

IWT SBO PROJECT 120003 “SeARCH”

Archaeological heritage in the North Sea

Development of an efficient assessment methodology and approach towards a sustainable management policy and legal framework in Belgium.

Archeologisch erfgoed in de Noordzee

Ontwikkeling van een efficiënte evaluatiemethodologie en voorstellen tot een duurzaam beheer in België.



SELECTIE VAN TESTSITES

DEEL A: OFFSHORE TESTSITES

WP 1.2.1

Responsible partners: UG-RCMG, Deltares, Onroerend Erfgoed (FHA)

Authors: M. De Clercq, T. Missiaen, P. Vos, I. Demerre

August 2013

Inhoudstafel

1.	Inleiding	3
2.	Oostende vallei	3
2.1.	Geologie/morfologie	3
2.2.	Verwachte archeologie	4
2.3.	Gevonden archeologie	6
2.4.	Beschikbare data	6
2.5.	Groundtruth data	7
2.6.	Mogelijke problemen	7
2.7.	Conclusies m.b.t. de Oostende vallei	8
3.	Thorntonbank	9
3.1.	Geologie/morfologie	9
3.2.	Verwachte archeologie	10
3.3.	Gevonden archeologie	10
3.4.	Beschikbare data	11
3.5.	Groundtruth data	12
3.6.	Mogelijke problemen	13
3.7.	Conclusies m.b.t. de Thorntonbank	14
4.	NO-hoek	14
4.1.	Geologie/morfologie	14
4.2.	Verwachte archeologie	15
4.3.	Gevonden archeologie	16
4.4.	Beschikbare data	16
4.5.	Groundtruth data	17
4.6.	Mogelijke problemen	19
4.7.	Conclusies m.b.t. de NO-hoek	19
5.	Algemene conclusie	20
6.	Referenties	21

1. Inleiding

In dit werkpakket zal nagegaan worden welke offshore sites op het BCP (minimaal 10 m waterdiepte) optimaal in aanmerking komen voor het uitvoeren van geofysische surveys. Bij de selectie van de locatie spelen de volgende criteria een rol: te verwachten archeologie, lokale geologie en morfologie, beschikbare data, economisch/strategisch belang, en mogelijke praktische aspecten (bvb. bereikbaarheid).

Wat betreft de te verwachten archeologie zal telkens nagegaan worden welke model-scenario's (i.e. geologische profieltypen, ontwikkeld in WP1.1.1) voor het gebied van toepassing zijn en wat het archeologisch potentieel van deze scenario's/profieltypen. Voor elk model-scenario zullen hierbij de verschillende categorieën van archeologische waarden, zoals uitgewerkt in WP1.1.1 (hfdst. 3.1), aangehouden worden. Vervolgens zal kort ingegaan worden op de geologische opbouw van elke offshore locatie, met inbegrip van de belangrijkste morfologische structuren (zowel van de zeebodem als begraven). Deze laatste zijn namelijk relevant voor het archeologisch potentieel. Daarnaast wordt ook de beschikbare data voor elke offshore locatie besproken, niet alleen remote sensing data (bvb. seismiek) maar ook groundtruth gegevens (boringen, sonderingen) en mogelijke archeologische data (bvb. vondsten). Ten slotte worden ook de economische aspecten (bvb. nabijheid windmolenparken) en eventuele problemen of beperkingen van de site m.b.t. het uitvoeren van een geofysische survey.

In het IWT-SBO voorstel werden reeds twee offshore test locaties naar voor geschoven, namelijk de Oostende vallei en de Thorntonbank. Hier wordt nog een derde locatie, namelijk de noordoostelijke hoek van het BCP (voortaan NO-hoek BCP genoemd), aan deze lijst toegevoegd. Voor elke locatie zullen de verschillende criteria geanalyseerd worden. Dit zal uiteindelijk leiden tot een optimale keuze van offshore test site(s).

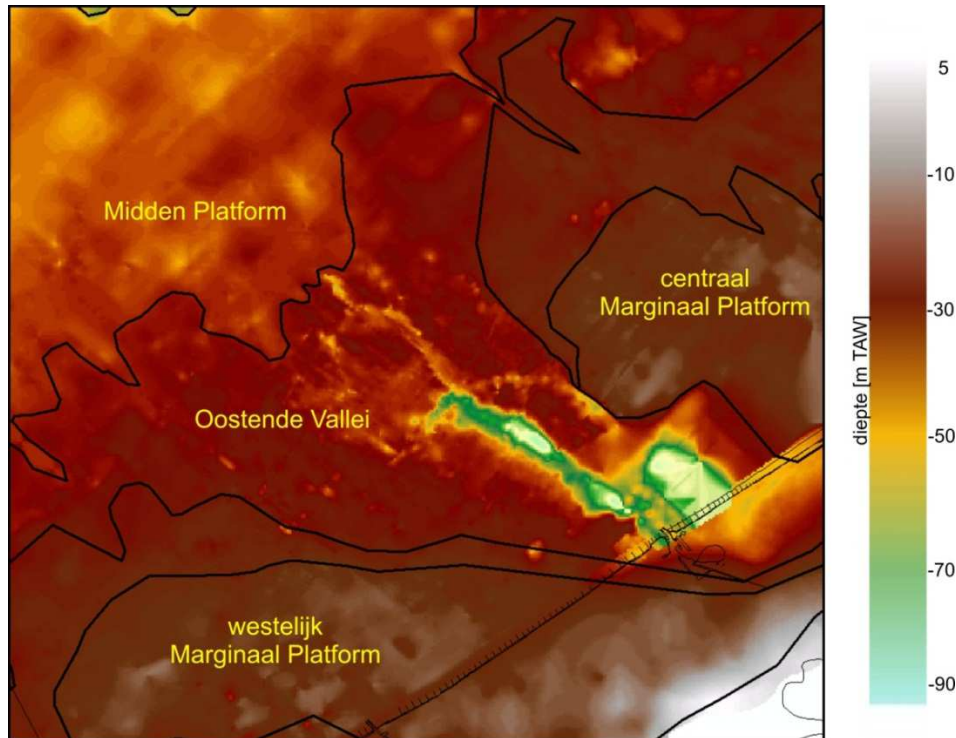
2. Oostende vallei

2.1. Geologie/morfologie

De Oostende vallei is een in het Top-Paleogeen oppervlak, door rivieren ingesneden, trechtervormige vallei (figuur 1) met een zeewaartse splitsing in twee armen die verdwijnen in het Midden Platform. Landwaarts gaat de vallei over in de Kustvallei die op zijn beurt in verbinding staat met de toenmalige Vlaamse vallei. De vorm van de vallei is een gecombineerd resultaat van zeespiegeldalingen en –stijgingen, dat zich respectievelijk vertaalt in rivierinsnijdingen en estuariumafzettingen. Het resultaat van deze evolutie vertaalt zich echter niet altijd in de aanwezige sedimenten. Het zijn voornamelijk de sedimenten van de Eem zeespiegelstijging, met een ontwikkeling tot een estuarium, die terug te vinden zijn in de vallei. Alle fluviatiele afzettingen zijn nagenoeg volledig geërodeerd door deze zeespiegelstijging en die van het vroeg Holocene.

Op het einde van het Weichsel wordt de Oostende vallei, door een toenemende eolische activiteit, afgesloten door een dekzandrug. Tijdens het Holocene worden bovenop de voormalige vallei een hele reeks sedimenten afgezet afkomstig uit verschillende afzettingmilieus, waaronder moerassen (Basis- en Oppervlakteveen), sedimentbekkens

achter een kustbarrière beïnvloedt door getijden (Getijdenafzettingen I, II en III), en mariene zandruggen (Stormgegenereerd I en II en Getijdenzandbanken I en II). De afgezette sedimenten in de Oostende vallei zijn allemaal sterk gefragmenteerd. Dit betekent dat het archeologisch potentieel zeer sterk kan uiteenlopen naargelang de locatie.



