
SYNTAR

Synthese-onderzoek op
archeologisch materiaal
uit Vlaanderen.

Agentschap
Onroerend
Erfgoed



SYNTAR 16

Synthese-onderzoek op
archeologisch materiaal
uit Vlaanderen.

Veen als venster op het
verleden. Een archeologisch
syntheseonderzoek naar veen
en de relatie met menselijke
activiteiten in het oostelijk
kustgebied van de prehistorie
tot en met de Romeinse
periode

Luc Allemeersch, Frédéric Cruz, Femke Germonpré, Pieter Laloo,
Jari Hinsch Mikkelsen, Annelies Storme, Ruben Vergauwe,
Jeroen Verhegge en Dieter Verwerft

COLOFON

TITEL

Veen als venster op het verleden.

Een archeologisch syntheseonderzoek naar veen en de relatie met menselijke activiteiten in het oostelijk kustgebied van de prehistorie tot en met de Romeinse periode

REEKS

SYNTAR nr. 16

AUTEURS

Luc Allemeersch, Frédéric Cruz, Femke Germonpré, Pieter Laloo, Jari Hinsch Mikkelsen, Annelies Storme, Ruben Vergauwe, Jeroen Verhegge en Dieter Verwerft

JAAR VAN UITGAVE

2023

Een uitgave van agentschap Onroerend Erfgoed
Wetenschappelijke instelling van de Vlaamse Overheid, Beleidsdomein Omgeving
Published by the Flanders Heritage Agency
Scientific Institution of the Flemish Government, policy area Environment

VERANTWOORDELIJKE UITGEVER

Peter De Wilde

OMSLAGILLUSTRATIE

Dieter Verwerft slaat een pollenbak in een veenprofiel aan de Zagershoek in Koolkerke (fotograaf: onbekend; Copyright Raakvlak).

agentschap Onroerend Erfgoed

Havenlaan 88 bus 5

1000 Brussel

T +32 2 553 16 50

info@onroenderfgoed.be

www.onroenderfgoed.be

Dit werk is beschikbaar onder de Modellicentie Gratis Hergebruik v1.0.

This work is licensed under the Free Open Data Licence v.1.0.

Dit werk is beschikbaar onder een Creative Commons Naamsvermelding 4.0 Internationaal-licentie. Bezoek <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> om een kopie te zien van de licentie.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

<https://doi.org/10.55465/CTOM3365>

ISSN 2736-6057

ISBN 978-9-0752-3070-3

D/2023/3241/393



Veen als venster op het verleden. Een archeologisch syntheseonderzoek naar veen en de relatie met menselijke activiteiten in het oostelijk kustgebied van de prehistorie tot en met de Romeinse periode



Oprichtgever: Agentschap Onroerend Erfgoed

Titel: Veen als venster op het verleden. Een archeologisch syntheseonderzoek naar veen en de relatie met menselijke activiteiten in het oostelijk kustgebied van de prehistorie tot en met de Romeinse periode

Auteurs: Luc Allemeersch, Frédéric Cruz, Femke Germonpré, Pieter Laloo, Jari Hinsch Mikkelsen, Annelies Storme, Ruben Vergauwe, Jeroen Verhegge en Dieter Verwerft

Uitvoerder: Raakvlak en Gate

© Raakvlak en Gate, april 2023

Niets uit deze uitgave mag vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of welke wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Raakvlak Archeologisch Onderzoek.



Inhoudsopgave

1.	Inleiding tot het project	5
1.1.	Inleiding	5
1.2.	Team	6
1.3.	Verloop project	6
1.4.	Studiegebied	8
1.5.	Onderzoeksvragen	9
1.6.	De landschapsgenese in het studiegebied vanaf het Holoceen	9
1.7.	De menselijke aanwezigheid in het studiegebied tot en met de Romeinse periode	25
1.8.	Inleiding tot veen in de Vlaamse kustvlakte	38
2.	Inventaris van het reeds uitgevoerd onderzoek	45
2.1.	Inleiding	45
2.2.	Inventaris van veenstudies in en nabij het onderzoeksgebied	45
2.3.	Inventaris van de archeologische waarnemingen	61
2.4.	Inventaris van de gekende boor- en sonderingsonderzoeken	73
2.5.	Inventaris van de Bodemkaart van België in het studiegebied	93
3.	Veldwerk en natuurwetenschappelijk onderzoek	114
3.1.	Inleiding	114
3.2.	Methode veenbeschrijvingen	114
3.3.	Methode pollenonderzoek	115
3.4.	Methode macrorestenonderzoek	116
3.5.	Methode 14C-Datering	117
3.6.	Damse Wegel, Koolkerke	118
3.7.	Arendstraat, Koolkerke	120
3.8.	Zonnebloemweg, Dudzele	124
3.9.	Westhinderstraat, Zeebrugge	146
3.10.	Natiënlaan, Hoeke	158
3.11.	Koffieweg, Zeebrugge	165
3.12.	Zagersweg, Koolkerke	168
3.13.	't Zand, Brugge	170
4.	Samenvatting van de resultaten	172
4.1.	Inleiding	172
4.2.	Fase 1: laat-paleolithicum tot 11700 cal BP	172
4.3.	Fase 2: mesolithicum tot 7500 cal BP	173
4.4.	Fase 3: het neolithicum tot 5500 cal BP	173
4.5.	Fase 4: de bronstijd 5500 tot 2800 cal BP	173
4.6.	Fase 5: de ijzertijd (2800 tot 2000 cal BP)	174
4.7.	Fase 6: de Romeinse periode (50 voor tot 476 na Christus)	174
4.8.	Aanbevelingen	188
4.9.	Dankwoord	188
5.	Bibliografie	190

1.

Inleiding tot het project

Luc Allemeersch, Frédéric Cruz, Femke Germonpré, Pieter Laloo, Jari Hinsch Mikkelsen, Annelies Storme, Ruben Vergauwe, Jeroen Verhegge, Dieter Verwerft

1.1. Inleiding

Veen in de Vlaamse kuststreek is een geologisch-sedimentologisch fenomeen met een bijzondere eigenschap: vanaf zijn ontstaan heeft het een nauwe relatie met de mens. Die nauwe band is gebaseerd op de relatief jonge leeftijd van veen en de natuurlijke rijkdommen die kustveenmoerassen bieden. Vanaf het neolithicum zijn de kustveenmoerassen een jachtgebied, vanaf de ijzertijd een ambachtelijke zone en vanaf de Romeinse periode bewoonbaar. Veen bevindt zich op een raakvlak tussen archeologie en natuurwetenschappen. De studie van veen opent een venster op het verleden van de mens en de natuur.

Toch is de studie van het veen niet volledig verankerd in het archeologisch traject. Het unieke karakter zorgt ervoor dat

de bodems niet altijd goed begrepen worden als het opduikt tijdens archeologisch veldwerk. Daarnaast ontbreken een ruimtelijk overzicht van de aanwezigheid van veenlagen, een chronologie van de veengroei en een draaiboek voor het natuurwetenschappelijk onderzoek dat aan deze kennis kan bijdragen. Dit syntheseonderzoek wil een bijdrage leveren aan deze drie punten.

Het syntheseonderzoek bestaat - na een uitgebreide introductie op veen en op het studiegebied (hoofdstuk 1) - uit drie delen. Een eerste deel omvat een inventaris van het tot nu toe uitgevoerd archeologisch onderzoek, booronderzoek en sonderingsonderzoek in de oostelijke kustpolders in Brugge, Damme en Knokke-Heist (hoofdstuk 2). Het gaat om studies waar specifieke aandacht uitging naar de landschappelijke situatie of waar veen herkend is.



Fig. 1. Staalname in 2018 op een veenprofiel langs de Zagersweg in Koolkerke

Van elk item op de inventaris wordt nagegaan of er eventueel stalen bewaard zijn. De archeologische sites beperken zich chronologisch tot de tijdspanne waarin de kustveenvegetatie nog leefde en het veen groeide: van de prehistorie tot en met de Romeinse periode. Menselijk ingrijpen op het veen vanaf de middeleeuwen wordt niet in deze studie opgenomen. Vanaf dan is het karakter van de kuststreek sterk gewijzigd. Bovendien wordt deze periode uitgebreid bestudeerd in het kader van academisch onderzoek. Moerasbodems of venen die vandaag nog groeien worden eveneens niet in deze studie opgenomen, evenmin als afzettingen van geërodeerd veen. Deze inventaris vindt zijn neerslag in samenvattende kaarten en transecten.

In het tweede deel wordt nieuw archeologisch en natuurwetenschappelijk onderzoek beschreven (hoofdstuk 3). In het derde deel volgt de synthese van oude en nieuwe resultaten (hoofdstuk 4). Aan de hand van dit syntheseonderzoek kan een venster op het verleden geopend worden, waardoor de menselijke activiteiten - van de prehistorie tot de Romeinse periode - op en in het veen zichtbaar worden. Dit project wil de evolutie van het veen en haar relatie met de mens beter in kaart brengen. In het derde deel van dit project worden ook nieuwe tools aangeboden voor archeologen, aardkundigen en andere wetenschappers. Het gaat om richtlijnen voor archeologisch, historisch, bodemkundig, sedimentologisch, geomorfologisch en botanisch onderzoek in de oostelijke kustpolders met een specifieke focus op veenonderzoek. Uiteindelijk zal gestandaardiseerd veenonderzoek leiden tot meer kwaliteitsvolle data over de ondergrond in de oostelijke kustpolders en de verdwenen landschappen. Het zal leiden tot gericht onderzoek naar archeologische sites waardoor toekomstige kenniswinst verzekerd is. Bovendien wil het project ook aan het brede publiek duidelijk maken hoe specifiek natuurwetenschappelijk en archeologisch onderzoek een brede waaier aan nieuwe inzichten kan opleveren over het verleden.

Het opzet van het onderzoek is licht gewijzigd ten opzichte van de originele aanvraag. Tijdens de uitvoering van het project stootte het team op enkele struikelblokken. In samenspraak met het wetenschappelijk comité is de onderzoeksstrategie aangepast.

Op basis van de inventaris is snel duidelijk dat relevante archeologische onderzoeken, die informatie leveren over veen, eerder zeldzaam zijn. De onderzoeken die informatie opleveren liggen geclusterd, vooral rond de binnenhaven van Zeebrugge. In grote delen van de kustvlakte zijn geen archeologische gegevens gekend. Omdat de inventaris sterk geïsoleerde locaties oplevert, is besloten de uitgebreide sonderingsdata toe te voegen aan het eerste deel van het onderzoeksproject. Dit stelt de onderzoekers in staat uitgebreidere, maar geen gebiedsdekkende, kaarten te produceren. Deze kaarten tonen de aan- of afwezigheid

van veen en de hoogte van de basis van veen in de kustvlakte. Daarnaast zijn enkele transecten gemaakt van het projectgebied. Op basis van deze doorsnedes kan een duidelijk beeld gevormd worden van de verspreiding en hoogte van het veen. Na afronding van de inventarisatie bleek ook dat er bijzonder weinig veenstalen uit het projectgebied bewaard zijn. Behalve stalen van twee projecten in het Onroerenderfgoeddepot De Pakhuizen (van Raakvlak) zijn geen veenstalen geregistreerd. Daarop is besloten in te zetten op bijkomende staalname in het kader van het tweede deel van dit syntheseonderzoek. Het voordeel is dat de locatie van de stalen kan gekozen worden op basis van de informatie verzameld in het eerste deel van het onderzoek.

1.2. Team

Luc Allemeersch (Gate): paleo-ecoloog

Frédéric Cruz (Gate): geoloog

Femke Germonpré (Raakvlak): geograaf-archeoloog

Nico Inslegers (Raakvlak): fotograaf

Pieter Laloo (Gate): archeoloog

Caroline Landsheere (Raakvlak): publieksmedewerker

Jari Hinsch Mikkelsen (Raakvlak): bodemkundige

Annelies Storme (Gate): paleo-ecoloog

Jurgen Van de Walle (Raakvlak): technisch veldmedewerker

Serge Van Lieffering (Raakvlak): technisch veldmedewerker

Ruben Vergauwe (Gate): geograaf-archeoloog

Jeroen Verhegge (Gate/Ugent): archeoloog

Dieter Verwerft (Raakvlak): archeoloog

1.3. Verloop project

Zoals zoveel goede dingen in het leven, start ook dit project op café. Op een regenachtige herfst dag in 2018 lanceert Luc het idee aan Jari en Dieter in volkscafé Monopole in Gent. Iedereen is direct verkocht. Raakvlak en Gate smeden plannen om samen te werken en een projectsubsidie Syntheseonderzoek aan te vragen. In 2020, na de tweede poging, wordt de subsidie toegekend en kan het project starten.

Aanvankelijk werken de medewerkers van Raakvlak en Gate geïsoleerd aan het project. De eerste stap is het opstellen van de inventarissen van de archeologische gegevens, van de



Fig. 2. Luc Allemeersch tijdens het booronderzoek langs de Zonnebloemweg in Dudzele

boor- en sonderingsonderzoeken en de bewaarde stalen. De eerste twee leveren mooie resultaten op, maar de inventaris bewaarde stalen blijkt zo goed als leeg. Daarom wordt in 2021 beslist om de focus van het project te verleggen. Het team gaat nu actief stalen nemen om onderzoeksvragen te kunnen oplossen aan de hand van natuurwetenschappelijk onderzoek. Een veldteam van Raakvlak en Gate trotseert de gure polderwind om in de winter van 2021 landschappelijke boringen uit te voeren. Waar de boren niet lang genoeg zijn, wordt mechanisch booronderzoek uitgevoerd. Dit levert uiteindelijk voldoende stalen op om een zinvol natuurwetenschappelijk onderzoeksprogramma op te starten.

Om dit natuurwetenschappelijk onderzoek degelijk uit te voeren is tijd nodig. Daarom wordt in 2022 een verlenging van zes maanden voor het project aangevraagd en

goedgekeurd. In de tweede helft van 2022 wordt de laatste hand gelegd aan het onderzoeksrapport.

1.4. Studiegebied

Het studiegebied van dit onderzoeksproject ligt in de oostelijke kustpolders, op het grondgebied van Brugge, Knokke-Heist en Damme. Het studiegebied wordt begrensd door de oorspronkelijke ligging van de Blankenbergse geul in het westen, de Zwinggeul in het oosten, de huidige kustlijn in het noorden en de flanken van de zandrug in het zuiden. Voor deze afbakening werden de landschapsreconstructiekaarten van de vroege middeleeuwen van het Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ) gebruikt. In dit gebied is op een groot aantal plaatsen een pleistoceen zandoppervlak aanwezig. Dit pleistoceen ligt net onder de ploeglaag, zoals op de site Zonnebloemweg die in dit rapport besproken wordt, of

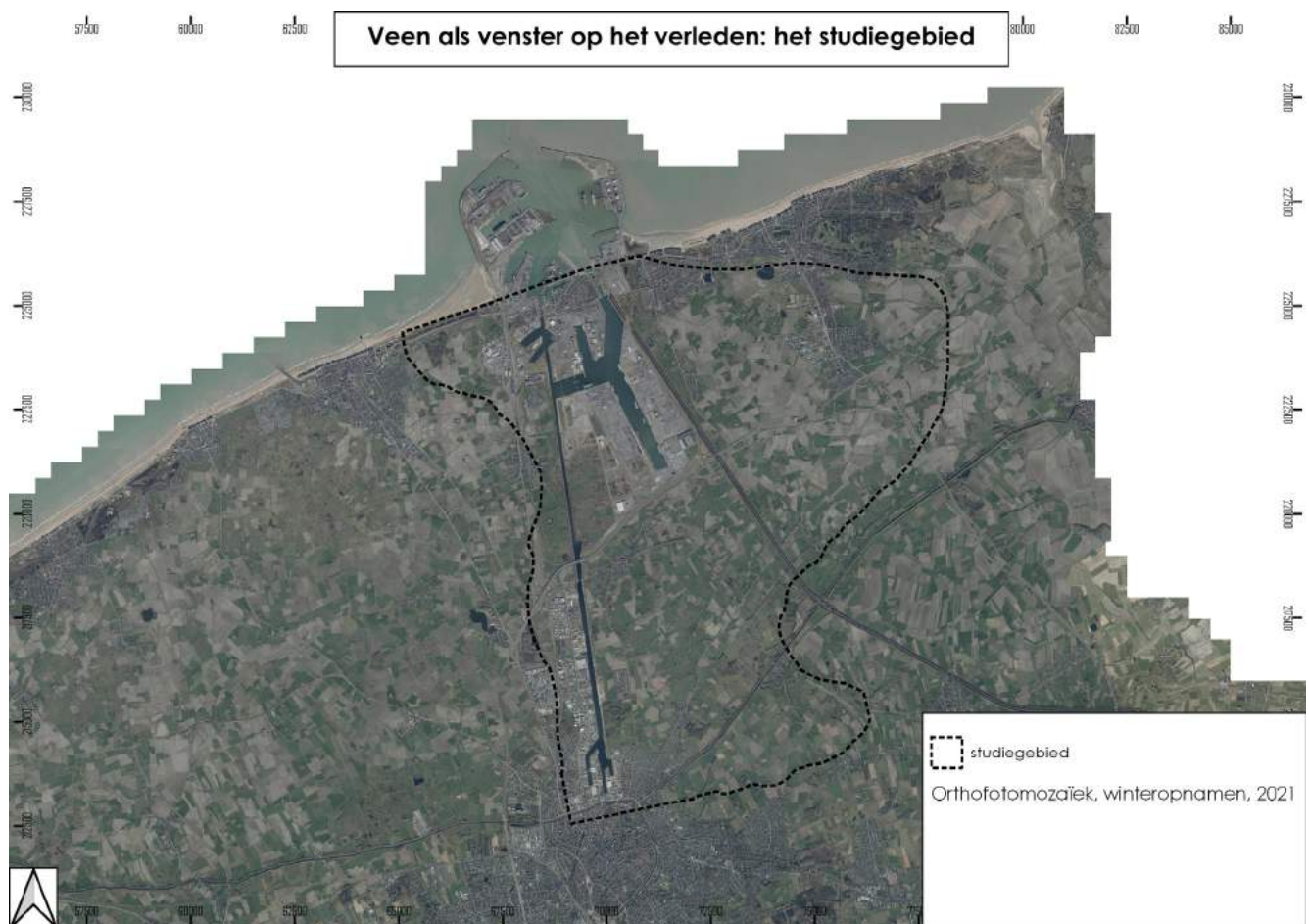


Fig. 3. Het studiegebied ten opzichte van het Grootchalige Referentiebestand

op enkele meters diepte, bedekt door mariene sedimenten en mogelijk ook veen. Het is een regio waar archeologen en aardkundigen een relatief groot aantal intacte veenprofielen en begraven archeologische sites aantreffen.

1.5. Onderzoeksvragen

Een relatief exacte veenkaart is – gezien de sterke versnippering van het gebied en de vele geulen – onmogelijk. De gegevens die in het tweede deel verzameld worden in de geodatabase, zijn vermoedelijk nogal heterogeen. Het is echter haalbaar om op basis van de (micro)topografie een landschapsreconstructie te maken. Deze landschapsreconstructiekaart past in de serie kaarten die is gemaakt voor het boek “Op het raakvlak van twee landschappen” (Hillewaert, 2019). Naast de creatie van een landschapsreconstructiekaart, worden antwoorden gezocht op volgende onderzoeksvragen:

- In welke zones van het studiegebied is het veen als bodemarchief plaatselijk intact bewaard?
- In welke zones van het studiegebied is het afgedekt pleistoceen oppervlak intact bewaard?
- Wanneer begon de verving van het landschap bij bepaalde absolute hoogtes (vb. -1 m TAW, +1 m TAW)?
- Welke waren de verschillende veenlandschappen, gespreid in ruimte en tijd?
- Welke menselijke activiteiten waren er mogelijk binnen het studiegebied doorheen de archeologische perioden, gaande van het mesolithicum tot en met de Romeinse tijd?
- Zijn er bepaalde zones, op basis van reliëf en waterhuishouding, die geschikt bleken voor specifieke menselijke activiteiten?

Om deze vragen te beantwoorden spitst het onderzoek zich het best toe op ¹⁴C-dateringen en pollenanalyse, in beperkte mate aangevuld met macrorestenonderzoek

1.6. De landschapsgenese in het studiegebied vanaf het Holoceen

1.6.1. Theoretisch kader

Geologisch behoort de Belgische kustvlakte tot de Noordzee laaglanden die zich uitstrekken van Cap Blanc Nez in Frankrijk tot Denemarken en die sterk door de zee gedomineerd worden. Dit geologisch jong gebied wordt gekenmerkt door een rijke geschiedenis. De Vlaamse kustvlakte is een erg jong landschap, zeker in vergelijking met de rest van België. Tegelijkertijd is de ontwikkeling van de kustvlakte een bijzonder complex en langdurig proces. Het huidige landschap

is het resultaat van een evolutie die meer dan 10.000 jaar geleden begon.

De kuststreek nam pas in recentere tijden, plaatselijk vanaf de 11e eeuw na Christus of later, haar huidige vorm aan. Aangezien in het huidige landschap enkel het finale geomorfologisch oppervlak te zien is, vlak en laaggelegen, moet naar de ondergrond gekeken worden om de verschillende ontwikkelingsfasen van de landschapsgenese te begrijpen. Het is dankzij uitgebreide bodemonderzoeken dat geleidelijk meer inzicht in de sedimentatiegeschiedenis van de kustvlakte verworven is. Deze sedimentatiegeschiedenis is een proces dat meer dan 10.000 jaar geleden begon in de westelijke kustvlakte met de opvulling van een enorme pre-holocene paleovallei (Baeteman, 2018). De gedifferentieerde landschapsgenese van de kustvlakte en de zandstreek ter hoogte van Brugge zorgt voor een bijzondere dynamiek in de geschiedenis van de oostelijke kustvlakte. Het concept van een raakvlak van twee landschappen is geïntroduceerd en verspreid door Bieke Hillewaert (Hillewaert et al., 2019).

Tot begin jaren 2000 werd aangenomen dat de vorming van de kustvlakte het resultaat was van herhaaldelijke overstromingen (de zogenaamde Duinkerke transgressies, onder andere beschreven door Ameryckx, 1959; Verhulst, 1964). De kartering van de kustbodems op huidige bodemkaart van België is nog steeds op deze theorievorming gebaseerd. Volgens deze theorie zou het ontstaan van de kustvlakte het gevolg zijn van verschillende postglaciale, absolute zeespiegelstijgingen. Bij de transgressies die hier het gevolg van waren, werden verschillende sedimentatiepakketten afgezet (Tys, 2001). In dergelijke landschappelijke context werden zeldzame archeologische vondsten dan ook geïnterpreteerd als off-site fenomenen of sporen van niet-permanente bewoning (Verwerft et al., 2022). Dankzij, onder andere, het onderzoek van Cecile Baeteman (onder andere Baeteman, 2007; 2015; 2018) weten we intussen dat de vorming van het kustlandschap niet het resultaat is van herhaaldelijke transgressies door absolute zeespiegelstijgingen, maar bepaald werd door de invloed van de getijdenwerking op de kust, waarbij dynamische periodes (met actieve insnijding van geulen en getijdenwerking tot diep in het binnenland) afwisselden met meer rustige periodes (waarin verlanding en veenvorming optrad) gedurende het hele Holoceen. De zogenaamde Duinkerke transgressies zijn verlaten als verklaringsmodel voor de landschapsgenese in de kuststreek, maar kunnen mogelijk gelinkt worden aan catastrofale gebeurtenissen in de middeleeuwen.

In het tegenwoordig aanvaarde model wordt de sedimentatie in de kustvlakte aangestuurd en gecontroleerd door, initieel, twee belangrijke actoren: de snelheid van de relatieve zeespiegelstijging enerzijds en de getijden die sediment aanvoeren anderzijds. Naast de werking van de veranderende zeespiegel (de relatieve zeespiegelstijging of RZS) en de

en: quartair-geologische kaart



Pleistocene ondergrond (van boven naar beneden)

- We. dekzand > Ee. getijdenafzettingen
- We. dekzand > We. fluviatiel > Ee. getijdenafzettingen
- We. dekzand > We. fluviatiel > Ee. getijdenafzettingen > Sa. fluviatiel
- We. dekzand
- We. dekzand > We. fluviatiel

Holocene afdekking

- Getijdenafzettingen
- Kustduinen
- Fluviatiele afzettingen

We. = Weichseliaan
Ee. = Eemiaan
Sa. = Saaliaan

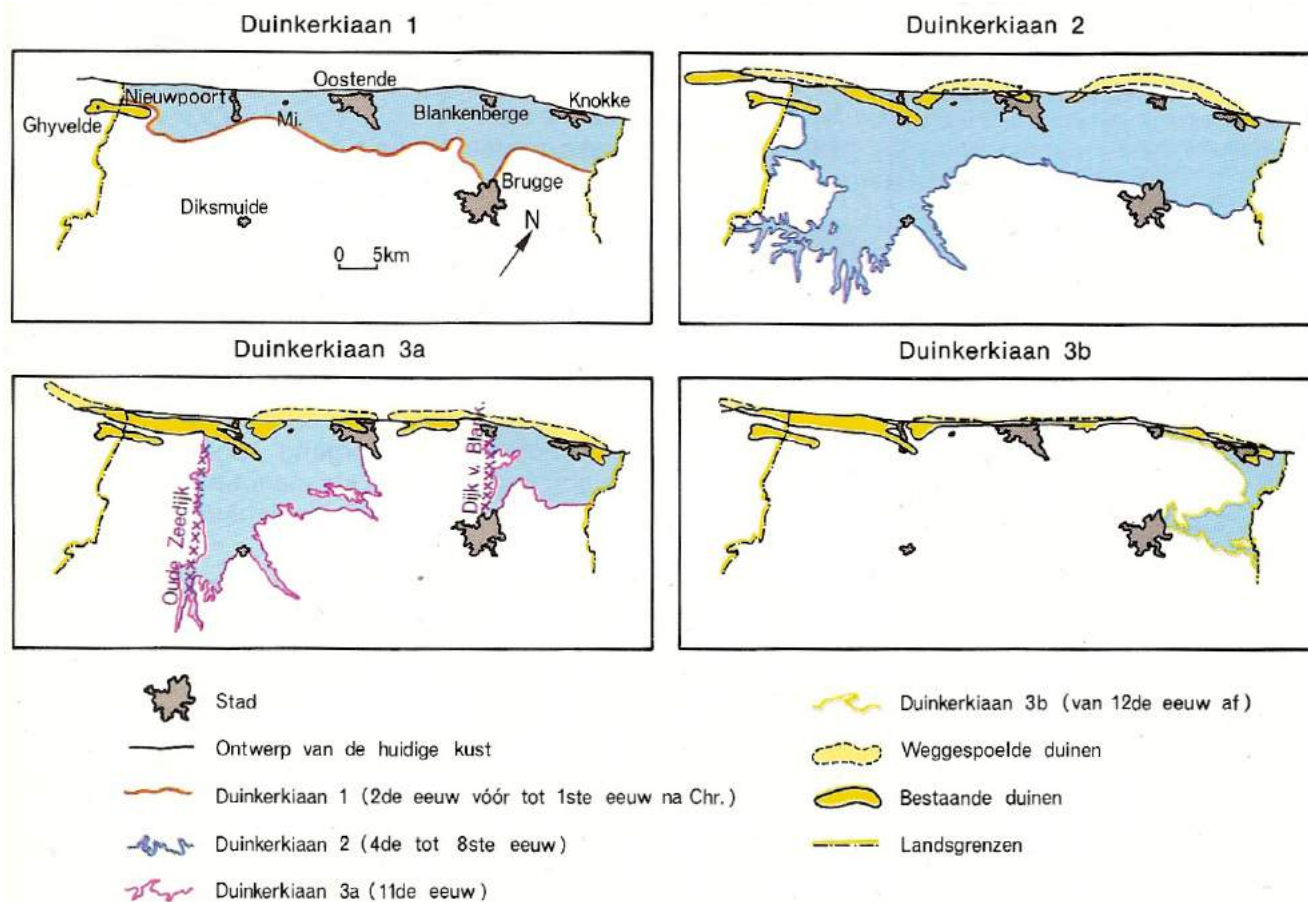


Fig. 5. Cartografische voorstelling van de drie transgressies van de Belgische kust (uit Ameryckx, 1980) – een ondertussen achterhaald model voor de landschapsgenese van de kuststreek.

invloed van de getijden, speelt ook het pre-holocene landschap een belangrijke rol in de ontwikkeling van de kustvlakte. De topografie van het landschap vóór de postglaciale zeespiegelstijging bepaalt mee de vorming van de kustvlakte (De Boer, 2005; Baeteman, 2018).

De opeenvolging van eb en vloed zorgt voor verschillende getijdenmilieus die de bouwstenen van het ontwikkelende kustlandschap doorheen het Holoceen zullen uitmaken. Het gaat om de duingordel, getijdengeulen, slikken en zandplaten, schorren en zoetwatermoerassen. Om de vorming van de kustvlakte en de menselijke aanwezigheid hierin doorheen de geschiedenis te begrijpen is het dan ook cruciaal om deze processen te plaatsen in de context van dynamische sedimentatiemilieus (De Boer, 2005; Baeteman, 2018). Zo bepalen de relatieve zeespiegelstijging en de morfologie van de ondergrond hoeveel sediment in het getijdenbekken kan bezinken. Afhankelijk van de hoeveelheid sediment die via de getijden in het bekken binnenstroomt en de bergingscapaciteit ontstaat een tekort of een overschot aan sediment in het getijdenbekken, wat het gedrag van de kust bepaalt. Bij een sedimenttekort zal erosie optreden, bij een sedimentoverschot is verlanding het gevolg (De Boer, 2005).

Naast deze belangrijke natuurlijke actoren die verantwoordelijk zijn voor de genese van de kustvlakte, is ook al vroeg in de geschiedenis een bepalende rol weggelegd voor de mens. Vanaf de ijzertijd drukt de mens zijn stempel op het landschap (Hillewaert et al., 2019). Er worden heel wat ingrijpende activiteiten uitgevoerd zoals veenontginning en bedijking. Deze activiteiten gaan zo ver dat ze de verdere vorming van het landschap bepalen. Dit maakt van de Belgische kustvlakte een uniek landschap: gevormd door de zee, maar beïnvloed door de mens (Baeteman, 2018). Op het einde van de opvulling van de kustvlakte - vanaf de Romeinse periode, maar zeker vanaf de middeleeuwen - speelt de mens een zeer prominente rol in de evolutie van de kustvlakte. Bedijkingen, ontginningen en grootschalige infrastructuurwerken, zijn de belangrijkste factoren in de laatste fase van het sedimentatieproces.

