

## RAPPORT

# Zeebodem, inclusief morfologie, archeologie en niet gesprongen explosieven


MER Aramis CO2 transportinfrastructuur

Klant: Aramis

Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2025

Status: Definitief/01

Datum: 9 februari 2024

	<b>CCS-ARAMIS Project</b>	
	<b>Environment Impact Assessment – Baseline report</b>	
	Document No.	ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2025
	Document title	Morphology offshore pipeline report
	Revision	Final 4.0



**Royal  
HaskoningDHV**  
*Enhancing Society Together*

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35  
3818 EX Amersfoort  
Netherlands  
Industry & Buildings

+31 88 348 20 00 **T**  
+31 33 463 36 52 **F**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Zeebodem, inclusief morfologie, archeologie en niet gesprongen explosieven

Sub titel: MER Aramis CO2 transportinfrastructuur  
Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2025  
Status: Definitief/01  
Datum: 9 februari 2024  
Projectnaam: MER CCS Aramis  
Projectnummer: BH8744

Classificatie

Projectgerelateerd

*Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.*

*Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.*

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Korte introductie van het Aramis initiatief	1
1.2	Korte introductie op het milieuthema zeebodem	3
1.2.1	Zeebodem	3
1.2.2	Relevante fases	3
1.2.3	Relevante milieuaspecten	3
1.2.4	Relevante alternatieven en varianten	4
1.3	Opbouw van het MER en dit detailrapport	5
<b>2</b>	<b>Beleid, wet- en regelgeving</b>	<b>7</b>
2.1	Internationaal	7
2.2	Nationaal	7
2.2.1	Waterbodem	7
2.2.2	Archeologie	9
2.2.3	Explosieven (Ontploffbare Oorlogsresten)	10
<b>3</b>	<b>Beschrijving onderzoeks- en beoordelingsmethodiek</b>	<b>12</b>
3.1	Onderzoeksmethodiek	12
3.2	Beoordelingsmethodiek	12
<b>4</b>	<b>Beschrijving referentiesituatie</b>	<b>14</b>
4.1	Beschikbare informatie	14
4.2	Huidige situatie	19
4.2.1	Bathymetrie (Bodemreliëf)	19
4.2.2	Samenstelling en kenmerken zeebodem	28
4.3	Autonome ontwikkelingen	33
4.3.1	Ontwikkelingen bodem	33
4.3.2	Ontwikkelingen windparken	34
<b>5</b>	<b>Milieueffecten tijdens gebruiksfase</b>	<b>35</b>
5.1	Morfologie	35
5.1.1	Effectbeoordeling morfologie	35
5.2	Bodemkwaliteit	36
5.2.1	Effectbeoordeling bodemkwaliteit	37
<b>6</b>	<b>Milieueffecten tijdens aanleg en ontmanteling</b>	<b>38</b>
6.1	Morfologie	38
6.1.1	Invloed morfologie op de leiding	38
6.1.2	Invloed bodemberoering op de morfologie	38
6.1.3	Effectbeoordeling morfologie	39

6.2	Vertroebeling	41
6.2.1	Vertroebeling bij aanleg van de Zeeleiding	41
6.2.2	Effectbeoordeling vertroebeling	48
6.3	Archeologie	49
6.3.1	De AMZ - Cyclus	49
6.3.2	Positie onderzoek MER in AMZ cyclus	50
6.3.3	Effectbeoordeling Archeologie	51
6.4	NGE (OO, Ontploffbare Oorlogsresten)	54
6.4.1	Effectbeoordeling NGE (OO)	54
<b>7</b>	<b>Milieueffecten tijdens onderhoud en onvoorziene situaties</b>	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>Milieueffecten buiten Aramis scope en cumulatie</b>	<b>56</b>
<b>9</b>	<b>Leemten in kennis en voorstel voor monitoring</b>	<b>57</b>
<b>10</b>	<b>Samenvatting milieueffecten</b>	<b>59</b>
10.1	Milieueffecten tijdens gebruiksfase	59
10.2	Milieueffecten tijdens aanleg en ontmanteling	60
<b>11</b>	<b>Referentielijst</b>	<b>62</b>
<b>12</b>	<b>Afkortingenlijst</b>	<b>63</b>

## 1 Inleiding

Voor u ligt het detailrapport over zeebodem, onderdeel van het bij het MER Aramis initiatief.

Dit detailrapport heeft betrekking op het milieuthema zeebodem. Hierbij zijn de mogelijke effecten op de morfologie beschreven, inclusief de archeologie. De effecten op de landbodem zijn in een aparte rapportage weergegeven.

Dit detailrapport bevat een gedetailleerde beschrijving en beoordeling van de effecten van alle onderdelen van het Aramis initiatief, en een globale beschrijving en beoordeling van de effecten van onderdelen die niet tot het Aramis initiatief behoren, maar wel tot de CCS-keten.

### 1.1 Korte introductie van het Aramis initiatief

#### Integrale Aramis CCS-keten

Om de klimaatdoelstellingen te behalen, is er behoefte aan additionele transportinfrastructuur voor CO<sub>2</sub>, waarmee meerdere opslaglocaties op zee worden ontsloten voor verschillende industriële emissiebronnen. Het Aramis initiatief speelt in op die behoefte door een nieuwe integrale en open CCS-keten mogelijk te maken. Het Aramis initiatief vormt een onderdeel van deze CCS-keten en bestaat uit de aanleg en exploitatie van een open CO<sub>2</sub>-transportinfrastructuur. Het Aramis initiatief wordt in de rapportage dan ook wel aangeduid als Aramis CO<sub>2</sub>-transportinfrastructuur. Samen met de afvanginfrastructuur en opslaginfrastructuur vormt dit de integrale CCS keten met onderstaande samenhangende onderdelen (zie figuur 1-1).

#### CO<sub>2</sub>-afvanginfrastructuur

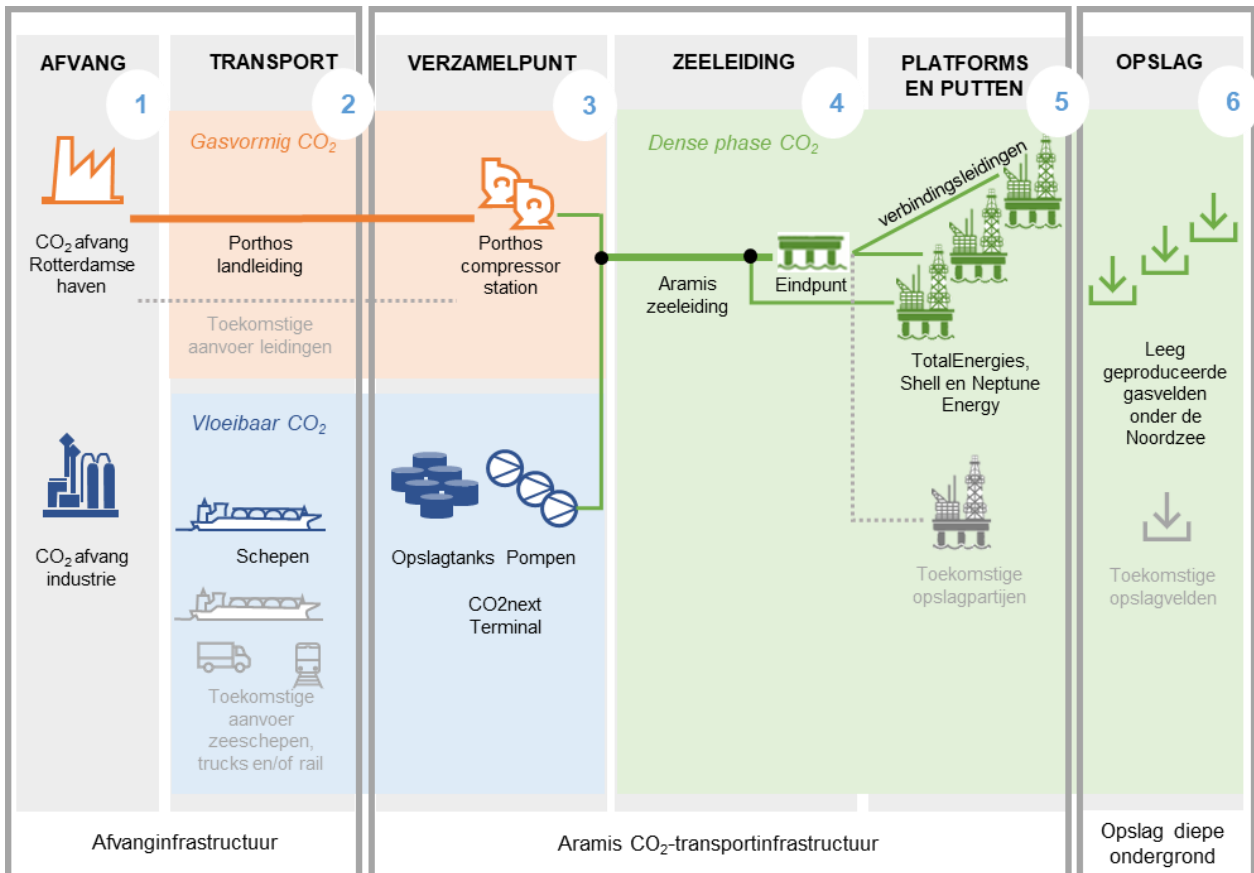
- 1 CO<sub>2</sub>-afvang bij industrie, en geschikt maken voor transport;
- 2 CO<sub>2</sub>-transport naar het verzamelpunt op de Maasvlakte, middels de Porthos landleiding of per schip;

#### CO<sub>2</sub>-transportinfrastructuur (Aramis initiatief)

- 3 CO<sub>2</sub>-verzamelpunt op de Maasvlakte met een compressorstation en een terminal.
  - Het compressorstation ontvangt gasvormig CO<sub>2</sub> dat aangevoerd wordt per landleiding (via de Porthos-landleiding) en brengt het op druk voor het transport per zeeleiding;
  - De terminal ontvangt vloeibaar CO<sub>2</sub> aangevoerd per schip. De terminal locatie bevat steigers, opslagtanks voor tijdelijke opslag van CO<sub>2</sub> en hogedrukpompen voor levering aan de zeeleiding. CO<sub>2</sub> uit het compressorstation en vanaf de terminal komen samen in de CO<sub>2</sub>-zeeleiding;
- 4 CO<sub>2</sub>-transport door de centrale CO<sub>2</sub>-zeeleiding naar het distributieplatform op de Noordzee. Dit platform is uitgerust met een verdeelstation voor toevoer van CO<sub>2</sub> naar de verschillende platforms. Er zijn tevens connectiepunten in de zeeleiding waar vandaan CO<sub>2</sub> aan platforms geleverd kan worden;
- 5 CO<sub>2</sub>-injectie: via verbindingsleidingen komt de CO<sub>2</sub> vanaf de zeeleiding bij injectieplatform. Middels putten bij deze platforms wordt CO<sub>2</sub> geïnjecteerd in leeg geproduceerde gasvelden in de diepe ondergrond van de Noordzee.

#### CO<sub>2</sub>-opslag diepe ondergrond

- 6 CO<sub>2</sub>-opslag: permanente CO<sub>2</sub> opslag in de diepe ondergrond.



Figuur 1-1. Overzicht van de integrale CCS-keten met daarin de componenten die onderdeel zijn van de voorgenomen activiteit, namelijk: transport per schip, terminal CO2next, uitbreiding compressorstation Porthos, zeeleiding met eindpunt en connectiepunten, aansluitleidingen en platforms

### Het Aramis initiatief

Het Aramis initiatief heeft als doel het verzamelpunt (onderdeel 3), de zeeleiding (onderdeel 4) en de injectie (onderdeel 5) te realiseren. Hiervoor wordt door het Aramis consortium (bestaande uit Shell, TotalEnergies, Gasunie en EBN) samengewerkt met CO2next (voor de terminal) en Porthos (voor het compressorstation). De opslag vindt plaats vanaf de platforms van Shell, TotalEnergies en Neptune Energy.

De afvang (onderdeel 1) en transport van CO<sub>2</sub> naar het verzamelpunt (onderdeel 2) vallen buiten het Aramis initiatief<sup>1</sup>. In het MER worden deze aspecten wel benoemd en op hoofdlijnen beschreven, omdat ze integraal onderdeel uitmaken van de integrale Aramis CCS keten.

De opslag in de diepe ondergrond (onderdeel 6) valt eveneens buiten het initiatief. Voor de diepe ondergrond gelden geen milieuregels. De mogelijke gevolgen van opslag in de diepe ondergrond wordt echter wel apart beschreven in het MER middels de deelrapporten opslag diepe ondergrond.

Bij de aanleg van Aramis wordt rekening gehouden met toekomstige uitbreiding met meer leveranciers van CO<sub>2</sub> en meer opslagpartijen. In eerste instantie wordt vergunning aangevraagd voor een startsituatie en de eerste uitbreidingssituatie. Dit wordt in het MER getoetst. Toekomstige initiatieven *na* de eerste uitbreidingssituatie behoren niet tot de vergunningaanvraag maar worden in het MER wel (globaal) beschreven.

<sup>1</sup> Een deel van de schepen die CO<sub>2</sub> leveren aan de terminal is afkomstig van Aramis-initiatiefnemers.

De ingebruikname verwachten de Aramis initiatiefnemers in 2028, waarbij tegelijk al de eerste activiteiten zoals beschreven in de eerste uitbreidingsituatie kunnen starten. Voor het bereiken van de maximale doorvoercapaciteit is enkele jaren later als uitgangspunt in het MER aangehouden.

Een uitgebreide beschrijving van het Aramis initiatief is opgenomen in het deelrapport technische beschrijving en het samenvattend hoofdrapport MER (zie figuur 1-3).

## 1.2 Korte introductie op het milieuthema zeebodem

### 1.2.1 Zeebodem

Effecten op de zeebodem treden op als gevolg van ingrepen in de bodem tijdens de aanleg van de transportleiding op zee. Ook kunnen effecten optreden door verontreinigingen tijdens de gebruiksfase of bij calamiteiten. De toetsing voor de zeebodem is uitgevoerd middels een bureaustudie, gebaseerd op survey informatie en beschikbare informatie.

### 1.2.2 Relevante fases

Het MER bestudeert die aspecten van een activiteit die de fysieke leefomgeving kunnen beïnvloeden. De milieueffecten van de alternatieven en varianten voor het thema zeebodem worden beschreven. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de aanlegfase en gebruiksfase, en worden de mogelijke effecten van een incident beschreven; namelijk:

- De aanlegfase bestaat uit de aanleg van de boortunnel (tunnel of Direct pipe), uitbaggeren van de bodem, plaatsen van de zeeleiding en aansluitleidingen naar de platforms op de zeebodem of ingraven in de zeebodem, plaatsen van de nieuwe platforms en boren van nieuwe putten.
- De gebruiksfase bestaat uit de start-up en shutdown van de transportleiding waarbij de druk en temperatuur van CO<sub>2</sub> in de buisleiding zal toenemen en afnemen. Gedurende de normale gebruiksfase (de periode tussen start-up en shutdown) wordt een constante druk en temperatuur aangenomen.

In de eerste fase van de m.e.r.-procedure voor het Aramis initiatief is afgebakend welke onderwerpen binnen dit thema relevant zijn om te onderzoeken en hoe. Dit is beschreven in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau die 18 november 2022 definitief is vastgesteld door de Minister voor Klimaat en Energie.

### 1.2.3 Relevante milieuaspecten

Voor het milieuthema zeebodem zijn de volgende milieuaspecten relevant:

- Morfologie, bodemberoering;
- Vertroebeling van het water ten gevolge van de graafwerkzaamheden;
- Archeologie, verstoring archeologische waarden en wrakken;
- Ontploffbare Oorlogsresten (OO, voorheen Niet Gesprongen Explosieven (NGE)), verstoring;
- Bodemkwaliteit, specifiek bodemtemperatuur.

Dit detailrapport beschrijft bovenstaande milieueffecten. Effecten op de zeeleiding door bijvoorbeeld vissersnetten wordt hier niet meegenomen, maar zijn beschreven in Detailrapport Nautische Veiligheid (Deelrapport Milieueffecten, bijlage 14). Ook de impact van de vertroebeling op de natuur en ecologie is niet meegenomen in dit detailrapport, maar wordt beschreven in de Detailrapporten Ecologie (Deelrapport

Milieueffecten, bijlage 5 Passende Beoordeling en Deelrapport Milieueffecten, bijlage 8 Natuurtoets Soorten).

### 1.2.4 Relevante alternatieven en varianten

In het MER zijn verschillende alternatieven en varianten onderzocht. Tabel 1.1 toont de voor Zeebodem aspecten relevante alternatieven en varianten.

Alternatieven	Voorgenomen activiteit	Alternatief
Kruising Maasgeul	Tunnel vanaf haaienvin bij Edisonbaai	Direct pipe (DP) nabij kruising Porthos leiding
Routing van de Zeeleiding	Westelijke route langs K14 platform West 2	Westelijke route langs K14 platform West 1 Alternatief 3 Centrale route
Varianten		Variant
Type hub op zee	Platform installatie voor knooppunten	Knooppunt op zeebodem

Tabel 1.1 - Relevante alternatieven en varianten voor het aspect Morfologie (Zeebodem)

De verschillen in de routes van de alternatieven zijn klein, maar kunnen er wel voor zorgen dat de impact op de zeebodem net anders beoordeeld wordt. Het verschil in de routes is als volgt aan te geven:

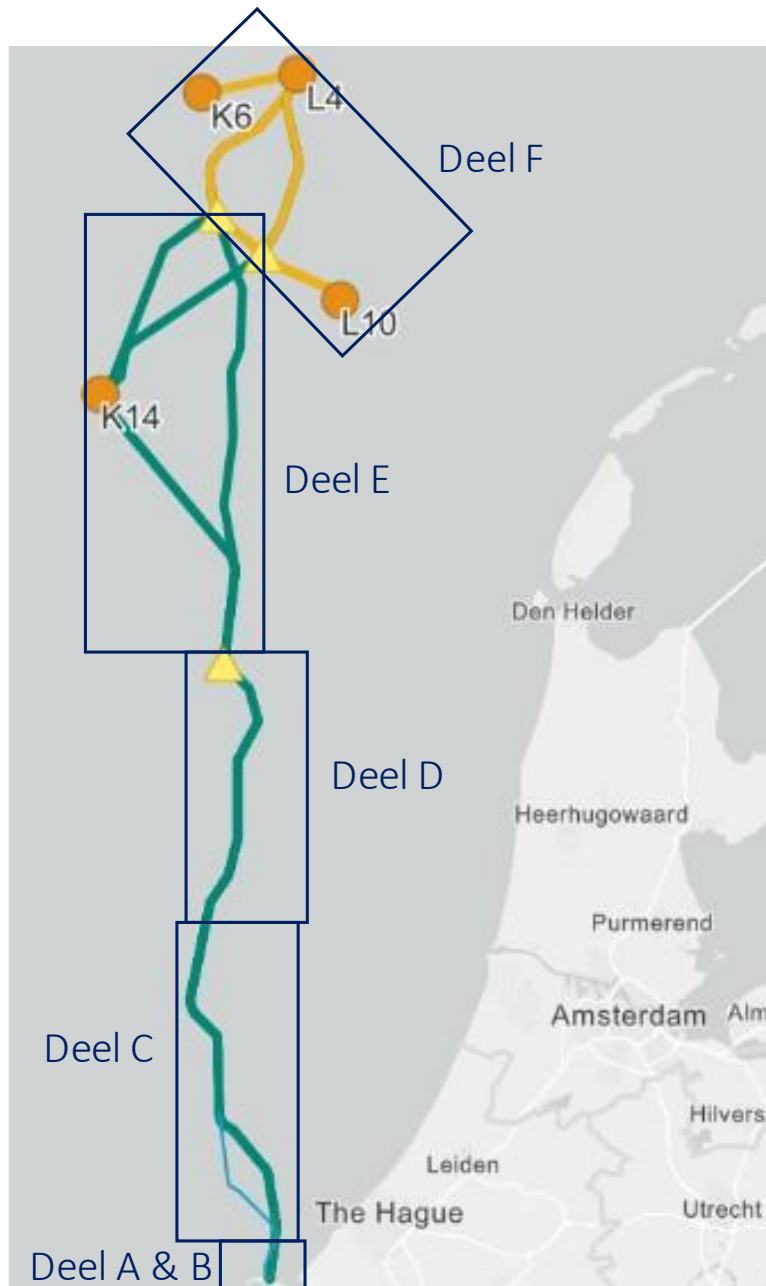
- De route van alternatief West 1 loopt aan de noordkant en zuidkant door een puntje van toekomstig windpark Lagelander
- De route van alternatief West 2 loopt alleen aan de zuidkant door het puntje van toekomstig windpark Lagelander
- De route van alternatief 3 loop midden door toekomstig windpark Lagelander

In de beoordeling van de effecten wordt rekening gehouden met de wijze van realisatie van de pijpleiding. Hiervoor is de route opgedeeld in 6 delen. In Figuur 1-2 zijn de routes van alle varianten in één figuur weergegeven met daarbij de aanduiding van de 6 delen.

Deel	Wijze realisatie pijpleiding	Traject
A – Kruising Maasgeul	Direct pipe	0 – 2 km
B – Kruising Maasgeul	Tunnel	0 – 3 km
C – Zeeleiding Nearshore	Leggen en ingraven	2/3 – 70 km
D – Zeeleiding Offshore	Leggen (mogelijk ingraven)	70 – 153,4 km
E – Zeeleiding Offshore Noord naar D-HUB	Leggen (mogelijk ingraven)	153,4 – 200 km
F – D-HUB naar operators	Leggen (mogelijk ingraven)	

Tabel 1.2 – Aanduiding onderdelen van de zeeleiding vanaf de kruising met de Maasgeul.





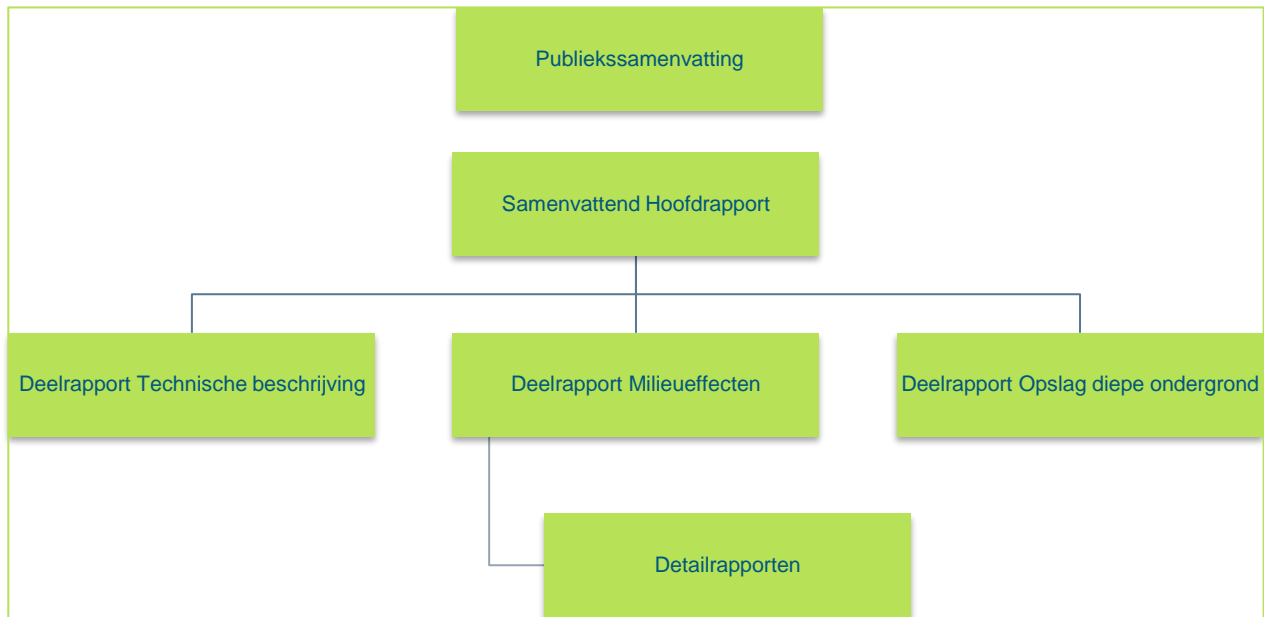
Figuur 1-2 - Tracés van de Zeeleiding uit voornemen en alternatieven in een gecombineerde figuur. De leiding van L4A naar K6-C en het platform K6-C is inmiddels geen onderdeel meer van het MER.

### 1.3 Opbouw van het MER en dit detailrapport

Voor het Aramis initiatief is een gecombineerd Plan-/ProjectMER opgesteld. Figuur 1-3 geeft de rapportagestructuur van het MER Aramis. Het MER bestaat uit een Samenvattend Hoofdrapport, voorzien van een Publiekssamenvatting. Ter onderbouwing van het Samenvattend Hoofdrapport zijn deelrapporten opgesteld. Dit betreft het deelrapport Technische beschrijving van Aramis, het deelrapport Milieueffecten met daarbij de onderliggende technische detailstudies en de deelrapporten Opslag diepe ondergrond.

Doordat CO<sub>2</sub> in meerdere geologische voorkomens wordt opgeslagen, zijn er voor de opslag diepe ondergrond meerdere deelrapporten opgesteld.

Het voorliggende rapport is het detailrapport Zeebodem. De bevindingen uit dit detailrapport zijn opgenomen in het Deelrapport Milieueffecten, en op hoofdlijnen in het Samenvattend Hoofdrapport.



Figuur 1-3 - Overzicht rapportagestructuur MER Aramis

### Opbouw van dit detailrapport

Dit detailrapport beschrijft in het volgende hoofdstuk allereerst welk kader van beleid, wet- en regelgeving van toepassing is voor het thema bodem. In hoofdstuk 3 is toegelicht hoe het onderzoek is uitgevoerd en hoe de effecten zijn beoordeeld. De referentiesituatie is in hoofdstuk 4 beschreven. De referentiesituatie is de situatie die ontstaat op grond van de huidige situatie en alle relevante autonome ontwikkelingen die verwacht worden in het studiegebied. Het dient als vergelijkingsbasis voor het bepalen van de milieueffecten. In de hoofdstukken 5, 6 en 7 zijn de milieueffecten beschreven en beoordeeld, voor de gebruiksfase, tijdens de aanleg en ontmanteling, en tijdens onderhoudswerkzaamheden en onvoorziene situaties. Hoofdstuk 8 gaat op globaal niveau in op de effecten van alle ketenonderdelen die niet binnen de scope vallen van het Aramis initiatief, maar hier wel mee samenhangen. Tevens is hier ingegaan op de mogelijke cumulatieve effecten. Hoofdstuk 9 bevat een opsomming van alle ontbrekende informatie voor het milieuthema bodem en een voorstel voor hoe de effecten op bodem gemonitord kunnen worden. Tot slot bevat hoofdstuk 10 de samenvatting van bevindingen en de toetsing aan de wet- en regelgeving.

## 2 Beleid, wet- en regelgeving

Dit hoofdstuk beschrijft welk beleid en welke wet- en regelgeving relevant is voor het Aramis initiatief voor het thema Zeebodem. Dit maakt duidelijk binnen welke randvoorwaarden het Aramis initiatief tot stand moet komen.