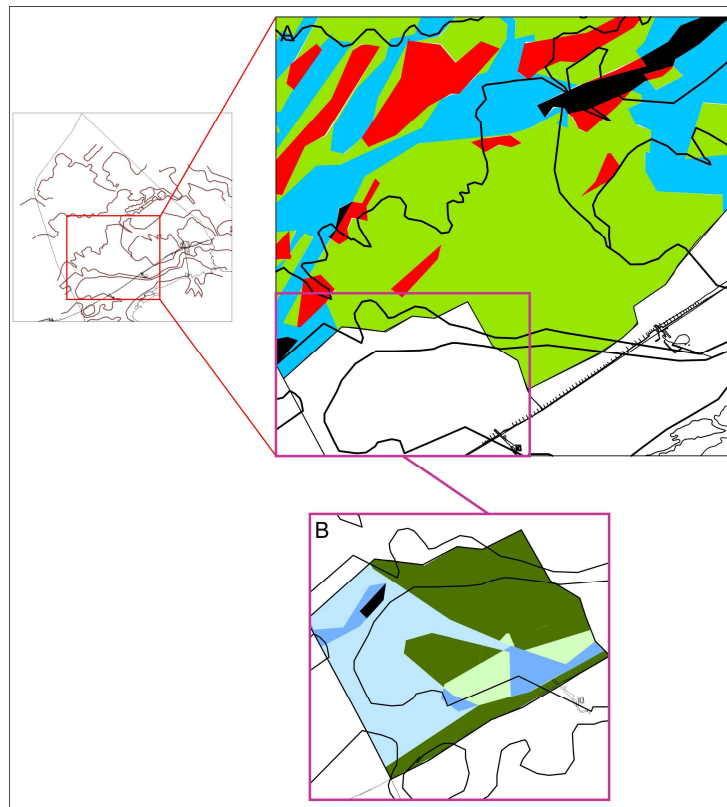
Figuur 1. Het Top-Paleogeen oppervlak ter hoogte van de Oostende vallei met aanduiding van de belangrijkste structuren (naar Mathys (2009)).

2.2. Verwachte archeologie

Figuur 2 toont welke geologische profieltypen van toepassing zijn ter hoogte van de Oostende vallei. De Oostende vallei is in dit opzicht eerder complex, door de overlapping tussen de verschillende archeologische verwachtingszones van het BCP (offshore zone, oostelijk kustzone, IJzervallei). Deze zones en hun geologische profieltypen werden uitgebreid toegelicht in WP1.1.1. De zone van de oostelijke kustvlakte kan hier echter buiten beschouwing gelaten worden daar deze zone te ondiep is (< 10 m) om als echte offshore test site te worden beschouwd.

Het overgrote deel van de Oostende vallei bevindt zich in de offshore zone en wordt voornamelijk gekenmerkt door een opeenvolging van Holocene op Pleistocene op Paleogene sedimenten (figuur 2 A groen). Dit betekent dat elk geologisch tijdvak hier vertegenwoordigd wordt, en we dus in principe archeologie verwachten kunnen verwachten uit alle perioden, van Paleolithicum tot Nieuwste Tijd (figuur 13 WP1.1.1). Het is dan ook logisch dat aan dit profieltype de voorkeur wordt gegeven. De overige profieltypen, Holocene op Paleogeen (blauw), Pleistoceen op Paleogeen (rood), Paleogeen (zwart), worden enkel zeer lokaal aangetroffen in de zeewaartse vertakkingen van de Oostende vallei.

Naar het westen toe grenst de Oostende vallei aan de IJzervallei (figuur 2 B). De onderverdeling in Holocene profieltypen is hier iets ingewikkelder dan in de offshore zone. Het betreft hier voornamelijk hedendaagse getijdenzandbanken en getijdenafzettingen (mogelijk met veen) bovenop Pleistocene en Paleogene sedimenten. Dit betekent dat er een goede (en volledige) opeenvolging is van afzettingen net zoals in het offshore deel van de Oostende vallei, hetgeen binnen de verwachting ligt aangezien beide zones aan elkaar grenzen. We kunnen er dus van uit gaan dat het oostelijke deel van de IJzervallei grosso modo dezelfde opeenvolging van sedimenten kent als het grote (centrale) deel van de Oostende vallei.



Figuur 2. Linksboven de locatie van de Oostende vallei in het Top-paleogeen oppervlak; A en B: uitvergroting van de Oostende vallei en het voorkomen van de verschillende geologische profieltypen van de drie verschillende zones van het BCP, namelijk het offshore IJzerdal.

Voor zowel de offshore zone als het IJzerdal geldt echter dat de Holocene sedimenten hoofdzakelijk opgebouwd zijn uit mariene of intertidale sedimenten, deels afgezet achter een uitgebreide duinengordel in een omgeving opgebouwd uit moerassen, slikken en schorren (Hillewaert et al., 2011; Mathys, 2009).

In zijn geheel kunnen we dus, voor de zone dieper dan 10 m waterdiepte, in de Oostende vallei archeologie verwachten vanaf het Eem tot en met de Nieuwe Tijd in een opeenvolging van sterk uiteenlopende afzettingsmilieus met een variabel archeologisch potentieel. Er dient echter rekening gehouden te worden met de mariene sedimenten die een beperking kunnen leggen op de archeologische verwachtingswaarde m.b.t. vroegere perioden. Voor dergelijke sedimenten is de kans op terrestrische archeologie namelijk uiterst miniem, terwijl daarentegen de kans groot is om er nautische archeologie uit modernere tijden terug

te vinden, gerelateerd aan de zeevaart (en eventueel luchtvaart). Zo is er bijvoorbeeld een verhoogde kans op het aantreffen van scheepswrakken in het kustnabije gedeelte van het BCP (afgeleid uit Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden (IKAW) voor Nederland).

2.3. Gevonden archeologie

Ter hoogte van de Oostende vallei zijn in het verleden vondsten van fossiel beendermateriaal aangetroffen. Het betreft hier enkel dierlijk beendermateriaal. Zo werd onder andere een incisief van de onderkaak van *Hippopotamus antiquus* (nijlpaard) uit de periode van het Eem teruggevonden ter hoogte van het strand van Mariakerke. Een andere vondst van dierlijk beendermateriaal betreft het gewei van *Cervus elaphus* (edelhert) uit de periode van het Vroeg-Holoceen nabij de Kwintebank. Van beide vondsten is echter de context waarin het materiaal werd aangetroffen niet gekend.

2.4. Beschikbare data

De Oostende vallei wordt bedekt door een uitgebreid seismisch netwerk (figuur 3). De dichtheid van het netwerk is echter niet voldoende om kleinschalige sedimentaire en morfologische structuren te kunnen onderscheiden, zoals individuele getijdegeulen en –vlaktes, alsook supragetijden afzettingmilieus (zoutwatermoerassen). Hiervoor is een dicht netwerk van zowel transversale als longitudinale seismische profielen nodig (afstand tussen de seismische lijnen minder dan 500 m) hetgeen uiteindelijk moet toelaten om een gedetailleerd (pseudo-) 3D beeld van de vallei op te stellen. Een bijkomend aandachtspunt is de transitie van zee naar land aan de zuidoostelijke rand van de vallei. Hier is tot vandaag de dag bijna geen hoogkwalitatieve seismische data aanwezig, dit als gevolg van de geringe waterdiepte en grote getijdenamplitude (dus vaak onbereikbaar voor schepen met een zekere diepgang) en de aanwezigheid van biogeen gas in de sedimenten (waardoor verstoring van het beeld optreedt). Hierdoor blijft de overgang naar de Kustvallei onduidelijk.



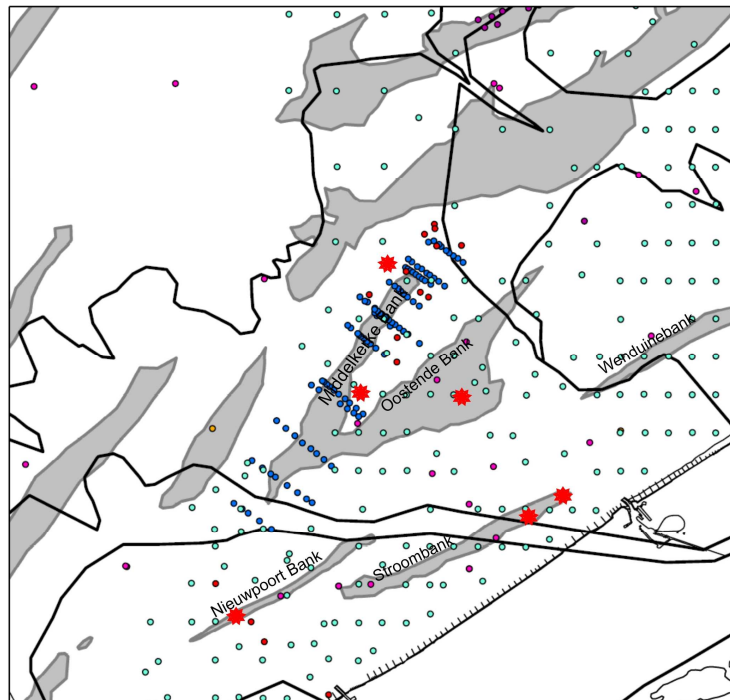
Figuur 3. Seismisch netwerk ter hoogte van de Oostende vallei (naar Mathys (2009)).

2.5. Groundtruth data

Ter hoogte van de Oostende vallei zijn over een periode van tientallen jaren verschillende boorcampagnes gehouden (figuur 4). Maar slechts enkele van deze boringen reiken diep genoeg (tot de bodem van de vallei). Op basis van deze diepe boringen werd een lateraal en transversaal composiet profiel opgesteld doorheen de vallei (Mathys, 2009).

Andere boringen in de zone van de Oostende vallei dateren werden voornamelijk uitgevoerd ter hoogte van de Middelkerke Bank en zijn minder relevant voor ons onderzoek.