Belangrijk om op te merken, tot slot, is dat de ontwikkelingen niet gelijktijdig in de hele kustvlakte plaatsvinden. Zo kan bijvoorbeeld een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen de ontwikkeling van de oostelijke en de westelijke kustvlakte. Over de westelijke kustvlakte is reeds uitgebreid onderzoek gebeurd (Baeteman, 2011), waardoor de ontwikkeling van het gebied relatief goed begrepen wordt. In het oostelijke deel van de kustvlakte, waarin ook het

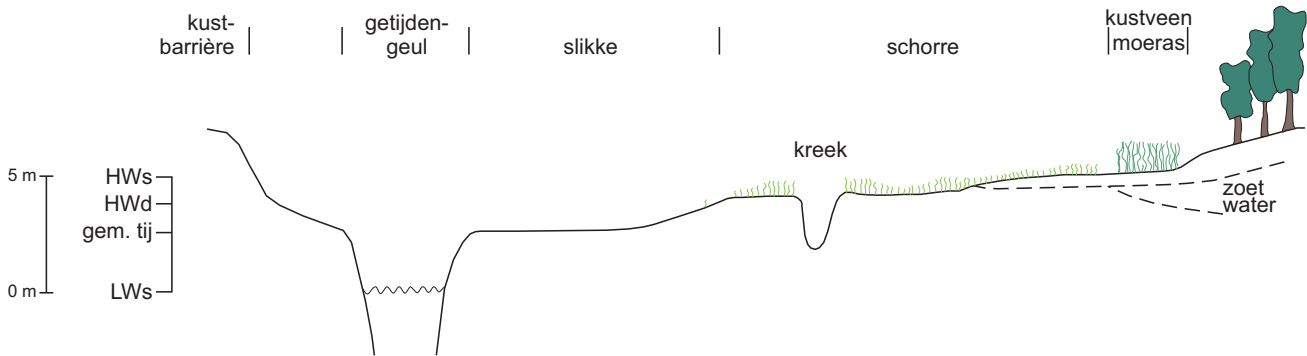


Fig. 6. Schematische weergave van de verschillende sedimentatiemilieus in de kustpolders (gebaseerd op Baeteman, 2011)

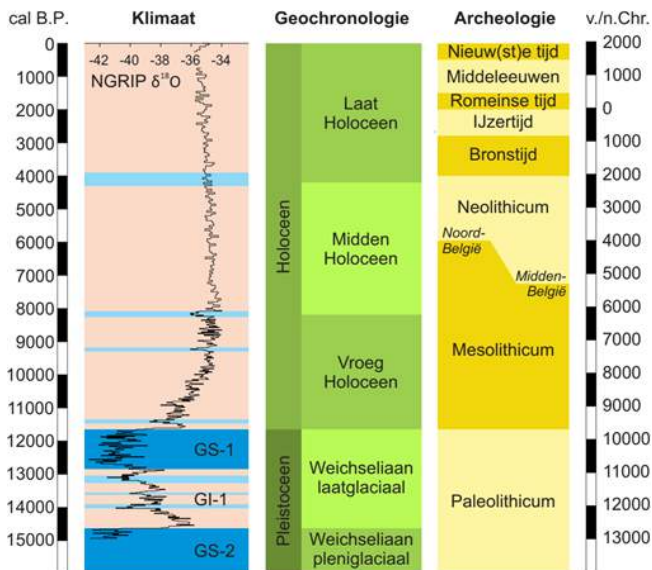


Fig. 7. Geologische en archeologische indeling van de tijd waarbinnen de kustvlakte zich ontwikkelde, afgezet tegen de klimaattevoelie van het Holoceen. Tijdschaal links in jaren voor heden (cal BP) en rechts in jaren voor/na Christus. De zuurstofisotopencurve (North GRIP ice core project members, 2004; Rasmussen et al. 2014) is een maat voor de temperatuur

onderzoeksgebied van het betreffende syntheseonderzoek te situeren is, is dit veel minder het geval. Dit vormt dan ook meteen de aanleiding van dit onderzoek.

Om de complexe landschapsgenese behapbaar te maken, wordt de evolutie onderverdeeld in zes opeenvolgende fases, voornamelijk bepaald door de afwisseling van dynamische en meer rustige periodes. Deze worden hieronder besproken.

1.6.2. Fase 1: afzetting van pleistoceen dekzand

De ontwikkeling van de kustvlakte als afzonderlijk landschap vindt plaats gedurende het Holoceen (de laatste 11700 jaar). Toch is voor een goed begrip van de landschapsgenese ook de morfologie van het landschap aan het eind van het Pleistoceen cruciaal, aangezien dit voor een groot deel de verdere ontwikkeling van de kustvlakte in het Holoceen bepaalt (Baeteman, 2018).

Onder de afzettingen uit het Holoceen komt een zandpakket voor dat gevormd werd in het Pleistoceen, de geologische periode voorafgaand aan het Holoceen, die gekenmerkt wordt door de opeenvolging van ijstijden en tussenijstijden. Gedurende de koudste fases van de laatste ijstijd (het Weichseliaan, 11.600-11.700 cal BP) lag de zeespiegel ongeveer 120 m lager dan nu. De kustlijn bevond zich veel verder naar het noorden en het westen en de Noordzee zelf lag grotendeels droog (Hillewaert et al., 2019). Ook de aanwezigheid van vegetatie was in deze periode sterk verminderd, waardoor de wind vrij spel had en de erosie van oppervlakkige sedimenten werd bevorderd (Jacobs et al., 2004, 21). Door de afzetting van de eolische sedimenten in het binnenland werd een dekzandpakket gevormd van ongeveer 3 m dikte, bovenop de mariene afzettingen uit het Paleogeen/Neogeen (Jacobs et al., 1993). De aanhoudende noordwestenwind op het einde van het Weichseliaan gaf het landschap in de omgeving van Brugge vorm als een typisch duinenlandschap: een zwak golvend landschap met lage dekzandruggen die in zuidwest-noordoostelijke richting waren georiënteerd (De Boer, 2005). Een voorbeeld hiervan, relevant voor het studiegebied, is de dekzandrug die loopt van Gistel, over Brugge en Maldegem tot Stekene. Deze dekzandruggen blokkeerden de afwatering vanuit het binnenland, waardoor zich in plaatselijke depressies ondiepe meren vormden (Hillewaert et al., 2019). Pas tijdens de warmere interstadialen van het laatglaciaal, de overgang van de laatste ijstijd naar het Holoceen, verbeterde het klimaat, waardoor vegetatie kon ontwikkelen en de dekzandruggen stabiliseerden (Hillewaert et al., 2018).

In deze periode verschilde de landschappelijke situatie reeds tussen de westelijke en de oostelijke kustvlakte. De westelijke kustvlakte werd gedurende het Pleistoceen gekenmerkt door de paleovallei van de IJzer en haar zijrivieren (Baeteman, 2011). Deze vormen een zuidoost-noordwest georiënteerde depressie, tot -12 en -18 m TAW diep in respectievelijk het centrale en zeewaartse deel. In de oostelijke kustvlakte ligt het pleistocene oppervlak een stuk hoger dan in het westen, tussen -5 en +5 m TAW (Baeteman, 2018, 316). Deze verschillen in pre-holocene topografie zullen een sterke invloed hebben op de timing van de invloed van de holocene zeespiegelstijging en getijdenwerking in het kustlandschap.

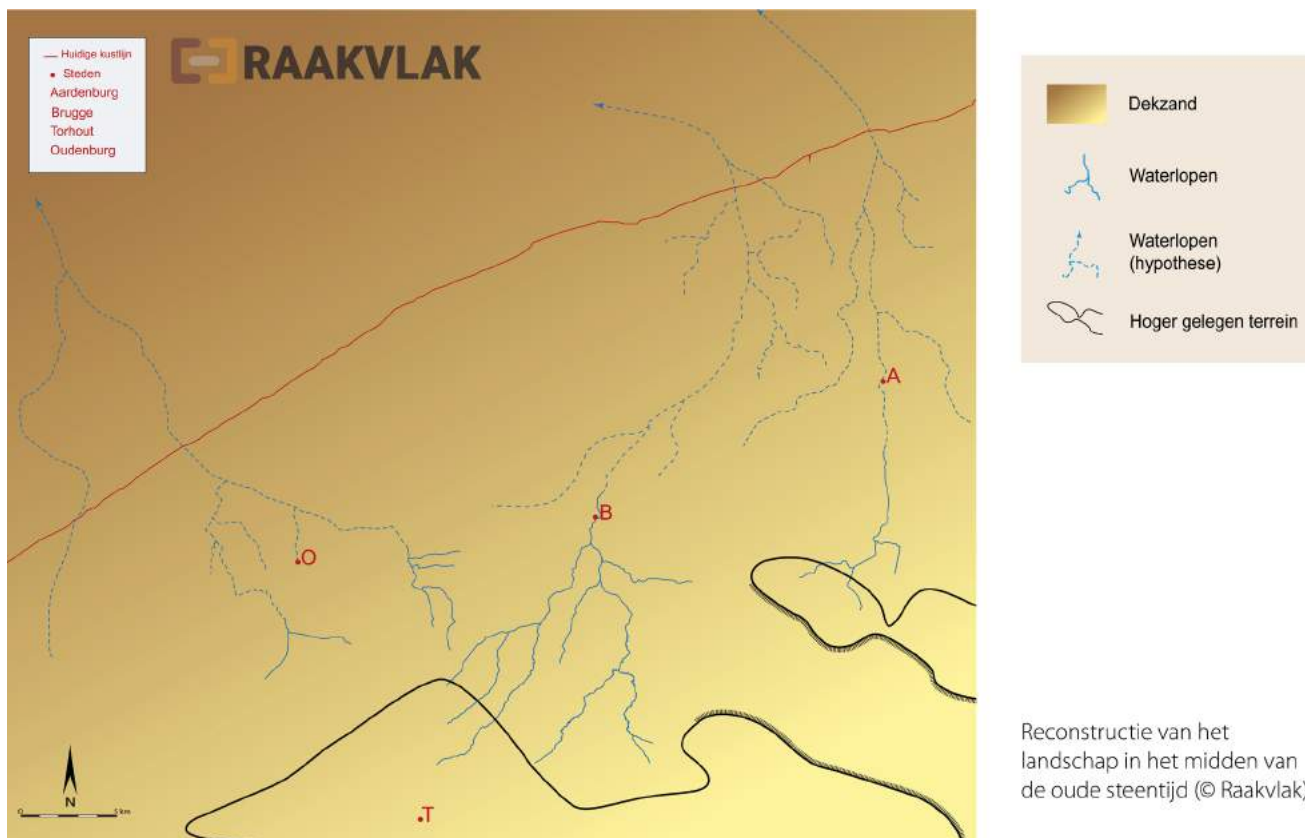


Fig. 8. Schematische reconstructie van het landschap in het midden van het paleolithicum / midden tot laat Pleistoceen (300 000 – 40 000 cal BP) (Hillewaert, 2019, 16)

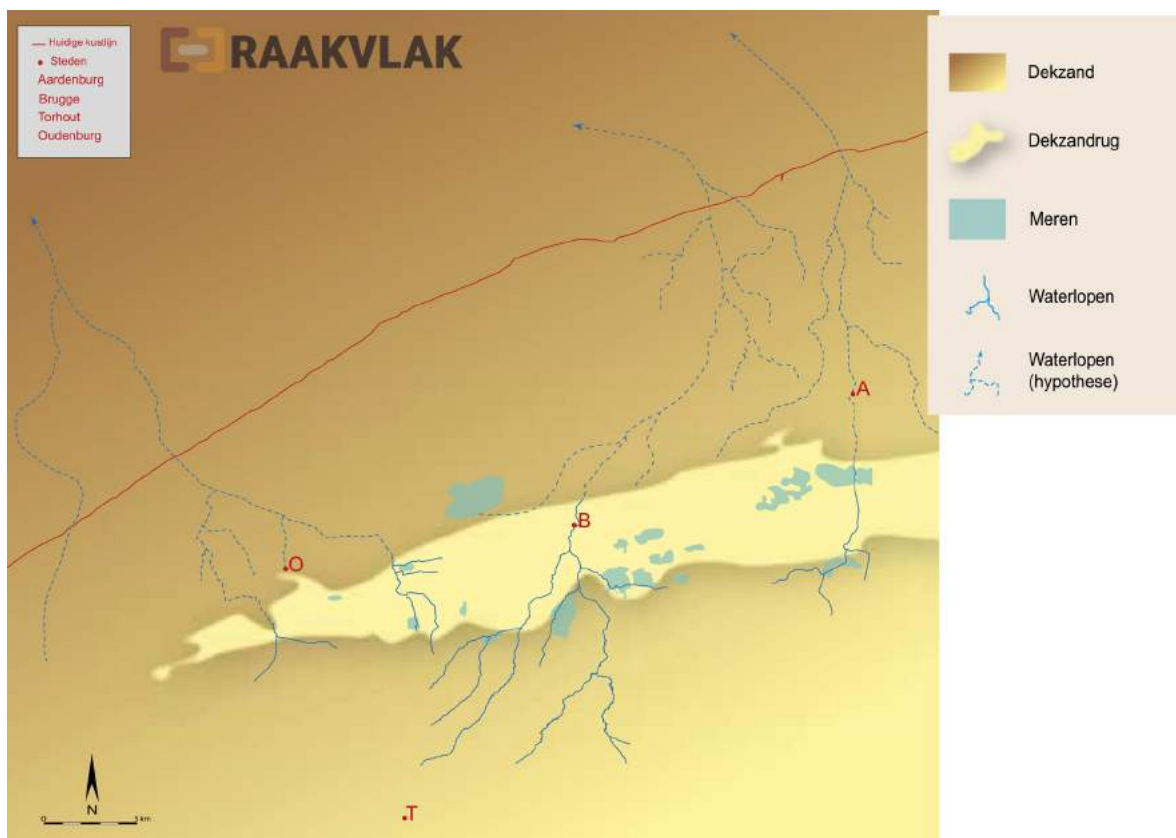


Fig. 9. Schematische reconstructie van het landschap op het einde van het paleolithicum / Weichseliaan (einde pleniglaciaal tot laatglaciaal, 30 000 – 12 000 cal BP) (Hillewaert, 2019, 16)

1.6.3. Fase 2: start van de veengroei in het Holocene

Rond 11.700 cal BP vindt een algemene en definitieve opwarming van het klimaat plaats, waardoor de ijskappen beginnen smelten en de zeespiegel stijgt. Hierdoor breidt de Noordzee zich uit en verplaatst de kustlijn zich landinwaarts (Hillewaert et al., 2019). De zee kan vanaf circa 9500 cal BP langs getijdengeulen de dekzandregio binnen dringen. Ter hoogte van de latere Zeeuwse eilanden en de paleovallei van de IJzer in de westelijke kustvlakte vormt een getijdengebied. De getijdenwerking heeft in het oostelijke deel van de Belgische kustvlakte aanvankelijk nog niet zoveel invloed omdat de dekzanden hier relatief hoog liggen. De hele getijdenzone bevindt zich dan ook nog enkele kilometers zeewaarts. In de huidige oostelijke kustvlakte ontwikkelt op dat moment een systeem van beken en rivieren. Lokaal ontwikkelen kleine moerassen, die later overgaan in veen.

De getijdengeulen ontwikkelen waar het pre-holocene substraat het makkelijkst erodeert en kunnen zich landwaarts uitbreiden omdat door de toenemende bosvegetatie minder sediment door de rivieren wordt meegevoerd. Hierdoor treedt ook kusterosie op en verplaatst de kustbarrière zich landinwaarts (Jacobs et al., 2004, 26; Baeteman, 2007, 3; Baeteman, 2008, 7-10, 20). Omdat de stijgende zeespiegel ook voor een verminderde afwatering van het kustgebied zorgt, ontstaan landinwaarts van het getijdengebied, op de overgangszone waar de invloed van de zee raakt aan het dekzand en de grondwatertafel stijgt, moerassen waarin veen kan vormen (De Boer, 2005; Hillewaert et al., 2018). Dit veen vormt de basis van de holocene afzettingen in de kustvlakte (Baeteman, 2018). Naarmate de zeespiegel blijft stijgen (met ongeveer 7 mm per jaar tot 7500 cal BP (Baeteman, 2018)) verplaatst de invloed van de zee zich echter steeds meer landinwaarts. Hierdoor wordt ook het veenmoeras na verloop van tijd overstroomd. Het getijdengebied verplaatst zich steeds verder landinwaarts. Door de stijging

van de zeespiegel, stijgt ook het grondwater, waardoor het veengebied eveneens landinwaarts uitbreidt. Na verloop van tijd komt op die manier ook in de huidige oostelijke kustpolders een slikken- en schorrenlandschap met getijdenwerking voor (Hillewaert et al., 2019).

Na 7500 cal BP vertraagt de stijging van de zeespiegel tot zo'n 2,5 mm per jaar waardoor de snelle landinwaartse verplaatsing van de getijdenmilieus stopt. De getijdengeulen breiden niet verder uit en de kustbarrière stabiliseert (Baeteman, 2018; Hillewaert et al., 2018). De aanvoer van sediment via de getijdengeulen en de bergingscapaciteit die gecreëerd wordt door het stijgen van de zeespiegel zijn in evenwicht, waardoor delen van het getijdengebied opgevuld worden. Grote delen van de kustvlakte worden steeds minder en korter overstroomd, waardoor schorren kunnen ontwikkelen met zoutminnende planten. Op schorren die zo goed als nooit meer overstroomd kunnen veenaccumulatie optreden en gaan opgeslibde schorren langzaam over in zoetwatermoerassen, terwijl er in de nabije omgeving nog actieve getijdengeulen kunnen zijn. Dit is een dynamisch proces: een geuldoorbraak kan ervoor zorgen dat een deel van het zoetwatermoeras zich opnieuw omvormt tot een slikke die na verloop van tijd weer langzaam verlandt. Dit proces weerspiegelt zich in een afwisseling van slib en veenlaagjes in het bodemprofiel (Baeteman, 2007; 2009; 2018).

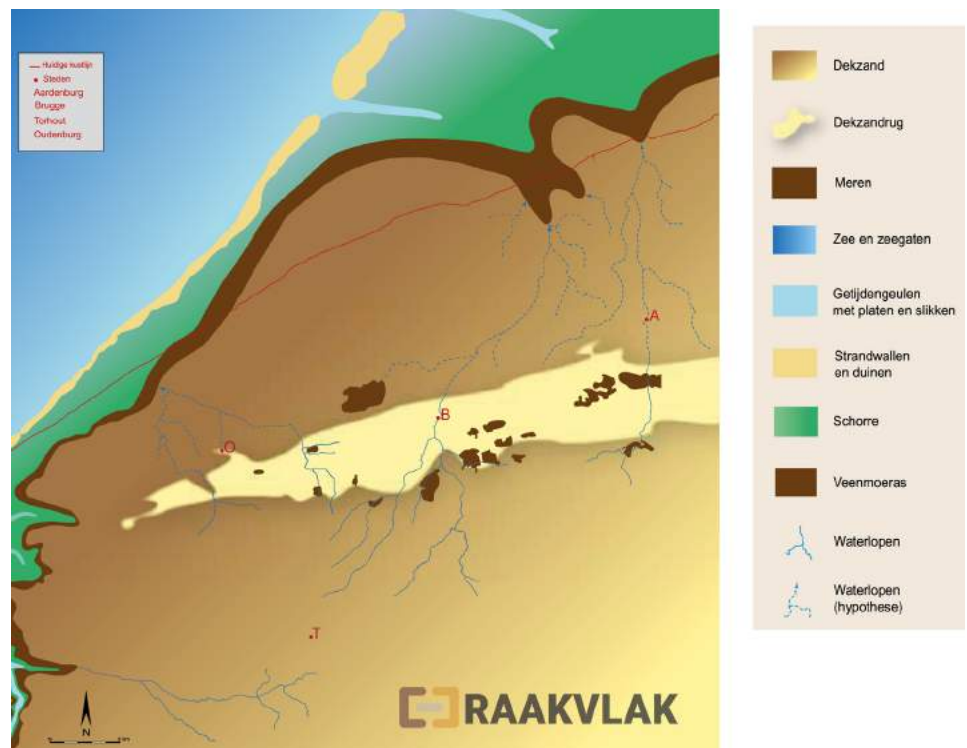


Fig. 10. Schematische reconstructie van het landschap op het einde van het paleolithicum / Weichseliaan (einde pleniglaciaal tot laatglaciaal, 12.000-7.000 cal BP) (Hillewaert, 2019, 16)

1.6.3.1. Fase 3: totale vervening van de kustvlakte en de vorming van een uitgebreid veenmoeras

Door het verder vertragen van de zeespiegelstijging vanaf 5500-5000 cal BP (tot 0,7 cm per jaar (Baeteman, 2018)) evolueert de balans tussen sedimentaanvoer en bergingscapaciteit naar een sedimentoverschot en treedt vervening op. De kustbarrière verplaatst zich vanaf nu in de richting van de zee: in de oostelijke kustvlakte ligt de zandige kustbarrière in deze periode 2 tot 5 km meer zeewaarts dan de huidige kustlijn. Met uitzondering van een aantal openingen, waaronder de Blankenbergse geul, de IJzervallei en de latere Zwingeu, sluit de kustbarrière de kustvlakte volledig af van de zee. Delen van het getijdenlandschap raken hoog opgeslibd, waardoor deze nog enkel bij springtij of stormweer overstroomd raken. Als gevolg van de vertraagde zeespiegelstijging evolueert de hele kustvlakte geleidelijk naar een kustveenmoeras (Baeteman, 2018; Hillewaert et al., 2018; 2019).

Rond 3000 cal BP is de hele kustvlakte, tot aan de dekzandrug van Gistel over Brugge en Maldegem tot Stekene, een veenlandschap geworden. Enkel de hoogste delen van de beboste pleistocene dekzanden en enkele landduinen steken nog boven het veenpakket uit (Hillewaert et al., 2019). De belangrijkste getijdengeulen, zoals de paleovallei van de IJzer en de latere Zwingeu blijven open, al zijn ze sterk dichtgeslibd, en zorgen voor de afwatering van de hoger gelegen zandstreek en het veenmoeras (Baeteman, 2018). Aanvankelijk gaat het in de kustvlakte om een laagveenmoeras, waarin de plantengroei evolueert met de stijgende grondwatertafel; een gevolg van de nog steeds licht stijgende zeespiegel. De uitgebreide rietvegetatie in het laagveen verlandt geleidelijk tot een elzenbroek, dat op zijn beurt naar een berkenbroek, een voedselarmere (oligotroof) veen evolueert. Na verloop van tijd evolueert het landschap in de kustvlakte naar een hoogveen, waarin planten zoals veenmossen, struik- en dophei, wollegras en zonnedaauw voorkomen. Dit veen kan gedurende een paar duizend jaar blijven groeien, waardoor het pakket op sommige plaatsen tot enkele meters dik wordt (Hillewaert et al., 2019).



Fig. 11. Zure bruingekleurde vennen in Guitrode (ecopedia.be)

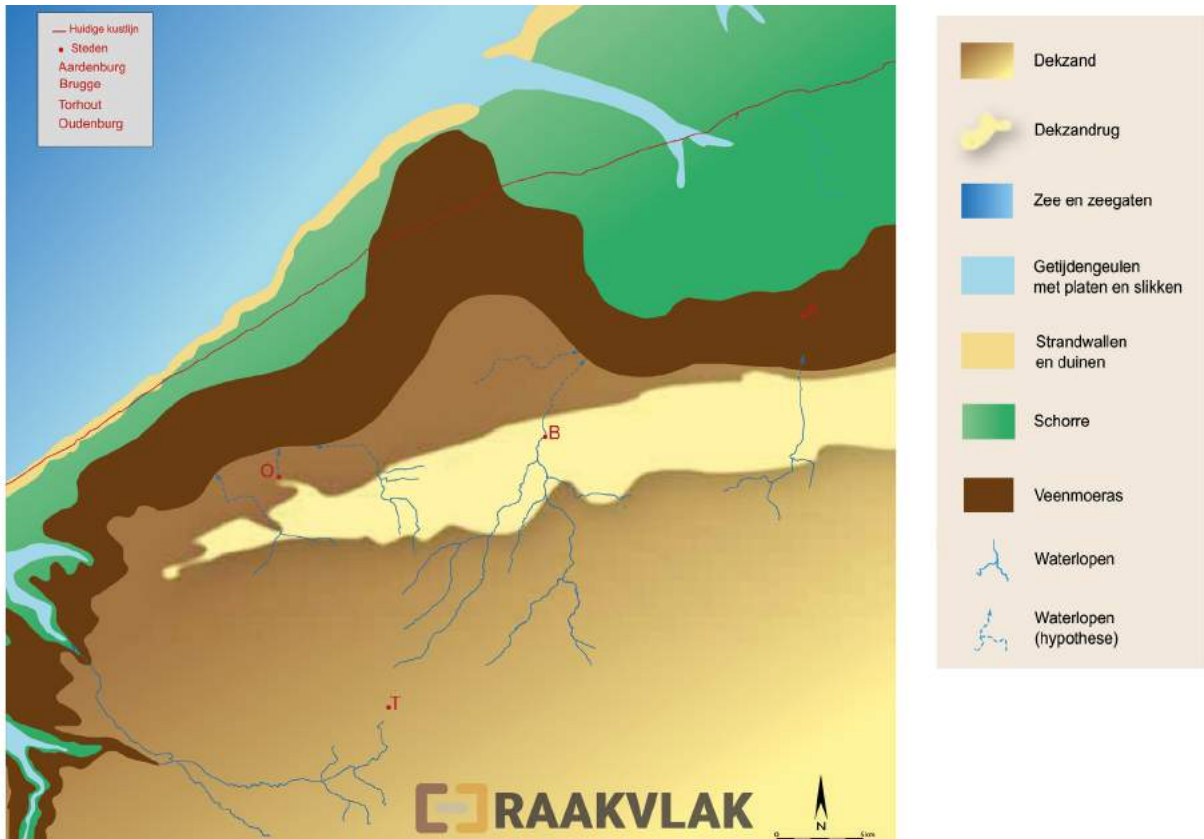


Fig. 13. Schematische reconstructie van het landschap in het neolithicum / Midden Holoceen (7000 – 5500 cal BP) (Hillewaert, 2019, 26)

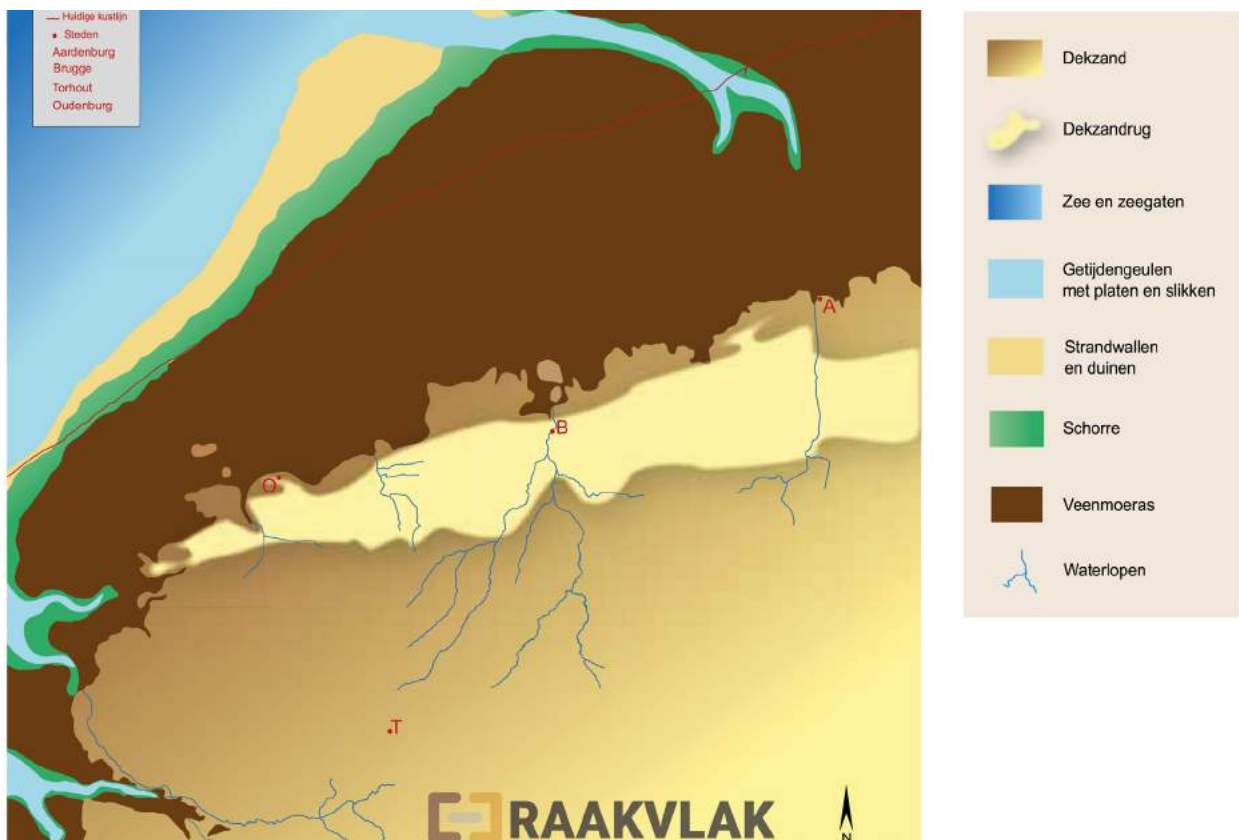


Fig. 12. Schematische reconstructie van het landschap in de bronstijd / Midden tot Laat Holoceen (5500 – 2800 cal BP) (Hillewaert, 2019, 30)

1.6.1. Fase 4: nieuwe erosiefase vanaf de ijzertijd met uitbreiding van het getijdenlandschap

Nog voor het begin van onze jaartelling stopt de groei van het dikke veenpakket. De zee komt opnieuw het land binnen via zeegaten in de duinengordel en er ontwikkelt zich een nieuw getijdengeulensysteem. Zowel de periode als de oorzaak van het einde van de veengroei zijn niet volledig gekend: de top van het veen – het einde van de veenvorming – is moeilijk te dateren omdat die vaak geërodeerd of herwerkt is (Baeteman, 2018). Zeker is dat omstreeks het begin van de ijzertijd (2800 cal BP) een nieuwe erosiefase begint. Op basis van de reconstructie van de relatieve zeespiegelstijging stelt Baeteman (2011) dat in deze periode geen plotse stijging van de zeespiegel plaatsvond. De trend van 0,7 cm stijging per jaar, zoals tijdens de eeuwenlange veenvorming, zette zich gestaag door. Toch kan het getijdenstelsel zich geleidelijk opnieuw uitbreiden. Aan de basis van de toenemende invloed van de zee ligt naar alle waarschijnlijkheid een samenspel van verschillende factoren, waarbij de mens voor het eerst een belangrijke rol speelt.

Plotse veranderingen in het klimaat rond 2800 cal BP (van Geel et al., 1998), met een hogere neerslag tot gevolg, en mogelijk ook de ontbossing in de ijzertijd zorgen voor een grotere waterafvoer vanuit het binnenland. In de periode dat het veenmoeras ontwikkelde, gebeurde de drainage van het veenmoeras en zoetwaterafvoer uit de zandstreek via enkele hoog opgeslibde getijdengeulen. Door het toegenomen debiet worden deze geulen opnieuw dieper uitgeschuurd en kunnen nieuwe vertakkingen ontwikkelen. Eens de geulen gedeeltelijk opnieuw ingesneden waren, kon ook de zee langs deze geulen makkelijker opnieuw het land binnendringen (Baeteman, 2005; 2011; 2018). De veranderende sedimentbalans had ook invloed op de kustbarrière. Door de zeewaartse uitbreiding van de barrière in de voorgaande periode was de sedimentvoorraad uitgeput. Als gevolg daarvan erodeerde de vooroever en schoof de kustlijn opnieuw landinwaarts (Baeteman, 2011).

