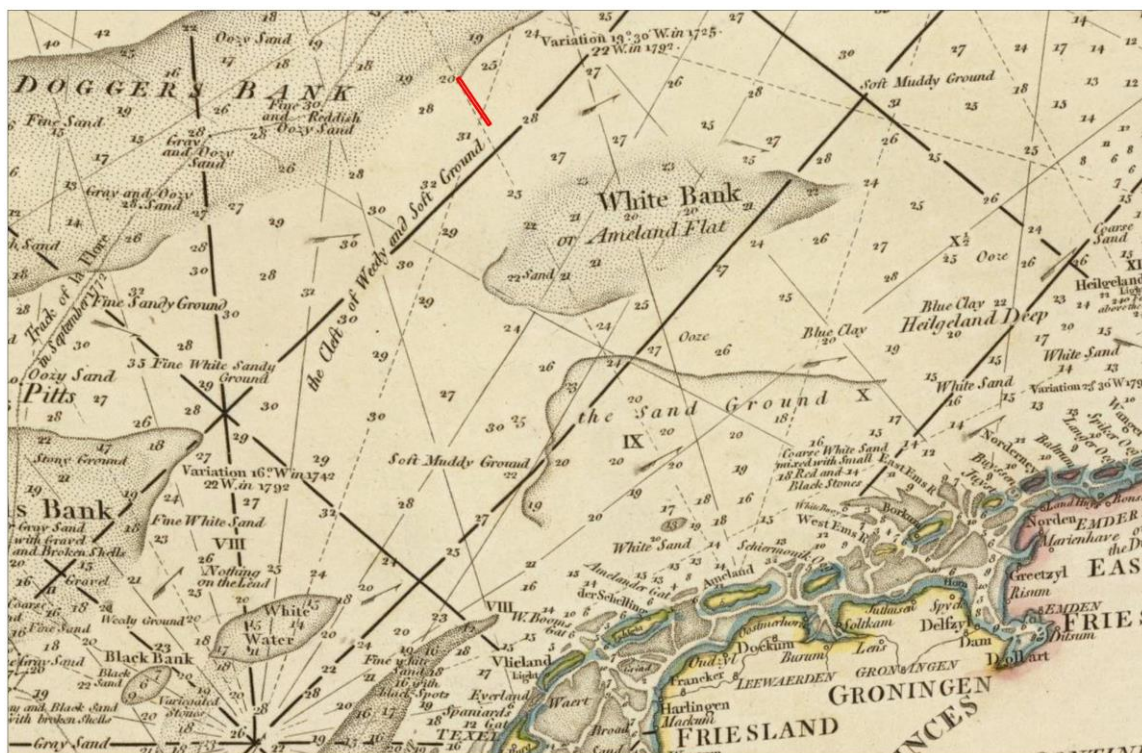


Pijpleidingtracé F06 naar F2-A-Hanze (Noordzee Blok F2, F3 en F6)

een archeologisch bureauonderzoek en inventariserend veldonderzoek



Periplus Archeomare rapport 23A024-01

Auteurs:

5.1.2.e

In opdracht van:



ONE-Dyas BV
Parnassusweg 815
1082 LZ Amsterdam

Document Controle	
Revisie	2.1 (Definitief)
Datum	09-04-2024
Periplus Archeomare referentie	23A024-01
Klant (project) referentie	F6_F2-A-Hanze

Colofon

Periplus Archeomare Rapport 23A024-01

Pijpleidingtracé F06 naar F2-A-Hanze (Noordzee Blok F2, F3 en F6); een archeologisch bureauonderzoek en inventariserend veldonderzoek.

Auteurs: 5.1.2.e

In opdracht van: ONE-Dyas BV
Contactpersoon 5.1.2.e

© Periplus Archeomare - april 2024

Afbeeldingen en tekeningen: Periplus Archeomare, tenzij anders vermeld

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgevers. Periplus Archeomare aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit de toepassing van de adviezen of het gebruik van de resultaten van dit onderzoek.

ISSN 2352-9547

Revisie details

Revisie	Omschrijving	Auteurs	Controle	Autorisatie	Datum
2.1	Rapportage van het onderzoek van sedimentmonsters uit vibrocore VC-13 toegevoegd als bijlage	5.1.2.e	5.1.2.e	5.1.2.e	09-04-2024
2.0	Definitief				23-10-2023
1.0	Concept				11-09-2023

5.1.2.e

5.1.2.e

Senior KNA archeoloog waterbodems



Periplus Archeomare

Kraanspoor 14
1033 SE – Amsterdam
Tel: 020-6367891
Email: info@periplus.nl
Website: www.periplus.nl

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	4
1. Inleiding.....	5
1.1. Aanleiding.....	5
1.2. Doelstelling.....	6
1.3. Onderzoekskader.....	6
1.4. Onderzoeksvragen.....	7
2. Methodiek.....	9
2.1. Bureauonderzoek.....	9
2.2. Inventariserend veldonderzoek.....	9
2.3. Actoren.....	10
2.4. Bronnen.....	11
2.5. Rapportindeling.....	11
3. Resultaten bureauonderzoek.....	12
3.1. Afbakening plangebied en vaststellen van de consequenties van het mogelijk toekomstige gebruik (LS01wb).....	12
3.2. Beschrijving van de huidige situatie (LS02wb).....	12
3.3. Historische situatie en mogelijke verstoringen (LS03wb).....	17
3.4. Geologische gegevens (LS04wb).....	21
3.5. Archeologische waarden (LS04wb).....	27
3.6. Gespecificeerde verwachting (LS05wb).....	32
4. Resultaten inventariserend veldonderzoek.....	34
4.1. Side scan sonar, multibeam en magnetometer.....	34
4.2. Pinger data en vibrocore samples.....	40
5. Beantwoording onderzoeksvragen.....	43
6. Conclusies en advies.....	46
7. Aanvullend onderzoek VC-13.....	47
Lijst met afbeeldingen.....	48
Lijst met tabellen.....	49
Verklarende woordenlijst en toelichting afkortingen.....	50
Referenties.....	51
Bijlage 1. Archeologische en geologische tijdschaal.....	53
Bijlage 2. Protocol KNA 4.1 Waterbodems.....	54

Bijlage 3. Periplus Archeomare Rapport 23A024-02	55
---	-----------

Tijd in jaren					
Nieuwe tijd Laat	1850	na Chr.	-	heden	
Nieuwe tijd Midden	1650	na Chr.	-	1850	na Chr.
Nieuwe tijd Vroeg	1500	na Chr.	-	1650	na Chr.
Late-Middeleeuwen	1050	na Chr.	-	1500	na Chr.
Vroege-Middeleeuwen	450	na Chr.	-	1050	na Chr.
Romeinse tijd	12	voor Chr.	-	450	na Chr.
IJzertijd	800	voor Chr.	-	12	voor Chr.
Bronstijd	2000	voor Chr.	-	800	voor Chr.
Neolithicum (Nieuwe Steentijd)	5300	voor Chr.	-	2000	voor Chr.
Mesolithicum (Midden Steentijd)	8800	voor Chr.	-	4900	voor Chr.
Paleolithicum (Oude Steentijd)	300.000	voor Chr.	-	8800	voor Chr.

Tabel 1. Archeologische perioden

Plaats:	Noordzee			
Toponiem:	Pijpleidingtracé F06 naar F2-A-Hanze (Noordzee Blok F2, F3 en F6)			
Kaartblad:	Hydrografie 1801-1			
Definitie onderzoeksgebied Coördinaten (ED50 UTM31N)	Onderzoeksgebied			
	Hoekpunten	E	N	
	Noordwest	600126	6090103	
	Noordoost	600952	6090666	
	Zuidoost	610844	6076132	
	Zuidwest	610017	6075569	
	Platformlocaties			
		KP	E	N
	F06	0.000	610149	6076264
F2-A-Hanze	16579	600822	6089970	
Oppervlakte onderzoeksgebied	89 km2			
Lengte pijpleidingtracé	16579 m			
Huidig watergebruik	Open vaarwater, gas transportpijpleiding			
Waterstaatkundige gegevens	Open zee, zout water, getijdenstroming Waterdiepte (gemiddeld) 43.7m LAT			
Beheerder gebied:	Rijkswaterstaat Zee en Delta			
Bevoegd gezag:	Rijkswaterstaat Zee en Delta			
Contactpersoon namens bevoegd gezag:	5.1.2.e			
Adviesorgaan namens bevoegd gezag:	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed			
Deskundigen namens het bevoegd gezag:	5.1.2.e			
ARCHIS-zaaknummer	5449108100			
Periplus-projectcode:	23A024-01			
Periode van uitvoering:	augustus 2023 – maart 2024			
Beheer en plaats documentatie:	Periplus Archeomare BV, Amsterdam			

Tabel 2. Administratieve gegevens van het onderzoeksgebied

Samenvatting

Periplus Archeomare heeft in opdracht van ONE-Dyas een archeologisch bureauonderzoek en inventariserend veldonderzoek uitgevoerd in verband met de installatie van het platform F06A en de aanleg van een pijpleiding en umbilical die dit platform verbinden met het productieplatform F2-A-Hanze.

Bureauonderzoek

Het archeologische bureauonderzoek heeft uitgewezen dat in het onderzoeksgebied:

- a) overblijfselen van onontdekte scheeps- en vliegtuigwrakken, en
- b) intacte prehistorische landschappen en daaraan gerelateerde prehistorische resten

kunnen voorkomen.

De verwachte prehistorische resten bestaan uit jachtkampen en begravingen uit het Laat *Paleolithicum* tot *Mesolithicum*. Deze resten zijn gerelateerd aan meerafzettingen van het Dogger Bank Laagpakket en dekzand- en beekafzettingen van de Formatie van Bostel.

Inventariserend veldonderzoek

Tijdens het inventariserend veldonderzoek zijn geen scheepvaartgerelateerde objecten, scheeps- of vliegtuigwrakken aangetroffen.

De interpretatie van de prehistorische landschappen die langs het pijpleidingstracé binnen 5 meter onder de zeebodem voorkomen is niet eenduidig. De geofysische en geotechnische contractor interpreteert de deze afzettingen, tot minimaal de penetratiediepte van de pinger (5m+), als *holocene* afzettingen.

Periplus Archeomare interpreteert de opeenvolgende sedimenten als laat-glaciale (*pleistocene*) afzettingen van siltig fijn glimmerhoudend zand die ter plaatse van beekdalen en/of getijdengeulen zijn afgedekt door vroeg-*holocene* afzettingen van veen en klei. Bezien vanuit de onderzoeksthema's en onderwerpen uit de NSPRMF (zie tabel 3) is het van grote betekenis om meer duidelijkheid te krijgen over de lithostratigrafie en de ontwikkeling van het laat-glaciale en vroeg paleolandschap langs het pijpleidingstracé en de wijze waarop dit landschap gebruikt kan zijn door jager-verzamelaars.

Advies

Wij adviseren om VC-13, indien nog beschikbaar, te gebruiken voor aanvullend onderzoek. Dit onderzoek omvat de analyse van palynomorfen, microfossielen aan de opeenvolging van zand, veen en klei en C14-datering van het veen. De nadere invulling van dit onderzoek dient conform de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie te worden vastgelegd in een Plan van Aanpak. Het onderzoek vormt geen beperking voor de installatie van de pijpleiding en het platform. Naast het onderzoek van de sedimenten in VC-13 wordt aanbevolen om het onderzoeksgebied vrij te geven voor de geplande ontwikkelingen.

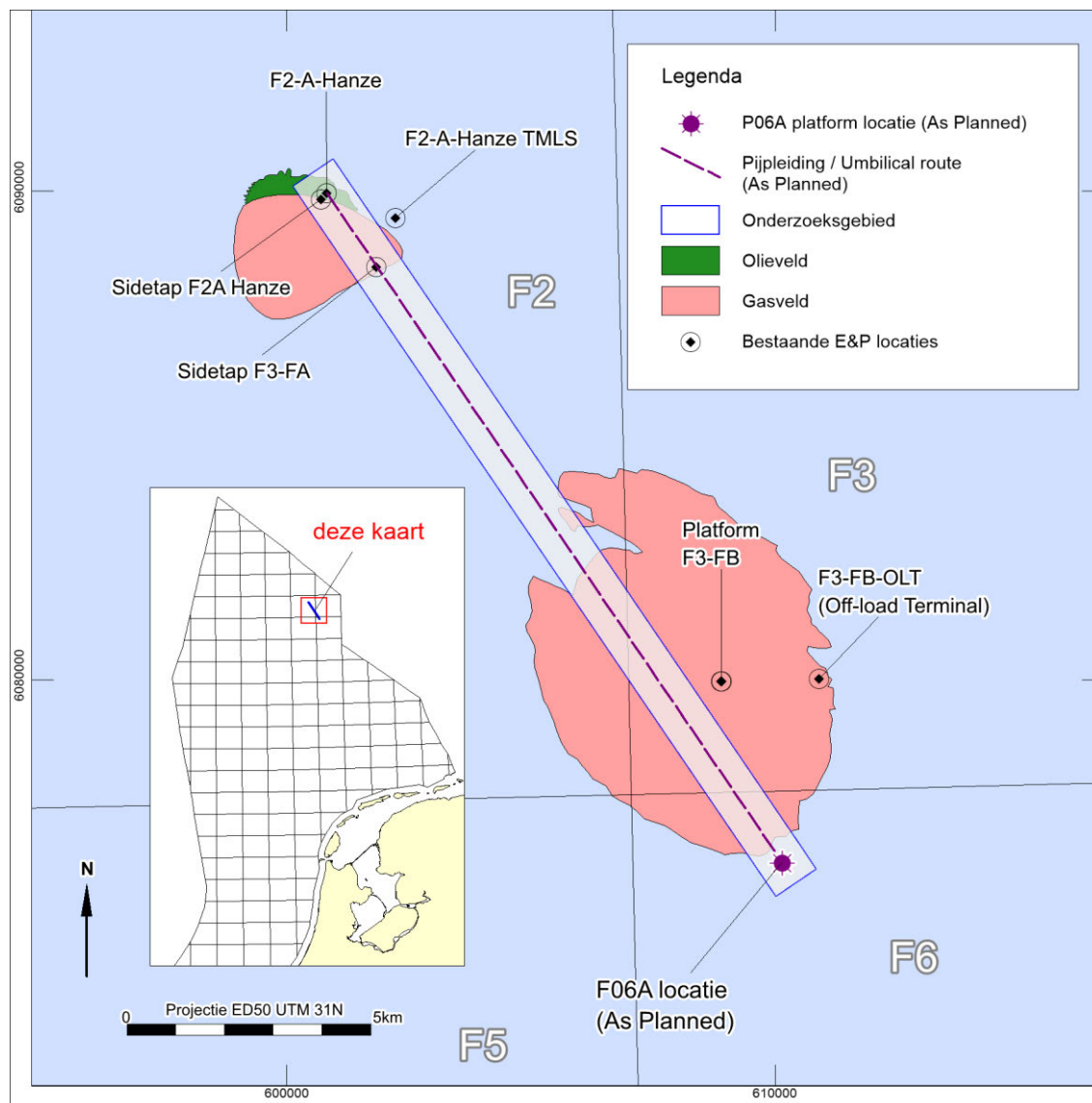
Tijdens de installatie van de pijpleiding en het platform kunnen archeologische resten aan het licht komen die niet als archeologische resten zijn herkend tijdens het inventariserend veldonderzoek. De uitvoerder is conform de Erfgoedwet (2016) verplicht om dergelijke vondsten te melden bij de bevoegde overheid. Deze meldingsplicht voor archeologische vondsten dient in het bestek van de installatie van de pijpleidingen en platform te worden opgenomen.

Aanvullend onderzoek VC-13

Conform het bovenstaande advies zijn sedimentmonsters uit vibrocore VC-13 bemonsterd en geanalyseerd. De rapportage van dit onderzoek (23A024-02) is opgenomen als Bijlage 3 in dit rapport.

1. Inleiding

Periplus Archeomare BV heeft in opdracht van ONE-Dyas een archeologisch bureauonderzoek en inventariserend veldonderzoek uitgevoerd in verband met de installatie van het platform F06A en de aanleg van een pijpleiding en umbilical die dit platform verbinden met het productieplatform F2-A-Hanze.



Afbeelding 1. Ligging van het plangebied en de nabijgelegen olie- en gasvelden

1.1. Aanleiding

ONE-Dyas is voornemens een productieplatform te installeren op de putlocatie F06A. Het platform wordt met een pijpleiding en umbilical verbonden met het F2-A-Hanze platform.

In de Erfgoedwet (2016) is de bescherming van het archeologische erfgoed geregeld. Tijdens de installatie van het platform en de aanleg van de pijpleiding en umbilical in de bodem kunnen eventuele archeologische waarden worden aangetast. Als het bodemarchief door de geplande bodemingrepen wordt bedreigd geldt de wettelijke verplichting om archeologisch onderzoek te verrichten. Dit gegeven vormde de directe aanleiding voor het verrichten van dit archeologische onderzoek.

Een corridor langs het pijpleidingtracé en de platformlocaties is al onderzocht door middel van een geofysische en een geotechnische survey. De data van deze surveys zijn beschikbaar gesteld voor dit archeologisch onderzoek.

1.2. Doelstelling

Het doel van het bureauonderzoek is het specificeren van de archeologische verwachting voor het onderzoeksgebied.

Het doel van het inventariserend veldonderzoek is het toetsen van de gespecificeerde archeologische verwachting die tijdens het bureauonderzoek is opgesteld.

Het onderzoeksgebied omvat het gebied inclusief een bufferzone van 1000 meter. Dit omdat de gerapporteerde locaties van bekende wrakken tot één kilometer kunnen afwijken van de werkelijke waarde.

1.3. Onderzoekskader

Het voorkomen en de diepteligging van afgedekte *pleistocene* en vroeg-*holocene* landschappen in het Noordzeegebied is niet goed bekend. Dit betekent dat ook het voorkomen van eventuele aan deze landschappen gerelateerde archeologische resten onvoldoende bekend is. Deze geoarcheologische kennisleemte voor het Noordzeegebied is herkend door Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. In 2009 is daarom de 'North Sea Prehistory Research and management Framework (NSPRMF)' opgesteld, waarin de basis voor toekomstig onderzoek en beheer van het prehistorisch erfgoed wordt gelegd.¹ In 2019 is de NSPRMF opnieuw onder de loep genomen en op basis van de ontwikkelingen in de tussenliggende periode bijgesteld.

Theme	Topics
A. Stratigraphic and chronological frameworks	A.1: Lithostratigraphic classification and chronological anchoring A.2: Sea level change and glacio-isostasy A.3: Survival of deposits of archaeological significance A.4: Biostratigraphies and absolute dating
B. Palaeogeography and environment	B.1: Middle/Late Pleistocene reshaping of topography and river drainage B.2: Development of the Weichselian/Devensian landscape B.3: Palaeogeographic evolution after the Last Glacial Maximum (LGM) B.4: Quaternary palaeoecology
C. Global perspectives on intercontinental hominin dispersals	C.1: North Sea coastal dynamics and human uses of the coastal zone C.2: Pleistocene North Sea level oscillations and population of islands
D. Pleistocene hominin colonisations of northern Europe	D.1: Early human exploitation strategies in changing environments D.2: Natural barriers for hominin expansion
E. Reoccupation of northern Europe after the Last Glacial Maximum (LGM)	E.1: Post-LGM occupation flux E.2: Occupation strategies
F. Post-glacial land use dynamics in the context of a changing landscape	F.1: Changing landscape structure F.2: Behavioural diversity among hunter-gatherers F.3: Maritime archaeologies of the North Sea
G. Representation of prehistoric hunter-gatherer communities and lifeways	G.1: Spatial perspectives on North Sea palaeolandscapes G.2: The distributional nature of early hominin communities G.3: Enculturated hunter-gatherer landscapes

* Despite the fact that theme G primarily focusses on post-LGM hunter-gatherers, topic G.2 was broadly defined, and of equal relevance to theme D.

Tabel 3. Onderzoeksthema's en onderwerpen uit de NSPRMF

Het NSPRMF 2019 rapport vormt de basis voor beleid de komende jaren. De "Archeologisch Monumenten Zorg (AMZ)" onderzoeken die in het Noordzeegebied worden uitgevoerd moeten aan de uitgangspunten uit het NSPRMF-rapport bijdragen.²

Van de vroeg-*holocene* bewoners van het Noordzeegebied, van hun nederzettingen en van de wijze waarop zij zich handhaafden in het snel veranderende landschap is weinig bekend. De informatiewaarde van de verwachte nederzettingen in het gebied is daarom groot. Dit wordt ook gesteld in de Nationale onderzoeksagenda voor de Vroege Prehistorie: *Vindplaatsen en eventuele omringende fenomenen die zich bevinden in paleolandschappelijke contexten die nog niet of nauwelijks zijn onderzocht, hebben per definitie een grote informatiewaarde.* Voor de toekomstige onderzoeken wordt naast de NSPRMF verwezen naar het kader en de onderzoeksvragen in de NOaA.³

1.4. Onderzoeksvragen

Voor het onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

Bureauonderzoek

- *Zijn er archeologische waarden in het onderzoeksgebied bekend?*

Zo ja:

Wat is de aard, omvang, (diepte)ligging en datering van deze vindplaatsen?

² Schriftelijke mededeling 5.1.2.e

³ <https://noaa.cultureelerfgoed.nl>.

- *Kunnen in het onderzoeksgebied, naast eventuele bekende waarden, archeologische resten verwacht worden?*

Zo ja:

Wat is de aard, omvang, (diepte)ligging en datering van de verwachte archeologische resten?

Inventariserend Veldonderzoek

- *Zijn de bekende en/of verwachte archeologische waarden tijdens de geofysische survey aangetroffen?*

Zo ja:

Wat is de aard, omvang, (diepte)ligging, datering en fysische kwaliteit van de aangetroffen resten?

- *Vormt de aanleg de pijpleiding een bedreiging voor archeologische waarden?*

Zo ja: *Kan een aantasting van archeologische waarden door planaanpassing worden voorkomen of beperkt?*

2. Methodiek

2.1. Bureauonderzoek

Het archeologische bureauonderzoek vormt de eerste fase in het archeologische proces. Een stroomdiagram met de opeenvolgende fasen binnen dit proces is als bijlage 2 bij dit rapport opgenomen.

Het bureauonderzoek is uitgevoerd conform de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA-waterbodems 4.1; Protocol 4102). Het betreft in het bijzonder de specificaties LS01wb, LS02wb, LS03wb, LS04wb en LS05wb. Dit gedeelte van het bureauonderzoek wordt gerapporteerd conform LS06wb.

Voor het bureauonderzoek zijn de volgende werkzaamheden verricht:

- Afbakening plangebied en vaststellen van de consequenties van het mogelijk toekomstige gebruik;
- Beschrijving van de huidige situatie;
- Beschrijving van de historische situatie en mogelijke verstoringen binnen het plangebied en in de directe omgeving
- Beschrijving van bekende archeologische waarden en aardwetenschappelijke gegevens;
- Beschrijven mogelijke aanwezigheid bouwhistorische waarden (onder water).

Op grond van deze onderdelen wordt een gespecificeerde verwachting van het gebied opgesteld (specificatie LS05wb). Hierin wordt verwoord of, en zo ja, welke archeologische waarden verwacht kunnen worden. De eigenschappen van deze waarden zullen zo gedetailleerd mogelijk worden aangegeven.

2.2. Inventariserend veldonderzoek

Het inventariserend veldonderzoek vormt de tweede fase van het archeologische proces. Het doel van het inventariserend veldonderzoek is het toetsen van de gespecificeerde archeologische verwachting van het bureauonderzoek.

Voor de aanleg van de pijpleiding en het platform heeft Gardline Limited een geofysische route en site survey uitgevoerd. De survey is van uitgevoerd van 1 tot en met 13 juni 2023 met de M.V. Ocean Geograph.

Tijdens de survey is data ingewonnen met *side scan sonar*, *multibeam echosounder*, *magnetometer*, *subbottom profiler* en *2D UHRS* (platformlocatie). Tevens is een geotechnische survey uitgevoerd, waarbij grab samples en vibrocores zijn verzameld langs de pijpleidingroute.

Met *side scan sonar* zijn alle objecten en structuren die zich op de waterbodem bevinden, of uit de waterbodem steken, opgespoord en gekarteerd. Een *multibeam echosounder* is ingezet om de morfologie en diepteligging van de zeebodem vlakdekkend in kaart te brengen. Daarnaast biedt *multibeam* de mogelijkheid om slijpgeulen (Engels: 'scours') te identificeren rond ondiep begraven objecten die niet aan de zeebodem ontsloten zijn. Met een magnetometer zijn afwijkingen in het aardmagnetisch veld geïdentificeerd en gekarteerd. Deze afwijkingen ('anomalieën') kunnen wijzen op de aanwezigheid van ijzerhoudende objecten in de zeebodem.

Om een beeld te krijgen van de ondergrond zijn *subbottom profiler* data ingewonnen langs de pijpleidingroute en op de platformlocatie. Op de platformlocatie is tevens een sparker multi-channel (*UHRs*) survey uitgevoerd.

Binnen een survey corridor van 1000 meter (500 meter aan weerszijden van de geplande pijpleidingroute) zijn parallel aan de route langs 21 vaarlijnen survey data opgenomen. De onderlinge afstand tussen de vaarlijnen is 50 m.

In totaal zijn loodrecht op de pijpleidingroute 17 dwarsraaien gevaren. De onderlinge afstand tussen de dwarsraaien is 1000 m.

Ter plaatse van de toekomstige F06A locatie is data verzameld binnen een surveygebied van 1500 x 1500 meter. Het betreft in totaal 62 raaien van 1500 m; 31 langsraaien en 31 dwarsraaien. De afstand tussen elk van de raaien bedraagt 50 m.

De resultaten van de surveys zijn vastgelegd in de volgende rapporten:

Report	Report No.
F06A Site and Route - Operations Report	53794.1
F06A Site - Interpretation Report	53794.2
F06A Route - Interpretation Report	53794.3
F06A Site and Route – Geotechnical Volume I Report	53794
F06A Site and Route Surveys MMO	53794.E01
F06A Site and Route Surveys HAB	53794.E02
F06A Site and Route Surveys EBS	53794.E03

Tabel 4. Overzicht van Gardline rapporten

Interpretatie en rapportage

De geofysische en geotechnische survey data zijn door Periplus Archeomare gebruikt om de gespecificeerde archeologische verwachting van het bureauonderzoek te toetsen. Hiervoor zijn de data geïnterpreteerd en archeologisch beoordeeld naar best professional judgement. Voor het onderzoek zijn naast de onderzoeksrapporten gevalideerde survey data aangeleverd.

Het betreft:

- *multibeam grid* (asc-format) 1 m
- *side scan sonar* mozaiek (geotif-format) 0.25 m
- *magnetometer* (csv-files) x, y, total field
- seabed features (shp-file) puntlocaties

2.3. Actoren

Het bureauonderzoek en inventariserend veldonderzoek zijn uitgevoerd door 5.1.2.e (senior KNA Prospector waterbodems) en 5.1.2.e (KNA Archeoloog Specialisme Waterbodems). Het rapport is geautoriseerd door 5.1.2.e (senior KNA archeoloog waterbodems).

2.4. Bronnen

De volgende bronnen zijn geraadpleegd voor het bureauonderzoek:

- Nationaal Contact Nummer (NCN)
- Dienst der Hydrografie
- TNO-GDN: Geologische Kaart Nederland
- Boorgegevens uit de DINO-database
- Deltares model geologie Noordzee
- Rijkswaterstaat Noordzee
- Geologische kaarten voormalige Rijks Geologische Dienst
- Archis III, beheerd door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
- Databases Periplus Archeomare
- Nederlandse Federatie voor Luchtvaart Archeologie (NFLA)
- Diverse bronnen op Internet

2.5. Rapportindeling

De resultaten van het bureauonderzoek worden behandeld in hoofdstuk 3. De resultaten van het onderzoek leiden tot een gespecificeerde archeologische verwachting, die is samengevat in paragraaf 3.6.

De resultaten van het inventariserend veldonderzoek worden behandeld in hoofdstuk 4.

Op basis van de gespecificeerde verwachting en de toets van deze verwacht door middel van het inventariserend veldonderzoek worden de onderzoeksvragen beantwoord in hoofdstuk 5. Het onderzoek wordt afgesloten met een advies in hoofdstuk 6.

Voor een volledig overzicht van de geraadpleegde bronnen en literatuur zie referenties op pagina 51.

Schuingedrukte woorden worden toegelicht in de verklarende woordenlijst op pagina 50.

3. Resultaten bureauonderzoek

3.1. Afbakening plangebied en vaststellen van de consequenties van het mogelijk toekomstige gebruik (LS01wb)

ONE-Dyas is voornemens een pijpleiding en umbilical te installeren in de blokken F2, F3 en F6 van het NCP. Het tracé loopt van locatie F06A (KP0.000 | 610149E - 6076264N) naar het bestaande platform F2-A-Hanze (KP15.579 | 600822E - 6076264N).⁴ Op de boorputlocatie F06 zal een productieplatform worden geïnstalleerd. Het onderzoeksgebied wordt gevormd door een 1000 meter brede corridor langs het tracé van de geplande pijpleiding en umbilical. De corridor omvat een zone van 500 meter links en rechts van het tracé (afbeelding 1).

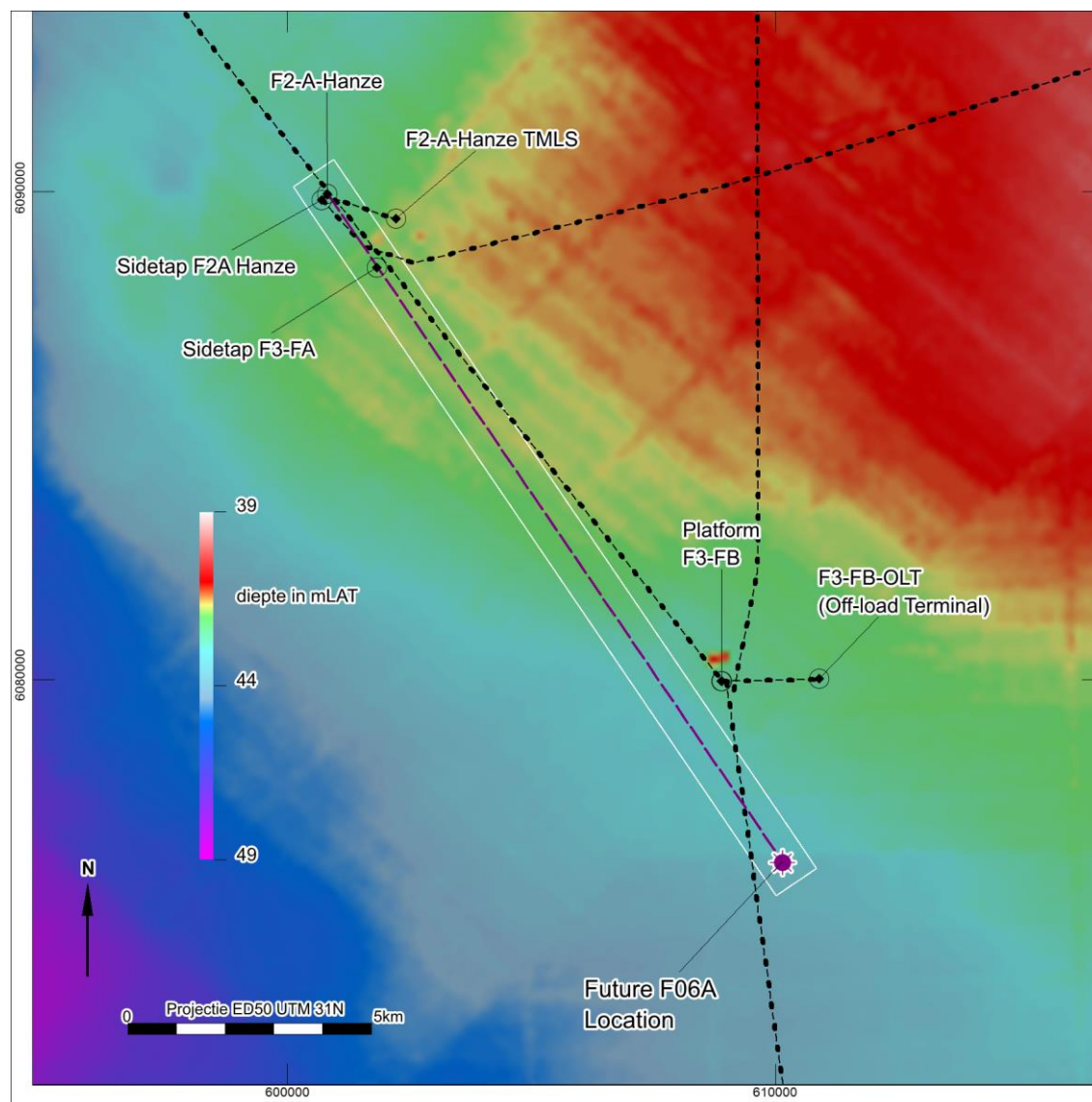
De pijpleiding en umbilical zullen door middel van ‘trenching’ in de bodem worden gebracht. Afhankelijk van de begravingdiepte wordt de zeebodem tot enkele meters diepte verstoord.

Ook de installatie van het platform kan leiden tot verstoring van de bodem. Het gaat hierbij om een directe verstoring tijdens het plaatsen van de poten van het boorplatform op de zeebodem en het aanbrengen van een conductor in de zeebodem. Na de plaatsing van het platform kunnen indirecte verstoringen door de vorming van slijpgeulen optreden (Eng: ‘scouring’).

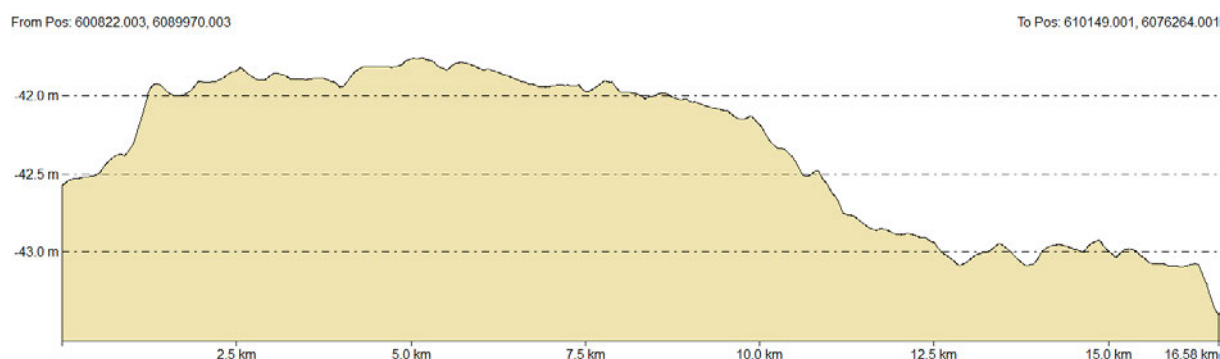
3.2. Beschrijving van de huidige situatie (LS02wb)

De onderstaande afbeelding toont het onderzoeksgebied op een generieke dieptekaart. De dieptegegevens zijn afkomstig van de Dienst der Hydrografie (100x100m grid, 2019). De diepte binnen het onderzoeksgebied varieert van 41.4 tot 43.6 meter ten opzichte van LAT. De gemiddelde diepte is 42.4 meter; de modus diepte is 41.9 meter. De zeebodem is vlak; sedimentaire structuren in de vorm van zandgolven of mega-stroomribbels zijn niet waarneembaar. Hierbij moet worden aangetekend dat door de grootte van de gridcellen (100m) kleinere sedimentaire structuren niet zichtbaar zullen zijn. De afwezigheid van sedimentaire structuren zeebodem houdt waarschijnlijk verband met diverse factoren, zoals de diepte, de sterkte van getijdenstromingen en samenstelling van het sediment.

⁴ Projectie = ED50 UTM31N.



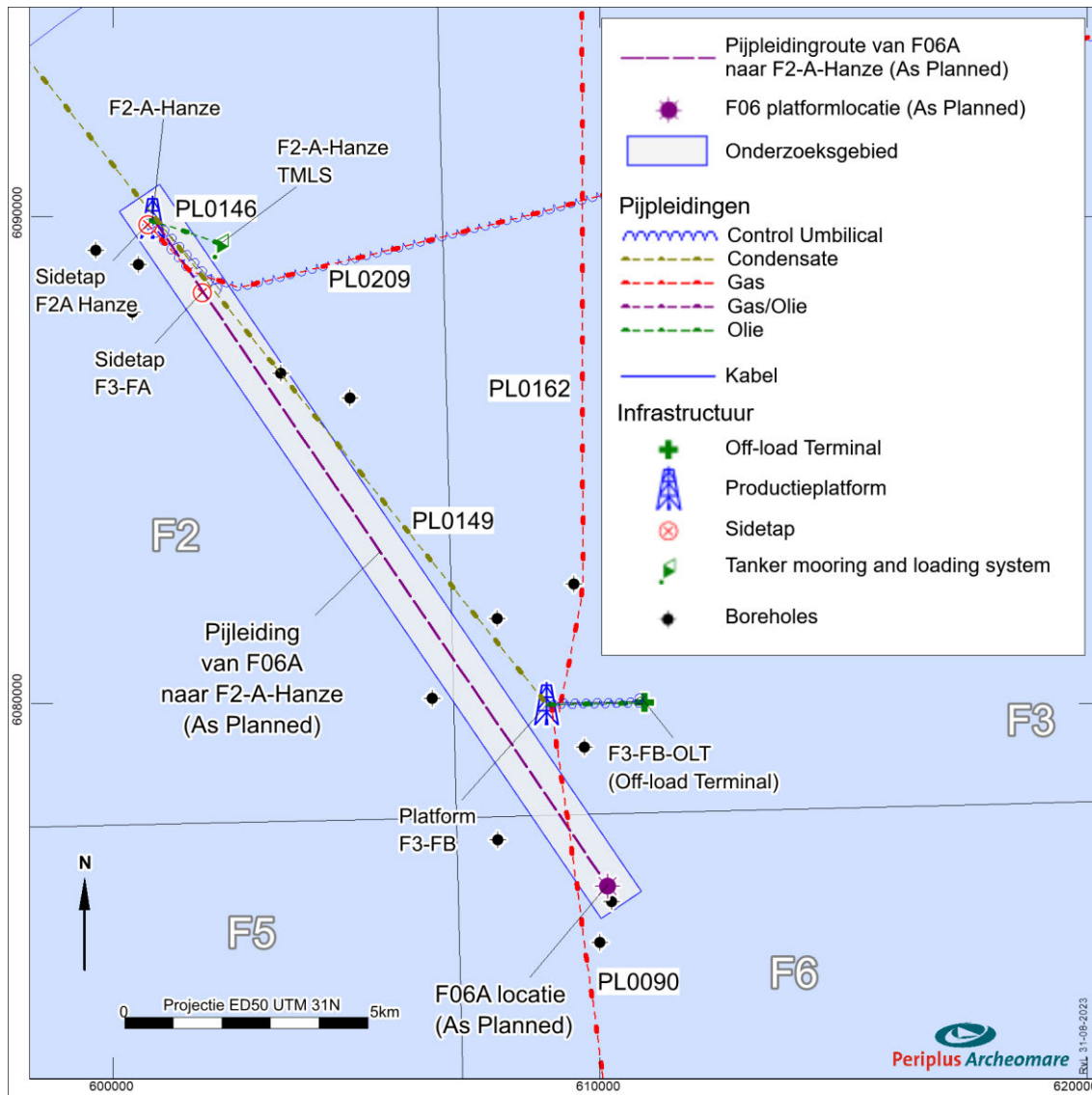
Afbeelding 2. Diepteligging van de waterbodem in het onderzoeksgebied (bron: Iodigen Dienst Hydrografie 100 x 100m grid, 2019)



Afbeelding 3. Profiel van de diepte van de waterbodem langs het pijpleidingstracé tussen F06A en F2-A-Hanze (bron: Iodigen Dienst Hydrografie 100 x 100m grid, 2019)

Het onderzoeksgebied wordt niet doorkruist door electra- of telecomkabels. Het gebied wordt wel doorkruist door een pijpleidingen. De kruisende pijpleidingen zijn weergegeven in afbeelding 4.

Aanvullende aanvullende informatie is te vinden in tabel 5, waarbij het eerste deel van het leidingnummer is vermeld bij de leidingen die zijn weergegeven in afbeelding 4. De ligging van de kabels en leidingen zijn gebaseerd op de gegevens van Rijkswaterstaat (februari 2023). *As Built* data van de operators van betreffende kabels en leidingen zijn niet opgevraagd.



Afbeelding 4. De kabels in de omgeving van het onderzoeksgebied.

Leidingnr.	Diameter	Status	Stof	Tracé van	Tracé tot	Operator
PL0146_PR	16-inch	Active	Olie	F2-A-Hanze	F2-A-Hanze TMLS	Dana
PL0146_UM	2.45-inch	Active	Control	F2-A-Hanze	F2-A-Hanze TMLS	Dana
PL0149_HS	4-inch	Active	Condensate	A6-A	F3-FB-1P	Wintershall
PL0149_PR	20-inch	Active	Gas	A6-A	F3-FB-1P	Wintershall
PL0209_PR*	10-inch	Abandoned	Gas	F3-FA	F02-A-HANZE	Spirit
PL0209_UM*	Onbekend	Abandoned	Control	F3-FA	F02-A-HANZE	Spirit
PL0162_PR	26-inch	Active	Gas	TWA	F3-FB-1P	Maersk Oil
PL0090_PR	24-inch	Active	Gas	F3-FB-1P	L2-FA-1	Neptune
*mogelijk piggyback						

Tabel 5. Overzicht van de kruisende pijpleidingen in het onderzoeksgebied.

Binnen het onderzoeksgebied zijn boringen uitgevoerd voor de exploratie, evaluatie en ontwikkeling van koolwaterstoffen. De betreffende boringen zijn opgenomen tabel 6. In het F02a-Hanze veld zijn liggen zes boorlocaties zeer dicht bij elkaar; dat wil zeggen binnen een cirkel met een straal van 4 meter. Op deze zes locaties zijn twaalf boringen uitgevoerd. Vanuit het boorgat F02-A-03 zijn naast de initiële boring twee sidetracks uitgevoerd.