De combinatie van bestaande (diepe) boringen en seismische data geeft een relatief goed beeld van de verschillende types afzettingen in de vallei, en waar deze zich bevinden. Maar desondanks zijn meer boringen, en meer seismische data, nodig zijn om een gedetailleerd beeld van de vallei te bekomen en van zijn archeologisch potentieel.



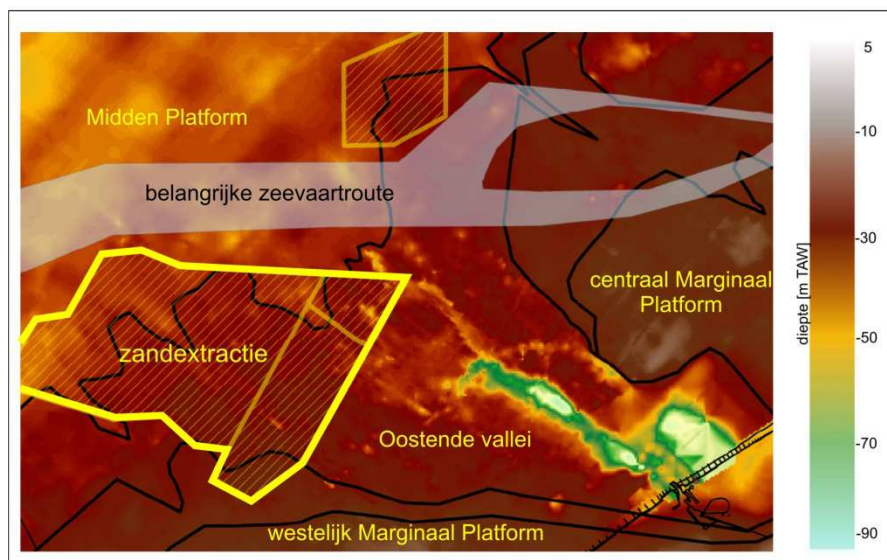
Figuur 4. Kaart met boringen ter hoogte van de Oostende vallei. Boringen aangeduid met een rode ster zijn boringen die tot in de diepste delen van de Oostende vallei reiken (Mathys, 2009). Alle andere boringen zijn afkomstig uit verschillende boorcampagnes en reiken niet tot in de diepste delen van de Oostende vallei.

2.6. Mogelijke problemen

Verschiedende economische activiteiten leiden tot praktische beperkingen ter hoogte van de Oostende vallei (figuur 5). De belangrijkste beperking wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van een drukke scheepvaartroute ter hoogte van de noordoostelijke zeewaartse arm van de vallei. Hier vindt uitgebreid transport plaats vanuit het Kanaal naar de havens van Zeebrugge en Antwerpen. Een tweede, mogelijke beperking is gerelateerd aan de aanwezigheid van een zandextractiezone ter hoogte van de westelijke zeewaartse

arm van de vallei. De zandwinningsactiviteiten in deze zone zijn een probleem voor toekomstige surveys, niet alleen m.b.t. de data-acquisitie (o.a. toelating tot het gebied) maar ook m.b.t. verstoring van de ondergrond (en daardoor ook de seismische data). Maar een dergelijke extractiezone hoeft niet noodzakelijk een probleem te zijn. Zo heeft de extractie in deze zone al geleid tot een enkele vondsten van fossiel dierlijk materiaal t.h.v. de Kwintebank al is de context van dergelijke fossiele materialen vaak niet gekend door een slecht management van de vondsten.

Een laatste praktisch probleem is de verstoring van het seismische beeld door de aanwezigheid van ondiep biogeen gas in de sedimenten, waardoor enkel de afzettingen boven de gashoudende sedimenten goed in kaart kunnen worden gebracht. Zoals blijkt uit eerder onderzoek (Missiaen et al., 2002) is een groot deel van Oostende vallei waarschijnlijk onderhevig aan ondiep biogeen gas in de bodem.



Figuur 5. Weergave van het Top-Paleogeen oppervlak en een belangrijke zeevaartroute ter hoogte van de rechter zeewaarts georiënteerde arm van de Oostende vallei (naar Mathys (2009)).

2.7. Conclusies m.b.t. de Oostende vallei

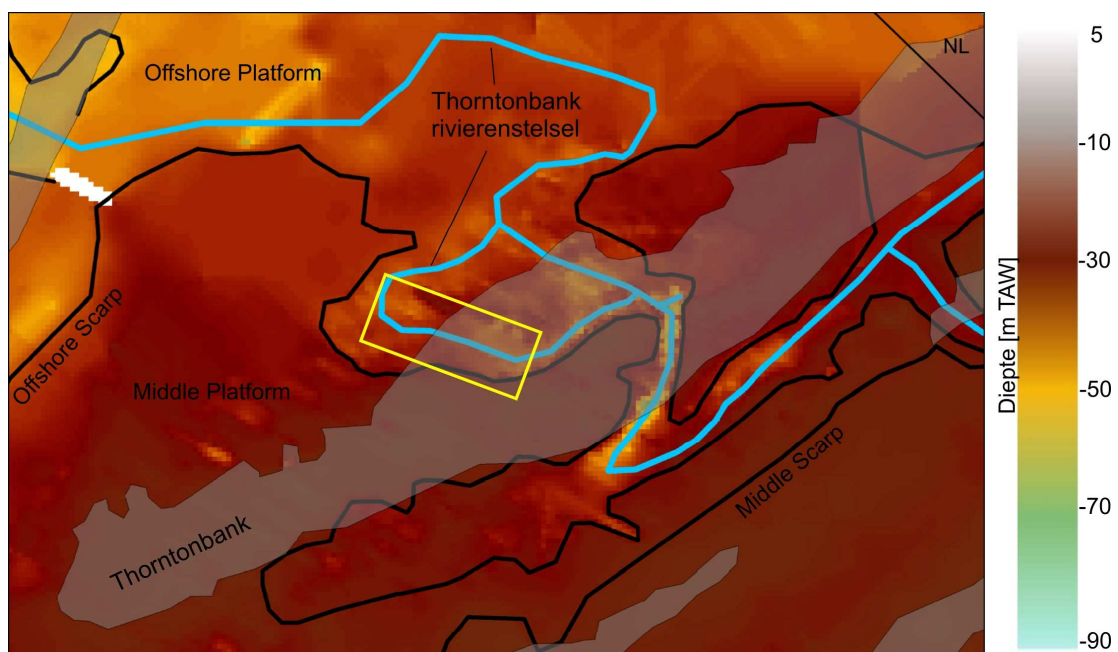
Op basis van alle gegevens en voorgaande analyse lijkt het optimaal om een meetcampagne uit te stippelen die de vallei dwars doorsnijdt. Op die manier kan een optimaal beeld gevormd worden gaande van de valleiwallen tot de diepste rivierinsnijdingen in de vallei. Een dicht seismisch netwerk in deze meetzone zal toelaten om een beter beeld te bekomen van de verschillende afzettingmilieus in de vallei en hun archeologisch potentieel.

Daar de Oostende vallei en de IJzervallei aan elkaar grenzen en daar de overgang tussen beide valleien niet goed gekend is kan het ook een goede optie zijn om zich bijkomend te concentreren op de westelijke flank van de vallei, nabij het westelijk marginaal Platform. Op een dergelijke locatie kan een beeld gevormd worden van de verschillende afzettingmilieus rondom een estuarium.

3. Thorntonbank

3.1. Geologie/morfologie

Het Top-Paleogeen oppervlak onder de hedendaagse Thorntonbank wordt gekenmerkt door een aantal diep ingesneden valleien (figuur 6). Mathys (2009) linkt deze insnijdingen aan de Thornton vallei, een extensie van de afwatering van de Nederlandse rivieren naar diepere delen van het toenmalige Noordzeebekken ('Axial Channel'). Het centrale deel van dit rivierstelsel onder de huidige Thorntonbank wordt gekenmerkt door een rivier van zo'n 400 tot 500 m breed en tot 16 m diep (Mathys, 2004) (geel kader figuur 6). Uit de reliëfkaart van het Top-Paleogeen oppervlak is af te leiden dat het rivierstelsel zich over het algemeen diep heeft ingesneden (vaak minstens 10 m). Aan de oostelijke en westelijke zijde van dit rivierencomplex bevinden zich verhogingen in het Top-Paleogeen oppervlak die beide overgaan naar de 'open vlakte' van het Offshore platform in het NW. Het complexe rivierstelsel heeft geleid tot een insnijding van het Midden Platform in het Top-Paleogeen landschap. Dit Offshore Platform voorbij de Offshore Scarp is waarschijnlijk ooit de rivierbedding van de Maasvallei geweest (na het leeglopen van het Saale proglaciaal meer).



Figuur 6. Het Top-Paleogeen oppervlak ter hoogte van de Thorntonbank met aanduiding van het Thorntonbank rivierstelsel (in blauw). De limiet van de huidige Thorntonbank is aangeduid in transparant grijs. Waar het rivierstelsel de grootste afmetingen aanneemt is geaccentueerd met een gele rechthoek (naar Mathys (2009)).