Een derde factor die bijdraagt aan de erosie van het veenmoeras is de horizontale en verticale uitbreiding van de getijdengeulen zelf. Wanneer het zeewater bij vloed landinwaarts stroomt via de grote getijdengeulen erodeert het veen geleidelijk aan de randen van de geul, waardoor het veen ontwatert. Door het zoute water stopt het veen bovendien met groeien, waardoor het ook zijn vermogen verliest om hemelwater vast te houden. De combinatie van beide factoren zorgt ervoor dat het veen inklinkt en zo plaatselijk onder de hoogwatertafel komt te liggen. Bijgevolg raakt het veen bij vloed overstromd. Aanvankelijk wordt het veen enkel overstromd in de onmiddellijke nabijheid van de getijdengeulen en is de erosie van het veen eerder zwak. Het steeds verder uitbreiden van de

getijdengeulen zorgt er echter voor dat het proces in een negatieve feedbackloop terechtkomt: steeds meer erosie en ontwatering zorgen voor het verder inklinken van het veen, een steeds lagere positie van de kustvlakte en een toenemende overstroming. Geleidelijk neemt ook de bergingscapaciteit van het geulennetwerk toe, waardoor ze dieper in de oude geulsedimenten insnijden en op sommige plaatsen zelfs tot onder het veen het pleistocene zand herwerken. Uiteindelijk beïnvloedt het netwerk van geulen nagenoeg het hele kustveenmoeras (Baeteman, 2011, 10; 2018).

Een toename van menselijke activiteiten in het veenmoeras, tot slot, waaronder het draineren van de kustvlakte voor een betere toegankelijkheid en ontginnen van veen voor brandstof vanaf de ijzertijd, maar zeker vanaf de Romeinse periode, heeft hetzelfde effect. De activiteiten dragen bij tot het inklinken van het veen, waardoor het vaker overstromd raakt (Baeteman, 2011).

Aan het begin van de Romeinse tijd is een groot deel van de kustvlakte opnieuw tot een getijdenlandschap geëvolueerd. De getijden dringen langs verschillende zeegaten de kustvlakte binnen, wat het land nog kwetsbaarder maakt voor overstromingen, en de kustlijn verplaatst zich steeds verder landinwaarts. Verder weg van de geulen wordt nog veen gevormd, maar ook dat verdrinkt langzaam (Baeteman, 2009; Hillewaert et al., 2018; 2019). Vanaf de derde eeuw na Christus dringt de zee via het netwerk van geulen nagenoeg de hele kustvlakte binnen (Baeteman, 2008). Het dynamische getijdenlandschap met slikken, schorren en getijdengeulen en waarin van sommige dekzandruggen slechts kleine eilandjes overblijven, wordt moeilijk toegankelijk. Bovendien overstromen in de laat-Romeinse tijd grote delen van de kustvlakte bij springtij en tijdens stormen. De brede dekzandrug van Gistel over Brugge tot Stekene vormt de enige bescherming van de zandstreek tegen de zee (Baeteman, 2007, 14-15; Baeteman, 2009, 26). Door de dynamiek van het landschap in deze periode is over het karakter van de Romeinse bewoning in de kustvlakte weinig gekend. Toch, in tegenstelling tot de oudere visie dat Romeinse sporen in de kustvlakte het resultaat moesten zijn van niet-permanente bewoning, kan op basis van het betere inzicht in de evolutie van de kustvlakte, wel degelijk een permanente Romeinse bewoning in de kustvlakte verondersteld worden. Volgens Wim De Clercq (2011) zijn in dergelijk complex landschap verschillende mogelijkheden voor permanente bewoning. Het gaan onder meer om hogere zandruggen, uitgedroogde veenmoerassen of op artificieel verhoogde terpen. Bewoning op zandruggen (Verwerft, 2022) en op artificiele terpen (Verwerft, 2019; Deconynck et al., 2021; Demey et al., 2013) is aangetoond tijdens archeologisch onderzoek. Romeinse bewoning op uitgedroogde veenmoerassen is, althans in Vlaanderen, nog niet vastgesteld.

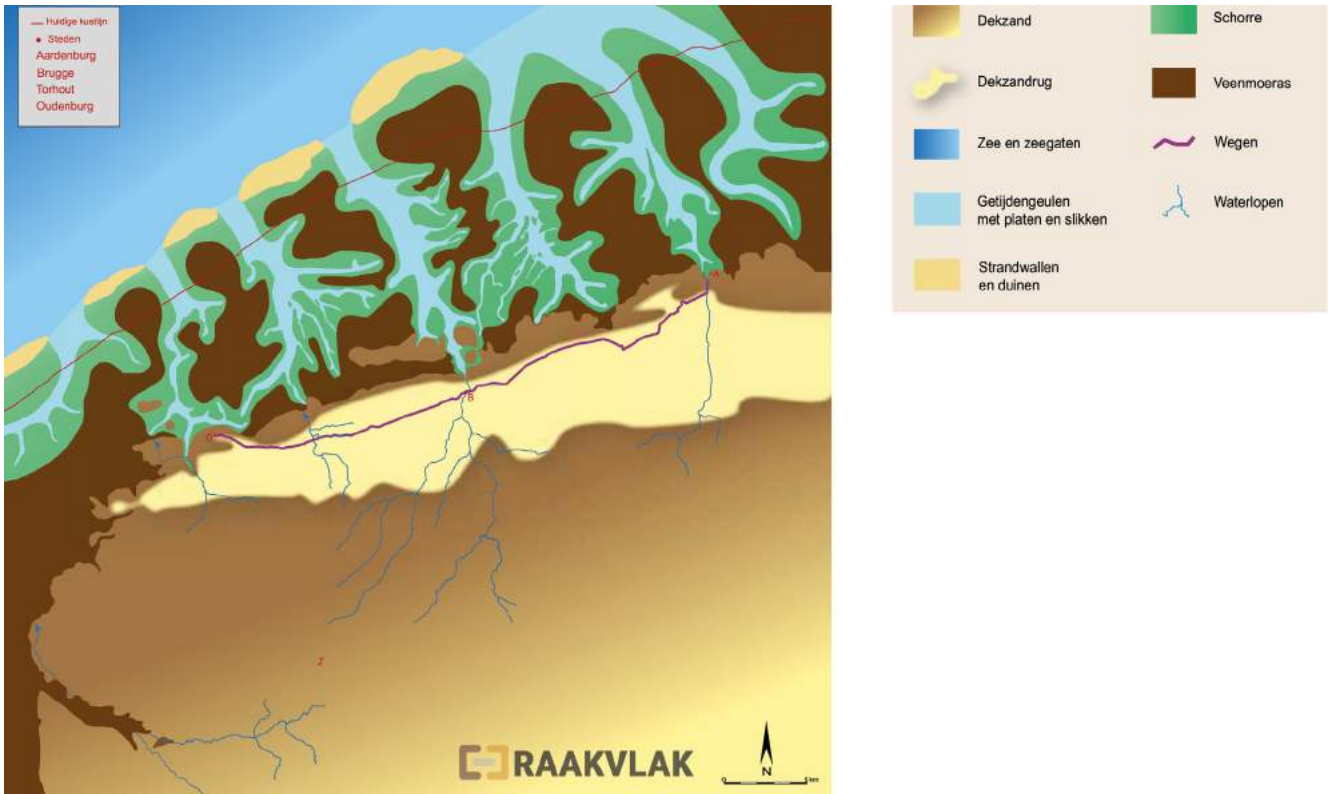


Fig. 14. Schematische reconstructie van het landschap in de ijzertijd / Laat Holoceen (2800 – 2000 cal BP) (Hillewaert, 2019, 40)



Fig. 15. De Zwingeel, de laatste getijdengeul in de oostelijk kustpolders (myknokke-heist.be)

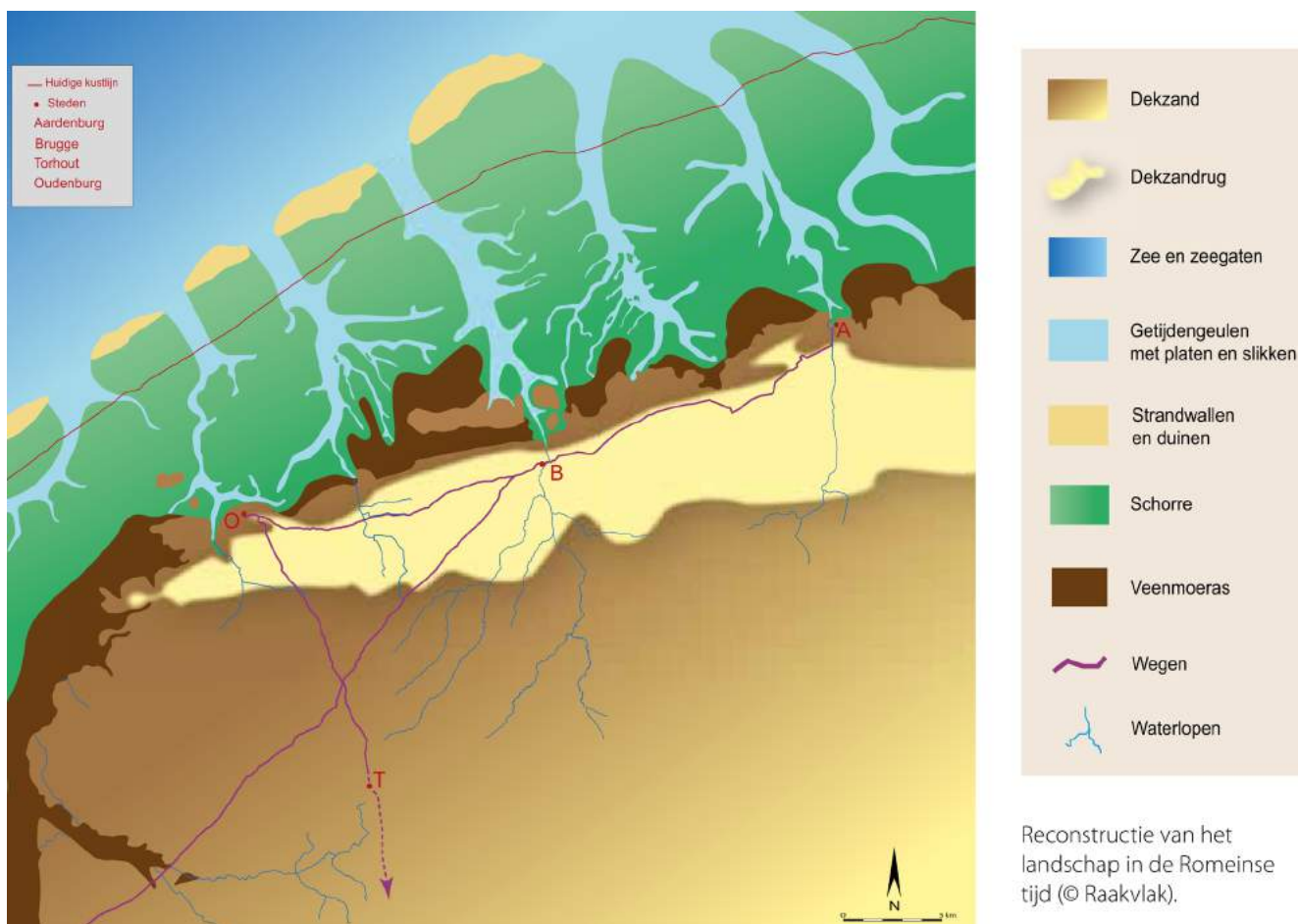


Fig. 16. Schematische reconstructie van het landschap in de Romeinse periode / Laat Holoceen (2000 – 1700 cal BP) (gebaseerd op Hillewaert, 2019)

1.6.2. Fase 5: opnieuw opvulling en verlanding in de vroege middeleeuwen

Pas omstreeks de periode 1400 – 1200 cal BP (550-750 na Christus) werd een nieuw dynamisch evenwicht bereikt tussen de aanvoer van sediment en de grootte van de komberging. Een hiaat in de dateringen tussen de top van het veen en de bovenliggende sedimenten toont dat in de lange periode voorafgaand aan dit nieuwe evenwicht zo goed als geen sediment werd afgezet op het veen langsheen de geulen. Tijdens de eeuwen van veengroei was het zeeniveau ongeveer 2 m gestegen. Dit aanzienlijk hogere zeeniveau, in combinatie met het sterk ingeklonken veen zorgde voor een negatieve sedimentbalans, waardoor aanvankelijk enkel sediment werd afgezet in de actieve geulen. Pas wanneer een nieuw evenwicht bereikt wordt tussen het zeeniveau, de aanvoer van sediment en de bergingscapaciteit, worden opnieuw sedimenten afgezet in de rest van de kustvlakte, bovenop het veen. De geulen en de omliggende getijdengebieden slibben opnieuw dicht en het getijdennetwerk krimpt. Een steeds groter aandeel van

de intertidale slikken slibben op tot schorren die na verloop van tijd opnieuw geëxploiteerd kunnen worden (Baeteman, 2011; 2018).

Door het dichtslibben van de geulen en een beperkte relatieve zeespiegelstijging wordt geen nieuwe komberging gecreëerd. Hierdoor gaan de geulen kronkelen. Deze zijwaartse verplaatsing zorgt voor ondiepe erosie en het herwerken van de sedimenten in de geulen en de getijdenvlakte. Dit verklaart sterke variaties in sedimenten op korte afstand (Baeteman, 2018).

Archeologisch en historisch bewijs toont aan dat reeds vanaf de 6e eeuw na Christus menselijke activiteit mogelijk was in sommige moerassen en op verzande geulen, initieel in de vorm van het hoeden van schapen, later, vermoedelijk vanaf de 7e eeuw na Christus, ook in de vorm van nederzettingen op hoger gelegen plekken in het landschap (Coornaert, 1985; Eryvncq et al., 1999; Loveluck and Tys, 2006; Rombaut, 2009; Hillewaert et al., 2011; Tys, 2013).

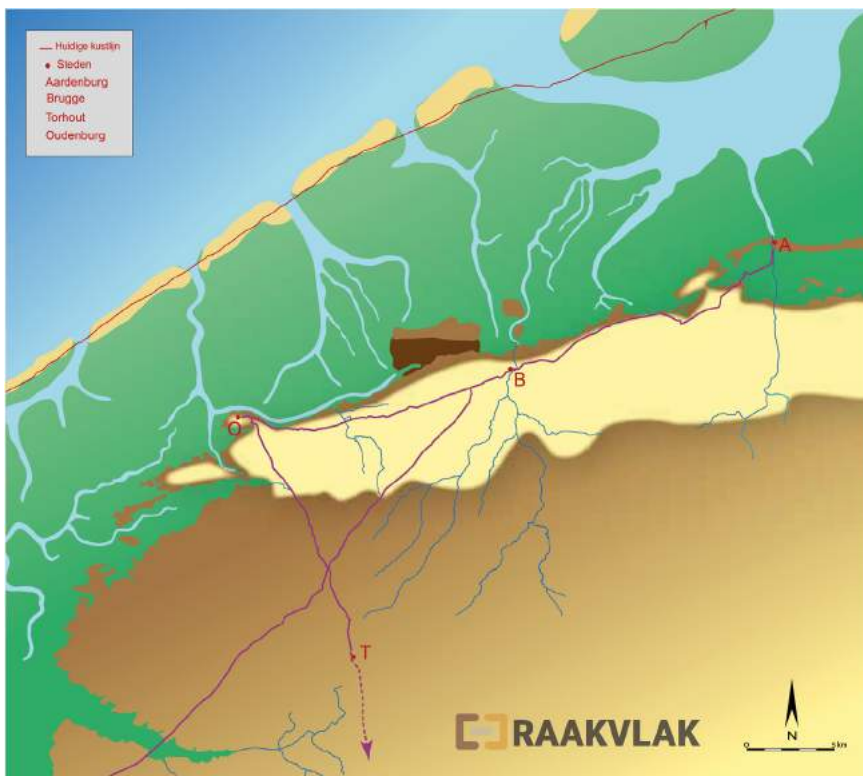


Fig. 17. Schematische reconstructie van het landschap in de 8e en 9e eeuw na Christus (Hillewaert, 2019, 142)



Fig. 18. Het projectgebied ten opzichte van de Heraldische kaart van het Brugse Vrije, Pieter Pourbus, 1561-1571, toont een landschap dat volledig door de mens gevormd is (wikimedia)

1.6.2. Fase 6: toenemende menselijke invloed op het landschap

Geleidelijk aan neemt de invloed van de mens op het landschap toe en evolueert het natuurlandschap naar een cultuurlandschap. Activiteiten als grootschalige ontbossing in de zandstreek en ontvening in de kustvlakte destabiliseren waterlopen in de kustvlakte. Hierdoor treden grote debietschommelingen op en worden dikke pakketten alluviale klei afgezet in de winter (Jacobs et al., 2004, 23; Baeteman, 2007, 2). Na het verlanden van de Blankenbergse geul wordt rond de 9e-10e eeuw na Christus een nieuw kanaal gegraven dat Brugge met de kust verbindt. Door kleine en grote bedijkingswerken treedt een grootschalige vervening op in rest van de kustvlakte. Vanaf deze periode komen enkel nabij de zeegaten nog slikken en schorren voor. Enkel de belangrijkste geulen blijven actief tot ze ingedijkt worden in de 12e eeuw na Christus (Baeteman, 2018; Hillewaert et al., 2019). Nieuwe woonkernen ontstaan op de hoogst gelegen plaatsen en worden beschermd van de zee door de Evendijk.

Van de 8e tot de 11e eeuw na Christus bestond de economische betekenis van de kustregio hoofdzakelijk uit

schapenteelt op de schorren en polders. Voor de 12e eeuw na Christus werden geleidelijk meer gebieden gewonnen op de zee. Het natte gebied bestaat uit ondiepe plassen, natte hooilanden en moerassige gronden met ertussen uitstekende langwerpige zandruggen. Het gebied wordt in cultuur gebracht door ontwateren en bouwen van dijken. Naarmate het landschap verder ontwatert en vervolgens ook ontzout kunnen meer diverse activiteiten in de kustvlakte plaatsvinden (Lambrecht et al., 2022). Op geulruggen met een hoog zandgehalte is, na een voldoende drainage, het telen van graangewassen mogelijk. Delen van de kustvlakte die ontzout zijn worden snel in gebruik genomen voor de runderteelt, een activiteit die zeer belangrijk wordt voor de streek. De duinen worden gebruikt als grasgebied en jachtterrein (Verhaeghe 1978, 59; Verhulst 1995, 90-92).

Ter vervanging van hout als brand- en bouwstof worden ook de natuurlijke grondstoffen (zoals veen en klei) uit de bodem steeds aantrekkelijker. Vanaf de 12e, met een hoogtepunt in de 13e en 14e eeuw na Christus, wordt het ingeklonken veen ontgonnen als turf. Aansluitend komt ook de baksteenproductie op gang (Verhulst 1995, 90).



Fig. 19. Detail van een schilderij waarop de verschillende stadia van veenwinning in beeld zijn gebracht, rond 1540 (Stadhuismuseum Zierikzee)

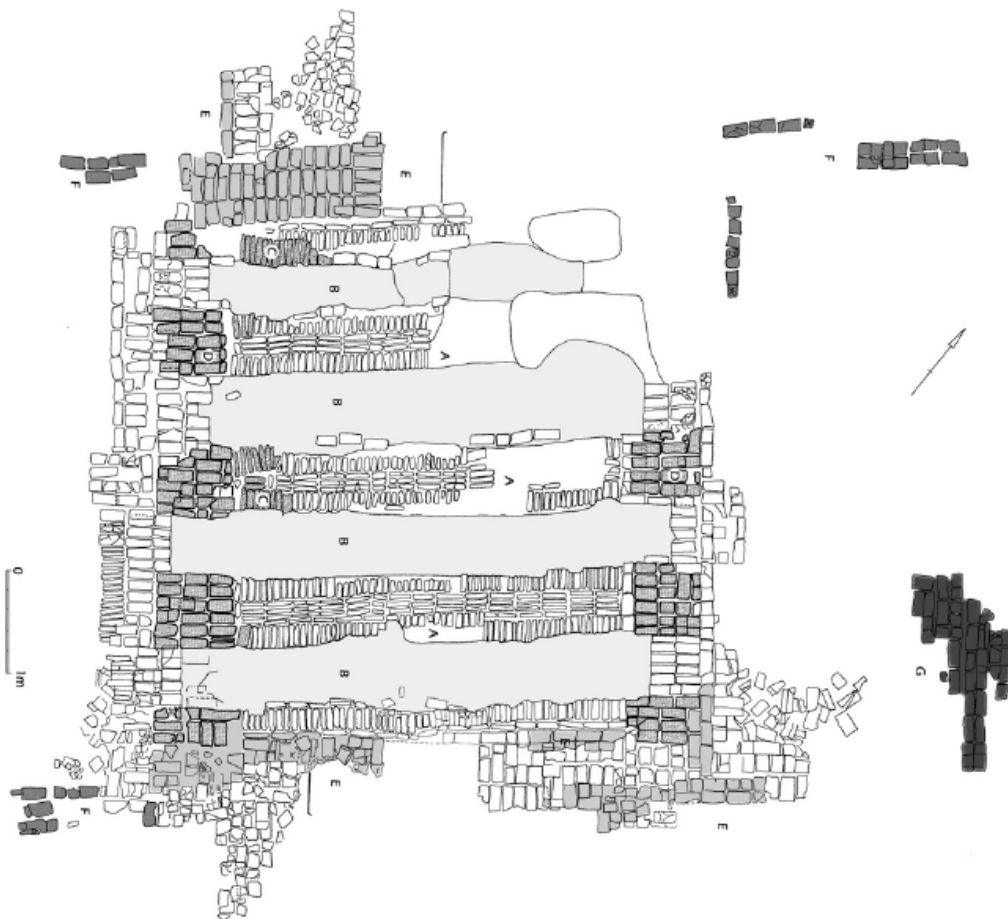


Fig. 20. Baksteenoven I, opgegraven in de Achterhaven van Zeebrugge in 1999 (Patrouille, 2013)



Fig. 21. Steentijdonderzoek langs de Zonnebloemweg in Dudzele, ook wel 'vakjes scheppen' genoemd (Raakvlak)

1.7. De menselijke aanwezigheid in het studiegebied tot en met de Romeinse periode

1.7.1. Het Paleolithicum (tijdelijke kampementen op het Pleistocene dekzand)

De prehistorische activiteiten bleven in de kustvlakte lange tijd onderbelicht. Onder andere door de complexe evolutie van het landschap, maar ook door de doorgaans toegepaste onderzoeksmethodes worden sporen uit deze periode slechts zelden in kaart gebracht. Daar waar doorheen de geschiedenis getijdengeulen de kustvlakte binnendrongen en zich tot diep in het pleistocene zand insneden, is de originele bodemopbouw, en daarbij ook het archeologisch archief, verdwenen. Een archeologisch vooronderzoek op basis van proefsleuven volstaat in dit geval niet om archeologische resten uit de prehistorie te detecteren (Verwerft et al., 2022). Als gevolg bleef de kennis van menselijke aanwezigheid in het gebied gedurende de prehistorie voornamelijk gebaseerd op oude vondstcollecties (zoals bijvoorbeeld die van Roger Blondeel, baron Charles Gillès de Pélichy en Richard Streuve), gerichte veldverkenningen door studenten en amateurarcheologen of toevalsvondsten bij werkzaamheden (Verwerft et al., 2015). Tussen de geulen zijn het pleistocene zand en het bovenliggende veen echter doorgaans wél bewaard. Een onderzoeksmethode die hier rekening mee houdt, bijvoorbeeld het afstemmen van de onderzoeksmethode op het bewaarde landschap op basis van een geulenkaart (ontwikkeld door Raakvlak en Gate) biedt dan ook heel veel mogelijkheden voor toekomstig onderzoek (Verwerft et al., 2022). In het studiegebied konden op deze manier reeds enkele sites met activiteit uit de prehistorie in kaart gebracht worden.

Het oudste bewijs voor menselijke aanwezigheid in het Brugse ommeland werd teruggevonden in Sint-Andries op de site Molendorp. In de jaren 1990 werd op de site, waar voornamelijk vroegmiddeleeuwse en enkele Romeinse sporen werden aangetroffen, een stenen werktuig gevonden in een Romeinse gracht. Op basis van de uiterlijke kenmerken, de vorm, gebruikssporen en sporen van vorstverwerking, werd het werktuig toegewezen aan het vroeg-paleolithicum en werd het vermoedelijk in jongere periodes gerecycleerd, verder gebruikt en opnieuw afgedankt. Vermoedelijk is de primaire context van dit artefact niet ver verwijderd van de middeleeuwse en Romeinse site, maar verdere informatie over de prehistorische activiteiten op deze plek is niet gekend (Hillewaert et al., 2019).

Dankzij het toepassen van archeologisch onderzoek op basis van de geulenkaart werd bij het onderzoek voorafgaand aan de aanleg van de A11 snelwegverbinding tussen Brugge en Knokke-Heist een prehistorische site in kaart gebracht. Langs de Zonnebloemweg in Dudzele, waar het pleistocene zandlandschap grotendeels is bewaard,

werden op een zandige opduiking verschillende steentijd artefacten aangetroffen. Een gerichte steentijdopgraving in vier zones leverde in totaal 422 lithische artefacten op die wijzen op het on-site bewerken van silex voor verschillende activiteiten, onder andere mogelijk tijdens het finaal paleolithicum (14.000 – 11.000 jaar geleden) (Noens et al., 2018; Verwerft et al., 2022). Mogelijk stonden op deze plaats in het pleistocene landschap - een droge, iets hoger gelegen plek - tijdelijke kampementen van een kleine groep jagers-verzamelaars die hier gedurende één of meerdere korte periodes hun tenten hadden opgezet (Verwerft et al., 2016).

Ook langs de Gentse Steenweg in Sijsele, net ten zuiden van het projectgebied, op de zandrug tussen Gistel, Brugge, Maldegem en Stekene, kon menselijke aanwezigheid in het midden paleolithicum aangetoond worden. Hoewel de site net buiten het projectgebied ligt, geeft het een accuraat beeld van de menselijke activiteiten in de regio gedurende de oudste steentijd. In deze fase kon namelijk nog geen onderscheid gemaakt worden tussen het landschap in de kustpolders en de zandstreek. Het gebied bestond uit een uitgestrekt pleistoceen zandlandschap met verschillende lage dekzandruggen die vermoedelijk een aantrekkelijke vestingplaats boden (Verwerft et al., 2016). Op de site op een zachte, zuidelijk georiënteerde helling naar de smalle dorpsbeek werden 979 vuursteen artefacten verzameld over een oppervlakte van 16 m². Op basis van een gedetailleerde studie van de artefacten en hun stratigrafische positie kon de vondstconcentratie in het finaal paleolithicum geplaatst worden. De concentratie van het lithisch materiaal en de dominantie van klein debitageafval doet vermoeden dat hier slechts kortstondig silex bewerkt is. Mogelijk gaat het om een eenmalige gebeurtenis, waarbij een klein, tijdelijk kampement met vuurtje werd opgericht (Verwerft et al., 2015).

Algemeen kan gesteld worden dat de archeologische resten van menselijke activiteit in de kustvlakte (en bij uitbreiding op de zandrug van Gistel tot Stekene) hoofdzakelijk bestaan uit (concentraties van) lithische artefacten die bewaard zijn op het pleistocene zand. De resten weerspiegelen tijdelijke kampementen waar gedurende een of meerdere korte periodes silex werd bewerkt door jagers-verzamelaars. De prehistorische mens verplaatste zich in kleine groepen in functie van de seizoenen en de trekroutes van grazende kuddes (Verwerft et al., 2016). Permanente structuren ontbreken in de jagers-verzamelaars gemeenschappen in het paleolithicum (Verwerft et al., 2015).

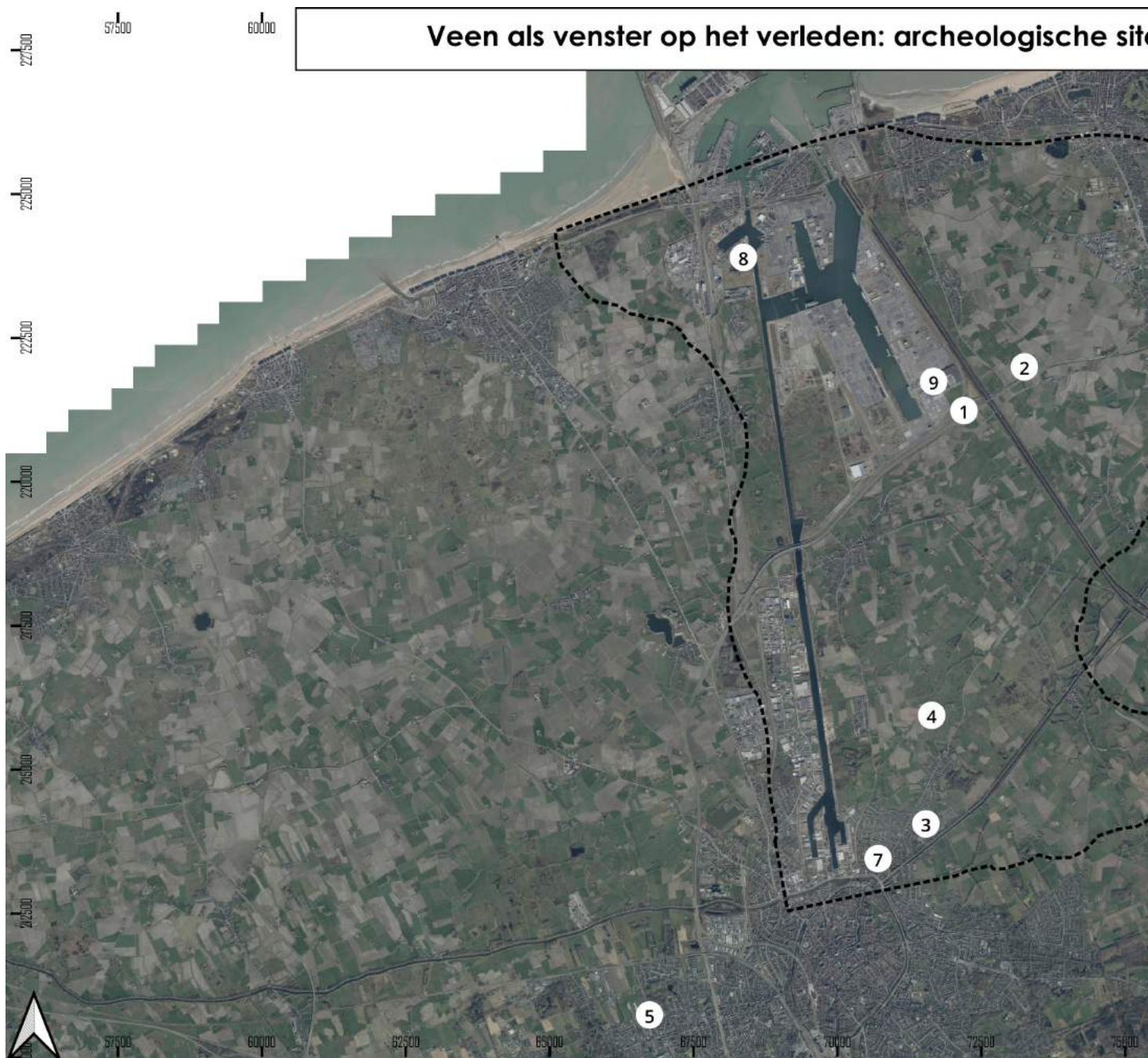


Fig. 22. De voornaamste archeologische sites die in dit deel vermeld worden



- 1: Zonnebloemweg, Dudzele (Brugge)
- 2: Heistlaan, Ramskapelle (Knokke-Heist)
- 3: Zagersweg, Koolkerke (Brugge)
- 4: Arendstraat, Koolkerke (Brugge)
- 5: Molendorp, Sint-Andries (Brugge)
- 6: Gentse Steenweg, Sijsele (Damme)
- 7: Fort Lapin, Sint-Pieters (Brugge)
- 8: Raamwerk, Zeebrugge (Brugge)
- 9: Achterhaven Zeebrugge (Brugge)

1.7.2. Mesolithicum (Tijdelijke bewoning op Pleistocene zanddruggen)

Vanaf het einde van de laatste ijstijd en de start van het mesolithicum ongeveer 11.000 jaar geleden stijgt het zeeniveau langzaam. Rond 9000 jaar geleden bereikt de Noordzee het huidige België en vormt zich een duinenrij langs de kust. In de kustvlakte ontwikkelen zich zoutwatermoerassen en begint geleidelijk aan veen te groeien (Verwerft et al., 2016). In de huidige kustpolders rond Brugge zijn de sites van Dudzele en Koolkerke de eerste vindplaatsen uit het mesolithicum.