Dit betekent dat op drie locaties boringen zijn uitgevoerd, waarbij op één locatie het huidige F2-A-Hanzeplatform is geplaatst.

Borehole F02-07 plot op slechts 20 meter van de 20-inch gas pijpleiding van A6-A naar F3-FB-1P (Wintershall). Hierbij past wel de kanttekening dat de nauwkeurigheid van de route van deze pijpleiding onzeker is, dit blijkt uit de opmerking “Juiste ligging nog nader te bepalen???” in de RWS-database.

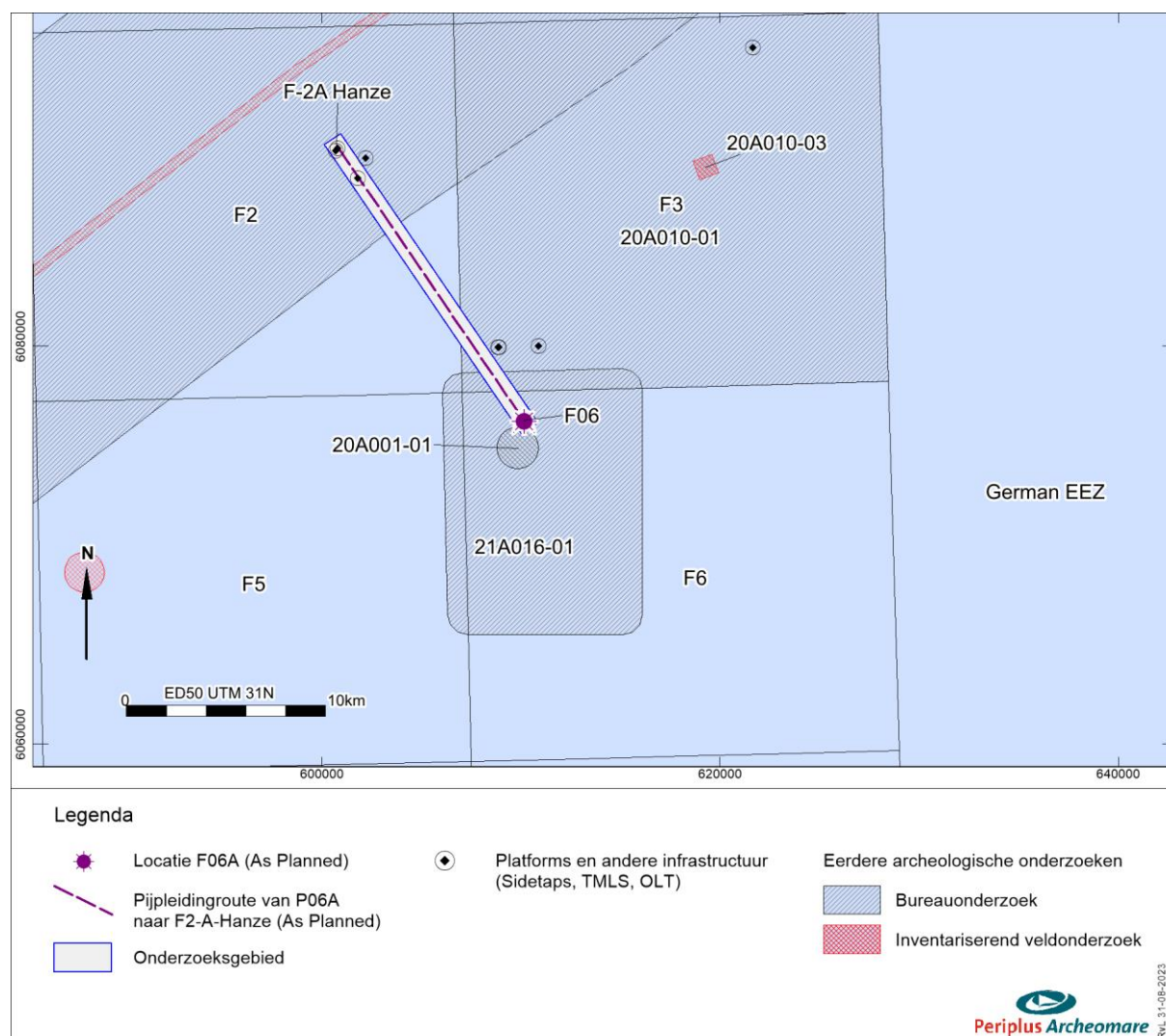
De derde locatie, F06-08, ligt op 340 meter ten zuid-zuidwesten van de voorgestelde locatie F06A.

NITG_nr	Veld	Boorgatcode	ED50_E	ED50_N	Eind	Boorgatstatus	Eigenaar
BF020277		F02-07	603446	6086798	1997	Abandoned	RWE Dea AG
BF020271	F02a-Hanze	F02-A-02	600791	6089995	2001	Plugged back and sidetracked	Dana
BF020280	F02a-Hanze	F02-A-02-S1	600791	6089995	2001	Producing/Injecting	Dana
BF020279	F02a-Hanze	F02-A-03	600794	6089995	2001	Plugged back and sidetracked	Dana
BF020282	F02a-Hanze	F02-A-03-S1	600794	6089995	2001	Abandoned	Veba Oil
BF020281	F02a-Hanze	F02-A-03-S2	600794	6089995	2001	Producing/Injecting	Petro- Canada
BF020269	F02a-Hanze	F02-A-04	600791	6089991	2001	Producing/Injecting	Dana
BF020270	F02a-Hanze	F02-A-05	600790	6089991	2001	Producing/Injecting	Dana
BF020287	F02a-Hanze	F02-A-06	600793	6089997	2013	Plugged back and sidetracked	Dana
BF020290	F02a-Hanze	F02-A-06-S1	600793	6089997	2013	Plugged back and sidetracked	Dana
BF020288	F02a-Hanze	F02-A-06-S2	600793	6089997	2013	Plugged back and sidetracked	Dana
BF020289	F02a-Hanze	F02-A-06-S3	600793	6089997	2013	Producing/Injecting	Dana
BF020286	F02a-Pliocene	F02-B-01	600792	6089990	2009	Producing/Injecting	Dana
BF060124		F06-08	610238	6075937			ONE-Dyas

Tabel 6. Boreholes in onderzoeksgebied (NLOG 27-01-2022)

Eerder uitgevoerde onderzoeken in het gebied

In de omgeving van het onderzoeksgebied zijn in het verleden meerdere archeologische onderzoeken uitgevoerd (afbeelding 5 en tabel 7). De relevante resultaten van deze onderzoeken zijn verwerkt in de gespecificeerde verwachting in paragraaf 3.6. Een verwijzing naar het rapport van het onderzoek is opgenomen in de referentielijst op pagina 51.



Afbeelding 5. Overzicht van de eerder uitgevoerde onderzoeken in- en rond het gebied.

Type	Jaar	Rapport	Beschrijving
Bureauonderzoek	2016	15A038-01	Aanleg van de Viking Link elektriciteitskabel
Inventariserend veldonderzoek	2016	16A006-01	Aanleg van de Viking Link elektriciteitskabel
Bureauonderzoek	2019	19A026-05	Exploratieboring in het F5-blok
Bureauonderzoek	2020	20A001-01	Exploratieboring in het F6-blok
Bureauonderzoek	2020	20A010-01	F03 Bokje/Anteater prospect
Inventariserend veldonderzoek	2020	20A010-03	F03 Bokje/Anteater prospect - F03-09 wellsite
Bureauonderzoek	2021	21A016-01	Bureauonderzoek vervolgboring in blok F6

Tabel 7. Overzicht van eerder uitgevoerde onderzoeken in en rondom het onderzoeksgebied

3.3. Historische situatie en mogelijke verstoringen (LS03wb)

Prehistorische bewoning in de Noordzeebekken

De Noordzeebekken vormde ca 12.000 jaar geleden een uitgestrekt dekzandlandschap met een toendraklimaat. Aan het eind van de laatste IJstijd (ca 11.500 jaar geleden) steeg de temperatuur, als gevolg waarvan de noordelijke gletsjers smolten. Door het vrijkomende water steeg de zeespiegel en raakte de Noordzeebekken geleidelijk opgevuld. De bewoners van het gebied moesten naar hoger gelegen gebieden vertrekken.⁵ Een voorbeeld van een hoger gelegen gebied is de Doggersbank in het noorden van het Nederlands Continentaal Plat.

De zeespiegelstijging ging samen met het verdrinken van oude landschappen. Resten van oerbossen (Berk, Den, Eik, Iep en Hazelaar) kunnen in de ondergrond bewaard zijn gebleven. Vondsten hiervan zijn wel bekend langs de kust van Engeland, maar (nog) niet bij Nederland. De verdrinken landschappen zijn door middel van geofysische en geotechnische technieken in beeld gebracht. Recent is op basis van seismische gegevens uit de olie-industrie een prehistorisch landschap in beeld gebracht nabij de Engelse oostkust.⁶

In het Noordzeegebied zijn naast fossielen ook artefacten in de netten van vissers aangetroffen. In de omgeving van de Bruine Bank is een versierd bizonbot gevonden. Het bot dateert uit de *Allerød* interstadiaal, circa 13.000 tot 12.000 jaar geleden. In het *Allerød* trad, tijdens de overwegend zeer koude eindfase van het *Weichselien*, een kortstondige opwarming van het klimaat op. De zeespiegel stond zeer laag, waardoor de Noordzee droog lag. Jagers trokken tijdens hun jacht op onder meer rendieren door het gebied.

Een voorbeeld van de resten die in november 2019 door vissers zijn aangetroffen en door een van hen, Kommer Tanis, worden verzameld, is weergegeven in afbeelding 6. De precieze vindplaats van de resten, en in het bijzonder de menselijke schedel, is niet bekend. Vermoedelijk zijn ook deze resten op de Bruine Bank gevonden.

Naast de overblijfselen die in de netten van vissers worden aangetroffen, worden ook langs de gehele Nederlandse kust met enige regelmaat prehistorische vondsten gedaan. Het gaat om archeologische resten die als gevolg van kustversteving (zandsuppleties) op het strand belanden. Zo zijn bij de aanleg van de Maasvlakte I en II, de Zandmotor en op het strand bij Hoek van Holland groot aantal van bekende benen spitsen uit het *Mesolithicum* aangetroffen.

In 2019 is een 50.000 jaar oud vuurstenen werktuig van een Neanderthaler gevonden. Aan het artefact zat een dikke laag teer dat van berkenhars was gemaakt. Een sensationele vondst, omdat het kleine stukje vuursteen veel vertelt over de kennis die Neanderthalers kennelijk al in huis hadden om berkenpek te produceren en als lijm te gebruiken. De vondst geeft te meer aan dat tijdens de warmere *interstadialen* in het overwegend koude *Weichselien* het Noordzeegebied door de jagende en verzamelende mens werd bewoond. Het artefact is vermoedelijk afkomstig uit het zandwingebied Q16F of Q16H, die als wingebieden voor het suppletiezand zijn gebruikt.

⁵ Gaffney e.a. 2007.

⁶ Zie het project 'North sea paleolandscapes' van de Universiteit van Birmingham.

Meer noordelijk op de stranden van Texel en Ameland zijn eveneens artefacten uit het Midden paleolithicum gevonden. Deze artefacten zijn vermoedelijk afkomstig uit zandwingebied M9H en via zandsuppleties op de stranden terecht gekomen.⁷



Afbeelding 6. Menselijke schedel gevonden in de netten van vissermannen in 'Noordzee/Doggerland' in November 2019 (foto: Kommer Tanis)

Scheepvaart

De vroegste en meest concrete aanwijzingen voor scheepvaart op de Noordzee dateren vanaf de Bronstijd.⁸ Het gaat dan wel om indirecte gegevens. Het zijn in Nederland gevonden bronzen voorwerpen die als grafgiften zijn meegegeven aan de doden. Van enkele van deze voorwerpen kan op basis van stijl gesteld worden dat ze Brits zijn en per schip overgebracht naar het continent. Vanaf de eerste contacten in de Bronstijd is sprake van een intensivering van de scheepvaart op de Noordzee met enkele historisch goed gedocumenteerde pieken. Gedurende de Romeinse tijd geldt de Noordzee en in het bijzonder het Kanaal als verbingsbrug voor het imperium. Vanaf de vroege en volle Middeleeuwen ontstaan machtscentra langs de kust van de Noordzee.⁹ Deze waren georiënteerd op de Noordzee en scheepvaart, handel en overzeese contacten speelden daarbij een centrale rol. Verder moeten in dit verband ook de raids (plundertochten) van de Vikingen genoemd worden. Vanaf de Late Middeleeuwen en de Nieuwe tijd waren de internationale handel en de scheepsbouw dermate ontwikkeld dat de Noordzee een opstap vormde voor wereldwijde vaarroutes, met voor dit gebied specifiek de Oostzeehandel. De scheepvaartgeschiedenis in hoofdlijnen is met vele bekende en tot op heden onbekende schipbreuken samengegaan. Scheepswrakken vormen de sporen van het maritieme verleden en deze kunnen onder gunstige conserveringsomstandigheden in de waterbodem bewaard zijn gebleven.

⁷ Stapert 2013.

⁸ Maarleveld en Van Ginkel 1990, 42-44.

⁹ Kramer e.a. 2003; Cunliffe 2001, 484-488.



Afbeelding 7. Ligging van het onderzoeksgebied op de kaart van William Faden, 1777

Vliegtuigwrakken

Verschillende bronnen zijn niet eenduidig over het aantal vliegtuigen uit de Eerste en Tweede Wereldoorlog dat nog vermist wordt. Ook de locatie van de vliegtuigwrakken is meestal niet heel nauwkeurig. Bekend is wel dat het gaat om honderden vliegtuigen.¹⁰

Gezien de oorlogshandelingen die boven de Noordzee hebben plaatsgevonden, kunnen ook in het plangebied vliegtuigwrakken voorkomen. Tijdens de impact kunnen zware onderdelen van het vliegtuig (zoals de motor) diep in de bodem doordringen. Op land en in het Waddengebied zijn dergelijke onderdelen meters onder het maaiveld teruggevonden. Door de grote waterdiepte (meer dan 40 meter) in het grootste deel van het onderzoeksgebied mag worden aangenomen dat een gevechtsvliegtuig tijdens zijn crash sterk door het water wordt afgeremd, waardoor het op, en niet in de waterbodem beland. Migrerende zandgolven kunnen een wrak later afdekken.

¹⁰ Nederlandse Federatie voor Luchtvaart Archeologie, NFLA.

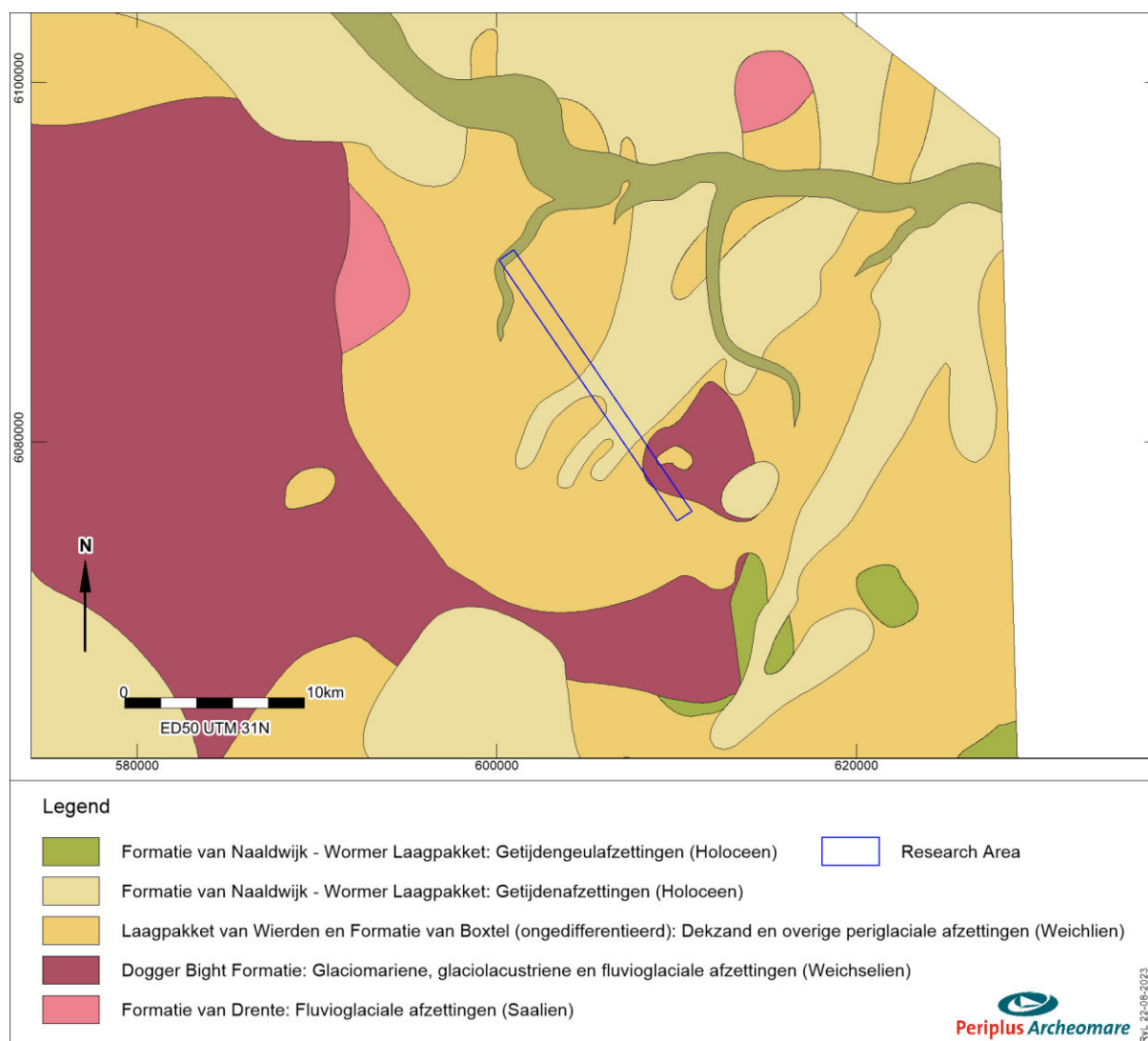
Bekende verstoringen in het plangebied

Het onderzoeksgebied wordt doorkruist door bestaande pijpleidingen en bedieningkabels ('control umbilicals'). Tijdens de aanleg van deze (soms gebundelde) leidingen is de waterbodem verstoord. Details van de kruisende leidingen en umbilicals zijn beschreven op pagina 16. Verder zijn op drie locaties in het verleden boringen uitgevoerd in verband met de exploratie en productie van olie en gas.

3.4. Geologische gegevens (LS04wb)

De archeologische verwachting voor prehistorische resten is sterk gerelateerd aan de geogenese van het plangebied. De geogenese kan worden herleid uit de aanwezige lithostratigrafische eenheden, de aard van laaggrenzen (erosief versus non-erosief) en indicatie voor bodemvorming in de sedimenten. Daarom vormen geofysische en geologische data een belangrijke bron om vragen met betrekking tot de aard, diepteligging, voorkomen, gaafheid en conservering van te verwachten archeologische resten in het plangebied te beantwoorden.

Volgens de oppervlakesedimentenkaart bestaat de zeebodem in het onderzoeksgebied uit omgewerkt (peri)glaciaal slibhoudend zeezand met minder dan 10% slib van het Terschellingerbank Laagpakket | Southern Bight Formatie.¹¹



Afbeelding 8: Geologische Kaart Nederland (bron: TNO Geologische Dienst Nederland 2021)

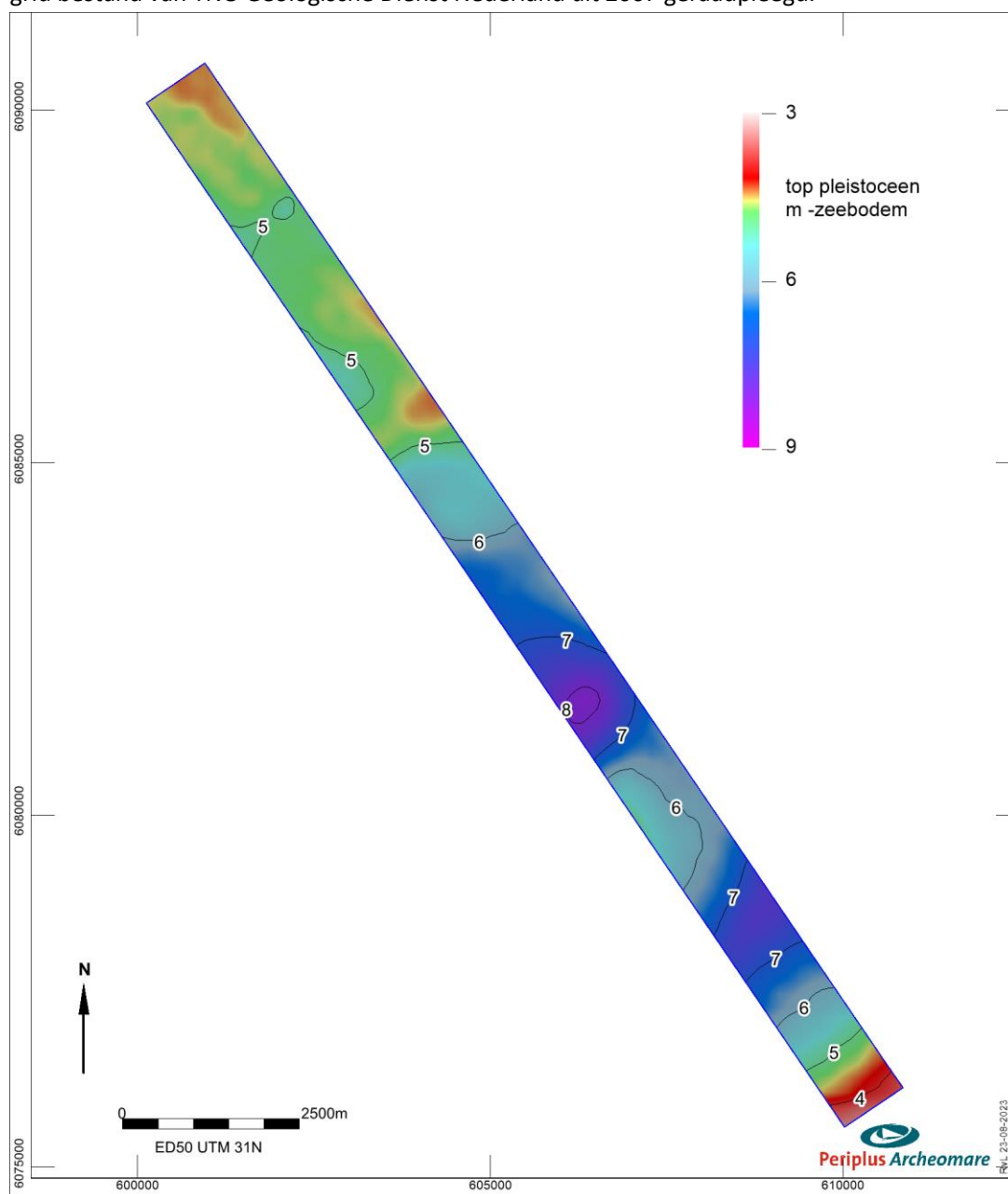
Onder het Terschellingerbank Laagpakket gaan oudere afzettingen schuil. Het type afzettingen en de lithostratigrafische eenheden waartoe deze worden gerekend is weergegeven in bovenstaande afbeelding (afbeelding 8).

¹¹ Slib bestaat uit fijn sediment in de vorm van klei (<2 µm) en silt (2-63 µm).

In het onderzoeksgebied komen volgens de Geologische Kaart Nederland *pleistocene* afzettingen van de Dogger Bight Formatie en Formatie van Boxtel voor. In het centrale deel van het pijpleidingtraject zijn deze *pleistocene* afzettingen afgedekt en mogelijk geërodeerd door vroeg-*holocene* getijdenafzettingen van de Formatie van Naaldwijk | Laagpakket van Wormer. Nabij het F2-A-Hanze platform is een opgevulde getijdengeul gekarteerd. De vroeg-*holocene* geulopvulling behoort eveneens tot het Laagpakket van Wormer.

Omwille van het kaartbeeld wordt dekzand van de Formatie van Boxtel | Laagpakket van Wierden alleen weergegeven als de dikte meer dan 2 m bedraagt. Dit betekent dat de lokale subcrop van glaciomariene, glaciolacustriene en/of fluvioglaciale afzettingen van de Dogger Bight Formatie in het zuidelijke deel van de pijpleidingroute kunnen zijn afgedekt door dekzanden en/of andere laatglaciale periglaciale afzettingen van de Formatie van Boxtel.

Om een indruk te krijgen van de diepteligging van de top van de *pleistocene* sequentie is het 200 meter grid bestand van TNO Geologische Dienst Nederland uit 2007 geraadpleegd.



Afbeelding 9: Top van de pleistocene formaties in m onder de zeebodem (bron: TNO 2007)

De diepteligging van de top van de *pleistocene* formaties onder de zeebodem is weergegeven in bovenstaande afbeelding (afbeelding 9). Op basis van deze gegevens bevindt de top van de pleistocenoopenvolging zich op 4.7 m onder de zeebodem in het grootste deel van het plangebied (zie tabel 8).

	TNO GDN 2007				Oyster Grounds Map RGD Laban 1997
Top Pleistoceen	min	max	gem	mod	
m - zeeniveau ¹²	46.2	50.5	48.1	46.8	Laban 45 m dieptecontour (t.o.v. MSL)
m - zeebodem	3.5	8.1	5.7	4.7	

Tabel 8. Verwachte diepteligging van de top van de pleistocene opeenvolging

Zoals in de tabel is aangegeven kruist de 45 m top pleistoceen dieptecontour van de Oyster Grounds Map uit 1997 het centrale deel van het onderzoeksgebied. Ter plaatse van de 45 m-contourlijn geeft het 2007-grid van TNO | GDN een waarde van 48.6 m. Het verschil tussen deze waarden is 3.6 m. Als de waarde van de Oyster Grounds Map correct en representatief voor het gehele onderzoeksgebied is, dan ligt de top van de *pleistocene* opeenvolging op aanmerkelijk geringere diepte: op veel plaatsen op 1 tot 2 meter onder de zeebodem.

Dogger Bight Formatie | Botney Cut Laagpakket

Het Botney Cut Laagpakket is een Laagpakket binnen de Dogger Bight Formatie. Het Laagpakket bestaat uit de opvulling van glaciële dalen. Het onderste deel van het laagpakket kan bestaan uit grindig grof zand en diamict (zeer slecht gesorteerd sediment). De bovengrens wordt gevormd door slib en slibhoudend zand. Deze sedimenten zijn waarschijnlijk afgezet in een glaciomariën of glaciolacustrien milieu. Het Laagpakket is vermoedelijk afgezet tijdens het Midden-Weichseilen.

Boxtel Formatie

De *Formatie van Boxtel* is vermoedelijk opgebouwd uit eolische afzettingen van het *Laagpakket van Wierden* (dekzand) en/of beekafzettingen in de vorm van klei, leem en fijn zand van het *Laagpakket van Singraven*. Het voorkomen van het Laagpakket van Singraven wordt het waarschijnlijkst geacht. De afzettingen dateren uit het *Weichselien* (115.000 tot 12.000 jaar geleden) en het Vroeg *Holoceen* (12.000 tot heden). De top van de *Formatie van Boxtel* kan tijdens afzetting van onder meer het *Terschellingerbank* en *Western Mud Hole Laagpakket* en de *Formatie van Naaldwijk* door erosie zijn aangetast. De *Basisveen Laag* daarentegen, kan de top van de *Formatie van Boxtel* juist hebben beschermd tegen erosie.

DINO-boringen

Binnen het onderzoeksgebied zijn in het verleden meerdere boringen gezet (zie afbeelding 10 | bron: DINOLoket).¹³

In de boringen vormt matig siltig zeer fijn tot matig fijn sand de meest voorkomende lithologie. In vijf boringen is veen aangetroffen (zie tabel 9).

¹² Het referentievlak van deze grid data (NAP, LAT, anders) is niet bekend.

¹³ www.dinoloket.nl

DINO-nr	UTM31N ED50		Zeebodem m LAT	Veen m -zeebodem	
	Easting (m)	Northing (m)		Top	Basis
BF020045	600487	6089876	-42.80	0.60	0.80
				0.93	1.05
BF020073	603482	6086406	-43.00	2.40	2.70
BF020074	603533	6086417	-42.60	2.08	2.30
BF020094	600659	6090007	-42.50	0.24	0.27
				0.30	0.57
				0.88	0.90
BF030080	608500	6079249	-43.32	0.41	0.78

Tabel 9. DINO-boringen met veen

Als het veen daadwerkelijk veen betreft dat door in situ afzetting van plantenresten is gevormd, en niet detritus dat bestaat uit van elders aangevoerde en ingespoelde plantenresten, dan heeft dit implicaties voor de diepteligging van de top van de *pleistocene* afzettingen in het plangebied. In het Noordzeegebied komt plaatselijk aan de basis van de *holocene* opeenvolging een dunne veenlaag voor: de Basisveen Laag | Nieuwkoop Formatie. De Basisveen Laag markeert de opstuwing van de grondwaterspiegel ten gevolge van de snel stijgende zeespiegel aan het begin van het Holocene. Aansluitend op de veenvorming vond mariene inundatie plaats.

Op basis van de hoogte waarop de veenlagen in de DINO-boringen zijn aangetroffen (omgerekend rond -45 m MSL) en beschikbare zeespiegelcurves van het Noordzeegebied, concluderen wij dat de mariene inundatie tussen 11.0 en 10.5 cal. ka BP plaats heeft gevonden. In theorie zou het ook om oudere veenlagen kunnen gaan, die tijdens een warmere periode (interstadiaal) in het Weichselien zijn gevormd. Veen kan bijvoorbeeld voorkomen binnen sequenties van beekafzettingen die tijdens het *Bølling-Allerød* interstadiaal zijn gevormd.

De afzettingen die door de veenlagen zijn afgedekt zijn gevormd tijdens het Pleistoceen. Het kalkgehalte van de afzettingen is niet in alle beschrijvingen van de DINO-boringen opgenomen. Bij vier boringen is dat wel het geval: BF060110, BF030080, BF030067 en BF030068.

In boring BF030080 komt onder het veen van 0.78 tot 2.41 m licht-grijs zeer fijn kalkloos zand met een bijmenging van klei voor. Op 2.41 m en dieper wordt het zand kalkarm.

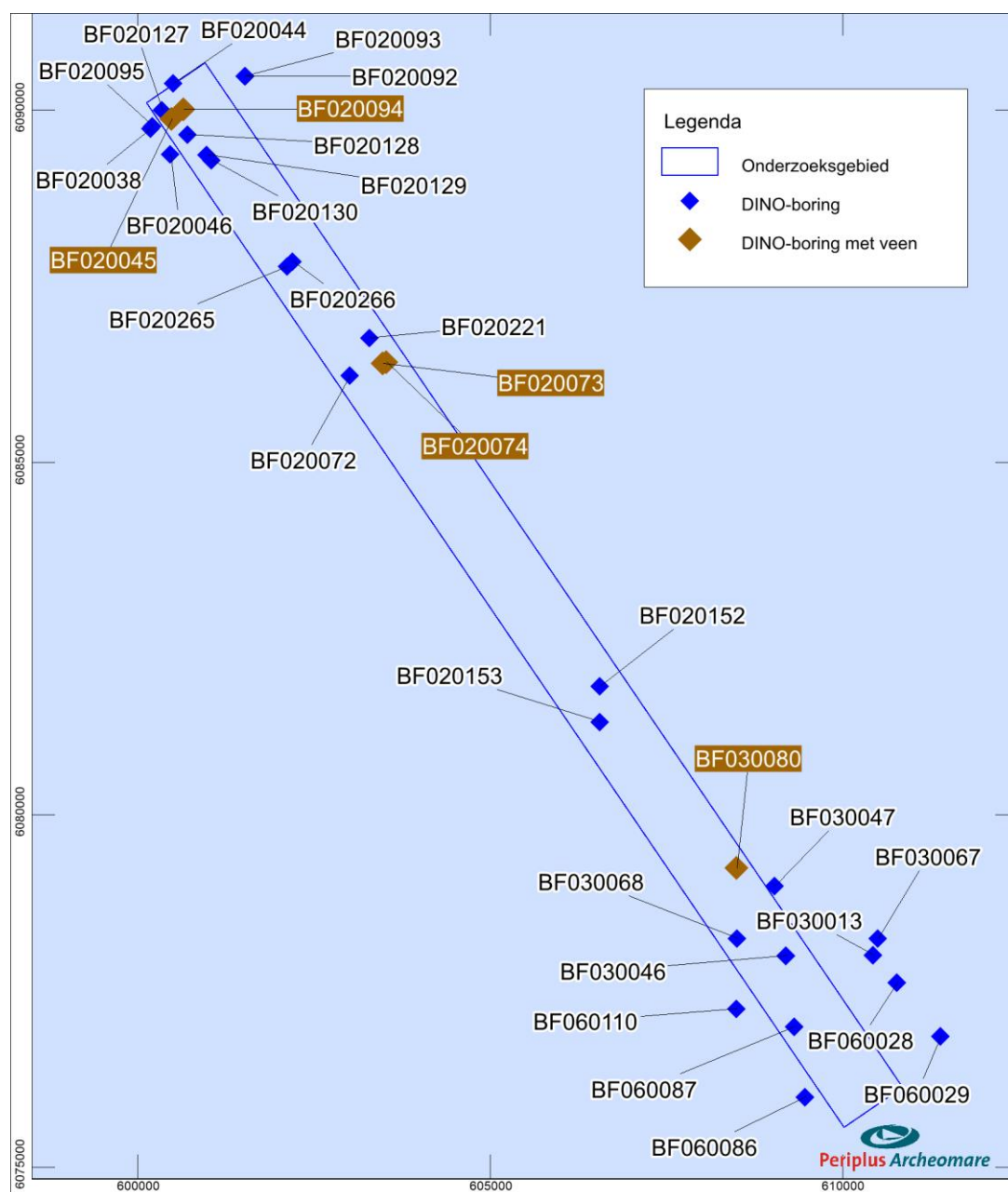
In boring BF030068 komt geen veen voor; in deze boring is onder kalkrijk zand van 0.85 tot 2.40 m (einde boring) overeenkomstig boring BF030080 licht-grijs zeer fijn kalkloos zand met een bijmenging van klei aangetroffen.

In boring BF030068 komt geen veen voor; in deze boring is onder kalkrijk zand van 0.67 tot 2.00 m overeenkomstig boring BF030080 licht-grijs zeer fijn kalkloos zand met een bijmenging van klei aangetroffen. In deze boring komt van 2.00 m tot 3.45 m bruin-grijs kalkloos zand met een bijmenging van klei voor. Het zand is overwegend zeer fijn; plaatselijk (van 2.83 tot 3.07 m) matig fijn.

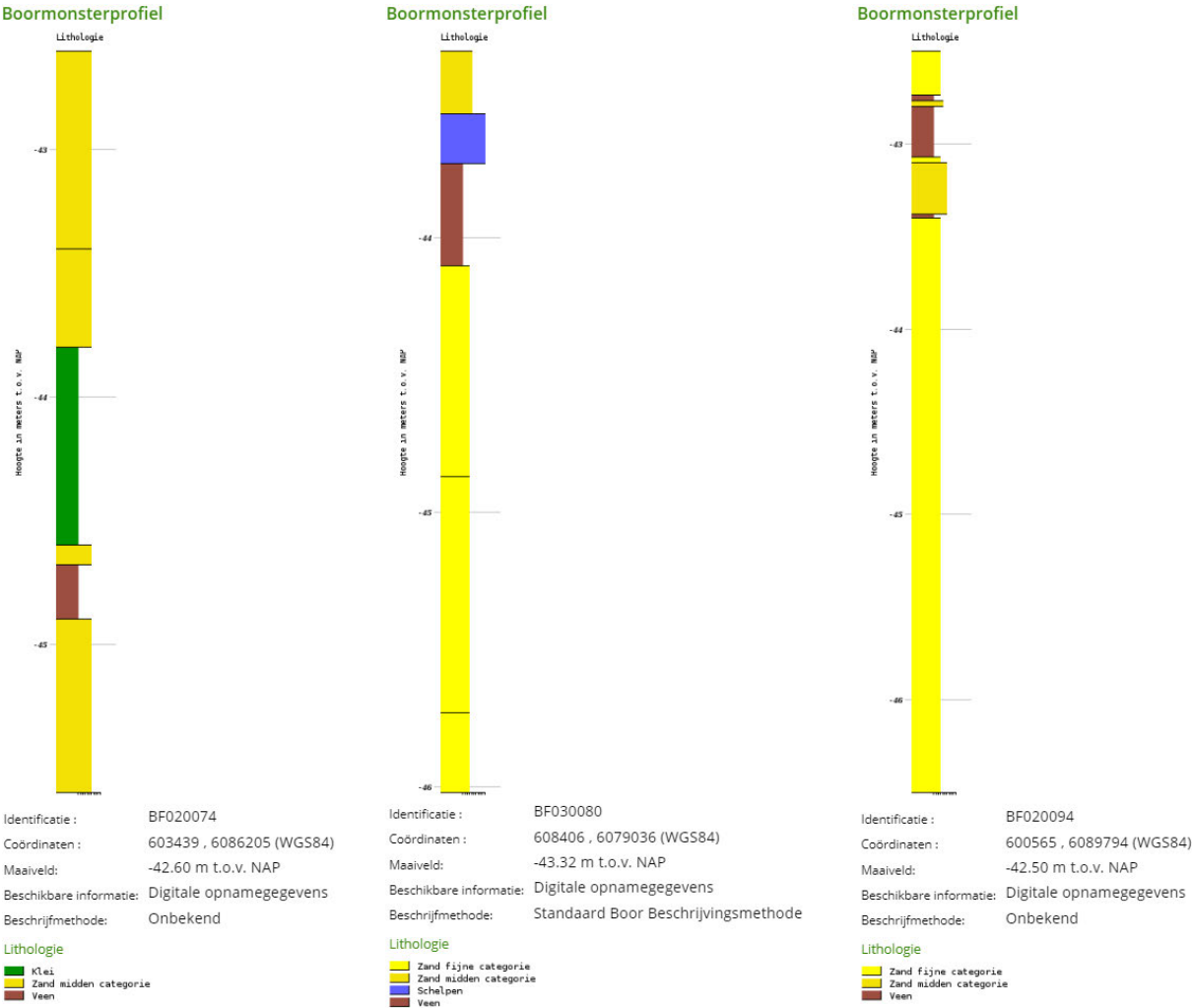
Tot slot is licht-grijs zeer fijn kalkarm zand met een bijmenging van klei aangetroffen in boring BF060110 van 0.39 m tot 2.74 (einde boring).

De vier boringen bevinden zich in het zuidelijke deel van het pijpleidingtraject. Dit wil niet zeggen dat hetzelfde type fijnkorrelige kalkloze en kalkarme zanden in het centrale en noordelijke deel van het pijpleidingtraject niet voorkomen. Van de overige boringen is het kalkgehalte niet beschreven en derhalve niet bekend.

De kalkloze en kalkarme fijnkorrelige zanden betreffen terrestrische afzettingen uit het Weichselian. Het betreft waarschijnlijk laatglaciale en/of vroeg-*holocene* afzettingen van de Bostel Formatie.



Afbeelding 10: DINO boringen in en rond het onderzoeksgebied



Afbeelding 11. Lithologische kolom van boringen met veen in het noorden (links), centrum (midden) en zuiden (rechts) van het onderzoeksgebied (bron: DINOLoket)

3.5. Archeologische waarden (LS04wb)

Archeologie Continentaal Plat algemeen

Door de voormalige Rijksdienst voor Oudheidkundig Bodemonderzoek (ROB, nu Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed) is in samenwerking met Rijkswaterstaat dienst Zee en Delta en TNO-NITG op basis van geologische en archeologische waarnemingen een globale archeologische kaart voor het Continentaal Plat opgesteld (zie afbeelding 12).¹⁴

De Globale Archeologische Kaart van het Continentale Plat geeft de trefkans van goed geconserveerde scheepswrakken (en daarmee veelal een scheepsvondst van hoge archeologische waarde) voor het Nederlandse deel van het Continentale Plat weer. Deze kaart is echter zeer beperkt bruikbaar, mede door de kleinschaligheid van 1: 500.000. Daarnaast hangt de mate van conservering sterk samen met geologie en morfologie. De achterliggende redenering hierbij is dat in geulafzettingen of gebieden met een “slap” sediment, een wrak snel wegzakt in de bodem en daardoor in goede staat bewaard blijft. In andere gebieden is de trefkans op scheepsresten niet per definitie lager, maar wel de trefkans op een goed geconserveerd schip waarbij de lading en de uitrusting van het schip nog aanwezig is.

Op de kaart zijn ook gebieden aangegeven waar venen en kleien bewaard zijn gebleven. Deze afdekking met klei/veen zegt uitsluitend iets over de mogelijke ligging van *pleistocene* afzettingen aan/nabij de zeebodem. Daar waar *holocene* kleien/venen zijn geërodeerd, kunnen *pleistocene* niveaus met artefacten/faunaresten aanwezig zijn. Waar het om vroeg *holocene* afzettingen gaat, kunnen bewoningsresten uit de Prehistorie voorkomen gerelateerd aan afgedekte *pleistocene* en vroeg-*holocene* landschappen.