Wat betreft de ouderdom van de sedimenten in de Thornton vallei bestaat er enige verwarring. Enerzijds wordt er melding gemaakt van een opvulling van Eem sedimenten, net zoals de Nederlandse rivieren die in het verlengde liggen met deze valleien (Mathys, 2004). Deze laatste zouden bovendien ook mogelijk Weichsel afzettingen (Fluviatiele zand- en grindafzettingen van de Kreftenheye Formatie) kunnen bevatten nabij de Thorntonbank. Anderzijds wordt er melding gemaakt van een invulling van hedendaagse Holocene mariene zanden (Mathys, 2009). Vermoedelijk zijn de valleien onderaan opgevuld met Eem sedimenten met daarbovenop Holocene sedimenten.

Bovenop de Eem sedimenten treffen we getijdenzandbanken aan. Lokaal zijn deze mariene sedimenten zeer dik ter hoogte van de huidige Thorntonbank. Ten zuiden van de zandbank, de geul tussen de Thorntonbank en de Gootebank, zijn deze mariene sedimenten echter veel dunner vanwege de sterke stromingen. Hier treffen we dan ook Eem sedimenten of eventueel Paleogene sedimenten aan de oppervlakte.

3.2. Verwachte archeologie

Figuur 7 toont welke geologische profieltypen van toepassing zijn ter hoogte van de Thorntonbank. Uit de complexiteit van de figuur blijkt dat bij de Thorntonbank en in de nabije omgeving alle geologische profieltypen worden aangetroffen, namelijk Paleogeen (profieltype 1, zwart), Pleistoceen op Paleogeen (profieltype 2, rood), Holocene op Paleogeen (profieltype 3, blauw) en Holocene op Pleistoceen op Paleogeen (profieltype 4, groen).

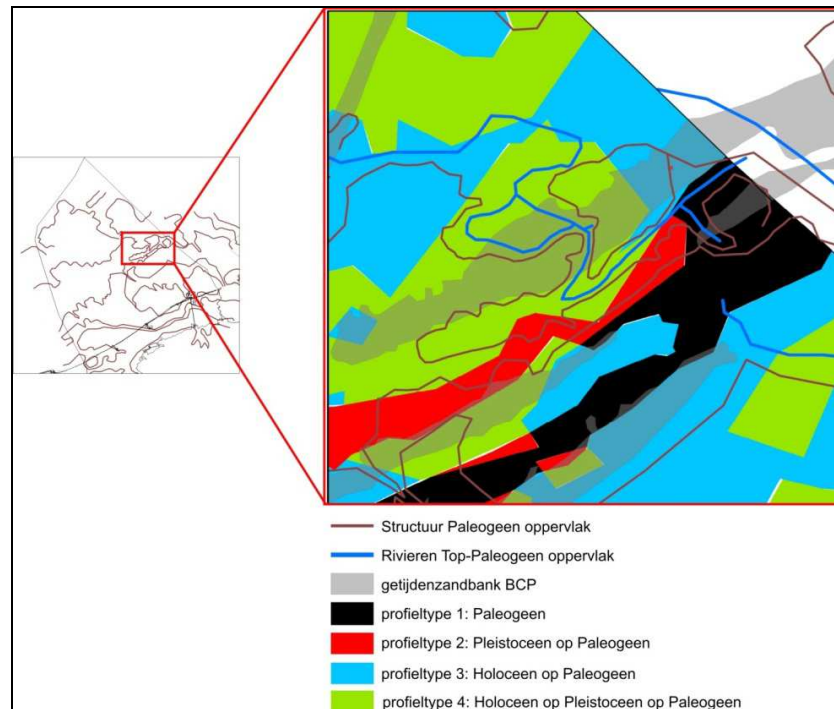
Profieltype 1 beperkt zich tot een zone nabij de Belgisch-Nederlandse grens ter hoogte van de huidige zandbank met een uitgestrekte uitloper naar het zuidwesten, een geul tussen de zandbanken. Profieltype 2 is een smalle strook die min of meer parallel loopt ten zuiden van de Thornton zandbank (ruwweg tussen de Thorntonbank en de Gootebank). Profieltype 3 komt voor in het grootste deel van de Thorntonbank. Profieltype 4 concentreert zich in het oosten alsook langs grote delen ten noorden van de huidige zandbank.

Van alle profieltypes is profieltype 3 de enige met een complete opeenvolging van alle geologische tijdvakken. Ook hier dient weer rekening gehouden te worden met de aanwezigheid van mariene sedimenten, ditmaal niet alleen voor het Holocene maar ook voor het Pleistoceen. Dergelijke sedimenten verlagen het archeologisch potentieel betreffende landarcheologie.

Interessant voor deze regio is de aanwezigheid van Pleistocene paleorivieren die zich sterk in het oude landschap hebben ingesneden. Dergelijke rivieren en hun valleien zijn een belangrijke aantrekkingsfactor geweest voor prehistorisch leven en kunnen mogelijk fossielen hiervan herbergen (zie 3.3). Het in beeld brengen van een dergelijke leefomgeving gaande (van 500 ka BP tot de verdrinking door de zee tijdens het Eem en het Holocene) kan belangrijke informatie verschaffen over de leefomgeving van de prehistorische mens.

3.3. Gevonden archeologie

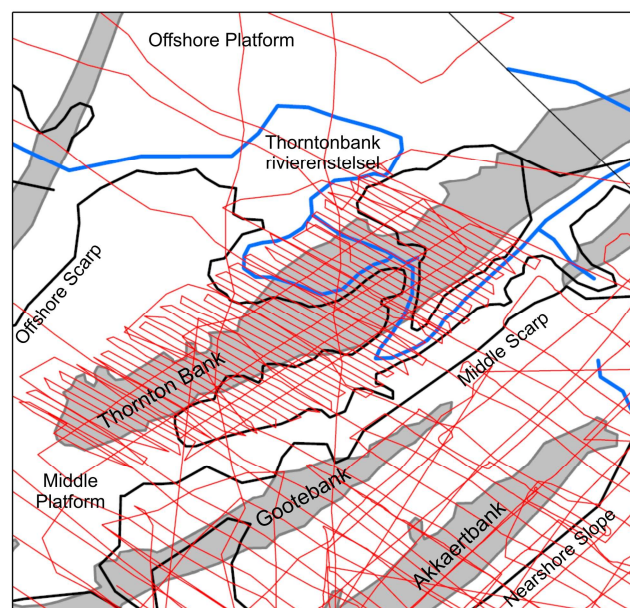
Ter hoogte van de Thorntonbank zijn reeds enkele vondsten van fossiel beendermateriaal aangetroffen. Het betreft hier enkel dierlijk beendermateriaal dat zowel van het Belgisch als Nederlands deel van de Noordzee afkomstig zou zijn. De dierlijke resten betreffen *Anancus arvernensis* (mastodont), *Mammuthus meridionalis* (zuidelijke mammoet), *Eucladoceros sp.* (hertachtige) en *Equus sp.* (paard). Al de resten dateren uit het Vroeg-Pleistoceen, geassocieerd met het Tiglian (2,4 - 1,8 Ma geleden) op het land (Mathys, 2009).



Figuur 7. Linksboven de locatie van de Thorntonbank in het Top-paleogeen oppervlak. Rechtsboven de locatie van de huidige Thorntonbank (transparant grijs) met aanduiding van de Paleogene structuren en rivieren (respectievelijk bruine en blauwe lijnen) in combinatie met de geologische profieltypen.

