



Laadinfrastructuur op Zee

Definitief rapport laadinfrastructuur op zee

Rijkswaterstaat Zee en Delta

15 januari 2025

Voor distributie



Project	Laadinfrastructuur op Zee
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Zee en Delta Zaaknummer 31202966
Document	Definitief rapport laadinfrastructuur op zee
Status	Definitief 02
Datum	15 januari 2025
Referentie	144112/25-000.539
Projectcode	144112
Projectleider	M. Schot
Projectdirecteur	Drs. H.J.W. Albers-Schouten
Auteur(s)	M. Schot, J.J. van Dongen BSc, T. Kreté
Gecontroleerd door	R.R.C.J. van Berkum MSc
Goedgekeurd door	M. Schot
Paraaf	
Adres	Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. Leeuwenbrug 8 Postbus 233 7400 AE Deventer +31 (0)570 69 79 11 www.witteveenbos.com KvK 38020751

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

© Witteveen+Bos

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



INHOUDSOPGAVE

1	INTRODUCTIE	6
1.1	Achtergrond	6
1.2	Doel	6
1.3	Aanpak	6
1.4	Leeswijzer	7
2	SELECTIE POTENTIËLE LOCATIES VOOR LAADINFRASTRUCTUUR OP ZEE	9
2.1	Bestaande en nieuwe ontwikkelingen op de Noordzee	9
2.2	Vaststellen kansrijke gebieden voor elektrisch laden	12
2.3	Verwachte operationeel profiel van ERTV	13
2.4	Vaststelling risicogebieden	14
2.5	Vaststelling potentiële laadlocaties voor ERTV's op de Noordzee	16
3	KWALITATIEVE ANALYSE VAN POTENTIËLE LAADLOCATIES OP ZEE	18
3.1	Vaststelling relevante aspecten	18
3.2	Kwalitatieve analyse tussen potentiële laadlocaties	19
3.3	Vaststellen optimale locaties voor laden	27
3.4	Doorkijk	31
4	ANALYSE VAN AANSLUITOPTIES PER LAADLOCATIE	32
4.1	Toelichting aansluitopties	32
4.2	Analyse van aansluitopties	33
4.3	Randvoorwaarden per aansluitoptie	37
5	ANALYSE UITVOERINGSTYPEN VOOR HET LAADSYSTEEM	40
5.1	Verschillende uitvoeringstypen voor laden op zee	40
5.2	Analyse op aspecten voor varianten	41
5.3	Vaststellen randvoorwaarden per uitvoeringstype	46

5.4	Analyse geschiktheid uitvoeringstype op vastgestelde laadlocaties	47
-----	---	----

6	ALGEMENE CONCLUSIE, TAKE-AWAYS EN VERVOLGSTAPPEN	49
---	---	-----------

6.1	Conclusies	49
6.2	Take-aways en benodigde vervolgstappen	50
6.2.1	Take-aways	50
6.2.2	Benodigde vervolgstappen	51

Laatste pagina	52
----------------	----

Bijlage(n)	Aantal pagina's
-------------------	------------------------

I	Intensiteitenkaart scheepsverkeer in 2022	1
II	Gegevens onbewuste drifters 2006-2023	1
III	Technisch ontwerp aansluiten Offshore Substation van TenneT	1
IV	Technisch ontwerp aansluiten op windturbine	1
V	technisch ontwerp aansluiten op windturbine	1

Afkortingen

ERTV	Emergency Response and Towing Vessel
Hz	Hertz (frequentie)
GTV	Gecontracteerd Transport Vermogen
TRL	Technology Readiness Level

Begrippe lijst

AIS-gegevens	Automatisch Identificatiesysteem; scheepsgegevens, zoals positie, koers en snelheid, gebruikt voor maritieme navigatie en monitoring.
Aansluitveld	Een installatieonderdeel van een hoogspanningsstation waar verbindingen met het elektriciteitsnet worden gemaakt.
Conversie/ Productieplatform	Offshore platformen die worden gebruikt voor de productie of conversie van energie, zoals olie, gas of waterstof.
Corridor	Een aangewezen route of zone voor kabels of pijpleidingen, vaak met minimale obstakels en risico's.
DP-systeem	Dynamisch positioneringssysteem; een technologie waarmee schepen hun positie automatisch kunnen behouden met behulp van sensoren en voortstuwingssystemen.
Drifters	Apparaten die worden ingezet op zee om stromings- en drijfgedrag te meten voor wetenschappelijk onderzoek.
E-boei	Elektrisch laadstation op zee in de vorm van een boei waar schepen kunnen aanmeren en opladen.
E-tower	Elektrisch laadstation op zee, vaak in de vorm van een paal of toren, waar schepen kunnen opladen.
Galvanische scheiding	Een elektrische scheiding tussen twee circuits om ongewenste stroom of spanningen te voorkomen.
Hotelfunctie	ERTV's worden geladen met relatief lage vermogens, zodat ze in standby-modus kunnen blijven opereren.
Inter-array verbinding	Kabelverbindingen tussen windturbines in een windpark die energie doorsturen naar een centraal aansluitpunt.



Lean	Een methodologie gericht op efficiëntie, het minimaliseren van verspilling en het maximaliseren van waarde in processen.
Monopile	Een type fundering gebruikt voor offshore windturbines, bestaande uit een grote stalen buis die in de zeebodem wordt verankerd.
Offshore Substation	Een platform op zee dat energie verzamelt van windturbines, omzet naar hogere spanning en doorstuurt naar het landnetwerk.
Omvormer	Een apparaat dat spanning of frequentie omzet naar een andere spanning of frequentie, geschikt voor gebruik in elektrische systemen.
Teruglevering	Het proces waarbij opgewekte energie wordt teruggevoerd naar het elektriciteitsnet.
Trade-off matrix	Een overzichtstool waarmee verschillende alternatieven worden geëvalueerd op basis van vooraf gedefinieerde aspecten.
Transformator	Een apparaat dat de spanning van elektriciteit aanpast om deze geschikt te maken voor transport of gebruik.
Technology Readiness Level	Een schaal van 1 tot 9 die de mate van ontwikkeling en implementatie van een technologie aangeeft.

Referenties en overige bronnen

- vraagspecificatie gunning uit de hand Laadinfra op Zee versie 1.0;
- 23153-R07-Rev01 ERTV Concept Ontwerp Rapportage;
- 20211216 Eindrapport invloed windparken BowTie schip-schip aanvaringen RWS-04-R-01 Rev. 3.1;
- MARIN Data scheepvaartverkeer 2022-2023;
- 2023-07-19 Project BOEI Report 1.29.

Interviews met:

- de kustwacht;
- windexploitanten;
- offshore laadontwikkelaars;
- TenneT;
- beheerder van olie/gasplatforms.

1

INTRODUCTIE

Dit afgeronde onderzoek geeft inzicht in mogelijke locaties voor laadinfrastructuur op de Noordzee, afgestemd op het operationele profiel van duurzame Emergency Response and Towing Vessels (ERTV's). Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat, met als doel de ontwikkeling en bouw van drie elektrische Emergency Rescue Towing Vessels (ERTV's). Daarbij worden vijf offshore en vijf onshore laadvoorzieningen gerealiseerd, binnen het Rijkswaterstaat-project genaamd Power2Tow. Het onderzoek wordt mede mogelijk gemaakt door het Europees Herstel-en Veerkrachtplan. Het rapport schetst de relevante randvoorwaarden voor de realisatie van deze laadinfrastructuur op zee.

1.1 Achtergrond

De aanleiding voor dit onderzoek is de geplande uitbreiding van de vloot ERTV's van de Rijksrederij in de komende jaren. De Noordzee is een van de drukst bevaren zeeën ter wereld. De geplande bouw van nieuwe windparken om klimaatdoelstellingen te realiseren, in combinatie met de al bestaande windparken, verhoogt het risico op aanvaringen tussen schepen en windturbines op nieuwe locaties. De huidige vloot van drie ERTV's is onvoldoende om de veiligheid op de Noordzee te garanderen. De Rijksrederij streeft ernaar nieuwe ERTV's te ontwikkelen die voor 90 % emissievrij kunnen varen, wat inhoudt dat ten minste 90 % van hun energieverbruik gedurende hun levensduur elektrisch moet zijn. Om deze doelstelling te realiseren is uitgebreide laadinfrastructuur nodig, zowel onshore als offshore. Dit onderzoek richt zich voornamelijk op het verkennen van offshore laadlocaties op de Noordzee, met daarnaast de betrokkenheid van onshore locaties die strategisch interessant zijn als laadlocatie.

1.2 Doel

Het onderzoek focust zich op de volgende onderzoeksvraag: **'Welke locaties en welk type elektrische laadinfrastructuur op de Noordzee zijn het meest geschikt, rekening houdend met het verwachte operationele profiel van een duurzame ERTV'?**

Het doel van dit onderzoek is een beeld te schetsen van de realisatie van laadinfrastructuur voor ERTV's. Het biedt een startpunt voor verdere verdieping, en de vastgestelde randvoorwaarden kunnen dienen als basis voor gesprekken met windexploitanten, TenneT TSO B.V. (hierna TenneT), en offshore e-laadontwikkelaars om het laadconcept op locatie verder te concretiseren.

1.3 Aanpak

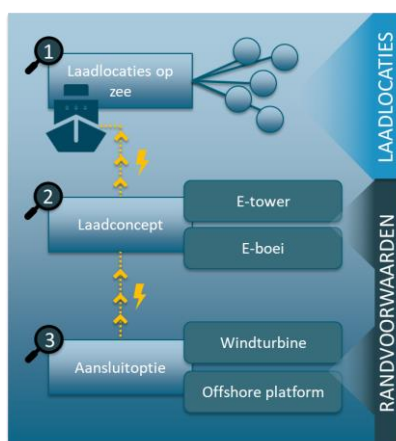
Voor dit onderzoek zijn gesprekken gevoerd met TenneT, twee windexploitanten op de Noordzee, twee ontwikkelaars van offshore e-laadoplossingen, een beheerder van gas- en olieplatforms en de Kustwacht. Deze gesprekken hebben waardevolle informatie opgeleverd over recente ontwikkelingen en randvoorwaarden vanuit verschillende aspecten. Daarnaast zijn bevindingen uit eerdere MARIN-onderzoeken over toekomstige ontwikkelingen en scheepvaartbewegingen gebruikt om risicogebieden op de Noordzee nauwkeuriger af te bakenen. Ook is technische expertise van Witteveen+Bos ingezet voor een verdiepende analyse van de technische eisen voor aansluitopties en het laadconcept.

Deze onderzoeksopzet (zie afbeelding 1.1) richt zich op drie focusgebieden en resulteert in:

- 1 het identificeren van potentiële laadlocaties in de Noordzee;
- 2 het beschrijven van de randvoorwaarden voor aansluiting op windturbines of Offshore Substations van TenneT;
- 3 het beschrijven van de randvoorwaarden voor het laadconcept, zoals een boei- of paalvariant (hierna e-tower), waar toekomstige elektrische ERTV's kunnen opladen.

Belangrijk is te vermelden dat dit onderzoek niet allesomvattend is. Gezien het innovatieve karakter moeten veel aspecten en voorwaarden voor elektrisch laden op zee nog verder worden uitgewerkt. De gesprekken hebben daarom ook geleid tot relevante aandachtspunten voor toekomstig onderzoek. Deze aandachtspunten worden als take-aways besproken in hoofdstuk 6.

Afbeelding 1.1 Schematische weergave onderzoeksopzet



1.4 Leeswijzer

Het onderzoek begint in hoofdstuk 2 met een selectie van potentiële laadlocaties op zee. Eerst worden bestaande en toekomstige ontwikkelingen op de Noordzee in kaart gebracht. Om kansrijke gebieden voor elektrische laden te identificeren, wordt gestart met het vaststellen van mogelijke elektriciteitsbronnen op de Noordzee. Vervolgens wordt het operationele profiel van de ERTV's geanalyseerd, waarbij wordt onderzocht waar deze nu actief zijn, waar ze in de toekomst actief zullen zijn, en waarom. Dit leidt tot een focus op de verwachte risicogebieden, waar de ERTV's bij voorkeur op stand-by en binnen bereik aanwezig moeten zijn. Het hoofdstuk wordt afgesloten met het koppelen van de kansrijke gebieden voor elektrisch laden aan de verwachte risicogebieden, wat resulteert in een overzicht van potentiële laadlocaties.

In hoofdstuk 3 wordt dieper ingegaan op deze potentiële laadlocaties. Hiervoor zijn verschillende aspecten geselecteerd die elk vanuit hun eigen invalshoek inzicht bieden in de locaties. Dezelfde aspecten worden in hoofdstuk 4 en 5 verder uitgewerkt met als doel de randvoorwaarden voor de aansluitopties en het laadconcept vast te stellen. Hierdoor kan er incidenteel enige overlap in de informatie voorkomen. Een trade-off-matrix dient als hulpmiddel om de aspecten te beoordelen en de laadlocaties op een consistente manier met elkaar te vergelijken. Het resultaat is een overzicht per laadlocatie met specifieke aandachtspunten, mogelijke belemmeringen en kansen.

In hoofdstuk 4 wordt gekeken naar de mogelijke aansluitopties voor de beschikbare (toekomstige) elektriciteitsbronnen. De scope van dit onderzoek beperkt zich tot aansluiting op windturbines of een Offshore Substations van TenneT. Beide aansluitopties worden vanuit verschillende perspectieven geanalyseerd om belangrijke randvoorwaarden voor aansluiting te formuleren. Het hoofdstuk eindigt met een overzicht van randvoorwaarden per aansluitoptie.

In hoofdstuk 5 wordt het laadconcept voor op zee verder uitgewerkt, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen een e-tower met laadsysteem en een e-boei met laadsysteem. Beide varianten worden technisch en vanuit andere relevante aspecten onderzocht. Dit resulteert in een overzicht van randvoorwaarden per laadconcept.

In hoofdstuk 6 worden de belangrijkste inzichten uit de locatiekeuze, aansluitopties en laadconcepten samengebracht. De kernboodschap van de analyse wordt samengevat, aangevuld met enkele take-aways en concrete vervolgstappen die het onderzoek en de voorbereiding van laadinfrastructuur op zee verder kunnen bevorderen.

2

SELECTIE POTENTIËLE LOCATIES VOOR LAADINFRASTRUCTUUR OP ZEE

In dit hoofdstuk worden potentiële locaties voor het opladen van ERTV's op de Noordzee geïdentificeerd. Eerst worden bestaande en nieuwe ontwikkelingen op de Noordzee in kaart gebracht om zowel beperkingen als kansrijke gebieden voor het opladen te bepalen. Daarbij is een analyse uitgevoerd naar de vaarroutes van de huidige ERTV's, wat inzicht geeft in het operationele profiel van de ERTV's. Door de scheepsbewegingen te plotten op de kaart met kansen en beperkingen op de Noordzee, kunnen uiteindelijk potentiële laadlocaties worden vastgesteld.

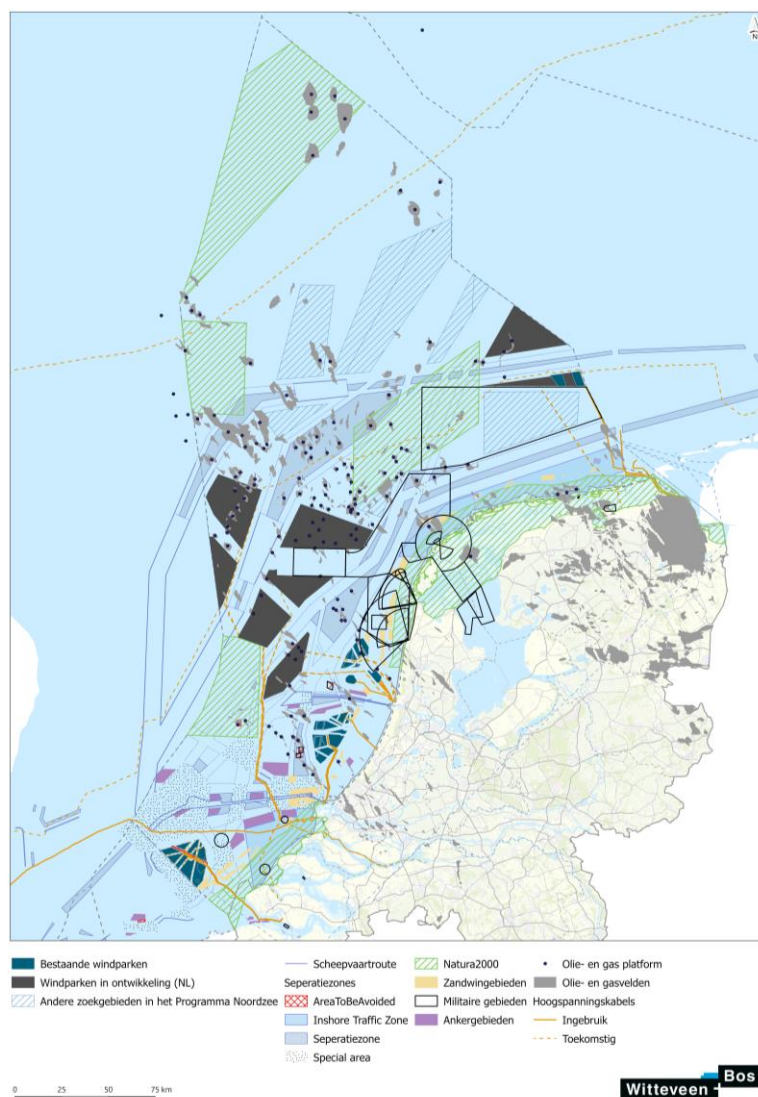
2.1 Bestaande en nieuwe ontwikkelingen op de Noordzee

Om potentiële laadlocaties voor ERTV's op de Noordzee te identificeren, is eerst een overzicht nodig van de bestaande en geplande ontwikkelingen in het gebied. Deze ontwikkelingen kunnen zowel kansen als belemmeringen vormen voor het realiseren van laadlocaties. In afbeelding 2.1 is een kaart te zien met de huidige en geplande ontwikkelingen op de Noordzee. De informatie is voornamelijk afkomstig van het IHM (Informatiehuis Marien)¹, een centraal platform waar de nieuwste ontwikkelingen op de Noordzee uit diverse disciplines worden verzameld. Daarnaast is het NLOG (Nederlands Olie- en Gasportaal)² geraadpleegd om locatiegegevens van substations op zee te verzamelen.

¹ [OpenEarth Viewer](#)

² <https://www.nlog.nl/kaart-boringen>

Afbeelding 2.1 Huidige en toekomstige ontwikkelingen op de Noordzee



Bestaande en toekomstige windparken

Langs de Noordzeekust zijn inmiddels enkele windparken operationeel, zoals Windpark Borssele en Windpark Hollandse Kust Zuid. Deze windparken wekken elektriciteit op en zijn via onderzeese kabels en Offshore Substations van netbeheerder TenneT aangesloten op het vaste land. Bovendien staan er meerdere windparken gepland voor de komende jaren, zoals Windpark IJmuiden Ver en Windpark Nederwiek, waarvan de operationele start tussen 2031 en 2033 wordt verwacht.

Windparken kunnen een belangrijke rol spelen als potentiële elektriciteitsbron voor laadlocaties op zee. Elke windturbine wekt stroom op en is met een Offshore Substation van TenneT op zee verbonden. De windturbines aan het einde van een inter-array verbinding, die zich bovendien aan de rand van het windpark bevinden, kunnen worden beschouwd als een veelbelovende locatie voor een laadpunt. Deze turbines, die zich aan het einde van een kabelstring bevinden, hebben mogelijk een ongebruikte kabelinvoer (cable transit) die kan worden benut voor het laadstation. Dit moet echter nog worden bevestigd. Enerzijds kunnen deze turbines dienen als een potentiële stroombron, en anderzijds zijn ze strategisch gunstig gelegen: dicht bij vaarroutes, waardoor de ERTV sneller schepen in nood kan bereiken. Naarmate de locatie dieper in het windpark ligt, neemt de responstijd van de ERTV toe. Daarnaast moet rekening worden gehouden met de bestaande veiligheidszones rond windturbines en het Offshore Substation van TenneT. Indien deze zones strikt moeten worden gehandhaafd, kan dit een belemmering vormen, ook voor het aan- en uitvaren. Om deze redenen worden locaties dieper in het windpark als minder kansrijk beschouwd.

Natura2000 gebieden

Natura 2000-gebieden op de Noordzee zijn beschermde natuurgebieden die deel uitmaken van het Europese Natura 2000-netwerk. Dit netwerk is opgericht om waardevolle natuurgebieden te beschermen en biodiversiteit in Europa te behouden. Het doel is om de habitats en soorten die belangrijk zijn voor Europa te beschermen en te behouden. De regels in Natura 2000-gebieden op de Noordzee zijn gericht op het beschermen van kwetsbare habitats en soorten. Scheepvaart in deze gebieden wordt gereguleerd met route-aanpassingen en geluidsreductie bij werkzaamheden om verstoring van dieren te voorkomen. Ook bodemactiviteiten die de bodem verstoren (bijvoorbeeld baggeren en zandwinning) worden beperkt. Het creëren van laadlocaties in Natura2000-gebieden brengt daardoor veel uitdagingen met zich mee en is in principe niet haalbaar.

Militair oefenterrein en Area To Be Avoided

Op de Noordzee bevinden zich meerdere militaire oefenterreinen waar regelmatig oefeningen plaatsvinden. Daarnaast zijn er gebieden aangeduid als Areas to Be Avoided, waaronder voormalige munitiestortplaatsen. Beide soorten locaties zijn vanuit veiligheidsoverwegingen ongeschikt als laadlocaties voor ERTV's.

Separatiezone

Separatiezones (ook wel scheidingstrajecten of Traffic Separation Schemes genoemd) in de Noordzee zijn zones waar het scheepvaartverkeer wordt gescheiden om de veiligheid op zee te vergroten. Deze zones worden beheerd door de Internationale Maritieme Organisatie (IMO) en zijn ontworpen om de kans op aanvaringen te verkleinen, vooral in drukke en smalle vaargebieden waar veel scheepvaartverkeer samenkomt. De separatiezones dienen om het vaarverkeer in goede banen te leiden. Hoewel een laadlocatie binnen een separatiezone ruimtelijk gezien mogelijk is, kan dit tot verwarring leiden bij het scheepsverkeer wanneer een schip, zoals een ERTV, stil ligt. Vanuit het oogpunt van verkeersveiligheid worden deze zones daarom als minder geschikt beschouwd voor een laadlocatie.

