruik van antihypertensiva (medicijnen die worden gebruikt voor de behandeling van hoge bloeddruk) beschouwd. In deze studie is er geen relatie gevonden tussen blootstelling aan windturbinegeluid en het gebruik van antihypertensiva.

In het derde onderzoek waarbij gekeken is naar het verband tussen windturbinegeluid en hoge bloeddruk, cardiovasculaire aandoeningen zoals een hartaanval of beroerte (in relatie tot blootstelling op korte termijn) en suikerziekte. Ook is onderzocht of langdurige blootstelling aan windturbinegeluid het risico op een hartinfarct en beroerte verhoogt. Hierbij is specifiek gekeken naar het laagfrequente deel van het geluid waaraan men blootgesteld is. De onderzoekers zagen dat de hoogste niveaus van windturbinegeluid in verband konden worden gebracht met het hoogste relatieve risico op het krijgen van een hartaanval of beroerte. Echter, het aantal personen in het onderzoek dat is blootgesteld aan hoge niveaus van windturbinegeluid is gering. Daarom concluderen de onderzoekers dat de resultaten van het onderzoek geen overtuigend bewijs leveren voor een verband tussen blootstelling aan hoge niveaus windturbinegeluid en het risico op het krijgen van een hartaanval of beroerte. Toekomstig onderzoek, indien mogelijk met grote hoeveelheden sterk blootgestelde personen, zou meer duidelijkheid kunnen geven.

2.3 Environmental Noise Guidelines: for the European Region, World Health Organization, 2018

De World Health Organization (WHO) heeft richtlijnen voor milieugeluid geactualiseerd op basis van wetenschappelijk onderzoek. Ten opzichte van de vorige versie is windturbinegeluid en recreatiegeluid toegevoegd. De kwaliteit van de informatiebron is hoog. De WHO heeft een vastgelegde werkwijze en de richtlijnen zijn opgesteld door deskundigen met relevante en actuele deskundigheid op de relevante onderwerpen. Een externe review groep heeft de richtlijnen beoordeeld. In de richtlijnen zijn zowel een lijst van deskundigen opgenomen die de richtlijnen hebben opgesteld als een lijst van deskundigen die de review hebben uitgevoerd waarbij is aangeven welke specifieke deskundigheid zij hebben. Tenslotte zijn de richtlijnen gebaseerd op een achttal systematische literatuurstudies die zijn gepubliceerd in wetenschappelijke tijdschriften en derhalve peer-reviewed volgens vastgelegde procedures. Deze studies zijn beschikbaar gesteld op de website van de WHO[5].

De WHO geeft in het rapport aanbeveling over de te hanteren geluidswaarden voor verschillende activiteiten op basis van een brede onderzoeksbasis. De systematiek van de WHO maakt onderscheid naar de zekerheid van gevolgen van bepaalde geluidsniveaus. Voor windturbinegeluid wordt een voorwaardelijke (conditional) aanbeveling gegeven van 45 dB Lden voor de blootstelling van geluidniveaus van windturbines. Omdat het beschikbare bewijs voor de relatie tussen windturbinegeluid en hinder en gezondheid volgens de WHO van lage kwaliteit is, geeft de WHO slechts een advies/suggestie voor het verlagen van de norm. Uit het rapport van de WHO komt verder naar voren dat er geen statistisch significante relatie gevonden is tussen blootstelling aan windturbinegeluid en hart- en vaatziekten, hoge bloeddruk, cognitieve stoornissen, gehoorproblemen, ongunstige zwangerschap uitkomsten en

[5] https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region

slaapstoornissen. Tot slot geeft het rapport aan dat contextuele factoren (zoals de opvatting t.o.v. windturbines, direct zicht, economisch profijt) een belangrijke rol spelen in de effecten en de ervaring van windturbinegeluid.

2.4 Onderzoek RIVM & GGD 2013[6] & 2018[7]

Dit betreft een informatieblad dat in 2013 is opgesteld door het RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu). Dit informatieblad is opgesteld omdat de GGD[8] behoefte heeft aan concrete, objectieve en evenwichtige informatie om er hun advies op te baseren. Het informatieblad dient als ondersteuning bij het beantwoorden van gezondheidsvragen van omwonenden van (geplande) windturbines.

In 2018 heeft de GGD Amsterdam in samenwerking met het RIVM nog een literatuurstudie uitgevoerd naar de relatie tussen blootstelling aan windturbinegeluid en gezondheid. In die studie zijn 32 (peer reviewed[9]) wetenschappelijke onderzoeken uit de periode tussen 2009 en 2017 onderzocht. De kwaliteit van de informatie is hoog aangezien deze is opgesteld door deskundigen met actuele relevante deskundigheid en is gebaseerd op de meest recente wetenschappelijke inzichten die gepubliceerd zijn in wetenschappelijke tijdschriften en derhalve peer-reviewed volgens vastgelegde procedures.

Beide studies concluderen dat een windturbine geen directe effecten heeft op de gezondheid van omwonenden. Vastgesteld wordt dat mensen die in de nabijheid bij windturbines wonen, hinder door geluid kunnen ondervinden. Ook slagschaduw, zichtbaarheid en knipperende lichten kunnen bijdragen aan de mate van hinder die wordt ondervonden. Het geluidniveau van windturbines is minder hoog dan van andere bronnen (verkeer e.d.), maar het karakter zorgt ervoor dat het windturbinegeluid bij lagere niveaus als hinderlijk wordt ervaren. Hinder kan zich uiten in irritatie, boosheid en onbehagen. Er is weinig data beschikbaar om de invloed van windturbines op slaapoverlast te kunnen evalueren. In de onderzoeken is gevonden dat slaapverstoring en andere gezondheidseffecten van omwonenden van windparken gerelateerd kunnen zijn aan hinder, in plaats van directe blootstelling aan geluid.

Eveneens kunnen economische aspecten van invloed zijn op het ervaren van hinder van windturbines. In een Zweeds onderzoek[10] is geconcludeerd dat mensen met een economisch belang bij windturbines geen hinder ondervonden van het windturbinegeluid, ondanks dat zij hetzelfde geluidniveau even goed hoorden als andere respondenten en dezelfde termen gebruikten om het geluid te karakteriseren. Ook kunnen persoonlijke omstandigheden zoals gevoeligheid, privacy zaken en het verloop van het planningsproces van het windpark van invloed zijn op de ervaren hinder.

Het informatieblad van 2013 adviseert om omwonenden zoveel mogelijk te betrekken bij de ontwikkeling van windenergie en waar mogelijk in de exploitatiefase, bijvoorbeeld in de vorm van (financiële) participatie vanuit de mogelijke beperking van ervaren hinder.

[6] Informatieblad GGD. Windturbines: invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden, update 2013
[7] Health effects related to wind turbine sound, including low-frequency sound and infrasound, 2018
[8] GGD staat voor Gemeentelijke of Gemeenschappelijke Gezondheidsdienst. De GGD'en vormen een landelijk dekkend netwerk.
[9] Peer reviewed betekent een evaluatie van wetenschappelijk of professioneel onderzoek door andere specialisten binnen het desbetreffende werkveld.
[10] Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments, Pedersen et al., 2007

2.5 RIVM Health effects related to wind turbine sound: an update[11]

Het RIVM heeft op 29 oktober 2020 wederom een rapport uitgebracht over de vragen over gezondheidseffecten in relatie tot de aanwezigheid van windturbines. Het onderzoek is uitgevoerd op verzoek van het Zwitserse Federale Milieubureau. Het RIVM heeft in dit rapport de literatuur verschenen tussen 2017 en medio 2020 over het effect van geluid van windturbines op de gezondheid van omwonenden op een rij gezet. Het WHO-onderzoek uit 2018 maakt onderdeel uit van de literatuurstudie. De kwaliteit van de informatiebron is hoog, aansluitend op hetgeen hiervoor is geconstateerd.

Het RIVM verzamelde de nieuwe wetenschappelijke literatuur ten opzichte van de voorgaande onderzoeken over onder andere het effect van windturbines op de ervaring van hinder, verstoring van de slaap, cardiovasculaire en metabole effecten. Het RIVM keek ook wat er in de wetenschap bekend is over hinder door de visuele aspecten van windturbines en andere niet-akoestische factoren, zoals het lokale besluitvormingsproces. Het onderzoek van het RIVM is een literatuurstudie en is in die zin dus een verzameling van eerder uitgevoerd empirisch onderzoek

Een centrale conclusie van het onderzoek is dat er geen eenduidig bewijs voor effecten anders dan hinder is aangetoond. Uit de literatuurstudie volgt, in lijn met eerder onderzoek, dat windturbines hinder (zoals door geluid, zicht en gevoel van onrechtvaardigheid) kunnen veroorzaken. Het is bewezen dat slaapverstoring eerder verband houdt met hinder dan met windturbinegeluid boven een bepaald geluidniveau. Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat dat er een verband bestaat tussen de totale hinder en gezondheidsklachten, maar er kunnen nog geen conclusies trekken over de richting van dit verband: hebben mensen die ernstig worden gehinderd door windturbinegeluid meer gezondheidsklachten of worden mensen met gezondheidsklachten meer gehinderd door windturbinegeluid? Toch kan chronische hinder op zich leiden tot het gevoel dat de kwaliteit van de leefomgeving is verslechterd of in de toekomst zal verslechteren. Dit kan een negatieve impact hebben op het welzijn en de gezondheid van mensen die in de buurt van windturbines wonen. Het gematigde effect van windturbinegeluid op hinder en de reeks factoren die de mate van hinder voorspellen houden in dat het effect van windturbinegeluid zal verminderen als ook andere aspecten worden geadresseerd die worden geassocieerd met hinder. De invloed van deze factoren is overigens niet uniek voor windturbines. Belangrijke factoren zijn geluidgevoeligheid, houding ten opzichte van windturbines, gezondheidsproblemen, visuele aspecten en aspecten die verband houden met de procedure voorafgaand aan de plaatsing van een windpark. De rol van factoren, zoals inspraak in het planvormingsproces, procedurele rechtvaardigheid, het gevoel rechtvaardig te worden behandeld, en de balans tussen kosten en baten van windturbines worden zelfs nog sterker benadrukt in het beschikbare bewijsmateriaal. Samengevat: de gezondheidsklachten houden voornamelijk verband met een reeks niet-akoestische factoren en niet per se met de daadwerkelijke mate van blootstelling aan geluid.

Het RIVM heeft tot slot ook in de literatuur gezocht naar de gezondheidseffecten van laagfrequent geluid en infrageluid. De resultaten van de meest recente onderzoeken bevestigen de eerdere conclusies over de invloed van de laagfrequente component van windturbinegeluid en infrageluid van windturbines: er bestaat geen enkele aanwijzing voor het feit dat dit andere effecten voor omwonenden heeft dan normaal geluid of dat infrageluid met een geluidniveau ver onder de gehoordrempel enig effect kan hebben.

[11] Health effects related to wind turbine sound: an update (RIVM report 2020-0150)

Verder blijkt dat wanneer mensen worden blootgesteld aan windturbinegeluid (over alle frequenties), het geluidniveau en de amplitudemodulatie (het ritmische karakter van het geluid) van al het windturbinegeluid samen de voornaamste oorzaak zijn voor meer hinder, dus niet laagfrequent geluid of infrageluid.

2.6 Wind Turbine Health Impact Study: Report of Independent Expert Panel, Massachusetts (2012)[12]

Om meer overzicht te creëren in de wetenschappelijke literatuur over de gezondheidseffecten door windturbines, heeft een panel van zeven onafhankelijke deskundigen een studie van wetenschappelijke literatuur ondernomen. Het panel gebruikte onder andere peer reviewed literatuur van vier studies om de gedocumenteerde of potentiële gezondheidseffecten en risico's van windturbines te identificeren. De kwaliteit van de informatiebron is hoog op grond van de relevante expertise van de deskundigen en het gebruik van wetenschappelijke informatie gepubliceerd in wetenschappelijke tijdschriften.

Uit dit onderzoek komt naar voren dat een deel van de omwonenden het geluid door windturbines als hinderlijk ervaart. Ook het veranderde uitzicht en het waarnemen van de beweging van de rotorbladen wordt als hinderlijke factor benoemd. Onderzoek laat ook zien dat mensen die de windturbines vanuit hun woning kunnen zien, bij vergelijkbare geluidniveaus, eerder hinder rapporteren dan mensen die geen windturbines vanuit huis zien. Wanneer omwonenden economisch voordeel hebben van een windturbine rapporteren ze vrijwel geen hinder. De mate van ervaren hinder is een combinatie van de feitelijke geluidbelasting, zichtbaarheid van windturbine(s) vanuit de woning en of er sprake is van economisch gewin.

Wanneer iemand hinder ondervindt, dan betekent dit nog niet dat er een effect is op de gezondheid van die persoon. In de studie worden de volgende conclusies ten aanzien van gezondheidseffecten getrokken:

- Er is geen bewijs dat windturbinegeluid directe gezondheidsproblemen of ziektes veroorzaakt;
- Of hinder van windturbines kan leiden tot slaapproblemen of stress is niet voldoende onderzocht;
- Er is geen bewijs voor gezondheidseffecten door blootstelling aan windturbines dat gekarakteriseerd kan worden als het 'windturbinesyndroom' (dit wordt verder uitgelegd in Kader 2).

2.7 NHMRC Statement and information paper: Evidence on Wind Farms and Human Health (2015)[13]

De Australische gezondheidsautoriteit heeft een overzicht voor geïnteresseerden en beleidsmakers opgesteld over de kennis over gezondheidseffecten van windturbines. Er is een toelichting opgesteld vergezeld van een informatiedocument (information paper). De kwaliteit van de informatie is hoog. NHMRC heeft de informatie opgesteld op basis van een systematische review door het Adelaide Health Technology Assessment (AHTA) onderdeel van de universiteit van Adelaide. Een peer review heeft plaatsgevonden door een onafhankelijke expertcommissie en gezondheidscentrum (NCCEH) uit Canada.

[12] Ellenbogen, Jeffrey M., et al. "Wind turbine health impact study: report of independent expert panel." Prepared for Massachusetts Department of Environmental Protection and Massachusetts Department of Public Health (2012): 340p.
[13] Armstrong, Bruce, et al. "Information Paper: Evidence on Wind Farms and Human Health." (2015).

Deze verklaring is op basis van een literatuurstudie opgesteld door de 'National Heath and Medical Research Council' (NHMRC) van de Australische nationale overheid. In deze verklaring wordt gesteld dat er geen direct bewijs is dat windturbines nadelige gezondheidseffecten kunnen veroorzaken. De volgende conclusies worden getrokken:

- Blootstelling aan geluid kan gezondheidseffecten veroorzaken, maar deze gezondheidseffecten kunnen alleen voorkomen bij geluidsniveaus die veel hoger liggen dan het geluidniveau dat wordt ervaren door omwonenden van windparken;
- Alhoewel individuen windturbinegeluid op grotere afstand kunnen waarnemen, is het onwaarschijnlijk dat windturbinegeluid als hinderlijk wordt ervaren op afstanden groter dan 1.500 meter;
- Er is geen direct bewijs voor een verband tussen laagfrequent geluid van windturbines en gezondheidseffecten.

2.8 RIVM Klimaatakkoord: effecten van nieuwe energiebronnen op gezondheid en veiligheid in Nederland (2021)

Het RIVM heeft in mei 2021 een onderzoek[14] gepubliceerd waarin zij de effecten (luchtverontreiniging (buiten), binnenmilieu, (laagfrequent) geluid en overige effecten, zoals elektromagnetische straling en geurhinder) van nieuwe energiebronnen op de gezondheid en veiligheid in Nederland heeft geanalyseerd. Het onderzoek gaat dus niet alleen over windturbines. Uit de geschatte gezondheidseffecten en veiligheidsrisico's volgt dat de impact van de meeste maatregelen uit het klimaatakkoord beperkt zal zijn. Wanneer het RIVM de effecten op hoofdlijnen naast de 'winst' legt die het afbouwen van het gebruik van fossiele brandstoffen op de gezondheid en veiligheid heeft, dan is het beeld dat het netto effect positief zal zijn voor de gezondheid en veiligheid. Wel kunnen enkele energiebronnen negatieve effecten op gezondheid en veiligheid veroorzaken. Zo kunnen windturbines hinder veroorzaken bij omwonenden en veroorzaken houtkachels en installaties om biomassa te verbranden luchtverontreiniging.

Eventuele gezondheidseffecten op omwonenden van windmolenparken worden in relatie gebracht met ervaren hinder. De mate van hinder kan worden beperkt door in planvorming rekening te houden met gezondheidsaspecten door de optimalisering van locaties waar windturbines worden geplaatst. Daarnaast is bekend dat wanneer omwonenden bij de besluitvorming over locaties en landschappelijke inpassing worden betrokken en ze daarbij van goede, betrouwbare informatie worden voorzien, eventuele hinder zo goed mogelijk preventief wordt aangepakt. Ook het inrichten van een klachtensysteem, het beschikbaar stellen van een knop om windturbines stil te zetten en economische incentives (door omwonenden mee te laten delen in de opbrengst van windturbines) kunnen bijdragen aan een preventieve aanpak van hinder. Andere maatregelen om de geluidsbelasting door windturbines te beperken zijn technische innovaties, zoals vermindering van het toerental, het toepassen van een andere bladvorm en het aanbrengen van structuren op de rotorbladen die het geluid verminderen.

Het RIVM geeft aan dat er voor sommige maatregelen onvoldoende informatie is om een goede inschatting van de gezondheidseffecten en veiligheidsrisico's te kunnen doen. Dit gaat vooral om de gezondheidseffecten door verbranding van biomassa en biobrandstoffen en de gevolgen van geluidhinder door windturbines.

[14] https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2021-0054.pdf

Er is veel maatschappelijke discussie over de plek van windmolenparken. Sommige mensen maken zich zorgen over de gevolgen van deze turbines als deze in de buurt van hun woonomgeving komen te staan. Zij maken zich zorgen over de grootte, horizonvervuiling, slagschaduw en geluidhinder. Maar ook of ze als bewoners wel door de overheid betrokken worden bij het maken van plannen. Ook leven er vragen over gezondheidseffecten. Daarom komt er een nieuw expertisecentrum voor gezondheidsproblemen die kunnen ontstaan door windturbines. Het RIVM en de GGD's werken samen en gaan een 'Expertisepunt Windenergie en Gezondheid' inrichten. Het expertise centrum verzamelt kennis en houdt deze bij in een databank. Daarnaast verkennen zij de opties voor eventueel aanvullend onderzoek naar gezondheidseffecten van windturbines op land. Over de bevindingen van deze verkenningen adviseert het expertisecentrum het ministerie.

2.9 Onderzoek N. Piermont Wind Turbine Syndrome – A Report on a Natural Experiment

Regelmatig wordt het onderzoek[15] van N. Pierpont geciteerd over het 'windturbinesyndroom'. Deze ziekte zou veroorzaakt worden door laagfrequent geluid. De conclusies worden niet gedeeld door andere studies die de invloed van windturbines op gezondheid bestudeerden. De studie is breed bekritiseerd als wetenschappelijk zwak op basis van de volgende punten:

- De steekproef is te klein voor om een statistisch effect te vinden (38 personen uit 10 families op verschillende afstanden van windturbines, te weten 300 tot 1.500 meter);
- De studie bevatte geen controlegroep, waardoor geen validatie van de relatie plaatsvond;
- De studie is niet gebaseerd op metingen maar op telefonische interviews. 23 mensen zijn geïnterviewd en via hen zijn ook de symptomen van de overige 15 personen verzameld. De symptomen zijn door de proefpersonen zelf gerapporteerd zonder tussenkomst van een medisch specialist;
- Er is geen onderzoek gedaan naar de gezondheidshistorie van de proefpersonen. Een aantal proefpersonen zou al gezondheidsproblemen hebben voor de bouw van de windturbines;
- Het artikel is enkel gereviewd door kennissen van Pierpont en niet gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift met peer-review. Geen van de peer reviewers heeft een achtergrond in akoestiek, epidemiologie of geneeskunde.

De kwaliteit van het betreffende onderzoek is laag gezien voorgaande.

2.10 Artikel S. van Manen, Medisch Contact, Windmolens maken wel degelijk ziek

Een artikel uit het opinieblad Medisch Contact van S. van Manen (2018) wordt eveneens regelmatig aangehaald bij gesprekken over windprojecten. Er wordt, op basis van één van de in het artikel gebruikte bronnen, gesteld dat een substantieel deel van omwonenden van windturbines wereldwijd identieke gezondheidsklachten rapporteert. Haar aangehaalde bron van Health Canada uit 2016 (zie artikel hierboven) concludeert echter dat er op basis van een steekproef van 1.238 omwonenden van windparken geen relatie is tussen blootstelling aan windturbine geluid tot 46 dB(A) en de gerapporteerde gezondheidsklachten. Tot slot concludeert van Manen in het artikel dat er geen bewijs is dat windturbines directe gezondheidsproblemen of ziektes veroorzaken en stelt dat er meer onderzoek nodig is.

[15] Pierpont, N. (2009), Wind Turbine Syndrome – A Report on a Natural Experiment. Santa Fe. Review ondermeer: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3179699/,

2.11 M. Alves-Pereira Public health and noise exposure: the importance of low frequency noise

Bij de zorg die omwonenden kunnen hebben over mogelijke gezondheidseffecten van windturbines, wordt geregeld het onderzoek van M. Alves-Pereira aangehaald. Zij stelt dat er een relatie is tussen het geluid van windturbines, en met name het laagfrequente geluid, en de aanwezigheid van hart- en vaatziekten. Uit Australisch onderzoek[16] blijkt dat de stellingen van Alves-Pereira niet door andere onderzoekers worden onderschreven. Verder blijkt uit hetzelfde Australische onderzoek dat het onderzoek van Alves-Pereira niet voldoet aan de eisen die aan wetenschappelijk onderzoek worden gesteld. Het onderzoek over het gestelde effect van 'vibro-acoustic disease' (evenals Windturbinesyndroom) is eveneens beoordeeld in het recente onderzoek van het RIVM. Hierin concludeert het RIVM het optreden van deze effecten als 'niet bewezen' en 'niet aannemelijk'.

2.12 Rapport DEI Voorkom het windturbine syndroom

Recent is een rapportage[17] van het Democratische Energie Initiatief (DEI[18]**) verschenen over het windturbinesyndroom. Het rapport is niet opgesteld door deskundigen met relevante expertise. In het kader van het onderzoek is een deskundige met relevante expertise geraadpleegd. Het onderzoek is echter niet gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift en er heeft geen peer-review plaatsgevonden. Daarnaast is de rapportage, volgens de literatuurlijst, niet gebaseerd op de meest recente wetenschappelijke inzichten. Deels betreft het websites, nog niet gepubliceerde stukken en mediaberichten.

In het rapport worden diverse gezondheidseffecten van windturbines benoemd. Dit betreft onder meer het windturbineturbinesyndroom en vibro-acoustic disease. Gesuggereerd wordt dat deze gevolgen in de medische wereld erkend worden. De bronnen die hiervoor kennelijk zijn gebruikt, zijn echter niet van wetenschappelijke aard en/of al met zekerheid niet correct bevonden zoals blijkt uit de recente publicaties (zie ook hiervoor in deze bijlage). Daarbij worden ongeloofwaardige claims gedaan, waaronder de claim dat allerlei reacties en medische effecten al 100.000 keer door wetenschappers zijn vastgesteld op basis van een niet wetenschappelijke bron.

De kwaliteit van de informatiebron is daarom laag.

[16] University of Wollongong, How the factoid of wind turbines causing "vibroacoustic disease" came to be "irrefutably demonstrated', 2013

[17] Uitgave DEI, Voorkom het windturbinesyndroom, W. Alteveer en K. Vocking, januari 2020

[18] Het Democratisch Energie Initiatief (DEI) verwijst naar zichzelf als een groep onafhankelijke energiedeskundigen voort gekomen uit FNV Noord. Het DEI heeft onder meer als doelstelling een energietransitie zonder windenergie op land (https://www.deinl.nl/programma.html)

3 Overige windturbine-effecten

3.1 Elektromagnetische velden

Elektrische, magnetische en elektromagnetische velden zijn deels van nature aanwezig en bevinden zich in ons dagelijks leven om ons heen. Bekende natuurlijke vormen zijn UV-straling (zon), infrarode straling (warme voorwerpen) en zichtbaar licht. Elektromagnetische velden zijn ook aanwezig bij bijvoorbeeld huishoudelijke elektrische apparaten, zoals de magnetron en de stofzuiger, en bij het transport van elektriciteit over lange afstanden (via hoogspannings-verbindingen).

De sterkte van elektromagnetische velden neemt sterk af wanneer de afstand tot de bron groter wordt. Ook rondom de gondel en de kabels die de windturbine koppelen aan het hoogspanningsnet kunnen magnetische velden voorkomen.

Het Landelijke Centrum Medische Milieukunde (LCM)[19] adviseert situaties te voorkomen waarin kinderen langdurig worden blootgesteld aan een veldsterkte die (jaargemiddeld) hoger is dan 0,4 microtesla. Dit advies richt zich op alle bronnen van magnetische velden die samenhangen met de elektriciteitsvoorziening.

Een windturbinegondel (boven op de mast) kan een hoge veldsterkte hebben, maar deze bevindt zich op een grote verticale afstand van plekken waar mensen langdurig verblijven (woningen, scholen, crèches en kinderopvangplaatsen). Recht boven kabels is de veldsterkte in de regel niet hoger dan 1 microtesla, maar deze kabels liggen nooit onder gebouwen waar mensen langdurig verblijven. Het is dan ook niet aan de orde dat de windturbine en de daarbij behorende kabels veldsterkten veroorzaken boven 0,4 microtesla op plaatsen waar mensen langdurig verblijven. Er is dan ook geen reden om aan te nemen dat elektromagnetische velden die in de buurt van windturbines en de daarbij behorende ondergrondse kabelverbindingen voorkomen, een gezondheidsrisico vormen. Het Kennisplatform EMV bevestigt deze conclusie ook in een hun memo[20]. Op grond van de normen die gehanteerd worden voor windturbinegeluid wordt reeds een zodanige afstand tussen windturbines en bebouwing aangehouden dat er geen sprake is van elektromagnetische hinder van de windturbines.

3.2 Trillingen

Op grond van ervaringen op land blijkt dat fundaties van windturbines geen hinderlijke trillingen doorgeven aan de ondergrond en de omgeving. De Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu heeft laten weten[21] dat “de bewering in enkele literatuurbronnen dat ook overdracht door de grond plaats vindt ongegrond is, *hetgeen blijkt uit nauwkeurige metingen van trillingsniveaus in de bodem rondom windturbines”.*

[19] LCM Landelijk Centrum Medische Milieukunde, (2006) Standpunt ELF-EM velden elektriciteitsvoorziening en gezondheid Hoogspanningslijnen – Onderstations – Transformatorhuisjes. Definitieve versie, 21 juni 2006.
[20] Kennisplatform ElektroMagnetische Velden (2014) Elektromagnetische velden van windturbines. 10 juni 2014. Bron: https://www.kennisplatform.nl/media/original/20140610_Memo_Windturbines.pdf, referentie KP EMV 20140610
[21] Brief van Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu aan de Tweede Kamer, vergaderjaar 2013-2014, 33 612, nr. 22

Het Geo-Consultancy bureau Fugro heeft in het verleden bij een aantal windturbines verspreid over Nederland trillingsmetingen uitgevoerd met als doel het inzichtelijk maken van de optredende trillingsintensiteiten tijdens de regulier in bedrijf zijn van de windturbine. Over de bevindingen van destijds heeft Furgo in briefrapportage[22] gerapporteerd. Fugro heeft metingen verricht bij de volgende locaties:

- Afrikahaven te Amsterdam. In oktober/november 2008 zijn metingen bij een drietal opgestelde 3 MW windturbines uitgevoerd;
- Noordland (eiland Neeltje Jans/ Roompot). In januari/februari 2009 zijn metingen bij een tweetal 3 MW turbines uitgevoerd;
- Eemshaven. In de periode januari – mei 2013 uitgebreide metingen (25 meetlocaties) bij een opgestelde 6 MW windturbine uitgevoerd.

Op basis van de resultaten van de hierboven beschreven metingen concludeert Fugro dat de invloed van trillingen bij het in gebruik zijn van de windturbines binnen een afstand van circa 15 tot 20 meter uit de windturbine nog enige invloed kan hebben, daarbuiten is deze invloed verwaarloosbaar.

3.3 Fijnstof

Fijnstof in de lucht kan schadelijke effecten op de gezondheid hebben. De Europese Unie heeft daarom in 1999 grenswaarden voor fijnstof (PM10) vastgesteld. In 2008 is de regelgeving uitgebreid met grens- en streefwaarden voor de fijnere fractie van fijnstof (PM2,5). Fijnstof wordt hoofdzakelijk uitgestoten in het verkeer, maar uitstoot wordt ook veroorzaakt door industrie, landbouw en huishoudens.
Windturbines hebben een effect op de verspreiding van fijnstof die al in de lucht aanwezig is doordat de wind in het gebied achter de windmolen een hogere mate van turbulentie bevat, waardoor het verspreidingsgebied vergroot kan worden.
Het maakt hierbij uit op welke manier fijnstof wordt uitgestoten. De fijnstofuitstoot door verkeer bevat een grote hoeveelheid decentrale bronnen op een lage hoogte. De verticale afstand tussen de bron (verkeer op maaiveldniveau), de ontvangers (woningen op maaiveldniveau) en de turbines (bladen die hoog boven de grond bewegen) is dermate groot dat van een significant negatief effect geen sprake kan zijn, helemaal omdat ook de horizontale afstand tussen ontvangers en windturbines minimaal enkele honderden meters bedraagt en de wegen op geruime afstand van het windpark zijn gelegen.

Bij fabrieksschoorstenen van industriële centrales is de verticale afstand kleiner, waardoor de kans op verspreiding toeneemt. Het effect van windturbines op de verspreiding van industriële uitlaatgassen is onderzocht in een case studie voor 7 windturbines op 400 meter afstand van de hoogovens van Tata Steel[23]. In het rapport wordt in kaart gebracht of windturbines invloed hebben op concentraties fijnstof (PM10), maar ook SO2, NO2, zware metalen, ammoniak en geur. Het rapport concludeerde dat de windmolens de concentraties luchtverontreiniging nauwelijks beïnvloeden en dat in geen geval grenswaarden voor luchtkwaliteit uit de Wet milieubeheer. Logischerwijs zal de mate van verspreiding toenemen als de afstand tussen een emissiebron en de windturbines kleiner is. De verspreiding neemt ook toe als de schoorsteen hoger is dan de as van de windturbine. Bij een afstand van meer dan 1,5 km zijn er helemaal geen significante effecten waarneembaar.

[22] Fugro Geoservices BV, Aspect trillingen windpark Drentse Monden – Oostermoer, kenmerk 1016-0910-000.B01v3/ASN, 12 december 2016
[23] Erbrinks Stacks Consult (2016), Impact windmolens op verspreiding van luchtverontreiniging – Windmolens Spuisluis en de emissies van Tata Steel, Rapport 2016R001, Oosterbeek.

Naast het mogelijk veranderde verspreidingspatroon van fijnstof dient tevens opgemerkt te worden dat door de komst van windturbines de totale fijnstofuitstoot zal afnemen door de verminderde fossiele energievraag.

Bijlage 9 - Beoordeling VKA Fase 1 + 2

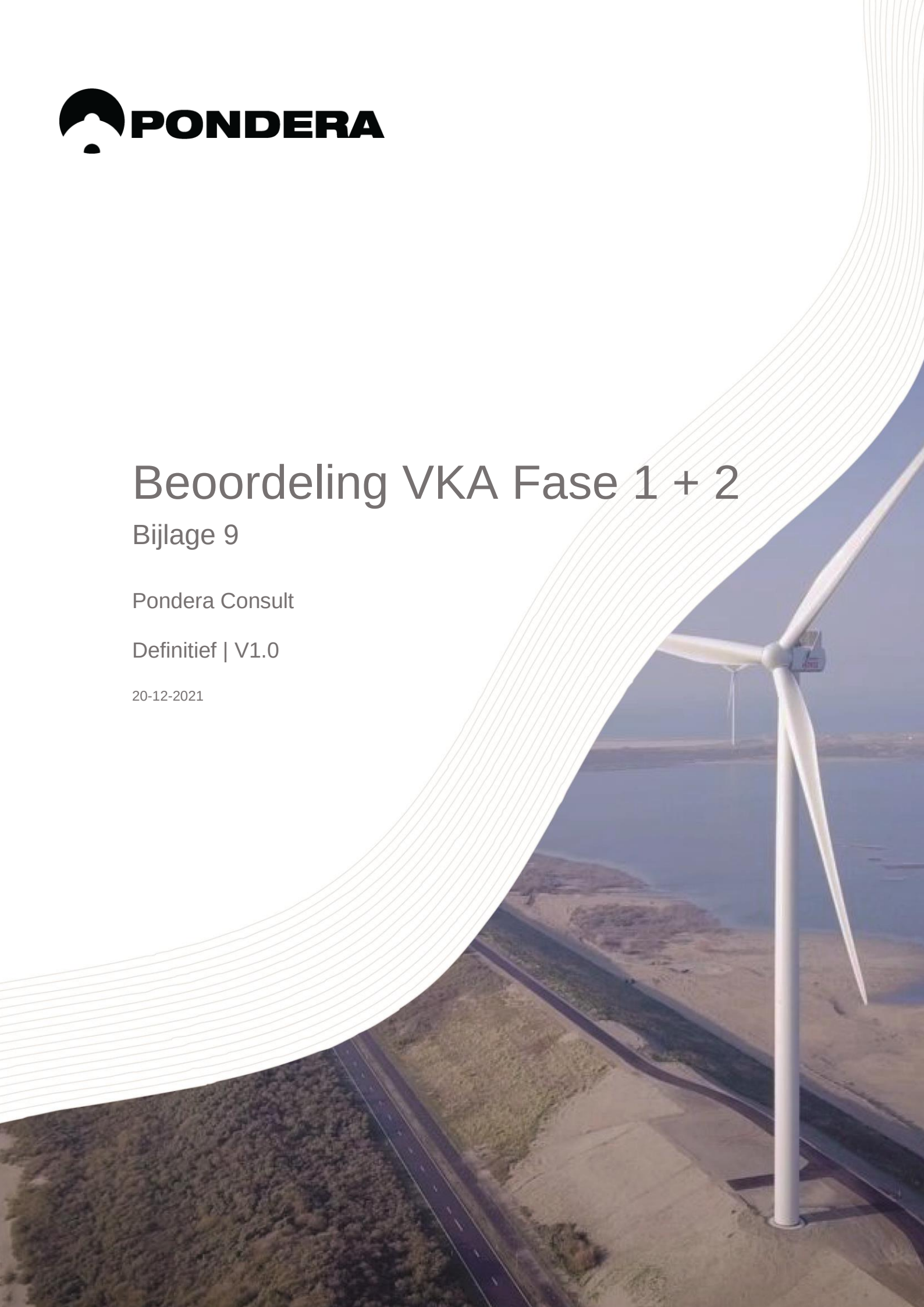
Beoordeling VKA Fase 1 + 2

Bijlage 9

Pondera Consult

Definitief | V1.0

20-12-2021



1 Beoordeling VKA Fase 1 + 2

1.1 Inleiding

Initiatiefnemer Vattenfall ontwikkelt Windpark Eemshaven West in twee fasen vanwege een dispuut over beschikbaarheid van private gronden. De eerste fase betreft het westelijk deel van het plangebied, aangeduid als fase 1. In aansluiting daarop wenst de initiatiefnemer ook in het oostelijk deel windturbines te plaatsen, dit is fase 2. Vanwege de gefaseerde ontwikkeling is besluitvorming over het windpark in eerste instantie beperkt tot fase 1. Het voorkeursalternatief dat is gekozen is dan ook beperkt tot fase 1, terwijl in het MER ook de mogelijkheden voor fase 2 zijn onderzocht.

In het MER is beschreven op welke wijze tot een voorkeursalternatief is gekomen en dat het voorkeursalternatief bestaat uit fase 1 van opstelling C16. Voor een goede vergelijking tussen het Voorkeursalternatief en de oorspronkelijke alternatieven die beoordeeld zijn op basis van fase 1 + 2, wordt in deze bijlage het VKA fase 1 + 2 beoordeeld. In hoofdstuk 16 van het MER is een beoordeling gegeven van het voorkeursalternatief, bestaande uit enkel Fase 1.

De initiatiefnemer treft een aantal mitigerende maatregelen (maximale reductie slagschaduw, beperking geluidsbelasting in de nachtperiode en inzet op reductie branduren luchtvaartverlichting). Bij de beoordeling van het VKA in het MER wordt dit betrokken. Bij de vergelijk van het VKA voor fase 1 en 2 in deze bijlage niet om een goede vergelijking met de alternatieven in het MER te kunnen maken.

Het VKA fase 1 + 2 bestaat uit 24 windturbines. In de volgende figuur is de opstelling weergegeven. De windturbines hebben een rotordiameter tussen 130 tot 160 meter en een ashoogte tussen 120 tot 160 meter. De windturbines hebben een maximale tiphoogte van 225 meter.

Figuur 1.1 Voorkeursalternatief Fase 1 + 2

1.2 Geluid

Op basis van de analyses van de verschillende alternatieven op grond van geluid en slagschaduw, maar ook op basis van andere afwegingen is een voorkeursalternatief (VKA) gekozen.

In de navolgende paragrafen worden de geluideffecten van het gekozen VKA onderzocht. Eerst wordt gekeken naar de effecten na realisatie van zowel fase 1 als fase 2, zodat deze resultaten kunnen worden vergeleken met de alternatieven.

1.2.1 Beoordeling VKA fase 1 + 2

De bandbreedte van de windturbines is hieronder in Tabel 1.1 weergegeven. Een verschil tussen het VKA en het eerder onderzochte alternatief C is dat het VKA in fase 1 en 2 één windturbine minder telt. De afstand tot het gehucht Valom is significant vergroot in het VKA door de aanpassing in de opstelling. Een ander belangrijk verschil is dat het VKA een maximale rotordiameter van 160 m heeft, terwijl dit voor alternatief C maximaal 150 m is. De maximale tiphoogte blijft wel 225 m in het VKA. Een toevoeging in het VKA is de fundatiehoogte van 3,5 m boven het maaiveld, waarmee de maximale mogelijke ashoogte boven het maaiveld van het VKA uitkomt op 163,5 m.

Tabel 1.1 Bandbreedte afmetingen VKA

Opstelling	Rotordiameter [m]	Ashoogte [m]	Tiphoogte [m]	Fundatiehoogte [m]	Aantal windturbines (fase 1 / 2)
VKA	130 – 160	120 – 160	180 – 225	3,5	16 / 24

Voor geluid is evenals bij de alternatieven gerekend met de gemiddeld luide windturbine (middel - Nordex N149/4800 STE) op dezelfde ashoogte (160 m) als de alternatieven, om een gelijkwaardige vergelijking te kunnen maken. Er wordt getoetst aan de oorspronkelijke normstelling voor windturbinegeluid van 47 dB L_{den} en de cumulatieve geluidnorm 65 dB L_{cumu} uit de structuurvisie. Ook zijn de effecten inzichtelijk gemaakt zonder toepassing van eventuele geluidmitigerende voorzieningen.

Rekenresultaten – gemiddelde windturbine

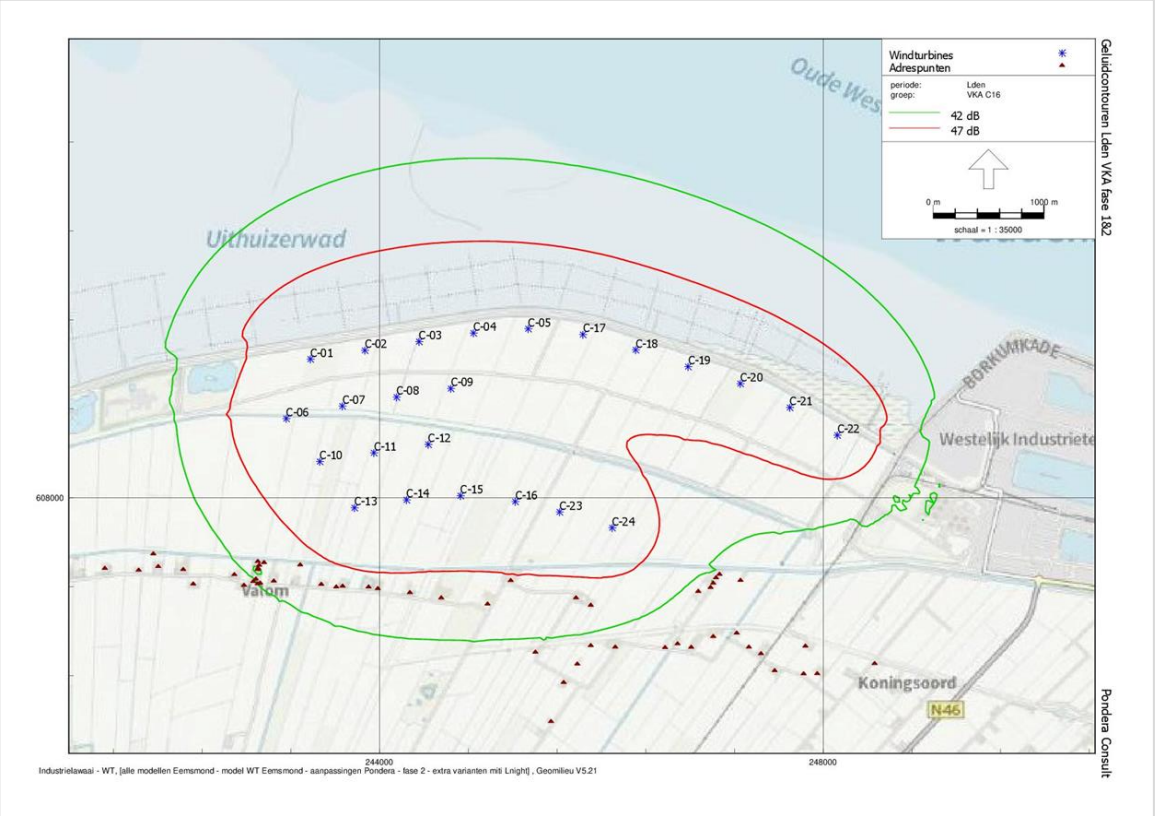
In Tabel 1.2 zijn voor het VKA de jaargemiddelde geluidbelastingen L_{night} en L_{den} weergegeven voor de referentietoetspunten. Aangezien het VKA het meest overeenkomstig is met alternatief C, zijn voor de vergelijking tevens de resultaten van alternatief C gegeven in de tabel. In bijlage 3 is een compleet overzicht gegeven van het aantal woningen (inclusief woningen die niet tot de referentiewoningen behoren) met een bepaalde geluidbelasting.

Tabel 1.2 Jaargemiddelde geluidniveaus VKA en alternatief C [dB(A)]

Tp	Adres	VKA - gemiddeld		Alt C	
		L_{night}	L_{den}	L_{night}	L_{den}
1	Emmaweg 6	38	44	41	48
2	Emmaweg 4	40	46	43	49
3	Dwarsweg 56	39	45	41	47
4	Dwarsweg 52	40	46	41	47
5	Dwarsweg 50	41	47	41	48

6	Dwarsweg 30	41	48	41	47
7	Dwarsweg 28	39	46	40	46
8	Heuvelderij 1	35	42	36	42
9	Heuvelderij 7	36	42	36	43
10	Emmaweg 30	33	40	36	42

Figuur 1.2 Geluidcontouren 42 en 47 dB Lden VKA – gemiddelde turbine



Voorzieningen geluid

Om te voldoen aan een waarde van Lden 47 en Lnight 41 is er voor gekozen de referentieturbine voor het VKA in een stillere geluidmodus te laten draaien. In Tabel 1.3 is gegeven welke bedrijfsinstelling benodigd is om te voldoen aan de norm van 47 dB L_{den} van de structuurvisie Eemsmond-Delfzijl. In Tabel 1.4 zijn de jaargemiddelde geluidniveaus voor het VKA en alternatief C met geluidvoorzieningen gegeven mitigatie wordt toegepast.

Bij het VKA moet één windturbine met één stap in de nacht worden gemitigeerd om een maximale geluidbelasting van 47 dB L_{den} te verkrijgen, terwijl hiervoor bij alternatief C twee windturbines met meerdere stappen in de nacht moeten worden gemitigeerd.

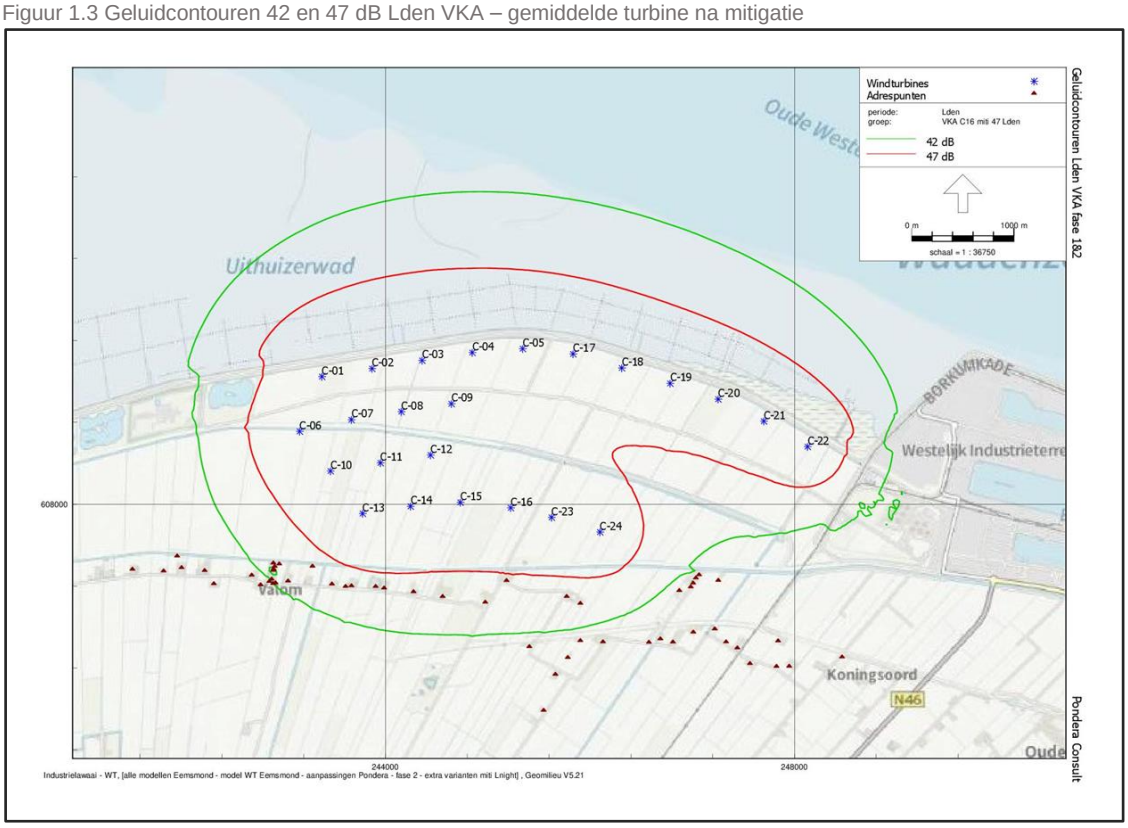
Tabel 1.3 Geluidmitigatie benodigd om aan normstelling 47 dB L_{den} te kunnen voldoen

Windturbinenummer	**dag**	**avond**	**nacht**
C-16	--	--	mode 1b

Tabel 1.4 Geluidbelasting na toepassing van geluidvoorzieningen voor 47 dB L_{den} [dB(A)]

Tp	Adres	VKA - gemiddeld		Alt C	
		L_{night}	L_{den}	L_{night}	L_{den}
1	Emmaweg 6	38	44	39	46
2	Emmaweg 4	40	46	41	47
3	Dwarsweg 56	39	45	39	46
4	Dwarsweg 52	40	46	40	46
5	Dwarsweg 50	41	47	40	47
6	Dwarsweg 30	41	47	41	47
7	Dwarsweg 28	39	46	40	46
8	Heuvelderij 1	35	42	36	42
9	Heuvelderij 7	36	42	36	43
10	Emmaweg 30	33	40	35	41

Figuur 1.3 Geluidcontouren 42 en 47 dB Lden VKA – gemiddelde turbine na mitigatie



Aantal woningen per geluidbelastingklasse

In Tabel 1.5 (zonder geluidmitigatie) en Tabel 1.6 (na geluidmitigatie conform Tabel 1.3) zijn de aantallen woningen weergegeven welke zich bevinden binnen de in kolom 1 aangegeven geluidcontouren.

Wanneer geluidvoorzieningen worden toegepast, zijn er alleen woningen belast in de eerste twee geluidbelastingklasses. Met het VKA worden minder woningen in de hogere geluidbelastingklasses belast dan bij zowel alternatief C als bij de overige alternatieven. De beperkte verbetering van het VKA voor het aspect geluid ten opzichte van alternatief C is het gevolg van de aanpassing van de opstelling aan de zuidwestkant waardoor sprake is van een grotere afstand tot woningen.

Tabel 1.5 Aantal woningen per geluidbelastingklasse – zonder mitigatie

Geluidbelasting Lden	VKA - gemiddeld	Alt C
>37 x ≥ 42 dB L_{den}	24	24
>42 x ≥ 47 dB L_{den}	20	23
>47 x ≥ 52 dB L_{den}	1	3
>52 dB L_{den}	0	0

Tabel 1.6 Aantal woningen per geluidbelastingklasse – na toepassing geluidvoorzieningen

Geluidbelasting Lden	VKA - gemiddeld	Alt C
>37 x ≥ 42 dB L_{den}	24	23
>42 x ≥ 47 dB L_{den}	21	26
>47 x ≥ 52 dB L_{den}	0	0
>52 dB L_{den}	0	0

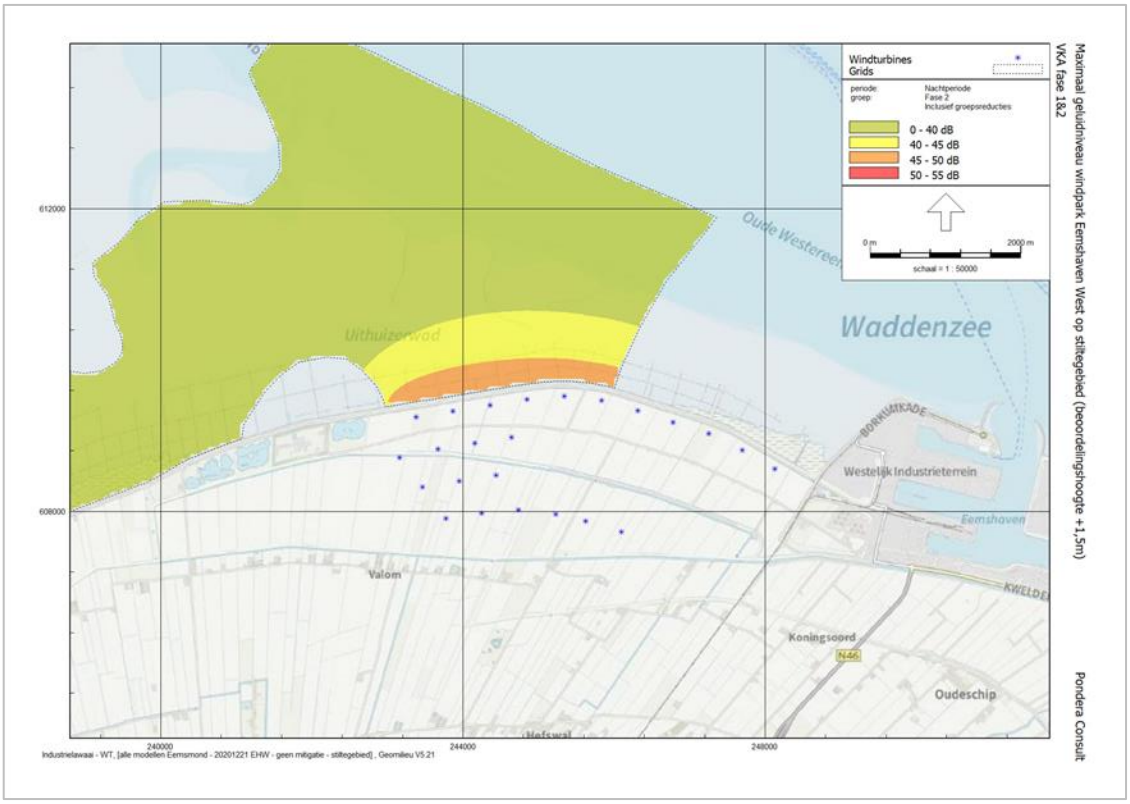
Stiltegebied

De maximale geluidbelasting van het VKA is inzichtelijk gemaakt middels contouren. Dezelfde uitgangspunten als beschreven in paragraaf 6.5.2 zijn gehanteerd. Het percentage van gebied waar de resulterende geluidbelasting groter is dan 40 dB(A) is gegeven in Tabel 1.7. De gevolgen van het VKA en alternatief C voor het stiltegebied zijn gelijk.

Tabel 1.7 Percentage deelgebied van het stiltegebied met geluidbelasting > 40 dB(A)

Opstelling	41-45 dB(A)	46-50 dB(A)	>50 dB(A)	>40 dB(A)
VKA C - gemiddeld	5,7%	2,4%	0,0%	8,1%
Alt C	5,7%	2,4%	0,0%	8,1%

Figuur 1.4 Geluidbelasting in stiltegebied – VKA fase 1 & 2 – gemiddelde windturbine



1.2.2 Effecten aanlegfase en netaansluiting

Geluidseffecten tijdens de aanlegfase komen voort uit geluid ten gevolge van bouwwerkzaamheden. De gevolgen van het voorkeursalternatief zijn gelijkwaardig aan de gevolgen van alternatief C.

1.2.3 Cumulatie

Opgetelde effecten met andere windturbines – gemiddelde windturbine

Optelling van het bestaande turbinegeluid met het geluid van de nieuwe turbines met geluidvoorziening als beschreven in voorgaande paragrafen is inzichtelijk gemaakt. De resultaten zijn gegeven in Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Windturbinegeluid opgeteld met referentiesituatie – VKA en alternatief C [dB(A)]

Id	Adres	Ref. situatie		VKA - gemiddeld		Alt C	
		L_{night}	L_{den}	L_{night}	L_{den}	L_{night}	L_{den}
1	**Emmaweg 6**	**30**	**37**	**38**	**45**	**40**	**46**
2	Emmaweg 4	29	35	40	46	41	48
3	Dwarsweg 56	29	36	40	46	40	47
4	Dwarsweg 52	30	37	40	46	40	47
5	Dwarsweg 50	33	39	41	48	41	48
6	Dwarsweg 30	36	43	42	49	42	49
7	Dwarsweg 28	37	43	41	48	41	48

8	Heuvelderij 1	41	47	41	48	42	48
9	Heuvelderij 7	43	49	43	50	43	50
10	Emmaweg 30	55	61	55	61	55	61

De opgetelde geluidbelasting op de toetspunten na realisatie van het VKA is gelijk aan of lager dan alternatief C.

Het aantal woningen per geluidbelastingklasse in de referentiesituatie en de toename door optelling na realisatie van het VKA zijn gegeven in Tabel 1.9. Het aantal gehinderden en ernstig gehinderden zijn gegeven in Tabel 1.10. In het aantal gehinderden zijn woningen met een solitaire windturbine op eigen terrein en molenaarswoningen van andere windparken niet meegenomen.

Tabel 1.9 Aantal woningen per geluidbelastingklasse a.g.v windturbinegeluid in referentiesituatie, en de toename daarvan door optelling met het VKA en alternatief C

Criterium	**Ref. situatie**	**Toename door optelling**	
		VKA – gemiddeld	Alt C
37 < x ≤ 42 dB L_{den}	15	-12	-12
42 < x ≤ 47 dB L_{den}	15	14	13
47 < x ≤ 52 dB L_{den}	12	9	10
> 52 dB L_{den}	1	0	0
Totaal aantal woningen met toename geluidsklasse		32	32

Tabel 1.10 Aantal gehinderden a.g.v windturbinegeluid in referentiesituatie, en de toename daarvan door optelling met VKA en alternatief C

Criterium	**Ref. situatie**	**Toename door optelling**	
		VKA – gemiddeld	Alt C
Aantal gehinderden	11	6	8
Aantal ernstig gehinderden	5	3	4

*: Bij de bepaling zijn twee woningen met een windturbine op eigen terrein buiten beschouwing gelaten

Tabel 1.9 laat zien dat de toename door optelling in de hogere geluidbelastingklasse bij het VKA lager is dan bij alternatief C. Ook is de toename in het aantal gehinderden en ernstige gehinderden lager bij het VKA. De verandering is overigens beperkt.

Cumulatieve effecten met andere geluidbronnen

De cumulatieve geluidbelasting op de referentiewoningen voor de toekomstige situatie waarbij het VKA is gerealiseerd, is gegeven in Tabel 1.11.

Tabel 1.11 Cumulatieve geluidbelasting VKA en alternatief C [dB(A)]

Nr	**Adres**	**Lcum ref**	**L* WT VKA**	**Lcum VKA**	**L* WT C**	**Lcum C**
1	Emmaweg 6	44	54	54	57	57
2	Emmaweg 4	44	56	56	59	59

3	Dwarsweg 56	44	56	56	57	57
4	Dwarsweg 52	45	56	57	57	57
5	Dwarsweg 50	47	58	59	58	59
6	Dwarsweg 30	52	60	60	60	60
7	Dwarsweg 28	53	58	59	59	59
8	Heuvelderij 1	59	59	60	59	60
9	Heuvelderij 7	62	62	63	62	63
10*	Emmaweg 30	81	81	81	81	81

* Woning heeft windturbine op eigen terrein waardoor deze niet hoeft te worden getoetst aan de norm.

De resultaten laten zien dat de cumulatieve geluidbelasting na realisatie van het VKA gelijk of lager is dan alternatief C. Bij alle referentiewoningen waar getoetst moet worden aan de cumulatieve geluidnorm van 65 dB L_{cum} uit de structuurvisie, wordt voldaan aan de norm.

Het aantal woningen per geluidbelastingklasse voor de cumulatieve geluidbelasting is gegeven in Tabel 1.12 en in Tabel 1.13 voor molenaarswoningen en woningen met een windturbine op eigen terrein.

Tabel 1.12 Aantal woningen per geluidbelastingklasse in de referentiesituatie, en de toename daarvan door cumulatie na realisatie van VKA en alternatief C

Criterium	**Ref. situatie**	**Toename door cumulatie**	
		VKA	Alt C
≤ 50 dB L_{cum}	23	-22	-22
50 < x ≤ 55 dB L_{cum}	11	9	1
55 < x ≤ 60 dB L_{cum}	9	9	18
60 < x ≤ 65 dB L_{cum}	8	4	3
65 < x ≤ 70 dB L_{cum}	0	0	0
>70 dB L_{cum}	0	0	0
Totaal aantal woningen met toename geluidsklasse		31	33
Totaal aantal stappen in klasse (één woning kan meer dan één klasse verslechteren)		38	46

Tabel 1.13 Aantal woningen (molenaarswoning of woning met windturbine op eigen terrein) per geluidbelastingklasse in de referentiesituatie, en de toename daarvan door cumulatie na realisatie VKA en alternatief C

Criterium	**Ref. situatie**	**Toename door cumulatie**	
		VKA	Alt C
≤ 50 dB L_{cum}	0	0	0
50 < x ≤ 55 dB L_{cum}	0	0	0
55 < x ≤ 60 dB L_{cum}	0	0	0
60 < x ≤ 65 dB L_{cum}	1	-1	-1
65 < x ≤ 70 dB L_{cum}	1	1	1

>70 dB L_{cum}	1	0	0
Totaal aantal woningen met toename geluidsklasse		1	1
Totaal aantal stappen in klasse (één woning kan meer dan één klasse verslechteren)		1	1

De resultaten in Tabel 1.12 laten zien dat het totaal aantal woningen met toename in geluidbelastingklasse gelijk is voor het VKA en alternatief C. Hoewel bij het VKA in geluidbelastingklasse $60 < x \leq 65$ dB L_{cum} één gehinderde meer is dan bij alternatief C, is bij alternatief C het aantal gehinderden in geluidbelastingklasse $55 < x \leq 60$ dB L_{cum} aanzienlijk hoger.

1.2.4 Mitigerende maatregelen

De maximaal aanvaardbare geluidsbelasting voor geluidgevoelige objecten zal worden vastgelegd voor het windpark. Uit de beoordeling blijkt dat, uitgaande van Lden 47 en Lnight 41 beperkte mitigatie nodig is, ook voor het VKA. Bij een lagere maximale geluidbelasting zal dit ook het geval zijn. Mitigatie kan door het reduceren van het geluid van de windturbine door het vermogen in bepaalde periodes te reduceren. Uitgaande van deze geluidswaarden volgt uit tabel 1.3 dat bij 1 windturbine van het VKA reductie nodig is. Dit is minder dan bij alternatief C als gevolg van de aanpassing in de opstelling. Een andere mogelijkheid is het gebruik van een windturbinetype met een lager bronvermogen.

Door het toepassen van mitigatie zullen er geen woningen zijn met overschrijding van de maximaal toelaatbaar geachte geluidsbelasting. Naar verwachting leidt dit ertoe dat de alternatieven daarin een vergelijkbare belasting veroorzaken bij woningen.

1.2.5 Vergelijking alternatieven

In onderstaande tabel zijn de scores van de diverse alternatieven van windpark Eemshaven West weergegeven. Er is weinig onderscheid tussen de alternatieven, behalve op de eventueel benodigde mitigatie (aantal woningen binnen L_{den} = 47 dB-contour vóór mitigatie). Het VKA is een beperkte verbetering ten opzichte van alternatief C in het MER.

Tabel 1.14 Samenvatting beoordeling geluid door WP Eemshaven West, Fase 1&2

Criterium	**Alternatief**						**VKA**
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**Fase 1+2**
Aantal geluidgevoelige objecten binnen de Lden 47 dB contour van het voornemen (dus zonder optelling met turbines in de referentiesituatie) en vóór mitigatiemaatregelen. Dit is dus een maat voor de benodigde mitigatie.	0	0	--	--	-	-	-
Toename van het aantal geluidgevoelige objecten tussen de Lden 47 dB en Lden 42 dB contour ten opzichte van de referentiesituatie (na mitigatie)	-	-	-	-	-	-	-
Toename van het aantal te verwachten gehinderden / ernstig gehinderden in op woningen met een geluidbelasting van het voornemen van minimaal L_{den} = 37 dB(A) na mitigatie.	-	-	-	-	-	-	-
Totaal aantal stappen verslechtering op basis van Miedema voor cumulatief geluid inclusief andersoortige geluidbronnen (na mitigatie).	--	--	--	--	--	--	--
Percentage van het stiltegebied Waddenzee waar de geluidbelasting door het voornemen meer dan 40 dB(A) bedraagt.	--	--	--	--	-	-	--

1.3 Slagschaduw

1.3.1 Beoordeling VKA fase 1 + 2

Voor slagschaduw is evenals bij de alternatieven gerekend met de maximale rotordiameter en tiphoogte om met de alternatieven te vergelijken. Voor het VKA is daarom uitgegaan van een windturbine met een rotordiameter van 160 m en een ashoogte van 145 m, waarmee de totale tiphoogte 225 m bedraagt.

Voor de vergelijking met alternatief C is het van belang om op te merken dat bij dit alternatief de uitgangspunten van een maximale rotordiameter van 150 m en ashoogte van 150 m (tiphoogte 225 m) zijn gehanteerd. De opstelling van alternatief C heeft één windturbine meer dan het VKA en het VKA bevat een aanpassing aan de opstelling in de zuidwesthoek nabij het gehucht Valom. Door de kleinere rotordiameter en de 'extra' windturbine kan het zijn dat de resultaten van het VKA en alternatief C verschillen bij de referentiewoningen.

Verwachte slagschaduwduur

De hinderduur ter plaatse van de referentiewoningen is gegeven in Tabel 1.15 voor het VKA en alternatief C. In Tabel 1.16 is het aantal woningen per slagschaduwcontour gegeven.

Tabel 1.15 Verwachte slagschaduwduur op toetspunten (uu:mm, uren en minuten)

Toetspunt	Adres	VKA	Alt C	Toetspunt	Adres
1	Emmaweg 6	14:36	12:27	1	Emmaweg 6
2	Emmaweg 4	10:43	9:57	2	Emmaweg 4
3	Dwarsweg 56	5:25	4:19	3	Dwarsweg 56
4	Dwarsweg 52	2:08	1:55	4	Dwarsweg 52
5	Dwarsweg 50	6:45	5:31	5	Dwarsweg 50
6	Dwarsweg 30	16:36	13:02	6	Dwarsweg 30
7	Dwarsweg 28	3:08	3:09	7	Dwarsweg 28
8	Heuvelderij 1	5:45	5:13	8	Heuvelderij 1
9	Heuvelderij 7	13:01	14:22	9	Heuvelderij 7
10	Emmaweg 30	1:36	10:11	10	Emmaweg 30

Bij de woningen van derden waarvan de verwachte slagschaduwduur **vetgedrukt** is, treedt jaarlijks meer dan de voorgestelde 6 uur slagschaduwhinder op wanneer er geen stilstandvoorziening wordt toegepast. Bij de bepaling van de schaduwduren is geen rekening gehouden met eventuele beplanting, gebouwen en kunstwerken in de omgeving die het zicht kunnen belemmeren.

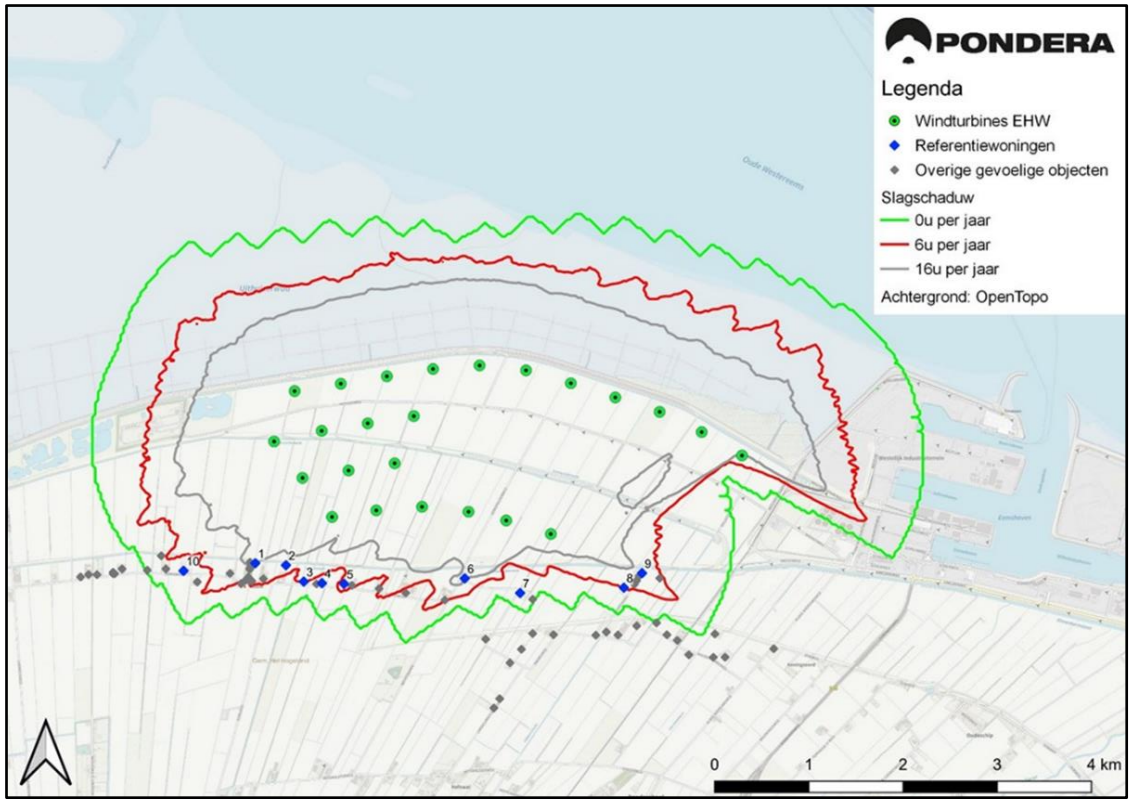
Ter plaatse van sommige referentiewoningen is de jaarlijkse slagschaduwduur lager bij het VKA in vergelijking tot alternatief C, terwijl bij andere referentiewoningen de hoeveelheid slagschaduw hoger is. Dit valt te herleiden aan de aangepaste plaatsing van de windturbines in het VKA aan de zuidwestzijde, de grotere gehanteerde rotordiameter bij het VKA en één windturbine minder in de opstelling van het VKA.

Tabel 1.16 Aantal woningen binnen slagschaduwcontouren WP Eemshaven West VKA, fase 1&2

Criterium	VKA	Alt C
Het aantal woningen tussen de 0 en 6 uur slagschaduwduur per jaar	18	19
Het aantal woningen tussen 6 en 16 uur slagschaduwduur per jaar	15	19
Het aantal woningen met meer dan 16 uur slagschaduwduur per jaar	2	0
Totaal aantal woningen met meer dan 6 uur slagschaduw	17	19
Totaal aantal woningen met meer dan 0 uur slagschaduw	35	38

Tabel 1.16 laat zien dat wanneer er geen stilstandvoorziening wordt toegepast, het totaal aantal woningen met meer dan 0 uur en totaal aantal woningen met meer dan 6 uur aan slagschaduw lager ligt bij het VKA dan bij alternatief C. Het VKA zonder stilstandvoorzieningen telt twee woningen met meer dan 16 uur slagschaduw, waarbij alternatief C er nul heeft.

Figuur 1.5 Verwachte slagschaduwcontouren VKA fase 1&2



1.3.2 Effecten aanlegfase en netaansluiting

Slagschaduw treedt alleen op tijdens de operationele fase van het windpark; er is geen sprake van slagschaduw tijdens de aanlegfase. Slagschaduw is ook niet van toepassing op de netaansluiting.

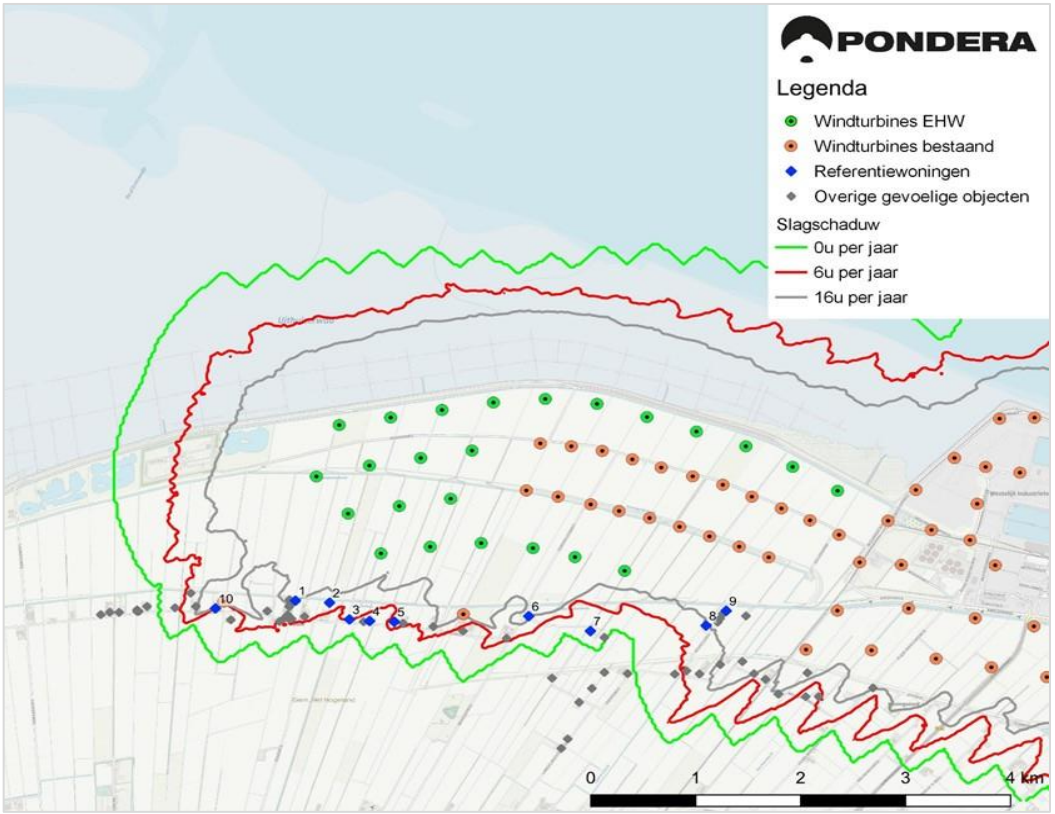
1.3.3 Cumulatie

In Tabel 1.17 zijn de rekenresultaten van cumulatie met de referentiesituatie weergegeven. De cumulatieve slagschaduwcontouren zijn gegeven in Figuur 1.6.

Tabel 1.17 Resultaten cumulatieve effecten verwachte hinderduur slagschaduw per jaar [uu:mm]

Toetspunt	Adres	Ref. situatie	Cumulatief	
			VKA	C
1	Emmaweg 6	--	14:36	12:27
2	Emmaweg 4	--	10:43	9:57
3	Dwarsweg 56	--	5:25	4:19
4	Dwarsweg 52	--	2:08	1:55
5	Dwarsweg 50	--	6:45	5:31
6	Dwarsweg 30	0:15	16:51	13:18
7	Dwarsweg 28	--	3:08	3:09
8	Heuvelderij 1	9:49	15:35	15:02
9	Heuvelderij 7	14:05	27:06	28:27
10	Emmaweg 30	1:39	3:16	11:51

Figuur 1.6 Verwachte slagschaduwcontouren VKA – cumulatief



Ook voor de gecumuleerde duur van slagschaduw is bepaald hoeveel woningen binnen de verschillende slagschaduw contouren liggen, zie onderstaande tabel.

Tabel 1.18 Aantal woningen binnen slagschaduwcontouren in de referentiesituatie, en de toename daarvan door cumulatie met het VKA en alternatief C.

Criterium	**Ref. Situatie**	**Toename door cumulatie met alternatief**	
		VKA	C
Het aantal woningen tussen de 0 en 6 uur slagschaduwduur per jaar	12	2	8
Het aantal woningen tussen 6 en 16 uur slagschaduwduur per jaar	11	9	7
Het aantal woningen met meer dan 16 uur slagschaduwduur per jaar	6	7	6
Totaal aantal woningen met slagschaduw	**29**	**18**	**21**

1.3.4 Mitigerende maatregelen

De windturbines zullen worden uitgerust met een stilstandsvoorziening . In de turbinebesturing worden hiervoor blokken van dagen en tijden geprogrammeerd waarop de rotor wordt gestopt indien de zon schijnt en de turbine draait omdat er op die momenten slagschaduw valt op woningen waar de betreffende turbine bijdraagt aan een overschrijding van de norm. Een dergelijke voorziening leidt tot enig productieverlies. De totale stilstandsduur kan met een zonneschijnsensor beperkt worden door de turbine alleen te stoppen op geprogrammeerde tijden indien ook tegelijkertijd de zon schijnt. Wanneer de zon niet schijnt zal er ook geen sprake zijn van slagschaduw en kan de turbine door blijven draaien. Wanneer de definitieve keuze van het turbinetype bekend is zal er een stilstandskalender worden bepaald waarmee de stilstandsvoorziening van de turbines kan worden geprogrammeerd.

Door het toepassen van een stilstandvoorziening zullen er geen woningen zijn met overschrijding van de maximaal toelaatbaar geachte slagschaduw. Naar verwachting leidt dit ertoe dat de alternatieven daarin een vergelijkbare belasting veroorzaken bij woningen.

1.3.5 Vergelijking alternatieven alternatieven

Tabel 1.19 Samenvatting beoordeling slagschaduw door WP Eemshaven West, Fase 1 +2

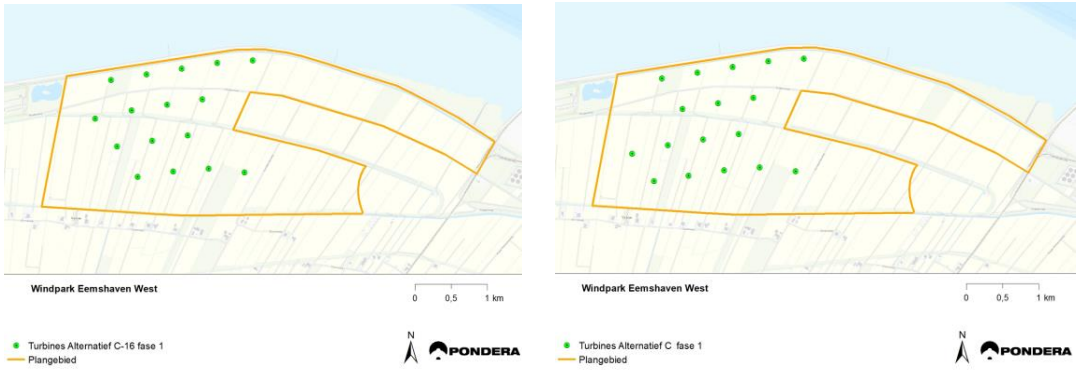
Criterium	**Alternatief**						**VKA**
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**Fase 1+2**
Het aantal woningen waar het voornemen (dus zonder cumulatie met turbines in de referentiesituatie) meer dan 6 uur slagschaduwduur vóór mitigatiemaatregelen veroorzaakt (dit is een maat voor de benodigde mitigatie)	-	-	-	-	-	-	-
Toename van het totaal aantal woningen met slagschaduw ten opzichte van de referentiesituatie. Uitgaande van verplichte mitigatie zal de bijdrage van het alternatief op elk van de woningen tussen de 0 en 6 uur slagschaduwduur bedragen.	-	-	-	-	-	-	-

1.4 Landschap

1.4.1 Beoordeling VKA fase 1 + 2

In vergelijking met de eerder beoordeelde alternatieven komt het voorkeursalternatief (VKA) sterk overeen met alternatief C. In onderstaande figuur zijn beide naast elkaar weergegeven (fase 1).