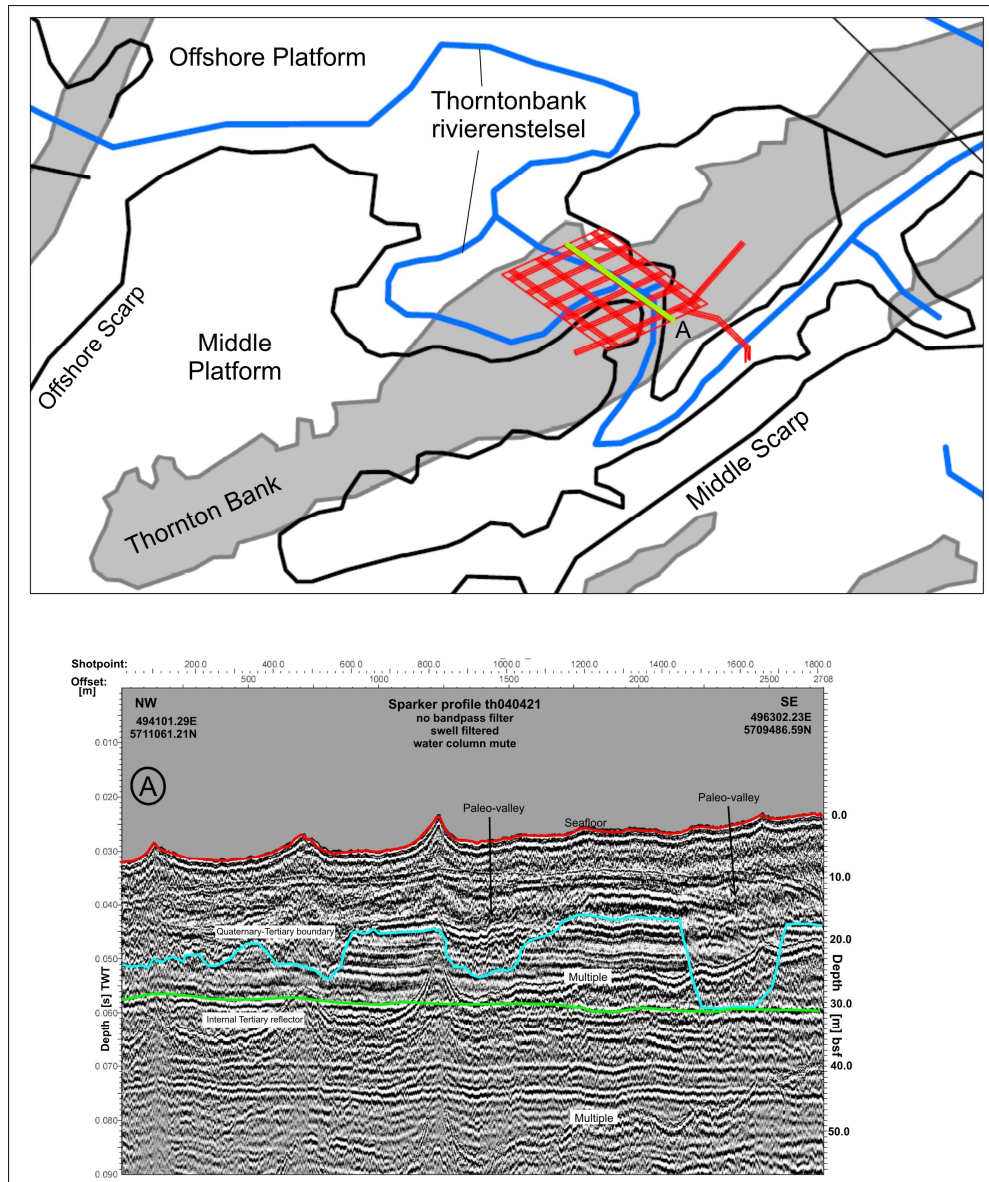
3.4. Beschikbare data

Ter hoogte van de Thorntonbank is een uitgebreid seismisch netwerk aanwezig (figuur 8). Dit seismisch netwerk bestaat voornamelijk uit single-channel reflectie seismische profielen met hoge-resolutie en bedekt de hele Thorntonbank met uitzondering van het deel tegen de Nederlandse grens.



Figuur 8. Aanduiding van het seismisch netwerk t.h.v. de Thorntonbank. Zwarte lijnen zijn de belangrijke structuren van het Top-Paleogeen oppervlak. Hedendaagse zandbanken zijn aangeduid in het grijs.

Meer recent, in 2004, werd een dicht netwerk van seismische profielen opgenomen in het kader van de Thorntonbank Campagne, in het westelijke deel van het huidige windmolenpark van C-Power (Mathys, 2004). Deze recente gegevens vormen de basis voor de meeste informatie omtrent het Thornton rivierenstelsel (figuur 9).

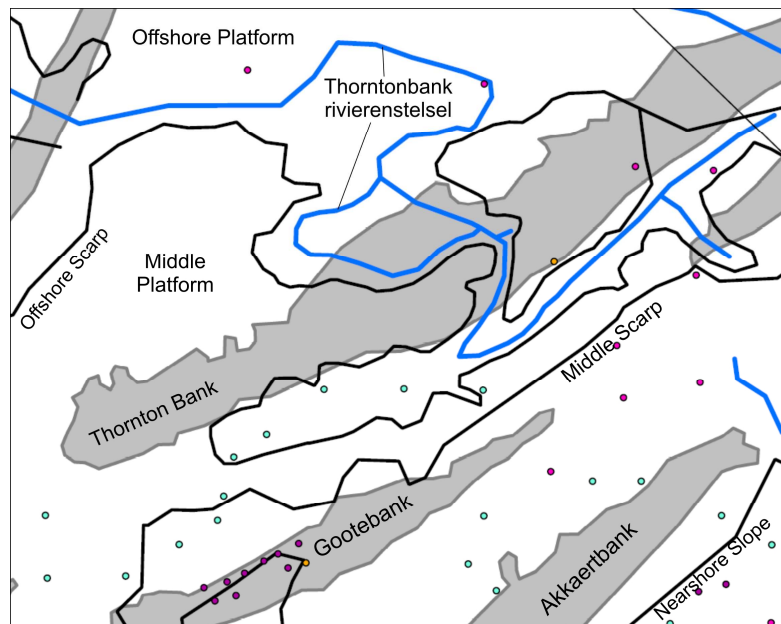


Figuur 9. Bovenaan is de locatie van het Thorntonbank project van Mathys (2004) weergegeven (rood). Onderaan is een vb. van een profiel (A) uit dit seismisch netwerk weergegeven dat het Thorntonbank rivierenstelsel op drie locaties doorsnijdt, zoals duidelijk is terug te vinden in de blauwe lijn van het profiel.

3.5. Groundtruth data

Van al de boringen op het BCP zijn er slechts twee die op de Thorntonbank vallen, terwijl er meer naar het zuiden, in de geul tussen de Thorntonbank en de Gootebank, een tiental boringen genomen werden (figuur 10).

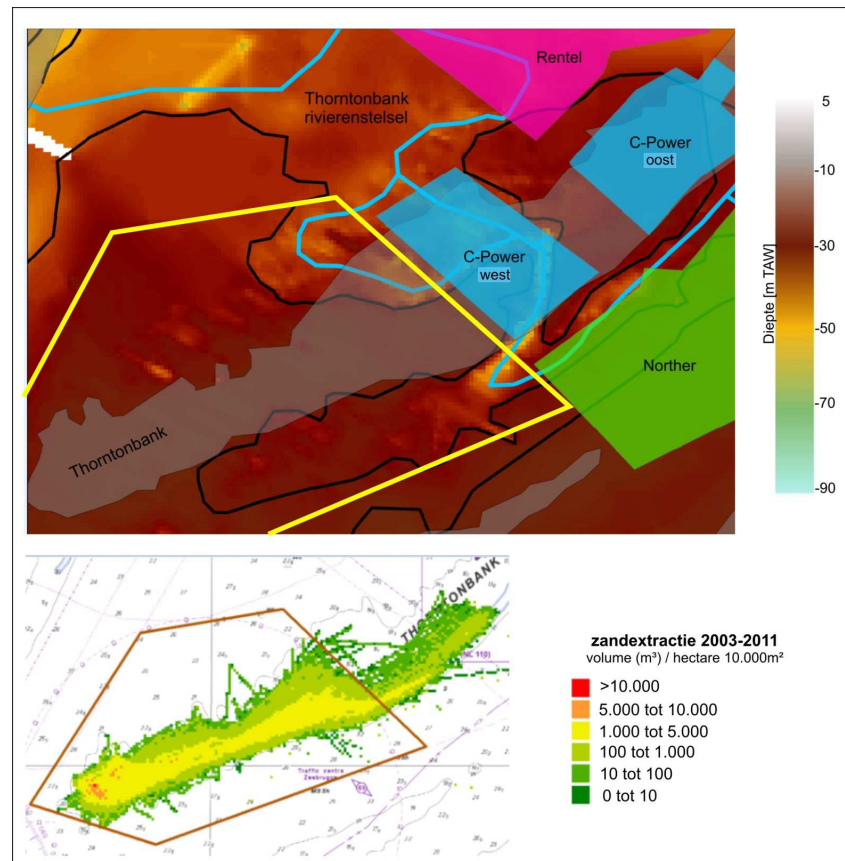
Uit een studie van 2009 in opdracht van de Vlaamse Overheid betreffende exploratiezone 4 op het BCP blijkt dat de Eem sedimenten ter hoogte van de Thorntonbank opgebouwd zijn uit matig tot zeer grof zand en vaak siltbijmenging of siltlagen, kleibrokken en kleilagen alsook zeldzaam organisch materiaal en grind met bijmenging van schelpmateriaal bevatten. De Eem sedimenten bedekken echter niet de hele Thorntonbank. Ze bevinden zich voornamelijk in het centrale deel onder de zandbank, nabij het rivierencomplex, en zijn eerder gefragmenteerd aan de oostelijke en westelijke rand (figuur 7 rood).



Figuur 10. Boringen t.h.v. de Thorntonbank met aanduiding van de structuur van het Top-Paleogeen oppervlak (zwart), het Thorntonbank rivierenstelsel (blauw) en de hedendaagse zandbanken (grijs).