### 2.1 Internationaal

De grenzen van het Nederlandse deel van de Noordzee hebben bestuurlijke en juridische betekenis, maar het gebruik, de natuur en het ecosysteem zijn grensoverschrijdend. Het beleid voor de Noordzee wordt in hoge mate bepaald door internationale kaders. Het **VN-Zeerechtverdrag (UNCLOS)** is het alomvattende juridische kader voor het gebruik van zeeën en oceanen. Een aantal verdragen, waarbij Nederland partij is, en samenwerkingsverbanden kan worden gezien als een nadere uitwerking van de algemene regels vervat in het VN-Zeerechtverdrag (Programma Noordzee 2022-2027, p.16-17).

Op **mondiaal en regionaal niveau** worden diverse afspraken gemaakt over zeegebonden activiteiten, veiligheid, en de bescherming van het zeemilieu. De belangrijkste samenwerkingsverbanden en verplichtingen die relevant zijn voor het aspect Zeebodem binnen het Aramis project (Programma Noordzee 2022-2027, p.16-17): het Oceanenbeleid afspraken in het kader van de Internationale Maritieme Organisatie (IMO), het Verdrag van Londen en het daarbij behorende London Protocol van 1996, en tot slot het Verdrag van Valletta (Verdrag van Malta in relatie tot Archeologie).

Op **Europees niveau** zijn in het bijzonder de Kaderrichtlijn Water (KRW), Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM), Richtlijn Maritieme Ruimtelijke Planning (MSP) en het Gemeenschappelijk Visserijbeleid (GVB) relevant voor dit detailrapport. Dit geldt ook voor de Oslo Parijs Conventie voor de bescherming van het mariene milieu in het Noord-Oost Atlantische gebied, inclusief de Noordzee (OSPAR), veelal via KRM-implementatie. Kenmerkend voor OSPAR is de uitwerking in aparte strategieën voor: eutrofiëring, milieugevaarlijke stoffen, olie, zwerfvuil en radioactiviteit.

Voor de **Noordzeelanden** is de Politieke Verklaring van Noordzee-energieministers (The North Seas Energy Cooperation 2020-2023, als vervolg op de verklaring 2016-2019) ter versterking van de samenwerking bij de ontwikkeling van offshore duurzame energie, met onder andere aandacht voor ruimtelijke planning en ecologie, relevant. Ook relevant is de samenwerking (The North Sea Region Maritime Spatial Planning Collaboration Group, 2021) op grond van artikel 11 uit de Europese Richtlijn Maritieme Ruimtelijke Planning tussen Noordzeelanden ten behoeve van afstemming ter bevordering van grensoverschrijdende coherentie tussen plannen.

### 2.2 Nationaal

#### 2.2.1 Waterbodem

##### Omgevingswet (2024)

De wet regelt de omzetting in Nederlands recht van de waterkwaliteitsdoelstellingen van de KRW, inclusief de doelstellingen van de Grondwaterrichtlijn uit 2006 en de bovengenoemde Europese Richtlijn Prioritaire stoffen. De doelstellingen voor de goede chemische toestand en de goede ecologische toestand voor oppervlaktewaterlichamen en grondwaterlichamen worden hiermee vastgelegd in de vorm van milieukwaliteitseisen. Daarnaast regelt de wet het beheer van oppervlaktewater en grondwater en verbetert ook de samenhang tussen waterbeleid en de fysieke leefomgeving. De in de Omgevingswet opgenomen doelstellingen vormen een uitwerking van de grondwettelijke opdracht aan de overheid om zorg te dragen voor de woonbaarheid van het land en de bescherming en verbetering van het leefmilieu. Verdere uitwerking vindt plaats in het Besluit activiteiten leefomgeving, het Besluit kwaliteit leefomgeving en het Omgevingsbesluit, bijvoorbeeld in normen en eisen. Zo zijn waterbeheerders

verplicht te voldoen aan een aantal belangrijke waterkwaliteitseisen. Voor de oppervlaktewaterkwaliteit gelden chemische en ecologische kwaliteitsnormen. Voor de grondwaterkwaliteit gelden alleen chemische kwaliteitsnormen. Voor waterkwaliteitsnormen verwijst de wet naar stoffenlijsten en normen die zijn vastgelegd in de wet zelf, de Kaderrichtlijn Water en de Grondwaterrichtlijn.

### **Nationaal Waterprogramma (2022-2027)**

In een nationaal waterprogramma (voorheen waterplan) zijn de hoofdlijnen vastgelegd van het nationale waterbeleid en de uitvoering ervan in de Rijkswateren en -vaarwegen. De wettelijke doelstellingen en normen van de gewenste ontwikkeling, werking en bescherming die nodig is voor de watersystemen zijn vastgelegd in het **Nationale Waterprogramma (NWP)**. Deze wordt elke zes jaar herzien. Met dit Nationaal Waterprogramma voldoet Nederland aan de Europese eisen die voortvloeien uit de Kaderrichtlijn Water (KRW), de Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR) en de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KMS). Het NWP 2022-2027 is vastgesteld op 18 maart 2022. Hierin is o.a. het volgende opgenomen over CO<sub>2</sub>-opslag: *Voldoende ruimte voor opslag van CO<sub>2</sub> in lege olie- en gasvelden of in ondergrondse waterhoudende bodemlagen (aquifers). Dit als tijdelijk instrument tijdens het verloop van de transitie naar een volledig duurzame energievoorziening*" (p.214).

Een belangrijk onderdeel van het NWP is het Programma Noordzee. Het Akkoord voor de Noordzee (tussen het Rijk en betrokken belangenorganisaties), de internationale beleidsontwikkelingen en de Nationale Omgevingsvisie (NOVI) vormen de basis voor de beleidsvoornemens die in het Programma Noordzee 2022-2027 zijn uitgewerkt. Voor het aspect Zeebodem zijn de volgende beleidsvoornemens relevant:

- Voor scheepvaart is opgenomen een verbeterde voorwasprocedure ter voorkoming van persistente drijvende stoffen in het milieu.
- Voor kabels en leidingen is een beoordelingsmethode voor de verwijderingsplicht ontwikkeld, met leidende criteria voor hinder voor ander gebruik, veiligheid, milieueffecten en kosten. Indien de kabels en leidingen mogen blijven liggen, worden deze schoon en veilig achtergelaten.

### *Ruimtelijke samenhang windparken en mijnbouwactiviteiten op de Noordzee<sup>2</sup>*

Minister Jetten (Klimaat en Energie) heeft de kamer in mei 2023 geïnformeerd over de conflicterende ruimte vraag op de Noordzee, de ruimtelijke samenhang van de energie-activiteiten (windenergie, mijnbouw, CO<sub>2</sub>-opslag en waterstof) op de Noordzee. De ruimte is hier is een schaars goed op de steeds voller wordende Noordzee. Een Noordzee waar bovendien ook ruimte moet zijn voor de transities naar een duurzame voedselvoorziening en naar een ecologisch gezonde Noordzee. De verdeling van de ruimte op de Noordzee wordt primair geregeld in het Programma Noordzee 2022-2027, dat onderdeel is van het Nationaal Waterprogramma 2022-2027. In deze Rijksstructuurvisie is voor windenergie op zee ruimte gereserveerd voor de periode tot en met 2031. Tevens heeft het kabinet hierin aangekondigd dat er een Partiële Herziening (een tussentijdse wijziging) komt van datzelfde Programma Noordzee. Bij de voorbereiding van de Partiële Herziening en ook in de uitvoering van de huidige routekaart windenergie op zee voor de periode tot en met 2031 zijn er knelpunten geconstateerd om de windparken als mijnbouwactiviteiten op zee in te passen. Ook met het inpassen van (voorgenomen) scheepvaartroutes. De knelpunten worden op dit moment onderzocht. Met de publicatie van de Partiële Herziening zal duidelijk zijn of deze knelpunten het Aramis project raken.

<sup>2</sup> Kamerbrief van Minister Jetten, d.d. 17 mei 2023

### 2.2.2 Archeologie

In de **Visie Erfgoed en Ruimte (2011)** is als doelstelling voor de Noordzee opgenomen om het cultureel erfgoed goed te positioneren bij ruimtelijke ontwikkelingen op de Noordzee. Het rijksbeleid is gebaseerd op de uitgangspunten van het **Verdrag van Valetta (1992)** (ook wel verdrag van Malta genoemd), dat strekt tot bescherming van het archeologische erfgoed als bron van het Europese gemeenschappelijke geheugen en als middel voor geschiedkundige en wetenschappelijke studie. In het bijzonder gaat het om:

- het streven naar het zoveel mogelijk behouden van archeologische waarden in de bodem (in situ),
- een meldplicht voor archeologische vondsten,
- het meewegen van het archeologisch belang in de ruimtelijke ordening en
- het waarborgen dat milieueffectrapportages en de daaruit voortvloeiende beslissingen rekening houden met archeologische vindplaatsen en hun context.
- Tenslotte is het uitgangspunt dat de kosten voor het benodigde archeologisch onderzoek aan de verstoorder worden doorberekend (het 'verstoorder betaalt'-principe).

#### **NOVI (2020)**

Ook de **Nationale Omgevingsvisie (NOVI)** (2020) noemt het behoud en versterken van cultureel erfgoed als nationaal belang. Het archeologische erfgoed in en op de zeebodem maakt hier deel van uit. Het beleid is dat het archeologisch erfgoed zoveel mogelijk in de bodem (in situ) behouden blijft. Door archeologische vindplaatsen vroegtijdig te inventariseren, kunnen in de Noordzee in-situ behoud en ruimtelijke ontwikkelingen meestal goed samengaan. Als in-situ-behoud niet mogelijk blijkt, kan het de voorkeur hebben om de archeologische vindplaats op te graven en zodoende de informatiewaarde ervan veilig te stellen (Aanvullend ontwerp Programma Noordzee 2022-2027).

#### **Erfgoedwet (2016)**

Voor de territoriale zee en de aansluitende zones is met name hoofdstuk 5 van de Erfgoedwet – dat ziet op de archeologische monumentenzorg – van belang. Het uitgangspunt hiervan is een opgravingsverbod. Waarbij de definitie van opgraving als volgt luidt: *“als handelingen te verrichten met betrekking tot het opsporen, onderzoeken of verwerven van cultureel erfgoed of onderdelen daarvan, waardoor verstoring van de bodem, of verstoring of gehele of gedeeltelijke verplaatsing of verwijdering van een archeologisch monument of cultureel erfgoed onder water optreedt. Opgravingen kunnen slechts worden uitgevoerd met een certificaat dat op aanvraag wordt verstrekt door een instelling die door de Minister van OC&W hiertoe is aangewezen.”*

Het **Mijnbouwbesluit** bepaalt dat indien bij mijnbouwactiviteiten op het continentaal plat een (vermoedelijk) archeologisch monument<sup>3</sup> wordt gevonden of een archeologische vondst<sup>4</sup> wordt aangetroffen, artikel 5.10 van de Erfgoedwet van toepassing is en dat de artikelen 56, 58, eerste lid, en 59 van de Monumentenwet 1988, zoals die wet luidde voor inwerkingtreding van de Erfgoedwet, van overeenkomstige toepassing zijn.

<sup>3</sup> Als bedoeld in artikel 1.1 van de Erfgoedwet.

<sup>4</sup> Als bedoeld in artikel 1.1 van de Erfgoedwet.

Binnen de territoriale zee en aansluitende zone (het gebied buiten de territoriale wateren tot 24 zeemijlen) geldt dat voor het opgraven van archeologische monumenten, waaronder wrakken vallen, een opgravingsvergunning verplicht is.

De opgravingsvergunning is verplicht op grond van artikel 45 t/m 47a van de Monumentenwet 1988. Verder geldt vanuit de Monumentenwet 1988 de verplichting dat bij de uitvoering van werken aangetroffen zaken, waarvan redelijkerwijs vermoed kan worden dat deze van cultuurhistorisch belang zijn, worden gemeld aan de RCE. Voor wrakken met een cultuurhistorische waarde moet een nadere afweging worden gemaakt, alvorens ze worden geborgen of geruimd. Bij deze afweging zijn de uitgangspunten van de annex van de UNESCO Verdrag voor de Bescherming van Onderwatererfgoed sturend. Dit verdrag heeft tot doel om plundering van archeologisch erfgoed onder water, veelal scheepwrakken, tegen te gaan. Naast een juridisch instrument is met name het mechanisme voor internationale samenwerking dat het Verdrag biedt, van belang. Verder verplichten het verdrag van Malta en het UNESCO-verdrag Nederland ertoe om in het toepassingsgebied van het verdrag bij economische activiteiten die onder hun jurisdictie vallen het onderwater cultureel erfgoed te beschermen en negatieve gevolgen te mitigeren.

Momenteel onderzoekt het kabinet stappen om te komen tot ratificatie van het UNESCO-verdrag voor de Bescherming van Onderwatererfgoed.

[www.noordzeeloket.nl](http://www.noordzeeloket.nl) d.d. 20/4/2023

### Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie

In de **Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie** (KNA) wordt verwezen naar een aantal leidraden op plekken waar deze een relevante aanvulling vormen in de toepassing van methoden en technieken. Leidraden kunnen beschouwd worden als een 'best practice' voor specifieke onderdelen binnen het archeologisch onderzoek. KNA Waterbodems, versie 4.1 beschrijft alle procedures en eisen voor het archeologisch onderzoeksproces die relevant zijn voor het leggen van de Zeeleiding.

### 2.2.3 Explosieven (Ontplofbare Oorlogsresten)

In de landelijke wet- en regelgeving van toepassing omtrent bodem (bescherming), wordt in plaats van de term niet-gesprongen explosieven (NGE) de term conventionele explosieven (CE) gebruikt.

#### Landelijke wet- en regelgeving

In artikel 4.10 van het Arbeidsomstandighedenbesluit uit 1997 is bepaald dat **bedrijven** die werkzaamheden verrichten omtrent het opsporen, benaderen en ruimen van niet gesprongen explosieven **certificering plichtig zijn**. Certificatie van opsporingsbedrijven vindt plaats op basis van het zogenoemde werkveldspecifieke certificatieschema voor het Systeemcertificaat Opsporen Conventionele Explosieven (WSCS-OCE).

Deze regel treedt in werking zodra er inschattingen gemaakt gaan worden van risico's en de vervolgstappen (zoals het benaderen van een explosief). Deze regelgeving is nog niet van toepassing als er een eerste inschatting gemaakt wordt van de trefkans op niet-gesprongen explosieven in de bodem. Het doen van een historisch feitenrelaas (zoals de provinciale signaleringskaart) is niet gebonden aan de landelijke regels, zoals het WSCS-OCE dat wel is.

#### Rol van de provincie

De provincie heeft geen formele rol (op het gebied van vergunningen, toezicht en handhaving) ten aanzien van niet-gesprongen explosieven. Door het opstellen van de signaleringskaart heeft de provincie faciliterend opgetreden richting gemeenten en initiatiefnemers van ruimtelijke ontwikkelingen. Door de provincie is dan ook geen specifiek beleid opgesteld voor de omgang met niet-gesprongen explosieven.

### Rol van de gemeente als bevoegd gezag

Bij het opsporen en ruimen van niet-gesprongen explosieven is de openbare orde en veiligheid het bepalende uitgangspunt. De burgemeester is op grond van artikel 172 van de Gemeentewet belast met de handhaving daarvan. Aan hem staan daartoe diverse bevoegdheden ter beschikking, waaronder het geven van noodbevelen en het vaststellen van een noodverordening. De beslissing om in een concrete situatie al dan niet over te gaan tot het opsporen en ruimen van explosieven is dus de bevoegdheid van de burgemeester. Er geldt overigens geen verplichting om over te gaan tot opsporing en ruiming. Dit hangt af van het concrete geval en dat wordt vooral beoordeeld in relatie tot het huidige en toekomstige gebruik van het gebied.

Er kunnen op hoofdlijnen twee aanleidingen worden genoemd voor het uitvoeren van een vooronderzoek naar Ontploffbare Oorlogsresten (OO) en vervolgens het opsporen en ruimen van OO, namelijk:

- **Spontane vondst van een OO**, bijvoorbeeld tijdens het graven bij werkzaamheden. De spontane vondst van een OO moet worden gemeld bij de Kustwacht. De Kustwacht besluit afhankelijk van de situatie ter plaatse of de Explosieven Opruiming Dienst (EOD, Defensie) gewaarschuwd moet worden. De EOD bepaald op basis van onderzoek ter plaatse welke maatregelen er worden genomen en zal dat vervolgens afstemmen met de burgemeester en de politie.
- Het **vermoeden** dat in een bepaald gebied niet gesprongen explosieven in de (water) bodem zitten, meestal in combinatie met bijvoorbeeld bouwplannen in dat gebied. In dat geval wordt er altijd gestart met een **vooronderzoek**, zo nodig gevolgd door de opsporing en ruiming van OO. Het verrichten van vroegtijdig vooronderzoek is zowel van belang voor de veiligheid, maar ook om te voorkomen dat op een later moment grote vertraging in bijvoorbeeld bouwprojecten optreedt.

### 3 Beschrijving onderzoeks- en beoordelingsmethodiek

Dit hoofdstuk beschrijft de aanpak waarmee de milieueffecten worden bepaald en beoordeeld.

#### 3.1 Onderzoeksmethodiek

Vanuit de MER beoordelingsmethodiek is informatie nodig over:

- de referentiesituatie; dat is de huidige situatie plus autonome ontwikkelingen (bijvoorbeeld aan de hand van scenario's en reeds vergunde projecten) en
- een inschatting op basis van 'expert judgement' (kwalitatief) en/of op basis van survey informatie welke invloed het voornemen zal hebben op de referentiesituatie.

In Tabel 3.1 zijn de relevante criteria en aspecten opgenomen voor de Zeebodem.

Tabel 3.1 - Overzicht relevante milieuaspecten Zeebodem

Milieu aspect	Fase	Wijze
Morfologie	Aanleg Gebruik	'Expert judgement' op het morfologische aspect en kwalitatief oordeel op basis van (bureau)studies
Vertroebeling	Aanleg	Kwantitatief als input voor kwalitatief oordeel ecologie
Archeologie	Aanleg	'Expert judgement' en kwalitatief oordeel op basis van survey rapporten
NGE (OO)	Aanleg	'Expert judgement' en kwalitatief oordeel op basis van survey rapporten
Bodemtemperatuur	Gebruik	Kwantitatief als input voor kwalitatief oordeel ecologie

#### 3.2 Beoordelingsmethodiek

##### Wijze van bepalen en beoordelen van effecten

In een milieueffectrapportage worden de milieueffecten van een voornemen in beeld gebracht en beoordeeld. De effecten bepalen we veelal door de toekomstige situatie die ontstaat door het voornemen te vergelijken met de situatie die ontstaat zonder het voornemen, ook wel de referentiesituatie genoemd. Aan het verschil tussen die twee situaties, het effect, wordt een kwalitatief oordeel toegekend. Hierbij passen we een zeven punts scoreschaal toe van plussen en minnen zoals hieronder voor elk beoordelingscriterium weergegeven. Op die manier worden de effecten voor alle relevante milieuthema's op basis van 'expert judgement' bepaald en beoordeeld.

De beoordeling voor de zeebodem is op basis van de volgende criteria uitgevoerd:

- **Morfologie:** De effecten van de aanwezigheid van de leiding op de morfologie van de zeebodem en de effecten van de bodemberoering op de bodem en daarmee de morfologie.
- **Vertroebeling:** Door bodemberoering komt sediment in de waterkolom, wat vertroebeling tot gevolg kan hebben. De mate waarin dit gebeurt wordt met dit criterium bepaald.
- **Archeologie:** De mate van verstoring op archeologische aspecten, zoals bijvoorbeeld scheepswrakken
- **NGE (OO):** De mate van verstoring, dan wel het risico, op niet gesprongen explosieven.
- **Bodemkwaliteit:** De mate waarop de voorgenomen activiteit qua temperatuur invloed heeft op de bodemkwaliteit

Onderstaande tabel geeft de maatlat weer voor de effectbeoordeling van de vijf criteria.



Effect	Omschrijving	Operationalisering effectscores				
		Morfologie	Vertroebeling	Archeologie	NGE (OO)	Bodemkwaliteit
		Aanlegfase	Aanlegfase	Aanlegfase	Aanlegfase	Gebruiksfase
+++	Sterk positief effect, groot van omvang en zodanig dat een overschrijding van normen wordt opgeheven	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t
++	Positief effect, relatief groot of in een kritische periode of gebied	n.v.t	n.v.t	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
+	Licht positief effect, relatief beperkt, tijdelijk of lokaal	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Netto neemt het risico af doordat explosieven die worden gevonden worden verwijderd.	n.v.t
0	Geen effect	Geen relevante verandering van het bodemreliëf en verstoring bodemopbouw.	Geen effect	Geen effect	Geen effect	Geen effect
-	Licht negatief effect, relatief beperkt, tijdelijk of lokaal	Verandering van het bodemreliëf en verstoring bodemopbouw.	Lichte toename van concentraties sediment in het water.	Geringe kans op verstoring archeologische waarden	Niet uit te sluiten dat er nog explosieven aangetroffen worden.	Temperatuurtoename van meer dan 2 graden op 1 meter van de buisleiding.
--	Negatief effect, relatief groot of in een kritische periode of gebied, onderzoek mitigerende maatregelen nodig	Grote verandering van het bodemreliëf en zware verstoring bodemopbouw	Matige toename van concentraties sediment in het water.	Kans verstoring archeologische waarden, vooronderzoek nodig	Onderzoek is nodig omdat er vrij zeker explosieven kunnen voorkomen.	Temperatuurtoename van meer dan 2 graden op meer dan 1 meter van de buisleiding.
---	Zeer negatief effect, zodanig dat milieueffect zonder mitigerende maatregelen buiten de normen van regelgeving en beleid valt	Zeer grote verandering van het bodemreliëf en zware verstoring bodemopbouw	Grote toename van concentraties sediment in het water en mogelijke invloed op natuurwaarden.	Zeker verstoring archeologische waarden, mitigatie nodig	Te groot risico vanwege aanwezige explosieven.	De temperatuurtoename leidt tot mobilisatie van eventueel aanwezige mobiele verontreinigingen.
Nvt	Niet van toepassing					

## 4 Beschrijving referentiesituatie

In een milieueffectrapportage worden de milieueffecten van een voornemen in beeld gebracht en beoordeeld. De effecten bepalen we veelal door de toekomstige situatie die ontstaat door het voornemen te vergelijken met de situatie die ontstaat zonder het voornemen, ook wel de referentiesituatie genoemd. Aan het verschil tussen die twee situaties, het effect, wordt een kwalitatief oordeel toegekend. Dit hoofdstuk beschrijft allereerst de huidige situatie voor de verschillende beoordelingscriteria voor het thema bodem. Vervolgens beschrijft het welke situatie ontstaat als gevolg van alle autonome ontwikkelingen; de referentiesituatie.

### 4.1 Beschikbare informatie

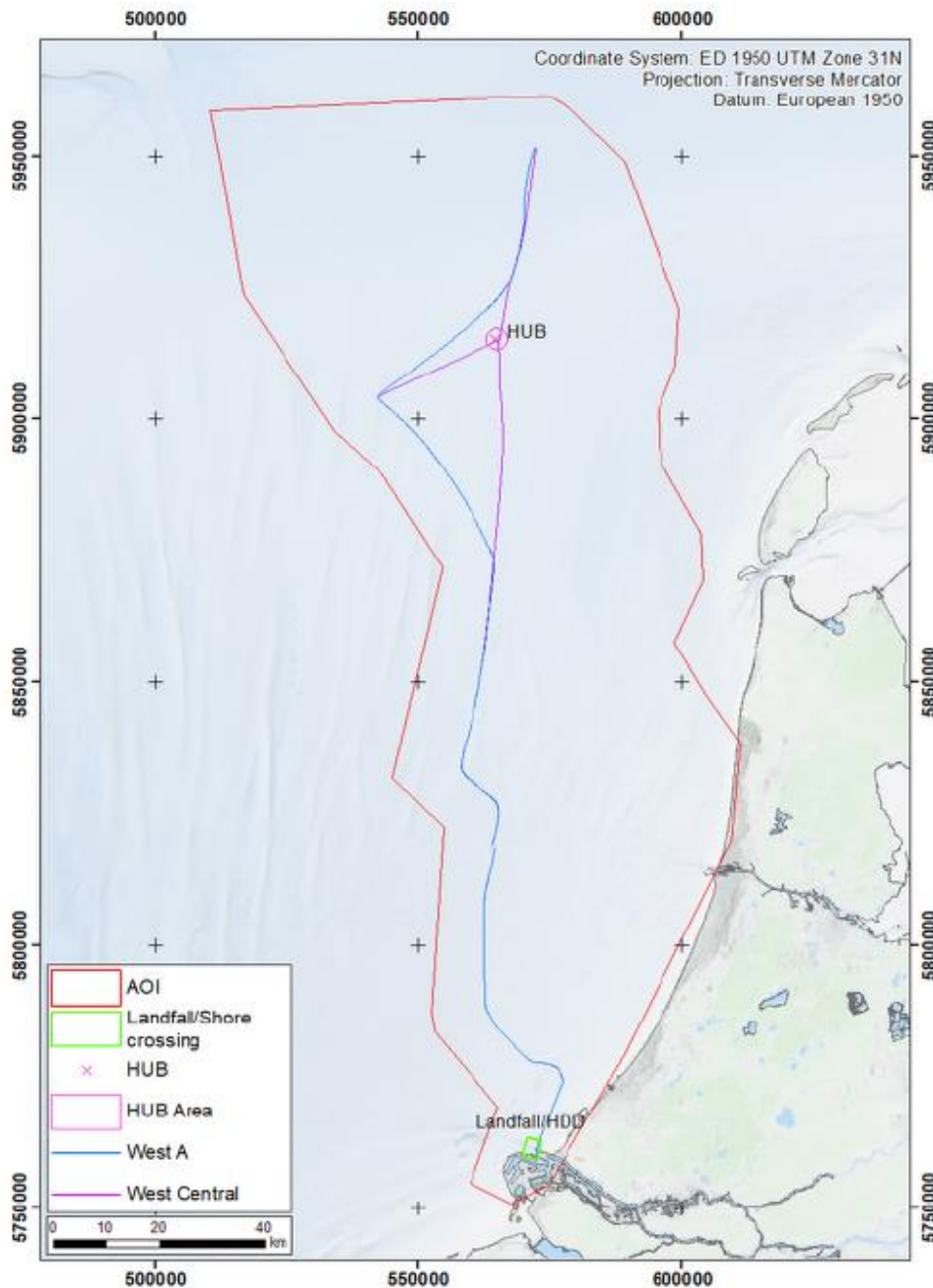
Voor het aspect Zeebodem is de huidige situatie in kaart gebracht, alsmede autonome ontwikkelingen en relevante overige projecten in het studiegebied. Het studiegebied is weergegeven in Figuur 4-1 (aangeduid met de code AOI). Het onderzoek naar de huidige situatie bestaat uit een bureaustudie en geofysisch onderzoeken binnen het studiegebied, zowel dicht bij de kust als verder op zee. De volgende survey rapporten zijn gebruikt:

- **Aramis Pipeline Routing Desktop Study** - Expected Site Conditions, Consultancy Report (R201644 03 | 10 February 2022 | Fugro)
- **Nearshore Geophysical Survey Results**, Processing and Results Report – Seeker (F197217-REP-RES 02 | 9 November 2022 | Fugro)
- **Geophysical Survey Results Report**, Geophysical and Geotechnical Site Investigation (F197217-REP-001 | 03 | 8 December 2023 | Fugro)
- **An archaeological assessment of geophysical survey data, 22A030-01 | version 3.0 final | 31-08-2023** | Periplus Archeomare
- Route selection document including aspects as morphology, safety.