Ankergebieden

Op de Noordzee zijn diverse ankergebieden aangewezen waar wachtende schepen door te ankeren kunnen wachten. Vanuit het perspectief van toekomstig elektrisch laden voor verschillende schepen bieden deze ankergebieden mogelijkheden om tijdens wachttijd te laden. Een laadsysteem dat zowel de ERTV als andere schepen van elektriciteit voorziet, zou dan kunnen functioneren als een soort laadplein. Voor specifiek laden van de ERTV zijn ankergebieden echter minder geschikt, omdat de aanwezigheid van meerdere schepen en de verschillende ankers op de bodem voor meer complexiteit en potentiële risico's zorgt, vooral onder zware weersomstandigheden. Daarom worden deze locaties voorlopig in de vorm van enkelvoudig laadpunt voor ERTV's minder kansrijk beschouwd.

Olie en gasvelden

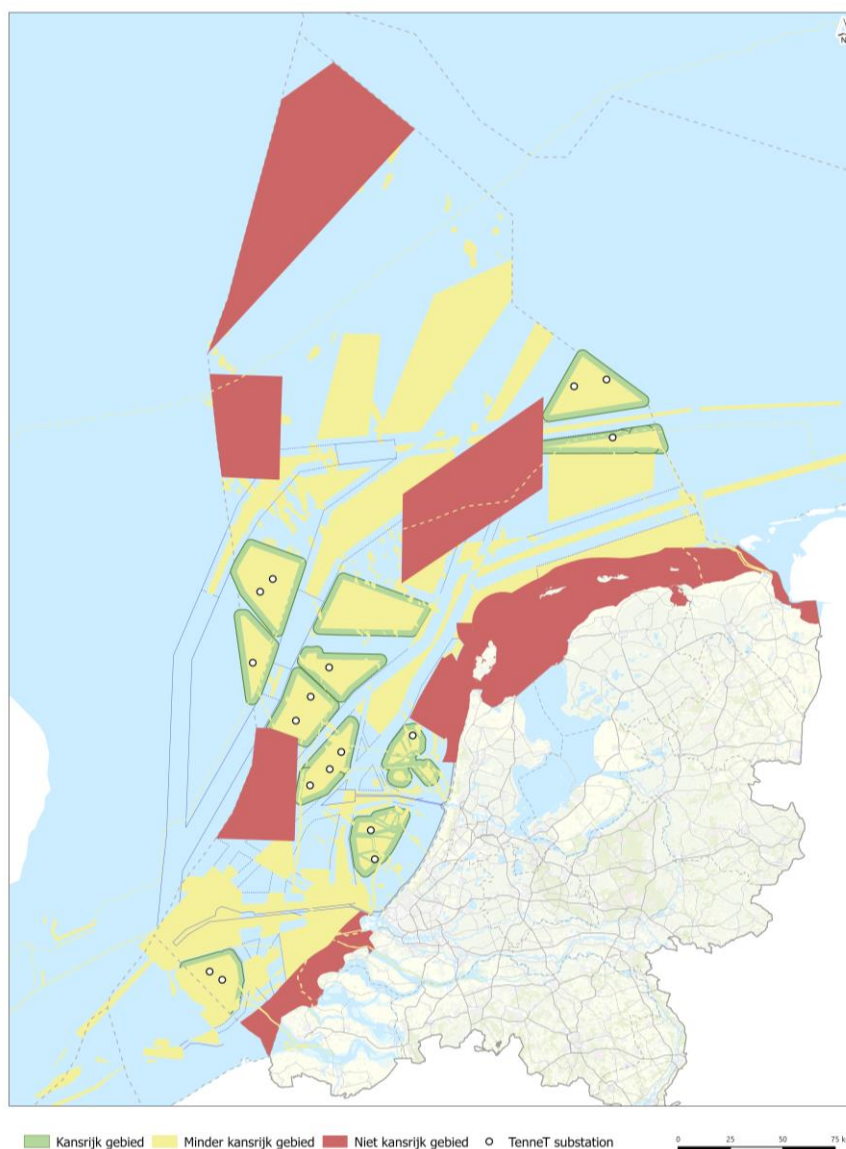
Op de Noordzee bevinden zich meerdere olie- en gasvelden, vaak in combinatie met productieplatforms. Afhankelijk van het gekozen laadconcept, zoals het plaatsen van een monopile op een bestaand olie- of gasveld, moet zorgvuldig worden beoordeeld of dit veiligheidsrisico's met zich meebrengt. Er zijn uitgebreide veiligheids- en technische maatregelen nodig om de integriteit van het gasveld en bijbehorende infrastructuur, zoals boorputten en pijpleidingen, te waarborgen. Daarom worden locaties waar olie- en gasvelden zich bevinden beschouwd als minder kansrijk voor het realiseren van laadlocaties.

Buiten de scope van dit onderzoek valt dat sommige productie- en conversieplatforms mogelijk beschikken over een elektriciteitskabel of een aansluiting op een duurzame opwekbron. Naast het aansluiten op een windturbine of een Offshore Substation van TenneT kan dit wellicht een aanvullende mogelijkheid bieden. In dit kader heeft een interview plaatsgevonden met een beheerder van dergelijke platforms. Relevante informatie over de aansluitmogelijkheden en overwegingen met betrekking tot platforms is te vinden in bijlage I.

2.2 Vaststellen kansrijke gebieden voor elektrisch laden

Op basis van de bestaande en toekomstige ontwikkelingen is in de vorige paragraaf aangegeven of elektrisch laden in deze gebieden kansrijk, minder kansrijk of niet kansrijk is. In afbeelding 2.2 is dit vertaald naar een kleurenkaart, waarop de kansrijke gebieden worden weergegeven. In principe vormen de kansrijke gebieden locaties rondom de windparken, aangezien hier een potentiële stroombron aanwezig is (zoals windturbines of Offshore Substations van TenneT) en er fysiek ruimte beschikbaar is voor de ERTV's om aan te meren. Delen rondom windparken die in contact komen met bestaande olie- en gasvelden, Natura 2000-gebieden of andere beschermde zones worden als minder kansrijk of niet kansrijk beschouwd.

Afbeelding 2.2 Kansenskaart voor potentiële laadlocaties op de Noordzee



2.3 Verwachte operationeel profiel van ERTV

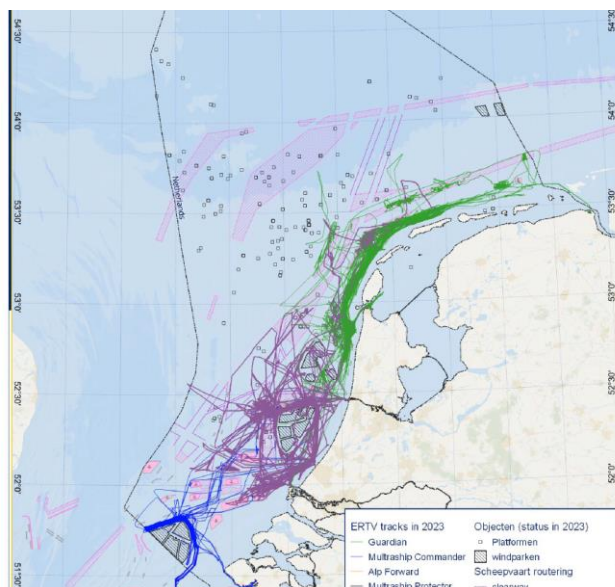
Om een beeld te krijgen van het verwachte operationeel profiel van de ERTV's, wordt de huidige werkverdeling beknopt geschetst. Daarnaast wordt er een korte blik op de toekomst geworpen, gebaseerd op de expertise en ervaring van de Kustwacht, gecombineerd met de aangeleverde AIS-gegevens over scheepsbewegingen.

Huidige situatie

Op dit moment zijn drie ERTV's actief op de Noordzee. Deze ERTV's worden ongeveer 10 keer per jaar ingezet, waarvan 3 tot 5 keer voor serieuze sleepwerkzaamheden.

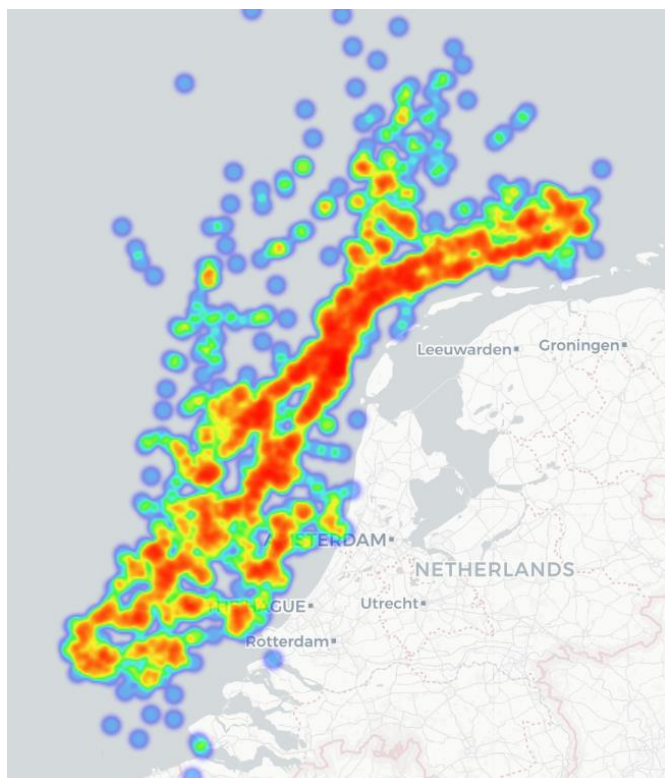
Afbeelding 2.3 toont de scheepvaartbewegingen van de drie ERTV's in 2023, waarbij de drie kleuren de verschillende schepen representeren. Elke ERTV heeft zijn eigen werkgebied: één is operationeel rondom het windpark Borssele (Multiraship Commander, blauw), een andere rondom de vaarroutes bij IJmuiden en het windpark Hollandse Kust (Multiraship Protector, paars), en de derde voor de kust bij Den Helder en de eilanden (Guardian, groen). De ERTV voor het gebied bij Den Helder en de eilanden ligt in principe in de haven van Den Helder en vaart uit wanneer de ernst van de weersomstandigheden toeneemt. De overige twee schepen verblijven steeds een maand op zee en zullen eenmaal per maand bunkeren in de haven op het vasteland. De ERTV's kunnen op eigen kracht een maximale snelheid van 15 knopen bereiken. Bij slecht weer ligt dit rond de 12-13 knopen, terwijl bij gunstige weersomstandigheden een snelheid van 16-17 knopen mogelijk is. Een belangrijke randvoorwaarde voor de Kustwacht is dat de ERTV's binnen 2 uur aanwezig moeten zijn op een meldlocatie om mogelijke aanvaringen te beperken.

Afbeelding 2.3 Vaarbewegingen van de 3 huidige ERTV's in 2023



De afgelopen jaren zijn meldingen van driftende schepen op de Noordzee bijgehouden. Deze schepen vormen een risico voor aanvaringen met andere vaartuigen en voor schade aan bestaande en toekomstige windparken. Het gaat hierbij voornamelijk om onbewust driftende schepen, bijvoorbeeld als gevolg van technische storingen. In afbeelding 2.4 is een heatmap te zien die de locaties van onbewust driftende schepen in de periode 2006-2023 weergeeft. Analyse van scheepsdata biedt waardevol inzicht in de locaties op de Noordzee waar dit relatief vaak voorkomt. Een belangrijke conclusie uit deze scheepvaartanalyse is dat de verkeersintensiteit, zoals weergegeven in bijlage I, nauw samenhangt met een verhoogde kans op onbewust driftende schepen. De AIS-gegevens laten tevens zien dat het aantal driftende schepen in de loop der tijd niet is toegenomen en de afgelopen jaren zelfs een lichte daling heeft laten zien. Voor een visueel overzicht van deze trend, zie bijlage II.

Afbeelding 2.4 Heatmap van 'onbewuste' driftende schepen tussen 2006-2023



Toekomstige situatie

De Kustwacht verwacht dat de inzet van de ERTV's in de toekomst zal toenemen. De vele ontwikkelingen op de Noordzee, zoals de bouw van nieuwe windparken, brengen namelijk mogelijke aanvaringsrisico's met zich mee, bijvoorbeeld door driftende schepen. Daarnaast wordt verwacht dat de verkeersintensiteit verder toeneemt op de Noordzee, ook in de vaarroutes verder uit de kust. De Kustwacht voorziet niet alleen een groei in de operationele werkzaamheden, maar verwacht ook dat de ERTV's vaker verder op zee nodig zullen zijn. De operationele gebieden van de ERTV's worden bepaald door de locaties met de grootste risico's voor ongevallen op de Noordzee. In de volgende paragraaf worden deze risicogebieden toegelicht.

2.4 Vaststelling risicogebieden

In de vorige paragraaf is de huidige werkwijze van de ERTV's kort toegelicht, evenals de vaarroutes van 2023, die een beeld geven van de operationele gebieden van de drie verschillende ERTV's. In deze paragraaf worden de bestaande en toekomstige risicogebieden in kaart gebracht, die de basis vormen voor de bepaling van de mogelijke toekomstige werkgebieden van de ERTV's.

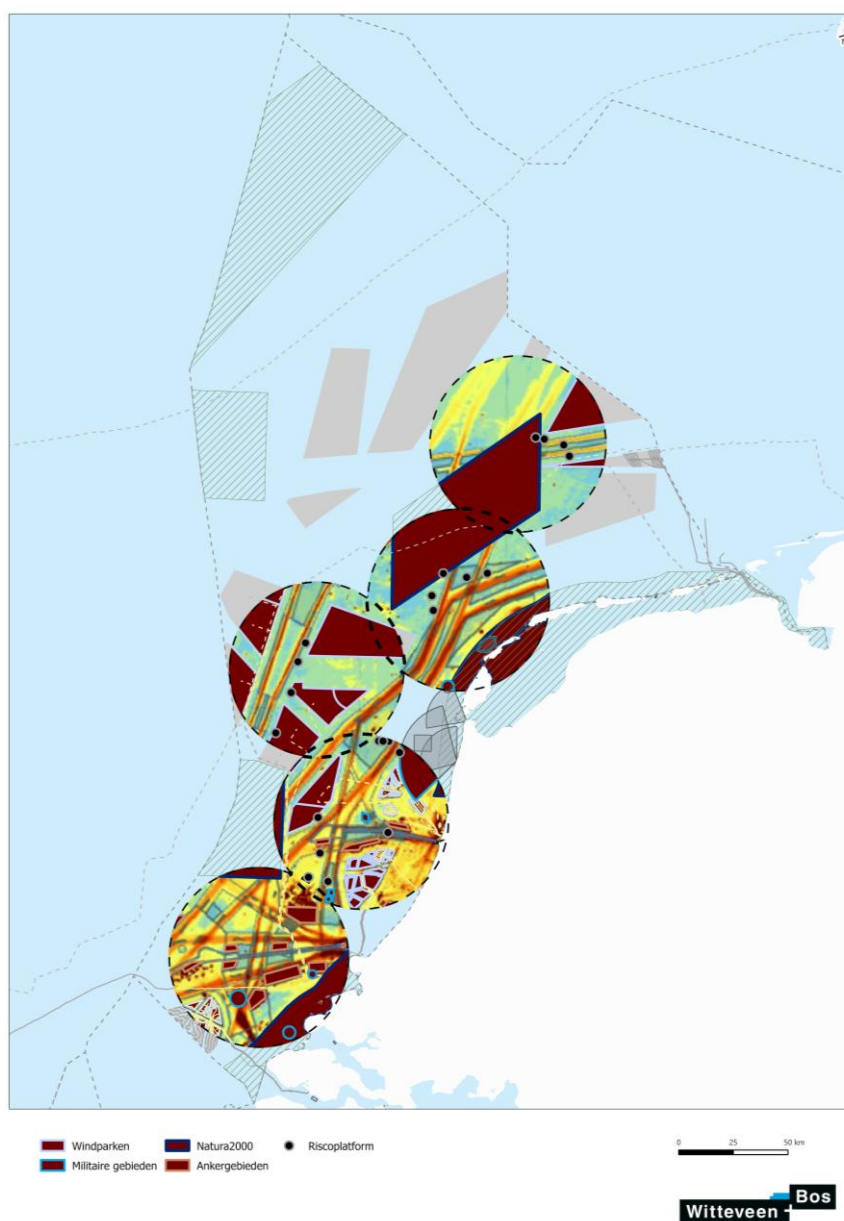
In 2018 is door Rijkswaterstaat een risicoanalyse van de Noordzee uitgevoerd (Rijkswaterstaat, Risicoanalyse Noordzee 2018). Deze informatie is meegenomen bij het vaststellen van de risicogebieden op de Noordzee. De volgende risicogebieden zijn vastgesteld:

- gebieden met hoge scheepvaartintensiteit: de Kustwacht verwacht dat de scheepvaartintensiteit op de Noordzee de komende jaren zal toenemen. Dit vergroot de kans op aanvaringen bij kruispunten en (vernuwde) toegangsroutes richting de havens. Daarnaast is het waarschijnlijk dat het aantal driftende schepen toeneemt naarmate er meer schepen op de Noordzee aanwezig zijn;
- ankergebieden: ankergebieden in de aanloopgebieden naar havens kunnen de manoeuvreerruimte voor schepen beperken, wat leidt tot een verhoogd risico op aanvaringen en andere incidenten;
- platforms: platforms voor olie- en gaswinning liggen soms bij scheepvaarroutes. Hoewel veiligheidsafstanden worden gehandhaafd, blijft een risico op aanvaringen aanwezig (bijvoorbeeld driftende schepen), wat kan leiden tot milieuschade, zoals olie lekkages;

- windparken: windparken op zee vormen risico's voor de scheepvaart vanwege hun ligging nabij aanbevolen scheepvaartroutes. Aanvaringen met windmolens kunnen zowel schade aan de windmolens als aan schepen veroorzaken, met mogelijk ernstige gevolgen;
- militaire schietoefengebieden: deze gebieden vormen een risico voor de scheepvaart, vooral tijdens actieve oefeningen, vanwege een verhoogd risico op aanvaringen, met mogelijke schade en letsel als gevolg.

Om gebieden te identificeren waar potentieel laadlocaties kunnen worden gevonden, worden de genoemde risico's in een kaart weergegeven (zie afbeelding 2.5). Als uitgangspunt worden locaties met een hoge verkeersintensiteit op zee gekozen. In totaal zijn vijf locaties op de Noordzee bepaald. De kustwacht stelt dat ERTV's maximaal binnen twee uur van deze locaties moeten bevinden. In het slechtste scenario, zoals bij ongunstige weersomstandigheden, kan een ERTV met een snelheid van 12 knopen naar deze locaties varen. Dit vertaalt zich naar afstanden die zijn weergegeven als gestippelde kaders, welke de grenzen van de zoekgebieden vormen. Binnen deze gebieden is gezocht naar geschikte locaties voor laadpunten.

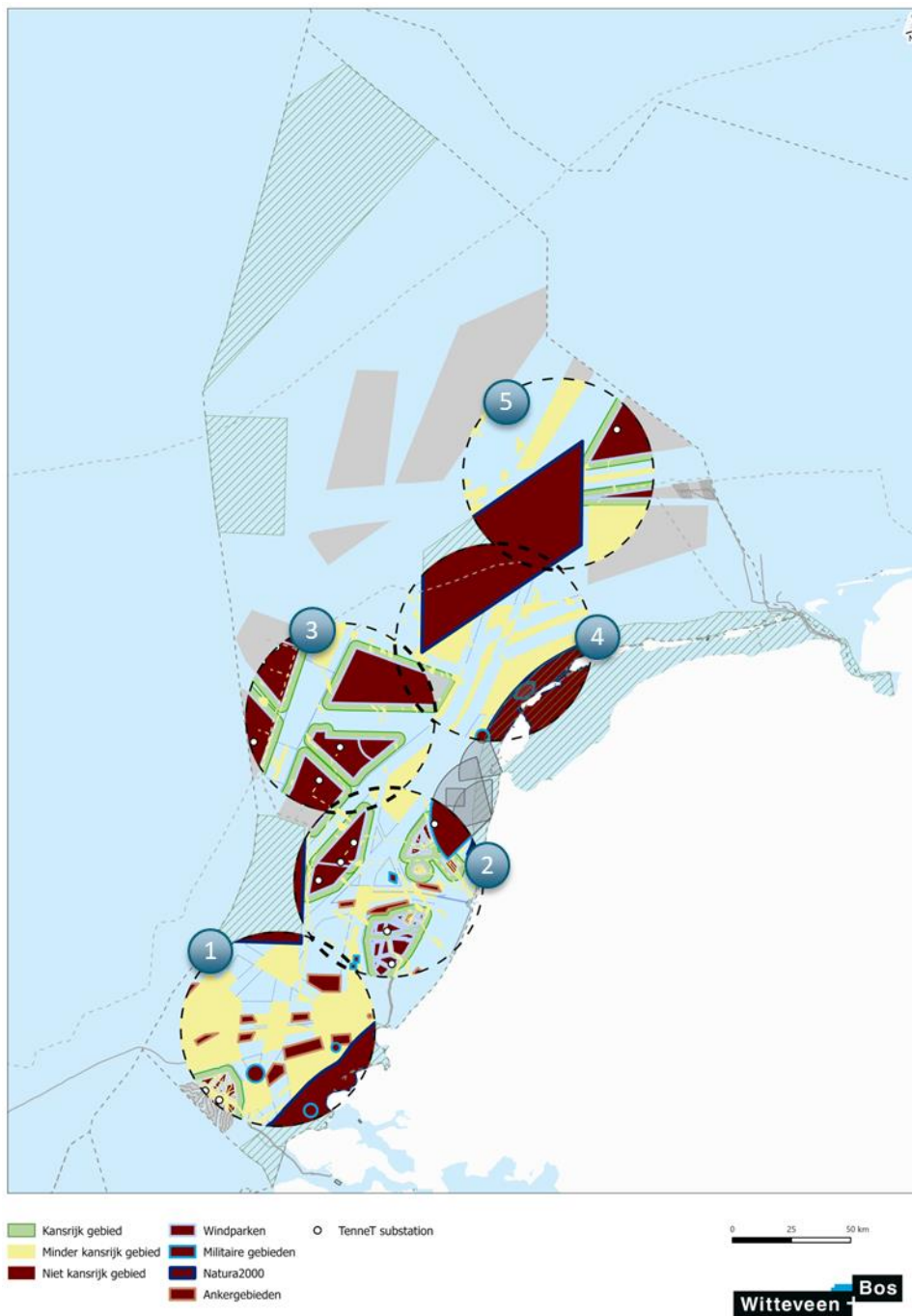
Afbeelding 2.5 Vastgestelde risicogebieden voor calamiteiten op de Noordzee



2.5 Vaststelling potentiële laadlocaties voor ERTV's op de Noordzee

In dit hoofdstuk zijn de bestaande en toekomstige ontwikkelingen op de Noordzee in kaart gebracht. Vervolgens is er dieper ingegaan op de risicogebieden waar ERTV's actief zijn. Deze risicogebieden vormen de basis voor de werkgebieden van de ERTV's. Kansen voor elektrisch laden in deze werkgebieden stellen de ERTV's in staat om snel bij mogelijke ongevallen ter plaatse te zijn. Om de potentiële laadlocaties binnen deze werkgebieden te identificeren, zijn de kansrijke gebieden voor elektrisch laden geplot over de vastgestelde risico-/werkgebieden van de ERTV's afbeelding 2.6. Dit heeft geleid tot vijf potentiële zoekgebieden voor elektrisch laden van de ERTV's. In het volgende hoofdstuk wordt verder ingegaan op deze vijf potentiële laadlocaties, waarbij verschillende aspecten worden onderzocht om te komen tot een voorstel voor de optimale laadlocaties voor de ERTV's.