3.6. Mogelijke problemen

De Thorntonbank behoort tot een zone uitgekozen voor het opwekken van hernieuwbare energie, namelijk windenergie. Deze zone strekt zich uit van ongeveer ca. 6 km ten zuiden van de Thorntonbank tot ca. 8 km ten noorden van de Bligh bank in het noorden. De nabijheid van het windmolenpark C-Power ter hoogte van de Thorntonbank en het windmolenpark Norther net ten zuiden (figuur 11) beperkt de mogelijkheden voor een testgebied. Maar het is net onder deze windmolenparken dat zich een groot deel van het complex paleorivierenennetwerk bevindt (het Thorntonbank rivierenstelsel) (zie figuur 8). Daarom lijkt het aangewezen om ons te beperken tot de aangrenzende zone ten noorden en westen van deze windmolenparken. Dit komt echter ook zeer dicht bij de zandextractiezone ten westen van de windmolenparken (figuur 11), waar in de periode 2003-2011 grote hoeveelheden zand van de Thorntonbank werden gebaggerd. Het is dus mogelijk dat een deel van de Holocene geologie in die zone sterk verstoord is. Maar deze verstoring beperkt zich echter enkel tot de zandbank zelf, hetgeen betekent dat de nabije omgeving niet of weinig beïnvloed werd door het baggeren.



Figuur 11. Locatie van de Thorntonbank op het Top-Paleogeen oppervlak met aanduiding van de verschillende windmolenparken (blauw, groen, roze) en de zandextractiezone (geel) (naar Mathys (2009)). De figuur onderaan geeft aan hoeveel zand er reeds gebaggerd werd ter hoogte van de zandbank.

3.7. Conclusies m.b.t. de Thorntonbank

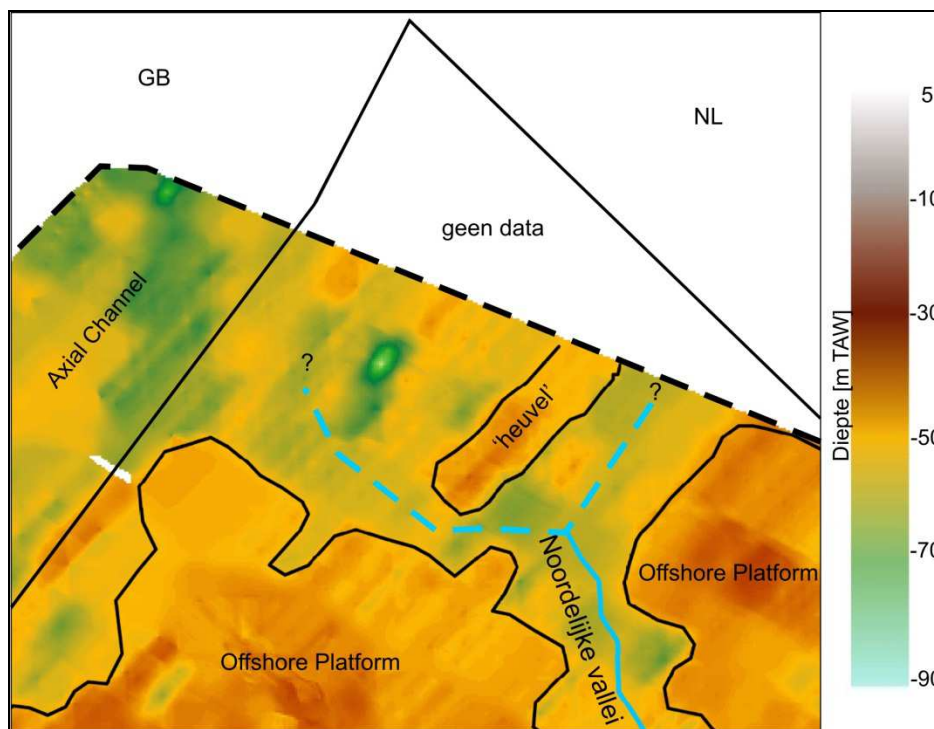
Op basis van alle gegevens en voorgaande analyse lijkt de beste keuze voor een meetcampagne in de nabijheid van de aanwezige paleorivieren te zijn. De Thorntonbank zelf is waarschijnlijk geen optie maar een mogelijke locatie is ten zuiden van de zandbank, in het naburige dal in het Top-Paleogeen oppervlak. Mogelijk hebben hier oude rivieren gelopen en kunnen deze, net als in Nederland, waardevolle informatie verschaffen over het toenmalige landschap.

4. NO-hoek

4.1. Geologie/morfologie

De noordoostelijke uithoek van het BCP, grenzend aan de Britse en de Nederlandse sector van de Noordzee, is de enige locatie op het BCP waar weinig tot geen informatie over beschikbaar is. Ondanks het gebrek aan informatie kunnen toch een aantal zaken afgeleid worden. Zo blijkt, op basis van de reconstructie van het Top-Paleogeen oppervlak van (Liu et al., 1993; Liu et al., 1992; Mathys, 2009), dat dit gebied zich situeert in de Noordelijke vallei die hier uitmondt in het 'Axial Channel' (figuur 12). In deze zone van het BCP bevinden zich een aantal diepe depressies ('scour hollows' naar Liu et al. (1993)) en een enkele verhoging

(heuvel?) in het Top-Paleogeen oppervlak. De depressies zouden gevormd zijn tijdens het Pleistoceen door fluviatiele werking en/of getijden erosie (Liu et al., 1993; Liu et al., 1992). De 'heuvel' in de Noordelijke vallei lijkt, op basis van de hoogtekkaart van het Top-Paleogeen oppervlak, een restant te zijn van het 'Offshore Platform', een helling in het landschap tussen rivierterrassen (Deleu en Van Lancker, 2007). De Noordelijke vallei fungeerde als een afvoerkanaal van waterlopen uit het hinterland, zoals de Nederlandse rivieren naar het 'Axial Channel' ten tijde van lage zeespiegelstanden.



Figuur 12. Het Top-Paleogeen oppervlak in de noordoostelijke uithoek van het BCP met aanduiding van de belangrijkste structuren in het oppervlak (naar Mathys (2009)).

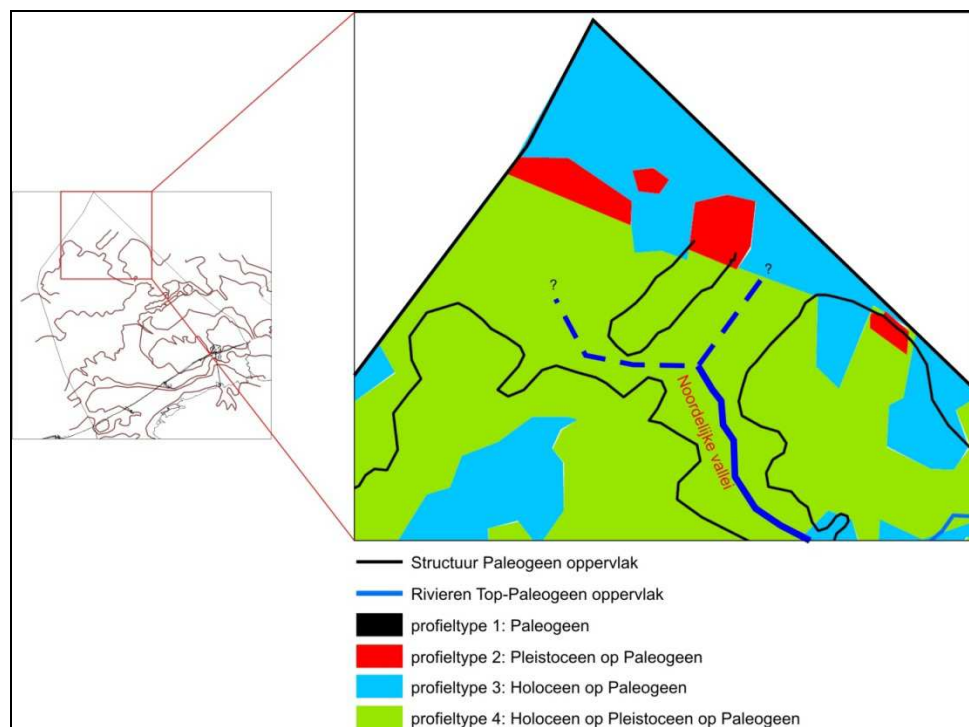
Bovenop het Top-Paleogeen oppervlak treffen we vermoedelijk Pleistocene fluviatiele zand- en grindafzettingen met een zeer diverse ouderdom en oorsprong (zie WP1.1.1), afgezet tijdens perioden van lage zeespiegelstanden. De daaropvolgende sedimenten dateren uit een periode van een hoge zeespiegelstand, namelijk het Eem. Deze mariene zijn waarschijnlijk zeer gefragmenteerd in deze regio. De meest recente sedimenten dateren uit het Holoceen en worden vertegenwoordigd door getijdenzandbanken en zijn het resultaat van de Holocene zeespiegelstijging. Het zijn dus met andere woorden mariene sedimenten.