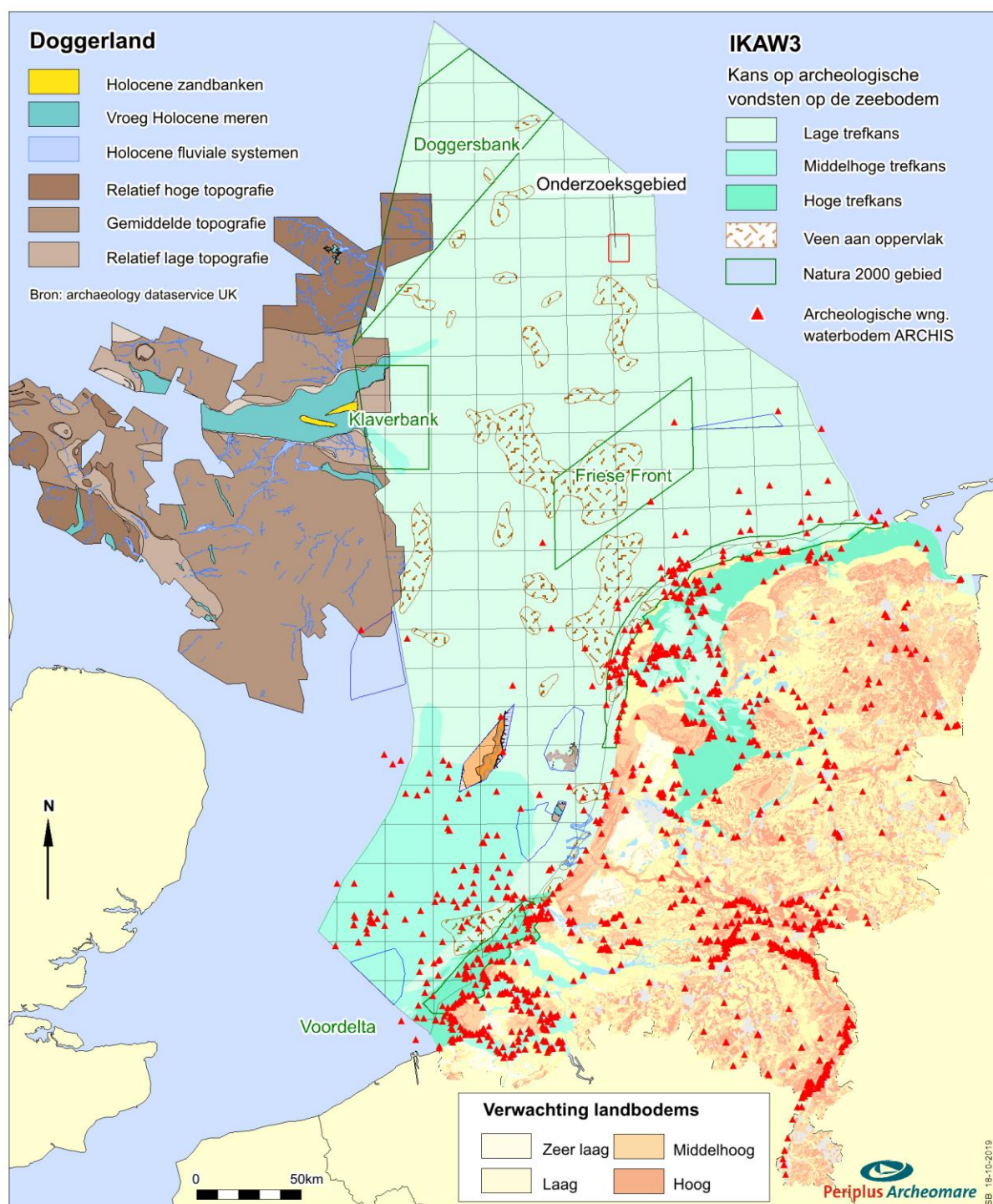
Uit onderzoek is gebleken dat de kans op het aantreffen van prehistorische bewoningsresten in de Noordzee veel groter is dan aanvankelijk werd gedacht.¹⁵ De archeologische verwachtingskaart voor het Nederlands Continentaal Plat zal daarom moeten worden herzien. In 2016 heeft Deltares een eerste kaart opgezet van het prehistorische potentieel van de Noordzee.¹⁶

¹⁴ IKAW 3^e generatie, RCE 2008.

¹⁵ Zie het project ‘North Sea paleolandscapes’ van de Universiteit van Birmingham en North Sea Research and management Framework

5.1.2.e

5.1.2.e

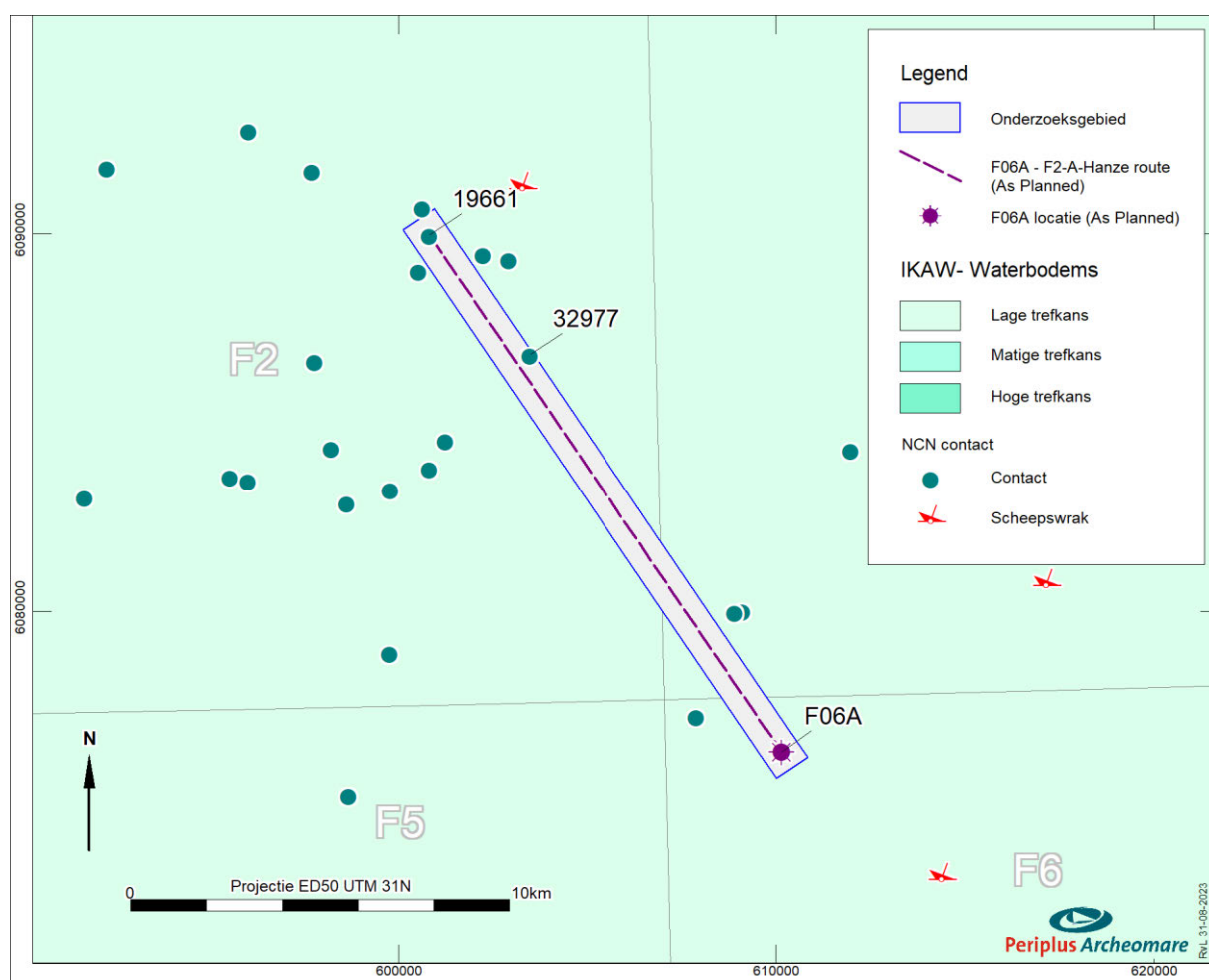


Afbeelding 12. Overzichtskartaat archeologiewaarden van het Nederlands Continentaal Plat.

Voor de inventarisatie van bekende objecten en waarnemingen is gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

- ARCHIS 3, de officiële database van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed waarin alle archeologische vondsten en waarnemingen binnen Nederland en de territoriale wateren zijn opgeslagen. De database bevat meer dan 85.000 locaties (voornamelijk op land) waar archeologische waarnemingen gedaan zijn.
- SonarReg database Rijkswaterstaat. Deze database bevat alle bekende waarnemingen op de waterbodem waaraan een Nationaal Contact Nummer (NCN) is toegekend. Het NCN is een koppeling van de gegevens van Rijkswaterstaat, het object- en obstructie database van de Dienst der Hydrografie en de archeologische database ARCHIS3 van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed.
- MARIAD: Maritiem Archeologische database; bevat waarnemingen uit papieren wrakarchieven etc.
- Database Periplus Archeomare: hierin zijn meldingen uit diverse bronnen opgenomen (sportduikers, oude wrakarchieven etc.).

Onderstaande afbeelding toont het plangebied met de bekende waarnemingen, geplot op de Indicatieve Kaart Archeologische Waarden (IKAW).



Afbeelding 13. Overzicht van waarnemingen rondom het onderzoeksgebied.

In het onderzoeksgebied bevinden zich twee bekende waarnemingen: NCN 19661 en NCN 32977.

NCN 19661 is een onbekend contact in de NCN database. Het type contact is beschreven als “Nader in te vullen”. De locatie van het contact komt echter overeen met de locatie van productieplatform F2-A-Hanze. Hierdoor kan met zekerheid gesteld worden dat het om de platformlocatie gaat.

NCN 32977 is als nlhono 545 geregistreerd. Nadere informatie is niet beschikbaar. De locatie van het contact komt echter overeen met de locatie van de TMLS van F2-A-Hanze. Hierdoor kan met zekerheid gesteld worden dat het om infrastructuur van de TMLS op de zeebodem gaat van waaruit de olie die in F2-A-Hanze wordt geproduceerd en via de 16-inch pijpleiding wordt aangevoerd kan worden ingenomen door olietankers.

NCN	Type_contact	SonarReg	NLHono	Archis	ETRS89 E	ETRS89 N	ED50 E*	ED50 N*
19661	Nader in te vullen				600728	6089758	600820	6089970
32977	Onbekend object		545		603373	6086586	603465	6086798

Tabel 10: Bekende contacten in het onderzoeksgebied. De ED50 coördinaten zijn niet afkomstig uit de NCN-database, maar berekend.

Vliegtuigwrakken

Verschillende bronnen zijn niet eenduidig over het aantal vliegtuigen uit Tweede Wereldoorlog dat nog vermist wordt. Het gaat in ieder geval om honderden.¹⁷ Voor het IJsselmeergebied bezit Rijkswaterstaat een overzichtskaart waarop vondsten en vermissingen zijn weergegeven. Een vergelijkbare kaart van de Noordzee bestaat (nog) niet.¹⁸

Prehistorie

Uit onderzoek is gebleken dat de kans op het aantreffen van prehistorische bewoningsresten in de Noordzee veel groter is dan aanvankelijk werd gedacht.¹⁹ De archeologische verwachtingskaart voor het Nederlands Continentaal Plat zal daarom moeten worden herzien. In 2016 heeft Deltares een eerste verwachtingskaart opgezet van het prehistorische potentieel van de Noordzee.²⁰

Op basis van de archeologische potentiekaart van de Noordzee²¹ (afbeelding 14) kunnen in het gebied residuaire resten vanaf het *Laat Paleolithicum* (ca. 10.000 jaar geleden) tot en met het *Mesolithicum* (ca. 6500 jaar geleden) worden verwacht; de periode waarin het landijs zich langzaam terugtrok en de Noordzee zich begon met vormen. De gebieden met een archeologische potentie voor residuaire resten uit het *Mesolithicum* en het *Laat Paleolithicum* (bruingeel) bestaat de top van de *pleistocene* opeenvolging uit terrestrische afzettingen van de Bostel Formatie.

Gebieden waar de Formatie van Bostel is afgedekt door veen zijn donkergroen weergegeven op de archeologische verwachtingskaart. Aan deze gebieden is een archeologische potentie voor intacte (dus

¹⁷ Nederlandse Federatie voor Luchtvaart Archeologie, NFLA.

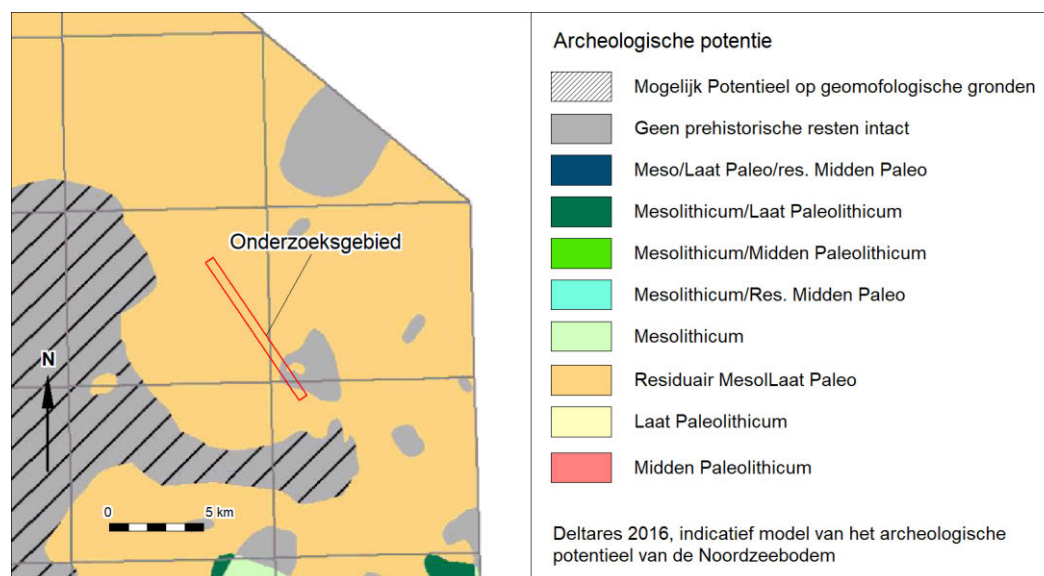
¹⁸ Persoonlijk commentaar 5.1.2.e voormalig bergingsofficier Koninklijke Luchtmacht

¹⁹ Zie het project ‘North Sea Paleolandscapes’ van de Universiteit van Birmingham en North Sea Research and management Framework 5.1.2.e

²¹ Deltares 2016.

niet residuaire) resten uit het *Laat Paleolithicum* en het *Mesolithicum* toegekend. Deze gebieden zijn bijvoorbeeld langs de zuidkant en zuidoosthoek van afbeelding 14 gekarteerd.

Zoals in paragraaf 3.4 is beschreven komen in het onderzoeksgebied locaties voor waar kalkloze terrestrische afzettingen (Boxtel Formatie) zijn afgedekt door veen (Basisveen Laag?). In deze gebieden zou volgens de archeologische potentiekaart een kans bestaan op het voorkomen van niet-residuaire intacte resten uit het *Laat Paleolithicum* en het *Mesolithicum*.



Afbeelding 14. Archeologische potentie voor prehistorische vondsten

3.6. Gespecificeerde verwachting (LS05wb)

Vroege prehistorie

De archeologische verwachting voor het onderzoeksgebied hangt nauw samen met de geogenese van het Noordzeegebied. De geologische ondergrond binnen het onderzoeksgebied bestaat uit eolische sedimenten van de Boxtel Formatie en de glaciale sedimenten van het Dogger Bank Laagpakket.

Er zijn geen aanwijzingen voor de aanwezigheid van mensen in het Noordzeegebied tijdens de koudste fasen van het *Weichselien*. Het tijdsvenster waarbinnen het gebied weer voor de jacht en het verzamelen van voedsel kan zijn gebruikt ligt tussen het moment waarop het landijs zich terugtrekt (20.000 jaar geleden) en het moment waarop de zee het gebied inundeert (10.000 jaar geleden). Door het afsmelten van de gletsjers ontstaat een uitgestrekt gebied met meren. In deze smeltwatermeren worden afwisselend fijn zand, leem en klei afgezet. Deze afzettingen behoren tot het Dogger Bank Laagpakket binnen de Dogger Bight Formatie. De gevormde glaciale dalen worden opgevuld met overwegend slappe klei van het Botney Cut Laagpakket binnen de Dogger Bight Formatie.

De omstandigheden voor bewoning van het gebied gedurende de periode van 20.000 tot 10.000 jaar geleden waren zeker niet altijd optimaal. Het klimaat was tijdens de eindfase van het *Weichselien* nog overwegend zeer koud en droog. Het Noordzeegebied maakte deel uit van een uitgestrekte poolwoestijn. In het gebied wordt door de wind fijn zand afgezet dat tot het Laagpakket van Wierden binnen de Boxtel Formatie wordt gerekend.

Tijdens de kort op elkaar volgende *Bølling* en *Allerød* interstadialen (15.000 tot 13.000 jaar geleden) warmt het klimaat op en maakt de poolwoestijn plaats voor een toendralandschap met open berken- en dennenbossen, beken en meren, waarin grote zoogdieren hun plek vonden. De mensen leiden in deze perioden een nomadisch bestaan, waarbij ze niet lang op dezelfde plek blijven en jacht maken op rendierkuddes die door het Noordzeegebied trekken (Hamburgcultuur). Tijdens de *interstadialen* en aan het begin van het *Holoceen* wordt riviertjes en beken werden zand, leem, klei en veen afgezet. Deze afzettingen behoren tot het Laagpakket van Singraven binnen de Formatie van Boxtel.

Na de *Bølling* en *Allerød* interstadialen volgt een zeer koude periode, het Late Dryas (13.000 tot 12.000 jaar geleden) waarin opnieuw een poolwoestijn tot ontwikkeling komt. In grote delen van Nederland wordt door de wind fijn zand afgezet (dekzand). Dit dekzand komt mogelijk ook in het onderzoeksgebied voor. Het dekzand wordt tot het Laagpakket van Wierden binnen de Boxtel Formatie wordt gerekend. Het is niet bekend in hoeverre de formatie van Boxtel door erosie zijn aangetast.

Aan het begin van het *Holoceen* zet de opwarming van het klimaat door en keren de berken- en dennenbossen terug. De mens maakt bij de jacht nu ook gebruik van pijl en boog (Ahrensburgcultuur).

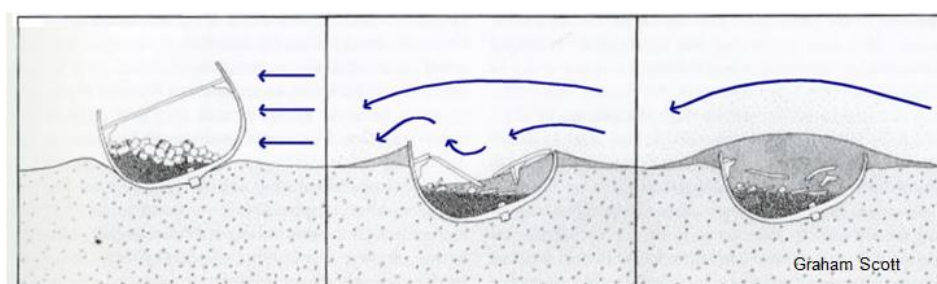
In het onderzoeksgebied kunnen resten van *Laat Paleolithische* en *Mesolithische* jachtkampen, begravingsresten en verloren of gedumpte objecten (jachtattributen) verwacht worden. De landschappelijke context voor de jachtkampen wordt gevormd door de randen van beekdalen en de oevers van meren en vennen. De lithologische context bestaat uit de Formatie van Boxtel en het Dogger Bank Laagpakket. Zowel organische resten (hout, bot, botanische macroresten, pollen) als anorganische resten (vuursteen, natuursteen) kunnen bewaard zijn gebleven. Organische resten die boven de grondwaterspiegel liggen zijn echter kwetsbaar en zullen snel vergaan. De conservering van organische resten hangt daarom in belangrijke mate samen met het moment waarop de nederzetting onder de grondwaterspiegel kwam te liggen. De verwachting betreft vooral kleine jachtkampen (enkele m2) al

kunnen ook grotere nederzettingen voorkomen als sprake is van herhaaldelijke en/of langdurige bewoning. Vindplaatsen worden gekenmerkt door de aanwezigheid van houtskoolconcentraties, artefacten van vuursteen, natuursteen, been en gewei. Begravingsresten kunnen voorkomen. Vooral in kleiige of venige afzettingen kan een vondstlaag tot ontwikkeling zijn gekomen. De vondstdichtheid kan variëren van laag tot middelhoog.

De kans dat laat-paleolithische en mesolithische kampplaatsen van *in situ* bewaard zijn gebleven staat of valt met de vraag of archeologische niveaus tijdens de afzetting van mariene sedimenten in het *Holoceen* (Terschellingerbank Laagpakket en Western Mud Hole Laagpakket), door erosie zijn aangetast.

Historische scheepswrakken

Binnen het gebied zijn geen meldingen van scheepswrakken bekend. Het is mogelijk dat binnen het onderzoeksgebied nog onontdekte wrakken voorkomen.



Afbeelding 15. Voorbeeld van een wrakvormingsproces (Graham Scott).

Indien een schip zinkt en uiteindelijk op de zeebodem terecht komt, zal door de getijdenstroming het casco zich snel in een losse, zachte bodem inslijpen tot op het niveau van een harde bodem. Hoe dikker de laag met los materiaal, hoe meer van het schip hierin wordt verpakt en bewaard blijft. Vooral in gebieden waar de losse laag bestaat uit materiaal met een hoger kleigehalte zal die afdichting een sterke conserverende werking hebben. In meer zandige gebieden zal dit effect door de grotere zandfractie veel minder groot zijn.

Op het moment dat wrakken door erosie of andere oorzaken aan het oppervlak van de zeebodem komen te liggen kunnen zij worden aangetast door voortgaande erosie en zeeorganismen zoals de paalworm. Het hout van scheepswrakken wordt door de paalworm opgevreten wat leidt tot een sterke aantasting van de gaafheid en conservering van het wrak.

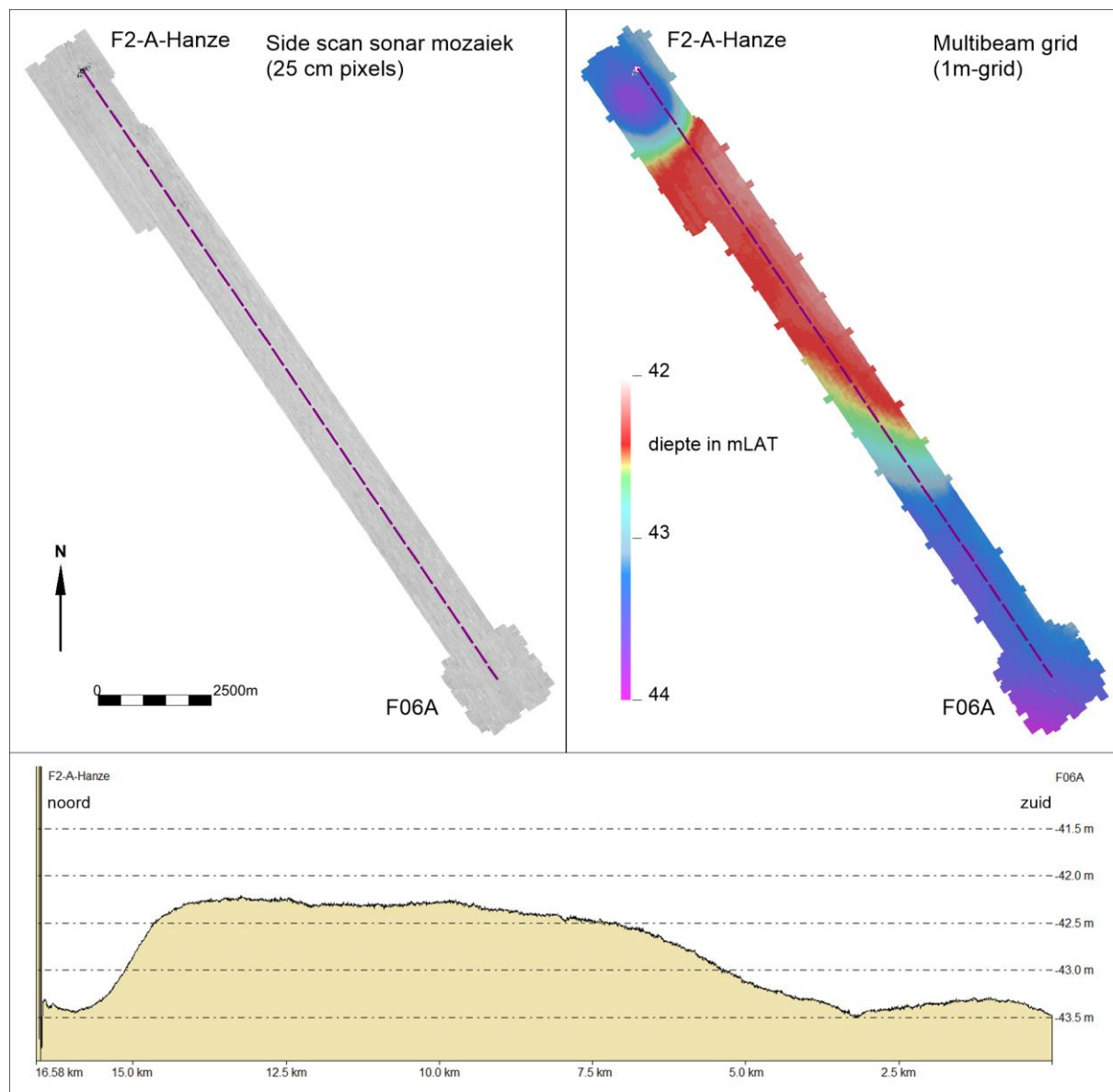
Vliegtuigwrakken

Verschillende bronnen zijn niet eenduidig over het aantal vliegtuigen dat nog vermist wordt. Het gaat in ieder geval om honderden. Het is denkbaar dat zich meerdere onontdekte resten bevinden in de omgeving. Archeologische vindplaatsen worden gewaardeerd op basis van hun fysieke kwaliteit (gaafheid en conservering) en inhoudelijke kwaliteit (zeldzaamheid, informatiewaarde, ensemblewaarde en representativiteit). Overblijfselen van gevechtsvliegtuigen uit de WOI en WOII hebben een andere bijzondere waarde: de herinneringswaarde. Hierdoor kunnen vliegtuigwrakken ongeacht hun fysieke en inhoudelijke kwaliteit behoudenswaardig zijn.

4. Resultaten inventariserend veldonderzoek

4.1. Side scan sonar, multibeam en magnetometer

In onderstaande afbeelding (afbeelding 16) zijn het side scan sonar mozaiek, multibeam grid en een profiel van de zeebodem langs de geplande pijpleidingroute weergegeven. De afbeelding is met behulp van de aangeleverde survey data samengesteld.

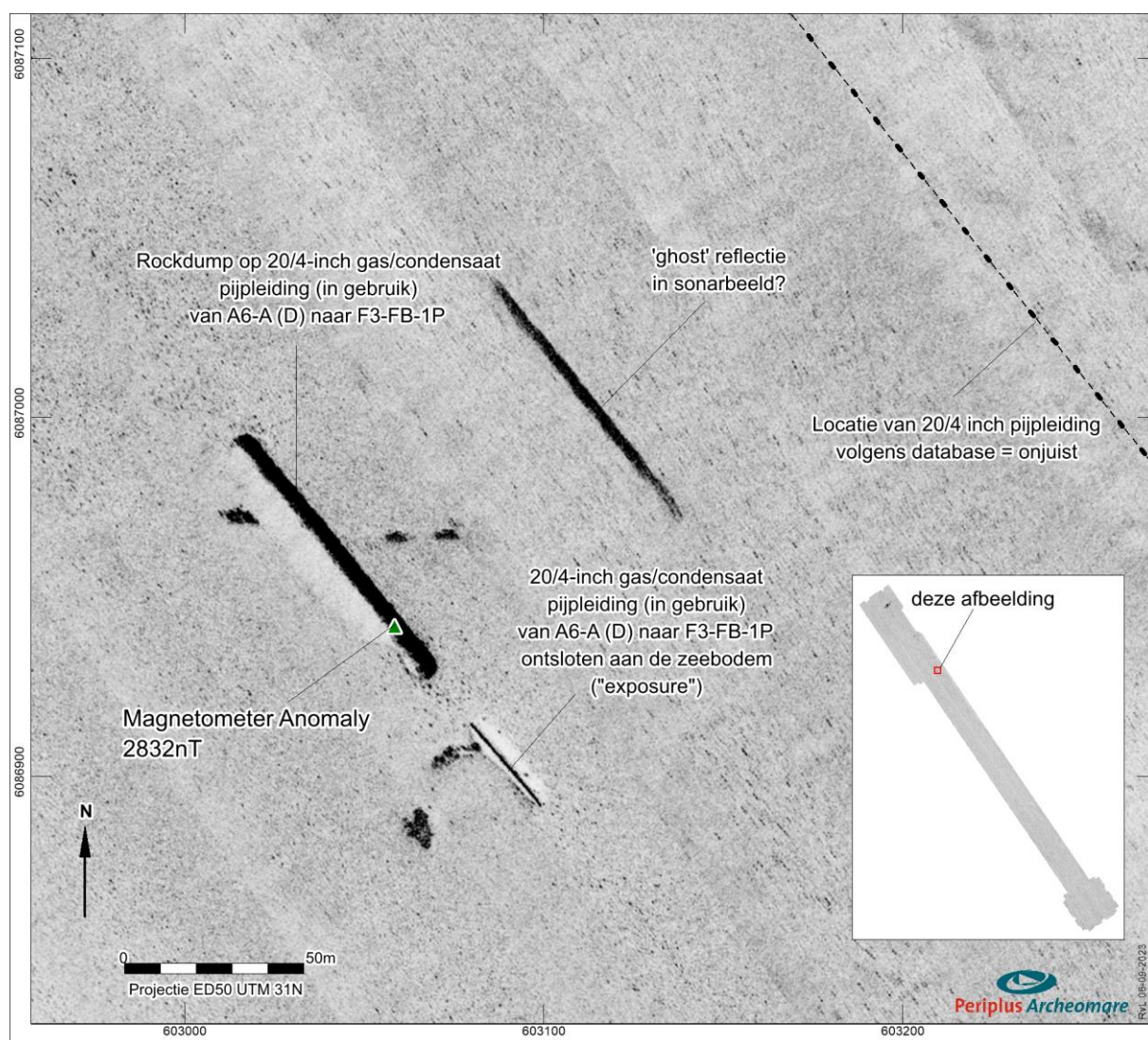


Afbeelding 16. Side scan sonar mozaiek (links) en multibeamgrid (rechts)

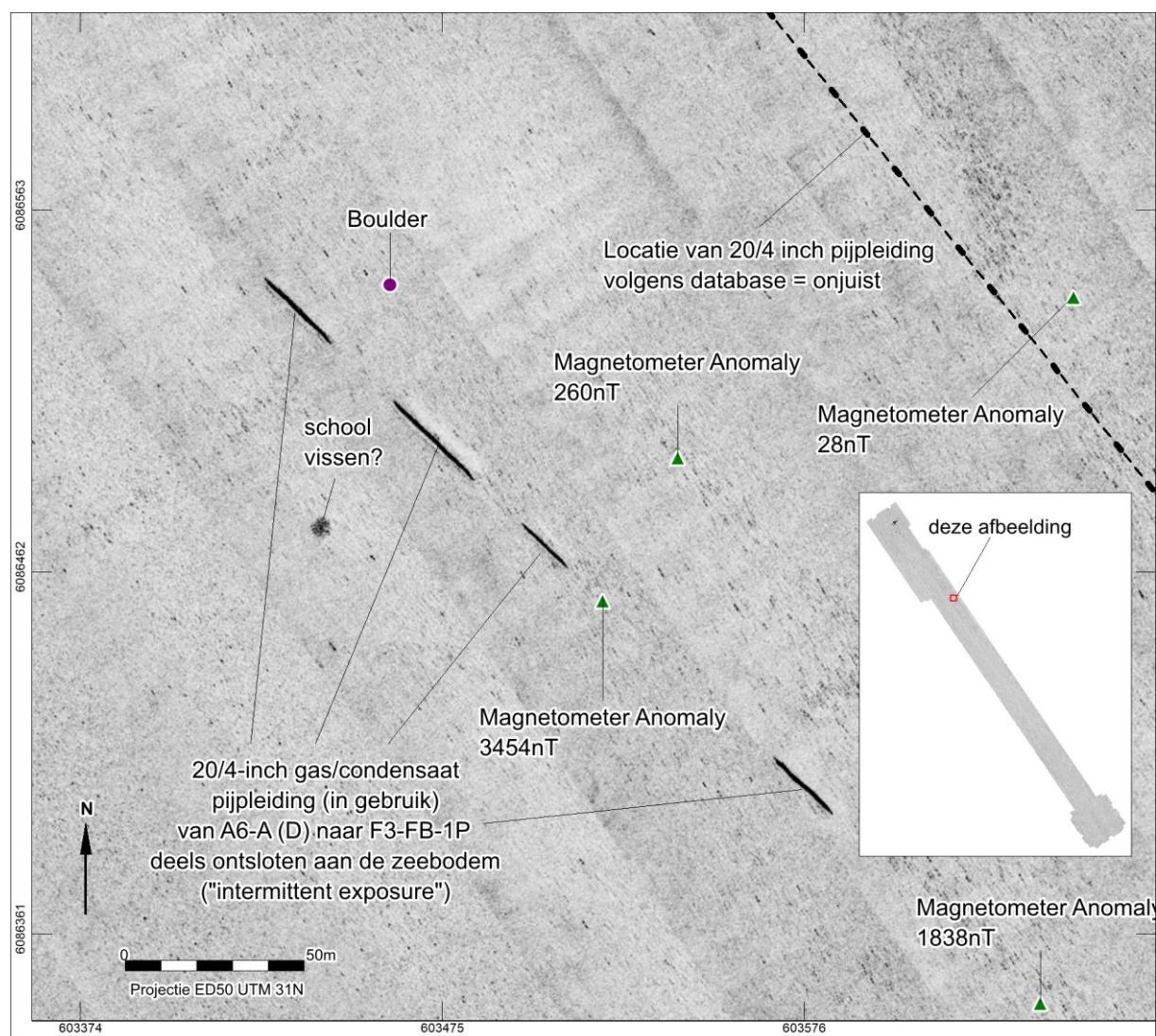
De morfologie en diepteligging van de zeebodem is bijna niet veranderd ten opzichte van het 2019 grid van de Dienst Hydrografie dat voor het bureauonderzoek is gebruikt.

Op het beeld van het sonarmozaiek komen ontsluitingen van pijpleidingen voor. De ontsluitingen lopen min of meer parallel aan de database positie van de 20/4-inch gas/condensaat pijpleiding van A6-A (D) naar F3-FB-1P. De afstand van de theoretische database positie en de ontsloten secties van de pijpleiding die in de sonarbeelden worden waargenomen varieert, afhankelijk waar gemeten, van 130 tot 195 meter.

In afbeelding 17 is een ontsluiting van de betreffende pijpleiding weergegeven. In het verlengde ten noordwesten van deze ontsluiting is een sectie van de pijpleiding afgedekt met stortstenen. In de charts die in het surveyrapport zijn opgenomen zijn 20-inch gas pijpleiding en de 4-inch condensaat leiding parallel naast elkaar weergegeven. Het betreft dus niet een piggyback van deze leidingen. De afstand tussen de leidingen zoals aangegeven op kaarten in het surveyrapport bedraagt circa 34 meter, waarbij de 4-inch condensaatleiding ten noorden van de 20-inch gasleiding loopt. De ontsluitingen en stenenstort vallen op de kaarten in het surveyrapport vrijwel samen met de geometrie van de 4-inch leiding. Dit geldt ook voor de onderbroken ontsluiting van de pijpleiding die is weergegeven afbeelding 18. Het is niet mogelijk om met zekerheid zeggen of het om de 20-inch gas of 4-inch condensaat pijpleiding gaat, omdat slechts van één leiding ontsluitingen zijn aangetroffen.



Afbeelding 17. Ontsluiting aan de zeebodem (exposure), en een met stortstenen afgedekte sectie (rockdump) van de 20/4-inch gas/condensaat pijpleiding



Afbeelding 18. Onderbroken ontswluiting ('intermittent exposure') van de 20/4-inch gas/condensaat pijpleiding

In het surveygebied zijn in totaal 212 contacten waargenomen. De contacten zijn aangeleverd als een shape-bestand met attributgegevens. De contacten betreffen zowel magnetische anomalieën als objecten die aan de zeebodem zijn ontsloten en met side scan sonar en/of multibeam zijn waargenomen. De contacten zijn samengevat in onderstaande tabel (tabel 11).

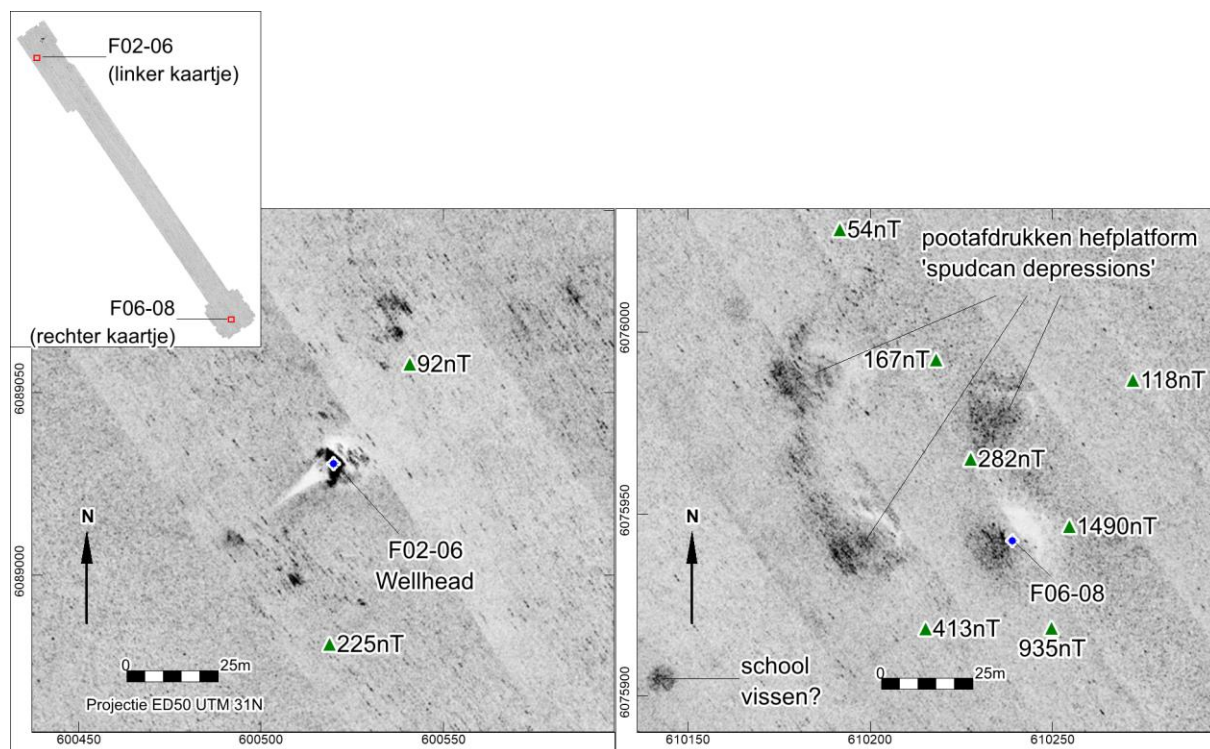
Omschrijving	Aantal
As Found Well	2
Boulder	74
Debris	7
Magnetometer Anomaly	129
Totaal	212

Tabel 11. Aantal en soort contacten binnen het surveygebied

Objecten die ontsloten aan de zeebodem zijn gevonden

Twee contacten zijn geclassificeerd als 'As Found Well'. De locaties van deze twee contacten corresponderen met de database posities in de NLOG database boreholes. Het betreft de wellheads ter plaatse van de boorputten F06A en F02-06 (zie afbeelding 19). De laatstgenoemde boring is in 1997 voltooid.

Bij de resultaten van het bureauonderzoek is deze boring niet besproken omdat deze buiten de 1000 meter corridor van de geplande pijpleiding valt, die voor het bureauonderzoek als onderzoeksgebied is gehanteerd.



Afbeelding 19. Sonarbeeld van wellheads van F02-06 en F06-08; gemeten magnetische anomalieën zijn met groene driehoekjes weergegeven

Van de zeven contacten die als "debris" zijn aangemerkt is de hoogte, breedte en lengte opgenomen. De gegevens van deze contacten zijn weergegeven in onderstaande tabel (tabel 12).

Op twee locaties direct ten zuiden van de Sidetap F02-A-Hanze is de verlaten 10-inch gas pijpleiding van F3-FA naar F02-A-Hanze ontsloten aan de zeebodem (Eng: "exposures"). Deze twee exposures zijn geclassificeerd als debris. Een derde nabij gelegen sonarcontact betreft een klein onbekend object.

Op 600 meter ten westen van de geplande F06A platformlocatie is een cluster van drie contacten waargenomen. Het gaat om contacten die in 25 cm sonarmozaiek niet duidelijk naar voren komen. Op het multibeamgrid is de zeebodem volledig glad. Dit kan komen door de interpolatie naar een 1 m grid; maar een prominente slijpgeul, die te verwachten is bij een object van enige omvang in de bodem, is niet aanwezig. Het cluster van contacten bevindt zich op slechts 10 meter van de databasepositie van de 24-inch gas pijpleiding van F3-FB-1P naar L2-FA-1 (Nogat-leiding; in gebruik). De contacten zouden verband kunnen houden met deze pijpleiding, maar dit is onzeker. De Nogat-leiding is nergens binnen het surveygebied ontsloten aan de zeebodem aangetroffen.

Het laatste contact dat als debris is geclassificeerd betreft een klein onbekend object dat zich op meer dan 400 meter rechts (ten noordoosten) van de 'As-given' pijpleidingroute bevindt. Ook ter plaatse van dit contact is de zeebodem vlak en zijn in het multibeamgrid rond het contact geen slijpgeulen waargenomen.