Figuur 1.7 Voorkeursalternatief fase 1 (links) en het v Alternatief C fase 1 (rechts)



Bron: Pondera Consult, bewerking OVSL

In alternatief C was sprake van 4 rijen met in totaal 17 nieuwe turbines in fase 1, in het VKA zijn dat er 16. Bovendien is de reeks van 4 rijen iets aangepast (van noord naar zuid: 5-4-3-4 in plaats van 5-3-4-5). In alternatief C werden turbines voorgesteld met de volgende dimensies: 130/160 m ashoogte - 120/150 m rotordiameter - 225 m tiphoogte. In het VKA is dat als volgt: 130/160 m ashoogte - 120/160 m rotordiameter - 180/225 m tiphoogte.

Hieronder volgt de landschappelijke effectbeoordeling van het voorkeursalternatief. De methode van effectbeoordeling is gelijk aan die van de alternatieven A tot en met F. Voor onderstaande landschappelijke effectbeoordeling is opnieuw gebruik gemaakt van plattegronden van het voorkeursalternatief en alternatief C, gebiedsfoto's, StreetView, fotovisualisaties en expert judgement. Daar waar relevant zijn printscreens van visualisaties gebruikt om landschappelijke effecten (en eventuele verschillen met alternatief C) te illustreren. De visualisaties van het VKA zijn vanaf dezelfde standpunten gegenereerd als die van alternatief C en de overige alternatieven.

Aansluiting bij en invloed op de landschappelijke structuur (kernkwaliteiten)

Op het hoogste schaalniveau is de samenhang van het voorkeursalternatief met de grote landschapsstructuren vrijwel identiek aan die van alternatief C. De subtiele verschillen leiden op dit schaalniveau niet tot een waarneembaar verschil in samenhang. De samenhang met de kustlijn is ook bij het voorkeursalternatief duidelijk waarneembaar op het hoogste schaalniveau. En ook bij het VKA zijn de lijnen die geënt zijn op de verkavelingsrichting van de opstrekkende heerden soms wel en soms niet duidelijk herkenbaar. Dat die lijnen met de verkavelingsrichting samenhangen is op het hoogste schaalniveau niet waarneembaar.

Wat wel waarneembaar is op dit schaalniveau is de samenhang met andere hoofdstructuren. Zo is vanaf standpunt 1 de samenhang van de meest linkse (noordelijkste) rij turbines met de jongste zeedijk waarneembaar. Ook is vanaf dit standpunt waarneembaar dat de kromme lijnen van de opstelling samenhangen met de lengterichting van de polder (zie bovenstaande figuur).

De windturbines binnen de oost-west lijnen staan niet volledig ten noorden of ten zuiden langs de slaperdijk in het midden van het gebied geplaatst worden. Eén lijn ‘springt’ over de dijk heen. Dit is tevens één van de ontwerpuitgangspunten van de alternatieven geweest. Omdat de slaperdijk niet evenwijdig met de Waddenzeedijk loopt, maar richting het westen op steeds kortere afstand komt te liggen is dit, met de optimalisatie van het VKA, niet mogelijk gebleken. Hierdoor staat één windturbine van de middelste lijn aan de andere zijde van de dijk. Dit is in het plangebied zichtbaar, vanuit de westzijde, maar op groter schaalniveau en vanuit het oosten van het plangebied niet storend vanwege de afstanden tussen de windturbines en de beperkte hoogte van de slaperdijk. Dit heft dan ook geen invloed op totale landschappelijke beeld van Windpark Eemshaven west of de cultuurhistorisch landschappelijk kwaliteit van de Slaperdijk zelf. Er is geen fysieke aantasting van de Slaperdijk zelf.

Het VKA is vanwege de grote overeenkomst met alternatief C op het hoogste en middelste schaalniveau gelijk beoordeeld als alternatief C. Op het laagste schaalniveau ontstaan er geringe verschillen, die met name vanaf standpunt 2 en 3 zijn waar te nemen. Deze leiden echter niet tot een andere beoordeling.

Effectbeoordeling fase 1 en 2 (met bestaande turbines)

De combinatie van de bestaande opstelling en de nieuwe fasen 1 en 2 van het VKA leidt net als bij de eerder onderzochte alternatieven tot een onrustiger beeld. Het is lastig te onderscheiden welke windturbines in die situatie welke patronen of structuren volgen. Dit effect is ook voor het VKA als negatief (-) beoordeeld. Dit geldt op het hoogste, het middelste schaalniveau en het laagste schaalniveau.

Herkenbaarheid van de opstelling (als geheel)

Net als bij alternatief C ontstaan er door de uitbreiding van het bestaande windpark waarneembare verschillen in turbinedimensies waardoor de herkenbaarheid van de totale opstelling verslechtert. In fase 1 is ook bij het VKA sprake van een uitbreiding in westelijke richting, in fase 1+2 gaat het patroon van het VKA net als bij alternatief C door dat van de bestaande opstelling heen lopen.
Door zijn iets grotere regelmaat is de verwachting dat het VKA licht positiever scoort dan alternatief C, maar dit is niet goed vast te stellen aan de hand van de beschikbare visualisaties.

Effectbeoordeling fase 1 en 2 (met bestaande turbines)

Op het hoogste schaalniveau geldt ook voor het VKA dat de combinatie van fase 1 en 2 met de bestaande turbines juist een onduidelijker beeld oplevert. Dit effect is net als voor alle andere alternatieven beoordeeld als negatief (-). Ook voor de beoordeling op het middelste schaalniveau en het laagste schaalniveau is de beoordeling gelijk: negatief (-).

Interferentie (van de opstelling) met andere windinitiatieven of hoge elementen

Net als voor de eerder onderzochte alternatieven geldt voor het VKA dat door de schaalsprong in turbinedimensies er sprake is van interferentie met de bestaande turbines in de Emmapolder, tot het moment dat die worden gesaneerd. Deze interferentie neemt toe naarmate de nieuwe opstellingen zich meer richting de bestaande bewegen. Fase 1+ 2 samen wordt hierdoor negatiever beoordeeld dan fase 1.

Effectbeoordeling fase 1 en 2 (met bestaande turbines)

In fase 1 en 2 is er naar verwachting geen verschil met alternatief C als het gaat om interferentie. Dit komt omdat de verschillen tussen beide zich aan de westzijde van de totale opstelling bevinden, ver van de al bestaande turbines. De beoordeling van het VKA is dan ook gelijk aan die van alternatief C: op het

hoogste schaalniveau en op het middelste schaalniveau als zeer negatief (--), op het laagste schaalniveau negatief (-).

Invloed op de (visuele) rust

Het verschil in aantal turbines tussen het VKA en alternatief C is dusdanig klein dat ook het verschil in effect op de (visuele) rust tussen beide naar verwachting zeer gering zal zijn. Op het laagste schaalniveau is de verwachting dat de iets grotere afstand van het VKA tot buurtschap Valom dan scenario C een licht positief effect heeft. Dit valt alleen niet direct uit een vergelijking van visualisaties op te maken. Fase 1+2 scoort ook bij het VKA negatiever dan fase 1.

Effectbeoordeling fase 1 en 2 (met bestaande turbines)

Het VKA is ook in de combinatie van fase 1 en 2 gelijk beoordeeld als alternatief C. Op het hoogste schaalniveau is de beoordeling negatief (-), op het middelste schaalniveau zeer negatief (--) beoordeeld. Op het laagste schaalniveau is het VKA door de iets grotere afstand tot Valom gelijk beoordeeld als alternatief A en B en wel negatief (-) in plaats van zeer negatief. De verschillen met alternatief C blijven echter gering.

Invloed op de openheid

Ook met betrekking tot de invloed op de openheid is het aantal turbines van belang, maar is het verschil in aantal tussen het VKA en alternatief C te klein om onderscheidend te werken. Het verschil tussen de drie schaalniveaus wordt veroorzaakt door het effect van het aantal turbines op de openheid. Dat is op hoofdlijnen op het hoogste schaalniveau gering, op het middelste schaalniveau vrij groot en op het laagste schaalniveau weer wat kleiner. Het verschil in ashoogte is in de visualisaties van alternatief C en het VKA enigszins waarneembaar, maar nauwelijks onderscheidend.

Effectbeoordeling fase 1 en 2 (met bestaande turbines)

Op het hoogste schaalniveau wordt het VKA gelijk beoordeeld als de andere alternatieven, namelijk negatief (-). Op het middelste en laagste schaalniveau neemt het effect op de openheid toe. Het VKA is net als alternatief C zeer negatief (--) beoordeeld.

Invloed op de zichtbaarheid

Wat betreft de zichtbaarheid is wederom het aantal turbines van doorslaggevend belang. Het VKA en alternatief C scoren opnieuw min of meer gelijk.

Effectbeoordeling fase 1 en 2 (met bestaande turbines)

Op het hoogste schaalniveau wordt het VKA net als alle andere alternatieven negatief (-) beoordeeld. Op het middelste schaalniveau neemt het effect op de zichtbaarheid toe. Dat geldt ook voor de nachtsituatie. Het VKA wordt om die reden zeer negatief (--) beoordeeld, net als alternatief C. Op het laagste schaalniveau leidt het grotere aantal turbines voor alle alternatieven en dus ook het VKA eveneens tot een zeer negatieve (--) beoordeling.

Figuur 1.8 Het VKA, fase 1+2 (boven) en alternatief C, fase 1+2 (onder), gezien vanaf standpunt 3

Bron: Pondera Consult

1.4.2 Effecten aanlegfase en netaansluiting

De effecten van de aanleg zijn voor alle alternatieven ondanks de verschillen in aantallen turbines toch min of meer gelijk als wordt aangenomen dat deze aanlegfase per alternatief even lang duurt. Voor het VKA zal mogelijk licht positiever scoren, aangezien het VKA uit minder windturbines bestaat en daarmee de bouwperiode minder lang zal duren. Aangenomen mag worden dat de totale aanlegperiode echter relatief lang zal gaan duren. Gedurende die periode zal er door de aanleg werkzaamheden in zekere mate een licht negatief effect optreden op het planaspect landschap.

De aanleg van kabels ten behoeve van de aansluiting van het windpark op de elektriciteitsnet zal nauwelijks van invloed zijn op het aspect landschap. Er zullen ontgravingen plaatsvinden, maar die zijn enkel op zeer lokaal niveau waarneembaar en daarnaast tijdelijk van aard. Effecten zijn daarmee niet aan de orde.

1.4.3 Cumulatie

De bestaande en vergunde windturbines in de Eemshaven zijn onderdeel van de referentiesituatie en zijn onderdeel van de beoordeling van het VKA (interferentie). Cumulatie zou op een zeer groot schaalniveau

kunnen optreden met windparken in de ruime omgeving, zoals windparken nabij Delfzijl en windparken in Duitsland. De betreffende afstanden zijn echter dusdanig groot dat hierbij geen spraken is van cumulatieve landschappelijke effecten.

Ook op het schaalniveau van de Waddenzee zou sprake kunnen zijn van cumulatieve effecten ten aanzien van aangewezen waarden als weidsheid en openheid. Voor de beoordeling van deze aspecten wordt verwezen naar de beoordeling van effecten op aangewezen waarden van de Waddenzee in bijlage 5.

1.4.4 Mitigerende maatregelen

Binnen de opstelling van het VKA is gestreefd naar een zo groot mogelijke regelmaat. Verder kan het nastreven van één turbinetype binnen het windpark mitigerend werken. Ten aanzien van de objectverlichting kunnen de windturbines uitgerust worden met een verlichtingssysteem dat alleen in werking treedt wanneer een vliegtuig de betreffende turbines nadert. Verder kan de objectverlichting op elkaar worden afgestemd (synchronisatie). Tenslotte werkt het nastreven van een eenduidige inrichting en vormgeving van de standplaatsen van turbines mitigerend, zij het op lokaal niveau.

1.4.5 Vergelijking alternatieven

In de onderstaande tabel zijn de beoordelingen voor het VKA weergegeven, waarbij de effecten per criterium zijn samengevat. Dat laatste is gedaan om het VKA met de eerder onderzochte alternatieven te kunnen vergelijken. De beoordeling van het VKA is vrijwel gelijk aan die van alternatief C, met uitzondering van de beoordeling voor het criterium (visuele) rust, die vanwege het kleinere aantal turbines beperkt positiever scoort.

Tabel 1.20 Samenvatting beoordeling landschap

Criterium	**Alternatief**						**VKA**
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**Fase 1+2**
Aansluiting op landschappelijke structuur	-	-	-	-	-	-	-
Herkenbaarheid van de opstelling	-	-	-	-	-	-	-
Interferentie hoge elem./ turbines	--	--	--	--	-	-	--
Invloed op de (visuele) rust	-	-	--	--	-	-	-
Invloed op de openheid	-	-	--	--	-	-	--
Zichtbaarheid	--	--	--	--	-	-	--

1.5 Natuur

1.5.1 Beoordeling VKA fase 1 + 2

Het voorkeursalternatief komt nagenoeg overeen met alternatief C maar kent één windturbine minder. Voor de beoordeling van alle onderdelen van het aspect ecologie betekent dit dat de effecten gelijk zijn aan die van alternatief C. Ten behoeve van het VKA fase 1 zijn in het MER berekeningen uitgevoerd. De beoordeling in deze pargraaf is gebaseerd op de vergelijking van het VKA ten opzichte van de alternatieven in het MER.

Effecten op vogels
Ten gevolge van het VKA treden aanvaringsslachtoffers op tijdens de exploitatiefase. Dit betreft zowel soorten broedvogels en niet-broedvogels waarvoor de Waddenzee is aangewezen als Natura 2000-gebied als overige lokale soorten en trekvogels die het gebied gebruiken of passeren. Op basis van 20 aanvaringsslachtoffers per jaar leidt het VKA tot ca 480 aanvaringsslachtoffers per jaar. Dit is iets minder dan alternatief C aangezien het VKA een turbinepositie minder heeft. Dit leidt niet tot een andere score. Een significant negatief effecten ten gevolge van sterfte op de doelstellingen van het Natura 2000-gebied of een negatief effect op de gunstige staat van instandhouding van beschermde vogelsoorten wordt niet verwacht.

Tijdens de exploitatiefase treedt aanvullend enige verstoring op, voornamelijk van foerageer/rustgebied in het plangebied. Dit is niet maatgevend en gelijk aan de verstoring bij alternatief C, ook al is het verstoord areaal beperkt kleiner door één windturbinepositie minder. Daarnaast verstoren de meest noordoostelijk gelegen 1 à 2 windturbines in fase 2 mogelijk de hoogwatervluchtplaats (HVP) Rommelhoek. Indien dit het geval is kan een significant negatief effect op Natura 2000-gebied Waddenzee niet worden uitgesloten. Voor de besluitvorming over deze windturbineposities is een nadere beoordeling vereist. Mogelijk is reeds gewenning vanwege de al bestaande windturbines.

Evenals voor de alternatieven in het MER treedt geen barrrierewerking op waardoor vogelsoorten gehinderd worden rust- en of foerageergebieden te bereiken.

Effecten op vleermuizen
Het VKA leidt tot aanvaringsslachtoffers onder de aanwezige beschermde vleermuissoorten. Met 5 slachtoffers per turbine gaat het om 120 aanvaringsslachtoffers per jaar. Vergelijkbaar met het effect van alternatief C. Gezien de lage 1% mortaliteitsnorm van een aantal vleermuissoorten, met name de tweekleurige en de rosse vleermuis, kan niet worden uitgesloten dat ten gevolge van deze sterfte een negatief effect op de gunstige staat van instandhouding op deze soorten optreedt. Dit is ook geconcludeerd voor de overige alternatieven geconcludeerd. Mitigatie in de vorm van een stilstandvoorziening kan de sterfte beperken.

Effecten overige flora en fauna
Voor overige flora en fauna worden geen relevante effecten verwacht ten gevolge van de exploitatie van het VKA, overeenkomstig de effecten van de alternatieven in het MER.

Effecten op natuurgebied Ruidhoorn
Het VKA heeft geen effect op de functie en waarden van natuurgebied de Ruidhorn tijdens de exploitatiefase, overeenkomstig de effecten van de alternatieven in het MER.

1.5.2 Effecten aanlegfase en netaansluiting

Tijdens de aanleg van het VKA worden geen permanente negatieve effecten verwacht. Evenals voor de alternatieven in het MER geldt dat er sprake is van tijdelijke verstoring door de bouwwerkzaamheden, voornamelijk tijdens het heien. Dit heeft echter geen relevant effect ten gevolge. Het VKA heeft een windturbine minder dan alternatief C waardoor de bouwperiode iets korter zal zijn, dit heeft geen gevolgen voor de score.

1.5.3 Cumulatie

Er is cumulatie ten gevolge van de realisatie en exploitatie van het VKA met andere plannen en projecten. Voor de aanlegfase levert dit naar verwachting geen relevante gevolgen op aangezien de plannen en projecten in de autonome ontwkkeling in principe gerealiseerd zijn tegen de tijd dat het windpark zal worden gerealiseerd. De effecten tijdens de aanlegfase betreffen in principe slechts enige tijdelijke verstoring.

Gedurende de exploitatiefase is het voornaamste effect het optreden van aanvaringsslachtoffers onder vogels en vleermuizen. Voor een deel van de plannen en projecten uit de autonome ontwikkeling geldt dat deze ook aanvaringsslachtoffers veroorzaken. Het betreft deels dezelfde soorten en dezelfde populaties. Voor het VKA fase 1 is in het MER een beoordeling van dit cumulatieve effect uitgevoerd.

1.5.4 Mitigerende maatregelen

Voor de alternatieven zijn in het MER diverse mitigerende maatregelen voorgesteld. Deze zijn ook van toepassing op het VKA. Het betreft:

- De toepassing van een stilstandvoorziening voor vleermuizen
- Het voorkomen van een te hoge geluidsbelasting op de Ruidhorn tijdens het broedseizoen om de gewenste broedfunctie niet te schaden
- Maatregelen om verstoring op de HVP Rommelhoek te beperken/voorkomen (zie ook voorgaande paragraaf.

1.5.5 Vergelijking alternatieven

Het VKA fase 1 + 2 leidt tot een vergelijkbare score als alternatief C. In de onderstaande tabel zijn de beoordelingen voor het VKA weergegeven. Het VKA is niet onderscheidend ten opzichte van de onderzochte alternatieven.

Tabel 1.21 Samenvatting beoordeling ecologie VKA Fase 1 + 2

Criterium	Alternatief						VKA fase 1+2
	A	B	C	D	E	F	
Verstoring vogels tijdens aanleg	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Sterfte vogels							
Aanvaring lokale broedvogels	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Aanvaring lokale niet-broedvogels	-	-	-	-	-	-	-
Aanvaring nachtelijk trekkende vogels	-	-	-	-	-	-	-
Aanvaring overdag trekkende vogels (gestuwde trek)	-	-	-	-	0/-	0/-	-
Verstoring vogels (inclusief barrièrewerking)							
Verstoring lokale broedvogels	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verstoring lokale niet-broedvogels	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verstoring nachtelijk trekkende vogels	0/-	0/-	0/-	0/-	0	0	0/-
Verstoring overdag trekkende vogels (gestuwde trek)	0	0	0	0	0	0	0
Verstoring vleermuizen							

Criterium	Alternatief						VKA fase 1+2
	A	B	C	D	E	F	
Vernietiging van verblijfplaatsen tijdens aanleg	0	0	0	0	0	0	0
Effect op vliegroutes of foerageergebieden tijdens aanleg	0	0	0	0	0	0	0
Verstoring van verblijfsplaatsen in de gebruiksfase	0	0	0	0	0	0	0
Sterfte vleermuizen							
Sterfte vleermuizen door aanvaring	--	--	--	--	--	--	--
Effecten op Natura 2000-gebied Waddenzee							
Effecten op habitattypen tijdens de aanleg- en gebruiksfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op Habitatrichtlijnsoorten tijdens de aanleg- en gebruiksfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verstoring vogels tijdens aanleg	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0
Sterfte onder broedvogels	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Sterfte onder niet-broedvogels	-	-	-	-	-	-	-
Verstoring broedvogels	0	0	0	0	0	0	0
Verstoring niet-broedvogels	0	0	0	0	0	0	0
Verstoring niet-broedvogels in HVP Rommelhoek	--	--	--	--	0	0	--
Effecten op natuurgebied Ruidhorn							
Broedgebied pionierbroedvogels	0	0	0	0	0	0	0
Foerageer- en rustgebied voor pioniervogels	0	0	0	0	0	0	0
Leefgebied velduil en blauwe kiekendief	0	0	0	0	0	0	0

1.6 Archeologie en cultuurhistorie

1.6.1 Beoordeling VKA fase 1 + 2

Archeologie

Aangezien er geen bekende archeologische monumenten in het plangebied aanwezig zijn en het gehele plangebied is aangeduid met een lage archeologische verwachtingswaarde, is er geen reden om aan te nemen dat het VKA van invloed is op archeologische waarden. Tevens zijn er geen aardkundige waarden in het plangebied aanwezig, waardoor er eveneens geen beïnvloeding te verwachten is. Het VKA scoort, net als de alternatieven, neutraal (0).

Cultuurhistorie

Er is geen sprake van fysieke aantasting van erfgoederen en/of verstoring van de beleving van erfgoederen ten opzichte van de referentiesituatie door het VKA (dus geen effect). Het effect op cultuurhistorie is derhalve neutraal (0) beoordeeld. De dichtstbijzijnde beschermde stads- en dorpsgezichten, met name Wadwerderweg en Spijk, bevinden zich op een afstand van circa 5-6 kilometer

tot het plangebied. De vrijwaringszone van de traditionele poldermolen Goliath van 400 meter blijft ruim gewaarborgd, eveneens als de centrale positie van de poldermolen tussen de bestaande en reeds vergunde turbines. In de referentiesituatie contrasteert de traditionele molen met de hoge, moderne windturbines. Dit effect wordt door de komst van de nieuwe en grotere windturbines van het VKA nog versterkt.

Het effect op de cultuurhistorische waarde van de slaperdijk, een element in het landschap van cultuurhistorische waarde, is bij het onderdeel landschap beoordeeld. Geconcludeerd is dat er geen aantasting van de waarde van de dijk optreedt.

1.6.2 Effecten aanlegfase en netaansluiting

Aangezien er geen archeologisch of aardkundige waarden te verwachten zijn zal de aanleg van het windpark, inclusief elektrische werken als het transformatorstation en kabels geen effecten veroorzaken. Voor cultuurhistorie geldt dat er eveneens geen sprake is van een effect, gezien de grote afstanden tot cultuurhistorische waarden en de tijdelijkheid van de aanlegfase.

1.6.3 Cumulatie

Er is geen sprake van cumulatie met andere projecten voor archeologie, aardkundige waarden en de impact op monumenten.

1.6.4 Mitigerende maatregelen

Voor archeologie, aardkundige waarden en cultuurhistorie worden geen effecten verwacht, mitigerende maatregelen zijn daarom niet nodig.

1.6.5 Vergelijking alternatieven

In onderstaande tabel is de scoretabel van het VKA in vergelijking met de alternatieven weergegeven voor de aspecten archeologie en cultuurhistorie. Het VKA onderscheidt zich niet van de alternatieven.

Tabel 1.22 Effectbeoordeling cultuurhistorie en archeologie

	Alternatief						VKA Fase 1+2
Beoordelingscriteria	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	
Effecten op cultuurhistorie	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op archeologische en aardkundige waarden	0	0	0	0	0	0	0

1.7 Water en bodem

1.7.1 Beoordeling VKA fase 1 + 2

Waterhuishouding

Grondwater

Wanneer er bij de (aanleg van) windturbines van het VKA gebruik wordt gemaakt van niet-uitlogende (bouw)materialen, wordt uitspoeling van stoffen voorkomen en verandering van de grondwaterkwaliteit in

principe niet verwacht. Tijdens het bouwproces zal naar alle waarschijnlijkheid bemaling nodig zijn om activiteiten te kunnen uitvoeren in een droge bouwput. Deze ingreep is slechts tijdelijk van aard. Echter, door de bronbemaling ontstaat plaatselijk mogelijk een licht negatieve effect (-) op de omvang van de zoetwaterlens in de bodem met de kans op (tijdelijke) verzilting van het grondwater. Hier wordt met het waterschap in een vervolgfase nader over afgestemd. Na afsluiting van de bemaling zal de normale grondwaterstand weer hersteld worden, waardoor negatieve effecten op de kwantiteit en kwaliteit van het grondwater niet binnen de verwachting liggen. Het VKA wordt daarom, net als de alternatieven, neutraal (0) beoordeeld op het aspect grondwater.

Oppervlaktewater

Door kleine verschuivingen of het vervallen van enkele windturbineposities staan er, in tegenstelling tot de onderzochte 6 alternatieven in dit MER, geen turbines gepositioneerd in watergangen. Ook overlappen de turbinefundaties niet met de kernzones van primaire en/of secundaire watergangen. Echter, de randen van drie van de turbinefundaties bevinden zich voor een klein deel binnen de beschermingszone[1] van watergangen. Dit zou een licht negatieve beoordeling (-) betekenen. Het betreft twee primaire en een secundaire watergang. Aangezien dit niet de kernzone van deze watergangen betreft, wordt bijvoorbeeld middels het omleggen van de watergang, geborgd dat de doorstroom van water geborgd wordt. Het VKA wordt daarom neutraal (0) beoordeeld op het aspect oppervlaktewater.

Hemelwaterafvoer

Tabel 1.23 geeft een schatting van de toename aan verhard oppervlak voor het VKA Fase 1 + 2. Voor de bepaling is de toename aan verhard oppervlak per windturbine geschat op 8.491 m² en voor het hele windpark op 203.760 m².

Door deze toename van het verhard oppervlak zal een versnelde afvoer van het hemelwater plaatsvinden, waarvoor gecompenseerd moet worden wanneer deze niet direct op maaiveld of een nabijgelegen watergang kan afvloeien. Hier zal bij de vergunningaanvraag bij het waterschap rekening mee worden gehouden. Het VKA wordt op het aspect hemelwater licht negatief (-) beoordeeld, net zoals dat voor de alternatieven ook het geval is.

Tabel 1.23 Toename verhard oppervlak VKA

Aspect	Verhard oppervlak per turbine (circa)	Verhard oppervlak windpark (circa)
Turbinefundatie (diameter 30 meter)	707 m²	16.968 m²
Kraanopstelplaatsen	4.290 m²	102.960 m²
Transformatorstation (1x voor het windpark)	202 m²	4.848 m²
Inkoopstations	1.400 m²	33.600 m²
Wegen	1.891 m²	45.384 m²
Toename verhard oppervlak (m2)	8.491 m²	**203.760 m²**

Bodemkwaliteit

De kaart van het bodemloket geeft informatie over de gesteldheid van de Nederlandse bodemkwaliteit door middel van inzicht in het uitgevoerde bodemonderzoek. Voor wat betreft voortgang van bodemonderzoek houdt het bodemloket vier categorieën aan. Binnen het plangebied zijn geen (historische) bodemvervuilende activiteiten bekend zijn. Echter bevinden zich twee turbines van het VKA

[1] Beschermingszone is 5 meter, gemeten vanaf de kernzone (boveninsteek tot boveninsteek van een watergang)

op gronden waarvoor volgens het bodemloket nader onderzoek op bodemverontreiniging vereist is. Het VKA wordt daarom licht negatief (0/-) beoordeeld op het aspect bodemkwaliteit.

Tabel 1.24 Windturbines in relatie tot bodemkwaliteit

Voortgang bodemonderzoek	VKA (Fase 1 + 2)
Gesaneerd	0
Onderzoek uitgevoerd, geen noodzaak tot verder onderzoek of sanering	0
Onderzoek uitgevoerd, verder onderzoek noodzakelijk	2
Historische activiteiten bekend	0

1.7.2 Effecten aanlegfase en netaansluiting

Ten behoeve van de realisatie van Windpark Eemshaven West is er een transformatorstation voorzien om de opgewekte elektriciteit te transformeren naar hoogspanning. Tevens is er op termijn een batterijopslag voorzien op energie op te kunnen slaan. Voor het transformatorstation geldt dat er mogelijk bemaling moet plaatsvinden tijdens de aanleg. De hoeveelheden zullen echter beperkt zijn ten opzichte van de windturbines en effecten zullen goed te mitigeren zijn. Het transformatorstation heeft voorzieningen om de uitloop van schadelijke stoffen te voorkomen. Voor de batterijopslag geldt dat er geen graafwerkzaamheden plaats hoeven te vinden en een effect op de waterhuishouding of de bodem niet aan de orde is. Daarnaast is er sprake van gesloten containers, een effect op de bodem als gevolg van gevaarlijke stoffen is derhalve niet aan de orde. Voor het kabeltracé geldt dat graafwerkzaamheden van invloed kunnen zijn op de waterhuishouding en bodem. Ook deze effecten zijn echter goed te mitigeren. In de uitvoeringsfase moet hiermee rekening worden gehouden.

Ook voor het aspect bodem zijn de effecten van de aanleg en de netaansluiting van Windpark Eemshaven West minimaal. Met de ondergrond is goed rekening te houden in het ontwerp van de stations. Deze ontwerpen maken onderdeel uit van de vergunningverlening.

1.7.3 Cumulatie

Er zijn geen cumulatieve effecten met andere projecten ten aanzien van bodem en water te verwachten.

1.7.4 Mitigerende maatregelen

Wanneer door de toename aan verhard oppervlak versnelde afvoer van het hemelwater naar het oppervlaktewater plaatsvindt, dient dit gecompenseerd te worden. Daarnaast dient vertraagde afvoer gerealiseerd te worden. Een maatregel kan zijn om geen riolering aan te leggen, maar water direct af te laten voeren via het maaiveld. Op deze manier krijgt het water de tijd om te infiltreren en kan het vertraagd ondergronds naar het oppervlaktewater stromen. Verder kunnen naast wegen, fundaties en opstelplaatsen extra sloten gecreëerd worden, waardoor het waterbergend vermogen toeneemt. Het uitgangspunt hiervoor is dat compensatieberging wordt gecreëerd binnen het peilgebied waarin de betreffende turbine is gesitueerd.

Voor locaties waar ten behoeve van de bouw, met name de aanleg van funderingen, bemaling nodig is, dient een bemalingsplan te worden opgesteld. Hierin kunnen de condities worden bepaald zodat er geen effecten op de omgeving ontstaan. Daarbij dient tevens te worden bepaald op welke wijze en locatie het

bemalingswater wordt geloosd (of eventueel met retourbemaling niet geloosd) gezien het aandachtspunt van de kwaliteit van het grondwater. Om schade ten gevolge van verzilting te minimaliseren kunnen naar verwachting enkele mitigerende maatregelen worden getroffen om de bemalingsduur tot het noodzakelijk minimum te beperken[2].

Toepasbare maatregelen zijn:

- Bovengrondse fundatie waarmee ontgraving tot circa 4 meter wordt vermeden;
- Toepassen van sleufloze technieken voor de aanleg van kabels en/of de bemalingsduur te beperken en zo kort mogelijk te houden;
- Toepassen van retourbemaling met zoet grondwater.

Ter ondersteuning van het herstel van de zoetwaterlens na de aanlegfase is het leggen van enkele extra drains (bijvoorbeeld tussen de kabels) waarin zoet water wordt gepompt dat voor extra bodemvocht zorgt, een mogelijke mitigerende maatregel.

1.7.5 Vergelijking alternatieven

In deze paragraaf zijn de effecten van het VKA beoordeeld op de criteria grondwater, oppervlaktewater, hemelwater en bodemkwaliteit. De resultaten van de kwalitatieve beoordeling en de scores van de alternatieven zijn samengevat in onderstaande tabel.

[2] Verkennend onderzoek effecten verzilting Bodem en Water op land – Aanleg kabelverbinding Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden – Tracé Eemshaven West (vaste landbodem), Antea Group in opdracht van TenneT, 2020

Tabel 1.25 Samenvatting effectbeoordeling (voor mitigatie)

Beoordelingscriteria	Alternatief						VKA
	A	B	C	D	E	F	Fase 1 + 2
Grondwater	-	-	-	-	-	-	-
Oppervlaktewater	-	-	-	-	-	-	-
Hemelwaterafvoer	-	-	-	-	-	-	-
Bodemkwaliteit	-	-	-	-	0	0	-

1.8 Externe veiligheid

1.8.1 Beoordeling VKA fase 1 + 2

Bebouwing

Voor het aspect bebouwing is een PR10-5 en een PR10-6 gehanteerd van respectievelijk 80 en 240 meter. Binnen de PR10-5 contour van het VKA fase 1 + 2 zijn geen beperkte kwetsbare objecten aanwezig. Ook binnen de 10-6 contour zijn geen objecten gelegen waar een windpark in geval van falen een effect op kan veroorzaken. Het voorkeursalternatief fase 1 + 2 is daarmee niet van invloed op bebouwing in de omgeving van het windpark.

Wegen

Wegen

Binnen het plangebied lopen enkele lokale wegen, met als belangrijkste de Middenweg en de Eemspolderweg. Voor alle wegen in en rondom het plangebied geldt dat dit geen rijkswegen zijn, waardoor het beleid van Rijkswaterstaat niet van toepassing is. Het betreffen allen lokale wegen waarop de verkeersintensiteit zeer laag is. De wegen worden hoofdzakelijk gebruikt voor agrarisch verkeer en bestemmingsverkeer. Er is dan ook geen sprake van een relevant Individueel Passantenrisico (IPR) of Maatschappelijk risico (MR) of toename van beide. Eventuele risico's liggen met zekerheid ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat.

Vaarwegen

Conform het bestemmingsplan voor Eemshaven zijn de eerste waterdelen waar actief gevaren mag worden gelegen op minimaal 1.600 meter afstand. De waterwegen van de haven kunnen daarmee in geen enkel geval geraakt worden door het faalscenario bladworp bij overtoeren (of door enig ander scenario). Voor de Waddenzee aan de noordzijde geldt dat aangewezen vaarwegen enkele honderden meters uit de kust zijn gelegen. De windturbines van het voorkeursalternatief fase 1 + 2 staan minimaal 195 meter van de rand van de Waddenzee waardoor ruimschoots aan de minimale afstand tot vaarwegen wordt voldaan. Direct achter de waterkering worden niet of slechts incidenteel schepen verwacht vanwege de ondiepte ter plaatse. Een effect op vaarwegen is derhalve niet aan de orde.

Spoorwegen

De spoorbaan ligt op een minimale afstand van 595 meter vanaf de dichtstbij gelegen turbines. Dit betekent dat er geen aanvullende risico's van het voorkeursalternatief ten aanzien van het spoor optreden. Tevens wordt geconcludeerd dat de spoorbaan buiten de identificatie-afstand van de windturbines van het VKA fase 1 + 2 (472 meter) ligt en daarmee in geen geval een risico ondervindt.

Gevaarlijke transporten

Aangezien voor het voorkeursalternatief fase 1 + 2 geldt dat zowel Rijkswegen, spoorwegen als vaarwegen buiten de identificatie-afstanden zijn gelegen, bestaat er geen kans op treffen van deze infrastructuur. Daardoor is er eveneens geen sprake van aanvullende risico's voor gevaarlijke transporten over deze 'wegen'.

Risicovolle inrichtingen en installaties

In onderstaande tabel zijn de risicovolle inrichtingen en installaties in de omgeving van het voorkeursalternatief fase 1 + 2 opgenomen, inclusief de kleinste afstanden tot de windturbines van de verschillende alternatieven. Voor overige risicovolle inrichtingen en installaties geldt dat deze op grotere afstand zijn gelegen en derhalve niet relevant zijn te beschouwen.

Tabel 1.26 Afstanden tot risicovolle inrichtingen en installaties

Nr.	Inrichting / installatie	Kleinste afstand tot alternatief						Voorkeursalternatief
		A	B	C	D	E	F	Fase 1 + 2
1	Noordgastransport (overslagterrein)	>1 km	>1 km	940 m	>1 km	>1 km	>1 km	1 km
2	Bovengrondse propaantank (3 m^3) Bentema G.J.	760 m	575 m	540 m	630 m	720 m	540 m	900 m
3	Bovengrondse propaantank (5 m^3) Maatschap van Mastwijk	865 m	830 m	635 m	630 m	560 m	560 m	>1,0 km
4	Bovengrondse propaantank (5 m^3) Maatschap Berghuis	>1 km	>1 km	950 m	930 m	830 m	800 m	>1,0 km
5	Bovengrondse propaantank (5 m^3) Duisterwinkel 't Zandt	>1,5 km	>1,5 km	>1,8 km	>1,5 km	>1,5 km	>1,5 km	>1,8 km
6	Opslag & verlading K1 vloeistoffen – Vopak Terminal Eemshaven	640 m	720 m	610 m	900 m	> 2 km	> 2 km	610 m

Door bovenstaande afstanden te vergelijken met de maximale werpafstanden bij overtoeren (identificatieafstand) van de turbines per turbineklasse, kan bepaald worden of er een raakkans bestaat, wanneer de turbine faalt. De identificatieafstand van het voorkeursalternatief betreft worst case 472 meter. Voor het VKA geldt dat risicovolle inrichtingen en installaties buiten deze afstanden zijn gelegen en daarmee in geen geval geraakt kunnen worden in geval van falen van een windturbine. Daarmee scoort het voorkeursalternatief neutraal (0) op het deelaspect risicovolle inrichtingen en installaties.

Ondergrondse buisleidingen

Voor het voorkeursalternatief fase 1 + 2 geldt dat er twee ondergrondse hogedruk aardgas buisleidingen aan de westzijde van de opstelling lopen. Voor het voorkeursalternatief geldt een identificatie-afstand van 434 meter. Voor de buisleidingen geldt dat de kleinste afstand tot het windpark 549 meter betreft. Op basis daarvan in vergelijking met de toetsafstand wordt geconcludeerd dat deze ver buiten de toetsafstand zijn gelegen. Derhalve is met zekerheid geen sprake van veiligheidseffecten ten aanzien van de leidingen.

Daarnaast wordt geconcludeerd dat de werpafstand bij overtoeren (434 meter) eveneens kleiner is dan de afstand waarop de leidingen liggen, waardoor er geen trefkans van de leidingen bestaat en er geen risico ten aanzien van de betrouwbaarheid van de leidingen optreedt.

Hoogspanningsinfrastructuren

Er zijn geen bovengrondse hoogspanningskabels aanwezig binnen de maximale effectafstand van de windturbines van het voorkeursalternatief. De dichtstbij gelegen hoogspanningsinfrastructuur op land ligt aan de oostzijde van de Eemshaven op een minimale afstand van 6,5 kilometer. Daarnaast geldt dat offshore de kabel van Windpark Gemini zijn gelegen. Deze liggen op een afstand van circa 1.200 meter van het plangebied. Ook voor dit tracé geldt dat kans op raken is uitgesloten.

Aansluiting Net op Zee ten Noorden van de Wadden

Om de realisatie van offshore windparken ten noorden van de Wadden mogelijk te maken dienen stroomkabels aangelegd te worden van de offshore locaties naar het aansluitingspunt op het Nederlandse vaste land. TenneT wil het landdeel van het Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden realiseren direct aan de zuidrand van het plangebied van Windpark Eemshaven West. Activiteiten binnen het werkingsgebied van het tracé zijn niet zonder meer toegestaan. Hiervoor dient een omgevingsvergunning te worden aangevraagd. Voor het voorkeursalternatief is bepaald in hoeverre er windturbines binnen het werkingsgebied van het tracé vallen en daarmee en potentiële beïnvloeding van het tracé hebben. Voor het voorkeursalternatief geldt dat er geen windturbines binnen het werkingsgebied zijn gelegen.

Waterkeringen

Waterkerend vermogen – bovengrondse effecten

Bovengrondse effecten van windturbines op een waterkering kunnen optreden wanneer een windturbine in een uitzonderlijk geval faalt en er daardoor onderdelen op de waterkering terecht komen. Deze onderdelen kunnen zorgen voor een krater, waardoor het profiel van de waterkering (tijdelijk veranderd). Een dergelijke situatie in combinatie met een hoogwaterstand kan in theorie leiden tot het falen van het dijklichaam.

Voor de alternatieven is in hoofdstuk 11 van het MER een berekening uitgevoerd van de totale trefkans van de windturbines per alternatief op de waterkering. Hierbij geldt dat de rij turbines langs de waterkering van de Waddenzee een trefkans hebben op de Ommelanderdijk.

Voor het VKA fase 1 + 2 geldt dat de locaties van de turbines langs de waterkering dezelfde posities hebben als alternatief C. Aangezien de posities dezelfde zijn, wordt geconcludeerd dat het VKA fase 1 + 2 een risicoverhoging heeft in dezelfde ordegrootte als alternatief C. Dit betekent dat de risicoverhgoing aan de normstelling van de waterkering (1:3000) met ca. 0,03 % zou worden verhoogd. Uitgaande van een faalkansruimte van 1% betekent dit een beperkte bijdrage en daarmee verwaarloosbaar. Dit is niet onderscheidend tussen het VKA 1 + 2 en de alternatieven. Uit de berekeningen van de alternatieven is tevens af te leiden dat het verschil in turbineafmetingen, weinig invloed heeft op de risicotoevoeging ten aanzien van de normstelling van de dijk. Derhalve zullen de afmetingen van het VKA fase 1 + 2 ook niet tot een significant hogere risicotoevoeging leiden. Voor het VKA fase 1 is in hoofdstuk 15 een specifiek berekening ten aanzien van de trefkans en risicotoevoeging opgenomen.

Waterkerend vermogen – ondergrondse effecten

Ondergrondse effecten in de exploitatiefase kunnen in theorie optreden door trillingen die door de (draaiende) windturbines zelf worden veroorzaakt. Dit effect beperkt zich doorgaand tot enkele tientallen meters en neemt snel af naarmate de afstand tot de turbine groter wordt. Met een minimale afstand van 140 meter zijn effecten van trillingen tijdens de aanlegfase dan ook niet te verwachten en daarmee niet

onderscheidend voor het VKA fase 1 + 2 en de alternatieven. Voor het voorkeursalternatief fase 1 is in hoofdstuk 16 een nadere beschouwing van ondergrondse effecten worden gegeven.

Uitbreidbaarheid

De uitbreidbaarheid van een waterkering wordt door de beheerder gewaarborgd door toepassing van een profiel van vrije ruimte. Hierin is indicatief aangegeven welke ruimte in beslag zal worden genomen door de waterkering volgend uit een toekomstige dijkverzwaring binnen een aan te geven tijdhorizon. Voor het specifieke dijktraject nabij het plangebied is door het Waterschap Noorderzijlvest aangegeven dat er een profiel van vrije ruimte is vastgesteld, bestaande uit de kernzone van de dijk + 75 meter (profiel van vrije ruimte valt binnen de beschermingszones van de dijk). Er staan geen dijkverzwaringen gepland zijn.

Daardoor, alsmede aangezien de windturbines buiten de huidige beschermingszones van de waterkering staan, wordt geconcludeerd dat het voorkeursalternatief niet van invloed is op de uitbreidbaarheid van een waterkering.

Beheer en onderhoud

Het onderhouden van de waterkeringen zal niet worden bemoeilijkt door de aanwezigheid van de windturbines, aangezien deze op geruime afstand van de kering staan. Daarnaast wordt er, zowel tijdens de aanleg als exploitatiefase geen gebruik gemaakt van de waterkering zelf, waardoor ook daar geen knelpunten kunnen ontstaan. Mogelijk dat er tijdens de aanlegfase gebruik wordt gemaakt van de weg aan de voet van de waterkering, maar dit zal enkel in overleg met en op goedkeuring van het Waterschap gebeuren. Ten aanzien van extra inspectie aan de waterkering geldt dat dit alleen het geval is wanneer een windturbine faalt en daadwerkelijk op de dijk terecht komt. Zoals beoordeeld is deze kans klein. Tevens zal middels een watervergunning het herstel en onderhoud geborgd worden, evenals eventuele monitoring.

1.8.2 Effecten aanlegfase en netaansluiting

Er zijn geen noemenswaardige effecten ten aanzien van externe veiligheid te benoemen tijdens de aanlegfase. De veiligheid van het betrokken personeel is van belang, maar is geen onderdeel van dit MER. Tijdens de bouw dient op grond van arbo-regelgeving een veiligheidsplan te worden opgesteld en toegepast.

Daarnaast is monitoring plaatsvinden van effecten van trillingen op de dijk om te borgen dat, in geval van effecten (hoewel de kans daarop nihil is), tijdig geacteerd kan worden.

Het kabeltracé is niet van invloed op het aspect veiligheid. Het transformatorstation dat ten behoeve van het windpark wordt gerealiseerd, is niet onderscheidend voor de alternatieven of het Voorkeursalternatief fase 1 + 2.

1.8.3 Cumulatie

Voor het aspect veiligheid is sprake van cumulatieve effecten indien de windturbines voor elkaar een additioneel risico vormen. Hierbij zou een defect aan een windturbine zorgen voor een defect aan een andere windturbine. Door de plaatsing met tussenafstanden van minimaal circa 400 meter is dit effect niet aan de orde (de turbines staan buiten elkaars werpafstand). Dit geldt ook voor overige, bestaande

windturbines in het gebied. Er zijn geen andere cumulatieve effecten voor het aspect veiligheid aanwezig binnen het plangebied.

1.8.4 Mitigerende maatregelen

Zoals aangegeven is er als gevolg van de realisatie van Windpark Eemhaven west geen sprake van een extern veiligheidsrisico. Mitigerende maatregelen zijn derhalve niet aan de orde.

1.8.5 Vergelijking alternatieven

In onderstaande tabel zijn de effectscores per deelcriteria en alternatief opgenomen. Het voorkeursalternatief fase 1 + fase 2 is daarbij niet onderscheidend ten opzichte van de alternatieven.

Tabel 1.27 Beoordelingscores voor het onderdeel Externe Veiligheid

Hoofdcriteria	Subcriteria	Alt. A	Alt. B	Alt. C	Alt. D	Alt. E	Alt. F	VKA fase 1 + 2
Bebouwing	Kwetsbare objecten	0	0	0	0	0	0	0
	Beperkt kwetsbare objecten	0	0	0	0	0	0	0
Verkeer	Autowegen	0	0	0	0	0	0	0
	Spoorwegen	0	0	0	0	0	0	0
	Vaarwegen	0	0	0	0	0	0	0
	Gevaarlijk transport	0	0	0	0	0	0	0
Risicovolle installaties en inrichtingen	-	0	0	0	0	0	0	0
Buisleidingen	Veiligheid risico	0	0	0	0	0	0	0
	Leveringszekerheid	0	0	0/-	0	0	0	0
Hoogspanningsnetwerk	Leveringszekerheid (voor mitigatie)	0	0	-	0	-	-	0
	Leveringszekerheid (na mitigatie)	0	0	0	0	0	0	0
Waterkeringen	Trefkans dijk	--	--	--	--	-	-	--
	Waterveiligheid	0	0	0	0	0	0	0

1.9 Elektriciteitsopbrengst en vermeden emissies

1.9.1 Beoordeling VKA fase 1 + 2

In onderstaande tabel is voor het VKA, alsmede voor de oorspronkelijke alternatieven de elektriciteitsopbrengst en vermeden emissies weergegeven.

Tabel 1.28 Netto energieopbrengst en emissiereductie alternatieven

Alternatief	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**VKA fase 1 + 2**
Aantal turbines	22	19	25	25	15	13	24
Elektriciteitsproductie							
Bruto productie [GWh/jr]	685.4	623.8	778.8	820.5	465.3	424.6	680.1
Wake-effecten intern [%]	13.1%	12.1%	15.1%	15.5%	11.7%	10.4%	13.1%
Verliezen totaal (incl. wake) [%]	19.6%	18.7%	21.4%	21.9%	18.3%	17.2%	22.6%
Netto energieproductie [GWh/jr]	**550.7**	**507.0**	**611.9**	**640.9**	**380.0**	**351.7**	**526.7**
Vermeden emissies							
Reductie CO_2 [ton/jr]	297.561	273.948	330.629	346.299	205.326	190.035	320.740
Reductie NO_x [ton/jr]	160	148	179	187	111	102	177
Reductie SO_2 [ton/jr]	105	97	117	123	73	67	103
Reductie PM10 [ton/jr]	2,9	2,6	3,2	3,3	2,0	1,8	3,0

* zonder effect van mitigerende maatregelen voor andere milieuaspecten

Voor het VKA fase 1 + 2 geldt dat de elektriciteitsopbrengst en de vermeden emissies vergelijkbaar zijn met alternatief A en C. Hierbij moet worden opgemerkt dat in de berekening van het VKA mitigerende maatregelen voor geluid en slagschaduw zijn meegenomen, waardoor de verliezen licht hoger zijn dan bij de oorspronkelijke alternatieven. Op basis van bovenstaande scoort het VKA fase 1 + 2 net als deze alternatieven positief op deze thema's.

1.9.2 Effecten aanlegfase en netaansluiting

De uitstoot van emissies tijdens de aanlegfase en de CO2 uitstoot van de windturbines zelf betreft geen onderscheidend aspect tussen het VKA (fase 1 en 2) en de alternatieven. Om die reden wordt daar in deze paragraaf niet nader op ingegaan. Dit geldt ook voor effecten van de netaansluiting.

1.9.3 Cumulatie

Bij andere milieuthema's kan een windpark in aanvulling op bestaande windparken leiden tot versterkte milieueffecten. Dit is niet het geval bij het milieuthema energieopbrengst, waarbij de plaatsing van meer windenergie enkel zal leiden tot positieve effecten op de totale hoeveelheid opwekte duurzame energie in de regio.

Het is echter wel zo dat de elektriciteitsopbrengst van bestaande windparken verminderd kan worden als gevolg van de komst van een nieuw windpark. De ontwikkeling van windpark Eemshaven West kan leiden effecten op de windparken in de nabijheid, met name op de bestaande turbines binnen de Emmapolder.

Aangezien het Voorkeursalternatief Fase 1 + 2 een variant is op alternatief C (met een aantal optimalisaties) is de verwachting dat het percentage verliezen van het bestaande windpark als gevolg van het VKA fase 1 + 2 in de ordegrootte van bovenstaande verliezen ligt. Met name omdat uit de berekeningen bij de alternatieven is gebleken dat de grotere beïnvloeding van alternatief A t/m D voornamelijk wordt veroorzaakt door de middelste 3 turbines van de zuidelijkste rij van de alternatieven. Die is bij het voorkeursalternatief fase 1 + 2 slechts beperkt gewijzigd. Om die reden zijn de verliezen niet onderscheidend tussen het VKA fase 1 + 2 en de alternatieven. Voor het VKA fase 1 in het MER nogmaals een berekening gedaan van het % verlies van het bestaande windpark als gevolg van Windpark Eemshaven West.

Ook bij Windpark Eemshaven West is sprake van een verminderde opbrengst door de zogeffecten van bestaande windparken. Dit is reeds in de berekeningen van de netto elektriciteitsopbrengst meegenomen.

1.9.4 Mitigerende maatregelen

In de berekeningen van het voorkeursalternatief is rekening gehouden met mitigatie voor de thema's geluid en slagschaduw. Daarmee is inzicht verkregen in de mate waarin de maatregelen van invloed zijn op de opbrengst en vermeden emissies van het VKA fase 1 + 2. Voor geluid is hierbij rekening gehouden met 0,9 % verlies en voor slagschaduw 0,1%. Voor de goede vergelijking tussen alternatieven wordt opgemerkt dat dit relatief beperkte percentages zijn. Wanneer deze verliezen niet zouden worden meegenomen, zou de elektriciteitsopbrengst en vermeden emissies van het Voorkeursalternatief dichter naar alternatief C en D trekken, hoewel dit voor de score geen verschil uitmaakt.

1.9.5 Vergelijking alternatieven

In onderstaande tabel is de samenvattende beoordeling van het VKA fase 1 + 2 en de alternatieven opgenomen. Het VKA fase 1 + 2 en de alternatieven onderscheiden zich niet tot beperkt van elkaar.

Tabel 1.29 Beoordeling alternatieven t.a.v. energieopbrengst en vermeden emissies

Alternatief	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**VKA fase 1 + 2**
Netto energieproductie [GWh/jr]	++	++	++	++	+	+	++
Reductie CO_2 [ton/jr]	++	+	++	++	+	+	++
Reductie NO_x [ton/jr]	++	++	++	++	+	+	++
Reductie SO_2 [ton/jr]	++	+	++	++	+	+	++
Reductie PM10 [ton/jr]	+	+	++	++	+	+	++

1.10 Gebruiksfuncties

1.10.1 Beoordeling VKA Fase 1 + 2

Huidige functies gronden

Net als voor de overige alternatieven zijn alle turbines van het voorkeursalternatief op agrarische gronden gelegen. Windturbines en de agrarische functie kan over het algemeen goed naast elkaar bestaan. De

impact van windturbines op de huidige functie van de betreffende gronden is daarmee beperkt en scoort, net als voor de alternatieven neutraal (0).

Straalpaden

De turbines van het voorkeursalternatief staan allen op minimale afstand van 6 meter, waardoor de masten niet in de straalverbinding staan. Voor twee windturbines geldt dat deze binnen de Fresnelzone staan, maar aangezien het straalpad onder de tiplaagte van de windturbines loopt, is een effect op de werking van het straalpad niet aan de orde. Net als de alternatieven scoort het voorkeursalternatief neutraal (0).

Vliegverkeer

Het voorkeursalternatief ligt binnen een zone voor naderingsoefeningen van vliegtuigen. De komst van de windturbines leidt ertoe dat de vliegtuigen in dit deel van de oefenzone niet meer tot de minimale laagte kunnen vliegen, waarmee het windpark van invloed is op het gebruik van de zone. Dit deel van het oefengebied is echter al verstoord door overige windturbines in het gebied, waardoor het effect op de functie beperkt blijft. Daarnaast is het gebied groot in omvang, waardoor er voldoende uitwijkmogelijkheden zijn voor het uitvoeren van naderingsoefeningen. Derhalve scoort het voorkeursalternatief fase 1 + 2, net als de alternatieven, beperkt negatief.

Obstakelverlichting

De windturbines van het voornemen hebben een tiphoogte die groter is dan 150 meter. Om die reden zal het windpark van luchtvaartverlichting worden voorzien. Dit is echter niet onderscheidend tussen het voorkeursalternatief en de oorspronkelijke alternatieven. Voor het voorkeursalternatief (fase 1) wordt een verlichtingsplan opgesteld dat ter afstemming aan de Inspectie voor de Leefomgeving en Transport (ILT) wordt voorgelegd.

Radar

De effecten van het voorkeursalternatief op de radarposten van de MASS-radar van Defensie ten opzichte van die van de alternatieven zullen weinig onderscheidend zijn. Voor het VKA (fase 1 + 2) is door TNO het effect op de dekkingsgraad van de MASS-radar bepaald. Hieruit blijkt dat de dekkingsgraad van 90% gewaarborgd kan blijven met de realisatie van het voornemen.

Lofar

Voor Lofar geldt dat het voorkeursalternatief, evenals de overige varianten buiten de beschermingszones van het Lofar-station ten zuiden van de Eemshaven is gelegen en daarmee niet van invloed is op de goede werking van de betreffende antenne. Om die reden scoort het voorkeursalternatief fase 1 + 2, net als de alternatieven, neutraal.

1.10.2 Effecten aanlegfase en netaansluiting

Effecten tijdens de aanlegfase en effecten als gevolg van de netaansluiting zijn niet onderscheidend tussen het Voorkeursalternatief fase 1 + 2 en de alternatieven.

1.10.3 Cumulatie

Het is net als voor de alternatieven niet te verwachten dat door de verschillende aspecten cumulatieve effecten zullen optreden op het ruimtegebruik.

1.10.4 Mitigerende maatregelen

Effecten op straalpaden zijn niet te verwachten. Mocht een effect optreden, is het mogelijk een tussenzender te plaatsen, waardoor het signaal van het straalpad wordt versterkt.

Voor de impact op de zone voor naderingsoefeningen door vliegtuigen is mitigatie mogelijk door het beperken van het aantal turbines dat wordt geplaatst. Ten opzichte van de alternatieven heeft het VKA fase 1 + 2 geen andere effecten.

Voor obstakelverlichting geldt dat er binnen het informatieblad mogelijkheden bestaan om hinder als gevolg van verlichting verder te minimaliseren, bijvoorbeeld door het toepassen van een naderingsdetectiesysteem. Wanneer dit mogelijk is, zal door het project beoordeeld worden in hoeverre een dergelijk systeem voor Windpark Eemshaven West gerealiseerd kan worden.

1.10.5 Vergelijking alternatieven

In onderstaande tabel is de samenvattende beoordeling van het VKA fase 1 + 2 in vergelijking met de alternatieven weergegeven. Het VKA fase 1 + 2 scoort hetzelfde op de verschillende deelaspecten als de oorspronkelijke alternatieven.

Tabel 1.30 Beoordeling ruimtegebruik – Samenvattende beoordelingstabel

Beoordeling	**Alternatief**						
	A	B	C	D	E	F	**VKA Fase 1 +2**
Huidige functie gronden	0	0	0	0	0	0	0
Straalpaden	0	0	0	0	0	0	0
Vliegverkeer	-	-	-	-	-	-	-
Lofar	0	0	0	0	0	0	0

1.11 Conclusie VKA fase 1 en 2

In onderstaande tabel zijn de milieugevolgen zoals beschreven in de voorgaande hoofdstukken samengevat en aangevuld met de beoordeling van het voorkeursalternatief fase 1 + 2. Voor de vergelijking van het voorkeursalternatief fase 1 + 2 met de inrichtingsalternatieven voor het windpark zijn vooral de aspecten waarvoor de milieueffecten verschillend zijn relevant (de gevolgen voor de overige aspecten zijn immers min of meer gelijk); deze zijn in tabel 1.32 opgenomen. De referentiesituatie vormt de basis voor de vergelijking, daarom scoort de referentiesituatie op alle milieuaspecten een ‘0’ (neutraal; niet opgenomen in de tabel). Uit de tabellen wordt duidelijk dat het voorkeursalternatief fase 1 + 2 qua effecten op de omgeving vergelijkbaar is met de overige alternatieven.

Tabel 1.31 Samenvatting beoordeling alternatieven vóór mitigatie

Aspecten	Beoordelingscriteria		A	B	C	D	E	F	VKA Fase 1 + 2
Geluid	Aantal geluidgevoelige objecten binnen geluidcontouren	L_{den} = > 47 dB (zonder mitigatie)	0	0	--	--	-	-	-
		L_{den} = 42-47 dB (na mitigatie)	-	-	-	-	-	-	-
	Verslechtering cumulatief geluid		--	--	--	--	--	--	--
	Aantal gehinderden		-	-	-	-	-	-	-
	Geluidbelasting op stiltegebied		--	--	--	--	-	-	--
Slagschaduw (zonder mitigatie)	Aantal woningen met meer dan 6 uur/jaar slagschaduwduur		-	-	-	-	-	-	-
	Toename van het totaal aantal woningen met slagschaduw ten opzichte van de referentiesituatie.		-	-	-	-	-	-	-
Landschap (incl. historische geografie)	Aansluiting op landschappelijke structuur		-	-	-	-	-	-	-
	Herkenbaarheid van de opstelling		-	-	-	-	-	-	-
	Interferentie hoge elem./ turbines		--	--	--	--	-	-	--
	Invloed op de (visuele) rust		-	-	--	--	-	-	-
	Invloed op de openheid		-	-	--	--	-	-	--
	Zichtbaarheid		--	--	--	--	-	-	--
Natuur	Verstoring aanlegfase vogels		0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Sterfte vogels	Aanvaring lokale broedvogels	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Aanvaring lokale niet-broedvogels	-	-	-	-	-	-	-
		Aanvaring nachtelijk trekkende vogels	-	-	-	-	-	-	-
		Aanvaring overdag trekkende vogels (gestuwde trek)	-	-	-	-	0/-	0/-	-
	Verstoring vogels (incl. barrièrewerking)	Verstoring lokale broedvogels	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Verstoring lokale niet-broedvogels	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Verstoring nachtelijk trekkende vogels	0/-	0/-	0/-	0/-	0	0	0/-
		Verstoring overdag trekkende vogels (gestuwde trek)	0	0	0	0	0	0	0
	Verstoring vleermuizen	Vernietiging van verblijfplaatsen vleermuizen tijdens aanleg	0	0	0	0	0	0	0
		Effect op vliegroutes of foerageergebieden van vleermuizen tijdens aanleg	0	0	0	0	0	0	0

Aspecten	Beoordelingscriteria		A	B	C	D	E	F	VKA Fase 1 + 2
		Verstoring van verblijfsplaatsen vleermuizen in de gebruiksfase	0	0	0	0	0	0	0
	Sterfte vleermuizen door aanvaring		--	--	--	--	--	--	--
	Effecten op Natura 2000-gebied Waddenzee	Effecten op habitattypen tijdens de aanleg- en gebruiksfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Effecten op Habitatrichtlijnsoorten tijdens de aanleg- en gebruiksfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Verstoring vogels tijdens aanleg	0	0	0	0	0	0	0
		Sterfte onder broedvogels	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Sterfte onder niet-broedvogels	-	-	-	-	-	-	-
		Verstoring broedvogels	0	0	0	0	0	0	0
		Verstoring niet-broedvogels	0	0	0	0	0	0	0
		Verstoring niet-broedvogels in HVP Rommelhoek	--	--	--	--	0	--	--
	Effecten op natuurgebied Ruidhorn	Broedgebied pionierbroedvogels	0	0	0	0	0	0	0
		Foerageer- en rustgebied voor pioniervogels	0	0	0	0	0	0	0
		Leefgebied velduil en blauwe kiekendief	0	0	0	0	0	0	0
	Invloed op NNN		0	0	0	0	0	0	0
Archeologie en Cultuurhistorie (Historische stedebouwkunde)	Aantasting archeologische waarden		0	0	0	0	0	0	0
	Aantasting aardkundige waarden		0	0	0	0	0	0	0
	Aantasting cultuurhistorische waarden		0	0	0	0	0	0	0
Water en bodem	Grondwater		-	-	-	-	-	-	-
	Oppervlaktewater		-	-	-	-	-	-	-
	Hemelwaterafvoer		-	-	-	-	-	-	-
	Bodemkwaliteit		-	-	-	-	0	0	-
Externe veiligheid	Bebouwing		0	0	0	0	0	0	0
	Autowegen, spoorwegen, vaarwegen en gevaarlijk transport		0	0	0	0	0	0	0
	Risicovolle installaties en inrichtingen		0	0	0	0	0	0	0
	Buisleidingen	Veiligheid risico	0	0	0	0	0	0	0
		Leveringszekerheid	0	0	0/-	0	0	0	0

Aspecten	Beoordelingscriteria		A	B	C	D	E	F	VKA Fase 1 + 2
	Hoogspanningsnetwerk		0	0	-	0	-	-	0
	Waterkeringen	Trefkans dijk	--	--	--	--	-	-	--
		Waterveiligheid	0	0	0	0	0	0	0
Elektriciteitsopbrengst	Netto energieproductie [GWh/jr]		++	+	++	++	+	+	++
	Reductie CO_2 [ton/jr]		++	+	++	++	+	+	++
	Reductie NO_x [ton/jr]		++	++	++	++	+	+	++
	Reductie SO_2 [ton/jr]		++	+	++	++	+	+	++
	Reductie PM10 [ton/jr]		+	+	++	++	+	+	++
Gebruiksfuncties	Huidige functie gronden		0	0	0	0	0	0	0
	Straalpaden		0	0	0	0	0	0	0
	Vliegverkeer		-	-	-	-	-	-	-
	Lofar		0	0	0	0	0	0	0

Tabel 1.32 Onderscheidende beoordelingsaspecten voor mitigatie

Aspecten	Beoordelingscriteria	A	B	C	D	E	F	VKA Fase 1 + 2
Geluid	Aantal geluidgevoelige objecten binnen geluidcontour L_{den} = > 47 dB (zonder mitigatie)	0	0	--	--	-	-	-
	Geluidbelasting op stiltegebied	--	--	--	--	-	-	--
Landschap (incl. historische geografie)	Interferentie hoge elementen/ turbines	--	--	--	--	-	-	-
	Invloed op de (visuele) rust	-	-	--	--	-	-	--
	Invloed op de openheid	-	-	--	--	-	-	-
	Zichtbaarheid	--	--	--	--	-	-	--
Natuur	Aanvaring overdag trekkende vogels (gestuwde trek)	-	-	-	-	0/-	0/-	-
	Verstoring nachtelijk trekkende vogels	0/-	0/-	0/-	0/-	0	0	0/-
	Sterfte vleermuizen door aanvaring	--	--	--	--	--	--	--
	Verstoring niet-broedvogels in HVP Rommelhoek	--	--	--	--	0	0	--

Aspecten	Beoordelingscriteria	A	B	C	D	E	F	VKA Fase 1 + 2
Water en bodem	Bodemkwaliteit	0/-	0/-	0/-	0/-	0	0	0/-
Externe veiligheid	Leveringszekerheid Buisleidingen	0	0	0/-	0	0	0	0
	Hoogspanningsnetwerk	0	0	-	0	-	-	0
	Waterkeringen trefkans dijk	--	--	--	--	-	-	--
Elektriciteitsopbrengst	Netto energieproductie [GWh/jr]	++	+	++	++	+	+	++
	Reductie CO_2 [ton/jr]	++	+	++	++	+	+	++
	Reductie NO_x [ton/jr]	++	++	++	++	+	+	++
	Reductie SO_2 [ton/jr]	++	+	++	++	+	+	++
	Reductie PM10 [ton/jr]	+	+	++	++	+	+	++

Bijlage 10 - Radartoets TNO

TNO innovation for life
WINDPARK EEMSHAVEN WEST
IN OPDRACHT VAN PONDERA | IR. ELMER JANSEN
PERSEUS

UITGANGSPUNTEN ONDERZOEK
BOUWPLAN EN VRAGEN

- Nieuwbouwplan voor de realisatie van een windpark in Groningen: Windpark Eemshaven West bestaande uit 24 windturbines.

- Het gaat om het volgende type windturbine:
  - Worst case met een opgewekt vermogen van 5-6 MW, een ashoogte van 145 m en een rotordiameter van 160 m ten opzichte van het maaiveld.

- Vragen:
  - Wordt bij deze nieuwe situatie nog voldaan aan de minimale eis van Defensie voor de verkeersleidingsradars?

UITGANGSPUNTEN

COÖRDINATEN EN MAAIVELDHOOGTES (T.O.V. NAP) WINDPARK EEMSHAVEN WEST

ID	RDS X	RDS Y	Lat. [°]	Long. [°]	Maaiveldhoogte t.o.v. NAP (m)
A01	243378	609247	53.46208	6.71784	1.5
A02	243868	609325	53.46269	6.72524	1.3
A03	244358	609404	53.46332	6.73264	1.4
A04	244848	609482	53.46394	6.74003	1.3
A05	245342	609519	53.46419	6.74748	1.3
A06	245835	609467	53.46364	6.75489	1.1
A07	246311	609330	53.46233	6.76201	1.2
A08	246783	609179	53.46089	6.76907	1.2
A09	247254	609026	53.45943	6.77612	1.1
A10	247700	608812	53.45743	6.78277	1.1

UITGANGSPUNTEN

COÖRDINATEN EN MAAIVELDHOOGTES (T.O.V. NAP) WINDPARK EEMSHAVEN WEST

ID	RDS X	RDS Y	Lat. [°]	Long. [°]	Maaiveldhoogte t.o.v. NAP (m)
A11	248128	608562	53.45511	6.78914	1.1
B01	243160	608711	53.45730	6.71441	1.1
B02	243665	608825	53.45824	6.72204	1.0
B03	244154	608904	53.45886	6.72942	1.0
B04	244644	608981	53.45947	6.73682	1.1
C02	243462	608325	53.45378	6.71885	1.2
C03	243951	608403	53.45440	6.72623	1.2
C04	244440	608480	53.45501	6.73361	1.2
D02	243776	607910	53.45000	6.72346	0.9
D03	244245	607980	53.45055	6.73053	0.9

UITGANGSPUNTEN

COÖRDINATEN EN MAAIVELDHOOGTES (T.O.V. NAP) WINDPARK EEMSHAVEN WEST

ID	RDS X	RDS Y	Lat. [°]	Long. [°]	Maaiveldhoogte t.o.v. NAP (m)
D04	244731	608018	53.45081	6.73786	1.0
D05	245225	607965	53.45025	6.74528	1.0
D06	245625	607872	53.44935	6.75127	0.8
D07	246098	607729	53.44798	6.75835	0.9

UITGANGSPUNTEN
AFMETINGEN WINDTURBINE

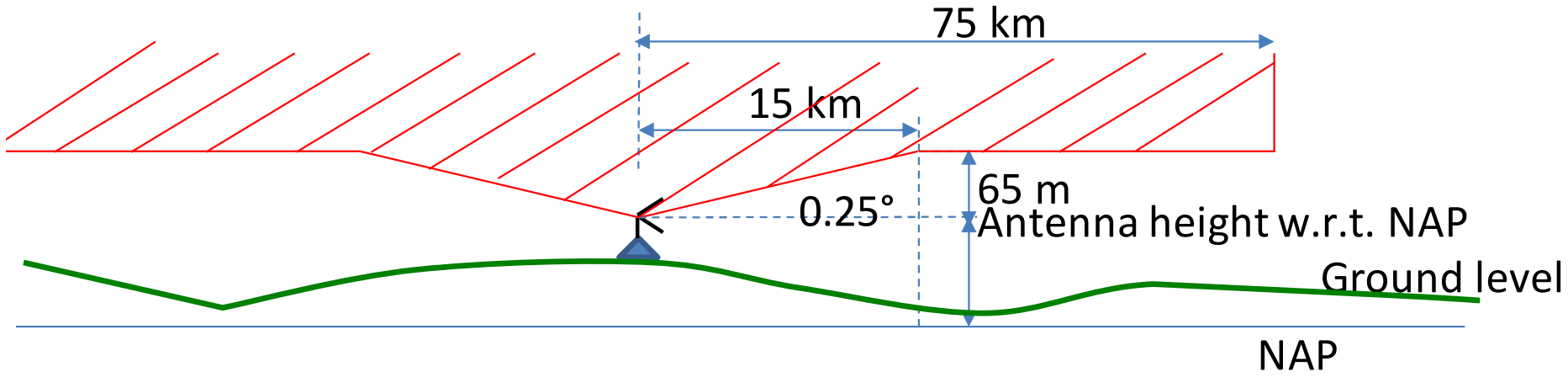
Parameter	WC 5-6 MW
Ashoogte t.o.v. maaiveld	145.0
Tiphoogte t.o.v. maaiveld	225.0
Fundatiehoogte t.o.v. maaiveld	3.5
Gondelbreedte	5.6
Gondellengte	24.1
Gondelhoogte	8.8
Mast onder ø	13.9
Mast boven ø	5.4
Mastlengte*	137.1
Wieklengte	80.0
Wiekbreedte	3.9

* De ashoogte van de turbine bedraagt 145 m t.o.v. het maaiveld. Aangezien de fundatie 3.5 m boven het maaiveld ligt, is de mastlengte met 3.5 m ingekort.

UITGANGSPUNTEN
LAY-OUT WINDPARKEN

TOETSINGSPLICHT

TOETSINGPROFIEL VOOR WINDTURBINE



- Het bouwplan is toetsingsplichtig indien de tip van de windturbine door het rood gearceerde vlak heen steekt.

TOETSINGSPLICHT
BETROKKEN RADARSYSTEMEN

Radar	Functie	RDS X	RDS Y	Antennehoogte voor toetsings-profiel t.o.v. NAP	Feitelijke antennehoogte t.o.v. NAP
MASS Leeuwarden	Verkeersleiding	179139	582794	30	27.3
MASS Twenthe	Verkeersleiding	258306	477021	71	68.8
MASS Soesterberg	Verkeersleiding	147393	460816	63	60.2
MASS Volkel	Verkeersleiding	176525	407965	49	46.9
MASS Woensdrecht	Verkeersleiding	083081	385868	48	45.2
MASS De Kooy	Verkeersleiding	113911	548781	27	27.5
TAR West Schiphol	Verkeersleiding	109603	482283	37	34.0
Infill Wemeldinge	Verkeersleiding	059912	392950	30	30.4
ASR-M Kleine Brogel (België)	Verkeersleiding	160417	353466	N.v.t.	84.0
MPR Nieuw Milligen	Gevechtsleiding	179258	471774	53	Gerubriceerd*
SMART-L Wier	Gevechtsleiding	170513	585673	24	Gerubriceerd*
SMART-L Herwijnen	Gevechtsleiding	137106	427741	25	Gerubriceerd*

TOETSINGSPLICHT

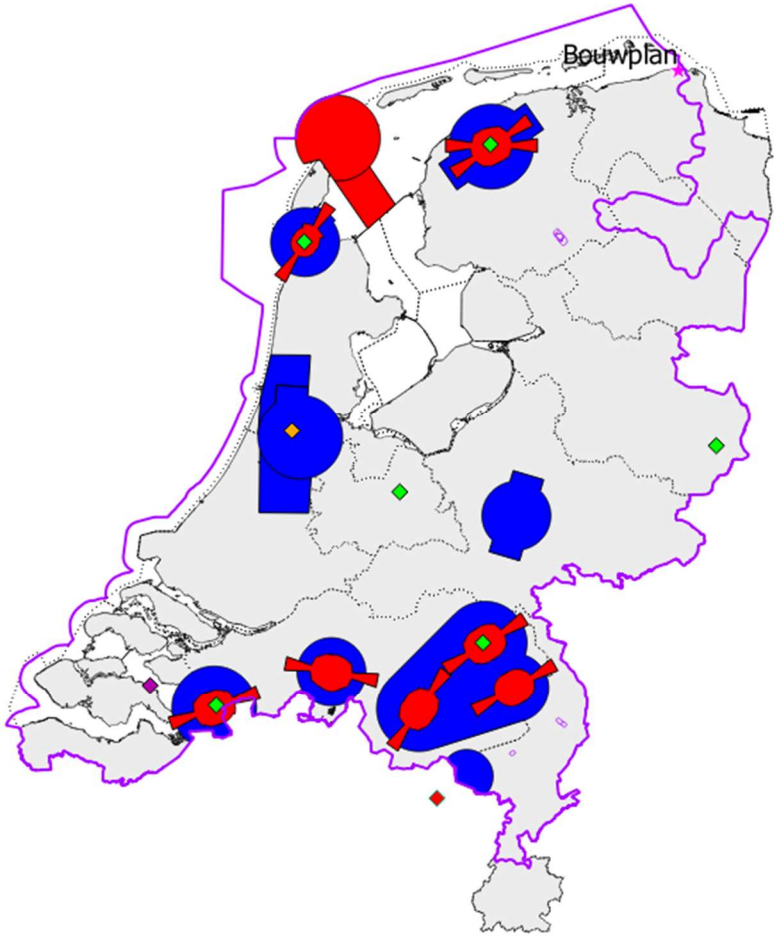
LOCATIES PRIMAIR VERKEERSRADARNETWERK EN WINDTURBINES

- Bouwplan bevindt zich binnen de 75 km cirkel van de MASS radar van Leeuwarden.