4.2. Verwachte archeologie

Figuur 13 toont welke geologische profieltypen van toepassing zijn ter hoogte van de noordoostelijke uithoek van het BCP. Slechts drie van de vier mogelijke geologische profieltypen zijn hier van toepassing, namelijk Pleistoceen op Paleogeen (profieltype 2, rood), Holoceen rechtstreeks op Paleogeen (profieltype 3, blauw) en Holoceen op Pleistoceen op Paleogeen (profieltype 3, groen). Er is geen enkele zone waar het Paleogeen dagzoomt aan de zeebodem. Profieltype 2 heeft een geïsoleerd en eilandvormig voorkomen en situeert zich in een overgangszone tussen profieltype 3 en 4. De sedimenten uit het Pleistoceen zouden in deze regio voornamelijk afkomstig zijn van fluviatiele zand- en

grindafzettingen (Deleu en Van Lancker, 2007). Indien dit het geval is dan is het mogelijk dat hier restanten van organismen uit vroegere perioden bewaard zijn gebleven.

Van het Top-Paleogeen oppervlak (figuur 12) kan afgeleid worden dat er waterlopen aanwezig waren die belangrijk kunnen geweest zijn in de ontwikkeling van de vroege mens in deze regio van de zuidelijke Noordzee. Paleogeografische reconstructies van Hijma et al. (2012) laten daarnaast de interpretatie toe van een landbrug in dit gebied die de zeespiegelstijging van het Eem voor een lange periode heeft kunnen weerstaan. Deze landbrug vormde daarbij de verbinding tussen het Europese vasteland en de huidige Britse Eilanden. Deze landschappen konden aantrekkelijk geweest zijn voor de mens door de aanwezigheid van zoet water en voedsel, en een maritiem beïnvloedt klimaat.



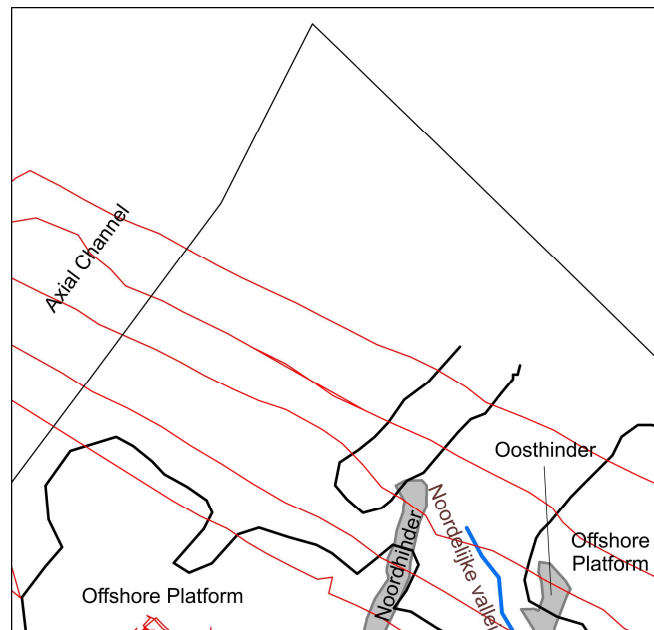
Figuur 13. Noordoostelijke hoek van het BCP met de verschillende geologische profieltypen.

4.3. Gevonden archeologie

Tot vandaag de dag zijn in deze zone van het BCP geen fossiele vondsten vermeld.

4.4. Beschikbare data

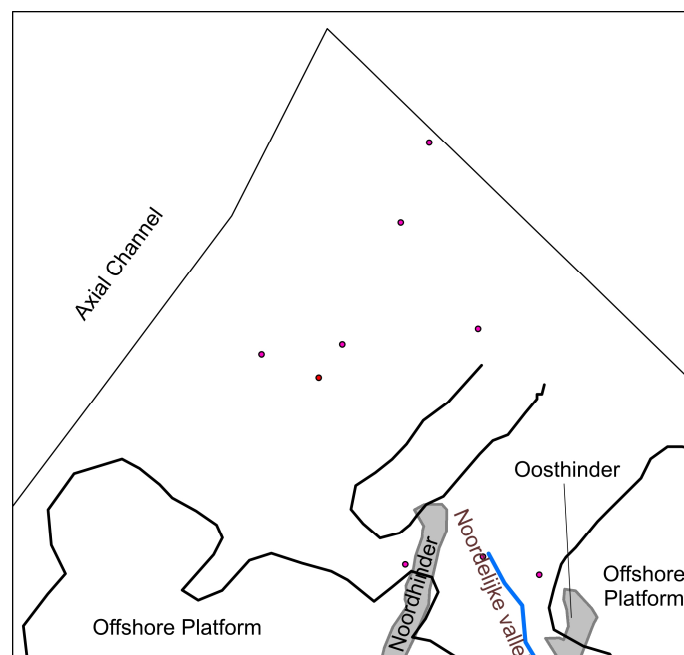
Wat betreft seismische data is er slechts een zeer geringe concentratie aan seismische lijnen in de noordoostelijke zone (figuur 14). Uit figuur 12 is op te maken dat slechts een deel van het Top-Paleogeen oppervlak in kaart is gebracht door een gebrek aan seismische data. Dit leidt er dan ook toe dat interpretaties die tot nog toe zijn gemaakt (Mathys, 2009) allesbehalve zeker zijn (en dus voor herinterpretatie vatbaar). Bijkomend seismisch onderzoek is noodzakelijk voor deze regio van het BCP om een gedetailleerder beeld van de ondergrond te bekomen alsook de onderliggende structuren in beeld te brengen.



Figuur 14. Het seismisch netwerk (rood) t.h.v. het noordoosten van het BCP met aanduiding van de van de structuur van het Top-Paleogeen oppervlak (zwart), het verlengde van het Thorntonbank rivierenstelsel (blauw) en de hedendaagse zandbanken (grijs).

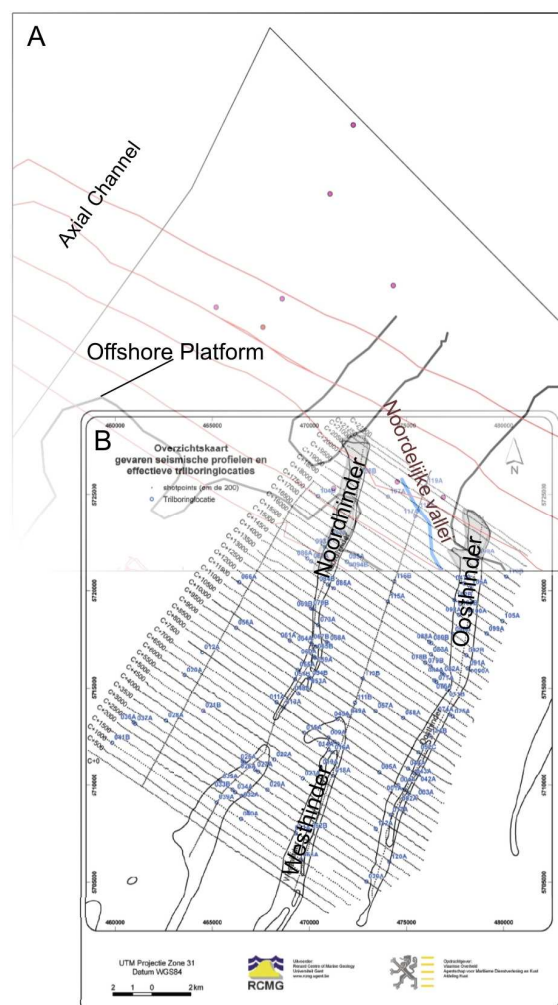
4.5. Groundtruth data

Slechts een vijftal boringen werden geplaatst in deze uithoek van het BCP, waarvan de diepste tot 8 m en 10 m reiken (figuur 15). Deze dieptes zijn echter ontoereikend gezien de diepte van het Top-Paleogeen oppervlak (tot bijna -50 m TAW). Dergelijke ondiepe boringen kunnen daarom slechts beperkte informatie verschaffen.