Afbeelding 2.6 Kansrijke gebieden voor elektrisch laden in de vijf vastgesteld werkgebieden van de ERTV's



Tabel 2.1 Opsomming van potentiële laadlocaties

Nummer	Potentiële laadlocaties
1	Borssele
2	Hollandse kust
3	Ijmuiden ver
4	Eilanden
5	Doordewind

3

KWALITATIEVE ANALYSE VAN POTENTIËLE LAADLOCATIES OP ZEE

In dit hoofdstuk worden de geselecteerde potentiële laadlocaties nader geanalyseerd. Hierbij is een aantal relevante aspecten vastgesteld die voor elke locatie systematisch worden beoordeeld. Het doel van deze analyse is om per potentiële laadlocatie meer inzicht te verkrijgen en de belangrijkste aandachtspunten vanuit verschillende perspectieven te identificeren. Voor deze beoordeling wordt gebruikgemaakt van een trade-off matrix, waarmee de laadlocaties op basis van de vastgestelde aspecten met elkaar worden vergeleken. Het resultaat is een overzicht van de kansen en aandachtspunten per potentiële laadlocatie op de Noordzee.

Eerst staan de relevante aspecten beschreven in paragraaf 3.1. Vervolgens worden in paragraaf 3.2 de locaties met elkaar vergeleken op de verschillende aspecten.

3.1 Vaststelling relevante aspecten

In de trade-off matrix worden de laadlocaties vergeleken en geëvalueerd op basis van verschillende aspecten, die zijn vermeld in tabel 3.1. Elk aspect bevat meerdere onderdelen. In de tabel wordt toegelicht waarom elk aspect van belang is.

Tabel 3.1 Aspecten trade-off matrix

Aspect	Onderdelen	Toelichting
techniek	- energiedistributie - aansluiting op windturbine/TenneT	in dit aspect wordt beoordeeld of er al een bestaande aansluiting aanwezig is en welke aanpassingen nodig zijn. Hiermee kan worden vastgesteld of het technisch gezien eenvoudig of complex is om de laadfaciliteit te realiseren
duurzaamheid	- materiaalgebruik - natuur - werkzaamheden op zee	indien er weinig aan de installatie aangepast hoeft te worden, leidt dit tot minder materiaalgebruik. Ook een kortere kabelafstand draagt bij aan het verminderen van het benodigde materiaal. Daarnaast wordt bekeken of er veel kabels aanwezig zijn bij de locatie en of werkzaamheden plaatsvinden in Natura 2000-gebieden. De locaties worden beoordeeld op basis van minimaal materiaalgebruik en een zo gering mogelijke verstoring van de natuur
inpassing	- technische inpassing - ruimtelijke inpassing	de inpassing van laadfaciliteiten speelt een cruciale rol bij het vergelijken van locaties. Zo is bijvoorbeeld bij windturbines een minimale afstand van 150 meter vereist, en bij een Offshore Substation van TenneT minimaal 500 meter. Obstakels en een hoge concentratie kabels kunnen daarnaast uitdagingen opleveren. Voor een ERTV is een vrije ruimte van ongeveer 250 meter rondom de laadfaciliteit

Aspect	Onderdelen	Toelichting
planning/fasering	- doorlooptijd - fasering	nodig, omdat een ERTV niet altijd op een vaste positie ligt het streven is om de laadfaciliteiten rond 2030 gereed te hebben voor de ERTV's, aangezien de bouw van de ERTV's naar verwachting tegen die tijd is voltooid. De fasering van de aanpassingen aan de windturbines en Offshore Substations van TenneT, evenals de realisatie van de laadfaciliteit, moet goed op elkaar worden afgestemd om te bepalen welke stappen complex of eenvoudig uitgevoerd kunnen worden
kosten	- investeringskosten - onderhoudskosten	de investerings- en onderhoudskosten worden vergeleken tussen de verschillende locaties, waarbij gekeken wordt naar de lengte van de kabel en de benodigde aanpassingen aan de windturbines of Offshore Substations van TenneT
juridisch	- vergunningen - Regelgeving ecologie	dit aspect wordt beoordeeld op de benodigde vergunningen, aangezien laadfaciliteiten niet zonder toestemming mogen worden geplaatst. Daarnaast moet rekening worden gehouden met Natura 2000-gebieden en de geldende wetgeving met betrekking tot de ecologie van de Noordzee
veiligheid	- afstand tot vaarroutes	de afstand tot de vaarroutes is belangrijk, aangezien de ERTV veilig moet kunnen opladen

3.2 Kwalitatieve analyse tussen potentiële laadlocaties

Nu de aspecten zijn vastgesteld worden de potentiële locaties beoordeeld op deze aspecten. Per locatie wordt onderscheid gemaakt of het laadsysteem op een windturbine of een Offshore Substation van TenneT van TenneT wordt aangesloten. In onderstaande tabellen zijn de scores weergegeven per locatie. In de onderstaande kopjes worden de aspecten en de scores van de locaties nader toegelicht. In paragraaf 4.3 worden de optimale locaties vastgesteld door alle scores bij elkaar te brengen.

Techniek

Het integreren van een elektrisch laadsysteem op zee brengt verschillende uitdagingen met zich mee. Een belangrijk aandachtspunt bij de locatiekeuze is de mogelijkheid om aan te sluiten op een windturbine of een Offshore Substation van TenneT.

Bestaande windparken en Offshore Substations van TenneT

Een directe aansluiting van het laadsysteem op een bestaand Offshore Substation van TenneT is alleen mogelijk als er nog een veld of netaansluiting beschikbaar is. Bij veel bestaande Offshore Substations is dit echter niet het geval. Bovendien zijn deze velden vaak ontworpen voor vermogens tot wel 100 MW en een spanning van 66 kV, terwijl een laadsysteem slechts enkele MW nodig heeft. Dit kan leiden tot hoge kortsluitvermogens en de apparatuur en kabels van de laadfaciliteit dient hier tegen bestand te zijn.

Kortom, voor bestaande locaties zoals windparken Borssele en Hollandse Kust zijn technische aanpassingen nodig om het laadsysteem aan te sluiten. Aansluiting op een individuele windturbine, in plaats van op een volledig veld via een Offshore Substation van TenneT, lijkt technisch beter haalbaar. Dit komt doordat de lagere kortsluitvermogens bij een individuele turbine de installatie van goedkopere apparatuur mogelijk maken.

Toekomstige windparken en Offshore Substation van TenneT

Voor de geplande windparken moeten zowel de windturbines als de Offshore Substations nog worden gerealiseerd. Windexploitanten staan open voor het verkennen van het idee om een laadsysteem voor elektrisch laden van schepen direct aan te sluiten. Sommige windexploitanten zijn actief bezig met het herontwerpen van een windturbine die geschikt kan zijn voor omvorming en elektrisch laden.

TenneT geeft aan dat de blauwdruk voor de toekomstige Offshore Substations al is vastgesteld en verder wordt uitgewerkt volgens het principe 'design one, build many'. Dit houdt in dat ook voor de toekomstige substations hoge spanning en grote vermogensaansluitingen aanwezig zullen zijn. Ook in dit geval zal omvorming nodig zijn, en de inzet van een aansluitveld door een individueel laadpunt voor een ERTV is niet optimaal. Een voordeel is echter dat bij nieuw te bouwen Offshore Substations een aansluitveld beschikbaar zal zijn. Bestaande TenneT Substations die op wisselspanning (AC) werken is een reserve J-tube beschikbaar voor een experimenteel windpark. Deze J-tube zou gebruikt kunnen worden om de laadfaciliteit op aan te sluiten, dit moet in een nader onderzoek uitgezocht worden.

Voor potentiële laadlocaties bij toekomstige windparken, zoals IJmuiden Ver en Doordewind, kunnen mogelijk minder aanpassingen nodig zijn om een laadsysteem aan te sluiten op windturbines, mits hier al in de ontwerpfase bij specifieke windturbines rekening mee wordt gehouden.

In tabel 3.2 zijn de beoordelingen voor techniek per laadlocatie gegeven met korte toelichting. Deze beoordeling wordt meegenomen in de trade-off matrix.

Tabel 3.2 Beoordeling techniek per potentiële laadlocatie

Potentiële laadlocatie	Aansluitpunt	Beoordeling	Korte toelichting
1 Borssele (bestaand)	windturbine	0	aanpassingen vereist, met toevoeging van nieuwe elektriciteitskabel. Mogelijk geen aansluitveld beschikbaar
	offshore substations	0	aanpassingen vereist, met toevoeging van nieuwe elektriciteitskabel. Mogelijk geen aansluitveld beschikbaar
2 Hollandse kust (bestaand)	windturbine	0	aanpassingen vereist, met toevoeging van nieuwe elektriciteitskabel. Mogelijk geen aansluitveld beschikbaar
	offshore substations	+	aanpassingen vereist, met toevoeging van nieuwe elektriciteitskabel. Mogelijk aansluitveld beschikbaar
3 IJmuiden Ver (gepland)	windturbine	++	nieuw te bouwen windturbines voorbereiden op aansluiten van een laadsysteem
	offshore substations	0	aanpassingen vereist, met toevoeging van nieuwe elektriciteitskabel. Aansluitveld beschikbaar stellen. Afstand tot offshore substations groot, waardoor energieverliezen aanwezig
4 Eilanden (gepland)	windturbine	++	nieuw te bouwen windturbines voorbereiden op aansluiten van een laadsysteem
	offshore substations	0	aanpassingen vereist, met toevoeging van nieuwe elektriciteitskabel. Aansluitveld beschikbaar stellen. Afstand tot het offshore substations groot, waardoor energieverliezen aanwezig
5 Doordewind (gepland)	windturbine	++	nieuw te bouwen windturbines voorbereiden op aansluiten van een laadsysteem
	offshore substations	0	aanpassingen vereist, met toevoeging van nieuwe elektriciteitskabel. Aansluitveld beschikbaar. Afstand tot offshore substations groot, waardoor energieverliezen aanwezig

Duurzaamheid

Binnen aspect duurzaamheid wordt gekeken naar het gebruik van materialen en energieverbruik voor de realisatie van het laadsysteem op zee.

Technische aanpassingen aan bestaande assets vergt meer materiaalgebruik

Om een laadsysteem aan te sluiten op een bestaande windturbine of een Offshore Substation van TenneT zijn aanpassingen vereist. Deze aanpassingen vertalen zich in het koppelen van een omvormersysteem. Volgens windexploitanten en TenneT is er geen extra ruimte beschikbaar op de windturbine of op de bestaande en toekomstige Offshore Substations. Daarom zal er op zee extra ruimte gecreëerd moeten worden voor het omvormersysteem. Dit vergt extra materiaalgebruik. Bovendien zijn aanpassingen op zee complex en zijn voor de werkzaamheden schepen nodig die naar locatie moeten wat weer energieverbruik oplevert.

Minder kabelgebruik bij direct aansluiten op windturbines

ERTV's liggen bij voorkeur strategisch dicht bij risicogebieden, wat in de praktijk vaak neerkomt op een locatie aan de rand van een windpark, indien aanwezig. Door een laadlocatie aan de rand van het windpark te realiseren, blijft de afstand tot een windturbine relatief klein, waardoor er bespaard kan worden op het benodigde materiaal voor de elektriciteitskabel tussen de windturbine en het laadsysteem. Dit geldt zowel voor bestaande als voor geplande windparken.

De huidige Offshore Substations van TenneT worden meestal centraal in een windpark geplaatst om de kabelafstanden tot alle windturbines te minimaliseren. Echter, wanneer een laadlocatie aan de rand van een windpark wordt gerealiseerd en direct verbonden moet worden met een Offshore Substation van TenneT, is een relatief lange elektriciteitskabel nodig, wat meer materiaal vereist en zorgt voor energieverlies. Bovendien heeft een Offshore Substation van TenneT een veiligheidszone van 500 meter. Dit betekent dat er in ieder geval een elektriciteitskabel nodig is die tot buiten dit gebied verbonden is met een laadsysteem. TenneT geeft wel aan dat toekomstige platforms bij geplande windparken mogelijk dichter bij de rand van het park kunnen worden geplaatst, wat zou kunnen resulteren in een kortere afstand tot het laadsysteem.

De mate van aanpassingen om het laadsysteem aan te sluiten en de afstand tot de aansluiting bepalen in grote mate de mogelijkheden om materiaal te besparen. Voor de potentiële laadlocatie bij Borssele zijn aanpassingen nodig, waarbij aansluiting op een windturbine de voorkeur heeft boven de bestaande Offshore Substations van TenneT, die centraal in het windpark liggen. Dit geldt ook voor de locatie Hollandse Kust.

Bij de potentiële laadlocaties IJmuiden Ver en Doordewind kan materiaal worden bespaard en efficiënter op land worden geproduceerd als het laadconcept al in de ontwerpfase van de windturbines en het windpark wordt meegenomen. Een bijkomend voordeel is dat de fabricage grotendeels op het vasteland kan plaatsvinden, waardoor op zee een plug-and-play installatie mogelijk wordt. Dit resulteert in minder werkzaamheden op zee en een lager energieverbruik.

Voor de potentiële laadlocatie boven de Waddeneilanden is het materiaalgebruik aanzienlijk hoger, omdat er een elektriciteitskabel van enkele tientallen kilometers nodig is tussen de dichtstbijzijnde energiebron en het laadsysteem.

In tabel 3.3 zijn de beoordelingen voor duurzaamheid per laadlocatie gegeven met korte toelichting. Deze beoordeling wordt meegenomen in de trade-off matrix.

Tabel 3.3 Beoordeling duurzaamheid per potentiële laadlocatie

Potentiële laadlocatie	Aansluitpunt	Beoordeling	Korte toelichting
1 Borssele (bestaand)	windturbine	0	aanpassingen vereist: omvormersysteem op zee met werkzaamheden schepen. Kabelafstand tot windturbine klein

Potentiële laadlocatie	Aansluitpunt	Beoordeling	Korte toelichting
	offshore substations	-	aanpassingen vereist omvormersysteem op zee met werkzaamheden schepen. Kabelafstand tot offshore substations groot
2 Hollandse kust (bestaand)	windturbine	0	aanpassingen vereist: omvormersysteem op zee met werkzaamheden schepen. Kabelafstand tot windturbine klein
	offshore substations	-	aanpassingen vereist omvormersysteem op zee met werkzaamheden schepen. Kabelafstand tot offshore substation groot
3 IJmuiden Ver (gepland)	windturbine	+	nieuw te bouwen windturbines voorbereiden op aansluiten van een laadsysteem waardoor minder materiaalgebruik en werkzaamheden op zee, kabelafstand tot windturbine klein
	offshore substations	0	nieuw te bouwen substation voorbereiden op aansluiten van een laadsysteem waardoor minder materiaalgebruik en werkzaamheden op zee, kabelafstand tot offshore substations groot
4 Eilanden (gepland)	windturbine	0	nieuw te bouwen windturbines voorbereiden op aansluiten van een laadsysteem waardoor minder materiaalgebruik en werkzaamheden op zee, kabelafstand tot windturbine klein, rekening houden met natura 2000
	offshore substations	-	nieuw te bouwen substation voorbereiden op aansluiten van een laadsysteem waardoor minder materiaalgebruik en werkzaamheden op zee, kabelafstand tot substation groot, rekening houden met natura 2000
5 Doordewind (gepland)	windturbine	0	nieuw te bouwen windturbines voorbereiden op aansluiten van een laadsysteem waardoor minder materiaalgebruik en werkzaamheden op zee, kabelafstand tot windturbine klein, rekening houden met natura 2000
	offshore substations	-	nieuw te bouwen substation voorbereiden op aansluiten van een laadsysteem waardoor minder materiaalgebruik en werkzaamheden op zee, kabelafstand tot substation groot, rekening houden met natura 2000

Inpassing

De inpassing van het laadsysteem is te onderscheiden in ruimtelijke inpassing en technische inpassing.

Technische inpassing

De technische inpassing van het laadsysteem hangt af van de beschikbare ruimte voor aansluiting en elektriciteitskabels. Zoals eerder aangegeven is er bij bestaande windturbines en zowel bestaande als nieuwe Offshore Substations van TenneT geen extra ruimte voor de benodigde techniek om het laadsysteem te laten functioneren. Een ander belangrijk aandachtspunt zijn de bestaande kabeltrajecten op de zeebodem. Als er een elektriciteitskabel vanuit een Offshore Substation van TenneT naar de rand van een windpark moet worden gelegd, dient er rekening gehouden met de bestaande kabeltracés, wat extra uitdagingen met zich meebrengt.

Ruimtelijke inpassing

De ruimtelijke inpassing van het laadsysteem is gericht op de benodigde ruimte voor veilig en functioneel laden. De nieuwe elektrische ERTV's zijn tientallen meters lang en zullen door stroming en golfslag rond het laadsysteem bewegen. Een veiligheidsstraal van 250 meter rondom het laadsysteem is noodzakelijk voor veilig laden. Dit kan vooral beperkingen opleveren bij Offshore Substations van TenneT die midden in

bestaande windparken staan. Bijvoorbeeld bij het Offshore Substation van TenneT in windpark Borssele is naast de 500 meter veiligheidszone rond het offshore substation ook een vaarcorridor aanwezig. Bij plaatsing van een laadlocatie nabij een offshore substation is er daarom beperkte ruimte.

Dit ruimtegebrek wordt nog belangrijker wanneer in de toekomst laadsystemen met meerdere aansluitpunten worden ontwikkeld, wat extra draaicirkels en daarmee een groter oppervlak vraagt. Voor toekomstige windparken kan er mogelijk meer ruimte rond een Offshore Substation beschikbaar zijn, aangezien de Offshore Substations vaak voorzien zijn van een heliplatform met aanvliegeroute, wat een open ruimte naast het Offshore Substation van TenneT creëert. Een mogelijke belemmering hierbij is de regelgeving die bepaalt dat er geen vaarobjecten mogen bevinden onder de aanvliegeroutes van helikopters op zee.

Aan de rand van een windpark is doorgaans meer ruimte beschikbaar voor een laadsysteem, wat eventuele toekomstige uitbreidingen vergemakkelijkt. Bij de potentiële laadlocatie boven de Nederlandse Waddeneilanden is voldoende ruimte beschikbaar, aangezien het laadsysteem niet beperkt wordt door omliggende windturbines of een Offshore Substation van TenneT. Voor de toekomstige laadlocatie nabij het Doordewind windpark dient wel rekening gehouden te worden met het Natura 2000-gebied dat overlapt met de strategische laadlocatie.

In tabel 3.4 zijn de beoordelingen voor inpassing per laadlocatie gegeven met korte toelichting. Deze beoordeling wordt meegenomen in de trade-off matrix.

Tabel 3.4 Beoordeling inpassing per potentiële laadlocatie

Potentiële laadlocatie	Aansluitpunt	Beoordeling	Korte toelichting
1 Borssele (bestaand)	windturbine	+	geen ruimte om laadsysteem aan te sluiten, genoeg ruimte bij windpark voor veilig laden
	offshore substations	-	geen ruimte om laadsysteem aan te sluiten, beperkte ruimte bij substation voor veilig laden
2 Hollandse kust (bestaand)	windturbine	+	geen ruimte om laadsysteem aan te sluiten, genoeg ruimte bij windpark voor veilig laden
	offshore substations	-	geen ruimte om laadsysteem aan te sluiten, beperkte ruimte bij substation voor veilig laden
3 IJmuiden Ver (gepland)	windturbine	+	geen ruimte om laadsysteem aan te sluiten, genoeg ruimte bij windpark voor veilig laden
	offshore substations	+	geen ruimte om laadsysteem aan te sluiten, substation bij vaarroute waardoor genoeg ruimte voor veilig laden
4 Eilanden (gepland)	windturbine	+	geen ruimte om laadsysteem aan te sluiten, genoeg ruimte bij windpark voor veilig laden, door natura 2000 gebied
	offshore substations	+	geen ruimte om laadsysteem aan te sluiten, substation bij vaarroute waardoor genoeg ruimte voor veilig laden, door natura 2000 gebied
5 Doordewind (gepland)	windturbine	-	geen ruimte om laadsysteem aan te sluiten, door natura 2000 gebied
	offshore substations	+	geen ruimte om laadsysteem aan te sluiten, aanvliegeroute helikopter waardoor genoeg ruimte voor veilig laden

Planning - fasering

De planning en fasering heeft invloed op de realisatie van het laadsysteem. Bij bestaande windturbines en substations dienen aanpassingen doorgevoerd te worden en dienen vergunningen opnieuw aangevraagd te worden.