Bovenstaande studies zijn door Fugro France SAS en Periplus uitgevoerd, in opdracht van TotalEnergies, en zijn voor deze rapportage geïnterpreteerd en samengevat. Op basis van deze gegevens is de referentiesituatie inzichtelijk gemaakt en is op basis van 'expert judgement' een inschatting gemaakt van de verwachte milieueffecten.

#### ***Bureaustudie (Aramis Pipeline Routing Desktop Study)***

In de bureaustudie is gekeken naar de locatie specifieke condities van de zeebodem en de ondergrond van het studiegebied. De resultaten zijn gebaseerd op beschikbare data van het studiegebied waarvan de regionale geologische achtergrond is bepaald, maar ook van een ruimer gebied daaromheen (zie Figuur 4-1). Hierdoor is er een beter begrip van de mogelijke of geïdentificeerde geologische kenmerken of processen die in het gebied kunnen worden verwacht. Daarnaast is informatie over het gebruik van het gebied, zowel huidige of activiteiten in het verleden, en bestaande objecten in diverse kaarten gevisualiseerd. Deze gegevens zijn bestudeerd om de verschillende geologische kenmerken, stratigrafische eenheden, geotechnische parameters en beperkingen (geologisch en locatiegebruik) inzichtelijk te maken. Hierbij is onderscheid gemaakt in het gebied van de kust waar de toekomstige transportleiding zal aanlanden, het zeegebied waar de toekomstige HUB zal komen.



Figuur 4-1 - Studiegebied aspect Zeebodem (Rode lijn = AOI)

De geotechnische parameters zijn voornamelijk afgeleid op basis van openbare informatie en ervaring van Fugro. De volgende data is gebruikt:

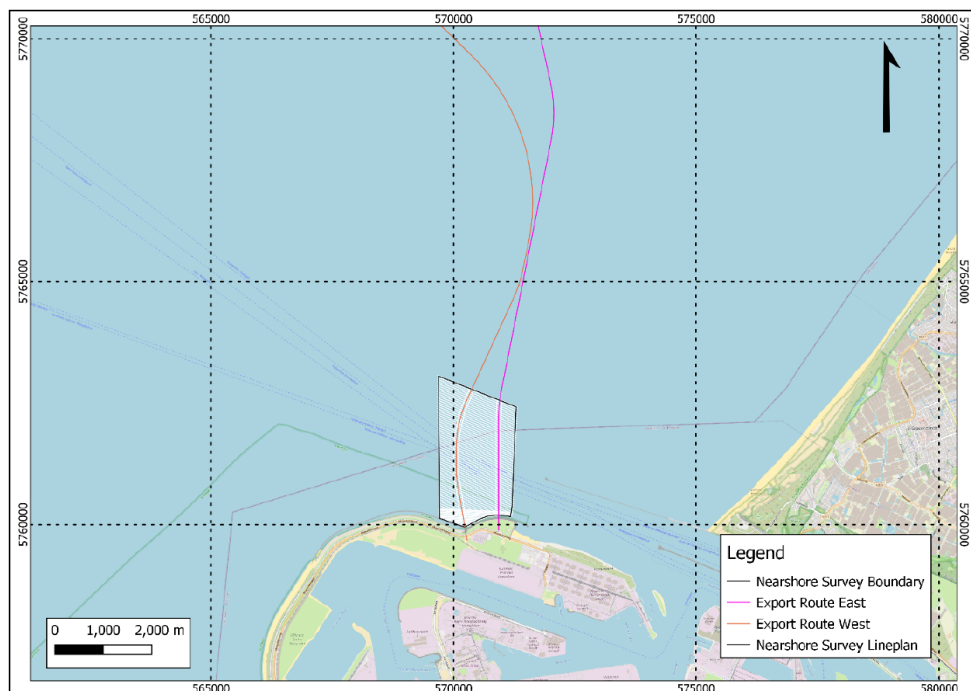
- Geografische informatie over het studiegebied van TotalEnergies
- Interne database, zoals:
  - Informatie over regionale geologie
  - Algemene geotechnische data
  - Data van eerdere geotechnische en geofysische onderzoeken
- Openbare data (o.a. ruimtelijke data):
  - O.a. EMODnet, Rijkswaterstaat, Noordzeeloket, RVO, DINOloket
- Gepubliceerde rapporten voor geologische informatie

De rapportage geeft een beschrijving van de regionale geologie, de specifieke locatie condities en er wordt aandacht besteed aan de identificatie van mogelijk ontbrekende gegevens of gebieden met onzekerheden om aanbevelingen op te stellen voor toekomstige geofysische en geotechnische locatie specifieke onderzoeken.

In bijlage C van de bureaustudie, is de bureaustudie voor NGE's (OO) opgenomen. Deze studie is uitgevoerd door REASeuro op basis van historische gegevens om te bepalen of en in welke mate de kans aanwezig is dat er NGE's in het interessegebied bevinden. De Noordzee was immers het toneel van verschillende oorlog gerelateerde gebeurtenissen tijdens WO I en WO II. Hieronder vallen het zinken van een groot aantal schepen en vliegtuigen, bombardementen door vliegtuigen, zeeslagen en de aanwezigheid van mijnenvelden, militaire oefengebieden en munitiestortplaatsen. Als gevolg van deze gebeurtenissen kunnen NGE's zich in het interessegebied bevinden. De historische bureaustudie leidt tot de conclusie dat de aanwezigheid van NGE's binnen het hele interessegebied varieert van zeker tot verwaarloosbaar, afhankelijk van het type NGE in kwestie. Met name de aanwezigheid van NGE's als gevolg van mijnenvelden, luchtoorlog en het dumpen van munitie wordt als zeker beschouwd. Daarom is er een groot risico dat er NGE's worden aangetroffen binnen het interessegebied.

### **Geofysisch onderzoek Maasgeul (Nearshore Geophysical Survey Results)**

Naast de bureaustudie heeft Fugro ook geofysisch onderzoek op locatie uitgevoerd middels onderzoeksschip Seeker om gedetailleerde informatie te verkrijgen. Het betrof hier een kleiner gebied dan wat is onderzocht voor de bureaustudie, Figuur 4-2.



Figuur 4-2 – Onderzoeksgebied geofysisch onderzoek Fugro (figuur 1.1 Nearshore Geophysical Survey Results)

Voor het gebied dicht bij de kust is het onderzoek verdeeld in de volgende elementen:

- Geofysisch (multibeam echosounder (MBES), side scan sonar (SSS), sub-bottom profiler (SBP) en single magnetometer (MAG));
- Niet-ontplofte munitie (UXO) (magnetische gradiëntmeter);
- 2D-seismiek met ultrahoge resolutie (UHRS);

- Refractie-seismiek en meerkanaalsanalyse van oppervlaktegolven (MASW).

De geofysische metingen zijn tussen 12 juli 2022 en 15 oktober 2022 uitgevoerd. Vervolgens zijn de metingen geanalyseerd en uitgewerkt in de rapportage voor de vier onderzochte elementen om een interpretatie te geven aan de bathymetrie, de karakteristieken van de zeebodem, zoals de morfologie (bedvormen en objecten) en het type sediment. Daarnaast zijn de observaties van de ondergrond van de zeebodem ook gerelateerd/geïnterpreteerd aan het geologische overzicht dat middels de bureaustudie is verkregen.

### **Geofysisch en geotechnisch onderzoek Noordzee (Geophysical Results Report)**

Voor de gehele beoogde routes van de transportleiding is ook een geofysisch onderzoek uitgevoerd door Fugro, middels de onderzoeksschepen Discovery, Seeker en Searcher. Het onderzoek is uitgevoerd in de periode tussen Juli 2022 en Januari 2023.

Het onderzoeksrapport geeft de resultaten van het geofysisch onderzoek en de interpretatie van de voorgestelde 500m brede transportleidingcorridors en een offshore distributie hub met een straal van 2 km. De resultaten bevatten:

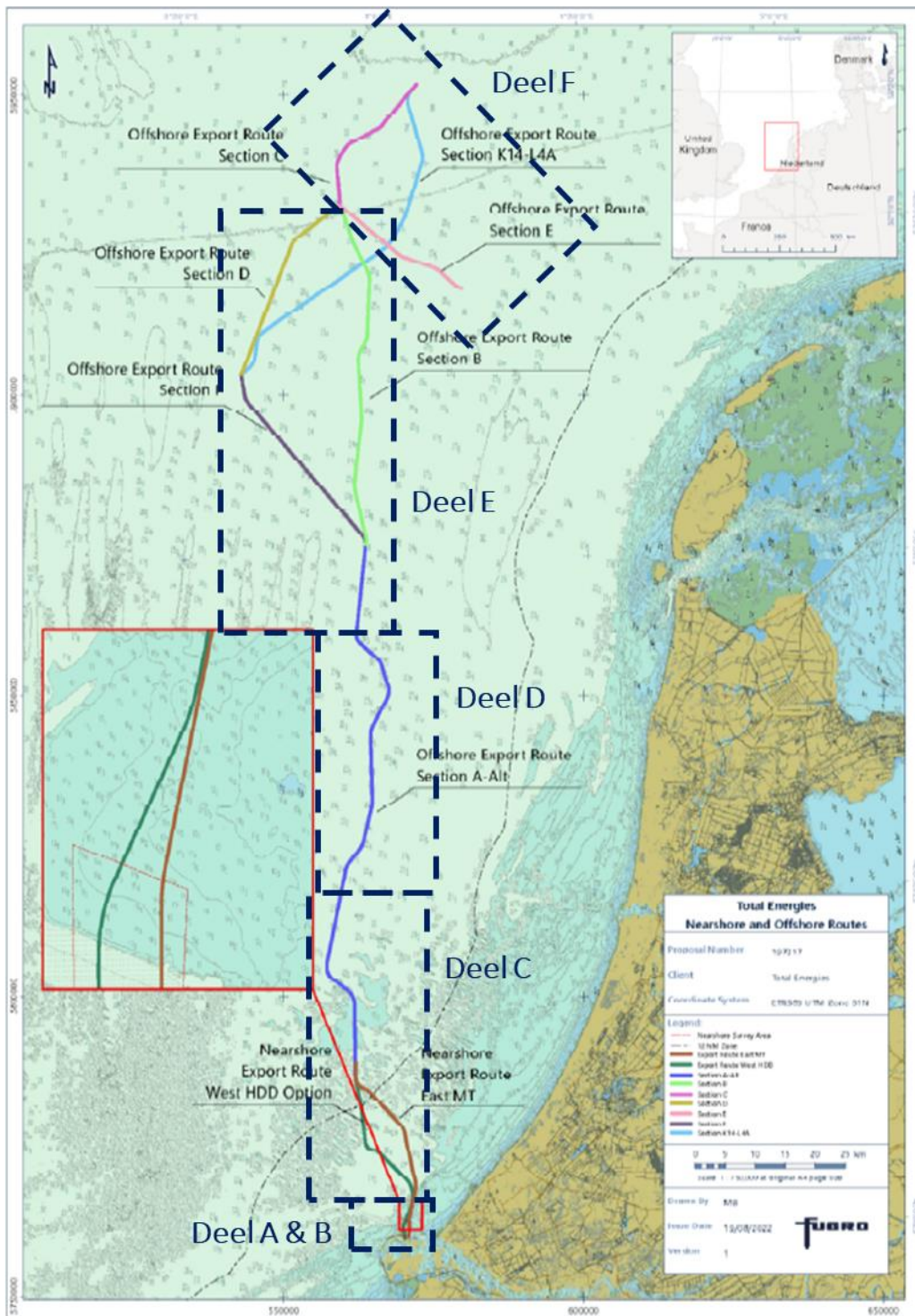
- Multibeam echosounder (MBES) gegevens voor een nauwkeurige bathymetrie om waterdiepten, zeebodem morfologie en zeebodem gradiënt te bepalen;
- Hoge-resolutie side scan sonar (SSS) gegevens om de kenmerken van de zeebodem te bepalen, mogelijke aanwezigheid van keien, zeebodemsedimenten, objecten/puin en voorwerpen die van invloed kunnen zijn op de installatie van funderingen en transportleidingen;
- Magnetometer (MAG) gegevens over de locatie om eventuele metalen objecten / puin voorwerpen;
- Hoge-resolutie sub-bottom profiler (SBP) en 2D-UHRS gegevens om de subbodem te bepalen omstandigheden die van invloed kunnen zijn op de installatie van funderingen en transportleidingen, zoals ondiepe geologie, geologische kenmerken en geohazards.

Het onderzochte gebied is (door Fugro) verdeeld in 10 verschillende secties:

- Nearshore Export route East tunnel
- Nearshore Export Route West Direct Pipe Option
- Offshore Export Route Section A-Alt
- Offshore Export Route Section B
- Offshore Export Route Section C
- Offshore Export Route Section D
- Offshore Export Route Section E
- Offshore Export Route Section F
- Offshore Export Route Section K14-L4A
- Hub Area(s)

Deze 10 *secties* zijn anders dan de 6 *delen* die worden gehanteerd in de beoordeling. In Figuur 4-3 is de afbeelding van Fugro gecombineerd met de 6 delen.

De metingen voor dit onderzoek zijn geanalyseerd en uitgewerkt in de rapportage voor de verschillende secties om een interpretatie te geven aan de bathymetrie, de karakteristieken van de zeebodem, zoals de morfologie (bedvormen en objecten) en het type sediment. Daarnaast zijn de observaties van de ondergrond van de zeebodem ook gerelateerd/geïnterpreteerd aan het geologische overzicht dat middels de bureaustudie is verkregen.



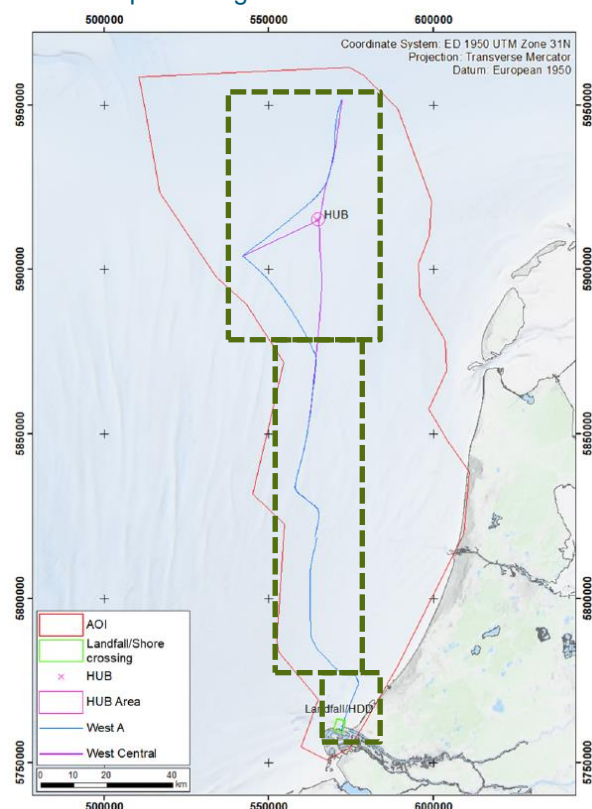
Figuur 4-3 – Overzicht secties onderzoeksgebied (figuur 0.1 uit Geophysical Results Report) inclusief de aanduiding van de delen uit de beoordeling (donkerblauw gestreept)

## 4.2 Huidige situatie

In de bureaustudie en surveys (zie ook paragraaf 4.1) is de huidige situatie onderzocht voor de zeebodem in het projectgebied. Het gebied waar de transportleiding komt te liggen is wat betreft bodemreliëf in drie gebieden op te delen die onderscheidend zijn, namelijk:

1. Zeebodem
  - a. Ondiep continentaal plat met een complexe samenstelling van ritmische bedvormen;
  - b. Relatief diepe zone met beperkte dynamiek;
2. Kustzone (kruising Maasgeul).

Figuur 4-4 toont deze gebieden. In de volgende paragrafen zijn de bathymetrie (Hoofdstuk 4.2.1) en de samenstelling en kenmerken (Hoofdstuk 4.2.2) ervan beschreven. In Hoofdstuk 4.2.3 is de zeestroming en het slibpercentage in het zeewater beschreven.



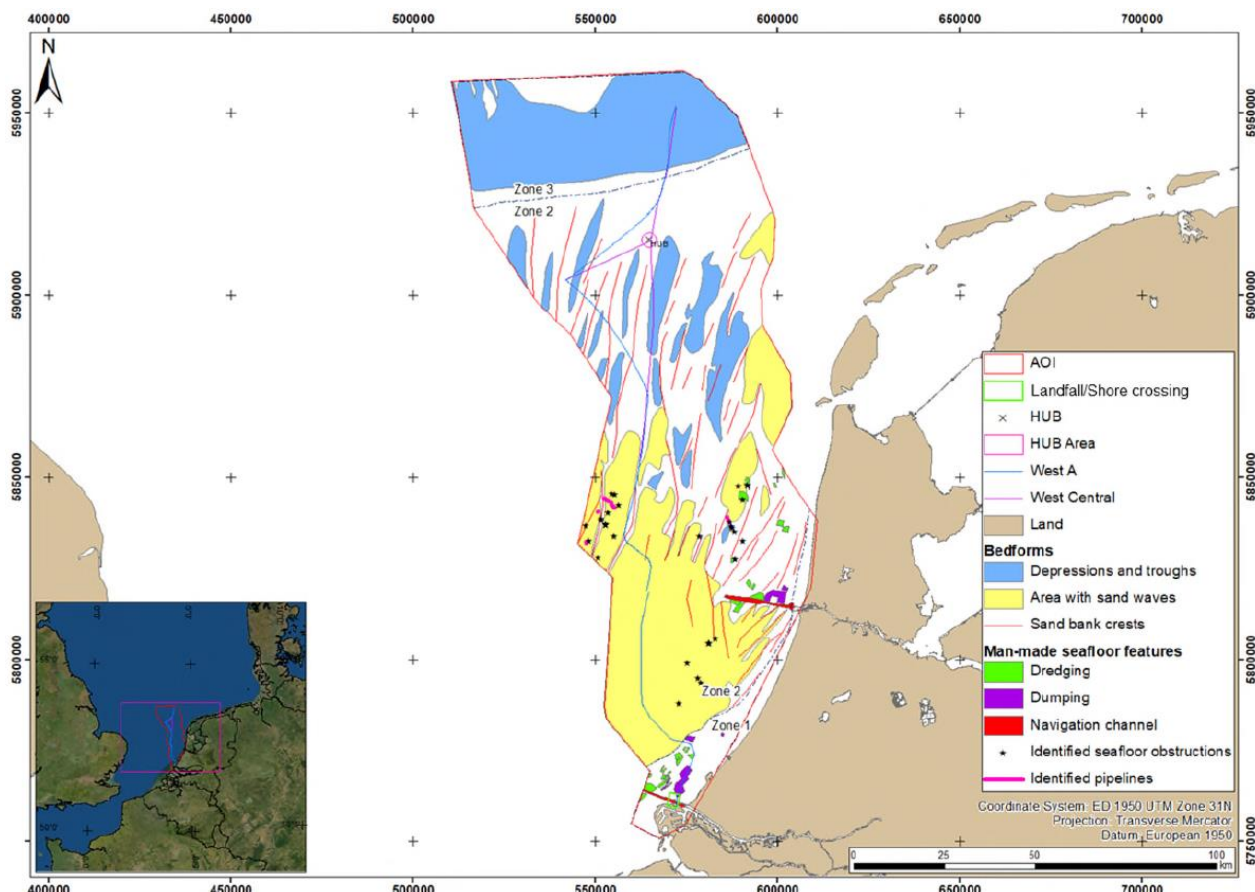
Figuur 4-4 – Gebieden onderscheidend voor Bodemreliëf

### 4.2.1 Bathymetrie (Bodemreliëf)

#### Zeebodem

De **waterdiepte** op de route van de zeeleiding varieert van 0 tot circa 39,5 m t.o.v. LAT (Lowest Astronomical Tide). De helling van de bodem is over het grote gedeelte minder dan 1°, maar kan lokaal oplopen tot 30° zijn gerelateerd aan antropogene kenmerken (zoals navigatiekanalen, baggergebieden, losgebieden en scheepswrakken) en toppen van zandbanken. In het algemeen wordt de zeebodem dieper richting het westen tot westnoordwesten, loodrecht op de kust. Gemiddeld gezien is de waterdiepte van de zeebodem 25 m t.o.v. LAT.

Kijkend naar de **morfologie** zijn er drie kenmerkende en onderscheidende zones voor de zeebodem aan te wijzen (Figuur 4-5): 1) een kustzone bedekt door een complexe samenstelling van ritmische beddingvormen, 2) een ondiep continentaal plat met een complexe samenstelling van ritmische beddingvormen, 3) een relatief diep gebied met beperkte dynamiek.



Figuur 4-5 – Kaart met de 3 zones in het interessegebied (figuur 4.17 Fugro deskstudie)

Verschiede bodemvormen zijn waargenomen in de zones: zandbanken, zandgolven, megaripples en ripples. Deze bodemvormen zijn door Deltares geclassificeerd (2016, 2019 en 2020), als onderdeel van morfodynamische bureaustudies ter ondersteuning van de ontwikkeling van de windparken. De classificatie houdt rekening met verschillende parameters, die het resultaat zijn van de complexe interactie tussen hydrodynamica, korrelgrootte en karakter van het sediment, sedimenttransport en morfologie. Samengevat zijn de belangrijkste kenmerken voor de bodemtypen opgenomen in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Overzicht waargenomen bodemvormen

Type	Golflengte [m]	Golfhoogte [m]	Oriëntatie	Dynamiek (tijdschaal)
Zandbank	3000 – 10000	2,5 – 8	N-S – NNO-ZZW	0-10+ m/jaar
Zandgolf	120 – 1750	0,5 – 6	NW-ZO – WNW-OZO	1-10 m/jaar
Megaripple	4 – 20	0,1 – 0,4	NW-ZO – WNW-OZO	Maand(en)

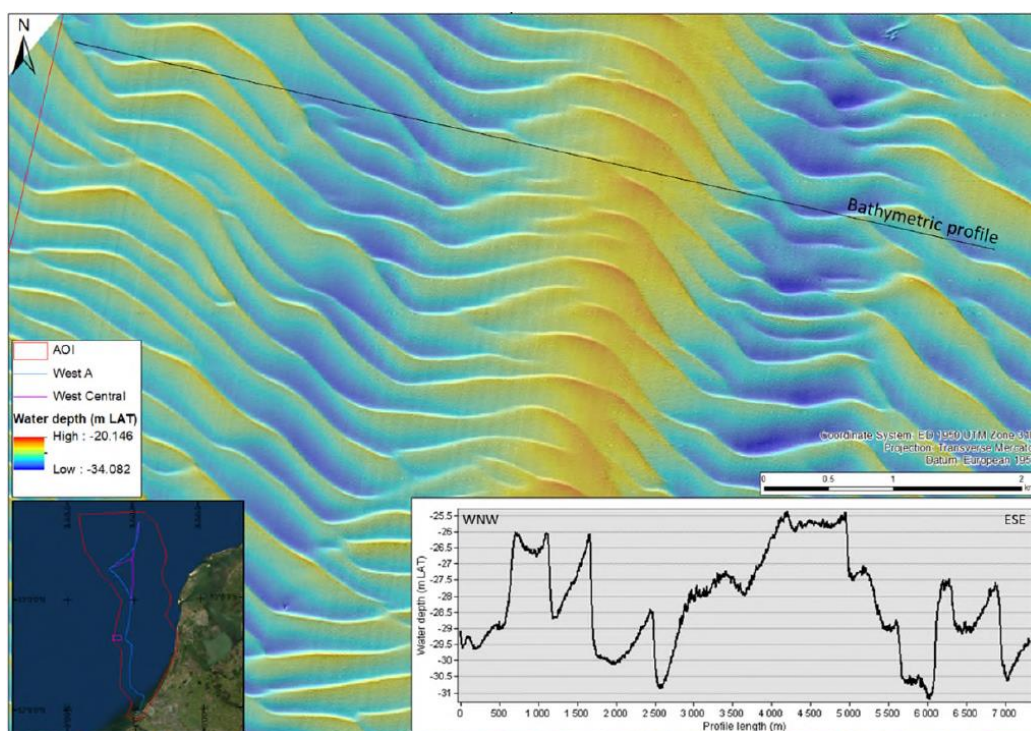


**Zandbanken** vormen langgerekte ruggen (sub-)parallel aan de getijrichting. In dit gebied zorgt dat voor een N-Z tot NNO-ZZW oriëntatie van de zandbanken. De kammen zijn tientallen kilometerslang met een symmetrisch dwarsprofiel en liggen enkele kilometers uit elkaar. Ze zijn gemiddeld 10 m hoog. De zandbanken zijn ongeveer parallel aan de getij stroomrichting georiënteerd (Hulscher et al., 1993). Dicht bij de kust kunnen ze meer schuin op de getijdenstroom georiënteerd zijn (Calvete et al., 2001). De zandbanken dicht bij de kust worden geclassificeerd als getijdenkammen (van Dijk et al., 2012). De vorming van zandbanken kan grofweg in twee categorieën worden verdeeld (Dyer en Huntley, 1999):

- relictkenmerken, overgebleven na postglaciale zeespiegelstijging;
- nieuw gevormd, in het huidige hydrodynamische regime.

De offshore zandbanken zijn mogelijk gevormd tijdens het vroege Holoceen en de getijdenruggen zijn mogelijk recenter gevormd. De vorming van getijdenruggen houdt verband met getijdenstromingen in een door getijden gedomineerde kustboezem (Ashley, 1990).

De zandbanken komen met name in het noordelijke deel (zone 2) van het beoogde tracé voor.