Name	ED50 E	ED50 N	Length	Width	Height	Periplus Archeomare interpretatie
Debris	600813	6089719	2.3	1.1	0.2	Pijpleiding van F3-FA naar F02-A-Hanze ontsloten aan waterbodem
Debris	600776	6089779	1.6	0.5	0.1	
Debris	600784	6089715	1.9	1.1	0.1	Onbekend object
Debris	609444	6078047	2.3	1.9	0.2	Onbekend object
Debris	609544	6076214	2.8	0.9	0.2	Cluster van kleine contacten; niet zichtbaar op multibeam
Debris	609542	6076211	1.3	0.4	0.2	
Debris	609541	6076212	1.7	0.4	0.3	

Tabel 12. Debris

Tot slot zijn 74 contacten geïdentificeerd waarvan enkel de hoogtes, variërend van 0.1 tot 0.3 meter, zijn vermeld in de aangeleverde data. De lengtes en breedtes van deze contacten ontbreken. Deze contacten zijn geclassificeerd als 'boulder'. Gezien de lithologische en lithostratigrafische context zijn keien niet direct te verwachten. Het is mogelijk dat plaatselijk brokken klei of veen voorkomen ter grootte van een kei, en dat deze als zodanig zijn geïnterpreteerd. Vermoedelijk betreffen deze 74 contacten een mix van natuurlijke contacten, zoals bodemverstoringen en brokken veen en klei, en antropogene objecten, zoals verloren of gedumpte objecten.

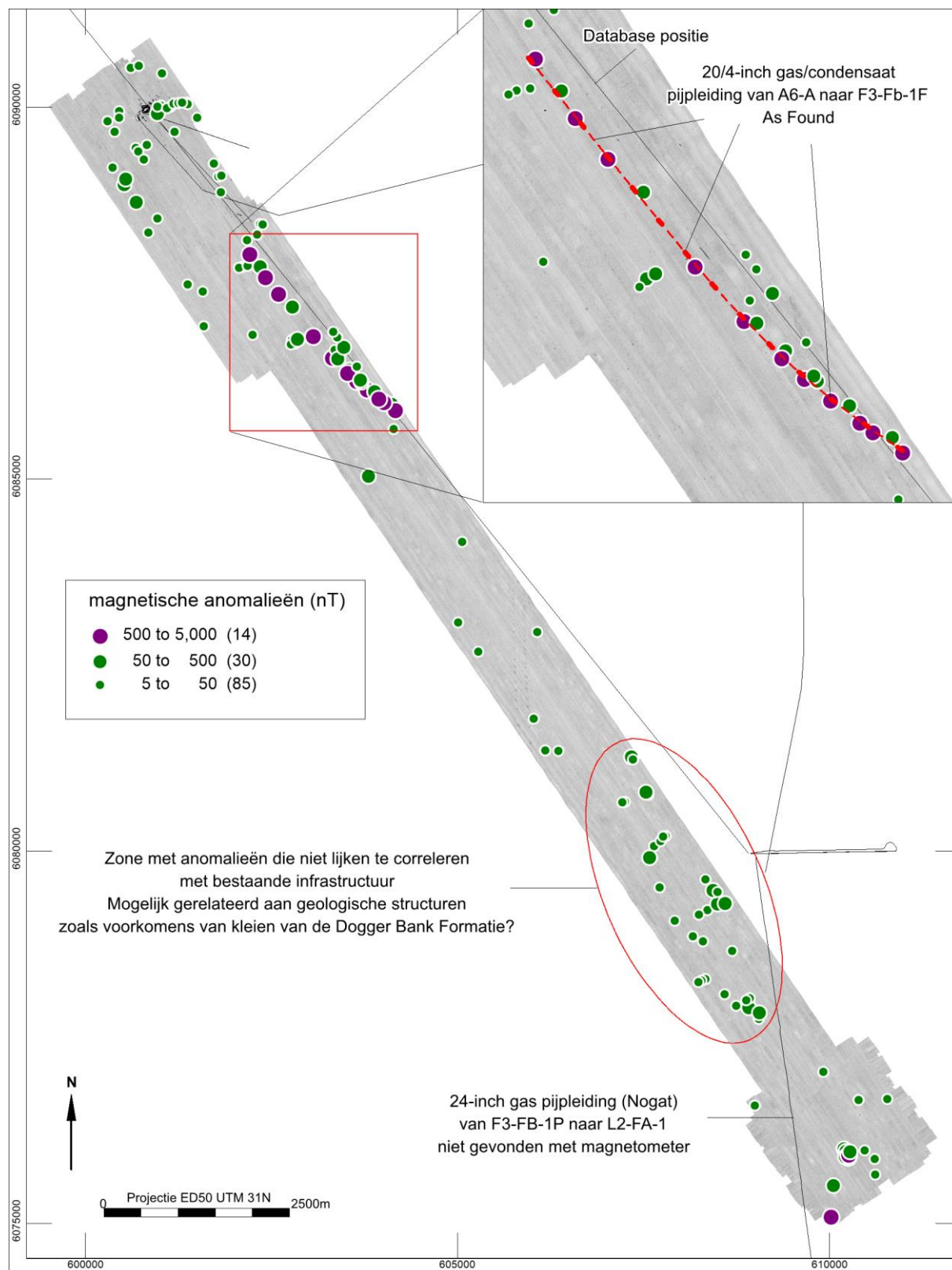
Op basis van de beoordeling van de side scan sonar data wordt geen van de contacten die ontsloten zijn aan de zeebodem geïnterpreteerd als een object van mogelijk archeologische waarde.

Magnetometer contacten – begraven objecten

Ijzerhoudende objecten veroorzaken een verstoring in het aardmagnetische veld. Deze verstoringen (anomalieën) worden tijdens een survey gemeten met één of meerdere magnetometers. Magnetische anomalieën kunnen zowel door begraven objecten als door objecten die zichtbaar doordat ze op de zeebodem liggen of uit de bodem steken. De magnetische anomalie, die door een groot ijzerhoudend object wordt veroorzaakt, kan op meerderde surveylijnen worden geregistreerd. Tijdens de F06A box-in survey zijn zeer veel lijnen gevaren. In afbeelding 19 zijn in het rechterplaatje meerdere magnetische anomalieën te zien van 1490nT, 945,nT 413nT en 282 nT. Het is goed mogelijk dat deze anomalieën op verschillende vaarlijnen zijn gemeten, maar veroorzaakt worden door hetzelfde object: de conductor/wellhead van boorgat F06-08. De grootte van elk van de gemeten anomalieën neemt af met de afstand tot het object, waardoor de gemeten waarden niet hetzelfde zijn.

In afbeelding 20 zijn alle 229 magnetische anomalieën die in het surveygebied zijn aangetroffen weergegeven. De anomalieën zijn naar grootte ingedeeld in drie categorieën. De grootste anomalieën vallen in de categorie 500 tot 5000 nT. Een deel van deze grootste anomalieën zijn gerangschikt langs één lijn. De "oplijnende" anomalieën weerspiegelen het voorkomen van een lineair ijzerhoudend object in de ondergrond, zoals een kabel of pijpleiding. In dit geval betreft het de vermoedelijk de 20-inch gas pijpleiding van A6-A (D) naar F3-FB-1P. Omdat de grote anomalieën samenvallen met ontsloten secties van de pijpleiding, kan geconcludeerd worden dat de pijpleiding die zich op deze plek bevindt de 20-inch gasleiding is en niet de 4-inch condensaat pijpleiding. Dit ondanks het feit dat de door de klant

aangeleverde theoretische positie van de 4-inch condensaat pijpleiding op de kaarten in het surveyrapport samenvallen met deze ontsluitingen en de stenenstort. De 4-inch condensaat pijpleiding kent vermoedelijk geen ontsluitingen ('exposures') binnen het surveygebied en heeft mogelijk slechts op enkele plekken geleid tot een meetbare magnetische anomalie.



Afbeelding 20. Magnetische anomalieën ingedeeld naar grootte

Ter plaatse van de 24-inch gas pijpleiding van F3-FB-1P naar L2-FA-1 (Nogat-leiding; in gebruik) zijn geen magnetische anomalieën gemeten. Ten westen van deze pijpleiding is een cluster van anomalieën kleiner dan 500 nT gemeten. Deze anomalieën kunnen niet worden gecorreleerd aan bestaande antropogene infrastructuur. De ligging van deze contacten valt min of meer samen met het gebied waar op de Geologische Kaart Nederland voorkomens van de Dogger Bank Formatie zijn gekarteerd. Mogelijk worden de anomalieën in het aardmagnetisch veld hier veroorzaakt door lokale geologische variaties, zoals het lokale voorkomens van dikke pakketten klei.

Op basis van de interpretatie van de magnetometer data zijn er geen aanwijzingen dat de magnetische anomalieën in het surveygebied worden veroorzaakt door objecten van archeologische waarde.

4.2. Pinger data en vibrocore samples

In het surveyrapport wordt de interpretatie van opeenvolging van sedimenten langs de pijpleiding route samengevat in Table 2.3 (zie hieronder).

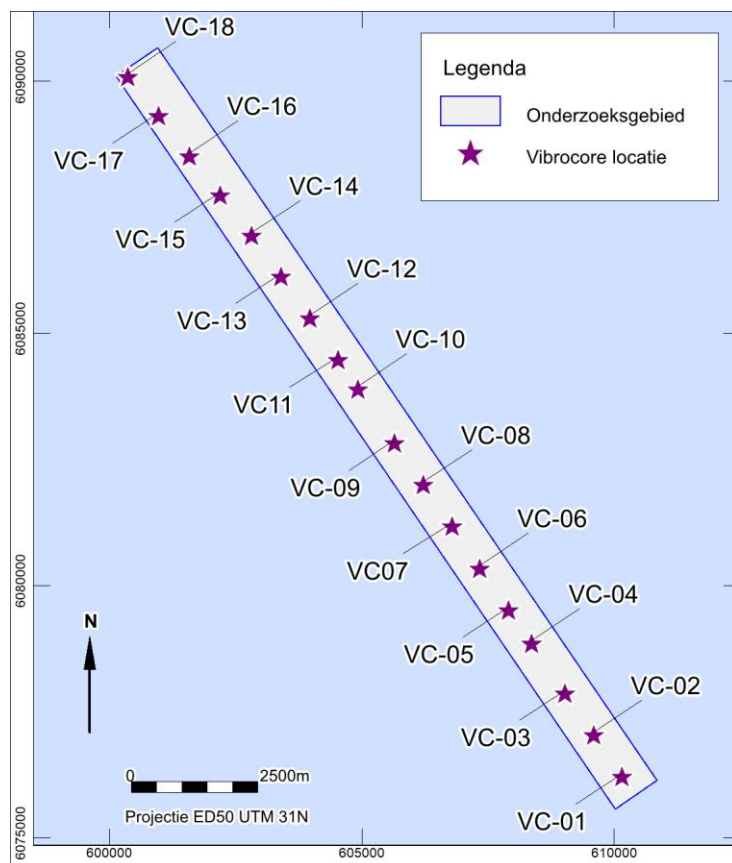
Table 2.3 Sequence of sediments interpreted at the Pipeline Route

Depth below seabed	Lithology
0-7m	Sandy CLAY channels (Holocene)
0m – beyond penetration of SBP data	Silty fine SAND (Holocene)

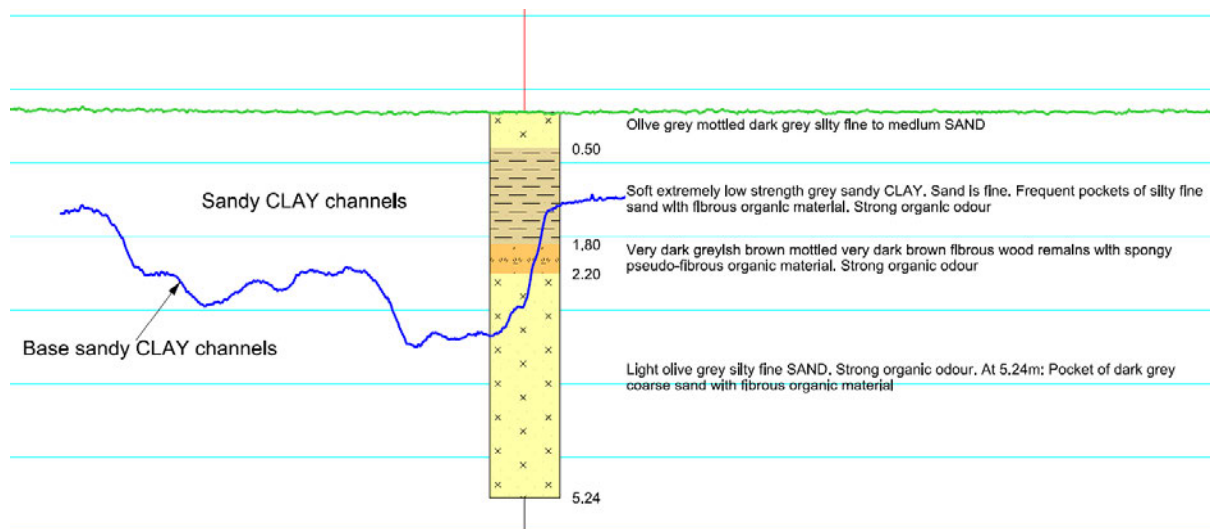
De survey maatschappij interpreteert de sedimenten die zijn waargenomen tot de maximale penetratiediepte van de pinger (5 meter?) als *holocene* afzettingen.

In het onderzoeksgebied zijn 18 vibrocores bemonsterd (zie afbeelding 21). De vibrocores bevatten hoofdzakelijk '*light olive grey silty fine micaceous sand*'. In VC-13 komt ook '*light olive grey silty fine sand*' voor, enkel de toevoeging micaceous ontbreekt. Het zand is in VC-13 van 1.80 m tot 2.20 m afgedekt door '*very dark greyish brown mottled very dark brown fibrous wood remains with spongy pseudo-fibrous organic material*', ofwel veen. Het veen is van 0.50 m tot 1.80 m afgedekt door '*soft extremely low strength grey sandy clay. sand is fine. frequent pockets of silty fine sand with fibrous organic material.*'

Het archeologische bureauonderzoek heeft uitgewezen dat in het verleden vibrocores zijn bemonsterd in het onderzoeksgebied. In deze vibrocores zijn kalkloze zanden aangetroffen, die plaatselijk zijn afgedekt door veen (zie paragraaf 3.4). Deze kalkloze zanden interpreteren wij als *laat-pleistocene* terrestrische afzettingen van (vermoedelijk) de Formatie van Boxtel. Het veen bestaat waarschijnlijk uit de Basisveen Laag | Formatie van Nieuwkoop. De Basisveen Laag markeert de opstuwung van de grondwaterspiegel in reactie op de stijgende zeespiegel aan het begin van het Holoceen; in het plangebied vond dit rond 11.0 tot 10.5 ka geleden. De Basisveen Laag rust per definitie op *pleistocene* afzettingen. Dit betekent dat de top van de *pleistocene* sequentie zich in VC-13 t op 2.20 m onder de zeebodem bevindt. Theoretisch zou het ook om *pleistoceen* veen kunnen gaan. Veenlagen komen ook binnen de Formatie van Boxtel voor. Het kan dan gaan om veenlagen die gevormd zijn tijdens het *Bølling-Allerød* interstadiaal, grofweg 15 ka tot 13 ka geleden. Ook in dat geval bevindt de top van de *pleistocene* opeenvolging zich op enkele meters onder de zeebodem, in ieder geval ter plaatse van VC-13.



Afbeelding 21. Vibrocore locaties

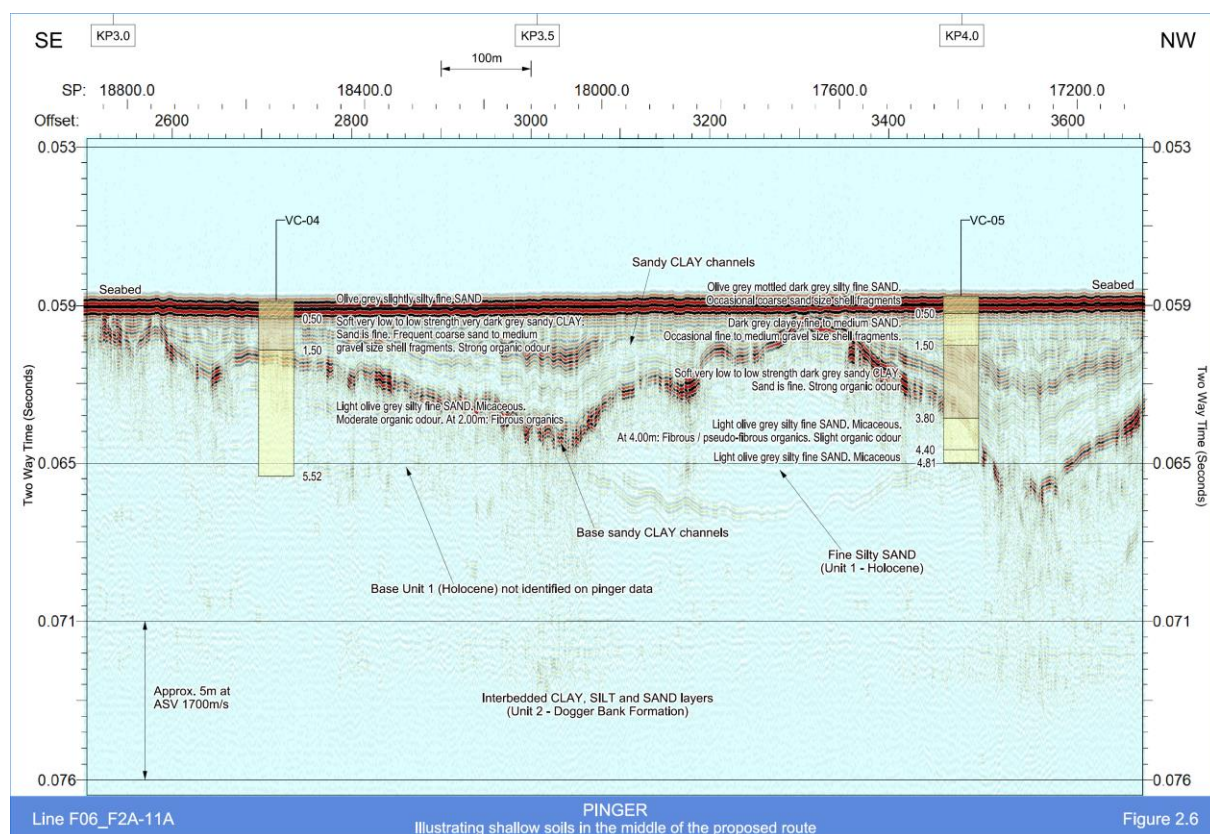


Afbeelding 22. VC-13 log (bron: Gardline Report 53794.3 – draft – uitsnede van Alignment sheet 4B of 5)

Het is bekend dat de Basisveen Laag in het Noordzeegebied vooral in *pleistocene* beekdalen bewaard is gebleven. Veenvat op hoger gelegen delen van het landschap is afgezet is vaak geërodeerd. In VC-13 is het veen afgedekt door klei. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het veen in VC-13 niet geërodeerd is en behoort tot de *vroege-holocene* Basisveen Laag. De vibrocore is op de rand van een 'sandy clay channel' gezet. Deze channel of beek is ingesneden in oudere afzettingen. Dit betekent dat de *pleistocene* afzettingen ook op een geringere diepte dan 2.20 m onder de zeebodem kunnen voorkomen. Mogelijk

zijn zelfs alle afzettingen van '*light olive grey silty fine micaceous sand*' van *pleistocene* ouderdom, maar dit kan niet met zekerheid gezegd worden. Het kalkgehalte van deze afzettingen is niet beschreven, wat bij de interpretatie had kunnen helpen. In de omschrijving van de fijnkorrelige siltige zanden met mica ontbreekt de bijmenging van schelpen of schelpfragmenten, die bij mariene afzettingen verwacht worden. Op basis van het voorkomen van mica betreft het vermoedelijk geen eolische afzettingen (dekzanden) van het Laagpakket van Wierden | Formatie van Boxtel, maar eerder beekafzettingen van het Laagpakket van Singraven | Formatie van Boxtel.

De beekdalen en/of getijdengeulen zijn opgevuld met gelaagde afzettingen van '*soft extremely low strength grey sand clay*'. Deze klei is vermoedelijk van vroeg-*holocene* ouderdom. Het zou kunnen gaan om getijdenafzettingen van het Laagpakket van Wormer | Formatie van Naaldwijk. Aan de basis van het Laagpakket van Wormer komt plaatselijk - al dan niet op de Basisveen Laag - stevige humeuze lagunaire brakwaterklei van de Laag van Velsen voor. De beschreven klei lijkt echter niet aan deze beschrijving te voldoen.



Afbeelding 23. Pinger profiel ter plaatse van VC-04 en VC-05; duidelijk zichtbaar zijn de gelaagde opvullingen van depressies; mogelijk laat-pleistocene beekdalen of vroeg-holocene getijdengeulen (bron: Gardline Report 53794.3 - draft)

5. Beantwoording onderzoeksvragen

Op basis van het bureauonderzoek worden de onderzoeksvragen beantwoord.

Bureauonderzoek

Zijn er archeologische waarden in het plangebied bekend?

In het onderzoeksgebied zijn volgens de bestudeerde bronnen geen archeologische waarden bekend.

Zo ja: Wat is de aard, omvang, (diepte)ligging en datering van deze vindplaatsen?

Deze vraag is niet van toepassing.

Kunnen in het plangebied, naast eventuele bekende waarden, archeologische resten verwacht worden?

Ja, in het onderzoeksgebied kunnen onontdekte scheeps- en vliegtuigwrakken verwacht worden, evenals intacte prehistorische landschappen en daaraan gerelateerde archeologische resten uit het Laat Paleolithicum en Mesolithicum.

Zo ja: Wat is de aard, omvang, (diepte)ligging en datering van de verwachte archeologische resten?

a) Scheeps- en vliegtuigwrakken

De verwachting betreft vooral scheepswrakken uit de Middeleeuwen tot en met de Nieuwe tijd. Het gaat om geïsoleerde vindplaatsen met in de omgeving mogelijk objecten die aan het wrak gerelateerd zijn, zoals verloren lading of door erosie verspoelde delen van het wrak of de lading. Scheepswrakken kunnen overal in het gebied voorkomen; locaties zijn moeilijk te voorspellen. De gaafheid en conservering van wrakken is sterk afhankelijk van het materiaal (hout of staal) en de context van de resten. Schepen die kort na het vergaan zijn afgedekt door sediment en ingebed in sediment bewaard zijn gebleven kunnen gaaf en goed geconserveerd zijn. Wrakken die aan het oppervlak liggen staan bloot aan erosie en aantasting door mariene organismen zoals de paalworm. De zeebodem is zeer vlak. Grote sedimentaire structuren zoals meters hoge zandruggen of zandgolven, en mega-zandribbels die enkele decimeters hoog zijn ontbreken. Dit betekent dat als in het onderzoeksgebied wrakresten voorkomen, de kans om deze resten tijdens de geofysische survey ontsloten aan de zeebodem aan te treffen relatief groot wordt geacht. Zij kunnen immers zijn niet afgedekt door mobiele zandruggen of zandgolven.

De verwachting voor vliegtuigwrakken betreft overblijfselen van gevechtsvliegtuigen uit WOII. Door de grote impact tijdens een crash kunnen resten over een groot gebied verspreid voorkomen.

b) Prehistorische resten

In het plangebied kunnen afgedekte prehistorische landschappen en hieraan gerelateerde archeologische resten aanwezig. De context voor archeologische resten wordt gevormd door meerafzettingen van het Dogger Bank Laagpakket en terrestrische afzettingen van de Formatie van Bortel. De verwachte archeologische resten bestaan uit kleine jachtkampen, begravingsresten en verloren jachtattributen. Archeologische indicatoren bestaan uit vuurstenen en benen artefacten, houtskoolconcentraties, en verbrande zaden en noten. De gaafheid van de afgedekte prehistorische landschappen en de hierin besloten archeologische niveaus is afhankelijk de mate waarin erosie is opgetreden. Vroeg-holocene afzettingen van veen en klei kunnen de archeologische niveaus hebben beschermd tegen erosie. De lithologs van vijf boringen in de DINO-database wijzen op het verspreid voorkomen van vroeg-holocene (?) veenlagen in het onderzoeksgebied.

Inventariserend Veldonderzoek

Zijn de bekende en/of verwachte archeologische waarden tijdens de geofysische survey aangetroffen?

a) Scheeps- en vliegtuigwrakken

Nee, er zijn geen aanwijzingen voor de aanwezigheid van historische scheeps- of vliegtuigwrakken naar voren gekomen.

De contacten die zijn ontsloten aan de zeebodem zijn waargenomen met side scan sonar en multibeam betreffen objecten en structuren die gerelateerd zijn aan infrastructuur die is aangelegd voor de exportatie en productie van olie en gas, zoals gestorte stenen (rock dumps), afsluiters van boorputten (wellheads), en ontsloten secties van pijpleidingen (exposures).

Dit geldt ook voor de objecten die niet zichtbaar zijn op de zeebodem. De magnetische anomalieën groter dan 500 nT worden veroorzaakt door bestaande pijpleidingen en boorputten. Magnetische anomalieën tussen 50 nT en 500 nT zijn niet altijd te korreleren met bestaande infrastructuur. Deze anomalieën kunnen door verschillende typen resten worden veroorzaakt, zoals verloren of gedumpte objecten. Er lijkt ook een korrelatie te bestaan tussen clusters van deze anomalieën en de geologische constellatie van de ondergrond, bijvoorbeeld het voorkomen van met klei opgevulde beekdalen of getijdengeulen. Deze korrelatie is niet verder onderzocht.

b) Prehistorische resten

De onderzoeksvraag kan niet volledig worden beantwoord. Het antwoord is enerzijds **nee**, prehistorische artefacten zijn niet aangetroffen, en anderzijds **ja**, het prehistorische landschap dat de context voor de verwachte resten vormt is wel aangetroffen.

Wat is de aard, omvang, (diepte)ligging, datering en fysische kwaliteit van de aangetroffen resten?

De combinatie van het geofysische onderzoek met een subbottom profiler (pinger) en geotechnisch onderzoek met een vibrocorer heeft uitgewezen dat langs het pijpleidingstracé onder een dunne laag schelphoudend zand overwegend fijn siltig glimmerhoudend zand voorkomt binnen 5 meter onder de zeebodem. Met de pinger zijn geulstructuren gekarteerd die zijn opgevuld met gelaagde afzettingen van zachte zandige klei. De structuren kunnen laat-*pleistocene* beekdalen of vroeg-*holocene* getijdengeulen weerspiegelen. Op één locatie (VC-13) aan de rand van een geulstructuur is een veenlaag met kleidek aangetroffen.

In het surveyrapport wordt geconcludeerd dat alle afzettingen langs het pijpleidingstracé van *holocene* ouderdom zijn. Wij delen deze conclusie niet, maar interpreteren de siltige glimmerhoudende fijne zanden als laat-glaciale afzettingen van de Bortel Formatie en de afzettingen van veen en klei als vroeg-*holocene* afzettingen van respectievelijk de Basisveen Laag | Formatie van Nieuwkoop en het Laagpakket van Wormer | Formatie van Naaldwijk.

Op basis van beschikbare zeespiegelcurves²² verwachten wij dat de mariene inundatie van het gebied tussen 11.0 ka en 10.5 ka geleden plaats vond. Dit betekent dat het gebied mogelijk van 15 ka tot 11 ka geleden bevolkt kan zijn door rondtrekkende jager-verzamelaargemeenschappen. De randen van beekdalen vormden locaties waar zij hun kampplaatsen inrichtten, vanwege de beschikbaarheid van zoet water dat door de beken werd aangevoerd, en de rijke flora en fauna die deze beekdalen kenmerken.

²² Vink 2007.

Zeker de plaatsen waar wild zich ophoudt om zich te laven aan het water of langs komt tijdens de seizoenstrek. Resten die zijn afgedekt door veen en klei kunnen gaaf en zeer goed geconserveerd zijn. Dit betekent dat bijvoorbeeld resten van kampplaatsen van hoge fysieke kwaliteit kunnen voorkomen. Kampplaatsen uit deze periode zijn echter vaak klein (enkele vierkante kilometers) en de dichtheid van de strooiing van vuurstenen artefacten is laag tot matig. Hierdoor is het opsporen en karteren van deze kampplaatsen in de Noordzee lastig, en brengt dit zeer hoge kosten met zich mee, zonder garantie op succes.

Vormt de installatie van de pijpleiding een bedreiging voor bekende of verwachte archeologische waarden?

Het installeren van de pijpleiding kan een bedreiging vormen voor de verwachte archeologische resten. Tijdens het installeren van de pijpleiding wordt Formatie van Boxtel en het Dogger Bank Laagpakket (en daarmee het archeologische niveau voor prehistorische resten) verstoord. De bodemverstoring is plaatselijk, en gezien de over het algemeen geringe omvang van jachtkampen uit het *Paleolithicum* en *Mesolithicum*, wordt de kans dat daadwerkelijk resten worden aangetast relatief klein geacht.

Indien de archeologische waarden niet kunnen worden behouden: Welke vorm van nader onderzoek is nodig om de aanwezigheid van archeologische waarden en hun omvang, ligging, aard en datering voldoende te kunnen bepalen om te komen tot een selectiebesluit?

De interpretatie van de prehistorische landschappen die langs het pijpleidingtracé binnen 5 meter onder de zeebodem voorkomen is niet eenduidig. De geofysische en geotechnische contractor interpreteert de deze afzettingen tot minimaal de penetratiediepte van de pinger als *holocene* afzettingen. Wij achten het waarschijnlijker dat het gaat om laat-glaciale (*pleistocene*) afzettingen van siltig fijn glimmerhoudend zand die ter plaatse van beekdalen en/of getijdengeulen zijn afgedekte door vroeg-*holocene* afzettingen van veen en klei. Bezien vanuit de onderzoeksthema's en onderwerpen uit de NSPRMF (zie tabel 3) is het van grote betekenis om meer duidelijkheid te krijgen over de lithostratigrafie en de ontwikkeling van het laat-glaciale en vroeg paleolandschap langs het pijpleidingtracé en de wijze waarop dit landschap gebruikt kan zijn door jager-verzamelaargemeenschappen. Wij adviseren daarom VC-13, indien nog beschikbaar, te gebruiken voor aanvullend onderzoek. Dit onderzoek omvat de analyse van palynomorfen en microfossielen die uit drie sedimentlagen worden verzameld: het silige fijne zand onder het veen, het veen en de basis van de klei. Het moment waarop het veen is afgezet kan worden vastgesteld door C14-datering van macroresten in het veen. De nadere invulling van dit onderzoek dient conform de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie te worden vastgelegd in een Plan van Aanpak. Het onderzoek vormt geen beperking voor de ontwikkeling van de pijpleiding en het platform. Naast het onderzoek van de sedimenten in VC-13 wordt aanbevolen om het onderzoeksgebied vrij te geven voor de geplande ontwikkelingen.

6. Conclusies en advies

Bureauonderzoek

Het archeologische bureauonderzoek heeft uitgewezen dat in het onderzoeksgebied:

- a) overblijfselen van onontdekte scheeps- en vliegtuigwrakken, en
- b) intacte prehistorische landschappen en daaraan gerelateerde prehistorische resten kunnen voorkomen.

De verwachte prehistorische resten bestaan uit jachtkampen en begravingen uit het Laat *Paleolithicum* tot *Mesolithicum*. Deze resten zijn gerelateerd aan meerafzettingen van het Dogger Bank Laagpakket en dekzand- en beekafzettingen van de Formatie van Boxtel.

Inventariserend veldonderzoek

Tijdens het inventariserend veldonderzoek zijn geen scheepvaartgerelateerde objecten, scheeps- of vliegtuigwrakken aangetroffen.

De interpretatie van de prehistorische landschappen die langs het pijpleidingtracé binnen 5 meter onder de zeebodem voorkomen is niet eenduidig. De geofysische en geotechnische contractor interpreteert de deze afzettingen, tot minimaal de penetratiediepte van de pinger (5m+), als *holocene* afzettingen.

Periplus Archeomare interpreteert de opeenvolgende sedimenten als laat-glaciale (*pleistocene*) afzettingen van siltig fijn glimmerhoudend zand die ter plaatse van beekdalen en/of getijdengeulen zijn afgedekt door vroeg-*holocene* afzettingen van veen en klei. Bezien vanuit de onderzoeksthema's en onderwerpen uit de NSPRMF (zie tabel 3) is het van grote betekenis om meer duidelijkheid te krijgen over de lithostratigrafie en de ontwikkeling van het laat-glaciale en vroeg paleolandschap langs het pijpleidingtracé en de wijze waarop dit landschap gebruikt kan zijn door jager-verzamelaars.

Advies

Wij adviseren om VC-13, indien nog beschikbaar, te gebruiken voor aanvullend onderzoek. Dit onderzoek omvat de analyse van palynomorfen, microfossielen aan de opeenvolging van zand, veen en klei en C14-datering van het veen. De nadere invulling van dit onderzoek dient conform de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie te worden vastgelegd in een Plan van Aanpak. Het onderzoek vormt geen beperking voor de installatie van de pijpleiding en het platform. Naast het onderzoek van de sedimenten in VC-13 wordt aanbevolen om het onderzoeksgebied vrij te geven voor de geplande ontwikkelingen.

Tijdens de installatie van de pijpleiding en het platform kunnen archeologische resten aan het licht komen die niet als archeologische resten zijn herkend tijdens het inventariserend veldonderzoek. De uitvoerder is conform de Erfgoedwet (2016) verplicht om dergelijke vondsten te melden bij de bevoegde overheid. Deze meldingsplicht voor archeologische vondsten dient in het bestek van de installatie van de pijpleidingen en platform te worden opgenomen.

7. Aanvullend onderzoek VC-13

Conform het advies in hoofdstuk 6 heeft ONE-Dyas Periplus Archeomare opdracht verleend om sedimentintervallen uit vibrocore VC-13 te analyseren, zodat een beeld wordt verkregen van de ontwikkeling van het prehistorische landschap langs het geplande pijpleidingtracé. De resultaten en conclusies van dit onderzoek zijn vastgelegd in Periplus Archeomare rapport 24A023-02. Dit rapport is in zijn geheel opgenomen als Bijlage 3.

Lijst met afbeeldingen

Afbeelding 1. Ligging van het plangebied en de nabijgelegen olie- en gasvelden.....	5
Afbeelding 2. Diepteligging van de waterbodem in het onderzoeksgebied (bron: Iodigen Dienst Hydrografie 100 x 100m grid, 2019)	13
Afbeelding 3. Profiel van de diepte van de waterbodem langs het pijpleidingtracé tussen F06A en F2-A-Hanze (bron: Iodigen Dienst Hydrografie 100 x 100m grid, 2019)	13
Afbeelding 4. De kabels in de omgeving van het onderzoeksgebied.....	14
Afbeelding 5. Overzicht van de eerder uitgevoerde onderzoeken in- en rond het gebied.	16
Afbeelding 6. Menselijke schedel gevonden in de netten van vissermannen in ‘Noordzee/Doggerland’ in November 2019 (foto: Kommer Tanis)	18
Afbeelding 7. Ligging van het onderzoeksgebied op de kaart van William Faden, 1777	19
Afbeelding 8: Geologische Kaart Nederland (bron: TNO Geologische Dienst Nederland 2021)	21
Afbeelding 9: Top van de pleistocene formaties in m onder de zeebodem (bron: TNO 2007)	23
Afbeelding 10: DINO boringen in en rond het onderzoeksgebied	25
Afbeelding 11. Lithologische kolom van boringen met veen in het noorden (links), centrum (midden) en zuiden (rechts) van het onderzoeksgebied (bron: DINOLoket)	26
Afbeelding 12. Overzichtskaart archeologiewaarden van het Nederlands Continentaal Plat.....	28
Afbeelding 13. Overzicht van waarnemingen rondom het onderzoeksgebied.	29
Afbeelding 14. Archeologische potentie voor prehistorische vondsten.....	31
Afbeelding 15. Voorbeeld van een wrakvormingsproces (Graham Scott).....	33
Afbeelding 16. Side scan sonar mozaiek (links) en multribeamgrid (rechts)	34
Afbeelding 17. Ontsluiting aan de zeebodem (exposure), en een met stortstenen afgedekte sectie (rockdump) van de 20/4-inch gas/condensaat pijpleiding.....	35
Afbeelding 18. Onderbroken ontwsluiting (‘intermittent exposure’) van de 20/4-inch gas/condensaat pijpleiding	36
Afbeelding 19. Sonarbeeld van wellheads van F02-06 en F06-08; gemeten magnetische anomalieën zijn met groene driehoekjes weergegeven	37
Afbeelding 20. Magnetische anomalieën ingedeeld naar grootte.....	39
Afbeelding 21. Vibrocore locaties	41
Afbeelding 22. VC-13 log (bron: Gardline Report 53794.3 – draft – uitsnede van Alignment sheet 4B of 5)	41
Afbeelding 23. Pinger profiel ter plaatse van VC-04 en VC-05; duidelijk zichtbaar zijn de gelaagde opvullingen van depressies; mogelijk laat-pleistocene beekdalen of vroeg-holocene getijdengeulen (bron: Gardline Report 53794.3 - draft)	42

Lijst met tabellen

Tabel 1. Archeologische perioden.....	3
Tabel 2. Administratieve gegevens van het onderzoeksgebied.....	3
Tabel 3. Onderzoeksthema's en onderwerpen uit de NSPRMF.....	7
Tabel 4. Overzicht van Gardline rapporten.....	10
Tabel 5. Overzicht van de kruisende pijpleidingen in het onderzoeksgebied.....	14
Tabel 6. Boreholes in onderzoeksgebied (NLOG 27-01-2022).....	15
Tabel 7. Overzicht van eerder uitgevoerde onderzoeken in en rondom het onderzoeksgebied.....	16
Tabel 8. Verwachte diepteliging van de top van de pleistocene opeenvolging.....	23
Tabel 9. DINO-boringen met veen.....	24
Tabel 10: Bekende contacten in het onderzoeksgebied. De ED50 coördinaten zijn niet afkomstig uit de NCN-database, maar berekend.	30
Tabel 11. Aantal en soort contacten binnen het surveygebied.....	36
Tabel 12. Debris.....	38

Verklarende woordenlijst en toelichting afkortingen

Term	Omschrijving
<i>Antropogeen</i>	Door menselijk handelen
<i>Allerød</i>	Het <i>Allerød</i> -interstadiaal is warme en nattere periode tijdens het laatste glaciaal (Ijstijd) dat duurde van 13.900 tot 12.850 jaar geleden.
<i>interstadiaal</i>	
<i>Bølling</i>	Het <i>Bølling</i> -interstadiaal is warme en nattere periode tijdens het laatste glaciaal (Ijstijd) dat duurde van 14.650 tot 14.000 jaar geleden.
<i>interstadiaal</i>	
<i>Conductor</i>	Buis om een boring te geleiden
<i>Glaciaal</i>	Ijstijd
<i>Holoceen</i>	Jongste geologisch tijdperk (vanaf de laatste Ijstijd, circa 9000 v.Chr. tot heden)
<i>In situ</i>	Ter plaatse, in de oorspronkelijke toestand
<i>Interglaciaal</i>	Warme periode tussen twee ijstijden, zoals het Holoceen, de periode waar wij nu in leven.
<i>Interstadiaal</i>	Warme periode binnen een ijstijd.
<i>KNA</i>	Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie
<i>Lithostratigrafie</i>	Studie van de gesteentelagen binnen de stratigrafie en geologie.
<i>Magnetometer</i>	Techniek om afwijkingen veroorzaakt door de aanwezigheid van ferro-magnetisch materiaal (ijzer) in het natuurlijke magnetische veld te detecteren
<i>Mesolithicum</i>	De periode (8800-4900 voor Chr.) die begint na het aflopen van de laatste ijstijd en eindigt wanneer een samenleving overschakelt op landbouw en veeteelt en tal van nieuwe technologieën ontwikkelt of overneemt (Neolithicum)
<i>Multibeam echosounder</i>	Vlakdekkend akoestisch meetinstrument dat met verschillende bundels of beams de waterdiepte onder een meetvaartuig meet, waarna een gedetailleerd topografisch model van de waterbodem kan worden gemaakt
<i>Paleolithicum</i>	De oudste periode in de voorgeschiedenis van de mens en zijn materiële cultuur (300.000-8800 v. Chr.)
<i>Pleistoceen</i>	Geologisch tijdperk dat ongeveer 2 miljoen jaar geleden begon. De tijd van de Ijstijden maar ook van gematigd warme perioden. Het Pleistoceen eindigt met het begin van het <i>Holoceen</i> , <i>ca 11700 jaar geleden</i>
<i>Seismiek</i>	Een methode om een beeld te krijgen van de ondergrond met behulp van kunstmatig opgewekte akoestische golven.
<i>Side scan sonar</i>	Akoestisch meetinstrument dat vlakdekkend de sterkte van reflecterende geluidssignalen van de waterbodem onder een meetvaartuig registreert. Vergelijkbaar met het maken van een zwart/wit foto van de waterbodem; wordt gebruikt om objecten op te sporen en bodemmorfologie en type te classificeren
<i>Stratigrafie</i>	De volgorde van opeenvolgende gesteentelagen. Hiermee kunnen aardlagen worden beschreven en gedateerd.
<i>Stroomribbels</i>	Asymmetrisch golfpatroon van het bodemoppervlak veroorzaakt door langsstromend water. De steile zijden van de ribbels liggen altijd aan de stroomafwaartse kant.
<i>Survey</i>	Onderzoek, standaardterm uit de offshore-industrie
<i>TNO-NITG</i>	De Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek

Referenties

Literatuur

- Brenk, S. van den en Lil, R. van, 2016. Archaeological desk study Viking Link Interconnector. Amsterdam (NL): Periplus Archeomare report 15A038-01.
- Brenk, S. van den, Lil, R. van en Oever, E.A. van den, 2016. Viking Link Interconnector – An archaeological assessment of geophysical survey results in the Dutch exclusive economic zone. Amsterdam (NL): Periplus Archeomare report 16A006-01.
- Brenk, S. van den, Lil, R. van en Cassée, R.W., 2019. Bureauonderzoek Boorlocatie F5-6, Noordzee. Amsterdam (NL): Periplus Archeomare report 19A026-05.
- Cunliffe, B., 2001. Facing the Ocean, the Atlantic and its peoples, 8000 BC to 15 1500.. Oxford (UK): Oxford University Press.
- Gaffney, V.L., Thomson, K. en Fitch, S., 2007. The Archaeology and geomorphology of the North Sea. In: Gaffney, V.L., Thomson, K. and Fitch, S. (red.), Mapping Doggerland - The Mesolithic landscapes of the southern North Sea. Oxford (UK): Archaeopress, pp. 105-118.
- Kramer, E. e.a., 2003 (red.): Koningen van de Noordzee, 250-850, Leeuwarden/ Nijmegen.
- Kramer, E., 2003. Koningen van de Noordzee - 250 tot 850 na Chr. Leeuwarden (NL): Fries Museum.
- Lil, R. van en Cassée, R.W., 2019. Bureauonderzoek exploratieboring in Blok F6, Noordzee. Amsterdam (NL): Periplus Archeomare report 20A001-01.
- Love, V. and R. Grice, 2023. Survey Report NL Blocks F02, F03, F05 and F06 F06A Pipeline Route and Platform Survey. Gardline Report 53794.2 (Draft).
- Love, V., R. Grice and J. Davidson, 2023. Field Report F06A Pipeline Route and Platform Survey. Gardline Operations Report 53794.1 (Draft).
- Maarleveld, Th.J. en Ginkel, E.J. van, 1990. Archeologie onder water, het verleden van een varende volk. Amsterdam (NL): Meulenhoff.
- Peeters, H., Murphy, P. en Flemming N. (red.), 2009. North Sea prehistory Research and Management Framework (NSPRMF) 2009. Amersfoort (NL): Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed and English Heritage.
- Peeters, J.H.M., Amkreutz, L.W.S.W., Cohen, K.M. en Hijma, M.P., 2019. North Sea Prehistory Research and Management Framework (NSPRMF) 2019 - Retuning the research and management agenda for prehistoric landscapes and archaeology in the Dutch sector of the continental shelf. Nederlandse Archeologische Rapporten, 63.
- Schüttenhelm, R.T.E. en Laban, C., 2005. Heavy minerals, provenance and large scale dynamics of seabed sands in the southern North Sea - Baak's (1936) heavy mineral study revisited. Quaternary International, 133-134, pp. 179-193, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2004.10.012>.
- Stapert, D., Johansen, L. en Niekus, M.J.L.Th., 2013. A bifacial tool of the Neanderthals from Ameland, The Netherlands. Netherlands Journal of Geosciences, 92 (2/3), pp. 181-192.
- Vink, A., H. Steffen, L. Reinhardt and G. Kaufmann, 2007. Holocene relative sea-level change, isostatic subsidence and the radial viscosity structure of the mantle of northwest Europe (Belgium, the Netherlands, Germany, southern North Sea), Quaternary Science Reviews, Volume 26, Issues 25–28.
- Vonhögen-Peeters, L.M., Heteren, S. van en Peeters, J.H.M., 2016. Indicatief model van het archeologische potentieel van de Noordzeebodem. Deltares, 1209133-000.