Een cruciaal punt is dat bij de nieuw te bouwen windturbines of substations de vergunningsaanvraag meegevoerd kan worden, waardoor laadinfrastructuur in het ontwerp meegenomen kan worden. Uit gesprekken met de windexploitanten en TenneT is gebleken dat de ingebruikname van de nieuwe windparken en Offshore Substations van TenneT na 2030 plaatsvindt. Er kunnen dus synergievoordelen behaald worden, maar de conclusie is dat de elektrische ERTV's naar verwachting in 2030 gebruik kunnen maken van elektrisch laden bij de toekomstige windparken of de nieuw te bouwen Offshore Substations van TenneT.

Bij Hollandse kust staat een bestaande vaste paal (monopile) die niet in gebruik is. Mogelijk kunnen de installaties van de laadsystemen hier op geplaatst worden. Hierdoor is op korte termijn een pilot mogelijk bij Hollandse kust.

In tabel 3.5 zijn de beoordelingen voor planning en fasering per laadlocatie gegeven met korte toelichting. Deze beoordeling wordt meegenomen in de trade-off matrix.

Tabel 3.5 Beoordeling planning/fasering per potentiële laadlocatie

Potentiële laadlocatie	Aansluitpunt	Beoordeling	Korte toelichting
1 Borssele (bestaand)	windturbine	0	de vergunningsaanvraag kan voor vertraging zorgen en fasering dient afgestemd te worden met meerdere partijen. Bij bestaande windturbines en potentiële stroombronnen is echter al een concretere verdieping op de locatie mogelijk
	offshore substation	0	de vergunningsaanvraag kan voor vertraging zorgen en fasering dient afgestemd te worden met meerdere partijen. Bij bestaande Offshore Substation van TenneT en potentiële stroombronnen is echter al een concretere verdieping op de locatie mogelijk
2 Hollandse kust (bestaand)	windturbine	+	vergunningsaanvraag zorgt voor vertraging, fasering dient afgestemd te worden met meerdere partijen, doorlooptijd is gunstig omdat direct gestart kan worden, misschien mogelijk om gebruik te maken van bestaande monopile
	offshore substation	0	vergunningsaanvraag zorgt voor vertraging, fasering dient afgestemd te worden met meerdere partijen, doorlooptijd is gunstig omdat direct gestart kan worden
3 IJmuiden Ver (gepland)	windturbine	-	mogelijkheid om mee te liften op vergunningsaanvraag, realisatie windpark medio 2031
	offshore substation	-	mogelijkheid om mee te liften op vergunningsaanvraag, realisatie windpark medio 2031
4 Eilanden (gepland)	windturbine	--	mogelijkheid om mee te liften op vergunningsaanvraag, onbekend wanneer windpark wordt gebouwd
	offshore substation	--	mogelijkheid om mee te liften op vergunningsaanvraag, onbekend wanneer een Offshore Substation van TenneT wordt gebouwd
5 Doordewind (gepland)	windturbine	-	mogelijkheid om mee te liften op vergunningsaanvraag, realisatie windpark medio 2032
	offshore substation	-	mogelijkheid om mee te liften op vergunningsaanvraag, realisatie windpark medio 2032

Kosten

Kosten voor het realiseren van het laadsysteem worden in investeringskosten uitgedrukt. Onderhoudskosten zullen voor alle opties ongeveer hetzelfde zijn aangezien voor de laadinfrastructuur dezelfde installaties benodigd zijn. De kosten worden kwalitatief beoordeeld, want daadwerkelijke prijzen zijn nog niet te bepalen in deze fase.

Bij nieuw te bouwen windparken kan de aansluiting ten behoeve van het laadsysteem meegenomen in het ontwerp van de windturbine of een Offshore Substation van TenneT. Ook kan gelijk de plek van een eventuele monopile voorzien worden in de inrichting van de windpark.

Bij bestaande windparken zijn aanpassingen nodig aan de windturbine of een Offshore Substation van TenneT om de laadinfrastructuur op aan te sluiten. Indien in de windturbine of een Offshore Substation van TenneT niet genoeg ruimte is dan dient er een monopile gebouwd te worden voor de installaties. Ook bij aanpassingen zijn er werkzaamheden op zee die hoge kosten met zich meebrengen.

Kabelafstand is significant in de CAPEX vanwege de hoge prijs per meter. Dus een korte kabelafstand is wenselijk om de CAPEX zo laag mogelijk te houden.

In Tabel 3.6 zijn de beoordelingen voor kosten per laadlocatie gegeven met korte toelichting. Deze beoordeling wordt meegenomen in de trade-off matrix.

Tabel 3.6 Beoordeling kosten per potentiële laadlocatie

Potentiële laadlocatie	Aansluitpunt	Beoordeling	Korte toelichting
1 Borssele (bestaand)	windturbine	0	afstand tot windturbine minimaal 150 meter (dus kabellengte ook die lengte), aanpassingen aan windturbine zijn nodig waardoor werkzaamheden op zee
	offshore substation	--	afstand tot een Offshore Substation van TenneT minimaal 500 meter (dus kabellengte ook die lengte), aanpassingen aan een Offshore Substation van TenneT zijn nodig
2 Hollandse kust (bestaand)	windturbine	0	afstand tot windturbine minimaal 150 meter (dus kabellengte ook die lengte), aanpassingen aan windturbine zijn nodig waardoor werkzaamheden op zee
	offshore substation	-	afstand tot een Offshore Substation van TenneT minimaal 500 meter (dus kabellengte ook die lengte), aanpassingen aan een Offshore Substation van TenneT zijn nodig, veld in een Offshore Substation van TenneT is beschikbaar
3 IJmuiden Ver (gepland)	windturbine	0	afstand tot windturbine minimaal 150 meter (dus kabellengte ook die lengte), laadsysteem meenemen in realisatie (bouwen extra monopile)
	offshore substation	--	afstand tot een Offshore Substation van TenneT minimaal 500 meter (dus kabellengte ook die lengte), laadsysteem meenemen in realisatie
4 Eilanden (gepland)	windturbine	0	afstand tot windturbine minimaal 150 meter (dus kabellengte ook die lengte), laadsysteem meenemen in realisatie (bouwen extra monopile)
	offshore substation	--	afstand tot een Offshore Substation van TenneT minimaal 500 meter (dus kabellengte ook die lengte), laadsysteem meenemen in realisatie
5 Doordewind (gepland)	windturbine	0	afstand tot windturbine minimaal 150 meter (dus kabellengte ook die lengte), aanpassingen aan windturbine zijn nodig waardoor werkzaamheden op zee

Potentiële laadlocatie	Aansluitpunt	Beoordeling	Korte toelichting
	offshore substation	--	afstand tot een Offshore Substation van TenneT minimaal 500 meter (dus kabellengte ook die lengte), aanpassingen aan een Offshore Substation van TenneT zijn nodig

Juridisch

Het juridische aspect gaat voornamelijk over het verstrekken van vergunningen. Laadinfrastructuur mag niet zomaar in bestaande kavels geplaatst worden. Hiervoor dienen vergunningen aangevraagd te worden. Bij nieuw te bouwen windparken kan meegelift worden op vergunningsaanvragen. Hierdoor kan de laadinfrastructuur gelijk ingepast worden.

In tabel 3.7 zijn de beoordelingen voor juridisch per laadlocatie gegeven met korte toelichting. Deze beoordeling wordt meegenomen in de trade-off matrix.

Tabel 3.7 Beoordeling juridisch per potentiële laadlocatie

Potentiële laadlocatie	Aansluitpunt	Beoordeling	Korte toelichting
1 Borssele (bestaand)	windturbine	-	laadinfrastructuur mag niet zomaar in bestaande kavels, scheepvaartveiligheidsonderzoek benodigd
	offshore substation	-	niet dichtbij scheepsvaartroute, locatie rondom een Offshore Substation van TenneT vaak overlappend met kavels windpark waar geen activiteiten mogen plaatsvinden
2 Hollandse kust (bestaand)	windturbine	-	laadinfrastructuur mag niet zomaar in bestaande kavels, scheepvaartveiligheidsonderzoek benodigd
	offshore substation	-	niet dichtbij scheepsvaartroute, locatie rondom een Offshore Substation van TenneT vaak overlappend met kavels windpark waar geen activiteiten mogen plaatsvinden
3 IJmuiden Ver (gepland)	windturbine	+	gezamenlijk vergunningstraject
	offshore substation	+	gezamenlijk vergunningstraject
4 Eilanden (gepland)	windturbine	0	gezamenlijk vergunningstraject, dicht bij natura 2000 gebied
	offshore substation	0	gezamenlijk vergunningstraject, dicht bij natura 2000 gebied
5 Doordewind (gepland)	windturbine	+	gezamenlijk vergunningstraject
	offshore substation	+	gezamenlijk vergunningstraject

Veiligheid

Bij veiligheid gaat het om afstand tot vaarroutes. Een schip dat nabij een scheepsvaartroute ligt kan verwarrend zijn voor de overige scheepvaart, waardoor er juist gevaarlijke uitwijkmanoeuvres worden gedaan. Waardoor er kans op aanvaring bestaat en de ERTV buiten bedrijf is en personeel gewond kan raken.

In tabel 3.8 zijn de beoordelingen voor veiligheid per laadlocatie gegeven met korte toelichting. Deze beoordeling wordt meegenomen in de trade-off matrix.

Tabel 3.8 Beoordeling veiligheid per potentiële laadlocatie

Potentiële laadlocatie	Aansluitpunt	Beoordeling	Korte toelichting
1 Borsssele (bestaand)	windturbine	-	dicht bij drukke vaarroutes
	offshore substation	+	midden in windpark, buiten de vaarroutes
2 Hollandse kust (bestaand)	windturbine	0	nabij vaarcorridor, maar op veilige afstand
	offshore substation	+	midden in windpark, buiten de vaarroutes
3 IJmuiden Ver (gepland)	windturbine	0	nabij doorvaartpassage, maar op veilige afstand
	offshore substation	+	veilige afstand tot drukke vaarroutes
4 Eilanden (gepland)	windturbine	+	veilige afstand tot drukke vaarroutes
	offshore substation	+	veilige afstand tot drukke vaarroutes
5 Doordewind (gepland)	windturbine	+	veilige afstand tot drukke vaarroutes
	offshore substation	+	veilige afstand tot drukke vaarroutes

3.3 Vaststellen optimale locaties voor laden

De beoordelingen in paragraaf 3.2 zijn in een trade-off matrix ingevuld in afbeelding 3.1. Elke locatie heeft zijn eigen karakteristieken die naar voren gekomen zijn door het invullen van de trade-off matrix. Het direct aansluiten van het laadsysteem op een windturbine presteert op alle locaties beter dan aansluiting op een Offshore Substation van TenneT.

Bij de locatie Eilanden is op te merken dat er nog onzekerheid is over de bouwplanning van het windpark. Door de lange doorlooptijd zal het niet mogelijk zijn om de ERTV's hier op korte termijn elektrisch te laden. De verwachting is dat de laadinfrastructuur op deze locatie pas na 2032 gereed zal zijn, wat een aanzienlijk nadeel is ten opzichte van andere locaties. Tot die tijd kan Den Helder als laadlocatie dienen, mits er aansluiting op walstroom beschikbaar is.

Deze trade-off matrix is voornamelijk als hulpmiddel gebruikt om de aspecten per locatie nader te onderzoeken. Het dient dus meer als informatieverzameling dan als daadwerkelijke beoordeling. Het is een verkennende studie waardoor nog er nog onzekerheden zijn. De voorkeur gaat uit naar een locatie waar al stroom beschikbaar is zodat er een pilot gedaan kan worden om de ERTV's op te laden. Indien een pilot succesvol is uitgevoerd met onder andere het ontwerp van installaties, aanvragen van vergunningen et cetera. Zal een plaatsen van laadfaciliteiten op andere locaties naar verwachting sneller gaan.

Afbeelding 3.1 Uitslag trade-off matrix potentiële laadlocaties

Trade-off Matrix - Laadinfrastructuur op zee

		Borssele		Hollandse kust		IJmuiden ver		Eilanden		Doordewind	
		Windturbine	Substation (Tennet)	Windturbine	Substation (Tennet)	Windturbine	Substation (Tennet)	Windturbine	Substation (Tennet)	Windturbine	Substation (Tennet)
Datum: 12-12-2024											
Status: Definitief											
Opsteller: Joris van Dongen											
Controleur: Marc Schot											
Beoordelings criteria											
Criterium	Weg factor	Score	Waardering	Score	Waardering	Score	Waardering	Score	Waardering	Score	Waardering
Samenvatting beoordeling (kwalitatief)		-1,0	-4,0	1,0	-2,0	4,0	0,0	2,0	-3,0	2,0	-1,0
Techniek											
- eneriedistributie	1	0	0	0	0	+	1	++	2	0	0
- aansluiting											
Duurzaamheid											
- materiaalgebruik bestaande infrastructuur	1	0	0	-	-1	0	0	-	-1	+	1
- natuur											
- werkzaamheden op zee											
Inpassing											
- technische inpassing	1	+	1	-	-1	+	1	-	-1	+	1
- ruimtelijke inpassing											
Planning-fasering											
- doorlooptijd	1	0	0	0	0	+	1	0	0	-	-1
- fasering											
Kosten											
- investeringskosten (CAPEX)	1	0	0	-	-2	0	0	-	-1	0	0
- onderhoudskosten (OPEX)											
Juridisch											
- vergunningen	1	-	-1	-	-1	-	-1	+	1	+	1
Veiligheid											
- afstand tot vaarroutes	1	-	-1	+	1	0	0	+	1	+	1

In de onderstaande kopjes worden per locatie de mogelijkheden beschreven en aanbevelingen gedaan voor het realiseren voor laadinfrastructuur.

Afbeelding 3.2 Potentiële laadlocatie 1: Borssele



Borssele

Uit de analyse komen de volgende aandachtspunten naar voren voor de potentiële laadlocatie:

- locatievoorkeur:** de noordelijke buitenrand van het bestaande windpark Borssele is aangewezen als een potentiële locatie voor een elektrisch laadpunt. Het laadpunt zou bij voorkeur worden aangesloten op een bestaande windturbine. Deze locatie biedt een strategische positie voor de ERTV's, waardoor ze effectief operationeel kunnen zijn in het risicogebied. Het laadpunt ligt dicht bij drukke vaarroutes, beschermt het windpark en bevindt zich op korte afstand van meerdere ankergebieden;
- kans:** bijkomende mogelijkheid is een aansluiting op het bestaande Europlatform (zie stip met vergrootglas in afbeelding 3.2). Het platform dient als bakken voor de scheepvaart op de Noordzee en wordt ook gebruikt voor meteorologische en golfmetingen door KNMI en Rijkswaterstaat (RWS). Nader onderzoek dient uit te wijzen of het laadsysteem hierop aangesloten kan worden.

Afbeelding 3.3 Potentiële laadlocatie 2: Hollandse Kust



Hollandse kust

Uit de analyse komen de volgende aandachtspunten naar voren voor de potentiële laadlocatie:

1. **locatievoorkeur:** drie locaties zijn aangewezen binnen de risicogebieden, verspreid over de windparken Hollandse Kust Zuid, Noord, en het bijna afgeronde Hollandse Kust West. Deze locaties liggen iets verder van de drukke vaarroutes en grenzen aan de bestaande windparken;
2. **kans:** het Offshore Substation van TenneT in het windpark Hollandse Kust Noord heeft nog één veld beschikbaar voor stroomlevering. Verdere analyse is nodig om te bepalen of dit veld geschikt is voor het elektrisch laden van een ERTV, gezien de mogelijke onderspanning en beperkte benutting van het vermogen. Daarnaast kunnen extra koppelkansen worden onderzocht om het veld efficiënter te benutten;
3. **afstemming:** als de voorkeur uitgaat naar een potentiële locatie in het nieuw te bouwen windpark Hollandse Kust West, is overleg vereist met de aangewezen laadlocatie in het werkgebied IJmuiden Ver. Dit voorkomt dat toekomstige laadlocaties te dicht bij elkaar liggen en zorgt voor een efficiënte spreiding.

Afbeelding 3.4 Potentiële laadlocatie 3: IJmuiden Ver



IJmuiden ver

Uit de analyse komen de volgende aandachtspunten naar voren voor de potentiële laadlocatie:

1. **planning:** het windpark IJmuiden Ver en Nederwiek wordt naar verwachting in 2031 operationeel, wat betekent dat vanaf dat moment een potentiële stroombron beschikbaar is voor elektrisch laden;
2. **kans:** het is aan te raden om tijdig in gesprek te gaan met TenneT en de windexploitant. Door het laadconcept en de aansluiting al in de ontwerpfase mee te nemen, kunnen mogelijkheden optimaal worden benut;

3. **locatievoorkeur:** er zijn vijf voorkeurslocaties vastgesteld, gebaseerd op een veilige afstand tot drukke vaarroutes en de planning van potentiële stroombronnen (windturbines of offshore substation van TenneT);
4. **afstemming:** voor laadlocaties in het zuidoosten is afstemming met het gebied Hollandse Kust noodzakelijk. Dit voorkomt dat laadlocaties te dicht bij elkaar liggen en zorgt ervoor dat ERTV's een optimaal dekkinggebied behouden vanuit operationeel oogpunt.

Afbeelding 3.5 Potentiële laadlocatie 4: Eilanden



Locatie 4: Eilanden

Uit de analyse komen de volgende aandachtspunten naar voren voor de potentiële laadlocatie:

1. **planning:** het is nog onduidelijk of en wanneer het toekomstige windpark Lageland wordt opgeleverd. Hierdoor is de beschikbaarheid van stroom vanuit dit windpark of het Offshore Substation van TenneT voorlopig onzeker;
2. **kans:** het is aan te raden om tijdig in gesprek te gaan met TenneT en de windexploitant. Door het laadconcept en de aansluiting al in de ontwerpfase mee te nemen, kunnen mogelijkheden optimaal worden benut;
3. **locatievoorkeur:** een mogelijke laadlocatie bevindt zich aan de rand van het toekomstige windpark, net buiten de vaarroutes in verband met veiligheid. Deze positie biedt zowel een korte afstand tot de drukke scheepvaartroutes als bescherming voor het windpark tegen driftende schepen;
4. **Alternatief:** aangezien een laadpunt op zee afhankelijk is van de realisatie van het windpark, is een walstroompunt aan land in de haven van Den Helder een realistische optie. Hoewel deze locatie verder verwijderd is van het windpark en de noordelijke regio, is het wel dichterbij de risicovolle scheepvaartroutes voor de kust van Den Helder.

Afbeelding 3.6 Potentiële laadlocatie 5: Doordewind



Locatie 5: Doordewind

Uit de analyse komen de volgende aandachtspunten naar voren voor de potentiële laadlocatie:

- 1 **planning:** het windpark Doordewind wordt naar verwachting in 2031 operationeel, wat betekent dat vanaf dat moment een potentiële stroombron beschikbaar is voor elektrisch laden;
- 2 **kans:** het is aan te raden om tijdig in gesprek te gaan met TenneT en de windexploitant. Door het laadconcept en de aansluiting al in de ontwerpfase mee te nemen, kunnen mogelijkheden optimaal worden benut;
- 3 **locatievoorkeur:** een laadlocatie aan de rand van het toekomstige windpark heeft de voorkeur. Posities op afstand van vaarroutes (zie de twee groene vinkjes) bieden vanuit verschillende invalshoeken de meeste voordelen.

3.4 Doorkijk

In dit hoofdstuk zijn per werkgebied de kansen en voorkeurslocaties voor een laadpunt geanalyseerd en vastgesteld. Het volgende hoofdstuk gaat dieper in op de mogelijkheden voor het aansluiten van het laadsysteem, zowel op een individuele windturbine als op een Offshore Substation van TenneT. Hierbij ligt de focus op het in kaart brengen van de bijbehorende randvoorwaarden.

4

ANALYSE VAN AANSLUITOPTIES PER LAADLOCATIE

In dit hoofdstuk bespreken we twee opties voor de aansluiting van het laadpunt op zee. De eerste optie is een aansluiting op een Offshore Substation van TenneT, de tweede een directe aansluiting van het laadconcept op een windturbine op zee. Andere aansluitmogelijkheden, zoals op een gas- of olieproductieplatform, laten we buiten deze analyse, maar ze kunnen locatie-specifiek interessant zijn voor verder onderzoek.

We starten met een toelichting op beide aansluitopties. Vervolgens analyseren we de opties vanuit verschillende invalshoeken om de randvoorwaarden te bepalen voor praktische toepassing. We hebben informatie verzameld door gesprekken met windexploitanten en TenneT. Het hoofdstuk eindigt met een lijst van de randvoorwaarden. Een deel van de informatie in dit hoofdstuk is ook al beschreven in het voorgaande hoofdstuk in het kader van de locatiestudie. Deze informatie is hier opnieuw benoemd om randvoorwaarden te kunnen identificeren voor de aansluitopties.

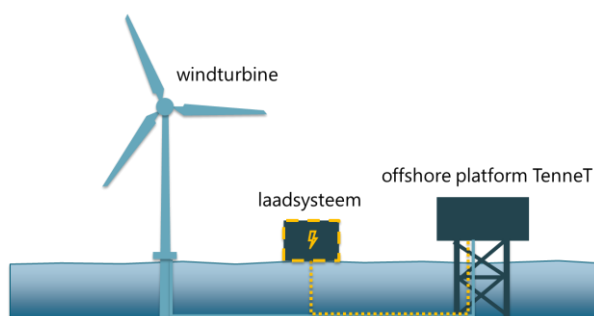
4.1 Toelichting aansluitopties

Voorafgaand aan de analyse lichten we kort de basis van elke aansluitoptie toe.

Aansluiting op een Offshore Substation van TenneT

Het hoogspanningsnet op zee wordt beheerd door TenneT. Bij windparken bevinden zich Offshore Substations. Vanaf dit centrale punt loopt de 220 kV-aansluiting richting het land. Vanaf het substation zijn de windturbines aangesloten via een 66 kV aansluiting. Op het substation zijn dus voorzieningen voor de omvorming aanwezig. Het is mogelijk om naast de aansluitingen voor windturbines ook klantaansluitingen te realiseren. Dit biedt mogelijkheden voor laadinfrastructuur.