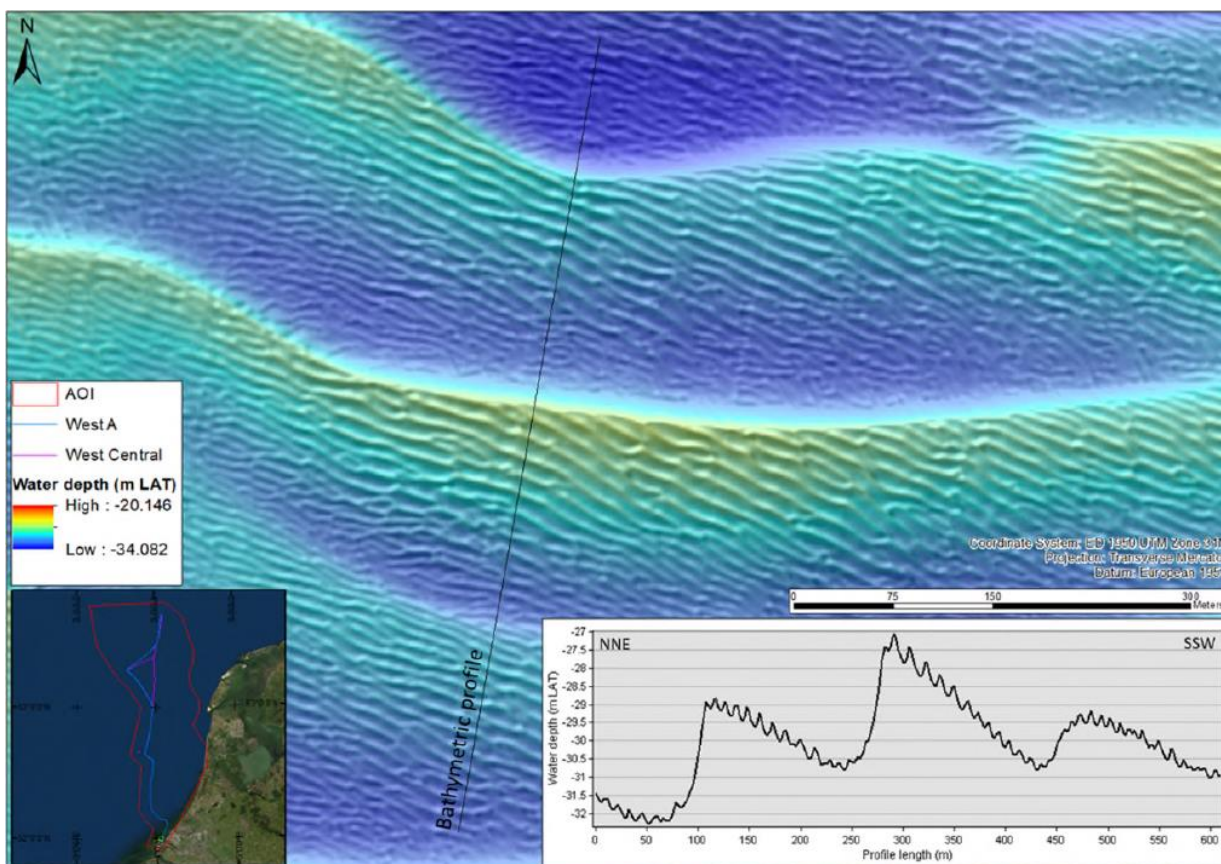


Figuur 4-6 – Voorbeeld van zandbanken (N-Z) met daarop zandgolven (W-O) in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) zoals afgebeeld op MBES bathymetrie data. Een bathymetrisch profiel is gegeven loodrecht op de zandbanken. (figuur 4.18 Fugro bureaustudie)

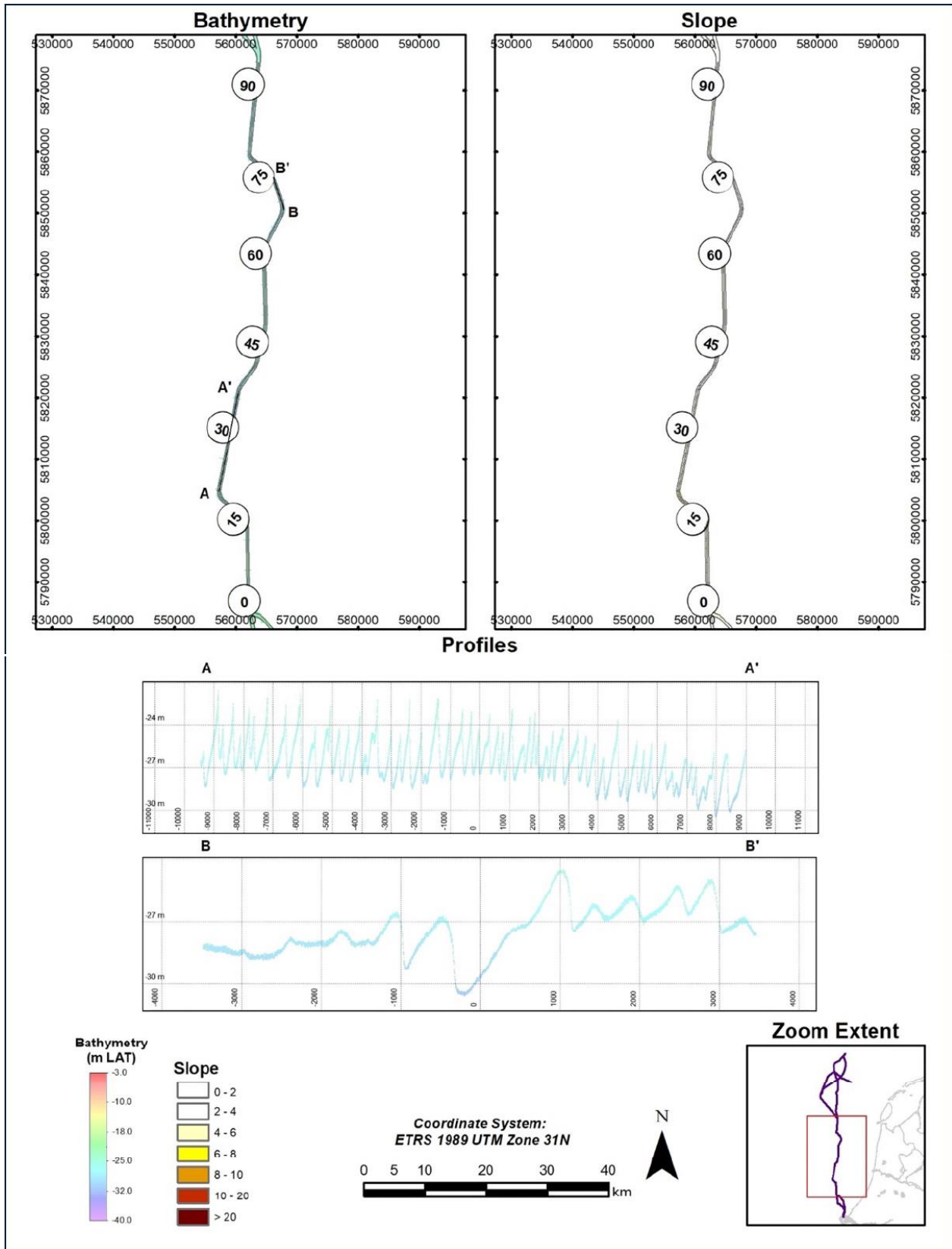
De positie van de noord-zuid georiënteerde zandbanken is redelijk stabiel. Van der Meulen et al. (2004) rapporteerden een migratiesnelheid voor zandduinen van meer dan 20 m/jaar nabij Texel, met typische migratiesnelheden die afnemen in zuidelijke richting tot een stationair (0 – 3 m/jaar) veld nabij de ingang van de Rotterdamse haven. Deltares onderzocht de migratiesnelheid van zandduinen in het gebied van windpark Prinses Amalia en concludeerde dat de duinen in dit gebied ongeveer 4 m/jaar migreren. Om de migratiesnelheid van zandduinen in de zone van windpark Ijmuiden Ver te beoordelen, is een vergelijking gemaakt van multibeamgegevens die 30 dagen na elkaar zijn verkregen. In deze korte periode was een duin twee meter gemigreerd en was de vorm van het duin veranderd<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Document 22A030-01 Aramis pipeline – an archaeological assessment of geophysical survey data

**Zandgolven** liggen op de zandbanken en worden waargenomen in waterdieptes van ongeveer 20 tot 30 m LAT. De kammen van de zandgolven zijn NW-ZO tot WNW-ZO georiënteerd, ongeveer loodrecht op de zandbanken (en daarmee dus loodrecht op de getijdestroom). De golflengte varieert tussen ongeveer 120 m en 1750 m, terwijl de golfhoogte varieert tussen 0,5 m en 4 m. De zandgolven hebben typisch een asymmetrisch profiel met een steile lijzijde in de richting van de voortplanting. Deze morfologie impliceert dat de overheersende trekrichting noord-noord-oost is. Het dominante getij is immers vloed. Zandgolven ontstaan door getijdenstroming en kunnen tot 25% van de waterdiepte bedragen (McCave, 1971), en hebben golflengten in de orde van honderden meters (Ashley, 1990; van Dijk & Kleinhaus, 2005; Deltares, 2016). Figuur 4-7 en Figuur 4-8 geven voorbeelden van zandgolven.



Figuur 4-7 – Voorbeeld van zandgolven (W-O) met megaripples in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) zoals afgebeeld op MBES bathymetrie data. Een bathymetrisch profiel is gegeven loodrecht op de zandgolven. (figuur 4.19 Fugro bureaustudie)



Figuur 4-8 – Zeebodem sectie A-A' met zandgolven (Fugro rapport)

**Megaripples** zijn kleinschalige bodemkenmerken met lengtes van enkele meters en hoogtes tot enkele decimeters. De tijdschaal van de dynamiek ligt in de orde van maanden. De megaripples zijn overal in het gebied te vinden, liggen op de zandgolven en zijn op dezelfde manier georiënteerd. Ze hebben een golflengte van ongeveer 4 m tot 20 m, met hoogtes tussen 0,1 m en 0,4 m.

**Ripples** zijn de kleinste bodemvormen, met afmetingen in de orde van centimeters. Vanwege hun beperkte omvang kunnen ze niet worden waargenomen in de bathymetriegegevens. Ze liggen boven op de megaripples en zijn op dezelfde manier georiënteerd. Vanwege hun geringe omvang zijn ripples niet van belang voor het ontwerp van offshore-transportleidingen. Ze zijn echter wel relevant voor de ruwheid van de zeebodem en het sedimenttransport in het gebied (Deltares, 2020).

### Troggen en depressies

Troggen houden verband met de aanwezigheid van de zandbanken in gebieden die niet door zandgolven worden beïnvloed (dieper dan 28 m LAT). Deze troggen kunnen 4 tot 6 m diep zijn en zijn langgerekt in N-Z-richting (parallel aan de zandbanken). Waar zandgolven aanwezig zijn, zijn deze troggen waarschijnlijk later opgevuld met sedimenten door de vorming en evolutie van de zandgolven. De zeebodem binnen de troggen lijkt op de bathymetrie van EMODnet glad en regelmatig. De troggen komen alleen voor in zone 2 van het interessegebied, zoals gekarteerd in Figuur 4-5.

Bovendien wordt de noordelijke depressie (zone 3) gekenmerkt door een gladde zeebodem en is op de resolutie van de EMODnet-bathymetrie geen beddingvorm afgebeeld. Dit houdt waarschijnlijk verband met de plotselinge toename van de waterdiepte (van 30 m LAT tot 42 m LAT).

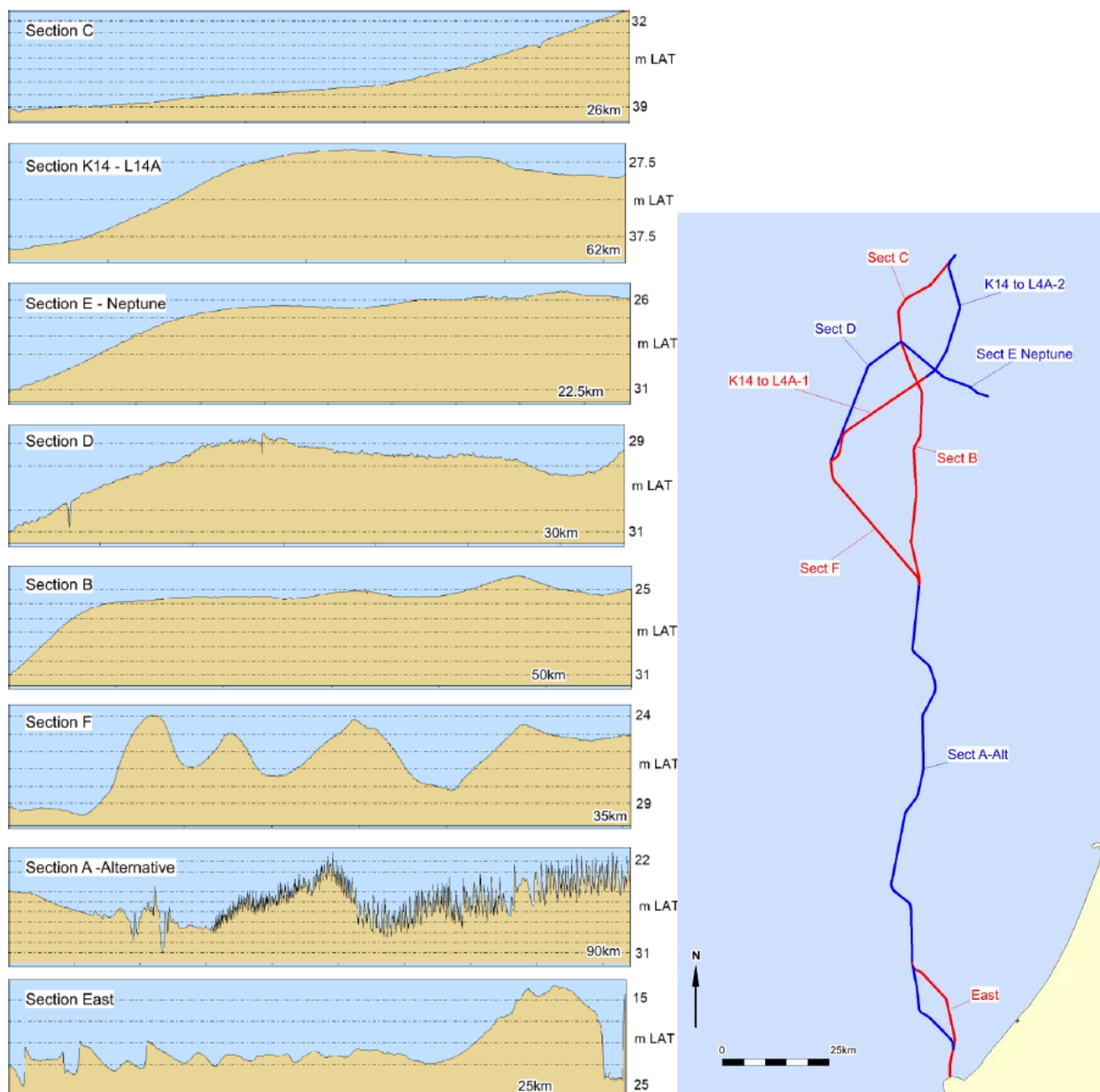
### Overzicht morfologische typen per sectie

In onderstaand overzicht is per sectie aangegeven wat de lengte is, de diepte, welk sediment type en welk morfologisch type op dat traject aanwezig is. Bij het archeologisch onderzoek zijn ook geofysische metingen uitgevoerd door Fugro. Periplus heeft deze data gebruikt voor het archeologisch onderzoek. Daarnaast heeft zij de bodemdata geplot als profielen. De zeebodem profielen zijn voor de verschillende secties langs het traject gemaakt. Deze zijn in Figuur 4-9 weergegeven. In deze profielen zijn de morfologische typen, beschreven in voorgaande paragrafen, duidelijk zichtbaar.

Tabel 4.2 – Overzicht morfologische kenmerken per sectie

Sectie	Lengte traject [km]	Diepte [m LAT]	Sediment type	Morfologisch type
East MT	30,5	3,0-24,0	Grindig ZAND; licht grindig ZAND; ZAND; stenen	Keien/puin, onregelmatige zeebodem of zonder kenmerken; ripples, megaripples, zandgolven; kabelgeul (HKZ); Maasmondkanaal; stenen
West DP	31	3,0-24,0	Kiezelhoudend ZAND; licht grindig ZAND; ZAND; stenen	Keien/puin, onregelmatige zeebodem of zonder kenmerken; ripples, megaripples, zandgolven; kabelgeul (HKZ); Maasmondkanaal; stenen
A – Alt	94	22,0-30,0	licht grindig ZAND	ripples, megaripples, zandgolven (golflengte 100-600m, gemiddelde hoogte 4,0m)
B	57,8	25,0-30,5	licht grindig ZAND; ZAND	ripples, megaripples, structuurloos/kenmerkloos (featureless)
C (Hub Area – LA4)	26,8	31,0-39,5	Grindig ZAND; siltig (modderig) ZAND; ZAND	Verspreid voorkomende grove sedimenten; verspreid fijn sediment;

Sectie	Lengte traject [km]	Diepte [m LAT]	Sediment type	Morfologisch type
				structuurloos/kenmerkloos (featureless) en sleepnetmarkeringen
D	33,8	29,5-31,0	siltig (modderig) ZAND; ZAND	verspreid fijn sediment; structuurloos/kenmerkloos (featureless) en sleepnetmarkeringen
E Alternative	23,5	26,0-30,5	licht grindig ZAND; ZAND	Ripples; structuurloos/kenmerkloos (featureless)
F	36,3	24,0-30,0	licht grindig ZAND; ZAND	ripples, megaripples, zandgolven structuurloos/kenmerkloos (featureless)
K14-L4A	62,4	26,0-39,5	Grindig ZAND; siltig (modderig) ZAND; ZAND	Verspreid voorkomende grove sedimenten; verspreid fijn sediment; structuurloos/kenmerkloos (featureless) en sleepnetmarkeringen
Hub Area	5,3 km <sup>2</sup>	30,0-31,5	ZAND	Geen morfologische kenmerken, wel sleepnetmarkeringen



Figuur 4-9 – Zeebodem profielen per sectie van noord naar zuid) en het overzicht van de secties (rechts) (bron: Periplus rapport, figuur 4 en 5)

### Objecten

In het gebied waar de transportleiding komt te liggen zijn diverse gebieden en objecten geïdentificeerd, zoals scheepvaartroutes en aanvaarroutes naar havens, ankergebieden, windparken (bestaande en in ontwikkeling), bagger gebieden, militaire oefenterreinen, natuurgebieden, visgebieden, platforms, transportleidingen, kabels (elektra en data).

### Bodem dynamiek

De dynamische bodemvormen (zandbanken, zandgolven en (mega)ripples) worden onder invloed van (getijden)stroming gevormd en in beweging zijn. De zandgolven en zandbanken hebben afmetingen die van invloed zijn op het ontwerp van de fundering voor de leidingen, terwijl (mega)ripples worden geacht geen significante invloed te hebben. De zandbanken worden beschouwd als stationair gedurende de

levensduur van een transportleiding, terwijl de zandgolven kunnen migreren met een snelheid tot tientallen meters per jaar (van Dijk & Kleinans, 2005; Dorst et al., 2009; van Santen et al., 2011) en tijdens de levensduur van een transportleiding verticale variaties in de zeebodem op meterslange schaal veroorzaken. Indien zandgolven worden weggebaggerd, worden ze binnen enkele jaren weer gevormd.

Typische migratiesnelheden van zandgolven in de zuidelijke Noordzee liggen tussen 1 m/jaar en 10 m/jaar en in uitzonderlijke gevallen, zoals bijvoorbeeld in kustgebieden, tot 20 m/jaar (Deltares, 2020). De zandgolfmorfologie geeft aan dat de dominante migratierichting in de Noordzee naar het noordnoordoosten is. De migratiesnelheden van zandgolven variëren ruimtelijk en in de tijd. In het algemeen migreren zandgolven in ondieper water, bijvoorbeeld bovenop de zandbanken, sneller dan in de diepere delen en lokaal worden migratiesnelheden tot 9,0 m/jaar waargenomen (Deltares, 2019). De migratieafstand kan toenemen in het geval van stormen of uitzonderlijke weersomstandigheden. Winterstormgebeurtenissen kunnen de morfologie van zandgolven veranderen. Zo kan sediment van de top naar de trog worden getransporteerd, waardoor de hoogte van de bedvormen lokaal afneemt. Bovendien kunnen megakolken en rimpelingen worden gladgestreken. Deze kleinschalige bedvormen zullen weer verschijnen zodra het ritmische stromingsregime is hersteld (Deltares, 2016).

*Maasgeul (Nearshore Geophysical Survey Results, 9 November 2022)*

De **waterdiepte** in het Landfall/Shore crossing-gebied varieert van 1,83 m tot 31,98 m t.o.v. LAT. Het belangrijkste bathymetrische kenmerk in dit gebied is het relatief diepe navigatiekanaal (Maasmondkanaal). Het navigatiekanaal is 833 m breed en heeft een maximale diepte van 31,98 m LAT. Aan de zuidkant is de gemiddelde diepte 24,50 m LAT en wordt de bodem doorkruist door verschillende baggersporen. Vanaf de kust tot aan het gebaggerde Maasmond kanaal neemt de bodem geleidelijk af van 1,83 m tot 24,50 m LAT. Vanaf het kanaal verder offshore neemt de bodem geleidelijk toe van 18,50 m LAT naar 16,10 m LAT. Het zuidelijke en het noordelijke deel van het gebaggerde Maasmondkanaal wordt doorsneden door een overwegend vlakke zeebodem met plaatselijk gebieden met bodemvormen (zoals ripples, megaripples en zandgolven) en enkele gebieden met een onregelmatige zeebodem. Het grootste deel van het kustgebied wordt gekenmerkt door lichte zeebodemhellingen van 1° tot 3°. In de nabijheid van het gebaggerde Maasmondkanaal bedraagt de helling meer dan 10°. De bathymetriegegevens tonen duidelijk de gebaggerde geulen van de recent geplaatste HKZ-kabels (Kabel van windgebied HK (zuid) naar Maasvlakte).

**Morfologie:** Het kustgebied maakt deel uit van een dynamisch landschap waar Quartaire formaties door verschillende geologische processen zijn gevormd en tot op de dag van vandaag door mariene omstandigheden worden gemodelleerd. Zeestromingen hebben oppervlakkige sedimenten gemobiliseerd en herverdeeld, waardoor bodemvormen van verschillende schalen zijn ontstaan die verschillende orden van grootte en erosiefuncties vertegenwoordigen.

De volgende morfologische kenmerken werden geïdentificeerd in het kustgebied:

- Bedvormen (ripples, megaripples en zandgolven)
- Onregelmatige zeebodem
- Gebied met talrijke keien/puin
- Gebied met incidentele keien/puin

In het kustgebied bij de Maasgeul zijn twee typen bedvormen geïdentificeerd;

1. Megaripples en zandgolven
2. Ripples

Deze bodemvormen ontstaan door de werking van bodem- en getijdenstromingen, die de zeebodemsedimenten herverdelen.

#### 4.2.2 Samenstelling en kenmerken zeebodem

##### Sediment type

De typen sediment die voorkomen op de zeebodem in het interessegebied zijn op basis van MBES en SSS bepaald, met behulp van akoestische kenmerken, zoals algemeen patroon, ruwheid en reflectiviteit. De volgende vier typen zijn geïdentificeerd: (1) grindig ZAND; (2) licht grindig ZAND; (3) siltig (modderig) ZAND; (4) ZAND.

##### Objecten op de zeebodem

Tijdens de survey (Geophysical Survey Results Report, 8 December 2023) zijn de volgende objecten geïdentificeerd:

- 4 wrakgebieden
- Diverse transportleidingen die het beoogde tracé kruisen. Sommige transportleidingen liggen gedeeltelijk bloot en gedeeltelijk begraven, maar de meeste transportleidingen liggen begraven.
- 159 contacten zijn geclassificeerd als puin, 517 contacten zijn geclassificeerd als vermoedelijk puin
- Bodembescherming (2 matrassen) in de buurt van het platform L4A
- 3110 zwerfstenen
- Gevechtstuigsporen, sleepnetsporen
- 2748 magnetische anomalieën zijn opgepikt.

Binnen het onderzochte gebied (Periplus Archeomare, 2023) is aan in **totaal 8 contacten een archeologische verwachting** toegekend. De contactpunten zijn in het overzicht in Tabel 4.3 weergegeven. Drie contacten vallen binnen de 100 meter contour. Deze zijn in Tabel 4.3 dikgedrukt weergegeven en op de kaart in Figuur 4-10 met rode punten aangeduid. In overeenstemming met de Nederlandse wet- en regelgeving mogen er geen bodemberoeringen worden uitgevoerd binnen 100 meter van elk van deze locaties. Indien er werkzaamheden plaatsvinden binnen 100 meter van een potentiële archeologische vindplaats, wordt in overleg met Rijkswaterstaat en de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) per geval bekeken of de 100 meter afstand behouden blijft.

Tabel 4.3 – Contactpunten binnen onderzochte gebied (Periplus, 2023, p. 5)

Feature	NCN	Easting	Northing	Route section	Distance
BK_FSEA_SSS_0022	-	551288	5924521	D	<b>+50</b>
BK_FSEA_SSS_0179	-	555839	5929168	D	-240
BJ_FD_SSS_0015	-	548443	5894128	F	+230
BB_FS_SSS_0683	219	570384	5762003	East	-540
BH_FSEA_SSS_0104	531	559172	5935317	C	<b>+25</b>
BK_FSEA_SSS_0163	967	550165	5921956	D	<b>-56</b>
BN_FD_SSS_0025	945	576689	5920367	E Neptune	+220
BB_FS_SSS_0433	-	570711	5761481	East	-210

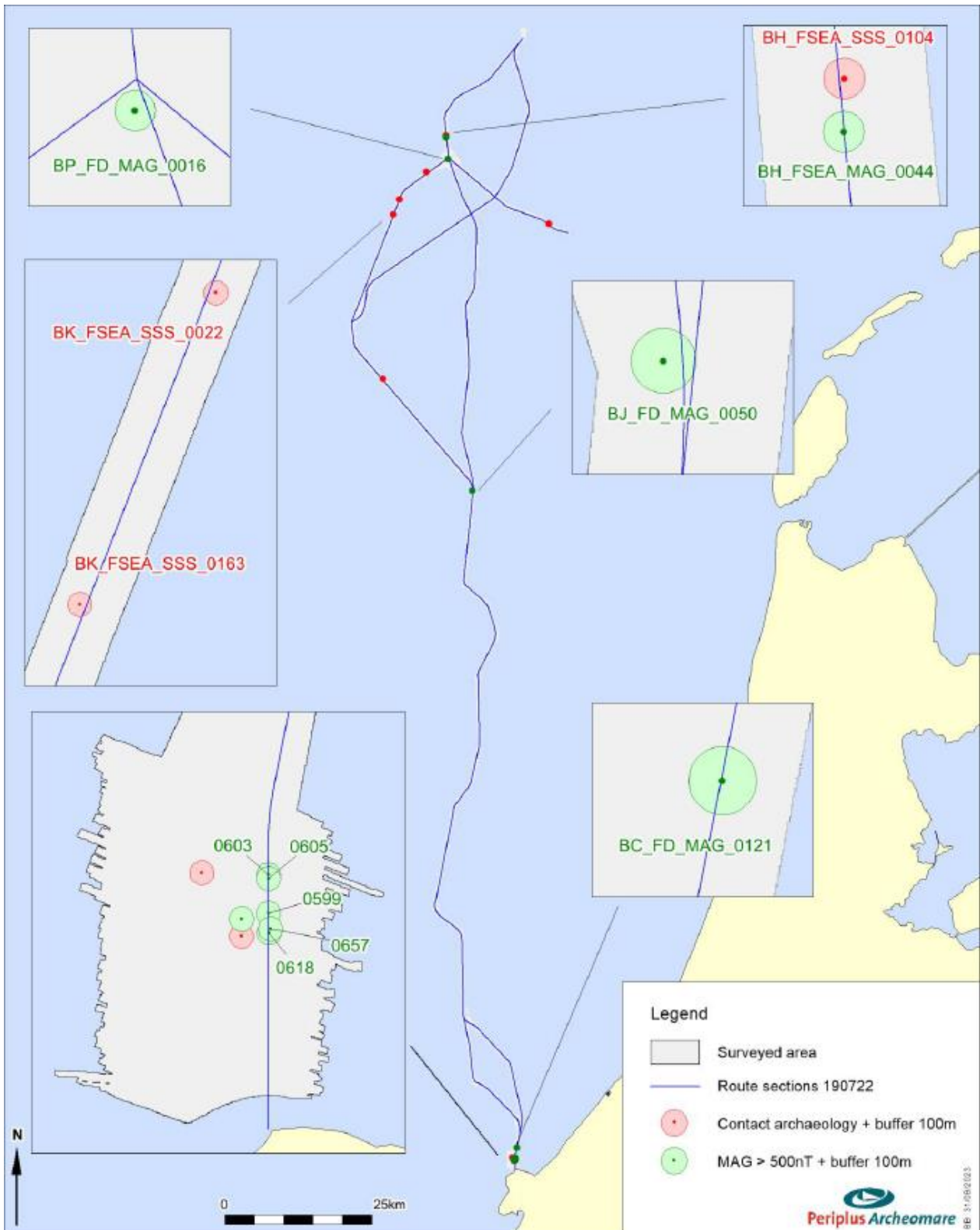
Er zijn in totaal **2748 magnetische anomalieën** waargenomen. Op 10 locaties zijn magnetische anomalieën met een piek-tot-piekwaarde van meer dan 500 nT in kaart gebracht die niet in verband kunnen worden gebracht met bekende objecten zoals transportleidingen of kabels en die van potentieel archeologisch belang kunnen zijn. De anomalieën zijn in het overzicht in weergegeven Tabel 4.4. Negen van de tien contacten vallen binnen een straal van 100 meter van de voorgestelde route. Dit zijn de dikgedrukte locaties in de tabel en de groene punten op de kaart in Figuur 4-10. De objecten die deze



anomalieën veroorzaken, zijn niet zichtbaar op side scan sonar- of multibeambeelden en worden daarom beschouwd als begraven in de zeebodem. Deze objecten kunnen, behalve archeologische objecten, puin, NGE, verloren ankers, et cetera zijn. Zolang de aard van deze objecten niet is vastgesteld, worden de objecten geacht van potentieel archeologisch belang te zijn.