Op de prehistorische site van de Zonnebloemweg in Dudzele werden naast aanwijzingen voor mogelijke activiteiten in het paleolithicum ook ontegensprekelijke bewijzen gevonden voor activiteiten tijdens het mesolithicum. Gedetailleerde studie van de lithische artefacten door Noens et al. (2018) detecteerde naast verschillende microlieten en kerfresten ook één artefact in Wommersomkwartsiet. Het gebruik van deze grondstof wordt voornamelijk geassocieerd met het mesolithicum in het bekken van de Rijn-Maas-Schelde, maar deze vondst laat toe de grens van het voorkomensgebied nog verder naar het westen te verplaatsen. Mogelijk impliceert deze vondst dat de huidige kustlijn slechts een artificiële grens is en dat het voorkomensgebied vermoedelijk nog verder naar het westen doorliep. Dit is mogelijk, aangezien de kustlijn in het mesolithicum enkele kilometers meer zeewaarts lag dan vandaag.

Opgavingen langs de Arendstraat in Koolkerke in het kader van het Stevin-project, waarbij netbeheerder ELIA een bundel ondergrondse hoogspanningsleidingen

plande tussen Zomergem en Zeebrugge, werden net als in Dudzele uitgevoerd op basis van de geulankaart. Dankzij de toepassing van onder andere landschappelijke boringen werd ook hier een prehistorische site in kaart gebracht. Op de site werden 316 lithische artefacten in verschillende soorten silex aangetroffen die op basis van typologische kenmerken in het midden mesolithicum worden geplaatst. Het vondstassemblage bestaat voornamelijk uit chips en afslagen en bevat ook een grote concentratie aan microklingen die voornamelijk werden gebruikt als pijlbewapening (Noens et al., 2018). Op basis van deze vondstcategorieën wordt ook hier een klein en tijdelijk kampement van jagers-verzamelaars verondersteld.

De sites van Koolkerke en Dudzele zorgen voor een sterke uitbreiding van de gekende mesolithische vindplaatsen in de regio rond Brugge en bij uitbreiding het zuidelijke noordzeebekken. De detectie van de sites met behulp van de recent ontwikkelde onderzoeksstrategie toont aan dat het gebied nog een groot, prehistorisch potentieel bezit. Aangezien het prehistorische landschap begraven ligt onder veen en klei is het moeilijker te detecteren, maar bieden de sites ook kans op een goede bewaring van het archeologisch archief (Noens et al., 2018; Verwerft et al., 2022). Ook in het mesolithicum vestigden de jagers-verzamelaars zich in hoofdzaak op de hoger gelegen dekzanddruggen. In de rest van West-Vlaanderen werden reeds heel wat van dergelijke tijdelijke kampementen in kaart gebracht (Hillewaert et al., 2019).



Fig. 23. Profiel van de opgraving langs de Arendstraat in Koolkerke



Fig. 24. Steentijdonderzoek langs de Zonnebloemweg in Dudzele



Fig. 25. Steentijdonderzoek langs de Arendstraat in Koolkerke

1.7.3. Neolithicum (Bewoning hoofdzakelijk op hoger gelegen dekzand, eerste aanwijzingen voor activiteiten op het veen)

Vanaf 7500 BP begint de kustvlakte te stabiliseren. In grote delen van de kustvlakte kunnen schorren ontwikkelen en wanneer ook deze niet langer overstromen treedt veenaccumulatie op. Geleidelijk aan verplaatsen het schorregebied en het veenmoeras zich steeds verder landinwaarts. Vanaf dezelfde periode vindt met de start van het neolithicum (ca. 5000 v.Chr.) een evolutie plaats van jagen-verzamelen naar de eerste productie van voedsel, waardoor de prehistorische mens steeds meer sedentair wordt. Het zijn de drogere gebieden, waaronder de zandrug, die in de eerste plaats als akkers in gebruik worden genomen en waar archeologische sporen en vondsten uit het neolithicum worden aangetroffen (Hillewaert et al., 2019).

In de kustvlakte ontbreken dergelijke sporen nagenoeg, tot in 2018 voor het eerst menselijke aanwezigheid uit het neolithicum *in situ* kon vastgesteld worden langs Zagersweg in Koolkerke (Hillewaert et al., 2019). Op de site, net ten noorden van Brugge, werd naar aanleiding van een geplande verkaveling een archeologisch onderzoek uitgevoerd tussen 2016 en 2018. Bij het onderzoek werd dezelfde methode toegepast als bij de Arendstraat in Koolkerke en de Zonnebloemweg in Dudzele, waardoor een microvariatie van de bodem in het projectgebied kon worden vastgesteld. Het pleistocene oppervlak was niet overal geërodeerd door getijdenwerking waardoor de originele bodemopbouw met klei, veen en het pleistocene zandoppervlak plaatselijk was bewaard. Op het 25 cm dikke veenpakket werd een pijlpunt aangetroffen die op basis van zijn typologische kenmerken in het laat neolithicum kan gedateerd worden. De vondst vormt het allereerste bewijs dat de kustveenmoerassen in de oostelijke kustpolders ook tijdens het neolithicum werden geëxploiteerd én dat dit sporen naliet in de bodem (Hillewaert et al., 2019; Verwerft et al., 2019).

1.7.4. Bronstijd en ijzertijd (Bronstijdnederzettingen voornamelijk in de zandstreek, eerste activiteiten en bewoning op het veen vanaf de ijzertijd)

Al voor het begin van de bronstijd is de kustvlakte bijna volledig omgevormd tot kustveenmoeras, met uitzondering van een aantal zandige donken (bijvoorbeeld in Dudzele en Koolkerke) die boven het veenoppervlak uitsteken. De zee blijft gedurende de hele bronstijd achter de kustbarrière. Archeologische resten van menselijke activiteiten in deze periode kunnen in theorie verwacht worden onder, in of op het veen, al zullen deze sporen op vele plekken verdwenen zijn door latere getijdengeulen. In de praktijk worden in de kustvlakte door het voorkomen van het kustveenmoeras geen landbouwnederzettingen verwacht. Wel kunnen in de

kustvlakte rituele deposities of andere vondstensembles voorkomen. Deze zeer kleine vindplaatsen komen hoofdzakelijk aan het licht als toevalsvondst, hier gericht naar zoeken is zo goed als onmogelijk. Uit het gebied is slechts één vondst gekend. Bij de aanleg van het Leopoldkanaal in de 19e eeuw werd bronzen lanspunt gevonden in Knokke-Heist. Op donken kunnen wel tijdelijke kampementen uit de bronstijd gezocht worden met behulp van gerichte boringen en proefsleuven (Lambrecht et al., 2017).

De mens woont gedurende de bronstijd voornamelijk in de zandstreek. Afgezien van wat aardewerk, enkele gebouwplattegronden en een aantal losse structuren zijn de gegevens echter ook in de zandstreek beperkt. De meeste informatie over de bronstijdactiviteiten in onze gebieden is voornamelijk gericht op de grafcultus. Zo zijn in het Brugse ommeland reeds vele honderden resten van circulaire grafmonumenten in kaart gebracht (Hillewaert et al., 2019).

In de ijzertijd verandert het landschap opnieuw. Een combinatie van menselijke en natuurlijke factoren zorgt ervoor dat getijdengeulen steeds verder het land kunnen binnendringen. Menselijke activiteiten die invloed hebben op de nieuwe fase van kusterosie zijn onder andere het winnen en draineren van het veen (Hillewaert et al., 2019). Hierdoor overstroomt het veen en wordt het uitgeschuurd en worden zand en klei afgezet. Door deze toegenomen invloed van de zee was een groot deel van de kustvlakte waarschijnlijk onbewoonbaar geworden. Toch zijn er voldoende aanwijzingen dat op sommige plaatsen in de kustvlakte, eventueel seizoensgebonden, activiteiten of bewoning kon plaatsvinden. Sporen uit de ijzertijd zijn dan ook te verwachten op het veen en/of onder de klei (Lambrecht et al., 2017).

De enige gekende site uit de ijzertijd in de kustvlakte is Fort Lapin, ontdekt op het einde van de 19e eeuw bij de aanleg van de Brugse haven, op de grens tussen de zandstreek en de kustpolders. De site bestond, volgens de beperkte beschikbare informatie, uit een zwarte ellipsvormige vlek van 40 op 25 m met hoofdzakelijk vondsten uit de Romeinse tijd en middeleeuwen, maar ook kuil met materiaal uit de ijzertijd. Het materiaal van de site werd bestudeerd door H. Thoen. Op basis van het ruw, handgevormd aardewerk en briquetage-materiaal (cilindervormige nagels uit gebakken klei gebruikt bij de zoutwinning) wordt de site geïnterpreteerd als zoutwinningsite op de rand van een actieve geul, volgens Hugo Thoen uit de periode 500-300 voor Christus. Daarnaast was er op deze plek mogelijk ook een (seizoensgebonden) nederzetting van de zoutzieders. H. Thoen vermeldt bovendien ijzertijdaardewerk uit Lissewege en Zeebrugge. Mogelijk gaat het om residueel materiaal uit laatmiddeleeuwse contexten van turfwinning dat wellicht jonger is dan het materiaal op de site van Fort Lapin (Lambrecht et al., 2017; Hillewaert et al., 2019).



Fig. 26. Een pijlpunt gevonden op het veen langs de Zagersweg in Koolkerke

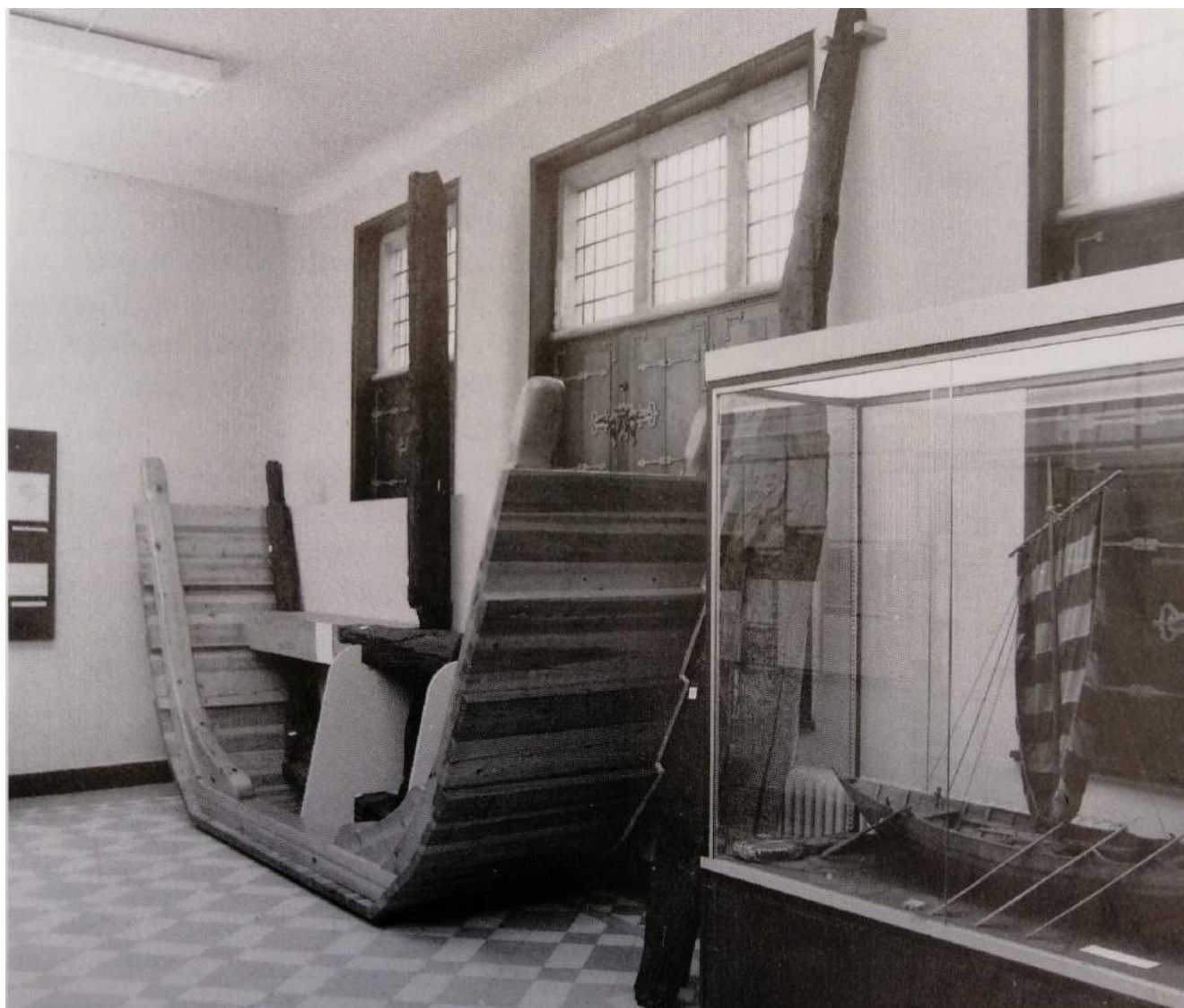


Fig. 27. Reconstructie van de Romeinse boot van Brugge in het Archeologiemuseum in Brugge

1.7.5. Romeins (Bewoning op de meest stabiele plaatsen en ontginning van grondstoffen in de kustvlakte)

Bij het begin van de Romeinse tijd is al een deel van de kustvlakte omgevormd tot een getijdenlandschap. Gedurende het verdere verloop van de Romeinse periode raakt het veengebied uitgeschuurd en bedekt met klei en zand. Op sommige plaatsen komen zandige opduikingen of donken voor, iets hoger gelegen duinen van het pleistocene landschap die niet met veen overdekt waren. Ondanks de sterke invloed van getijdenwerking en de dynamiek van het landschap – het veengebied evolueert naar slikken en schorren, actieve inbraakgeulen kunnen hoog opslibben en verlanden – doen talrijke vondsten uit de Romeinse tijd in de kustvlakte (op het veen, onder de klei) uitschijnen dat het gebied in zekere mate toegankelijk was (Hillewaert et al., 2019).

Het gebied bevatte ongetwijfeld mogelijkheden voor ontginning. De kustvlakte was rijk aan natuurlijke

hulpbronnen zoals veen en zout, en geschikt voor exploitatie in de vorm van beperkte akkerbouw en nomadische veeteelt (Hillewaert et al., 2019).

Een van de meest bijzondere vondsten in het gebied, die wijst op de exploitatie van het kustlandschap in de Romeinse tijd, werd aangetroffen in Zeebrugge bij de havenwerken aan het Boudewijnkanaal eind 19e – begin 20e eeuw (Hillewaert et al., 2019). Bij het uitgraven van het dok ten westen van het kanaal werd een indrukwekkend houten raamwerk aangetroffen uit balken van 12 m lang, parallel op 2 à 3 m van elkaar en met elkaar verbonden met dwarsliggende balken. Het raamwerk, dat licht afhelde naar het oosten, was afgeboord met palenrijen die tot diep in de ondergrond reiken. De balken waren uit dennenhout, de heipalen uit berk en sommige van de compartimenten van het raamwerk leken opgevuld met zand en turf (De Loë, 1904). De onderzoekers dateerden de constructie in de Romeinse periode, voor 300, en stelden een interpretatie voor, niet als brug, vlot, aanlegstijger, dijk of kaai, maar als oppervlak om

een constructie in de moerassige vlakte te ondersteunen (De Loë, 1904). In de eeuwen nadien werd het raamwerk ook wel geïnterpreteerd als zoutpanne of als een helling om schepen in en uit het water te laten. Vermoedelijk sluit deze laatste het meest bij de realiteit aan, aangezien onze gebieden voor zoutwinning door verdamping in zoutpannen niet over de juiste klimatologische omstandigheden beschikken (te veel regen en wind en te weinig zon) (Hillewaert et al., 2019).

In onze gebieden gebeurt zoutwinning in de Romeinse periode vooral op een meer arbeidsintensieve manier, door artificiële verhitting van pekkel in containers van briquetage-aardewerk (Dekoninck, 2019). Assemblages van technisch aardewerk worden in de kustvlakte regelmatig aangetroffen. In de Zeebrugse achterhaven, bijvoorbeeld, werd bij de opgraving van 1999 tot 2000 materiaal aangetroffen dat wijst op zoutwinning en het transport van zout. De vondsten werden aangetroffen vlak naast een geulensysteem, vermoedelijk *in situ*, boven een dun laagje veen dat op het pleistocene zand ligt. De enorme hoeveelheid technisch aardewerk doet een vrij grote zout productie in de regio vermoeden (Patrouille, 2013). De clustering van archeologisch materiaal dat te maken heeft met de zoutwinning in een beperkt geografisch gebied is niet onlogisch. De aanwezigheid van een uitgebreid geulennetwerk en een grote voorraad veen en klei zorgen respectievelijk voor de aanvoer van zeewater en voor de grondstoffen voor brandstof en aardewerk (Dekoninck, 2019). Ook in de ijzertijd vond al zoutproductie plaats in de kustvlakte. Op de site van Fort Lapin bij Brugge werden resten aangesneden van een belangrijke zoutwinningssite in de ijzertijd. Daarnaast werden op deze plek ook Romeinse bewoningssporen en overblijfselen van houten boten aangetroffen. Op basis van de grote variatie aan vondstmateriaal – in de meest zuidelijke vindplaats werd een laag met brokken ijzeroer, veenblokken, houtskool en mogelijk verbrande huttenleem gedetecteerd, doorspekt met scherven uit de Romeinse periode en dakpanfragmenten, leisteen, glas, munten en een aantal fibulae – veronderstelde H. Thoen dat de site niet onbelangrijk moet zijn geweest in de regio (Hillewaert et al., 2019).

De exploitatie van de kustvlakte en bewijzen voor het bouwen van dijken wijzen op een grotere greep op het natuurlijke landschap in de Romeinse periode. De menselijke ingrepen beïnvloedden het kustgebied echter ook op negatieve wijze. De veenwinning en kunstmatige afwatering zorgden voor een daling van het veenoppervlak en leidden tot een toename van het overstromingsgevaar (Hillewaert et al., 2019). In zijn studie van de verspreiding van de landelijke bewoning in de kustvlakte stelde Prof. Wim De Clercq (2011) dan ook dat de mens in de Romeinse periode door de sterke invloed van de zee vermoedelijk nog steeds de noodzaak voelde om zich te vestigen op meer stabiele bewoningsplaatsen in het landschap.



Fig. 28. Een Romeins gezin in de kustvlakte (yannic@de-smet.be)

Op basis van een beperkt aantal beschikbare sites in de kustvlakte worden drie mogelijke bewoningsvormen in de kustvlakte voorgesteld: semi-artificiële woonplatformen zoals bewoning op pleistocene donken of kustduinen, vlaknederzettingen op een uitgedroogde veenbodem of volledig artificiële woonplatformen, opgebouwd door de mens (De Clercq, 2011). Vlaknederzettingen op een uitgedroogde veenbodem werden momenteel enkel in de Zeeuwse kustvlakte aangetroffen. Vlaamse tegenhangers ontbreken voorlopig nog. Van de andere twee types werden in de Vlaamse kustvlakte wel reeds een aantal overtuigende voorbeelden in kaart gebracht.

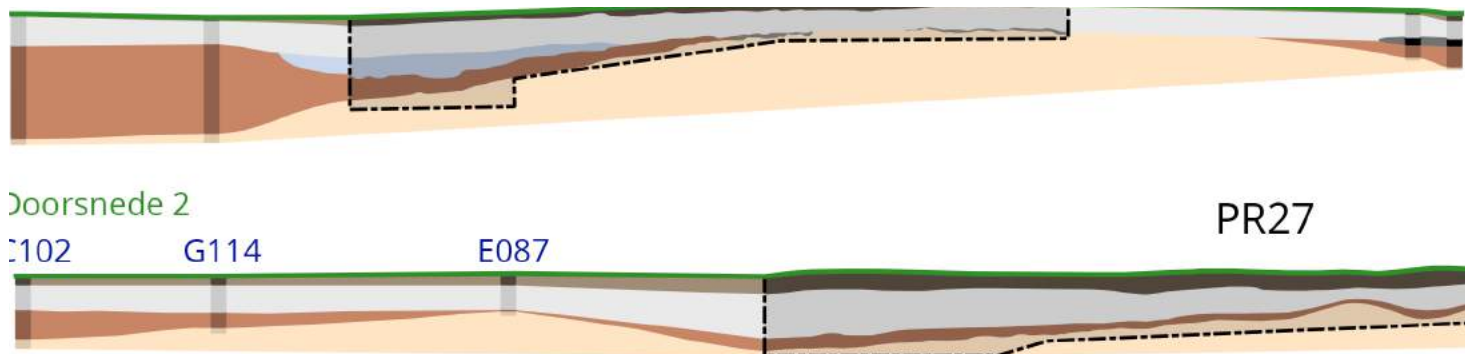
Bewoning op pleistocene donken, waar de bestaande topografie werd gebruikt, al dan niet aangevuld met extra aangebracht materiaal, om boven het hoogste getijdenniveau

te kunnen wonen werd reeds gedocumenteerd bij opgravingen in de Zeebrugse achterhaven en langs de Zonnebloemweg in Dudzele (De Clercq, 2011). In Zeebrugge werden vier pleistocene donken met sporen van Romeinse bewoning in kaart gebracht. De heuvels, slechts een vijftal km van de huidige kustlijn verwijderd, zijn allen georiënteerd in oostwestelijke richting en bevatten voornamelijk langs de randen heel wat Romeins materiaal. Op de top van de heuvels kwamen slechts enkele sporen voor, waaronder een aantal *in situ* kuilen. Naast gewoon aardewerk, werd ook heel wat technisch aardewerk aangetroffen. Op basis van de vondsten en structuren stelden de onderzoekers een interpretatie voor van mogelijk tijdelijke nederzettingen in de kustvlakte, eventueel nabij een zoutwinningsite (Patrouille, 2013).

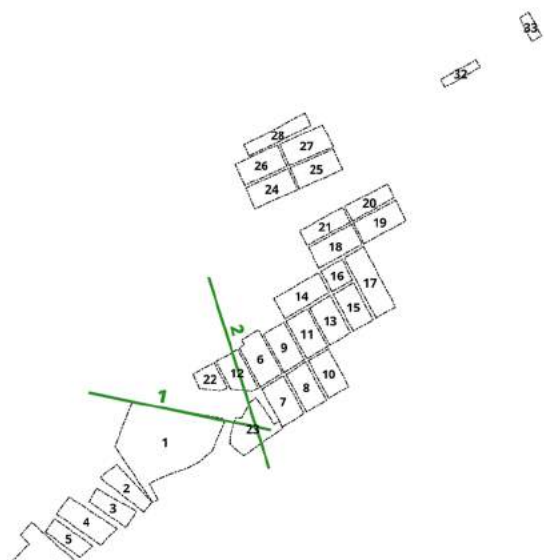
Langs de Zonnebloemweg in Dudzele werden in het kader van het project rond de A11 op een pleistocene donk naast de eerder besproken prehistorische sites ook twee Romeinse vindplaatsen in kaart gebracht. Mogelijk gaat het om twee afzonderlijke gebruiksfases van de donk. In een eerste fase, op basis van het materiaal rond de tweede helft van de 1e eeuw, werden zowel de top als de flank van de donk gebruikt. Naast 23 paalsporen kwamen ook 2 kuilen voor op de top van de donk, op basis van de recentere opgraving in

Ramskapelle (infra) geïnterpreteerd als gebouwtjes met een verlaagd vloerniveau. Op site werd zowel gebruiks aardewerk (lage kookpotten) als technisch aardewerk (briquetage) uit de eerste eeuw aangetroffen. Dit handgevormde, sterk verbande materiaal, in combinatie met de structuren, leidt dit tot de interpretatie dat ook hier mogelijk tijdelijke bewoning plaatsvond, geassocieerd met zoutproductie op de donk (Verwerft et al., 2022). In de tweede bewoningsfase, vanaf het einde van de 2e eeuw, krijgt de bewoning op de donk een permanent karakter. Op het zuidwestelijke uiteinde van de donk werd een nederzetting met houten woonhuis en waterput aangetroffen. Het is de eerste keer dat dergelijk huistype, kenmerkend voor de Vlaamse zandgrond, wordt herkend in de kustvlakte. In combinatie met een waterput uit vlechtwerk vormt dit een duidelijke aanwijzing voor permanente bewoning op de site. Daarnaast worden ook 8 ontginningskuilen voor klei-extractie gedetecteerd. De ontgonnen kleizoden werden vermoedelijk gebruikt bij de constructie van de woning (Verwerft et al., 2022).

Behalve het gebruik van natuurlijke hogere plekken in het landschap die ook bij hoogtij droog bleven, ging de mens soms ook offensief en op grote schaal te werk, onder andere door de aanleg van woonplatformen. Een herevaluatie van verschillende oude sites en nieuwe vondsten in het Vlaams



200 cm



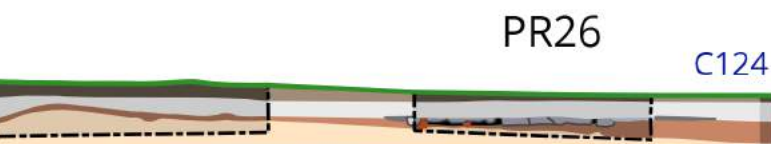
en Zeeuwse deel van het Menapisch kustgebied zorgde ervoor dat verschillende sites als artificieel woonplatform geïnterpreteerd konden worden, waaronder Serooskerke, mogelijk Plassendale-industrie en Stene bij Oostende (De Clercq, 2011). In Stene werden in 2008 voor het eerst bewoningssporen *in situ* herkend op een plaggenplatform van minstens 17 m lang, 8 m breed en 1 m hoog. Het platform leunt tegen een dijk, opgetrokken uit plaggen op de getijdensedimenten. Op de flanken van het platform en de dijk waren dikke pakketten nederzettingafval bewaard met haardresten, plantenresten, dierlijk bot, mosselen en andere schelpdieren en heel veel aardewerk die de activiteiten op de site situeren tussen het einde van de 1e en de 2e eeuw (Vanhoutte et al., 2019).

Ook in het projectgebied kon een dergelijke site recent in kaart gebracht worden. Langs het traject van de A11 werden in Ramskapelle, langs de Heistlaan, *in situ* Romeinse bewoningssporen gedetecteerd onder een tot 40 cm dikke ploeglaag. Naast grachten, putten en afvallagen werd een mogelijke artificiële woonheuvel blootgelegd, opgebouwd uit blokken veen. Rondom de terp kwam, net zoals bij de sites in Serooskerke en Stene, een dikke laag schelpmateriaal voor. Deze laag zou de bewoonbare oppervlakte van de terp hebben vergroot. Op de site werden geen paalsporen

aangetroffen, de sporen wijzen eerder op het voorkomen van plaggenhutten. De site is rijk aan vondstmateriaal, waaronder veel import en tafelwaar van het einde van de 2e eeuw tot de eerste helft van de 3e eeuw. Er worden geen sporen van zoutproductie gedetecteerd. De ontdekking van de site is zeer belangrijk. Het gaat met een oppervlakte van 367 m² en een hoogte van 91 cm om de grootste gekende Romeinse terp en ook de meest complete die tot nu toe in kaart werd gebracht. De constructie moet een serieuze opgave zijn geweest wat, in combinatie met andere gegevens, doet vermoeden dat een artificiële woonheuvel een goed gekend en vermoedelijk regelmatig voorkomend nederzettingstype was (Verwerft et al., 2019).

In 2011 stelde prof. Wim De Clercq dat het gebruik van (artificiële) woonplatformen in de kustvlakte niet verwonderlijk is aangezien een dergelijke bewoningvorm eigenlijk reeds een gekend fenomeen is sinds de prehistorie. Terpen dienden doorheen de geschiedenis steeds als (tijdelijk) toevluchtsoord in de noordwest Europese natte, dynamische landschappen onder invloed van de zee en kunnen dan ook in de Vlaamse kustvlakte verwacht worden (De Clercq, 2011). Deze hypothese kon dankzij bijkomend onderzoek in de laatste jaren steeds duidelijker onderbouwd worden. Van 2 van de 3 types mogelijke bewoning in de kustvlakte konden reeds bijkomende voorbeelden in het studiegebied in kaart gebracht en onderzocht worden. Sporen van bewoning op pleistocene donken en terpen, respectievelijk de Zonnebloemweg in Dudzele en langs de Heistlaan in Ramskapelle, tonen aan dat de vele Romeinse vondsten uit de Vlaamse kustvlakte niet per se allemaal behoren tot het afval van vaak zeer tijdelijke, off-site activiteiten zoals vroeger werd verondersteld. De sites passen in een traditie die voorkomt in een geografisch groot gebied en waarbij de keuze voor het nederzettingstype duidelijk wordt bepaald door de kenmerken van het landschap (De Clercq, 2011; Verwerft et al., 2019; Verwerft et al., 2022).

Naast aanwijzingen voor bewoning werd de laatste jaren ook bijkomende kennis over activiteiten van zoutproductie in de regio opgebouwd. Het in theorie moeilijk toegankelijke gebied werd in de Romeinse periode toch intensief gebruikt voor grondstoffen en bewoning. Sterker nog, vanaf de Romeinse periode nam de invloed van de mens op het landschap steeds verder toe. Die invloed zet zich nog verder door in de middeleeuwen en wordt vanaf deze periode zelfs zo groot dat het karakter van de kuststreek zeer sterk gewijzigd wordt. We laten het historisch kader dan ook stoppen bij de Romeinen.