TOETSINGSPLICHT

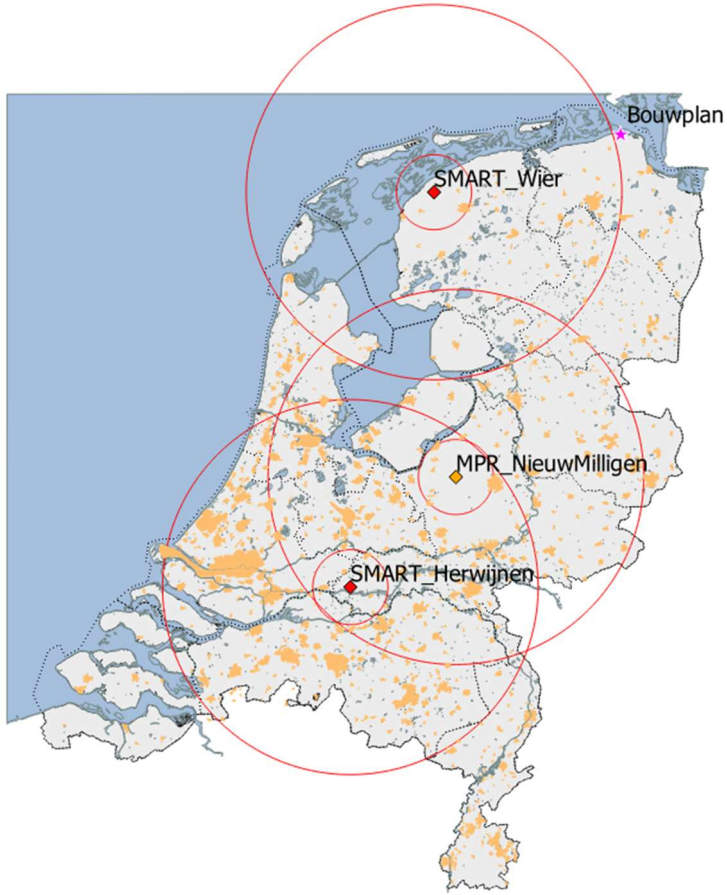
LOCATIES WINDTURBINES EN NORMHOOGTE-GEBIEDEN 300 VOET (ROOD) EN 500 VOET (BLAUW)

- Bouwplan bevindt zich binnen het 1000 voet normhoogtegebied.



TOETSINGSPLICHT
LOCATIES GEVECHTSLEIDINGSDARS EN WINDTURBINES

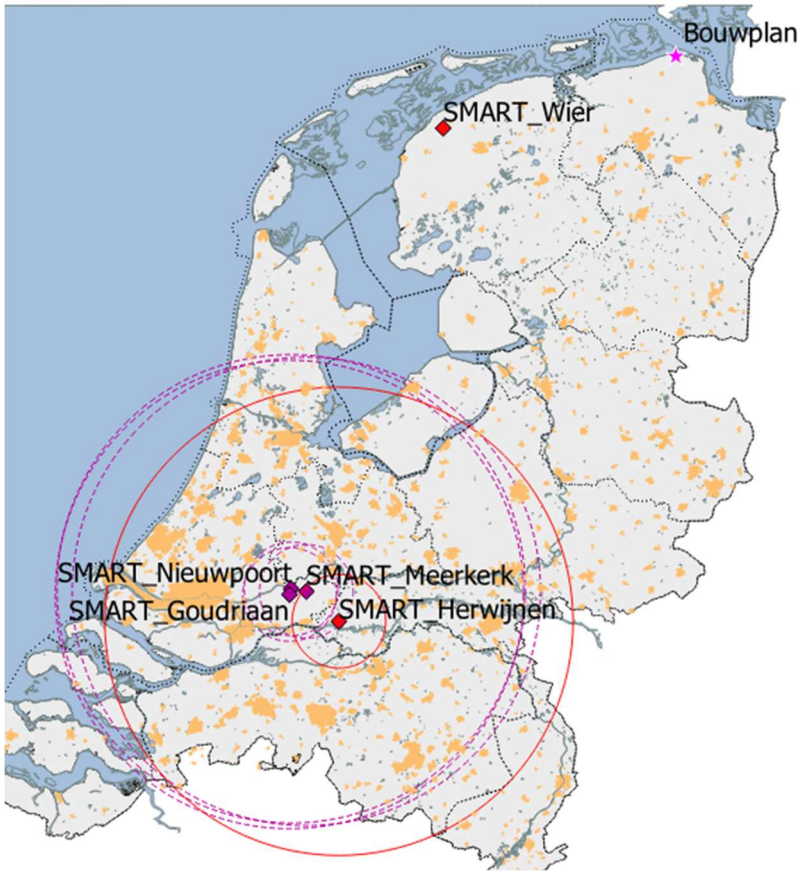
- Het bouwplan bevindt zich buiten de 75 km cirkels van de gevechtsleidingsradars te Wier, Nieuw Milligen en Herwijnen.



TOETSINGSPLICHT

LOCATIES ALTERNATIEVE GEVECHTSLEIDINGSRADARS EN WINDTURBINES

- Aangezien de nieuwe locatie bij Herwijnen nog niet definitief is, dienen de drie formele alternatieve locaties, Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort ook in de berekeningen meegenomen te worden.
- Bouwplan bevindt zich niet binnen de 75 km cirkel van de alternatieve locaties van de gevechtsleidingsradar bij Herwijnen.



VERKEERSLEIDINGSRADARS

RADARDETECTIEVERLIES ROND EN IN DE SCHADUW VAN HET BOUWPLAN

VERKEERSLEIDINGSRADARNETWERK
ONDERLINGE VERGELIJKING

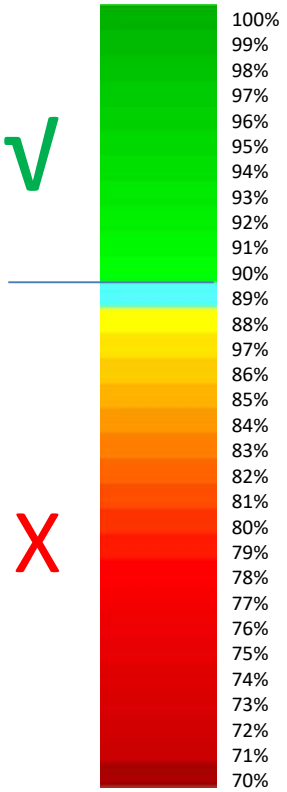
- Huidige situatie: Primaire verkeersleidingsradarnetwerk bestaande uit de MASS radars van Leeuwarden, Twenthe, Soesterberg, Volkel, Woensdrecht en De Kooy, aangevuld met de TAR West radar te Schiphol en de infill radar bij Wemeldinge met alle reeds bestaande windturbines (baseline januari 2021) in Nederland, berekend voor een doel op 300, 500 en 1000 voet ten opzichte van het maaiveld, inclusief detectiekansmiddeling met een 500 m straal voor alleen 1000 voet.

- Nieuwe situatie: Als boven, maar met het nieuwe bouwplan.

- * Bestand bestaande windturbines januari 2021 afkomstig van Windstats.nl

VERKEERSLEIDINGSRADARNETWERK
TOEGEPASTE KLEURENCODERING EN VASTE GEGEVENS

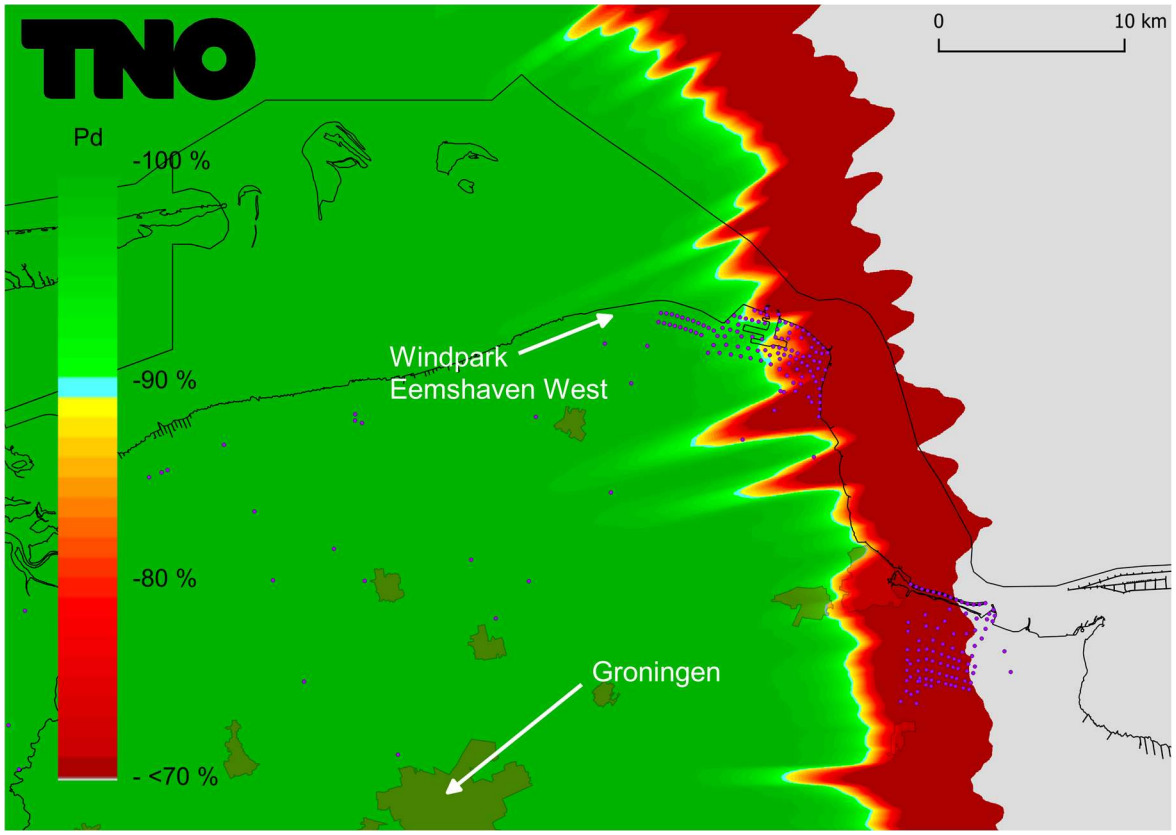
- Door Defensie gehanteerde minimale radardetectiekans is 90%
- Groen van 100% t/m 90%
- Lichtblauw 89%
- Van geel tot diep rood: 88% t/m 70%
- Diep rood: <70%
- Uitgangspunten detectiekansberekening primair verkeersleidingsradarnetwerk:
  - Radardoorsnede doel: 2 m^2
  - Doelssterkte variatie: Swerling case 1
  - False alarm rate: 10^{-6}
- Voor informatie over de toegepast rekenmethode: http://www.TNO.nl/perseus



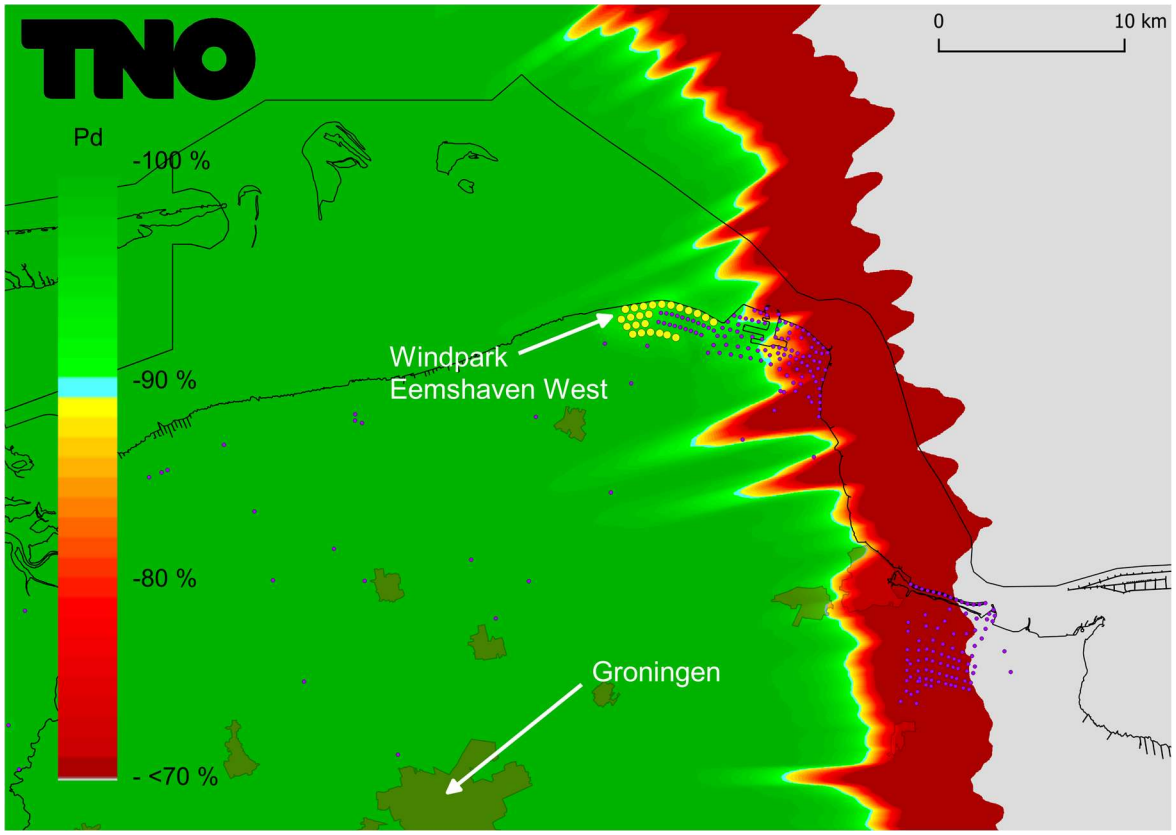
VERKEERSLEIDINGSRADARNETWERK
VERLIES DETECTIEKANS ROND BOUWPLAN

- Vergelijking radardekking op 1000 voet hoogte zonder en met het bouwplan

VERKEERSLEIDINGSRADARNETWERK
DETECTIEKANS ROND BOUWPLAN OP 1000 VOET BASELINE 2021

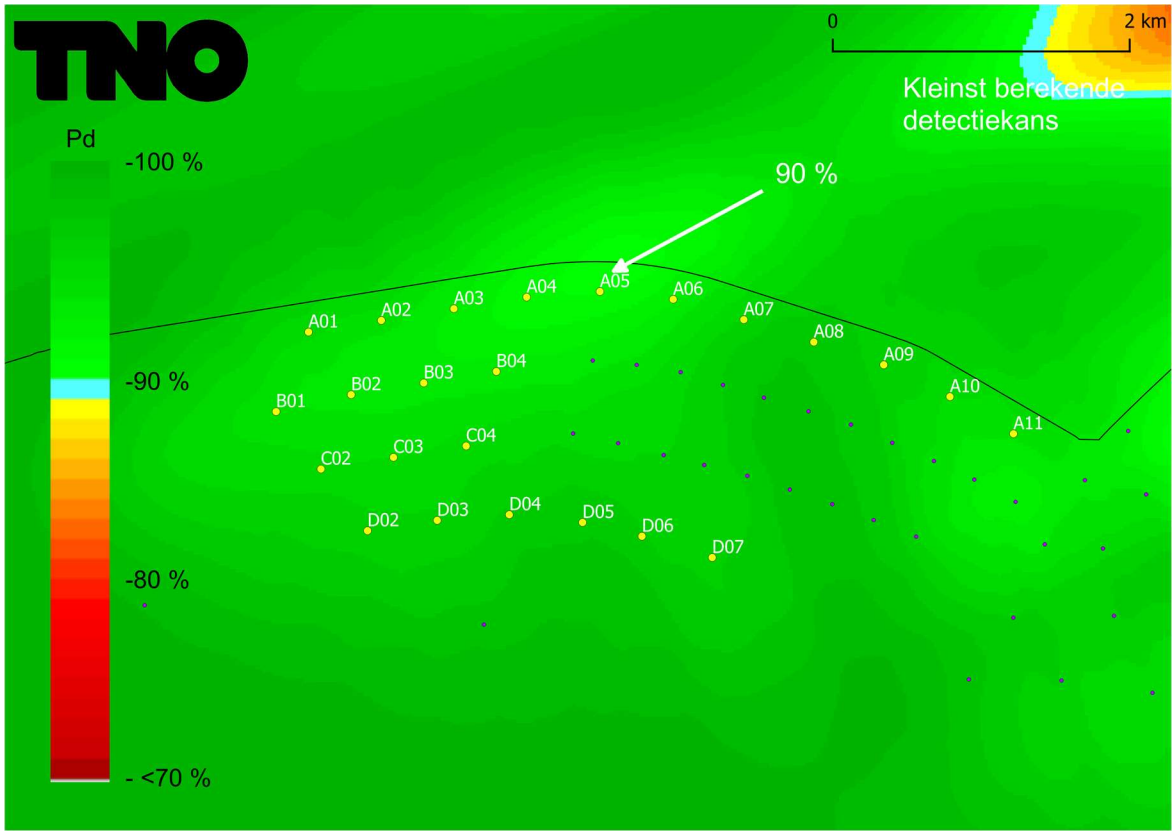


VERKEERSLEIDINGSRADARNETWERK
DETECTIEKANS ROND BOUWPLAN OP 1000 VOET NA REALISATIE



VERKEERSLEIDINGSRADARNETWERK

DETECTIEKANS ROND BOUWPLAN OP 1000 VOET NA REALISATIE DETAIL

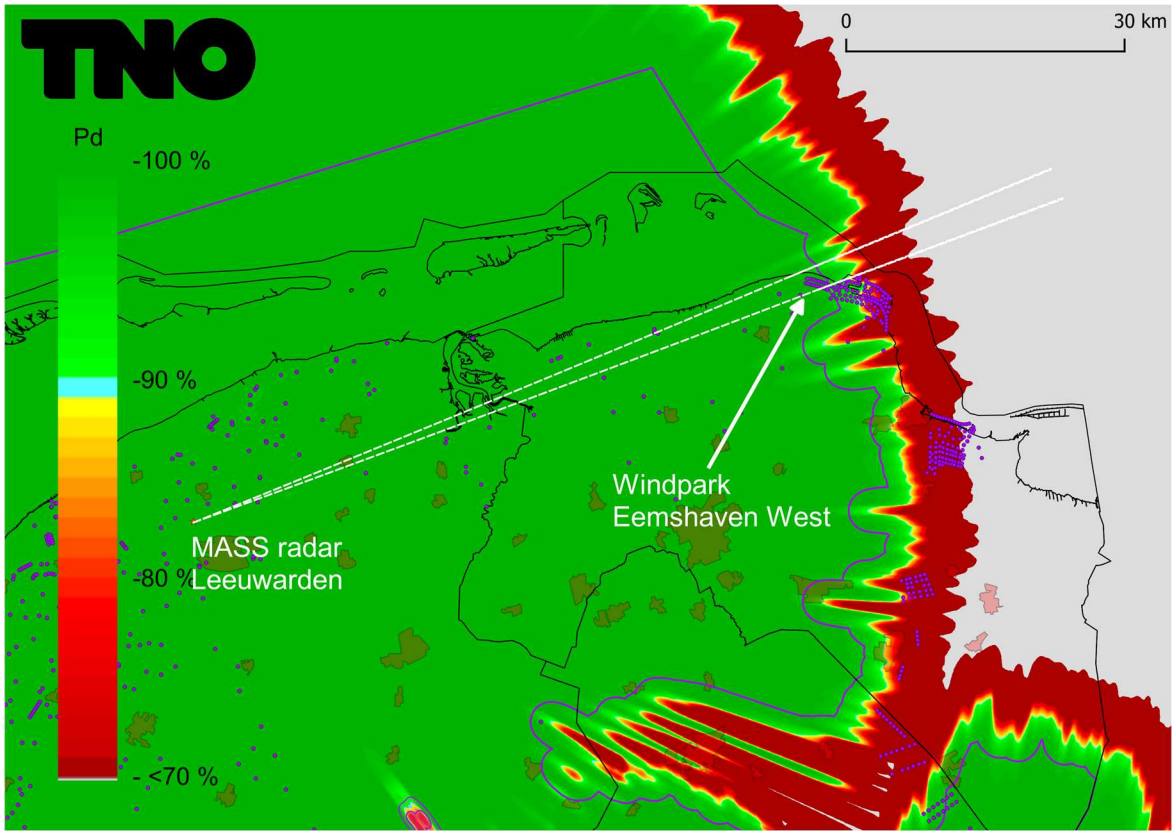


VERKEERSLEIDINGSRADARNETWERK
VERLIES DETECTIEKANS DOOR SCHADUW BOUWPLAN

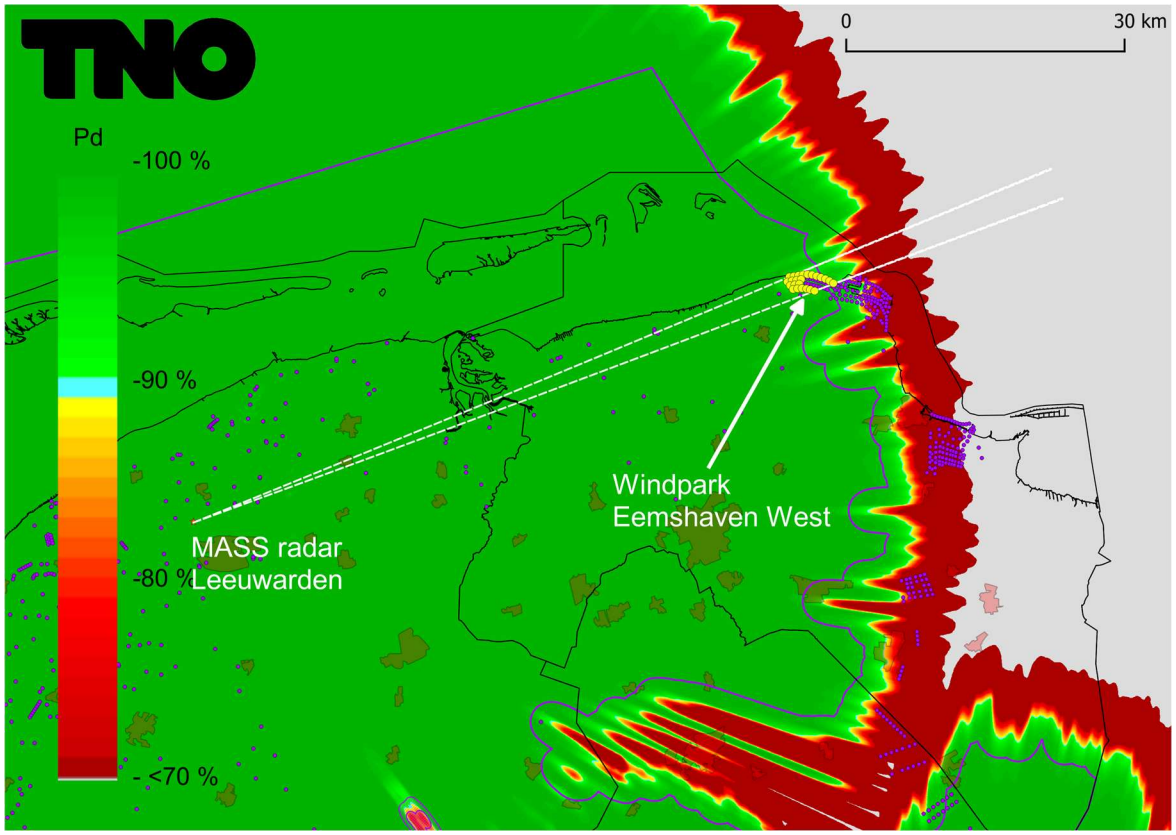
- Vergelijking radardekking en maximaal bereik op 1000 voet hoogte zonder en met het bouwplan

VERKEERSLEIDINGSRADARNETWERK

SCHADUW BOUWPLAN OP 1000 VOET MET ALLEEN DE BASELINE 2021 TURBINES

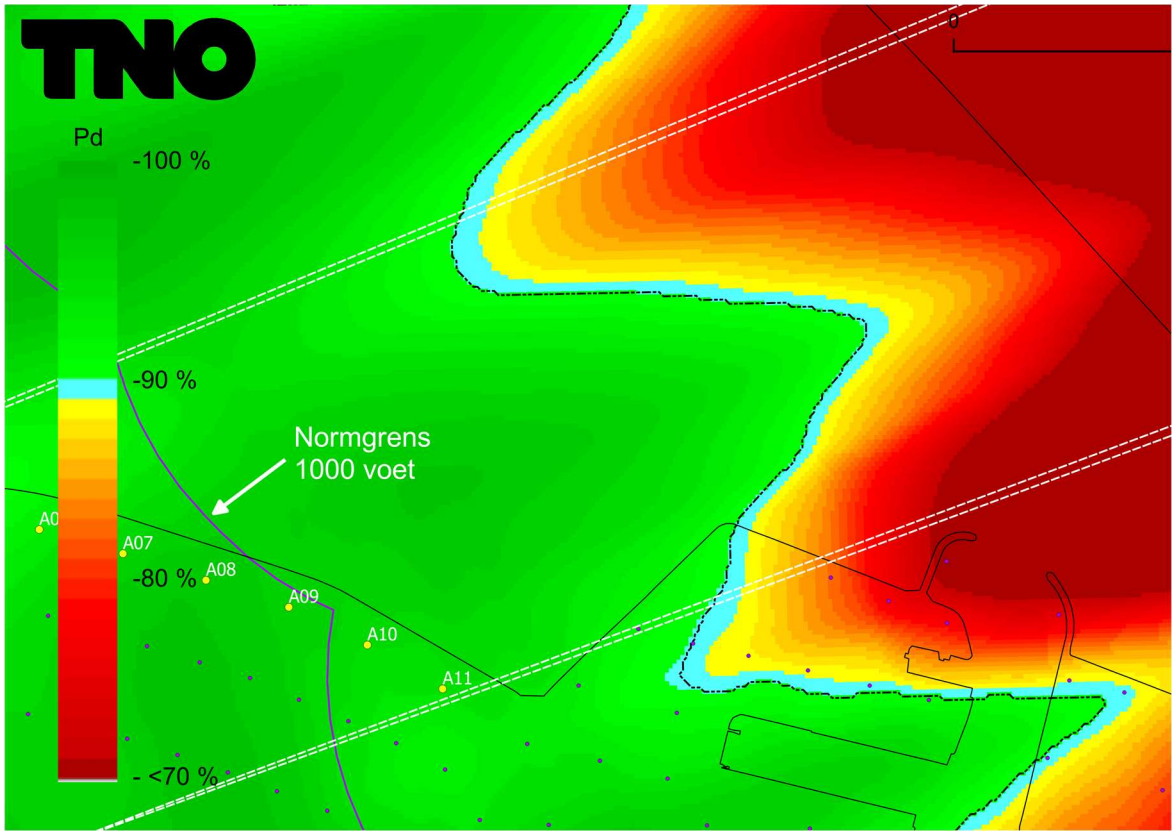


VERKEERSLEIDINGSRADARNETWERK
SCHADUW BOUWPLAN OP 1000 VOET NA REALISATIE



VERKEERSLEIDINGSRADARNETWERK

SCHADUW BOUWPLAN OP 1000 VOET NA REALISATIE DETAIL



* De zwart gestippelde lijn geeft het oorspronkelijke bereik aan zonder het bouwplan.

PRIMAIR VERKEERSLEIDINGSRADARNETWERK
CONSTATERINGEN EN CONCLUSIES

PRIMAIR VERKEERSLEIDINGSRADARNETWERK
CONSTATERINGEN EN CONCLUSIES

- Detectiekans voor alleen het verkeersleidingsradarnetwerk ter hoogte of in de directe nabijheid van het bouwplan:
  - De kleinst berekende detectiekans op 1000 voet wordt na realisatie van het bouwplan 90%.
  - Het bouwplan voldoet daarmee dus **wel** aan de thans gehanteerde norm van 2021.

- Verlies reductie van het maximum bereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan
  - Na realisatie van het bouwplan is er op de toetsingshoogte van 1000 voet een geen verlies aan bereik geconstateerd.
  - Het bouwplan voldoet daarmee dus **wel** aan de thans gehanteerde norm van 2021.

VERKEERSLEIDINGSRADARNETWERK
MITIGERENDE MAATREGELEN

- Niet van toepassing.

RADARHINDERONDERZOEK
HANDIGE LINKS

- Voor informatie over de toegepast rekenmethode:
  - http://www.TNO.nl/perseus
- RVO sites wind op land en viewer Hoogtebeperkingen Luchtvaart en ligging laagvlieggebieden en -routes Defensie:
  - http://www.windenergie.nl/62/onderwerpen/milieu-en-omgeving/radar.
  - https://ez.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8eaadfac232049849ad9841d35cd7451
- Radarhindergerelateerde toevoeging van Rarro in Staatscourant:
  - https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2012-18324.html (Initiële aankondiging)
  - https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2016-29608.html (toevoeging Herwijnen)
  - https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2018-63092.html (Toevoeging De Kooy)
  - https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2020-48054.html (Toevoeging van Wemeldinge)
  - https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2020-60643.html (Toevoeging van TAR-West en TAR1)
- Volledige en meest recente tekst Rarro:
  - https://wetten.overheid.nl/BWBR0031018/2020-12-01
- Contactadres Defensie (Rijksvastgoed): Postbus.RVB.Omgevingsmanagement@rijksoverheid.nl
- Contactadres voor toetsing LVNL: cnstoetsing@lvnl.nl

BEDANKT VOOR
UW AANDACHT
TNO innovation for life

Bijlage 11 - Bovengrondse effecten waterkering

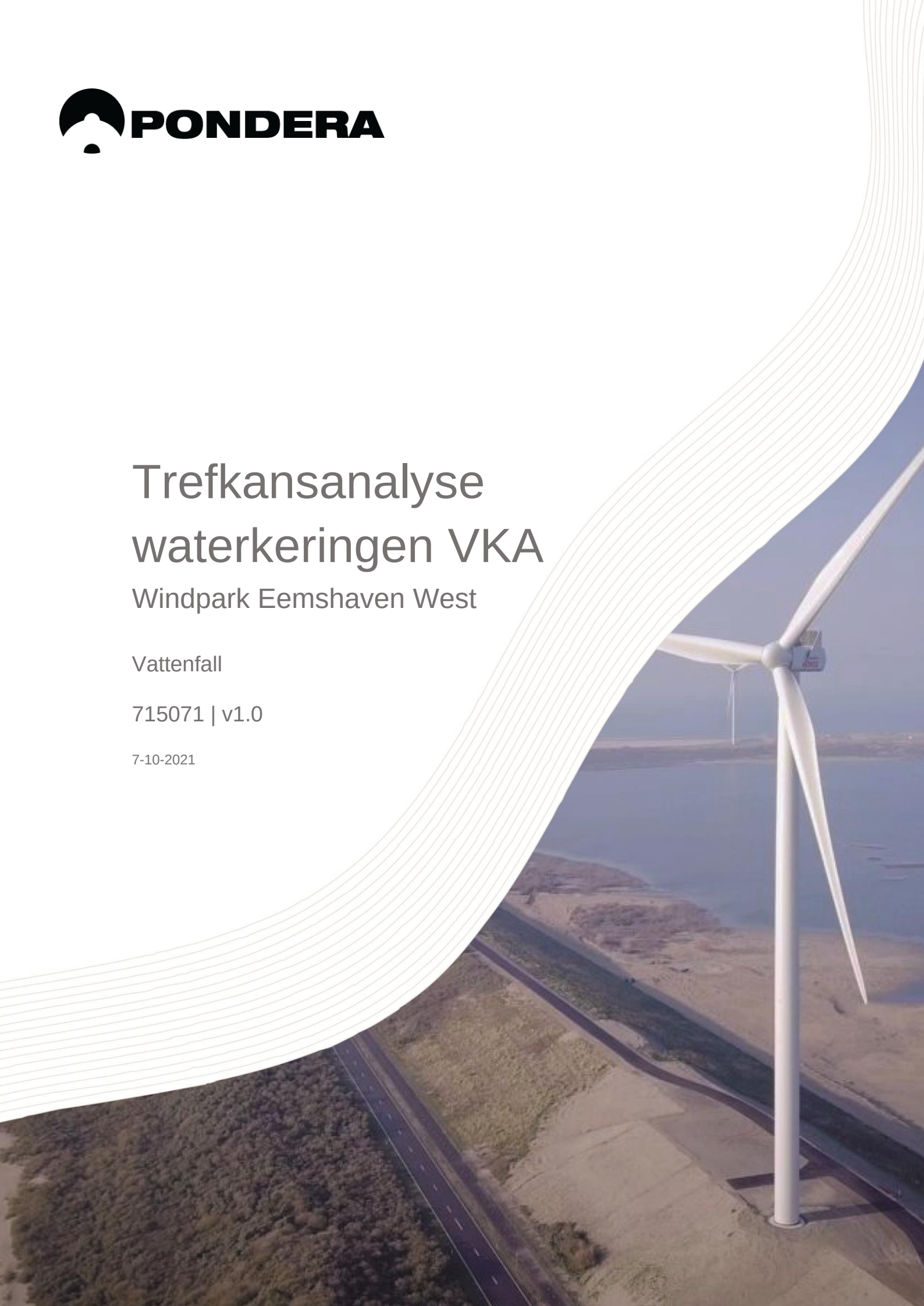
Trefkansanalyse waterkeringen VKA

Windpark Eemshaven West

Vattenfall

715071 | v1.0

7-10-2021



Pondera

Hoofdvestiging Nederland
Amsterdamseweg 13
6814 CM Arnhem
088 – pondera (088-7663372)
info@ponderaconsult.com

Postadres
Postbus 919
6800 AX Arnhem

Vestiging South East Asia
Jl. Mampang Prapatan XV no 18
Mampang
Jakarta Selatan 12790
Indonesia

Vestiging North East Asia
Suite 1718, Officia Building 92
Saemunan-ro, Jongno-gu
Seoul Province
Republic of Korea

Colofon

Soort document
Trefkansanalyse waterkeringen VKA

Projectnaam
Windpark Eemshaven West

Versienummer
v1.0

Datum
7-10-2021

Project nummer
715071

Opdrachtgever
Vattenfall

Auteur
Jim Quik

Nagekeken door
Bouke Vogelaar

Disclaimer
In het onderzoek is gebruik gemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Pondera is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van Pondera afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera. Pondera is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing.

EIK ISO 9001:2015 gecertificeerd

Inhoudsopgave

1 Inleiding 1
1.1 Situatieschets 1

2 Uitgangspunten 4
2.1 Faalscenario's 4
2.2 Rekenmethodiek bij waterkeringen 5
2.3 Eigenschappen objecten 7

3 Resultaten 8
3.1 Restprofiel en inschatting waterstanden 9

4 Beoordeling effecten 12
4.1 Risico inschatting bovengrondse directe effecten waterkering 12

1 Inleiding

Bij de plaatsing van windturbines staat de veiligheid voor de omgeving voorop. Om de risico's op de veiligheid in de omgeving in beeld te brengen wordt daarom de externe veiligheid in beeld gebracht. Externe veiligheid gaat over de effecten die (in dit geval) een windturbine op de omgeving kan veroorzaken, zowel effecten op objecten zoals gebouwen en infrastructuur, als ook effecten die op personen kunnen worden veroorzaakt. In Nederland kennen we Wet- en regelgeving en richtlijnen die aangeven hoe (een effect op) de veiligheid van de omgeving moet worden onderzocht en wanneer de veiligheid is geborgd. Dat kader vormt het uitgangspunt voor het onderzoeken en beoordelen van de effecten in een Milieu Effect Rapport (MER).

Waterkeringen zijn in beheer bij de waterschappen of Rijkswaterstaat. Windturbines in de directe nabijheid van waterkeringen kunnen risico's veroorzaken die leiden tot een verhoogde bezwijkkans van de waterkeringen. Om de veiligheid van de waterkeringen te kunnen garanderen dient er bij de plaatsing van windturbines rekening te worden gehouden met de benodigde betrouwbaarheid van de waterkeringen.

Ook voor het beoogde Windpark Eemshaven West dient onderzocht te worden dat de betrouwbaarheid van de waterkeringen behouden blijft. In het MER worden de milieueffecten van Windpark Eemshaven West onderzocht voor het voorkeursalternatief (VKA), gebaseerd op ontwerpvariabelen welke staan vermeld in het MER.

1.1 Situatieschets

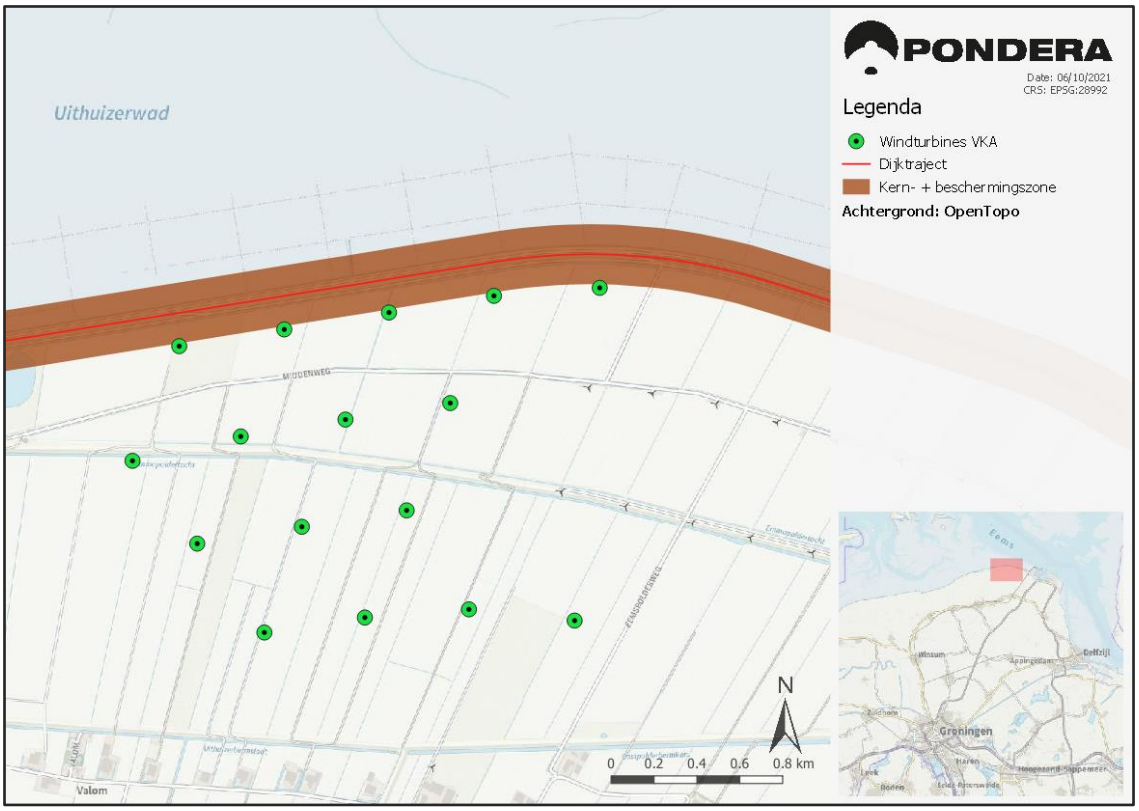
Aan de noordzijde van het plangebied ligt de Ommelanderzeedijk, wat een primaire waterkering in beheer bij het Waterschap betreft, zie Figuur 1.1. De dijk heeft een kernzone van 40 meter (binnenzijde), een profiel van vrije ruimte van 75 meter (vanaf rand kernzone) en een beschermingszone van 100 meter (vanaf rand kernzone). Binnen de kernzone en het profiel van vrije ruimte zijn windturbines (bouwwerkzaamheden) niet toegestaan. Binnen de beschermingszone zijn bouwwerken in principe onwenselijk, maar onder strikte voorwaarden mogelijk. In onderstaand figuur is de waterkering en de betreffende zones weergegeven. Er zijn geen overige waterkeringen in (de nabijheid van) het plangebied gelegen. Op basis van eerdere rapportages waarin zes alternatieven (A,B,C,D,E en F) werden beschouwd is een voorkeurs-alternatief (VKA) gekozen. Voor het VKA geldt dat de windturbines buiten de betreffende beschermingszones staan (op circa 150 – 160 meter afstand). Daarmee wordt voldaan aan de vereisten van de keur en legger van het Waterschap Noorderzijlvest. De coördinaten van de windturbines van het VKA zijn gegeven in Tabel 1.1.

Waterkeringen kunnen worden ingedeeld naar hun functie in:

- primaire dijken (water-land);
- secundaire dijken (land-land);
- dammen (water-water).

Waterkeringen zijn in beheer bij de waterschappen of Rijkswaterstaat. Windturbines in de directe nabijheid van waterkeringen kunnen risico's veroorzaken die leiden tot een verhoogde bezwijkkans van de waterkeringen. Om de veiligheid van de waterkeringen te kunnen garanderen dient er bij de plaatsing van windturbines rekening te worden gehouden met de benodigde betrouwbaarheid van de waterkeringen.

Figuur 1.1 Locatieoverzicht.



Bron: Pondera Consult

In de Handreiking Windturbines en Waterkeringen (STOWA, 2018)[1] wordt aangegeven dat in een onderzoek naar de mogelijkheden van de bouw van een windpark in de omgeving van een waterkering aangetoond dient te worden dat in alle fases van de levenscyclus van een windturbine:

- het waterkerend vermogen is gewaarborgd tijdens de bouw, de exploitatie en de ontmanteling van de windturbines;
- de waterkering is in het kader van een eventuele toekomstige versterking uit te breiden;
- het doelmatig beheer en onderhoud aan de waterkering is gewaarborgd.

Als het gaat om het waterkerend vermogen is van belang onderscheid te maken in bovengrondse en ondergrondse effecten op waterkeringen als gevolg van windturbines.

Hoofdstuk 2 beschrijft de uitgangspunten en eigenschappen van de te onderzoeken objecten. Hoofdstuk 3 geeft de resultaten van de trefkansanalyse en een inschatting van de restprofielen van de waterkering. In hoofdstuk 4 worden de effecten beoordeeld.

[1] https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202018/STOWA%202018-53%20windturbines_techniek.pdf

Tabel 1.1 Windturbine X- en Y-coördinaten in coördinatenstelsel EPSG:28992.

Windturbine	X-coördinaten	Y-coördinaten
1	243377,9	609246,9
2	243868,4	609325
3	244357,6	609404
4	244847,7	609481,8
5	245341,7	609519,2
6	243159,7	608711,4
7	243665,4	608825,2
8	244154,2	608904,1
9	244643,5	608981,1
10	243462,0	608324,7
11	243950,5	608403,4
12	244440,1	608480,0
13	243775,5	607909,6
14	244244,9	607979,6
15	244730,8	608017,8
16	245224,5	607965,4

2 Uitgangspunten

De methodiek om de trefkansen te berekenen is gebaseerd op de berekeningsmethodieken in de Handreiking Risicozonering Windturbines v1.1[2] en de Handleiding Risicoberekeningen Windturbines (versie oktober 2020)[3]. Dit is de huidige opvolging van het Handboek risicozonering windturbines 2014 (v3.1). Voor het leesgemak wordt naar beide rapportages verwezen als “HRW”. Per faalscenario wordt omschreven hoe de berekening is uitgevoerd.

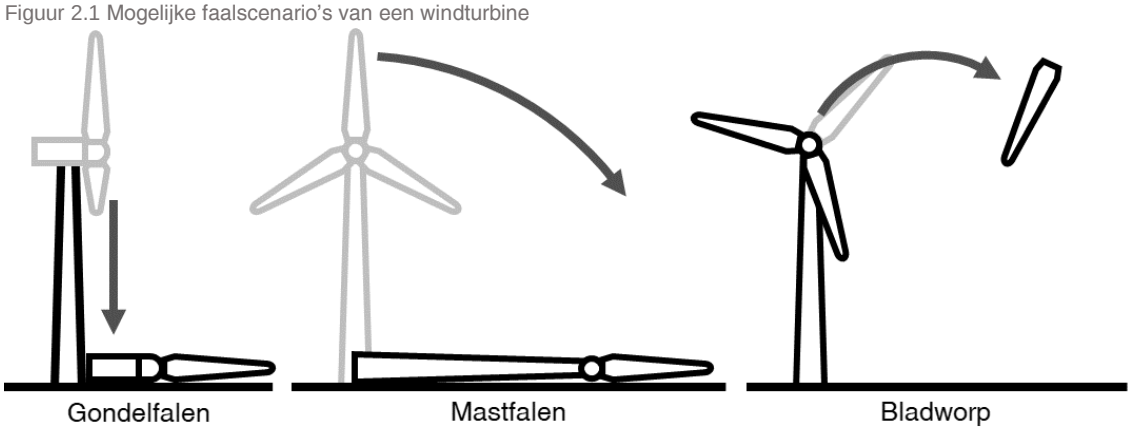
2.1 Faalscenario’s

Conform het HRW zijn er drie mogelijke faalscenario’s van windturbines: gondelfalen, mastfalen en bladworp. De faalscenario’s zijn weergegeven in Figuur 2.1. In geval van gondelfalen breekt de gondel los van de mast en valt langs de mast naar beneden, vervolgens breekt ook een blad los. Bij mastfalen breekt de mast onderaan af en valt de gehele windturbine naar beneden. Bij bladworp breekt een blad los en wordt geworpen als gevolge van de rotatie van de rotor. Bij bladworp wordt vervolgens nog onderscheid gemaakt tussen bladworp bij nominaal toerental en bladworp bij overtoeren. Bij bladworp bij overtoeren wordt er gerekend met een toerental gelijk aan twee keer het nominale toerental. De faalfrequenties van de verschillende faalscenario’s conform het HRW zijn in Tabel 2.1 weergegeven.

Tabel 2.1 Faalfrequenties van de verschillende faalscenario’s, conform het HRW.

Faalscenario	**Faalfrequentie per jaar**
Gondelfalen	4,0E-05
Mastfalen	1,3E-04
Bladworp bij nominale toeren	8,4E-04
Bladworp bij overtoeren	5,0E-06

Figuur 2.1 Mogelijke faalscenario’s van een windturbine



[2] Handreiking Risicozonering Windturbines (HRW2020), versie 1.1, Rijkswaterstaat Water, Verkeer & Leefomgeving, 20 mei 2020.
[3] Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid Module IV – Windturbines, versie oktober 2020, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.

2.2 Rekenmethodiek bij waterkeringen

Schade aan waterkeringen als gevolg van falende windturbineonderdelen kan plaatsvinden indien het zwaartepunt van het onderdeel de waterkering raakt. Daarom worden de zwaartepunten van de windturbineonderdelen beschouwd.

Gondelfalen

De maximale effectafstand is gelijk aan de maximale straal van de mast + de lengte van de gondel inclusief de hub + de zwaartepuntsafstand van het blad. De trefkans wordt bepaald aan de hand van de hoek van overlap tussen het bereik van de effectafstand en het betreffende object.

Mastfalen

De maximale effectafstand is gelijk aan de ashoogte + de zwaartepuntsafstand van het blad. De trefkans wordt bepaald aan de hand van de hoek van overlap tussen het bereik van de effectafstand en het betreffende object.

Bladworp

Voor bladworp wordt uitgegaan van de werpafstanden van het zwaartepunt van een rotorblad welke berekend worden met het kogelbaanmodel zonder luchtkrachten zoals opgenomen in paragraaf 3.2.1 van het HRW. Deze berekening wordt vervolgens geconverteerd in een data-image (geotiff), waarin elke pixel de kans weergeeft dat het zwaartepunt van het blad op de betreffende pixel land. De uiteindelijke trefkans is de som van alle pixels van de data-image (geotiff) binnen het betreffende object.

2.2.1 Bepaling gevolgschade door treffen

Naast de kans op treffen van de kering, is het met name relevant wat de gevolgen zijn wanneer de dijk daadwerkelijk wordt geraakt. Het potentiële risico dat zich kan voordoen is dat het profiel van de dijk verandert door de inslag van een turbineonderdeel, waardoor er een gat in de dijk ontstaat of de dijk lager wordt. Het restprofiel (hoe hoog is dijk nog na inslag) in combinatie met een situatie waarbij het water hoger is dan dit restprofiel leidt tot een overstroming.

Het restprofiel kan aangetast worden door directe schade aan de dijk en/of omliggende zones. Deze kratervorming kan op twee manieren de werking van de dijk beïnvloeden: door de impact van een windturbineonderdeel kan een krater ontstaan waardoor de dijk lager is en daarmee een minder hoge waterstand kan keren, of de krater kan zorgen voor gevolgschade-effecten zoals instabiliteit van de waterkering, piping effecten of andere faalmechanismen. Voor het gros van deze effecten geldt dat hogere waterstanden zorgen voor een hogere kans van optreden van de faalmechanismen. In deze analyse wordt het effect bepaald van de directe aantasting van de hoogte van de waterkering. Er wordt nog geen analyse gedaan van effecten op individuele faalmechanismen zoals macroinstabiliteit of piping door de kratervorming.

De schade aan de waterkering zal variëren aan de hand van welk onderdeel met welk gewicht en vanaf welke hoogte vallend de waterkering wordt getroffen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen het vallen van gewichten en het werpen van rotorbladen omdat bij bladworp een gewicht omhoog gegooid kan worden en daardoor met grotere kracht kan neervallen dan bij de andere twee vallende faalscenario's. Een eerdere berekening was uitgevoerd met de 'Menard' methode. De 'Menard' methode ging uit van dimensieloze objecten die met hun volle gewicht één punt van de waterkering raken waardoor de

kraterdieptes ruim overschat werden. Met de nieuwe methode kan een berekening worden uitgevoerd welke meer rekening houd met de dimensies van de betrokken onderdelen. Onderstaande formules zijn gebaseerd op de worst-case methodiek voor kraterbepaling van 'Bernard'[4].

$$Z = \frac{1}{c} * \left[-\left(a + \frac{2}{3} * b * V\right) + \sqrt{\left(a + \frac{2}{3} * b * V\right)^2 + G_w * c * V^2} \right]$$

Met:

Z = Indringingsdiepte (kratervorming) [m]

$a = \frac{A * d}{S * N}$

$b = \frac{d}{S * N} * \sqrt{\left(\frac{3}{7} * B * G_w\right)}$

$c = \frac{B * d^2}{S^2 * N^2}$

V = Impactsnelheid van het onderdeel [m/s]

G_w = Gewicht van onderdeel [kg]

d = Diameter van treffend onderdeel (breedte object) [m]

S = Grondsoort-type (6 = Medium dense, medium to coarse sand, wet or dry on the loose side)

N = Object nose shape (0,56 = Flat or blunt surface)

A = Constante waarde = 2,2 x 10^{06} [N/m]

B = Constante waarde = 2,8 x 10^{07} [N/m^3]

RPM = Toerental tijdens bladworp

Zp = Zwaartepunt rotorblad (generiek op 1/6 x Rotordiameter)

Voor de bepaling van de Impactsnelheid (V) wordt voor gondelfalen en mastfalen uitgegaan van de ashoogte waarmee de impactsnelheid kan worden berekend met de formule:

$$V = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times ashoogte}$$

De impactsnelheid bij bladworp bij nominaal toerental en overtoeren wordt bepaald door de rotatiesnelheid en de boogvlucht die het blad aflegt door de lucht. De geldende formule gaat uit van maximale valsnelheid vanaf de maximale hoogte die bereikt kan worden bij een werphoek van 90 graden. Deze waarde wordt representatief geacht voor een maximale hoogte waarbij het rotorblad nog wel enige afstand aflegt tijdens de worp. De snelheid bij bladworp wordt bepaald met de formule:

$$Werpsnelheid = 2\pi \times \frac{RPM}{60} \times \mathrm{Zp}$$

De hoogste top van de worp kan dan worden bepaald met:

$$Maximale\ werphoogte = \frac{Werpsnelheid^2}{2 \times 9{,}81} + Ashoogte$$

[4] Bernard (1978): Depth and motion prediction for earth penetrators. ADA056701, Vicksburg.

2.3 Eigenschappen objecten

In onderstaande tabellen wordt voor een worst-case windturbinetype per faalscenario de relevante eigenschappen van de windturbine weergegeven. Kratervorming door het gondelgewicht wordt maatgevend geacht, derhalve wordt het effect van het gewicht van de mast niet beschouwd.

Tabel 2.2 Eigenschappen windturbines voor scenario gondelfalen.

Eigenschap	Waarde
Rotordiameter [m]	160
Ashoogte [m]	145
Tiphoogte [m]	225
Afstand tot zwaartepunt van een blad, gemeten vanaf de hub-as [m]	26,67
Massa gondel [ton]	400
Massa blad [ton]	36
Trefdiameter gondel [m]	4,5
Trefdiameter blad [m]	3,5
Lengte gondel inclusief de hub [m]	25
Maximale mastdiameter [m]	10

Tabel 2.3 Eigenschappen windturbines voor scenario mastfalen.

Eigenschap	Waarde
Rotordiameter [m]	130
Ashoogte [m]	160
Tiphoogte [m]	225
Afstand tot zwaartepunt van een blad, gemeten vanaf de hub-as [m]	21,67
Massa gondel [ton]	400
Massa blad [ton]	33
Trefdiameter gondel [m]	4,5
Trefdiameter blad [m]	3,5

Tabel 2.4 Eigenschappen windturbines voor scenario bladworp. Referentieturbine Nordex N131.

Eigenschap	Waarde
Rotordiameter [m]	131
Ashoogte [m]	159,5
Tiphoogte [m]	225
Nominaal toerental [rpm]	11,9
Afstand tot zwaartepunt van een blad, gemeten vanaf de hub-as [m]	21,83
Massa blad [ton]	33
Trefdiameter blad [m]	3,5

3 Resultaten

De trefkans per windturbine en per faalscenario zijn weergegeven in Tabel 3.1. De waterkering ondervindt alleen een trefkans van de meest noordelijke vijf windturbines. De totale trefkans per windturbine zit rond de 4,9E-04 per jaar. De totale trefkans van het windpark is 2,47E-03. De impactsnelheden en bijbehorende kraterdiepten zijn weergegeven in Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Trefkans per windturbine en per faalscenario op de waterkering. De faalscenario's gondelfalen en mastfalen zijn onderverdeelt per windturbine onderdeel. De onderste rij geeft de totalen weer.

WT	Gondelfalen		Mastfalen		Bladworp		Totaal
	Gondel	Blad	Gondel	Blad	Nominaal	Overtoeren	
1	8,61E-06	1,69E-05	6,16E-05	6,74E-05	3,44E-04	1,81E-06	5,00E-04
2	6,83E-06	1,67E-05	6,14E-05	6,71E-05	3,38E-04	1,80E-06	4,92E-04
3	7,72E-06	1,67E-05	6,14E-05	6,74E-05	3,40E-04	1,80E-06	4,95E-04
4	5,61E-06	1,64E-05	6,14E-05	6,76E-05	3,36E-04	1,80E-06	4,89E-04
5	4,17E-06	1,63E-05	6,23E-05	6,84E-05	3,36E-04	1,82E-06	4,89E-04
6	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0
	3,29E-05	**8,31E-05**	**3,08E-04**	**3,38E-04**	**1,69E-03**	**9,04E-06**	**2,47E-03**

Tabel 3.2 Impactsnelheid en kraterdiepte.

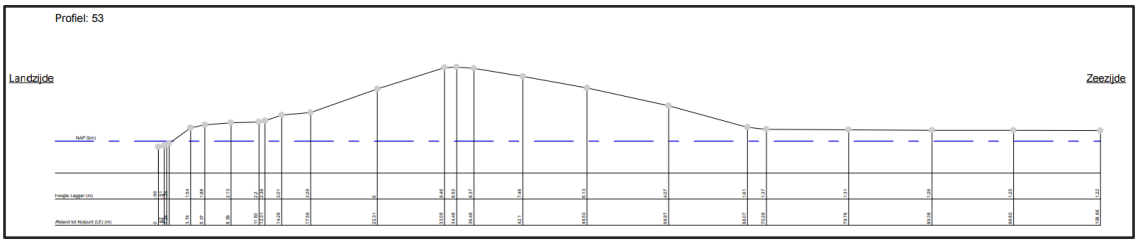
Eigenschap	Waarde
Impactsnelheid gondelfalen [m/s]	56
Impactsnelheid bladworp nominaal [m/s]	62
Impactsnelheid bladworp overtoeren [m/s]	78
Indringingsdiepte gondel [m]	3,2
Indringingsdiepte blad bij mastfalen [m]	1,2
Indringingsdiepte bladworp nominaal [m]	1,3
Indringingsdiepte bladworp overtoeren [m]	1,6

3.1 Restprofiel en inschatting waterstanden

Om een eerste inschatting van de mogelijke effecten te maken is de hoogte van de waterkering en de kans op voorkomen van een te keren waterstand van belang. Om een eerste inschatting te maken van de opbouw van de waterkering is de Legger van Waterschap Noorderzijlvest geraadpleegd voor de kaartbladen 72 t/m 82. Dit betreft de doorsnedeprofielen van nummer 47 t/m 55.

Uit deze doorsneden blijkt een minimale kruinhoogte van 8,4 meter boven NAP met een breedte van circa 3 tot 5 meter. De kratervorming is maximaal enkele meters breed. Voor deze analyse wordt er conservatief uitgegaan dat enige vorm van kratervorming in de waterkering (inclusief talud en lagere gedeelten) zal leiden tot aantasting van het waterkerend vermogen van de waterkering via overloop of overslag. Hierbij wordt kratervorming op de gehele dijkbreedte beschouwd en gezien als 1:1 vermindering van de kruinhoogte ongeacht de locatie van de krater.

Figuur 3.1 Weergave doorsnedeprofiel 53 als voorbeeld.



Bron: https://waterdata.noorderzijlvest.nl/legger/kering/LeggerVanDeWaterkering.pdf

Dit kan worden gebruikt als een eerste inschatting van de te keren waterstanden indien er sprake is van het treffen van een windturbineonderdeel. Dit betekent dat bij het treffen van een rotorblad bij bladworp er in het ergste geval een hoogte overblijft van circa 7,1 tot 6,8 meter bij bladworp nominaal en bladworp overtoeren. Bij het treffen door een gondelgedeelte of mastgedeelte blijft er nog circa 5,2 meter hoogte over ergens op de breedte van de waterkering.

De totale trefkansen van de optredende faalscenario's: Gondelfalen, Mastfalen, Bladworp bij nominaal toerental en Bladworp bij overtoeren kunnen opgesplitst worden in verschillende trefkansen met verschillende invloeden op het restprofielen van de waterkering.

Volgens de informatie van waterhoogten uit sensor meetpunt Eemshaven van Rijkswaterstaat in de periode van 01/01/2010 tot 01/01/2019 is de maximaal opgetreden waterstand +4,15 meter boven NAP welke eenmaal is opgetreden. Het betrokken Waterschap Noorderzijlvest heeft aangegeven dat in 2006 een waterstand van 4,3 meter is gemeten op het betrokken dijkvak. Op basis van de sensor data zijn waterstanden boven de +3,0 meter op 9 dagen in 10 jaar tijd opgetreden. In de rapportage naar een meetpaal nabij de Eemshaven (Buitengaats) zijn de extreme hoogwaterstanden ook geanalyseerd. Omdat het minimale restprofiel +5,2 meter bedraagt zou enkel op basis van deze waterstanden analyse en op de aangegeven maximale waterstand door het Waterschap Noorderzijlvest er in de afgelopen 20 jaar geen situatie zijn ontstaan waarbij er sprake zou zijn van overstroming. Om toch een conservatieve inschatting te doen naar een kans van optreden wordt er gekeken naar de maatgevende hoogwaterstanden die verwacht kunnen worden op deze locatie. Hieruit blijkt een verdeling die qua hoogtes aansluit bij de gevonden sensor gegevens. Op basis van de informatie in deze rapportage zijn inschattingen te maken van de overschrijdingswaarden van hoogwaterstanden.

Figuur 3.2 Weergave Tabel 3.2 met overschrijdingswaarden voor Hoogwaterstand Eemshaven.

Tabel 3.2 Overschrijdingswaarden hoogwaterstand Eemshaven (m, NAP) op basis van totale waterstand

Overschrijdings-frequentie	totale waterstand, incl. [95%] betrouwbaarheidsmarges [m, NAP]
1 keer per jaar	**2,90** [2,80 – 3,00]
0,01 keer per jaar	**4,35** [3,75 – 5,25]

Bron: Bepaling maatgevende randvoorwaarden Eemshaven – Deltares 2013 – kenmerk: 1207902-000

Het Waterschap Noorderzijlvest heeft geadviseerd om een waterstand van 4,81m te beschouwen als hoogst gemeten waterstand gebaseerd op de hoogste gemeten waarde in Delfzijl uit het recente verleden. Deze waarde is lager dan het te verwachtten restprofiel van minimaal 5,2 meter.

Met een restprofiel van minimaal 5,2 meter betekent dit dat verwacht kan worden dat de kans van optreden van deze hoogwaterstand op basis van de overschrijdingswaarde van toekomstige hoogwaterstanden een kans van optreden heeft van 0,01 keer per jaar. Als conservatieve aanname voor deze analyse wordt uitgegaan van de volgende kansen van optreden die zijn gebaseerd op grafische extrapolatie van de waardes voor de 95% betrouwbaarheidsmarge. Deze aannames kunnen in een latere fase worden aangescherpt op basis van de gegevens die Rijkswaterstaat of het Waterschap beschikbaar hebben.

- Restprofiel +5,2 meter 0,01 1/100 jaar;
- Restprofiel +6,8 meter 0,001 1/1000 jaar;
- Restprofiel +7,1 meter 0,0009 1/1100 jaar.

Uitgaande van een ingeschatte hersteltijd van 7 dagen kan vervolgens bepaald worden wat de kans van optreden is van een niet te keren hoogwaterstand tijdens de aanwezige restprofielen. De kans dat er hoogwater is tijdens de herstelwerkzaamheden is daarmee $1 - \left(1 - \frac{Tt}{365}\right)^7 = Overstroming\ hersteltijd\ Tt$

- Restprofiel +5,2 meter 0,019%
- Restprofiel +6,8 meter 0,0019%
- Restprofiel +7,1 meter 0,0017%

Door deze kansen te vermenigvuldigen met de eerder berekende trefkansen per windturbineonderdeel kan de kans op hoogwater tijdens de herstelwerkzaamheden ten gevolge van het treffen van een windturbineonderdeel worden berekend. Deze kansen zijn weergegeven in Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kans op hoogwater tijdens de herstelwerkzaamheden ten gevolge van het treffen van een windturbineonderdeel. Dit is de trefkans per windturbine en per faalscenario, verdisconteerd met de kans op overstromen tijdens hersteltijd. De faalscenario's gondelfalen en mastfalen zijn onderverdeelt per windturbine onderdeel. De onderste rij geeft de totalen weer.

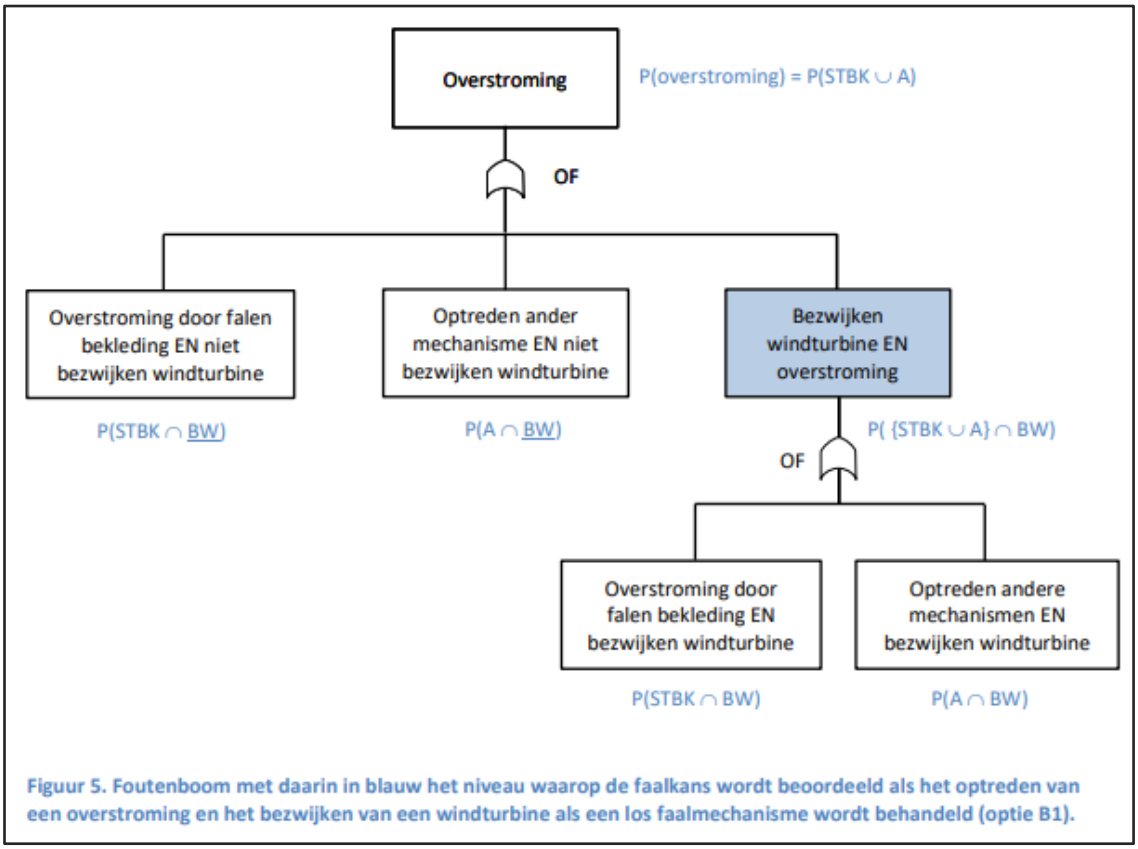
WT	Gondelfalen		Mastfalen		Bladworp		Totaal
	Gondel	Blad	Gondel	Blad	Nominaal	Overtoeren	
1	1,64E-09	2,88E-10	1,17E-08	1,15E-09	5,84E-09	3,45E-11	2,06E-08
2	1,3E-09	2,83E-10	1,17E-08	1,14E-09	5,75E-09	3,41E-11	2,02E-08
3	1,47E-09	2,84E-10	1,17E-08	1,15E-09	5,78E-09	3,43E-11	2,04E-08
4	1,07E-09	2,8E-10	1,17E-08	1,15E-09	5,71E-09	3,43E-11	1,99E-08
5	7,92E-10	2,78E-10	1,18E-08	1,16E-09	5,72E-09	3,45E-11	1,98E-08
6	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0
	6,26E-09	**1,41E-09**	**5,85E-08**	**5,75E-09**	**2,88E-08**	**1,72E-10**	**1,01E-07**

4 Beoordeling effecten

4.1 Risico inschatting bovengrondse directe effecten waterkering

In KPR memo 473 “Windturbines op of nabij primaire waterkeringen (473)” worden verscheidene manieren aangegeven hoe de overstromingskans beoordeeld kan worden. Als eerste inschatting wordt optie B1 gebruikt om de hoogte van het effect in te schatten. Dit is in navolgend figuur visueel weergegeven in een foutenboom.

Figuur 4.1 Weergave optie B1 foutenboom voor beoordeling waterkering trefkans.



Figuur 5. Foutenboom met daarin in blauw het niveau waarop de faalkans wordt beoordeeld als het optreden van een overstroming en het bezwijken van een windturbine als een los faalmechanisme wordt behandeld (optie B1).

Dit betekent dat de invloed van de windturbines op de overstromingskans beperkt blijft tot een totale risicotoevoeging van alle windturbines van het windpark, en dat deze invloed wordt beoordeeld als een los faalmechanisme uitgaande van een normstelling van 1:3000 jaar. De risicoverhoging als gevolg van het VKA aan de normstelling van 1:3000 jaar bedraagt daarmee 0,03%.

Een veel toegepast criteria is om windparken als geheel te beoordelen met een faalkansruimte van 1% ten opzichte van de totale normstelling. Effecten kunnen ook beoordeeld worden per individueel faalmechanisme waarbij gekeken dient te worden naar de manier van falen van elk afzonderlijk faalmechanisme en de invloed die de kratervorming / aanwezigheid van de windturbine veroorzaakt op dit faalmechanisme. Voor een alternatievenafweging in dit MER volstaat het om de eerste afweging te baseren op bovenstaande aanpak.

Bijlage 12 - Ondergrondse effecten waterkering

Impact Windpark Eemshaven West op de waterkering

Rapportage waterbouw | Emmapolderdijk

1221-188690.R01| 22-11-2021

Pondera

Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Impact Windpark Eemshaven West op de waterkering
Documentnaam	Rapportage waterbouw
Fugro-projectnr.	1221-188690
Fugro-documentnr.	1221-188690.R01
Versienummer	3.0
Versiestatus	
Fugro entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Blaeulaan 60A Postbus 63 2260 AB Leidschendam T 030 60 28175

Klantgegevens

Klant	Pondera Consult B.V.
Adres klant	Amsterdamseweg 13 6814 CM Arnhem
Contactpersoon klant	Martijn Edink
Documentnr. klant	-

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
1.0	12-10-2021	Concept	Initiële versie	H.D. Ali	W.R Halter	W.R Halter
2.0	3-11-2021		Aanvulling monopile	H.D. Ali D. Wessling	W.R Halter A.J. Snethlage	W.R Halter
3.0	22-11-2021		Aanvulling trilblok	D. Wessling	W.R Halter	W.R Halter

Projectteam

Initialen	Naam	Rol
WRH	ir. W.R. Halter	Principal Consultant
HDA	Ing. H.D. Ali	Adviseur Waterbouw
ASN	Ir. A.J. Snethlage	Adviseur Geotechniek
DWE	Ing. D. Wessling	Adviseur Geotechniek

Inhoudsopgave

Documentbeheer ii

Documentgegevens ii
Klantgegevens ii
Versiebeheer ii
Projectteam ii

Inhoudsopgave i

Inhoud i

Geen inhoudsopgavegegevens gevonden.Bijlagen ii

1. Inleiding 1

1.1 Projectbeschrijving 1
1.2 Locatiebeschrijving 1
1.3 Beschikbare informatie 2
1.4 Scope 2
1.5 Leeswijzer 3

2. Uitgangspunten 4

2.1 Normen en richtlijnen 4
2.2 Toetsingskader trillingen 4
2.3 Software 4
2.4 Geometrie 5
2.5 Kratervorming door vallend object 6
2.6 Bodemopbouw 6
2.7 Grondparameters 7
2.8 (Grond)waterstanden en stijghoogten 7
2.8.1 Freatische lijn en stijghoogte 7
2.8.2 Polderpeil en wateroverspanning 8
2.8.3 Belastingsituaties STBU 8
2.9 Verkeersbelasting 9
2.9.1 Macrostabiliteit binnenwaarts 9
2.9.2 Macrostabiliteit buitenwaarts 9
2.10 Partiële factoren 9
2.10.1 Materiaalfactoren 9
2.10.2 Normering STBI en STBU 10

3. Trillingsanalyse 13

3.1 Bouwfase en gebruiksfase 13

3.2 Bouwfase 13
3.2.1 Modellering 13
3.2.2 Uitgangspunten (waarden) CUR 166 modellering 14
3.2.3 Karakteristieken werkzaamheden 15
3.2.4 Trillingsoverdracht 16
3.2.5 Uitvoering heiwerk 19
3.3 Gebruiksfase 19
4. Macrostabiliteit 22
4.1 Inleiding 22
4.2 Resultaten stabiliteitsanalyse 24
4.2.1 STBI 24
4.2.2 STBU 31
5. Gevolg krater of ontgraving op piping 35
6. Conclusies en aanbevelingen 36
6.1 Conclusies 36
6.2 Aanbevelingen 37
A.1 Waterstaatkundige zonering 38
A.2 Toelichting Modellering Trillingen 39
A.3 Trillingstechnische vaktermen 43

Bijlagen

A.1 Waterstaatkundige zonering
A.2 Toelichting Modellering Trillingen
A.3 Trillingstechnische vaktermen

1. Inleiding

Op 13 september 2021 ontving Fugro te Utrecht van Pondera te Arnhem, de opdracht voor het opstellen van een trillingsrisicoanalyse en een stabiliteitsanalyse voor Windpark Eemshaven West.

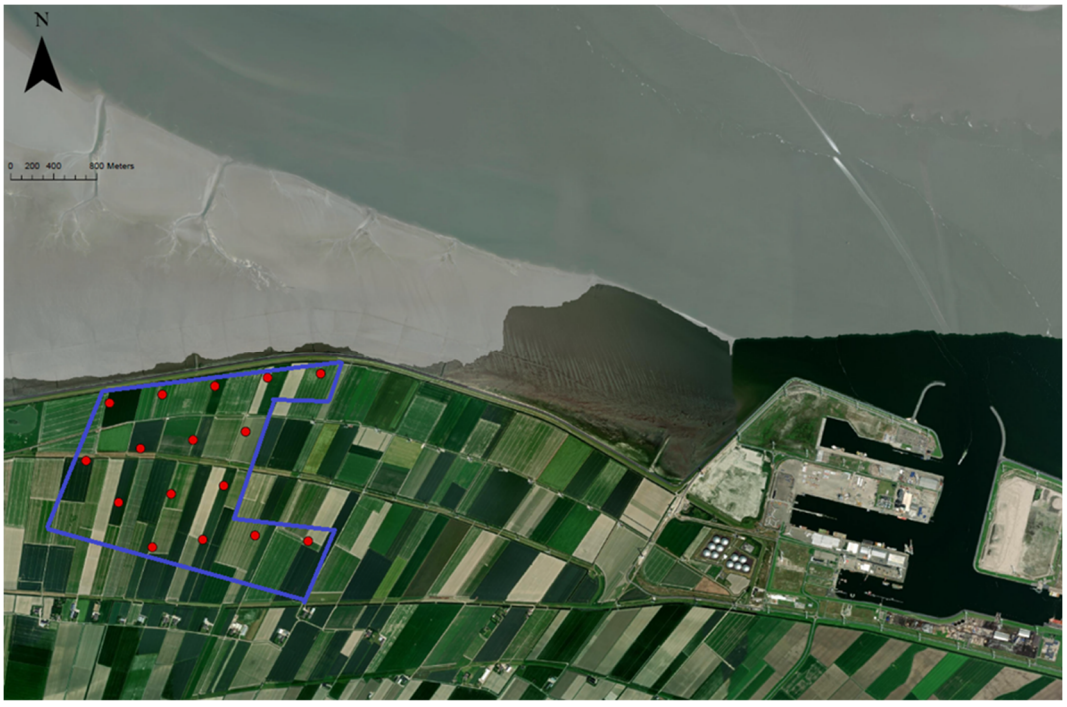
1.1 Projectbeschrijving

Bij de Emmapolderdijk, een primaire waterkering ten westen van de Eemshaven in Groningen, is een windpark voorzien (zie figuur 1-1). Het plan betreft de bouw van windturbines in de nabijheid van een primaire waterkering. Voor de fundering van de windturbines is voorzien in een geheid paalsysteem. In deze rapportage is uitgegaan van heien van prefab betonpalen of monopiles. De realisatie en aanwezigheid van deze windturbines leidt tot trillingen in de ondergrond, die een negatief effect kunnen hebben op de stabiliteit van deze primaire waterkering.

Aan Fugro is het gevraagd om door middel van een trillingsanalyse en een stabiliteitsanalyse na te gaan of de primaire waterkering nadelen ondervindt door de windpark tijdens realisatie- en gebruiksfase.

1.2 Locatiebeschrijving

De windpark wordt gerealiseerd tussen dijkpaal 53,50 en dijkpaal 50 van normtraject 6-6, waarbij de dichtstbijzijnde windturbine ca. 100 meter van de teensloot afligt. Een overzichtstekening van het projectgebied is weergegeven in figuur 1-1. De rode punten geven de locatie van de windturbines weer.



figuur 1-1 Projectgebied Eemshaven west

1.3 Beschikbare informatie

De volgende openbaar beschikbare bronnen zijn door Fugro gebruikt:

(TAW, 2004)	Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken, 1 september 2004
(AHN, 2012)	https://www.ahn.nl/ahn-viewer
(Kramer, 2017)	V.N. Kramer, Wind Turbines near flood defences, 20 December 2017
(WBI, 2017)	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Schematiseringshandleiding piping, WBI, 2017.
(WBI, 2017)	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Schematiseringshandleiding macrostabiliteit, WBI, 2017.
(NEN 9997-1)	NEN 9997-1, 2011 Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1, algemene regels, december 2011.
(DINOloket, sd)	DINOloket. (sd). Opgehaald van www.dinoloket.nl: https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen
(geo.noorderzijlvest.nl, sd)	https://geo.noorderzijlvest.nl/Geoweb/index.html?viewer=Leggers.Leggers
(RWS, 1994)	Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat. (1994). Tienjarig overzicht 1981-1990 : presentatie van afvoeren, waterstanden, watertemperaturen, golven en kustmetingen. RWS.

De volgende informatie uit het Fugro-archief is gebruikt:

- Grondonderzoek bestaande windpark, 2006, projectnummer 5006-0391-000.
- Grondonderzoek Waddenzeedijk, 2017, projectnummer 1317-0279-230.

Door Waterschap Noorderzijlvest is de volgende informatie beschikbaar gesteld:

(Waterschap Noorderzijlvest)	Waterschap Noorderzijlvest, Logboek beoordelingsspoor STBI en STBU, concept, 15 september 2021
(Waterschap Noorderzijlvest)	Waterschap Noorderzijlvest, Logboek beoordelingsspoor STPH, concept, 15 september 2021

Daarnaast heeft de opdrachtgever bij de toekenning van de opdracht per e-mail informatie geleverd met betrekking tot de posities en dimensies van de windturbines en informatie over de fundering. Op 14 oktober zijn de specificaties van de monopiles nagestuurd. Op 17 november zijn de specificatie van een trilblok voor monopiles nagestuurd.