Tabel 4.4 – Anomalieën met meer van 500 nT met een potentieel archeologisch belang (Periplus, 2023, p. 6)

Target	E	N	nT	Section	Distance
BAB_FS_UXO_0010	570711	5761625	808	East	-210
BAB_FS_UXO_0599	570931	5761671	514	East	+5
BAB_FS_UXO_0603	570932	5761987	2312	East	+8
BAB_FS_UXO_0605	570933	5761957	1158	East	+8
BAB_FS_UXO_0618	570936	5761510	729	East	+11
BAB_FS_UXO_0657	570948	5761543	1348	East	+22
BC_FD_MAG_0121	571170	5763666	666	East	+4
BH_FSEA_MAG_0044	559169	5935057	578	C	-2
BJ_FD_MAG_0050	563642	5875159	2089	F	-59
BP_FD_MAG_0016	559490	5931390	591	B	-60



Figuur 4-10 – Kaart met de locaties van potentiële archeologisch belang. Rood zijn de contacten en groen de anomalieën.

### Geologische kenmerken in de diepere zeebodem

In de survey (Geophysical Survey Results Report, 8 December 2023) zijn met behulp van SBP en 2D-UHRS gegevens geologische kenmerken onderzocht, die vertaald kunnen worden naar een seismostratigrafische eenheid voor de diepere zeebodem. Zie Tabel 4.5.

Tabel 4.5 – Seismostratigrafische eenheden voor de diepere zeebodem

Eenheid	Beschrijving
A	<p>Aanwezig over de hele route. Het lijkt akoestisch transparant te zijn. Plaatselijk werden hoge amplitude interne puntreflecties of korte reflectoren waargenomen. In de grotere zandgolven werden plaatselijk zwakke pro gradatie structuren waargenomen.</p> <p>De eenheid wordt geïnterpreteerd als afgezet in een open mariene omgeving in reactie op de mariene transgressie tijdens het Laat-Holoceen en behoort tot de zuidelijke Bocht Formatie</p>
B	<p>Aanwezig in de hele route, behalve in het Maasmondkanaal. De eenheid heeft een seismisch karakter, variërend van semi-transparant tot chaotisch met talrijke discontinue en vaak onder een grote hoek geplaatste middelhoge tot hoge amplitude weerkaatsingen.</p> <p>In de eenheid zijn interne geulen en geulen aan de basis met verschillende afmetingen waargenomen. De vulling van de kanalen is variabel, maar meestal goed gelaagd en met weerkaatsingen met hoge amplitude. Hoge negatieve amplitudeanomalieën komen vaak voor in deze eenheid, vooral in het noordelijke deel van het traject, die mogelijk lagen veen en/of organisch rijke klei voorstellen.</p> <p>De eenheid wordt geïnterpreteerd als vroeg-Holocene kust- en getijdenafzettingen en behoort mogelijk tot de Naaldwijk Formatie. Plaatselijk kan de eenheid afzettingen van de Formatie van Boxtel bevatten en vooral in het zuidelijke en zuid-centrale deel van de route behoort een groot deel van deze eenheid mogelijk tot de Kreftenheye Formatie. Het onderscheid tussen deze formaties is moeilijk vanwege de vergelijkbare bodemgesteldheid (overwegend zand). In het kustgebied liggen de afzettingen van de Kreftenheye Formatie onder de basis van de geïnterpreteerde Naaldwijk Formatie.</p>
C	<p>Aanwezig in het centrale en gedeeltelijk in het noordelijke deel van de route. De eenheid wordt voor het grootste deel van de route gekenmerkt door beddingrijke seismische facies, bestaande uit parallelle weerkaatsingen. Plaatselijk, in het bovenste deel van de eenheid, werden structuurloze, semi-transparante intervallen waargenomen. In het noordoostelijke deel van het traject wordt de eenheid gekenmerkt door algemene semi-transparante seismische facies met lokale negatieve weerkaatsingen met hoge amplitude (2D-UHRS) van verschillende omvang. De hoge amplitude weerkaatsingen kunnen duiden op lagen met zakken veen en/of organische klei.</p> <p>De gelaagde aard van de eenheid zal naar verwachting correleren met afwisseling van zand en klei en lokale veenbedden. De eenheid wordt geïnterpreteerd als afgezet in een reeks kustmilieus (estuariën), getijdenvlakten of lagunes en komt overeen met het Bruine Bank Lid.</p>
D	<p>Aanwezig over de hele route, met uitzondering van een klein deel van de route (ongeveer 15 km) in het centrale deel en in het meest zuidelijke deel. De eenheid heeft over het algemeen een structuurloos en semi-transparant akoestisch karakter. Plaatselijk zijn er gelaagde intervallen, interne erosieoppervlakken die worden gemarkeerd door sterke hellende weerkaatsingen of die brede kanaalachtige kenmerken vormen. Inwendige begraven geulen zijn plaatselijk aanwezig.</p> <p>Unit D bestaat naar verwachting voornamelijk uit zand, met zeer plaatselijk klei- of veenafwisseling, afgezet in open zee- en getijdenmilieus. Men denkt dat de eenheid behoort tot de Eem Formatie.</p>
E	<p>Alleen aanwezig in het noordelijke deel van de route. Wordt gekenmerkt door akoestisch transparante tot semi-transparante en structuurloze seismische facies.</p> <p>Unit D bestaat naar verwachting voornamelijk uit zand, afgezet in open mariene en getijdenmilieu. De eenheid behoort vermoedelijk tot de Egmond bodemformatie.</p>
F	<p>Plaatselijk aanwezig in de noordelijke helft van de route. De eenheid vormt de opvulling van diep insnijdende U-vormige kanaalachtige kenmerken met steile flanken. Ze snijden in de onderliggende eenheid G en bereiken plaatselijk diepten onder de penetratie van de 2D-UHRS gegevens. Dergelijke kenmerken in dit deel van de Noordzee worden beschouwd als glaciële tunnelvalleien. De eenheid bestaat naar verwachting voornamelijk uit klei met frequent (siltig) zand interbeds</p>

Eenheid	Beschrijving
	<p>afgezet in glaciale, glaciofluviale en glaciolacustriene omgevingen. Deze afzettingen worden geïnterpreteerd als behorend tot de Peelo Formatie.</p> <p>Het interne karakter wordt over het algemeen gekenmerkt door semi-transparante tot chaotische seismische facies. Vaak, vooral in het bovenste deel, discontinuë, onregelmatige en golvende/geplooidde weerkaatsingen van gemiddelde tot hoge amplitude waargenomen.</p>
G	<p>De diepste eenheid die is waargenomen in de seismische gegevens binnen de diepte van belang en is aanwezig over het hele traject. De basis van deze eenheid ligt buiten de penetratiediepte van de 2D-UHRS. Het interne akoestische karakter van de eenheid is complex, van half doorzichtig tot chaotisch, met plaatselijk discontinuë weerkaatsingen, interne erosieoppervlakken en verschillende interne kanalen. Deze complexiteit is het gevolg van de aard van het afzettingsmilieu van deze eenheid (fluviaal tot deltaïsch) en postdepositionele processen zoals glaciale activiteit, inclusief erosie en mogelijk vervorming. De eenheid bestaat naar verwachting voornamelijk uit zand met af en toe klei en silt tussenlagen en plaatselijk dunne veenbedden. De eenheid komt volgens de interpretatie overeen met de Yarmouth Roads Formatie.</p>

Naast de seismostratigrafische eenheden zijn er ook andere geologische kenmerken in de diepere zeebodem geïdentificeerd. Deze zijn weergegeven in Tabel 4.6.

Tabel 4.6 – Geologische kenmerken in de zeebodem

Begraven geulen	<p>In de bodem begraven geulen en geulen aan het bodemoppervlak werden waargenomen in alle eenheden behalve eenheid A. Begraven geulen in eenheid B werden in kaart gebracht op basis van SBP-gegevens. Deze kanalen bevinden zich vaak aan de bovenkant van de eenheid, zijn NW-ZO georiënteerd en hebben een beperkte omvang. Ze hebben vaak een gelaagde invulling. De basis van eenheid B, C en D is plaatselijk gekanaliseerd. De basis van eenheid F vormt de diep ingesneden glaciale tunneldalen. Nabij de top van eenheid F zijn plaatselijk beddingvormige, kanaalachtige reflectoren waargenomen. Deze kenmerken lijken een laat stadium te vertegenwoordigen van de opvulling van deze tunnelvalleien die mogelijk plaatsvond in een lacustrien milieu.</p>
Veen	<p>Veenlagen zijn geïdentificeerd op drie stratigrafische niveaus: <i>veen niveau 1</i> geassocieerd met eenheid B, <i>veen niveau 2</i> geassocieerd met eenheid C, D en E, <i>veen niveau 3</i> geassocieerd met eenheid F en G. Veen komt het meeste voor in het noordelijke deel van het traject, met uitzondering van veen niveau 3. Dat is aanwezig langs het gehele traject, maar de verspreiding daarvan is zeer beperkt.</p>
Ondiep gas	<p>In het nabijgelegen kustgebied zijn er mogelijk gas/vloeistof geladen sedimenten waargenomen. De aanwezigheid hiervan kan niet volledig worden uitgesloten.</p>
Keien en grind	<p>In de survey zijn mogelijk keien of grof grind geïdentificeerd, echter, dit kan ook het resultaat zijn van andere factoren. Gezien de geologische setting (d.w.z. de verwachte aanwezigheid van periglaciale en glaciale sedimenten) kunnen keien en keien worden verwacht langs de Aramis-route. Daarom hun aanwezigheid niet worden uitgesloten.</p>
Glaciale deformatie	<p>Glaciale deformatie komt typisch tot uiting in seismische gegevens als chaotische interne weerkaatsingen, hellende afschuifvlakken, vervormde en geplooidde lagen en versterking van de oorspronkelijke interne structuur. Bewijzen van mogelijke vervorming werden waargenomen in eenheid G, vooral in de nabijheid van glaciale tunneldalen (eenheid F). Men denkt dat deze kenmerken verband houden met de Elsteriaanse ijstijd.</p>
Gewelven/breuken	<p>Gewelven werden niet eenduidig geïdentificeerd in de seismische reflectiegegevens. De aanwezigheid van breuken kan echter niet worden uitgesloten.</p>

## 4.3 Autonome ontwikkelingen

De Noordzee is een drukke zee met diverse activiteiten nu en in de toekomst. Ten aanzien van de bodem, of in relatie tot de bodem zijn de volgende ontwikkelingen relevant.

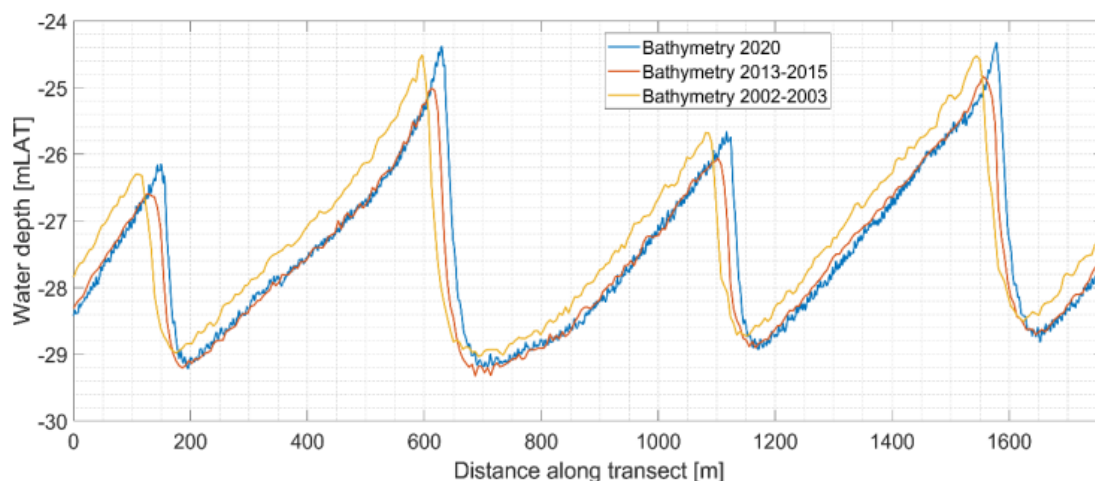
### 4.3.1 Ontwikkelingen bodem

De zeebodem op de Noordzee heeft verschillende kenmerken, waaronder zandbanken en zandgolven. Deze bodemkarakteristieken kennen dynamiek en migreren in de loop van de jaren. Deze dynamiek is niet voor elk gebied op de Noordzee hetzelfde. De typische migratiesnelheden van zandgolven in de zuidelijke Noordzee liggen tussen 1 m/jaar en 10 m/jaar en in uitzonderlijke gevallen, zoals bijvoorbeeld in kustgebieden, tot 20 m/jaar (Deltares, 2020). Een belangrijk aspect is dat er een ruimtelijke variatie is van migratiesnelheden.

Voor windenergiegebied Ijmuiden Ver, dat ten westen van het beoogde transportleiding tracé ligt, is door Deltares een onderzoek uitgevoerd [*Morphodynamics for Ijmuiden Ver Wind Farm Zone, Deltares, January 2023*]. De conclusies in dat onderzoek geven een beeld van wat er aan dynamische ontwikkelingen op de zeebodem voor komt:

- Grote noord-zuid georiënteerde zandbanken met hoogte verschillen van enkele meters tot 10 meter.
- Sedimenttransport voornamelijk door getij, meteorologische omstandigheden slechts tijdelijk effect; netto transport naar NNO in lijn met dominante getijdenstromingen (IJVER)
- Zandgolven migreren tussen 0,4m/jaar en 2,7m/jaar

In Figuur 4-11 is deze migratie inzichtelijk gemaakt. De gele lijn laat de zeebodem zien van 2002-2003 en de blauwe lijn de zeebodem van 2020. Hier is te zien dat de zandgolf ca. 40 meter is verplaatst gedurende een kleine 20 jaar.



Figuur 4-11 – Voorbeeld van de zeebodem van zuid-zuidwest tot noord-noordoost (Figuur 4.9 Deltares rapport)

### **4.3.2 Ontwikkelingen windparken**

Voor 2030 worden er diverse windenergiegebieden op de Noordzee ontwikkelt, maar ook voor de periode daarna heeft de Nederlandse overheid haar ambities gezet. Hieronder valt o.a. het voorgenomen windenergiegebieden Lagelander. Verschillende varianten van het transportleidingtracé voor Aramis doorkruist dit toekomstige windenergiegebied. De exacte invulling van de windenergiegebieden zijn nog niet bepaald, maar vast staat dat er windturbines komen die met vele kabels worden verbonden om vervolgens de energie aan land te krijgen.

## 5 Milieueffecten tijdens gebruiksfase

Dit hoofdstuk gaat per Aramis onderdeel in op de effecten op het thema Zeebodem, zoals die verwacht worden tijdens het gebruik van de CCS-keten. Daarbij wordt onderscheid gemaakt naar de startsituatie en eerste uitbreidingssituatie, die alle twee onderdeel zijn van het Aramis initiatief. Tevens bevat het hoofdstuk een doorkijk naar de effecten die verwacht worden in de eindfase, hoewel dit strikt gezien niet tot het Aramis initiatief behoort.

De milieuaspecten tijdens de gebruiksfase bij het thema zeebodem zijn:

- **Morfologie:** De effecten van de aanwezigheid van de leiding op de morfologie van de zeebodem.
- **Bodemkwaliteit:** De mate waarop de voorgenomen activiteit qua temperatuur invloed heeft op de bodemkwaliteit.

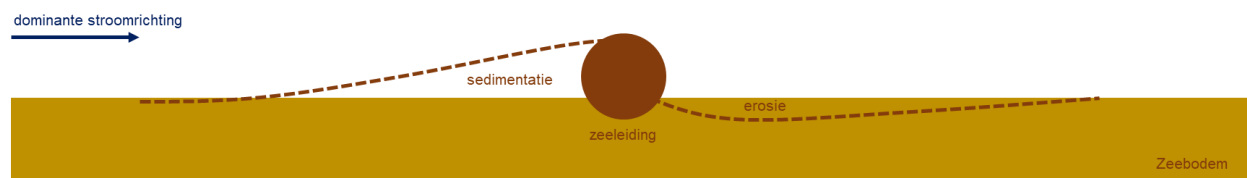
In deze fasen is niet van toepassing:

- **Vertroebeling:** Door bodemberoering komt sediment in de waterkolom, wat vertroebeling tot gevolg kan hebben. De mate waarin dit gebeurt wordt met dit criterium bepaald.
- **Archeologie:** De mate van verstoring op archeologische aspecten, zoals bijvoorbeeld scheepswrakken.
- **NGE (OO):** De mate van verstoring, dan wel het risico, op niet gesprongen explosieven.

### 5.1 Morfologie

In paragraaf 4.2.1 is de morfologische dynamiek beschreven; aanwezigheid van verschillende bodemtypen (zandbanken, -golven en megaripples) en hoe deze in de tijd veranderen. Tijdens de gebruiksfase zal de zeeleiding in of op de zeebodem liggen. Grootschalige bodemberoering zal niet plaatsvinden, evenals een effect op de grootschalige morfologie. Alleen zeer lokaal kunnen veranderingen optreden door de aanwezigheid van een obstakel (de zeeleiding) op de bodem.

Daar waar de zeeleiding op de bodem ligt, of half ingegraven is, is er een verstoring van de zeebodem. Er ligt immers een object op de bodem. Op de zeebodem is er een geringe stroomsnelheid van het water, die zandkorrels met zich voort kan bewegen. Wanneer deze stroming dominant is in een bepaalde richting, kan deze ervoor zorgen dat aan de ene kant van de leiding de bodem wat sedimenteert en aan de andere kant erodeert. Dit verschijnsel is zeer gering én treedt op in geval van een sterk dominante richting. Daarnaast tast het de integriteit van de leiding niet aan; het is niet erg wanneer dit optreedt. Wanneer de stroming van meerdere richtingen komt, wordt dit effect alleen maar minder of houdt het zich in balans waardoor er geen verschil is met de referentiesituatie. Het principe van dit verschijnsel is ter verduidelijking in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 5-1 - Principe van lokale bodemverandering rondom de zeeleiding

#### 5.1.1 Effectbeoordeling morfologie

De beschreven lokale morfologie is kleinschalig. De zeeleiding heeft daar eigenlijk geen invloed op. De minimale invloed die er zou kunnen zijn in het geval dat de zeeleiding op de bodem ligt (en niet is ingegraven), is verwaarloosbaar klein.

De zeeleiding heeft geen effect op de (lokale) morfologie tijdens de gebruiksfase, ongeacht de wijze van realiseren van de zeeleiding. De beoordeling is daarom neutraal gescoord voor alle trajecten en varianten.

Tabel 5.1 - Effectbeoordeling Morfologie in de gebruiksfase (Deel A en B)

Criteria	Aspect	Kruising Maasgeul	
		Tunnel (Deel B)	Direct Pipe (Deel A)
Water	Morfologie	0	0

Tabel 5.2 - Effectbeoordeling Morfologie in de gebruiksfase (Deel C en D)

Criteria	Aspect	Zeeleiding leggen (Deel D)	Zeeleiding ingraven en leggen (Deel C)
		Water	Morfologie

Tabel 5.3 - Effectbeoordeling Morfologie in de gebruiksfase (Deel E en F)

Criteria	Aspect	Zeeleiding leggen (Deel E)		Zeeleiding leggen (Deel F)
		Knooppunt op zeebodem	Platform installatie voor knooppunten	
Water	Morfologie	0	0	0

Tabel 5.4 - Effectbeoordeling Morfologie in de gebruiksfase voor de alternatieven

Criteria	Aspect	Alternatief 1 (West 1)		Alternatief 2 (West 2)		Centrale route
		1A	1B	2A	2B	3
Water	Morfologie	0	0	0	0	0

## 5.2 Bodemkwaliteit

Door afgifte van warmte op de omgeving door de zeeleiding zal de bodemtemperatuur lokaal verhogen, wat invloed kan hebben op de bodemkwaliteit. Deze invloed neemt af naarmate de Zeeleiding verder offshore ligt en tevens op grotere afstand van de leiding. De effecten treden alleen op tijdens het gebruik van de buisleiding. Tijdens de aanleg komt er geen warmte vrij. De temperatuur van de bovenste lagen van de zeebodem varieert met de temperatuur van het zeewater. Het zeewater varieert van temperatuur met gemiddeld 6 °C in februari en 19 °C in augustus<sup>6</sup>. In de (diepere) bodemlagen is de temperatuur constanter en fluctueert de temperatuur minder.

Er zijn twee zaken die invloed hebben op de inlaattemperatuur van de zeeleiding. De temperatuur van de stroom afkomstig van CO<sub>2</sub>next en de temperatuur afkomstig van de compressoren van Aramis. Hiermee rekening houdende is aangenomen dat de inlaattemperatuur van de zeeleiding tussen 30 en 65 °C bedraagt.

Bij aankomst op het d-hub platform (Deel E) is de temperatuur gelijk aan de water- en bodemtemperatuur ter plaatse. Tot welke afstand en op hoeveel meter van de zeeleiding de watertemperatuur wordt beïnvloed hangt af van meerdere factoren:

- pijpdiameter,
- wanddikte,
- coating,

<sup>6</sup> F197217-REP-ENV-001-R02\_Environmental-Desk-Top-Study, page 39



- lengte,
- inlaattemperatuur,
- doorstroom volume CO<sub>2</sub>,
- bodem- en zeetemperatuur.

Omdat deze informatie nog niet nauwkeurig genoeg was ten tijde van publicatie van dit rapport is het aspect Bodemtemperatuur opgenomen Hoofdstuk 9 Leemten in kennis.

### 5.2.1 Effectbeoordeling bodemkwaliteit

In Deel A en B bevindt de zeeleiding zich onder het diepste gedeelte van de vaargeul. De afstand van de kern van de leiding tot aan het bodemoppervlak is daarom veel groter. Aan het bodemoppervlak zal er qua temperatuur geen effect meer zijn op de bodem. Het effect is nauwelijks meetbaar en wordt daarom neutraal gescoord (0).

Tabel 5.5 - Effectbeoordeling Temperatuurtoename in de gebruiksfase (Deel A en B)

Criteria	Aspect	Kruising Maasgeul	
		Tunnel (Deel B)	Direct Pipe (Deel A)
Water	Temperatuurtoename	0	0

In Deel C wordt de leiding ingegraven en gelegd. In Deel D, E en F wordt de leiding gelegd. Door de reeds afgelegde afstand zal de temperatuur in de leiding vanaf deze delen ongeveer gelijk zijn aan de omgevingstemperatuur. Het effect op de zeebodem (voornamelijk deel D) en zeewater (voornamelijk de latere delen waar de leiding wordt gelegd) wordt daarom neutraal gescoord (0).

Tabel 5.6 - Effectbeoordeling Temperatuurtoename in de gebruiksfase (Deel C en D)

Criteria	Aspect	Zeeleiding leggen (Deel D)	Zeeleiding ingraven en leggen (Deel C)
		Water	Temperatuurtoename

Tabel 5.7 - Effectbeoordeling Temperatuurtoename in de gebruiksfase (Deel E en F)

Criteria	Aspect	Zeeleiding leggen (Deel E)		Zeeleiding leggen (Deel F)
		Knooppunt op zeebodem	Platform installatie voor knooppunten	
Water	Temperatuurtoename	0	0	0

De afzonderlijke delen worden allemaal neutraal gescoord. Voor de verschillende alternatieven zijn geen verschillen en is de beoordeling neutraal voor alle alternatieven.

Tabel 5.8 - Effectbeoordeling Temperatuurtoename in de gebruiksfase voor de alternatieven

Criteria	Aspect	Alternatief 1 (West 1)		Alternatief 2 (West 2)		Centrale route
		1A	1B	2A	2B	3
Water	Temperatuurtoename	0	0	0	0	0

## 6 Milieueffecten tijdens aanleg en ontmanteling

Dit hoofdstuk gaat per Aramis onderdeel in op de effecten op het thema Zeebodem, zoals die verwacht worden tijdens de aanleg en de ontmanteling van de CCS-keten. Waar nodig wordt onderscheid gemaakt naar de startfase en de eerste uitbreidingsfase. Tevens bevat het hoofdstuk een doorkijk naar de effecten die verwacht worden voor de eindfase.

De milieuaspecten tijdens de aanlegfase en ontmanteling bij het thema zeebodem zijn:

- **Morfologie:** De effecten van de bodemberoering op de bodem en daarmee de morfologie.
- **Vertroebeling:** Door bodemberoering komt sediment in de waterkolom, wat vertroebeling tot gevolg kan hebben. De mate waarin dit gebeurt wordt met dit criterium bepaald.
- **Archeologie:** De mate van verstoring op archeologische aspecten, zoals bijvoorbeeld scheepswrakken.
- **NGE (OO):** De mate van verstoring, dan wel het risico, op niet gesprongen explosieven (ontplofbare oorlogsresten).

In deze fasen is niet van toepassing:

- **Bodemkwaliteit:** De mate waarop de voorgenomen activiteit qua temperatuur invloed heeft op de bodemkwaliteit.