Atlassen en Kaarten

- Geologische kaarten *TNO-NITG*; GeoTOP-model Laag van Wijchen en Hollandveen Laagpakket
- Globale Archeologische Kaart van het Continentale Plat
- Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden (IKAW, versie 3)

- Noordzeeatlas

Internetbronnen

- Dienst der Hydrografie (www.hydro.nl)
- Dinoloket (www.dinoloket.tno.nl)
- Noordzeeloket (www.noordzeeloket.nl)
- Olie en Gasportaal (www.nlog.nl)
- North Sea paleolandscapes, University of Birmingham (<http://www.iaa.bham.ac.uk>)
- Stichting Aircraft recovery Group 40-45 (<http://www.arg1940-1945.nl>)

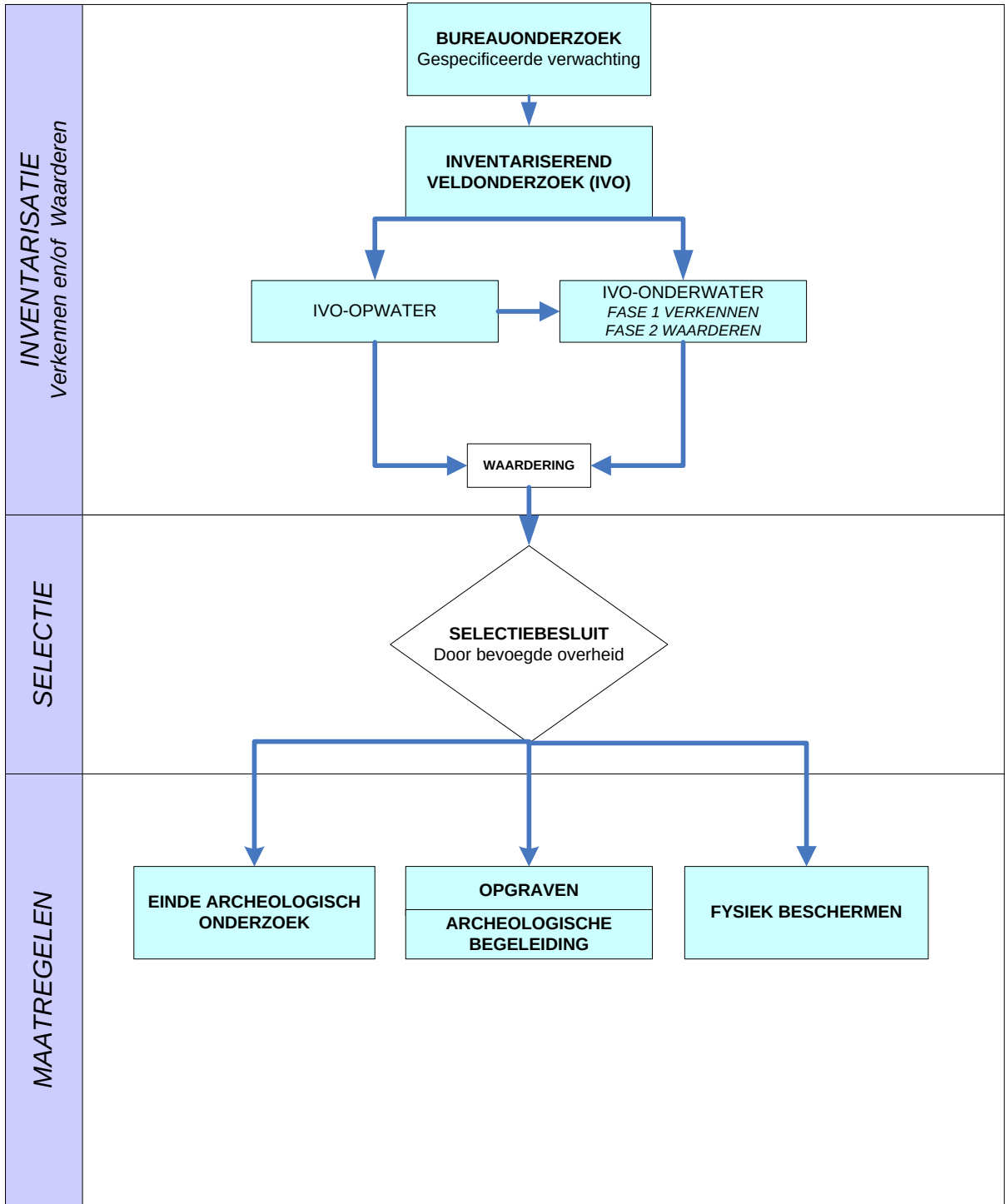
Overige bronnen

- Archis III, archeologische database Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
- Databases Periplus Archeomare
- KNA Waterbodems 4.1
- Nationale Onderzoeksagenda Archeologie 2.0
- SonarReg contacten database Rijkswaterstaat Zee en Delta

Bijlage 1. Archeologische en geologische tijdschaal

CHRONOSTRATIGRAFIE				ARCHEOLOGISCHE PERIODE										
SERIE	ETAGE - CHRONOZONE		TIJD	TIJDPERK			DATERING							
Holoceen	Laat Subatlanticum		1150 n. Chr	Nieuwe tijd			C	1850						
							B	1650						
							A	1500						
	Vroeg Subatlanticum		0	Middeleeuwen			Laat B	1250						
							A	1050						
							D	900						
							Vroeg C	725						
							B	525						
							A	450						
			450 v. Chr	Romeinse tijd			Laat	270						
							Midden	70 n. Chr.						
							Vroeg	15 v. Chr.						
	Subboreaal			Metaaltijden	IJzertijd	Laat	250							
						Midden	500							
						Vroeg	800							
			3700		Bronstijd	Laat	1100							
						Midden	1800							
						Vroeg	2000							
Atlanticum		7300		Neolithicum	Laat	2850								
					Midden	4200								
					Vroeg	4900/5300								
Boreaal		8700			Mesolithicum	Laat	6450							
Preboreaal		9700				Midden	8640							
						Vroeg	9700							
Pleistoceen	Weichselien	Laat Glaciaal	Jonge Dryas	11.000	Prehistorie	Steentijd	Paleolithicum	Laat	B	12.500				
			Allerød	12.000						Jong	A	16.000		
			Oude Dryas	12.100								Midden		250.000
			Bølling	13.000										
			17.000											
		Late Glacial Max	20.000											
			31.500											
		Denekamp	34.000											
		Pleniglaciaal	L					40.000	Oud					
								Hengelo				41.500		
								45.000						
			V	Moershoofd				50.000						
								71.000						
				Odderade				74.000						
	Vroeg Glaciaal													
		Brørup												
		Amersfoort												
			114.000											
		Eemien	126.000											
		Saalien	236.000											
		Oostermeer	241.000											
		onbenoemd	322.000											
		Belvédère	336.000											
		onbenoemd	384.000											
		Holsteinien	416.000											
		Elsterien	463.000											

Bijlage 2. Protocol KNA 4.1 Waterbodems



Bijlage 3. Periplus Archeomare Rapport 23A024-02

Pijpleidingtracé van F06 naar F2-A-Hanze: een onderzoek naar de ontwikkeling van het prehistorische landschap door de analyse van vibrocore monsters.



Pijpleidingtracé van F06 naar F2-A-Hanze

een onderzoek naar de ontwikkeling
van het prehistorische landschap door analyse van vibrocore monsters

Periplus Archeomare rapport 23A024-02

Auteur:
5.1.2.e

In opdracht van:



ONE-Dyas BV
Parnassusweg 815
1082 LZ Amsterdam

Document Controle	
Revisie	2.0 (Definitief)
Datum	09-04-2024
Periplus Archeomare referentie	23A024-02
Klant (project) referentie	F6_F2-A-Hanze

Colofon

Periplus Archeomare Rapport 23A024-02

Pijpleidingtracé van F06 naar F2-A-Hanze: een onderzoek naar de ontwikkeling van het prehistorische landschap door de analyse van vibrocore monsters.

Auteur 5.1.2.e

In opdracht van: ONE-Dyas BV
Contactpersoon: 5.1.2.e

© Periplus Archeomare - april 2024
Afbeeldingen en tekeningen: Periplus Archeomare, tenzij anders vermeld

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgevers. Periplus Archeomare aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit de toepassing van de adviezen of het gebruik van de resultaten van dit onderzoek.

ISSN 2352-9547

Revisie details

Revisie	Omschrijving	Auteurs	Controle	Autorisatie	Datum
2.0	Definitief	5.1.2.e	5.1.2.e	5.1.2.e	09-04-2024
1.1	Opmerkingen klant verwerkt; voorgelegd aan RCE				22-02-2024
1.0	Concept				15-02-2024

5.1.2.e

5.1.2.e

Senior KNA archeoloog waterbodems



Periplus Archeomare
Kraanspoor 14
1033 SE – Amsterdam
Tel: 020-6367891
Email: info@periplus.nl
Website: www.periplus.nl

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
1. Inleiding.....	5
1.1. Aanleiding.....	5
1.2. Resultaten vooronderzoek	6
1.3. Doelstelling	8
1.4. Onderzoekskader.....	9
1.5. Onderzoeksvragen.....	10
2. Methodiek	11
2.1. Monstername.....	11
2.2. Actoren	12
3. Resultaten	13
3.1. VC13-01	13
3.2. VC13-02	14
3.3. VC13-03	16
3.4. VC13-04	20
4. Beantwoording onderzoeksvragen.....	24
5. Conclusies.....	29
6. Advies.....	30
Lijst met afbeeldingen	31
Lijst met tabellen	31
Verklarende woordenlijst en toelichting afkortingen	32
Referenties	34
Bijlage 1. Archeologische en geologische tijdschaal	36
Bijlage 2. Protocol KNA 4.1 Waterbodems	37
Bijlage 3. BioChron Report No: 01/24 (draft)	39

<i>Plaats:</i>	Noordzee
<i>Toponiem:</i>	Pijpleidingtracé F06 naar F2-A-Hanze (Noordzee Blok F2, F3 en F6)
<i>Kaartblad:</i>	Hydrografie 1801-1
<i>Definitie onderzoeksgebied</i> <i>Coördinaten (ED50 UTM31N)</i>	VC_13 E 603396.5 N 6086184.0
<i>Oppervlakte onderzoeksgebied</i>	89 km2 (corridor geophysical survey)
<i>Lengte pijpleidingtracé</i>	16579 m
<i>Huidig watergebruik</i>	Open vaarwater, gas transportpijpleiding
<i>Waterstaatkundige gegevens</i>	Open zee, zout water, getijdenstroming Waterdiepte (gemiddeld) 43.7m LAT
<i>Beheerder gebied:</i>	Rijkswaterstaat Zee en Delta
<i>Bevoegd gezag:</i>	Rijkswaterstaat Zee en Delta
<i>Contactpersoon namens bevoegd gezag:</i>	5.1.2.e
<i>Adviesorgaan namens bevoegd gezag:</i>	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
<i>Deskundigen namens het bevoegd gezag:</i>	5.1.2.e
<i>ARCHIS-zaaknummer</i>	5449108100
<i>Periplus-projectcode:</i>	23A024-02
<i>Periode van uitvoering:</i>	Januari – maart 2024
<i>Beheer en plaats documentatie:</i>	Periplus Archeomare BV, Amsterdam

Tabel 1. Administratieve gegevens van het onderzoeksgebied

Samenvatting

Periplus Archeomare heeft in opdracht van ONE-Dyas vier sedimentmonsters uit een vibrocore (VC-13) geanalyseerd om inzicht te krijgen over de lithostratigrafie en de ontwikkeling van het laat-glaciale en vroeg-holocene paleolandschap langs het pijpleidingtracé van F06A naar F2-A-Hanze.

Voor het onderzoek zijn palynomorfen en microfossielen uit de klei-, veen-, en zandmonsters gewonnen en geanalyseerd door specialisten. De fossielinhoud van deze monsters geeft informatie over het aquatische milieu, het omringende terrestrische landschap en de klimatologische omstandigheden ten tijde van de afzetting van het sediment. Koolstofdateringen zijn uitgevoerd om de ouderdom van de afzettingen vast te stellen. De resultaten van het onderzoek zijn in onderstaande tabellen samengevat.

Monster nr.	m -zeebodem		m -MSL		Lithologie	Lithostratigrafie Formatie Laagpakket Laag
	Van	Tot	Van	Tot		
VC-13-01	0.83	0.88	43.55	43.6	Klei	Naaldwijk Wormer
VC-13-02	2.13	2.18	44.85	44.9	Veen	Nieuwkoop Basisveen
VC-13-03	2.26	2.36	44.98	45.08	Zand	Boxtel Wierden (verspoeld)
VC-13-04*	4.86	5.01	47.58	47.73	Zand	Dogger Bight?

Monster nr.	Lithologie	Ouderdom		
		¹⁴ C cal ka BP	Serie	Chronozone
VC-13-01	Klei	-	Holoceen	Boreaal - Atlanticum
VC-13-02	Veen	11.5	Holoceen	Preboreaal - Friese Fase
VC-13-03	Zand	-	Pleistoceen	Laat Glaciaal - Jonge Dryas (?)
VC-13-04*	Zand	(43.5)	Pleistoceen	(Laat Eemien – Vroeg Weichselen)

Monster nr.	Lithologie	Terrestrisch landschap	
		Landschap	Soorten
VC-13-01	Klei	Gemengd bos	<i>Corylus</i> (hazelaar), <i>Quercus</i> (eik), <i>Betula</i> (berk), <i>Pinus</i> (den)
VC-13-02	Veen	Berkenbos	<i>Betula</i> (berk), <i>Betula nana</i> (dergberk)
VC-13-03	Zand	Open landschap met den-berkbos en kruiden	<i>Pinus</i> (den), <i>Betula</i> (berk), <i>Poaceae</i> (grassen), <i>Amaranthaceae</i> (Amarantenfamilie)
VC-13-04*	Zand	Gemengd bos	<i>Pinus</i> (den), <i>Quercus</i> (eik), <i>Corylus</i> (hazelaar), <i>Tilia</i> (linde) en <i>Ilex</i> (hulst)

Monster nr.	Lithologie	Aquatisch landschap	
		Landschap	Soorten
VC-13-01	Klei	Sublitoraal marien nabij riviermonding	Forams: diverse soorten van de geslachten <i>Ammonia</i> en <i>Elphidium</i> ; tevens geagglutineerde soorten
VC-13-02	Veen	Kwelder; brakwater	-
VC-13-03	Zand	Eutroof ondiep brakwatergetijdenmilieu	<i>Ammonia</i> <i>runiana</i> (dominant), <i>Ammonia</i> <i>pseudospiralis</i> , <i>Jadammina</i> spp. (algemeen)
VC-13-04*	Zand	Glaciofluviaal?	-

* De analyses van monster VC-13-04 zijn met elkaar in tegenspraak. De ¹⁴C-datering wijst op afzetting tijdens het extreem koude Midden Pleniglaciaal, de polleninhoud op een relatief warm klimaat en

een datering in het Laat Eemien of interstadiaal in het Vroeg-Weichselien, en op basis van lithologische en paleogeografische gegevens lijkt een glaciofluviatiele afzetting van de Dogger Bight Formatie tijdens het Laat Glaciaal (18 cal. ka. BP) het meest aannemelijk. Vooralsnog gaan wij uit van het laatste, maar deze conclusie is zeer onzeker.

Wij adviseren om geen aanvullend archeologisch onderzoek uit te voeren in het kader van de geplande aanleg van de pijpleiding en umbilical van F06 naar F2-A-Hanze en aanverwante infrastructuur. Het huidige onderzoek naar de ontwikkeling van het prehistorische landschap was de laatste stap in het archeologische proces, dat hierbij wordt afgesloten.

Het huidige onderzoek roept nieuwe vragen op en biedt tegelijkertijd aanknopingspunten voor eventuele toekomstige wetenschappelijke onderzoeken in de Oyster Grounds.

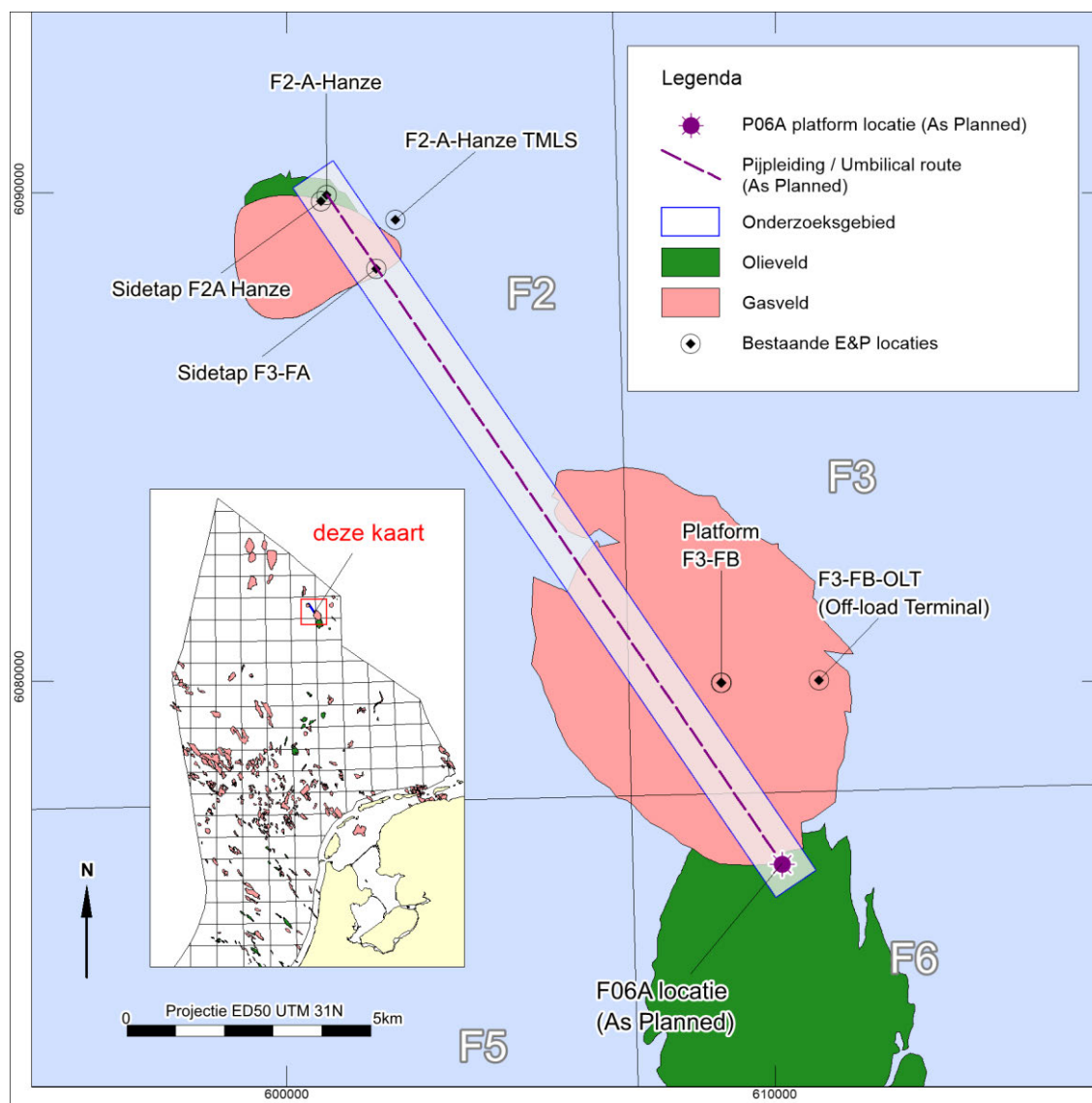
Enkele denkrichtingen voor toekomstig onderzoek:¹

1. Siltige fijne zanden waar VC-13-04 uit is bemonsterd
 - Wat is de ouderdom en het afzettingsmilieu van deze fijnzandige eenheid?
 - > sedimentpetrografie en OSL-datering
2. Fijne dekzanden onder de Basisveen Laag
 - Wanneer is dit fijne zand oorspronkelijk afgezet?
 - Wanneer is dit zand verspoeld?
 - > sedimentpetrografie en OSL-datering
3. Basisveen
 - Bevestigen toekomstige onderzoeken de ouderdom van 11.5 cal. ka. BP rond 45 m- MSL?
Zo ja:
 - Wat zegt dit over de zeespiegelstand en het moment van inundatie van de Oyster Grounds?
 - > ¹⁴C-datering, macroresten- en palynomorfenonderzoek van veenmonsters;
bijvoorbeeld door van een (liefst dikke) veenlaag van onder naar boven meerdere monsters te analyseren (macroresten- en palynomorfen) en de ouderdom van de basis en de top vast te stellen.

¹ NB: dus niet in het kader van de aanleg van de pijpleiding en umbilical van F06 naar F2-A-Hanze en aanverwante infrastructuur en het bijbehorende vergunningentraject.

1. Inleiding

Periplus Archeomare heeft in opdracht van ONE-Dyas vier sedimentmonsters uit een vibrocore geanalyseerd om duidelijkheid te krijgen over de lithostratigrafie en de ontwikkeling van het laat-glaciale en vroeg-holocene paleolandschap langs het pijpleidingtracé van F06A naar F2-A-Hanze.



Afbeelding 1. Ligging van het plangebied en de nabijgelegen olie- en gasvelden

1.1. Aanleiding

ONE-Dyas is voornemens een productieplatform te installeren op de putlocatie F06A. Het platform wordt met een pijpleiding en umbilical verbonden met het F2-A-Hanze platform.

In de Erfgoedwet (2016) is de bescherming van het archeologische erfgoed geregeld. Tijdens de installatie van het platform en de aanleg van de pijpleiding en umbilical in de bodem kunnen eventuele archeologische waarden worden aangetast. Als het bodemarchief door de geplande bodemingrepen

wordt bedreigd geldt de wettelijke verplichting om archeologisch onderzoek te verrichten. Dit gegeven vormde de directe aanleiding voor het verrichten van dit archeologische onderzoek.

In verband met de geplande aanleg van de pijpleiding en umbilical is een corridor langs het pijpleidingtracé en de platformlocaties al onderzocht door middel van een geofysische en een geotechnische survey. De data van deze surveys zijn beschikbaar gesteld voor archeologisch onderzoek.

Periplus Archeomare heeft in 2023 in opdracht van ONE-Dyas een archeologisch bureauonderzoek en een archeologische beoordeling van geofysische data uitgevoerd. De resultaten van deze onderzoeken zijn vastgelegd in Periplus Archeomare rapport 23A024-01.² Het onderhavige rapport (23A024-02) zal als bijlage bij rapport 23A024-01 worden gevoegd.

1.2. Resultaten vooronderzoek³

Gespecificeerde verwachting (bureauonderzoek)

De archeologische verwachting voor het onderzoeksgebied hangt nauw samen met de geogenese van het Noordzeegebied. De geologische ondergrond binnen het onderzoeksgebied bestaat uit eolische sedimenten van de Bortel Formatie en glaciële sedimenten van het Dogger Bank Laagpakket.

Er zijn geen aanwijzingen voor de aanwezigheid van mensen in het Noordzeegebied tijdens de koudste fasen van het *Weichselien*. Het tijdsvenster waarbinnen het gebied weer voor de jacht en het verzamelen van voedsel kan zijn gebruikt ligt tussen het moment waarop het landijs zich terugtrekt (20.000 jaar geleden) en het moment waarop de zee het gebied inundeert (10.000 jaar geleden). Door het afsmelten van de gletsjers ontstaat een uitgestrekt gebied met meren. In deze smeltwatermeren worden afwisselend fijn zand, leem en klei afgezet. Deze afzettingen behoren tot het Dogger Bank Laagpakket binnen de Dogger Bight Formatie. De gevormde glaciële dalen worden opgevuld met overwegend slappe klei van het Botney Cut Laagpakket binnen de Dogger Bight Formatie.

De omstandigheden voor bewoning van het gebied gedurende de periode van 20.000 tot 10.000 jaar geleden waren zeker niet altijd optimaal. Het klimaat was tijdens de eindfase van het *Weichselien* nog overwegend zeer koud en droog. Het Noordzeegebied maakte deel uit van een uitgestrekte poolwoestijn. In het gebied wordt door de wind fijn zand afgezet dat tot het Laagpakket van Wierden binnen de Bortel Formatie wordt gerekend.

Tijdens de kort op elkaar volgende *Bølling* en *Allerød* interstadialen (15.000 tot 13.000 jaar geleden) warmt het klimaat op en maakt de poolwoestijn plaats voor een toendralandschap met open berken- en dennenbossen, beken en meren, waarin grote zoogdieren hun plek vonden. De mensen leiden in deze perioden een nomadisch bestaan, waarbij ze niet lang op dezelfde plek blijven en jacht maken op rendierkuddes die door het Noordzeegebied trekken (Hamburgcultuur). Tijdens de *interstadialen* en aan het begin van het *Holoceen* wordt riviertjes en beken werden zand, leem, klei en veen afgezet. Deze afzettingen behoren tot het Laagpakket van Singraven binnen de Formatie van Bortel.

² Van Lil 2023.

³ Van Lil 2023.

Na de *Bølling* en *Allerød* interstadialen volgt een zeer koude periode, het Late Dryas (13.000 tot 12.000 jaar geleden) waarin opnieuw een poolwoestijn tot ontwikkeling komt. In grote delen van Nederland wordt door de wind fijn zand afgezet (dekzand). Dit dekzand komt mogelijk ook in het onderzoeksgebied voor. Het dekzand wordt tot het Laagpakket van Wierden binnen de Bostel Formatie wordt gerekend. Het is niet bekend in hoeverre de formatie van Bostel door erosie zijn aangetast.

Aan het begin van het *Holoceen* zet de opwarming van het klimaat door en keren de berken- en dennenbossen terug. De mens maakt bij de jacht nu ook gebruik van pijl en boog (Ahrensburgcultuur).

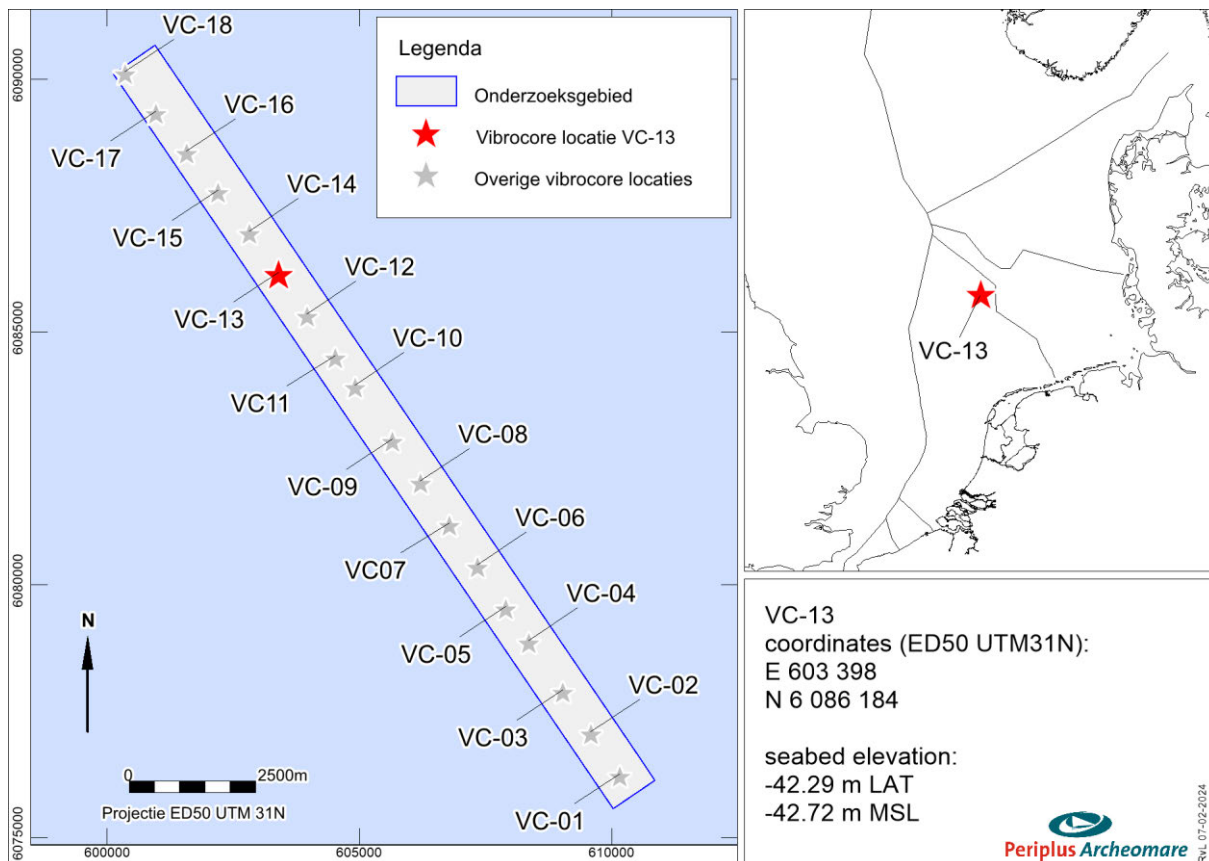
In het onderzoeksgebied kunnen resten van *Laat-Paleolithische* en *Mesolithische* jachtkampen, begravingsresten en verloren of gedumpte objecten (jachtattributen) verwacht worden. De landschappelijke context voor de jachtkampen wordt gevormd door de randen van beekdalen en de oevers van meren en vennen. De lithologische context bestaat uit de Formatie van Bostel en het Dogger Bank Laagpakket. Zowel organische resten (hout, bot, botanische macroresten, pollen) als anorganische resten (vuursteen, natuursteen) kunnen bewaard zijn gebleven. Organische resten die boven de grondwaterspiegel liggen zijn echter kwetsbaar en zullen snel vergaan. De conservering van organische resten hangt daarom in belangrijke mate samen met het moment waarop de nederzetting onder de grondwaterspiegel kwam te liggen. De verwachting betreft vooral kleine jachtkampen (enkele m²) al kunnen ook grotere nederzettingen voorkomen als sprake is van herhaaldelijke en/of langdurige bewoning. Vindplaatsen worden gekenmerkt door de aanwezigheid van houtskoolconcentraties, artefacten van vuursteen, natuursteen, been en gewei. Begravingsresten kunnen voorkomen. Vooral in kleiige of venige afzettingen kan een vondstlaag tot ontwikkeling zijn gekomen. De vondstdichtheid kan variëren van laag tot middelhoog.

De kans dat laat-paleolithische en mesolithische kampplaatsen van *in situ* bewaard zijn gebleven staat of valt met de vraag of archeologische niveaus tijdens de afzetting van mariene sedimenten in het *Holoceen* (Terschellingerbank Laagpakket en Western Mud Hole Laagpakket), door erosie zijn aangetast.

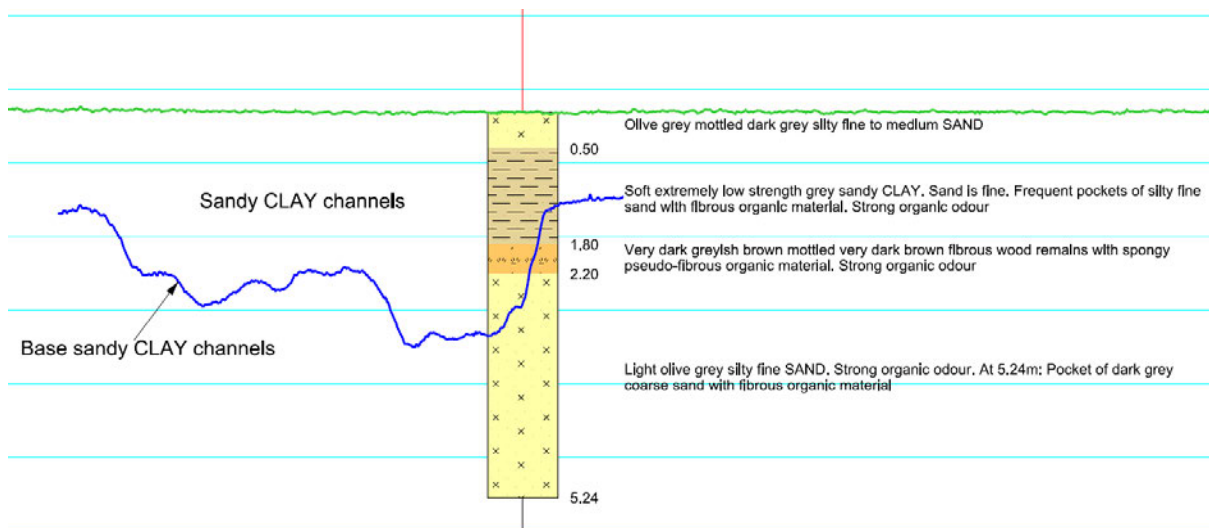
Beoordeling van geofysische en geotechnische data

Uit de archeologische beoordeling van de ingewonnen seismische data en analyse van 18 vibrocore logs is gebleken dat de aard, ouderdom en genese van de prehistorische landschappen die langs het pijpleidingtracé dicht onder de zeebodem voorkomen niet eenduidig worden geïnterpreteerd. De geofysische/geotechnische contractor interpreteert de afzettingen die binnen de maximale penetratiediepte van de pinger (5m+) voorkomen als *holocene* afzettingen. Periplus Archeomare interpreteert de opeenvolgende sedimenten van siltig fijn glimmerhoudend zand die in vrijwel alle vibrocores (tot max. 6m) worden aangetroffen als laat-glaciale (*pleistocene*) zanden die ter plaatse van beekdalen en/of getijdengeulen zijn afgedekt door vroeg-*holocene* klei en veen.

Op basis van de resultaten, conclusies en aanbevelingen van het vooronderzoek is besloten om een aanvullend onderzoek uit te voeren aan sedimentmonsters uit vibrocore VC-13. Een uitsnede van Alignment sheet 4B of 5 in Gardline Report 53794.3 – draft – geeft een duidelijk beeld van de opeenvolgende sedimenten die VC-13 zijn aangetroffen en aard en diepteligging van seismische reflector die door Gardline is aan de basis van ‘sandy CLAY channels’ is waargenomen en gedigitaliseerd (zie afbeelding 3). De locatie van VC-13 is weergegeven in afbeelding 2.



Afbeelding 2. Locatie VC-13



Afbeelding 3. VC-13 log (bron: Gardline Report 53794.3 – draft – uitsnede van Alignment sheet 4B of 5)

1.3. Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is om meer duidelijkheid te krijgen over de lithostratigrafie en de ontwikkeling van het laat-glaciale en vroeg-holocene paleolandschap langs het pijpleidingtracé en de wijze waarop dit landschap kan zijn gebruikt door jager-verzamelaars.

1.4. Onderzoekskader

Het voorkomen en de diepteligging van afgedekte *pleistocene* en vroeg-*holocene* landschappen in het Noordzeegebied is niet goed bekend. Dit betekent dat ook het voorkomen van eventuele aan deze landschappen gerelateerde archeologische resten onvoldoende bekend is. Deze geoarcheologische kennisleemte voor het Noordzeegebied is herkend door Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. In 2009 is daarom de 'North Sea Prehistory Research and management Framework (NSPRMF)' opgesteld, waarin de basis voor toekomstig onderzoek en beheer van het prehistorisch erfgoed wordt gelegd.⁴ In 2019 is de NSPRMF opnieuw onder de loep genomen en op basis van de ontwikkelingen in de tussenliggende periode bijgesteld.

Theme	Topics
A. Stratigraphic and chronological frameworks	A.1: Lithostratigraphic classification and chronological anchoring A.2: Sea level change and glacio-isostasy A.3: Survival of deposits of archaeological significance A.4: Biostratigraphies and absolute dating
B. Palaeogeography and environment	B.1: Middle/Late Pleistocene reshaping of topography and river drainage B.2: Development of the Weichselian/Devensian landscape B.3: Palaeogeographic evolution after the Last Glacial Maximum (LGM) B.4: Quaternary palaeoecology
C. Global perspectives on intercontinental hominin dispersals	C.1: North Sea coastal dynamics and human uses of the coastal zone C.2: Pleistocene North Sea level oscillations and population of islands
D. Pleistocene hominin colonisations of northern Europe	D.1: Early human exploitation strategies in changing environments D.2: Natural barriers for hominin expansion
E. Reoccupation of northern Europe after the Last Glacial Maximum (LGM)	E.1: Post-LGM occupation flux E.2: Occupation strategies
F. Post-glacial land use dynamics in the context of a changing landscape	F.1: Changing landscape structure F.2: Behavioural diversity among hunter-gatherers F.3: Maritime archaeologies of the North Sea
G. Representation of prehistoric hunter-gatherer communities and lifeways	G.1: Spatial perspectives on North Sea palaeolandscapes G.2: The distributional nature of early hominin communities G.3: Enculturated hunter-gatherer landscapes

* Despite the fact that theme G primarily focusses on post-LGM hunter-gatherers, topic G.2 was broadly defined, and of equal relevance to theme D.

Tabel 2. Onderzoeksthema's en onderwerpen uit de NSPRMF

Het NSPRMF 2019 rapport vormt de basis voor beleid de komende jaren. De "Archeologisch Monumenten Zorg (AMZ)" onderzoeken die in het Noordzeegebied worden uitgevoerd moeten aan de uitgangspunten uit het NSPRMF-rapport bijdragen.⁵

Van de vroeg-*holocene* bewoners van het Noordzeegebied, van hun nederzettingen en van de wijze waarop zij zich handhaafden in het snel veranderende landschap is weinig bekend. De informatiewaarde van de verwachte nederzettingen in het gebied is daarom groot. Dit wordt ook gesteld in de Nationale onderzoeksagenda voor de Vroege Prehistorie: *Vindplaatsen en eventuele omringende fenomenen die zich bevinden in paleolandschappelijke contexten die nog niet of nauwelijks zijn onderzocht, hebben per*

5.1.2.e

definitie een grote informatiewaarde. Voor de toekomstige onderzoeken wordt naast de NSPRMF verwezen naar het kader en de onderzoeksvragen in de NOaA.⁶

1.5. Onderzoeksvragen

Voor het onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

Microfossielen en diatomeeën

- *Welke soorten zijn in elk van de driemonsters aangetroffen?*
- *Wat kan worden gezegd over de soortenrijkdom, de absolute hoeveelheden en verhoudingen?*
- *Wat vertellen de microfossielen en diatomeeën over het aquatische milieu waarin de sedimenten zijn afgezet?*

Palynomorfen

- *Welke soorten zijn in elk van de vier monsters aangetroffen?*
- *Wat kan worden gezegd over de soortenrijkdom, de absolute hoeveelheden en verhoudingen?*
- *Wat vertellen de palynomorfen over de vegetatie van het omringende landschap en het heersende klimaat ten tijde van de afzetting?*

C14-dateringen

- *Wat is de ouderdom van de afzettingen?*
- *Zijn de aangetroffen pollenassemblages in overeenstemming met C14-dateringen?*

NSPRMF

- *Tot welke lithostratigrafische eenheden worden de onderzochte sedimenten gerekend?*
- *Hoe verhoudt de ouderdom van de veenlaag (VC-13-02)) op 2.13 tot 2.18 m - zeebodem (= 44.42 tot 44.46 mLAT | 44.85 tot 44.90 mMSL) zich tot beschikbare zeespiegelcurves?*
- *Welke inzichten bieden de uitkomsten van het onderzoek over:*
 - *de Laat Pleistocene verandering in de topografie van het landschap en drainage van rivieren?*
 - *de ontwikkeling van het landschap tijdens het Weichselien?*
 - *de paleogeografische ontwikkeling na het Last Glacial Maximum (LGM)?*

⁶ <https://noaa.cultureelerfgoed.nl>.