Fugro staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

1.4 Scope

De stabiliteitsanalyse voor de te beschouwen waterkering is uitgevoerd conform de systematiek van het WBI2017. Hierbij is bepaald wat de mogelijke afname is van de

macrostabiliteit van de waterkering als gevolg van trillingen, ontgraving en bemaling door middel van glijvlakberekeningen met DGeoStability.

Daarnaast is er bepaald wat de mogelijke afname is van macrostabiliteit van de waterkering als gevolg van een krater in de berschermingszone door een valincident. Bovendien is kwalitatief beschouwd wat de mogelijke afname is van de weerstand tegen piping als gevolg van de krater in de beschermingszone. Tenslotte is kwalitatief naar de stabiliteit van het voorland gekeken.

De volgende zaken vallen buiten de scope:

- Het uitvoeren van een trefkansanalyse van vallende objecten. Dit is volgens de opdrachtgever reeds separaat beschouwd.
- Het berekenen van kwel door ontgravingen of langs funderingen. De verandering in kwel zal overigens zeer gering zijn door het ontbreken van een deklaag op de zandondergrond in het achterland.
- Het risico van zettingsvloeiing als gevolg van trillingen is niet beschouwd. Dit speelt vermoedelijk echter geen rol door de beperkte waterdieptes.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de uitgangspunten beschreven, die zijn gebruikt voor de analyses. In hoofdstuk 3 wordt de uitgevoerde trillingsanalyse toegelicht. Hierin is onderscheid gemaakt tussen het optreden van maximale trillingen door heien van funderingspalen tijdens de bouwfase en door in het gebruik zijn van de windturbine. Op basis van de berekende trillingen is de mogelijke afname van de macrostabiliteit van de waterkering als gevolg van trillingen door middel van glijvlakberekeningen bepaald. De resultaten hiervan zijn gepresenteerd in hoofdstuk 4. Daarnaast is in hoofdstuk 4 gepresenteerd wat de mogelijke afname van macrostabiliteit van de waterkering is als gevolg van kratervorming, ontgraving en bemaling door middel van een glijvlakberekeningen. Gevolgen van kratervorming in de beschermingszone op de weerstand tegen piping wordt beschreven in hoofdstuk 5. Ten slotte wordt in hoofdstuk 6 ingegaan op de conclusies en aanbeveling van het uitgevoerde analyse.

2. Uitgangspunten

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten nader beschreven die van belang zijn voor het analyseren naar de impact van ondergrondse effecten van de windturbines tijdens de aanleg en exploitatie. Deze zijn onderverdeeld in de volgende paragrafen:

- Normen en richtlijnen
- Geometrie
- Bodemopbouw
- Grondparameters
- Hydraulische belastingen
- Bovenbelastingen
- Partiële factoren

2.1 Normen en richtlijnen

Voor het opstellen van het advies zijn de volgende normen en richtlijnen in acht genomen: [NEN 9997-1, 2011] Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1, algemene regels, december 2011. De beoordeling voor het mechanisme macrostabiliteit binnen- en buitenwaarts (STBI en STBU) van de kade worden uitgevoerd conform het WBI2017. Voor het opstellen van het advies zijn de volgende normen en richtlijnen in acht genomen: [NEN 9997-1, 2011] Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1, algemene regels, december 2011.

2.2 Toetsingskader trillingen

Waterkering

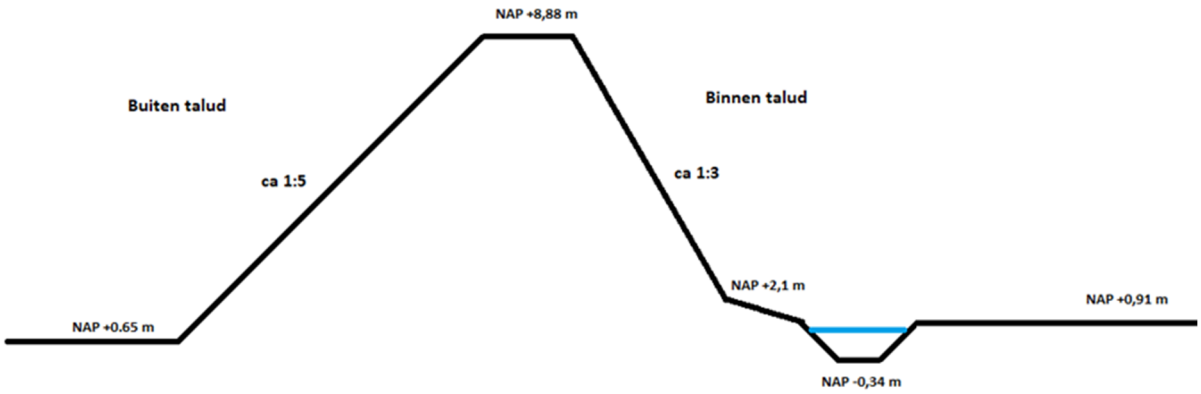
Voor waterkeringen geldt dat de standzekerheid / stabiliteit gegarandeerd dient te blijven. Bij beschouwing van de stabiliteit, is de grootte van de dynamische belasting van belang (versnellingen-belasting). Aan de hand van stabiliteitsberekeningen wordt het effect ervan beschouwd.

2.3 Software

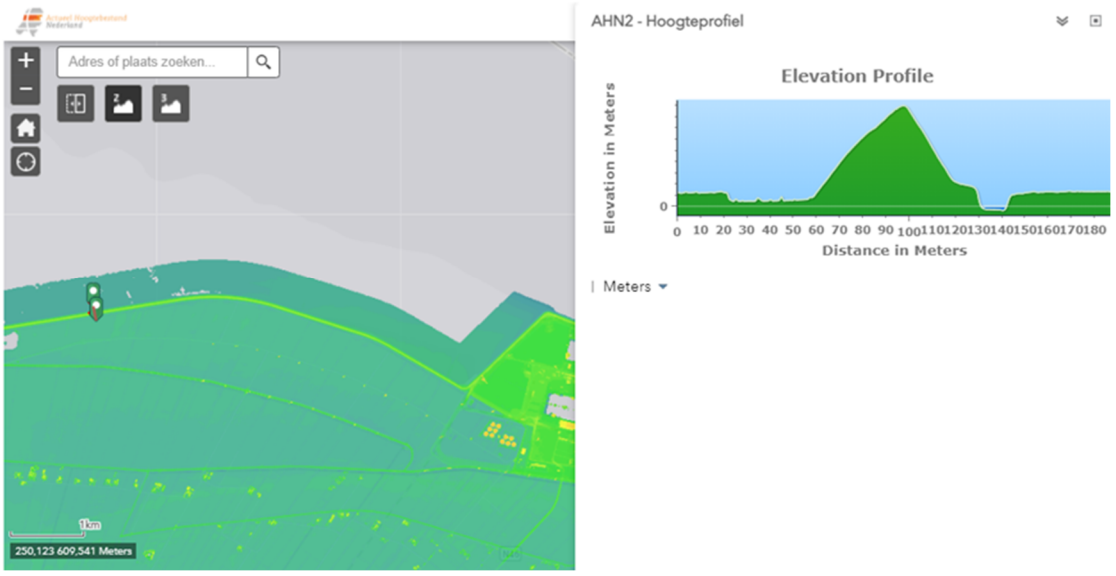
De stabiliteitsanalyse wordt is uitgevoerd met het programma D-Stability (versie 20.2.1) in combinatie met het UpliftVan glijvlakmodel.

2.4 Geometrie

De geometrie van de waterkering is gebaseerd op AHN3 gegevens. Alhoewel geen grote variatie inzit in de geometrie van dijk aanwezig is, is er op basis van een oriënterende onderzoek één maatgevende geometrie binnen de projectgrens visueel vastgelegd. De kruin van de dijk bevindt zich op een niveau van NAP +8,88 m. Het buiten talud heeft een flauwe helling van 1:5 vanaf de kruin tot aan NAP +0,65 m. Het binnentalud heeft een steilere helling van ca. 1:3 vanaf de kruin tot aan NAP +2,1 m. Aan de binnenzijde van de dijk ligt een sloot met een diepte van NAP -0,34 m. Zie figuur 2-1 voor de locatie van de gekozen maatgevende geometrie. De geometrie is visueel geschematiseerd in figuur 2-2.



figuur 2-2 Schematisatie maatgevende geometrie



figuur 2-1 Locatie gekozen maatgevende geometrie

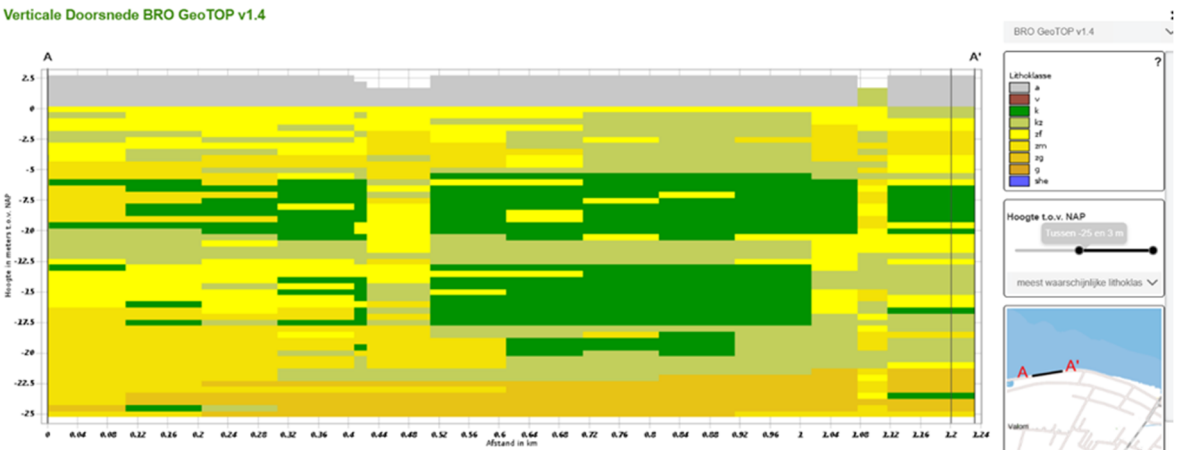
2.5 Kratervorming door vallend object

Op basis van de vraag van de opdrachtgever wordt gekeken naar de invloed van een inslagkrater in de beschermingszone op de macro-instabiliteit en piping. De schade door een impact van een vallend object is globaal bepaald op basis van literatuur. De volgende uitgangspunten zijn van toepassing:

- De invloed van de krater op de binnenwaartse macrostabiliteit is bepaald door middel van glijvlakberekeningen met DGeoStability. Inslagkraters in de waterstaatszone of aan de buitenzijde van de dijk zijn niet beschouwd, omdat de kans daarop volgens de opdrachtgever voldoende klein is.
- Voor de invloed van de krater op piping is kwalitatief beschouwd aan de hand van het beschikbare grondonderzoek.
- De locatie van de beschermingszone is bepaald aan de hand van Geoweb (Geoweb, sd). Zie bijlage 1.A voor een overzicht van de waterbouwkundig zonering.
- Bij een eerder onderzoek (Kramer, 2017) is het aanbevolen om bij een Enercon-126 windturbine uit te gaan van een 3,8 m diepe krater. De windturbines in dit project zijn groter (ashoogte 160 m in plaats van 121 m), dus in dit geval wordt er uitgegaan van een conservatieve diepte van circa 4,5 m.
- Voor de taluds van de krater wordt er uitgaan van een helling van 1 : 2 (natuurlijk talud zand).
- Verder wordt ervan uitgaan, dat de krater gevuld is met water tot aan het oorspronkelijk grondwaterniveau.

2.6 Bodemopbouw

De grondopbouw is bepaald op basis van een recente uitgevoerde beoordeling van de dijk door Waterschap Noorderzijlvest en het bij Fugro beschikbare grondonderzoek. Door de uitgevoerde onderzoeken en analyses is het volledige ondergrond van het projectgebied geclassificeerd als getijdengeulzand. Dit is geverifieerd met Dinoloket (DINOloket, sd) aan de hand van een geotechnische lengte profiel (zie figuur 2-3).



figuur 2-3 Lengte profiel grondopbouw binnen het projectgebied

Op basis van het verzamelde informatie kan de bodemgesteldheid globaal worden geschematiseerd zoals deze is weergegeven in tabel 2-1. De maximale beschouwde diepte in het grondonderzoek is 25 meter.

tabel 2-1 Globale bodemgesteldheid

Bovenkant laag [m NAP]	Laagdikte [m]	Bodembeschrijving
+0,50	25	Zand (getijdengeulzand)

2.7 Grondparameters

Op basis van de resultaten van het grondonderzoek zijn door Waterschap Noorderzijlvest sterkte- en stijfheidsparameters voor de verschillende grondlagen afgeleid, zie tabel 2-2.

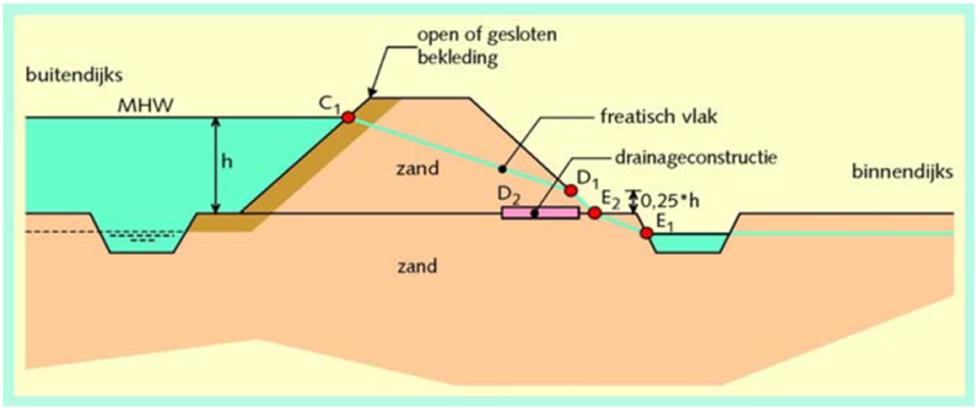
tabel 2-2 Representatieve waarden sterkteparameters

Bovenkant laag [m NAP]	Grondsoort	γ/γ_{sat} [kN/m^3]	c' [kPa]	φ [°]
+8,80	Zand (dijkmateriaal)	18/20	0	30
+0,65	Zand (ondergrond)	19/21	0	27
Opmerkingen γ en γ_{sat} = volumiek gewicht; sat = verzadigd c' = effectieve cohesie φ' = effectieve hoek van inwendige wrijving				

2.8 (Grond)waterstanden en stijghoogten

2.8.1 Freatische lijn en stijghoogte

Voor het schematiseren van de waterstanden zijn er verschillende bronnen gebruikt. De freatische lijn is conservatieve geschematiseerd als geval 2B: Zandkern en zand als ondergrond, zie figuur 2-4 voor een schematische weergave van de freatische lijn. Maatgevende hoogwaterstand (MHW) is gelijk aan waterstand met een overschrijdingsfrequentie gelijk aan de signaalwaarde, oftewel de waterstand bij de norm (WBN). Voor de maatgevende geometrie binnen het projectgebied, gelegen op ca. dijkpaal 52,50, is de WBN gelijk aan 5,20 m +NAP.



figuur 2-4 Schematisering freatische lijn, bron (TAW, 2004)

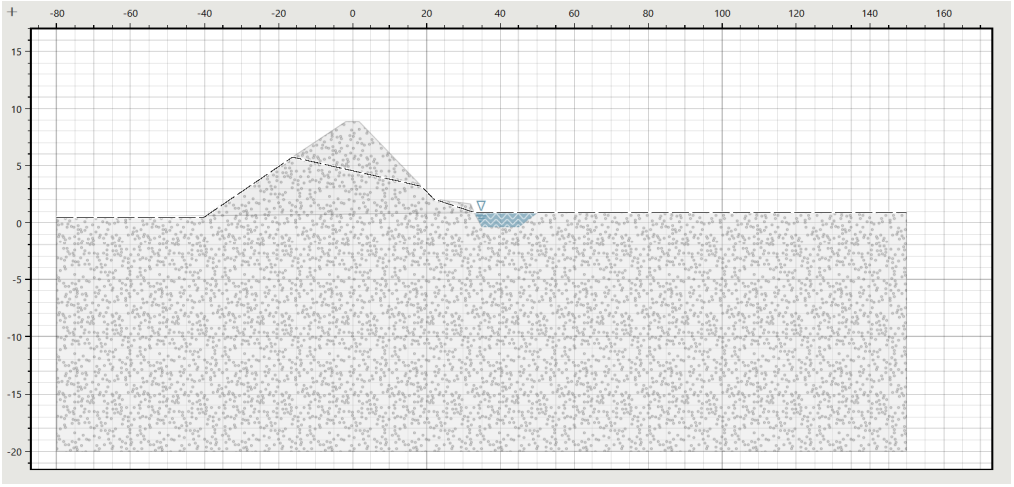
2.8.2 Polderpeil en wateroverspanning

Het polderpeil tijdens hoogwaterperiode wordt gelijkgesteld aan de maaiveldniveau van het achterland. Dit ligt op ca. NAP +0,9 m. Bij de berekeningen wordt er geen wateroverspanning meegenomen door het heien van de palen, omdat deze volgens metingen bij projecten op ca. 100 m van de dijk niet significant zijn. Daarnaast is de aanname dat de grondwaterstand tot aan de windturbine volledig tot aan maaiveld staat conservatief.

2.8.3 Belastingsituaties STBU

Voor dijktraject 6-6 wordt, voor macrostabiliteit buitenwaarts, de belastingsituatie beschouwd met een buitenwaterstand na een snelle val in combinatie met een verhoogde freatische lijn ten gevolg van voorgaande hoogwater. Deze situatie leidt immers tot de hoogste verval over het buitentalud.

De freatische lijn in het dijklichaam wordt bepaald voor de waterstand bij de norm zoals beschreven in het voorgaande paragraaf. Doordat de hoogte van het voorland (NAP + 0,65 m) hoger ligt dan het gemiddelde laagwater (ca. NAP -1,40 m), wordt aangenomen dat de freatische lijn in het voorland gelijk is aan het maaiveld. Zie figuur 2-5 voor de schematisatie van de freatische lijn voor STBU.



figuur 2-5 Schematisering freatische lijn bij STBU

2.9 Verkeersbelasting

2.9.1 Macrostabiliteit binnenwaarts

Op basis van WBI 2017 wordt bij het beoordelen van macrostabiliteit binnenwaarts wordt alleen realistische verkeerbelasting beschouwd tijdens hoogwater. Deze verkeersbelasting heeft betrekking op herstelwerkzaamheden. Denk hierbij aan een lichte vrachtauto met een kraan en een pick-up die overeenkomt met een 1 kN/m^2 over een breedte van 2,5 meter (WBI, 2017). Deze belasting is echter verwaarloosbaar, omdat de duur van de verkeersbelasting in relatie tot de snelheid van afschuiven zeer klein is (WBI, 2017).

2.9.2 Macrostabiliteit buitenwaarts

In de schematiseringshandleiding macrostabiliteit wordt toegelicht dat voor de beoordeling van macrostabiliteit buitenwaarts gerekend kan worden met een verkeersbelasting van 13,3 kN/m^2, maar er kan niet worden uitgegaan van deze belasting, omdat de kering geen weg heeft op de kruin. Bovendien is deze belasting, die overeenkomst met een rij zandauto's op de kruin van de dijk, na een maatgevende hoogwater niet realistisch. Het is wel voorstelbaar dat na een hoogwater een lichte vrachtauto met een kraan en een pick-up over de asfaltbekleden aan de binnendijk rijdt. Dit komt overeen met een verkeersbelasting 1 kN/m^2 over een breedte van 2,5 meter. Voor de STBU beoordeling wordt van deze verkeersbelasting uitgegaan.

2.10 Partiële factoren

2.10.1 Materiaalfactoren

De stabiliteitsanalyse is conform de semi-probabilistische werkwijze uitgevoerd. De materiaalfactoren van de sterkteparameters en de factor op het volume gewicht zijn gelijk aan 1. Hierdoor is de rekenwaarde bij semi-probabilistische analyse gelijk aan de karakteristieke waarde.

2.10.2 Normering STBI en STBU

Volgens het semi-probabilistische benadering wordt de benodigde veiligheid als volgt uitgedrukt:

$$F_d \geq schematiseringsfactor * \gamma_d \cdot \gamma_n$$

Waarin:

F_d Berekende stabiliteitsfactor, gebaseerd op de rekenwaarde voor de schuifsterkte [-]
γ_n Schadefactor [-]
γ_d Modelfactor [-]

De modelfactor is afhankelijk van de gekozen berekeningsmethode om de stabiliteitsfactor uit te rekenen. In dit geval is gebruik gemaakt van de LiftVan model waarbij de modelfactor gelijk is aan 1,06.

De tweede parameter die leidend is voor het bepalen van de stabiliteitseis is de schematiseringsfactor. Deze heeft een waarde tussen 1,0 en 1,3 die de onzekerheden in de grondonderzoeken en geometrie dekken. Aangezien er relatief veel grondonderzoeken zijn uitgevoerd voor dit project en de dijk relatief homogene geometrie heeft, wordt alsnog een schematiseringsfactor van 1,1 gehanteerd. Uit ervaring bij andere projecten blijkt, dat dit voldoende conservatief is.

De schadefactor (γ_n) is afhankelijk van de faalkanseis en kan al volgt worden berekend:

$$\gamma_n = \left(0{,}15 * \beta_{\mathrm{eis,dsn}}\right) + 0{,}41$$

Waarbij:

$$\beta_{eis;dsn} = -\frac{\rho_{eis;dsn}}{\phi}$$

Waarin:

γ_n Schadefactor voor het faalmechanisme macrostabiliteit [-].

$\beta_{\mathrm{eis,dsn}}$ Geëiste betrouwbaarheidsindex voor een doorsnede [-].

$p_{\mathrm{eis,dsn}}$ Faalkanseis per doorsnede voor macrostabiliteit [1/ jaar].

ϕ Standaard (cumulatieve) normale verdeling [-]

De faalkanseis voor een beoordeling per traject en mechanisme in de gedetailleerde beoordeling is een product van de norm van het dijktraject en de faalkansruimtefactor voor het betreffende beoordelingsspoor. Door in rekening te brengen van het lengte-effectfactor kan de faalkanseis per doorsnede afgeleid worden van de faalkanseis per traject.

De faalkanseis per doorsnede voor STBI kan als volgt worden berekend:

$$\rho_{eis;dsn} = \frac{\omega * \rho_{eis}}{N_{dsn}}$$

Waarin:

$Peis;dsn$	Faalkanseis per doorsnede of kunstwerk [1/ jaar]
ω	Faalkansruimtefactor voor macrostabiliteit, dit 0,04 voor STBI
ρ_{eis}	Norm van het dijktraject [1/jaar]
N_{dsn}	Lengte-effectfactor voor een doorsnede of kunstwerk

Voor STBU wordt de Faalkanseis per doorsnede als volgt berekend:

$$\rho_{eis;dsn} = \frac{\omega(10 * \rho_{eis})}{N_{dsn}}$$

Voor normtraject 6-6 gelden de volgende toelaatbare overstromingskansen:

- Signaleringswaarde: 1/3000 per jaar
- Ondergrenswaarde: 1/1000 per jaar

De resultaten van de categoriegrenzen zijn weergegeven in tabel 2-3.

tabel 2-3 Categoriegrenzen Macrostabiliteit

		Signaleringswaarde	Ondergrenswaarde
Norm [per jaar]		1/3000	1/1000
Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)	$P_{eis:dsn}$ [per jaar]	1/ 2.356.950	1/ 785.650
	N_{dsn} [-]	31.4	31.4
Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)	$P_{eis:dsn}$ [per jaar]	1/ 235.695	1/ 78.565
	N_{dsn} [-]	31.4	31.4

Op basis van hierboven genoemde informatie kan de vereiste veiligheidsfactor berekend worden:

Voor STBI:

$$\gamma_n = \left(0{,}15 * \left(-\phi^{-1} * \left(\frac{1}{785.650}\right)\right) + 0{,}41\right)$$

$$\gamma_n = (0{,}15 * 4{,}704) + 0{,}41 = 1{,}116$$

$$F_d \geq 1{,}1 * 1{,}06 * 1{,}116$$

$$F_d \geq 1{,}30$$

Voor STBU:

$$\gamma_n = \left(0{,}15 * \left(-\phi^{-1} * \left(\frac{1}{78.565}\right)\right) + 0{,}41\right)$$

$$\gamma_n = (0{,}15 * 4{,}211) + 0{,}41 = 1{,}042$$

$$F_d \geq 1{,}1 * 1{,}06 * 1{,}042$$

$$F_d \geq 1{,}21$$

3. Trillingsanalyse

In dit hoofdstuk wordt de grootte van de trilling (intensiteit) geanalyseerd. De met de trillingsanalyse bepaalde trillingsintensiteiten (versnellingen) gelden als input voor de stabiliteitsanalyses. De invloed van de trillingen wordt geschematiseerd door op het dwarsprofiel een aardbevingscomponent aan te brengen. Deze component geldt voor het gehele dwarsprofiel en is niet “op locatie” ergens in het dwarsprofiel aan te brengen. Uit de stabiliteitsanalyses volgt een nog net toelaatbare versnellingswaarde. Gegeven de prognose is de minimale afstand te bepalen.

3.1 Bouwfase en gebruiksfase

Onderscheid is gemaakt in een aanleg/bouwfase en een gebruiksfase waarbij de turbines in bedrijf zijn. De maatgevende trillingsbelasting op de waterkering in de bouwfase wordt veroorzaakt door de heiwerkzaamheden. Trillingen door bouwverkeer en “bouwen” van de turbine zelf, zijn ondergeschikt aan de trillingen door heien.

Gebruiksfase

Optredende trillingsintensiteiten gedurende de gebruiksfase zijn o.a. afhankelijk van weer en wind. Onder stormcondities (windkracht >6 Bf) wordt doorgaans de turbine stilgezet. Afhankelijk van windkracht en gevraagd vermogen (van het net) worden de bladen onder een bepaalde hoek gezet. Omdat de diversiteit van mogelijke variabelen groot is, wordt een mogelijk invloed van trillingen tijdens de gebruiksfase gebaseerd op meetresultaten.

3.2 Bouwfase

3.2.1 Modellering

In de bijlage “Toelichting Modellering trillingen” wordt nader ingegaan op de theoretische achtergrond omtrent trillingen. De modellering geschiedt op basis van de systematiek zoals deze is opgenomen in het handboek CUR 166 “Damwandconstructies”. In CUR 166 wordt onderscheid gemaakt in verschillende bodemkarakteristieken, verschillende palen / damwandplanken alsmede in verschillende wijzen van inbrengen (module “heien” of module “trillen”).

Met de methodiek worden intensiteiten geldig voor de ondergrond versus de afstand berekend. Door eveneens overdrachtsfactoren (conform CUR 166) te hanteren, kunnen intensiteiten aan de draagconstructie en/of op vloeren berekend worden. De methodiek is in eerste instantie opgezet voor bepalen van snelheidswaarden. Door een dominante frequentie in rekening te brengen kunnen versnellingswaarden versus afstand berekend worden.

Normale versus lognormale verdeling bronwaarde

De methodiek gaat uit van een vereenvoudigde lognormale verdeling voor de bronwaarde van de grond. Uit een vergelijking tussen de in CUR 166 aangehouden vereenvoudigde

lognormale verdeling en een uitgebreide lognormale verdeling met aangepaste veiligheidsbenadering blijkt dat de vereenvoudigde lognormale benadering tot niet realistische waarden leidt. Zie ook artikel Vakblad Geotechniek (oktober 2014). Met name bij een grote spreiding in de bronwaarden (variatiecoëfficiënt) treden grote verschillen op tussen beide benaderingen.

In tegenstelling tot de in CUR 166 (6e druk) gehanteerde "vereenvoudigde" lognormale verdeling voor de bronwaarde, zou in de analyses, uitgegaan moeten worden van een uitgebreide lognormale verdeling met aangepaste veiligheidsbenadering. Echter, op basis van praktijkervaring, waarbij prognoses zijn vergeleken met meetresultaten, is gebleken dat een normale verdeling nauwer aansluit. In de prognoses wordt derhalve een normale verdeling aangehouden, waarbij de uitgebreide lognormale verdeling als gevoeligheidsanalyse mede beschouwd wordt.

Maatgevend in de beschouwing zijn de trillingen bij heien op diepte. In de beschouwing is aangenomen dat in de toplaag en/of eventueel aanwezige tussenzandlagen optredend effecten ondergeschikt zijn aan de trillingsintensiteiten bij heien op diepte.

Bronwaarde trillingsbron

In CUR 166 wordt voor de bronintensiteit van de trillingsintensiteit een "standaard"-bodemprofiel van Nederland gehanteerd. Door de bronwaarden van dit "standaard"-profiel te correleren met de grondcondities van de projectlocatie, wordt met lokale omstandigheden rekening gehouden.

Demping grond

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 zijn met name Rayleighgolven (oppervlaktegolven) van belang. De voortplantingssnelheid van de trillingsgolven in de aanwezige zandlagen kan variëren tussen 75 m/s tot 125 m/s voor klei/veenlagen tot 175 m/s tot 225 m/s voor zandlagen.

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. Een dempingsmaat van ζ = 1 tot 2% is geldig.

3.2.2 Uitgangspunten (waarden) CUR 166 modellering

In onderstaande tabel zijn de aangehouden model input waarden opgenomen.

tabel 3-1 Uitgangspunten modellering heien

	Module heien
Gemiddelde bronsnelheid u5m	0,032 mm/s
variatiecoëfficiënt V	0,6
Frequentie trilling 1)	15-20 Hz
Demping grond α 1)	0,020 m^{-1}
Module heien: prefab betonpalen / buispalen	

3.2.3 Karakteristieken werkzaamheden

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

Heiwerkzaamheden

Er is vooralsnog geen funderingsadvies voor de windturbines beschikbaar. De verwachting is dat de turbines gefundeerd worden op prefab betonpalen met afmetingen Ø 400 mm tot Ø 500 mm met een paallengte van circa 25 m (aannamen).

Op basis van indicatieve dimensioneringsberekeningen met behulp van de formule van Sprenger-Potma is uitgegaan van een hydraulisch heiblok met een energieniveau van circa 80 tot 105 kNm (aanname).

Als alternatief wordt rekening gehouden met toepassing van monopiles met een lengte van 25 m en een diameter van 6 m. Voor de installatie van de monopilefundering wordt een Hydrohammer S-1200 ingezet met een maximaal energieniveau van 1200 kNm. Als alternatief is een PVE 500M vibro hammer beschouwd.

Bij paalgroepen wordt uitgegaan van een “standaard” grondverdichting van circa 4 tot 5%. Bij hogere grondverdichtingspercentages dient rekening gehouden te worden met de toepassing van een zwaarder heiblok.

Verwacht wordt dat het stootrendement van het hydraulische heiblok circa 90% bedraagt.

Relevantie van de blokkeuze

Het hierboven beschouwde blok kan goed geregeld 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 door de aannemer in overleg met 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 heiblokken bij de neerwaartse klap hydraulisch versneld worden. Bij dit soort blokken is er vaak een kleiner verschil tussen het bruto en netto energieniveau.

Heibaarheid analyses

In de DO fase zal aan de hand van heibaarheid analyses (b.v. Pile Drive Predictions) de uitvoeringscondities bepaald gaan worden. Met PDP worden o.a. de druk-/trekspanningen in de paal en de kalendering (blowcount) bepaald.

Omdat bij passeren van stijve zandtussenlagen hoge trekspanningen te verwachten zijn, kan met PDP analyses de grootte van het benodigde hei-energieniveau geanalyseerd worden.

3.2.4 Trillingsoverdracht

De grootte van de geprognosticeerde trillingsintensiteiten (versus de afstand) wordt in meerdere mate bepaald door het energieniveau van het heiblok tezamen met de afstand tussen het heiwerk en de teen van de waterkering, en in mindere mate bepaald door parameters voor de grondlagenopbouw (bronwaarde van de trilling en de demping van de grond).

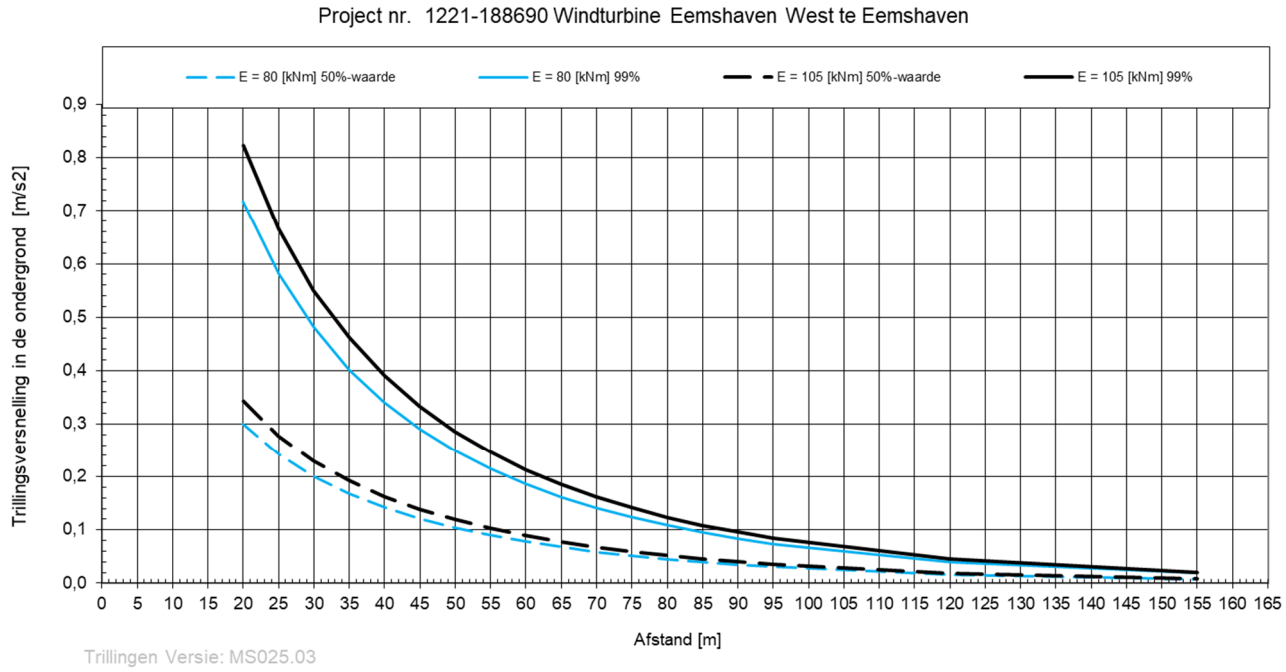
In tabel 3-2 en figuur 3-1 is de berekende trillingsintensiteit als functie van de afstand gepresenteerd. Zowel een verwachtingswaarde als een bovengrenswaarde is opgenomen.

tabel 3-2 Trillingsintensiteiten (versnellingen), heiwerkzaamheden

	Prefab palen				Monopiles			
Heienergie Paalafmeting frequentie	**E = 80 kNm ⍁ 400 mm 15 Hz**		**E = 105 kNm ⍁ 500 mm 15 Hz**		**E = 900 kNm Ø 6 m 15 Hz**		**E = 1200 kNm Ø 6 m 15 Hz**	
	[m/s²]		**[m/s²]**		**[m/s²]**		**[m/s²]**	
Afstand [m]	**50%**	**99%**	**50%**	**99%**	**50%**	**99%**	**50%**	**99%**
20,00	0,30	0,72	0,34	0,82	1,34	3,21	1,55	3,71
25,00	0,24	0,58	0,28	0,67	1,08	2,60	1,25	3,00
30,00	0,20	0,48	0,23	0,55	0,90	2,15	1,03	2,48
35,00	0,17	0,40	0,19	0,46	0,75	1,80	0,87	2,08
40,00	0,14	0,34	0,16	0,39	0,64	1,52	0,73	1,76
45,00	0,12	0,29	0,14	0,33	0,54	1,30	0,63	1,50
50,00	0,10	0,25	0,12	0,29	0,47	1,11	0,54	1,29
55,00	0,09	0,22	0,10	0,25	0,40	0,96	0,46	1,11
60,00	0,08	0,19	0,09	0,21	0,35	0,83	0,40	0,96
65,00	0,07	0,16	0,08	0,19	0,30	0,72	0,35	0,84
70,00	0,06	0,14	0,07	0,16	0,26	0,63	0,30	0,73
75,00	0,05	0,12	0,06	0,14	0,23	0,55	0,27	0,64
80,00	0,05	0,11	0,05	0,12	0,20	0,48	0,23	0,56
85,00	0,04	0,09	0,05	0,11	0,18	0,42	0,20	0,49

90,00	0,03	0,08	0,04	0,10	0,16	0,37	0,18	0,43
95,00	0,03	0,07	0,04	0,08	0,14	0,33	0,16	0,38
120,00	0,01	0,04	0,02	0,05	0,07	0,18	0,09	0,20
155,00	0,008	0,02	0,01	0,02	0,03	0,08	0,04	0,09

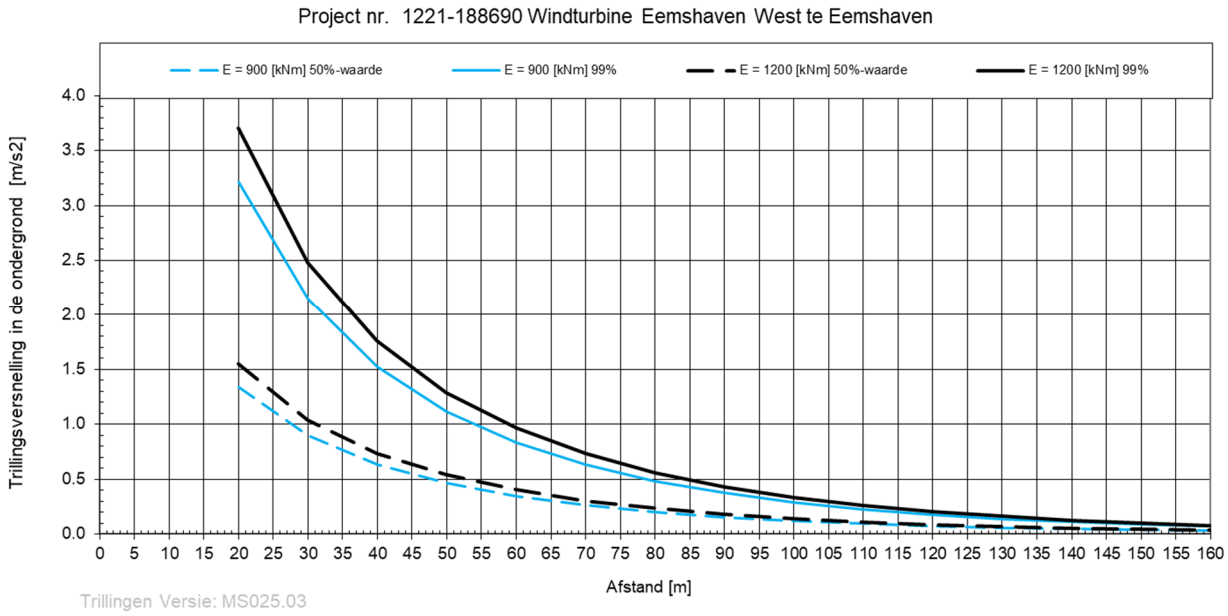
- Afstand = afstand tussen trillingsbron en object
- De 50% waarden betreft de waarde voor de maximaal optredende - trillingsintensiteit met een kans van ca. 50% op overschrijding
- De 99% waarden betreft de waarde voor de maximaal optredende trillingsintensiteit met een kans van ca. 1% op overschrijding



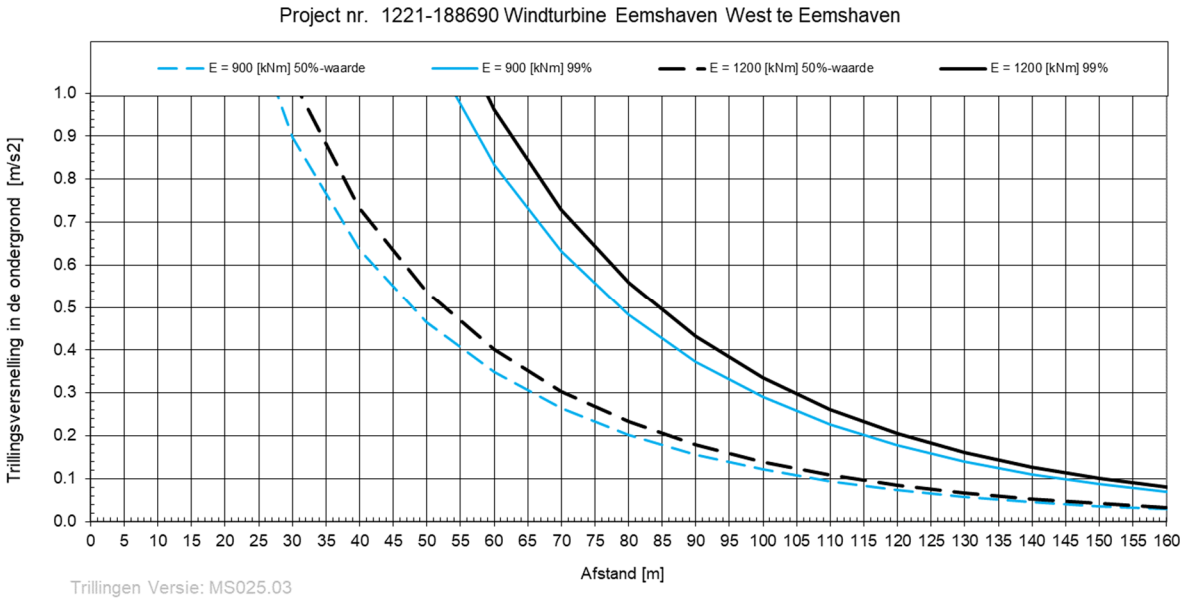
Figuur 3-1: Heien, prefab palen, intensiteiten in de ondergrond (versnellingen versus de afstand)

In de figuren 3-2 en 3-3 is de berekende trillingsintensiteit als functie van de afstand gepresenteerd voor een geheide monopile. Zowel een verwachtingswaarde als een bovengrenswaarde is opgenomen. In figuur 3-4 is hetzelfde gedaan voor een getrilde

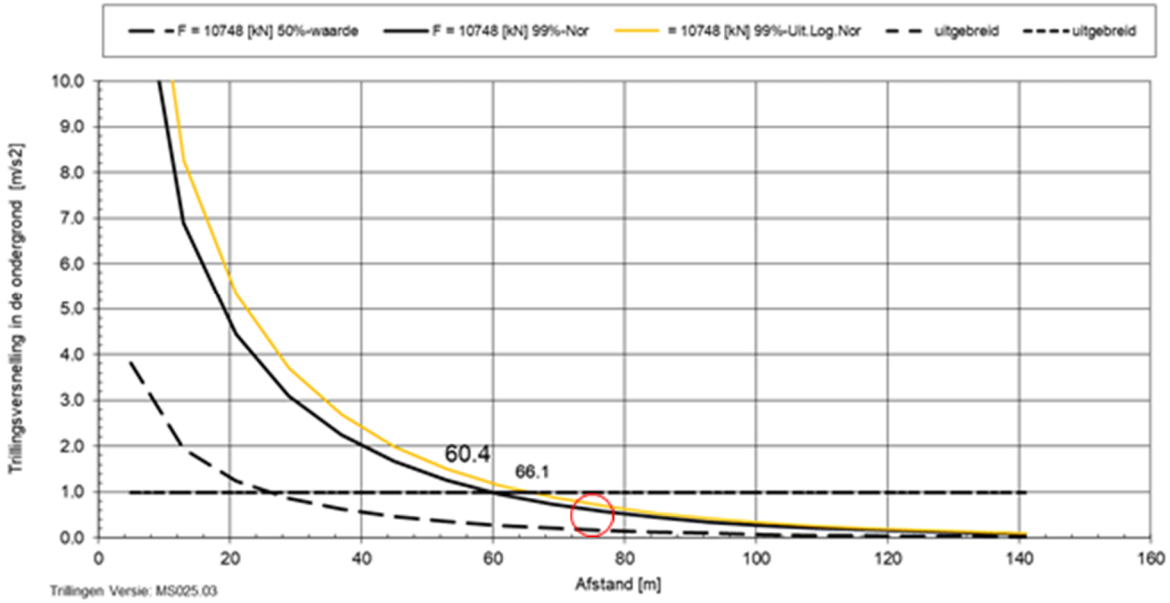
monopile (dominante frequentie ca. 20-30 Hz, materiaaldemping 2,5%). Daaruit volgt dat de trillingsintensiteit van de variant met het trillblok vergelijkbaar is.



Figuur 3-2: Heien, monopile, intensiteiten in de ondergrond (versnellingen versus de afstand)



Figuur 3-3: Heien, monopile, intensiteiten in de ondergrond (versnellingen versus de afstand) (y-as aangepast)



Figuur 3-4: Trillen, monopile, intensiteiten in de ondergrond (versnellingen versus de afstand)

3.2.5 Uitvoering heiwerk

Tijdens de uitvoering van de heiwerkzaamheden zal de afstand van het heiwerk tot aan de waterkering variëren. Vanuit de heipraktijk is bekend dat (bij geclusterde palen voor de fundering), dat voor de later te heien palen meer hei-energie benodigd is dan bij de eerste paar palen van eenzelfde poer.

Door het heien wordt het zandpakket bij de paalpunt namelijk opgespannen. Indien gewerkt wordt vanaf de grootste afstand naar de kortste afstand tot de waterkering (routing), dan wordt er een trillingsscherm gecreëerd, waarbij de trillingen “opgesloten” worden tussen het werk en de waterkering. Verhoogde intensiteiten kunnen dan verwacht worden. Indien andersom gewerkt wordt (van de waterkering af) kunnen juist verlaagde intensiteiten worden verwacht, omdat dan de reeds aangebrachte palen als een trillingsscherm ten opzichte van de waterkering fungeren.

Bij te hanteren windturbinefundatie worden palen doorgaans onder verschillende schoorstanden weggezet. Daarbij is een deel van de palen naar buiten gericht en een deel naar binnen gericht. Hierdoor worden de paalvoeten van de palen niet direct in elkaars invloedsgebied geplaatst en is daardoor het effect op de trillingsintensiteiten van het opgespannen zand beperkt. Ondanks voorstaande wordt geadviseerd de routing dusdanig te plannen dat gestart wordt op de kortste afstand en dat van de waterkering af gewerkt wordt.

3.3 Gebruiksfase

Metingen aan Windturbines

In het verleden heeft Fugro aan / bij een aantal windturbines trillingsmetingen uitgevoerd, zowel aan het funderingsblok als in de grond.

- In oktober/november 2008 zijn metingen bij een opgestelde 3 MW windturbines in de **Afrikahaven te Amsterdam** uitgevoerd.
- In januari/februari 2009 zijn metingen bij een tweetal 3 MW turbines opgesteld op **Noordland (eiland Neeltje Jans)** uitgevoerd.
- In de periode januari – mei 2013 zijn uitgebreide metingen (25 meetlocaties) bij een in de **Eemshaven** opgestelde 6MW windturbine uitgevoerd.

In alle gevallen is gemeten buiten aan de buitenzijde van het funderingsblok en binnen op de vloer van de windturbine. Bij de 6MW windturbine is in 4 orthogonaal op elkaar staande raaien eveneens gemeten op maaiveld en in de grond. De windturbines zijn in alle gevallen gefundeerd op prefab betonpalen. Het doel van de uitgevoerde metingen was het inzichtelijk maken van de optredende trillingsintensiteiten tijdens het regulier in bedrijf zijn van de windturbine. De metingen zijn uitgevoerd in 3 orthogonaal op elkaar staande richtingen (X-, Y-, en Z richting). Tijdens de meetperiode voor Noordland in 2009 is een windkracht van 3 tot 6 Bft opgetreden. In januari / februari 2013 is in de Eemshaven een windkracht van 2 tot 8 Bft gemeten.

In onderstaande tabel zijn de tijdens in bedrijf zijn van de turbine gemeten intensiteiten opgenomen.

tabel 3-3 Gemeten intensiteiten bij gebruiksfase op enkele locaties

Locatie	X - richting	Y - richting	Z - richting
Noordland 3 MW	0,010 – 0,025	0,001 – 0,020	0,020 – 0,075
Afrikahaven 3MW	0,015 – 0,030	0,010 – 0,035	0,015 – 0,050
Eemshaven 6 MW	0,020 – 0,025	0,015 – 0,040	0,025 – 0,050

Uit de meetresultaten nabij de 6MW turbine in de Eemshaven is gebleken dat tot een afstand van circa 15 tot 20 m nog enige intensiteit gemeten is.

Omdat voor het project Eemshaven West vergelijkbare type turbines gehanteerd gaan worden, wordt verwacht wordt dat de in voorstaande tabel vermelde trillingsintensiteiten ook geldig zijn.

Invloed materiaal toren windturbine (ter info)

Bij de voorstaande beschouwingen is conservatief het effect van het materiaal van de toren op de optredende trillingsintensiteiten niet meegewogen, echter dit speelt wel een rol bij de afgifte van de trillingen in de omgeving van de windturbine. Zowel in de Afrikahaven als op Noordland als bij de 6MW turbine in de Eemshaven is de toren van de windturbine uitgevoerd in staal. De geplande windturbines worden eveneens uitgevoerd met staal. Indien

de turbines uitgevoerd zouden worden in voorgespannen beton, dan is de dempingfactor hoger (=gunstiger) dan die voor staal, zie onderstaande tabel.

Tabel 3-4 Invloed materiaal toren windturbine

Materiaal	Dempingsfactor [-]
Gewapend beton	
- ongescheurd	0,007 tot 0,010
- gescheurd (zonder vloeien wapening)	0,010 tot 0,040
- gescheurd (met vloeien wapening)	0,005 tot 0,008
Voorgespannen beton	0,004 tot 0,007
Gedeeltelijk voorgespannen beton	0,008 tot 0,012
Staal-beton	0,002 tot 0,003

3.4 Tijdseffect

Volgens de opdrachtgever duurt de installatie van een monopile circa een uur. Terwijl het heien van traditionele paalfundaties gepaard gaat met een tijdsbesteding van circa 5 dagen. Dit 'tijdseffect' heeft invloed op de wateroverspanningen rondom de paal. Bij een langere uitvoeringsduur zullen deze zich tot een hoger niveau opbouwen. Ter hoogte van de dijk kan echter op basis van ervaringskengetallen worden gesteld dat de wateroverspanningen in beide scenario's niet significant zijn.

Bij trillingen is er sowieso geen sprake van een 'tijdseffect'.

4. Macrostabiliteit

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de stabiliteitsanalyse op basis van de in dit document beschreven uitgangspunten en schematisaties weergegeven voor zowel macrostabiliteit binnenwaarts als macrostabiliteit buitenwaarts. In tabel 4-1 is er overzicht gegeven van de berekende situaties met bijbehorende omschrijving.

tabel 4-1 Overzicht macrostabiliteits berekeningen

Macrostabiliteit	Situatie	Omschrijving
STBI	Gebruiksfase	Normale STBI berekening bij WBN
	Gebruiksfase met verkeersbealsting van 13,3 kN/m^2	STBI berekening bij WBN met verkeersbelasting van 13,3 kN/m^2 voor ter controle.
	Bouwfase – prefabpalen	STBI bij installatie prefabpalen
	Bouwfase – Monopile	STBI bij installatie Monopile
	Ontgraving/bemaling	STBI na ontgraving en bemaling
	Kratervorming	STBI na ontstaan van krater bij de beschermingszone
	Kratervorming beperkt	STBI na ontstaan van krater bij de beschermingszone uittrede glijvlak bij teensloot
STBU	Gebruiksfase	Normale STBU berekening (verkeersbelasting 1 kN/m^2)
	Bouwfase – prefabpalen 1	STBU bij installatie prefabpalen (verkeersbelasting 1 kN/m^2)
	Bouwfase – prefabpalen 2	STBU bij installatie monopile (verkeersbelasting 13.30 kN/m^2)
	Bouwfase – Monopile 1	STBU bij installatie monopile (verkeersbelasting 1 kN/m^2)
	Bouwfase – Monopile 2	STBU bij installatie monopile (verkeersbelasting 13.30 kN/m^2)

Verticale/horizontale trillingen gebruiksfase: In een vergelijkbaar project in de Eemshaven, tijdens de gebruiksfase van de windturbines, is enige intensiteit gemeten op een afstand van circa 15 tot 20 m. In dit project ligt de dichtstbijzijnde windturbine 100 meter van de teensloot af. Hierdoor kan de trillingsintensiteiten in de gebruiksfase verwaarloosd worden. Daardoor zijn de berekeningen in de gebruiksfase gelijk aan volgens de norm stabiliteitsbrekingen.

Verticale/horizontale trillingen bouwfase: Voor de stabiliteit is een horizontale versnellingscomponent ongunstiger dan een verticale versnellingscomponent. De verhouding van de horizontale/verticale component is afhankelijk van de afstand van de trillingsbron tot de waterkering. Afhankelijk van de grondgesteldheid ligt het omslagpunt waarbij de horizontale component groter is dan de verticale component, doorgaans op een afstand van circa 1,5 tot 2 maal de paallengte. In de berekeningen is voor de verticale versnelling uitgegaan van 50% van de horizontale versnelling. De verhouding van 1v:2h voor de verticale en horizontale versnelling volgt ook uit de meetresultaten bij vergelijkbare projecten waar geheid is. Bij het installatie van prefabpalen bedragen de horizontale en verticale waarde respectievelijk 0,10 m/s^2 en 0,05 m/s^2 voor STBI. Bij het installatie van monopile bedragen de horizontale en verticale versnellingen respectievelijk 0,40 m/s^2 en 0,20 m/s^2. Bij STBI is er rekening gehouden dat de trillingsbron 120 meter van het middelpunt van het glijvlak ligt. Bij buitenwaartse stabiliteit ligt de trillingsbron ca. 155 meter van het middelpunt van het glijvlak af. Zie onderstaande tabel voor een de gehanteerde versnellingen.

tabel 4-2 Verticale/horizontale trillingen bouwfase

Situatie	Horizontale versnelling [m/s^2]	Verticale versnelling [m/s^2]
STBI-Bouwfase prefabpalen (min. afstand tot paal = 120 m)	0,10	0,05
STBI-Bouwfase monopile (min. afstand tot paal = 120 m)	0,40	0,20
STBU-Bouwfase prefabpalen (min. afstand tot paal = 155 m)	0,04	0,02
STBU-Bouwfase monopile (min. afstand tot paal = 155 m)	0,18	0,09

4.2 Resultaten stabiliteitsanalyse

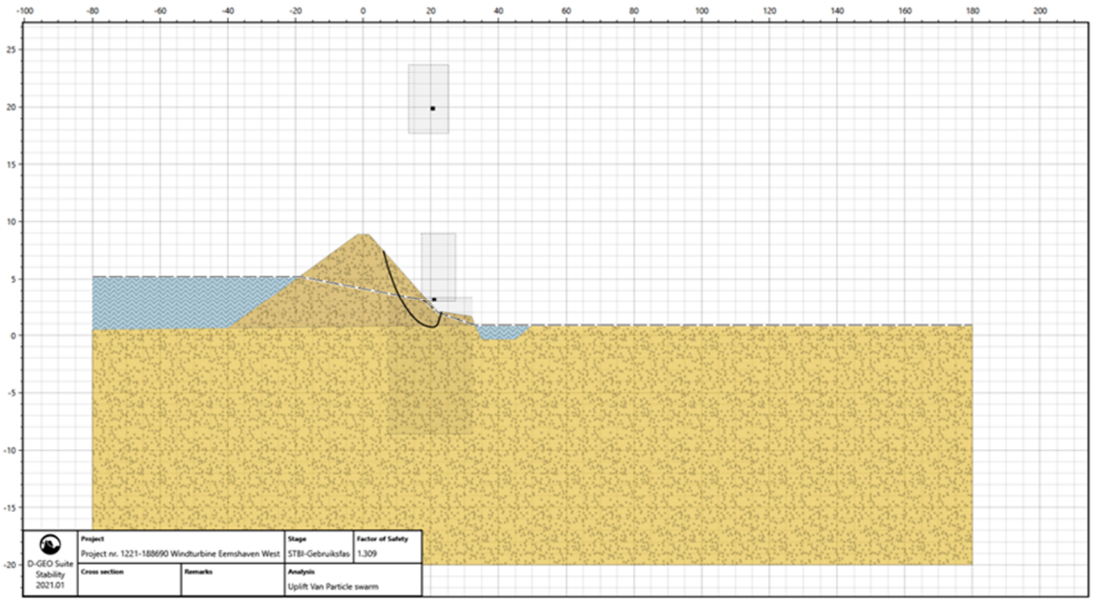
4.2.1 STBI

De resultaten van de eerder benoemde situaties voor STBI zijn weergegeven in Tabel 5 3.

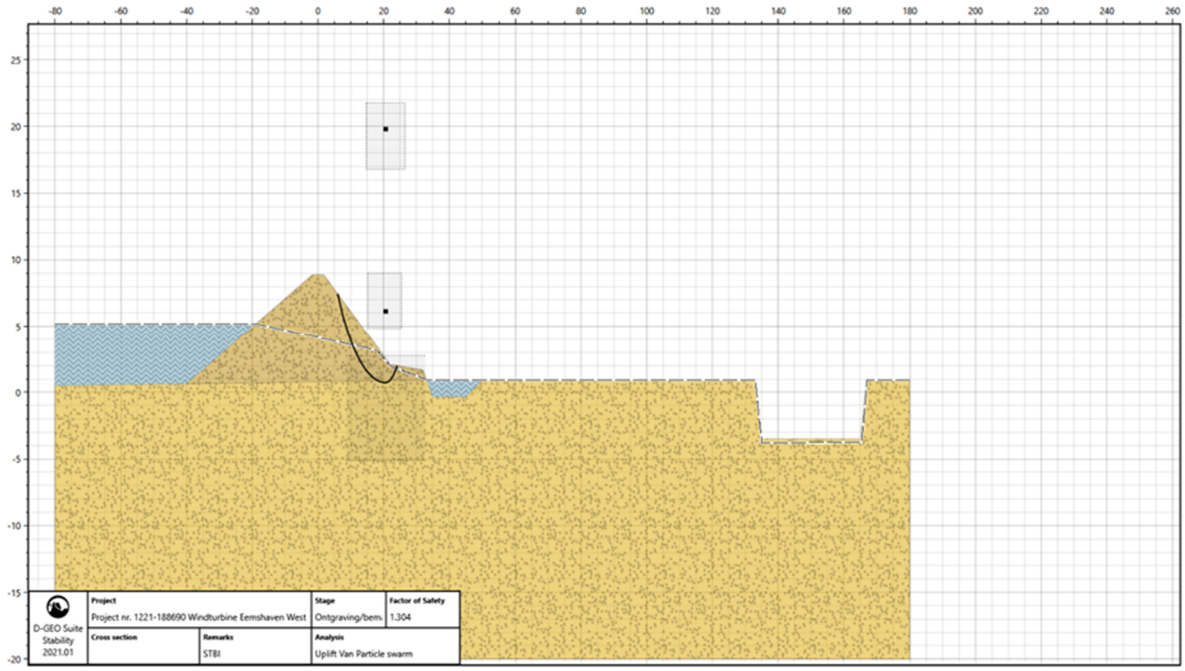
Situatie	Berekende Stabiliteitsfactor [-]
Gebruiksfase	1,30
Ontgraving/bemaling	1.30
Bouwfase - prefabpalen	1,27
Bouwfase – Monopile	1,15
Kratervorming	1,30
Kratervorming beperkt	1,46

Gebruiksfase en Ontgraving/bemaling

De maatgevende stabiliteitsfactor in de gebruiksfase voldoet aan volgens de norm vereiste stabiliteitsfactor (1,31 > 1,30). Zie figuur 4-1 voor de bijbehorende glijvlak. Verder wordt de binnenwaartse talud niet instabiel door ontgraving/bemaling, omdat deze op ca. 85 m van de dijk ligt en hierdoor geen invloed heeft op de dijk (zie figuur 4-2). Vanwege deze reden wordt er geen berekening uitgevoerd met betrekking tot ontgraving en bemaling voor buitenwaartse macrostabiliteit.

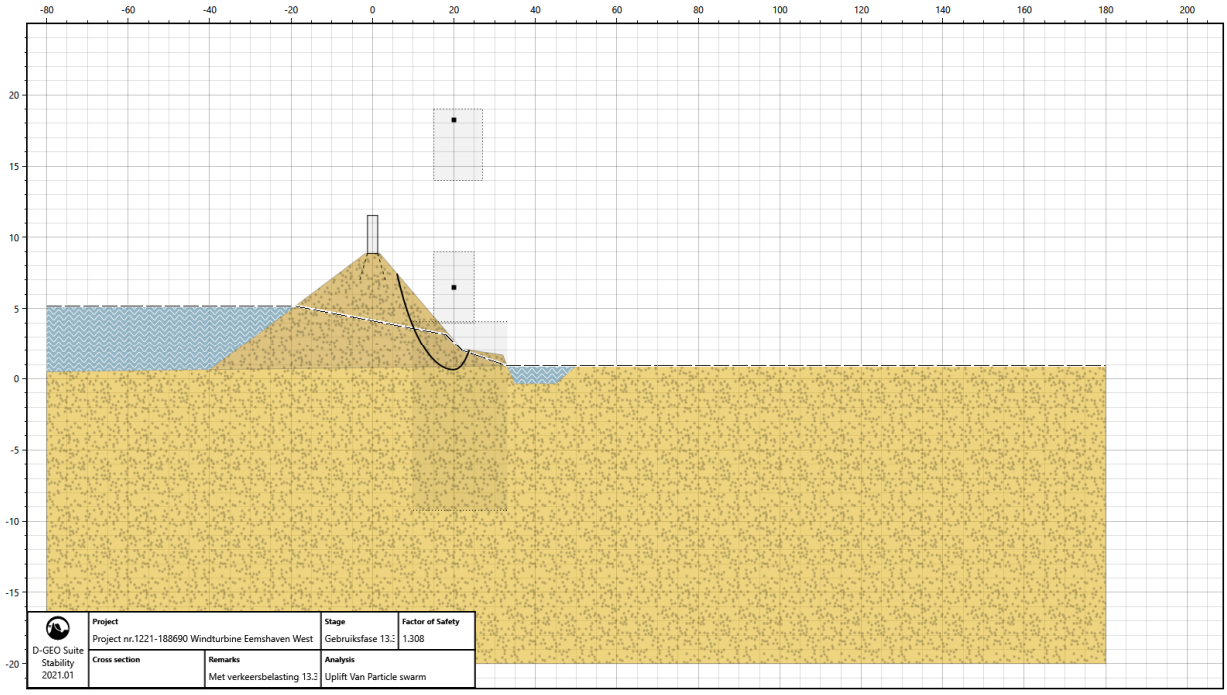


figuur 4-1 Maatgevende glijvlak STBI in de gebruiksfase



figuur 4-2 Maatgevende glijvlak STBI bij ontgraving/bemaling

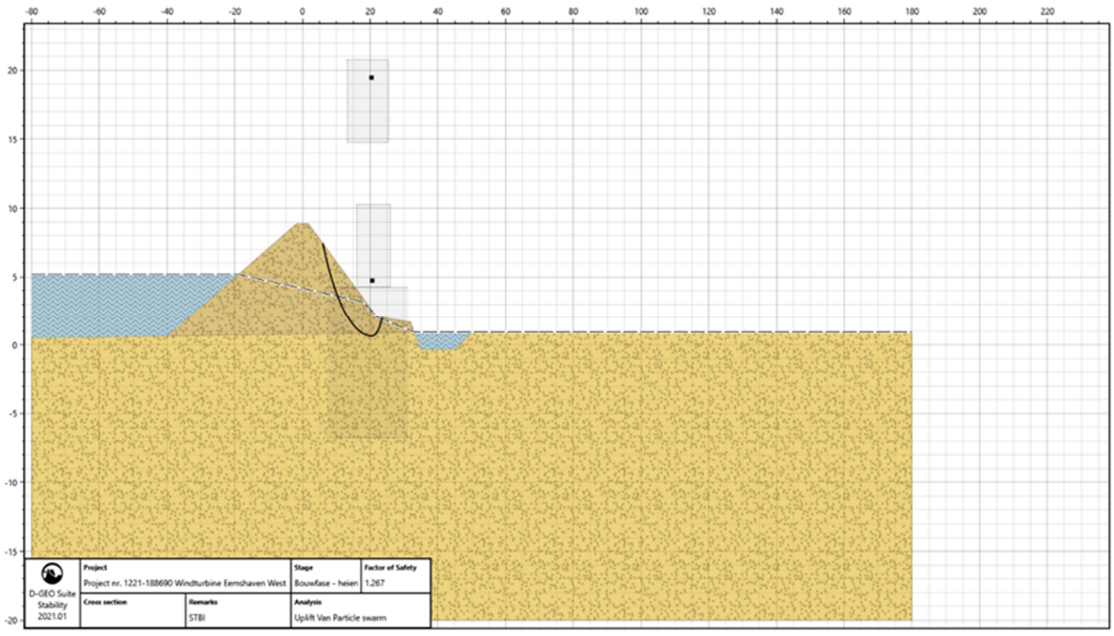
Ter controle is er een STBI berekening uitgevoerd met een verkeersbelasting van 13,3 kN/m2. Dit resulteert niet in een afname van de stabiliteitsfactor ten opzichte van wanneer deze niet in rekening wordt gehouden (zie figuur 4-3 en figuur 4-1). Dit betekent dat er tijdens het heien geen verkeersbeperkende maatregelen op de dijk nodig zijn.



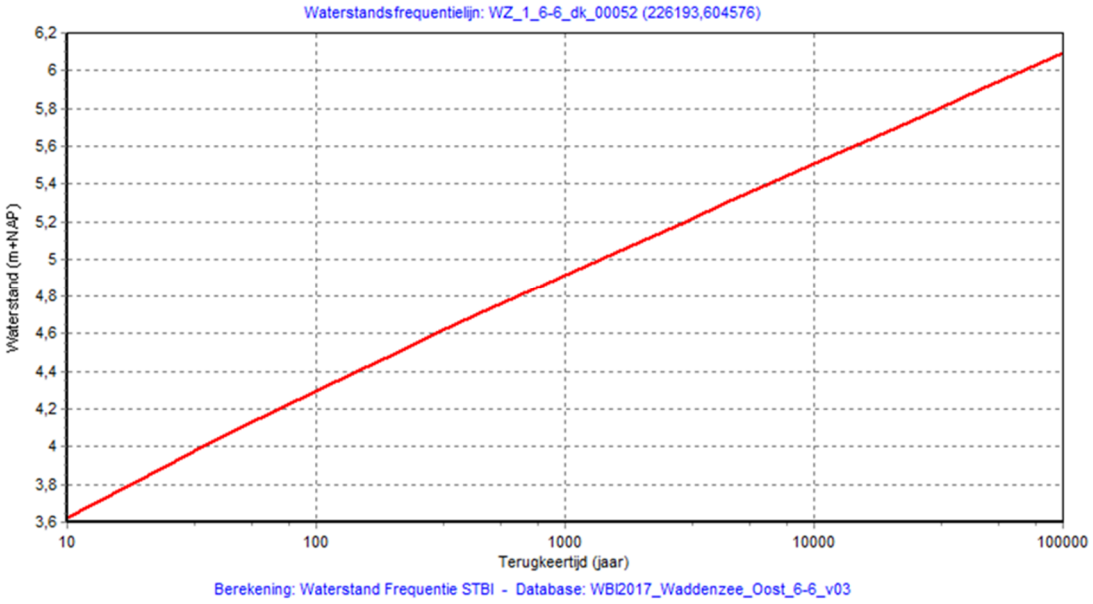
figuur 4-3 Maatgevende glijvlak STBI gebruiksfase (verkeersbelasting = 13,3 kN/m2)

Bouwfase prefabpalen

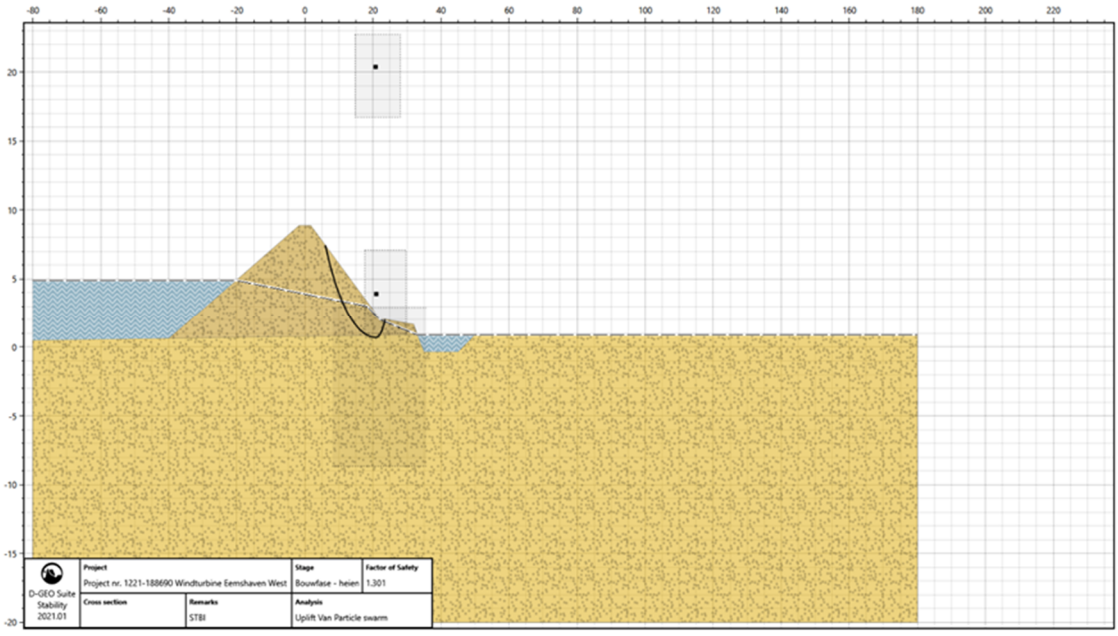
De taludstabiliteit neemt af in de bouwfase door de trillingsinvloed van heiwerkzaamheden tot een stabiliteitsfactor van 1,27. Zie Figuur 4-4 voor de bijbehorende glijvlak. Dit betekent dat de stabiliteitsfactor tijdens het aanbrengen van palen lager is dan de vereiste stabiliteitsfactor. Echter, deze benadering is conservatief omdat het onwaarschijnlijk is dat men tijdens extreem hoogwater palen gaat heien. Om te voldoen aan de stabiliteitseis is het iteratief onderzocht wat de maximale buitenwaterstand is waarbij wordt voldaan aan de vereiste veiligheidsfactor van 1,30. Bij een maximale buitenwaterstand van 4,90 m +NAP blijkt dat dit mogelijk is. Zie figuur 4-6 voor de bijbehorende glijvlak bij deze buitenwaterstand. De bijbehorende terugkeertijd van deze buitenwaterstand is bepaald met behulp van de database WBI2017_Waddenzee_Oost_6-6_v03 in combinatie met Hydra-NL (versie 2.8.2). In figuur 4-5 is de frequentielijn van de waterstand te zien. Bij deze waterstand is de frequentie 1/800 per jaar.