### 6.1 Morfologie

#### 6.1.1 Invloed morfologie op de leiding

De aanwezige morfologische typen (zandbanken, zandgolven en megaripples) zijn beschreven in paragraaf 4.2.1. Deze bodemtypen zijn dynamisch en door de veranderingen en verplaatsingen daarvan, kan dat negatieve invloed hebben op de zeeleiding en de stabiliteit daarvan. Op hoofdlijnen zijn twee verschillende effecten te beschrijven:

- *Zijwaartse druk op de leiding:* Dit is met name wanneer de leiding op de bodem ligt en niet is ingegraven. In de loop van de tijd kan dit negatieve invloed hebben op de stabiliteit van de zeeleiding. De zijwaartse beweging van de zandbanken kan de leiding 'opzij duwen' met zelfs, in theorie, een mogelijke breuk tot gevolg.
- *Hoogteverschillen:* De zandgolven met de steile lizijde die in de loop van de tijd veranderen, kunnen de bodem onder de zeeleiding veranderen en met de grote hoogteverschillen ook resulteren in een breuk van de leiding.

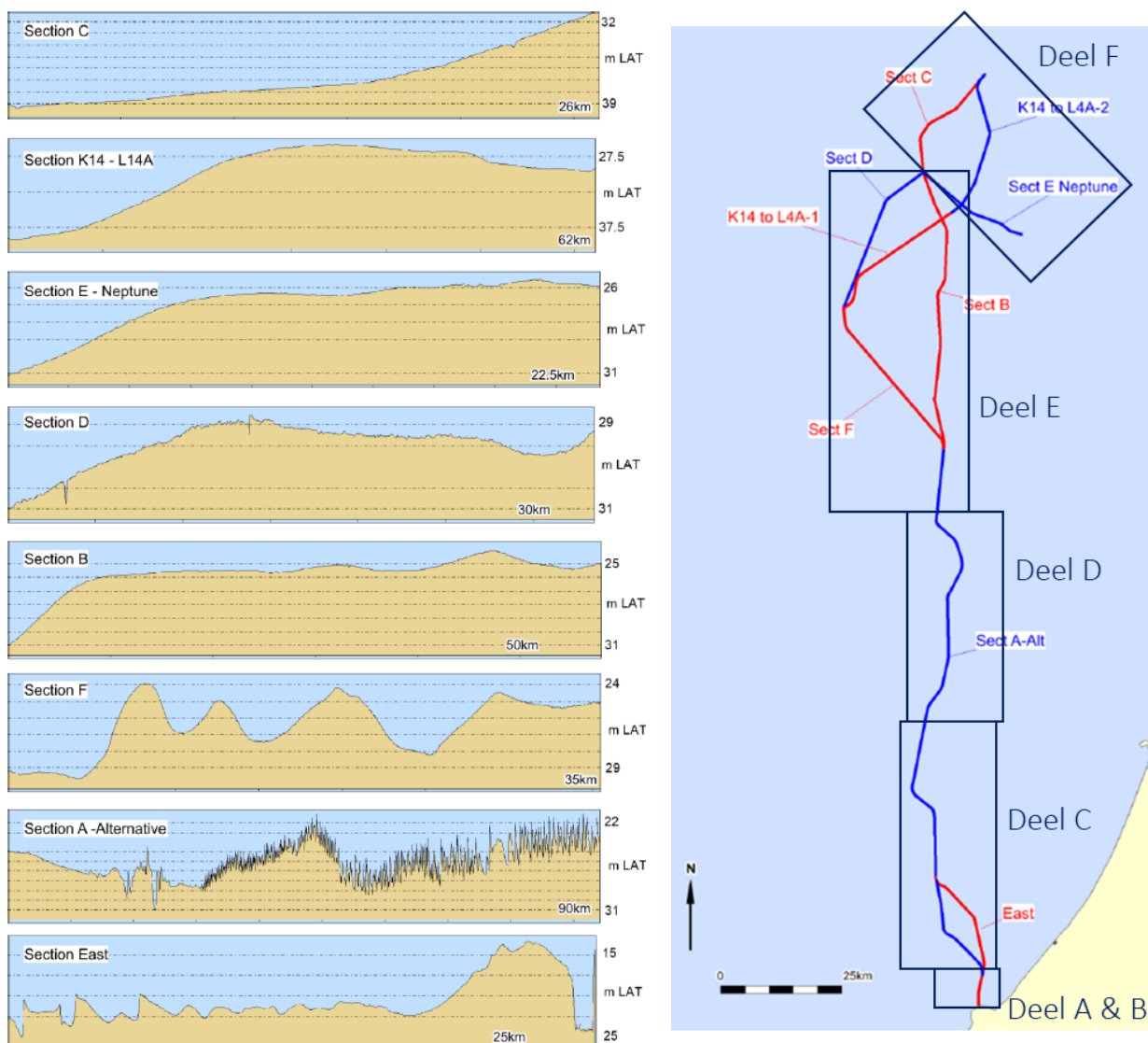
De invloed van de morfologie op de zeeleiding is geen onderdeel van de effectbeoordeling. Echter, deze principes dienen meegenomen te worden in het ontwerp en de realisatie van de leiding om de integriteit van de leiding te waarborgen.

#### 6.1.2 Invloed bodemberoering op de morfologie

De invloed van de leiding op de morfologie wordt bepaald door de bodemberoering. Voor het realiseren van de leiding wordt de leiding ingegraven of op de bodem gelegd. Hiervoor zal er gegraven worden en op sommige locaties enkele meters, om onder het dynamische profiel van de zeebodem te komen. Op die manier ondervindt de leiding niet de effecten van de migrerende zandbanken en -golven, zoals beschreven in de vorige paragraaf.

### 6.1.3 Effectbeoordeling morfologie

Het Fugro rapport hanteert een verdeling in *secties* en in de beoordeling wordt er naar 6 *delen* gekeken. In onderstaande Figuur 6-1 zijn de zeebodemprofielen per sectie aangegeven met daarbij een kaart waarop zowel de sectie indeling als de delen voor de beoordeling zijn weergegeven. In Tabel 6.1 is dit ook in tabelvorm weergegeven.



Figuur 6-1 - Zeebodem profielen per sectie van noord naar zuid) en het overzicht van de secties met de aanduiding van de delen (rechts) (bron: Periplus rapport, figuur 4 en 5 (welke is aangevuld met de delen))

Tabel 6.1 - Vergelijking sectienummering gehanteerde kaarten

Indeling delen	Indeling secties
Deel A – Direct Pipe	Eerste stuk van sectie A - Alt (2 km)
Deel B – Tunnel	East
Deel C – Ingraven en leggen	Tweede stuk van sectie A-Alt (tot 70km)
Deel D – Leggen (indien nodig ingraven)	Derde stuk sectie A-Alt (70 – D-Hub 153,4 km)
Deel E – Leggen (indien nodig ingraven)	B, F, D, K14 to L4A-1
Deel F – Leggen (mogelijk ingraven)	C, K14 to L4A-2, E-Neptune

In Deel A en B zal de zeeleiding onder de Maasgeul door lopen, via een tunnel of direct pipe. In beide gevallen ligt de leiding voldoende diep onder de vaargeul en onder de zeebodem. De zeebodem en de morfologie worden hierdoor niet beïnvloed. De beoordeling voor deze delen is daarom neutraal (0).

Tabel 6.2 - Effectbeoordeling Morfologie in de aanlegfase (Deel A en B)

Criteria	Aspect	Kruising Maasgeul	
		Tunnel (Deel B)	Direct Pipe (Deel A)
Water	Morfologie	0	0

Zoals in Figuur 6-1 en Tabel 6.1 is te zien, komen Deel C en D overeen met de sectie “A-Alt”. Dit gebied kenmerkt zich door significante zandgolven en in het noordelijke deel ook zandbanken die dynamisch bewegen. Deze bewegingen zijn dynamisch genoeg om in potentie een effect te kunnen hebben op de stabiliteit van de zeeleiding. In het ontwerp dient hier rekening mee gehouden te worden. Een optie is om deze zeeleiding onder het dynamische profiel in te graven, zodat deze effecten niet op kunnen treden. Hiervoor dient er wel op sommige trajecten diverse meters diep gegraven te worden. Dit geldt voor deel C. Deze bodemberoering zorgt voor een minimale aanpassing van de zeebodem die van tijdelijke aard is. Immers, de leiding wordt ook weer afgedekt. Deze bodemberoering zal geen invloed hebben op de grootschalige morfologie; de zandbanken en zandgolven zullen hierdoor niet anders verplaatsen. De score is daarom neutraal (0) voor deel C. De zeeleiding in deel D wordt gelegd, evenals een deel van deel C. In het ontwerp en de realisatie dient rekening gehouden te worden met de verplaatsingen van de zandbanken en de zandgolven, die invloed kunnen hebben op de zeeleiding. De zeeleiding zelf - en de minimale bodemberoering die plaatsvindt bij het leggen - heeft geen effect op de morfologie. Ook hier geldt dat de zandbanken en zandgolven hierdoor niet anders zullen verplaatsen. De score voor deel D is daarom ook neutraal (0).

Tabel 6.3 - Effectbeoordeling Morfologie in de aanlegfase (Deel C en D)

Criteria	Aspect	Zeeleiding leggen (Deel D)	Zeeleiding ingraven en leggen (Deel C)
Water	Morfologie	0	0

De leiding wordt op de zeebodem gelegd van de inlaat naar de Hub area (deel E) en niet ingegraven. Er vindt niet tot nauwelijks bodemberoering plaats. Daarnaast is de morfologische dynamiek in dit gebied ook zeer beperkt. Er is daarmee geen effect op de morfologie en wordt daarom neutraal gescoord (0). Dit geldt ook voor Deel F. Hier is de bodem nauwelijks dynamisch en is het bodemprofiel redelijk vlak en glad. Het leggen van de zeeleiding zal hier ook geen invloed hebben op de morfologie. Ook hier is de beoordeling daarom neutraal (0).

Tabel 6.4 - Effectbeoordeling Morfologie in de aanlegfase (Deel E en F)

Criteria	Aspect	Zeeleiding leggen (Deel E)		Zeeleiding leggen (Deel F)
		Knooppunt op zeebodem	Platform installatie voor knooppunten	
Water	Morfologie	0	0	0

De effectbeoordeling is voor alle delen neutraal gescoord. Voor de verschillende alternatieven is dit ook het geval. Er vindt beperkte bodemberoering plaats, waarbij geen effect te verwachten is op de morfologie tijdens de aanlegfase.

Tabel 6.5 - Effectbeoordeling Morfologie in de aanlegfase voor de alternatieven

Criteria	Aspect	Alternatief 1 (West 1)		Alternatief 2 (West 2)		Centrale route
		1A	1B	2A	2B	3
Water	Morfologie	0	0	0	0	0

## 6.2 Vertroebeling

Effecten op de zeebodem heeft betrekking op het aspect **vertroebeling**. Vertroebeling is een gevolg van in een ingreep op:

- op het bodemreliëf,
- bodemberoering én
- verandering van bodemkwaliteit/temperatuur.

Het trenchen van de zeeleiding veroorzaakt mogelijk sedimentverschuivingen waarbij voedingsstoffen en schadelijke stoffen kunnen vrijkomen. Dit wordt **vertroebeling** genoemd. De effecten komen voornamelijk via de voedselketen tot uiting, omdat primair de prooidieren worden getroffen. De zoogdieren staan aan de top van de marine voedselketen en worden als gevolg van bioaccumulatie (het ophopen van toxische stoffen in de voedselketen) bijzonder bedreigd door giftige stoffen in het milieu. Door de werveling van het sediment tijdens de aanleg ontstaan vertroebelingspluimen die bijvoorbeeld de oriëntering van jagende, via sonar navigerende bruinvissen kunnen belemmeren. In de zuidelijke Noordzee bestaat echter een aanzienlijke natuurlijke vertroebeling die wordt veroorzaakt door plankton, door de wind en door de getijden.

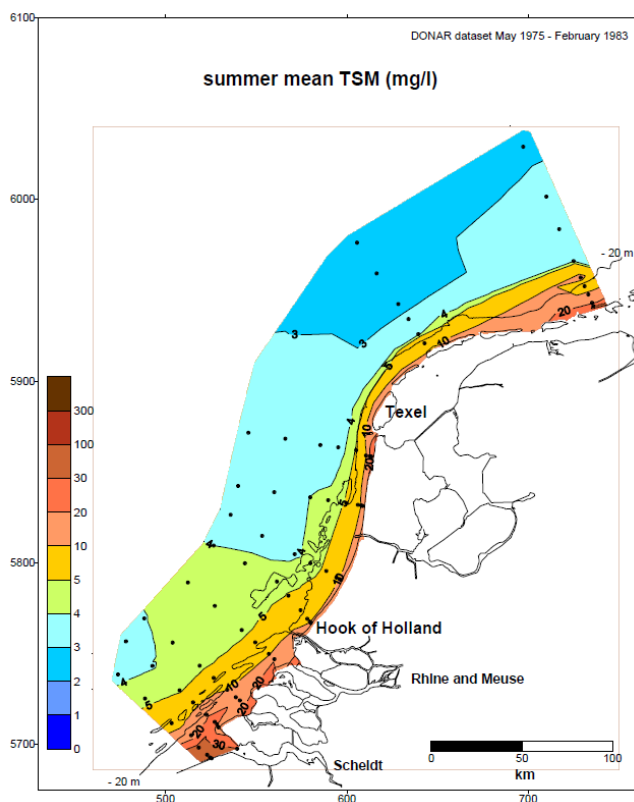
### 6.2.1 Vertroebeling bij aanleg van de Zeeleiding

#### **Zeestroming en slibpercentage in het water (vertroebeling)**

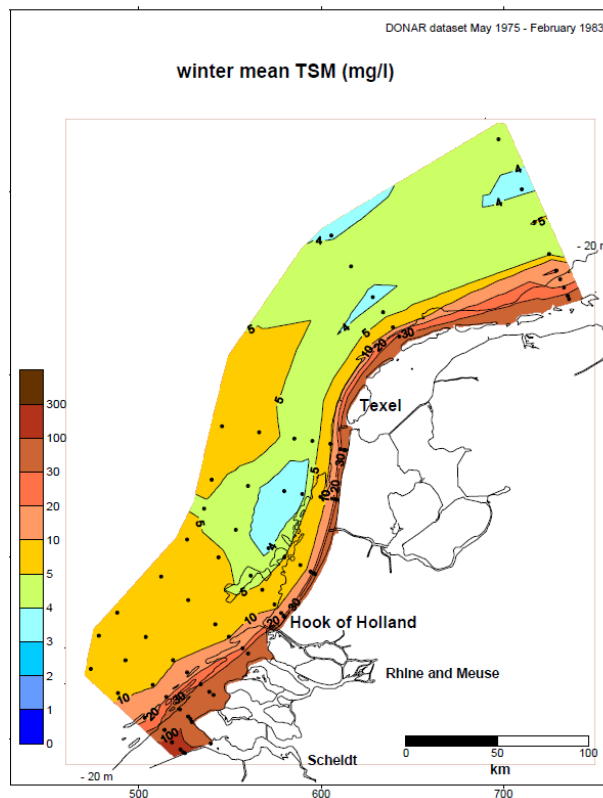
Bij de aanleg van de zeeleiding wordt sediment van de zeebodem gebaggerd om de leiding te begraven en er wordt gebruik gemaakt van trenching gereedschap. Bij het baggeren en trenchen komt sediment en slib in suspensie wat gevolgen kan hebben voor het ecosysteem.

In deze studie zijn de concentraties van sediment dat in suspensie komt en de hoeveelheid sedimentatie benaderd met een gesimplificeerd model. De verspreiding van het sediment dat in suspensie komt is benaderd aan de hand van de getijdestroming en de valsnelheden van het fijne sediment.

De verhoging in sedimentconcentraties door het aanleggen van de zeeleiding worden vergeleken met de achtergrondconcentratie in de Noordzee van 3 tot 100 mg/L (Suijlen & Duin, 2002). Figuur 6-2 en Figuur 6-3 geven kaarten van de gemiddelde sedimentconcentraties in de Noordzee voor de zomer en winter. Over het algemeen is de sedimentconcentratie dicht bij de kust duidelijk hoger dan verder van de kust.



Figuur 6-2 - Zomergemiddelden van totale zwevende sediment concentraties nabij het oppervlak (1 mei – 31 oktober) (Suijlen & Duin, 2002).



Figuur 6-3 - Wintergemiddelden van totale zwevende sediment concentraties nabij het oppervlak (1 december – 31 maart) (Suijlen & Duin, 2002).

## Werkzaamheden

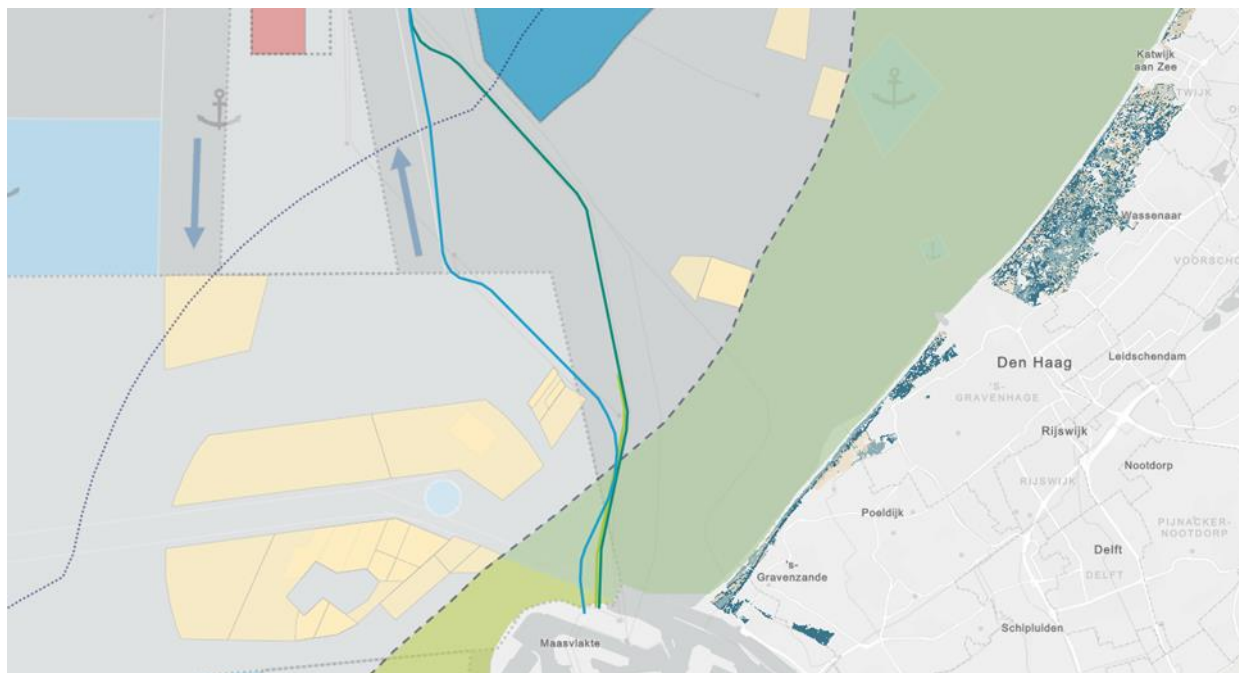
De volgende alinea's beschrijven de werkzaamheden bij het aanleggen van de zeeleiding die vertroebeling en bodemberoering kunnen veroorzaken.

### Kruising Maasgeul

Voor het kruisen van de Maasgeul zijn twee alternatieven onderzocht: tunnel (of mogelijk segmented tunnel) en direct pipe, ieder met een eigen route. In Figuur 6-4 zijn beide routes weergegeven. Bij het tunnelalternatief wordt onder de zeewering en Maasgeul doorgeboord over een afstand van circa 2 kilometer. Bij Direct pipe wordt onder de zeewering geboord over een lengte van circa 600 meter en vervolgens een sleuf gebaggerd in de Maasgeul voor de kruising van de Maasgeul. Dit leidt tot een grotere hoeveelheid bagger, zoals blijkt uit onderstaande gegevens:

1. Direct pipe een baggervolume van ongeveer 708.000 m<sup>3</sup>
2. Tunneling een baggervolume van ongeveer 2.020 m<sup>3</sup>

Bij het baggeren komt sediment in suspensie dat zorgt voor vertroebeling in het water. De stroming op dit punt is complex en wordt beïnvloed door getijdestroming, afvoer van de Nieuwe Waterweg en de aanwezigheid van de Maasvlakte 2. Op dit deel van de Nieuwe Waterweg wordt al veel gebaggerd om de toegang tot de haven van Rotterdam bevaarbaar te houden.



Figuur 6-4 - Alternatieve routes van de nearshore zeeleiding en kruising van de Maasgeul.

#### *Aanleg zeeleiding*

Ten noorden van de Maasgeul wordt de zeeleiding via een schip waar mogelijk op de zeebodem geplaatst. Op verschillende locaties wordt de zeeleiding ingegraven, dit gebeurt bij het kruisen van vaarroutes en leidingen, bij een kleine waterdiepte en mogelijk bij een onstabiel zeebed. De totale ingegraven lengte bedraagt naar verwachting circa 110 kilometer. De eerste 65 kilometer wordt ingegraven vanwege de kleine waterdiepte. Het gelegde deel van de zeeleiding bevat meerdere kruisingen met bestaande infrastructuur op de zeebodem, naar verwachting gaat dit om circa 45 kruisingen van gemiddeld 150 meter. Er kan lokaal vertroebeling optreden bij deze kruisingen, maar dit gaat om kleine hoeveelheden en is niet meegenomen in deze studie.

#### **Uitgangspunten**

Bij het bepalen van de vertroebeling door bodemberoering zijn een aantal aannames gedaan die in dit hoofdstuk zijn beschreven.

#### *Aanleg zeeleiding*

Bij het ingegraven deel van de zeeleiding wordt gebruik gemaakt van een trencher. Deze machine graaft een trapeziumvormige sleuf waar de zeeleiding in zakt en bedekt de leiding vervolgens met het verplaatste zand. De trapeziumvormige sleuf heeft een diepte van 2 meter en is aan de bovenkant 6 meter breed en aan de onderkant 2 meter breed. De dwarsdoorsnede heeft dus een oppervlak van 8 m<sup>2</sup>. Voor berekening van de vertroebeling wordt ervan uitgegaan dat 25% van het verplaatste sediment in suspensie komt op een hoogte van gemiddeld 1 meter vanaf de zeebodem. Dat betekent dat er 2 m<sup>3</sup> sediment per meter geullengte in suspensie komt. Bij het bepalen van de vertroebeling wordt uitgegaan van een snelheid van de trencher van 2.1 meter per minuut.

### Bodemsamenstelling

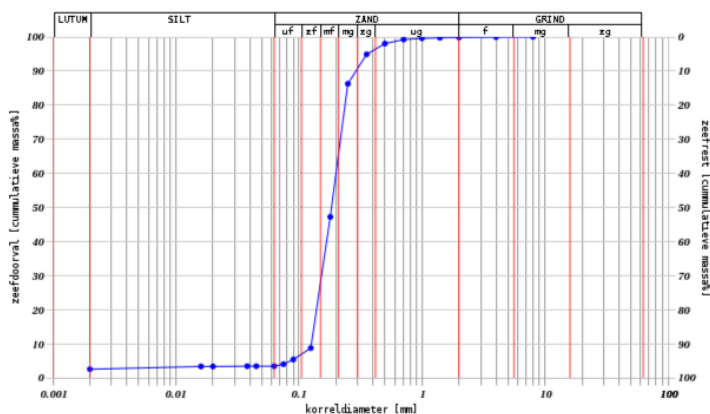
De bodemsamenstelling is van belang om te bepalen hoeveel fijn sediment er in suspensie komt. Grof sediment (grof zand en grind) zakt vrijwel direct naar de zeebodem neer en is daarom niet van belang voor de vertroebeling. De bodemsamenstelling is gebaseerd op een korrelgrootteanalyse dichtbij het tracé van de zeeleiding. Figuur 6-5 geeft een overzicht van de korrelgrootteanalyse. Op basis van deze analyse is de bodemsamenstelling opgedeeld in 4 fracties fijn sediment. De aangenomen waarden staan in Tabel 6.6. De valsnelheden zijn berekend met vergelijking 1 (Ieperen, 1987). Het matig fijne zand en grove zand maakt ongeveer 80% van de bodem uit, en heeft een valsnelheid tussen de 27 en 60 mm/s en slaat dus relatief snel neer op de bodem. Dit zorgt ervoor dat binnen ongeveer 10 meter van de zeeleiding bodemberoering ontstaat door het neerslaan van het grove zand. De grove fracties worden verder niet meegenomen met het bepalen van de pluim.

$$w = \frac{1}{24.42} \cdot \frac{\Delta \cdot g \cdot D^2}{\nu} \quad \text{Eq 1}$$

- $w$  = valsnelheid [m/s]
- $\Delta$  = relatieve dichtheid = 1.65
- $g$  = gravitatie versnelling = 9.81 [m/s<sup>2</sup>]
- $D$  = korreldiameter [m]
- $\nu$  = kinematische viscositeit water = 10<sup>-6</sup> [m<sup>2</sup>/s]

### Korrelgrootte analyse

Identificatie: BP180773  
 Identificatie monster: K2017-07-1746  
 Coördinaten: 568299, 5767405 (WGS84)  
 Monster: van 0.32 m tot 0.52 m t.o.v. Zeebodem



Figuur 6-5 - Korrelgrootte analyse van de bodem in de Noordzee, dicht bij het tracé van de zeeleiding. (DINOloket)

Tabel 6.6 - Overzicht van het fijne sediment in de bodem en de eigenschappen

Soort sediment	Aandeel gewicht [%]	Korrelgrootte [mm]	Val snelheid [mm/s]
Zeer fijn zand	3	0,1	6,63
Uiterst fijn zand	3	0,07	3,25
Silt	1	0,01	0,066
Klei	2,5	0,001	0,00066



### Sediment transport

Het sediment dat in suspensie komt wordt vervoerd door de stroming van het getij. Langs de Nederlandse westkust loopt de getijdestroming vrijwel parallel langs de kustlijn. In het projectgebied is de getijdestroming ongeveer richting het noordoosten bij vloed en richting het zuidwesten bij eb. Bij het gesimplificeerde model wordt aangenomen dat de richting van de eb- en vloedstroming over de hele zeeleiding gelijk is en in tegengestelde richting. Er is aangenomen dat de richting van het getij 50 graden is ten opzichte van het noorden en dat de stroomsnelheid een amplitude heeft van 0,7 m/s<sup>7</sup>. Daarnaast wordt het getijdesignaal benaderd met een sinusgolf met een periode van 12 uur. Dit resulteert in de volgende benodigde parameters:

- Een gemiddelde stroomsnelheid tijdens een halve periode van 0,446 m/s
- De maximum afgelegde afstand van de waterkolom tijdens een halve periode 9.625 m,

De afstand die het sediment aflegt, hangt af van de hoogte van de pluim, de valsnelheid en de stroomsnelheid van het getij. Grover sediment zal binnen een halve periode op de bodem neerslaan, terwijl fijner sediment langer in suspensie blijft en daardoor op en neer beweegt met het getij. De maximum afgelegde afstanden van de verschillende soorten sediment is berekend met onderstaande formule en de resultaten worden weergegeven in Tabel 6.7.

$$Max\ afstand = \min\left(\frac{h_{pluim}}{w} \cdot v_{gem};\ 9625\right) \quad Eq\ 2$$

- $w$  = valsnelheid [m/s]
- $h_{pluim}$  = gemiddelde hoogte van de pluim =1 [m]
- $v_{gem}$  = gemiddelde stroomsnelheid getij =0,446 [m/s]

Tabel 6.7: Maximum afgelegde afstanden van de verschillende soorten sediment voor het neerslaan op de bodem

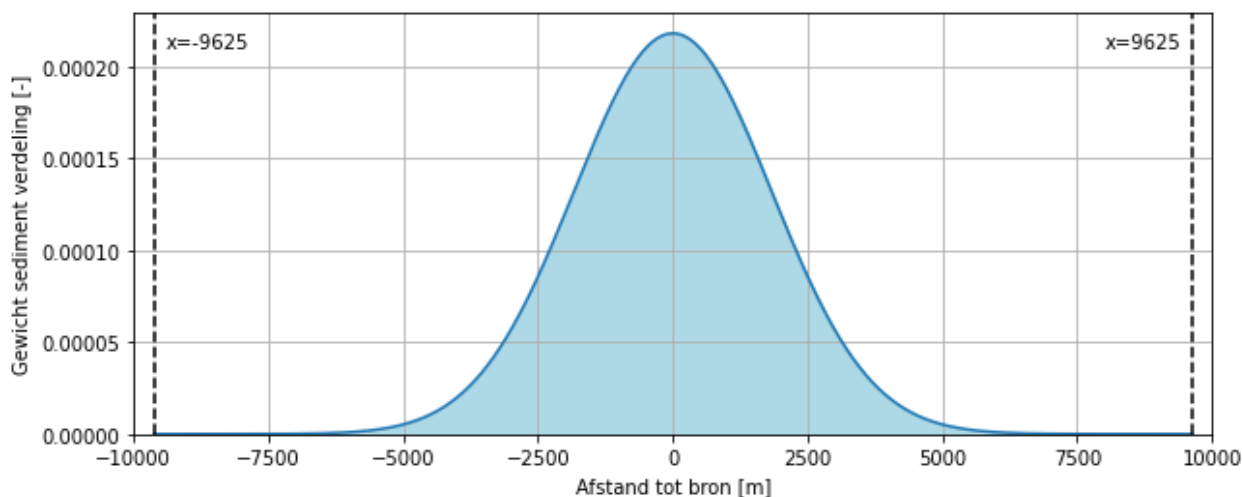
Soort sediment	Berekende afstand [m]	Gebruikte afstand [m]
Zeer fijn zand	67,3	67,3
Uiterst fijn zand	137,2	137,2
Silt	6757,6	6757,6
Klei	675757,6	9625

Een fit van een normale verdeling op de concentraties en afstanden is gebruikt om de ruimtelijke verdeling van het fijne sediment te modelleren en wordt weergegeven in Figuur 6-6. Vervolgens is over het hele tracé van de zeeleiding het sediment verdeeld met deze verdeling in verschillende tijdstappen, waarbij het totaal te verdelen sediment gelijk was aan het product van de tijdstap en de bronterm. Met deze methode wordt een gemiddelde verdeling van het sediment berekend, maar in werkelijkheid kunnen de maximumwaarden hoger zijn. De verdeling van het sediment hangt af van het moment waarop getrencht wordt en de op dat moment optredende stroomrichting en snelheid.