2. Methodiek

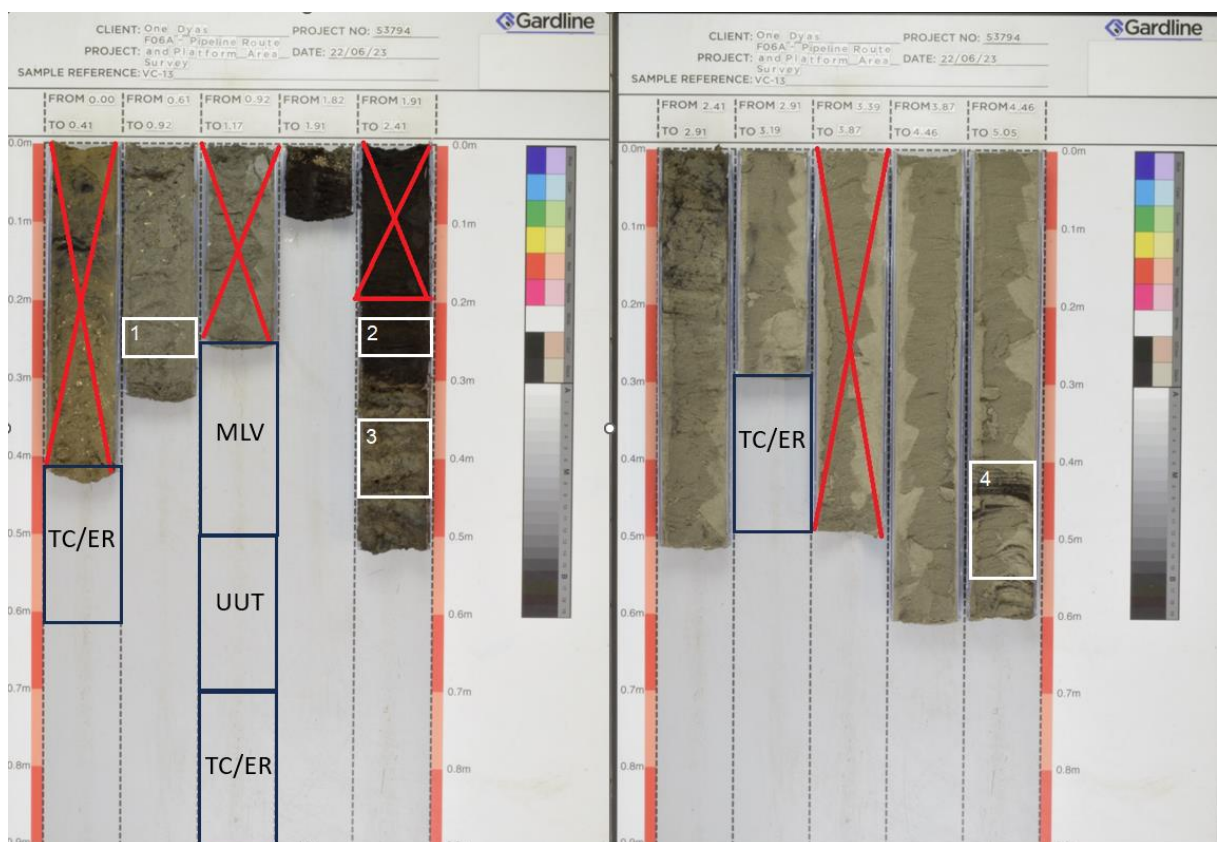
2.1. Monstername

Tijdens het vooronderzoek is geconstateert dat de 18 vibrocores die langs de pijpleidingroute zijn bemonsterd hoofdzakelijk *'light olive grey silty fine micaceous sand'* bevatten.

VC-13

In VC-13 komt overeenkomstig de andere vibrocores *'light olive grey silty fine sand'* voor, enkel de toevoeging micaceous ontbreekt. Het zand is in VC-13 van 1.80 m tot 2.20 m afgedekt door *'very dark greyish brown mottled very dark brown fibrous wood remains with spongy pseudo-fibrous organic material'*, ofwel veen. Het veen is van 0.50 m tot 1.80 m afgedekt door *'soft extremely low strength grey sandy clay. sand is fine. frequent pockets of silty fine sand with fibrous organic material.'*

Op verzoek van Periplus Archeomare heeft Gardline foto's van vibrocore VC-13 aangeleverd. Op deze foto's is door Gardline aangegeven welke sedimenten al voor geotechnische laboratoriumproeven zijn gebruikt en daarom niet meer voor onderzoek van het prehistorisch landschap beschikbaar zijn. Op basis van de seismische data, de vibrocore log en foto van VC-13 heeft Periplus Archeomare sedimentintervallen geselecteerd voor bemonstering (zie afbeelding 4). Deze selectie is gedaan op basis van best professional judgment. Belangrijkste overweging bij deze selectie is de vraag of de uitkomsten van de analyse van deze sedimentintervallen bijdragen aan beantwoording van de onderzoeksvragen.



Afbeelding 4. Foto van vibrocore VC-13. Rood kruis: delen van de kern die al zijn gebruikt voor destructief laboratoriumonderzoek. Wit kader met nummer: sedimenten die zijn bemonsterd voor onderzoek van het prehistorische landschap (foto: Gardline; aanduiding van monsterintervallen: Periplus Archeomare).

De geslecteerde sedimentintervallen zijn vervolgens door Gardline bemonsterd, luchtdicht verpakt en rechtstreeks aangeleverd aan BioChron.

De genummerde monsters, de bemonsterde diepteintervallen, een korte lithologische beschrijving en de voorgestelde analyses zijn samengevat in onderstaande tabel (Tabel 3).

Monster nr.	m -zeebodem		m -MSL		Lithologie	P	M	D	C14
	Van	Tot	Van	Tot					
VC-13-01	0.83	0.88	43.55	43.6	Soft extremely low strength grey sandy CLAY	x	x	x	
VC-13-02	2.13	2.18	44.85	44.9	Very dark greyish brown mottled very dark brown fibrous wood remains with spongy pseudo-fibrous organic material	x	x	x	x
VC-13-03	2.26	2.36	44.98	45.08	Light olive grey silty fine SAND	x	x	x	
VC-13-04	4.86	5.01	47.58	47.73	Light olive grey silty fine SAND	x			x
MSL = mean sealevel P = Palynomorfen M = Microfossielen (ostracoden en foraminiferen) D = Diatomeeën C14 = Koolstofdatering									

Tabel 3. Vier sedimentenmonsters uit VC-13 en de met de voorgestelde onderzoeksmethodieken

2.2. Actoren

De specialistische onderzoeken zijn onder regie van John Athersuch (BioChron) uitgevoerd. De onderzoekers die aan het onderzoek hebben meegewerkt zijn vermeld in onderstaande tabel.

John Athersuch	ostracoden, coordinator
Janice Weston	Microfossielen
Tom Hoyle	Palynomorfen
Nick Kneebone	Diatomeeën
Beta Analytic Inc.	C ¹⁴ -datering

Het resultaten van het specialistisch onderzoek zijn geïnterpreteerd en samengevat in een KNA-conforme rapportage door R. van Lil (senior KNA Prospector waterbodems). Het rapport is geautoriseerd door S. van den Brenk (senior KNA archeoloog waterbodems).

3. Resultaten

3.1. VC13-01

Foto vibrocore	Monster nr.	m -zeebodem		m -MSL		Lithologie
		Van	Tot	Van	Tot	
	VC-13-01	0.83	0.88	43.55	43.6	<i>'Soft extremely low strength grey sandy CLAY. Sand is fine. Frequent pockets of silty fine sand with fibrous organic material. Strong organic odour.'</i>

VC-13-01 is bemonsterd uit zandige slappe klei. Op de foto zijn schelpfragmenten zichtbaar in de klei. De klei maakt deel uit van een laag zandige klei die op veen is afgezet. De basis van het bemonsterde interval bevindt zich:

- 0.92 m boven de overgang van de top van het veen naar de basis van de klei op 1.80 m, en
- 1.25 m boven de top van het veenmonster (VC-13-02).

Van de tussenliggende kleiafzettingen is weinig materiaal bewaard gebleven (zie afbeelding 4).

Het spectrum aan foraminiferen en de weinige ostracoden die in het monster zijn aangetroffen wijzen op een overwegend sublitoraal afzettingsmilieu, mogelijk met een influx van zoet water, zoals het geval is nabij de monding van een rivier. Dominant zijn verschillende soorten *Ammonia* en *Elphidium*. Het terrestrische landschap werd gekenmerkt door een vegetatie van gemengde bossen met loofbomen *Corylus* (hazelaar), *Quercus* (eik), *Betula* (berk) en naaldbomen *Pinus* (den). Het pollen-spectrum wijst op een boreaal tot gematigd klimaat.

Op basis van lithologische samenstelling en de stratigrafische positie van VC13-01, en de assemblage van microfossielen en palynomorfen die in het monster zijn aangetroffen, concluderen wij dat de kleilaag (op het niveau van VC13-01) tijdens het Laat Boreaal of Atlanticum is afgezet, en bestaat uit sublitorale getijdenafzettingen van het Laagpakket van Wormer | Formatie van Naaldwijk.

3.2. VC13-02

Foto vibrocore	Monster nr.	m -zeebodem		m -MSL		Lithologie
		Van	Tot	Van	Tot	
	VC-13-02	2.13	2.18	44.85	44.90	<i>'Very dark greyish brown mottled very dark brown fibrous wood remains with spongy pseudo-fibrous organic material'</i> C14-datering: 11652 – 11279 cal yrs BP (88.9%) 11705 – 11663 cal yrs BP (6.5%)

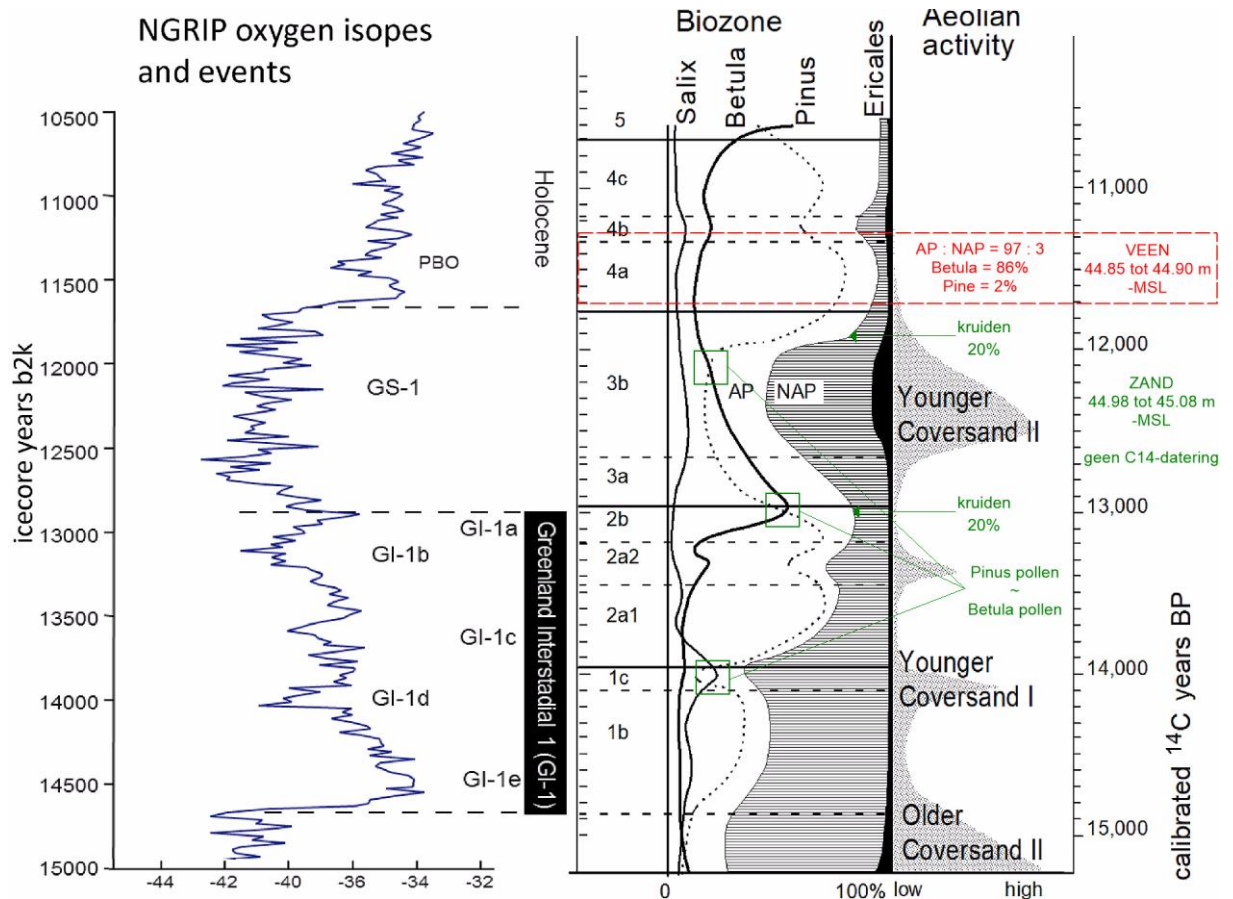
VC13-02 is bemonsterd uit de basis van een veenlaag. De foto is niet heel duidelijk, maar er lijkt sprake te zijn van enige gelaagdheid. Het veen is afgezet op fijn zand, waar geen duidelijke bodem in te herkennen is. Ook in de top van het zand is sprake van enige gelaagdheid. De overgang van zand naar veen ligt op 2.20 m (44.92 m -MSL). Het monster is genomen uit de basis van het veen om een beeld te krijgen van het moment waarop de veenvorming aanving, en de vegetatie van het omliggende landschap en de klimatologische omstandigheden die op dat moment heersten.

Het monster bevat zeer weinig microfossielen. De lithologie en de weinige foraminiferen in het monster zijn lijken te wijzen op brakwatercondities en veenvorming op een hoge kwelder. In het BioChron rapport wordt beschreven dat het veen sporen fijn tot medium kwartszand bevatten. Dit zand kan zijn ingespoeld of ingewaaid. Dit betekent dat ook de weinige foraminiferen in het veenmonster door erosie van het zand onder in het veen terecht kunnen zijn gekomen, en daarom niet *in situ* zijn.

Het veen is 11.5 ± 0.2 cal. ka. BP afgezet. Na de opwarming van het klimaat op de overgang van het Laat Glaciaal naar het Holoceen ontstaat rond 11530–11500 cal, yrs. BP een landschap met uitgestrekte berkenbossen. Deze fase staat bekend als de Friesland Fase binnen het Preboreaal.⁷ De veenafzetting vindt plaats tijdens deze Friesland Fase. Naast grote hoeveelheden berkenpollen bevat het monster veel *Botryococcus* algen, die worden aangetroffen in zoet- en brakwatermeren.

5.1.2.e

Rond 11.430–11.350 cal BP wordt de expansie van berkenbossen onderbroken door een periode met droge continentale condities en een open graslandvegetatie, de Rammelbeek Fase. Gezien de foutmarge van de C14-datering valt de Rammelbeek Fase binnen de mogelijke datering van het veen. De aangetroffen pollenassemblages zijn echter volledig congruent met de Friesland Fase.



Afbeelding 5. Schematisch overzicht van laat-glaciale vegetatie en afzetting van dekzand in Nederland (bron: Bazelmans 2021 | Hoek 2001). Tijdspanne van veendatering aangegeven met rood kader; mogelijke momenten waarop Pinus en Betula pollen in gelijke hoeveelheden aanwezig zijn en het percentage kruiden (20%) overeenkomt met het zandmonster zijn groen weergegeven

3.3. VC13-03

Foto vibrocore	Monster nr.	m -zeebodem		m -MSL		Lithologie
		Van	Tot	Van	Tot	
	VC-13-03	2.26	2.36	44.98	45.08	'Light olive grey silty fine SAND'

VC-13-03 is bemonsterd uit de top van een zandlaag. De afzettingen vertonen enige gelaagdheid met variaties in humusgehalte.

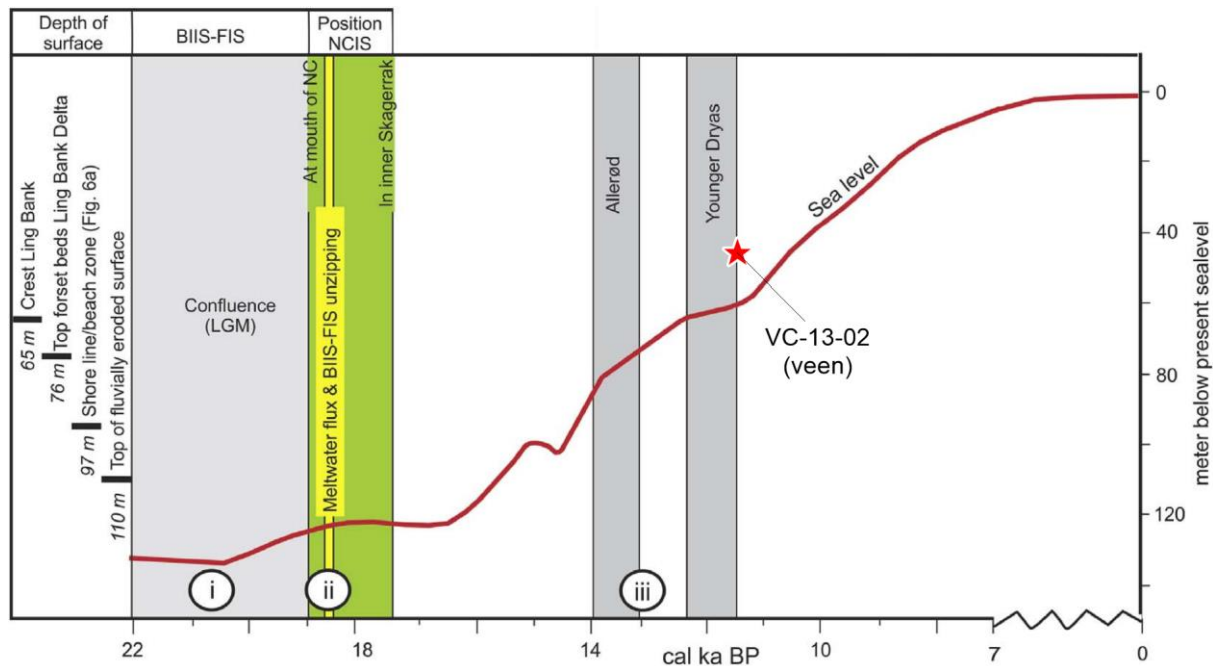
Monster VC-13-03 is, in tegenstelling tot de erboven liggende veenlaag, zeer rijk aan microfossielen. Het gaat om een fauna van kleine benthische foraminiferen met een skelet van verkit materiaal ('agglutinated' foraminifera). De soorten en hoeveelheden geagglutineerde foraminiferen in het monster zijn indicatief voor ondiep sublitoraal milieu, met eutrofe brakwatercondities. Het gelijktijdig voorkomen van *Ammotium cassis* duidt op een relatief koud klimaat, aangezien de soort zich alleen voortplant bij <8°C.

Monster V-13-03 bevindt zich slechts 8 tot 18 cm onder de basis van het veenmonster V-13-2. Van veel soorten geagglutineerde foraminiferen is bekend dat zij zich ingraven in de bodem.⁸ Ozarko (1997) meldt bijvoorbeeld over de foraminiferen fauna's die in het kustmoeras rond de Nanaimo inlet bij Vancouver worden aangetroffen: '*Most living Jadammina macrescens occur from 0-20 cm in the high marsh and from 0-11 cm in the low marsh; the main depth preference is from 2-8 cm. Most living Trochammina inflata occur between 0- 25 cm in the high marsh and from 0-20 cm in the low marsh.*' Deze soorten zijn ook in monster VC-13-03 aangetroffen. Over de meest aangetroffen soort meldt Murray (2011): '*Ammoscalaria runiana: intertidal to 6m, mainly between 3-5.5m*', en over de vrij zeldzame soort *Ammotium cassis* '*2-6 m*'.⁹

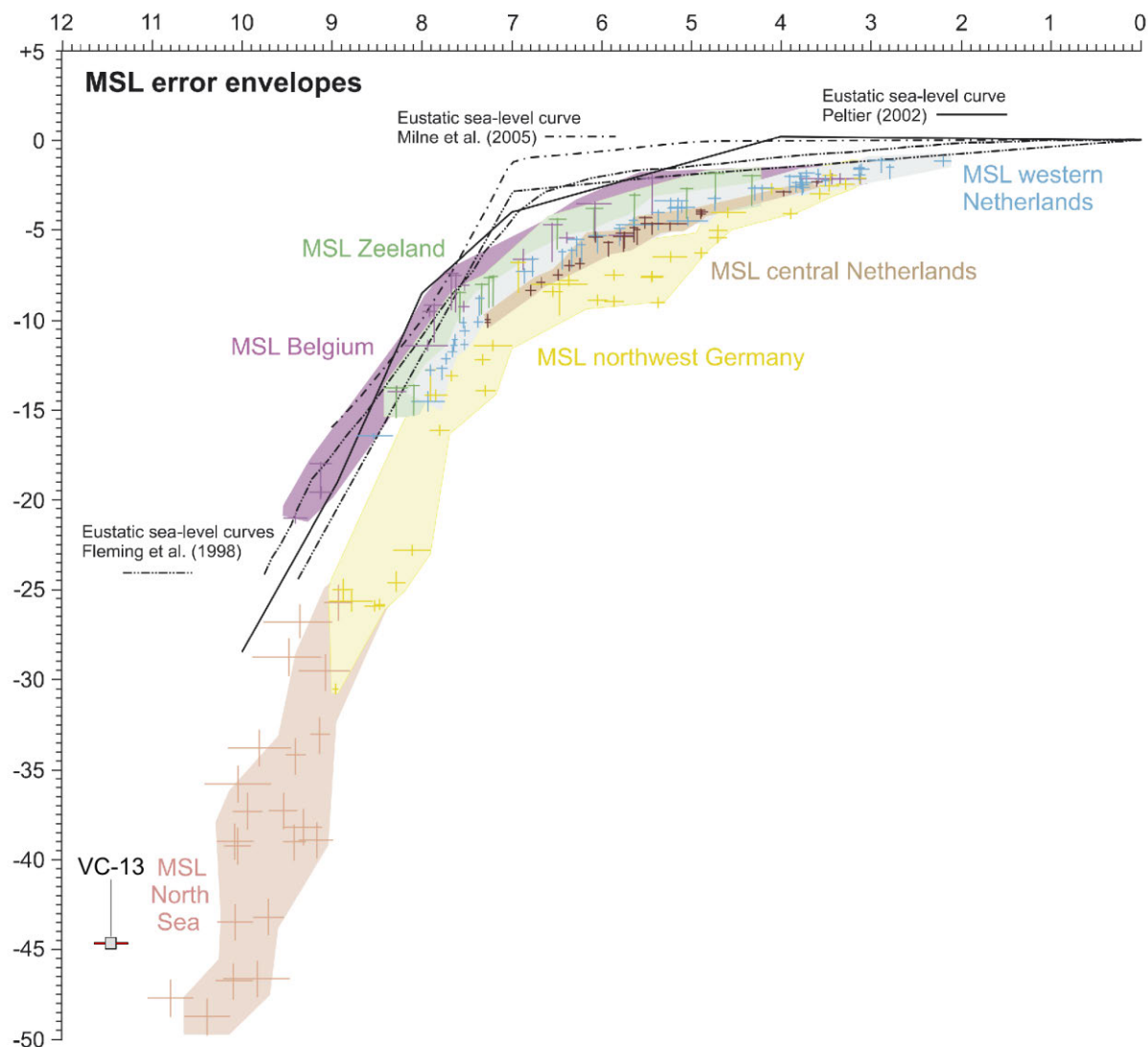
⁸ Ozarko 1997.

⁹ Murray 2011.

De foraminiferen assemblages geven een goed beeld van het aquatisch landschap voorafgaand aan de afzetting van het veen 11.5 cal. ka BP. Het moment dat er sprake was van een ondiep sublitoraal milieu, met eutrofe brakwatercondities met een fauna van de aangetroffen foraminiferen, is niet bekend. Het verklaren van een dermate hoge zeespiegel, rond -40 m MSL uitgaande van een waterdiepte van 5 m, vóór 11.5 cal. ka BP is een lastige. Volgens beschikbare zeespiegelcurves stond de zeespiegel 12 cal. ka BP rond -60 m MSL.

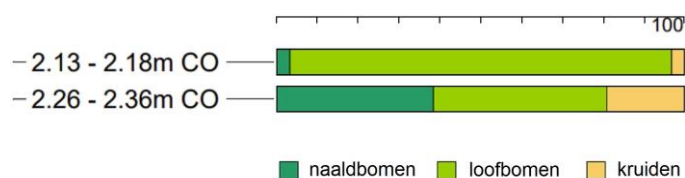


Afbeelding 6. Post-glaciale zeespiegelcurve (bron: Hjelstuen 2017 | Lambeck 2024) met een projectie van VC-13-02



Afbeelding 7. Ouderdom van de basis van de veenlaag in VC-13 (monster VC-13-02) geplote afbeelding met de geïnterpreteerde MSL bandbreedtes (bron: Vink 2009, Fig. 6)

De pollenspectra vertonen een duidelijk verschil met het veen dat tijdens de Friese Fase in het Preborea, rond 11.5 cal. ka BP is afgezet (zie afbeelding 8). Het aandeel pollen *Pinus* (den) en kruiden, waaronder *Poaceae* (grassen) en *Amaranthaceae* (Amarantenfamilie) is duidelijk hoger, en het aandeel *Betula* (berk) pollen is lager. Het gehalte aan *Pinus* (den) en *Betula* (berk) pollen is ongeveer gelijk en het percentage kruidenpollen ligt rond 20% van het totaal.



Afbeelding 8. Samenvatting van pollenassemblages van VC13-02 (veen; boven) en VC13-03 (zand; onder)

Het relatief lage percentage kruidenpollen vormt een aanwijzing dat het zand niet is afgezet tijdens extreem koude klimatologische omstandigheden in de kustzone van een subarctisch parklandschap.

De pollenassemblages corresponderen meer met de eindfase van het Allerød interstadiaal, rond 13.0 cal. ka BP, of de eindfase van het Jonge Dryas, circa 11.9 cal. ka BP (zie groene annotaties in afbeelding 5) en een open landschap met gemengde berken-dennenbossen en hogere gronden een vegetatie van grassen (*Poaceae*) en kruidachtige planten van de Amarantenfamilie (*Amaranthaceae*).

Waar de foraminiferen het bewijs vormen dat wij met ondiepe kustafzettingen te maken hebben, wijzen de algen (*Pediastrum* en *Zygnema*) in het sediment op een influx van zoet water vanuit het achterland. Het pollen en de algen kunnen daadwerkelijk het landschap ten tijde van de afzetting van het sediment (zand) weerspiegelen (Allerød, rond 13.0 of Jonge Dryas rond 11.9 cal. ka BP), waar de foraminiferen representatief zijn voor het aquatisch landschap vóór de afzetting van het veen. De fijnzandige afzettingen bestaan vermoedelijk uit verspoeld dekzand. Dekzanden zijn Laat-Glaciaire eolische afzettingen die tot het Laagpakket van Wierden binnen de Formatie van Bortel worden gerekend.

3.4. VC13-04

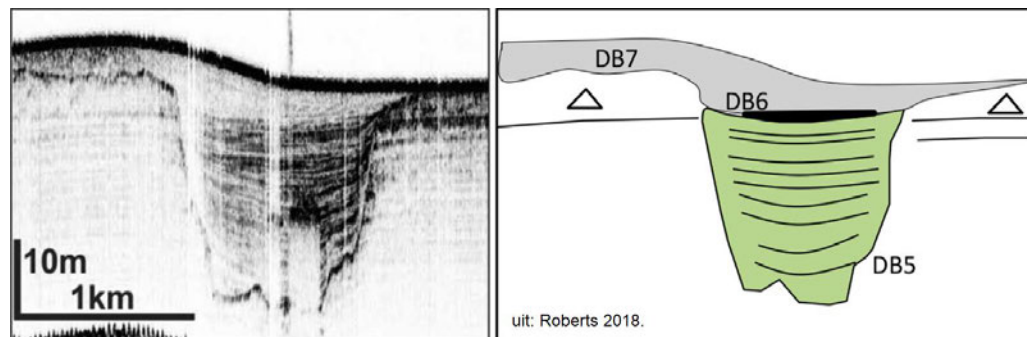
Foto vibrocore	Monster nr.	m -zeebodem		m -MSL		Lithologie
		Van	Tot	Van	Tot	
	VC-13-04	4.86	5.01	47.58	47.73	'Light olive grey silty fine SAND'

VC13-04 is bemonsterd uit het onderste deel van de vibrocore; een deel waar binnen een verder vrij homogene opeenvolging van fijn zand laminae en lensjes van organisch materiaal voorkomen. Plantenresten uit de laagjes organisch materiaal zijn gedateerd. De ouderdom van de plantenresten is door middel van C14-datering vastgesteld op 43.5 ka $\pm$ 0.9 cal. ka. BP. Deze ouderdom valt in het Midden-Pleniglaciaal, voorafgaand aan het Hengelo interstadiaal. C14-dateringen groter dan 40 cal. ka in het Noordzeegebied zijn echter niet altijd betrouwbaar. Als de datering van 43.5 ka juist zou zijn, dan was het extreem koud en het landschap een steppetoendra of poolwoestijn. Het pollenspectrum wijst echter op een landschap met een boreale vegetatie van dichte dennenbossen *Pinus* (den) en loofbomen, zoals *Quercus* (eik), *Corylus* (hazelaar), *Tilia* (linde) en *Ilex* (hulst).

Veel pollenmateriaal is beschadigd, vermoedelijk door transport door water over grote afstand en/of in een hoogenenergetisch milieu. Tijdens het transport over grote afstand kan erosie van oudere (veen)lagen of bodems zijn opgetreden. Veenlagen en bodems die bijvoorbeeld tijdens één van de interstadialen in het Vroeg Glaciaal zijn gevormd, en het daarbij behorende pollen van 'warme' soorten zoals de eik (*Quercus*) bevatten.

Om inzicht te krijgen van de lithostratigrafische context van de zanden waaruit VC-13-04 is bemonsterd geeft afbeelding 10 een beeld van de paleogeografische constellatie van het Noordzeegebied 30 tot 25 ka BP.¹⁰ In deze afbeelding is te zien dat ten noordwesten van de locatie van vibrocore VC-13 een groot glaciaal meer ('Dogger Lake') is gekarteerd, dat zich voor het Laat-Glaciale ijsfront bevindt. In de publicatie van Roberts is een profiel opgenomen waarin de fluvioglaciale afzettingen duidelijk naar voren komen. In het zuidwesten van het profiel zijn van onder naar boven mariene afzettingen van de Egmond Grounds Formatie (DB1), glaciolacustriene/outwash? afzettingen van de Basal Dogger Bank Formatie (DB3c), subhorizontaal gelaagde glaciolacustrine Older/Lower Dogger Bank Formatie (DB3b), subglaciale geulen die zijn opgevuld met glaciolacustriene en postglaciale mariene afzettingen van de Botney Cut Formatie (DB5) en mariene zanden van de huidige zeebodem (DB7) gekarteerd.¹¹ In zijn publicatie vermeldt Roberts dat de geulopvullingen van DB5 plaatselijk zijn afgedekt door terrestrische/estuariene holocene afzettingen van veen (zie afbeelding 9).

Vibrocore VC-13 bevindt zich 27 kilometer ten oostzuidoosten van het uiterste zuidoostelijke deel van profiel SB1. De zeebodem ligt hier rond 42 m -MSL. Afzettingen van het Western Mudhole Laagpakket (DB7) vormen een zeer dunne laag of zijn zelfs afwezig. De opeenvolging van subhorizontaal gelaagde glaciolacustriene afzettingen van de Older/Lower Dogger Bank Formatie (DB3b) is hier ruim 8 meter dik en komt dicht onder de zeebodem voor. In de top van DB3b zijn geulinsnijding gekarteerd (DB5) die zijn opgevuld met glaciolacustriene en postglaciale mariene afzettingen van de Botney Cut Formatie. De diepte van de geulinsnijdingen varieert van minder dan 1 meter tot iets meer dan 3 meter. Mogelijk gaat het hier om dezelfde geulsystemen die in het pijpleidingtracé voorkomen. Bijvoorbeeld tussen KP3.0 en KP4.5.¹²

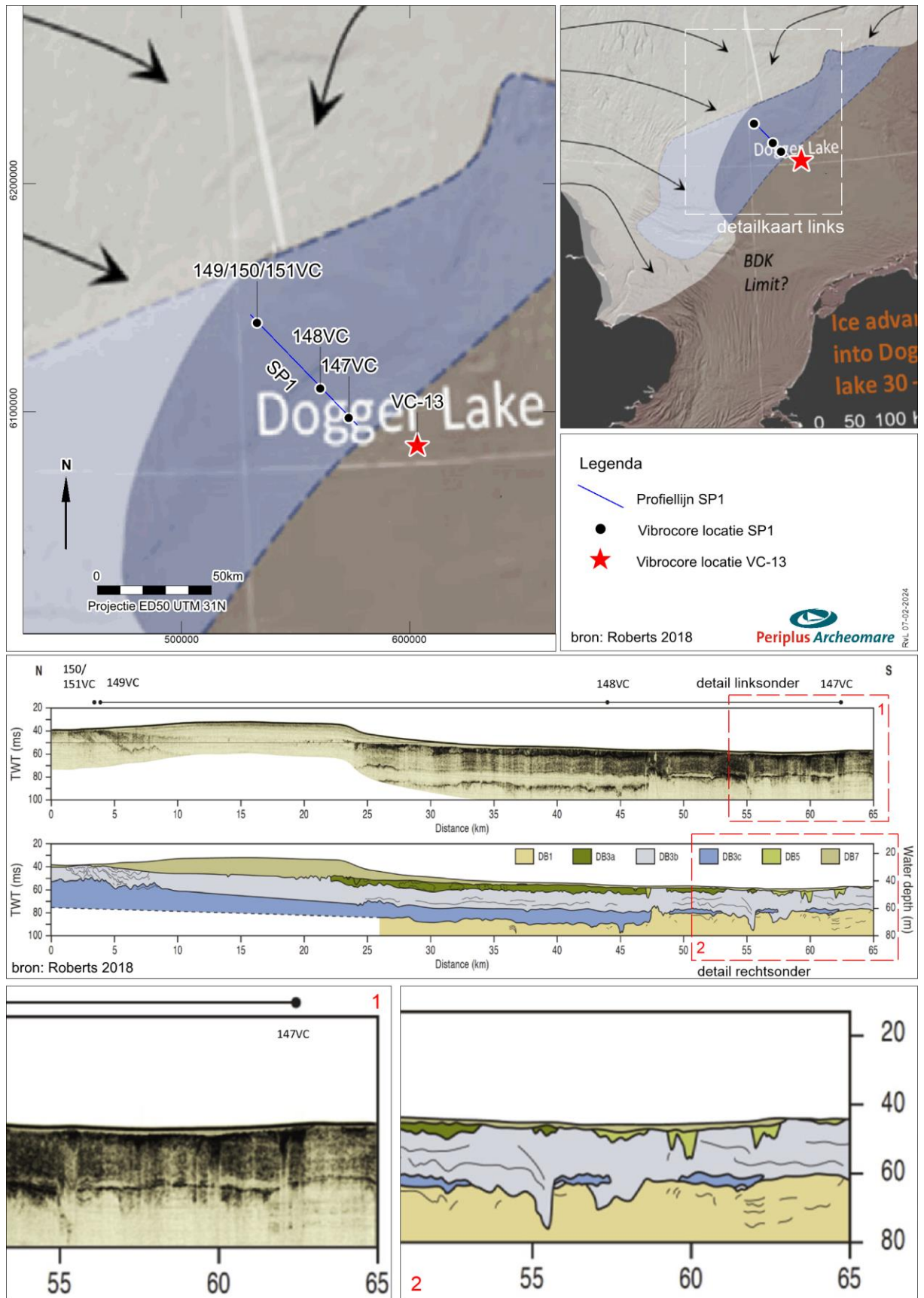


Afbeelding 9. Geul met een opvulling gelaagde opvulling van het Botney Cut Laagpakket (DB5) met een afdekking van holoceen veen (DB6)

5.1.2.e

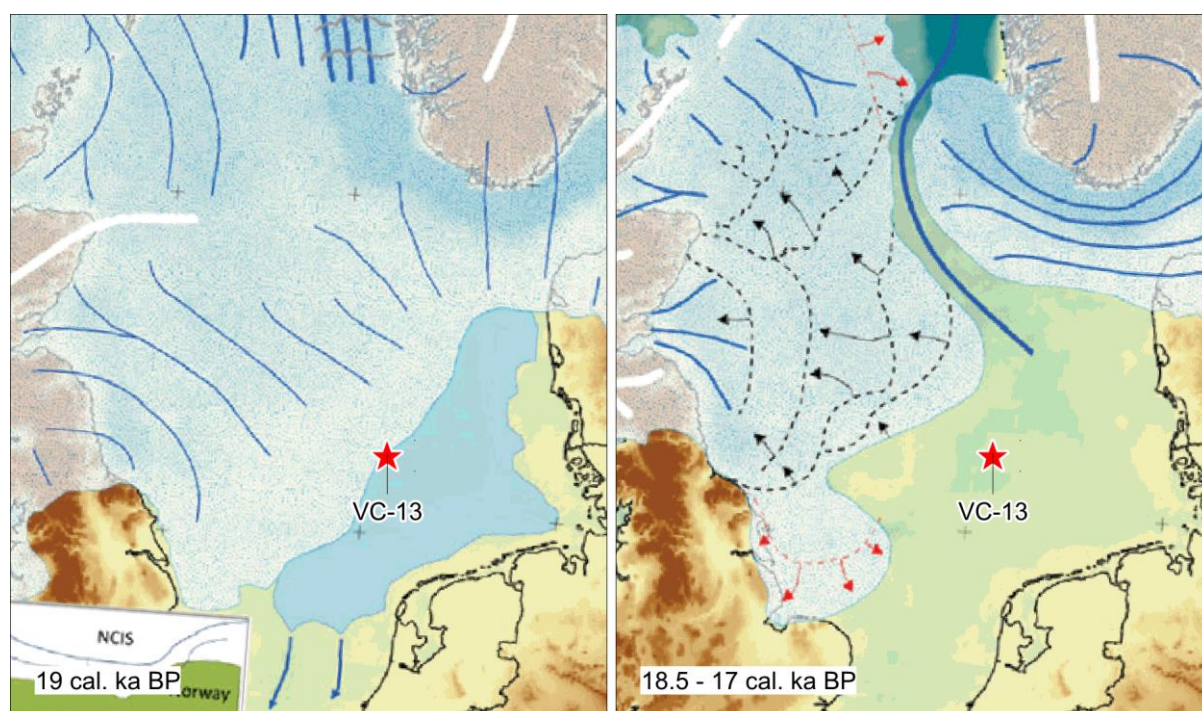
¹¹ De lithostratigrafische classificatie van deze eenheden is niet geheel conform de Nederlandse. In de nomenclator van het DINO-Loket worden deze afzettingen geassocieerd als de Dogger Bight Formatie met een onderverdeling in de laagpakketten: Botney Cut (glaciale dalvulling), Doggerbank (glaciolacustriene klei), Volens (jongste dalvullingen), Bolders Bank (keileem) en Well Ground (glaciofluviatieel zand).

¹² Gardline Report 53794.3; Figure 2.6.



Afbeelding 10. Dogger Lake 30 – 25 ka BP. Overzicht, seismisch profiel en geologische interpretatie van het seismische profiel (bron: Roberts 2018)

Vibrocore VC-13 is gezet op de rand van een geul. VC-13-04 kan daarom afzettingen van de geulopvulling zelf of van het sediment waarin de geul zich heeft ingesneden bevatten. Wij gaan uit van het laatste. Dit zou kunnen betekenen dat de zanden op dit niveau (47.58 tot 47.73 m -MSL) bestaan uit de subhorizontaal gelaagde glaciofluviale afzettingen. Tijdens het Laat Glaciaal bevond zich ten zuiden van het landijs een groot gletsjermeer (zie).¹³ De locatie van VC-13 bevindt zich op enig moment in dit meer, volgens een publicatie van Serjup uit 2016 rond 19 cal. ka. BP zelfs dicht bij het ijsfront. Doordat het landijs zich tussen 18.5 en 17 cal. ka. BP terugtrekt, vormt zich een corridor, de 'Ling Bank drainage channel' waardoor volledige drainage van het meer optreedt. Na de drainage is vermoedelijk dekzand van het Laagpakket van Wierden afgezet en lokale beekafzettingen van het Laagpakket van Singraven. Mogelijk vond afwatering plaats via bestaande subglaciale dalen.



Afbeelding 11. De aanwezigheid van een groot gletsjermeer en de aanvang van het 'instorten' van de landijskap (links) gevolgd door terugtrekking van het ijsfront, de vorming van de Ling Bank drainage channel en drainage van het gletsjermeer (rechts); bron: Serjup 2016.