Figuur 4-4 Maatgevende glijvlak STBI in de bouwfase



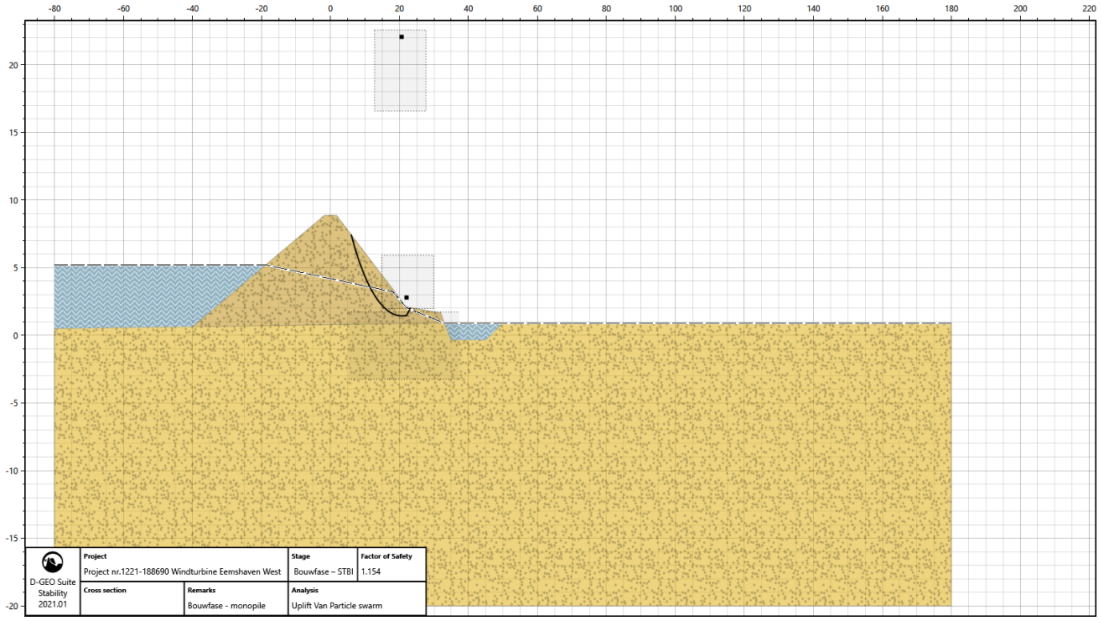
figuur 4-5 Waterstand frequentielijn bij de maatgevende doorsnede



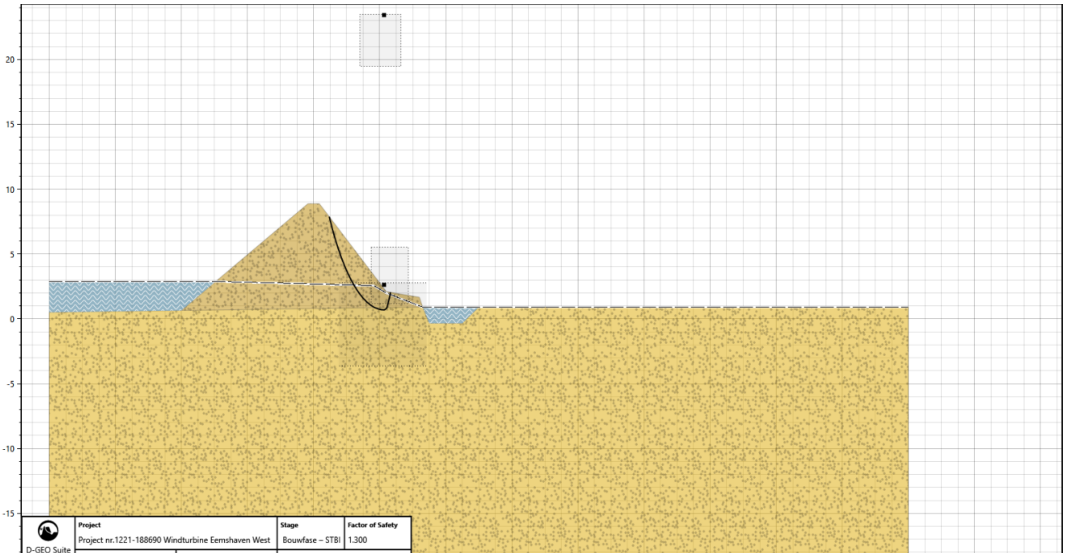
figuur 4-6 Maatgevende glijvlak STBI in de bouwfase bij buitenwaterstand van 4,90 m +NAP

Bouwfase – monopile

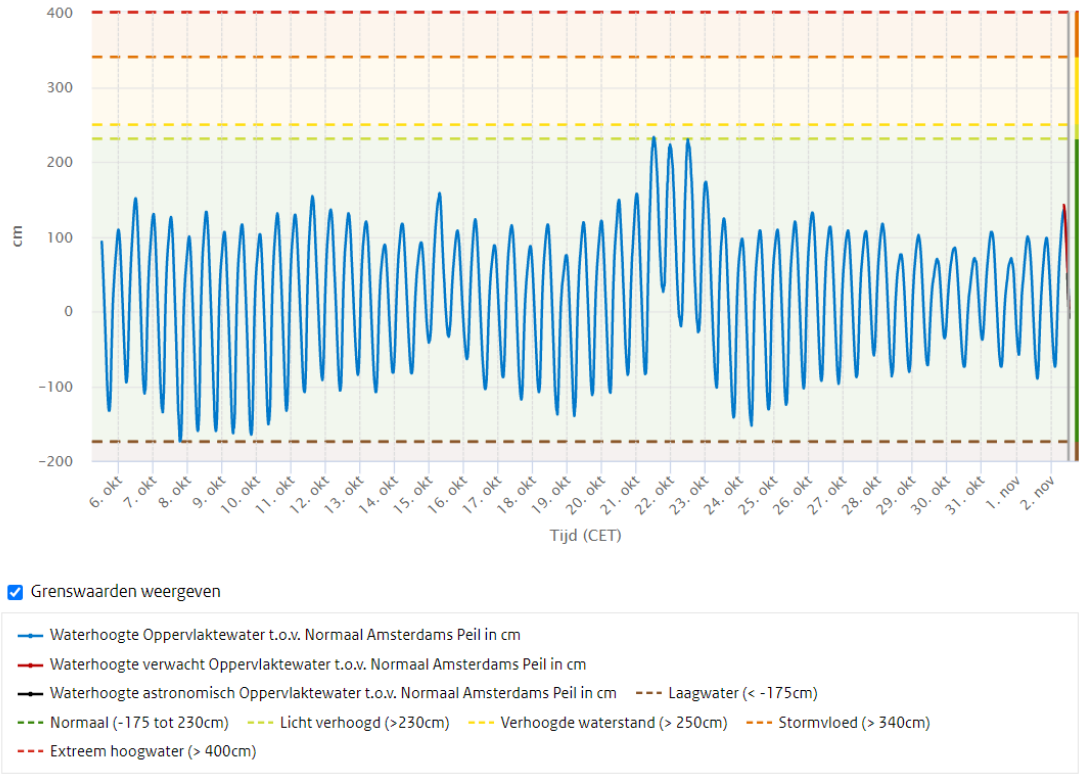
Bij het installatie van monopile neemt de buitenwaartse stabiliteit af tot een stabiliteitsfactor van 1,15 als gevolg van trillingen (zie figuur 4-7). De berekende stabiliteitsfactor ligt dus lager dan de vereiste stabiliteitsfactor voor STBI van 1,30. Bij het aanbrengen van monopile ontstaat er dusdanig hoge trillingen in de ondergrond waardoor de binnenwaartse stabiliteit niet voldoet aan de vereiste veiligheidsfactor. Hierbij wordt voldaan aan de eis met een buitenwaterstand van 2,90 m +NAP (of lager), met een terugkeertijd van ca. 1 keer per jaar (RWS, 1994). Dit betreft nog steeds een hogere buitenwaterstand dan de normale buitenwaterstand, die tussen -1,75 m +NAP en 2,30 m +NAP ligt (zie figuur 4-9). Hierbij is monitoren van de buitenwaterstand tijdens het aanbrengen van de monopile cruciaal van belang om onder de maximale buitenwaterstand van 2,90 m +NAP te blijven. Daarnaast dienen de trillingen worden gemonitord.



figuur 4-7 Maatgevende glijvlak STBI in de bouwfase monopile



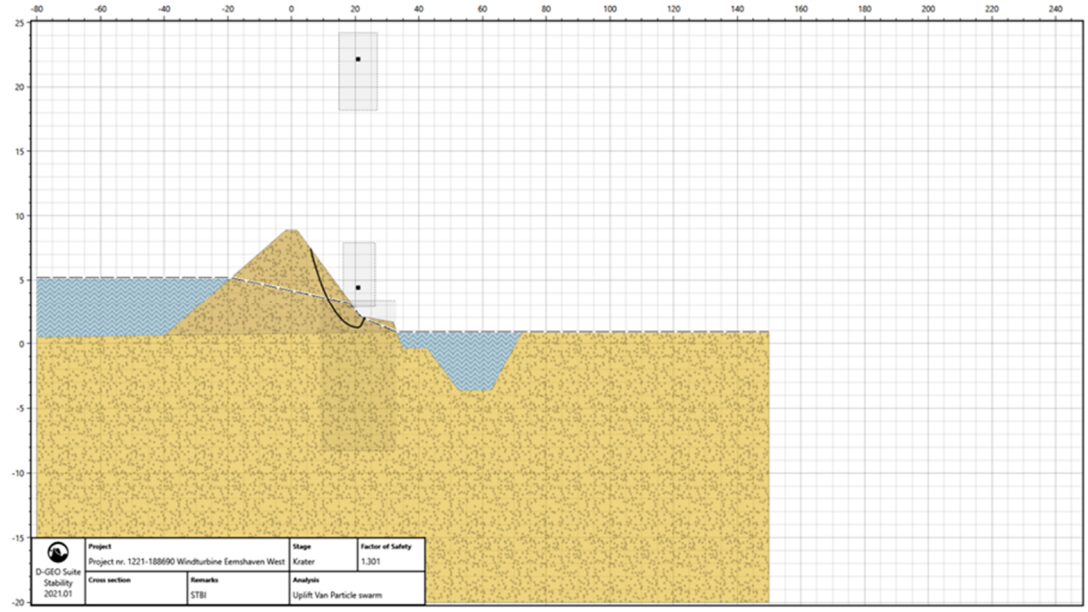
figuur 4-8 Maatgevende glijvlak STBI in de bouwfase monopile bij buitenwaterstand van 2,90 m +NAP



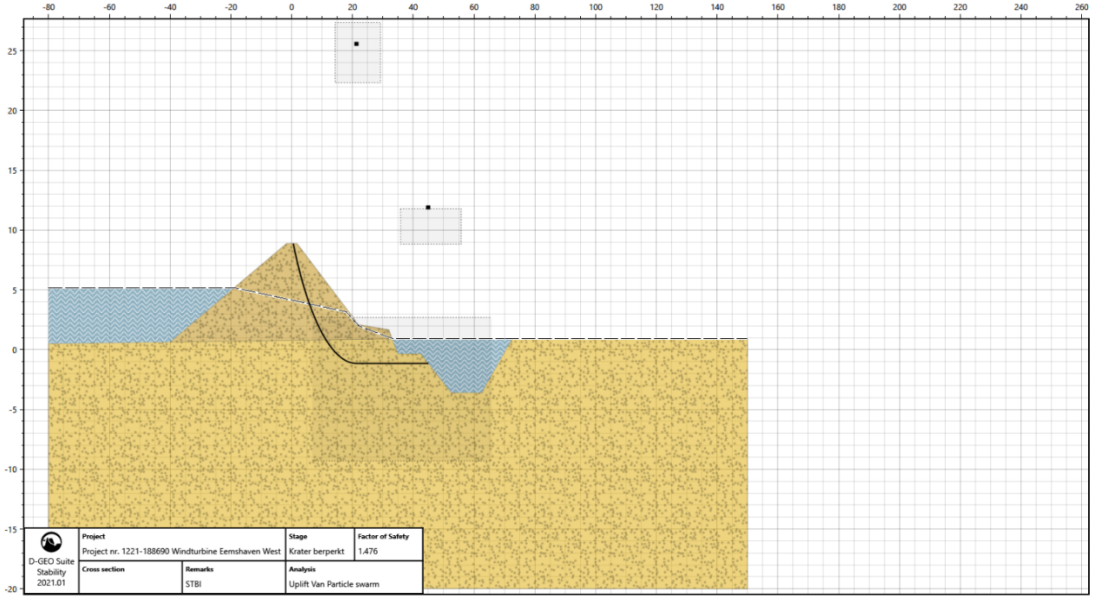
figuur 4-9 Waterhoogte oppervlaktewater bij Eemshaven, afgelopen maand (Bron: RWS Waterdata)

Krater

Op basis van de uitgangspunten is de inslagkrater in de beschermingszone geschematiseerd. In figuur 4-11 is te zien dat de taludstabiliteit niet afneemt door een kratervorming in de beschermingszone aan de binnenzijde. De maatgevende stabiliteitsfactor is groter dan volgens de norm vereiste stabiliteitsfactor (1,31 > 1,30). Zoals de te zien in deze figuur gaat de maatgevende glijvlak niet door de krater heen. Om dit te verifiëren is een controlesom gedaan waarin het uittreden van het glijvlak zodanig is beperkt dat het door het krater heen gaat. Dit resulteert in een stabiliteitsfactor van 1,47, die ruim boven de vereiste stabiliteitsfactor ligt (zie figuur 4-10).



figuur 4-11 Maatgevende glijvlak STBI in bij een krater in de beschermingszone



figuur 4-10 Beperkte glijvlak STBI bij een krater in de beschermingszone door de krater

4.2.2 STBU

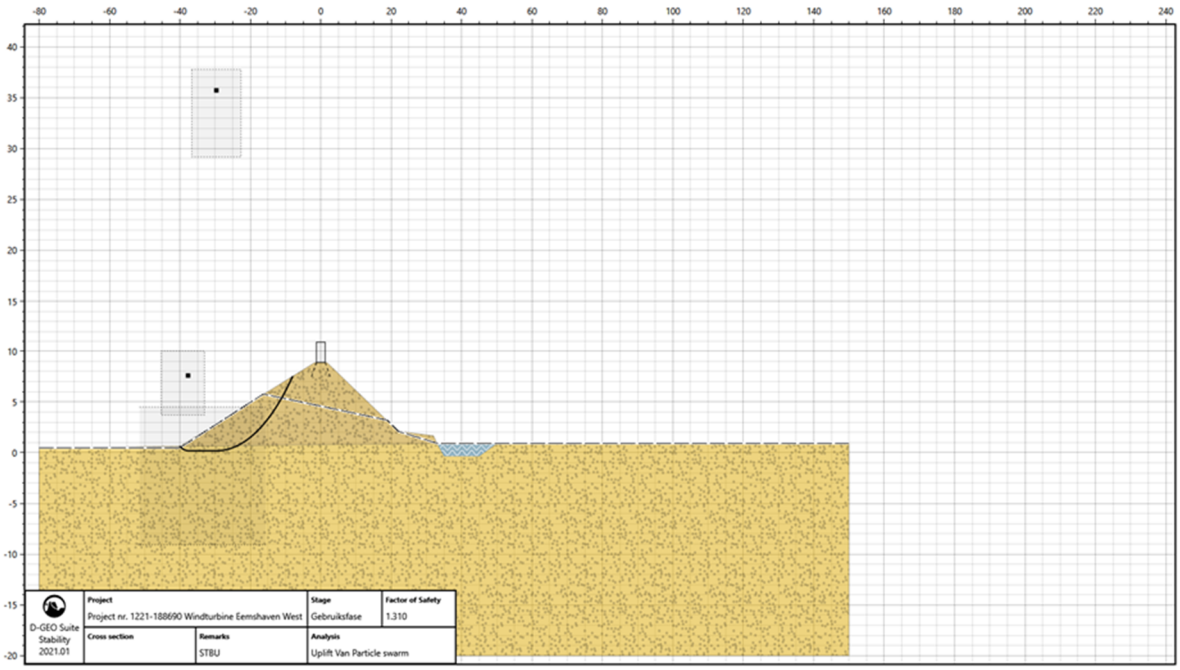
De resultaten van de eerder benoemde situaties voor STBU zijn weergegeven in tabel 5 4. De bijbehorende glijvlakken zijn te zien in figuur 4-12 t/m figuur 4-16.

tabel 4-3 Resultaten STBU

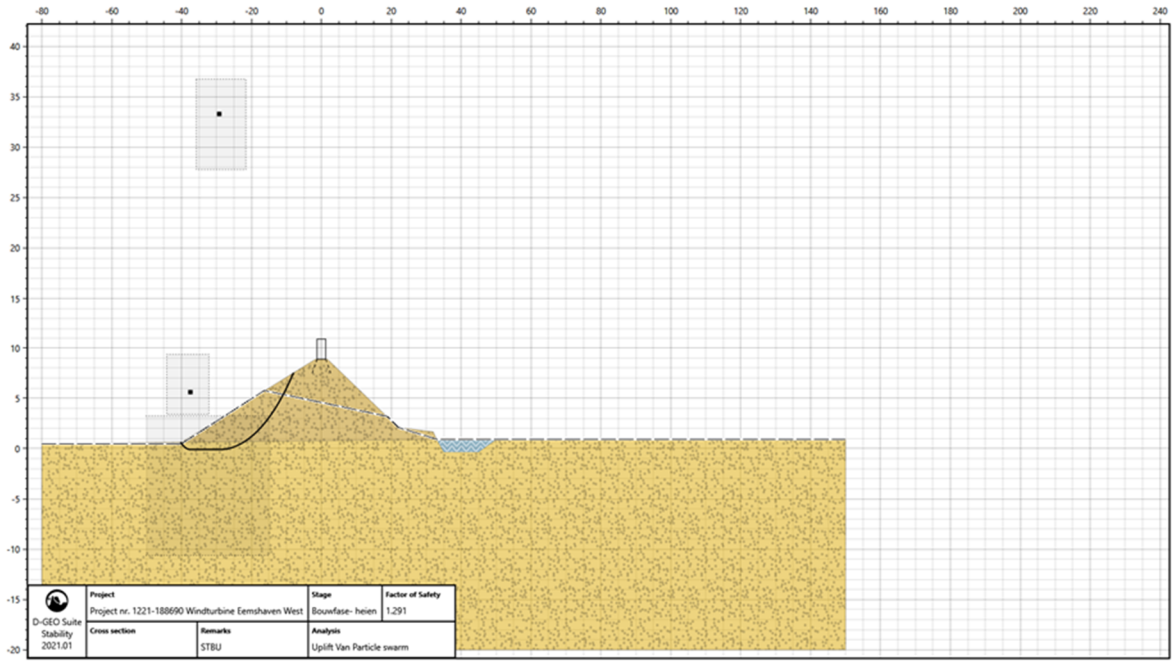
Situatie	Berekende Stabiliteitsfactor [-]
Gebruiksfase	1,31
Bouwfase- prefabpalen 1 (verkeersbelasting 1,00 kN/m2)	1,29
Bouwfase- prefabpalen 2 (verkeersbelasting 13,3 kN/m2)	1,28
Bouwfase- monopile 1 (verkeersbelasting 1,00 kN/m2)	1,22
Bouwfase- monopile 2 (verkeersbelasting 13,3 kN/m2)	1,22

De maatgevende stabiliteitsfactor in de gebruiksfase voldoet aan de volgens de norm vereiste stabiliteitsfactor (1,31 > 1,21). Bij het installatie van prefabpalen neemt de stabiliteitsfactor af door de heiwerkzaamheden tot een stabiliteitsfactor van 1,29. Dit is tevens hoger dan de vereiste buitenwaartse stabiliteitsfactor van 1,21. Naast het reguliere STBU berekening, met een verkeersbelasting van 1,0 kN/m2, is er ook berekening gemaakt van de bouwfase met een verkeersbelasting van 13,3 kN/m2. Dit is gedaan om het effect van zware verkeer over de asfaltbekleden aan de binnendijk aan de STBU te analyseren. Dit resulteert in een stabiliteitsfactor van 1,28 waardoor het nog steeds voldoet aan de vereiste stabiliteitsfactor.

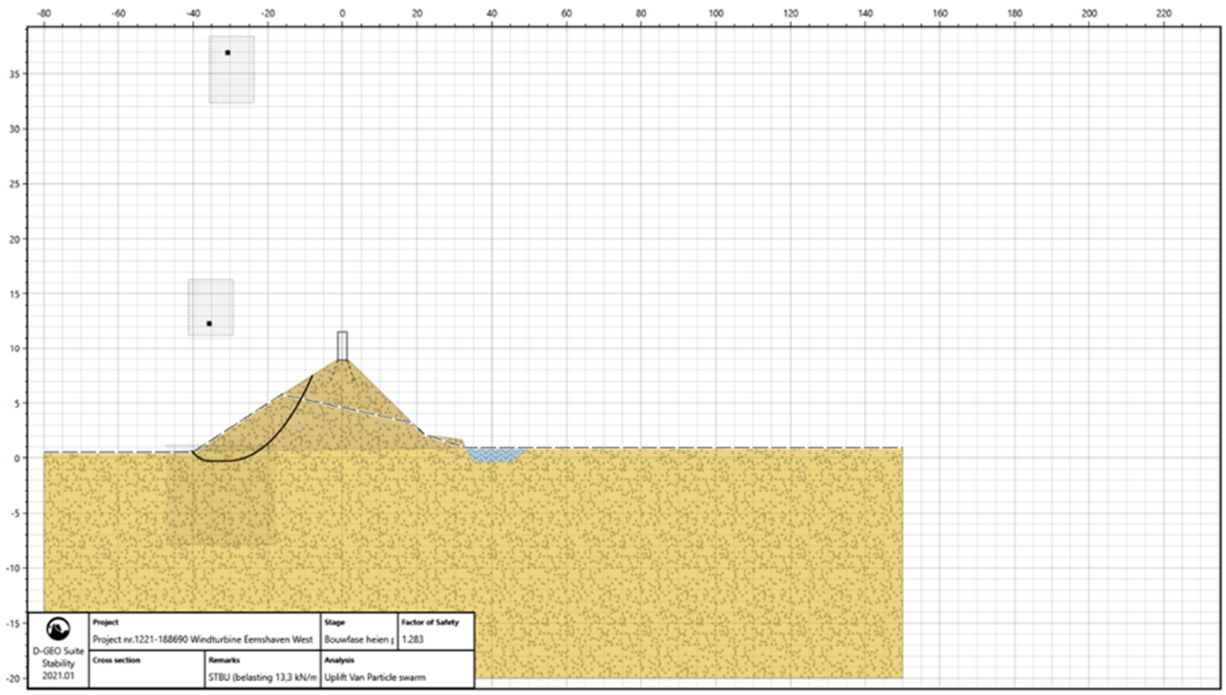
Bij het installatie van monopile neemt de buitenwaartse stabiliteit af tot een stabiliteitsfactor van 1,22 en voldoet hierdoor aan de vereiste veiligheidsfactor van 1,21. Bovendien is bij het installatie van monopile ook een berekening gemaakt waarbij er rekening wordt gehouden met een verkeersbelasting van 13,3 kN/m2. De stabiliteitsfactor die hierbij hoort is ook gelijk aan 1,22 (zie figuur 4-15 en figuur 4-16).



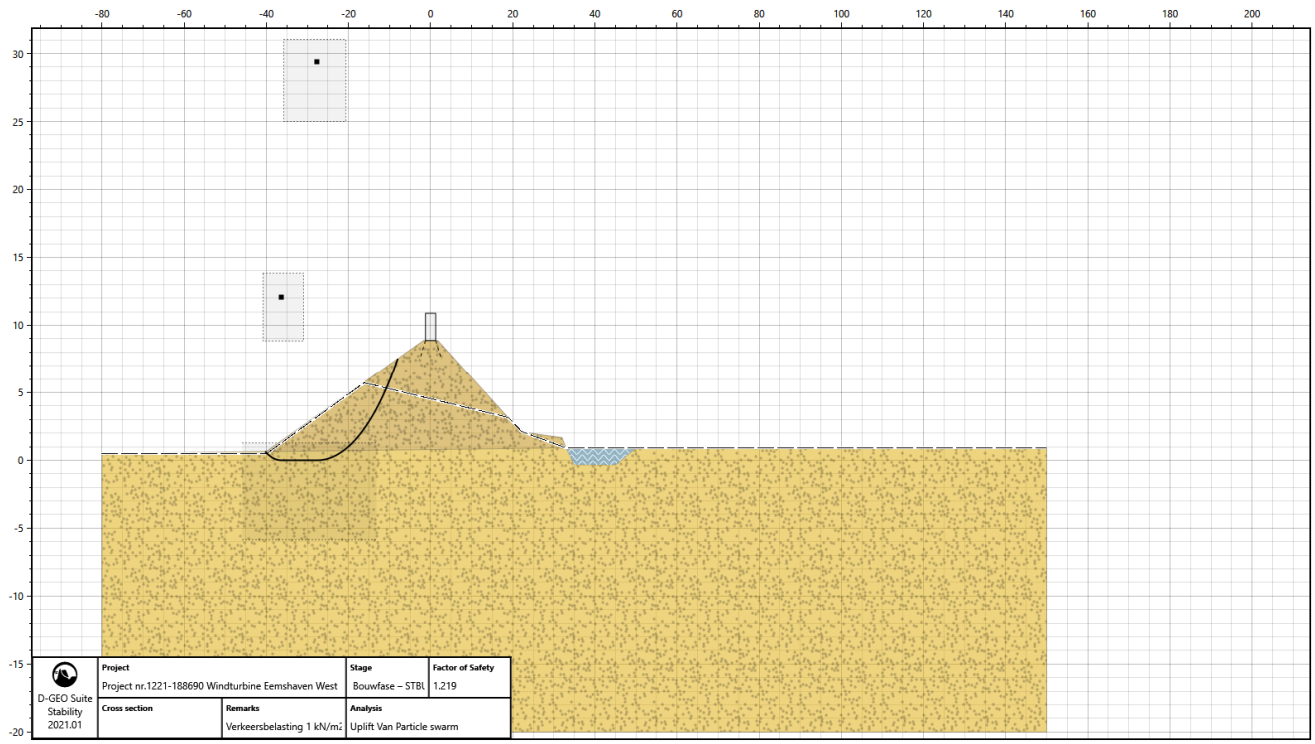
figuur 4-12 Maatgevende glijvlak STBU gebruiksfase



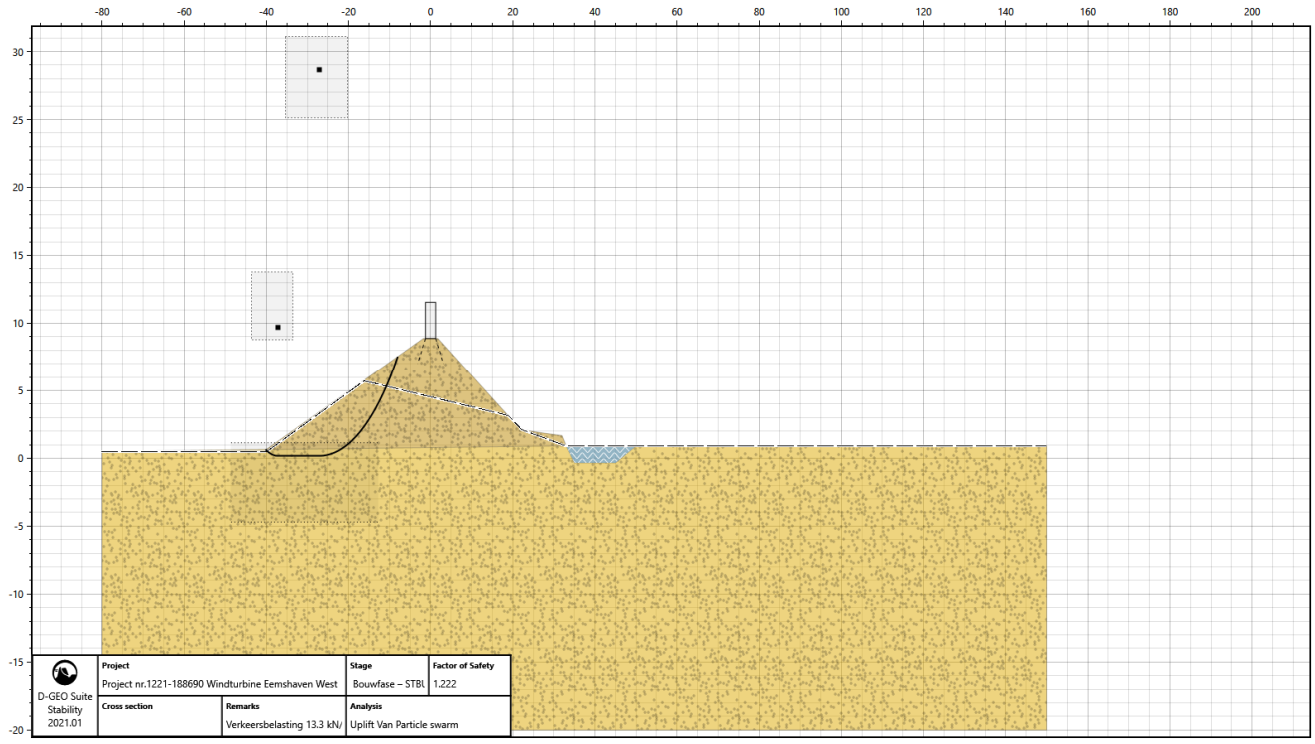
figuur 4-13 Maatgevende glijvlak STBU bouwfase prefabpalen



figuur 4-14 Maatgevende glijvlak STBU bouwfase prefabpalen (verkeersbelasting = 13,3 kN/m2)



figuur 4-15 Maatgevende glijvlak STBU bouwfase monopile



figuur 4-16 Maatgevende glijvlak STBU bouwfase monopile (verkeersbelasting = 13,3 kN/m2)

5. Gevolg krater of ontgraving op piping

Er is geen risico op piping, omdat er sprake is van zanddijk op zandondergrond. Daardoor kunnen pipes zich niet ontwikkelen. Verder dient opgemerkt te worden dat een krater in de beschermingszone sowieso geen nadelig effect heeft op piping omdat het niet leidt tot het doorbreken van een deklaag of een verlaging van de (grond)waterstand. De ontgraving bij de windturbinefundatie heeft sowieso geen invloed op piping, omdat er tot onder maaiveld wordt bemalen en omdat de afstand tot de dijk groot is.

6. Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

In dit rapport is onderzocht wat de invloed is van het te realiseren windpark Eemshaven West op de nabijgelegen primaire waterkering: de Emmapolderdijk. Als gevolg van de heiwerkzaamheden in de bouwfase van de windturbines ontstaan er trillingen in de ondergrond die leiden tot afname van de stabiliteit van deze primaire waterkering.

Op basis van de binnenwaartse stabiliteitsanalyse is het te zien dat de binnentalud instabieler wordt door het heien van prefab palen en het voldoet hierdoor bij de normwaterstand niet aan de eis. Dit is echter een conservatieve aanname, omdat het onwaarschijnlijk is dat men tijdens extreem hoogwater palen gaat heien. Bij een buitenwaterstand van 4,90 m +NAP (of lager), met een terugkeerfrequentie van 1/800 per jaar, wordt wel voldaan aan de vereiste veiligheidsfactor voor binnenwaartse stabiliteit.

Bij het aanbrengen van monopile ontstaat er grotere trillingen in de ondergrond waardoor de binnenwaartse stabiliteit bij de normwaterstand ook niet voldoet aan de vereiste veiligheidsfactor. Hierbij wordt wel voldaan aan de eis met een buitenwaterstand van 2,90 m +NAP (of lager), met een terugkeertijd van ca. 1 keer per jaar. Dit betreft een hogere buitenwaterstand dan de normale buitenwaterstand.

Het risico van het overschrijden van de maximale buitenwaterstanden kan worden voorkomen door de buitenwaterstand constant te monitoren tijdens de heiwerkzaamheden en de werkzaamheden bij een te hoge waterstand tijdelijk stil te leggen.

Verder is er geen sprake van nadelige effecten voor de waterkering:

- Aan de hand van meetresultaten bij vergelijkbare projecten kan de trillingsintensiteit in de gebruiksfase verwaarloosd worden voor de in dit project aanwezige afstanden tussen de windturbines en de dijk. De berekende stabiliteitsfactor in de gebruiksfase voldoet aan de vereiste veiligheidsfactor.
- De buitenwaartse macrostabiliteit voldoet zowel in de bouwfase als in de gebruiksfase.
- Verder is uit de berekeningen gebleken dat een inslagkrater in beschermingszone niet leidt tot een afname van de binnenwaartse macrostabiliteit.
- Aangezien de dijk bestaat uit zand op zand is er geen risico op het faalmechanisme piping. Hierdoor zal de weerstand tegen piping niet afnemen als gevolg van een krater in de beschermingszone of als gevolg van ontgraving bij de bouw van de windturbine.

Het installeren van een monopile kost minder tijd dan een fundering van prefab heipalen. Dit ‘tijdeffect’ heeft geen invloed op de trillingseffecten op de waterkering.

6.2 Aanbevelingen

Om de binnenwaartse stabiliteit van de waterkering te waarborgen, wordt er geadviseerd om heiwerkzaamheden van de prefab palen uit te voeren tot en buitenwaterstand van maximaal 4,90 m +NAP. Voor het alternatief met monopiles wordt aanbevolen om tot maximaal een buitenwaterstand van 2,90 m +NAP de heiwerkzaamheden uit te voeren. Dit laatste betreft een buitenwaterstand die ca. 1 keer per jaar voorkomt. Hiermee kan men monopile installeren tenzij deze buitenwaterstand worden overschreden zonder extra maatregelen (bijv. damwand bij de teen van de dijk).

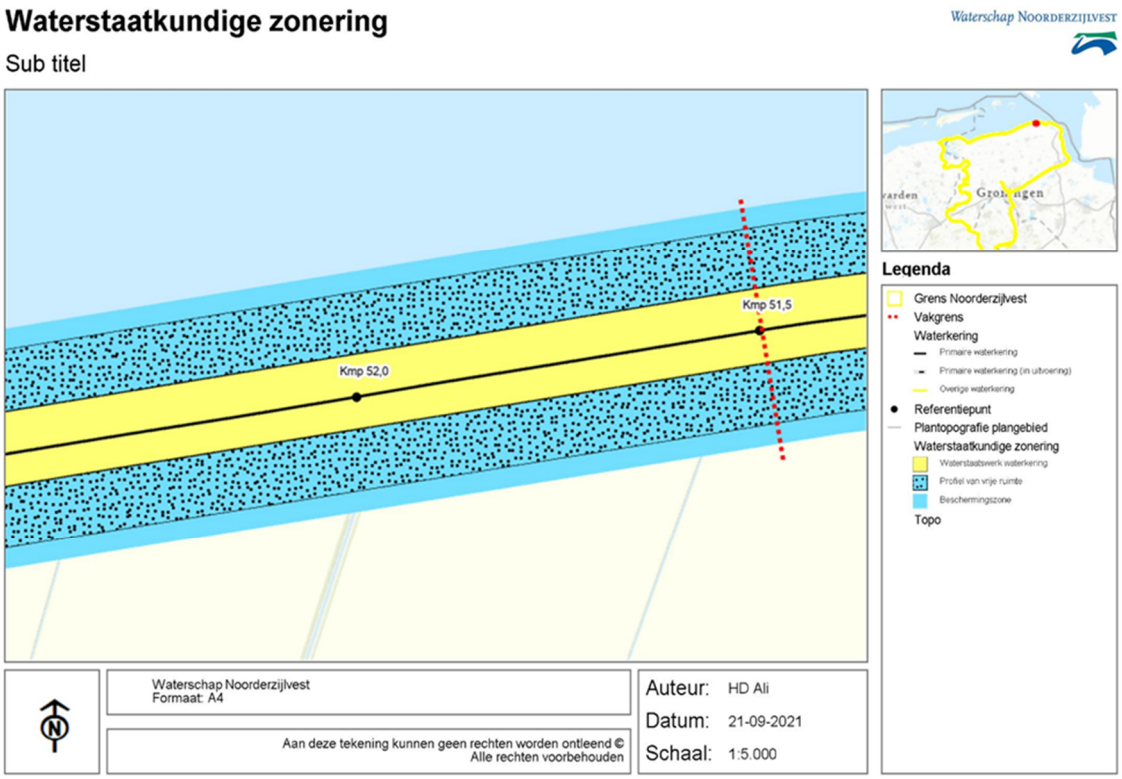
Tijdens het heien van palen dienen zowel de buitenwaterstand als de trillingen te worden gemonitord.

Bovenbelasting door kranen, grootschalig transport of opslag van materiaal zijn in dit rapport niet beschouwd. Als hiervan sprake is bij de dijk en als deze groter zijn dan de 13,3 kN/m^2 over een breedte van 2,5 m, waarmee nu is gerekend, dan dient het effect hiervan op de stabiliteit te worden beschouwd.

Het uitgangspunt is dat wegen, kraanopstelplaatsen, funderingen en kabels- en leidingen volledig buiten de beschermingszones en het profiel van vrije ruimte worden gerealiseerd en daarom niet voor de watervergunning hoeven te worden beschouwd. Als dit toch het geval is, dan moeten de effecten op de waterkerende veiligheid worden geanalyseerd.

Bijlagen

A.1 Waterstaatkundige zonering



A.2 Toelichting Modellering Trillingen

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 wijzen 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 (u0) op 5 m en de variatiecoëfficiënt van de trillingsbron voor het in- en uitrillen 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 inheiniveau en de grondopbouw van grotere invloed dan het paal/planktype of –lengte. Deze factoren worden in rekening gebracht.

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:
- v0(x=5m) = trillingsnelheid op referentieafstand van 5 meter [mm/s];
- u0 = referentie trillingsnelheid [mm/s];
- E = inhei-energieniveau [Nm];
- ψ = stootrendement [-].

Op basis van deze relatie is de bronsterkte van de trillingssnelheid 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:
- v0 = bronsterkte van de trillingsintensiteit op 5 m afstand van de bron [mm/s];
- u0 = 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

trillingsenergie 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.

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:

$$v(x) = v_0 \sqrt{\frac{x_0}{x}}\, e^{-a(x-x_0)}$$

- waarin:
- v(x) = trillingssnelheid op afstand x van de bron [mm/s];
- v0 = bronsterkte van de trillingsintensiteit op 5 m afstand van de bron [mm/s];
- x0 = 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:

$$a = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \zeta}{c}$$

- 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 enig 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 draagconstructie te vermenigvuldigen met dynamische vergrotingsfactoren C_{fc}. De vergrotingsfactoren berusten grotendeels op praktijkervaringen.

Bij trillingshinder zijn de maximale voortschrijdende effectieve waarde ($v_{eff,max}$) en de, per 30 sec, periodieke waarde (v_{per}) op vloeren van belang.

Bepaling $v_{eff,max}$
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 $v_{eff,max}$ te bepalen als het maximum van de grootste effectieve waarden in de betreffende beoordelingsperiode. CUR-166 geeft als richtlijn voor het uit te voeren procedé, dat:

$$v_{eff,max}\,[-] = (0{,}42 \text{ à } 0{,}64) \times v_{piek}\,[mm/s]$$

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, vper, van de maxima $v_{eff,max}$, wordt bepaald over het aantal tijds-intervallen van 30 seconden binnen een beoordelingsperiode, dag, avond of nacht [-]. Uit gegeven aantallen per tijdsinterval en de maxima $v_{eff,max}$, voor ieder tijdsinterval van 30 sec wordt v_{per} bepaald volgens:

$$v_{per} = \sqrt{\frac{1}{N}} \cdot \sum_{i=1}^{n} v_{eff,max,30,i}^2$$

waarin:

N - aantal tijdsintervallen van 30 seconden, waarin gemeten is binnen een beoordelingsperiode [-]

A.3 Trillingstechnische vaktermen

Vakterm	Omschrijving
Trilling:	een periodieke beweging van een grootheid (verplaatsing, snelheid, versnelling) om een evenwichtsstand als functie van de tijd.
Trillingstijd:	de kleinste verschuiving in de tijd waarbij een periodieke tijdsfunctie met zichzelf samenvalt.
Topwaarde	de in absolute zin grootste afwijking van de momentane waarde van een grootheid ten opzichte van de gemiddelde waarde.
Frequentie	de reciproque van de trillingstijd.
Dominante frequentie:	de overheersende frequentie in dat deel van het signaal waar de topwaarde optreedt.
Verplaatsing:	een vectoriële grootheid die de verandering van een positie van een lichaam of van een punt aanduidt ten opzichte van een zekere referentie.
Snelheid:	een vectoriële grootheid die de tijdsafgeleide van de verplaatsing representeert.
Versnelling:	een vectoriële grootheid die de tijdsafgeleide van de snelheid representeert.
Trillingssterkte:	de sterkte van de trilling in relatie tot het van belang zijnde trillingseffect; in het geval van schade wordt onder de trillingssterkte verstaan de topwaarde van een trillingsgrootheid in combinatie met de dominante frequentie.
Draagconstructie:	het deel van een gebouw dat ervoor zorgt dat het gebouw als geheel en in het bijzonder de vloeren hun dragende functie kunnen blijven vervullen.
Grenswaarde schade:	waarde voor de toelaatbare trillingssterkte waarbij de kans op schade aan de draagconstructie (en overige onderdelen) van een bouwwerk aanvaardbaar klein is (minder dan 1%); schade kan de veiligheid en/ of levensduur van het bouwwerk beïnvloeden, of leiden tot een vermindering van de gebruikswaarde of de economische waarde van het bouwwerk.
Continue trilling:	een trilling die zodanige tijd continu aanwezig is, dat resonanties en/ of vermoeiingseffecten aan de draagconstructie van een bouwwerk kunnen optreden (bv. machines, intrillen damwanden).
Kortdurende trilling:	een door een stootvormige excitatie veroorzaakte trilling met een kortdurend, uitdempend karakter (bv. explosies, botsingen).
Herhaald kortdurende trilling:	een kortdurende trilling die meermalen voorkomt, steeds gescheiden door een tijdsinterval waarin een rustsituatie heerst, waarbij vermoeiingseffecten aan de draagconstructie van een bouwwerk kunnen optreden (bv. heiwerkzaamheden, weg- en railverkeer).
Indicatieve meting:	meting waarbij slechts met één meetpunt ter plaatse van de begane grond trillingen worden gemeten (conform § 8.4.2.1 SBR-richtlijn A).

Beperkte meting:	meting waarbij met tenminste één meetpunt op de begane grond en met tenminste één meetpunt op de hoogste verdieping van het gebouw trillingen worden gemeten (conform § 8.4.2.2 SBR-richtlijn A).
Uitgebreide meting:	meting waarbij met een groot aantal meetpunten wordt gemeten, dit in aanvulling op de meetpunten volgens de beperkte meting (conform § 8.4.2.3 SBR-richtlijn A).
Beoordelingsperiode:	een tijdsinterval waarin een dag wordt verdeeld voor de toetsing van de trillingsterkte aan de streefwaarden in:
	dagperiode: van 7:00 tot 19:00;
	avondperiode: van 19:00 tot 23:00;
	nachtperiode: van 23:00 tot 7:00.
Effectieve trillingssnelheid:	voortschrijdende effectieve waarde van de gewogen momentane trillingsgrootheid.
Maximale effectieve trillingssnelheid:	grootste optredende waarde van de voortschrijdende effectieve waarde.
Trillingssterkte over beoordelingsperiode:	het kwadratisch gemiddelde van de grootste effectieve waarde per interval van 30 seconden in de desbetreffende beoordelingsperiode.
Streefwaarde hinder:	waarde voor de trillingssterkte waarbij verwacht wordt dat er nog net geen hinder voor personen optreedt; onder hinder wordt verstaan de verstoring en/ of belemmering van (fysieke) activiteiten en/ of processen die rust en/ of concentratie behoeven.
Streefwaarde A1:	onderste streefwaarde voor de maximale trillingssterkte van de voortschrijdende effectieve waarde .
Streefwaarde A2:	bovenste streefwaarde voor de maximale trillingssterkte van de voortschrijdende effectieve waarde.
Streefwaarde A3:	streefwaarde voor de trillingssterkte over de beoordelingsperiode dag, avond en nacht.

Bijlage 13 - Bemalingsadvies

Windpark Eemshaven West

Rapportage indicatief bemalingsadvies | Uithuizermeeden

1121-190464 | 2-12-2021

Definitief

Pondera Consult B.V.

Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Windpark Eemshaven West
Documentnaam	Indicatief bemalingsadvies voor Windpark Eemshaven West te Uithuizermeden
Fugro-projectnr.	1121-190464
Fugro-documentnr.	1121-190464-R01
Versienummer	1.0
Versiestatus	Definitief
Fugro entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Pop Dijkemaweg 72a 9731 BG Groningen +31 50 541 2432

Klantgegevens

Klant	Pondera Consult B.V.
Adres klant	Amsterdamseweg 13, 6814 CM Arnhem
Contactpersoon klant	Dhr. Edink

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
0.1	04-11-2021	Concept	Initiële versie	LKD	HBR	HBR
1.0	02-12-2021	Definitief	Verwerken opmerkingen Pondera	HBR	LKD	HBR

Projectteam

Initialen	Naam	Rol
LKD	L.J. Kaland	Adviseur hydrologie
HBR	H. Brink	Adviseur hydrologie

Inhoudsopgave

Documentbeheer		**ii**
Inhoudsopgave		**i**
1.	**Inleiding**	**4**
1.1	Algemeen	4
1.2	Brongegevens	4
2.	**Projectomschrijving**	**5**
2.1	Projectlocatie	5
2.2	Afmetingen ontgraving en bemalingsduur	6
2.3	Uitvoeringswijze	6
2.4	Planning	6
3.	**Geohydrologische inventarisatie**	**7**
3.1	Regionale geologie	7
3.2	Grondonderzoek	8
3.3	Maaiveldhoogte	8
3.4	Bodemopbouw en geohydrologische schematisering	9
3.5	Open waterpeil	10
3.6	Grondwaterstand/stijghoogte	12
3.7	Grond(water)kwaliteit	13
4.	**Bemalingsberekening en effecten**	**14**
4.1	Benodigde verlagingen en te bemalen lagen	14
4.2	Berekende waterbezwaren	15
4.3	Vergunningsplicht/meldingsplicht onttrekking in kader Waterwet	16
4.4	Lozing van het bemalingswater	17
4.5	Verlagingen in omgeving	18
4.6	Omgevingsaspecten	18
5.	**Conceptueel bemalings- en monitoringsplan**	**24**
5.1	Conceptueel bemalingsplan	24
5.2	Opstellen monitoringsplan	24
6.	**Advies en aandachtspunten bemaling**	**26**
7.	**Bronnenlijst**	**29**

Bijlage A Archiefgegevens grondonderzoek 0

Bijlage B Stijghoogtegegevens Dinoloket peilbuis B03G0105 0

Bijlage C BRL-Checklist 0

A.1 Checklists bemalingen, BRL 12000: Gegevens 1

A.2 Checklists bemalingen, BRL 12000: Risico's 3

A.3 BRL 12000: Terugmeldingsformulier ervaring bemaling 4

Samenvatting

Tabel 1.1: Algemene gegevens

ALGEMENE GEGEVENS	
Opdrachtnummer Fugro	1121-190464
Locatie	Emmapolder en Eemspolder ten noorden van Uithuizen
Betreft	Oriënterend bemalingsadvies voor aanleg van de funderingen van 16 turbines voor de bouw van een windpark (Eemshaven West).
RD-coördinaten	X = 244.160 m en Y = 608.910 m
Kadastrale aanduiding	n.t.b.
Doel rapport	▪ Verkrijgen van inzicht in de te onttrekken/lozen hoeveelheid grondwater; ▪ Toetsen noodzaak voor melding of vergunning voor bemalingswerkzaamheden; ▪ Aandragen van een bemalingswijze; ▪ Aangeven van de mogelijke effecten van deze onttrekking op de omgeving; ▪ Signaleren van knelpunten en aangeven van mogelijk noodzakelijke vervolgstappen.

Tabel 1.2: Gegevens ontgraving

GEGEVENS ONTGRAVING		Toets	Advies
Ontgravingswijze	open ontgraving	🔴	1) Check talud
Maaiveldniveau	NAP +1,5 à +0,7 m	🟢	-
Afmetingen (straal fundering)	30 m	🟠	1) realisatieplan opstellen
Aanlegniveau	5 m-mv (ca. NAP -3,5 m à -4,3 m)	🟠	1) uitvoeringsplan opstellen
GWS verlagen tot	≤ NAP -4,0 à -4,8 m	🟢	-
Bemalingsduur en start	3 tot 6 maanden	🟠	1) uitvoeringsplan opstellen

Tabel 1.3: Gegevens ondergrond en grondwaterstand

GEGEVENS ONDERGROND EN GRONDWATERSTAND			
Beschikbaar onderzoek	Beperkte onderzoeksgegevens beschikbaar via TNO Dinoloket		2) Grondonderzoek uitvoeren
Globale bodemopbouw	Zand (watervoerend)	Laagdikte: 6 à 20 m	2) Aanvullend grondonderzoek
	Klei-zand afwisseling (waterremmend)	Laagdikte: ca. 5 à 15 m	
	Zand (watervoerend)	Laagdikte: ca. 100 à 120 m	
Grondwaterstand (GWS)/stijghoogte (H)	GWS: NAP +1,0 à 0,0 m H: NAP +1,0 à -0,2 m		2) Peilbuizen plaatsen + monitoren

Tabel 1.4: Bemaling/debiet/vergunning/lozing/invloed gebied/effecten

BEMALING / DEBIET / VERGUNNING / LOZING / INVLOEDSGEBIED / EFFECTEN			
Debiet, berekend	max. ca. 40 à 55 m^3/uur ca. ≤ 74.400 m^3/maand (per locatie)	🔴	1) + 2) grondonderzoek uitvoeren + realisatieplan opstellen
Debiet, raming TOTAAL	ca. ≤ 439.000 m^3 in 6 maanden (per locatie)	🔴	1) realisatieplan opstellen

Beheersgebied van: Vergunningplicht als:	Waterschap Noorderzijlvest. > 80 m^3/u wordt onttrokken of > 6 maanden wordt bemalen.		2), 4) grondonderzoek uitvoeren en specifieke invloed bepalen
Vergunning-/retour-, m.e.r.-beoordelingsplicht?	Ja		4) overleg + vergunning aanvragen bij waterschap
Voorstel bemalingswijze	Combinatie verticale filters en open bemaling op putbodem		--
Voorstel afvoer bemalingswater	op het open water (waterschap) of via afvoerleiding		2) waterkwaliteit bepalen en overleg met waterschap
Enkele (belangrijke) lozingsparameters	onbekend		2) waterkwaliteit bepalen
Max. invloedsgebied	ca. 450 m		2) bepalen a.h.v. nieuwe onderzoeksgegevens (locatie specifiek)
Omgevingseffecten	Er worden beperkte omgevingseffecten verwacht. In alle gevallen wordt geadviseerd de effecten te monitoren.		2) 3) nagaan.

Geen informatie (info) / niet beschouwd | Voldoende info/ beperkt risico | Matige info/matig risico | Onvoldoende info/hoog risico

Advies 1: Realisatieplan en uitvoeringswijze

Met betrekking tot het realisatieplan en de uitvoeringswijze adviseren wij het volgende:

- Een realisatieplan op te stellen voor de verschillende werkputten voorafgaand aan de start van de ontgravingswerkzaamheden.
- De uitvoeringswijze te specificeren en de stabiliteit van de taluds van de bouwputten te laten controleren middels een geotechnische berekening.
- In verband met de begaanbaarheid van het terrein dient ook de ontwatering van de toeritwegen naar de bouwplaatsen en kraanopstelplaatsen en de drainage van het bouwterrein uitgewerkt te worden alvorens de start van de werkzaamheden.

Advies 2: Grondonderzoek, grondwaterstanden en stijghoogtes (incl. grondwaterkwaliteit)

Vanwege het ontbreken van lokale grondonderzoeksgegevens en recente, lokale en langdurige metingen van zowel de freatische grondwaterstand als de stijghoogte(s) in de dieper watervoerende lagen is het, in verband met een nauwkeurigere inschatting van het waterbezwaar en de invloed op de omgeving, noodzakelijk dat nader grondonderzoek wordt uitgevoerd op de beoogde turbinelocaties en de gehanteerde uitgangspunten in dit rapport worden geverifieerd.

Het grondonderzoek dient minimaal uit de volgende werkzaamheden te bestaan:

- het uitvoeren van sonderingen (minimaal één waterspanningssondering) ter plaatse van de turbinelocaties. Het grondonderzoek kan eventueel gecombineerd worden met het nodige grondonderzoek voor de kabeltracés, toeritten en kraanopstelplaatsen voor het windpark.
- Het bepalen van de (lokale) grondwaterstanden en/of stijghoogtes per turbinelocatie een freatische peilbuis te worden geplaatst met het filter in laag 1 en, afhankelijk van de resultaten van het onderzoek, plaatselijk een peilbuis met het filter in dieper gelegen afgesloten watervoerende lagen.

- Het meten van de waterstanden, dat wil zeggen de freatische grondwaterstand(en) en eventueel de stijghoogte(s), in de geplaatste peilbuizen.
- Het nemen van (grond)watermonsters van het (te bemalen) freatisch grondwater (uit de geplaatste peilbuizen) op de projectlocaties en van het omringende slootwater, voorafgaand aan de graafwerkzaamheden. De monsters dienen in het laboratorium te worden geanalyseerd op lozingsparameters.

Advies 3: Informatie over (kwetsbare) omgevingsaspecten

Op basis van het uit te voeren grondonderzoek (advies 2) dienen de locatie-specifieke bemalingsdebieten en effecten van de bemaling op de omgeving (invloedsgebieden) nader te worden beschouwd. Nadat de invloedsgebieden van de bemalingen nauwkeuriger zijn bepaald dient (aanvullende) informatie te worden ingewonnen over de kwetsbare aspecten binnen het invloedgebied van de bemalingen. O.a. aanvullende informatie over zettingsgevoelige infrastructuur (kabel-, leidingwerk, wegen, etc.) binnen de invloedzones dient te worden ingewonnen. Aan de hand van de berekende effecten dient vervolgens in overleg met eigenaren en/of bevoegd gezag een plan van aanpak te worden opgesteld inclusief eventuele maatregelen om de zettingen te beperken.

Gezien deze diepte zal tijdens de bemalingen brak, mogelijk zelfs zout, grondwater worden onttrokken. Door de bemaling zal er tijdelijk upconing van zoet-brakgrensvlak plaatsvinden op de projectlocaties. Nadat de bemaling is stop gezet zal dit op termijn weer terugzakken naar het oorspronkelijke niveau.

Om te voorkomen dat er na de werkzaamheden permanente (zoute) kwel ontstaat of dat het brakke grondwater op kleilagen en/of -lenzen achterblijft adviseren wij:

- de fundering met grondverdringende funderingspalen uit te voeren;
- bij het doorgraven van waterremmende lagen op de turbinelocaties de verticale weerstand van de bodem te herstellen;
- na het verwijderen van peilbuizen of van verticale bemalingsfilters de boorgaten met waterremmend materiaal te worden afgedicht, indien er sprake is van (ondiepe) waterremmende lagen.

Advies 4: Vergunningaanvraag

Indien het plaatsen van de 16 windturbines als één project wordt gezien en meerdere turbines tegelijkertijd gerealiseerd zullen worden is, op basis van het totale waterbezwaar en de verwachte totale bemalingsduur, het project vergunningsplichtig en zal een onttrekkingsvergunning moeten worden aangevraagd. Wij adviseren hierover zo spoedig mogelijk in overleg te treden met het Waterschap Noorderzijlvest, een vergunningaanvraag neemt in veel gevallen een lagere periode in beslag. Daarnaast zijn zijn alle grondwateronttrekkingen die onder de vergunningplicht vallen tevens m.e.r.-beoordelingsplichtig.

1. Inleiding

1.1 Algemeen

Fugro ontving van Pondera de opdracht voor het uitbrengen van een indicatief bemalingsadvies voor de bouw van 16 turbinefunderingen voor Windpark Eemshaven West.

Om de werkzaamheden in den droge uit te voeren, dient de grondwaterstand door een bemaling te worden verlaagd. Het doel van voorliggend bemalingsrapport is inzicht verkrijgen in:

- De te onttrekken en lozen hoeveelheid grondwater;
- De noodzaak voor een melding of vergunning in het kader van de Waterwet voor de bemalingswerkzaamheden;
- Voorstel bemalingswijze;
- Mogelijke effecten van deze onttrekking op de omgeving;
- Eventuele knelpunten en het aangeven van mogelijk noodzakelijke vervolgstappen.

Het bemalingsadvies is zo opgesteld dat deze in een later stadium kan worden uitgewerkt tot een bemalingsadvies conform de beoordelingsrichtlijn BRL SIKB 12000 "Tijdelijke grondwater-bemaling", protocol 12010 – Voorbereiden melding of vergunningaanvraag. Fugro is voor dit protocol 12010 gecertificeerd door 'Alfa Bureau voor certificering' onder nummer 2019-1009. Het certificaat is geldig tot 12-11-2022.

Tevens is in deze rapportage een beknopte beschouwing opgenomen over verzilting binnen het plangebied op de korte en lange termijn ten gevolge van de werkzaamheden voor de bouw van de turbines.

1.2 Brongegevens

De voor in dit project gebruikte bronnen zijn weergegeven in de bronnenlijst (tabel 7.1) in hoofdstuk 7. In het voorliggend rapport wordt naar de gebruikte bronnen verwezen met '[*bronnummer*]'.

1.3 Wijzigingen ten opzichte van de vorige versie

Voorliggende rapportage betreft versie 1.0 van het indicatief bemalingsadvies voor Windpark Eemshaven West. De wijzigingen ten opzichte van de voorgaande versie (versie 0.1) zijn in opgenomen.

Tabel 1.1: wijzigingen ten opzichte van de voorgaande versie

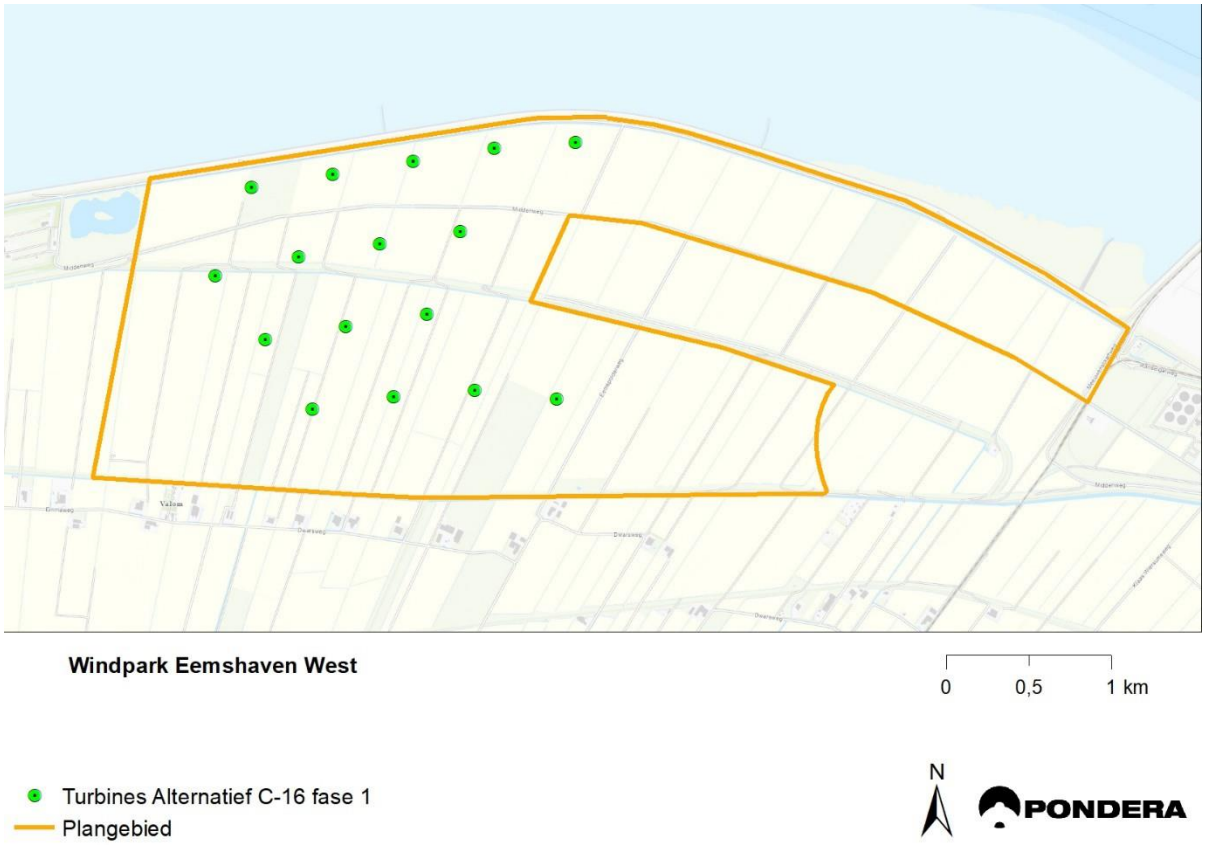
Paragraaf	Wijziging
4.5	Toevoeging invloedsgebied in zand en klei.
4.6.1	Toevoeging relatie zettingen en invloedsgebied
4.6.2	Toevoeging indicatieve zettingsberekening van de waterkering

2. Projectomschrijving

2.1 Projectlocatie

In de Emmapolder en Eemspolder ten noorden van Uithuizen wordt een windpark ontwikkelt: Windpark Eemshaven West. Voor de bouw van de funderingen van de turbines is een bemaling nodig. Voorliggende rapportage betreft een oriënterend bemalingsadvies voor aanleg van de funderingen van 16 turbines voor fase 1 van de bouw van het windpark.

Door de opdrachtgever zijn de 16 turbinelocaties van fase 1 van het park op tekening verstrekt, zie ook figuur 2.1. Binnen het Rijksdriehoeksnet heeft de projectlocatie globaal de coördinaten X = 244.160 m en Y = 608.910 m.



Figuur 2.1: Plangebied Windpark Eemshaven West (oranje kader) en globale turbinelocaties fase 1 (groene punten). Tekening verstrekt door opdrachtgever, d.d. 12-10-2021.

2.2 Afmetingen ontgraving en bemalingsduur

Door de opdrachtgever zijn de volgende uitgangspunten verstrekt met betrekking tot de ontgraving en bemalingswerkzaamheden:

- Maximale diameter fundering windturbines = 30 m;
- Maximale ontgravingsdiepte = 5 m-mv;
- Maximale breedte afgraving (taludbreedte) = 5 m (taludhelling 1:1);
- Bemalingsduur = 3 tot 6 maanden.

Op basis van de verstrekte uitgangspunten door de opdrachtgever zijn de afmetingen en het niveau van de ontgravingen afgeleid en gepresenteerd in tabel 2.1.

Tabel 2.1: Afmetingen en ontgravingsniveau

Onderdeel	Diameter putbodem [m]	Ontgravingsniveau		Bemalingsduur [maanden]
		[mv-m]	[NAP m]	
Fundering turbine (16x)	40	5	variabel	3 tot 6

2.3 Uitvoeringswijze

De opdrachtgever heeft beoogd de funderingen van de turbines aan te leggen in open ontgravingen met een talud van 1:1 (v:h). De stabiliteit van de taluds is niet door Fugro gecontroleerd middels een geotechnische berekening. Deze dient te worden beschouwd alvorens de start van de werkzaamheden. Gezien de diepte van de ontgravingen van 5 m beneden het maaiveldniveau dient deze conform de CROW-publicatie 35 “werken met stabiele grond” door een expert te worden gecontroleerd. Vanwege de ligging van de (meeste) projectlocaties in het midden van landerijen is er voldoende ruimte en adviseren wij te ontgraven onder een flauw talud (nader te bepalen).

Verzilting

Gezien de ondiepe ligging van het zoet-brakgrensvlak van het grondwater (op ca. 5 à 10 m beneden maaiveldniveau, zie ook paragraaf 3.7.2) adviseren wij voor de fundering van de windmolens grondverdringende funderingspalen toe te passen. Hierdoor wordt, bij de aanwezigheid van waterremmende lagen, het risico op hydraulische kortsluiting tussen het diepere (brakke tot zoute) grondwater en het (zoete) freatische grondwater beperkt. Ook dienen boorgaten (bijv. na het verwijderen van verticale bemalingsfilters of na het verwijderen van peilbuizen) te worden afgedicht met waterremmend materiaal (bijv. mikolit) en dienen doorgraven waterremmende lagen te worden hersteld. Door de aanwezige waterremmende werking te borgen/herstellen is het risico op toename van zoute kwel nihil.

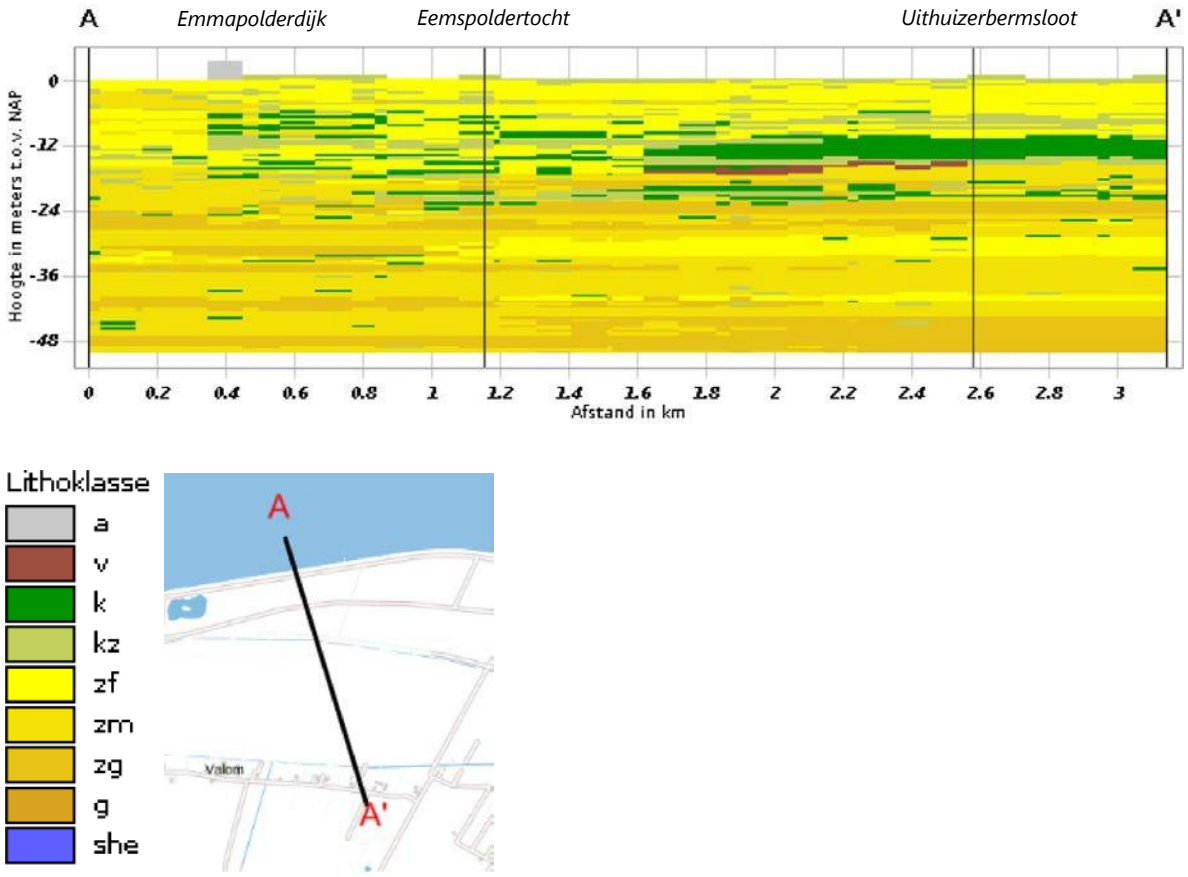
2.4 Planning

Door de opdrachtgever is een indicatieve bemalingsduur opgegeven van 3 tot 6 maanden per locatie. Een specifieke planning is bij Fugro niet bekend.

3. Geohydrologische inventarisatie

3.1 Regionale geologie

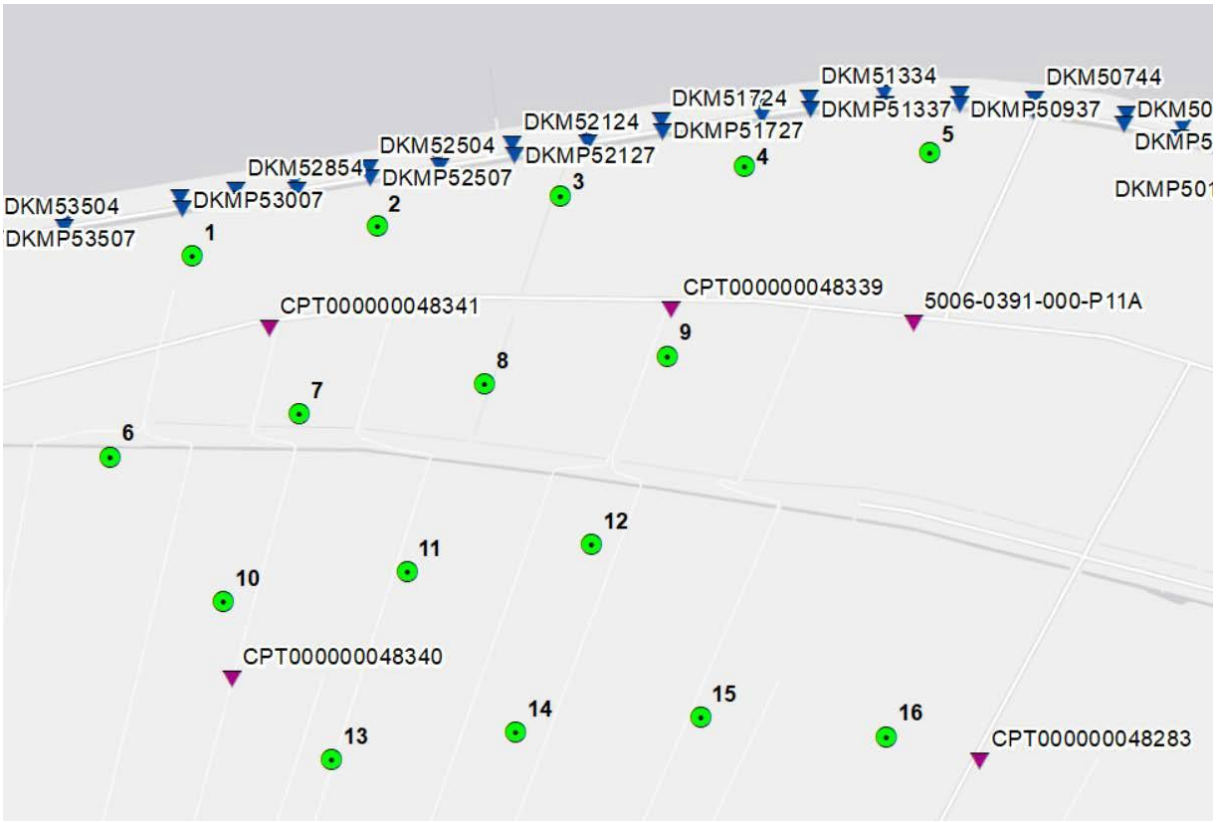
Figuur 3.1 toont de (gemodelleerde) verticale doorsnede van de ondergrond tot NAP -50 m op basis van GeoTOP. De doorsnede is noord-zuid door het plangebied genomen, vanaf de Waddenzee/dijk tot de Dwarsweg ten zuiden van het plangebied. De figuur laat zien dat vanaf het maaiveld over het algemeen een zeer fijne zandlaag wordt aangetroffen tot ca. NAP -5 à -10 m, met plaatselijk een kleiige toplaag en onderin kleiige afzettingen. De diepere bodemopbouw tussen ca. NAP -5 a -10 m en ca. NAP -23 m à -25 m bestaat voornamelijk uit een sterk variërende afwisseling van klei en zand. Lokaal wordt landinwaarts een dikke kleilaag aangetroffen van 4 à 5 m dik met onderin plaatselijk veen. Vanaf ca. NAP -25 m à -30 m volgen over het algemeen goed doorlatend zand- en grindlagen. Vanaf ca. NAP -110 m à -130 m wordt op basis van REGIS II v2.2. een complexe, matig doorlatende laag verwacht, bestaand uit een afwisseling van zand en klei. Deze laag wordt in onderhavige rapportage als geohydrologische basis beschouwd.



Figuur 3.1: Verticale doorsnede BRO GeoTOP v1.4 van Waddenzee (N) tot ongeveer de Dwarsweg (Z).

3.2 Grondonderzoek

Door de opdrachtgever is aangegeven dat er ter plaatse van de turbinelocaties geen geotechnisch grondonderzoek is uitgevoerd. Om inzicht te krijgen in de (variatie van de) bodemopbouw ter plaatse van de turbines en in de omgeving zijn de grondonderzoeksgegevens (vnl. sonderingen) uit de database van Fugro geraadpleegd. Daarnaast zijn beschikbare gegevens van de DINO-database van TNO opgevraagd. De locaties van de onderzoekspunten zijn weergegeven figuur 3.2. De opgevraagde onderzoeksgegevens van TNO zijn opgenomen in Bijlage A.

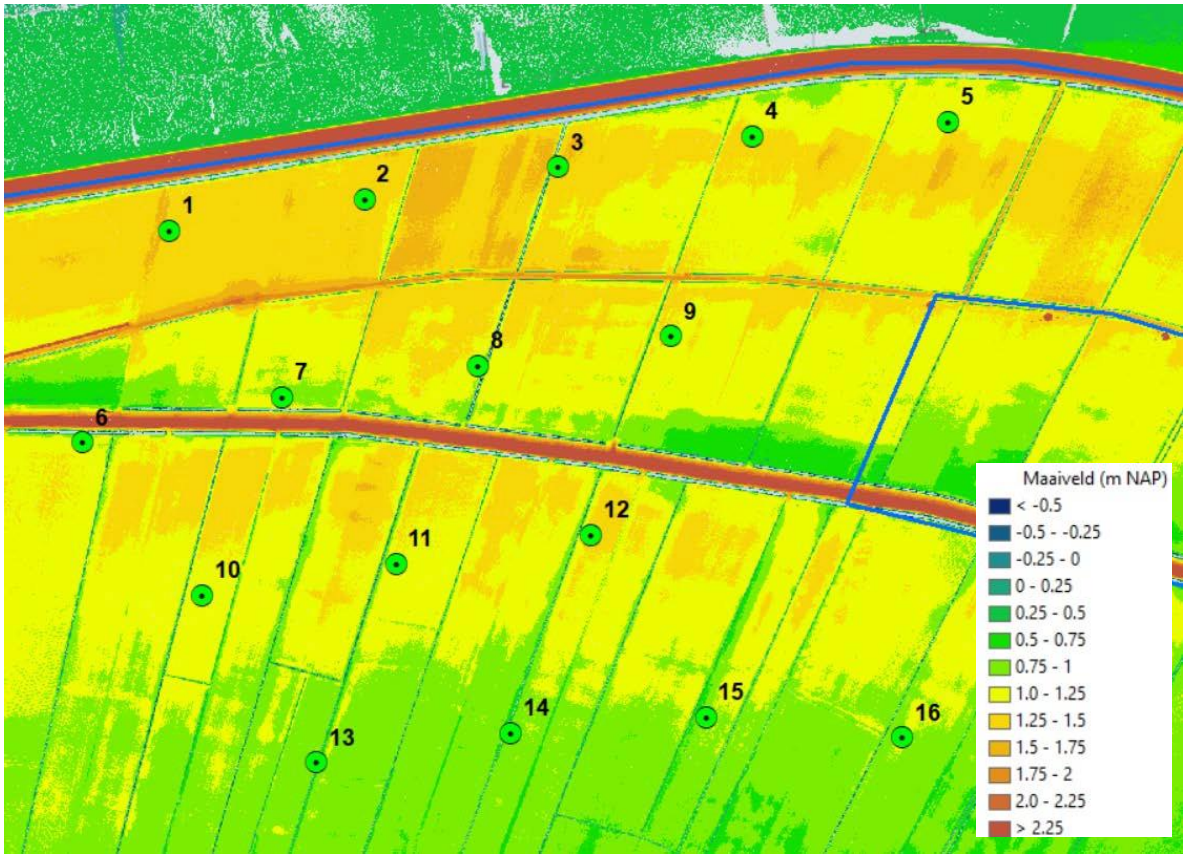


Figuur 3.2: Situering sondeerlocaties (driekhoeken) t.o.v. turbinelocaties (groene punten).

Afgeleid uit de beschikbare grondonderzoeksgegevens kan de bodemopbouw in het plangebied sterk variëren. Wij adviseren derhalve de bodemopbouw ter plaatse van de turbines te onderzoeken door het uitvoeren van enkele sonderingen per locatie.

3.3 Maaiveldhoogte

In figuur 3.3 is de projectlocatie geprojecteerd in een kaart van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN3, index kaartbladen 03gn2 en 03gn1) met globale maaiveldhoogtes in meters t.o.v. NAP. In tabel 3.1 staan de globale maaiveldniveaus per turbinelocatie.



Figuur 3.3: Turbinelocaties geprojecteerd in kaart van Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN3) met globale maaiveldhoogtes in meters t.o.v. NAP.

Tabel 3.1: Globale maaiveldniveau ter plaatse van turbines o.b.v. AHN3

Turbinelocatie	Maaiveldniveau o.b.v. AHN3 [in NAP m]		Turbinelocatie	Maaiveldniveau o.b.v. AHN3 [in NAP m]
1	+1,4 à +1,5		9	+1,2 à +1,3
2	+1,3 à +1,5		10	+1,1 à +1,2
3	+1,3 à +1,5		11	+1,1 à +1,3
4	+1,3 à +1,4		12	+1,3 à +1,4
5	+1,0 à +1,3		13	+0,8 à +0,9
6	+1,0 à +1,2		14	+0,7 à +0,9
7	+0,9 à +1,1		15	+0,7 à +1,0
8	+1,0 à +1,2		16	+0,9 à +1,1

3.4 Bodemopbouw en geohydrologische schematisering

Aan de hand van beschikbare archiefgegevens van Fugro en Dinoloket is de bodemopbouw geschematiseerd zoals is weergegeven in tabel 3.2. De parameterwaarden die behoren bij de geohydrologische schematisering zijn eveneens in de tabel opgenomen. Hierbij is de weerstand tegen verticale grondwaterstroming door een waterremmende laag weergegeven met een c-waarde en is het horizontaal doorlaatvermogen van een watervoerende laag

weergegeven met een kD-waarde. In de tabel is een worst-case, een best-case en de verwachtingswaarde van de betreffende parameterwaarden aangegeven.

Opgemerkt dient te worden dat de in de tabel weergegeven bodemopbouw en de parameterwaarden indicatief zijn. De waarden zijn geraamd aan de hand van de beperkt beschikbare bodemgegevens en niet op basis van praktijkgegevens. De parameters dienen na uitvoering van grondonderzoek op locatie per turbinelocatie te worden geverifieerd.

Tabel 3.2: Bodemopbouw en geohydrologische schematisering

Laag	Diepte [ca. m NAP]	Bodem-beschrijving	Typering	Parameterwaarden c [dagen] / kD [m²/dag]			
				c/kD	Positief	Verwachting	Negatief
0	+1,5 à +0,7	Maaiveld	Infiltratie-oppervlak	c	300	250	200
1a	+1,5 à +0,7 Tot +1,0 à -0,5	Kleitoplaag, zanderig (lokaal afwezig)	Waterremmend	c	150	100	1 [1)]
1b	+1,5 à +0,7 tot -5 à -18	Zand, kleiig	Watervoerend	kD	25	75	150
2	-5 à -18 tot -10 à -20	Klei-zand afwisseling, lokaal sterk zandig	Waterremmend	c	700	500	300
3	-10 à -20 Tot -110 m à -130 [2)]	Zand	Watervoerend	kD	1.000	2.000	3.000

1) Lokaal is de kleitoplaag (laag 1a) afwezig. Hiermee is in de berekeningen rekening gehouden door hiervoor een lage c-waarde (c = 1 dag) te nemen.

2) Vanaf ca. NAP -110 m à -130 m wordt op basis van REGIS II v2.2. wordt een complexe, matig doorlatende laag van ca. 10 m dik verwacht, bestaand uit een afwisseling van zand en klei. Deze laag wordt in onderhavige rapportage als geohydrologische basis beschouwd.

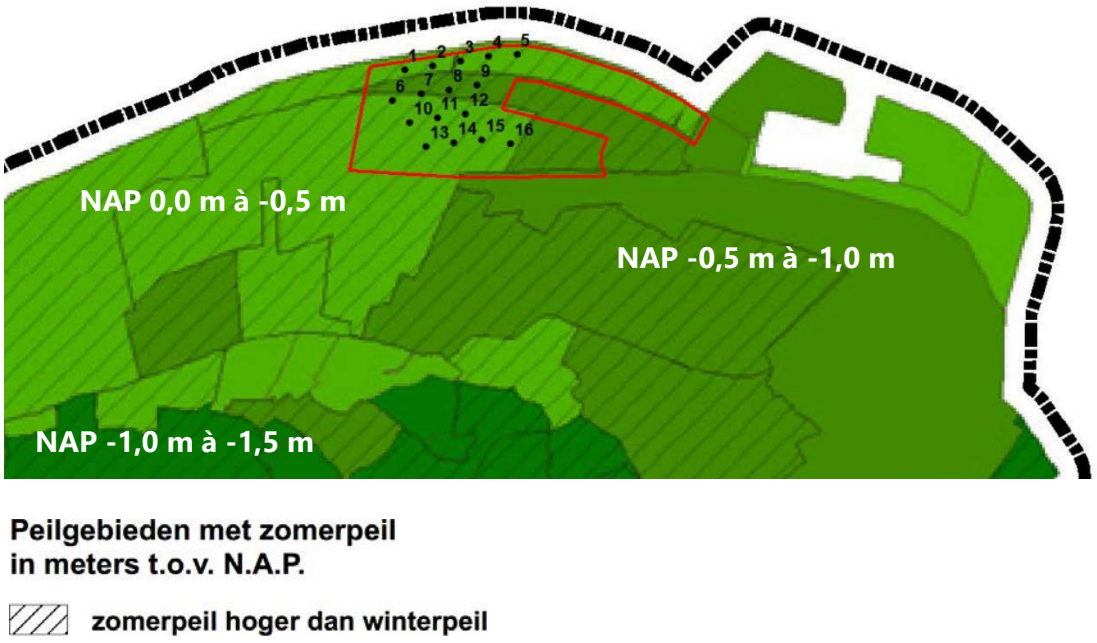
3.5 Open waterpeil

Op ca. 200 m ten noorden van de noordelijkste turbinelocaties is de Waddenzee gelegen. Direct achter de dijk, op ca. 685 m vanaf de meest noordwestelijke turbinelocatie (5) is op basis van Rijkswaterstaat Waterinfo een meetpunt van het zeewaterpeil gelegen. De normale waterstand bevindt zich tussen ca. NAP +0,2 en +2,6 m. Bij een verhoogde waterstand bevindt het zeewater zich boven NAP +2,7 m. Bij extreem hoogwater kan het waterpeil oplopen tot boven NAP +4,2 m.