Afbeelding 4.1 Schematische tekening van een laadsysteem direct aangesloten op een Offshore Substation van TenneT



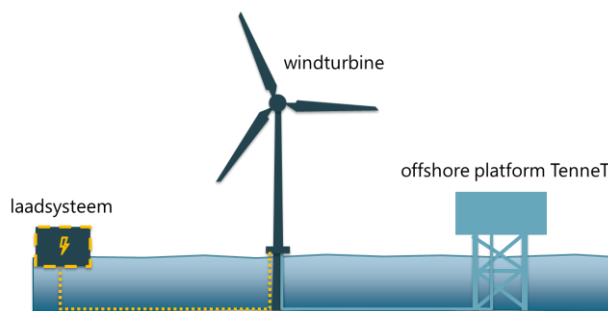
Afbeelding 4.2 Voorbeeld van een Offshore Substation van TenneT (bron: TenneT)



Aansluiting op een windturbine

Een alternatieve aansluitoptie is om het laadsysteem direct te koppelen aan een windturbine van het offshore windpark. Deze windturbine is via een 66 kV-elektriciteitskabel verbonden met het Offshore Substation van TenneT. De specifieke locatie van de aansluiting heeft invloed op de randvoorwaarden die hierbij komen kijken.

Afbeelding 4.3 Schematische tekening van een laadsysteem direct aangesloten op een windturbine op zee



4.2 Analyse van aansluitopties

Het doel van de analyse per aansluitoptie is om vanuit verschillende aspecten de randvoorwaarden te scheppen wanneer de aansluitoptie in de praktijk gerealiseerd wordt. De volgende aspecten worden gebruikt voor de analyse:

- 1 techniek;
- 2 beschikbaarheid;
- 3 bereikbaarheid;
- 4 duurzaamheid;
- 5 kosten;
- 6 veiligheid;
- 7 juridisch.

Deze aspecten worden een voor een behandeld en het hoofdstuk wordt afgesloten met een samenvatting van de randvoorwaarden die hieruit voortvloeien.

Techniek

Dit aspect betreft de technische mogelijkheid tot aansluiten en de eventuele aanpassingen die fysiek gedaan zouden moeten worden om een aansluiting te realiseren.

Zowel marktpartijen als windparkexploitanten en TenneT geven aan dat het technisch gezien mogelijk is om aan te sluiten op een Offshore Substation of windturbine, maar vanwege het verschil in spanningsniveaus is omvorming noodzakelijk; het 66 kV-netwerk komt niet overeen met de spanning die nodig is voor het laden van ERTV's. Windparkexploitanten geven echter aan dat er in bestaande windturbines onvoldoende ruimte is om extra componenten zoals omvormers toe te voegen. Ook de Offshore Substations zijn niet ontworpen om omvormers te huisvesten. TenneT geeft aan dat de Offshore Substations lean gebouwd zijn en er dus weinig mogelijkheden zijn voor uitbreiding.

Marktpartijen geven aan dat de laadinfrastructuur alleen op bestaande turbines en substations kan worden aangesloten als deze worden geretrofit. Dit retrofitten van windturbines is echter technisch uitdagend vanwege de beperkte ruimte en de complexiteit van de bestaande installaties. Bovendien benadrukken verschillende partijen dat het werken op zee gespecialiseerde apparatuur en technieken vereist, wat de kosten aanzienlijk verhoogt. Hier wordt onder het aspect 'kosten' verder op ingegaan.

Beschikbaarheid

Dit aspect betreft de beschikbaarheid van stroomtoevoer via de verschillende aansluitopties.

Stroombeschikbaarheid

Voor het laden van ERTV's is het cruciaal dat er op elk moment voldoende stroom beschikbaar is. Offshore Substations bieden een hoge stroombeschikbaarheid, omdat de netbeheerder bijna 100 % beschikbaarheid moet garanderen. Een uitzondering hierop zijn korte onderhoudswerkzaamheden die soms aan het Offshore Substation of het netwerk moeten worden uitgevoerd, of in het geval van een storing.

Bij aansluiting op windturbines ligt de stroombeschikbaarheid echter aanzienlijk lager. Dit komt deels door onderhoudswerkzaamheden aan de turbines zelf, die volgens exploitanten kunnen leiden tot een stroomonderbreking van wel 600 uur per jaar. Daarnaast zijn windturbines afhankelijk van wind en leveren dus niet altijd stroom. Wanneer de turbine geen stroom opwekt, moet stroom vanaf het net worden teruggeleverd, wat juridische uitdagingen oplevert. Deze juridische aspecten worden verder toegelicht onder het kopje 'juridisch'. Als levering mogelijk blijkt, is de beschikbaarheid ook afhankelijk van het Offshore Substation van TenneT.

Beschikbaarheid aansluiten

Om op een Offshore Substation aan te sluiten, is een klantveld noodzakelijk. TenneT geeft aan dat klantvelden gerealiseerd kunnen worden op een Offshore Substation na onderzoek per locatie. Op Hollandse Kust Noord is al zo'n klantveld beschikbaar. Op nieuw te bouwen Offshore Substations worden klantvelden met een vermogen van 100 MW en een spanning van 66 kV gerealiseerd. Deze Offshore Substations staan op de planning om gerealiseerd te worden vanaf 2030.

Bereikbaarheid

Dit aspect behandelt de bereikbaarheid van de aansluitlocatie bij zowel een windturbine als het Offshore Substation van TenneT.

De kustwacht merkt op dat een bekend risico op de Noordzee driftende schepen betreft die zich buiten windparken bewegen. Om aanvaringen met windturbines te voorkomen, is het strategisch optimaal om stand-by te liggen aan de buitenkant van het windpark, zodat deze schepen opgevangen kunnen worden. Bij aansluiting op een windturbine biedt de rand van een windpark vaak verschillende opties, omdat de end-of-inter-array-string is gelokaliseerd in de buitenste schil van het windpark. Dit geeft ruimte om een locatie te kiezen die aansluit bij de strategische prioriteiten van de kustwacht.

Bestaande Offshore Substations van TenneT bevinden zich echter doorgaans midden in het windpark. Om strategische posities aan de rand van een windpark te behouden, zou een elektriciteitskabel vanuit het laadsysteem door het windpark naar het een Offshore Substation moeten worden gelegd. Dit kan echter uitdagend zijn, omdat de zeebodem al voorzien is van een dicht kabelnetwerk. Hierdoor kan een onhandig kabeltraject richting het een Offshore Substation nodig zijn, wat extra kosten met zich meebrengt.

De nieuw te bouwen Offshore Substations zullen in sommige gevallen dicht bij corridors worden geplaatst, wat een gunstigere strategische ligging zou kunnen bieden.

Duurzaamheid

Dit aspect behandelt het gebruik van materialen, de efficiëntie en de energieverliezen van de aansluitopties en de realisatie daarvan.

Materiaalgebruik en energieverliezen

De duurzaamheid van de aansluitoptie wordt voornamelijk bepaald door de lengte van de elektriciteitskabels. Lange kabels vereisen veel materiaal en zorgen voor grotere energieverliezen. Een manier om de duurzaamheid te verbeteren is door de omvormer dicht bij het laadpunt te plaatsen. Dit maakt het mogelijk om de elektriciteit op een hoger voltage te transporteren, wat de stroomsterkte vermindert die nodig is om hetzelfde vermogen over te brengen. Dit stelt ons in staat om dunnere kabels te gebruiken, die minder materiaal vereisen, wat zowel de kosten als de ecologische voetafdruk verlaagt. Bovendien leidt een lagere stroomsterkte tot minder energieverlies door weerstand in de kabels, wat de efficiëntie van het systeem verhoogt. Een andere manier om de duurzaamheid te verbeteren is door de kabellengte zoveel mogelijk te verkorten. Dit vraagt om een afweging tussen het kiezen van een Offshore Substation of een windturbine dichtbij de strategische locatie van het laadsysteem.

Optimaal benutten huidige en toekomstige aansluitopties

Bij aansluiting op een Offshore Substation is het belangrijk dat er een klantveld beschikbaar is, dat doorgaans een capaciteit van ongeveer 100 MW heeft. Omdat het laadsysteem voor de ERTV's slechts enkele megawatt verbruikt, is dit geen efficiënt gebruik van het klantveld. In de toekomst zou het aantal schepen dat elektrisch laadvermogen op zee nodig heeft kunnen toenemen, maar het niet optimaal benutten van een klantveld betekent dat er mogelijk nieuwe aanpassingen en infrastructuur nodig zijn om aan deze groeiende vraag te voldoen, wat resulteert in extra materiaalgebruik. Om de efficiëntie te verbeteren, kan er onderzocht worden of het klantveld gedeeld kan worden met andere stroomafnemers. Een mogelijke oplossing zou kunnen zijn om andere elektrische schepen ook van dezelfde laadoplossing te laten profiteren, zodat het klantveld beter benut wordt.

Realisatie van aansluitpunt

Een ander duurzaamheidsaspect betreft de realisatie van het aansluitpunt. TenneT en windexploitanten geven aan dat de aanleg op zee veel tijd en bouw materieel vereist. Schepen moeten vanuit havens uitvaren, en afhankelijk van de weersomstandigheden kunnen meerdere trips nodig zijn voor de aanpassingen. Ook kan gebruik gemaakt worden van een jack-up vessel met een W2W verbinding, zoals gebruikelijk is bij grote werkzaamheden. Naast het extra gebruik van materiaal heeft dit ook gevolgen voor het energieverbruik en de CO₂-uitstoot. Een oplossing zou kunnen zijn om de aansluitoptie mee te nemen in de redesign van bestaande of nieuwe windturbines, zodat veel voorbereidende werkzaamheden op het vasteland kunnen worden uitgevoerd. Dit zou een aanzienlijke positieve impact kunnen hebben op het totale energieverbruik en de CO₂-uitstoot.

Kosten

Dit aspect betreft de invloed van de aansluitoptie op de kosten van de zowel de aanleg als het gebruik van de laadoplossing.

Meerdere geïnterviewde partijen benadrukken dat werkzaamheden op zee zeer kostbaar zijn, waarbij het leggen van kabels de voornaamste kostenpost is. Daarnaast zijn ook het werken op zee en het aanpassen van bestaande installaties duur. Het wordt daarom aangeraden om zoveel mogelijk voorbereidingen op het land te treffen.

De lengte van de kabels is een belangrijke kostenfactor. Vooral het leggen van kabels is duur, en langere kabels leiden ook tot meer energieverlies, zoals benoemd onder het aspect duurzaamheid. Om de lengte van de kabels zo kort mogelijk te houden, kan het voordelig zijn om te kiezen voor een aansluiting op een windturbine, omdat deze vaak dicht bij strategische locaties kunnen worden geplaatst. Offshore Substations van TenneT zijn ook een optie als deze zich dichtbij strategische locaties bevinden. Leveranciers

van laadoplossingen geven aan dat de afstand tussen de aansluitoptie en de laadoplossing voornamelijk een economische afweging is.

Voor zowel de aansluiting op Offshore Substations als op windturbines is het voordeliger om aan te haken bij nieuw te bouwen windparken in plaats van bestaande. Zowel windparkexploitanten als marktpartijen geven aan dat het retrofitten van bestaande installaties erg moeilijk en duur is. Bij het aanhaken bij nieuw te bouwen parken kan aan de voorkant rekening worden gehouden met de laadoplossing, waardoor de integratie soepeler en kostenefficiënter verloopt.

Tot slot geven de geïnterviewde partijen aan dat er twijfels bestaan over de haalbaarheid van de businesscase voor een laadsysteem dat uitsluitend voor ERTV's wordt gebruikt. Een mogelijke oplossing is het verkennen van meervoudig gebruik van een laadsysteem. Verschillende offshore partijen geven aan na te denken over elektrificatie van bevoorradings- en onderhoudsschepen. Dit biedt kansen voor meervoudig gebruik. Een voorbeeld hiervan is het realiseren van een centraal distributiepunt met meerdere laadpunten, verspreid over een afstand van enkele honderden meters. Een andere optie is te onderzoeken hoe de bezettingsgraad van het laadpunt kan worden verhoogd door ook andere schepen te laten laden, zonder dat dit de operationele inzetbaarheid van de ERTV's belemmert (bijvoorbeeld door een lege batterij).

Veiligheid

Dit aspect beperkt zich tot de bescherming van schepen en windparken tegen aanvaringen.

TenneT geeft aan dat rondom haar Offshore Substations altijd een veiligheidszone ligt van 500 meter in radius, waarbinnen in principe geen schepen mogen komen. Een veiligheidszone van 150 meter geldt rondom windturbines. Windparkexploitanten bevestigen dat er in principe geen schepen mogen varen binnen de kavels van de windparken. Echter, zowel de windparkexploitanten als de kustwacht geven aan dat de kustwacht hierin een uitzonderingspositie heeft.

De windparkexploitanten geven aan welwillend te staan tegenover het concept. Zij hebben belang bij het goed opereren van de ERTV's omdat deze ten doel hebben aanvaring met windturbines te voorkomen. De windparkexploitanten geven aan dat er op dit moment nog geen voorschriften zijn voor ERTV's dicht bij assets, omdat die er nu ook niet hoeven te zijn. Mocht er inderdaad laadinfrastructuur worden aangelegd binnen de kavels, dan kan een veiligheidsanalyse gedaan worden om vast te stellen hoe de ERTV's wel veilig dichtbij de assets kunnen en mogen komen. Op die manier zou het mogelijk worden om schepen te laden bij de windturbines. De kustwacht benadrukt dat de ERTV's voldoende ruimte nodig hebben om te manoeuvreren op de laadplek, rekening houdend met hun lengte van 80 meter en hun draaicirkel. Echter zal, vanwege de grote veiligheidszones en afstanden tussen windturbines, dit waarschijnlijk niet de beperkende factor zijn.

De ERTV's zijn nodig om juist de windparken te beschermen tegen aanvaring. Windparkexploitanten geven dan ook aan open te staan voor onderzoeken en eventuele pilots.

Juridisch

Dit aspect betreft de contractuele en wettelijke uitdagingen zoals vergunningen en de inkoop van stroom.

Inkoop van elektriciteit

TenneT geeft aan dat zij, als netbeheerder, geen rol mag spelen in de energieproductie of levering op zee, maar enkel verantwoordelijk is voor de aansluiting. Beide aansluitopties vereisen echter een betrouwbare stroomlevering om een hoge beschikbaarheid te garanderen. Dit betekent dat er contractuele afspraken gemaakt moeten worden met een energieleverancier voor de inkoop van stroom.

Bij de aansluitoptie op een windturbine ontstaan er complicaties, aangezien de windexploitant doorgaans een teruglevercontract heeft. Op dit moment is het contractueel niet mogelijk om het gewenste laadvermogen van enkele megawatt via de bestaande elektriciteitskabel te leveren, aangezien het gecontracteerd transportvermogen (GTV) van de kabel is afgestemd op enkele kilowatts voor onderhoudsdoeleinden.

Om stroom via de bestaande kabel en aansluiting van het Offshore Substation van TenneT naar de windturbine te kunnen leveren, moet het GTV voor levering worden verhoogd naar enkele megawatt. Een bijkomende uitdaging is dat de offshore e-laadontwikkelaar waarschijnlijk niet dezelfde partij zal zijn als de windexploitant. Als het laadsysteem op de windturbine wordt aangesloten, moet duidelijk zijn hoeveel stroom er specifiek is verbruikt voor het laden van de ERTV's. Dit betekent dat er een extra meetpunt nodig is om het stroomverbruik van de offshore e-laadontwikkelaar te registreren.

Een voorbeeld van een vergelijkbare situatie is de toepassing van MLOEA (meerdere leveranciers op één aansluiting) bij regionale netbeheerders. Of dit concept ook op zee toepasbaar is, zal verder onderzocht moeten worden.

Vergunningen

Verder waarschuwt TenneT om de doorlooptijden van vergunningaanvragen voor het werken op zee niet te onderschatten. Het zou voordelig zijn om hiervoor mee te liften met de bouw van nieuwe windparken. Windparkexploitanten en marktpartijen geven aan dat in de huidige regelgeving het laden van schepen niet is opgenomen. Volgens de wet mag het elektriciteitsnet op zee alleen gebruikt worden om windenergie aan het net terug te leveren. Echter, er wordt gewerkt aan een wetswijziging dat levering en andere vormen van teruglevering zoals zonne-energie op zee mogelijk maakt.

Impact op de omgeving

Naast vergunningen dienen ook de nodige analyses gedaan te worden betreffende de effecten op ecologie. Er moet in ieder geval, ongeacht de aansluitoptie een environmental impact study uitgevoerd worden. Daarnaast moet onder andere gekeken worden naar waterkwaliteit, waterveiligheid en de eventuele verstoring van andere maatschappelijke functies. Verder kunnen aanvullende toestemmingen of vergunningen nodig zijn, bijvoorbeeld voor Natura 2000-activiteiten.

4.3 Randvoorwaarden per aansluitoptie

Uit de interviews met verschillende partijen is waardevolle informatie verzameld, die vanuit diverse invalshoeken is geanalyseerd in de aspectenanalyse. Dit heeft geleid tot de volgende randvoorwaarden per aansluitoptie.

Tabel 4.1 Aansluiten aan een windturbine

Nr.	Aspect	Onderwerp	Randvoorwaarde
1	techniek	voltage (V)	indien voltage omvorming plaats vindt op de aansluitlocatie is er een omvormer nodig die de voltage verlaagt van 66 kV naar 6 kV of 11 kV
2	techniek	frequentie (Hz)	frequentieomvorming is nodig wanneer de ERTV op 60 Hz werkt. Wanneer de ERTV op 50 Hz functioneert is er geen frequentieomvormer nodig
3	techniek	ruimtelijke inpassing	als omvorming (frequentie/voltage) plaatsvindt bij het aansluitpunt, moet er ruimte gereserveerd worden in of bij de windturbine. Voor nieuw te bouwen windturbines kan hiermee rekening worden gehouden tijdens het ontwerp. Bij bestaande windturbines, waar geen ruimte beschikbaar is, zal aparte ruimte gereserveerd moeten worden, bijvoorbeeld op het laadsysteem zelf
4	techniek	ruimtelijke inpassing	bij de aanleg van de aansluitkabel op de windturbine moet rekening worden gehouden met de bestaande kabeltracés op de zeebodem
5	beschikbaarheid	stroomlevering	bij aansluiting op een windturbine moet zowel technisch als contractueel geregeld zijn dat de bestaande elektriciteitskabel tussen het Offshore Substation en de

Nr.	Aspect	Onderwerp	Randvoorwaarde
			windturbine gebruikt kan worden, zodat een hoge stroombeschikbaarheid gewaarborgd is
6	duurzaamheid, kosten	materiaalbesparing en energieverliezen	de aansluitkabel naar het laadsysteem moet zo kort mogelijk zijn om zowel materiaalgebruik als energieverliezen te minimaliseren, en de hoge kosten van kabels te beperken
7	duurzaamheid	omvorming	omvorming naar 6 kV of 11 kV dient, vanuit het oogpunt van minimalisatie van energieverliezen, bij voorkeur pas bij het laadsysteem plaats te vinden
8	kosten	realisatie	waar mogelijk dient de fabricage, montage en ontwikkeling van het laadsysteem op het vasteland te worden uitgevoerd. Dit minimaliseert de hoge installatiekosten die gepaard gaan met werkzaamheden op zee
10	kosten	ontwerp	het aansluiten van het laadsysteem op toekomstige windparken dient zoveel mogelijk in de ontwerpfase, inclusief die van de windturbines, te worden meegenomen. dit voorkomt hoge aanpassingskosten aan bestaande windturbines
11	veiligheid	afstand	er moet een minimale afstand van 150 meter (volgens de huidige regelgeving) worden aangehouden tussen het aansluitpunt op de windturbine en het laadsysteem. Hierbij dient rekening te worden gehouden met zowel de huidige als toekomstige regelgeving omtrent veilige afstand tot de windturbine en de benodigde bewegingsruimte van de ERTV tijdens het laden
12	juridisch	wetgeving	momenteel mag het elektriciteitsnet op zee alleen worden gebruikt voor teruglevering van windenergie. Een wetswijziging is nodig om ook scheepsladen mogelijk te maken; er zijn ontwikkelingen gaande op dit gebied
13	juridisch	gecontracteerd vermogen	een leveringscontract (Gecontracteerd Transport Vermogen) is vereist om het gewenste laadvermogen via de bestaande kabel vanaf het Offshore Substation naar de windturbine te kunnen leveren
14	juridisch	meetpunt	een extra meetlocatie bij het aftappunt op de windturbine is nodig voor het registreren van het stroomverbruik van de toekomstige offshore e-laadontwikkelaar

Tabel 4.2 Aansluiten aan een Offshore Substation

Nr.	Aspect	Onderwerp	Randvoorwaarde
1	techniek	voltage (V)	indien voltage omvorming plaats vindt op de aansluitlocatie is er een omvormer nodig die de voltage verlaagt van 66 kV naar 6 kV of 11 kV
2	techniek	frequentie (Hz)	frequentieomvorming is nodig wanneer de ERTV op 60 Hz werkt. Wanneer de ERTV op 50 Hz functioneert is er geen frequentieomvormer nodig
3	techniek	ruimtelijke inpassing	als de omvorming van frequentie of voltage bij het aansluitpunt plaatsvindt, moet hiervoor ruimte worden gereserveerd nabij het Offshore Substation. TenneT geeft echter aan dat er op bestaande en toekomstige Offshore Substations geen ruimte beschikbaar is. Daarom moet een alternatieve oplossing worden gezocht, zoals het integreren van de benodigde apparatuur op het laadsysteem zelf
4	techniek	ruimtelijke inpassing	bij de aanleg van de aansluitkabel op het Offshore Substation moet rekening worden gehouden met de bestaande kabeltracés op de zeebodem

Nr.	Aspect	Onderwerp	Randvoorwaarde
5	beschikbaarheid	stroomlevering	er dient een klantaansluiting/veld beschikbaar te zijn op het Offshore Substation voor stroomlevering
6	duurzaamheid, kosten	materiaalbesparing en energieverliezen	de aansluitkabel naar het laadsysteem moet zo kort mogelijk zijn om zowel materiaalgebruik als energieverliezen te minimaliseren en de hoge kosten van kabels te beperken
7	duurzaamheid	omvorming	omvorming naar 6 kV of 11 kV dient, vanuit het oogpunt van minimalisatie van energieverliezen, bij voorkeur pas bij het laadsysteem plaats te vinden.
8	kosten	realisatie	waar mogelijk dient de fabricage, montage en ontwikkeling van het laadsysteem op het vasteland te worden uitgevoerd. Dit minimaliseert de hoge installatiekosten die gepaard gaan met werkzaamheden op zee
9	kosten	ontwerp	het aansluiten van het laadsysteem op toekomstige Offshore Substations dient zoveel mogelijk in de ontwerpfase, inclusief die van de Offshore Substations, te worden meegenomen. Dit voorkomt hoge aanpassingskosten aan bestaande Offshore Substations
10	veiligheid	afstand	er moet een minimale afstand van 500 meter (volgens de huidige regelgeving) worden aangehouden tussen het aansluitpunt op het Offshore Substation van TenneT en het laadsysteem. Hierbij dient rekening te worden gehouden met zowel de huidige als toekomstige regelgeving omtrent veilige afstand tot de Offshore Substation en de benodigde bewegingsruimte van de ERTV tijdens het laden
11	juridisch	wetgeving	momenteel mag het elektriciteitsnet op zee alleen worden gebruikt voor teruglevering van windenergie. Een wetswijziging is nodig om ook scheepsladen mogelijk te maken; er zijn ontwikkelingen gaande op dit gebied
12	juridisch	gecontracteerd vermogen	een leveringscontract (Gecontracteerd Transport Vermogen) is vereist om het gewenste laadvermogen vanaf het Offshore Substation naar het laadsysteem te kunnen leveren
13	juridisch	uitzondering veiligheidszone	om extra hoge kosten en materiaalgebruik door lange elektriciteitskabels te vermijden, is het wenselijk om een uitzondering te maken op de standaard veiligheidszone van 500 meter

5

ANALYSE UITVOERINGSTYPEN VOOR HET LAADSYSTEEM

In dit hoofdstuk worden de verschillende uitvoeringstypen van de laadconcepten besproken. Dit betreft de opties die worden gekozen na het aansluitpunt, ongeacht de locatie of aansluitmethode. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een laadconcept op een vaste paal (e-tower) en een laadconcept op een boei (e-boei). Door verschillende aspecten te behandelen, worden in dit hoofdstuk de aandachtspunten en uitgangspunten voor de laadconcepten benoemd.