5.1.2.e

4. Beantwoording onderzoeksvragen

Op basis van de resultaten van de geanalyseerde sedimentmonsters uit vibrocore VC-13 worden de onderzoeksvragen beantwoord.

Microfossielen en diatomeeën

Welke soorten zijn in elk van de drie monsters aangetroffen?

Foraminiferen zijn in monster VC-13-01 (klei) en VC13-03 (top zand, direct onder veenlaag) aangetroffen.

Monster VC-13-01 (klei) bevat verschillende typen benthische foraminiferen; zowel soorten met een kalkskelet als soorten met een skelet van verkitte zandkorrels, organisch materiaal of fragmenten van diatomeeën (= geagglutineerde foraminiferen) komen algemeen voor.

Monster VC13-03 (top zand, direct onder veenlaag) bevat uitsluitend geagglutineerde foraminiferen.

De monsters bevatten slechts zeer weinig diatomeeën en ostracoden. Te weinig om bij te dragen aan de beantwoording van deze onderzoeksvragen.

Wat kan worden gezegd over de soortenrijkdom, de absolute hoeveelheden en verhoudingen?

Het aantal foraminiferen en de rijkdom aan soorten is in beide monsters groot (zie).

monsternr.	lithologie	aantal per 100g (aantal soorten)	
		kalkskelet	geagglutineerd
VC-13-01	zandige klei	1272 (22)	837 (7)
VC-13-03	siltig fijn zand	- (-)	1325 (9)

Tabel 4. Foraminiferen: hoeveelheden en soortenrijkdom

Monster VC-13-01 (klei) bevat een grote verscheidenheid aan soorten met een kalkskelet van de geslachten *Ammonia* en *Elphidium*, waaronder zeer grote aantallen *A. batava*, *A. fsobeccarii* en *A. tepida*. Van de geagglutineerde foraminiferen is *Ammoscalaria runiana* (768 per 100 g) het meest aangetroffen.

Monster VC-13-03 (top zand, direct onder veenlaag) een grote hoeveelheid benthische geagglutineerde foraminiferen, met *Ammoscalaria runiana* als dominante soort en algemeen voorkomen soorten als *Ammoscalaria pseudospiralis* en *Jadammina spp.*

Wat vertellen de microfossielen en diatomeeën over het aquatische milieu waarin de sedimenten zijn afgezet?

De zandige klei (VC-13-01) is afgezet in ondiep marien getijdenmilieu, mogelijk met een influx van zoet water, zoals bijvoorbeeld het geval is nabij de monding van een rivier. Het spectrum aan foraminiferen bevat soorten die kenmerkend zijn voor waterdiepten die uiteenlopen van kwelders tot waterdiepten van 30 meter of meer.

Het siltige fijne zand (VC-13-03) is in eerste instantie vermoedelijk door de wind afgezet als dekzand. De top van het dekzand is verspoeld tijdens de vorming van een ondiep sublitoraal milieu met eutrofe brakwatercondities. De dominante soort *Ammoscalaria runiana* prefereert als leefomgeving een getijdengebied met waterdieptes tot 6 m; overwegend tussen 3 en 5.5 m. Het voorkomen van *Ammotium*

cassis duidt op een relatief koud klimaat, aangezien de soort zich alleen voortplant bij temperaturen onder de 8°C.

Palynomorfen

Welke soorten zijn in elk van de vier monsters aangetroffen?

Het spectrum aan palynomorfen dat is aangetroffen in de vier monsters loopt uiteen. De verhouding van pollen van naaldbomen en pollen van loofbomen, en de verhouding van boompollen en kruiden verschilt per bemonsterd interval.

Wat kan worden gezegd over de soortenrijkdom, de absolute hoeveelheden en verhoudingen?

In monster VC-13-01 (klei) vormt pollen van *Pinus* (den) het grootste aandeel. Pollen van *Corylus* (hazelaar) en *Quercus* (eik) is algemeen. Kleinere hoeveelheden pollen van *Betula* (berk), *Cupressaceae* (cypres), *Alnus* (els), *Ericaceae* (heide) en *Amaranthaceae* (amarant) zijn eveneens aangetroffen.

In monster VC-13-02 (veen) vormt pollen van *Betula* (berk) veruit het grootste aandeel. Pollen van *Pinus* (den) is nauwelijks aanwezig in het monster. Uitgezonderd een kleine hoeveelheid *Betula nana* (dwergberk) is maar zeer weinig pollen van andere loofbomen aanwezig. Het monster bevat wel veel resten van schimmels.

Monster VC-13-03 (top zand) bevat gelijke hoeveelheden pollen van *Betula* (berk) en *Pinus* (den). Pollen van *Corylus* (hazelaar) en *Quercus* (eik) is niet aangetroffen; *Alnus* (els) in geringe hoeveelheden. Het aandeel van *Poaceae* (grassen) en *Amaranthaceae* (amarant) pollen is ongeveer 20 % van het totaal. Schimmeldraden komen veel voor. Deze zijn gerelateerd aan het bovenliggende vegetatiedek.

Monster VC-13-04 (zand met laminae organisch materiaal) bevat uitsluitend boompollen; pollen van kruidachtigen is niet aanwezig. Veel pollenkorrels zijn beschadigd. *Pinus* (den) is dominant. Pollen van loofbomen zoals *Quercus* (eik), *Corylus* (hazelaar), *Tilia* (linde) en *Ilex* (hulst) komt voor in kleine hoeveelheden. Daarnaast is pollen van *Tuga* (hemlockspar) en *Taxodiaceae* (cipressen).

Wat vertellen de palynomorfen over de vegetatie van het omringende landschap en het heersende klimaat ten tijde van de afzetting?

De zandige klei (VC-13-01) is afgezet in een ondiep marien getijdenlandschap. Het omringende landschap was begroeid met gemengde bossen van loofbomen *Corylus* (hazelaar), *Quercus* (eik), *Betula* (berk) en naaldbomen *Pinus* (den). Het klimaat was gematigd tot gematigd-koel. De pollenassemblages wijzen op afzetting van de klei rond de overgang van het Boreaal naar het Atlanticum, rond 8.7 cal. ka BP, is afgezet.

Het veen (VC-13-02) is afgezet aan de rand van een landschap met uitgestrekte berkenbossen. Andere boomsoorten kwamen bijna niet voor. Deze vegetatie is zeer kenmerkend voor de Friesland Fase, circa 11.5 tot 11.4 cal. ka. BP, een periode aan het eerste begin van het Holoceen, circa 11.5 tot 11.4 cal. ka. BP, waarin de zomertemperaturen stegen en de zeespiegel snel steeg. De extreem koude omstandigheden van het Jonge Dryas waren voorbij, maar het klimaat was nog steeds koud.

Het zand (VC-13-03) is vermoedelijk als dekzand afgezet tijdens het Laat Glaciaal. Het landschap was open met gemengde bossen van *Pinus* (den) en *Betula* (berk) en een lage vegetatie van kruiden en grassen. Het vegetatiepatroon lijkt te passen bij een klimatologische verandering, zoals de eindfase van het Allerød rond 13 cal. ka. BP, of de eindfase van het Jonge Dryas naar Preboreaal, rond 11.9 cal. ka. BP.

C14-dateringen

Wat is de ouderdom van de afzettingen?

De C14-dateringen zijn in onderstaande tabel samengevat.

Monster nr.	Materiaal	m -zeebodem		m -MSL		¹⁴ C-datering Cal yrs BP	Waarschijnlijkheid %
		Van	Tot	Van	Tot		
VC-13-02	Veen	2.13	2.18	44.85	44.90	11652 – 11279	88.9%
						11705 – 11663	6.5%
VC-13-04	Plantresten	4.86	5.01	47.58	47.73	44290 - 42647	95.4%

Tabel 5. Koolstofdateringen

Zijn de aangetroffen pollenassembles in overeenstemming met C14-dateringen?

De pollenassembles in veenmonster VC-13-02 wijst op een landschap met uitgestrekte bossen van *Betula* (berk) met *Betula nana* (dwergberk) als sterk dominante vegetatie. Dit beeld is volledig in overeenstemming met de ¹⁴C-datering van 11.5 cal. ka. BP.

De pollenassembles van laminae met plantenresten in het monster van siltig zand, VC-13-04, wijst op een landschap met dichte gemengde bossen met loofbomen en den, met weinig kruiden. Het klimaat is gematigd. De pollenassembles is in het geheel niet in overeenstemming met de ¹⁴C-datering van 43.5 cal. ka. BP. Deze datering wijst op een zeer koude periode in het Midden Pleniglacial, na het Moershoofd interstadiaal (toendra vegetatie) en voor het Hengelo interstadiaal (struik- en steppetoendra met dwergberk). Tijdens deze periode was het landschap een poolwoestijn. De ouderdom van 43.5 cal. ka. BP is waarschijnlijk onjuist. Het pollenmateriaal is beschadigd en vertoont sporen van transport over grote afstand en/of in een hoogenergetisch milieu, en wordt deels als geremanieerd geïnterpreteerd. Het is daarom ook niet aangetoond dat het fijnkorrelige siltige zand met laminae van organisch materiaal tijdens de laatste fase van Eemien of een interstadiaal in het Vroeg Weichselien zijn afgezet. Op basis van geologische informatie interpreteren wij de zanden als Laat-Glaciaal glaciofluviale afzettingen in een groot proglaciaal meer, of als zanden die de drainage van het dit meer rond 18 cal ka BP markeren.

Monster nr.	Materiaal	¹⁴ C-datering		Pollen	Overeenkomst ¹⁴ C en pollen?
		Cal ka BP	Chronozone	Chronozone	
VC-13-02	Veen	11.5	Preborea Friesland Fase	Preborea Friesland Fase	Ja
VC-13-04	Plantresten	43.5	Midden Pleniglacial	Laatste fase Eemien of Interglacial in Vroeg Weichselien	Nee

Tabel 6. Vergelijking van pollenassembles met ¹⁴C-datering

NSPRMF

Tot welke lithostratigrafische eenheden worden de onderzochte sedimenten gerekend?

De interpretatie van de lithostratigrafische eenheden is in onderstaande tabel samengevat.

Monster nr.	m -zeebodem		m -MSL		Lithologie	Lithostratigrafie	
	Van	Tot	Van	Tot		Formatie	Laagpakket Laag
VC-13-01	0.83	0.88	43.55	43.6	zandige klei	Naaldwijk	Wormer
VC-13-02	2.13	2.18	44.85	44.9	Veen	Nieuwkoop	Basisveen
VC-13-03	2.26	2.36	44.98	45.08	fijn zand	Boxtel	Wierden (verspoeld)
VC-13-04	4.86	5.01	47.58	47.73	siltig fijn zand laminae organisch materiaal	Dogger Bight?	-

Afbeelding 12. Indeling van sedimenten naar lithostratigrafische eenheden

Hoe verhoudt de ouderdom van de veenlaag (VC-13-02) op 2.13 tot 2.18 m - zeebodem (= 44.42 tot 44.46 mLAT | 44.85 tot 44.90 mMSL) zich tot beschikbare zeespiegelcurves?

De veenlaag is ouder dan op basis van beschikbare zeespiegelcurves verwacht zou worden. In de top van de onderliggende zanden is een rijke fauna van geagglutineerde foraminiferen aangetroffen die wijzen op een kustnabij sublitoraal milieu met waterdiepten rond 5 m. Het veen wordt daarom geïnterpreteerd als kustveen en niet als hoogveen dat in een zoetwatermeer, -ven of -moeras is afgezet bij een veel lagere zeespiegelstand. De timing van de afzetting van het veen wordt zowel door de ¹⁴C datering als de pollenassemblage geplaatst rond 11.5 cal. ka. BP in de vroegste fase van het Holocene: de Friesland Fase aan het begin van het Preboreaal. Wij gaan ervan uit dat deze datering juist is, en dat de zeespiegel rond deze 11.5 cal. ka. daadwerkelijk rond 45 m -MSL stond.

Voor het huidige onderzoek is slechts één veenmonster geanalyseerd en gedateerd. Toekomstig onderzoek kan de uitkomsten van het onderzoek in context plaatsen. De resultaten van het huidige onderzoek vormen hiervoor in ieder geval een mooi aanknopingspunt.

Welke inzichten bieden de uitkomsten van het onderzoek over:

- *de Laat Pleistocene verandering in de topografie van het landschap en drainage van rivieren?*

Op basis van beschikbare bronnen is bekend dat de vibrocore locatie van VC-13 tijdens het Laat Glaciaal deel uitmaakte van een proglaciaal meer aan ten zuidoosten van de Brits-Ierse ijskap. Terugtrekking van het landijs leidde rond 18 cal. ka. geleden tot de vorming van een corridor tussen de Fennoscandische en Brits-Ierse ijskap, waardoor in noordelijke richting drainage van het meer plaatsvond en het meer droog viel. Relicten van deze gebeurtenis zouden in het sediment bewaard kunnen zijn gebleven, zoals bijvoorbeeld het zandmonster VC-13-04, wat sterk geabradeerd pollen bevat.

- *de ontwikkeling van het landschap tijdens het Weichselien?*

Laat-glaciale terrestrische afzettingen en de overgang naar het Holocene zijn in de sedimentaire opeenvolging bewaard gebleven. De analyses van het veen en de top van het onderliggende zand vormen een indicatie dat het veen dat binnen de pijpleidingroute van F06 naar F2-A-Hanze in meerdere DINO-boringen en één vibrocore (VC-13) van het huidige project is aangetroffen, tijdens de vroegste fase van het Holocene, 11.5 cal. ka. BP, tijdens de Friese Fase aan het begin van het Preboreaal, is afgezet. Dit zou betekenen dat de diepere delen van de Oestergronden al aan het

begin van het Holoceen, en mogelijk al tijdens de laatste fase van het Jonge Dryas, te maken kregen met een mariene inundatie.

- *de paleogeografische ontwikkeling na het Last Glacial Maximum (LGM)?*

Het onderzoek was te beknopt om deze vraag te beantwoorden. Bovendien hebben de diverse analyses van het diepste monster, VC-13-04, tegenstrijdige resultaten opgeleverd:

- ^{14}C -datering van plantmateriaal is $43.5 \text{ ka} \pm 0.9 \text{ cal. ka. BP}$ (poolwoestijn; Midden Pleniglacial)
- pollenanalyses wijzen op een bosvegetatie die wij kennen uit de laatste fase van het Eemien of één van de interstadialen uit het Vroeg Weichselien;
- de geogenese van het gebied maakt de aanwezigheid van fluvioglaciale afzettingen uit het Laat Glaciaal het meest aannemelijk.

Het lijkt er in ieder geval op dat fluvialacustriene en glaciofluviatiele afzettingen van na het LGM bewaard zijn gebleven. Toekomstig onderzoek zou meer details kunnen bieden over het ontstaan en de drainage van het proglaciale meer ten zuidoosten van de Brits-Ierse ijskap. Het huidige onderzoek heeft aangetoond, dat Laat-Glaciale afzettingen veel ondieper voorkomen dan op basis geologische bronnen verwacht werd. Dit betekent dat de top van de pleistocene sequentie op veel plaatsen met een vibrator kan worden bemonsterd. Voor eventueel toekomstig onderzoek van de zandige afzettingen, zoals monster VC-13-04, zou daarom overwogen kunnen worden om deze te dateren met OSL.

5. Conclusies

Het onderzoek van vibrocore VC-13 heeft waardevolle inzichten opgeleverd over de evolutie van het prehistorische landschap op de overgang van het Laat Glaciaal naar het Vroeg Holocene.

VC-13-01 is een monster uit zandige klei. De klei is op de overgang van het Boreaal naar het Atlanticum, circa 8.7 cal. ka. BP, afgezet in ondiep marien getijdenmilieu. Er is sprake van een influx van zoet water, bijvoorbeeld vanuit een nabijgelegen riviermonding. Het landschap kent een vegetatie van gemengde bossen met loofbomen *Corylus* (hazelaar), *Quercus* (eik), *Betula* (berk) en naaldbomen *Pinus* (den).

In het pijpleidingtracé van F06 naar F2-A-Hanze is rond 11.5 cal. ka. BP veen afgezet. Het geanalyseerde monster (VC-13-02) is afkomstig uit de basis van een veenlaag op 2.13 tot 2.18 meter onder de zeebodem (= 44.85 tot 44.85 m -MSL). De analyses van het veen geven een indicatie van het moment waarop de zeespiegel zo ver was gestegen dat lokaal kustveen werd afgezet. De datering van het veen valt samen met de vroegste fase van het Preboreaal aan het begin van het Holocene: de Friese Fase. Het klimaat was koud; het landschap begroeid met uitgestrekte berkenbossen. Het spectrum van pollen dat in het veen is aangetroffen ondersteunt de ¹⁴C-datering | Friese Fase volledig.

Beschikbare zeespiegelcurves plaatsen de hoogte van de zeespiegel aan het begin van het Holocene rond 60 m -MSL, ongeveer 15 meter beneden de huidige (!) diepte waarop het veen is bemonsterd. De oorzaak van dit verschil is onduidelijk. Als de datering van het veen juist is, betekent dit dat grote delen van de Oyster Grounds eerder te maken kregen met de vroeg-holocene transgressie dan tot dusver gedacht.

Het zand dat dicht onder de basis van het veen is bemonsterd (VC-13-03) wordt geïnterpreteerd als verspoeld dekzand. Het monster bevat een rijke fauna van geagglutineerde foraminiferen. De dominante soort, *Ammoscalaria runiana*, prefereert een ondiep sublitoraal milieu met waterdieptes tussen de 3 en 5.5 meter. Mariene inundatie heeft al vóór de veenvorming plaatsgevonden. Het pollenspectrum wijst op een laat-glaciaal open landschap met gemengde bossen van *Pinus* (den) en *Betula* (berk), *Poaceae* (grassen) en kruidachtige planten uit de *Amaranthaceae* familie (Amaranten). Een vegetatie zoals wij die bijvoorbeeld kennen uit de eindfase van het Jonge Dryas, rond 11.9 cal. ka. BP. Verspoeling van het dekzand kan evenwel hebben geleid tot een verstoord beeld, waarbij pollen dat in het sediment is ingevangen tijdens de initiële afzetting van het dekzand is vermengd met pollen dat op een later moment tijdens verspoeling van het dekzand in het sediment terecht is gekomen.

De analyses van het zand met laminae van organisch materiaal op 5 meter onder de zeebodem (VC-13-04) geven een tegenstrijdig beeld. De ¹⁴C-datering van 43.5 cal. ka. BP valt in een extreem koude periode in het Midden Pleniglaciaal. Uit de literatuur is bekend dat Nederland op dat moment deel uitmaakt van een poolwoestijn. Het pollen dat in het zandmonster is aangetroffen is afkomstig van loof- en naaldbomen, die kenmerkend zijn voor relatief 'warme' perioden zoals de laatste fase van het Eemien en de interstadialen uit het Vroeg Weichselien. De geogenese van het gebied daarentegen maakt de aanwezigheid van glaciofluviale afzettingen van de Dogger Bight Formatie uit het Laat Glaciaal op deze diepte en dit stratigrafische niveau aannemelijk. Een eenduidige interpretatie van de afzettingen in dit monster is daarom helaas niet mogelijk.

6. Advies

Wij adviseren om geen aanvullend archeologisch onderzoek uit te voeren in het kader van de geplande aanleg van de pijpleiding en umbilical van F06 naar F2-A-Hanze en aanverwante infrastructuur. Het huidige onderzoek naar de ontwikkeling van het prehistorische landschap was de laatste stap in het archeologische proces, dat hierbij wordt afgesloten.

De resultaten van het huidige onderzoek hebben waardevolle inzichten opgeleverd over de evolutie van het prehistorische landschap op de overgang van het Laat Glaciaal naar het Vroeg Holoceen. Het onderzoek roept nieuwe vragen op en biedt tegelijkertijd aanknopingspunten voor eventuele toekomstige wetenschappelijke onderzoeken.

Enkele denkrichtingen voor toekomstig onderzoek:¹⁴

1. Siltige fijne zanden waar VC-13-04 uit is bemonsterd
 - Wat is de ouderdom en het afzettingsmilieu van deze fijnzandige eenheid?
 - > sedimentpetrografie en OSL-datering
2. Fijne dekzanden onder de Basisveen Laag
 - Wanneer is dit fijne zand oorspronkelijk afgezet?
 - Wanneer is dit zand verspoeld?
 - > sedimentpetrografie en OSL-datering
3. Basisveen
 - Bevestigen toekomstige onderzoeken de ouderdom van 11.5 cal. ka. BP rond 45 m- MSL?
Zo ja:
 - Wat zegt dit over de zeespiegelstand en het moment van inundatie van de Oyster Grounds?
 - > ¹⁴C-datering, macroresten- en palynomorfenonderzoek van veenmonsters;
bijvoorbeeld door van een (liefst dikke) veenlaag van onder naar boven meerdere monsters te analyseren (macroresten- en palynomorfen) en de ouderdom van de basis en de top vast te stellen.

¹⁴ NB: dus niet in het kader van de aanleg van de pijpleiding en umbilical van F06 naar F2-A-Hanze en aanverwante infrastructuur en bijbehorende vergunningentraject.

Lijst met afbeeldingen

Afbeelding 1. Ligging van het plangebied en de nabijgelegen olie- en gasvelden.....	5
Afbeelding 2. Locatie VC-13	8
Afbeelding 3. VC-13 log (bron: Gardline Report 53794.3 – draft – uitsnede van Alignment sheet 4B of 5) ..	8
Afbeelding 4. Foto van vibrocore VC-13. Rood kruis: delen van de kern die al zijn gebruikt voor destructief laboratoriumonderzoek. Wit kader met nummer: sedimenten die zijn bemonsterd voor onderzoek van het prehistorische landschap (foto: Gardline; aanduiding van monsterintervallen: Periplus Archeomare).	11
Afbeelding 5. Schematisch overzicht van laat-glaciale vegetatie en afzetting van dekzand in Nederland (bron: Bazelmans 2021 Hoek 2001). Tijdsperiode van veendatering aangegeven met rood kader; mogelijke momenten waarop Pinus en Betula pollen in gelijke hoeveelheden aanwezig zijn en het percentage kruiden (20%) overeenkomt met het zandmonster zijn groen weergegeven	15
Afbeelding 6. Post-glaciale zeespiegelcurve (bron: Hjelstuen 2017 Lambeck 2024) met een projectie van VC-13-02	17
Afbeelding 7. Ouderdom van de basis van de veenlaag in VC-13 (monster VC-13-02) geplot een afbeelding met de geïnterpreteerde MSL bandbreedtes (bron: Vink 2009, Fig. 6)	18
Afbeelding 8. Samenvatting van pollenassemblages van VC13-02 (veen; boven) en VC13-03 (zand; onder)	18
Afbeelding 9. Geul met een opvulling gelaagde opvulling van het Botney Cut Laagpakket (DB5) met een afdekking van holocene veen (DB6)	21
Afbeelding 10. Dogger Lake 30 – 25 ka BP. Overzicht, seismisch profiel en geologische interpretatie van het seismische profiel (bron: Roberts 2018)	22
Afbeelding 11. De aanwezigheid van een groot gletsjermeer en de aanvang van het ‘instorten’ van de landijskap (links) gevolgd door terugtrekking van het ijsfront, de vorming van de Ling Bank drainage channel en drainage van het gletsjermeer (rechts); bron: Serjup 2016.....	23
Afbeelding 12. Indeling van sedimenten naar lithostratigrafische eenheden	27

Lijst met tabellen

Tabel 1. Administratieve gegevens van het onderzoeksgebied	2
Tabel 2. Onderzoeksthema's en onderwerpen uit de NSPRMF	9
Tabel 3. Vier sedimentenmonsters uit VC-13 en de met de voorgestelde onderzoeksmethodieken	12
Tabel 4. Foraminiferen: hoeveelheden en soortenrijkdom	24
Tabel 5. Koolstofdateringen	26
Tabel 6. Vergelijking van pollenassemblages met ¹⁴ C-datering	26

Verklarende woordenlijst en toelichting afkortingen

Term	Omschrijving
<i>Antropogeen</i>	Door menselijk handelen
<i>Allerød</i>	Het <i>Allerød</i> -interstadiaal is warme en nattere periode tijdens het laatste glaciaal (Ijstijd) dat duurde van 13.90 tot 12.85 kjaar kjaar BP.
<i>interstadiaal</i>	
<i>Atlanticum</i>	Warme en neerslagrijke periode in het <i>Holoceen</i> (8.7 tot 5.7 cal. ka. BP)
<i>Bølling</i>	Het <i>Bølling</i> -interstadiaal is warme en nattere periode tijdens het laatste glaciaal (Ijstijd) dat duurde van 14.65 tot 14.00 cal. kjaar BP.
<i>interstadiaal</i>	
<i>BP</i>	Before Present, het jaar 1950 AD.
<i>Conductor</i>	Buis om een boring te geleiden
<i>Glaciaal</i>	Ijstijd
<i>Holoceen</i>	Jongste geologisch tijdperk (vanaf de laatste Ijstijd, circa 11.65 cal. kjaar BP tot heden)
<i>In situ</i>	Ter plaatse, in de oorspronkelijke toestand
<i>Interglaciaal</i>	Warme periode tussen twee ijstijden, zoals het <i>Holoceen</i> , de periode waar wij nu in leven.
<i>Interstadiaal</i>	Warme periode binnen een ijstijd.
<i>Jonge Dryas</i>	Zeer koude en vegetatiearme periode aan het eind van de laatste ijstijd, het <i>Weichselien</i> (12.85 tot 11.65 cal. ka. BP)
<i>ka</i>	Periode van 1000 jaar
<i>KNA</i>	Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie
<i>Laat Glaciaal</i>	Periode aan het eind van het <i>Weichselien</i> (14.64 tot 11.65 cal. ka. BP) met sterke klimaatwisselingen
<i>Lithostratigrafie</i>	Studie van de gesteentelagen binnen de stratigrafie en geologie.
<i>Magnetometer</i>	Techniek om afwijkingen veroorzaakt door de aanwezigheid van ferro-magnetisch materiaal (ijzer) in het natuurlijke magnetische veld te detecteren
<i>Mesolithicum</i>	De periode (8800-4900 voor Chr.) die begint na het aflopen van de laatste ijstijd en eindigt wanneer een samenleving overschakelt op landbouw en veeteelt en tal van nieuwe technologieën ontwikkelt of overneemt (<i>Neolithicum</i>)
<i>Multibeam</i>	Vlakdekkend akoestisch meetinstrument dat met verschillende bundels of beams de waterdiepte onder een meetvaartuig meet, waarna een gedetailleerd topografisch model van de waterbodem kan worden gemaakt
<i>echosounder</i>	
<i>Paleolithicum</i>	De oudste periode in de voorgeschiedenis van de mens en zijn materiële cultuur (300.000-8800 v. Chr.)
<i>Pleistocene</i>	Geologisch tijdperk dat ongeveer 2 miljoen jaar geleden begon. De tijd van de Ijstijden maar ook van gematigd warme perioden. Het <i>Pleistocene</i> eindigt met het begin van het <i>Holoceen</i> , ca 11.65 cal. ka. BP.
<i>Pleniglaciaal</i>	Zeer koude en vegetatiearme periode in het middendeel van de laatste ijstijd, het <i>Weichselien</i> (75 tot 14.64 cal. ka. BP)
<i>Preborea</i>	Periode die de opwarming van het klimaat aan het begin <i>Holoceen</i> omvat (11.65 tot 10.25 cal. ka. BP)
<i>Seismiek</i>	Een methode om een beeld te krijgen van de ondergrond met behulp van kunstmatig opgewekte akoestische golven.
<i>Side scan sonar</i>	Akoestisch meetinstrument dat vlakdekkend de sterkte van reflecterende geluidssignalen van de waterbodem onder een meetvaartuig registreert.

Term	Omschrijving
	Vergelijkbaar met het maken van een zwart/wit foto van de waterbodem; wordt gebruikt om objecten op te sporen en bodemmorfologie en type te classificeren
<i>Stratigrafie</i>	De volgorde van opeenvolgende gesteentelagen. Hiermee kunnen aardlagen worden beschreven en gedateerd.
<i>Stroomribbels</i>	Asymmetrisch golfpatroon van het bodemoppervlak veroorzaakt door langsstromend water. De steile zijden van de ribbels liggen altijd aan de stroomafwaartse kant.
<i>Survey</i>	Onderzoek, standaardterm uit de offshore-industrie
<i>TNO-NITG</i>	De Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
<i>Vroeg Glaciaal</i>	Overgang van het warme <i>Eemien</i> naar het extreem koude <i>Pleniglaciaal</i> met koude en koele episodes aan het begin van de laatste ijstijd, het <i>Weichselien</i> (117 tot 75 cal. ka. BP)

Referenties

Literatuur

- Bazelmans, J., van Balen, R., Bos, J., Brinkkemper, O., Colenberg, J., Doeve, P., van Geel, B., Hakbijl, T., van Hateren, H., Hoek, W. Z., Huisman, H., Jansma, E., Kasse, C., van Os, B., van der Plicht, H., Schokker, J., Van der Putten, N., & van der Woude, J. (2021). Environmental changes in the late Allerød and early Younger Dryas in the Netherlands: a multiproxy high-resolution record from a site with two *Pinus sylvestris* populations. *Quaternary Science Reviews*, 272, 107199-.
- Bos, J. A. A., van Geel, B., van der Plicht, J., & Bohncke, S. J. P. (2007). Preboreal climate oscillations in Europe: Wiggle-match dating and synthesis of Dutch high-resolution multi-proxy records. *Quaternary Science Reviews*, 26(15), 1927–1950.
- Geel, B. van, S.J.P. Bohncke and H. Dee, 1981. A Palaeoecological study of an upper Lateglacial and Holocene sequence from 'De Borchert', The Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology* 31, 367–448.
- Gaffney, V.L., Thomson, K. en Fitch, S., 2007. The Archaeology and geomorphology of the North Sea. In: Gaffney, V.L., Thomson, K. and Fitch, S. (red.), *Mapping Doggerland - The Mesolithic landscapes of the southern North Sea*. Oxford (UK): Archaeopress, pp. 105-118. Kramer, E. e.a., 2003 (red.): *Koningen van de Noordzee, 250-850*, Leeuwarden/ Nijmegen.
- Hoek, W. Z. (2001). Vegetation response to the ~14.7 and ~11.5 ka cal. BP climate transitions: is vegetation lagging climate? *Global and Planetary Change*, 30(1), 103–115.
- Hjelstuen, B. O., Sejrup, H. P., Valvik, E., & Becker, L. W. M. (2018). Evidence of an ice-dammed lake outburst in the North Sea during the last deglaciation. *Marine Geology*, 402, 118–130.
- Lambeck, K., Rouby, H., Purcell, A., Sun, Y., & Sambridge, M. (2014). Sea level and global ice volumes from the Last Glacial Maximum to the Holocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS*, 111(43), 15296–15303.
- Lil, R. van en R.W. Cassée, 2019. Bureauonderzoek exploratieboring in Blok F6, Noordzee. Amsterdam (NL): Periplus Archeomare report 20A001-01.
- Lil, R. van en R.W. Cassée, 2023. Pijpleidingstracé F06 naar F2-A-Hanze (Noordzee Blok F2, F3 en F6); een archeologisch bureauonderzoek en inventariserend veldonderzoek. Amsterdam (NL): Periplus Archeomare Rapport 23A024-01.
- Love, V. and R. Grice, 2023. Survey Report NL Blocks F02, F03, F05 and F06 F06A Pipeline Route and Platform Survey. Gardline Report 53794.2 (Draft).
- Love, V., R. Grice and J. Davidson, 2023. Field Report F06A Pipeline Route and Platform Survey. Gardline Operations Report 53794.1 (Draft).
- Peeters, H., Murphy, P. en Flemming N. (red.), 2009. North Sea prehistory Research and Management Framework (NSPRMF) 2009. Amersfoort (NL): Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed and English Heritage.
- Peeters, J.H.M., Amkreutz, L.W.S.W., Cohen, K.M. en Hijma, M.P., 2019. North Sea Prehistory Research and Management Framework (NSPRMF) 2019 - Retuning the research and management agenda for prehistoric landscapes and archaeology in the Dutch sector of the continental shelf. *Nederlandse Archeologische Rapporten*, 63.
- Roberts, D. H., Evans, D. J. A., Callard, S. L., Clark, C. D., Bateman, M. D., Medialdea, A., Dove, D., Cotterill, C. J., Saher, M., Cofaigh, C. Ó., Chiverrell, R. C., Moreton, S. G., Fabel, D., & Bradwell, T. (2018). Ice marginal dynamics of the last British-Irish Ice Sheet in the southern North Sea: Ice limits, timing and the influence of the Dogger Bank. *Quaternary Science Reviews*, 198, 181–207.
- Stapert, D., Johansen, L. en Niekus, M.J.L.Th., 2013. A bifacial tool of the Neanderthals from Ameland, The Netherlands. *Netherlands Journal of Geosciences*, 92 (2/3), pp. 181-192.

- Vink, A., H. Steffen, L. Reinhardt and G. Kaufmann, 2007. Holocene relative sea-level change, isostatic subsidence and the radial viscosity structure of the mantle of northwest Europe (Belgium, the Netherlands, Germany, southern Barbara Wohlfarth North Sea), Quaternary Science Reviews, Volume 26, Issues 25–28.
- Wohlfarth, B., 2003. A review of Early Weichselian climate (MIS 5d-a) in Europe Department of Geological Sciences, Stockholm University. Technical Report TR-13-03.

Atlassen en Kaarten

- Geologische Kaart Nederland (GKN-2021)
- Laban, C. & Mesdag, C.S., 1996. Geological Map Sheet Oyster Grounds. Quaternary Geology. Sheet 54°N - 04°E., 1: 250 000, Rijks Geologische Dienst.
- Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden (IKAW, versie 3)
- Noordzeeatlas

Internetbronnen

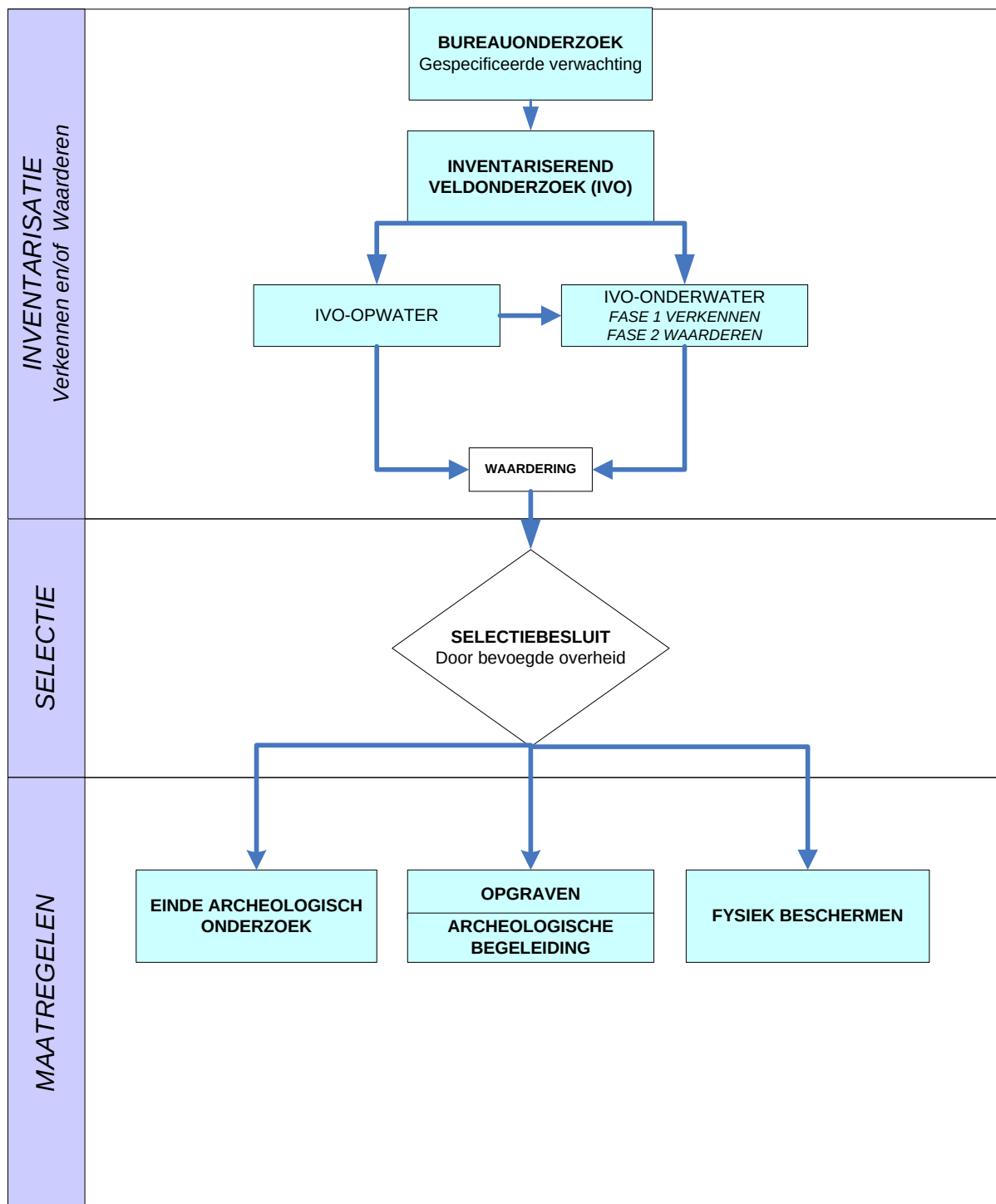
- Dienst der Hydrografie (www.hydro.nl)
- Dinoloket (www.dinoloket.tno.nl)
- Noordzeeloket (www.noordzeeloket.nl)
- Olie en Gasportaal (www.nlog.nl)
- North Sea paleolandscapes, University of Birmingham (<http://www.iaa.bham.ac.uk>)

Overige bronnen

- KNA Waterbodems 4.1
- Nationale Onderzoeksagenda Archeologie 2.0

CHRONOSTRATIGRAFIE				ARCHEOLOGISCHE PERIODE								
SERIE	ETAGE - CHRONOZONE		TIJD	TIJDPERK			DATERING					
Holoceen	Laat Subatlanticum		1150 n. Chr	Nieuwe tijd			C	1850				
							B	1650				
							A	1500				
	Vroeg Subatlanticum		0	Middeleeuwen			Laat B	1250				
							A	1050				
							D	900				
							Vroeg C	725				
							B	525				
							A	450				
	Subboreaal		3700	Romeinse tijd			Laat	270				
							Midden	70 n. Chr.				
							Vroeg	15 v. Chr.				
	Atlanticum		7300	Metaaltijden	IJzertijd		Laat	250				
Midden							500					
Vroeg							800					
Boreaal		8700	Metaaltijden	Bronstijd		Laat	1100					
						Midden	1800					
						Vroeg	2000					
Preboreaal		9700	Prehistorie	Neolithicum		Laat	2850					
						Midden	4200					
						Vroeg	4900/5300					
Pleistoceen	Weichselien	Laat Glaciaal	Jonge Dryas	11.000	Steentijd	Paleolithicum			Laat	B	12.500	
			Allerød	12.000								
			Oude Dryas	12.100								
			Bølling	13.000								
		Pleniglaciaal	L						17.000	Jong	A	35.000
				Late Glacial Max					20.000			
				31.500								
			Denekamp	34.000								
			M						40.000			
				Hengelo					41.500			
									45.000			
				Moershoofd					50.000			
									71.000			
									74.000			
		Vroeg Glaciaal							Oud		250.000	
			Brørup									
			Amersfoort									
			114.000									
	Eemien		126.000									
	Saalien		236.000									
	Oostermeer		241.000									
	onbenoemd		322.000									
	Belvédère	336.000										
	onbenoemd	384.000										
	Holsteinien	416.000										
	Elsterien	463.000										

Bijlage 2. Protocol KNA 4.1 Waterbodems



Bijlage 3. BioChron Report No: 01/24 (draft)

Archaeological assessment of samples from VC-13

by

5.1.2.e [redacted] (ostracods, coordinator)
5.1.2.e [redacted] (microfossils)
5.1.2.e [redacted] (palynomorphs)
5.1.2.e [redacted] (diatoms)
5.1.2.e [redacted] radiocarbon dating)

for

Periplus

Contents	page no.
1 – Executive Summary	1
2 – Objectives	2
3 – Material and methods	3
4 – Microfossil biostratigraphy	4
5 – Results	8
Appendix 1 – Radiocarbon (^{14}C) dating method	9
Appendix 2 - Radiocarbon (^{14}C) dating results	12
Appendix 3 - Radiocarbon dating (^{14}C) certificates	13
Appendix 4 – Radiocarbon calendar year calibration	15
Appendix 5 –Biozonation schemes	18
Appendix 6 – Biostratigraphic distribution charts	19

1 – Executive Summary

A combination of biostratigraphy and radiocarbon dating has provided ages and paleolandscape interpretation based on four samples from a vibrocore from a transect offshore The Netherlands in the North Sea.

The original survey interpreted all the cored sediments as Holocene. The ages of the upper three samples suggested by the palynological assemblages are consistent with this interpretation being considered Holocene/Late Glacial in age. The uppermost sample has a microfossil assemblage typical of the Naaldwijk Formation offshore The Netherlands and is marginal marine in character. Radiocarbon dating of a peat at 2.13m-2.18m confirms an earliest Holocene age. Microfossils from 2.26m-2.36m indicate a cool climate consistent with Late Weichselian age. The lowest sample (4.86m-5.01m) is much older and is considered on the balance of palynological evidence to be most likely very latest Eemian or Early Weichselian, but radiocarbon dating suggests otherwise and if correct indicates a Middle Weichselian age.

2 – Objectives

The main objective of the investigation is to determine the paleo-landscape and age indicated by four samples from a vibrocore along a pipeline route in the F02 and F06-block of the North Sea. The core location is shown on the map in Figure 1.