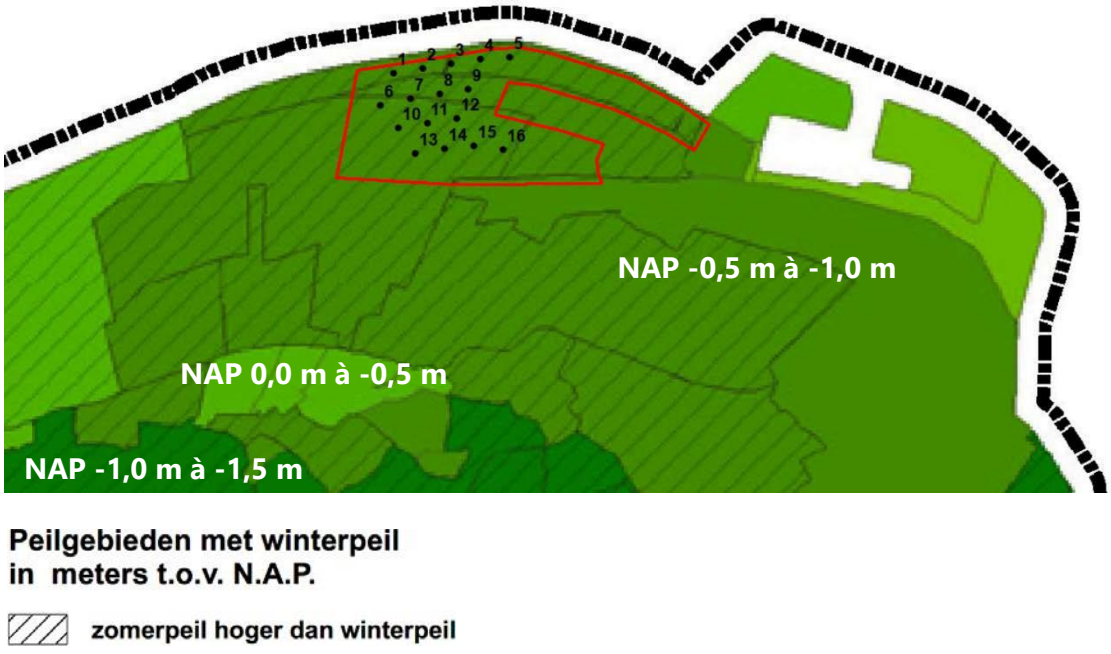
Op het land bevinden zich door het plangebied enkele tochten die met elkaar in verbinding staan, waaronder de Noorderbermtocht, Emmapoldertocht/Eemspoldertocht en Uithuizerbermsloot. De watergangen en het plangebied liggen in het peilgebied Spijksterpompen. Op basis van de website van het waterschap Noorderzijlvest zijn er nog een aantal peilbesluiten in voorbereiding, waaronder het peilbesluit Spijksterpompen. Hiervan is

geen actueel peilbesluit beschikbaar. Afgeleid uit het Waterbeheerplan 2010-2015 van waterschap Noorderzijlvest (bijlage 17A en 17B) ligt het zomerpeil in dit peilgebied tussen ca. NAP +0,0 à -1,0 m en het winterpeil tussen ca. NAP -0,5 m à -1,0 m. Een overzicht van de zomer- en winterpeil zijn op kaart weergegeven in respectievelijk figuur 3.4 en figuur 3.5.

De locaties van de turbines bevinden zich op verschillende afstanden van de tochten. Opgemerkt wordt dat in de bemalingsberekeningen vooralsnog geen rekening is gehouden met de aanwezigheid van nabijgelegen open water.



Figuur 3.4: Peilgebieden in noordoost Groningen. Kleuren geven zomerpeil aan in meter t.o.v. NAP (bron: Waterbeheerplan 2010-2015, Waterschap Noorderzijlvest, Bijlage 17A).



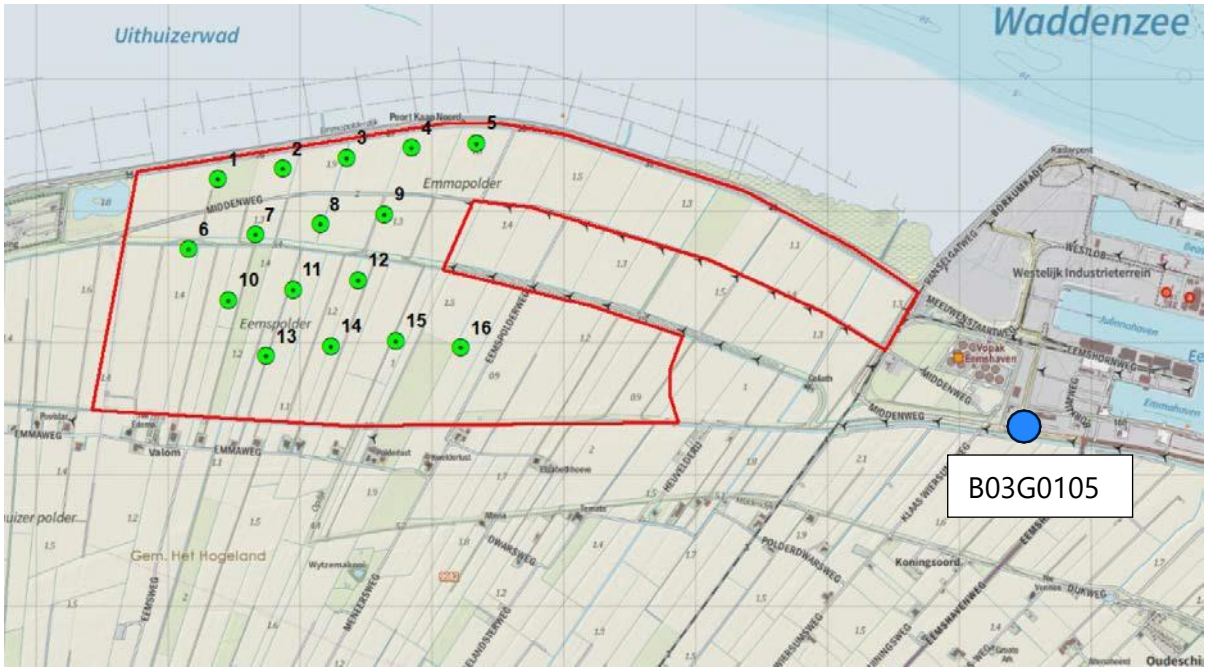
Figuur 3.5: Peilgebieden in noordoost Groningen. Kleuren geven winterpeil aan in meter t.o.v. NAP (bron: Waterbeheerplan 2010-2015, Waterschap Noorderzijlvest, Bijlage 17B).

3.6 Grondwaterstand/stijghoogte

Op basis van grondwaterkaart van noordoost Groningen (gwk18 3 oost, 7 oost, 8 west, TNO 1978) wordt in het plangebied een grondwaterstijghoogte van boven NAP +1,0 m verwacht.

Om inzicht te krijgen in de (fluctuatie van de) grondwaterstand en stijghoogte binnen het plangebied zijn lokale, meerjarige meetgegevens van de grondwaterstand en stijghoogte van peilbuizen in het gebied nodig. Hiervoor zijn meerdere databases geraadpleegd, waaronder het archief van Fugro en Dinoloket. Binnen het plangebied en in de directe omgeving zijn echter geen (recente) meetgegevens van de grondwaterstand of stijghoogte beschikbaar.

In de DINO-database is op circa 4,2 km ten oosten van het plangebied, ten zuiden van de Eemshaven, een peilbuis aanwezig, peilbuis B03G0105, waarvan recente stijghoogtegegevens van de diepere watervoerende lagen beschikbaar zijn, zie ook Figuur 3.6. In Bijlage B zijn het boorprofiel en de tijd-stijghoogtegrafieken van de peilbuis opgenomen. Ter plaatse van de peilbuis varieert de stijghoogte onderin laag 1 tussen circa NAP +0,9 m en NAP +0,1 m en in laag 3 tussen circa NAP +0,7 m en NAP -0,1 m. Gezien de ligging van de peilbuis ten opzichte van de kust wordt ter plaatse van de turbines 6 t/m 9 in het plangebied vergelijkbare stijghoogte verwacht.



Figuur 3.6: Locatie peilbuis Dinoloket (blauwe stip) t.o.v. plangebied (rood kader) en turbinelocaties (groene stippen).

De grondwaterstand en stijghoogtes in het plangebied dienen te worden gemeten. Gezien de sterk variërende bodemopbouw adviseren wij per turbinelocatie peilbuizen te plaatsen met het filter in de laag 1. Daarnaast adviseren wij binnen het plangebied enkele peilbuizen (minstens 2) met het filter in de diepere watervoerende laag, laag 3, te plaatsen. Om de

gemiddelde stijghoogte en de fluctuatie van stijghoogte bij de turbinelocaties te controleren dient de stijghoogte in de peilbuizen voor minimaal enkele maanden te worden gemonitord.

3.6.1 Uitgangsgrondwaterstand/-stijghoogte

Op basis van de beschikbare informatie zijn de voor de bemaling representatieve grondwaterstanden en stijghoogten afgeleid zoals zijn weergeven in tabel 3.3.

Tabel 3.3: Raming grondwaterstand en stijghoogte op projectlocatie

Laag	Hoog [ca. NAP m]	Gemiddeld [ca. NAP m]	Laag [ca. NAP m]
1	+1,0	+0,5	0,0
3	+1,0	+0,3	-0,2

De in tabel 3.3 opgenomen waarden worden als uitgangsgrondwaterstand/-stijghoogte beschouwd voor de berekening van de bemaling, maar mogen niet zonder meer worden gebruikt voor andere (ontwerp)doeleinden. De aangenomen, maatgevende waarden zijn niet tot stand gekomen met behulp van een statistische analyse en dienen aan de hand van peilbuismetingen te worden geverifieerd.

3.7 Grond(water)kwaliteit

3.7.1 Milieukundig bodemonderzoek locatie

Er zijn bij Fugro geen verontreiniging binnen het plangebied bekend. Op basis van Bodemloket.nl vallen delen van het plangebied binnen de categorie ‘Onderzoek uitvoeren’. Wij adviseren de bestaande milieukundige rapportages bij de gemeente op te vragen (Gemeente Eemsdelta). Doorgaans wordt voor het ontgraven voor bouwlocaties een nieuw milieukundig uitgevoerd. Aan de hand van de resultaten van het milieukundig onderzoek kan worden vastgesteld of het opstellen van een plan van aanpak, milieukundige begeleiding en PBM’s voor de betreffende locaties nodig zijn.

3.7.2 Lozingsparameters grondwater locatie

Bij Fugro zijn geen gegevens bekend omtrent de (lokale) kwaliteit van het grondwater.

Op basis van de kaart ‘DANK 8a – Beschikbaarheid zoet grondwater’ van Deltares, d.d. 02-04-2015 bevindt ter plaatse van het plangebied het zoet-brakwater grensvlak zich ongeveer 5 à 10 m onder het maaiveldniveau. Gezien in het plangebied relatief ondiep brakwater aanwezig is dient er rekening te worden gehouden met het onttrekking van brak tot zout water tijdens de bemalingen.

Omdat de waterontvangende instantie graag voortijdig de kwaliteit van het te ontvangen water wil weten, wordt geadviseerd om per turbinelocatie een grondwatermonster uit de te bemalen laag/tussenlagen (laag 1) te nemen en deze in een laboratorium te laten analyseren op diverse lozingsparameters.

4. Bemalingsberekening en effecten

In dit hoofdstuk worden alle, binnen de opdracht vallende berekeningen, gepresenteerd. Tevens wordt op basis van de berekeningen kort stilgestaan bij de effecten van de bemaling op de omgeving.

4.1 Benodigde verlagingen en te bemalen lagen

In hoofdlijnen wordt onderscheid gemaakt in het verlagen van de grondwaterstand en het eventueel moeten verlagen van de stijghoogte in dieper liggende watervoerende lagen.

4.1.1 Benodigde verlaging van grondwaterstand/stijghoogte (laag 1)

Voor een droge en goed begaanbare bouwputbodem dient de grondwaterstand te worden verlaagd tot 0,5 m onder het aanlegniveau van de fundering van de turbines.

Mogelijk is plaatselijk direct onder het aanlegniveau van de fundering een cohesieve laag (klei) aanwezig. Als de bouwputbodem wordt voorzien van een zandbed ter verbetering van de draagkracht, bijvoorbeeld voor zwaar materieel, dan dient de grondwaterstand tijdelijk verder te worden verlaagd. Mede gezien de korte periode waarin deze extra verlaging noodzakelijk is, wordt voor de bemalingsberekening uitgegaan van een verlaging van de grondwaterstand tot aan de onderzijde van het zandbed.

Een overzicht van de benodigde grondwaterstandsverlagingen is opgenomen in tabel 4.2

4.1.2 Benodigde verlaging van (diepere) stijghoogte

Conform de NEN 9997-1, hoofdstuk 10, dient ten opzichte van elk niveau sprake te zijn van verticale stabiliteit van de ontgraving. Door het ontgraven van de (bouw)putbodem en het verlagen van de grondwaterstand neemt de neerwaartse belasting af. Dit kan (bij onvoldoende veiligheid) leiden tot het opbarsten van de bodem of tot welvorming.

Gezien de relatief diepe ligging van het watervoerende pakket (laag 3) en de relatief hoge zandfractie van de ondiepe bodem wordt er geen opbarstrisico verwacht ten opzichte van laag 3.

Naar verwachting zal er tevens in de klei-zandafwisseling (laag 1-2) geen grote drukopbouw plaatsvinden, waardoor het opbarstrisico van de bouwputbodem beperkt blijft. Echter, op basis van de beschikbare sondeergegevens kunnen er plaatselijk opgesloten zandlagen aanwezig zijn (bijv. ter plaatse van sondering 1317-0279-000-DKMP51467). Gezien de sterk variërende bodemopbouw is, om de verticale stabiliteit van de bouwputbodem te controleren, een indicatieve stabiliteitsberekening uitgevoerd, waarbij de minimale diepteligging van een waterremmende (klei)laag onder het (maatgevende) ontgravingsniveau is bepaald. Voor deze (zeer) indicatieve berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Maximale ontgravingsniveau (o.b.v. laagste maaiveldniveau) = NAP -4,3 m
- Stijghoogte onder opbarstniveau = NAP +1,0 m
- Gemiddeld soortelijk gewicht klei/zand = 17 kN/m^3
- (Partiële materiaal)factor op neerwaartse belasting van de grond = 0,9

Op basis van de bovengenoemde uitgangspunten is de ontgraving voldoende veilig (stabiel) indien het opbarstniveau (onderzijde waterremmende laag) zich lager dan NAP -14,3 m bevindt.

Opgemerkt wordt dat het bovengenoemde opbarstniveau zeer indicatief is en dat de diepteligging, dikte van de waterremmende en van de watervoerende lagen en mogelijk ook de stijghoogte sterk kunnen variëren per turbinelocatie. Wij adviseren derhalve op de locaties de bodemopbouw met grondonderzoek door middel van een waterspanningssondering te controleren en peilbuizen te plaatsen om de stijghoogtes ter plaatse te meten. Op basis van de nieuw verkregen informatie dient vervolgens de verticale stabiliteit per turbinelocatie te worden gecontroleerd.

In de bemalingsberekeningen wordt vooralsnog uitgegaan dat op de turbinelocaties er geen spanningsbemaling noodzakelijk is.

4.1.3 Overzicht verlagingen

Een overzicht van de benodigde grondwaterstands-/stijghoogteverlagingen ten opzichte van de hoge uitgangsgrondwaterstand en -stijghoogte is opgenomen in tabel 4.2. De benodigde verlaging van de grondwaterstand kan worden gerealiseerd met verticale filters in combinatie met een open bemaling. Een voorstel voor de dimensionering van de bemaling is opgenomen in hoofdstuk 5.

Tabel 4.1: Benodigde verlagingen grondwaterstand c.q. stijghoogte t.o.v. hoge waarden

Onderdeel	Maaiveldniveau [m NAP]	Ontgravingsniveau [m NAP]	Grondwaterstands-/stijghoogteverlaging (laag 1) [1]	
			tot [ca. NAP m]	Verlaging t.o.v. 'hoog' NAP +1,0 m [ca. m]
Aanleg fundering turbine	+1,5 à +0,7	-3,5 à -4,3	-4,0 à -4,8	5,0 à 5,8 [2]
1) In de bemalingsberekeningen is uitgegaan van de maximale verlaging.				

4.2 Berekende waterbezwaren

Om inzicht te krijgen in het waterbezwaar/debiet en de grondwaterstandsverlagingen in de omgeving als gevolg van de bemaling zijn met het softwarepakket MicroFEM bemalingsberekeningen uitgevoerd. De indicatief stationaire berekende waterbezwaren zijn opgenomen in tabel 4.3 voor verlagingen van de grondwaterstand van 1,0 m tot en met 6,0 m met een interval van 1,0 m.

Tabel 4.2: Indicatief waterbezwaren per turbinelocatie bij verschillende verlagingsstappen van 1,0 m t/m 6,0 m grondwaterstandsverlaging in laag 1

Verlaging in laag 1 (m)	Debiet [1] [ca. m^3/uur]			Totaal waterbezwaar [ca. m^3]		
	Min.	Verw.	Max.	na 1 maand bemalen	na 3 maanden bemalen	na 6 maanden bemalen
1,0	< 5	5 à 10	15 à 20	14.900	43.900	87.800
2,0	5 à 10	15 à 20	30 à 35	26.000	76.900	153.700
3,0	10 à 15	25 à 30	45 à 50	37.200	109.800	219.600
4,0	10 à 15	35 à 40	65 à 70	52.100	153.700	307.400
5,0	15 à 20	40 à 45	80 à 85	63.200	186.700	373.300
6,0	20 à 25	50 à 55	95 à 100	74.400	219.600	439.200

1) Het minimale (min.), verwachtte (verw.) en maximale (max.) debiet zijn berekend o.b.v. de verschillende grondparameters zoals geraamd in tabel 3.1. Het debiet per uur is afgerond per 5 m^3 .

Uitgaande van het door de opdrachtgever aangegeven ontgravingsniveau (5 m-mv) en de maximale benodigde grondwaterstandsverlaging van ca. 5,8 m ten opzichte van de geraamde hoge grondwaterstand wordt voor de bemalingswerkzaamheden van één windturbine locatie een bemalingsdebiet tussen ca. 40 m^3/uur en 55 m^3/uur verwacht. Uitgaande van een bemalingsduur van 6 maanden en de hoge grondwaterstand wordt per turbine maximaal 439.000 m^3 grondwater onttrokken.

Afhankelijk van de grondwaterstand, de wijze van bemalen en de snelheid waarmee de benodigde verlaging wordt gerealiseerd kan het waterbezwaar van de bemaling hoger of lager zijn. Bij de dimensionering van de bemalingsinstallatie dient tevens met extra waterbezwaar als gevolg van neerslag rekening te worden gehouden.

4.3 Vergunningsplicht/meldingsplicht onttrekking in kader Waterwet

De projectlocatie is gelegen in het beheersgebied van Waterschap Noorderzijlvest. Hier geldt dat in het kader van de Waterwet een onttrekkingsvergunning voor een bronbemaling moet worden aangevraagd indien:

- Of meer dan 80 m^3 grondwater per uur wordt onttrokken;
- Of als langer dan 183 dagen (6 maanden) wordt bemalen.

Indien het plaatsen van de 16 windturbines als één project wordt gezien en meerdere turbines tegelijkertijd gerealiseerd zullen worden is, op basis van het totale waterbezwaar en de verwachte totale bemalingsduur, het project **vergunningsplichtig** en zal een onttrekkingsvergunning moeten worden aangevraagd. Gezien de onzekerheid in de lokale bodemopbouw en grondwaterstanden op de projectlocaties én het onbekend is of de bemalingseffecten (o.a. het onttrekkingsdebiet) per windturbine of op projectbasis beschouwd kunnen worden, verzoeken wij hierover zo spoedig mogelijk in overleg te treden met het Waterschap Noorderzijlvest.

Een vergunningsaanvraag dient, voor de aanvang van de werkzaamheden, bij het waterschap te worden ingediend. Na de ontvankelijke aanvraag kan de beoordeling ervan namelijk tot ca. 6 maanden duren. Bij een vergunningsaanvraag of melding kan via het omgevingsloket online, OLO (https://www.omgevingsloket.nl), samen met de melding van de lozing worden gedaan.

Ook zijn alle grondwateronttrekkingen die onder de vergunningplicht vallen tevens **m.e.r.-beoordelingsplichtig.** Dit houdt in dat de m.e.r.-beoordelingsprocedure doorlopen moet worden. Dit kan gelijktijdig met de vergunningsaanvraag.

Voorts wijzen wij u erop dat het waterschap voorschriften zal verbinden aan de bemaling. Door deze voorschriften nauwkeurig op te volgen kunnen problemen tijdens en na de bemaling worden voorkomen. Tevens dient rekening te worden gehouden met een heffing, die per onttrokken m^3 grondwater moet worden betaald. Voor zowel het onttrekken als het lozen van het grondwater is het in het kader van eventuele heffingen en belastingen noodzakelijk dat de hoeveelheden onttrokken grondwater worden gemeten met behulp van geijkte debietmeters en worden geregistreerd in een logboek.

4.4 Lozing van het bemalingswater

De projectlocaties liggen over het algemeen in de buurt van sloten. Derhalve ligt het voor de hand om op dit open water te lozen. Gezien de (plaatselijk) hoge verwachte onttrekkingsdebieten tot maximaal 100 m^3/uur (bij een ongunstige bodemopbouw) zal een relatief grote hoeveelheid water geloosd moeten worden. Onbekend is of het oppervlaktewatersysteem (de gemalen in de polder) dit kan verwerken, met name bij het gelijktijdig bemalen voor meerdere turbines. Hiervoor dient in overleg getreden te worden met het waterschap Noorderzijlvest.

Een lozing op het oppervlaktewater zal gemeld moeten worden. Het te onttrekken grondwater bevat mogelijk een relatief hoog chloridegehalte (brak tot zout water). Wij adviseren de daadwerkelijke kwaliteit op de turbinelocaties te bepalen door uit te plaatsen peilbuizen grondwatermonsters te nemen van laag 1 en de waterkwaliteit in een laboratorium te analyseren op de vereiste lozingsparameters. Ook adviseren wij ter referentie watermonsters te nemen van het te ontvangen oppervlaktewater in de buurt van de bouwlocaties, zoals sloten waaronder de Noorderbermtocht, Emmapoldertocht, Eemspoldertocht en Uithuizerbermsloot/Oostpolderbermkanaal, en deze tevens op de vereiste lozingsparameters te laten analyseren.

Wij adviseren hierover in een zo vroeg mogelijk stadium in overleg te treden met Waterschap Noorderzijlvest, betreffende de kwaliteit van het te lozen grondwater en de capaciteit van het oppervlaktewatersysteem. Indien niet op de sloten geloosd kan worden dient een alternatieve lozingsoptie, zoals het plaatselijk retourbemalen van het grondwater of het aanleggen van een afvoerleiding, te worden onderzocht. Een retourbemaling zal echter op veel locaties naar verwachting niet mogelijk zijn gezien de hoge kleifractie van de ondiepe ondergrond.

Voor de lozing kunnen significante kosten verschuldigd zijn aan de waterontvangende instantie. Rekening dient te worden gehouden met een verontreinigings- of zuiveringsheffing, die per te lozen 1.000 m^3 grondwater moet worden betaald. Bovendien kan de waterontvangende instantie waterzuiverende maatregelen eisen als de gehaltes van lozingsparameters te hoog zijn.

4.5 Verlagingen in omgeving

De bemaling op de locatie leidt tot verlagingen van de grondwaterstand in de omgeving. Om inzicht te geven in de bemalingseffecten zijn de stationaire verlagingen ten opzichte van de aangehouden hoge en lage uitgangsgrondwaterstand (resp. NAP +1,0 m en NAP +0,0 m) en bij maximale grondwaterstandsverlaging in de bouwput (6,0 m) berekend. De indicatief berekende verlagingen op verschillende afstanden vanaf de bemaling ten opzichte van een hoge grondwaterstand zijn weergegeven in tabel 4.3. Op basis van de indicatieve bemalingsberekening bedraagt het invloedsgebied van de bemaling maximaal ca. 400 à 450 m. Het bij een lage grondwaterstand berekende indicatieve invloedsgebied is ca. 350 à 400 m (zie tabel 4.4).

Tabel 4.3: Berekende stationaire verlagingen t.o.v. hoge grondwaterstand (NAP +1,0 m) bij een maximale benodigde verlaging in de bouwput (6,0 m)

Ontgraving	Laag	Verlaging op afstand x (in m) tot ontgraving/bemaling (ca. m)						
		X = 5	10	25	50	100	250	500
Fundering windturbine	1	5,3	4,7	3,4	2,3	1,2	0,2	< 0,05

Tabel 4.4: Berekende stationaire verlagingen t.o.v. lage grondwaterstand (NAP +0,0 m) bij een maximale benodigde verlaging in de bouwput (6,0 m)

Ontgraving	Laag	Verlaging op afstand x (in m) tot ontgraving/bemaling (ca. m)						
		X = 5	10	25	50	100	250	500
Fundering windturbine	1	4,4	3,9	2,9	1,9	0,9	0,2	< 0,05

Door een afwijkende bodemopbouw op locatie, de invloed van open water, de bemalingsduur, neerslag en een andere bodemopbouw buiten de projectlocatie zijn de werkelijk optredende verlagingen anders dan uit de indicatieve berekening volgt. In een overwegend zandige bodem zullen de verlagingen verder reiken dan in een bodem bestaand uit meer waterremmende kleilagen.

4.6 Omgevingsaspecten

Bij diverse bronnen zijn gegevens opgevraagd omtrent omgevingsaspecten zoals (grondwater)verontreinigingen, (beschermde) natuurgebieden, archeologie, WKO bronnen en Rijksmonumenten. De relevante omgevingsaspecten binnen het (maatgevende) invloedsgebied van de bemaling zijn vastgesteld zoals weergegeven in tabel 4.4.

Tabel 4.5: Relevante omgevingsaspecten binnen invloed gebied bemaling [ca. 450 m]

Aspect	Bron	Aanwezig	Afstand en richting
(ondergrondse) infrastructuur	Google Maps	Onbekend	-
(Monumentale) bebouwing	BAG kaartviewer / Google Maps	Nee	-
Grondwaterverontreiniging	Bodemloket	Mogelijk	Binnen plangebied
(tijdelijke) grondwateronttrekkingen/ bemalingen in omgeving	Waterschap	onbekend	-
WKO-systemen in omgeving	WKO-tool Nederland	Nee	-
Overige onttrekkingen (o.a. industrieel, beregening, brandblusputten e.d.)	WKO-tool Nederland	Nee	-
Grondwaterbeschermings-/ provinciaal milieubeschermingsgebied (PMV)	WKO-tool Nederland	Nee	-
Waterwingebied	Atlas leefomgeving / WKO-tool Nederland	Nee	-
Boringsvrije zone	Atlas leefomgeving / WKO-tool Nederland	Nee	-
Beschermd gebied voor grondwateronttrekkingen	Atlas leefomgeving	Nee	-
(primaire) waterkering	(Legger) Waterschap	Ja	150 m N
Stedelijk groen zoals (monumentale) bomen, struiken, gras, tuinen	Google Maps	Nee	-
Natuurgebieden (EHS / Natura2000)	Atlas leefomgeving / WKO-tool Nederland	Nee	-
Landbouw	Google Maps	Ja	Binnen plangebied
Archeologisch waardevol terrein	Atlas leefomgeving / WKO-tool Nederland	Nee	-
Gebieden van aardkundige waarden	Atlas leefomgeving / WKO-tool Nederland	Nee	-
Upconing van brak en/of zout grondwater	DANK Factsheet 8a - Deltares	Ja	Binnen plangebied

4.6.1 Zettingen door bemaling (maaiveldzakking / (ondergrondse) infrastructuur / kwetsbare gebouwen)

Door grondwaterstandverlagingen kunnen cohesieve grondsoorten zoals klei, leem en veen worden samengedrukt, met zettingen in de omgeving van de bouwput tot gevolg. Hierbij kan worden gedacht aan maaiveldzakkingen en zetting (en deformatie) van op staal gefundeerde panden en (ondergrondse) infrastructuur. Dit is met name het geval wanneer de grondwaterstand en/of stijghoogte gedurende langere tijd wordt verlaagd tot beneden de in het verleden opgetreden lage waarde. Gezien de grondwaterstand waarschijnlijk verlaagd gaat worden tot onder de lage uitgangsgrondwaterstand dient er rekening te worden gehouden met plaatselijke maaiveldzakkingen binnen het invloedsgebied als gevolg van

zetting van de grond. Opgemerkt wordt dat als de grond zettingsgevoelig is, deze ook waterremmend is. Dit betekent dat als er kans op zettingen is, het invloedsgebied van de bemaling relatief beperkt is.

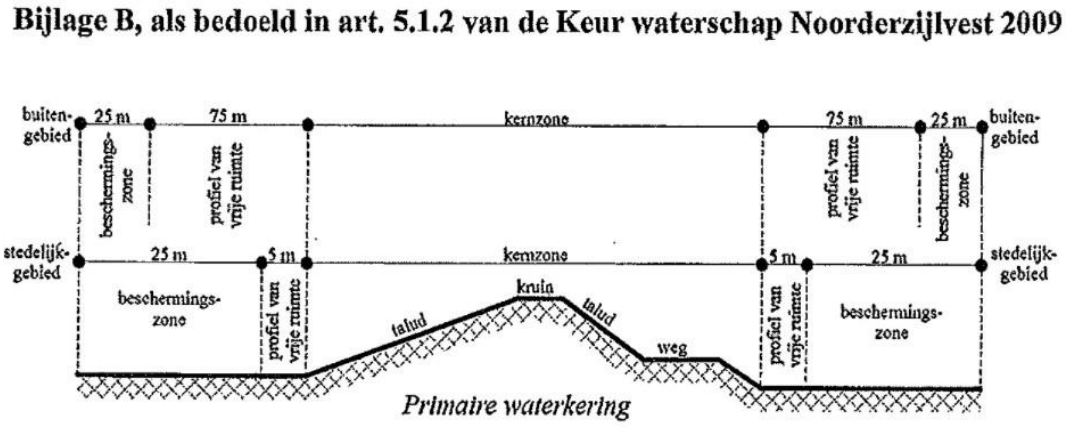
(Ondergrondse) infrastructuur

In de omgeving van de turbinelocaties bevinden zich wegen. Ook kunnen in de omgeving van de bouwputten kabels en/of leidingen in de ondergrond aanwezig zijn (Fugro heeft hiervan geen informatie). Wij adviseren om te inventariseren of er zich kabel- en/of leidingwerk zich binnen het invloedsgebied bevinden (plangebied). Mogelijk dient een deel van de nabij gelegen ondergrondse infrastructuur te worden verlegd of te worden gefixeerd tijdens de uitvoerwerkzaamheden voor de windturbines.

Als gevolg van de grondwaterstandsverlagingen kan er mogelijk plaatselijk zetting optreden van het maaiveld, met schade aan infrastructuur als gevolg. Er dient aan de hand van het uit te voeren grondonderzoek in het plangebied en te inventariseren gegevens nader onderzoek te worden verricht naar de daadwerkelijk optredende locatie-specifieke maaiveldzettingen en de effecten hiervan op de omliggende infrastructuur en objecten.

4.6.2 Beschermingszones waterkeringen

Aan de noordelijke rand van het plangebied, binnen de invloedzone van de bemalingen, ligt een primaire waterkering met een beschermde status: de Ommelanderzeedijk. De kruin van de dijk ligt op ca. 150 m afstand van de locaties van de noordelijke windturbines, ter plaatse worden verlagingen van ca. 0,6 m van de grondwaterstand berekend. Bij deze verlaging is een indicatieve zetting van de kruin van de dijk van minder dan 10 mm berekend (sondering 1317-0279-000-DKMP52314). Opgemerkt wordt dat er binnendijks van de dijk een brede watergang aanwezig is. Deze watergang reduceert naar verwachting de grondwaterstandsdaling ter plaatse van de dijk. Hierdoor is het aannemelijk dat de grondwaterstand ter plaatse van de dijk niet tot onder de historisch lage waarde wordt verlaagd, zakking van de kruin van de dijk zal dan ook niet optreden. De beschermingszone van de dijk reikt tot 100 m afstand uit de teen van de dijk, zie ook de doorsnede in figuur 4.1 (uit de Keur). Gezien beoogd is de noordelijke windturbines aan de rand van de beschermingszone van de dijk te realiseren, valt hierdoor mogelijk een deel van de (bemalings)werkzaamheden in de beschermingszone van de dijk en dient hiervoor een ontgravingsvergunning en/of onttrekkingsvergunning te worden aangevraagd. De bodemopbouw en de bemalingseffecten ter plaatse van de noordelijke turbines dienen hiervoor nader te worden onderzocht. Wij adviseren om na het onderzoek vervolgens met het bevoegd gezag in overleg te treden (Waterschap Noorderzijlvest).



Figuur 4.1: Uitsnede bijlage B van keur Waterschap Noorderzijlvest 2009.

4.6.3 (Grondwater)verontreiniging

Er zijn bij Fugro geen verontreiniging binnen het plangebied bekend. Op basis van Bodemloket.nl vallen delen van het plangebied binnen de categorie 'Onderzoek uitvoeren', zie figuur 4.2. Wij adviseren de bestaande milieukundige rapportages bij de gemeente op te vragen (Gemeente Eemsdelta). Doorgaans wordt voor het ontgraven voor bouwlocaties een nieuw milieukundig onderzoek uitgevoerd. Aan de hand van de resultaten van het milieukundig onderzoek (en eventueel de archiefrapportages) kan worden vastgesteld of het opstellen van een plan van aanpak, milieukundige begeleiding en PBM's voor de betreffende locaties nodig zijn.

Figuur 4.2: Bodeminformatie van bodemloket.nl.

4.6.4 Landbouwgrond

De locaties van de windturbines bevinden zich in het midden van landbouwgronden. Gewassen kunnen schade ondervinden door een tekort aan vocht bij een verlaging van de grondwaterstand. Voor het groeiseizoen wordt uitgegaan van de periode maart-oktober.

Later in het jaar is begroeiing veelal beter bestand tegen (extra) vochttekort. Indien er gewassen op het land geteeld zullen worden dient de werkelijke grootte van de invloedzone van de bemaling vastgesteld te worden tijdens de bemaling. Dit kan door de freatische grondwaterstand te meten in peilbuizen welke rond de werkput zijn geplaatst. Eventuele schade aan de gewassen, ten gevolge van de bemalingen, kan gecompenseerd worden via de LTO systematiek. Wij adviseren hierover vooraf in overleg te treden met de betreffende landeigenaren.

4.6.5 Onttrekking van brak/zout water

Op basis van de literatuur (DANK Factsheet 8a – beschikbaarheid zoet grondwater, Deltares, 02-04-2015) bevindt het zoet-brak grensvlak van het grondwater zich op ca. 5 à 10 m onder het maaiveldniveau. Gezien deze diepte zal tijdens de bemalingen brak, mogelijk zelfs zout, grondwater worden onttrokken. Door de bemaling zal er tijdelijk upconing van zoet-brakgrensvlak plaatsvinden op de projectlocaties. Nadat de bemaling is stop gezet zal dit op termijn weer terugzakken naar het oorspronkelijke niveau.

Om te voorkomen dat er na de werkzaamheden (zoute) kwel ontstaat in de permanente situatie of dat het brakke grondwater op kleilagen en/of -lenzen achterblijft adviseren wij om voor de fundering van de windmolens grondverdringende funderingspalen toe te passen zodat, bij de aanwezigheid van waterremmende lagen op de projectlocaties, het risico op hydraulische kortsluiting tussen het diepere (brakke tot zoute) grondwater en het (zoete) freatische grondwater wordt beperkt. Voorbeelden van grondverdringende funderingspalen zijn geheide prefab betonpalen en geheide/getrilde monopiles. Ook bij het doorgraven van waterremmende lagen op de turbinelocaties dient de verticale weerstand van de bodem te worden hersteld. Tevens dienen na het verwijderen van peilbuizen en van de verticale bemalingsfilters de boorgaten met waterremmend materiaal te worden afgedicht, indien er sprake is van (ondiepe) waterremmende lagen. Bij de voorgenoemde maatregelen blijft ook op de lange termijn het diepere brakke tot zoute grondwater gescheiden van het ondiepe (zoete) grondwater.

Om inzicht te krijgen in de (grond)waterkwaliteit binnen het plangebied moeten vooraf (grond)watermonsters genomen worden van het ondiepe (freatische) grondwater ter plaatse van de turbinelocaties en oppervlaktewatermonsters van de nabij gelegen sloten/kanalen. Om de grondwatermonsters te kunnen nemen dienen op de turbinelocaties peilbuizen te worden geplaatst, waaruit de watermonsters genomen kunnen worden. Deze monsters dienen in het laboratorium geanalyseerd te worden op lozingsparameters (o.a. chlorideconcentratie). Op basis van de resultaten dient onderzocht te worden wat de lokale effecten zullen zijn van de onttrekkingen op het omhoogtrekken van het brakke grondwater.

Ook dient onderzocht te worden of het water op de omringende sloten geloosd kan worden in verband met de verhoogde chlorideconcentraties (en de afwateringscapaciteit van de sloten). Indien niet op de sloten geloosd kan worden dient een alternatieve lozingsoptie, zoals het (deels) retourbemalen van het bemalingswater, te worden onderzocht. Wij

adviseren om nadat de analyseresultaten van de watermonsters bekend zijn met Waterschap Noorderzijlvest in overleg te treden over de lozing.

5. Conceptueel bemalings- en monitoringsplan

In dit hoofdstuk wordt aangegeven welke bemalingsinstallatie kan worden toegepast voor het bereiken van de benodigde verlaging en op welke wijze de bemalingswerkzaamheden kunnen worden gemonitord. Hierbij wordt opgemerkt dat het *conceptuele plannen* betreffen die moeten worden gezien als een *voorstel* voor de mogelijke wijze van bemalen of monitoren.

5.1 Conceptueel bemalingsplan

De benodigde verlaging van de grondwaterstand kan worden gerealiseerd met behulp van een verticale filterbemaling in combinatie met een open bemaling op de bouwputbodem. De verticale fitlerbemaling kan bestaan uit volledig geperforeerde filters (vanaf het maaiveld) die worden bemalen met inhangers. De filters dienen in de boveninsteek van het talud te worden geplaatst.

Nadat de bouwput is leeggemalen en (eventueel) een zandbed is aangebracht dient de verlaging in stand te worden gehouden met een open bemaling. Deze kan bestaan uit drains die onder een licht verhang in met goed doorlatend zand gevulde sleuven direct onder, of op de bodem van het zandbed zijn aangebracht. De drains dienen te lozen op verzamelputten. Vanaf de verzamelputten wordt het water met klokpompen afgevoerd.

Voordat met ontgraven wordt begonnen, wordt aanbevolen de doelmatigheid van de geïnstalleerde bemalingsinstallatie te toetsen. Het is in deze fase nog goed mogelijk de bemaling eventueel aan te passen. Een gerenommeerde bemaler kan naar eigen inzicht en ervaringen tot een andere bemalingsinstallatie besluiten. Het definitief ontwerp van de bemalingsinstallatie dient daarom in overleg met de bemaler te worden vastgesteld en bij voorkeur aan Fugro te worden voorgelegd ter controle. Het toepassen van een andere bemalingswijze dan in dit hoofdstuk is voorgesteld kan een ander waterbezwaar en een ander invloedsgebied van de bemaling tot gevolg hebben. De bemaling dient in elk geval zo te zijn ingeregeld dat niet meer wordt verlaagd dan strikt noodzakelijk is. Geadviseerd wordt om in het bestek een resultaatverplichting ten aanzien van de verlagingen op te nemen.

5.2 Opstellen monitoringsplan

Het monitoren van de effecten van de (bemalings)werkzaamheden op de omgeving vormt een belangrijk onderdeel van de kwaliteitsborging en risicobeheersing van het werk. Door een goede monitoring kunnen vertragingen tijdens de aanleg worden voorkomen. Tevens kunnen onvolkomenheden of het risico van overschrijding van de vergunde hoeveelheden worden gesignaleerd. Voorts kan achteraf worden beoordeeld of eventueel gemelde schades door de bemaling kunnen zijn veroorzaakt.

De wijze en frequentie van monitoren hangt sterk af van de aanwezigheid van kwetsbare objecten in de omgeving en van eisen van het bevoegd gezag. De monitoring van de bemaling heeft over het algemeen betrekking op de volgende onderdelen:

- Het functioneren van de bemalingsinstallatie en het registreren van de hoeveelheid onttrokken grondwater (elke werkdag);
- Het monitoren van de grondwaterstand in diverse peilbuizen in de directe omgeving (o.a. om te monitoren dat de grondwaterstand niet verder wordt verlaagd dan noodzakelijk, om de daadwerkelijke invloedzone van de bemalingen te monitoren ten behoeve van de schaderegelingen en om de verlaging ter plaatse van kwetsbare objecten te monitoren, zoals bij zettingsgevoelige infrastructuur (wegen));
- Visuele inspectie lozingspunt op visuele verkleuring (bij lozing op open water);

Geadviseerd wordt om op basis van de uitkomsten van de onderzoeken en de overleggen met de betrokken partijen (o.a. Waterschap Noorderzijlvest, landeigenaren, etc.) een definitief monitoringsplan, met toetsingscriteria en een actieplan, op te laten stellen.

6. Advies en aandachtspunten bemaling

Op basis van de voorgestelde uitvoeringswijze zijn de risico's beschouwd. De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 6.1 en onder de tabel is per aandachtspunt een advies gegeven. De tabel betreft tevens een kwaliteits- en volledigheidsbeoordeling van de beschikbare informatie, verplicht volgens protocol 12010.

Tabel 6.1: Beoordeling kwaliteit beschikbare informatie en geo-risicoscan

Geo-risicoscan		Advies
Realisatieplan (afmetingen, ontgravingsdiepte, etc.)	🟠	1
Uitvoeringswijze (open ontgraving, damwanden, sleufbekisting, etc.)	🟠	1
Start werkzaamheden / bemalingsduur	🟢	-
Bodemopbouw en schematisering ondergrond	🟠	2
Grondwaterstanden en stijghoogten (incl. grondwaterkwaliteit)	🟠	2
Aanwezige grond(water)verontreinigingen op locatie	🟢	-
Aanwezige grondwaterverontreinigingen in omgeving	🟢	-
Informatie over bebouwing in de omgeving	🟢	-
Maaiveldzakkingen / (ondergrondse) infrastructuur	🟠	3
Watertekort voor stedelijk groen: (monumentale) bomen, gras	🟢	-
Aanwezigheid overige (kwetsbare) bodemgebruiksfuncties	🟠	3
Aanvragen Watervergunning voor onttrekking	🔴	4
Lozingsmogelijkheden onderzoeken (incl. grondwaterkwaliteit)	🔴	2
Bemalings- en monitoringsplan opstellen en laten controleren	🟠	3

🔵 geen informatie (info)/ niet beschouwd

🟢 Voldoende info/ beperkt risico

🟠 Matige info/matig risico

🔴 Onvoldoende info/hoog risico

Advies 1: Realisatieplan en uitvoeringswijze

Met betrekking tot het realisatieplan en de uitvoeringswijze adviseren wij het volgende:

- Een realisatieplan op te stellen voor de verschillende werkputten voorafgaand aan de start van de ontgravingswerkzaamheden.
- De uitvoeringswijze te specificeren en de stabiliteit van de taluds van de bouwputten te laten controleren middels een geotechnische berekening.
- In verband met de begaanbaarheid van het terrein dient ook de ontwatering van de toeritwegen naar de bouwplaatsen en kraanopstelplaatsen en de drainage van het bouwterrein uitgewerkt te worden alvorens de start van de werkzaamheden.

Advies 2: Grondonderzoek, grondwaterstanden en stijghoogtes (incl. grondwaterkwaliteit)

Vanwege het ontbreken van lokale grondonderzoeksgegevens en recente, lokale en langdurige metingen van zowel de freatische grondwaterstand als de stijghoogte(s) in de

dieper watervoerende lagen is het, in verband met een nauwkeurigere inschatting van het waterbezwaar en de invloed op de omgeving, noodzakelijk dat nader grondonderzoek wordt uitgevoerd op de beoogde turbinelocaties en de gehanteerde uitgangspunten in dit rapport worden geverifieerd.

Het grondonderzoek dient minimaal uit de volgende werkzaamheden te bestaan:

- het uitvoeren van sonderingen (minimaal één waterspanningssondering) ter plaatse van de turbinelocaties. Het grondonderzoek kan eventueel gecombineerd worden met het nodige grondonderzoek voor de kabeltracés, toeritten en kraanopstelplaatsen voor het windpark.
- Het bepalen van de (lokale) grondwaterstanden en/of stijghoogtes per turbinelocatie een freatische peilbuis te worden geplaatst met het filter in laag 1 en, afhankelijk van de resultaten van het onderzoek, plaatselijk een peilbuis met het filter in dieper gelegen afgesloten watervoerende lagen.
- Het meten van de waterstanden, dat wil zeggen de freatische grondwaterstand(en) en eventueel de stijghoogte(s), in de geplaatste peilbuizen.
- Het nemen van (grond)watermonsters van het (te bemalen) freatisch grondwater (uit de geplaatste peilbuizen) op de projectlocaties en van het omringende slootwater, voorafgaand aan de graafwerkzaamheden. De monsters dienen in het laboratorium te worden geanalyseerd op lozingsparameters.

Advies 3: Informatie over (kwetsbare) omgevingsaspecten

Op basis van het uit te voeren grondonderzoek (advies 2) dienen de locatie-specifieke bemalingsdebieten en effecten van de bemaling op de omgeving (invloedsgebieden) nader te worden beschouwd. Nadat de invloedsgebieden van de bemalingen nauwkeuriger zijn bepaald dient (aanvullende) informatie te worden ingewonnen over de kwetsbare aspecten binnen het invloedgebied van de bemalingen. O.a. aanvullende informatie over zettingsgevoelige infrastructuur (kabel-, leidingwerk, wegen, etc.) binnen de invloedzones dient te worden ingewonnen. Aan de hand van de berekende effecten dient vervolgens in overleg met eigenaren en/of bevoegd gezag een plan van aanpak te worden opgesteld inclusief eventuele maatregelen om de zettingen te beperken.

Gezien deze diepte zal tijdens de bemalingen brak, mogelijk zelfs zout, grondwater worden onttrokken. Door de bemaling zal er tijdelijk upconing van zoet-brakgrensvlak plaatsvinden op de projectlocaties. Nadat de bemaling is stop gezet zal dit op termijn weer terugzakken naar het oorspronkelijke niveau.

Om te voorkomen dat er na de werkzaamheden permanente (zoute) kwel ontstaat of dat het brakke grondwater op kleilagen en/of -lenzen achterblijft adviseren wij:

- de fundering met grondverdringende funderingspalen uit te voeren;
- bij het doorgraven van waterremmende lagen op de turbinelocaties de verticale weerstand van de bodem te herstellen;

- na het verwijderen van peilbuizen of van verticale bemalingsfilters de boorgaten met waterremmend materiaal te worden afgedicht, indien er sprake is van (ondiepe) waterremmende lagen.

Advies 4: Vergunningaanvraag

Indien het plaatsen van de 16 windturbines als één project wordt gezien en meerdere turbines tegelijkertijd gerealiseerd zullen worden is, op basis van het totale waterbezwaar en de verwachte totale bemalingsduur, het project vergunningsplichtig en zal een onttrekkingsvergunning moeten worden aangevraagd. Wij adviseren hierover zo spoedig mogelijk in overleg te treden met het Waterschap Noorderzijlvest, een vergunningaanvraag neemt in veel gevallen een lagere periode in beslag. Daarnaast zijn zijn alle grondwateronttrekkingen die onder de vergunningplicht vallen tevens m.e.r.-beoordelingsplichtig.

7. Bronnenlijst

Voor het uitwerken van dit rapport zijn de gegevens gebruikt die zijn weergeven in Tabel 7.1.

Tabel 7.1: Gebruikte gegevens

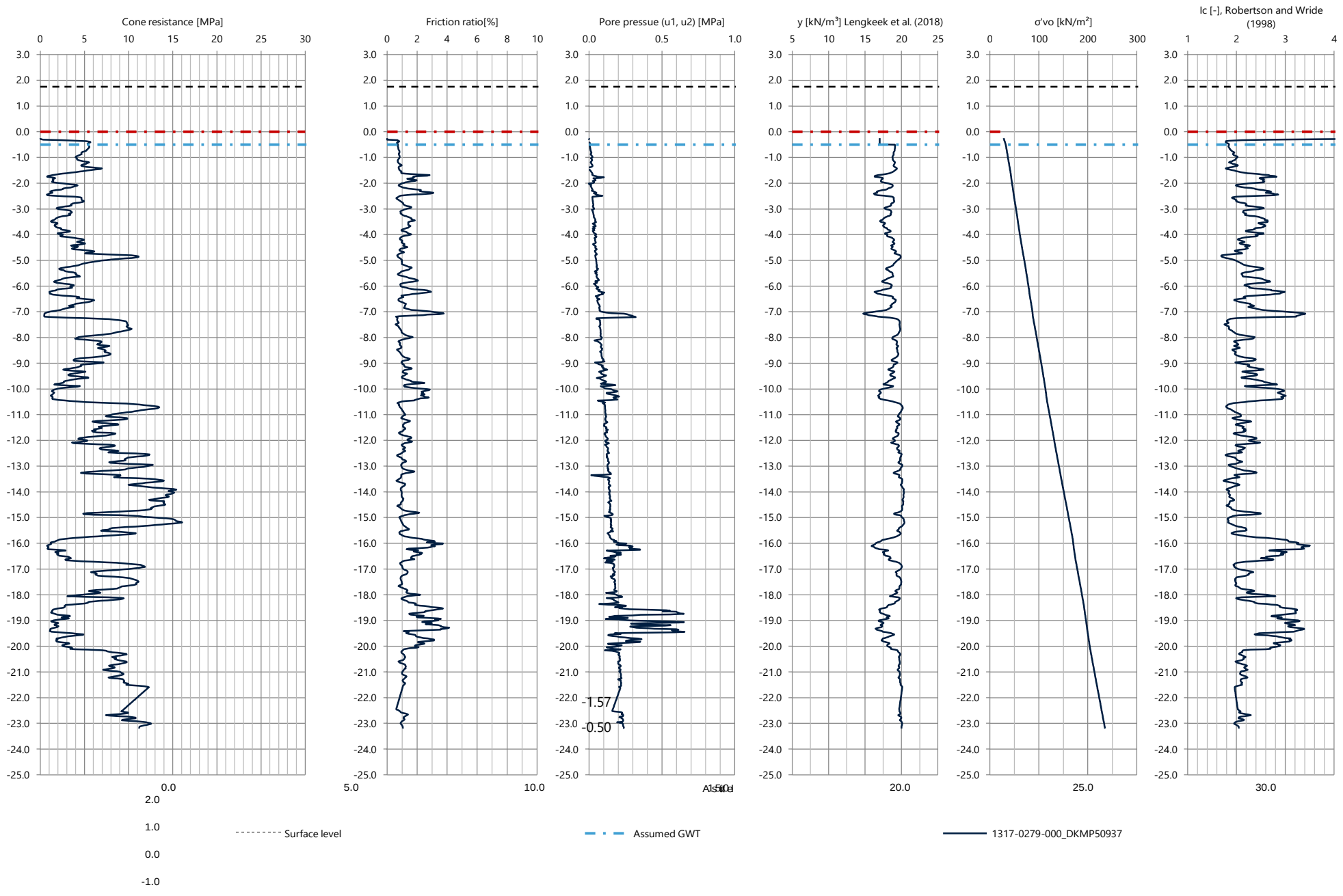
Title / referentie	Auteur	Datum	Verstrekt/ opgevraagd door
1. Grondwaterkaart provincie Groningen, https://geoportaal.provinciegroningen.nl/portal/home/	Provincie Groningen	02-11-2021*	Fugro
2. Legger Noorderzijlvest, www.noorderzijlvest.nl/organisatie/plannen-beleid/legger-technische/	Waterschap Noorderzijlvest	02-11-2021*	Fugro
3. Google Maps, www.google.nl/maps	Google	02-11-2021*	Fugro
4. REGIS/Dino loket, www.dinoloket.nl	TNO	02-11-2021*	Fugro
5. Actueel Hoogtebestand Nederland, www.ahn.nl	AHN	02-11-2021*	Fugro
6. Atlas leefomgeving, www.atlasleefomgeving.nl	Rijkswaterstaat Leefomgeving	02-11-2021*	Fugro
7. Basisregistratie Adressen en Gebouwen, Bagviewer.kadaster.nl	Kadaster	02-11-2021*	Fugro
8. WKO-tool Nederland, www.wkotool.nl	Rijkswaterstaat Leefomgeving	02-11-2021*	Fugro
*Datum van raadplegen			