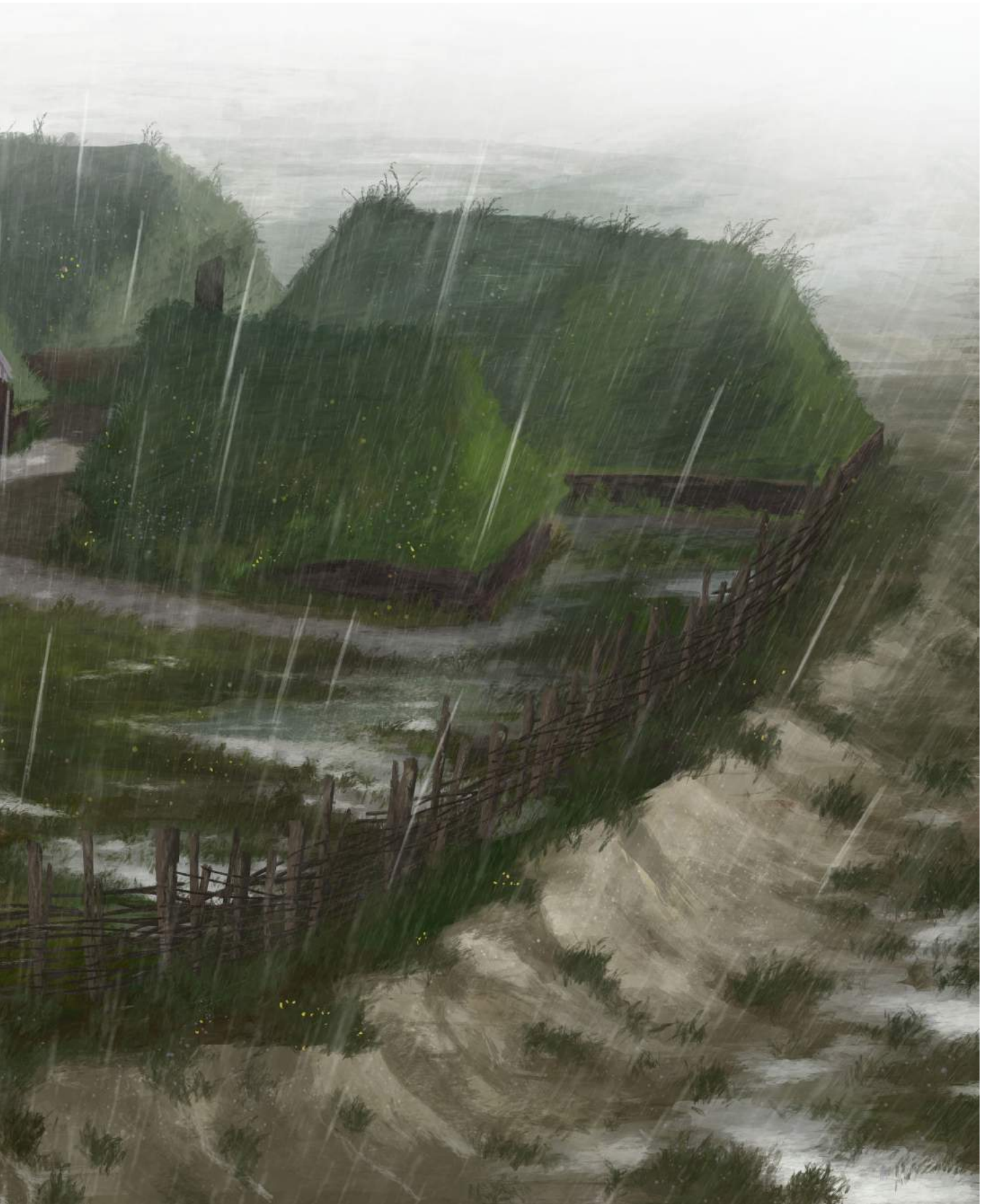
Zonnebloemweg, Dudzele

- maaiveld
- coupewand
- 1 ploeglaag
- 2 estuariene klei
- 3 geul zand
- 4 veen
- 5 A-horizont Pleistocene donk
- 6 C-horizont Pleistocene donk
- 7 leeflaag estuariene klei
- 8 kuilen
- 9 boomwortel

Fig. 29. Dwarsdoorsneden van de Pleistocene donk langs de Zonnebloemweg in Dudzele, op basis van profielen en boringen



Fig. 30. *Reconstructie van het Romeins woonplatform, opgegraven langs de Heistlaan in Ramskapelle (yannick@de-smet.be)*



1.8. Inleiding tot veen in de Vlaamse kustvlakte

1.8.1. Wat is veen?

1.8.1.1. Veen en turf

Als startpunt wordt een overzicht gegeven van huidige kennis omtrent veen in het studiegebied. Dit overzicht richt zich op de omschrijving van veen en de verschillende veentypes die voorkomen in het projectgebied (de oostelijke kustpolders van België). Daarna wordt gefocust op het reeds uitgevoerde veenonderzoek in het gebied.

Een eenduidige definitie van veen geven is moeilijk. De woorden veen en turf worden in verschillende betekenissen gebruikt. Deze verwijzen naar:

- het vegetatietype, een plantenkleed, al dan niet met levend veen;
- het substraat dat uit de afgestorven plantenresten bestaat;
- en het economisch product, afgeleid door afgraven van het substraat.

Specifieke Engelse termen: peat (veen/turf), bog (hoogveen), fen (laagveen) en carr (broekbos met els/wilg).

Specifieke Nederlandse (dialect-)termen: moer (veengrond, veenslik), meers (natte weide, grasland) en daring (Noordwest-Vlaams? voor veen/turf).

Algemeen gebruikte Nederlandse begrippen voor bepaalde types komen in de illustraties aan bod.

1.8.1.2. Veen als afzetting (geobotanisch)

	Vegetatietype	Afzetting	Economisch product
NL	(levend) veen	veen	turf
D	(lebendiges) Moor	Torf	Torf
E	mire - peatland	peat	peat
F	tourbière	tourbe	tourbe

Tabel 31. De woorden 'veen' en 'turf' (NL – D – E – F).

Veen wordt gedefinieerd als een ter plaatse gevormde organische afzetting die van onder naar boven opgebouwd werd (Succow en Joosten, 2001). Het bestaat overwegend uit afgestorven, gehumificeerd plantenmateriaal. Dit materiaal is slechts gedeeltelijk afgebroken omdat het meestal in een waterverzadigde omgeving lag waar zuurstoftekort optrad en dus geen oxidatie kon plaatsvinden. De structuur van het plantenmateriaal is, afhankelijk van de graad van humificatie nog gedeeltelijk herkenbaar.

Voor veenvorming is het dus noodzakelijk dat het veen als vegetatie het grootste gedeelte van het jaar onder water

staat. Alleen zo kan het proces van mineralisatie, dat zonder zuurstoftekort normalerwijze gebeurt, sterk ondergeschikt blijven aan het proces van humificatie.

Bij een zuurstoftekort spreken we van humificatie en worden er huminestoffen gevormd. Huminestof is een verzamelnaam voor de meestal donker gekleurde, amorfe organische materie in de bodem (Succow & Joosten, 2001). Afhankelijk van de aard van het plantenmateriaal en de milieucondities zal het veen ofwel sterker mineraliseren ofwel sterker humificeren.

De afbraakprocessen in anaërobe bodem zijn niet fundamenteel anders dan in een aërobe bodem maar de afbraak verloopt veel trager. De afbraak door bodemfauna is veel geringer in de anaërobe bodem zodat herkenbare plantenresten veel beter kunnen bewaard blijven.

Wanneer we het als een afzetting beschouwen, is het beter niet van sediment maar van een sedentaat te spreken. Veen wordt immers ter plaatse gevormd en is een sedentaat. Een sediment bestaat uit aangevoerd materiaal. Er wordt soms ook van autochtoon veen, ontstaan als sedentaat gesproken. Dit staat dan tegenover allochtoon veen, waarbij het organisch materiaal grotendeels aangevoerd wordt en kunnen we van sediment spreken. Dit kan bijvoorbeeld door een rivier gebeuren.

Volgens de strikte geologische omschrijving wordt pas bij een dikte van 30 cm van de afzetting en een organisch drooggewicht van minstens 30% van veen gesproken. Bij een lager organisch gehalte wordt soms van Anmoor (D) gesproken. Dit kan voorkomen bij bodems op een natte heide. Tussen organisch rijk alluvium van een rivier en veen in een alluviale vlakte bestaan er ook overgangen. Bemerkt wel dat veen in een alluviale vlakte een sediment (allochtoon veen) kan zijn.

1.8.2. Indeling veentypes

1.8.2.1. Indeling van levend veen (volgens waterkwaliteit)

Kenmerkend voor venen is dat de planten hun voedingsstoffen bijna exclusief uit het water – in mindere mate uit de lucht – halen. Voor een indeling zal dan ook de waterkwaliteit bepalend zijn aangezien venen gevoed worden door water. De meest klassieke indeling van veen in Midden- en West-Europa is op basis van voedselrijkdom. Dit kan chemisch gemeten worden aan de basis van de hoeveelheid N en de verhouding C/N.

Een zeer eenvoudige indeling zien we op de afbeelding hieronder. Er worden drie types omschreven. Eutrofe venen, gevoed door eutroof water bestaan meestal uit rietvelden, grote zeggenvetaties en elzenbroekbossen. Mesotrofe

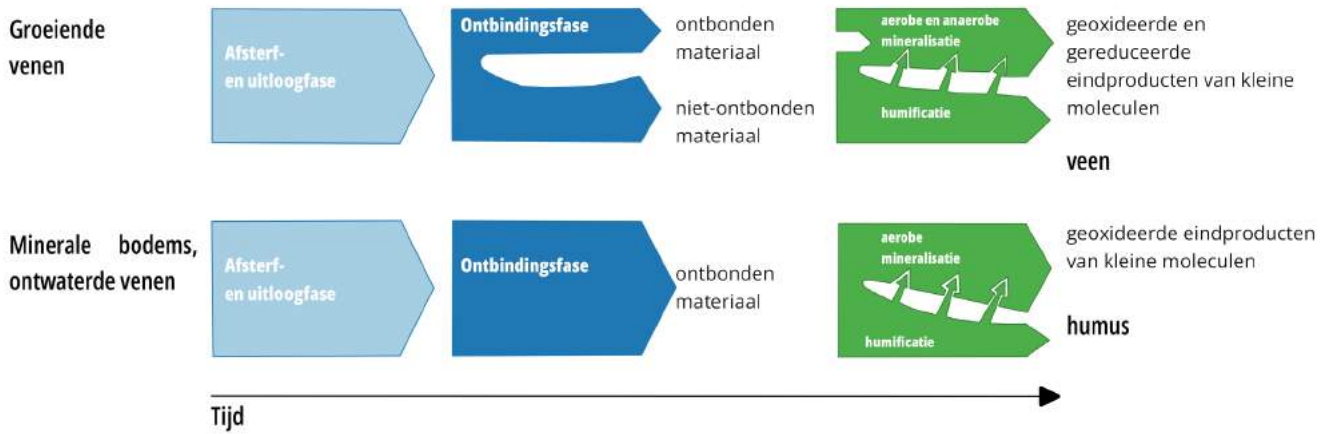


Fig. 32. Afbraak van materiaal in levende venen, vergeleken met afbraak in een minerale bodem of ontwaterde venen (naar Succow & Joosten, 2001). De volgende processen komen aan bod; afsterven, uitlogen, versnipperen en een microbiologisch fase (zowel humificatie als mineralisatie)

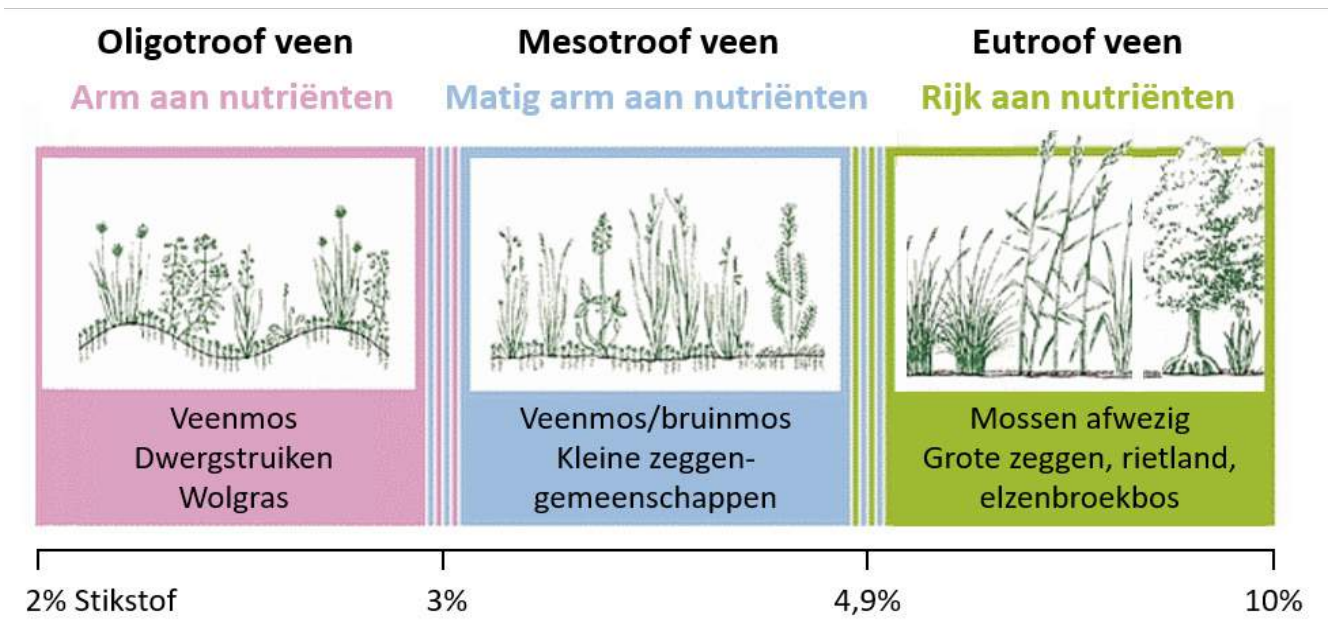


Fig. 33. Zeer algemene indeling van veentypes naar voedselrijkdom (naar Succow & Joosten)

venen, gevoed door matig voedselarm water, bestaan uit minder forse vaatplanten (kleine zeggensoorten) maar bevatten in veel gevallen veel mossen. En oligotrofe venen gevoed door voedselarm water. De plantengroei bestaat voornamelijk uit (veen-)mossen, dwergstruiken en bepaalde cypergrassen (zeggenfamilie).

Veentype	Voedselrijkdom	Gevoed door
Hoogveen	Oligotroof	Uitsluitend regenwater (ombrotroof)
Overgangsveen		Vooral door grondwater/ rivierwater (minerotroof)
	Mesotroof	
Laagveen	Eutroof	

Tabel 34. Indeling van venen op basis van voedselrijkdom en al dan niet afhankelijk van het grondwater. Hoe donkerder de bruine kleur, hoe voedselrijker

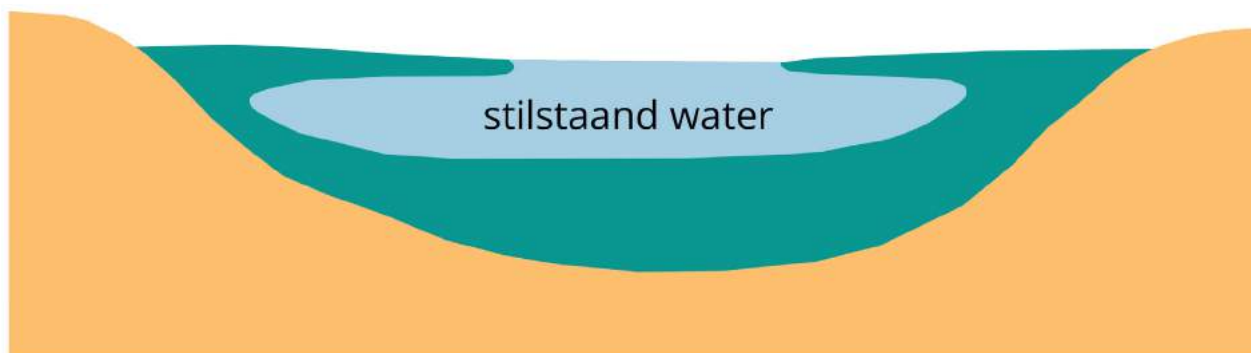


Fig. 35. Eenvoudig schema van verlandingsveen met aan het wateroppervlak drijftillen (de.wikipedia.org)

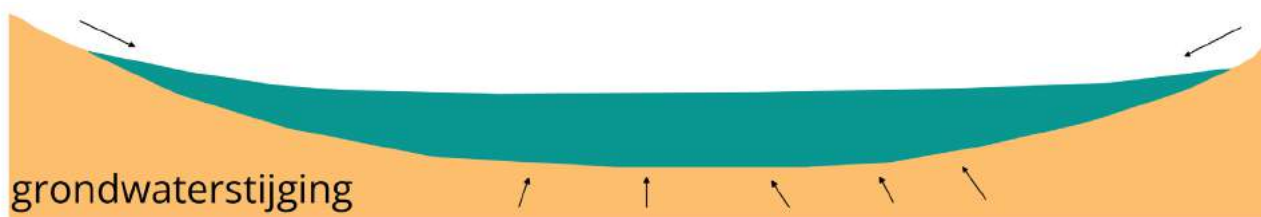


Fig. 36. Eenvoudig schema van vervening als gevolg van langzaam stijgende grondwatertafel (de.wikipedia.org)

1.8.2.2. Verlandingsveen en vervening (volgens genese)

Bij de genese van venen komen de verlandingsveen en de vervening het meest voor. Andere ontstaansvormen zijn doorstroomvenen en overstromingsvenen. Verlandingsveen (Verlandingsmoor – terrestrialization/hydrosere – terrestrialisation) ontstaat vanuit een stilstaand water. Op de bodem kunnen sedimenten aanwezig zijn, die in het open water bezinken. Enerzijds zijn er waterplanten die tot op de bodem vallen en voor een beginnende organische laag zorgen; anderzijds is er vanop de oever een opeenstapeling van afstervende plantenresten onder de watertafel.

In stilstaande wateren kunnen er drijftillen ontstaan, al dan niet verbonden met de oever. In de kustvlakte werd het verlandingsveen gevormd in een ondiep, verzoetend wateroppervlak na afname van getijdeninvloed. De snelheid van verlanding en het type vegetatie wordt in sterke mate bepaald door het watertype. Fysische factoren zoals waterdiepte, grootte van het wateroppervlak en windsnelheid spelen een belangrijke rol. Veel van de momenteel levende venen, ontstaan als verlandingsveen zijn het gevolg van delfstoffenwinning in het verleden. Van nature komen ze meer voor in vergletsjerde landschappen, waar veel gesloten bekkens van allerlei grootte voorkomen.

Vervening (Versumpfungsmoore- paludification peat- paludification) komen veel voor aan de randen van of net buiten laaggelegen gebieden. Door de stijging van de grondwatertafel – al dan niet onder invloed van de zeespiegelrijzing – zijn er veel verveningsvenen ontstaan in de eerste helft van het Holoceen. Verveningvenen ontstaan

bij een langzame stijging van de grondwatertafel. De stijging van het grondwater is te snel om de bestaande vegetatie, gebonden aan een vochtige/natte bodem te behouden. De stijging is wel te traag om tot een open wateroppervlak over te gaan. De vegetatie wordt vooral bepaald door de aard van het aangevoerde grondwater.

Hoogvenen worden ook bij de hydrogenetische indeling geplaatst. Deze ontstaan in veel gevallen in een tweede fase, meestal na een verlandingsveen of een verveningsveen.

Hoogveen (steeds oligotroof) komt bij voldoende dikte van het veen zeer algemeen voor. Verveningvenen komen bijna overal aan de basis van het veen voor. De voedselrijkdom ervan van verschillen. Verlandingsveen is zeer waarschijnlijk alleen in het noordwesten van het studiegebied aanwezig. Een matig voedselarm, basisch type komt in het Laat-Glaciaal zeker voor net buiten het studiegebied. Overstromingsveen is voorlopig niet gevonden maar de aanwezigheid ervan valt niet uit te sluiten.



Fig. 37. Oligotroof elzenbroek in de Visbeekvallei met pijpenstrootje en een rijke veenmoslaag (Lille, Beerse). (ecopedia.be)



Fig. 38. Geleidelijk vullen veenmossen en drijvende soorten (hier Waterdrieblad) het water. Andere veensoorten vinden hier een geschikt milieu (bv. Blauwe zegge) (ecopedia.be)

		Ecologische indeling			
		Oligotroof (voedselarm)	Mesotroof (matig voedselarm)		Eutroof (voedselrijk)
			Zuur	Zuur	
Hydrogenetische indeling	Hoogveen				
	Verveningsveen				
	Verlandingsveen				
	Overstromingsveen				

Fig. 39. Schema met (mogelijk aanwezige types) volgens landschapsgenese in het studiegebied

1.8.2.3. Veenkenmerken en specifieke eigenschappen van hoogveen

De meeste veentypes zijn gebonden aan bepaalde vormen van het reliëf. Verlandingsvenen en verveningsvenen zijn afhankelijk van hun positie in het landschap en de waterpeilen die erbij horen. Zo zal een verveningsveen 'stil vallen' als het niet meer gevoed kan worden door een grondwaterpeil dat niet meer stijgt. Een verlandingsveen zal op zijn beurt stil vallen als de komvormige laagte helemaal opgevuld is.

Bij hoogvenen (Hochmoore/Regenmoore) is dit anders. Hoogvenen kunnen perfect het water vasthouden en dit zeer langzaam lossen in drogere periodes. Hoogvenen staan dus los van hun positie in het landschap. Bij de genese volgen ze meestal op een ander type. Hoogvenen kunnen ook in het landschap in een periode van honderden tot een paar duizenden jaren 'omhoog kruipen'. Dit is duidelijk waar te nemen op de evolutie van het landschap doorheen het Holoceen in Nederland (Vos et al., 2018). Hoogvenen kunnen dit doen omdat ze in belangrijke mate gevormd worden door *Sphagnum*-soorten (veenmossen). Het zijn wel maar bepaalde veenmossen die de eigenschap hebben om zeer veel water op te slaan (Joosten, 1993). Dit zijn onder andere

Sphagnum rubellum (=capillifolium) van de groep sect. *Acutifolia*;

Sphagnum imbricatum (=austini) en *Sphagnum papillosum* van de groep sect. *Cymbifolia*.

Hoogvenen zijn wél afhankelijk van een bepaald klimaattype met voldoende regen, best gespreid doorheen het jaar en voldoende luchtvochtigheid. Ze komen vooral voor tussen 50° NB en 60° NB. Hoogvenen kunnen op basis van vorm in bepaalde types ingedeeld worden. In uitgesproken oceanische klimaten (Groot-Britannië, Ierland, Noorwegen) komen Deckenmoore (Blanket bogs, spreihogvenen) voor. Deze kunnen bijna volledig landschapsbedekkend voorkomen. Aan de zuidelijke Noordzeekusten (Duitsland, Nederland, België) hebben/hadden we een Plan-Regenmoor. De afgraving ervan begon reeds in de IJzertijd en liep door tot op het einde van de 20e eeuw na Christus. De bovenkant ligt niet duidelijk hoger in het landschap en ze zijn bijna boomloos. Alleen aan de randen ervan zouden bomen aanwezig zijn. Meer continentaal komen er Plateau-Regenmoore. Deze zijn/waren nog aanwezig meer oostelijk in Europa. Typisch is een zeer natte randzone (= lagg) en een licht gewelfd oppervlak. Bomen horen er ook bij. Binnen hoogvenen is er op meso-schaal een patroon van bulten en slenken aanwezig. Bij Overbeck (1975) komt dit uitgebreid aan bod. Bulten en slenken zouden ook lange tijd op dezelfde plaats blijven, terwijl ze blijven doorgroeien. Dit is zowel in de vegetatie als in het sedentaat duidelijk zichtbaar.

Binnen het Holoceen is er een sterke uitbreiding van hoogvenen bij het begin van het Subatlanticum (± IJzertijd).

Tussen beide perioden is er op veel plaatsen langs de zuidelijke Noordzeekusten een duidelijk verschil tussen hoogveen, gegroeid tijdens het Subboreaale (meer verweerd; Schwarztorf) en Subatlanticum (minder verweerd; Weißturf). Dit wordt uitgebreid behandeld door Overbeck (1975).

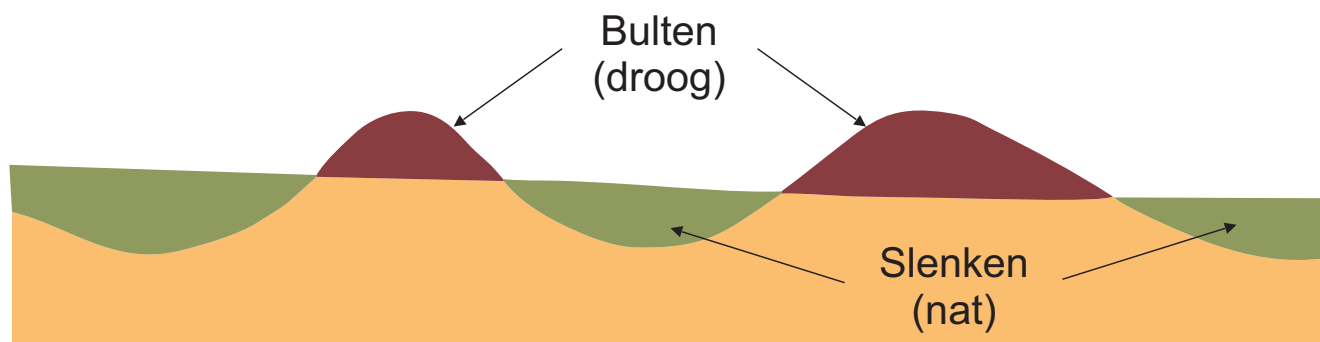


Fig. 40. Eenvoudige schets met bulten en slenken

1.8.3. Beschrijving veen

Voor de beschrijving van het veen zijn er twee belangrijke invalshoeken. Enerzijds is er de verweringsgraad of humificatiegraad. Deze geeft aan in hoeverre het veen reeds verweerd is. Anderzijds zijn er de nog herkenbare plantenresten. Een zeer algemene beschrijving, die in de geologie/bodemkunde gebruikt wordt, spreekt van bruin veen en zwart veen. 'Bruin en zwart veen' wijst op de verweringsgraad, hoe donkerder hoe sterker verweerd. Bruin veen kan na contact met lucht vrij snel zwart worden. Een andere, eenvoudige indeling van organisch plantaardig materiaal spreekt van fibric (vezelig), hemic (half verteerd) en sapric (verteerd). Bij uitgebreidere beschrijvingen van de verweringsgraad van veen wordt de indeling van von Post (1924) gebruikt. Deze gebruikt een schaal van 1 (nauwelijks verweerd) tot 10 (bijna volledig verweerd). Deze schaal kan in het veld wel alleen maar toegepast worden als het veen nog waterverzadigd is. Hieronder volgt een licht bewerkte schaal (Overbeck, 1975) zoals die door von Post (1924) voorgesteld werd.

H1 Totaal niet verweerd veen, zonder fijne plantaardige brij. Bij het persen in de vuist vloeit er kleurloos, helder water tussen de vingers.

H2 Zo goed als niet verweerd veen. Bij het persen vloeit er licht geelbruin water weg.

H3 Zeer licht verweerd of zeer weinig fijne, plantaardige brij. Bij het persen vloeit er duidelijk troebel bruin water weg maar geen veensubstantie. Overblijfsel (in de vuist) niet brij-achtig (fijn, plantaardig).

H4 Licht verweerd of weinig fijne, plantaardige brij. Bij het persen vloeit er sterk troebel bruin water weg maar nog geen veensubstantie. Overblijfsel (in de vuist) iets brij-achtig (fijn, plantaardig).

H5 Tamelijk verweerd of nogal wat fijne, plantaardige brij. Plantenstructuur nog duidelijk, maar enigszins versluierd. Bij het persen vloeit er een weinig veensubstantie maar vooral troebel, bruin water weg. Overblijfsel (in de vuist) sterk brij-achtig (fijn, plantaardig).

H6 Tamelijk verweerd of nogal wat fijne, plantaardige brij. Plantenstructuur onduidelijk, Bij het persen vloeit 1/3 van de veensubstantie weg. Overblijfsel (in de vuist) sterk brij-achtig (fijn, plantaardig) maar met duidelijker aanwezige plantenstructuren als in het ongeperste veen.

H7 Sterk verweerd of veel fijne, plantaardige brij. Plantenstructuur nog tamelijk te herkennen. Bij het persen vloeit 1/2 van de veensubstantie weg.

H8 Zeer sterk verweerd of zeer veel fijne, plantaardige brij. Plantenstructuur zeer onduidelijk. Bij het persen vloeit 2/3 van de veensubstantie weg. Overblijfsel (in de vuist)

bestaat vooral uit taai plantenmateriaal zoals wortelvezels, hout, enz.

H9 Bijna volledig verweerd of bijna volledig een fijne, plantaardige brij. Bijna geen herkenbare plantenstructuur. Bijna alle veen vloeit bij het persen tussen de vingers.

H10 Volledig verweerd of volledig een fijne, plantaardige brij. Geen herkenbare plantenstructuur. Alle veen vloeit bij het persen tussen de vingers.

1.8.4. Veengebieden en menselijke activiteiten

1.8.4.1. Veengebied als leefomgeving

Vanuit archeologische invalshoek is er een zekere tegenstelling tussen beide. Levende venen registreren, dankzij de ideale bewaring van organisch materiaal, de activiteiten en veranderingen. Veenafzettingen vormen zo op archeologische vlak potentieel zeer interessante kenmerken (Allemeersch, 2010). De geleidelijke en doorlopende opbouw van dit sedentaat weerspiegelt niet alleen de geschiedenis of evolutie van het veen zelf maar ook die van de omgeving. Ongestoorde veenprofielen uit het laatglaciaal en het Holoceen bewaren de sporen van menselijke aanwezigheid zeer goed. Deze veenprofielen vormen ook een uitstekend referentiekader voor het milieu waar de mens in leefde. Voor onderzoek naar klimaatverandering zijn venen, en vooral hoogvenen, zeer geschikte afzettingen. Veenafzettingen zijn dus ideaal om sporen van menselijke activiteiten te registreren.

Levende venen kunnen zich wel pas ontwikkelen als de watertafel het overgrote gedeelte van het jaar aan het oppervlak staat. Deze terreinen zijn dus grotendeels ongeschikt voor bewoning en landbouw. Jacht en pluk zijn er aan de randen en bij bepaalde veentypes wel mogelijk. Venen blijven echter een moeilijk terrein voor menselijke activiteiten. De beste kans veel sporen van menselijke activiteiten te vinden is in een omgeving waar een zeker reliëf aanwezig is zodat er nog mensen waren op iets hogere gronden terwijl sporen van activiteiten in het lager gelegen veen ideaal bewaard konden worden. Eenmaal venen zich gevestigd hebben, wordt de onmiddellijke leefomgeving ongunstig voor de mens.



Fig. 41. De opgraving van een Romeins huis op het veen in Kapelle Smokkelhoek (<https://www.zeeuwseankers.nl>)

1.8.4.2. Historische turfwinning in de kustvlakte en de sporen binnen archeologie

De winning van turf gaat reeds terug tot de ijzertijd. Voor de Romeinse tijd zijn er meerdere bewijzen. Vanaf de Middeleeuwen komt die volop op gang. De voor die tijd 'wereldsteden' Ieper, Brugge en vooral Gent moeten enorme hoeveelheden turf verbruikt hebben. Degelijk betrouwbare geschreven bronnen zouden er slechts vanaf de 13e eeuw na Christus zijn. In die fase wordt er turf gewonnen in het Waasland en aangrenzend Zeeuws-Vlaanderen. Meer westelijk gelegen gebieden zijn dan waarschijnlijk reeds afgegraven. Het zijn meestal 'moeren' (moeren van Gistel, Meetkerkse moeren, Assebroekse Meersen)

Enkele nieuwe invalshoeken bij discussie al dan niet afgegraven gebieden:

- in oostelijk Belgisch kustgebied en Zeeuws-Vlaanderen was er wel degelijk een ombroegen veen of hoogveen. Dit veentype kon, indien het de tijd kreeg geleidelijk een laaggelegen dekzandgebied 'opkruipen'. Dit kon op veel plaatsen tot in de vroege middeleeuwen. In de Belgische kustpolders was de veengroei vermoedelijk afgebroken in de loop van de IJzertijd. Het had dus niet de tijd om 'hogerop te kruipen'. Verderaf van de kust kon het wel blijven doorgroeien.