<sup>7</sup> Voor de benadering van het sediment transport is een stroomsnelheid van 0,7m/s aangehouden. Dit is de stroomsnelheid aan de kust. Verder offshore en bij de HUB kan deze lager zijn. Dit betekent dat het sediment dichterbij het tracé neerslaat. De sedimentatie dikte zal daarmee hoger zijn. Het gebied waar sediment neerslaat is in deze benadering dus groter dan in werkelijkheid zal optreden in het gebied buiten de kuststrook. De hoeveelheid sediment die in suspensie wordt gebracht blijft hetzelfde, deze is niet afhankelijk van de stroomsnelheid.

Tabel 6.8: Overzicht van de parameters voor de bepaling van de vertroebeling.

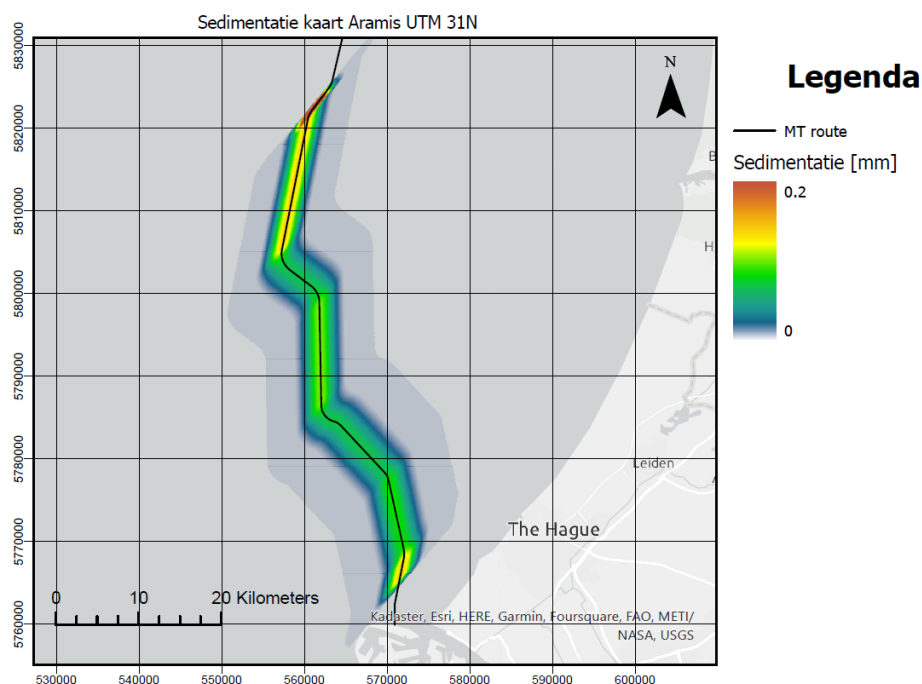
Overzicht bodemberoering en vertroebeling	
Lengte trace [m]	65.080
Breedte trencher [m]	6
Oppervlak omgewoelde bodem [m <sup>2</sup> ]	390.480
Volume sediment in suspensie per m trace [m <sup>3</sup> /m]	2
Totaal volume sediment in suspensie [m <sup>3</sup> ]	130.160
Snelheid trencher [m/s]	0,035
Volume per seconde [m <sup>3</sup> /s]	0,07
Dichtheid bodem [kg/m <sup>3</sup> ]	1860
Gewicht per seconde [kg/s]	130,2
Gewicht fijn sediment per seconde [kg/s]	12,4



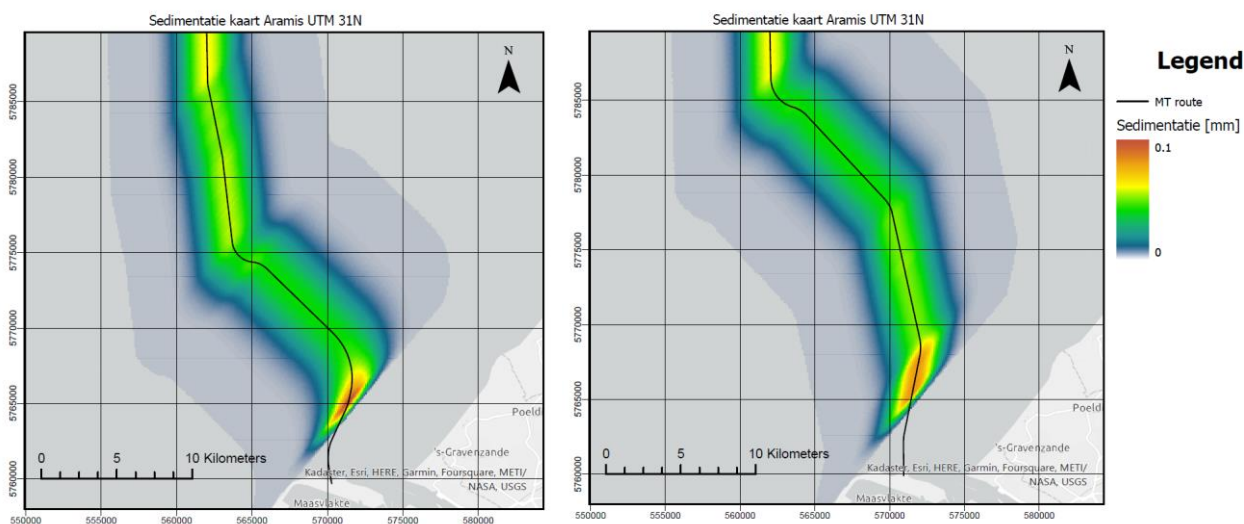
Figuur 6-6 - Verdeling van het sediment in de stroomrichting, gebaseerd op de gemiddelde stroomsnelheid en valsnelheden van de fijne sediment fracties.

## Resultaten

Figuur 6-7 toont het ruimtelijk beeld met sedimentatie waarden voor het fijne sediment voor het aanleggen van de zeeleiding tot KP70. De analyse is uitgevoerd voor beide routes, Direct Pipe en Tunnel, en de sedimentatie rond de Maasgeul voor beide alternatieven is weergegeven in Figuur 6-8 en Figuur 6-9. Het aandeel fijn sediment is laag (9.5%) en de hoeveelheid sediment die in suspensie is gebracht is klein ten opzichte van het gebied waarover dit is verspreid, de maximum sedimentatie waarden blijven daarom ook laag (0.2 mm). De sedimentatiewaarden zijn mede afhankelijk van de oriëntatie van het tracé ten opzichte van de richting van de getijdestroming: de hogere sedimentatiewaarden treden op locaties waar het tracé meer in dezelfde richting gaat als de getijdestroomrichting.

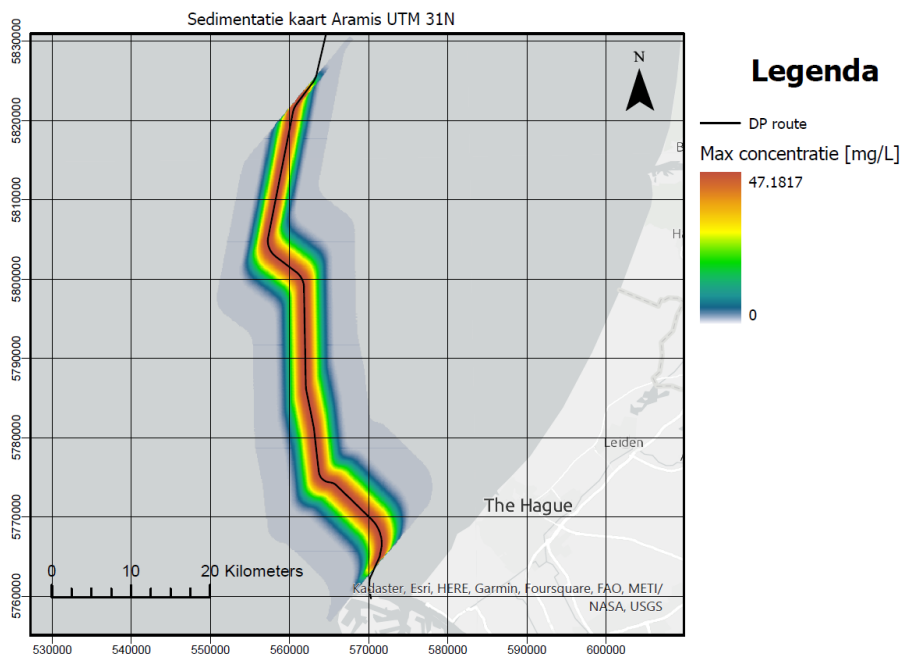


Figuur 6-7 - Kaart van de sedimentatie waarden voor de tunnel route.



Figuur 6-8 - Sedimentatie rond de Maasgeul voor de Direct pipe route. Figuur 6-9 - Sedimentatie rond de Maasgeul voor de Tunnel route.

De maximum sedimentconcentratie, weergegeven in Figuur 6-10, treedt op vlak langs het tracé van de zeeleiding. Dit komt voornamelijk door het grovere sediment en deze deeltjes slaan ook weer snel neer op de zeebodem. De sedimentconcentraties verder van de zeeleiding zijn een stuk lager en zijn vergelijkbaar met de achtergrondconcentratie van 3-100 mg/L. De kaarten tonen alleen het fijne sediment; niet het grotere aandeel zand dat binnen 10 meter van de zeeleiding neerslaat. De bodem die hierdoor beroerd wordt heeft een oppervlakte van ongeveer 130 hectare (2x10 meter breed en 65.000 meter lang).



Figuur 6-10 - Maximum opgetreden concentraties langs het tracé van de zeeleiding.

## 6.2.2 Effectbeoordeling vertroebeling

In deze studie is een inschatting gemaakt van de toename in sedimentatie en sedimentconcentratie als gevolg van de aanleg van de zeeleiding van het Aramis initiatief. De resultaten laten zien dat als gevolg van het relatief kleine aandeel fijn sediment in de zeebodem de sedimentconcentraties en sedimentaties relatief laag blijven. De eventuele invloed van vertroebeling op natuurwaarden is opgenomen in de ecologische studies.

### Vertroebeling aanlegfase

Voor het kruisen van de Maasgeul (deel A en B) worden twee opties overwogen, direct pipe en tunnel. De kruising van de Maasgeul heeft bij:

1. Direct pipe een baggervolume van ongeveer 708 000 m<sup>3</sup> heeft een licht negatief effect (-).
2. Tunnel een baggervolume van ongeveer 2020 m<sup>3</sup> heeft een neutraal effect (0).

Bij het baggeren komt sediment in suspensie dat zorgt voor vertroebeling in het water. De stroming op dit punt is complex en wordt beïnvloed door getijde stroming, afvoer van de Nieuwe waterweg en de aanwezigheid van Maasvlakte 2.

Tabel 6.9 - Effectbeoordeling vertroebeling in de aanlegfase (Deel A en B)

Criteria	Aspect	Kruising Maasgeul	
		Tunnel (Deel B)	Direct Pipe (Deel A)
Water	Vertroebeling	0	-

Voor deel C is het effect op de vertroebeling van water licht negatief (-) in geval van de spuitlans. Door het kleine aandeel fijn sediment blijven de concentraties en sedimentatie hoeveelheden laag. De achtergrondconcentraties in de Noordzee variëren tussen de 3 tot 100 mg/L. Rond de zeeleiding zal deze concentratie voor een korte periode toenemen, maar de grovere fracties slaan snel neer op de bodem. Het fijnste sediment zal langer in suspensie blijven, maar ook over een groot gebied verspreiden en

daarom relatief lage concentraties hebben. De hoeveelheid sedimentatie heeft een maximum van 0,2 mm, wat maar op een relatief klein oppervlak optreedt. De sedimentatie in het grootste deel van het beroerde gebied zal verwaarloosbaar klein zijn. De sedimentatie van grof sediment is niet gemodelleerd, omdat is aangenomen dat dit type sediment binnen 10 meter naast de zeeleiding neerslaat. Vanuit het aspect morfologie zijn geen mitigerende maatregelen nodig.

In de variant 'overvloeien' wordt de leiding begraven door met hogedruk het zand weg te spoelen, zodat de leiding in de bodem zakt (-). De sedimentpluim wordt hierdoor wat hoger, waardoor het gebied waarover de grovere fracties verspreiden iets groter wordt. Daarnaast komt er ook per meter meer sediment in suspensie dan in het geval van de spuitlans.

Voor een deel van Sectie C en Secties D, E en F wordt de Zeeleiding gelegd. In dit deel worden van tevoren rectificerende maatregelen genomen zoals pre-sweeping in geval van bijvoorbeeld zandgolven d.m.v. baggeren. Indien eventuele freespanns nog te lang en te hoog zijn (zelfs na pre-sweeping) kunnen deze delen van de Zeeleiding nog extra ondersteuning krijgen door "rockdumpen". Het effect van dergelijke maatregelen op vertroebeling is verwaarloosbaar klein.

Tabel 6.10 - Effectbeoordeling vertroebeling in de aanlegfase (Deel C en D)

Criteria	Aspect	Zeeleiding leggen (Deel D en Deel C)	Zeeleiding ingraven (Deel C)	
			Voorgenomen activiteit Spuitlans	Variante 1 Overvloeien
Water	Vertroebeling	0	-	-

Tabel 6.11 - Effectbeoordeling vertroebeling in de aanlegfase (Deel E en F)

Criteria	Aspect	Zeeleiding leggen (Deel E)		Zeeleiding leggen (Deel F)
		Knooppunt op zeebodem	Platform installatie voor knooppunten	
Water	Vertroebeling	0	0	0

Tabel 6.12 - Effectbeoordeling vertroebeling in de Aanlegfase voor de alternatieven

Criteria	Aspect	Alternatief 1 (West 1)		Alternatief 2 (West 2)		Centrale route
		1A	1B	2A	2B	3
Water	Vertroebeling	0	0	0	0	0

### Mitigerende maatregelen

Vanuit het aspect vertroebeling zijn geen mitigerende maatregelen nodig. De eventuele invloed van vertroebeling op natuurwaarden is opgenomen in de ecologische studies.

## 6.3 Archeologie

### 6.3.1 De AMZ - Cyclus

Het werkproces archeologie, ook wel het proces van Archeologische Monumentenzorg (AMZ) genoemd, verloopt in de regel in verschillende stappen of fasen. Elke stap of fase eindigt met een afweging of er voldoende informatie is verzameld om een afgewogen beslissing te kunnen nemen over eventuele vervolgacties. In het proces worden de volgende hoofdprocessen onderscheiden voor onderzoek op land- en waterbodems:

- bureauonderzoek;

- inventariserend veldonderzoek;
- archeologische begeleiding (alleen waterbodems);
- opgraven;
- fysiek beschermen/behoud in situ

Aan de hand van een bureauonderzoek wordt bepaald of er sprake kan zijn van archeologische waarden in een gebied. Met een inventariserend veldonderzoek wordt vervolgens gekeken of er archeologische waarden aanwezig zijn. Meestal gebeurt dit in de vorm van een verkennend booronderzoek. Als er sprake is van een vindplaats vindt de waardering daarvan meestal plaats in de vorm van een proefsleuvenonderzoek.

Bij waterbodems vindt de inventarisatie plaats in de vorm van een opwaterfase en een onderwaterfase. Hierbij wordt gebruik gemaakt van bijvoorbeeld sonar technieken, eventueel gevolgd door inventariserend duikonderzoek. De inventarisatie bij land- en waterbodems wordt afgerond met een waardering en een (selectie)advies aan de bevoegde overheid. Meestal is dit een gemeente. In de praktijk bestaat het selectieadvies uit drie keuzemogelijkheden:

- 1 Behouden in situ (fysiek beschermen)
- 2 Vrijgeven
- 3 Opgraven

### 6.3.2 Positie onderzoek MER in AMZ cyclus

De huidige analyse (Periplus Archeomare, 2023) van geofysische onderzoeksresultaten is de tweede en volgende stap in de AMZ-cyclus, volgend op de bureaustudie. Het doel van deze beoordeling was om de op bureaustudie gebaseerde verwachting voor archeologische overblijfselen in het gebied te testen. De verwachting omvat resten van aan de scheepvaart gerelateerde objecten (wrakken), vliegtuigen uit de Tweede Wereldoorlog en prehistorische nederzettingen.

Periplus Archeomare adviseert verder archeologisch onderzoek uit te voeren dat zich richt op het ontstaan en de integriteit van paleolandschappen langs de trajecten van de Aramis-route. Dit voor algemene archeologische onderzoeksdoeleinden.

Zulk onderzoek omvat een inventarisatie van veldonderzoek door middel van vibrocore-bemonstering conform de Nederlandse Kwaliteitsnorm Archeologie (KNA Waterbodems 4.1). Er wordt een geotechnische campagne uitgevoerd om een geologisch model te genereren van de ondergrond van de zeeleiding route en om de fysische eigenschappen van de aanwezige sedimentlagen te bepalen. Het verdient aanbeveling om een aantal vibrocore-locaties aan te wijzen waar sedimentmonsters worden verzameld die uitsluitend worden gebruikt voor geo-archeologisch onderzoek.

De intacte monsters moeten door een (senior) prospector worden onderzocht en beschreven volgens de Standaard Boorbeschrijvingsmethode (SBB). Monsters worden geselecteerd en gestabiliseerd om te worden geanalyseerd door specialisten op het gebied van OSL- en radiokoolstofdatering, sedimentpetrografie, palynologie, micropaleontologie (foraminiferen, ostracoden, diatomeeën, et cetera), macroresten van planten en dieren en weekdieren om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van landschappen in de tijd en de mate waarin deze paleolandschappen bewaard zijn gebleven.

Conform de Nederlandse Kwaliteitsnorm Archeologie (KNA Waterbodems 4.1) dient een Programma van Eisen (PvE) en/of Plan van Aanpak (PvA) te worden opgesteld. Dit PvE/PvA bevat de doelstelling, de onderzoeksstrategie en -methodiek, de kaders en de praktische uitvoering van het onderzoek, zodat het proces soepel verloopt en meervoudig gebruik van de verkregen data op uniforme wijze wordt

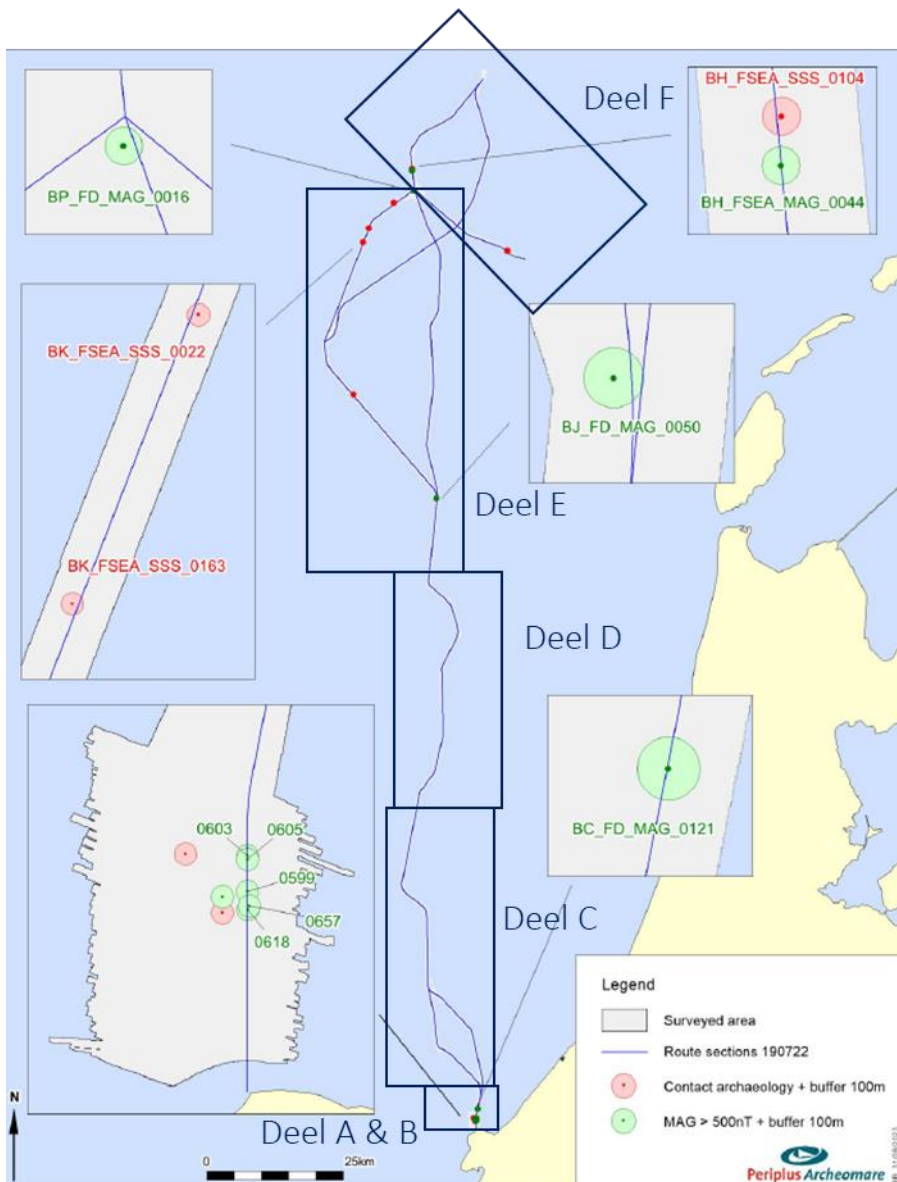
gerealiseerd. Het verdient aanbeveling om deze PvE/PvA ter goedkeuring voor te leggen aan het Bevoegd Gezag en de RCE. Na afronding van het inventariserend veldonderzoek, tijdens de aanleg van de Zeeleiding en bouw van D-Hub en platforms, kunnen gegevens worden verzameld dat – vanuit archeologisch oogpunt – waardevolle informatie op detailniveau oplevert. Het kan zeer nuttig zijn om deze informatie vanuit archeologisch oogpunt nader te onderzoeken. Het verdient aanbeveling om, nadat de plannen zijn uitgewerkt, in overleg met de RCE de mogelijkheden hiervoor te onderzoeken.

### 6.3.3 Effectbeoordeling Archeologie

In paragraaf 4.2.2 zijn de resultaten van de archeologische survey weergegeven en beschreven. Diverse contacten en anomalieën zijn tijdens de survey gevonden. De drie contacten en negen anomalieën met een mogelijke archeologische waarde die binnen een zone van 100 meter van de zeeleiding zijn gelegen, zijn relevant voor de effectbeoordeling. Deze locaties zijn in onderstaande tabel en in Figuur 6-11 weergegeven.

Tabel 6.13 - Overzicht contacten en anomalieën binnen een zone van 100 meter van de zeeleiding

Contacten	Aanwezig in deel	Anomalieën	Aanwezig in deel
BK_FSEA_SSS_0022	E (sectie D in Fugro/Periplus survey)	BAB_FS_UXO_0599	B (sectie East in Fugro/Periplus survey)
BH_FSEA_SSS_0104	F (sectie C in Fugro/Periplus survey)	BAB_FS_UXO_0603	B (sectie East in Fugro/Periplus survey)
BK_FSEA_SSS_0163	E (sectie D in Fugro/Periplus survey)	BAB_FS_UXO_0605	B (sectie East in Fugro/Periplus survey)
		BAB_FS_UXO_0618	B (sectie East in Fugro/Periplus survey)
		BAB_FS_UXO_0657	B (sectie East in Fugro/Periplus survey)
		BC_FD_MAG_0121	B (sectie East in Fugro/Periplus survey)
		BH_FSEA_MAG_0044	F (sectie C in Fugro/Periplus survey)
		BJ_FD_MAG_0050	E (sectie F in Fugro/Periplus survey)
		BP_FD_MAG_0016	F (sectie B in Fugro/Periplus survey)



Figuur 6-11 - Kaart met de locaties van potentiële archeologisch belang. Rood zijn de contacten en groen de anomalieën.

Voor Deel B zijn er 6 anomalieën gevonden met mogelijk Archeologische waarde. In Deel A zijn geen anomalieën en contacten vastgesteld.

Tabel 6.14 - Effectbeoordeling Archeologie in de aanlegfase (Deel A en B)

Criteria	Aspect	Kruising Maasgeul	
		Tunnel (Deel B)	Direct Pipe (Deel A)
Archeologie	Verstoring	-	0

Voor Deel C en D zijn er geen contacten en anomalieën gevonden met mogelijk Archeologische waarde.

Tabel 6.15 - Effectbeoordeling Archeologie in de aanlegfase (Deel C en D)

Criteria	Aspect	Zeeleiding leggen (Deel D)	Zeeleiding ingraven en leggen (Deel C)
		Archeologie	Verstoring



Voor Deel E zijn er 2 contacten en 1 anomalie gevonden. Voor Deel F is er 1 contact gevonden en 2 anomalieën.