Bijlage A

Archiefgegevens grondonderzoek

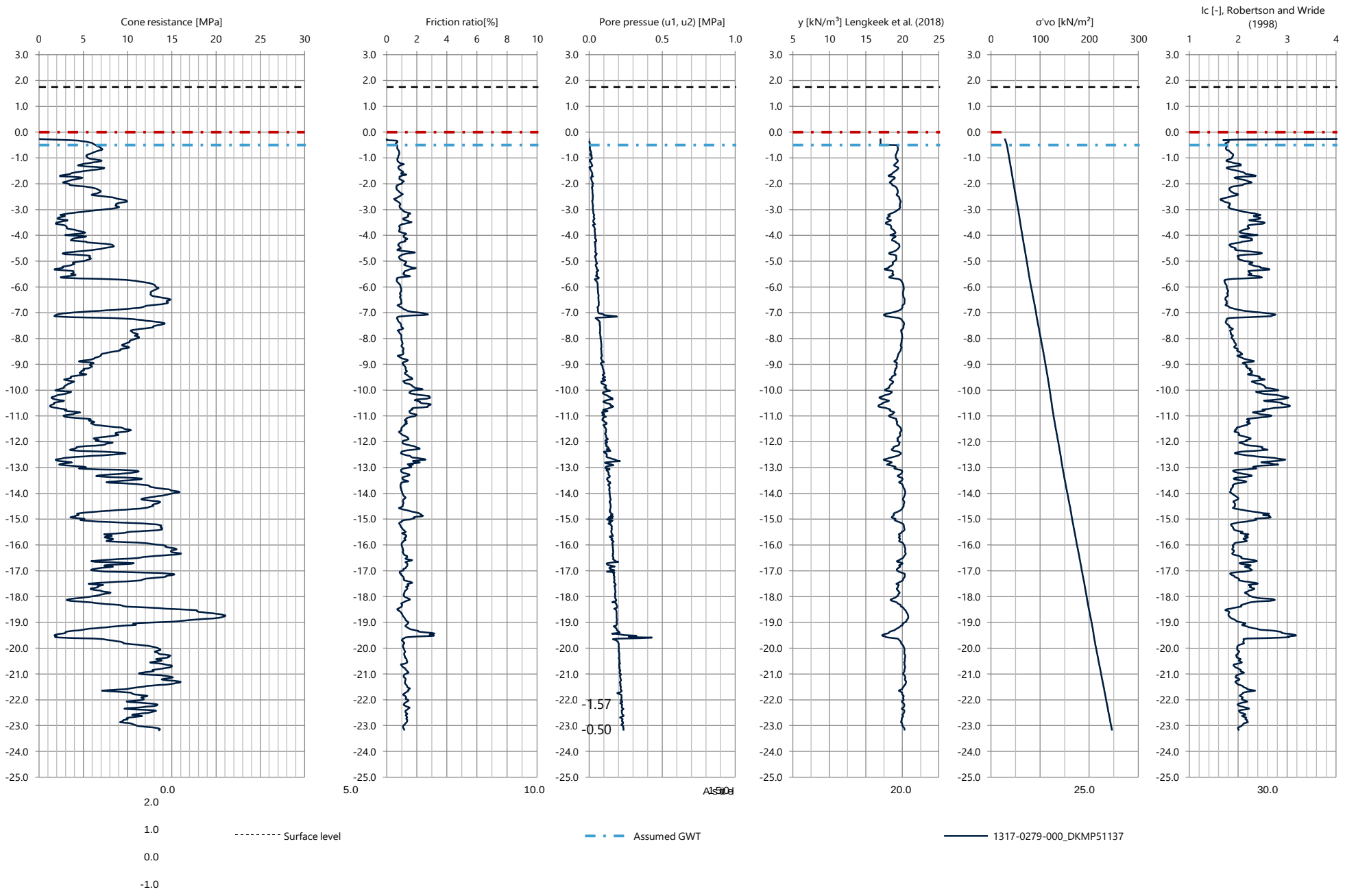
Windpark Eemshaven West

CPT ID: 1317-0279-000_DKMP50937



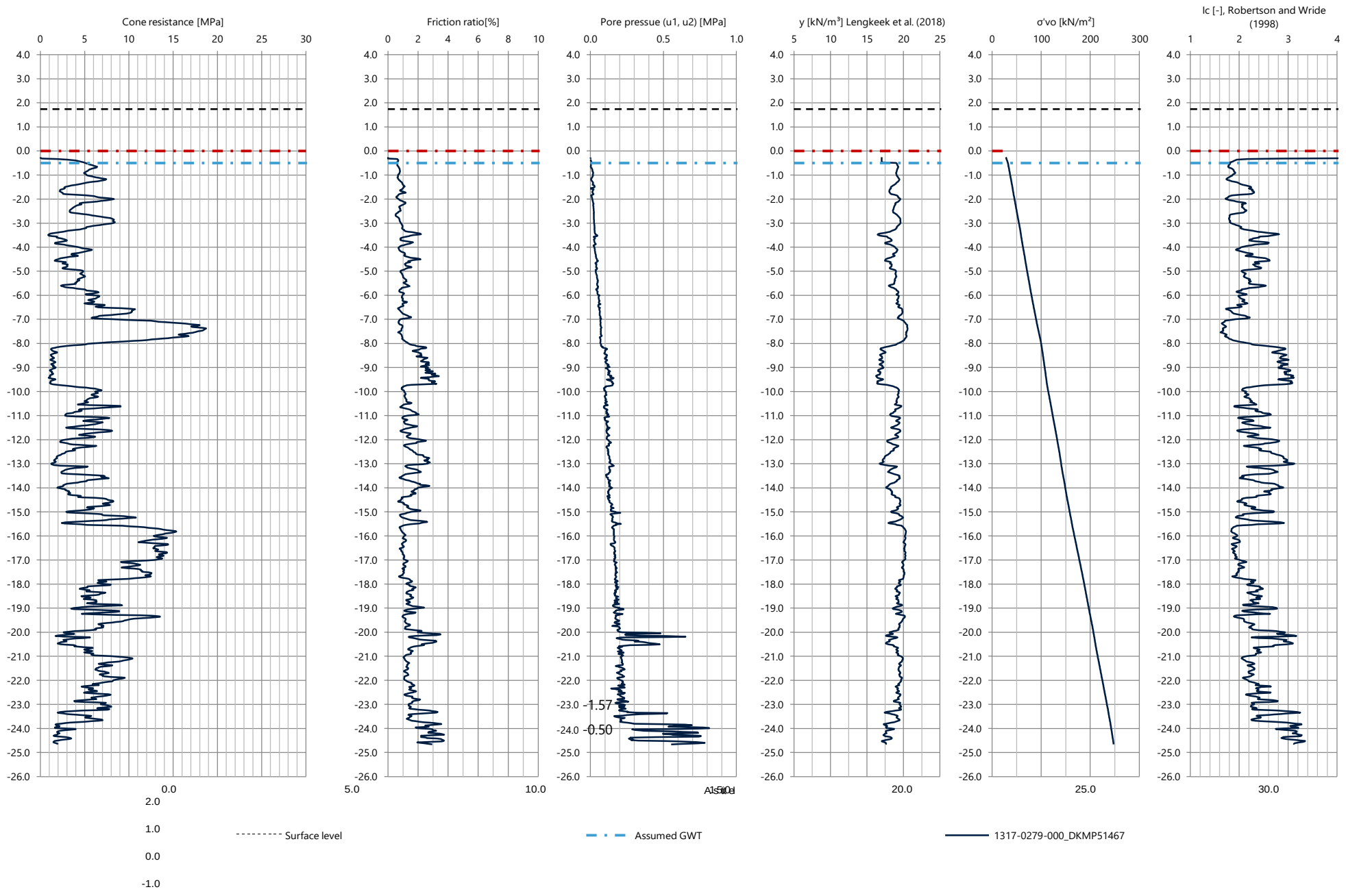
Windpark Eemshaven West

CPT ID: 1317-0279-000_DKMP51137



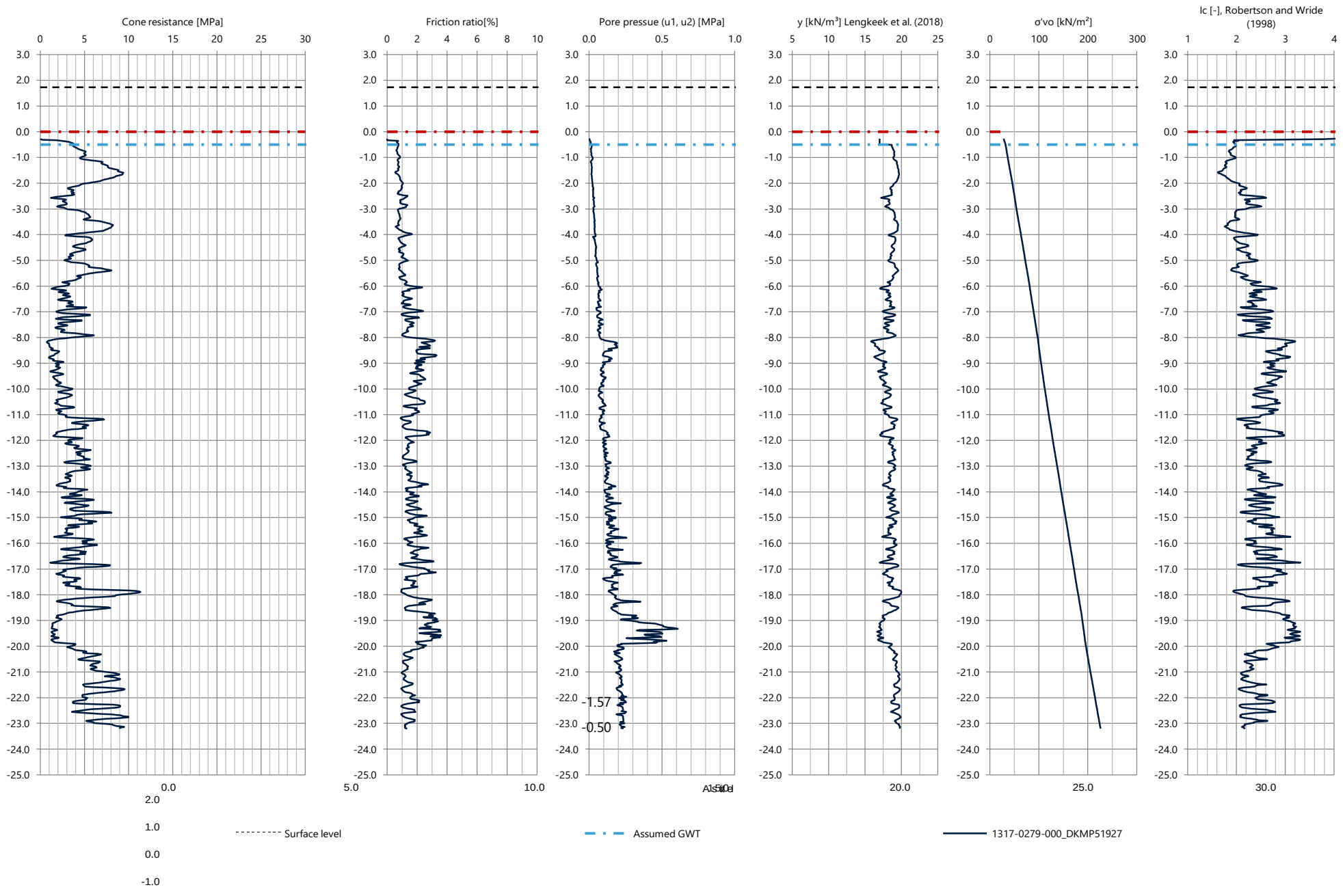
Windpark Eemshaven West

CPT ID: 1317-0279-000_DKMP51467



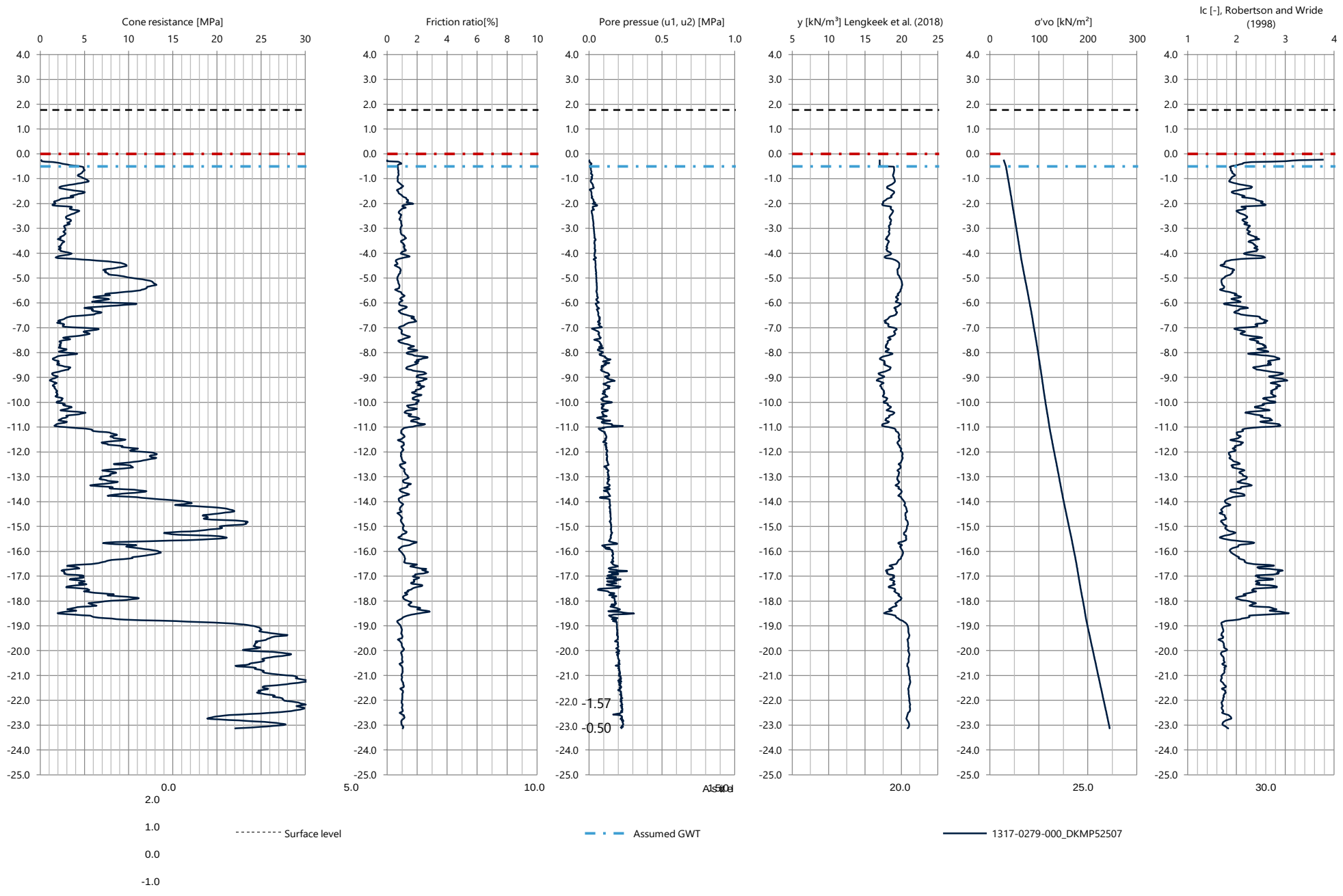
Windpark Eemshaven West

CPT ID: 1317-0279-000_DKMP51927



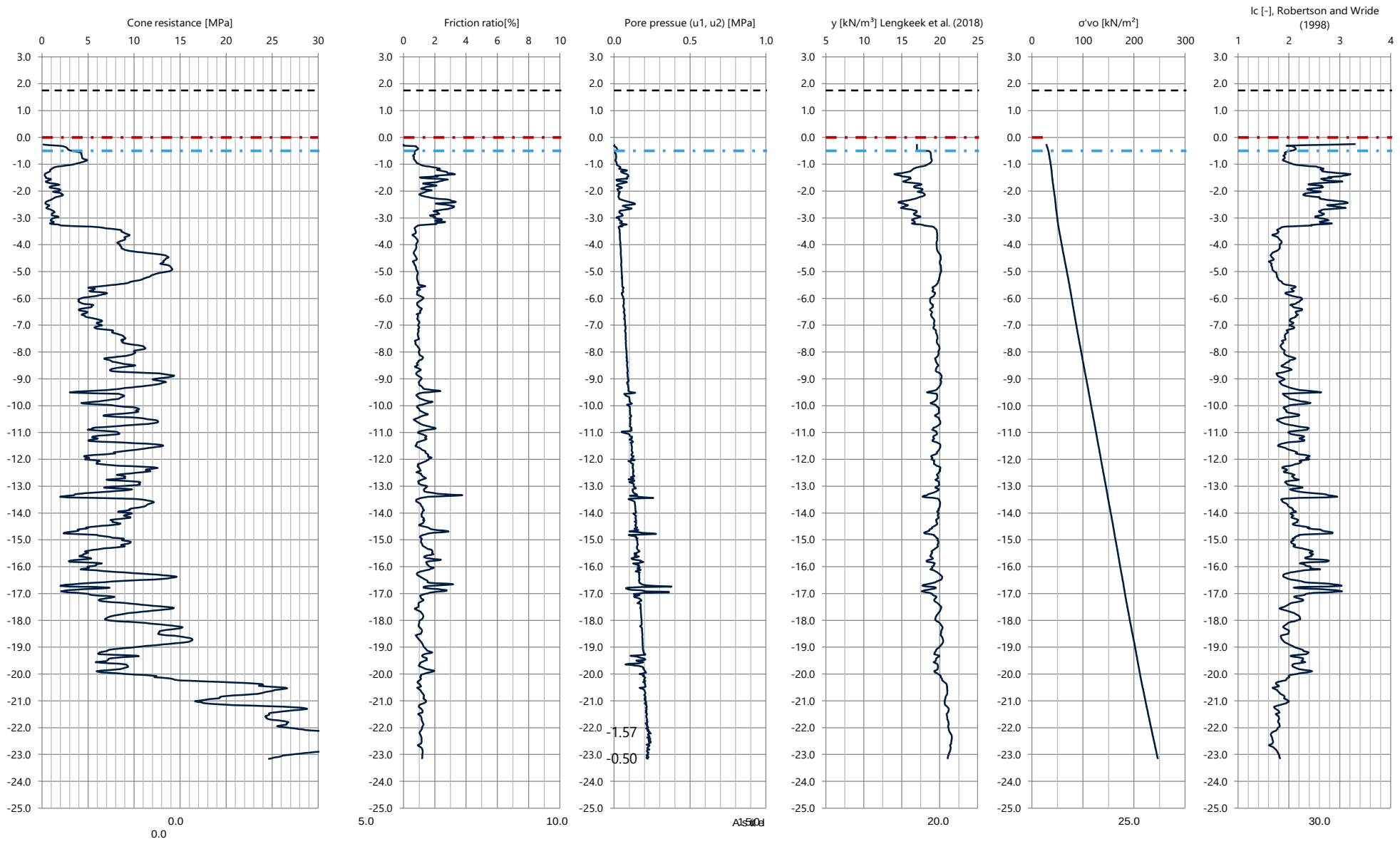
Windpark Eemshaven West

CPT ID: 1317-0279-000_DKMP52507



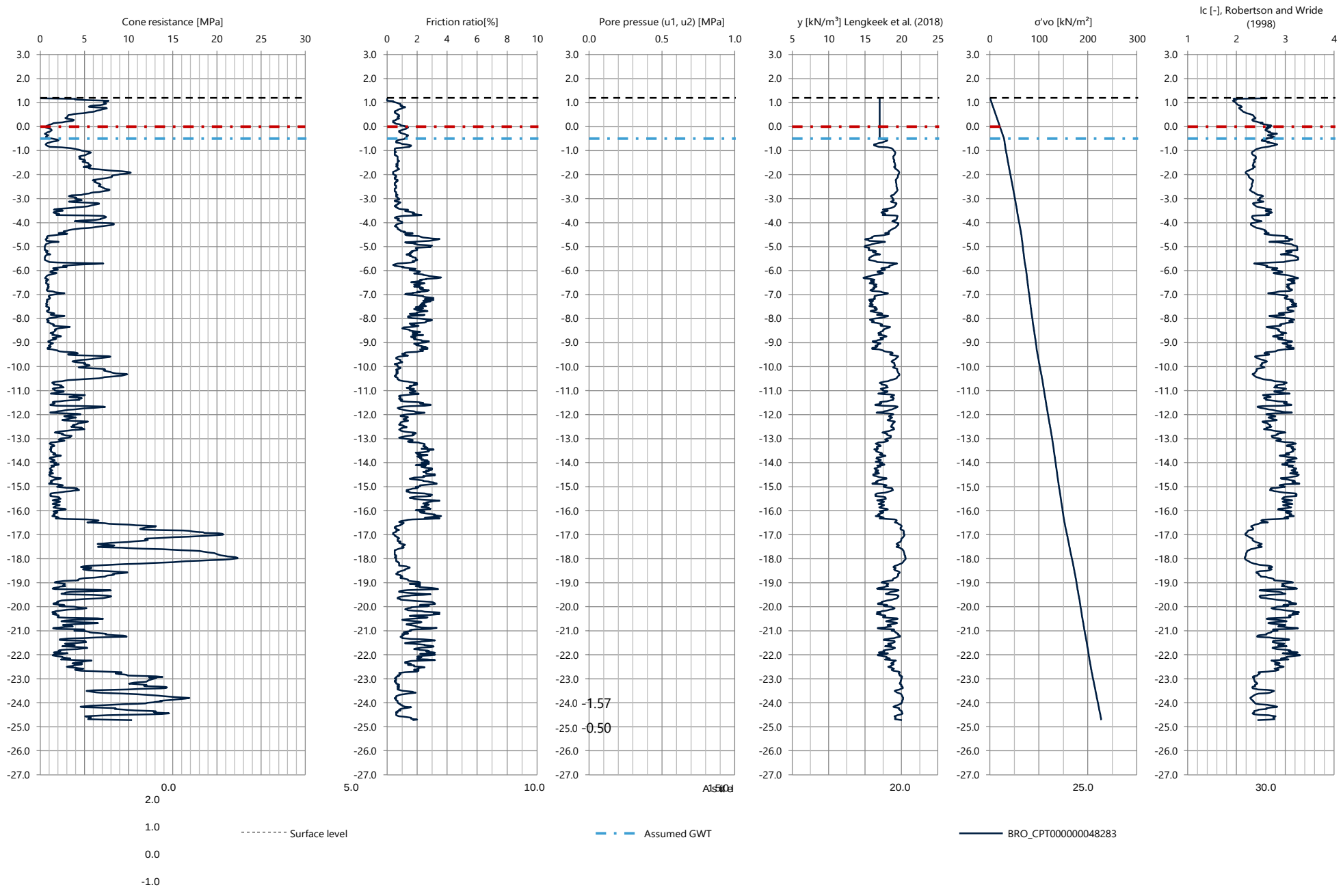
Windpark Eemshaven West

CPT ID: 1317-0279-000_DKMP53007



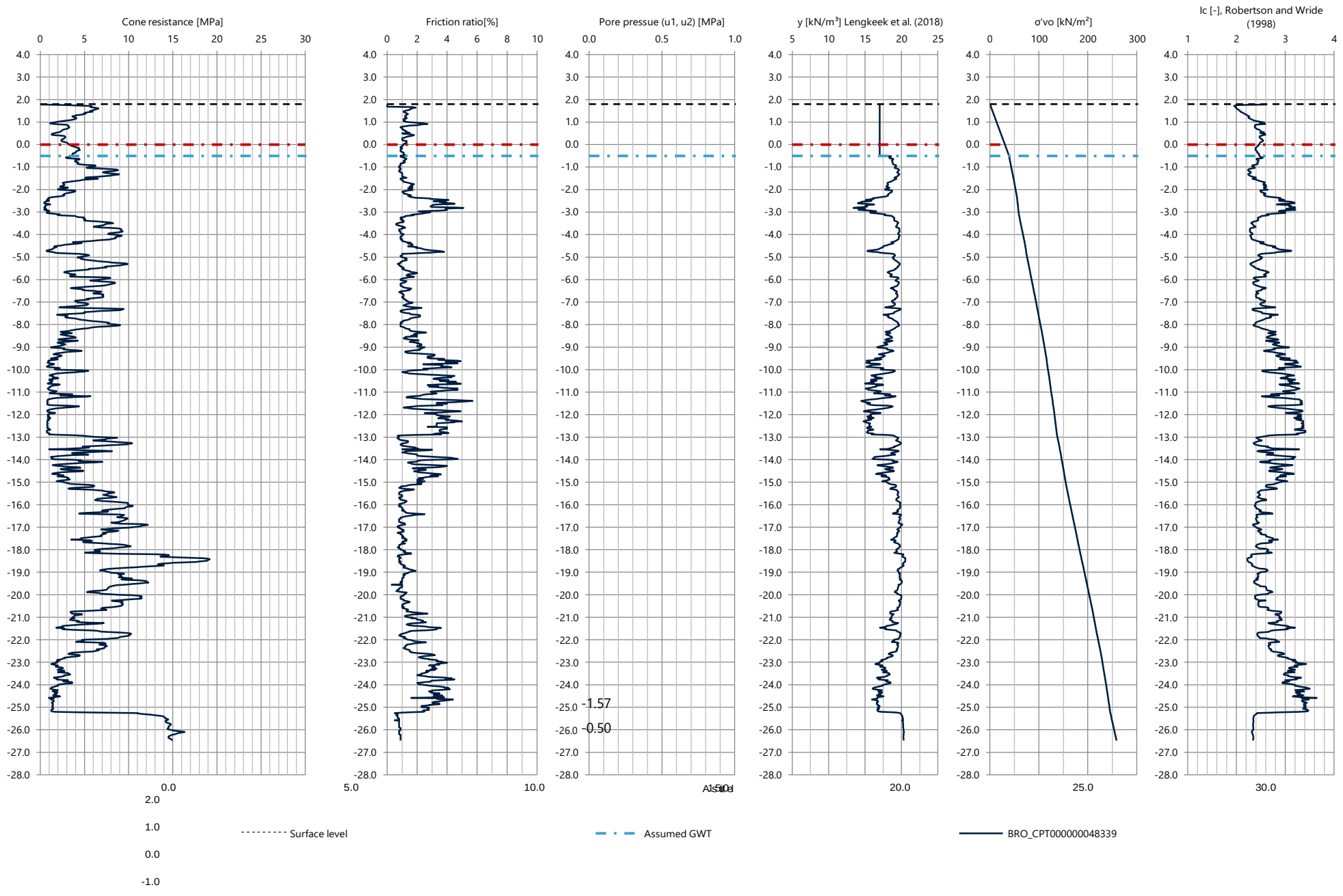
Windpark Eemshaven West

CPT ID: BRO_CPT000000048283



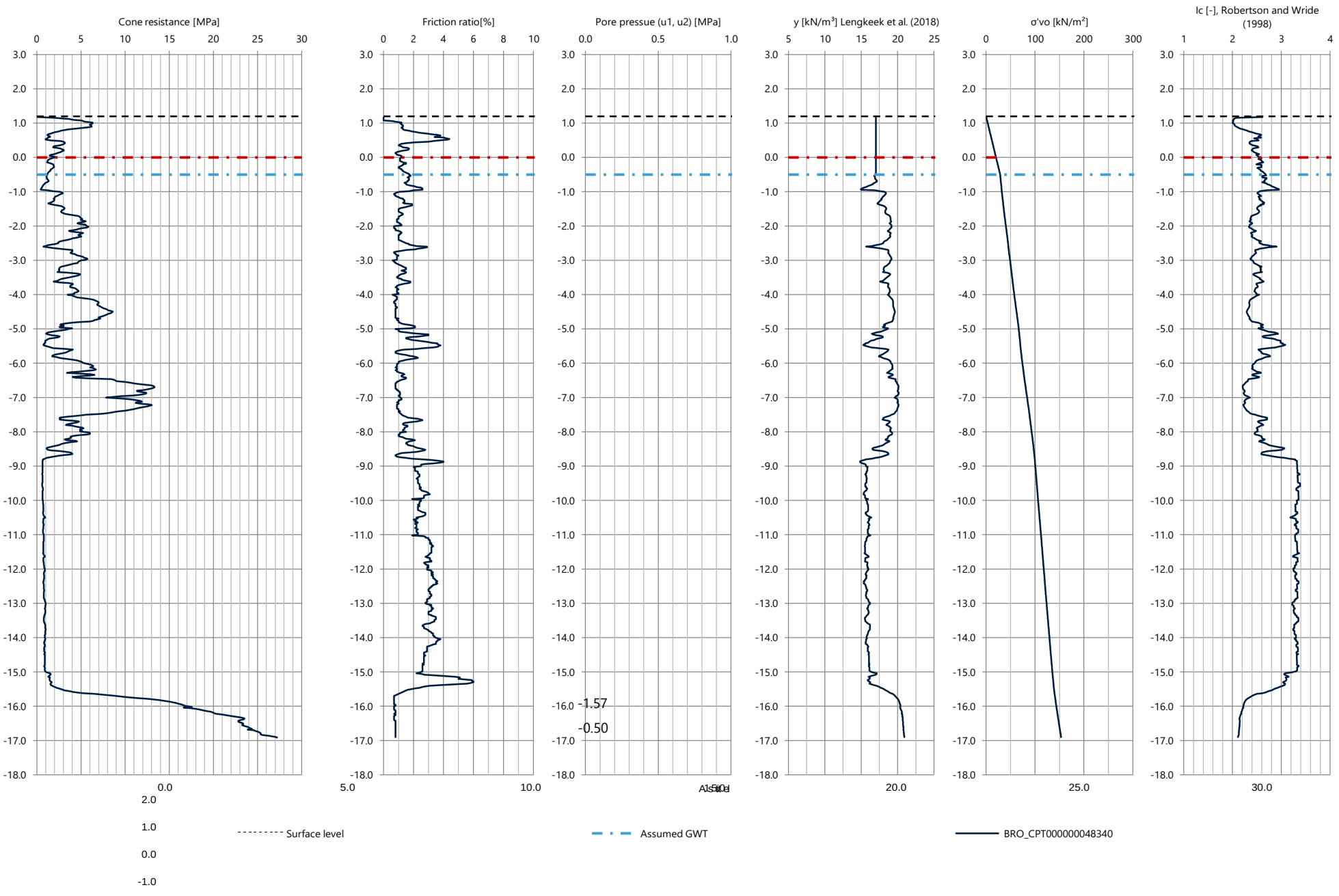
Windpark Eemshaven West

CPT ID: BRO_CPT000000048339



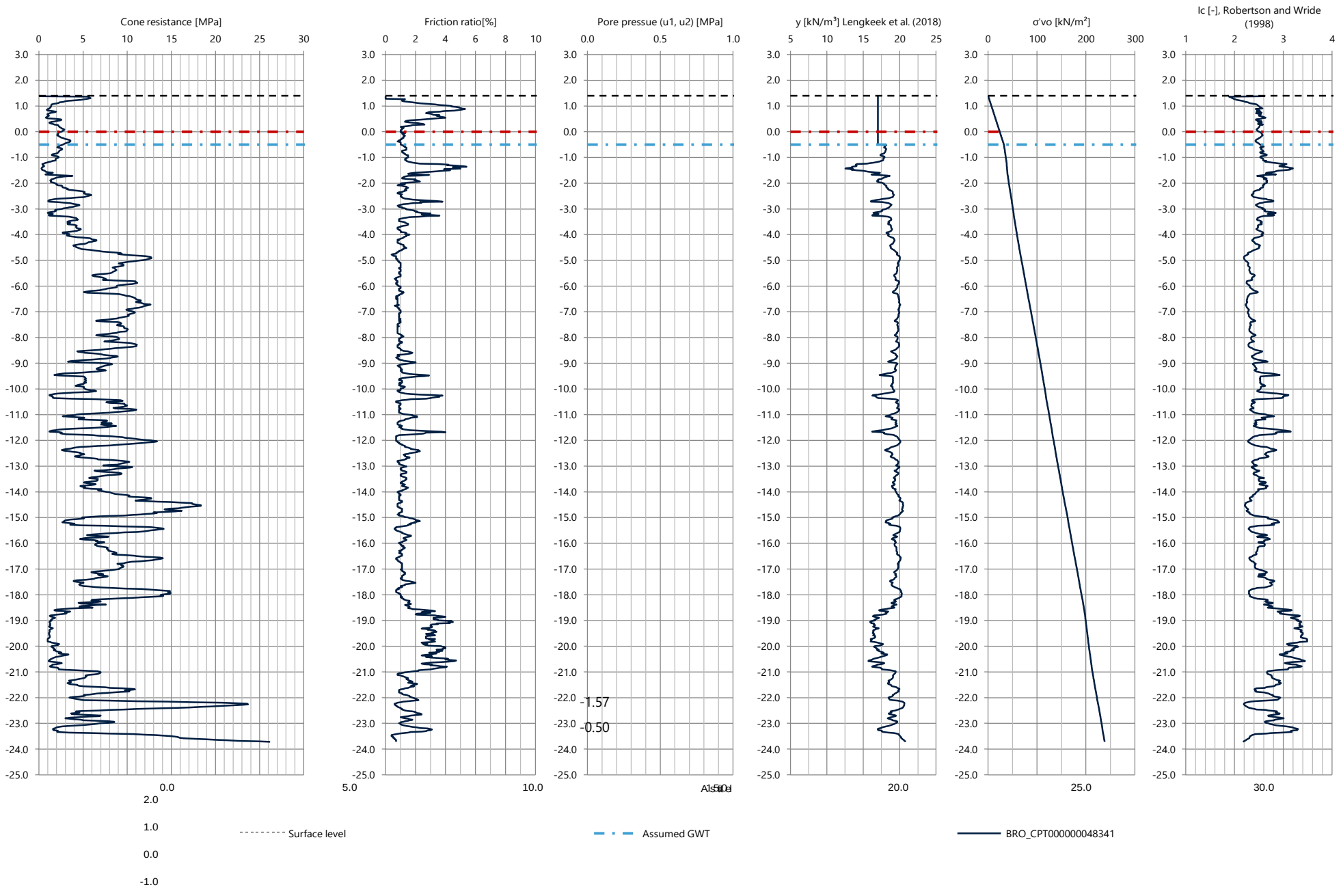
Windpark Eemshaven West

CPT ID: BRO_CPT000000048340



Windpark Eemshaven West

CPT ID: BRO_CPT000000048341

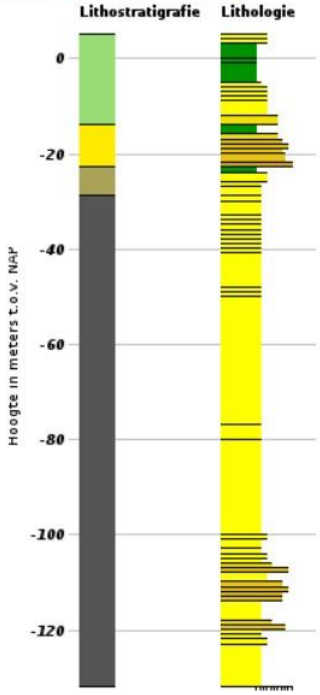


Bijlage B

Stijghoogtegegevens Dinoloket peilbuis B03G0105

Peilbuisgegevens DINO-peilbuis B03G0105

Boormonsterprofiel



Identificatie :	B03G0105
Coördinaten :	249455 , 607320 (RD)
Maaiveld:	5.16 m t.o.v. NAP
Beschikbare informatie:	Digitale opnamegegevens
Beschrijfmethode:	Onbekend
Kwaliteit interpretatie:	Niet gevalideerd in ondergrondmodel

Lithostratigrafie
- NA
- BX
- URTY
- NN

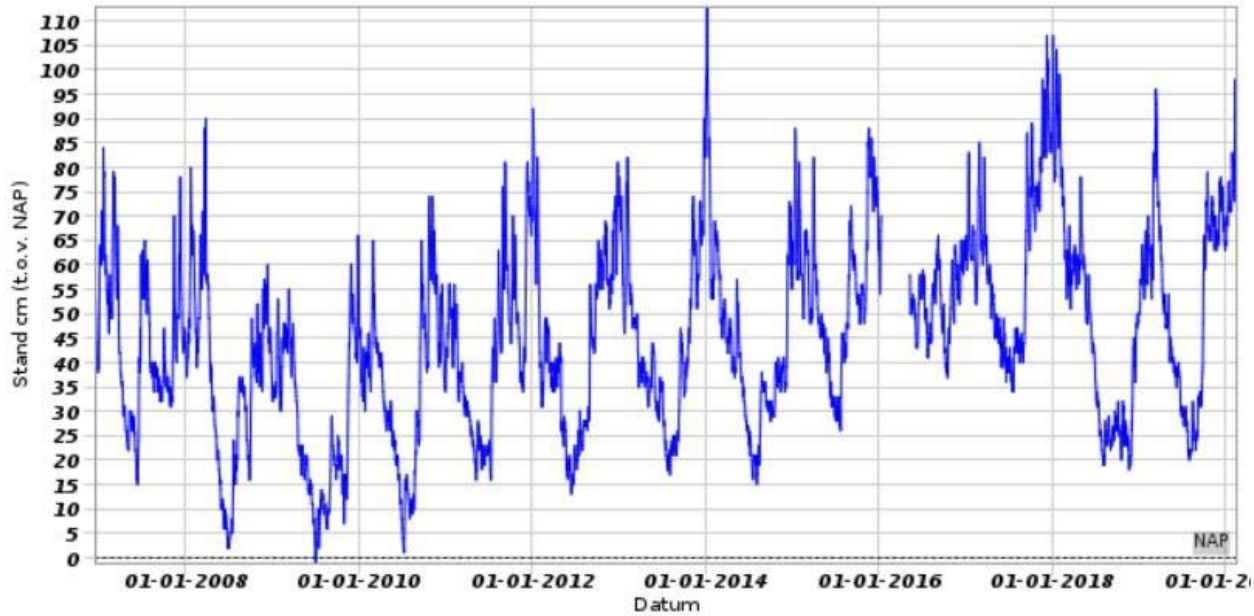
Lithologie
- Klei
- Zand fijne categorie
- Zand midden categorie
- Zand grove categorie
- Grind

Peilbuisfilter B03G0105-001

- Niveau filter: van ca. NAP -11,9 m tot ca. NAP -13,9 m.

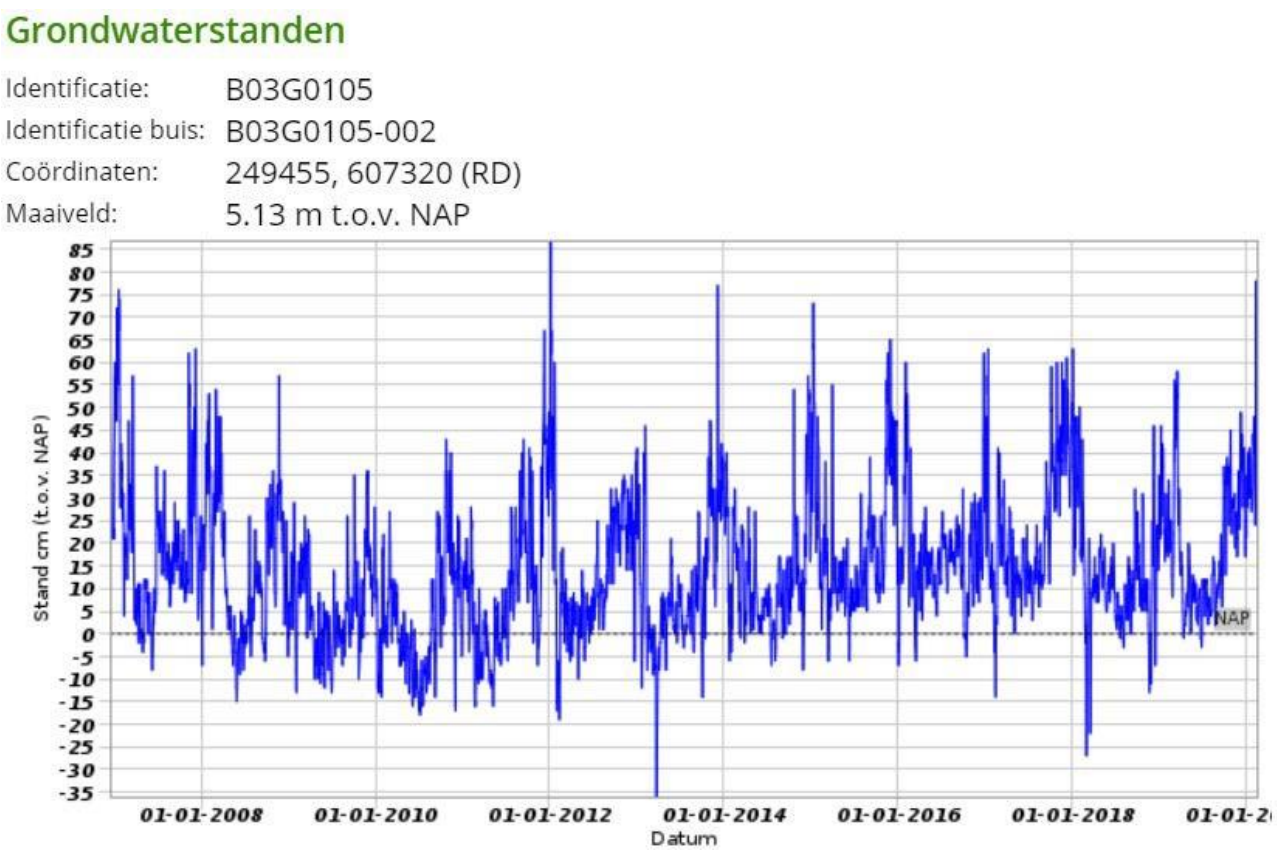
Grondwaterstanden

Identificatie:	B03G0105
Identificatie buis:	B03G0105-001
Coördinaten:	249455, 607320 (RD)
Maaiveld:	5.13 m t.o.v. NAP



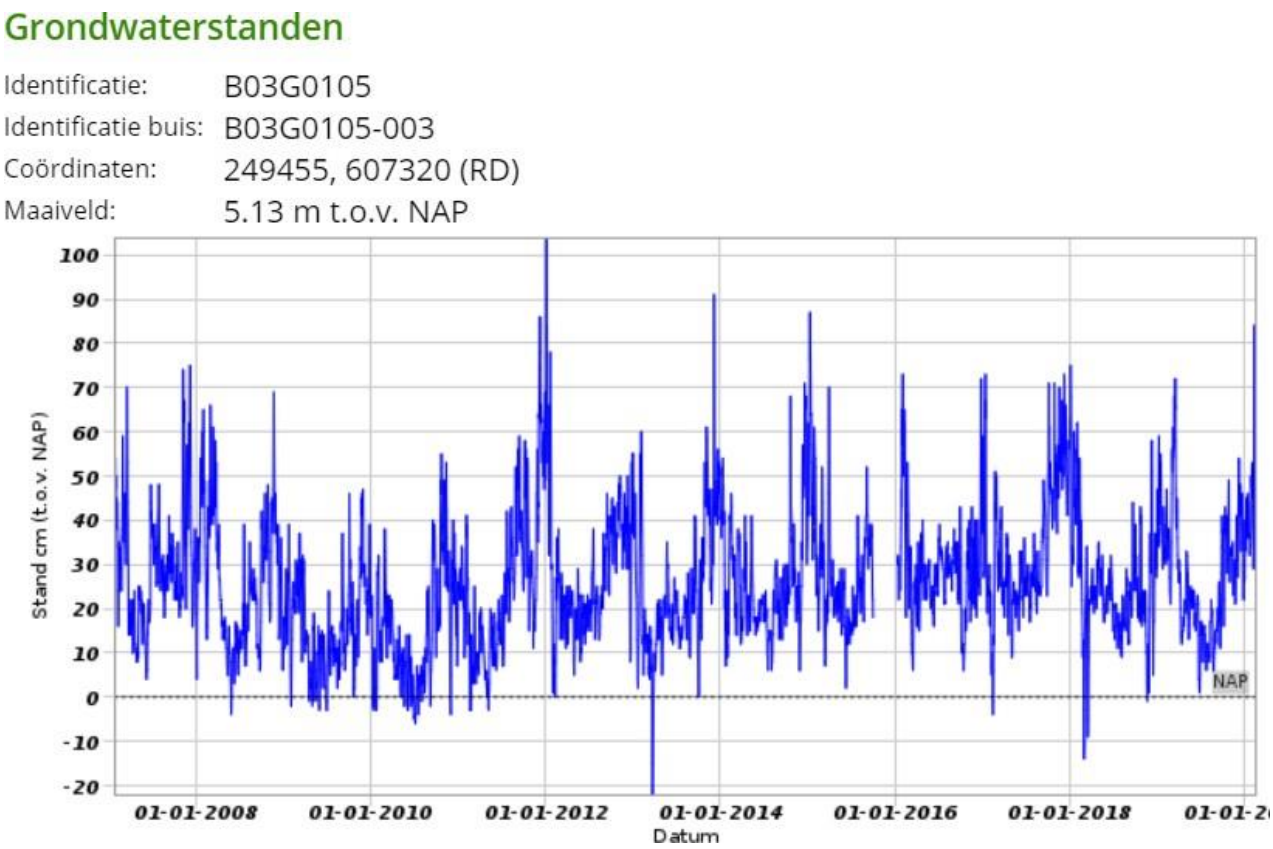
Peilbuisfilter B03G0105-002

- Niveau filter: van ca. NAP -19,9 m tot ca. NAP -21,9 m.



Peilbuisfilter B03G0105-003

- Niveau filter: van ca. NAP -58,9 m tot ca. NAP -60,9 m.



Bijlage C

BRL-Checklist

A.1 Checklists bemalingen, BRL 12000: Gegevens

Onderdeel		Geschiktheid beschikbare gegevens	Aanvullende gegevens nodig?	Advies
Bouwput				
Overzicht realisatieplan		☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	☒ ja ☐ nee	1
Diepte en omvang benodigde grondwaterstandsverlagingen		☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	☒ ja ☐ nee	1
De meest waarschijnlijke uitvoeringsmethode		☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	☒ ja ☐ nee	1
Start, fasering bemalingsduur		☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	☒ ja ☐ nee	1
Karakterisering / schematisering van de ondergrond				
Omgeving / diepe ondergrond	☒ REGIS II v2.2 ☒ Grondwaterkaart van Nederland ☐ boringen in de omgeving ☒ sonderingen in de omgeving	☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	☒ ja ☐ nee	2
Grondonderzoek uitgevoerd op/nabij projectlocatie	☐ sonderingen ☐ boringen ☐ laboratorium onderzoek ☐ peilbuizen ☐ in-situ testen	☐ ja ☐ nee ☒ n.v.t.	☒ ja ☐ nee	2
Waterhuishouding / kwaliteit bodem en/of grondwater				
Grondwaterstanden /stijghoogten	☐ meting op locatie ☒ langjarige metingen	☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	☒ ja ☐ nee	2
Oppervlaktewater	☐ waterpeil ☒ diepte watergangen	☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	☒ ja ☐ nee	2
Kwaliteit grondwater	☐ lozingspakket ☐ bodembesluit ☐ infiltratie/retour	☐ ja ☐ nee ☒ n.v.t.	☒ ja ☐ nee	2
Aanwezigheid en ligging (kwetsbare) bodemgebruiksfuncties				
Bodem- of grondwaterverontreiniging op locatie		☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	☒ ja ☐ nee	3
Bodem- of grondwaterverontreiniging in omgeving		☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	☐ ja ☒ nee	
Kwetsbare begroeiing/beplanting		☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	☐ ja ☒ nee	
Landbouw, natuur, groenvoorziening		☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	☒ ja ☐ nee	3
Oppervlaktewater (KRW, Natura 2000, etc)		☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	☐ ja ☒ nee	
Infrastructuur (bovengronds en ondergronds)		☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	☒ ja ☐ nee	3
Zettingsgevoelige (monumentale) bebouwing		☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	☐ ja ☒ nee	
Houten paalfundering		☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	☐ ja ☒ nee	
Kelders en overige verdiepte bebouwing		☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	☐ ja ☒ nee	
Grondwaterbeschermings-/drinkwaterwin-/PMW-gebied, boringsvrije zone, kwetsbaar-inferentiegebied (WKO)		☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	☐ ja ☒ nee	
Permanente onttrekking (WKO, industrie, beregening, brandblusputten, e.d.)		☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	☐ ja ☒ nee	
Tijdelijke bemalingen in omgeving (gelijktijdig gepland)		☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	☒ ja ☐ nee	3
Strategisch zoet grondwatergebied / watervoorraad		☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	☐ ja ☒ nee	
Zoet/brak en zout/brak grensvlak		☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	☒ ja ☐ nee	2 / 3

Waterkeringen binnen invloedsgebied		☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	☒ ja ☐ nee	3 / 4
Archeologisch en/of aardkundige waarden		☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	☐ ja ☒ nee	
Collegiale toets				
Opgesteld door:	L.J. Kaland	gecontroleerd door:	H.E. Brink	
Datum:	4-11-2021	datum:	4-11-2021	

A.2 Checklists bemalingen, BRL 12000: Risico's

Potentieel gevaar	Aanwezig	Risico	Advies
Effecten in bouwput of sleufbemaling			
Onvoldoende verlaging en/of neerslagoverschot	☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	🟡	1 / 2
Hogere debieten dan aangevraagd via melding/vergunningaanvraag	☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	🔴	1/2/4
Langere tijdsduur door uitloop bouwwerkzaamheden	☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	🟡	1
Opbarsten putbodem	☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	🔴	2
Instabiliteit damwanden en/of taluds	☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	🔴	1
Horizontale of verticale grondverplaatsing	☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	🟢	1
Werken in verontreinigde grond	☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	🟡	3
Effecten in de omgeving			
Zettingen en zakkingen	☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	🟡	3
Droogstand en aantasting houten palen	☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	🟢	
Verplaatsen en/of onttrekken verontreinigd grondwater	☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	🟡	3
Beïnvloeding grond- of grondwatersanering en nazorg	☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	🟢	
Beïnvloeding drinkwaterpompstations en milieubeschermingsgebieden	☐ ja ☐ nee ☒ n.v.t.	🟢	
Beïnvloeding andere bemalingen/permanente onttrekkingen / KWO systemen	☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	🟢	
Schade aan landbouw	☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	🟡	3
Aantasting natuurwaarden en groenvoorzieningen (zoals kwetsbare, monumentale bomen)	☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	🟢	
Aantasting archeologisch en aardkundige waarden	☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	🟢	
Upconing van brak en/of zout grondwater	☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	🟡	2 / 3
Aantasting strategische zoet grondwatervoorraden	☐ ja ☒ nee ☐ n.v.t.	🟢	
Grondwateroverlast (in het geval van retourbemaling)	☐ ja ☐ nee ☒ n.v.t.	🟢	
Opbarsten (water)bodems	☐ ja ☐ nee ☒ n.v.t.	🟢	
Overschrijden lozingsnormen onttrokken grondwater	☒ ja ☐ nee ☐ n.v.t.	🔴	2
Geaccumuleerde effecten			
Combinatie met heiwerkzaamheden	☐ ja ☐ nee ☒ n.v.t.	🟢	
Combinatie met damwanden heien/trillen	☐ ja ☐ nee ☒ n.v.t.	🟢	
Combinatie met sloopwerkzaamheden	☐ ja ☐ nee ☒ n.v.t.	🟢	
Combinatie met (zwaar) transport materiaal/materieel	☐ ja ☐ nee ☒ n.v.t.	🟢	
Combinatie met werken van derden in de directe omgeving	☐ ja ☐ nee ☒ n.v.t.	🟢	
Andere mogelijke geaccumuleerde effecten	☐ ja ☐ nee ☒ n.v.t.	🟢	
Collegiale toets			
Opgesteld door:	L.J. Kaland	Gecontroleerd door:	H.E. Brink
Datum:	4-11-2021	Datum:	4-11-2021

A.3 BRL 12000: Terugmeldingsformulier ervaring bemaling

De inhoud van dit document is gebaseerd op Bijlage 4 van de SIKB BRL 12000 normering (bemaling).

Gegevens werk	
Naam werk:	Indicatief bemalingsadvies Windpark Eemshaven West te Uithuizermeeden
Adres en plaats:	Emmapolder en Eemspolder (ten noorden van Uithuizermeeden)
x-/y-coördinaten (Rijksdriehoekscoördinaten):	X = 244.160 m en Y = 608.910 m
Opdrachtnummer Fugro:	1121-190464

Gegevens betrokken organisatie of instelling	
Opdrachtgever / vergunninghouder / voorbereiden technische uitvoering door:	
Voorbereiden melding/vergunningaanvraag door:	
Bemalingsrapport opgesteld door:	
Uitvoeren bemaling door:	
Aansturen bemaling door:	
Bevoegd gezag:	

Gegevens uitgevoerde bemaling	
Datum vergunning / toestemming melding:	
Startdatum bemaling:	
Einddatum bemaling:	
Bemalingswijze en -diepte:	
Totale hoeveelheid onttrokken water (m^3): ➔ *Graag ook debietstaat in bijlage opnemen.*	
Maximaal debiet (m^3/uur):	
Gemiddeld debiet (m^3/uur):	
Totale hoeveelheid geïnfiltreerd water (m^3), indien van toepassing:	
Gegevens grondwaterstanden (GWS) in/nabij bemaling i.v.m. bereiken benodigde verlagingen: ➔ *Graag grafieken GWS-verlagingen in bijlage.*	Nulmeting GWS: NAP..... m GWS verlaagd tot: NAP.....m Verlaging: .....m

Vervolg BRL 12000: Terugmeldingsformulier ervaring bemaling

Evaluatie	
Afwijking(en) ten opzichte van bemalingsadvies, met verklaring(en): ➔ *Zonodig apart vermelden in bijlage*	
Afwijking(en) ten opzichte van technisch bemalingsplan, met verklaring(en): ➔ *Zonodig apart vermelden in bijlage*	
Afwijking(en) van het/de in protocol 12020 afgesproken gekozen type bemalingssysteem en wijze van installatie, met verklaring(en): ➔ *Zonodig apart vermelden in bijlage*	
Eventuele bijzonderheden ten aanzien van: • Optredende omgevingseffecten • Effecten in de bouwput/sleufbemaling ➔ *Zonodig apart vermelden in bijlage*	
Eventuele overige bijzonderheden: ➔ *Zonodig apart vermelden in bijlage*	

Namen bedrijf en persoon/personen die de evaluatie uitvoerden	
Naam bedrijf	
Evaluator(en)	
Adres	
Postcode, Plaats	
Telefoon	
E-mailadres	
Opgesteld door:	naam persoon
Collegiale toets door:	naam persoon
Datum evaluatie:	

Vervolg BRL 12000: Terugmeldingsformulier ervaring bemaling

Namen bedrijf/bedrijven en persoon/personen die de evaluatie zullen ontvangen	
Fugro Veurse Achterweg 10, 2264 SG Leidschendam, Postbus 63, 2260 AB Leidschendam	naam persoon, functie L.J. Kaland, adviseur hydrologie
Naam bedrijf (met NAW-gegevens)	naam persoon
Naam bedrijf (met NAW-gegevens)	naam persoon

Bijlagen toevoegen zoals:	
➔ Debietstaat	
➔ Grondwaterstandsgrafieken incl. nulmetingen	
➔ Eventuele afwijkingen toelichten in bijlage	
➔ Eventuele bijzonderheden (bv. omgevingseffecten) toelichten in bijlage	

Bijlage 14 - Onderzoek lucht

Effect windpark Eemshaven-West op de lokale luchtkwaliteit

23 november 2021

Kenmerk R001-1282197VLU-V01-los-NL

Verantwoording

Titel	Effect windpark Eemshaven-West op de lokale luchtkwaliteit
Opdrachtgever	Pondera Consult
Projectleider	Ramon van Bruggen
Auteur(s)	Luc Verhees, Ivo Quax
Tweede lezer	Hans Erbrink (ESC)
Projectnummer	1282197
Aantal pagina's	20
Datum	23 november 2021
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking.
	Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

TAUW bv
Handelskade 37
Postbus 133
7400 AC Deventer
T +31 57 06 99 91 1
E info.deventer@tauw.com

Kenmerk R001-1282197VLU-V01-los-NL

Inhoud

1 Inleiding en vraagstelling 4

2 Windturbine-effecten 5

2.1 Invloed van windturbines op verspreiding van emissies/rookgassen 5

2.2 Implementatie windturbine-effecten in het STACKS rekenmodel 8

2.3 Nauwkeurigheid 10

3 Aanpak en uitgangspunten 10

3.1 Nieuwe turbines windpark Eemshaven-West fase 1 10

3.2 Bestaande winturbines 12

3.3 Emissiebronnen in de Eemshaven 13

3.4 Overige uitgangspunten en modelparameters 15

3.4.1 Zichtjaar 15

3.4.2 Modelgebied en rekenpunten 15

3.4.3 Terreinruwheid 15

4 Resultaten 16

4.1 Bijdrage Eemshaven aan concentratieniveaus, zonder de windturbines 16

4.2 Effecten bestaande windturbines 17

4.3 Effecten nieuwe turbines windpark Eemshaven-West 18

4.4 Toetsing aan grens- en advieswaarden 18

5 Conclusies 19

6 Referenties 20

Bijlage 1 Kenmerken bestaande turbines Eemsgebied

Bijlage 2 Details emissiebronnen

Bijlage 3 Beschrijving combinatie zogmodel en pluimverspreiding

1 Inleiding en vraagstelling

Vattenfall en Stichting Eemswind hebben plannen om het windpark Eemshaven-West te ontwikkelen in de Emmapolder, ten westen van de Eemshaven.

De emissies van luchtverontreinigende stoffen vanuit de Eemshaven zorgen lokaal voor een verhoging van de concentratieniveaus van deze stoffen. De geplande windturbines van windpark Eemshaven-West kunnen een mogelijk effect hebben op de verspreiding van deze industriële emissies. In voorliggend onderzoek is het effect onderzocht van het geplande windturbinepark op de luchtkwaliteit in de omgeving. Het onderzoek is uitgevoerd door TAUW in samenwerking met Erbrink Stacks Consult.

Het berekenen van de concentratieniveaus van stikstofdioxide (NO_2), fijnstof (PM10)[1] en benzeen is uitgevoerd met een op maat toegesneden versie van het verspreidingsmodel STACKS, waarin de beïnvloeding van de windturbines op het verspreidingsgedrag van de emissies is opgenomen. Deze uitbreiding van het STACKS model is state-of-the-art en al eerder toegepast op andere locaties in Nederland en daarbuiten (zie de referentielijst in hoofdstuk 6) en gepubliceerd op een NATO/CCMS conferentie (Erbrink, J.J. en Verhees, L., 2012).

De volgende vragen zijn onderzocht:

- Wat zijn de concentratieniveaus van NO_2, PM10 en benzeen in de omgeving van de Eemshaven?
- Hoe worden de concentratieniveaus beïnvloed door de huidige bestaande en vergunde windturbines?
- Wat is het effect op de concentratieniveaus ten gevolge van plaatsing van de nieuwe turbines in windpark Eemshaven-West?
- Zijn er overschrijdingen van grenswaarden te verwachten?

De vragen worden beantwoord door berekeningen uit te voeren van de verspreiding van de luchtverontreinigende stoffen in de situatie zonder de windmolens en de situatie met de windmolens. De verschillen in berekende concentraties worden toegewezen aan de effecten van de windmolens. Dit wordt gedaan door op concrete locaties in woongebieden te rekenen èn door contourplots te maken, zodat een totaal ruimtelijk inzicht wordt verkregen van de concentraties in het hele gebied.

In deze rapportage wordt in hoofdstuk 2 eerst een algemene uitleg gegeven van de effecten die de windmolens op de verspreiding van stof- en rookpluimen kunnen hebben, en de wijze waarop deze effecten zijn geïmplementeerd in het STACKS rekenmodel. In hoofdstuk 3 worden alle uitgangspunten van de modelberekeningen beschreven, voor zowel de windturbines, de emissiebronnen in de Eemshaven, en diverse algemene rekeninstellingen. In hoofdstuk 4 volgen de berekeningsresultaten en in hoofdstuk 5 de conclusies.

[1] PM10 is de benaming voor fijnstofdeeltjes in de lucht (PM: Particulate Matter) die kleiner zijn dan 10 micrometer

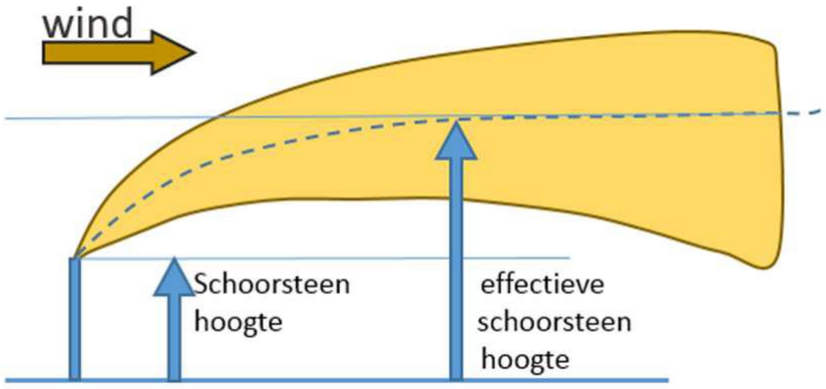
2 Windturbine-effecten

2.1 Invloed van windturbines op verspreiding van emissies/rookgassen

Windturbines halen energie uit het windveld en kunnen daardoor de verspreiding van rookgassen vanuit schoorstenen en diffuse emissies beïnvloeden. De windsnelheid achter een windturbine (het zogenaamde zog) is daarom een stuk minder dan vòòr de turbine. Direct achter de windturbines is de windsnelheid ongeveer de helft lager dan ervòòr. Door het draaien van de wieken en door de verschillen in windsnelheid onder en boven dit zog, worden ook extra wervelingen opgewekt, de zogenaamde turbulentie. Deze turbulentie zorgt ervoor dat rook dat in het zog terecht komt sterker wordt verspreid (en dus verdund) dan buiten dit zog. Dit sneller verspreiden gaat naar boven èn naar beneden.

Een proces dat speelt bij rookgassen met een hoge temperatuur is dat deze na het verlaten van de schoorsteenmond ‘doorstijgen’ in de atmosfeer (warme lucht stijgt op), zie figuur 2.1. Deze zogenaamde pluimstijging is hoger bij weinig wind en veel minder bij veel wind. Een rookpluim komt dus voor elk uur (bij een geschikte windrichting) hoger of lager in het zog van de windturbine terecht.

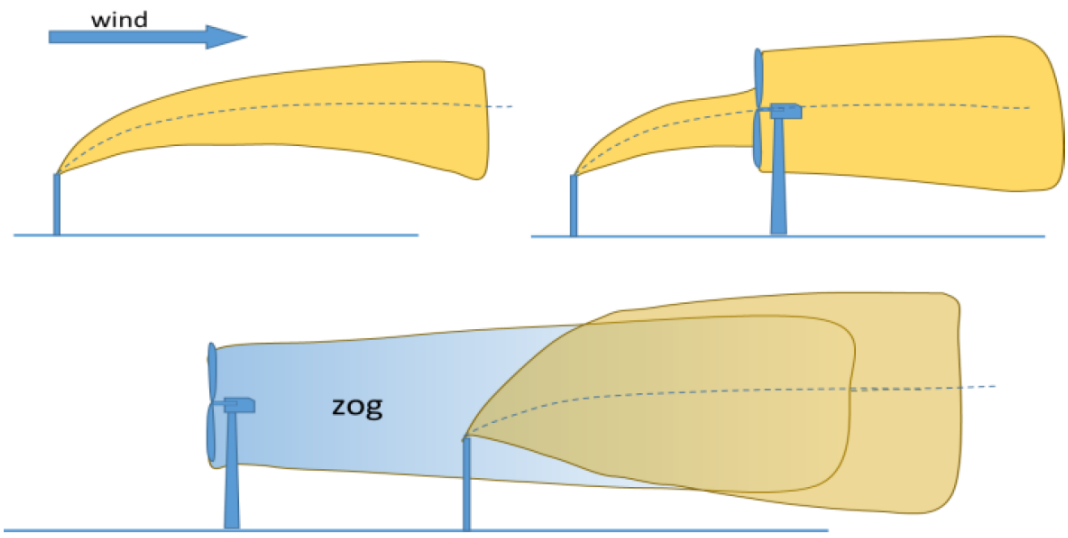
Samengevat komt het erop neer dat een pluim in het zog sterker verdund wordt (meer menging), maar langzamer weg waait omdat de windsnelheid direct achter de windmolen lager is. Bij rookgassen met een hoge temperatuur kan daarbij ook de pluimhoogte veranderen: door de snelle opmenging in het zog verdwijnt de warmte sneller uit de pluim waardoor deze minder ver stijgt.



Figuur 2.1 Principe van pluimstijging, door de warmte-inhoud kan een rookpluim een flink eind stijgen in de atmosfeer

Hoe het effect van windturbines uitwerkt op de grondconcentraties hangt af van verschillende factoren:

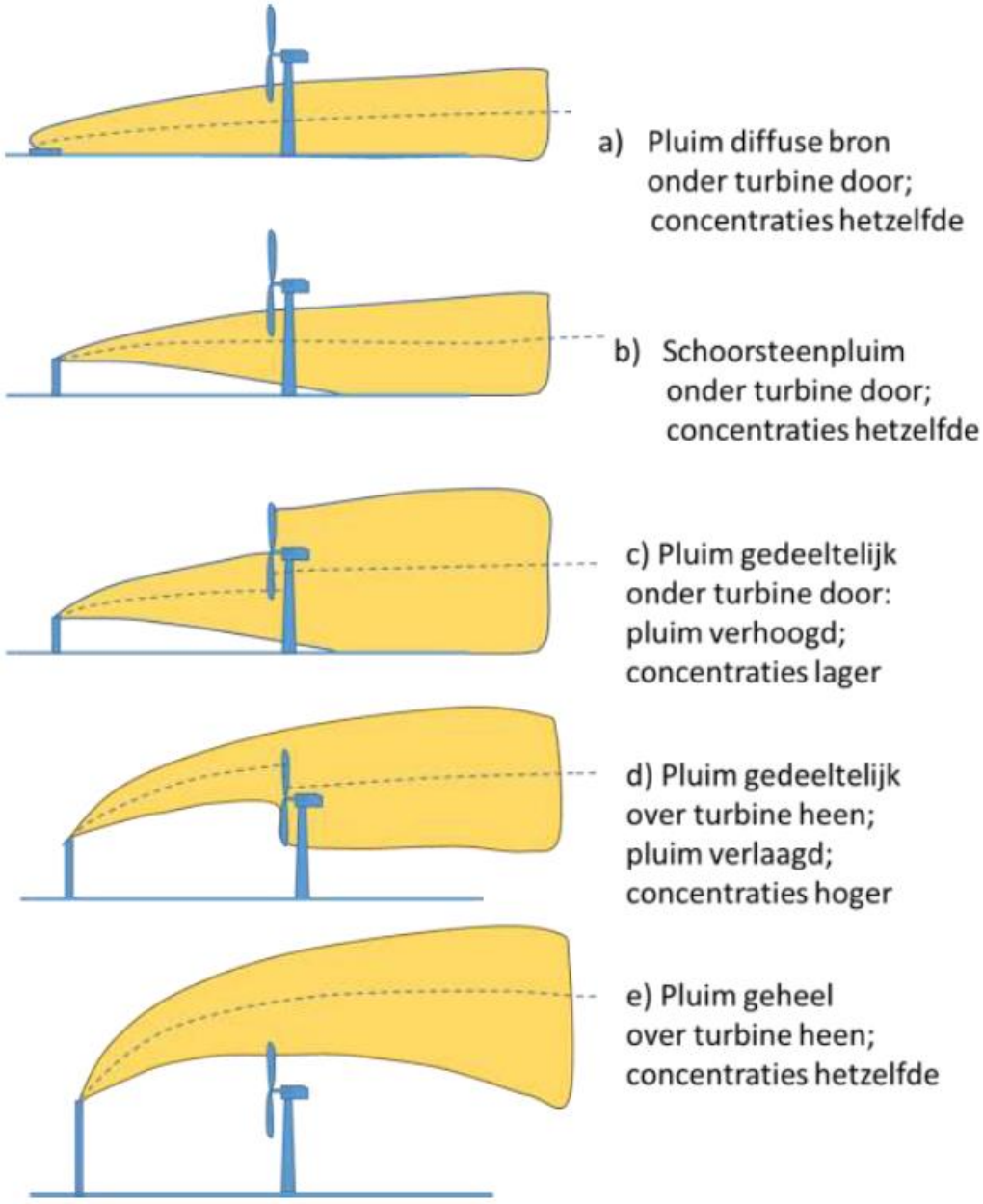
1. Of de schoorsteen vòòr de windturbine staat of dat de windturbine vòòr de schoorsteen staat; dit hangt uiteraard van de windrichting af (zie figuur 2.2)
2. Of de rookpluim laag of juist hoog in zog achter de windturbine komt, dus hoe hoog/laag de schoorsteen is ten opzichte van de as van de windmolen



Figuur 2.2 Pluimverspreiding zonder windmolen (linksboven) en twee mogelijke situaties met windmolen: de windmolen staat bovenwinds of benedenwinds van de windmolen(s)

Als de schoorsteen vòòr de windmolen staat komt de rookpluim bij geschikte windrichtingen in het zog van de windturbine terecht. Als de rookpluim dan nog laag bij de grond is, zal de pluim niet eens (of nauwelijks) in het zog terecht komen: moderne windmolens zijn zo hoog dat de rookpluim als snel hoger dan 50 m moet komen om in het zog terecht te kunnen komen. Naarmate de schoorsteen hoger is, zal een groter deel in het zog komen en dan (bij benadering) onmiddellijk verspreid worden. Als de gemiddelde pluimhoogte lager is dan de hoogte van de turbine-as zal dit doorgaans tot een extra verdunning leiden die lagere grondconcentraties geeft. De pluim wordt als het ware juist van de grond weg-verdund. Als de gemiddelde pluimhoogte daarentegen hoger is dan de hoogte van de turbine-as zal dit doorgaans ook tot een extra verdunning leiden maar die dan juist tot hogere grondconcentraties leidt. Hier wordt de pluim als het ware juist naar de grond toe gemengd. Als de pluim meestal in zijn geheel boven de turbine-as uitstijgt, dan is er weer nauwelijks beïnvloeding en heeft de windturbine weinig effect op de verspreiding. In figuur 2.2 is dit schematisch aangeduid. Daarin geeft de bovenste situatie (a) de situatie voor wegverkeer en diffuse bronnen weer (opslaghopen en degelijke bronnen), die zich op de grond bevinden. Diffuse bronnen kunnen in principe nooit een verslechtering van de luchtkwaliteit te zien geven door plaatsing van windmolens.

Als de windmolen vòòr de schoorsteen staat dan komt de rookpluim bij geschikte windrichtingen al direct in het zog van de windturbine terecht. In het zog is de windsnelheid lager, maar de menging sterker. Deze twee effecten compenseren elkaar deels of geheel. Een rookpluim die warm is bij het verlaten van de schoorsteen stijgt nog een stuk hoger in de lucht; deze pluimstijging hangt af van de windsnelheid op pluimhoogte. Bij een lagere windsnelheid (zoals in het zog) stijgt de pluim hoger dan bij hogere windsnelheden. En door de sterkere menging wordt de pluim sneller naar de grond verdund, dit geeft enige verhoging van de concentraties. Het netto effect van deze twee effecten is dat de grondconcentraties lang niet zo sterk beïnvloed kunnen worden als de omgekeerde situatie (schoorsteen bovenwinds).



Figuur 2.3 Beïnvloeding van rookpluimverspreiding door een windmolen; effect van toenemende schoorsteenhoogte bij bovenwindse situering van de schoorsteen ten opzichte van de windmolen

Effect van windturbines op achtergrondconcentraties

De achtergrondconcentraties worden bepaald door de optelsom van alle andere (op grotere afstand gelegen) bronnen. Door de verspreiding in de lucht zijn deze stoffen dan al over de hele dikte van de menglaag verspreid: het maakt dan niet uit of de concentratie op 1, 10, 100 of 300 meter hoogte wordt beschouwd: deze achtergrondconcentraties zijn op alle hoogtes hetzelfde. Een windturbine kan dan de wind of de menging beïnvloeden, de achtergrondconcentraties worden daardoor niet veranderd: ze zijn al over de hele hoogte uniform opgemengd. De pluimen van bronnen dichtbij zijn juist niet uniform verdeeld over de dikte van de menglaag: de windturbines kunnen de concentraties van deze lokale pluimen natuurlijk wel beïnvloeden.

2.2 Implementatie windturbine-effecten in het STACKS rekenmodel

Het rekenmodel STACKS is een implementatie van het Nieuw Nationaal Model (NNM) en voldoet aan de eisen van de Standaard Rekenmethode 3 (SRM3) zoals beschreven in Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007. SRM3 is speciaal voor industriële emissies opgesteld. STACKS is door het ministerie van I&W goedgekeurde rekensoftware[2] voor berekeningen conform SRM3 (en daarbij SRM1 en SRM2 voor berekeningen voor wegverkeer) ten behoeve van vergunningverlening en voor bestemmingsplannen. Met SRM3 kan echter geen rekening worden gehouden met de invloed van windmolens op de verspreiding.

De relevante processen in het zog zijn aan het STACKS rekenmodel toegevoegd; er zijn verschillende functies toegevoegd om te beschrijven wat er gebeurt met stof- en rookpluimen als deze door de windmolen worden ingevangen. De functies betreffen de windsnelheid in het zog (deze kan direct achter de windmolen tot 50 % à 60 % bedragen van de ingaande windsnelheid), de turbulentie in het zog en de zogafmetingen, alles als functie met de afstand windafwaarts na de windmolen. Onderscheid is gemaakt tussen de situatie dat de schoorsteen bovenwinds of benedenwinds van de windmolen staat, zie figuur 2.3.

Er is verder weinig onderzoek gedaan naar de interactie tussen windturbines en rookpluimen. De Universiteit van Glasgow (Fletcher en Brown, 2010) heeft een studie uitgevoerd die een vergelijkbare werkwijze voorstelt als in dit rapport met het rekenmodel STACKS is beschreven. In het ADMS model (het nationale verspreidingsmodel van Engeland, vanaf 2013) is een module opgenomen die de wind en turbulentie in het zog van een windturbine beschrijft (Stidworthy et al, 2011). Figuur 2.3 toont ter illustratie een situatie waarbij zichtbaar is dat de windturbines het pluimgedrag beïnvloed.

Er zijn de afgelopen jaren voor diverse situaties berekeningen uitgevoerd met het STACKS model met de uitbreiding voor windturbines; onder andere voor locaties in/bij Apeldoorn, Zutphen, Harlingen, Duiven, Beerse (Vlaanderen) en bij Tata Steel (zie referentielijst). De toevoegingen windturbine-effecten in STACKS zijn door experts van RIVM op hun merites beoordeeld. Daarbij is gesteld dat er een plausibele werkwijze is gebruikt.

Het STACKS model is een uur-voor-uur model. In het model is een meteorologische database opgenomen welke voor elk uur meteorologische parameters bevat zoals windrichting, windsnelheid en temperatuur, welke de verspreiding van rookgassen en emissies bepalen. Standaard wordt voor prognostische berekeningen (voor toekomstige nog te realiseren situaties) een historische reeks van 10 jaar (87.600 uren) doorgerekend zodat een nauwkeurig beeld wordt verkregen van de concentraties die in de omgeving zullen gaan optreden.

[2] Zie https://www.rijksoverheid.nl/documenten/regelingen/2011/07/04/overzicht-goedgekeurde-rekenmethoden

Figuur 2.4 Windmolens kunnen de verspreiding van rook en stof beïnvloeden. Bron foto: Interaction of an Eulerian Flue Gas Plume with Wind Turbines. Timothy M. Fletcher en Richard E. Brown (2010)

De specifiek in het STACKS model opgenomen functies die de invloed van de windturbines beschrijven zijn alleen van toepassing wanneer de windrichting (dit wordt dus per uur bepaald voor een periode van 10 jaar) zodanig is dat interactie tussen rookpluim en windmolen plaatsvindt. Deze interactie kan plaatsvinden voor de hele pluim, maar ook voor gedeelten van pluimen. Het kan immers zo zijn dat een deel van de pluim wordt ingevangen in het zog terwijl een ander deel zich aan het zog onttrekt. Dat maakt dat het ene deel van de pluim zich anders gedraagt dan het andere deel van de pluim. Voor een Gaussisch verspreidingsmodel als STACKS is dat lastig, omdat een pluim steeds beschreven wordt als één geheel. Daar waar deze aspecten aan de orde zijn, wordt steeds een conservatieve (voorzichtige) keus gemaakt, zodat de impact niet onderschat wordt. Als er geen interactie plaatsvindt tussen windmolen en rookpluim, wordt de normale beschrijving van de pluimverspreiding in het rekenmodel gevolgd[3]. Een gedetailleerde beschrijving van de functies die in het STACKS model zijn opgenomen en die de effecten van windturbines op de verspreiding van rookgassen/emissies beschrijven zijn opgenomen in bijlage 3.

Tot slot wordt opgemerkt dat het STACKS model rekening houdt - zoals ook in deze studie voor de Eemshaven het geval is - met een veelheid van bronnen en windturbines. Voor alle bronnen en windmolens worden de posities ten opzichte van elkaar bepaald. Per uur wordt nagegaan welke schoorsteen bovenwinds dan wel benedenwinds van één van de windmolens staat. Op grond van de posities en de windrichting wordt per uur bepaald welke pluim door welke windmolen beïnvloed wordt. Daarbij wordt beïnvloeding door één molen (de dichtstbijzijnde) berekend.

[3] STACKS is een Gaussische pluimmodel; een niet-Gaussische pluimvorm wordt daarom als een Gaussische vorm benaderd. Het zog (aanvankelijk min of meer een blokvorm) wordt een Gaussvorm door de diameter van het zog te vertalen naar een Gaussische verdeling met diameter=3 maal sigma-waarde. Sigma is de standaardafwijking van de Gaussische verdeling

2.3 Nauwkeurigheid

Rekenmodellen voor luchtkwaliteit zijn altijd benaderingen van de werkelijkheid. De nauwkeurigheid voor toepassing op lokale schaal ligt in de ordegrootte van enkele tientallen procenten. Hoewel de modelopzet is gemaakt door zorgvuldig de interactie tussen windmolen en rookpluimen te beschrijven, is het nog steeds een benadering. De uitkomsten zullen minder nauwkeurig zijn dan van het originele Nieuw Nationaal Model (NNM). De nauwkeurigheid van de berekende bijdrage van bronnen zal naar verwachting binnen een factor twee zijn. Opgeteld bij een achtergrond, die nauwkeuriger is (ruwweg 10 à 20 %), kan gesteld worden dat de resultaten voldoende betrouwbaar zijn om a) aan te geven of de windmolens een negatief dan wel positief effect hebben en b) om de resultaten toetsen aan de grenswaarden die in Nederland gelden.

3 Aanpak en uitgangspunten

De volgende vragen zijn onderzocht:

- Wat zijn de concentratieniveaus van NO_2, PM10 en benzeen in de omgeving van de Eemshaven?
- Hoe worden de concentratieniveaus beïnvloed door de huidige bestaande en vergunde windturbines?
- Wat is het effect op de concentratieniveaus ten gevolge van plaatsing van de nieuwe turbines in windpark Eemshaven-West?
- Zijn er overschrijdingen van grenswaarden te verwachten?

Om de berekeningen uit te kunnen voeren waarmee bovenstaande vragen beantwoord worden, zijn alle relevante bronnen in het STACKS rekenmodel ingevoerd. In paragrafen 3.1 en 3.2 worden eerst de kenmerken van de nieuwe turbines van windpark Eemshaven-West fase 1 en bestaande turbines in het Eemsgebied gegeven. Paragraaf 3.3 gaat in op de emissiebronnen in de Eemshaven en in paragraaf 3.4 komen de diverse modelparameters aan de orde.

3.1 Nieuwe turbines windpark Eemshaven-West fase 1

De geplande 16 turbines van windpark Eemshaven-West fase 1 liggen relatief ver van de industrie in de Eemshaven. De dichtstbijzijnde van de 16 turbines wordt op ongeveer 4 km van het eerste grote industriële bedrijf geplaatst. In tabel 3.1 zijn de posities van de windmolens gegeven in rijksdriehoekscoördinaten. De coördinaten van de windmolens zijn tevens in figuur 3.1 aangegeven. De precieze afmetingen van de turbines zijn nog niet bekend. Uitgegaan is van een voor de verspreiding van de rookgassen worst-case situatie waarin de ashoogte 145 meter bedraagt en de rotordiameter 160 meter.

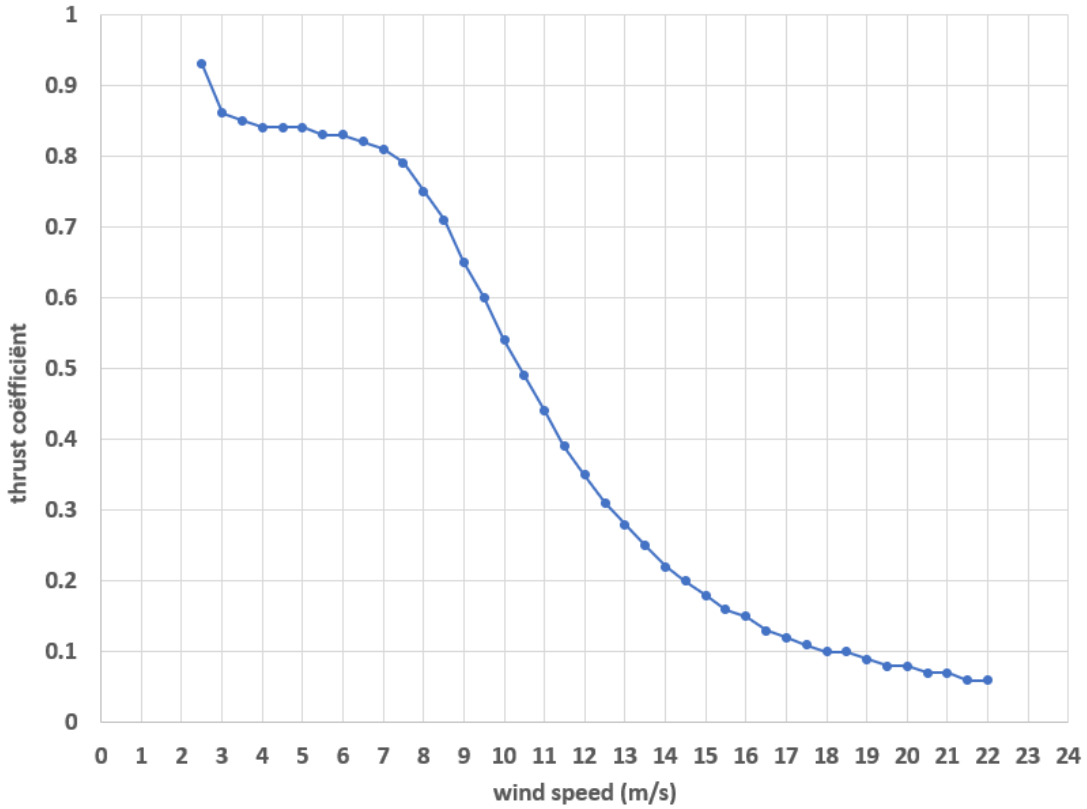
Voor het bepalen van de zogparameters gebruikt het verspreidingsmodel de thrustcoëfficiënten. Thrustcoëfficiënten bepalen welk deel van de windkracht wordt omgezet in de stuwkracht voor de generator (voor de elektriciteitsproductie) en zijn afhankelijk van het ontwerp van de windturbine. Naarmate de windsnelheid toeneemt wordt er een kleiner deel van de kracht die de wind uitoefent, omgezet in elektriciteit. De in het onderzoek aangehouden Ct-curve van de 16 nieuwe turbines is te zien in figuur 3.2. De aanspreeksnelheid is 2,5 m/s en de maximale windsnelheid is 22 m/s.

Bij hogere windsnelheden wordt de molen stilgelegd (de wieken worden zo gedraaid dat er geen windkracht meer op uitgeoefend wordt: de zogenaamde vaanstand). De tabellen met de thrustcoëfficiënten zijn als fitcurves in het STACKS rekenmodel ingebouwd.

Tabel 3.1 Coordinaten van de 16 nieuwe turbines van windpark Eemshaven-West fase 1

ID	X-coördinaat	Y-coördinaat
A01	243378	609247
A02	243868	609325
A03	244358	609404
A04	244848	609482
A05	245342	609519
B01	243160	608711
B02	243665	608825
B03	244154	608904
B04	244644	608981
C02	243462	608325
C03	243951	608403
C04	244440	608480
D02	243776	607910
D03	244245	607980
D04	244731	608018
D05	245225	607965

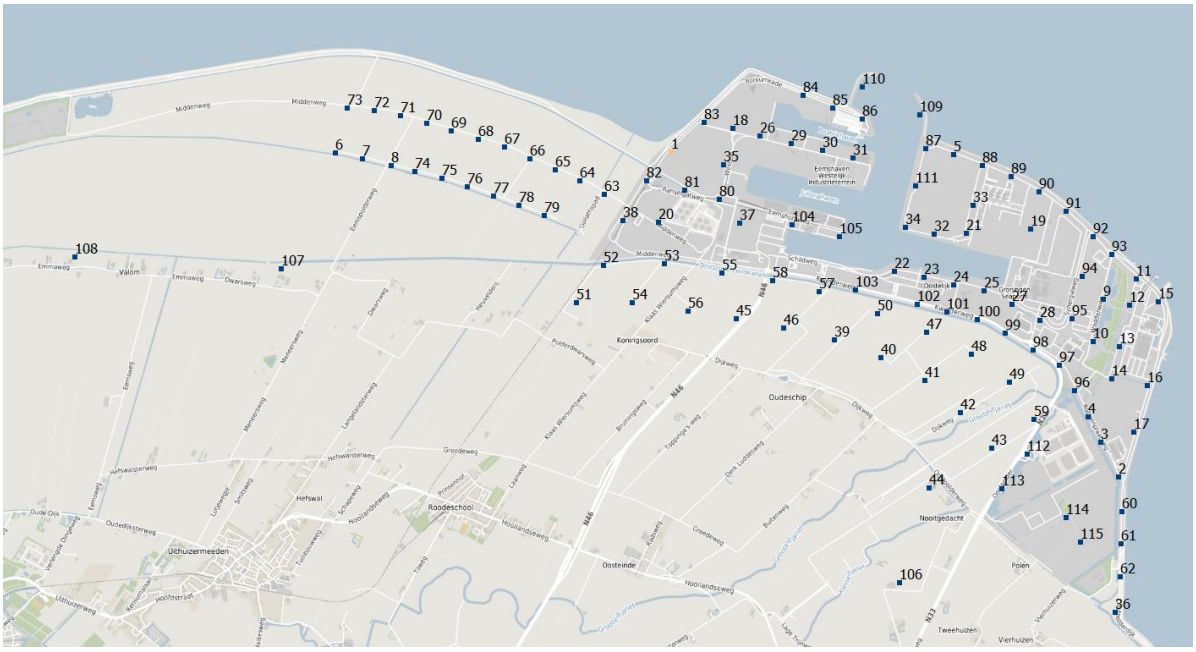
Figuur 3.1 Locatie van de 16 nieuwe turbines van windpark Eemshaven-West fase 1 in rood. Bestaande of reeds vergunde turbines in blauw



Figuur 3.2 Ct-curve van de 16 nieuwe turbines van windpark Eemshaven-West fase 1

3.2 Bestaande winturbines

In en rondom de Eemshaven bevinden zich al ruim honderd windmolens van diverse afmetingen. Al deze windturbines zijn in het model opgenomen. De kenmerken van de turbines zijn geleverd door de opdrachtgever. Figuur 3.3 laat op de kaart de ligging van deze 115 bestaande (of reeds vergunde) windturbines zien. In bijlage 1 is een lijst opgenomen met de coördinaten, ashoogte en rotordiameter van deze turbines. De Ct-curves van de turbines worden niet gegeven. Deze zijn namelijk niet openbaar, maar zijn wel opgenomen in het STACKS model ten behoeve van voorliggend onderzoek. Het nummer van de turbines in figuur 3.3 komt overeen met de nummering (ID) in bijlage 1.



Figuur 3.3 Ligging van de 115 bestaande en vergunde windturbines in en rondom de Eemshaven

3.3 Emissiebronnen in de Eemshaven

In dit onderzoek zijn de emissies van NO_2, PM10 en benzeen beschouwd die vrijkomen in de Eemshaven. De emissies en bronkenmerken van de volgende zes grote en relevante bedrijven zijn aangeleverd door de omgevingsdienst Groningen en in het STACKS model ingevoerd:

- Engie
- RWE
- Theo Pouw
- Vattenfall
- VOPAK
- Holland Malt

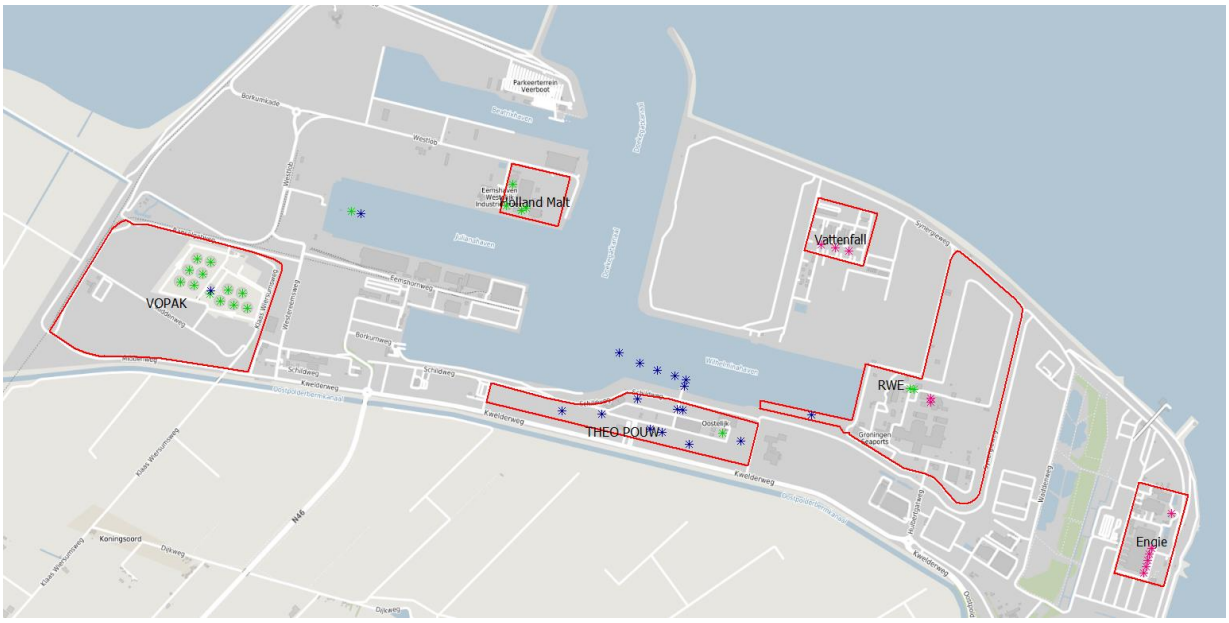
De overige bedrijven in de Eemshaven hebben een verwaarloosbare emissie ten opzichte van de zes beschouwde bedrijven. De invloed van windturbines op de emissies vanuit lage bronnen (< 10 meter) is afwezig of verwaarloosbaar (zie paragraaf 2.1). Lage puntbronnen zijn echter wel in de berekeningen meegenomen, oppervlaktebronnen niet. De In bijlage 2 is een lijst opgenomen van alle bronnen en bronkenmerken die in dit onderzoek zijn meegenomen. Figuur 3.3 toont de bronnen op de kaart.

Voor NO_2 geldt dat de hoge bronnen (vanaf 65 m) van Engie, RWE en Vattenfall samen 99,15 % van de NO_2 emissies voor hun rekening nemen, met de volgende verdeling:

- Engie: 64,78 % (7.651 ton/jaar)
- RWE: 17,44 % (2.059 ton/jaar)
- Vattenfall: 16,93 % (2.000 ton/jaar)

De PM10 emissies liggen een stuk lager en zijn voor 90,36 % afkomstig van RWE (106 ton/jaar) en voor 6,96 % van Theo Pouw (8,2 ton/jaar).

De benzeen emissies zijn met in totaal 20 kilo per jaar aanzienlijk lager. Van deze 20 kilo wordt een kleine 17 kilo geëmitteerd op het terrein van VOPAK.



Figuur 3.4 Ligging van de emissiebronnen in Eemshaven. Roze sterretjes: bronnen > 50 meter hoog, groen: bronnen 10 tot 50 meter hoog, blauw: bronnen < 10 meter hoog

De bijdragen van alle relevante bedrijven en hun emissiebronnen zijn met het rekenmodel STACKS doorgerekend. De bronbijdrage van deze bronnen wordt opgeteld bij de achtergrondconcentratie om tot een totaal concentratieniveau te komen.

De achtergrondconcentraties (ook wel GCN: Grootschalige Concentratiekaarten Nederland) worden jaarlijks door het RIVM geactualiseerd en zijn in het STACKS rekenmodel opgenomen. De achtergrondconcentratiekaarten zijn kaarten met een resolutie van 1 km. De bijdrage van de Eemshaven is hier ook al in opgenomen. Door de emissiebronnen van de Eemshaven in het model op te nemen, en de bijdrage aan de concentratieniveaus met hoge ruimtelijke resolutie te berekenen, is er dus feitelijk sprake van een dubbeltelling. Deze dubbeltelling heeft echter geen consequenties voor de conclusies die uit deze studie getrokken worden aangezien a) de concentratieniveaus in noordoost Groningen zeer ruim onder de wettelijke grenswaarden liggen en een overschatting van het totale concentratieniveau hiervoor dus geen gevolgen heeft, en b) deze dubbeltelling geen effect heeft op de berekening van eventuele toe- of afnames in concentraties ten gevolge van windturbines.

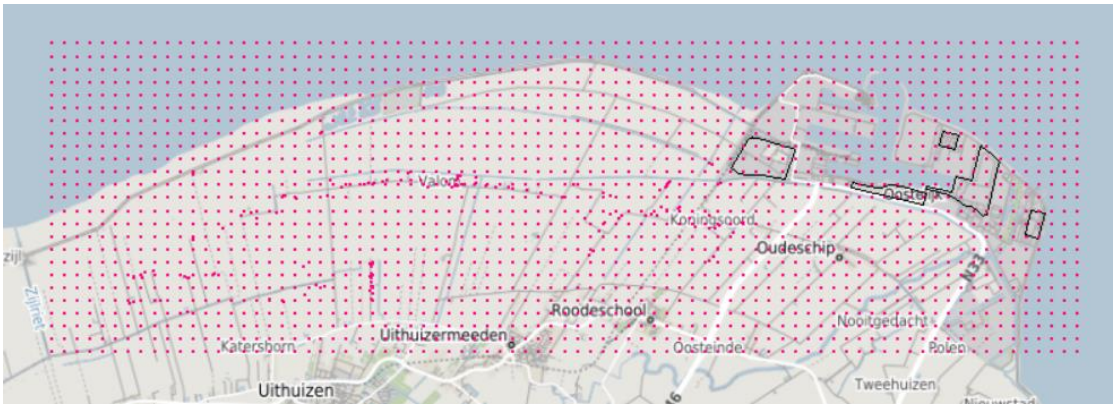
3.4 Overige uitgangspunten en modelparameters

3.4.1 Zichtjaar

De berekeningen zijn uitgevoerd voor het zichtjaar 2021. Het zichtjaar heeft geen invloed op de berekende bijdrage van de industriële bronnen in de Eemshaven en geen invloed op de berekende effecten van de windturbines. Alleen de achtergrondconcentraties, en daarmee en de totale concentratieniveaus, worden beïnvloed door het zichtjaar. Richting de toekomst dalen de achtergrondconcentratieniveaus. Door te rekenen met zichtjaar 2021 is worst-case gerekend.

3.4.2 Modelgebied en rekenpunten

De concentratieniveaus zijn berekend voor een gebied van 20 bij 6 kilometer (het modelgebied). Er zijn rekenpunten geplaatst om de 250 meter (in totaal 2025 punten) en op alle woningen in het modelgebied (120 woningen). Figuur 3.5 toont het modelgebied en alle rekenpunten.



Figuur 3.5 Modelgebied van 20 x 6 km en alle rekenpunten binnen het modelgebied

3.4.3 Terreinruwheid

De terreinruwheid is een maat voor obstakels aan het oppervlakte zoals gebouwen, bomen en taluds. De terreinruwheid voor het beschouwde modelgebied is 0.06 m. De terreinruwheid wordt door STACKS bepaald op basis van de meest recente LGN-kaart (Landelijk Grondgebruik Nederland).

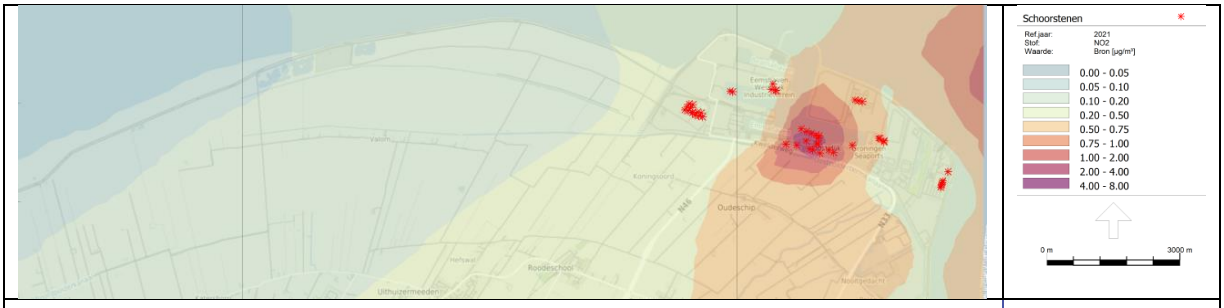
4 Resultaten

In paragraaf 4.1 en 4.2 worden rekenresultaten getoond en besproken. In hoofdstuk 5 worden kort en bondige conclusies gegeven.

4.1 Bijdrage Eemshaven aan concentratieniveaus, zonder de windturbines

Met het STACKS rekenmodel is de bijdrage aan de concentratieniveaus van de qua emissies zes grootste bedrijven in de Eemshaven (zie paragraaf 3.3) berekend. De bijdrage van deze bedrijven aan de jaargemiddelde concentratie wordt getoond in figuur 4.1 en 4.2 voor respectievelijk NO_2 en PM10. De bijdrage van benzeen is verwaarloosbaar (minder dan 0,01 µg/m^3).

Lokaal rondom de lage bronnen van Theo Pouw kan de bijdrage aan de jaargemiddelde concentraties oplopen tot boven de 2 µg/m^3 voor NO_2 en 0,5 µg/m^3 voor PM10. De hoge bronnen, met een veel hogere emissie dan de emissie van Theo Pouw, verspreiden hun rookgassen over een veel groter gebied, maar op leefniveau is de bijdrage van deze bronnen toch beperkt. Op de locatie van het nieuwe windpark Eemshaven-West bedraagt de bijdrage van de zes beschouwde bedrijven in de Eemshaven ongeveer 0,12 tot 0,15 µg/m^3 voor NO_2 en 0,01 µg/m^3 voor PM10.