- binnen historische bronnen wordt gesproken van witveen (=Weißtorf) dat weinig compact was, minder verteerd en minder verbrandingswaarde had en zwartveen (=Schwarztorf) dat compacter was en meer verbrandingswaarde had (Augustyn, 1999; Jongepier et al.,

2011). Het witveen komt overeen met de laag die zich vanaf de IJzertijd/Subatlanticum gevormd heeft langs de zuidelijke Noordzeekust (Overbeck, 1975).

Sporen van het oligotroof veen zijn af en toe gevonden, zowel in landelijke als in stedelijke contexten (Allemeersch 2016, 2018, 2019, 2021). Bij *Sphagnum imbricatum* is er geen twijfel, bij *Sphagnum papillosum* wat meer. Dit wijst op consumptie van veen als brandstof, zeker in stedelijke gebieden. Daarnaast worden regelmatig bloemen en bebladerde takjes van *Calluna vulgaris* (struikheide) en blaadjes van *Erica tetralix* (gewone dopheide) gevonden. Deze laatste kunnen wel van plaggen van vochtige/natte heide afkomstig zijn. Voorheen werden turfblokken van oligotroof gevonden in de abdij van Ename (Deforce et al., 2006). Transport vanuit de Schelde- of Kustpolders lijkt zeer waarschijnlijk.

Archeologisch interessant i.v.m. *Pinus sylvestris* (grove den) is de studie van Hänninen et al. (2003). Nabij Ellewoutsdijk (tegenover Terneuzen op de andere oever van de Westerschelde) is een paleobotanisch onderzoek uitgevoerd bij sporen van Romeinse aanwezigheid. Hieruit blijkt onder andere dat hout van *Pinus sylvestris* (grove den) gebruikt is als constructiemateriaal, samen met ander hout dat echter uit de Romeinse periode dateert. Deze stammen, die goed bewaard bleven in het veen, zijn blijkbaar gerecupereerd als bouwmaterial bij veenwinning op een andere plaats.

2.

Inventaris van het reeds uitgevoerde onderzoek

2.1. Inleiding

In dit tweede deel volgt een inventaris van het tot nu toe uitgevoerd veenonderzoek. Dit is heel ruim opgevat. De inventaris omvat zowel specifieke veenstudies door specialisten als archeologisch onderzoek waar de aan- of afwezigheid van veen is vastgesteld. Zolang de onderzoeken binnen het onderzoeksgebied liggen en enigszins informatie opleveren over de bodemopbouw, zijn ze in deze inventaris opgenomen. De inventaris is opgedeeld in vier delen: (1) veenstudies in (en nabij) het onderzoeksgebied, (2) bodemkundige gegevens (verzameld tijdens de opmaak van de bodemkaart), (3) archeologisch onderzoek en (4) boor- en sonderingsonderzoek. Het gaat steeds om studies waar specifieke aandacht uitging naar de landschappelijke situatie, waar veen herkend is of die sporen opleveren van menselijke activiteit tot en met de Romeinse periode. Van elk item op deze inventaris wordt nagegaan of er eventueel stalen bewaard zijn.

2.2. Inventaris van veenstudies in en nabij het onderzoeksgebied

In de loop van de 20e eeuw kreeg veenonderzoek in de kustpolders een eerste impuls door de creatie van de Belgische bodemkaart (J.B. Ameryckx, jaren '50), verscheidene doctoraatsonderzoeken met als thema het ontstaan van het landschap in de kustvlakte (Allemeersch, 1984; Baeteman, 1981; Mostaert, 1985) en de integratie van deze kennis in het archeologisch onderzoek van de jaren 1970-1990 (Pieters et al., 2013; Thoen, 1987). Deze studies bevestigen het groot potentieel voor afgedekte archeologische sites in de oostelijke kustpolders en leveren een groot aantal nieuwe sites op.

In dit inventariserende hoofdstuk geven we een overzicht van studies uit de 20e eeuw waarbij het veenpakket beschreven, gedateerd en/of macrobotanisch/palynologisch geanalyseerd werd (Tabel 1, Figuur 1). Binnen het studiegebied worden alle bekende resultaten opgenomen in het overzicht. Daarbij gaat het vooral om veenbeschrijvingen en macrobotanische analyses.

Palynologische gegevens ontbreken volledig binnen het studiegebied en er is slechts één 14C-datering beschikbaar. Daarom worden hier ook enkele relevante studies buiten het studiegebied besproken die wel dateringen en/of pollenanalyses bevatten. Voor andere streken binnen de polders verwijzen we naar overzichtspublicaties over het Waasland/Linkeroever (Deforce, 2011; Missiaen et al., 2017; Storme et al., 2020) en de westkust (Baeteman, 1999; Stockmans and Vanhoorne, 1954).

Alle 14C-dateringen uit de besproken sites werden opgelijst (Tabel 2) en (opnieuw) gekalibreerd met OxCal 4.4 (Bronk Ramsey, 2009), gebruik makend van de meest recente calibratiecurve, IntCal20 (Reimer et al., 2020). Waar z-waarden beschikbaar zijn, werden de gekalibreerde ouderdommen ook uitgezet tegen de hoogte in een tijd-diepte diagram (Figuur 58).

Vanaf de 21e eeuw krijgt het archeologisch onderzoek in het studiegebied een tweede impuls door het ontstaan van Raakvlak, Intergemeentelijke Onroerendergoeddienst van Brugge en Ommeland en de implementatie van het Verdrag van Malta in 2006. Vanaf dan wordt landschappelijk onderzoek verankerd in het archeologisch traject. De implementatie daarvan op enkele grootschalige lijntrajecten zorgt voor een grote kenniswinst wat betreft archeologische resten binnen de complexe stratigrafische context van de kustpolders. De ondergrond op de tracés van de A11 snelwegverbinding en de Elia hoogspanningsleiding en op talloze bouwprojecten is in kaart gebracht aan de hand van boringen, proefsleuven en opgravingen. Dit leidt tot de ontdekking van een groot aantal zones met goed bewaarde veenprofielen. Deze meer recente onderzoeken in het kader van de Malta-archeologie, waarbij telkens één of meerdere auteurs van dit syntheseonderzoek betrokken waren, worden samen met een reeks nieuwe resultaten beschreven in hoofdstuk 3 (veldwerk en natuurwetenschappelijk onderzoek).

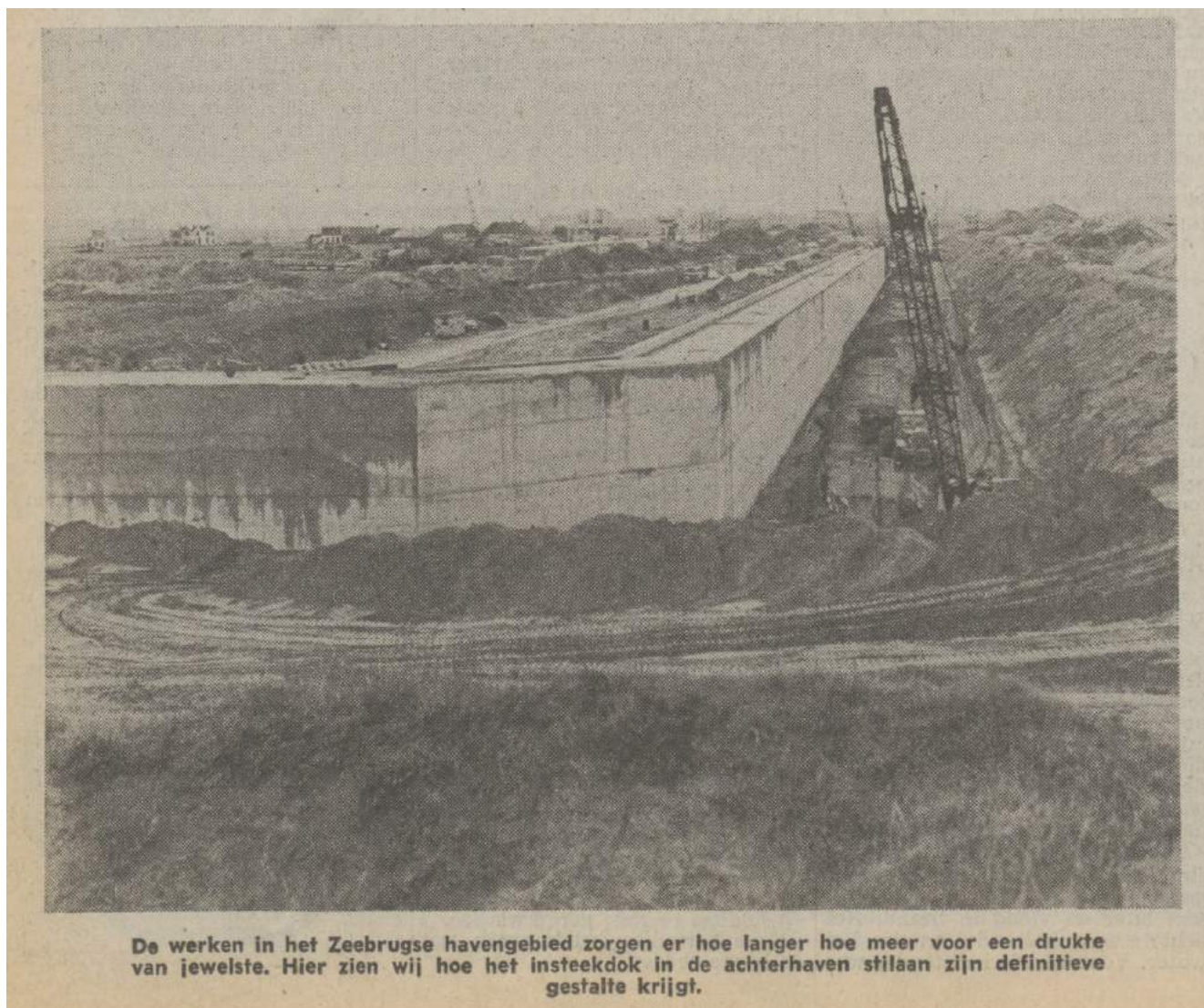


Fig. 42. De werken aan het insteedok in de achterhaven van Zeebrugge (Brugsch Handelsblad 25/11/1977 pagina 16 van 50, erfgoedbrugge.be)

2.2.1. Veenstudies binnen het studiegebied

2.2.1.1. Licentiaatsthesis van Luc Allemeersch (1977)

In het kader van zijn licentiaatsthesis bestudeerde Luc Allemeersch (1977) het profiel dat vrij kwam te liggen bij de aanleg van de westelijke kade van het noordelijk insteedok, in de achterhaven van Zeebrugge (Figuur 1, Figuur 3). De basis van het veen bevindt zich hier op -0,80 m TAW. Er werden drie ¹⁴C-dateringen uitgevoerd, waarvan één op een *Alnus*-wortel uit de basis van het verveningsveen (Lv-855) en twee op bulkstalen uit verschillende horizonten van de podzobodem onder het veen: Lv-857 op de B2-horizont en Lv-856 op de mor-horizont (overgang van humeuze laag naar veen) (Tabel 2, Figuur 2). De verschillen tussen de dateringen van de podzol en de veenbasis zijn nogal groot. Mogelijk heeft dit te maken met het feit dat de veendatering gebeurde op wortelhout van *Alnus* (els), een boomsoort waarvan enkele dm hoger nogal wat propjes en vruchten gevonden worden.

Het veenpakket zelf werd bovendien macrobotanisch onderzocht. Omdat de stalen uit profiel genomen konden worden, was analyse van 50 cm³ om de 5 cm mogelijk. Een selectie van de resultaten is weergegeven in Tabel 3.

De basis van het veen ligt op -0,80 m TAW en de veenlaag is 140 cm dik. Vermoedelijk is bovenaan een gedeelte van het veen door erosie weggenomen. Tot -0,70 m TAW zijn er geen resten van hogere planten gevonden in een amorf (?) veen. Misschien zit de top van de podzol hier ook nog in die eerste twee stalen.

Vanaf het volgende niveau weerspiegelen de resultaten een eerder voedselrijk elzenbos met zowel nootjes als propjes van *Alnus glutinosa* (zwarte els). Andere boomsoort is *Frangula alnus* (vuilboom). Hierbij voegen zich kruiden van ondiep water zoals *Ranunculus lingua* (grote boterbloem), *Oenanthe aquatica* (watertorkruid) en meerdere *Carex*-soorten (zeggen). Niet onmiddellijk maar na -0,525 m TAW tot -0,075 m TAW is er een belangrijke aanwezigheid van rhizomen (=wortelstokken) van *Phragmites australis*

(riet). Naast riet zijn er enkele andere ruigtekruiden zoals *Filipendula ulmaria* (moerasspirea) en *Eupatorium cannabinum* (koninginnenkruid) en *Rubus idaeus/fruticosus* (braam). Deze wijzen op een hogere voedselrijkdom van het water of een sterker verterend veen.

Het houtveen met zwarte els en veel riet gaat op het niveau +0,125 m TAW over in een houtveen met *Betula alba s.l.* (ruwe/zachte berk). Deze fase duurt niet lang en er volgt

een periode waarin botanische macroresten bijna volledig ontbreken. Logische verklaring hiervoor kan een stilstand in de veengroei zijn zodat een sterk verweerd veen ontstaat. De bovenste 30 cm bevat vermoedelijk alleen planten uit het hoogveen zodat we van een ombrotroof zouden kunnen spreken. Helaas zijn de soorten binnen het genus *Sphagnum* (veenmos) niet verder bepaald.

Site	Type staal	Lambert coördinaten		¹⁴ C-datering	Veenbeschrijving	Macrobotanie	Palynologie	Publicatie
		x (m)	y (m)					
Binnen het studiegebied								
Zeebrugge ins teek dok	profiel	69240	224190	x	x	x	-	Allemeersch, 1977
Graaf Jans ader (S)	raai	66310-66700	224530-224530	-	x	-	-	Allemeersch, 1984, 1991
Zeebrugge Cokes fabriek (T)	boring	69030	223140	-	x	x	-	Allemeersch, 1984, 1991
Aardgasleiding Dudzele-Kallo (U)	profiel	74290	21772	-	x	x	-	Allemeersch, 1984, 1991
Dudzele Bruggen van Zelzate (V)	raai	72470-71780	224450-221350	-	x	-	-	Allemeersch, 1984, 1991
Ramskapelle-Zuid (W)	raai	72940-72720	222040-222800	-	x	x	-	Allemeersch, 1984, 1991
Lis swege Ter Doest (X)	boring	68200	219680	-	x	-	-	Allemeersch, 1984, 1991
Lis swege Eendekooi (X)	boring	68050	219190	-	x	-	-	Allemeersch, 1984, 1991
Hoek (X)	boring	77500	220750	-	x	-	-	Allemeersch, 1984, 1991
Eienbroek (X)	boring	76480	221330	-	x	-	-	Allemeersch, 1984, 1991
Ten oosten van het studiegebied								
Terneuzen	profiel	(111240)	(224380)	x	x	x	x	Munaut, 1967
Braakman	profiel	(106580)	(223830)	x	-	-	x	Munaut, 1969
Ten westen van het studiegebied								
Uitkerke	boring			-	-	-	x	De Grootte & Moorkens, 1969
Uitkerke	boring	63641	221693	x	-	x	-	Allemeersch, 1984, 1991
Vlissingem	boring	60470	216780	-	-	x	x	Allemeersch, 1984, 1991
Reversijde	profiel	43748	211072	x	-	x	x	Pieters et al. 2013
Landinwaarts van het studiegebied								
Brugge IIIb	profiel	(70360)	(210120)	x	-	-	x	Vandenbergh et al. 1974
Brugge 't Zand	profiel	69690	210872	x	-	-	x	Storme & Allemeersch, 2022

Fig. 43. Overzicht van alle veenstudies in het studiegebied en een selectie van veenstudies rondom het studiegebied, met aanduiding van de uitgevoerde onderzoeken (datering, beschrijving, macrobotanische en/of palynologische analyses)

Labo-nummer	Site	Lambert coördinaten		Hoogte (m TAW)		¹⁴ C- ouderdom (BP)	Gekalibreerde ouderdom (2σ) (cal BP)	Publicatie	Gedateerd materiaal	Gedateerde niveau
		x (m)	y (m)	Basis	Top					
Binnen het studiegebied										
Lv-855	Zeebrugge ins teek dok	(69230)	(224400)	(-0,7)	(-0,7)	4680 ± 85	5892-5330	Allemeersch, 1977	Ahus wortel	basis veen
Lv-856	Zeebrugge ins teek dok	(69230)	(224400)	(-0,8)	(-0,8)	6320 ± 70	7422-7021	Allemeersch, 1977	bulk	podzol
Lv-857	Zeebrugge ins teek dok	(69230)	(224400)	(-1,0)	(-1,0)	6680 ± 75	7662-7427	Allemeersch, 1977	bulk	podzol
Ten oosten van het studiegebied										
Lv-117	Terneuzen I	(111240)	(224380)	1,48	1,58	2270 ± 100	2698-1997	Munaut, 1967	bulk?	top veen
Lv-118	Terneuzen I	(111240)	(224380)	1,00	1,07	3500 ± 110	4084-3485	Munaut, 1967	bulk?	midden veen
Lv-116	Terneuzen I	(111240)	(224380)	0,43	0,48	4280 ± 130	5290-4452	Munaut, 1967	bulk?	stijging <i>Sphagnum</i>
Lv-121	Terneuzen III	(111240)	(224380)	1,38	1,43	3260 ± 110	3823-3224	Munaut, 1967	bulk?	daling AP
Lv-122	Terneuzen III	(111240)	(224380)	1,10	1,16	3750 ± 100	4413-3850	Munaut, 1967	bulk?	einde <i>Taxus</i>
Lv-123	Terneuzen III	(111240)	(224380)	0,71	0,75	4590 ± 110	5582-4961	Munaut, 1967	bulk?	stijging <i>Sphagnum</i>
Lv-124	Terneuzen III	(111240)	(224380)	0,56	0,61	4560 ± 110	5567-4876	Munaut, 1967	bulk?	stijging <i>Pinus</i>
Lv-458	Braakman	(106580)	(223830)			2480 ± 85	2739-2356	Munaut, 1969	bulk?	basis veen
Ten westen van het studiegebied										
KW-20052	Reversijde - profiel D	43748	211072	1,06	1,06	2635 ± 35	2646-2721	Pieters et al. 2013	bulk?	top veen
KW-24488	Reversijde - profiel D	43748	211072	0,42	0,42	4035 ± 30	4609-4417	Pieters et al. 2013	bulk?	einde <i>Taxus</i>
KW-20051	Reversijde - profiel D	43748	211072	0,17	0,17	4395 ± 30	5210-4861	Pieters et al. 2013	bulk?	basis veen
UIC-6733	Reversijde - profiel C	43762	211058	0,30	0,30	4275 ± 40	4960-4655	Pieters et al. 2013	bulk?	basis veen
Lv-1389	Uitkerke	(62810)	(221080)	(-2,1)	(-2,1)	5610 ± 85	6627-6221	Allemeersch, 1984	bulk?	basis veen
Landinwaarts van het studiegebied										
Lv-571	Brugge IIIb	(70360)	(210120)			3680 ± 120	4404-3700	Vandenbergh et al. 1974	bulk?	stijging <i>Ericaceae</i>
Lv-569	Brugge IIIb	(70360)	(210120)			8020 ± 200	9424-8450	Vandenbergh et al. 1974	bulk?	stijging <i>Ahus</i>
RIC1-31705	Brugge 't Zand	69690	210872	3,39	3,43	1891 ± 25	1872-1727	Storme & Allemeersch, 2022	zaden	midden zone Z1-2
RIC1-31706	Brugge 't Zand	69690	210872	3,29	3,32	1922 ± 20	1920-1746	Storme & Allemeersch, 2022	zaden	basis zone Z19-2

Fig. 44. Locatie en resultaten van ¹⁴C-dateringen uit eerder onderzoek. Coördinaten en hoogtes die tussen haakjes vermeld worden, zijn bij benadering

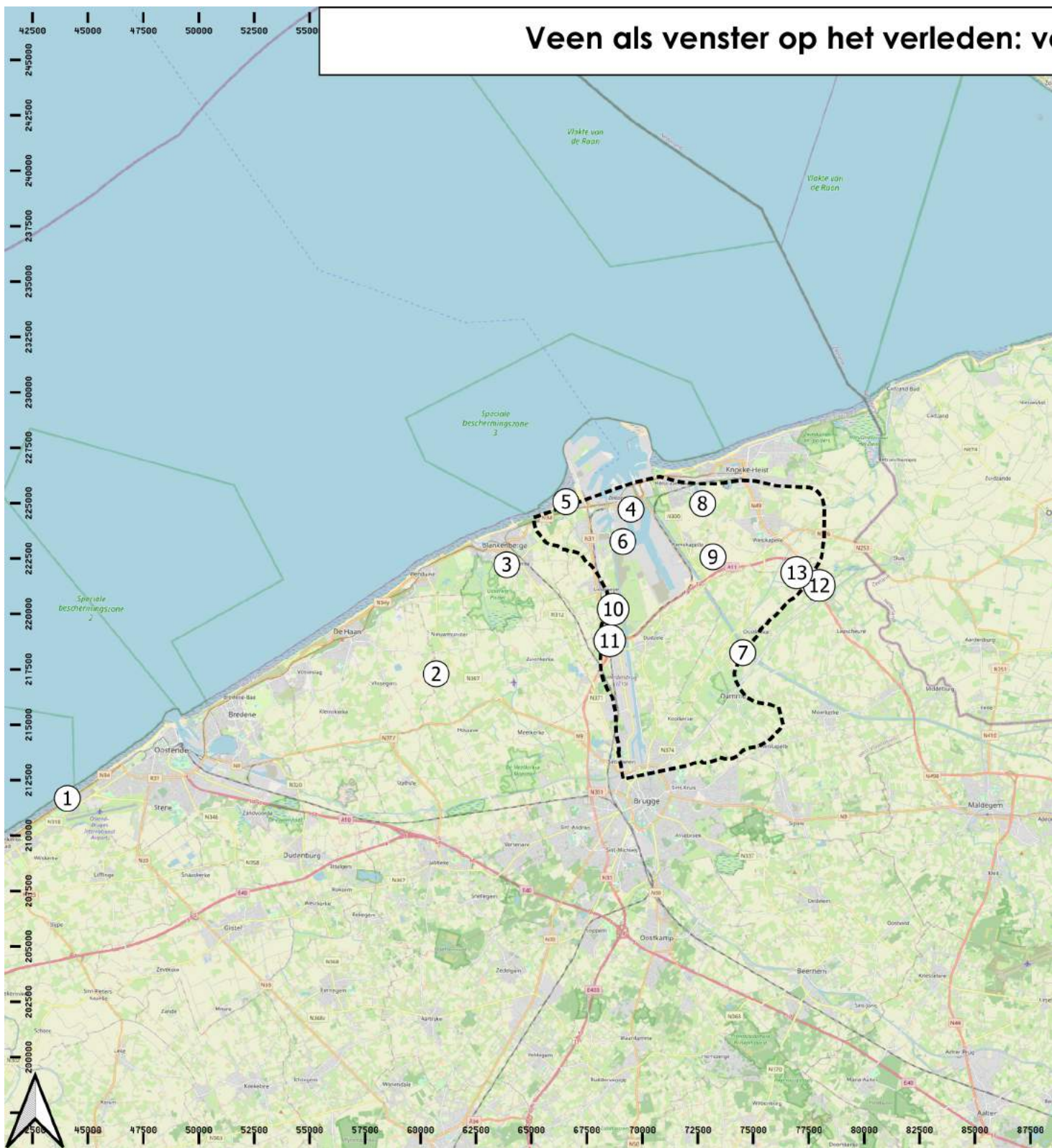
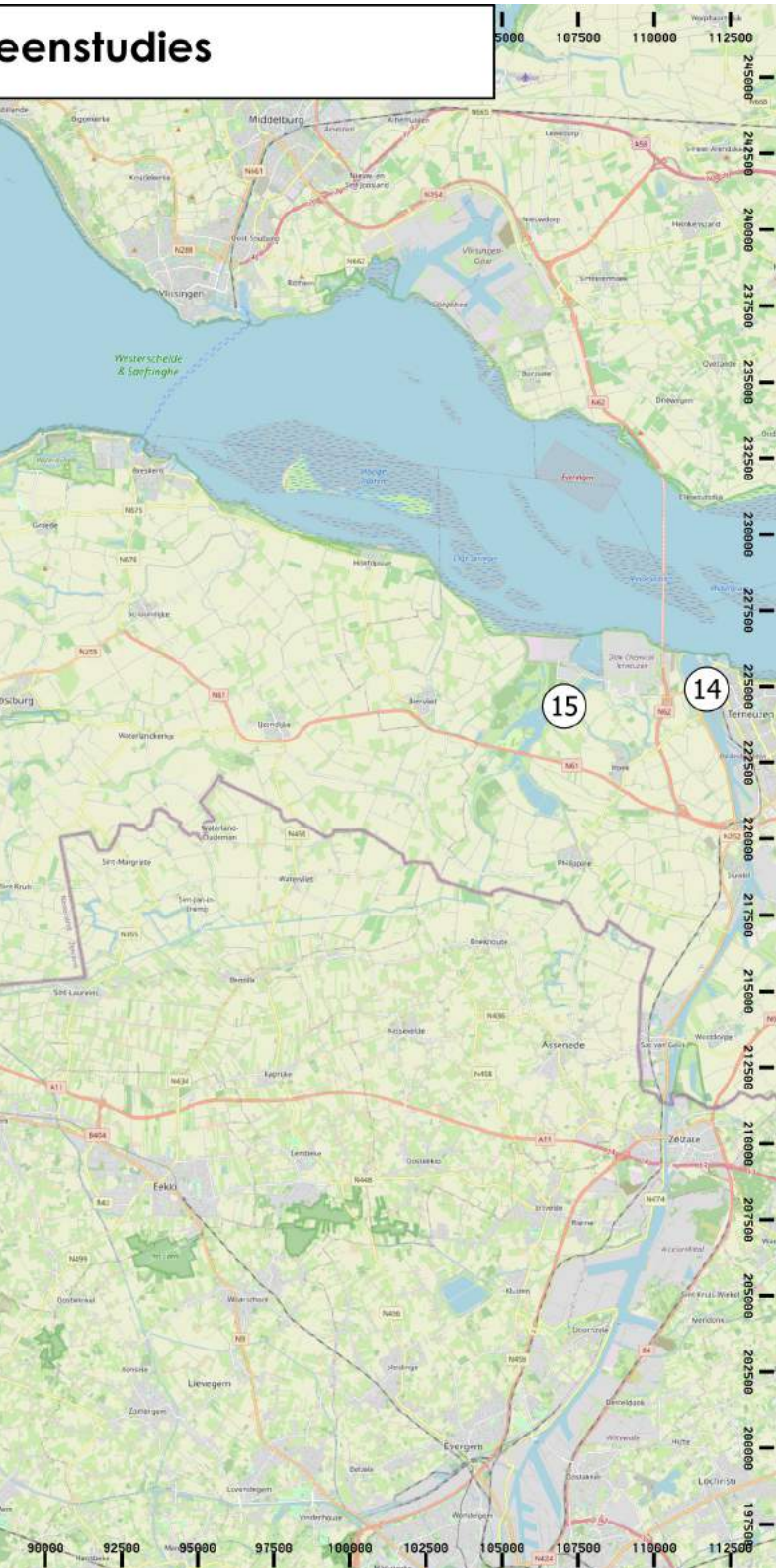


Fig. 45. Locatie van paleo-ecologisch en dateringsonderzoek op veen in en rondom het studiegebied

eenstudies



- 1: Raversijde
- 2: Vlissegem
- 3: Uitkerke
- 4: Zeebrugge insteekdok
- 5: Graaf Jansader
- 6: Zeebrugge Cokesfabriek
- 7: Aardgasleiding Dudzele-Kallo
- 8: Dudzele bruggen van Zelzate
- 9: Ramskapelle-Zuid
- 10: Lissewege Ter Doest
- 11: Lissewege Eendekooi
- 12: Hoeke
- 13: Eienbroek
- 14: Terneuzen
- 15: Braakman

 studiegebied

OpenStreetMap

2.2.2. Doctoraatsthesis van Luc Allemeersch (1984)

Het merendeel van de gegevens uit het studiegebied is afkomstig uit de veenartering van het oostelijk kustgebied die uitgevoerd werd in het kader van het doctoraatsonderzoek van Luc Allemeersch (1984). De bedoeling was op streekniveau (kustgebied tussen Oostende en Nederland) het veen te karteren, te beschrijven en hieruit een evolutie van het landschap af te leiden. De resultaten van deze geobotanische studie zijn vervolgens gepubliceerd in het Engels (Allemeersch, 1991) en samengevat in het Duits (Allemeersch, 1986). Het gebied dat in deze thesis behandeld werd, strekt zich naar het westen toe uit tot Oostende, maar in dit overzicht worden enkel de resultaten uit het westelijke deel besproken (locaties R t.e.m. X, Figuur 4).

Methode

Voorafgaand aan het veldwerk werden stroken gezocht waar lange raaien (liefst min. 1 km) konden geplaatst worden met boringen om de 100 m. Deze stroken werden gezocht op basis van de bodemkaart en beschikbare boorgegevens. De voorkeur ging naar stroken met weinig uitgeveende gronden. Gezien de vele erosiegeulen en de vele veenontginningen was het niet mogelijk binnen het studiegebied van het huidige syntheseproject boorraaien met nauwelijks onderbroken veenpakketten uit te zetten.

Tijdens het veldwerk werd het veen nauwkeurig beschreven. Voor de humificatiegraad werd de schaal van von Post gebruikt (von Post, 1924) en voor de botanische samenstelling een indeling vermeld bij Overbeck (1975). Deze indeling werd later verwerkt binnen een indeling voor heel Duitsland (Luthardt et al., 2015).

Achteraf werd in het labo een klein gedeelte onderzocht op macrobotanische samenstelling. Tevens werd de humificatiegraad kwantitatief bepaald en, indien voldoende materiaal, het organisch gehalte. Voor de humificatiegraad werd een colorimetrische methode gebruikt (Aaby and Tauber, 1975): hoe lichter de kleur, hoe lager het getal (0 – 100) en hoe geringer de humificatie. De onderzochte stalen hebben in de gutsboor een lengte van 10 cm en een volume van 40 cm³.

Resultaten boorbeschrijvingen en macrorestenanalyses

De boorbeschrijvingen van de vier raaien (R, S, V en W) en enkele losse boringen (X) binnen het studiegebied (Figuur 4, Tabel 1) werden door Allemeersch (1991) visueel weergegeven door middel van symbolen (voorbeeld in Figuur 5). Een selectie van boringen, namelijk deze waarin

veen werd aangetroffen, werd in het kader van deze inventarisatie gedigitaliseerd (Figuur 6).

Daarnaast werden binnen het studiegebied vijf veensequenties macrobotanisch geanalyseerd (locaties T en U, Figuur 4, Tabel 1). De sequenties met een veenlaag van meer dan 50 cm dikte worden hier kort besproken (Damme II en Zeebrugge-cokesfabriek).