Tabel 6.16 - Effectbeoordeling Archeologie in de aanlegfase (Deel E en F)

Criteria	Aspect	Zeeleiding leggen (Deel E)		Zeeleiding leggen (Deel F)
		Knooppunt op zeebodem	Platform installatie voor knooppunten	
Archeologie	Verstoring	-	-	-

Bij alle varianten zijn contacten en anomalieën gevonden. De verschillen in aantallen zijn klein. Er is daarom geen onderscheid in de beoordeling.

Tabel 6.17 - Effectbeoordeling Archeologie in de aanlegfase voor de alternatieven

Criteria	Aspect	Alternatief 1 (West 1)		Alternatief 2 (West 2)		Centrale route
		1A	1B	2A	2B	3
Archeologie	Verstoring	-	-	-	-	-

### Mitigerende maatregelen

Uit het onderzoek blijkt dat tijdens de installatie van de transportleiding archeologische objecten kunnen worden ontdekt die tijdens het geofysisch onderzoek volledig zijn begraven of niet als archeologisch object zijn herkend.

Daar waar de transportleiding te dicht bij een archeologisch waardevol object komt te liggen (binnen 100 meter), zal onderzoek moeten worden gedaan naar het verplaatsen van de ligging van de transportleiding. Indien dit niet mogelijk is, dan is het van belang middels nader onderzoek om vast te stellen of dat wel/niet archeologie is, eventueel met behulp van duikers. Tevens bestaat de mogelijkheid met Rijkswaterstaat en Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (RCE) te bespreken waar de 100 meter afstandsnorm verkleind kan worden, indien kan worden aangetoond dat leggen van transportleiding de bodem verder niet verstoort.

De volgende stap is om passief archeologisch toezicht te houden op basis van een goedgekeurd Programma van Eisen (PvE) (conform de Nederlandse Kwaliteitsnorm voor Archeologie – KNA Waterbodems 4.1). Dit PvE dient ter goedkeuring voorgelegd te worden aan Bevoegd Gezag en de RCE. Passief archeologisch toezicht houdt in dat een archeoloog niet aanwezig is tijdens de uitvoering van de werkzaamheden maar altijd op afroep beschikbaar is. Het opvolgen van dit advies voorkomt vertragingen tijdens de werkzaamheden wanneer onverhoopt archeologische resten worden aangetroffen. Volgens de Erfgoedwet is het verplicht deze bevindingen te melden aan de toezichthouder (Minister van OCW). Deze meldingsplicht moet contractueel ook worden opgenomen in het bestek van het werk.

## 6.4 NGE (OO, Ontplofbare Oorlogsresten)

De historische bureaustudie leidt tot de conclusie dat de aanwezigheid van NGE's binnen het hele interessegebied varieert van zeker tot verwaarloosbaar, afhankelijk van het type NGE in kwestie. Met name de aanwezigheid van NGE's als gevolg van mijnevelden, luchtoorlog en het dumpen van munitie wordt als zeker beschouwd. Daarom is er een groot risico dat er NGE's worden aangetroffen binnen het interessegebied.

In paragraaf 4.2.2 zijn de resultaten van de archeologische surveys weergegeven en beschreven. Uit de survey volgt dat er op 10 locaties zijn magnetische anomalieën met een piek-tot-piekwaarde van meer dan 500 nT in kaart gebracht die niet in verband kunnen worden gebracht met bekende objecten zoals transportleidingen of kabels. De objecten die deze anomalieën veroorzaken, zijn niet zichtbaar op side scan sonar- of multi-beam beelden en worden daarom beschouwd als begraven in de zeebodem. In theorie kunnen deze objecten op deze 10 locaties NGE's zijn. Met dit uitgangspunt is de effectbeoordeling bepaald.

### 6.4.1 Effectbeoordeling NGE (OO)

Vanuit de survey zijn 10 onbekende objecten gevonden die binnen 100 meter van de zeeleiding liggen. De aanwezigheid van de onbekende objecten – en daarmee mogelijke NGE's – worden licht negatief beoordeeld. Het overzicht van de contacten en anomalieën is in Tabel 6.13 en Figuur 6-11 weergegeven. Voor Deel B zijn er 6 anomalieën gevonden. In Deel A zijn geen anomalieën en contacten vastgesteld.

Tabel 6.18 - Effectbeoordeling NGE in de aanlegfase (Deel A en B)

Criteria	Aspect	Kruising Maasgeul	
		Tunnel (Deel B)	Direct Pipe (Deel A)
NGE	Verstoring	-	0

Voor Deel C en D zijn er geen contacten en anomalieën gevonden.

Tabel 6.19 - Effectbeoordeling NGE in de aanlegfase (Deel C en D)

Criteria	Aspect	Zeeleiding leggen (Deel D)	Zeeleiding ingraven en leggen (Deel C)
		NGE	Verstoring

Voor Deel E zijn er 2 contacten en 1 anomalie gevonden. Voor Deel F is er 1 contact gevonden en 2 anomalieën.

Tabel 6.20 - Effectbeoordeling NGE in de aanlegfase (Deel E en F)

Criteria	Aspect	Zeeleiding leggen (Deel E)		Zeeleiding leggen (Deel F)
		Knooppunt op zeebodem	Platform installatie voor knooppunten	
NGE	Verstoring	-	-	-

Bij alle varianten zijn contacten en anomalieën gevonden. De verschillen in aantallen zijn klein. Er is daarom geen onderscheid in de beoordeling.

Tabel 6.21 - Effectbeoordeling NGE in de aanlegfase voor de alternatieven

Criteria	Aspect	Alternatief 1 (West 1)		Alternatief 2 (West 2)		Centrale route
		1A	1B	2A	2B	3
NGE	Verstoring	-	-	-	-	-

## 7 Milieueffecten tijdens onderhoud en onvoorziene situaties

Dit hoofdstuk gaat in op de effecten die te verwachten zijn tijdens onderhoudswerkzaamheden en onvoorziene situaties.

Het onderhoud aan de leiding vindt plaats door:

- Intern onderzoek met behulp van pigging. Er wordt een instrument door de transportleiding gevoerd, die de wanddikte meet en zo aangeeft waar de wanddikte aangetast is.
- Extern onderzoek met behulp van een onderwatercamera wordt de leiding visueel gemonitord.

### Onvoorziene omstandigheden

De onvoorziene omstandigheden die invloed kunnen hebben op de zeebodem zijn:

- Lekkage uit de transportleiding
- Beweging in de zeeleiding ten gevolge van de verplaatsing van zandbanken en zandgolven

In het gebied van het beoogde tracé van de transportleiding zijn zandbanken en zandgolven aanwezig, die dynamisch zijn en migreren. Dit heet regionale morfodynamiek. De typische migratiesnelheden van zandbanken variëren in de zuidelijke Noordzee, waarbij de ruimtelijke variatie een belangrijk aspect is. De dynamiek van de zandbanken kan een significante impact hebben op het ontwerpwerk van de transportleiding fundering en integriteit van de transportleiding. Door deze dynamiek kan de transportleiding op de ene plek sneller verschuiven dan op een andere plek. De spanningen en druk die hierdoor op de leiding komen, kunnen ervoor zorgen dat de leiding beschadigd of breekt.

Ook de dynamiek van de zandgolven (die loodrecht op de zandbanken staan) kan ervoor zorgen dat de leiding beschadigd of breekt. Dit heeft te maken met de vorm van de zandgolven. Deze kenmerken zich door een steile lijszijde. Wanneer de zandgolf zich verplaatst waar een leiding ligt, kan dat ertoe leiden dat de leiding niet meer op de bodem ligt en erboven 'hangt' (freespan). Indien eventuele freespanen nog te lang en te hoog zijn (zelfs na pre-sweeping) kunnen deze delen van de Zeeleiding nog extra ondersteuning krijgen door "rockdumpen".

## 8 Milieueffecten buiten Aramis scope en cumulatie

Zoals eerder beschreven behoren sommige CCS-ketenonderdelen niet tot het Aramis initiatief. Het is belangrijk om van deze onderdelen op hoofdlijnen wel de milieugevolgen in beeld te brengen. Het betreft immers effecten die mede via het Aramis initiatief ontstaan. Door de effecten van deze onderdelen ook te beschouwen ontstaat een beeld van de gevolgen van de totale CCS keten. Omdat deze onderdelen niet door de Aramis initiatiefnemers worden ondernomen en omdat hierover slechts beperkt informatie beschikbaar is, worden deze milieugevolgen slechts op globaal niveau beschouwd.

De onderdelen buiten de Aramis scope hebben geen invloed op de zeebodem, vertroebeling, archeologie, niet gesprongen explosieven (Ontploffbare Oorlogsrechten) of de bodemtemperatuur.

## 9 Leemten in kennis en voorstel voor monitoring

Voor het Aramis project zijn in het voorliggende rapport de milieueffecten beschreven voor 'Zeebodem'. Het gaat dan om de effecten op de Zeebodem gedurende vier beschouwde situaties (de referentiesituatie, gebruiksfase, aanleg & ontmanteling, onderhoud & onvoorziene omstandigheden). De effectbeschrijving is gebaseerd op de beschikbare informatie. In dit hoofdstuk wordt aangegeven met welke leemten in kennis rekening is gehouden en wordt een voorstel voor monitoring beschreven.

### Morfologie

Dat de dynamiek van de morfologie een rol speelt en varieert op de Noordzee is in diverse onderzoeken vastgesteld. Echter, de exacte mate van migratie voor deze morfologietypen op de locatie van de toekomstige transportleiding is niet bekend. Bij nadere uitwerking, dienen in het ontwerp en uitvoering passende maatregelen te worden genomen voor deze dynamiek. En dient onderbouwd te worden met berekeningen op welke diepte de Zeeleiding geen relevante invloed meer kan hebben van regionale morfodynamiek.

Indien de leiding op de bodem wordt gelegd, of deels wordt begraven, dient er ook rekening gehouden te worden met de lokale morfodynamiek rondom de transportleiding. Dit betreft de erosie en sedimentatie aan lij- en loefzijde van de transportleiding. Sterke stroming langs of over de transportleiding kan zorgen voor freespanen of verzakking van de leiding. Ook hiervoor dienen in de nadere uitwerking van het ontwerp en uitvoering passende maatregelen genomen te worden. Bijvoorbeeld door de zeeleiding extra ondersteuning te geven door "rockdumpen".

### Bodemkwaliteit

Door afgifte van warmte op de omgeving door de zeeleiding zal de bodemtemperatuur lokaal verhogen, wat invloed kan hebben op de bodemkwaliteit. In de beoordeling is aangegeven dat de verwachting van de impact van de temperatuur op de bodemkwaliteit neutraal te scoren is. Een berekening van de warmteafgifte dient nog uitgevoerd te worden om deze beoordeling te onderbouwen.

### Archeologie

Als resultaat van de survey, zijn er contacten en anomalieën gevonden binnen 100 meter van de toekomstige leiding, die een mogelijke archeologische waarde kunnen hebben. Het is vanuit deze survey niet te zeggen of dit daadwerkelijk archeologische objecten zijn. De volgende te nemen stappen uit de AMZ-cyclus zullen meer duidelijkheid geven of deze contacten en anomalieën van archeologische waarde zijn:

- Nader onderzoek om vast te stellen of het object wel/niet van archeologische waarde is, eventueel met behulp van duikers;
- In overleg met RWS en RCE of de afstandsnorm van 100 meter verkleind kan worden;
- Passief archeologisch toezicht tijdens de uitvoering; een archeoloog op afroep die advies kan geven tijdens de uitvoering.

### NGE (OO, Ontplofbare Oorlogsresten)

De 10 onbekende objecten die binnen 100 meter van de toekomstige zeeleiding zijn gevonden vanuit de survey, kunnen mogelijke NGE's zijn. Op basis van de survey kan dit niet worden uitgesloten. In het vervolgetraject (in het verlengde van de FEED) zal er nader onderzoek gedaan moeten worden naar deze 10 onbekende objecten om te identificeren wat dit daadwerkelijk is. In geval van een explosief zal deze indien nodig worden verwijderd door de Explosieven Opruimingsdienst Defensie (EOD).

Tijdens de aanleg van de zeeleiding kan een spontane vondst niet worden uitgesloten. Als dit gebeurt zal de Kustwacht ingelicht moeten worden, die op haar beurt de (maritieme explosievenexperts van) Defensie inlicht om het explosief onschadelijk te maken en te verwijderen indien dat nodig is.

## 10 Samenvatting milieueffecten

### 10.1 Milieueffecten tijdens gebruiksfase

#### Morfologie

De invloed van de leiding op de morfologie wordt bepaald door de bodemberoering. Voor het realiseren van de leiding wordt de leiding ingegraven of op de bodem gelegd. Hiervoor zal er gegraven worden en op sommige locaties enkele meters, om onder het dynamische profiel van de zeebodem te komen. Op die manier ondervindt de leiding niet de effecten van de migrerende zandbanken en -golven.

Voor de verschillende delen wordt de invloed van de leiding op de morfologie neutraal gescoord (Tabel 10.1). Ongeacht de wijze van realiseren van de leiding. Voor de verschillende alternatieven is er op dit thema geen onderscheid (Tabel 10.2).

Tabel 10.1 - Effectbeoordeling Morfologie in de gebruiksfase voor de verschillende delen

Deel A Direct Pipe	Deel B Tunnel	Deel C Ingraven en leggen	Deel D Leggen	Deel E Leggen	Deel F Leggen
0	0	0	0	0	0

Tabel 10.2 - Effectbeoordeling Morfologie in de gebruiksfase voor de alternatieven

Alternatief 1 (West 1)		Alternatief 2 (West 2)		Centrale route
1A	1B	2A	2B	3
0	0	0	0	0

#### Bodemkwaliteit

Door afgifte van warmte op de omgeving door de zeeleiding zal de bodemtemperatuur lokaal verhogen, wat invloed kan hebben op de bodemkwaliteit. Voor Deel A en B bevindt de zeeleiding zich onder het diepste gedeelte van de vaargeul. De afstand van de kern van de leiding tot aan het bodemoppervlak is daarom veel groter. Aan het bodemoppervlak zal er qua temperatuur geen effect meer zijn op de bodem. Voor de overige delen zal de temperatuur van de leiding zijn afgenomen, vanwege de afgelegde afstand. De temperatuur in de leiding zal ongeveer gelijk zijn aan de omgevingstemperatuur. Er wordt geen impact op de bodemkwaliteit verwacht. Een berekening om dit te onderbouwen dient nog gemaakt te worden (zie ook Hoofdstuk 9 Leemten in kennis).

Voor de verschillende delen wordt de invloed van de temperatuur van de leiding op de bodemkwaliteit neutraal gescoord (Tabel 10.3). Voor de verschillende alternatieven is er op dit thema geen onderscheid (Tabel 10.4).

Tabel 10.3 - Effectbeoordeling Bodemkwaliteit in de gebruiksfase voor de verschillende delen

Deel A Direct Pipe	Deel B Tunnel	Deel C Ingraven en leggen	Deel D Leggen	Deel E Leggen	Deel F Leggen
0	0	0	0	0	0

Tabel 10.4 - Effectbeoordeling Bodemkwaliteit in de gebruiksfase voor de alternatieven

Alternatief 1 (West 1)		Alternatief 2 (West 2)		Centrale route
1A	1B	2A	2B	3
0	0	0	0	0

## 10.2 Milieueffecten tijdens aanleg en ontmanteling

### Morfologie

De bodemberoering door de aanleg van de leiding (leggen of ingraven) zal geen invloed hebben op de grootschalige morfologie; de zandbanken en zandgolven zullen hierdoor niet anders verplaatsen. Voor alle delen wordt daarom de invloed neutraal gescoord.

Tabel 10.5 - Effectbeoordeling Morfologie in de aanlegfase voor de verschillende delen

Deel A Direct Pipe	Deel B Tunnel	Deel C Ingraven en leggen	Deel D Leggen	Deel E Leggen	Deel F Leggen
0	0	0	0	0	0

Tabel 10.6 - Effectbeoordeling Morfologie in de aanlegfase voor de alternatieven

Alternatief 1 (West 1)		Alternatief 2 (West 2)		Centrale route
1A	1B	2A	2B	3
0	0	0	0	0

### Vertroebeling

Bij de aanleg van de zeeleiding komt sediment in suspensie dat zorgt voor vertroebeling in het water. Als gevolg van het relatief kleine aandeel fijn sediment in de zeebodem blijven de sedimentconcentraties en sedimentaties relatief laag. De eventuele invloed van vertroebeling op natuurwaarden is opgenomen in de ecologische studies. De verschillende delen worden beoordeeld met een licht negatief effect (-) of neutraal effect (0).

Tabel 10.7 - Effectbeoordeling Vertroebeling in de aanlegfase voor de verschillende delen

Deel A Direct Pipe	Deel B Tunnel	Deel C Ingraven	Deel C Leggen	Deel D Leggen	Deel E Leggen	Deel F Leggen
-	0	-		0	0	0

Tabel 10.8 - Effectbeoordeling Vertroebeling in de aanlegfase voor de alternatieven

Alternatief 1 (West 1)		Alternatief 2 (West 2)		Centrale route
1A	1B	2A	2B	3
0	0	0	0	0

### Archeologie

Diverse contacten en anomalieën zijn tijdens de survey gevonden. De contacten en anomalieën met een mogelijke archeologische waarde die binnen een zone van 100 meter van de zeeleiding zijn gelegen, zijn relevant voor de effectbeoordeling. Daar waar de contacten en anomalieën zijn gevonden, wordt het effect licht negatief beoordeeld (-). Het effect is neutraal (0) beoordeeld als er geen contacten en/of anomalieën zijn gevonden.

Tabel 10.9 - Effectbeoordeling Archeologie in de aanlegfase voor de verschillende delen

Deel A Direct Pipe	Deel B Tunnel	Deel C Ingraven en leggen	Deel D Leggen	Deel E Leggen	Deel F Leggen
0	-	0	0	-	-

Tabel 10.10 - Effectbeoordeling Archeologie in de aanlegfase voor de alternatieven

Alternatief 1 (West 1)		Alternatief 2 (West 2)		Centrale route
1A	1B	2A	2B	3
-	-	-	-	-



**NGE (OO)**

Vanuit de survey zijn 10 onbekende objecten gevonden die binnen 100 meter van de zeeleiding liggen. De aanwezigheid van de onbekende objecten – en daarmee mogelijke NGE's – worden licht negatief beoordeeld (-)

Tabel 10.11 - Effectbeoordeling NGE in de aanlegfase voor de verschillende delen

Deel A Direct Pipe	Deel B Tunnel	Deel C Ingraven en leggen	Deel D Leggen	Deel E Leggen	Deel F Leggen
0	-	0	0	-	-

Tabel 10.12 - Effectbeoordeling NGE in de aanlegfase voor de alternatieven

Alternatief 1 (West 1)		Alternatief 2 (West 2)		Centrale route
1A	1B	2A	2B	3
-	-	-	-	-

## 11 Referentielijst

- [1] J. Suijlen en R. Duin, „Atlas of near-surface total suspended matter concentrations in the Dutch coastal zone of the North Sea,” Rijkswaterstaat, RIKZ, 2002.
- [2] H. v. Ieperen, „The fall velocity of grain particles,” Landbouwniversiteit Wageningen, 1987

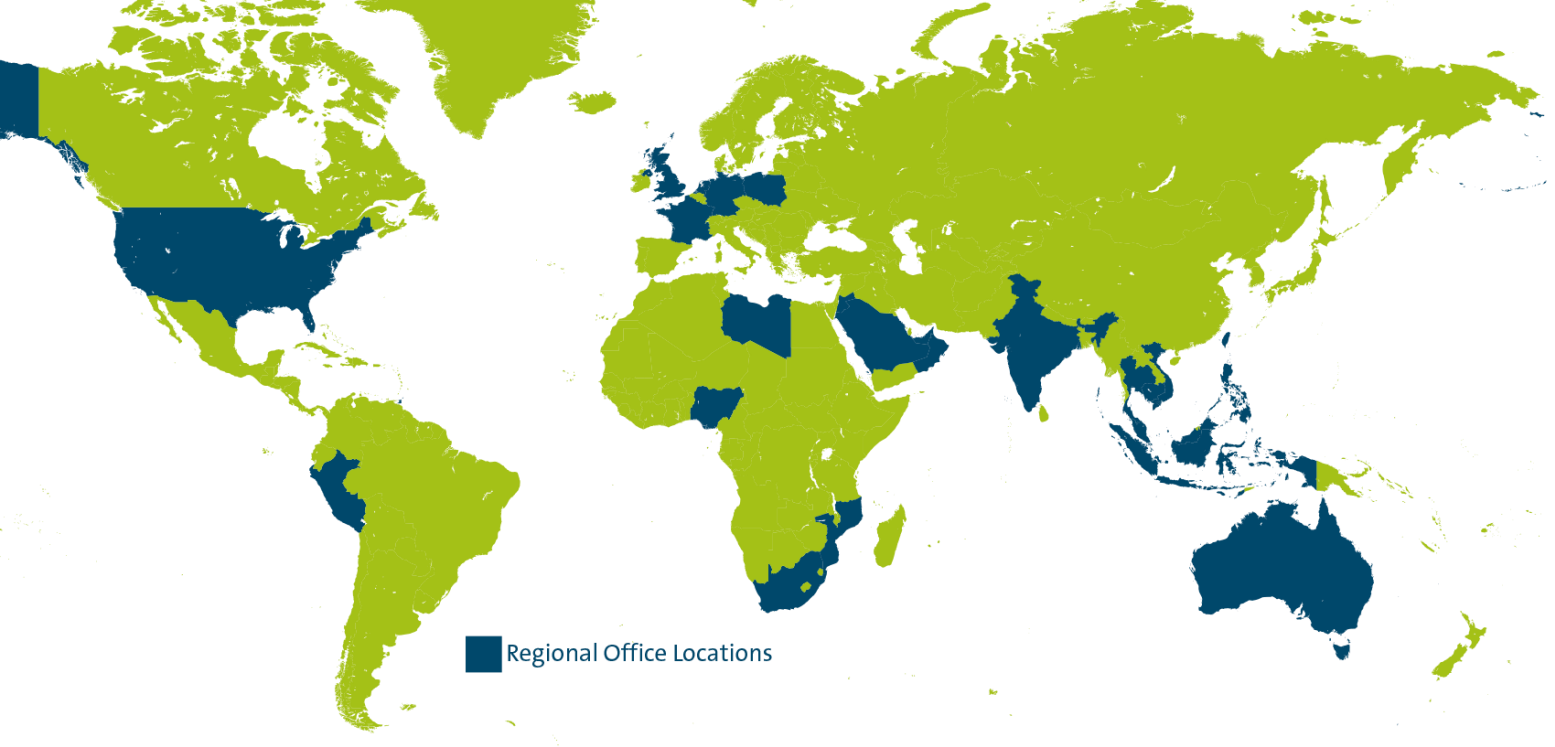
- **Aramis Pipeline Routing Desktop Study** - Expected Site Conditions, Consultancy Report (R201644 (03) | 10 February 2022)
- **Nearshore Geophysical Survey Results**, Processing and Results Report – Seeker (F197217-REP-RES 02 | 9 November 2022)
- **Geophysical Survey Results Report**, Geophysical and Geotechnical Site Investigation F197217-REP-001 | 03 | 8 December 2023
- **Document 22A030-01 Aramis pipeline – an archaeological assessment of geophysical survey data**, by Periplus Archeomare, 31-08-2023 (version 3.0 final) [goedgekeurd door RCE]
- Route selection document including aspects as morphology, safety.

## 12 Afkortingenlijst

DP	Direct Pipe
LAT	Lowest Astronomical Tide
NGE	Niet Gesprongen Explosief
OO	Ontpofbare Oorlogsresten
RCE	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

## Lijst van afkortingen en begrippen

<u>Woord</u>	<u>Toelichting</u>
Aanleg	Plaatsen, installeren Aramis
Aramis	Dit initiatief
Bodemecosystemen	Het geheel en samenhang van alle dieren en planten in de bodem
CCS	Carbon Capture and Storage) (opslag van koolstofdioxide)
CO2	Koolstofdioxide (een broeikasgas)
EU	Europese Unie
Gebruiksfase	De situatie met Aramis aangelegd en in gebruik
Grondverzet	Graafwerkzaamheden in de grond en grondtransport
Immobil	Zich niet verplaatsen; op dezelfde plek blijven
Incidenten	Niet voorziene gebeurtenissen, ongevallen en ongelukken
Infrastructuur	Wegen, kabels en leidingen zowel boven- als ondergronds, incl. platforms
Infrastructuurketen	Samengestelde installatie van aan elkaar verbonden onderdelen
Integraal systeem	Alles bij elkaar; Aramis als complete installatie
Interventiewaarde	Grens waarboven maatregelen (saneren) nodig is
Mobiel	Zich verplaatsen; niet op dezelfde plek blijven
Onderhoud	Inspectie, reinigen en zo nodig preventief vervangen van (delen van) Aramis
Ontmantelen	Opruimen en afvoeren van Aramis
Onvoorzien	Niet verwacht, geen rekening mee gehouden
Porthos	Een vergelijkbaar initiatief (zelfde technieken en doel)
Referentiesituatie	De situatie zonder Aramis
Verontreiniging	Stoffen die niet van nature voorkomen in het milieu met negatieve effecten



Regional Office Locations

Royal HaskoningDHV is een onafhankelijk internationaal advies- en ingenieursbureau. We combineren 140 jaar engineering- en ontwerpexpertise met consultancy, software en technology diensten. We leveren hiermee toegevoegde waarde voor klanten en hebben een positieve impact op mensen en onze leefomgeving. Dat is onze drijfveer: Enhancing Society Together. Daar hoort bij dat we onszelf en anderen voortdurend uitdagen om bij te dragen aan duurzame oplossingen voor lokale en wereldwijde vraagstukken in de gebouwde omgeving en de industrie.

In onze snel veranderende wereld wordt de agenda bepaald door onder meer klimaatverandering, de digitale transformatie, een veranderende consumentenvraag en hybride werken. Met onze geïntegreerde duurzame oplossingen willen we bijdragen aan het bredere technologische en maatschappelijke plaatje.

Gesteund door de kennis en ervaring van meer dan 6.000 collega's werken we vanuit kantoren in meer dan 20 landen. We ondersteunen klanten om de transitie te maken naar een slimme en duurzame organisatie. We koppelen onze engineering- en ontwerpexpertise aan onze software- en technologische diensten om toegevoegde waarde te leveren voor onze klanten en de lifecycle van hun assets.

We zijn oprecht, handelen integer en transparant in al onze activiteiten, ook onze bedrijfsvoering. Ons team is divers en inclusief. De veiligheid en het welzijn van mensen, in ons team en daarbuiten, staat onder alle omstandigheden voorop.

In projecten en initiatieven werken we actief samen met overheden en het bedrijfsleven, partners en stakeholders. We zien een belangrijke rol voor onszelf in innovatieve duurzame ontwikkeling en willen bijdragen aan een betere leefomgeving, nu en in de toekomst.

Ons hoofkantoor is gevestigd in Nederland en we hebben kantoren in Europa, Azië, Afrika, Australië en Amerika.



[royalhaskoningdhv.com](http://royalhaskoningdhv.com)