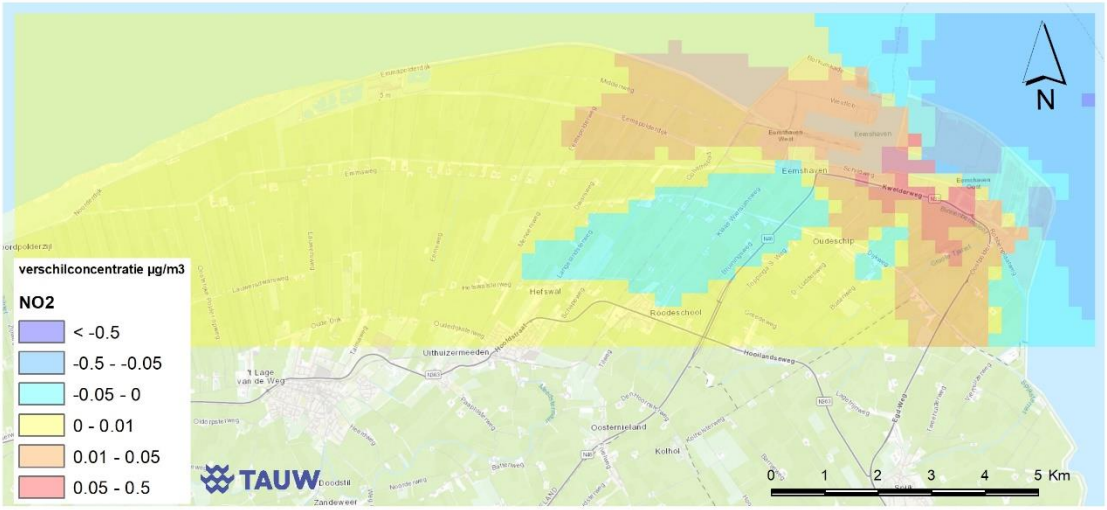
Figuur 4.1 Jaargemiddelde NO_2 bijdrage Eemshaven (zes grootste bedrijven) in µg/m^3

Figuur 4.2 Jaargemiddelde PM10 bijdrage Eemshaven (zes grootste bedrijven) in µg/m^3

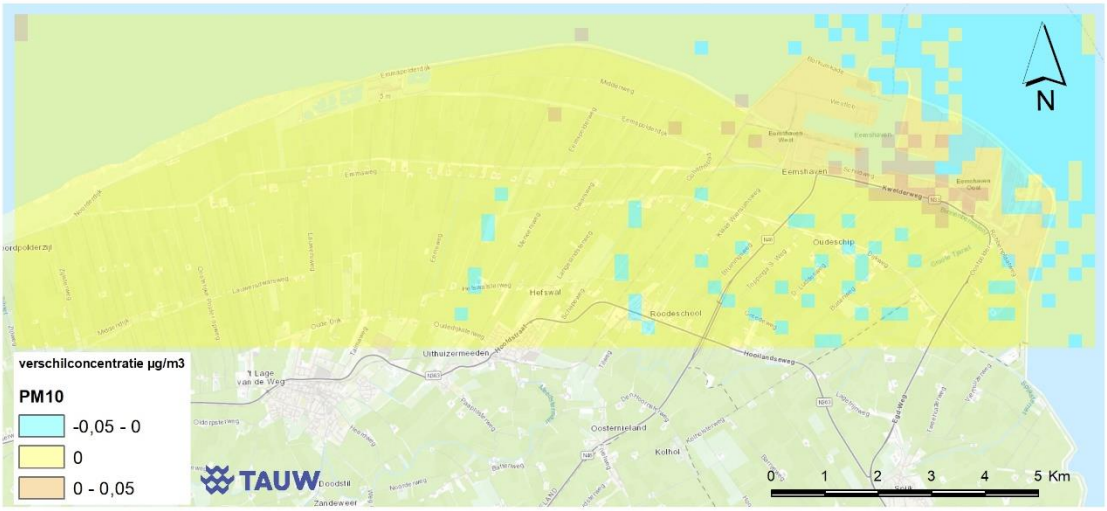
4.2 Effecten bestaande windturbines

Met het STACKS rekenmodel is ten eerste het effect op de concentratieniveaus bepaald van de 115 bestaande en vergunde windturbines die in en rondom de Eemshaven aanwezig zijn. Dit effect is bepaald door de berekende concentraties in het scenario waarbij geen rekening wordt gehouden met de invloed van windturbines af te trekken van de concentraties van het scenario waarbij wel rekening wordt gehouden met invloed van deze 115 windturbines.

Uit de berekeningen volgt dat er een groot gebied is waar de concentraties toenemen ten gevolge van de aanwezigheid van de windturbines (het geel/oranje/rode gebied in figuur 4.3). Deze toenames zijn echter zeer beperkt; voor het grootste deel gaat het om toenames tot 0,01 µg/m^3 voor NO_2 en voor een kleiner gebied (grotendeels gelegen in Eemshaven zelf) van meer dan 0,05 µg/m^3. Om dit in perspectief te plaatsen: een toename in concentraties van meer dan 1,2 µg/m^3 op leefniveau wordt aangemerkt als ‘in betekende mate’. Voor projecten of te vergunnen activiteiten die ‘niet in betekende mate’ (< 1,2 µg/m^3) bijdragen aan de concentratieniveaus hoeft geen toets aan de wettelijke grenswaarden plaats te vinden. Er is ook een gebied (blauw in de figuur 4.3) waar de concentraties iets afnemen ten gevolge van de aanwezigheid van de windturbines. Voor PM10 zijn de effecten zo goed als verwaarloosbaar, zie figuur 4.4.



Figuur 4.3 Verschil in jaargemiddelde NO_2 concentratie tussen de situatie met windturbines (alle bestaande / vergunde turbines) en de situatie zonder windturbines. Rood is een toename in concentraties ten gevolge van de turbines, blauw een afname



Figuur 4.4 Verschil in jaargemiddelde PM10 concentratie tussen de situatie met windturbines (alle bestaande / vergunde turbines) en de situatie zonder windturbines. Rood is een toename in concentraties ten gevolge van de turbines, blauw een afname

4.3 Effecten nieuwe turbines windpark Eemshaven-West

Het potentiële effect van de 16 nieuwe turbines van windpark Eemshaven-West fase 1 is berekend door de uitkomsten van de berekening met de 115 bestaande / vergunde windturbines (zie vorige paragraaf) te vergelijken met de uitkomsten van de berekening met 131 windturbines (115 plus de 16 nieuwe turbines). Het resultaat is dat de 16 turbines geen extra toe- of afnames in de concentratieniveaus geven opzichte van het scenario de 115 bestaande / vergunde windturbines. Op geen enkel rekenpunt wordt een toe- of afname berekend van meer dan 0,00 µg/m^3.

4.4 Toetsing aan grens- en advieswaarden

De relevante stoffen/componenten die in dit onderzoek worden beschouwd zijn NO_2, PM10 en benzeen. Voor deze stoffen gelden de wettelijke grenswaarden die worden gegeven in tabel 4.1. Daarnaast zijn er de aanzienlijk strengere advieswaarden van de World Health Organisation (WHO). Deze laatste zijn recent aangescherpt door de WHO, maar zijn in de EU niet ingevoerd.

Tabel 4.1 Overzicht van grens- en advieswaarden van de in deze studie beschouwde stoffen

Stof	Type norm	Grenswaarde in Nederland en EU	WHO advieswaarde
NO_2	Jaargemiddelde concentratie	40 µg/m^3	10 µg/m^3
PM_{10}	Jaargemiddelde concentratie	40 µg/m^3	15 µg/m^3
	Etmaalgemiddelde concentratie	50 µg/m^3 mag max. 35x/jaar worden overschreden	45 µg/m^3 mag max. 1% van aantal dagen worden overschreden
Benzeen	Jaargemiddelde concentratie	5 µg/m^3	-

De concentratieniveaus in het onderzoeksgebied (zie figuur 4.5 en 4.6) worden met name bepaald door de achtergrondconcentraties. Voor NO_2 liggen de jaargemiddelde concentratieniveaus in het onderzoeksgebied tussen de 5 en 11 µg/m^3. Voor PM10 liggen de jaargemiddelde concentratieniveaus rond de 14 à 15 µg/m^3.

Het aantal PM10 overschrijdingsdagen bedraagt 6 dagen per jaar. De concentratieniveaus voor NO_2 en PM10 liggen daarmee zeer ruim onder de wettelijke grenswaarden. Aan de WHO advieswaarde voor NO_2 en PM10 wordt in het grootste deel van het onderzoekgebied ook al voldaan. In de geel en oranje gekleurde gebieden in figuur 4.5 en 4.6 wordt de WHO advieswaarde nog niet gehaald.

Figuur 4.5 Jaargemiddelde NO_2 concentratie in het onderzoeksgebied in µg/m³

Figuur 4.6 Jaargemiddelde PM10 concentratie in het onderzoeksgebied in µg/m³

5 Conclusies

De hoofdvraag van deze studie luidt of de 16 nieuwe turbines van windpark Eemshaven-West de concentraties van luchtverontreinigende stoffen in de directe omgeving negatief kunnen beïnvloeden. Dit zou kunnen gebeuren wanneer de rookpluimen vanuit (hoge) schoorstenen in de Eemshaven bij noordoosten tot zuidwesten windrichting richting te windturbines waaien en in het zog achter de turbines terecht komen. De berekeningen met het STACKS rekenmodel wijzen uit dat de 16 nieuwe turbines geen invloed hebben (< 0,01 µg/m³) op de jaargemiddelde concentratieniveaus op leefniveau voor stikstofdioxide (NO_2), fijnstof (PM10) en benzeen.

Er is wel een klein effect berekend op de concentratieniveaus ten gevolge van de 115 bestaande/vergunde windturbines in en rondom de Eemshaven; voor een gebied van circa 20 km² zijn de jaargemiddelde NO_2 concentraties daardoor met 0,01 tot 0,05 µg/m³ verhoogd. Deze toename is echter zeer beperkt en ligt ruim onder de ‘in betekenende mate’ grens van 1,2 µg/m³. De 16 nieuwe turbines van windpark Eemshaven-West fase 1 voegen daar verder geen verslechterend effect aan toe. In het studiegebied liggen de concentratieniveaus overal ruim onder de wettelijke grenswaarden.

6 Referenties

- Stidworthy, D. Carruthers, J. Hunt, 2011. CERC activities under the TOPFARM project: Wind turbine wake modelling using ADMS
- Timothy M. Fletcher and Richard E. Brown, 2010. Interaction of an Eulerian Flue Gas Plume with Wind Turbines. 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition 4 - 7 January 2010, Orlando, Florida
- DNVGL, 2017. Interaction of stacks-plumes with wind turbines, CELSE - Centrais Elétricas de Sergipe S.A. Brasil. Proj.no: 10073298
- Erbrink, J.J. 2019. Effect windturbines op de luchtkwaliteit in en rond Beerse. Rapport 2019R001, 28 januari 2019
- Erbrink, J.J. en Verhees, L., 2012. Enhanced dispersion from tall stacks in the vicinity of modern wind mills. In: Air Pollution Modelling and its Application XXII, edited by Douw G. Steyn, Peter J.H. Builtjes, pp 755-758
- KEMA, 2010. Luchtkwaliteit onderzoek REC Harlingen. Rapport 55106127-TOS/HSM 10-4410
- KEMA, 2008 (J.J. Erbrink en S.M.J. Houben). Interactie tussen windturbines en emissies van Fibroned: effecten op de luchtkwaliteit. Rapportnr. 59751399-TOS/MEC 08-9079
- Erbrink, 2016a. Impact windmolens op verspreiding van luchtverontreiniging Windmolens Spuisluis en de emissies van Tata Steel. Rapport ErbrinkStacks R2016001
- Erbrink, 2016b. Windpark Tata Steel en luchtkwaliteit. Rapport ErbrinkStacks R2016002

Kenmerk R001-1282197VLU-V01-los-NL

Bijlage 1 Kenmerken bestaande turbines Eemsgebied

Kenmerk R001-1282197VLU-V01-los-NL

ID	Type	X-coörd.	Y-coörd.	Ashoogte (m)	Rotor-diameter (m)
1	2B-Energy	248875	608572	105	140
2	Enercon E82 3MW	253831	604981	100	82
3	Enercon E82 3MW	253636	605360	100	82
4	Enercon E82 3MW	253490	605646	100	82
5	Vestas V117-3.45MW	252008	608547	93.5	117
6	Vestas V112-3.3MW	245161	608566	100	90
7	Vestas V112-3.3MW	245463	608501	100	90
8	Vestas V112-3.3MW	245775	608421	100	90
9	Enercon E82 3MW	253662	606943	100	82
10	Enercon E82 3MW	253548	606476	100	82
11	Enercon E82 3MW	254026	607172	100	82
12	Enercon E82 3MW	253954	606875	100	82
13	Enercon E82 3MW	253843	606417	100	82
14	Enercon E82 3MW	253758	606067	100	82
15	Enercon E82 3MW	254272	606915	100	82
16	Enercon E82 3MW	254151	605985	100	82
17	Enercon E82 3MW	253996	605473	100	82
18	Vestas V90 3MW	249556	608833	105	90
19	Vestas V90 3MW	252854	607720	105	90
20	Vestas V90 3MW	248736	607792	105	90
21	Vestas V90 3MW	252144	607675	105	90
22	Vestas V90 3MW	251347	607248	105	90
23	Vestas V90 3MW	251676	607186	105	90
24	Vestas V90 3MW	252006	607106	105	90
25	Vestas V90 3MW	252338	607034	105	90
26	Vestas V90 3MW	249863	608750	105	90
27	Vestas V90 3MW	252652	606888	105	90
28	Vestas V90 3MW	252956	606705	105	90
29	Vestas V90 3MW	250210	608668	105	90
30	Vestas V90 3MW	250551	608586	105	90
31	Vestas V90 3MW	250891	608504	105	90
32	Vestas V90 3MW	251793	607667	105	90
33	Vestas V90 3MW	252220	607986	105	90
34	Vestas V136-3.6MW	251467	607739	140	136
35	Vestas V136-3.6MW	249459	608427	140	136
36	Vestas V117-3.6MW	253794	603479	117	117
37	Lagerwey L136-4.5MW	249631	607787	132	136
38	Lagerwey L136-4.5MW	248340	607818	132	136
39	Lagerwey L136-4.5MW	250680	606491	155	136
40	Lagerwey L136-4.5MW	251196	606296	155	136
41	Lagerwey L136-4.5MW	251688	606042	155	136

Kenmerk R001-1282197VLU-V01-los-NL

ID	Type	X-coörd.	Y-coörd.	Ashoogte (m)	Rotor-diameter (m)
42	Lagerwey L136-4.5MW	252080	605688	155	136
43	Lagerwey L136-4.5MW	252427	605295	155	136
44	Lagerwey L136-4.5MW	251732	604852	155	136
45	Lagerwey L136-4.5MW	249594	606725	155	136
46	Lagerwey L136-4.5MW	250122	606623	155	136
47	Lagerwey L136-4.5MW	251701	606578	155	136
48	Lagerwey L136-4.5MW	252197	606333	155	136
49	Lagerwey L136-4.5MW	252625	606025	155	136
50	Lagerwey L136-4.5MW	251157	606782	155	136
51	Lagerwey L136-4.5MW	247827	606909	155	136
52	Lagerwey L136-4.5MW	248126	607315	155	136
53	Lagerwey L136-4.5MW	248805	607337	155	136
54	Lagerwey L136-4.5MW	248451	606902	155	136
55	Lagerwey L136-4.5MW	249440	607236	155	136
56	Lagerwey L136-4.5MW	249066	606814	155	136
57	Lagerwey L136-4.5MW	250512	607025	155	136
58	Lagerwey L136-4.5MW	249999	607151	155	136
59	Lagerwey L136-4.5MW	252891	605613	155	136
60	Vestas V90 3MW	253864	604596	100	90
61	Vestas V90 3MW	253855	604236	100	90
62	Vestas V90 3MW	253850	603877	100	90
63	Enercon E82 3MW	248142	608104	98	82
64	Enercon E82 3MW	247865	608255	98	82
65	Enercon E82 3MW	247592	608379	98	82
66	Enercon E82 3MW	247311	608501	98	82
67	Enercon E82 3MW	247034	608625	98	82
68	Enercon E82 3MW	246747	608713	98	82
69	Enercon E82 3MW	246447	608805	98	82
70	Enercon E82 3MW	246172	608890	98	82
71	Enercon E82 3MW	245885	608978	98	82
72	Enercon E82 3MW	245590	609026	98	82
73	Enercon E82 3MW	245294	609056	98	82
74	Enercon E82 3MW	246045	608352	98	82
75	Enercon E82 3MW	246336	608279	98	82
76	Enercon E82 3MW	246622	608188	98	82
77	Enercon E82 3MW	246907	608088	98	82
78	Enercon E82 3MW	247190	607981	98	82
79	Enercon E82 3MW	247472	607870	98	82
80	Enercon E82 3MW	249412	608052	98	82
81	Enercon E82 3MW	249023	608155	98	82
82	Enercon E82 3MW	248609	608251	98	82
83	Enercon E82 3MW	249242	608904	98	82

Kenmerk R001-1282197VLU-V01-los-NL

ID	Type	X-coörd.	Y-coörd.	Ashoogte (m)	Rotor-diameter (m)
84	Enercon E82 3MW	250336	609195	98	82
85	Enercon E82 3MW	250665	609061	98	82
86	Enercon E82 3MW	250997	608936	98	82
87	Enercon E82 3MW	251691	608611	98	82
88	Enercon E82 3MW	252326	608422	98	82
89	Enercon E82 3MW	252643	608296	98	82
90	Enercon E82 3MW	252952	608132	98	82
91	Enercon E82 3MW	253251	607912	98	82
92	Enercon E82 3MW	253547	607637	98	82
93	Enercon E82 3MW	253756	607438	98	82
94	Enercon E82 3MW	253425	607194	98	82
95	Enercon E82 3MW	253312	606728	98	82
96	Enercon E82 3MW	253344	605929	98	82
97	Enercon E82 3MW	253172	606215	98	82
98	Enercon E82 3MW	252882	606381	98	82
99	Enercon E82 3MW	252579	606570	98	82
100	Enercon E82 3MW	252263	606722	98	82
101	Enercon E82 3MW	251933	606803	98	82
102	Enercon E82 3MW	251603	606884	98	82
103	Enercon E82 3MW	250916	607049	98	82
104	REpower 6M126	250216	607768	117	126
105	REpower 6M126	250738	607640	117	126
106	EWT DW54/900	251402	603809	40	54
107	Vestas V52-850kW	244561	607278	40	52
108	Vestas V52-850kW	242278	607409	40	52
109	GE 5.5-158	251630	608983	141	158
110	GE 5.5-158	250992	609288	141	158
111	Vestas V136-3.6MW	251582	608193	140	136
112	Lagerwey L136-4.5MW	252819	605227	132	136
113	Lagerwey L136-4.5MW	252538	604846	132	136
114	Lagerwey L136-4.5MW	253250	604530	132	136
115	Lagerwey L136-4.5MW	253410	604258	132	136

Kenmerk R001-1282197VLU-V01-los-NL

Bijlage 2 Details emissiebronnen

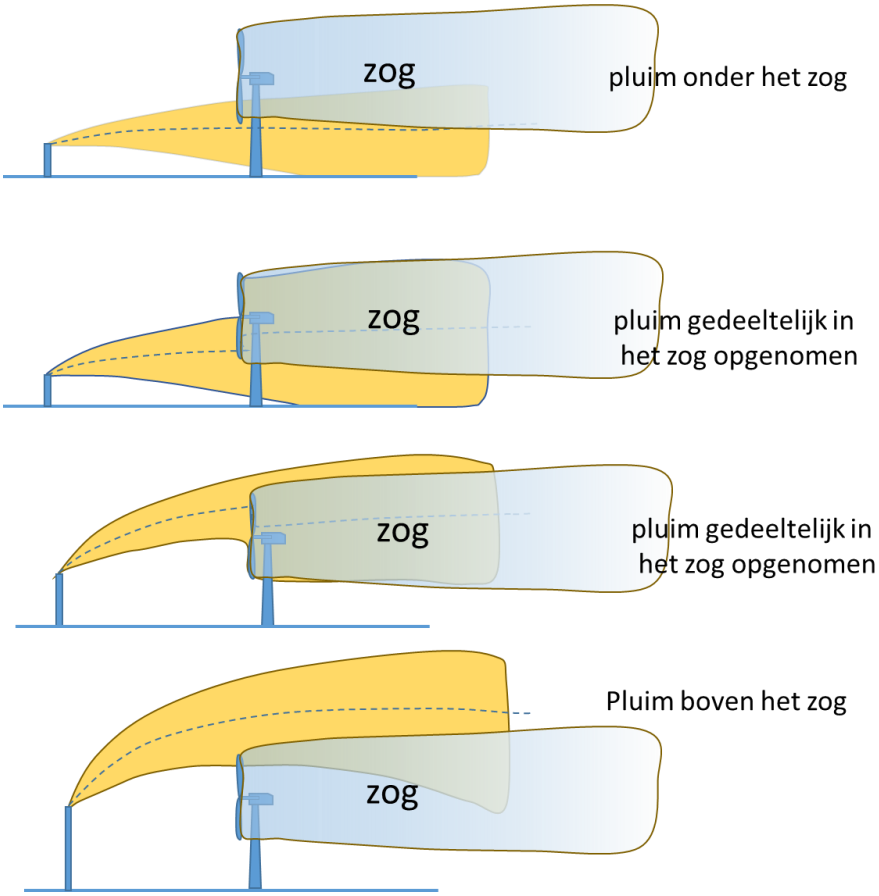
Kenmerk R001-1282197VLU-V01-los-NL

										emissie		
nr.	Bedrijf	omschrijving	X-coörd.	Y-coörd	emissie-hoogte(m)	diameter (m)	Flux (Nm3/s)	rookgas-temp. (K)	bedrijfsuren per jaar	NO2 (ton/jaar)	PM10 (ton/jaar)	benzeen (kg/jaar)
1	RWE	RWE, inst A	252976	607213	120	8	650	320	8760	1029.65	51.40	0.00
2	RWE	RWE, inst B	252980	607235	120	8	650	320	8760	1029.65	51.40	0.00
3	RWE	RWE, Biomassa opslag 1	252866	607287	20	1.2	0.92	285	8760	0.00	0.88	0.00
4	RWE	RWE, Biomassa opslag 2	252890	607281	20	1.2	0.92	285	8760	0.00	0.88	0.00
5	RWE	RWE, kolenschip	252335	607143	10	1	1.31	285	8760	0.00	0.88	0.00
6	Theo Pouw	6. 21	251859	607047	45	2	13	285	8000	22.56	1.50	3.46
7	Theo Pouw	7. 9	251208	607147	1.5	0.2	0.1	285	2500	30.00	0.87	0.00
8	Theo Pouw	8. 6	251533	607051	1.5	0.2	0.1	285	1000	0.35	0.10	0.00
9	Theo Pouw	9. 7	251468	607068	1.5	0.2	0.1	285	3500	0.37	0.28	0.00
10	Theo Pouw	10. 8	251399	607231	1.5	0.2	0.1	285	4000	0.32	0.05	0.00
11	Theo Pouw	11. 10	251642	607171	1.5	0.2	0.1	285	4000	0.05	0.05	0.00
12	Theo Pouw	12. 11	251612	607175	1.5	0.2	0.1	285	4000	0.05	0.05	0.00
13	Theo Pouw	13. 12	251956	607001	1.5	0.2	0.1	285	4000	0.05	0.05	0.00
14	Theo Pouw	14. 13	251679	606984	1.5	0.2	0.1	285	4000	0.05	0.40	0.00
15	Theo Pouw	15. 15	251650	607297	1.5	0.2	0.1	285	4000	0.40	0.01	0.00
16	Theo Pouw	16. 16	251659	607334	1.5	0.2	0.1	285	2000	0.01	0.01	0.00
17	Theo Pouw	17. 16	251301	607476	1.5	0.2	0.1	285	2000	0.01	0.01	0.00
18	Theo Pouw	18. 16	251411	607423	1.5	0.2	0.1	285	2000	0.01	0.01	0.00
19	Theo Pouw	19. 16	251506	607384	1.5	0.2	0.1	285	2000	0.01	0.01	0.00
20	Theo Pouw	20. 16	251600	607354	1.5	0.2	0.1	285	2000	0.01	0.01	0.00
21	Theo Pouw	21. 14	250991	607164	1.5	0.2	0.1	285	4000	0.01	0.01	0.00
22	Vattenfal	Vattenval Steg 1	252389	608060	85	8	412	385	8760	666.67	0.00	0.00
23	Vattenfal	Vattenval Steg 2	252464	608042	85	8	412	385	8760	666.67	0.00	0.00
24	Vattenfal	Vattenval Steg 3	252539	608025	85	8	412	385	8760	666.67	0.00	0.00
25	Engie	Steg 3	254165	606425	65	8	590	355	8760	1344.22	0.00	0.00
26	Engie	Steg 4	254155	606393	65	8	590	355	8760	1344.22	0.00	0.00
27	Engie	Steg 5	254145	606360	65	8	590	355	8760	1344.22	0.00	0.00
28	Engie	Steg 6	254136	606328	65	8	590	355	8760	1344.22	0.00	0.00
29	Engie	Steg 7	254126	606294	65	8	590	355	8760	1344.22	0.00	0.00
30	Engie	EC 20	254273	606612	128	9	100	808	2500	929.97	0.00	0.00
38	VOPAK	1. Tank_1	249272	607797	22	2.99	17.3	285	8760	0.00	0.00	0.95
39	VOPAK	2. Tank_2	249300	607718	22	2.99	17.3	285	8760	0.00	0.00	0.95
40	VOPAK	3. Tank_3	249197	607815	22	2.99	17.3	285	8760	0.00	0.00	0.95
41	VOPAK	4. Tank_4	249227	607736	22	2.99	17.3	285	8760	0.00	0.00	0.95
42	VOPAK	5. Tank_5	249152	607754	22	2.99	17.3	285	8760	0.00	0.00	0.95
43	VOPAK	6. Tank_6	249102	607964	22	2.99	17.3	285	8760	0.00	0.00	0.95
44	VOPAK	7. Tank_7	248984	607921	22	2.99	17.3	285	8760	0.00	0.00	0.95
45	VOPAK	8. Tank_8	249057	607903	22	2.99	17.3	285	8760	0.00	0.00	0.95
46	VOPAK	9. Tank_9	248938	607858	22	2.99	17.3	285	8760	0.00	0.00	0.95
47	VOPAK	10. Tank_10	249013	607841	22	2.99	17.3	285	8760	0.00	0.00	0.95
48	VOPAK	11. Tank_11	249028	607982	22	2.99	17.3	285	8760	0.00	0.00	0.95
49	VOPAK	47. Lichter	249912	608227	5	0.5	2	285	690	0.05	0.06	0.00
50	VOPAK	48. zeeschip	249858	608240	15	1	7.9	285	414	0.52	0.07	0.33
51	VOPAK	51. pigging	249096	607796	22	0.5	0.1	285	36	0.00	0.00	0.00
52	VOPAK	49. pompplateau 1	249100	607810	4	2	0.1	285	8760	0.00	0.00	5.99
53	Holland Malt	Stookinstallatie mouterij	250726	608386	50	1	6.81	423	6570	11.35	0.00	0
54	Holland Malt	Stookinstallatie mouterij	250694	608270	50	1	6.81	423	6570	11.35	0.00	0
55	Holland Malt	stoffilter	250775	608245	15	0.7	2.2	300	4380	0.00	0.87	0
56	Holland Malt	stoffilter	250798	608258	50	0.7	2.2	300	4380	0.00	0.52	0
	TOTAAL									**11787.9**	**110.4**	**20.2**

Kenmerk R001-1282197VLU-V01-los-NL

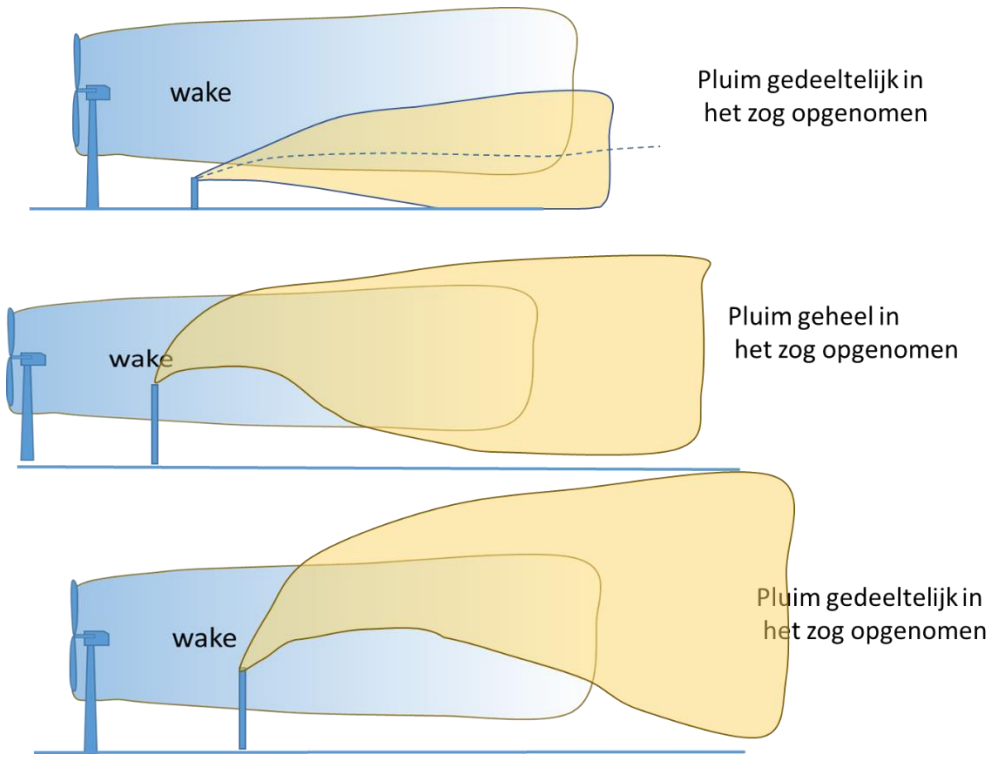
Bijlage 3 Beschrijving combinatie zogmodel en pluimverspreiding

Het zogmodel wordt geparametriseerd met dezelfde wind- en turbulentieparameters als gedaan wordt bij de pluimverspreiding in het Gaussische STACKS model. Dit maakt het eenvoudig om de pluimafmetingen en dispersieparameters aan te passen aan de zogafmetingen en turbulentie-intensiteit. Dit kan voor alle situaties met verschillende schoorsteenhoogtes en turbine-ashoogtes. Om zo realistisch mogelijk te modelleren, onderscheiden we verschillende situaties. We onderscheiden twee hoofdsituaties: de pluim is bovenwinds of benedenwinds van de windmolen, zie figuur B3.1 en B3.2.



Figuur B3.1 De schoorsteen is bovenwinds van de windturbine en de pluim wordt geheel of gedeeltelijk ingevangen in het zog

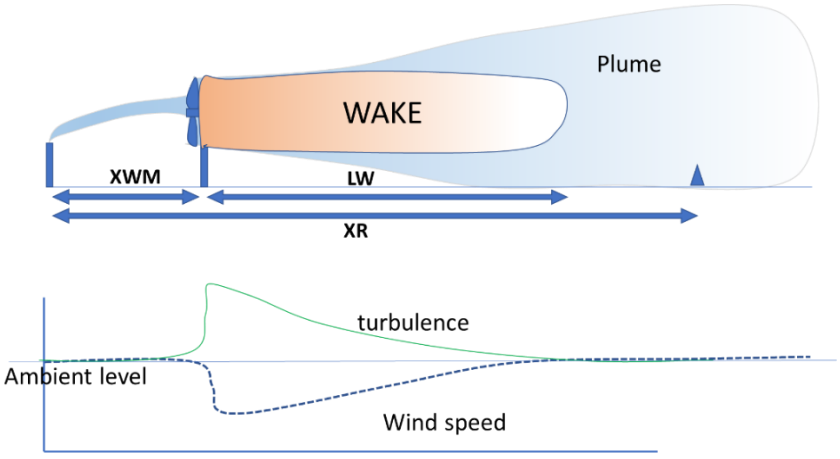
De pluim kan onder het zog of boven het zog worden getransporteerd. De bovenwindse pluim kan geheel of gedeeltelijk in het zog worden ingevangen. Als de pluim benedenwinds is, is het zo dat pluimverspreiding plaatsvindt met een lagere windsnelheid en met hogere turbulentie in het zog. Evenzo kan de pluim *geheel of gedeeltelijk* in het zog worden ingevangen.



Figuur B3.2 De windturbine is bovenwinds van de schoorsteen en de pluim wordt geheel of gedeeltelijk ingevangen in het zog (engels: 'wake')

Voorts wordt er geïnterpoleerd voor allerlei tussenliggende situaties: pluim bevindt zich ergens achter het zog, of ergens in het zog en voorts gedeeltelijk boven of onder het zog. Dit is zo gemaakt om de verspreiding zo goed mogelijk te simuleren. De criteria voor gedeeltelijke invang (pluim is bovenwinds van de windturbine) zijn:

- $X_R > X_{WM}$, d.w.z. de pluim moet de windturbine gepasseerd zijn
- Pluimas > 1.5 x top van de rotor en < 0.5 x basis van de rotor, en
- σ_z < rotor diameter



Figuur B3.3 Parameters voor het interpolatieschema: schoorsteen bovenwinds

Parameter P zorgt ervoor dat er wordt geïnterpoleerd tussen het condities in het zog (windsnelheid en turbulentie) en de condities in de omgevingslucht:

Als $X_R<X_{wake}$:

$$P = [(X_{wake} - X_R) * P_{wake} + (X_R - X_{WM}) * P_a / L_{wake}$$

Als $X_R>X_{wake}$:

$$P = [L_{wake} P_{wake} + (X_R - X_{wake}) * P_a] / (X_R - X_{WM})$$

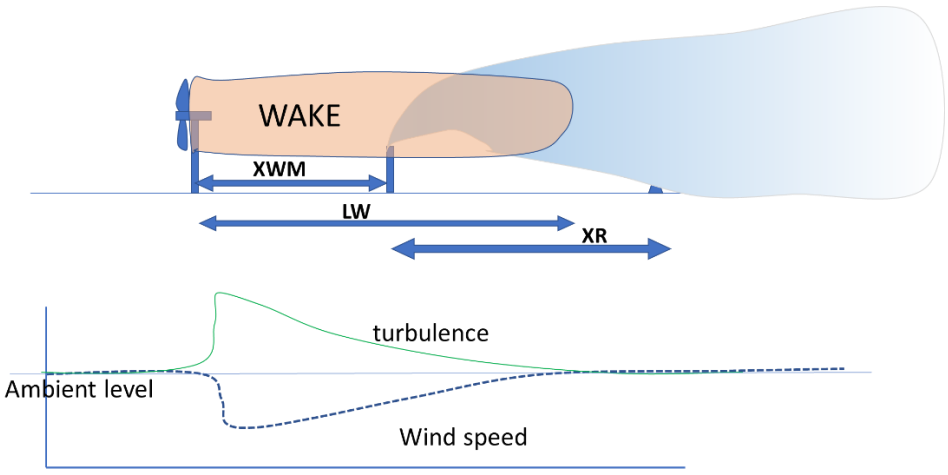
- X_R is de afstand van schoorsteen tot receptor
- X_{wake} is de afstand van schoorsteen tot het einde van het zog
- X_{WM} is de afstand van de schoorsteen tot de windturbine

De verspreidingsparameters worden dus lineair geïnterpoleerd.

Als de windturbine bovenwinds van de schoorsteen staat, wordt de interpolatie-parameter P op de volgende manier bepaald:

Als $X_R > X_{WAKE}$ schoorsteen in het zog en receptorpunt na (achter) het zog:

$$P = [\{X_R - (L_{wake} - X_{WM})\} * P_a + (L_{wake} - X_{WM}) * P_{wake}] / X_R$$



Figuur B4.4 Parameters voor het interpolatieschema: schoorsteen benedenwinds

Als $X_R < X_{WAKE}$ dus zowel schoorsteen als receptorpunt bevinden zich in het zog. Voor deze situatie worden de zog-waarden voor zowel de positie van het receptorpunt en die van de schoorsteen bepaald en hiervan worden de gemiddelde waarden berekend.

De parameters die voor de bepaling van de zogcondities nodig zijn, worden als volgt berekend. De berekening van de pluimverspreiding wordt bepaald door de turbulentieparameters σ_v en σ_w en de tijdschaal van turbulentie T_l (zie Erbrink, 1995). In het zog wordt de turbulentie intenser, dus de waarden van σ_v en σ_w worden groter, terwijl de waarde van T_L juist kleiner wordt (de turbulentie wervels, die voor verspreiding zorgen, worden dan uit elkaar geslagen).

De afmetingen van het zog worden afgeleid van de formules van Taylor (1993, turbulentie en zog afmetingen) en Vermeer (2003, windsnelheid afname).

De formules:

$$\frac{\Delta V}{V_{hub}} = \Delta_s \left(\frac{x_s}{x} \right)^n :$$ afname van de windsnelheid achter de windturbine.

$$\Delta_s = 1 - (1 - C_T)^{\frac{1}{2}} :$$ de initiële windafname, functie van de thrustcoëfficiënt C_T

$$\frac{X_s}{D} = 0.97 \left(\frac{m+1}{8} \right)^{\frac{1}{2}} \left\{ \left(\frac{u'_a}{0.51} \right)^2 + \left(\frac{0.22(m-1)^2}{m^2 - 4m + 1} \right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}}$$: de zoglengte x_s

$$m = (1 - C_T)^{-\frac{1}{2}}$$ de axiale inductie factor

$$b = \left(\frac{3{,}56\, c_T}{8 \Delta_s (1 - \Delta_s)} \right)^{0{,}5}$$ de breedte van het zog (b)

De extra turbulentie als functie van de afstand tot de turbine (x)

$$\Delta I = 1{,}31\, c_T^{\,0{,}71} I_a^{\,0{,}68} (x / x_S)^{-0{,}96}$$

I_a	de turbulentie intensiteit van de omgevingslucht (σ_w/u)
ΔV	het snelheidsverschil ten opzichte van de ongestoorde situatie
V_{hub}	wind op de hoogte (en voor) de turbine as
D	wind turbine diameter
X	afstand tot de wind turbine
X_s	zog lengte
Δs	de initiële windafname, functie van de thrustcoëfficiënt C_T
n	relaxatie constante. n≈1
ΔI	versterkingsfactor voor de turbulentie parameters σ_v en σ_w

Met gegeven thrustcoëfficiënten c_T kunnen de breedte van het zog plus de gegenereerde extra turbulentie worden berekend en opgeteld bij de atmosferische turbulentie, $\sigma^2_{v,w_total} = \sigma^2_{v,wa} + \sigma^2_{v,w_turbine}$ met als turbulentietijdschaal T_L=0.15b-0.08 in het zog.

Hiermee worden de waarden van σ_y en σ_z in het zog berekend. De pluimhoogte in het zog wordt berekend met de gereduceerde windsnelheid, de toegenomen turbulentie parameters en de verlaagde waarde van de turbulentie-tijdschaal T_L in het zog (voor de downwind situatie). Ook hier wordt de pluimstijging nog steeds incrementeel (stapsgewijs) berekend, zoals ook in het Paarse boekje is aangegeven, dat betekent met hoogtestapjes van 10 m waarbij de omgevingscondities steeds aangepast worden (temperatuur en wind).

Pluimstijging wordt ongewijzigd berekend wanneer de schoorsteen bovenwinds van de windmolen is. In het algemeen resulteert dit model in een versterkte verspreiding wanneer de pluim bovenwinds van de windmolen is en veel minder veranderde verspreiding wanneer de schoorsteen in het zog wordt geplaatst (pluim is benedenwinds van de windmolen).

In het geval dat de schoorsteen zich buiten het zog bevindt, vindt er geen interactie plaats: de pluimverspreiding wordt op de reguliere manier berekend. In de versie van het model die in deze studie is gebruikt, wordt de lengte van de zog X_s driemaal de waarde genomen die verkregen werd door de bovenstaande formulering, dit is gedaan om de zoglengte in overeenstemming te brengen met literatuurgegevens.

Merk op dat met toenemende windsnelheid de waarde van c_T afneemt. Dit resulteert in kleinere waarden van m en dus een kortere zoglengte. Dit wordt veroorzaakt doordat het verschil tussen de omgevingswindsnelheid en de windsnelheid in het zog dan kleiner is.

Ten slotte moet hier een korte opmerking worden gemaakt naar aanleiding van enkele foto's gemaakt door vliegtuigen, die (veel) lange zichtbare zoglengtes van windturbines laten zien, zoals in figuur B3.5.

Figuur B3.5 In stabiele condities boven zee is het zog van windturbines in bijzondere omstandigheden goed zichtbaar

In een analyse van Charlotte B. Hasager et al. (2017) concluderen de auteurs dat door een uitzonderlijk geval van koudwater-advectie-mist en stabiele omstandigheden het zog over een lange afstand zichtbaar is. Door de stabiele gelaagdheid is het zog van de turbines lang en smal met een glad uiterlijk. De mist in het nabije zog wordt veroorzaakt door opwaarts bewegende luchtpakketjes uit de ondiepe mistlaag; de lucht bereikt de dauwpunttemperatuur in de onderste delen van het zog van het windpark, waardoor er mist ontstaat in een kegelvormige zogstructuur, die met de wind mee wegwaait van de turbines.

Boven land is van veel hogere ruwheidslengte sprake, wat resulteert in meer mechanische turbulentie door het proces van wrijving over land. De lengte van het zog boven land zal in het algemeen veel korter zijn, ook omdat opwaartse en neerwaartse stromingen in niet-stabiele omstandigheden snel de zogturbulentie zullen gaan domineren.

Dit wordt ook nog geïllustreerd door een studie naar verticale windprofielen benedenwinds van windturbines. In een artikel van Yu-Ting Wu en Fernando Porté-Agel (2012) wordt het effect van de oppervlakteruwheid bestudeerd met LES (large eddy's simulatie). De afstand vanaf de windturbine waar de windsnelheidsafname tot nul is gedaald, wordt snel korter naarmate de ruwheidslengte toeneemt. Op een afstand van 15 keer de diameter van de windturbine is het zog verdwenen. De auteurs concluderen: "Een hogere ruwheid geeft hogere turbulentie intensiteiten. Deze leiden tot hogere turbulentieniveaus die ook het zog binnendringen en dus tot een snellere overgang van zog-condities naar 'normale' omgevingscondities dan bij de veel minder turbulente stromingen over de gladdere (zee) oppervlakken".

Referenties bij Bijlage 3

L.J. Vermeer et al, 2003. Wind turbine wake aerodynamics, Progress in Aerospace Sciences 39 (2003) 467-510, Pergamon, 2003.

Erbrink, 1995. Turbulent Diffusion from Tall Stacks. The use of advanced boundary layer meteorological parameters in the Gaussian dispersion model "STACKS", PhD Thesis, April 1995, 228 pp.

Taylor, G.J., 1993. Development of an improved eddy viscosity model of a wind turbine wake. Report prepared by TNO, CEC project JOUR-0087, June 1993.

Charlotte Bay Hasager, Nicolai Gayle Nygaard, Patrick J. H. Volker, Ioanna Karagali, Søren Juhl Andersen and Jake Badger, 2017. Wind Farm Wake: The 2016 Horns Rev Photo Case. Energies 2017, 10, 317; doi:10.3390/en10030317.

Yu-Ting Wu and Fernando Porté-Agel (2012). Atmospheric Turbulence Effects on Wind-Turbine Wakes: An LES Study. Energies 2012, 5, 5340-5362.

Bijlage 15 - Onderzoek turbulentie DNV

Wind farm layout design suitability for Vattenfall

P/A Vattenfall N.V.

Report No.: L2C216901-UKBR-T-01, Rev. C
Date: 10/12/2021

DNV Energy Systems
Turbine Engineering
One Linear Park
Avon Street
Temple Quay
Bristol BS2 0PS
United Kingdom
Tel: +44 (0)117 972 9900
GB 440 6013 95

Report title:	Wind farm layout design suitability for Vattenfall
Customer:	P/A Vattenfall N.V., Ssc R2p, Postbus 94750, 1090 GT Amsterdam, Netherlands
Customer contact:	Jan Borras Morales
Date of issue:	10/12/2021
Project No.:	L2C216901
Organisation unit:	Turbine Engineering
Report No.:	L2C216901-UKBR-T-01, Rev. C

Applicable contract(s) governing the provision of this Report:
L2C216901-UKBR-P-01-B

Objective:

for Garrad Hassan and Partners Ltd

Prepared by:

Christine Harkness
Onshore Team Lead, Turbine Engineering

Verified by:

Eleni Tsirikou
Engineer,Turbine Engineering

Approved by:

John King
Principal Engineer, Turbine Engineering

DNV Distribution:

☐ OPEN. Unrestricted distribution, internal and external.
☒ INTERNAL use only. Internal DNV document.
☐ CONFIDENTIAL. Distribution within DNV according to applicable contract.*
☐ SECRET. Authorized access only.

*Specify distribution:

Keywords:

Rev. No.	Date	Reason for Issue	Prepared by	Verified by	Approved by
A	2021-10-5	First issue	Christine Harkness	Eleni Tsirikou	John King
B	2021-10-6	Minor update to text	Christine Harkness	John King	John King
C	2021-12-10	Updated to include 160m rotor diameter analysis and minor updates to text	Christine Harkness	Eleni Tsirikou	John King

Table of contents

1 INTRODUCTION 1

2 OUTLINE OF WORK 1
2.1 Existing turbines 1
2.2 Proposed turbines 2
2.3 Wind climate 3
2.4 Impacts of proposed turbines 4
2.5 Conclusions 5

3 REFERENCES 7

1 INTRODUCTION

P/A Vattenfall N.V. (the "Customer") has invited Garrad Hassan and Partners Ltd ("DNV") to carry out a high-level analysis on a proposed wind farm /1/. Vattenfall is developing a project in a coastal area in the Netherlands and would like DNV to assess whether the proposed project is likely to have a negative influence on existing turbines in the area and if so, if the effects could be mitigated. The purpose of this technical note is primarily for the purposes of submitting a planning application for the wind farm and isn't intended to be a comprehensive technical analysis and therefore only details considered to be relevant for this stage of the development are taken into account.

This technical note describes the information provided by the customer, the work undertaken and high-level conclusions from the review.

2 OUTLINE OF WORK

The Customer has provided DNV with the following information for this analysis/review:

- Existing turbine layout and high-level turbine information /2/
- Proposed turbine layout and high-level turbine information /2/
- A spreadsheet containing TI (ambient and characteristic) at 120m from SoDAR measurements /3/
- A spreadsheet containing the frequency distribution at 120m /4/

DNV has reviewed this information and has summarised its findings in the following sections.

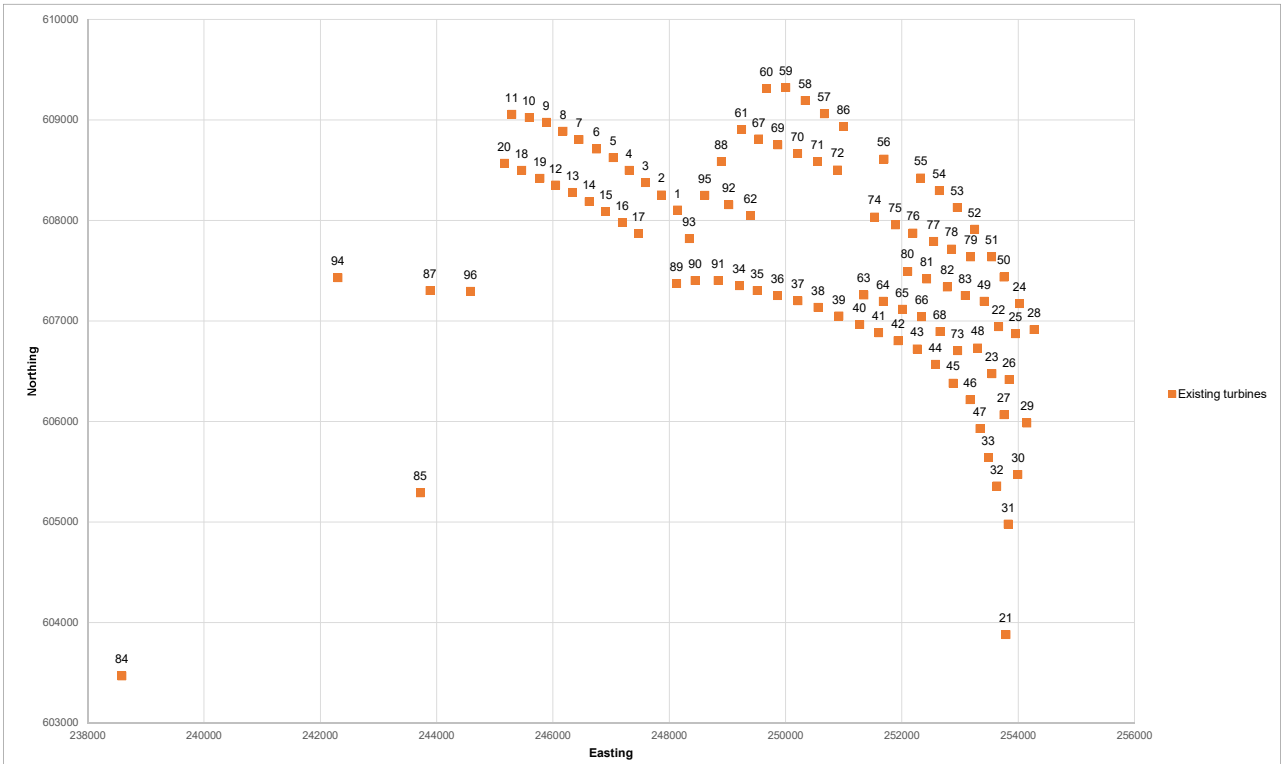
2.1 Existing turbines

The existing turbines to be investigated are located in a coastal area of the Netherlands. A total of 96 turbines are currently installed in the area. The turbines are predominantly Enercon and Vestas machines with a variety of hub height and rotor diameter configurations. The hub heights are between 15m and 132m and the rotor diameters are between 6.3m and 136m. An overview of the turbine types, rotor diameters and hub heights are described in Table 2-1.

Table 2-1 - Overview of existing turbines

Manufacturer	Turbine type	Power rating [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Total number of turbines of this type
Enercon	E-82	3000	82	98.4	65
Vestas	V90	3000	90	105	26
Vestas	V52	850	52	40	1
Power mills	Power mills	10	6.3	15	2
Vestas	V136	3450	136	132	1
Vestas	V52	850	52	49	1

Figure 2-1 –Existing turbine locations



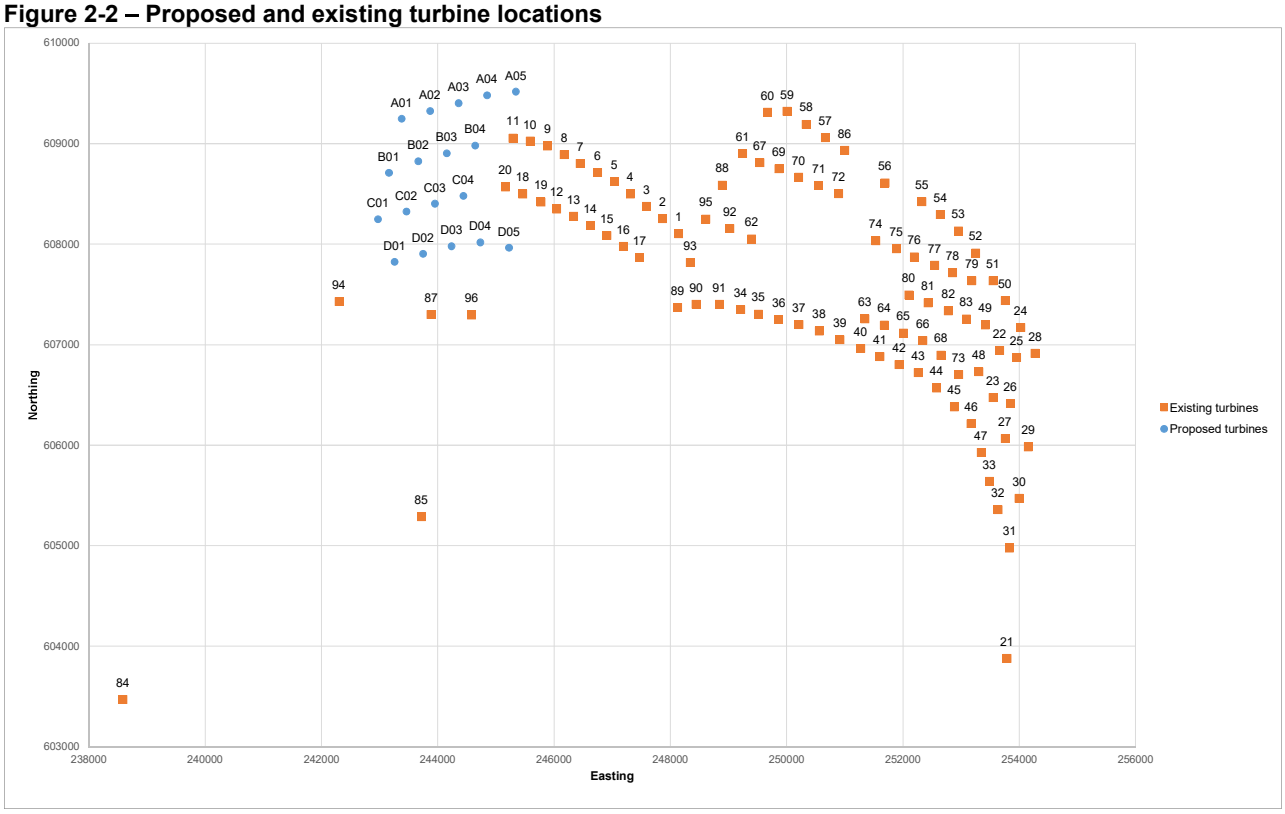
The layout of the existing turbines is shown in Figure 2-1. The layout shows that most of the existing turbines are organised into two main groups which are next to each other. The largest group which consists of 70 turbines is predominately organised into rows which run from north west to south east. There is also a smaller group which is made up of two distinctive rows to the west of the larger group which is made up of 20 turbines. There are a few turbines which are quite separate from the rest of the groups, namely turbines 94, 87, 96 and 85, which are located to the south west. Turbine 21 is also located a distance south from the main group and turbine 84 is located south west of all the turbines.

2.2 Proposed turbines

A total of 18 turbines have been proposed in the vicinity of the existing turbines. These turbines are proposed to have rotor diameters of 150m, 155m or 160m.

The layout of these turbines in relation to the existing turbines are shown in Figure 2-2. In general, the turbines are proposed to be installed to the west of the main two groups of existing turbines and they are proposed to be installed in four rows which run from west to north east. Existing turbines 94, 87, 96, 85 and 84 lie south of the proposed turbines.

Figure 2-2 – Proposed and existing turbine locations



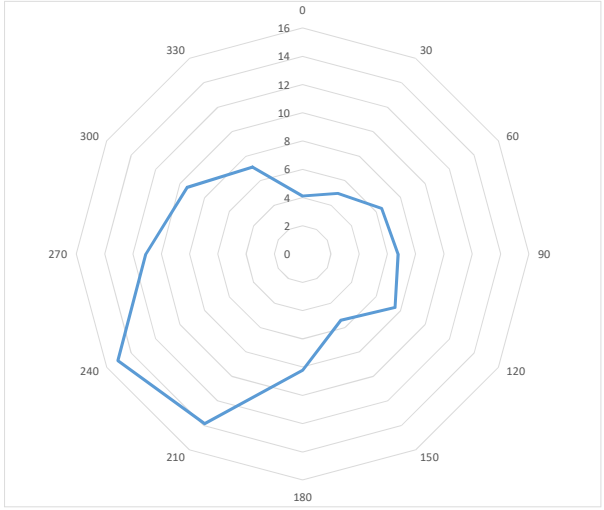
2.3 Wind climate

The customer provided information related to the wind climate at the proposed site, a frequency distribution at 120m and TI SoDAR measurements at 120m. These are described further in the following sections. Note that other environmental information e.g. shear has not been provided to DNV so standard values were assumed for this analysis.

2.3.1 Frequency distribution

A spreadsheet containing the frequency distribution at 120m was provided to DNV /4/. The wind rose is shown is Figure 2-3. By examining the wind rose, it can be observed that the prevailing wind direction is south-west.

Figure 2-3 – Wind rose



2.3.2 Measured turbulence intensity using SoDAR

A spreadsheet containing characteristic TI at 120m from SoDAR measurements has been provided by the customer /3/. It's understood that turbulence intensity measurements using SoDAR equipment have a high uncertainty however DNV considers this type of data acceptable for this type of high-level analysis. The characteristic TI was compared against the standard turbulence classes, A, B and C. The characteristic TI was lower than turbulence class C which can be considered a low turbulence level.

It should also be noted that the purpose of this high-level analysis is to attempt to understand how the proposed turbines will affect the turbulence intensity at the existing turbines (rather than check the absolute level of the turbulence intensity), therefore DNV has assumed that the characteristic TI is applicable to all turbine locations. This means that no adjustment has been made to the TI based on the terrain complexity or due to the differing hub heights.

2.3.3 Effective turbulence intensity

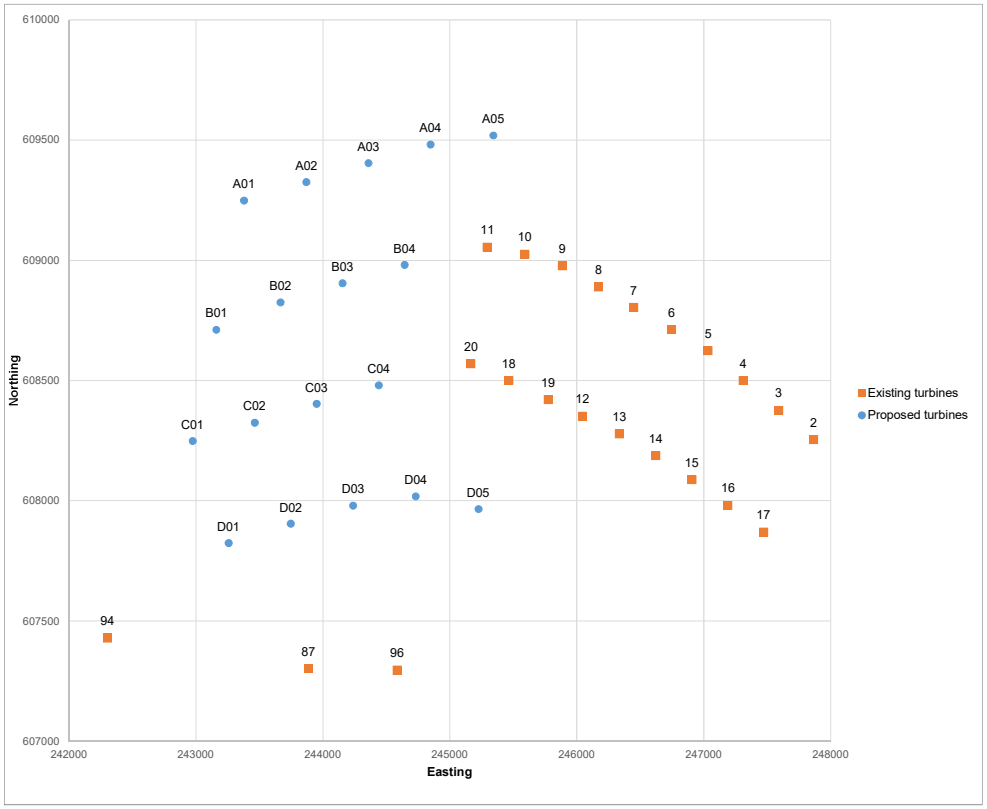
To account for the increased fatigue loading associated with turbines operating within the wake of neighbouring turbines, the Frandsen equivalent turbulence method /5/, as referenced in Annex D of the IEC 61400-1 edition 3 standard /6/ is often used. This is an empirical formulation for deriving a 'design' turbulence intensity to account for the increase in turbulence and fatigue loading experienced when in the wake of a neighbouring turbine.

The calculation of the effective turbulence intensity depends on the distance between neighbouring turbines, whereby the effective turbulence intensity will increase as the distance between turbines decreases. The relationship also states that the wake effects no longer have an effect if the neighbouring turbines are 10 diameters (10D) or more apart. The effective TI is also impacted by the inverse SN slope of structural materials and turbine thrust coefficient (Ct) curves used. Note that for this study, an inverse SN slope of 10 was used (which DNV considers a single conservative representative value for high level review) and generic Ct curves were used as turbine specific data was not available. These assumptions are considered appropriate for this high-level analysis.

2.4 Impacts of proposed turbines

A high-level analysis was carried out to investigate how much the effective turbulence would increase for the turbines closest to the proposed turbines with 150m, 155m and 160m rotor diameters. The turbines included in the analysis are shown in Figure 2-4.

Figure 2-4 – Proposed and selected existing turbines



The proposed turbines have the effect of increasing effective turbulence intensity on selected existing wind turbines in the area. This effective TI study is limited to turbines 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 87, 94 and 96 as these turbines are within 10 diameters of the proposed turbines. The remainder of the turbines which are outside 10 diameters of the proposed turbines should not experience increased turbulence.

In the existing layout (i.e. without the addition of the proposed turbines) turbine 12 from the analysed turbines has the largest effective turbulence. When the effect of the proposed turbines is included, the largest effective turbulence is observed in turbines 12, 18 and 19.

An increase in effective TI results in an increase in turbine loading which has the effect of decreasing turbine lifetimes. Turbine 12 is an Enercon E82 turbine and turbines 18 and 19 are Vestas V90 turbines. From an online search, DNV have found that both turbine types have a turbulence class of A, which is the highest turbulence class turbines are typically designed to. While the calculated effective TIs are close to the turbine class A level, DNV expects that it is likely that there is some strength margin for these turbines beyond the design limit. Note that this should be checked in detail with the OEMs during future technical analysis when the turbine platform has been decided. DNV is also of the opinion that wind sector management could also be successfully used to negate the increase of effective turbulence. Again, this should be considered in more detail when the turbine platform has been decided for development.

2.5 Conclusions

Overall, based on DNV's experience of site suitability studies, DNV is of the opinion that the layout proposed with 150m, 155m or 160m rotor diameters is likely not to have a material impact on the loading and lifetime of the existing wind turbines in the area. DNV has carried out a high-level site suitability study using the information which the customer has provided to calculate the impact on effective turbulence on neighbouring turbines. Note that not all environmental information (e.g. shear) was available to DNV for this analysis however standard assumptions were made which were deemed appropriate for this type of high level analysis. The results of the analysis found that while there was a small

overall increase in effective TI for a limited number of turbine locations, DNV believes that for the turbine types affected (V90 and E82) it is likely that there will be sufficient loads margin inherent in the turbine design. Considering the details which are relevant for the purposes of submitting a planning application, DNV concludes that turbines with rotor diameters of 150m, 155, or 160m would be deemed suitable for the locations proposed within this technical note.

3 REFERENCES

/1/ Proposal for Provision of Garrad Hassan Turbine Engineering Services for Wind farm layout design suitability, L2C216901-UKBR-P-01-A, April 2021

/2/ Spreadsheet “Proposed Layout C18 & Existing WTGs_20210702 JB.xlsx”, from Jan Borras Morales, 2nd July 2021

/3/ Spreadsheet “SoDAR Ambient TI 120m_20210702 JB.xlsx”, from Jan Borras Morales, 2nd July 2021

/4/ Spreadsheet “LT Freq Distribution 120m_20210702 JB.xlsx”, from Jan Borras Morales, 2nd July 2021

/5/ FRANDSEN, Sten Tronæs, “Turbulence and turbulence-generated structural loading in wind turbine clusters”, Risø National Laboratory, Denmark, January 2001.

/6/ IEC 61400-1 International standard, Wind Turbine Generator systems, Edition 3 – Part 1: Design requirements, August 2005, Amended 2010

About DNV

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

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

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

Bijlage 16 - Effectbeoordeling rotordiameter 163 meter

Bijlage 16 – Effectbeoordeling rotor 165 meter

Betreft
Kwalitatieve onderbouwing

Datum
11-2-2022

Aan
MER Windpark Eemshaven West

Project nummer
715071

Van
M. Edink

Versie nummer
V01

Inleiding

Voor Windpark Eemshaven West is een Milieueffectrapport opgesteld waarin de effecten op het milieu en omgeving zijn beoordeeld. Op basis van de effectbeoordeling van de alternatieven in het MER is een voorkeursalternatief gekozen met een maximale rotordiameter van 160 meter. Ook voor het VKA is in het MER een effectbeoordeling van de verschillende milieu- en omgevingsaspecten gemaakt.

De ontwikkelingen omtrent turbinetypen en turbineafmetingen gaan snel, waardoor er de afgelopen tijd verschillende turbinetypen in beeld zijn gekomen die een beperkt grotere rotordiameter hebben. Vanuit het belang van de opwek van duurzame energie zijn deze windturbinetypen interessant voor toepassing in het Windpark Eemshaven West en wenselijk om als optie te hebben voor de definitieve keuze voor een turbinetype. Van belang hierbij is te bepalen welke invloed een beperkt grotere rotor kan hebben op het milieu en de omgeving ten opzichte van de maximale rotor van 160 m. Om die reden is in deze notitie een kwalitatieve beoordeling gegeven van de mate waarin sprake is van andere effecten bij het toepassen van een rotordiameter van 165 meter ten opzichte van een rotordiameter van 160 meter (zoals in het VKA-hoofdstuk is beoordeeld).

Uitgangspunt is een vergelijk van een rotor van 165 m met een rotor van 160 m. Een grotere rotordiameter van 5 meter betekent windturbinebladen die 2,5 meter langer zijn. De maximale tiphoogte van 225 meter wijzigt niet.

Effectbeoordeling per thema

Geluid

Voor geluid geldt dat de rotordiameter niet direct van invloed is op de geluidsbelasting van windturbines. Met name het brongeluid (de geluidscurve) van specifieke turbinetypen zijn hierbij van belang. Een grotere rotordiameter leidt derhalve niet direct tot een hogere geluidsbelasting. Voor de geluidsberekeningen ten behoeve van het VKA (160 meter) is een referentieturbine gekozen binnen de range aan afmetingen. Dit betreft een windturbine die qua geluidsproductie boven het gemiddelde binnen de klasse valt. Een rotordiameter van maximaal 165 meter leidt niet tot een andere referentieturbine binnen een klasse van 130 tot 165 meter dan 130 tot 160 meter. Om die reden is de geluidsberekening van het VKA ook geldig voor de effecten van turbines met een rotor van 165 meter.

Daarnaast geldt dat Windpark Eemshaven West zal moeten voldoen aan de in het PIP onderbouwde norm voor geluid op de gevel van nabijgelegen geluidsgevoelige objecten, waarbij het project zichzelf een conservatieve norm voor de nachtperiode heeft opgelegd. Een kleine verandering van de rotor heeft daarmee geen invloed op de gekozen maximale geluidsbelasting op de omgeving. Bij een dergelijke kleine verandering is eveneens niet de verwachting dat dit tot extra stilstand zal leiden. Bij de keuze voor een windturbinetype zal op basis van de vergunning nogmaals een rapportage overhandigd moeten worden die aantoont dat het turbinetype qua geluidsbelasting passend is binnen de vergunde kaders.

Slagschaduw

Voor slagschaduw geldt in principe dat een grotere rotordiameter meer slagschaduwduur tot gevolg kan hebben. Een wiek/rotorblad die 2,5 m langer is bij een gelijkblijvende tiphoogte zal echter een verwaarloosbaar effect hebben op de slagschaduwduur. Daarnaast geldt dat Windpark Eemshaven West gekozen heeft om een strengere norm van maximaal 1 uur slagschaduw per jaar toe te passen. Dat betekent dat het definitieve turbinetype, ongeacht haar afmetingen niet meer dan 1 uur per jaar aan slagschaduw op de gevel van een woning mag produceren. Het uitgevoerde onderzoek is dan ook geldig voor het onderzoek naar de rotor met 165 meter. Een beperkt grotere rotor zal dus in de praktijk niet tot extra slagschaduwduur leiden. Een beperkt grotere rotor van 5 meter zal ook niet van invloed zijn op de mate van stilstand. Het effect op de energieproductie van eventuele aanvullende mitigatie, is verwaarloosbaar klein.

Landschap

Voor landschap geldt met name de zichtbaarheid van de windturbines een rol kan spelen. In dit geval geldt dat de tiphoogte van de windturbines gemaximaliseerd is op 225 meter. Een grotere rotor leidt daarmee niet tot een hogere turbine, waardoor de zichtbaarheid van de turbines (v.w.b. hoogte) gelijk blijft.

Een beperkt grotere rotor zal daarnaast niet tot een visueel waarneembaar verschil leiden. Het verschil in additionele wieklengte met 2,5 m is visueel verwaarloosbaar. In de volgende visualisaties is het verschil tussen een windturbine met 160 meter rotor en een windturbine met 165 meter rotor weergegeven. Het verschil leidt niet tot een andere beoordeling van landschappelijke effecten. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter. Daarnaast leidt de beperkt grotere rotor niet tot afmetingen die niet tot elkaar in verhouding staan. Ook met een rotordiameter kan worden voldaan aan de provinciale eis van een maximale wieklengte van 2/3 van de ashoogte.

Figuur 1 VKA - rotor 160 meter

Figuur 2 VKA - rotor 165 meter

Natuur

Door Bureau Waardenburg is een aanvullende berekening met het Flux-Collission model gedaan op basis van een rotordiameter van 165 meter. De berekening is gedaan voor drie Natura 2000-soorten die als maatgevend beschouwd kunnen worden. Uit de berekening volgt dat het aantal aanvaringsslachtoffers onder deze soorten, als gevolg van Windpark Eemshaven West gelijk blijft in vergelijking met een rotordiameter van 160 meter. Dit is tevens in onderstaande tabel opgenomen. Grotere of andere effecten

op natuurwaarden bij een rotordiameter van 165 meter ten opzichte van 160 meter zijn derhalve niet aan de orde. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter.

Tabel 1 vergelijk aanvaringsslachtoffers VKA rotor 160 en 165 meter

Soort	Aanvaringsslachtoffers VKA Rotor: 160 m	Aanvaringsslachtoffers VKA Rotor: 165 m
Grauwe gans	<1	<1
Wilde eend	2-3	2-3
Kievit	2-3	2-3

Archeologie en cultuurhistorie

Effecten op archeologische waarden hebben betrekking op waarden die in de ondergrond aanwezig zijn. Een grotere rotordiameter is daarop niet van invloed. Daarnaast geldt dat de windturbines op grote afstand staan van cultuurhistorische waardevolle objecten, zoals de molen 'Goliath', waardoor ook daar geen sprake is van (andere) effecten. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter.

Water, bodem en luchtkwaliteit

De rotordiameter van de windturbine is niet van invloed op water- en bodemgerelateerde aspecten. Voor de luchtkwaliteit geldt dat onderzoek uitwijst dat het windpark niet van invloed is op de verspreiding van stoffen in de lucht. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter.

Externe veiligheid

Bebouwing

De identificatieafstand van een windturbine met 165 meter rotor en tiphoogte 225 meter betreft maximaal 423 meter. Binnen deze afstand van het windpark zijn geen objecten gelegen. Bij de onderzochte alternatieven in het MER bleek bij de turbines met de innovatieve klasse met een rotordiameter van 175 meter een worst-case identificatie-afstand van 472 meter waarbij er geen objecten binnen deze afstand zijn gelegen. Als gevolg van de posities van de windturbines op ruime afstand van objecten, ongeacht de rotordiameter, is een effect op bebouwing uitgesloten. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter.

Infrastructuur

Voor hoofdwegen, spoorwegen en vaarwegen geldt dat deze op dusdanig grote afstand zijn gelegen dat een beperkt grotere rotor geen veiligheidsrisico's tot gevolg heeft. De toetsafstanden worden slechts beperkt groter (2,5 meter) bij een 5 meter grote rotordiameter, terwijl de afstand waarop de betreffende infrastructuur is gelegen op minimaal 1.600 meter ligt. Externe veiligheidseffecten zijn derhalve uitgesloten. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter.

Risicovolle inrichtingen en installaties

Voor risicovolle inrichtingen en installaties geldt dat deze op minimaal 900 meter afstand van het windpark staan. De identificatieafstand van een windturbine met 165 meter rotor en tiphoogte 225 meter betreft maximaal 423 meter. Een extern veiligheidsrisico ten aanzien van risicovolle inrichtingen en installaties uitgesloten is derhalve uitgesloten. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter.

Buisleidingen en hoogspanning

Voor buisleidingen geldt dat deze op minimaal 549 meter van het windpark zijn gelegen. Uitgaande van een worst-case toetsafstand van 210 meter op basis van een rotordiameter van 175 meter (alternatieven innovatieve klasse MER), liggen de buisleidingen ruim buiten de toetsafstand. Zelfs de maximale identificatieafstand van 423 meter, bij een rotordiameter van 165 meter en tiphoogte van 225 meter is kleiner dan de afstand waarop buisleidingen zijn gelegen. Een extern veiligheidseffect op de buisleiding is derhalve uitgesloten. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter.

Dijkveiligheid

Voor dijkveiligheid geldt dat bij de mechanismen bladbreuk en mastbreuk de trefkans van de dijk beperkt kan toenemen ten opzichte van een rotordiameter van 160 meter, maar dat dit niet leidt tot andere conclusies ten aanzien van de gevolgen van het treffen van de dijk. De risicoverhoging aan de normstelling van 1:3000 ligt in de ordegrootte 0,02 / 0,03%, net als de alternatieven uit het MER. Ook de alternatieven uit de innovatieve klasse met een rotordiameter van 175 meter hebben een vergelijkbare risicoverhoging (0,03%). Effecten zijn derhalve niet anders bij een rotordiameter van 165 meter. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 m.

Elektriciteitsopbrengst en vermeden emissies

Een grotere rotordiameter kan in potentie een grotere elektriciteitsopbrengst en vermeden emissies tot gevolg hebben. Dit is niet alleen afhankelijk van de rotor maar ook van de generator. Een eventueel potentieel effect is positief maar naar verwachting beperkt. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter.

Gebruiksfuncties

Huidige functie

De rotordiameter is niet van invloed op de huidige functie van de omliggende gronden. De agrarische functie is goed te combineren met de aanwezigheid van de windturbines. De 5 meter extra rotordiameter is daarop niet van invloed. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter.

Straalpaden

De turbines van het voorkeursalternatief staan allen op minimale afstand van 6 meter, waardoor de masten niet in de straalverbinding staan. Voor twee windturbines geldt dat deze binnen de Fresnelzone staan, maar aangezien het straalpad, net als bij de rotor van 160 meter, onder de tiplaagte van de windturbines loopt, is een effect op de werking van het straalpad niet aan de orde. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter.

Vliegverkeer

Het voorkeursalternatief ligt binnen een zone voor naderingsoefeningen van vliegtuigen. De komst van de windturbines leidt ertoe dat de vliegtuigen in dit deel van de oefenzone niet meer tot de minimale laagte kunnen vliegen, waarmee het windpark van invloed is op het gebruik van de zone. Aangezien de tiphoogte bij een rotordiameter van 165 meter op 225 meter blijft, is er geen sprake van andere invloed. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter. Overigens is dit deel van het oefengebied al verstoord door overige windturbines in het gebied, waardoor het effect op de functie beperkt blijft. Daarnaast is het gebied groot in omvang, waardoor er voldoende uitwijkmogelijkheden zijn voor het uitvoeren van naderingsoefeningen. Derhalve scoort het voorkeursalternatief, net als de alternatieven, beperkt negatief.

Obstakelverlichting

De windturbines van het voorkeursalternatief hebben zowel bij een rotordiameter van 160 meter als 165 meter, een tiphoogte groter dan 150 meter. Om die reden zal het windpark van luchtvaartverlichting worden voorzien. Voor het voorkeursalternatief is een verlichtingsplan opgesteld conform het informatieblad. Het verlichtingsplan wijzigt niet bij een rotor van 165 meter ten opzichte van 160 meter. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter.

Lofar

Voor Lofar geldt dat het voorkeursalternatief met een rotordiameter van 165 meter buiten de beschermingszones van het Lofar-station ten zuiden van de Eemshaven is gelegen en daarmee niet van invloed is op de goede werking van de betreffende antenne. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter.

Radar

Voor radar geldt dat op basis van een referentieturbine binnen de VKA klasse een berekening is uitgevoerd naar de invloed op de dekkingsgraad van defensie-radar. Die berekening toont aan dat de dekkingsgraad van 90% wordt behouden en op de meeste plaatsen zelfs boven de 90% ligt. Een extra bladlengte van 2,5 meter zal naar verwachting niet van invloed zijn op die conclusie, te meer omdat de huidige berekening uitgaat van fase 1 + 2 en daarmee een worst-case benadering betreft voor het huidige VKA met fase 1.

Middels vergunningvoorschriften wordt geborgd dat het definitief gekozen turbinetype nogmaals door TNO wordt doorgerekend op haar invloed op de dekkingsgraad. Het onderzoek dient ter goedkeuring aan het bevoegd gezag te worden overlegd. Daarmee is geborgd dat effecten niet groter zijn dan op basis van een rotordiameter van 160 meter. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter.

Conclusie

Om rekening te kunnen houden met de ontwikkelingen van turbineafmetingen is een aanvullende beoordeling uitgevoerd voor het VKA met een maximale rotordiameter van 165 meter. Hierbij is met name beoordeeld in hoeverre een rotordiameter van 165 meter tot andere of grotere effecten leidt ten opzichte van een rotordiameter van 160 meter. De beoordeling van het VKA is ook geldig voor een rotordiameter van 165 meter.

Op basis van bovenstaande beoordeling wordt geconcludeerd dat een extra 5 meter rotordiameter ten opzichte van 160 meter geen andere of grotere effecten tot gevolg heeft, terwijl het in potentie een klein positief effect heeft op de duurzame energieopbrengst en vermeden emissies.