Damme II is afkomstig uit een tijdelijke ontsluiting bij de aanleg van de aardgasleiding Dudzele-Kallo in 1980 (profiel U in Figuur 4). Een selectie van de resultaten is weergegeven in Tabel 4. De basis van het veen ligt er op +0,50 m TAW en de veenlaag is 90 cm dik. Het is een mooi voorbeeld van een vervening in een voedselarm milieu. Het onderste is nog eerder een amorf veen met nauwelijks hekenbare resten. Daarna volgt eerder een houtveen met vruchten van *Alnus glutinosa* (zwarte els) en *Betula alba s.l.* (ruwe/zachte berk), met erbij *Sphagnum palustre* (gewoon veenmos). Rond het niveau +0,95 m TAW wijzen de waterplanten *Nymphaea alba* (witte waterlelie) en *Sparganium cf. emersum* (cf. kleine egelskop) op minstens tijdelijk open water. Op het niveau +1,05 m TAW domineert *Sphagnum sect. Acutifolia*. Hogerop vinden we haast uitsluitend soorten van het hoogveen. Naast *Polytrichum strictum* (veenhaarmos) zijn er resten *Eriophorum vaginatum* (eenarig wollegras) en heideplanten.

Zeebrugge-cokesfabriek ligt in het huidige havengebied (profiel T in Figuur 49). Een selectie van de resultaten is weergegeven in Tabel 5. De basis van het veen ligt op -0,80 m TAW en de veenlaag is 220 cm dik. Daarmee is het één van de dikkere veenpakketten die onderzocht werden binnen het oostelijk kustgebied (Allemeersch, 1986). Het is opvallend dat resten van bomen hier zo goed als volledig ontbreken. Vanaf het niveau -0,65 m TAW hebben we te maken met een oligotroof veen met nogal wat soorten van natte, zeer voedselarme delen zoals *Carex limosa* (slijkzegge) en enkele schaars aanwezige mossen. De soorten van het hoogveen zijn hier echter ook al aanwezig. Vanaf het niveau +0,45 m TAW zijn er alleen nog soorten van het hoogveen en bevinden we ons boven de *Mineralbodenwasserzeigergrenze*: de grens of (hoogte-)lijn tot waar planten voorkomen die aan grondwater gebonden zijn. Dit veenprofiel zonder hout en met een zeer dik oligotroof veen (zowel overgangsveen als hoogveen) kan ontstaan bij een aanvoer van ondiep grondwater of zelfs oppervlakkig afstromend water.



Fig. 46. Veenmos (ecopedia.be)



Fig. 47. De kegel van *Pinus Sylvestris* of grove den (ecopedia.be)

Hoogte (m TAW)	<i>Cenococcum</i>	<i>Nymphaea alba</i>	<i>Spartanium cf. emersum</i>	<i>Carex paniceolata</i>	<i>Carex pseudocyperus</i>	<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Betula alba s.l.</i>	<i>Sphagnum palustre</i>	<i>Lychnis flos-cuculi</i>	<i>Sphagnum sect. Acutifolia</i>	<i>Polypodium siccum</i>	<i>Eriophorum vaginatum</i>	<i>Calluna vulgaris (spindelst.)</i>	<i>Calluna vulgaris (vezele)</i>	<i>Oxycoccus palustris</i>	<i>Erica tetralix</i>	<i>Andromeda polifolia</i>	% organisch materiaal	Humificatiegraad
1,35	oc						1				fr	1	3	2	1		92	10	
1,25									ab	dom								95	15
1,15	oc								oc	ab								93	12
1,05	fr				1	oc		dom	fr				1	3				93	10
0,95		7	6			14	oc	1	oc									93	12
0,85				1	1	5	25	dom										96	12
0,75	oc				1	15												93	11
0,65	fr				1	11	oc											93	11
0,55	fr						oc											90	13

Fig. 50. Resultaten van de macrobotanische analyse van veenprofiel Damme II, bemonsterd tijdens de aanleg van de aardgasleiding Dudzele-Kallo

Hoogte (m TAW)	<i>Cenococcum</i>	<i>Typha sp.</i>	<i>Solanum dulcamara</i>	<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	<i>Carex limosa</i>	<i>Taraxacum officinale</i>	<i>Calligonum nitens</i>	<i>Sphagnum palustre</i>	<i>Betula alba s.l.</i>	<i>Aulacomnium palustre</i>	<i>Calluna vulgaris</i>	<i>Calluna vulgaris</i>	<i>Eriophorum vaginatum (spindelst.)</i>	<i>Eriophorum vaginatum (vezele)</i>	<i>Sphagnum sect. Acutifolia</i>	<i>Sphagnum imbricatum</i>	<i>Sphagnum imbricatum</i>	<i>Rhynchospora alba fuzsa (veg.)</i>	<i>Rhynchospora alba fuzsa</i>	<i>Erica tetralix</i>	<i>Erica tetralix (veg.)</i>	<i>Andromeda polifolia</i>	Humificatiegraad
1,35	oc												fr	Dom	oc	1							12
1,25	oc												oc	Dom	oc	4	12			1			9
1,15													oc	Dom	Ab	9	6						11
1,05													fr	Dom	Ab	4	5						8
0,95	oc												Dom	Ab	oc		5						9
0,85													Ab	Ab	fr	2		oc					10
0,75	oc								oc				fr	Ab	Ab	7	1	oc	1				8
0,65	fr												oc	Ab	Ab	3							8
0,55	oc									oc		oc	Dom	Ab	fr	2							9
0,45	oc										oc	Dom	Ab	oc									8
0,35						2				fr	Ab	Ab	Ab	fr		5	1						8
0,25	oc					oc			oc	oc		fr	Ab	fr		1			2				8
0,15	fr					oc	oc		oc	fr	fr	oc	Ab	fr		4			4				7
0,05	fr					oc			oc	fr	Dom	oc	oc	oc		3							6
-0,05	fr				oc			3	oc	oc	fr	fr	fr										17
-0,15	fr							7	oc			oc	oc						oc				22
-0,25	oc							3	fr	fr	Ab	fr	oc		oc		2						14
-0,35	oc		1	2				1	oc	oc	fr	Ab	oc	oc						1			11
-0,45	fr						oc		oc	oc	oc	oc	oc			4							11
-0,55	fr							1	oc	fr	fr	oc				1							10
-0,65	oc							1		fr	Ab												10
-0,75		2	1																				14

Fig. 51. Resultaten van de macrobotanische analyse van boring Zeebrugge-cokesfabriek

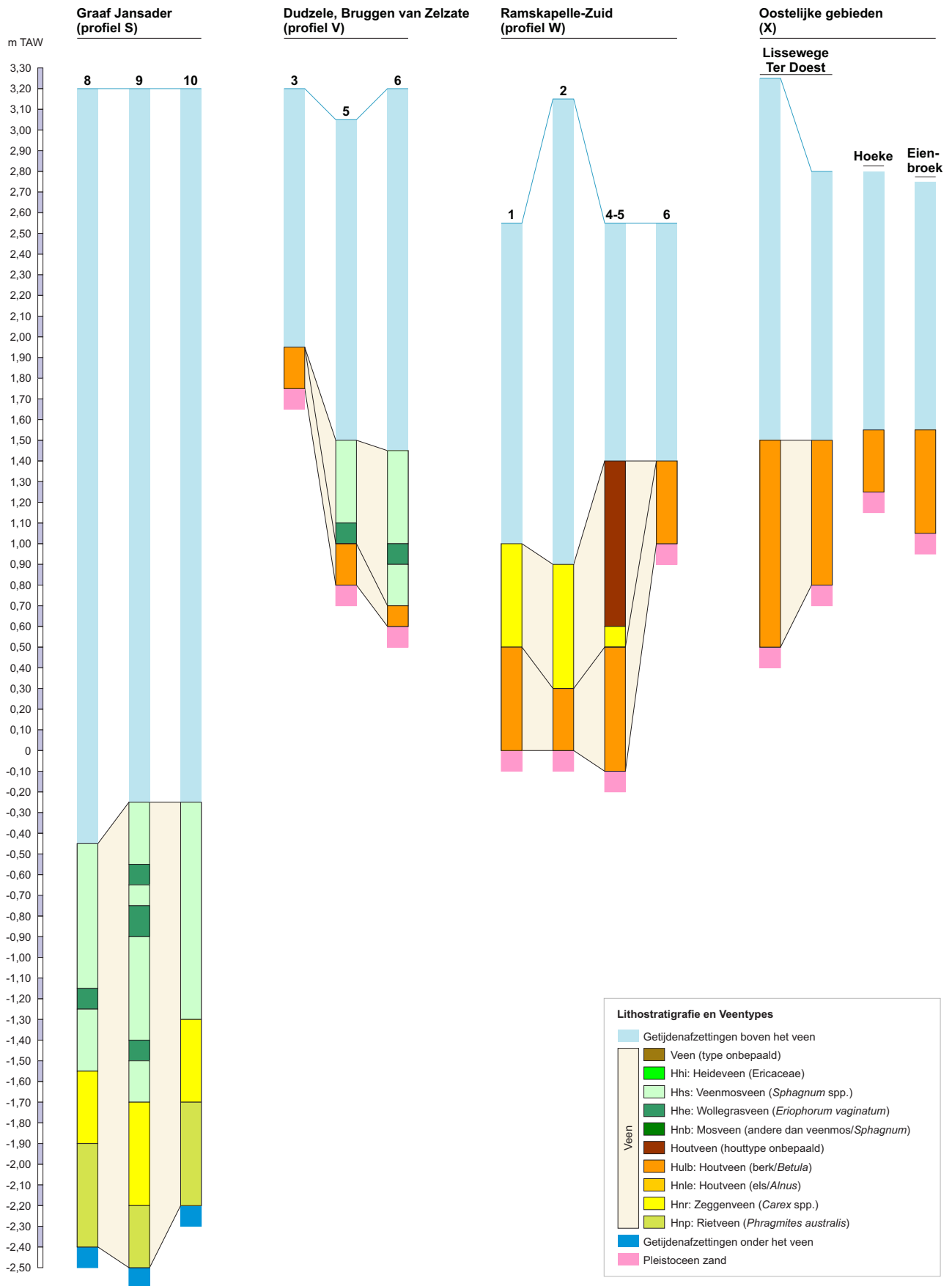


Fig. 52. Veentypes op basis van beschrijvingen uit het doctoraat van Luc Allemeersch.

Enkele voorlopige algemene besluiten voor het studiegebied

Over bijna het hele gebied is het veen een verveningsveen dat ontstond door een stijging van de grondwatertafel. Alleen in het uiterste noordwesten van het studiegebied – tussen Zeebrugge-strand en Blankenberge – is er een verlandingsveen aanwezig.

Het pleistoceen oppervlak helt slechts zeer lichtjes zeewaarts. Op enkele km van de huidige kustlijn in Zeebrugge en vlakbij de huidige kustlijn in Heist ligt dit pleistoceen oppervlak iets hoger dan -1 m TAW. Binnen dit pleistoceen oppervlak kunnen wel hoogteverschillen optreden. Kleine hoogteverschillen – 1 à 2 m – kunnen in dit vlak gebied grote gevolgen hebben voor de ontwikkeling van bodem, vegetatie en mogelijkheden voor menselijk gebruik. Bij een voldoende dikte van het veen (ongeveer 1 m) ontwikkelt er zich een ombrotroof veen, zowel bij een verveningsveen als bij een verlandingsveen.

2.2.3. Veenstudies ten oosten van het studiegebied

Op ca. 30 km ten oosten van het studiegebied, op de huidige linkeroever van de Westerschelde in Zeeuws Vlaanderen, werden in de jaren '60 van de vorige eeuw twee palynologische studies uitgevoerd door Munaut, namelijk in Terneuzen (Munaut, 1967) en ter hoogte van de Braakman (Munaut, 1969). De fysische omstandigheden zijn er sterk vergelijkbaar met deze in het studiegebied: (1) er is geen of nauwelijks rivierinvloed; (2) het dekzandlandschap vertoont er een zeker microreliëf en (3) het dekzand ligt er – ondanks een grote afstand tot de polderrand – hoog, zodat het veen er zich alleen op het dekzand ontwikkelde.

In Terneuzen (Munaut, 1967) bevindt de top van het dekzand zich op een hoogte die varieert tussen -1,8 m NAP ($\approx +0,5$ m TAW) en -3,0 m NAP ($\approx -0,7$ m TAW). In het substraat is een podzol ontwikkeld. In het veen werden 100-en stronken van *Pinus* (den) en tientallen stronken van *Quercus* (eik) en *Betula* (berk) aangetroffen. Daarnaast ook nog 138 liggende stammen van *Pinus*, 15 van *Quercus* en 2 van *Betula*. Deze studie is sterk dendrochronologisch gericht zodat de veenbeschrijving eerder beperkt is tot waarnemingen op terrein.

Afhankelijk van de ligging binnen het licht golvend terrein, varieert de dikte van het veen tussen 100 en 150 cm. Hierin werden vijf lagen onderscheiden:

- 1) Een onderste zwart, sterk verweerd en amorf veen. De dikte varieert van 0 (op de toppen) tot 50 cm (in de laagtes).
- 2) Een houtveen met de hogervermelde stronken en stammen. De dikte varieert van 10 tot 40 cm.

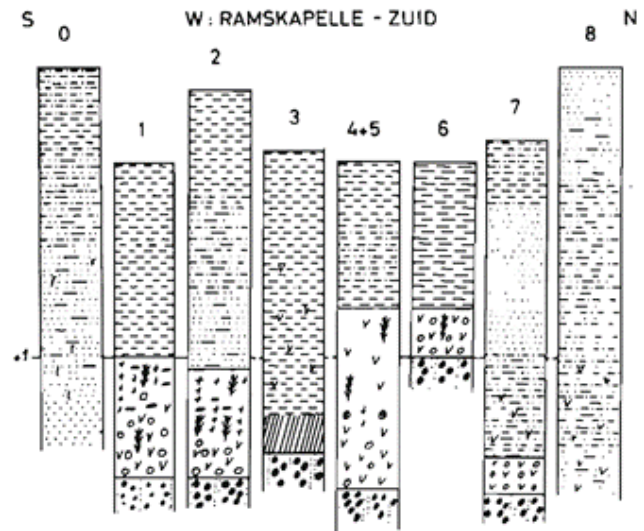


Fig. 53. Voorbeeld van de manier waarop de boorbeschrijvingen visueel werden weergegeven door Allemeersch (1991).

Vermeldenswaard is verder dat het bos met *Pinus sylvestris* (grove den) maar één generatie omvatte en net geen 250 jaar duurde. Terwijl op de lagere plaatsen er houtveen met *Pinus* aanwezig was, groeide er nog *Quercus* op de hogere delen. Na de boomfase zorgde een verdere vernatting voor een zuur veentype (laag 3), dat geleidelijk overging in een zeer oligotroof veen (laag 4), vermoedelijk een ombrotroof veen of hoogveen. Wanneer dit veentype niet meer levend is, zal het sterk verweren (laag 5).

Twee veenprofielen werden bovendien palynologisch onderzocht en gedateerd met in totaal 14C-dateringen (Munaut, 1967):

- Terneuzen I bevindt zich waar het dekzand het laagst gelegen is. Hier heeft zich een veenlaag van 165 cm ontwikkeld. De laag waarin boomstronken gevonden werden, correleert met het Atlanticum en vertoont spectra rijk aan boompollen. Erboven komen elementen voor die wijzen op mesotroof tot voedselarm veen (vb. heide, veenmos, taxus, gagele). De grens tussen beide is gedateerd op 5290-4452 cal BP. De top van het veen werd hier gedateerd op 2698-1997 cal BP (Lv-117) (Tabel 2).
- Terneuzen III bevat een veenlaag van 112 cm in een iets lager gelegen gedeelte en vertoont dezelfde opeenvolging van boomrijke spectra naar spectra die wijzen op voedselarm veen. Hier is de grens gedateerd op 5582-4961 cal BP (Lv-123).

De dateringen van de top van het veen moeten we met de nodige omzichtigheid behandelen. Dit betekent geenszins dat het veen kort erna overdekt werd met mariene sedimenten. De veengroei kan tot stilstand gekomen zijn, het veen kan gedeeltelijk verteerd zijn en het kan gedeeltelijk weggespoeld zijn of vermengd met de (peri-) mariene sedimenten.

Enkele jaren later werd in de Braakman, enkele kilometers ten westen van Terneuzen een zeer gelijkend veenprofiel aangetroffen, inclusief *in situ* bewaarde boomstronken. Het bovenste deel van het veenpakket werd er palynologisch geanalyseerd en gedateerd op 2739-2356 cal BP (Munaut, 1969). De hoge waarden voor pollen van Ericaceae en sporen van Sphagnum wijzen ook hier op de ontwikkeling van oligotroof veen.

2.2.4. Veenstudies ten westen van het studiegebied

In Uitkerke, op 1,5 km ten westen van het studiegebied (Figuur 1), onderzochten De Grootte and Moorkens (1969) onder andere een veenstaal (ca. 0 m TAW). Palynologische analyse (Tabel 2) levert een bomenrijk spectrum op, waarin ook veel *Sphagnum*, *Ericaceae* en *Cyperaceae* voorkomen. Resten van *Arcella* en *Archerella* (protisten) wijzen op zoetwatermilieu. Daarnaast werden veel volledige blaadjes van *Sphagnum palustre* en *S. imbricatum* herkend en epidermisweefsel van *Eriophorum*. Het geheel wijst op een hoogveen met veenmos, heide en wollegras. Het boompollen moet vanop grotere afstand aangevoerd zijn.

Het doctoraatsonderzoek van Allemeersch (1984) omvat ook het gebied ten westen van ons studiegebied, tot aan Oostende. De resultaten van boorbeschrijvingen en macrobotanische analyses uit het westelijke deel van deze studie worden hier niet allemaal besproken. Wel vermelden we de enige datering uit dit onderzoek (Uitkerke) en een palynologisch onderzocht profiel (Vlissegem).

- De 14C-datering (Lv-1369) geeft een ouderdom van 6627-6221 cal BP voor de basis van het oppervlakteveen (= verlandingsveen). Het betrof een staal genomen op ca. -2,1 m TAW uit een kortstondige ontsluiting ten westen van Uitkerke (Tabel 2, Figuur 1). Dit resultaat is representatief voor het gebied omdat de basis van het oppervlakteveen zich meestal rond het niveau van -2 m TAW bevindt.

- In Vlissegem (Figuur 1), ca. 10 km ten westen van het studiegebied van het huidige syntheseproject, werd het hogere gedeelte van de veenlaag (-0,70 tot +0,50 m TAW) palynologisch onderzocht door Mady Desair-Coremans (Allemeersch, 1991, 1984). De telresultaten werden geplot in diagramvorm volgens dezelfde layout als de resultaten van het huidige syntheseonderzoek (Figuur 7). De pollenanalyses omvatten in de basis één spectrum dat wijst op berkenbroekbos (zone VLIS-1 in Figuur 7). De rest van het diagram bevat spectra afkomstig uit ombroetvee (zone VLIS-2). Door het boomloze karakter van dit veentype hebben we er voor de bomen alleen de regionale vegetatie. Zo is *Corylus* (hazelaar) in het volledige profiel belangrijker dan *Alnus* (els). De macrorestenanalyses op dezelfde sequentie, geplot in Figuur 8, vertonen eenzelfde patroon, met name overgang van berkenbroekbos naar hoogveen.

Nog verder westwaarts vinden we op 24 km ten westen van het studiegebied de archeologische opgravingen in Raversijde (Pieters et al., 2013) (Figuur 1), waarbij profielen met veenlaag in detail werden beschreven en multidisciplinair werden onderzocht. Paleobotanisch onderzoek in profiel D toont aan dat zoutminnende vegetatie uit een getijdenmilieu rond 5210-4655 cal BP door verzoeting en verlanding vervangen werd door rietvegetatie in een brakwater- en later zoetwatermoeras. Naar boven toe evolueerde het veen uiteindelijk naar een oligotroof veen met heide, gael en veenmos.

	Aantal	%
AP	150	68,8%
<i>Pinus</i>	1	0,5%
<i>Betula</i>	7	3,2%
<i>Alnus</i>	46	21,1%
<i>Corylus</i>	69	31,7%
<i>Quercus</i>	22	10,1%
<i>Tilia</i>	2	0,9%
<i>Ulmus</i>	3	1,4%
NAP	68	31,2%
Poaceae	6	2,8%
Cyperaceae	16	7,3%
Chenopodiaceae	5	2,3%
Ericaceae	40	18,3%
Asteraceae tubuliflorae	1	0,5%
Pollensom	218	100%
Indeterminata	9	4,1%
Plantensporen		
Filicales	21	9,6%
<i>Sphagnum</i>	59	27,1%
Andere plantensporen	42	19,3%
NPP's		
Schimmelresten	xx	
Protista (<i>Arcella/Archerella</i>)	11	5,0%

Tabel 54. : Pollentelling van een veenmonster uit Uitkerke (De Grootte and Moorkens, 1969)

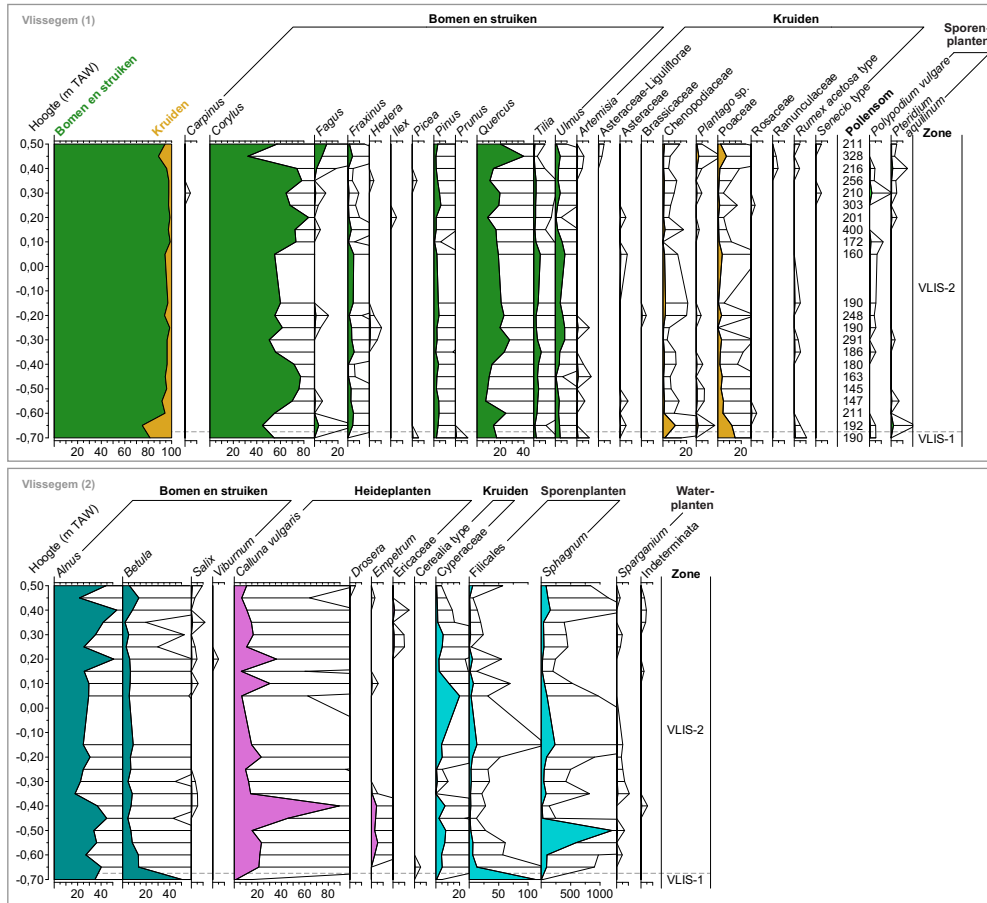


Fig. 55. Procentueel pollendiagram van Vlissegem op basis van tellingen door Mady Desair-Coremans (Allemeersch, 1991, 1984)

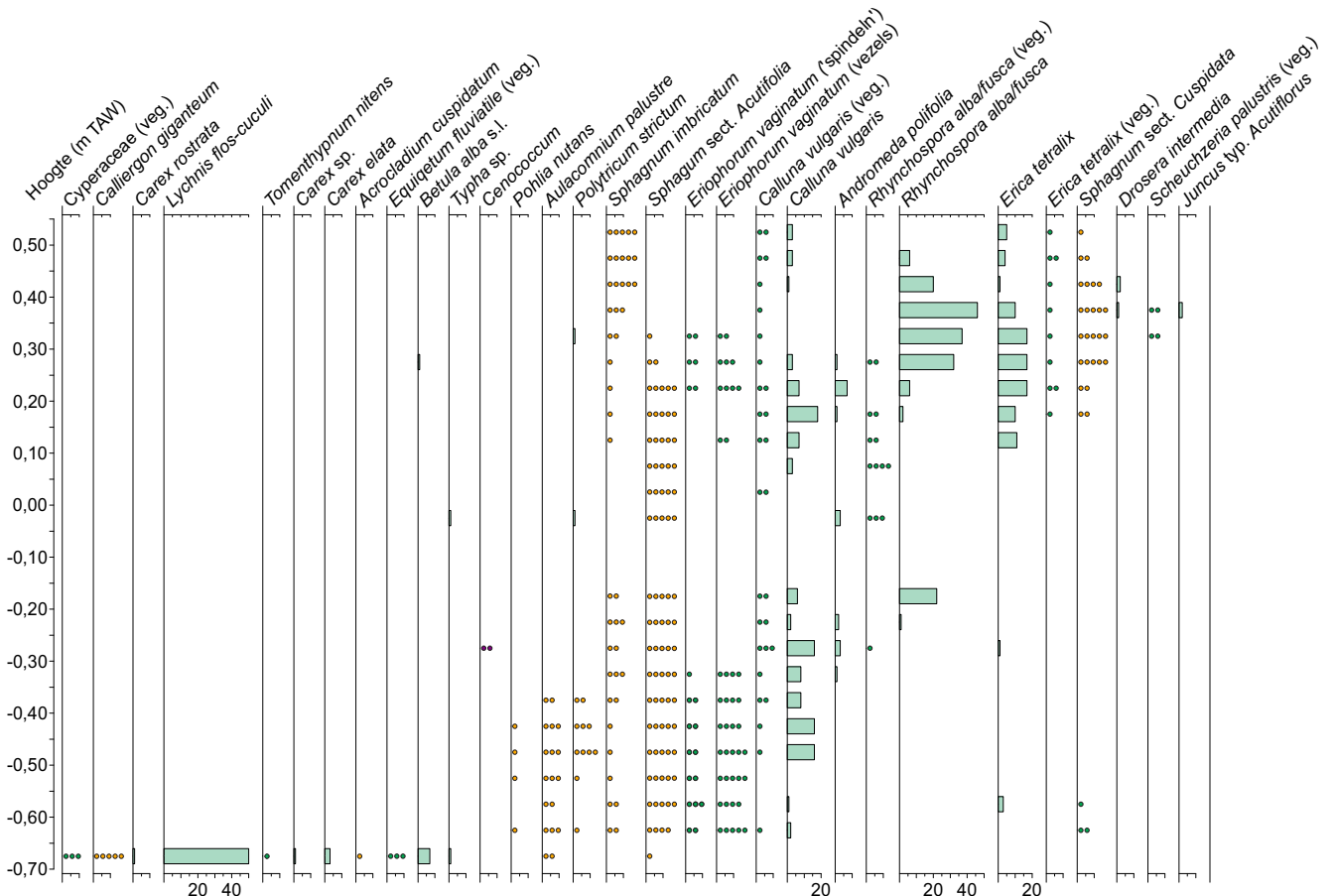


Fig. 56. Diagram met macroresten uit Vlissegem, gebaseerd op tellingen door Allemeersch (1984). Balkjes stellen absolute aantallen voor; stippen staan voor 'dominant' (5); 'abundant' (4); 'frequent' (3); 'occasioneel' (2) en 'sporadisch' (1)

2.2.5. Veenstudies landinwaarts van het studiegebied

Brugge ligt net buiten het studiegebied, landinwaarts van de polders, op een zandrug. Toch is ook daar veen aanwezig in de ondergrond. Dit werd bij twee gelegenheden beschreven, gedateerd en palynologisch onderzocht.

Bij de verbreding van het kanaal Gent-Oostende waren er net buiten de Brugse stadswallen (nabij de Katelijnepoort) tijdelijk diepe ontsluitingen aanwezig. Daar werd onder andere een ca. 130 cm dikke veenopvulling in een Holocene depressie onderzocht (put IIIb, Vandenberghe et al., 1974). Absolute hoogtes zijn niet voorhanden. De palynologische gegevens wijzen op veengroei vanaf het einde van het Vroeg-Holoceen (cf. Boreale pollenspectra) tot in het Laat-Holoceen. Het niveau rond 50 cm diepte is gedateerd op 4404-3700 cal BP (Lv-571, Tabel 2). Vlak daarboven zijn opvallende veranderingen te zien in de pollenspectra, met indicatoren voor menselijke impact en voor oligotrofe omstandigheden.

Bij de recente uitbreiding van parking 't Zand in Brugge werd een veenlaag van ca. 80 cm dik blootgelegd. De onderste 25 cm tonen een zeer sterk bebost landschap, met lokaal elzenbroek, dat op basis van polleninhoud vermoedelijk in het Midden-Holoceen gedateerd moet worden. Hier werd bij gebrek aan dateerbare macroresten geen 14C-datering uitgevoerd. Na een vermoedelijk hiaat vernat de zone weer, waardoor de veengroei vanaf de Romeinse tijd (1e/2e eeuw na Christus) herneemt in een voedselarm broekbos binnen een sterk antropogeen landschap.