5.1 Verschillende uitvoeringstypen voor laden op zee

Voor het elektrisch laden van een ERTV is een laadsysteem, oftewel een laadpunt, vereist. Dit systeem voorziet het schip van het benodigde vermogen om te kunnen laden. Het laadsysteem kan worden geïnstalleerd op een e-tower of een e-boei (zie visualisatie in afbeelding 5.1). In deze paragraaf worden beide uitvoeringstypen kort toegelicht.

Afbeelding 5.1 Visualisatie van een e-tower concept en een laadboei concept (bron: Bluewater)



E-laadsysteem op vaste paal variant

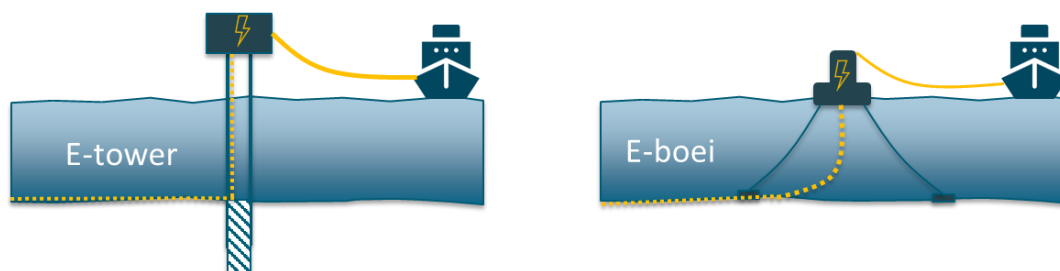
Een monopile is een vaste funderingsstructuur die in de zeebodem is verankerd, vergelijkbaar met de funderingen van offshore windturbines (links in afbeelding 5.1). Boven het water is een laadsysteem op de monopile geplaatst. Een elektriciteitskabel verbindt het laadsysteem via de monopile en de zeebodem met het net. Vanaf het laadsysteem kan een laadstekker worden uitgetrokken om een elektrisch schip op te laden.

E-laadsysteem op boei variant

Een e-boei is een drijvende laadoplossing die aan de zeebodem is verankerd met behulp van kabels (rechts in afbeelding 5.1). Via de zeebodem is een elektriciteitskabel aangesloten op de laadboei. Vanaf de e-boei

kan een laadstekker worden uitgetrokken om een elektrisch schip op te laden. Zie afbeelding 5.2 voor een schematische weergave.

Afbeelding 5.2 Schematische weergave e-tower laadconcept en e-boei laadconcept



Voor beide varianten kunnen de afmetingen, het ontwerp en de vormgeving van het laadsysteem worden aangepast aan de specifieke situatie. Het belangrijkste verschil tussen de twee systemen is dat het laadsysteem op een monopile een vaste constructie is met een fundering, terwijl de e-boei een drijvende laadinstallatie is die met kettingen aan de zeebodem is verankerd. In de praktijk zal volgens marktpartijen afhankelijk van de laadlocatie moeten worden bepaald welk laadconcept het meest optimaal is.

In de volgende paragraaf worden de twee concepten verder geanalyseerd op verschillende aspecten, zoals technische vereisten, verwachte kosten, noodzakelijk onderhoud, wetgeving en veiligheid. De uitkomst van deze analyse zal resulteren in een aantal randvoorwaarden voor de praktische toepassing van het laadsysteem.

5.2 Analyse op aspecten voor varianten

Het doel van de analyse per uitvoeringstype is om vanuit verschillende aspecten de randvoorwaarden te scheppen wanneer de uitvoeringstype in de praktijk gerealiseerd wordt. De volgende aspecten worden gebruikt voor de analyse:

- 1 techniek;
- 2 beschikbaarheid;
- 3 bereikbaarheid;
- 4 duurzaamheid;
- 5 kosten;
- 6 veiligheid;
- 7 juridisch.

Techniek

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen het elektrisch en ontwerptechnisch perspectief.

Elektrisch perspectief

Tijdens interviews met laadontwikkelaars is besproken welke elektrische specificaties doorgaans worden toegepast. Voor de eerste laadconcepten wordt een laadvermogen tot 9,5 MW verwacht, wat wordt beschouwd als snelladen voor de ERTV's. In stand-by-modus, waarbij de ERTV is aangesloten op het laadsysteem, ligt het benodigde laadvermogen aanzienlijk lager, bijvoorbeeld maximaal 1 MW. Deze stand-by-modus wordt ook wel de 'hotelfunctie' genoemd.

De systemen werken met spanningen van 6,6 kV of 11 kV, binnen de gangbare normen. Omdat energiebronnen zoals windturbines en TenneT echter 66 kV leveren, zijn step-down omvormers nodig. Deze omvormers kunnen aan het laadsysteem op de paal of boei worden toegevoegd, zodat de kabel vanaf de bron (windturbine of Offshore Substation) dunner kan blijven door het hoge spanningsniveau van 66 kV te

behouden. De beweging van een boei heeft daarbij geen invloed op de werking van het laadsysteem of de omvormer.

Ontwerptechnisch perspectief

Zoals hierboven vermeld, is spanningsomvorming essentieel om het laadsysteem de juiste spanning te laten leveren voor het opladen van de ERTV's. Dit vereist zowel een transformator als een galvanische scheiding om de gewenste spanning betrouwbaar aan te bieden.

Daarnaast is het belangrijk om te weten of de ERTV op 50 Hz of 60 Hz werkt. Werkt de ERTV op 60 Hz, dan is een frequentieomvormer nodig om de standaard 50 Hz om te zetten naar 60 Hz. Vanuit het conceptontwerp¹ gaat duidelijk de voorkeur uit naar een 50 Hz systeem.

In het technisch ontwerp uitgewerkt in bijlage III en IV zijn de uitgangspunten:

- iedere ERTV heeft zijn eigen laadlocatie;
- één ERTV heeft een bruikbare batterijcapaciteit van 20 MWh¹;
- binnen 6 uur dient een ERTV opgeladen te zijn, hieruit volgt een laadvermogen van 3,5 MW;
- het hotelverbruik is 625 kW;
- het totale vermogen als de ERTV aan de laadfaciliteit ligt is dus 3,625 MW.

Ruimtelijke inpassing laadsysteem

Voor de plaatsing van de benodigde installaties voor aansluiting op een windturbine of een Offshore Substation van TenneT is relatief weinig ruimte nodig (zie bijlage III en IV). De grootste component, de frequentieomvormer, neemt echter een aanzienlijke ruimte in beslag met afmetingen van ongeveer 460x120 cm. Om ruimte te besparen in het ontwerp van het laadsysteem is het wenselijk dat toekomstige ERTV's op 50 Hz kunnen functioneren. Dit is vooral van belang bij aansluiting op een Offshore Substation van TenneT, waar de spanning eerst via een transformator moet worden omgezet voordat deze de frequentieomvormer bereikt. Hierdoor is een totale installatieoppervlakte van circa 13x3,4 meter nodig (zie bijlage III).

Verankering

Om het laadsysteem op locatie te verankeren, kan een paal op de zeebodem worden geïnstalleerd of een boei met kabels aan de zeebodem worden vastgemaakt. De keuze hierin is afhankelijk van de diepte van de zeebodem en de maximale golfhoogtes. De paalvariant met laadsysteem is geschikt voor zeedieptes van ongeveer 15 tot 40 meter; bij diepere locaties is vanzelfsprekend een langere paal nodig die stevig verankerd wordt in de zeebodem. De paalvariant biedt ook voordelen op locaties met ondiepe (<15 m) zee en sterke golfbewegingen, doordat het systeem stabiel is en ongevoelig voor golven, in tegenstelling tot een boei. Bij de e-boei kunnen hoge golven aanzienlijke krachten veroorzaken op de kabel die de e-boei met de zeebodem verbindt, vooral in ondiep water, wat een grotere impact heeft.

Aanmeren en elektrisch aansluiten

ERTV's kunnen tijdens hun stand-by tijd (idle time), los van de laadkabel, aan de e-tower of e-boei worden gekoppeld, zodat het dynamisch positioneringssysteem (DP-systeem) van de ERTV niet nodig is, wat energie bespaart. De e-tower of e-boei is dan uitgerust met een single-point mooring systeem, waarmee één schip aan de paal kan worden vastgemaakt. Het aanmeren is beperkt tot één schip, om botsingen bij stromingen of golfslag te voorkomen. In beide gevallen vaart het schip tot dichtbij het laadsysteem. Bij een e-tower brengt een kraantakelsysteem de laadkabel boven het schip voor een aansluiting. Voor een e-boei kan de afmeerkabel samen met de laadkabel worden uitgetrokken om te koppelen met het schip. Indien nodig kan het schip tijdelijk het DP-systeem gebruiken om de positie te behouden. Een belangrijk aandachtspunt is de aanmeerbelasting op de aanmeerkabel en de verankering van het laadsysteem. Naast de belasting op de lijnen en het schip geeft de kustwacht aan dat het zeer oncomfortabel is voor de bemanning om aangemeerd te liggen aan een lijn met zwaar weer. Afhankelijk van de aansluittechniek en locatie zal dit specifiek per locatie moeten worden beoordeeld. Een andere variant bij een e-tower is het gebruik van alleen de laadkabel, waarbij het schip op het DP-systeem op locatie blijft. Er kunnen dan beperkte correcties worden uitgevoerd met lage reactiviteit, wat weliswaar enig energieverbruik met zich meebrengt, maar resulteert in minder belasting op de aanmeerkabels en de verankering.

¹ 23153-R07-Rev01 ERTV Concept Ontwerp Rapportage.

Loskoppelen van het systeem

In geval van calamiteiten moet de Kustwacht zo snel mogelijk naar de meldlocatie varen. Het is van essentieel belang dat het loskoppelen van zowel het aanmeerpunt als de elektrische aansluiting binnen enkele minuten (maximaal 3 minuten) mogelijk is. Marktpartijen geven aan dat deze korte loskoppelperiode haalbaar is. Bij nood kan zelfs in enkele seconden (2-3 seconden) worden losgekoppeld.

Bevestiging elektriciteitskabel vanuit elektriciteitsbron

Bij de e-tower kan de elektriciteitskabel vanaf de energiebron via de paal over de zeebodem worden verbonden. In het geval van een e-boei moet de kabel flexibel in het water blijven om de bewegingen van de boei op te vangen zonder spanning op de kabel te veroorzaken. Hierdoor ontstaat het risico op verstrengeling met een ankerlijn in het geval van noodankeren.

Technische volwassenheid van laadconcepten

De offshore laadontwikkelaar schat de technische volwassenheid van het E-tower laadconcept in op TRL 7 voor systemen met een vermogen van enkele megawatt. Kleinere varianten met een lager vermogen zijn al verder ontwikkeld en hebben een TRL van 8 of 9 bereikt.

Voor de e-boei-variant geldt dat het boeisysteem en -ontwerp volledig volwassen zijn. Het boeisysteem wordt al grootschalig toegepast in de olie-industrie. De combinatie van de boei met een e-laadsysteem is echter nog niet volledig ontwikkeld. Er is verdere ontwikkeling nodig voor de dynamische elektriciteitskabels en de elektrische quick-release connectoren. Met name de subsea-energiekabel vereist nog extra aandacht.

Beschikbaarheid

De beschikbaarheid van het laadsysteem om ERTV's te kunnen laden hangt met name af van de beschikbaarheid van stroomlevering vanuit de energiebron. Daarnaast kan onderhoud een aspect zijn waarbij het laadsysteem tijdelijk niet gebruikt kan worden. Marktpartijen geven aan dat voor zowel de e-tower als de e-boei onderhoud nodig is op haar eigen manier.

Routine-inspecties en onderhoud moeten volgens een vast schema worden uitgevoerd. De verwachting is dat de troskabel (afmeerkabel) en de bewegende elektriciteitskabel periodiek vervangen moeten worden. Typisch is jaarlijks onderhoud vereist, met uitzondering van de lagers, die elk kwartaal geïnspecteerd en gesmeerd dienen te worden.

Tot slot is de beschikbaarheid van het laadsysteem afhankelijk van de weersomstandigheden. Verbinden met het laadsysteem is mogelijk bij golfhoogtes tot drie meter. Hogere golven maken het uitdagend om op locatie te blijven en veilig aan te meren en aan te sluiten op het laadsysteem. Dit geldt voor zowel de e-tower variant als de e-boei variant. Wanneer zowel een afmeerkabel als een laadkabel aanwezig zijn, wordt een onbemande verbinding bij hogere zeegolven zeer uitdagend. Het beheer van beide kabels vergroot in dergelijke omstandigheden het risico op verstrikking.

Bereikbaarheid

Marktpartijen geven aan dat het ontwerp van de e-boei en e-tower de mogelijkheid biedt om het laadsysteem vanuit alle richtingen aan te sluiten. Afhankelijk van stroming, windrichting en golven kan de ERTV tegen de stroming en wind in, in combinatie met het DP-systeem, het laadsysteem naderen en vervolgens het DP-systeem gebruiken om tijdelijk op één locatie te blijven.

Duurzaamheid

Duurzaamheid omvat aspecten zoals materiaalgebruik, realisatie en vervanging, de ontmanteling van het systeem, en de impact op het ecosysteem.

Impact op de omgeving

Volgens marktpartijen zijn er qua impact op het ecosysteem geen significante verschillen tussen de installatie van een laadsysteem op een e-tower en op een e-boei. Een voordeel van de e-tower is dat bij nieuw te realiseren windparken de monopile gelijktijdig met de monopiles van de windturbines kan worden geplaatst. Hierdoor wordt extra scheepsbewegingen voor de installatie van de monopile voor het

laadsysteem voorkomen. Hoewel marktpartijen inschatten dat de impact van de installatie van een monopile of boei vergelijkbaar is met die van een windturbine-monopile, blijft een environmental impact study noodzakelijk om de daadwerkelijke impact te bepalen.

Een belangrijk aandachtspunt bij het boeisysteem is dat de dynamische elektriciteitskabel gedurende de levensduur vaker vervangen zal moeten worden dan een kabel die verankerd is aan de bodem en een monopile. Dit betekent dat bij de boei-variant extra materiaal gericht op de elektriciteitskabel.

Voor de ontmanteling hebben beide concepten specifieke vereisten, waarbij de verankering op locatie moet worden verwijderd. Moderne technieken maken het mogelijk om monopiles vrijwel geruisloos uit de zeebodem te verwijderen, waardoor de negatieve impact op het ecosysteem minimaal blijft.

Materiaalgebruik

Voor de E-toren variant is meer materiaal nodig voor het realiseren van de funderingspaal, waar dit niet noodzakelijk is voor de boei. Echter, de lengte van de kabels die gelegd moeten worden zal de belangrijkste factor zijn voor het materiaalgebruik. Als er lange kabels gelegd moeten worden kost dat veel materiaal en geld. Het is dus voor duurzaamheid het meest voordelig als de laadoplossing zo dicht mogelijk bij het aansluitpunt ligt. Ook de dikte van de kabels is hierbij van belang. Zoals bij het technisch aspect is toegelicht kan dit worden geminimaliseerd door de omvorming op de laadoplossing plaats te laten vinden.

Toekomstvastheid

Bij het ontwerp van de laadoplossing moet goed nagedacht worden hoe de laadoplossing zonder verspilling gerealiseerd wordt. Hierbij is het ook belangrijk na te denken over eventuele toekomstige toepassingen. Het kan zijn dat men later uit wil breiden naar meer schepen of een hoger vermogen. Om dit met zo min mogelijk verspilling mogelijk te maken wordt aangeraden, door onder andere TenneT, om het ontwerp zo veel mogelijk modulair op te zetten. Naast het versimpelen van uitbreiden draagt dit bij aan duurzaamheid omdat bij schade alleen die onderdelen hoeven worden vervangen die beschadigd zijn.

Marktpartijen schatten de levensduur van de e-boei uiteenlopend, variërend van 10 tot 35 jaar. De e-tower, gebaseerd op een monopile, heeft een levensduur vergelijkbaar met die van windturbines, wat wordt geschat op 20 tot 30 jaar.

Onderhoud en vervanging

De geïnterviewde marktpartijen geven aan dat zowel voor het e-boei-concept als het e-tower-concept routine-inspecties en gepland onderhoud volgens een vast schema zullen plaatsvinden. Op kwartaalbasis zijn inspecties nodig, waarbij ook standaard onderhoudshandelingen, zoals smering, kunnen worden uitgevoerd.

Daarnaast wordt verwacht dat de aanmeerkabel tijdens de levensduur van het systeem vervangen moet worden. Bij het e-boei-systeem wordt specifiek aangegeven dat de subsea-kabel, vanwege de bewegingen, eveneens aan vervanging toe zal zijn binnen de levensduur van het systeem.

Kosten

Tijdens de interviews met marktpartijen die betrokken zijn bij de ontwikkeling van de laadconcepten, zijn ook de kosten van de twee concepten besproken. Het toewijzen van concrete investeringsbedragen aan de concepten blijkt volgens de marktpartijen complex. Dit hangt sterk af van factoren zoals locatie en dimensionering. Voor een nauwkeurige schatting is een uitgebreide kostenanalyse nodig op basis van meer specifieke informatie.

Enkele belangrijke aandachtspunten met betrekking tot de kosten gelden voor beide laadconcepten. Zo heeft de lengte van de benodigde kabels een grote invloed op de totale kosten, omdat deze een aanzienlijk deel van het budget vertegenwoordigen. Daarnaast spelen technische keuzes, zoals de locatie van de omzetting, het gekozen voltage en de frequentie, een cruciale rol in de uiteindelijke kosten.

Het gebruik van een dunnere elektriciteitskabel kan kosten besparen. Ook een systeem dat werkt op 50 Hz vereist geen frequentieomvormer, wat zowel materiaal- als installatiekosten aanzienlijk kan verlagen. Ter illustratie: een frequentieomvormer van dit formaat kan al snel enkele tonnen kosten.

Veiligheid

Het veiligheidsaspect van het laadconcept kan worden opgesplitst in twee onderdelen: de ontwerpkeuzes en de mogelijkheid om het systeem in geval van een noodgeval snel te ontkoppelen.

Ontwerpkeuzes

De geïnterviewde partijen geven aan dat veiligheid een belangrijke rol speelt in het ontwerp van het laadconcept. Hiervoor zijn verschillende faalscenario's uitgewerkt, samen met mitigerende maatregelen. Enkele voorbeelden hiervan zijn de draagkracht van de verankering onder zeeomstandigheden, de belasting op de aanmeerkabels en de veiligheid van het elektrische systeem. Voor het laatste worden maatregelen zoals stroombeveiliging met schakelaars en lastscheiders toegepast.

Emergency disconnect

Onder specifieke omstandigheden, zoals een acute melding, een noodgeval of slechte weersomstandigheden, is het essentieel dat het laadsysteem snel ontkoppeld kan worden van de ERTV. Dit geldt zowel voor de elektriciteitskabel als, indien aanwezig, de aanmeerkabel. Er zijn ontwerpvoorbeelden waarin de kabel in noodgevallen binnen 3 seconden kan worden ontkoppeld, terwijl in andere gevallen dit enkele minuten kan duren. De Kustwacht benadrukt dat het vanuit operationeel oogpunt een vereiste is dat de ont koppeling binnen maximaal 3 minuten plaatsvindt.

Juridisch

Volgens de geïnterviewde marktpartijen zijn de juridische aspecten, wetgeving en procedurele vereisten voor het realiseren van een laadsysteem op zee grotendeels onbekend. Dit komt doordat het laadconcept op zee zich nog in de ontwikkelfase bevindt.

Op basis van interne kennis ligt de juridische focus bij de realisatie van het laadconcept (zoals de e-tower of e-boei) vooral op twee vragen: Is de gewenste locatie juridisch toegestaan? en Aan welke vereisten moet worden voldaan voor de daadwerkelijke bouw van het laadconcept op zee? Hieronder worden enkele belangrijke aandachtspunten benoemd met betrekking tot de vergunningsvereisten voor bouwactiviteiten op de Noordzee en het meervoudig ruimtegebruik binnen windparken.

Vergunningsvereisten voor bouwactiviteiten op de Noordzee

Een belangrijk aandachtspunt is de vergunningsvereisten voor bouwactiviteiten op de Noordzee.