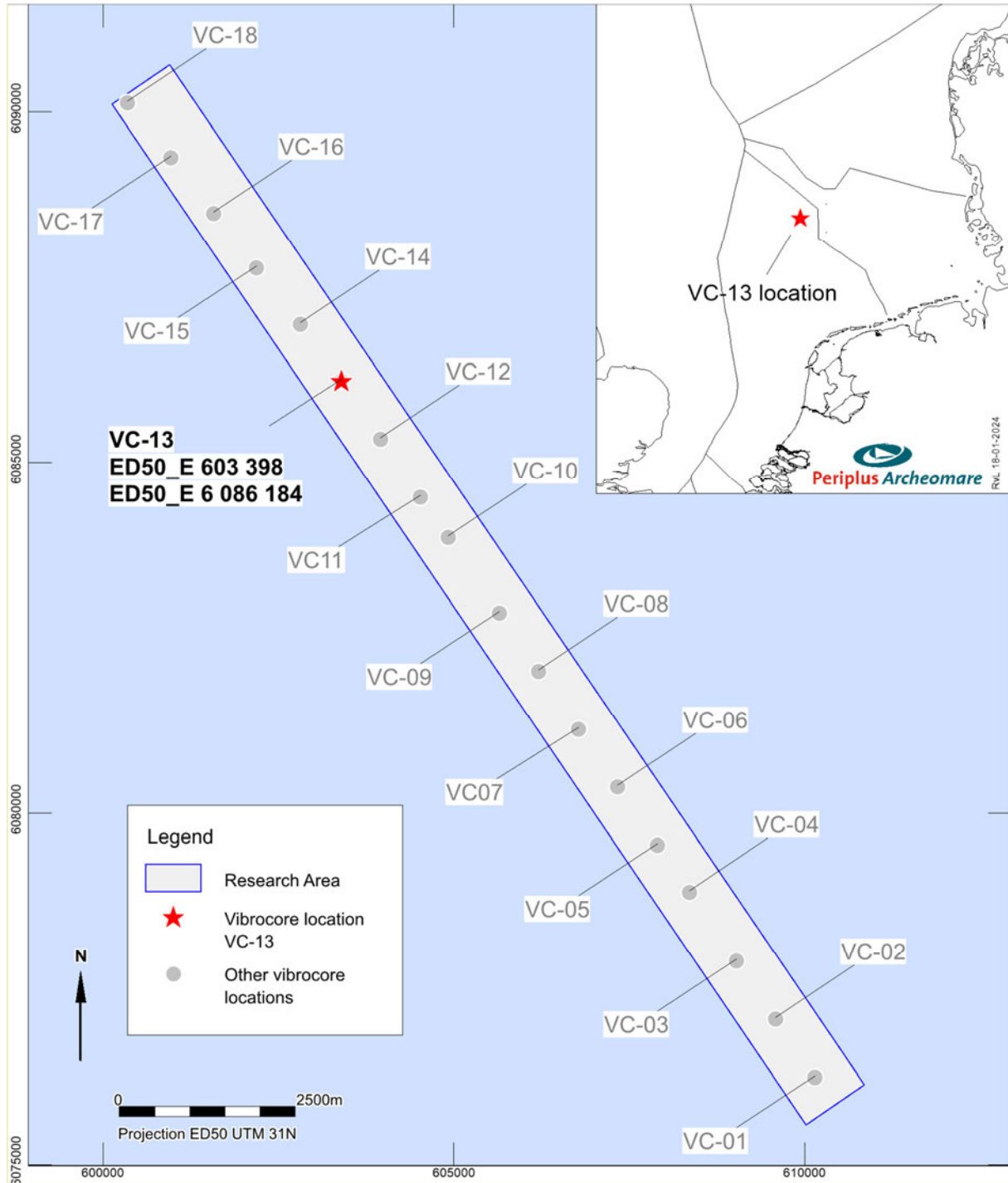


Figure 1: Location of vibrocore VC-13
(from Periplus Archeomare)

3 – Material and methods

Four samples from vibrocore VC-13 were provided by Gardline on behalf of Periplus Archeomare for radiocarbon (^{14}C) dating and biostratigraphic analysis as proposed in Figure 2.

Sample no.	Sample depth range		Lithology	Proposed analyses			
	From	To		P	M	D	^{14}C
VC-13-01	0.83	0.88	Soft extremely low strength grey sandy CLAY	X	X	X	
VC-13-02	2.13	2.18	Very dark greyish brown mottled very dark brown fibrous wood remains with spongy pseudo-fibrous organic material	X	X	X	X
VC-13-03	2.26	2.36	Light olive grey silty fine SAND	X	X	X	
VC-13-04	4.86	5.01	Light olive grey silty fine SAND	X			X

Figure 2: proposed analyses of four samples from VC-13

Images of the core showing sample positions are presented in Figure 3.

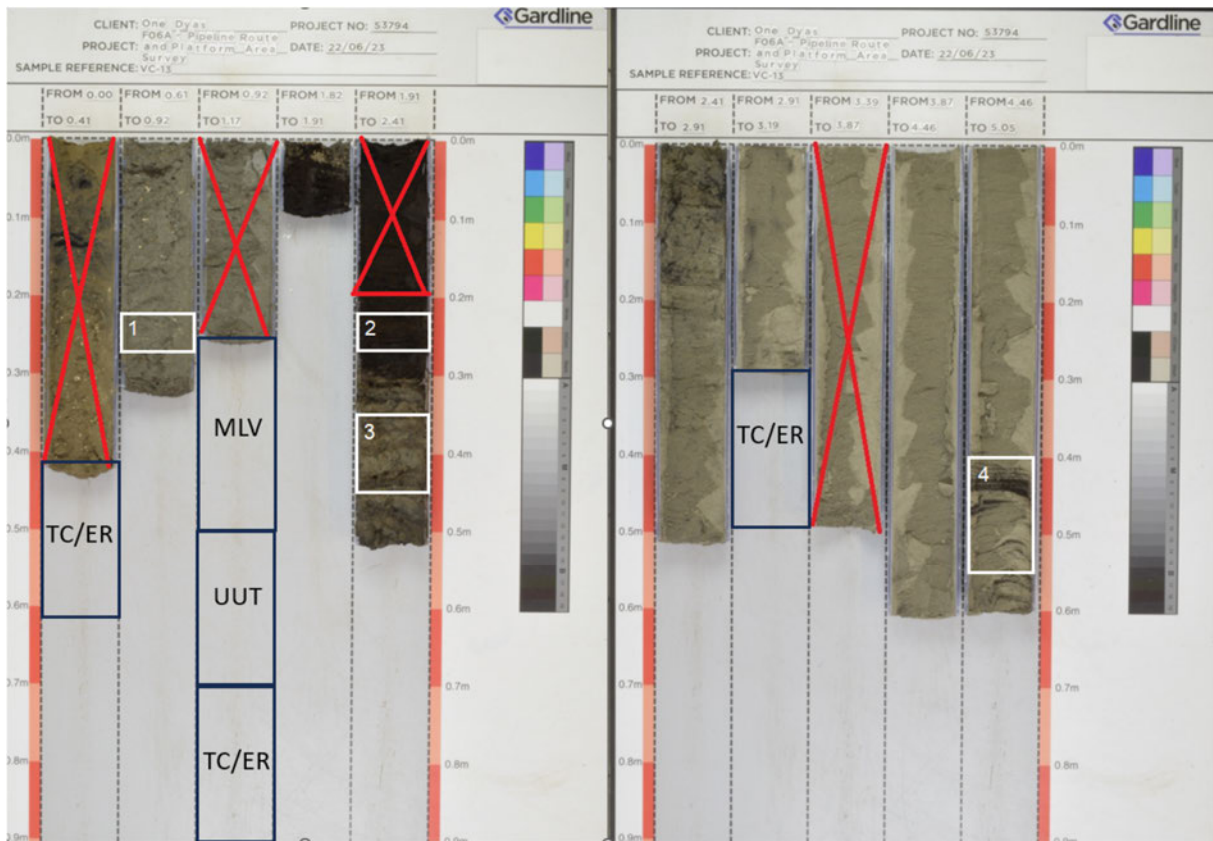


Figure 3: Sampling positions for vibrocore VC-13

Samples for microfossil analysis were washed through a 125 μm sieve and the residue dried at 100°C. The dried residue was then examined for microfossils and each species counted separately. Large samples were split into representative fractions. The resulting species counts were displayed on biostratigraphic distribution charts for ease of interpretation (Appendix 6). In order to represent variations in abundance more consistently, the absolute abundances shown have been normalised to 100g wet sample weight.

Samples for palynological analysis were treated with various acids, notably HF (to dissolve mineral matter), HCl (to remove carbonates) and HNO₃ (to breakdown organic matter). Residues were sieved using 10µm mesh cloth. Two fractions were mounted in Norland Adhesive, one containing the oxidised portion and a second unoxidized residue as a control, and to use for examination of organic matter (kerogen). Counts were made of all palynomorphs, including reworked forms, with the aim of obtaining a sum of 200 to 250 (or more) palynomorphs per sample, which was achieved in the majority of instances.

The results of biostratigraphic analyses and radiocarbon dating are presented in the following text. Radiocarbon dating method is summarized in Appendix 1, dating certificates in Appendix 2, calendar year calibrations in Appendix 3 and the results of this study in Appendix 4.

Palynological and micropalaeontological zonation schemes referred to in this report are displayed in Appendix 5 and detailed biostratigraphic data are depicted on charts in Appendix 6.

4 – Biostratigraphy

Introduction

The results for foraminifera, ostracods and palynomorphs are presented in the text below and detailed data are displayed in Appendix 6. Diatom analysis of samples VC-13-01 to 03 revealed only a very few frustules which were not viable for interpretation and are not discussed further.

Results

Sample No. VC-13-01 (0.83m-0.88m)

Microfossils

The micropalaeontological residue is composed of abundant white shelly debris and matted brown organics, with rare white gastropods and common fine grade quartz sand. The foraminiferal assemblage is dominated by calcareous benthic foraminifera, particularly a variety of species of the genera *Ammonia* and *Elphidium*. These include abundant *Ammonia batava*, *A. falsobeccarii* and *A. tepida*. This assemblage is typical of the M1 Zone, M1B Subzone in this area, which has previously been correlated to the Naaldwijk Formation offshore The Netherlands (Athersuch *et al.*, 2023). The foraminiferal assemblage suggests deposition in a subtidal marine environment, possibly close to freshwater input such as an estuary mouth.

Ostracods are rare and represented only by one or two specimens. *Hirschmania viridis* and *Semicytherura nigrescens* are both indicative of marginal marine and brackish (estuarine) environments. *Robertsonites tuberculatus* is marine.

Palynomorphs

The terrestrial palynological assemblage at 0.83m-0.88m contains abundant *Corylus* (hazel) and *Quercus* (oak) pollen, as well as *Pinus* (pine) and *Betula* (birch). This indicates the presence of mixed woodlands in a temperate to cool-temperate climate. This assemblage fits most closely with pollen zone P1-H-II or P1-H-III, which would suggest a Middle Holocene age (late Boreal or Atlantic).

The aquatic part of the assemblage comprises various dinoflagellate cysts (including *Spiniferites*, *Operculodinium*, *Lingulodinium machaerophorum*) as well as occasional scolecodonts, foraminiferal test linings and *Botryococcus* algae. This generally points towards deposition in a marine environment, although the presence of *Botryococcus* suggests that there was at least some freshwater input.

Sample No. VC-13-02 (2.13m-2.18m)

Microfossils

The micropalaeontological residue is composed of matted brown organic matter, with common large megaspores and very rare fine to medium grade quartz sand. Occasional variably preserved agglutinated benthic foraminifera are present, mainly *Ammoscalaria runiana*. The paucity of recovery means no micropalaeontological zonal assignment can be made. The poor foraminiferal assemblage and the matted brown organic matter suggest deposition in a brackish high marsh environment.

A single specimen of *Semicytherura ?nigrescens* is not inconsistent with foraminiferal data.

Palynomorphs

The terrestrial palynological assemblage at 2.13m-2.18m is dominated by *Betula* (birch), also with potential *Betula nana* (dwarf birch). Pollen of other trees is present in very low amounts, as is pollen of herbaceous plants, such as grasses. This suggests the presence of birch forests, mixed with dwarf birch. This is consistent with pollen zones P1-W-II, P1-W-III or P1-H-I, suggesting a Late Glacial to Early Holocene age (Bølling-Allerød/Older Dryas, Younger Dryas or Pre-Boreal).

The aquatic parts of these assemblages comprise freshwater algae (*Pediastrum* and *Zygnema*), consistent with deposition in a terrestrial setting.

Radiocarbon dating

Peat from this sample provided radiocarbon dates of between 11652 – 11279 cal yrs BP (88.9%) or 11705 – 11663 cal yrs BP (6.5%) suggesting an earliest Holocene age and supporting a P1-H-I palynological interpretation.

Sample No. VC-13-03 (2.26m-2.36m)**Microfossils**

The micropalaeontological residue is dominated by fine grade quartz sand and abundant matted fibrous brown organic material. An abundant, mainly small agglutinated benthic foraminiferal fauna is recovered, which is strongly dominated by *Ammoscalaria runiana*, associated with relatively common *Ammoscalaria pseudospiralis* and *Jadammina* spp. These suggest deposition in a eutrophic brackish shallow subtidal environment. Assemblages comparable to these have been assigned previously to the M1 Zone, M1C Subzone, which has been correlated to sediments of the Bostel Formation and Singraven Member (Athersuch *et al.*, 2023). The co-occurrence of very rare *Ammotium cassis* suggests a relatively cold climate, as it only reproduces at <8°C.

No ostracods were recovered.

Palynomorphs

The terrestrial palynological assemblage at 2.26m-2.36m is dominated by *Betula* (birch), also with *Pinus* (pine). Pollen of other trees is present in very low amounts, as is pollen of herbaceous plants, such as grasses. This suggests the presence of birch forests, mixed with pine. This is consistent with pollen zones P1-W-II, P1-W-III or P1-H-I, suggesting a Late Glacial to Early Holocene age (Bølling-Allerød/Older Dryas, Younger Dryas or Pre-Boreal).

The aquatic parts of these assemblages comprise freshwater algae (*Pediastrum* and *Zygnema*), consistent with deposition in a terrestrial setting.

Sample No. VC-13-04 (4.86m-5.01m)**Palynomorphs**

The terrestrial palynological assemblages at 4.86m-5.01m is dominated by *Pinus* (pine) pollen, much of which has been damaged (probably during transport). Pollen of deciduous trees such as *Quercus* (oak), *Corylus* (hazel), *Tilia* (lime) and *Ilex* (holly) are present, but no herb pollen was seen. Several grains of *Tsuga* (hemlock) and Taxodiaceae were observed, but are likely reworked. This pollen assemblage is not absolutely age diagnostic but, given the prevalence of arboreal plants, it is not Middle Weichselian. Further, due to the likely Late Glacial age of the samples above, a Holocene age can also probably be discounted. The assemblage bears most similarity to those of the very latest Eemian (P2-E-VI) or one of the Early Weichselian interstadials (e.g. Brørup, pollen zone P2-Wa-II). However, this interpretation should be confirmed through radiometric dating if possible.

The aquatic parts of this assemblage comprises *Pediastrum*, *Botryococcus* and *Zygnema*, consistent with deposition in a freshwater terrestrial setting.

Radiocarbon dating

Organic plant material from this sample provided radiocarbon dates of between 44290 – 42647 cal yrs BP (95.4%). Notwithstanding the palynological evidence this date if correct would suggest a Middle Weichselian age.

5 – References

Athersuch, J., Horne, D.J. and Whittaker, J.E., 1989. Marine and Brackish Water Ostracods. Synopses of the British Fauna (New Series) No. 43. eds. Kermack, D.M. & Barnes, R.S.K. The Linnean Society of London.

Athersuch, J. et al., 2023. An Archaeological Assessment of IJmuiden Ver Wind Farm Sites V and VI. BioChron report no. 12/23.

Hofker, J., 1977. The foraminifera of the Dutch Tidal Flats and Salt Marshes. *Netherlands Journal of Sea Research*, vol. 11, nos. 3 / 4, p. 223-296.

Murray, J.W. & Alve, E., 2011. The distribution of agglutinated foraminifera in NW European seas: Baseline data for the interpretation of fossil assemblages. *Palaeontologica Electronica*, vol. 14, Issue 2, 14A, 41pp.

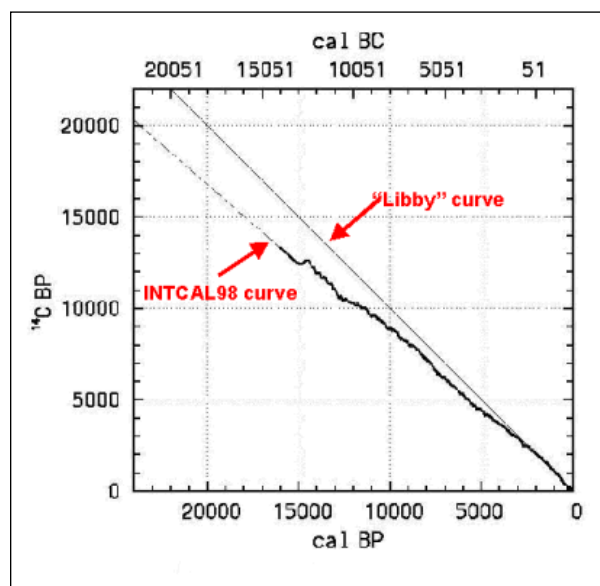
Appendix 1 – Radiocarbon (^{14}C) dating method

Method

The radiocarbon method of dating was first developed by a group led by Willard F. Libby in 1949, since when it has been used mainly as an archaeological tool. ^{14}C is an unstable isotope of carbon which is created from ^{14}N in the upper atmosphere. Carbon (both ^{14}C and ^{12}C) rapidly oxidises to CO_2 and disperses in the atmosphere. It is then absorbed by all living organisms via photosynthesis (in the case of plants) or through the food chain (in the case of animals). Because ^{14}C is an unstable isotope it is constantly decaying, but the proportion of ^{14}C in living organisms stays relatively constant over time through continued metabolic uptake. In life the $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratio therefore remains in equilibrium with the atmosphere. However, upon death there is no further uptake of carbon and the ^{14}C decays to ^{12}N with a half-life of 5730 years. Measurement of the amount of ^{14}C remaining in a dead organism will therefore give the date of its death. Using this method the maximum detectable age is no greater than 50,000 years but over 40,000 years dates are unreliable. In addition, material from the last 300 years gives unreliable ages mainly due to the widespread burning of fossil fuels. More recently, the explosion of nuclear bombs both of which have artificially increased the amount of ^{14}C in the atmosphere and since 1950 it is not possible to provide a date using this method. Since 1977 the use of AMS (Atomic Mass Spectrometry) has enabled the use of very small quantities (10mg) of material.

Calendar year calibration

The results of ^{14}C dating have traditionally been quoted in “conventional radiocarbon years”, typically in years BP (before present) where the “present” is 1950. The initial assumption that the concentration of atmospheric ^{14}C has been constant as measured in 1950 has been shown to be incorrect. Dating annual tree growth rings of known historical age has demonstrated that in the past there have been short term variations in atmospheric ^{14}C levels. Tree ring dating has been used to construct a probabilistic calibration curve extending back to 13900 calendar years BP. Beyond that, back to about 55,000 BP, correlation is made using multiple lines of evidence. This information is compiled into internationally accepted databases which are updated on occasion. The present databases are IntCal20 (northern hemisphere), SHCal20 (southern hemisphere) and Marine20 (marine environments).

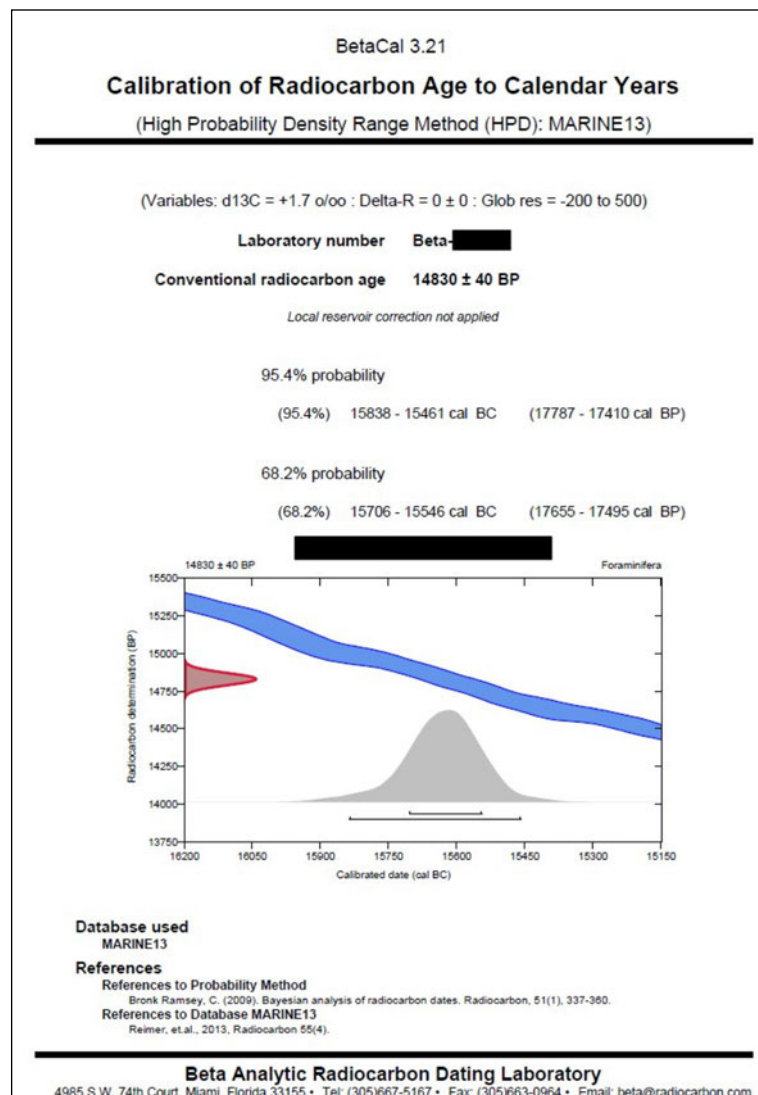


Comparison of the original curve calculated by Libby and the calibrated INTCAL curve.
(From Stuiver et al. 1998)

There are two main methods used for calculating calendar age ranges (cal BP) from the calibration curve. In the past we have provided intercept ages which conveniently provided a single date with a known error for each sample. However, it has become common practice in recent years to use the High-Probability Density (HPD) range method which uses probability densities in an attempt to enhance precision. Results are graphically represented by a shaded grey area on the plot and by percentage values reported next to each range.

A full explanation of the method can be found at www.radiocarbon.com/calendar-calibration-carbon-dating.htm.

By convention radiocarbon dates (years BP) from the laboratory are reported with the associated 1σ and 2σ errors. However, it should be borne in mind that an error of $\pm 1\sigma$ means that there is a 1 in 3 chance of the age NOT falling within the range of uncertainty. This improves to 1 in 20 for a $\pm 2\sigma$ error but a date should never be used without reference to its associated errors as if they were absolutely known with no uncertainty. Samples which are beyond the range of ^{14}C dating cannot be calibrated and are typically displayed as >43,500yrs BP.



Example of a radiocarbon calibration – HPD method

(from Beta Analytic)

Marine reservoir age

The average difference between a radiocarbon date of a terrestrial organism such as a tree and a marine shell of the same age is about 400 radiocarbon years. This difference which is called the reservoir age is caused both by the delay in exchange rates between atmospheric CO₂ and oceanic bicarbonate, and the dilution effect caused by mixing surface waters with upwelling deep waters which are very old. A local reservoir correction factor should where possible therefore be applied to conventional radiocarbon dates based on the remains of marine organisms.

Reworking

For practical purposes ¹⁴C dating records the time of death of an organism and not the point at which it is finally entombed in sediment. Reworking of older material into younger sediments frequently occurs and can dramatically increase their ¹⁴C age. It is important, therefore, to select specimens for analysis with great care and to record any doubtful material before analysis.

Material used

Each sample is prepared in the same way as for a micropalaeontological analysis, i.e. washed through a 125µm sieve and the residue dried at 100°C. The dried residue is then examined for microfossils by picking through the residue for suitable well-preserved specimens. These usually comprise planktonic foraminifera and pteropods but benthic foraminifera, ostracods and molluscs can also be used. Bulk residues are used only when there is no other more suitable material available. About 100 - 200gms (wet weight) of material is usually sufficient to provide an adequate amount of material for analysis.

Appendix 2 - Radiocarbon (^{14}C) dating results

Depth (m)		Beta no.	Material used for ^{14}C dating	Conventional age (yrs BP)	Calibrated age (cal yrs BP) and probability (%)	
Top	Base					
2.13	2.18	686542	Peat	10010 $\pm$ 40	11652 - 11279	88.9
					11705 - 11663	6.5
4.86	5.01	686543	Plant	40110 $\pm$ 570	44290 - 42647	95.4

Appendix 3 - Radiocarbon (^{14}C) dating certificates



Beta Analytic®
TESTING LABORATORY

Beta Analytic, Inc.
4985 SW 74th Court
Miami, FL 33155 USA
Tel: 305-667-5167
Fax: 305-663-0964
info@betalabservices.com

ISO/IEC 17025:2017-Accredited Testing Laboratory

REPORT OF RADIOCARBON DATING ANALYSES

5.1.2.e

BioChron

Report Date: January 29, 2024

Material Received: January 09, 2024

Laboratory Number	Sample Code Number	Conventional Radiocarbon Age (BP) or Percent Modern Carbon (pMC) & Stable Isotopes
-------------------	--------------------	---

Beta - 686542	VC-13-02, 2.13 - 2.18m	10010 +/- 40 BP IRMS $\delta^{13}\text{C}$: -28.2 o/oo
---------------	------------------------	--

(88.9%)	9703 - 9330 cal BC	(11652 - 11279 cal BP)
(6.5%)	9756 - 9714 cal BC	(11705 - 11663 cal BP)

Submitter Material: Peat

Pretreatment: (plant material) acid/alkali/acid

Analyzed Material: Plant material

Analysis Service: AMS-Standard delivery

Percent Modern Carbon: 28.76 +/- 0.14 pMC

Fraction Modern Carbon: 0.2876 +/- 0.0014

$\delta^{14}\text{C}$: -712.38 +/- 1.43 o/oo

$\Delta^{14}\text{C}$: -714.94 +/- 1.43 o/oo (1950:2024)

Measured Radiocarbon Age: (without $\delta^{13}\text{C}$ correction): 10060 +/- 40 BP

Calibration: BetaCal4.20: HPD method: INTCAL20

Results are ISO/IEC-17025:2017 accredited. No sub-contracting or student labor was used in the analyses. All work was done at Beta in 4 in-house NEC accelerator mass spectrometers and 4 Thermo IRMSs. The "Conventional Radiocarbon Age" was calculated using the Libby half-life (5568 years), is corrected for total isotopic fraction and was used for calendar calibration where applicable. The Age is rounded to the nearest 10 years and is reported as radiocarbon years before present (BP), "present" = AD 1950. Results greater than the modern reference are reported as percent modern carbon (pMC). The modern reference standard was 95% the ^{14}C signature of NIST SRM-4990C (oxalic acid). Quoted errors are 1 sigma counting statistics. Calculated sigmas less than 30 BP on the Conventional Radiocarbon Age are conservatively rounded up to 30. $\delta^{13}\text{C}$ values are on the material itself (not the AMS $\delta^{13}\text{C}$). $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values are relative to VPDB. References for calendar calibrations are cited at the bottom of calibration graph pages.



Beta Analytic®
TESTING LABORATORY

Beta Analytic, Inc.
4985 SW 74th Court
Miami, FL 33155 USA
Tel: 305-667-5167
Fax: 305-663-0964
info@betalabservices.com

ISO/IEC 17025:2017-Accredited Testing Laboratory

REPORT OF RADIOCARBON DATING ANALYSES

5.1.2.e

BioChron

Report Date: January 29, 2024

Material Received: January 09, 2024

Laboratory Number	Sample Code Number	Conventional Radiocarbon Age (BP) or Percent Modern Carbon (pMC) & Stable Isotopes	
Beta - 686543	VC-13-04, 4.86 - 5.01	40110 +/- 570 BP	IRMS δ13C: -23.2 o/oo

(95.4%) 42341 - 40698 cal BC (44290 - 42647 cal BP)

Submitter Material: Organics

Pretreatment: (plant material) acid/alkali/acid

Analyzed Material: Plant material

Analysis Service: AMS-Standard delivery

Percent Modern Carbon: 0.68 +/- 0.05 pMC

Fraction Modern Carbon: 0.0068 +/- 0.0005

Δ14C: -993.22 +/- 0.48 o/oo

Δ14C: -993.28 +/- 0.48 o/oo (1950:2024)

Measured Radiocarbon Age: (without δ13C correction): 40080 +/- 570 BP

Calibration: BetaCal4.20: HPD method: INTCAL20

Results are ISO/IEC-17025:2017 accredited. No sub-contracting or student labor was used in the analyses. All work was done at Beta in 4 in-house NEC accelerator mass spectrometers and 4 Thermo IRMSs. The "Conventional Radiocarbon Age" was calculated using the Libby half-life (5568 years), is corrected for total isotopic fraction and was used for calendar calibration where applicable. The Age is rounded to the nearest 10 years and is reported as radiocarbon years before present (BP). "present" = AD 1950. Results greater than the modern reference are reported as percent modern carbon (pMC). The modern reference standard was 95% the 14C signature of NIST SRM-4990C (oxalic acid). Quoted errors are 1 sigma counting statistics. Calculated sigmas less than 30 BP on the Conventional Radiocarbon Age are conservatively rounded up to 30. δ13C values are on the material itself (not the AMS δ13C). δ13C and δ15N values are relative to VPDB. References for calendar calibrations are cited at the bottom of calibration graph pages.

Appendix 4 - Radiocarbon (^{14}C) calendar year calibration

BetaCal 5.0

Calibration of Radiocarbon Age to Calendar Years

(High Probability Density Range Method (HPD): INTCAL20)

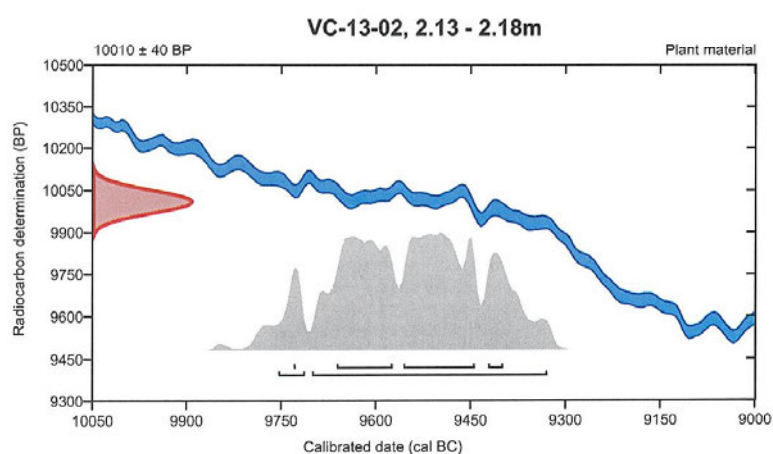
(Variables: $\delta^{13}\text{C} = -28.2$ o/oo)Laboratory number **Beta-686542**Conventional radiocarbon age **10010 $\pm$ 40 BP**

95.4% probability

(88.9%)	9703 - 9330 cal BC	(11652 - 11279 cal BP)
(6.5%)	9756 - 9714 cal BC	(11705 - 11663 cal BP)

68.2% probability

(34.2%)	9558 - 9445 cal BC	(11507 - 11394 cal BP)
(26.9%)	9664 - 9575 cal BC	(11613 - 11524 cal BP)
(6.4%)	9424 - 9400 cal BC	(11373 - 11349 cal BP)
(0.7%)	9732 - 9729 cal BC	(11681 - 11678 cal BP)



Database used
INTCAL20

References

References to Probability Method

Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51(1), 337-360.

References to Database INTCAL20

Reimer, et al., 2020, Radiocarbon 62(4):725-757.

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • Email: beta@radiocarbon.com

BetaCal 5.0

Calibration of Radiocarbon Age to Calendar Years

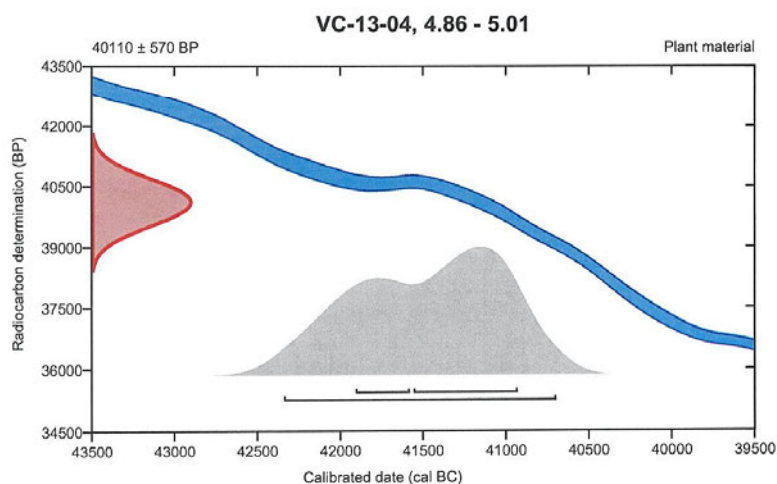
(High Probability Density Range Method (HPD): INTCAL20)

(Variables: $\delta^{13}C = -23.2$ o/oo)**Laboratory number** **Beta-686543****Conventional radiocarbon age** **40110 $\pm$ 570 BP**

95.4% probability

(95.4%) 42341 - 40698 cal BC (44290 - 42647 cal BP)

68.2% probability

(47.3%) 41558 - 40930 cal BC (43507 - 42879 cal BP)
(20.9%) 41909 - 41580 cal BC (43858 - 43529 cal BP)**Database used**
INTCAL20**References****References to Probability Method**

5.1.2.e Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51(1), 337-360.

References to Database INTCAL20

Reimer, et al., 2020, Radiocarbon 62(4):725-757.

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • Email: beta@radiocarbon.com



Beta Analytic®
TESTING LABORATORY

Beta Analytic, Inc.
4985 SW 74th Court
Miami, FL 33155 USA
Tel: 305-667-5167
Fax: 305-663-0964
info@betalabservices.com

ISO/IEC 17025:2017-Accredited Testing Laboratory

Quality Assurance Report

This report provides the results of reference materials used to validate radiocarbon analyses prior to reporting. Known-value reference materials were analyzed quasi-simultaneously with the unknowns. Results are reported as expected values vs measured values. Reported values are calculated relative to NIST SRM-4990C and corrected for isotopic fractionation. Results are reported using the direct analytical measure percent modern carbon (pMC) with one relative standard deviation. Agreement between expected and measured values is taken as being within 2 sigma agreement (error x 2) to account for total laboratory error.

Report Date: January 29, 2024
Submitter: 5.1.2.e

QA MEASUREMENTS

Reference 1

Expected Value: 0.44 +/- 0.04 pMC

Measured Value: 0.44 +/- 0.04 pMC

Agreement: Accepted

Reference 2

Expected Value: 129.41 +/- 0.06 pMC

Measured Value: 129.46 +/- 0.37 pMC

Agreement: Accepted

Reference 3

Expected Value: 96.69 +/- 0.50 pMC

Measured Value: 96.64 +/- 0.29 pMC

Agreement: Accepted

COMMENT: All measurements passed acceptance tests.

5.1.2.e

Validation:

Date: January 29, 2024

Appendix 5 – Biozonation schemes

Palynomorph biozonation

Six principal palynological zones were recognised during previous work by BioChron on the offshore area of The Netherlands. Given the predominance of pollen over marine palynomorphs we based the zonation exclusively on pollen rather than other palynomorphs. Two of these zones have been recognised during the current study and have been renamed P1 and P2 and elevated to the level of super-zones in order to allow more detailed sub-division using zones and sub-zones presented in the figures below. Super-zone P1 is of latest Pleistocene (Late Weichselian) to Holocene age and Super-zone P2 is of Eemian to Middle Weichselian age.

Pollen zonation			Epoch/age/stage	Climate period	MIS	Approximate age	Vegetation summary	Archaeological period
Super-zone	Zone	Subzone						
P1	P1-H	P1-H-VI	Late Holocene	Sub-Atlantic	1	2.5ka BP to present	Warm temperate forest with beech	Iron-Age and later
		P1-H-V	Middle Holocene	Sub-Boreal	1	5 to 2.5ka BP	alder-hazel-oak	Neolithic/Bronze-Age
		P1-H-IV	Middle Holocene	Atlantic	1	7.5 to 5ka BP	Hazel-oak- alder-lime	Mesolithic/Neolithic
		P1-H-III	Early/Middle Holocene	Boreal	1	9 (or 8.2) to 7.5ka BP	Hazel-oak	Mesolithic
		P1-H-II	Early Holocene	Pinus peak (Paly zone V) of Godwin (1956)	1	Lower Holocene 11.7 to 8.2ka BP	Birch-pine-hazel-oak	Mesolithic
		P1-H-I	Early Holocene	Pre-Boreal	1	10.3 to 9ka BP (Lower Holocene 11.7 to 8.2ka BP)	Pioneer forest	Mesolithic
	P1-W	P1-W-III	Late Glacial/"Upper Tubantian"	Younger Dryas	2	~12.9 To ~11.7ka BP	Steppe	Upper Palaeolithic
		P1-W-II		Bölling-Allerød/Older Dryas	2	~14.7 to ~12.9ka BP (Older Dryas ~14.1ka BP)	Pioneer forest	Upper Palaeolithic
		P1-W-I		LGM to Oldest Dryas	2	~27-24 to ~14.7ka BP	Steppe	Upper Palaeolithic

Pollen zones and sub-zones within super-zone P1 in relation to geological/stratigraphic, climatic and archaeological timescales. Also included are approximate ages, Marine Isotope Stages (MIS) and summaries of pollen-based vegetation history.

Pollen zonation			Epoch/age/stage	Climate period	MIS	Approximate age	Vegetation summary	Archaeological period
Super-zone	Zone	Subzone						
P2	P2-Wb	P2-Wb-III	Weichselian/"Middle Tubantian"	Late Pleniglacial	3 & 2	MIS 3/2 boundary = 29ka BP	Steppe	Upper Palaeolithic
		P2-Wb-II		Middle Pleniglacial	3	Begins 57ka BP	Tundra with Cyperaceae in interstadials	Middle/Upper Palaeolithic
		P2-Wb-I		Early Pleniglacial	4	Begins 71ka BP	Tundra	Middle Palaeolithic
	P2-Wa	P2-Wa-IV	Weichselian Early Glacial/"Lower Tubantian"	Odderade interstadial	5a	Peak at 82ka BP	Boreal forest	Middle Palaeolithic
		P2-Wa-III		Rederstall stadial	5b	Peak at 87ka BP	Cyperaceae and steppe (some boreal forest elements)	Middle Palaeolithic
		P2-Wa-II		Brørup Interstadial	5c	Peak at 96ka BP	Boreal forest (with steppe phase in middle?)	Middle Palaeolithic
		P2-Wa-I		Heming stadial	5d	Peak at 109ka BP	Largely treeless/steppe	Middle Palaeolithic
		P2-E-VI			5e	MIS5e ends 115ka BP	Temperate forest	Middle Palaeolithic
	P2-E	P2-E-V	Eemian			Peak at 123ka	Warm temperate forest	Middle Palaeolithic
		P2-E-IV					Warm temperate forest	Middle Palaeolithic
		P2-E-III					Warm temperate forest	Middle Palaeolithic
		P2-E-II					Temperate forest	Middle Palaeolithic
		P2-E-I				MIS5e begins 130ka BP	Temperate forest	Middle Palaeolithic

Pollen zones and sub-zones within super-zone P2 in relation to geological/stratigraphic, climatic and archaeological timescales. Also included are approximate ages, Marine Isotope Stages (MIS) and summaries of pollen-based vegetation history.

Microfossil biozonation

The micropalaeontological assemblages recovered in this study are similar to those recognised in other boreholes offshore The Netherlands, and we have applied a slightly modified version of the microfossil zonation scheme previously developed to the samples examined in this study.

Age	Formation	Zone	Characteristics	Subzone	Characteristics
Holocene	Southern Bight	M1	Strongly dominated by the agglutinant <i>Ammoscalaria runiana</i> with subordinate <i>Jadammina</i> spp. and the calcareous benthic genus <i>Ammonia</i>	M1A	Very low species richness, locally common miliolids and/or elphidiids. Superabundant shell and echinoid debris
	Naaldwijk			M1B	Relatively high agglutinant & calcareous foraminiferal species richness. Diversification of <i>Ammonia</i> spp., particularly <i>A. falsobeccarii</i> & <i>A. beccarii</i> gp. Abundant shell, gastropod or echinoid debris
Weichselian	Boxtel/ Singraven			M1c	Composed almost exclusively of agglutinants, particularly <i>Ammoscalaria runiana</i> , with consistent <i>Jadammina polystoma</i> . Absence of bioclastic debris.
Early Weichselian	Brown Bank	M2	Downhole decrease in dominance of agglutinants and <i>Ammonia</i> spp. Dominance by calcareous benthic foraminifera, particularly by <i>Elphidium clavatum</i> . Increase in calcareous foraminiferal species richness.	M2A	Diversification of the elphidiids. FDO's <i>Discorbinella nitida</i> , <i>Elphidium advenum</i> gp., <i>E. albiumbilicatum</i> , <i>Gavelinopsis praegeri</i> , <i>Guttulina</i> spp. Ostracods abundant,
	Eem			M2B	Downhole increase in the abundance of agglutinated benthic foraminifera
M2C				Dominance of calcareous forms, particularly <i>E. clavatum</i> . Diverse calcareous benthic assemblage including relatively common polymorphinids & unilocular taxa. Ostracods abundant.	
M2D				Massive influx of calcareous benthics, particularly <i>A. batava</i> & <i>E. clavatum</i> (transgressive event)	
Eemian				M2E	Decreased calcareous forms (mainly <i>A. batava</i>) and increased agglutinants (particularly <i>A. runiana</i>)

Appendix 6 – Biostratigraphic distribution charts