Figuur 15. Boringen t.h.v. het noordoosten van het BCP met aanduiding van de van de structuur van het Top-Paleogeen oppervlak (zwart), het verlengde van het Thorntonbank rivierenstelsel (blauw) en de hedendaagse zandbanken (grijs)

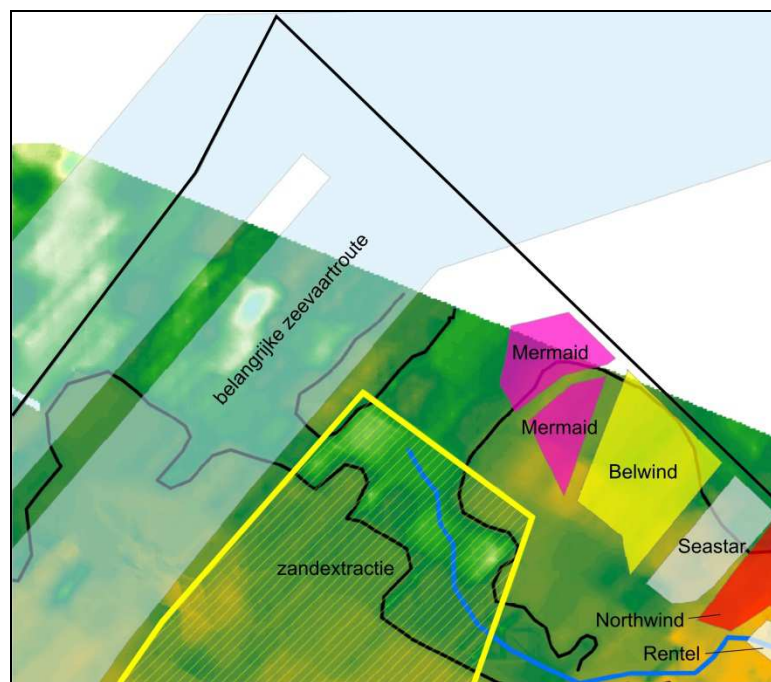
De weinige beschikbare informatie betreft een studie van seismische data en trilboringen in exploratiezone 4 (zgn. Hinderbankenproject) (figuur 16 B naar Mathys et al., 2009). Dit is een zone (net ten zuiden van de NO hoek) gekenmerkt door vier zandbanken, waarvan de dichtstbijzijnde tot de NO-hoek van het BCP, de Noordhinder en de Oosthinder zijn. In deze zone werden 120 trilboringen geplaatst o.b.v. een analyse van seismische data. De strategie voor de trilboringslocaties is gebaseerd op een voldoende grote spreiding om het gebied zo goed mogelijk te karakteriseren, de interne structuur van de zandbanken, een veiligheidszone van 500 m rondom telecommunicatiekabels, de aanwezigheid van wrakken en de locatie bovenop een seismische raai (figuur 16 B). De beschrijvingen van de 120 trilboringen zijn beschreven in het eindrapport van Depret en G-tec (2009). De overgang tussen het Paleogeen en het Pleistoceen wordt in deze zone gekenmerkt door een grindhoudende laag waarvan de dikte varieert tussen 20 en 30 cm. Daarbovenop bevinden zich Pleistocene Eem sedimenten opgebouwd uit uiterst fijn zand tot matig grof grind en zeer variërend in dikte. De Holocene afzettingen zijn onderaan opgebouwd uit een zeer homogeen matig grof zand en bovenaan uit een homogeen zeer grof zand. Bovenop het Paleogeen en Pleistoceen kunnen bijkomend grindlagen aanwezig zijn die een gemiddelde dikte hebben van minder dan 50 cm.



Figuur 16. Aanduiding van het seismische data en de beschikbare boringen zoals aangeduid in figuur 14 en 15 (A) en uit het Hinderbankenproject (B) (Mathys et al., 2009).

4.6. Mogelijke problemen

In de NO hoek van het BCP zijn er meerdere problemen die zich kunnen voordoen (figuur 17). Er dient in eerste instantie rekening gehouden te worden met de aanwezigheid van de internationale vaarroutes. Dit betekent dat het grootste deel van deze zone uitgesloten wordt als test site, en we ons moeten richten naar het zuiden en zuidoosten van de zone. Een tweede probleem is de aanwezigheid van een toegewezen concessiezone aan het windmolenpark genaamd Mermaid in het zuidoosten. Een laatste probleem is de nabijheid van een zandextractiegebied in het zuidwesten. De extractie van zand kan de bovenste sedimentlagen sterk verstoord hebben.



Figuur 17. De noordoostelijke hoek van het BCP met aanduiding van mogelijke problemen die de meetcampagnes kunnen beïnvloeden (naar Mathys (2009)).

4.7. Conclusies m.b.t. de NO-hoek

Op basis van alle gegevens en voorgaande analyse lijkt het best om een meetcampagne uit te voeren in de nabijheid van de Noordelijke vallei buiten de belangrijkste invloed van de zandextractiezone, de scheepvaartroute en de windmolenparken. Net zoals bij de Oostende vallei is het beter om de vallei vanuit een dwars oogpunt te benaderen. Dit geeft een betere dekking van beide valleiflanken en de interne structuur van de vallei. De aanwezigheid van dikke grindpakketten kan kwaliteit van de seismische data sterk beïnvloeden in negatieve zin, daar dergelijke dikke sedimentpakketten kunnen leiden tot een slechte penetratie.

5. Algemene conclusie

Rekening houdende met het beschikbare tijd en budget wordt hier de voorkeur gegeven aan twee i.p.v. drie sites. Daarbij wordt voorrang gegeven aan de Oostende vallei en de Thorntonbank. De NO-hoek van het BCP is in principe een geschikte locatie omdat hier net weinig gegevens bekend zijn en de ontwikkelde methode dus optimaal kan getest worden. Maar de beperkingen van deze locatie zijn echter te verstorend om goede resultaten te garanderen. Ten eerste is er de afgelegen locatie (en dus lang varen om te bereiken). Daarnaast verliezen we een groot deel van de locatie aan zeevaartroutes, windmolenparken en zandwinningsgebieden, en de aanwezigheid van dikke zand- en grindafzettingen verlaagt de seismische penetratie aanzienlijk.

De belangrijkste argumenten voor de Oostende vallei en de Thorntonbank zijn de volgende:

➤ Oostende vallei

- o oorspronkelijk een estuarium dat een hoge biodiversiteit gehad kan hebben
- o geschikte afzettingenmilieus (veen, slikken en schorren) aanwezig die sporen van mensen kunnen bevatten
- o overlap mogelijk met paleo IJzervallei, waar weinig gegevens van gekend zijn
- o fossiel materiaal gevonden
- o verificatie van data met reeds bestaande gegevens
- o kan paleolandschappelijke informatie leveren over de leefomgeving van de vroege mens

➤ Thorntonbank

- o paleorivierenstelsel aanwezig dat een hoge biodiversiteit gehad kan hebben
- o veel fossiele vondsten ter hoogte van deze locatie
- o verificatie van data bestaande gegevens en mogelijk met data van de naburige windmolenparken
- o kan paleolandschappelijke informatie leveren over de leefomgeving van de vroege mens

6. Referenties

Deleu, S., Van Lancker, V. (2007), Geological setting of gravel occurrences on the Belgian part of the North Sea, in: Van Lancker, V., Du Four, I., Verfaillie, E., Deleu, S., Schelfaut, K., Fettweis, M., Van den Eynde, D., Francken, F., Monbaliu, J., Giardino, A., Portilla, J., Lanckneus, J., Moerkerke, G., Degraer, S. (Eds.), Management, research and budgetting of aggregates in shelf seas related to end-users (Marebasse), Brussel, p. 139.

Depret, G-tec (2009), Seismisch onderzoek in Exploratietoneel 4 op het Belgisch Continentaal Plat, p. 236.

Hijma, M.P., Cohen, K.M., Roebroeks, W., Westerhoff, W.E., Busschers, F.S. (2012), Pleistocene Rhine-Thames landscapes: geological background for hominin occupation of the southern North Sea region. *Journal of Quaternary Science* 27, 17-39.

Hillewaert, B., Hollevoet, Y., Ryckaert, M., Cherretté, B., Declercq, B., Deforce, K. (2011), Op het raakvlak van twee landschappen : de vroegste geschiedenis van Brugge. Van de Wiele, Brugge.

Liu, A.C., De Batist, M., Henriët, J.P., Missiaen, T. (1993), Plio-Pleistocene scour hollows in the Southern Bight of the North Sea. *Geologie En Mijnbouw* 71, 195-204.

Liu, A.C., Missiaen, T., Henriët, J.P. (1992), The morphology of the top-Tertiary erosion surface in the Belgian sector of the North Sea. *Marine Geology* 105, 275-284.

Mathys, M. (2004), Thorntonbank Campaign 21-27 April 2004: Final report of the seismic survey, p. 18.

Mathys, M. (2009), The Quaternary geological evolution of the Belgian Continental Shelf, southern North Sea, Faculty of Science. University Ghent, p. 382.

Mathys, M., Van Lancker, V., Versteeg, W., De Batist, M. (2009), Wetenschappelijke begeleiding en geïntegreerde interpretatie van seismisch onderzoek en trillboringen in Exploratietoneel 4 op het Belgisch Continentaal Plat, p. 146.

Missiaen, T., Murphy, S., Loncke, L., Henriët, J.P. (2002), Very high-resolution seismic mapping of shallow gas in the Belgian coastal zone. *Continental Shelf Research* 22, 2291-2301.