Indieningsvereisten - volgens artikel 7.177, eerste lid, in combinatie met artikel 7.159 van de Omgevingsregeling, moeten bij een vergunningaanvraag voor bouwactiviteiten in de Noordzee verschillende documenten worden ingediend. Dit omvat een werkplan waarin de uitvoeringsmethode, inzet van materieel en veiligheidsmaatregelen worden beschreven. Daarnaast zijn een toelichtende tekening en de bijbehorende coördinaten in UTM en ETRS89 vereist. De verwachte tijdsduur van de activiteit, inclusief datum en tijdstip, moet ook worden vermeld. Verder is een impactbeschrijving nodig, waarin de effecten op waterkwaliteit, maatschappelijke functies en waterkwantiteit worden geanalyseerd. Ten slotte moeten de contactgegevens van betrokken partijen worden verstrekt.

Archeologisch onderzoek - wanneer de locatie buiten provinciaal en gemeentelijk gebied valt, is een rapport vereist waarin de archeologische waarde van de locatie wordt vastgesteld. Bij bodemverstoring door kabels of laadpalen is archeologisch onderzoek verplicht.

Constructieve integriteit - voor laadpalen die verankerd zijn in de zeebodem, moeten ontwerpdocumenten en berekeningen aantonen dat de constructie geschikt is voor zeeomstandigheden. Geofysische en geotechnische onderzoeken zijn nodig om de bodemgesteldheid te bepalen. Ook kan het nodig zijn om een gekoppeld vaartuig mee te rekenen als belasting op de paal.

UXO-onderzoek - er dient een onderzoek uitgevoerd te worden naar niet-gesprongen explosieven (UXO) op de locatie.

Verlichting en Markering - de laadpaal (in dit geval e-tower of e-boei) moet worden voorzien van verlichting en markering conform de IALA-richtlijn G1162.

Aanvullende onderzoeken in windparken - indien de laadinstallatie en kabel zich binnen een windpark bevinden, kunnen bestaande onderzoeken worden gebruikt. Buiten een windpark kan aanvullend onderzoek naar scheepvaartveiligheid noodzakelijk zijn.

Vergunningen en toestemmingen - afhankelijk van de locatie kan het nodig zijn om aanvullende toestemming te verkrijgen van andere bevoegde instanties, zoals voor Natura 2000-gebieden.

Medegebruik in een windpark

Om meervoudig ruimtegebruik te bevorderen, worden zowel bestaande als nieuwe windparken beschikbaar gesteld voor dit doel, met inachtneming van de geldende regels voor afstand tot windturbines, kabels, vaarroutes en Offshore Substations van TenneT. Om in aanmerking te komen voor een project dat onder meervoudig ruimtegebruik valt, dient een vergunningaanvraag ingediend te worden. Daarbij moet rekening worden gehouden met de indeling van windparken in verschillende zones, waarbij elke zone een eigen invulling van meervoudig ruimtegebruik kent, zoals passieve visserij, natuurontwikkeling, duurzame energie en innovatie. Het wordt verwacht dat een laadsysteem mogelijk onder de categorie duurzame energie of innovatie kan vallen. Meervoudig ruimtegebruik biedt kansen om het laadsysteem efficiënter te integreren, waarbij de lengte van de elektriciteitskabels beperkt kan worden.

5.3 Vaststellen randvoorwaarden per uitvoeringstype

De bovenstaande analyse geeft informatie voor het vaststellen van randvoorwaarden per uitvoeringstype. Het merendeel van de randvoorwaarden gelden voor beide uitvoeringstypen. Hieronder zijn deze randvoorwaarden samengevat in een tabel. Daar waar een randvoorwaarde specifiek geldt voor één van de uitvoeringstypen is dit aangegeven door dikgedrukte **e-tower** of **e-boei**.

Tabel 5.1 Randvoorwaarden per aspect voor de laad en uitvoeringstypen

Nr.	Aspect	Onderwerp	Randvoorwaarde
1	techniek	voltage (V)	er is voltage omvorming nodig om het hoge voltage vanuit de elektriciteitsbron (vaak 66 kV) te verlagen naar 6 kV of 11 kV om elektrische laden van ERTV's mogelijk te maken
2	techniek	snellaadfunctie/ hotelfunctie	Het laadsysteem kan zowel functioneren in snellaadmodus (enkele megawatt) als in hotelfunctie (enkele honderden kilowatt).
2	techniek	frequentie (Hz)	frequentieomvorming is nodig wanneer de ERTV op 60 Hz werkt. Wanneer de ERTV op 50 Hz functioneert is er geen frequentieomvormer nodig
3	techniek	ruimtelijke inpassing	er dient ruimte gereserveerd te worden voor de benodigde componenten, zoals een step-down omvormer en (mogelijk) een frequentieregelaar in het laadsysteem
4	techniek	verankering	e-tower: een vaste paal is geschikt tot een zeediepte van maximaal 40 meter e-boei: een boei is geschikt voor dieptes vanaf ongeveer 15m
5	techniek/veiligheid	aanmeren	een laadsysteem op vaste paal of boei is geschikt voor het aanmeren van één schip tegelijkertijd
6	techniek	aanmeren	om dynamisch positioneringssysteem (dynamic positioning, DP) uit te zetten tijdens het laden is een aanmeerkabel vereist. In het geval van enkel een e-laadkabel is DP vereist voor het corrigeren vanwege zee omstandigheden
7	techniek/veiligheid	aanmeren	bij de laadoplossing dient aangemeerd te kunnen worden tot en met een golfhoogte van 3 meter
8	techniek/veiligheid	loskoppelen	bij onvoorziene weersomstandigheden of een acute melding moet de ERTV binnen 3 minuten losgekoppeld zijn van het laadsysteem.

Nr.	Aspect	Onderwerp	Randvoorwaarde
9	techniek	e-kabel	e-tower: de elektriciteitskabel vanaf de aansluitbron dient verankerd te worden op de zeebodem en de vaste paal. e-boei: de elektriciteitskabel vanaf de aansluitbron dient verankerd te worden op de zeebodem en dient flexibel aan de boei aangesloten te worden
10	beschikbaarheid	aansluiting	er moet stroomlevering vanaf het net mogelijk zijn om een hoge beschikbaarheid te waarborgen
11	beschikbaarheid	onderhoud	er dient elk kwartaal een inspectie uitgevoerd te worden, waarbij ook regulier onderhoud zoals smeren uitgevoerd wordt
12	beschikbaarheid	vervanging	enkele onderdelen dienen tijdens de levensduur van het systeem vervangen te worden. Dit is in ieder geval de aanmeerkabel e-boei: in het geval van de e-boei geldt dit ook voor de subsea kabel
13	bereikbaarheid	positionering	de laadoplossing moet zo gepositioneerd zijn dat vanaf elke richting aan- en uitgevaren kan worden
14	duurzaamheid	milieu-impact	een environmental impact studie is noodzakelijk om de gevolgen voor de omgeving in te schatten
15	duurzaamheid/kosten	materiaalgebruik	de kabel van de aansluiting naar de laadoplossing moet zo dun en kort mogelijk worden uitgevoerd om materiaalgebruik te minimaliseren
16	duurzaamheid	toekomstvastheid	de laadoplossing dient modulair gebouwd te worden om verspilling te minimaliseren
17	veiligheid	locatie	de laadoplossing dient zo gepositioneerd te worden dat de ERTV een afstand van minimaal 150 meter tot windmolens en minimaal 500 meters tot een Offshore Substations houdt
18	veiligheid	locatie	er dient 100 tot 150 meter rondom de laadoplossing ruimte gereserveerd te worden voor de manoeuvreerbaarheid van de ERTV
19	veiligheid	locatie	de laadoplossing dient op een zodanige afstand van de vaarwegen gepositioneerd te worden dat de ERTV geen verwarring veroorzaakt voor het scheepvaartverkeer
20	juridisch	vergunningen	er dient voldaan te worden aan de vergunningvereisten van bouwactiviteiten op de Noordzee
21	juridisch	onderzoeken	er dient archeologisch onderzoek uitgevoerd te worden
22	juridisch	onderzoeken	er dient onderzoek uitgevoerd te worden naar niet-gesprongen explosieven
23	juridisch	onderzoeken	afhankelijk van de locatie dienen aanvullende onderzoeken uitgevoerd te worden. Dit betreft bijvoorbeeld Natura 2000
24	juridisch	meervoudig ruimtegebruik	er dient een vergunningaanvraag ingediend te worden om in aanmerking te komen voor een project dat onder meervoudig ruimtegebruik valt. Hierbij dient de indeling in zones voor meervoudig ruimtegebruik in acht genomen te worden

5.4 Analyse geschiktheid uitvoeringstype op vastgestelde laadlocaties

In de vorige paragraaf zijn randvoorwaarden vastgesteld voor beide uitvoeringstypen van het laadconcept: de e-tower en de e-boei. Geïnterviewde marktpartijen benadrukken dat per vastgestelde locatie een verdiepend onderzoek noodzakelijk is om te bepalen welk uitvoeringstype het meest geschikt is voor de betreffende omstandigheden.

Noordzeemomstandigheden als bepalende Factor voor uitvoeringstype

De geïnterviewde partijen hebben tevens aangegeven dat de e-tower, gebaseerd op een vaste paalconstructie, waarschijnlijk beter geschikt is voor de Noordzee. Dit wordt voornamelijk toegeschreven aan de specifieke zeeomstandigheden:

- **relatief ondiepe wateren:** de Noordzee heeft bij de voorgestelde laadlocaties vaak een diepte van 20-25 meter, wat als ondiep wordt beschouwd. Deze eigenschappen maken het gebied geschikt voor monopilefunderingen, zoals die gebruikt worden bij windparken;
- **hoge golven tijdens stormen:** hoewel de Noordzee doorgaans een rustige golfslag van ongeveer 1 meter heeft, kunnen de golven tijdens zware stormen oplopen tot 10 meter. Dit is relatief veel in verhouding tot de geringe zeediepte.

Deze combinatie van ondiep water en hoge golven heeft een negatieve invloed op de verankeringskabels van een e-boei. De hoogteverschillen veroorzaakt door de golven leiden tot aanzienlijke spanning op de kabels. In diepere zeeën bieden dergelijke kabels meer flexibiliteit om hoogteveranderingen te absorberen.

Ter illustratie is in afbeelding 5.3 de impact van hoge golven weergegeven, waarbij de spanningsverschillen tussen ondiepe en diepe zeeën zichtbaar worden.

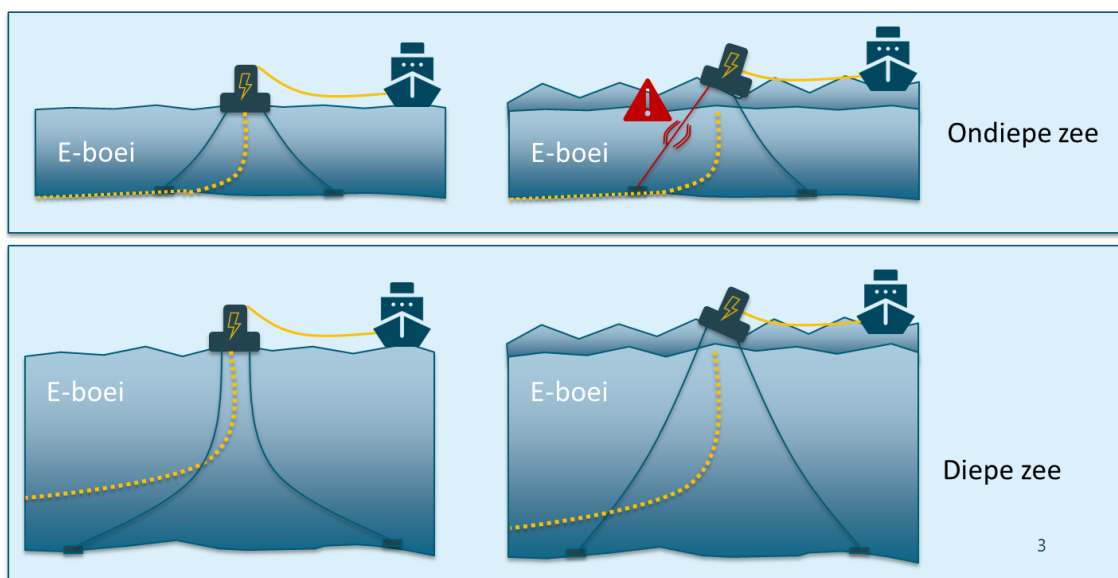
Voordeel van de e-tower op de Noordzee

De e-tower, die is gefundeerd op een paal in de zeebodem, ondervindt zelf geen hoogteveranderingen door golven. Hierdoor blijft het systeem stabiel. Wel is het belangrijk dat de paal voldoende boven het zeeniveau uitsteekt om het laadsysteem te beschermen tegen de hoogste golven.

Conclusie

Op basis van de zeeomstandigheden lijkt de e-tower, met zijn vaste paalconstructie, de voorkeur te hebben voor gebruik op de Noordzee. Het systeem biedt stabiliteit en minimaliseert spanningen die bij een e-boei zouden optreden door hoge golven en beperkte zeediepten. Verdere locatiespecifieke onderzoeken blijven echter noodzakelijk om de keuze definitief te maken.

Afbeelding 5.3 Schematische weergave e-boei in verschillende zee omstandigheden



6

ALGEMENE CONCLUSIE, TAKE-AWAYS EN VERVOLGSTAPPEN

6.1 Conclusies

In dit rapport zijn vijf werkgebieden voor de ERTV's gedefinieerd, waarin voorkeurslocaties voor elektrisch laden zijn vastgesteld: Borssele, Hollandse kust, IJmuiden ver (gepland windpark), Eilanden (gepland windpark) en Doordewind (gepland windpark). Daarnaast worden concrete randvoorwaarden beschreven voor het aansluiten van een laadsysteem op een windturbine of een TenneT Offshore Substation. Specifieke aandacht is besteed aan de technische en operationele eisen voor zowel de e-tower als de e-boei varianten van het laadconcept.

Voor dit onderzoek zijn diverse partijen betrokken, waaronder TenneT, de Kustwacht, windexploitanten en offshore e-laadontwikkelaars op zee. Alle partijen hebben bereidheid getoond om het laadconcept verder te ontwikkelen, maar benadrukken dat verdiepingsstudies noodzakelijk zijn. Deze studies moeten bepalen welke aansluitoptie en laadvariant het meest geschikt is voor een specifieke locatie, inclusief de technische eisen en kosten.

Een algemene conclusie is dat het technisch haalbaar is om laadlocaties voor ERTV's te realiseren in de Noordzee over enkele jaren. De aanwezigheid van elektriciteitsbronnen zoals windturbines en TenneT Offshore Substations biedt voldoende vermogen om te voldoen aan de laadbehoefte van ERTV's. Technisch gezien is aansluiting haalbaar op windturbines of een Offshore Substation, en marktpartijen die zich richten op laadconcepten op zee hebben aangetoond dat het Technology Readiness Level (TRL) hiervan bijna volledig is bereikt.

Locatiestudie

Cruciaal is de keuze van de locatie: een ERTV moet stand-by kunnen laden zonder hinder voor het scheepvaartverkeer. Een gepaste afstand tot drukke vaarroutes is daarbij essentieel. De toekomstige locatie van de laadinfrastructuur zijn dus primair gebaseerd op de verwachte werkgebieden van de ERTV's. Een laadsysteem aan de randen van windparken zijn operationeel gezien gunstiger voor een ERTV. Deze locaties verkorten de responstijd van de ERTV naar risicogebieden, in tegenstelling tot locaties bij een offshore Offshore Substation van TenneT die vaak centraal in windparken zijn gesitueerd vanwege efficiënte kabelontwerpen. Economisch, duurzaam en praktisch gezien is directe aansluiting op een windturbine waarschijnlijk voordeliger. Dit wordt toegeschreven aan kortere kabellengtes, wat resulteert in lagere kosten, minder energieverlies en het vermijden van bestaande kabeltracés binnen het windpark.

Aansluitopties

Windexploitanten benadrukken dat het aansluiten van een laadsysteem op bestaande windturbines aanzienlijke uitdagingen met zich meebrengt. Hiervoor zijn aanpassingen aan de bestaande windturbines noodzakelijk. Voor TenneT Offshore Substations geldt dat er een beschikbare aansluiting moet zijn om technisch gezien stroom te kunnen leveren. Dit is niet zomaar het geval bij bestaande substations. Dit betekent dat de haalbaarheid van de twee potentiële laadlocaties, Borssele en Hollandse Kust, nader onderzocht moet worden.

Voor nieuw te bouwen windparken en bijbehorende offshore substations van TenneT is de boodschap van windexploitanten en TenneT duidelijk: nauwe samenwerking in de ontwerpfase van toekomstige

windturbines is cruciaal om laadsystemen optimaal te integreren. Dit biedt mogelijkheden in drie vastgestelde werkgebieden voor ERTV's, waar nog nieuwe windparken ontwikkeld moeten worden. Door laadconcepten al in de planningsfase mee te nemen, kan een efficiënte integratie worden gerealiseerd.

Daarnaast bestaan er mogelijkheden om aan te sluiten op andere initiatieven op de Noordzee die over een stroomvoorziening beschikken. Deze initiatieven worden in de volgende paragraaf besproken. Ook hiervoor is een verdiepingsstudie nodig om de haalbaarheid in kaart te brengen.

Laadconcept

Gezien de specifieke omstandigheden in de Noordzee, zoals hoge golven en relatief ondiepe wateren, wordt de vaste paalvariant (e-tower) geschikter geacht dan de e-boei. De relatief grote hoogteverschillen vanaf de zeebodem door hoge golven ten opzichte van de waterdiepte zorgen bij de e-boei voor hoge spanning op de verankeringskabels.

Technisch en economisch is het efficiënt om de aanwezige hoge voltage (66 kV) vanaf de aansluitbron pas bij het laadsysteem op de e-tower of e-boei om te vormen. Dit minimaliseert energieverliezen en bespaart kosten door het gebruik van dunnere elektriciteitskabels.

Daarnaast is het cruciaal om de bouw van de ERTV vroegtijdig af te stemmen, met de voorkeur dat het schip op 50 Hz functioneert. Hiermee kan frequentieomvorming worden voorkomen, wat aanzienlijke kosten en ruimte bespaart. Bij keuze voor een e-tower is het raadzaam om deze al in de ontwerpfase van nieuwe windparken mee te nemen. Zo kan de installatie van de e-tower-monopile gelijktijdig plaatsvinden met de installatie van de windturbine-monopiles, wat efficiënter is.

6.2 Take-aways en benodigde vervolgstappen

In deze paragraaf worden enkele belangrijke inzichten en conclusies uit het onderzoek besproken. Daarnaast worden aanbevelingen en vervolgstappen gepresenteerd die volgens ons relevant zijn voor de verdere uitwerking richting de uitvraag.

6.2.1 Take-aways

Het onderzoek heeft vanuit diverse partijen informatie verzameld om een eerste conceptuele voorstelling met bijbehorende randvoorwaarden te ontwikkelen. Tijdens de gesprekken zijn ook aanvullende ideeën en aandachtspunten gedeeld door de geïnterviewde partijen. Deze punten verdienen aandacht, omdat ze volgens ons het onderzoek en het laadconcept op zee verder kunnen verrijken. Hieronder worden enkele belangrijke take-aways toegelicht:

- samenwerking en verdiepingsslag: vanuit diverse partijen wordt geadviseerd om praktische verdieping te zoeken in potentiële laadlocaties. Door TenneT en windexploitanten samen te brengen, kan gericht naar concrete laadlocaties worden gewerkt. Het vroegtijdig selecteren en verder uitwerken van locaties draagt bij aan een efficiënter proces. Voor de verdere uitwerking van het contract wordt aanbevolen om in de komende periode dieper in te gaan op de potentiële laadlocaties. Dit dient te gebeuren in samenwerking met de betrokken windexploitant en TenneT, zodat de haalbaarheid van een laadlocatie beter kan worden beoordeeld en de randvoorwaarden verder kunnen worden aangescherpt;
- aansluiting op productie- en conversieplatforms: dit onderzoek heeft deels gekeken naar de mogelijkheden van aansluiting op bestaande platforms. Hoewel veel platforms momenteel geen elektriciteitskabel vanaf het vasteland hebben, zijn er ontwikkelingen gaande richting duurzamere operaties, zoals kabelverbindingen of waterstofproductie. Relevante voorbeelden:
 - NAM-platform Ameland: voorzien van een kabel vanaf het vasteland (3 kilometer uit de kust, mogelijk relevant voor laadlocaties bij de Waddeneilanden);
 - platform N05 boven Schiermonnikoog: elektriciteit vanuit een Duits windpark (18 kilometer boven Schiermonnikoog, mogelijk extra operationele locatie voor ERTV's in het Noordoosten);

- Q13a-A platform bij Scheveningen: waterstofproductie (13 kilometer voor de kust, mogelijke koppeling voor laadlocaties Hollandse Kust/Borssele);
- optimale benutting van bestaande assets: het benutten van aansluitvelden op Offshore Substation van TenneT is uitdagend voor een enkele ERTV, aangezien deze velden zijn ontworpen voor 100 MW. Meervoudig gebruik biedt echter kansen, waar zowel TenneT als andere partijen van kunnen profiteren. Voorbeelden:
 - laadpleinconcept: een kabel vanuit het Offshore Substation van TenneT naar een verdeelpunt, met laadpunten op strategische afstanden (bijvoorbeeld 200 meter uit elkaar) om meerdere E-schepen te bedienen;
 - Maripark-concept¹: gericht op meervoudig ruimtegebruik binnen windparken, zoals visserij, logistiek en datacenters. Dit biedt niet alleen een verdeling van stroomvoorziening, maar creëert ook mogelijkheden voor beschermde laadlocaties voor ERTV's onder gunstige zeeomstandigheden;
- interessante initiatieven die aansluiten bij de realisatie van laadinfrastructuur op zee:
 - North Sea Energy Project - Energiehubs: Een studie van TNO en partners die de mogelijkheden onderzoekt voor energieknooppunten op de Noordzee. Hierbij wordt ook gekeken naar de toekomst van bestaande platformen, kabels en leidingen;
 - SeaCurrent: Richt zich op het opwekken van getijdenenergie. Ze onderzoeken locaties rondom de Wadden en verkennen al de mogelijkheden voor aansluitingen.

6.2.2 Benodigde vervolgstappen

Om te komen tot een aanbesteding met een innovatiepartnerschap is een uitvraag nodig. In de uitvraag staat beschreven wat de opdracht inhoudt, en hoe de procedure van het innovatief partnerschap verloopt (de 'spelregels'). Deze documenten zullen in de aankomende fase uitgewerkt moeten worden.

Onderdelen van de uitvraag om vooraf uit te werken:

- technische specificaties, bestaande uit:
 - minimale eisen en prestatie-eisen. Dit zijn bindende eisen waaraan het systeem minimaal moet voldoen. Bijvoorbeeld om beoogd gebruik mogelijk te maken en om veilig gebruik en onderhoud te garanderen;
 - randvoorwaarden. Dit zijn zaken die geen directe prestatie-eis omvatten, maar wel kaders stellen aan het te ontwikkelen systeem;
- geschiktheidseisen: niet-technische eisen die betrekking hebben op de capaciteit van de inschrijvers om de benodigde ontwikkelingen uit te voeren en de innovaties te implementeren. Hierin kan je zelf passende geschiktheidseisen formuleren, zoals bijvoorbeeld een plan over hoe de partner samen met Rijkswaterstaat de innovatie wil ontwikkelen;
- geplande go/no-go en selectiemomenten. Gedurende het innovatieve partnerschap kunnen selectiemomenten plaatsvinden om het aantal inschrijvers te verminderen. De criteria op basis waarvan dit gebeurt, en wanneer dit plaatsvindt moet je van tevoren communiceren.

Een aantal vraagstukken moet tijdens de onderhandeling besproken worden. Deze hoeven niet al bij de start van de aanbesteding vastgelegd te worden. Het is echter wel goed om hier van tevoren al een beeld bij te hebben en een mening over te vormen. Deze onderwerpen zijn onder andere:

- intellectueel eigendom: tijdens het innovatiepartnerschap ontwikkelt de partner nieuw intellectueel eigendom waar afspraken over gemaakt moeten worden. Het intellectuele eigendom kan volledig worden toegekend aan de aanbestedende dienst, of juist bij de deelnemende bedrijven blijven, waarbij Rijkswaterstaat een licentie afneemt;
- rollen van deelnemers. In een innovatiepartnerschap is een andere relatie van toepassing dan traditioneel opdrachtnemer-opdrachtgever. Daarom is het nodig om na te denken over welke taken en verantwoordelijkheden iedere partij heeft. Dit kan onderdeel van de onderhandeling zijn en hoeft niet bij de start van de aanbesteding al vast te liggen;
- risico's. Door de bijzondere relatie van de deelnemers aan het innovatiepartnerschap is het extra belangrijk risico's zorgvuldig in te schatten en open te communiceren. Vervolgens kan tijdens de onderhandelingen afspraken gemaakt worden over verdeling van deze risico's.

¹ <https://www.noordzeeloket.nl/@293137/blueprint-maripark/>

Verdere aanscherping van technische specificaties voor de uitvraag

Dit rapport biedt inzicht in potentiële locaties en randvoorwaarden voor elektrisch laden op zee. Het onderzoek heeft een verkennend karakter, en er zijn nog diverse aspecten die nader onderzocht moeten worden voordat de technische specificaties in een definitieve uitvraag kan worden opgesteld.

Hieronder worden enkele belangrijke vervolgstappen benoemd die de komende maanden uitgevoerd kunnen worden om de inhoud van de uitvraag verder te verfijnen.

1. Haalbaarheidsonderzoek van potentiële laadlocaties

Het rapport benoemt vijf mogelijke locaties voor het laden van ERTV's in de toekomst. Deze locaties zijn geselecteerd op basis van interviews, waaruit bleek dat er mogelijk een (toekomstige) stroombron beschikbaar is. Echter, de daadwerkelijke haalbaarheid van stroomvoorziening op deze locaties is nog niet onderzocht.

Doel: toetsen of aansluiting op de voorgestelde locaties haalbaar is en inventariseren welke technische, juridische en economische stappen nodig zijn.

Aanbevolen activiteiten:

- verdiepend gesprek met TenneT en aanwezige windexploitanten per locatie:
 - vaststellen van de technische mogelijkheden voor aansluiting op windturbines of een Offshore Substation;
 - het maken van afspraken over het elektrische laden van ERTV nabij of in vastgestelde veiligheidszones van windturbines en Offshore Substations van TenneT;
 - onderzoek naar het gebruik van ongebruikte kabelinvoeren (cable transits) bij turbines aan het einde van een string;
- juridisch onderzoek: analyseren welke stappen nodig zijn om een extra meetpunt en stroomlevering mogelijk te maken op zee;
- businesscase-analyse: bepalen van de financiële haalbaarheid van het laadconcept en identificeren van factoren die de businesscase positief beïnvloeden;
- toetsing van koppelprojecten: onderzoeken of en hoe koppelprojecten op de locaties geïntegreerd kunnen worden.

2. Keuze tussen e-boei en e-tower

Het rapport geeft aan dat, gezien de omstandigheden op de Noordzee, een paalvariant (e-tower) de voorkeur heeft. Hoewel veel randvoorwaarden voor beide concepten overeenkomen, is het belangrijk om een keuze te maken om de technische specificaties verder te verfijnen.

Doel: vastleggen van het meest geschikte laadconcept, rekening houdend met operationele, technische en economische aspecten.

3. Keuze tussen enkelvoudig of modulair laadconcept

Tijdens interviews werd het idee van een laadplein regelmatig genoemd. Het is essentieel om vast te stellen of de voorkeur uitgaat naar een enkelvoudig systeem of een modulair systeem met uitbreidingsmogelijkheden.

Doel: duidelijkheid krijgen over de schaalbaarheid van het laadconcept en de bijbehorende technische eisen voor de locatie.

4. Verfijning van randvoorwaarden

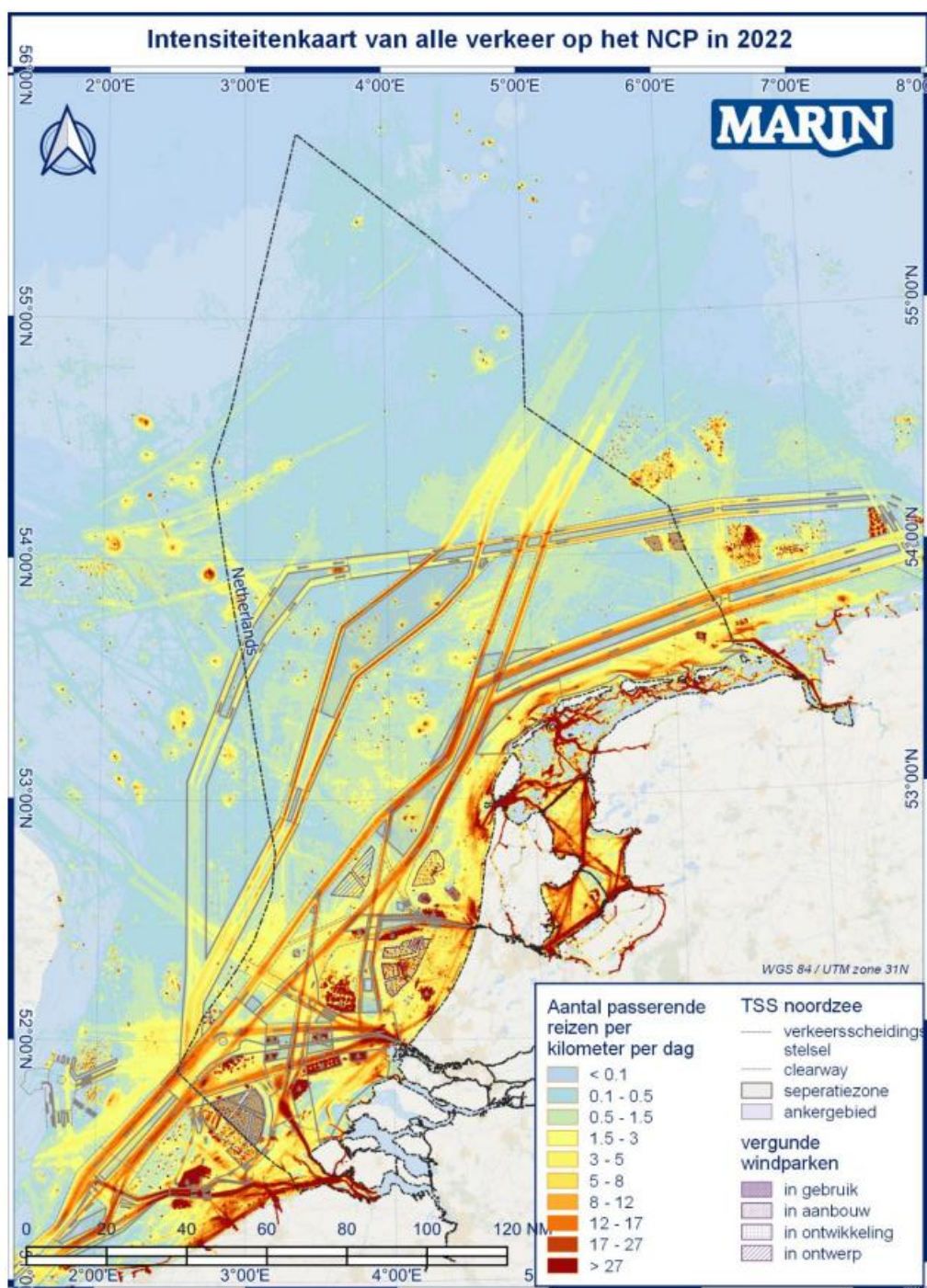
Het rapport bevat een lijst met randvoorwaarden voor het aansluiten en realiseren van laadfaciliteiten op zee. Voordat deze randvoorwaarden worden opgenomen in de technische specificaties, wordt geadviseerd om ze verder aan te scherpen op basis van de resultaten van bovenstaande activiteiten en aanvullende informatie.

Doel: waarborgen dat de randvoorwaarden volledig en actueel zijn voordat ze worden verwerkt in de aanbesteding.

Bijlage(n)

BIJLAGE: INTENSITEITENKAART SCHEEPSVERKEER IN 2022

Afbeelding I.1 Intensiteitenkaart scheepsverkeer in 2022





BIJLAGE: ACHTERGROND INFORMATIE LAADSYSTEEM OP PLATFORM OP ZEE

De onderstaande informatie is gebaseerd op een interview met een beheerder van olie-, gas-, conversie- en productieplatforms op de Noordzee.

Huidige situatie van platformen met een elektrische aansluiting:

- platform dicht bij Ameland: Dit platform heeft een aansluiting naar het land met een vermogen in de ordegrootte van 10 MW. Mogelijk ontstaat in de toekomst ruimte op de netaansluiting door een afnemende vraag, maar hoeveel en wanneer is momenteel niet te voorspellen;
- platform met aansluiting op het Duitse net: Er is een platform met een verbinding naar een Duits windpark;
- langdurig gebruik verwachte platformen: Platformen met een elektrische aansluiting blijven naar verwachting het langst in gebruik, met een levensduur van 15-20 jaar.

Andere projecten en organisaties die werken aan duurzaamheidsinitiatieven op de Noordzee:

- North Sea Energy Project: Studie van TNO en partners naar de mogelijkheden voor energieknooppunten op de Noordzee. Dit project onderzoekt de toekomst van platformen, kabels en leidingen, en kijkt naar waterstofproductie, hoewel dit nog aanzienlijke uitdagingen kent;
- SeaCurrent: Richt zich op de opwekking van getijdenenergie, met een focus op locaties rondom de Waddenzee en het verkennen van aansluitmogelijkheden;
- Poshydron: Onderzoekt waterstofproductie op zee en de aansluitmogelijkheden van hun platformen.

Hergebruik van platformen die buiten gebruik worden gesteld voor laadinfra:

- beperkte opties met elektrische aansluiting: Aangezien slechts drie platformen over een aansluiting beschikken, is de kans klein dat er binnenkort een geschikt platform met aansluiting beschikbaar komt;
- locatie nabijheid essentieel: Een geschikt platform moet dicht bij een windpark of andere aansluitoptie liggen, omdat de hoge kosten van lange kabels de besparing van hergebruik kunnen overtreffen;
- overdimensionering: Veel platformen zijn groot en daardoor overgedimensioneerd voor laadinfra qua omvang. Dit kan leiden tot hogere onderhoudskosten.

Gebruik van platformen voor het laden van schepen:

- veiligheidszone van 500 meter: Hoewel een veiligheidszone geldt, mogen schepen met een specifiek doel, zoals laden, deze zone betreden;
- geen grote obstakels: Er zijn enkele uitdagingen, maar geen onoverkomelijke belemmeringen;
- innovatiepotentieel: Het idee om schepen aan platformen te laden is nieuw, maar er wordt al nagedacht over de elektrificatie van bevoorradingsschepen;
- ruimte voor laadinfra: Op de meeste platformen is naar verwachting voldoende ruimte voor laadinfra, vooral bij buitengebruikgestelde platformen.

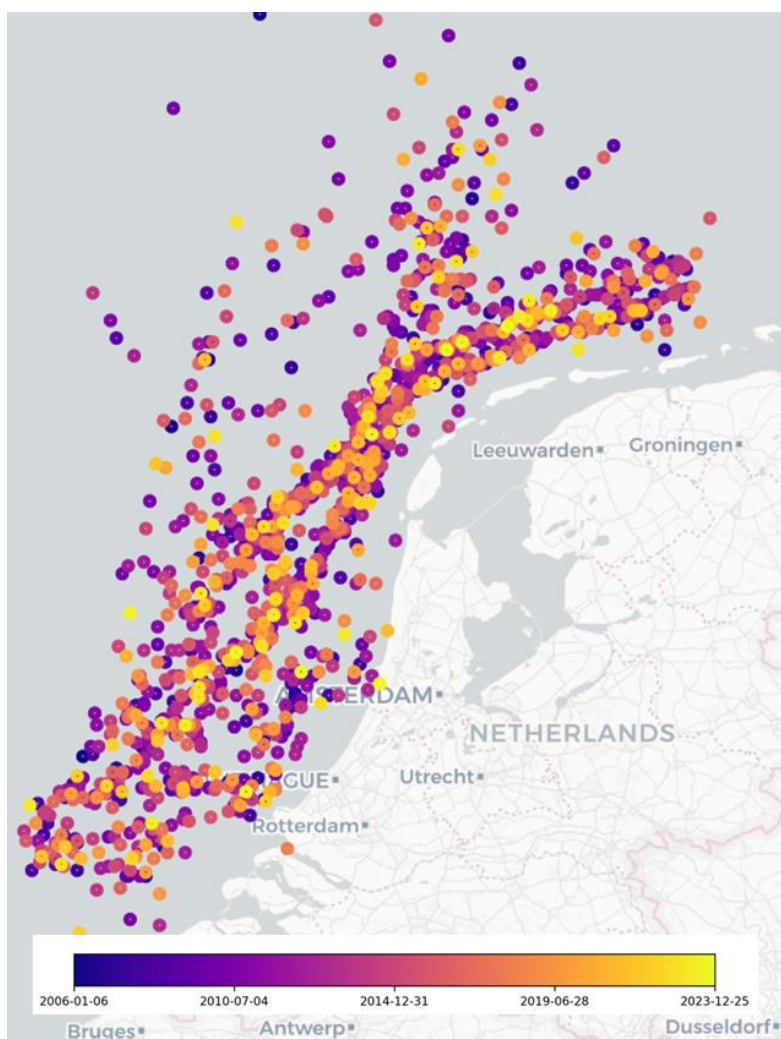
Belangrijkste risico's:

- wetgeving: De Nederlandse wet staat momenteel niet toe dat windenergie op zee direct wordt gebruikt. Deze regel belemmert zowel laadprojecten als waterstofinitiatieven;
- internationale verschillen: In Duitsland geldt deze beperking niet, waardoor daar al dergelijke projecten plaatsvinden;
- kip-en-ei-probleem: Zonder concrete plannen ziet de wetgever weinig reden om de wet aan te passen, terwijl projecten afhangen van aangepaste regelgeving om plannen verder uit te werken.

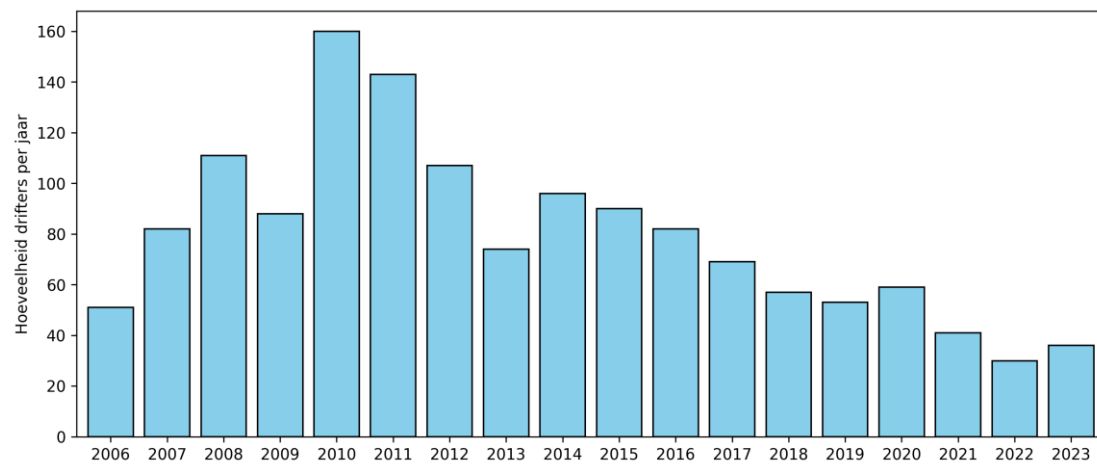


BIJLAGE: GEGEVENS ONBEWUSTE DRIFTERS 2006-2023

Afbeelding III.1 Gegevens onbewuste driftes 2006-2023



Afbeelding III.2 Gegevens onbewuste driftes 2006-2023

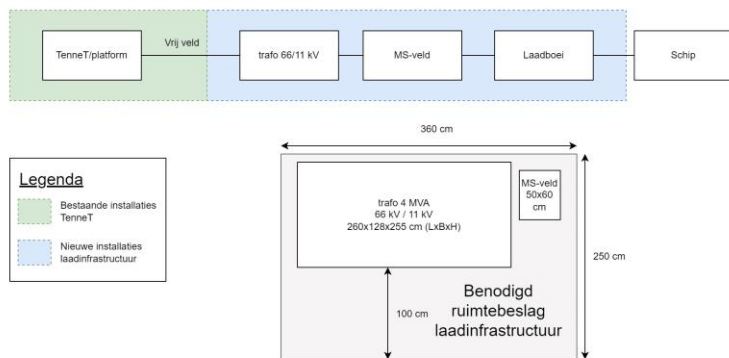


IV

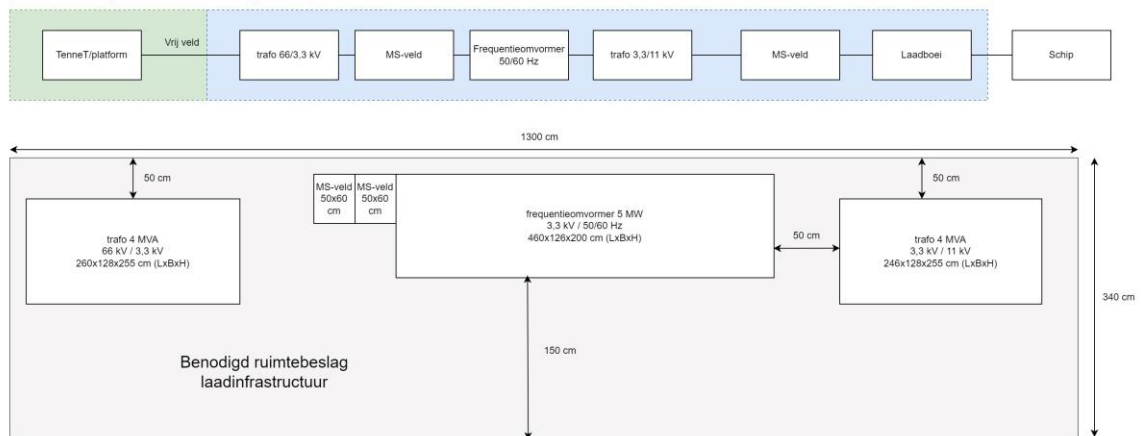
BIJLAGE: TECHNISCH ONTWERP AANSLUITEN OFFSHORE SUBSTATION VAN TENNET

Afbeelding IV.1 Technisch ontwerp aansluiten Offshore Substation van TenneT

Aansluiten op TenneT met schip 50 Hz



Aansluiten op TenneT met schip 60 Hz

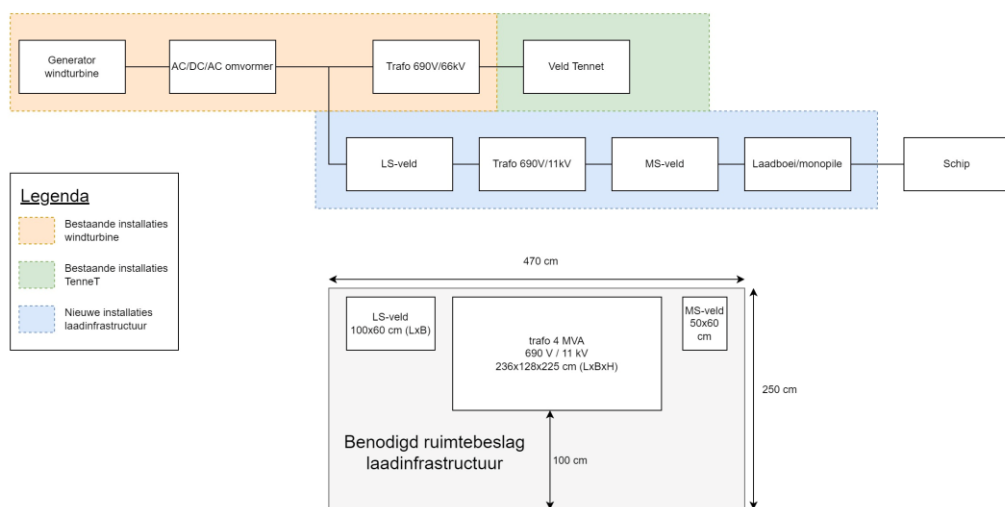




BIJLAGE: TECHNISCH ONTWERP AANSLUITEN OP WINDTURBINE

Afbeelding V.1 Technisch ontwerp aansluiten op windturbine

Aansluiten op windturbine met schip 50 Hz



Aansluiten op windturbine met schip 60 Hz