Fig. 57. Registratie en staalname van een veenprofiel op de opgraving voorafgaand aan de uitbreiding van parking 't Zand in Brugge

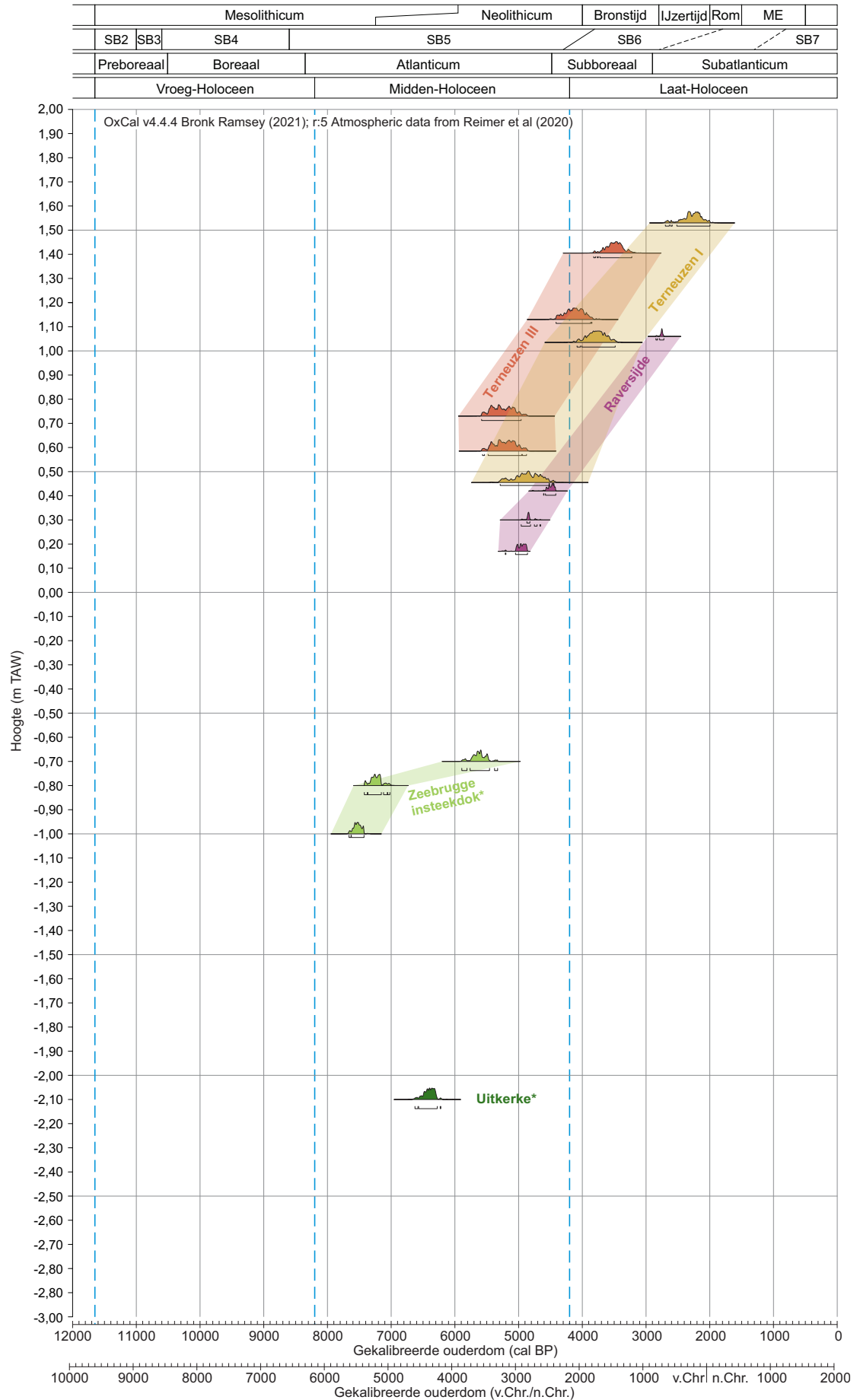


Fig. 58. Tijd-dieptediagram met de dateringen uit het overzicht van veenstudies in en nabij het onderzoeksgebied (Tabel 1), waarvoor hoogtegegevens beschikbaar zijn



Fig. 59. Bieke Hillewaert kleurt het archeologisch grondplan in

2.3. Inventaris van de archeologische waarnemingen

2.3.1. Inleiding

Tijdens deze fase van dit onderzoeksproject is een inventaris gemaakt van het tot nu toe uitgevoerd archeologisch onderzoek in het studiegebied. Als basis wordt de Centrale Archeologische Inventaris (CAI) gebruikt. Dit is een databank van 'waarnemingen' met een archeologische relevantie. Waarnemingen zijn het resultaat van onderzoek, maar kunnen ook andere observaties zijn, die een relevantie hebben voor archeologisch onderzoek. Dit kan dus gaan van opgravingen en proefonderzoeken, tot vondsten verzameld tijdens prospectie of met de metaaldetector, maar ook sporen herkend op luchtfoto's of historische kaarten. Archeologienota's en rapporten opgesteld volgens de Code Goede Praktijk zijn wegens tijdsgebrek niet in de geodatabase opgenomen en niet verwerkt in dit onderzoek. De waarnemingen op de Centrale Archeologische Inventaris worden aangevuld met gegevens uit het archief van Raakvlak. Raakvlak, de Intergemeentelijke Onroerendergoeddienst Brugge en Ommeland, is ontstaan uit de archeologische dienst Brugge. De Stedelijke Archeologische Dienst Brugge werd opgericht in 1977 en bleef actief tot 2004, wanneer, door toevoeging van buurgemeenten en -steden aan het werkingsgebied, Raakvlak opgericht werd. Onder impuls van Bieke Hillewaert en Yann Hollevoet werd voor het eerst systematisch archeologisch noodonderzoek in de kuststreek uitgevoerd. Dit archief, bewaard bij Raakvlak, is een grote bron van informatie. In 2016 is het depot van Raakvlak door de Vlaamse overheid erkend als Onroerendergoeddepot De Pakhuizen. Het depot verzamelt 'oude archeologische ensembles' afkomstig van oude collecties van vóór de oprichting van de Stedelijke Archeologische Dienst Brugge in 1977, de archeologische ensembles van het grondgebied Brugge sinds de oprichting van de Stedelijke Archeologische Dienst Brugge in 1977 en de archeologische ensembles uit het Brugs Ommeland, afkomstig van onderzoek van Raakvlak of derden.

Het doel van deze inventaris is driedelig. Eerst en vooral wil het onderzoek alle aardkundige informatie verzamelen die aangelegd is tijdens archeologisch onderzoek in het studiegebied. Dit gaat om intensief landschappelijk onderzoek, zoals booronderzoeken, maar kan ook gaan om een eenvoudige vermelding van de aan- of afwezigheid van veen. Deze informatie draagt bij tot de creatie van de kaarten en transecten. Een tweede doel is een chronologie opstellen van alle waarnemingen (indien mogelijk). Deze chronologie wordt toegevoegd aan de geproduceerde kaarten. Op die manier kan de link tussen veen en de mens in het verleden onderzocht worden. Het derde en laatste deel van de inventaris van het archeologisch onderzoek is in kaart brengen hoeveel veenstalen beschikbaar zijn en waar deze bewaard worden. Op basis van de hoogte en locatie

van de stalen kunnen deze stalen bijdragen tot een verfijnde chronologie van het veen in het studiegebied.

2.3.2. Aardkundige gegevens

De Centrale Archeologische Inventaris (CAI) vormt het startpunt voor een inventaris van het uitgevoerd archeologisch onderzoek in het studiegebied. In totaal vermeldt de CAI in november 2020 901 individuele waarnemingen (1,9 % van het totaal aantal waarnemingen in Vlaanderen). Deze waarnemingen zijn niet uniform verspreid over het projectgebied. Er zijn grote clusters zichtbaar net ten noorden van Brugge en in Koolkerke (voornamelijk op basis van sporen op historische kaarten en luchtfoto's), rond Damme en Oostkerke (voornamelijk op basis van prospecties) en in de achterhaven van Zeebrugge (op basis van archeologisch onderzoek). Doordat een groot aandeel van deze waarnemingen zijn gebaseerd op sporen op luchtfoto's en historische kaarten, bevat slechts een klein aantal waarnemingen aardkundige informatie. Op een totaal van 901 waarnemingen bevatten 81 locaties of 8,9 % ook aardkundige informatie. Bij 820 (91,1) locaties hoort geen enkele aanwijzing over de aardkundige situatie. De locaties met aardkundige informatie liggen eerder verspreid over het studiegebied, met een concentratie in de achterhaven van Zeebrugge. Van de 81 locaties die informatie bieden, is in 17 gevallen sprake van 'in situ veen' (een goed bewaarde veensequentie), in 31 gevallen van 'veenontginning' en in 33 gevallen 'geen in situ veen' (door natuurlijke processen, geulen, is de eventueel aanwezige veensequentie verdwenen).

Deze informatie is zeer sterk verspreid, maar maakt enkele zeer algemene tendensen duidelijk. In het noordoosten van het projectgebied, op het grondgebied van Knokke-Heist, is tijdens archeologisch onderzoek geen enkele keer veen (of geëxploiteerd veen) waargenomen. De omvang van de grote inbraakgeulen (de Sincfal en later het Zwin) lijkt op basis van deze informatie groter dan het studiegebied aangeeft. In de zone rond de achterhaven van Zeebrugge is op verschillende plaatsen *in situ* veen aangetroffen. In dit gebied zijn dan ook veel aanwijzingen voor veenontginning. Rond Oostkerke ligt eveneens een zone met goed gedocumenteerde veenontginning. In de kustpolders ten noorden van Brugge, in Dudzele, Koolkerke en Damme, is een gemengd beeld zichtbaar. De invloed van de zee, getijdengeulen die het oorspronkelijk aanwezige veen eroderen, is ook zover zuidwaarts zichtbaar. Daarnaast zijn hier ook verschillende locaties met *in situ* bewaard veen. Zeer opvallend is dat hier geen locaties zijn waargenomen met sporen van veenontginning. Het onderscheid tussen beide zones met *in situ* bewaard veen, verdient bijkomend onderzoek. Weerspiegelt de aan- of afwezigheid van veenontginning een historische realiteit of de stand van het onderzoek? Het noordwesten van het projectgebied (langs de huidige

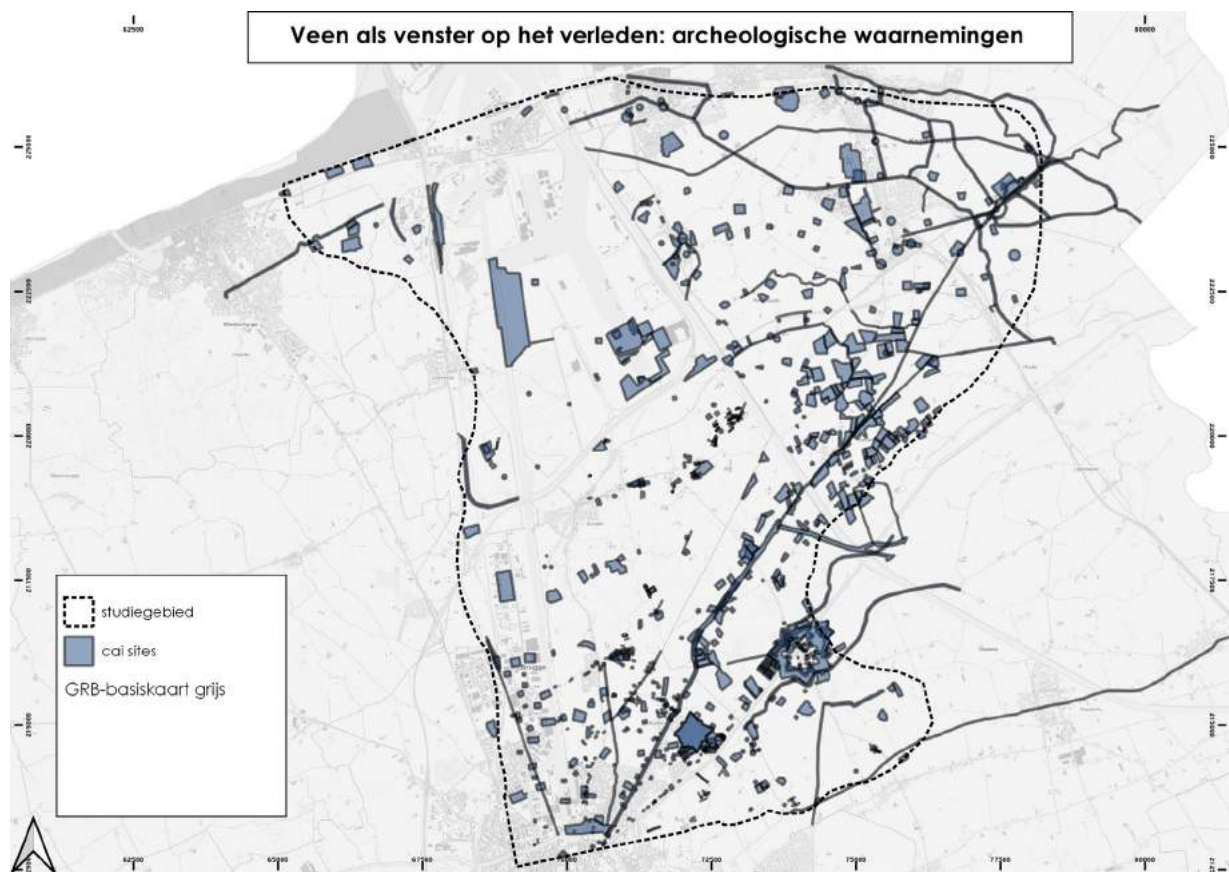


Fig. 60. De archeologische waarnemingen op de CAI in het studiegebied (AOE en Agiv)

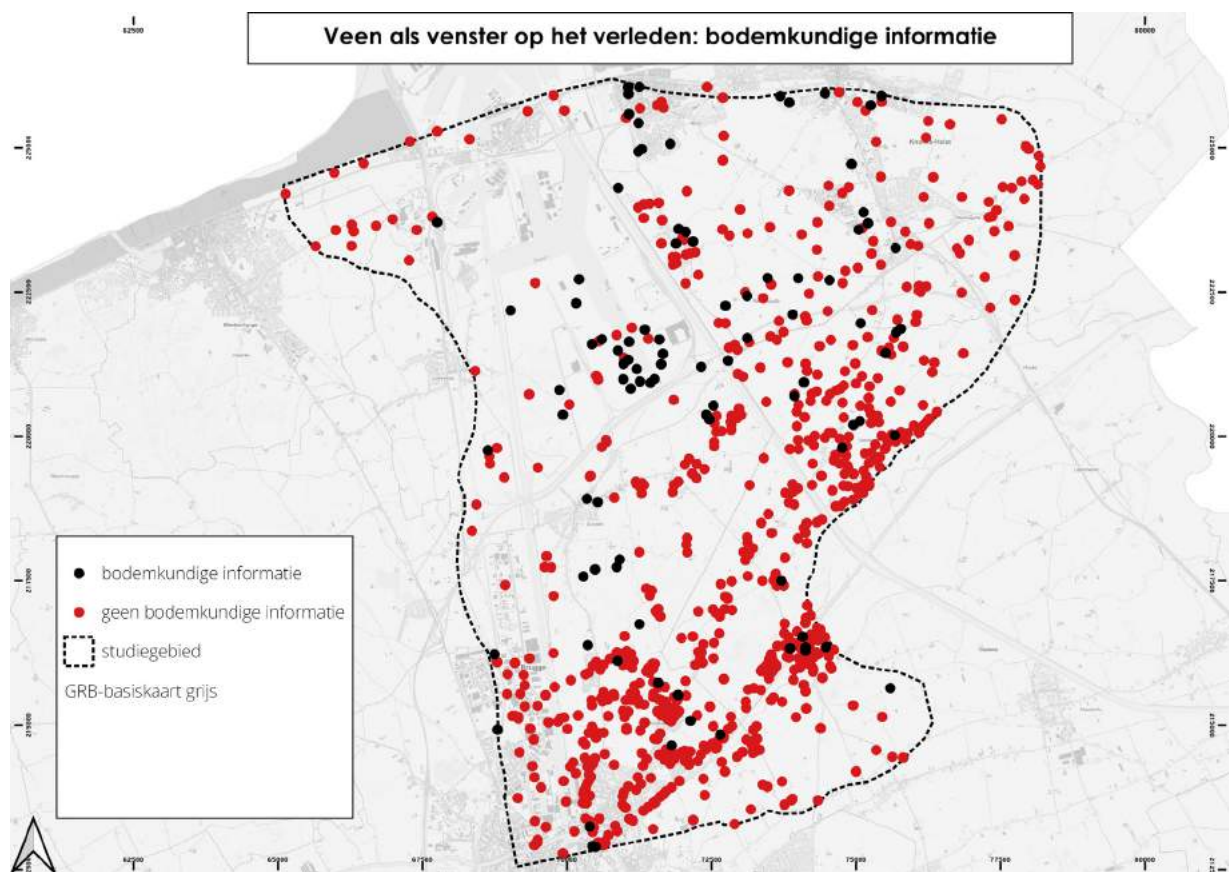


Fig. 61. Overzicht van de waarnemingen die wel of geen aardkundige informatie bieden (AOE en Agiv)

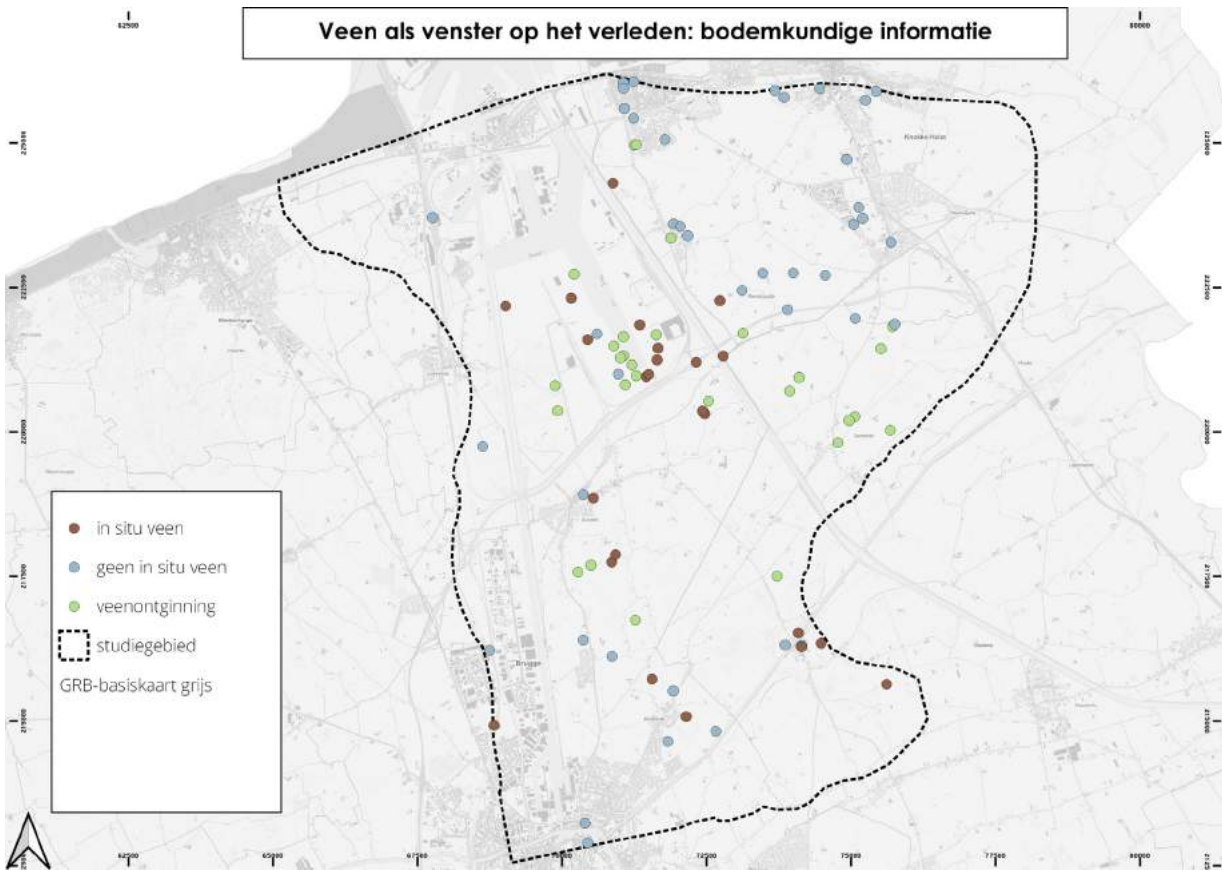


Fig. 62. Overzicht van de waarnemingen die aardkundige informatie bieden (AOE en Agiv)

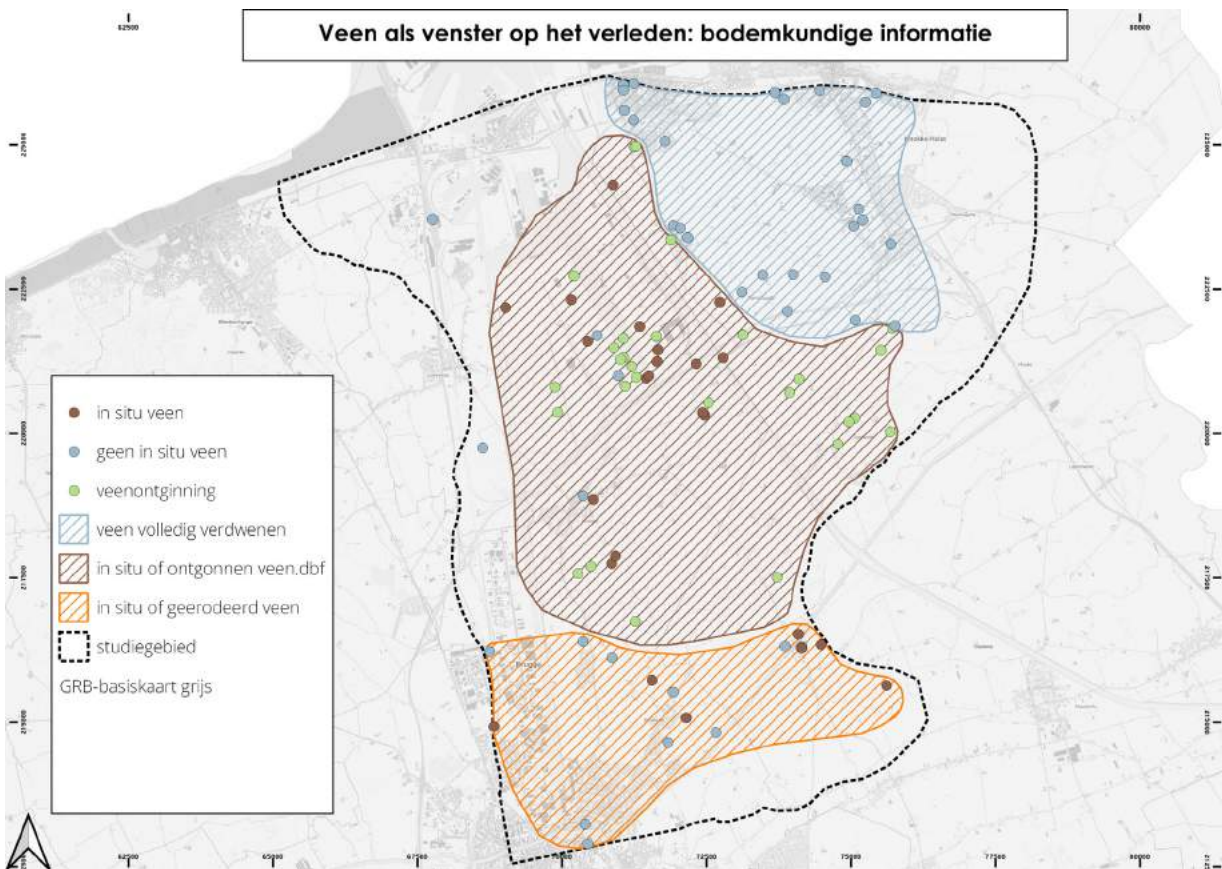


Fig. 63. Overzicht van de waarnemingen die aardkundige informatie bieden en algemene zones (AOE en Agiv)

kustlijn), het zuiden van het projectgebied (ten noorden van de zandrug) en het gebied ten oosten van Knokke-Heist zijn momenteel blinde vlekken in het onderzoek.

2.3.3. Chronologische gegevens

De inventaris van archeologische sites hanteert twee parameters: aardkundige informatie en datering. Archeologische sites tot en met de Romeinse periode worden weerhouden. Vanaf dan is het karakter van de kuststreek zeer sterk gewijzigd en is de link tussen de aan- of afwezigheid van veen en archeologische sites minder duidelijk. In totaal gaat het om 901 waarnemingen. Binnen elke waarneming kunnen verschillende dateringen aanwezig zijn. Van 114 waarnemingen zijn geen chronologische gegevens beschikbaar. Op 315 locaties zijn aanwijzingen herkend voor een aanwezigheid in de nieuwe en nieuwste tijden en op 482 locaties zijn aanwijzingen herkend voor middeleeuwse sites. Deze aanwijzingen zijn gebaseerd op archeologisch onderzoek, luchtfoto's en historische kaarten. Deze sites vallen buiten het opzet van dit onderzoek.

Op 46 plaatsen is een Romeinse site aanwezig. Deze waarnemingen zijn steeds gebaseerd op archeologisch onderzoek. Het gaat om sites opgegraven van de 19e tot de 21e eeuw. In 1899 worden in Fort Lapin, net ten noorden van Brugge, een zoutproductiesite en resten

van een Romeinse boot en haveninfrastructuur ontdekt. In 1904 komen in de haven van Zeebrugge de resten van een houten raamwerk uit de Romeinse periode aan het licht. In de jaren '70, '80 en '90 van de 20e eeuw hebben professor Hugo Thoen, Yann Hollevoet en Bieke Hillewaert intensief archeologisch onderzoek uitgevoerd in de oostelijk kustpolders. Dit resulteert in een groot aantal archeologische waarnemingen, waaronder veel Romeinse sites. Dit heeft het verwachte patroon van Romeinse bewoning in de kuststreek doorbroken. Romeinse vondsten in de kustvlakte werden voordien doorgaans afgeschreven als relict van niet-permanente bewoning en off-site activiteiten. Dit hoeft niet te verbazen: het landschappelijk model dat toen gebruikt werd - gebaseerd op een verschuivende kustlijn, de zogenaamde Duinkerke transgressies - blijkt op basis van de huidige stand van zaken niet meer te handhaven (Baeteman, 2007; Baeteman & Pieters, 2015; Baeteman, 2016). De koppeling van klassieke bronnen aan de nieuwe kennis over het dynamisch karakter van de kustvlakte, leidt vanaf de jaren 1980 echter tot een beter begrip van dit ogenschijnlijk perifeer landschap. Zowel vanuit de academische wereld (Thoen, 1987; De Clercq, 2011) als vanuit het archeologisch werkveld (Hillewaert, Hollevoet & Ryckaert, 2011) groeit het besef dat hier een bloeiende economie aanwezig is in de Romeinse periode, met zoutproductie als motor. Naar analogie met onderzoek in aangrenzende buitenlandse delen van het kustlandschap,

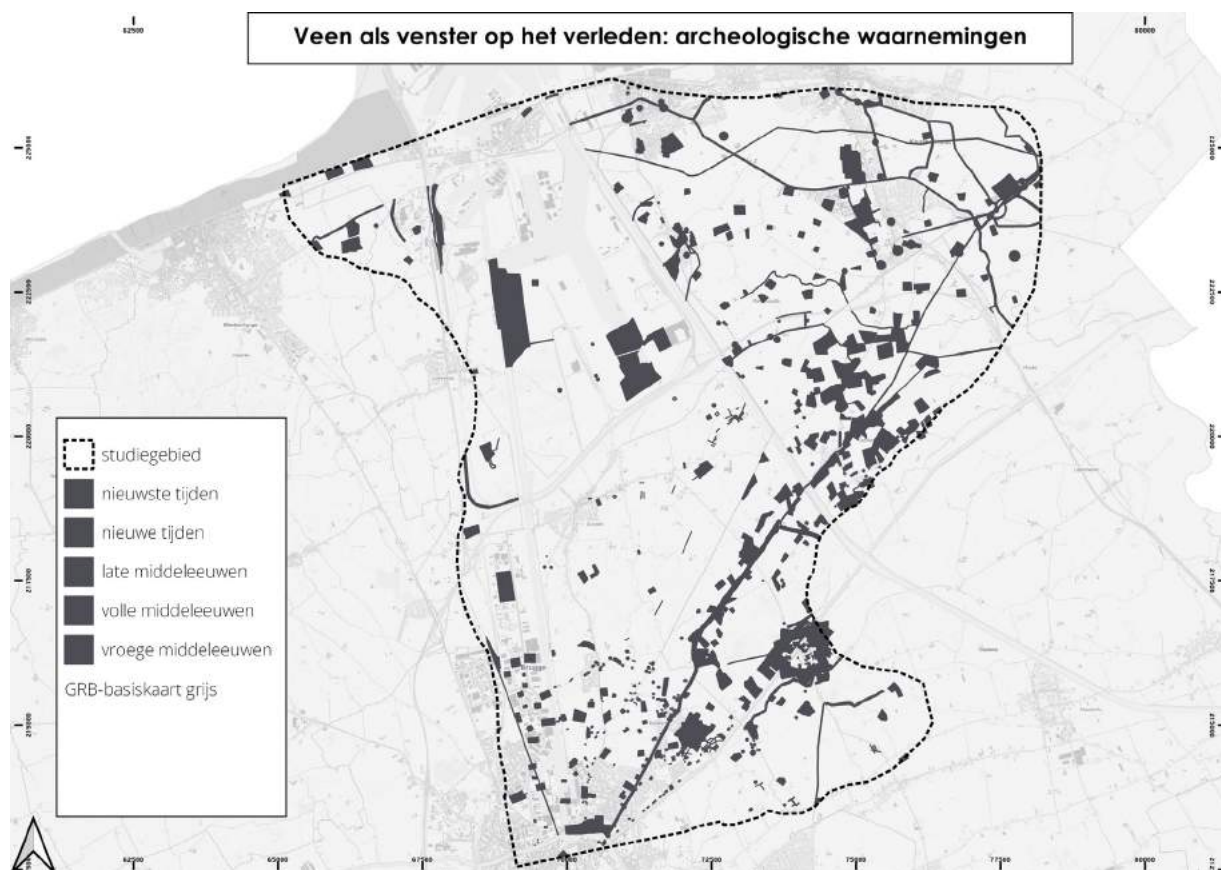


Fig. 64. De archeologische waarnemingen uit de middeleeuwen, nieuwe tijden en nieuwste tijden (AOE en agiv)

wordt in 2011 ook voor de Vlaamse kustvlakte wel degelijk (permanente) bewoning vooropgesteld (De Clercq, 2011). Sinds het begin van de 21e eeuw is de studie van de Romeinse aanwezigheid en bewoning in de kustvlakte in een stroomversnelling beland. Tijdens de archeologische opvolging van de A11-snelwegverbinding in Brugge, Damme en Knokke-Heist werden twee Romeinse sites opgegraven in de omgeving van de achterhaven van Zeebrugge.

De ligging van de gekende Romeinse sites in het projectgebied lijkt zeer sterk geconcentreerd ter hoogte van de achterhaven van Zeebrugge. Dit is een zone waar intensief archeologisch onderzoek verricht is. De zone correspondeert eveneens met een zone waar op veel locaties restjes van *in situ* bewaard veen aanwezig zijn. Het is een zone waar het veen in de Romeinse periode makkelijk kon ontgonnen worden omwille van het grote reliëfverschil over korte afstanden. De goede bewaring van veen, betekent ook een grotere kans op bewaring van archeologische resten. Het is op dit moment niet duidelijk of de concentratie van Romeinse sites verband houdt met de aanwezigheid van veen in de bodem of eerder met de goede bewaring van het bodemarchief. Rondom deze zone liggen een aantal, eerder geïsoleerde Romeinse sites. Ten noorden van Brugge, in het uiterste zuiden van het projectgebied, liggen enkele Romeinse sites. Deze sites situeren zich net ten noorden van de zandrug tussen Oudenburg en Maldegem,

in de Romeinse periode een dicht bevolkt gebied. In de zuidwestelijke hoek van het studiegebied ligt de site Fort Lapin, waar de resten van een Romeinse haven zijn ontdekt. Als de ligging van de Romeinse sites wordt vergeleken met de aardkundige informatie springen enkele zaken in het oog. De concentratie van Romeinse sites ligt volledig binnen de zone met *in situ* bewaard veen en veenontginning. In de zone waar het veen volledig verdwenen is onder invloed van omvangrijke getijdengeulen, is geen enkele Romeinse site ontdekt. Mogelijk aanwezige sporen uit de Romeinse periode zijn geërodeerd. In de zuidelijke zone, waar *in situ* veen en getijdengeulen herkend worden, liggen weinig waarnemingen uit Romeinse tijd, zelfs niet rond de bijzondere havensite Fort Lapin. Dit verdient aandacht in het vervolg van het onderzoek.

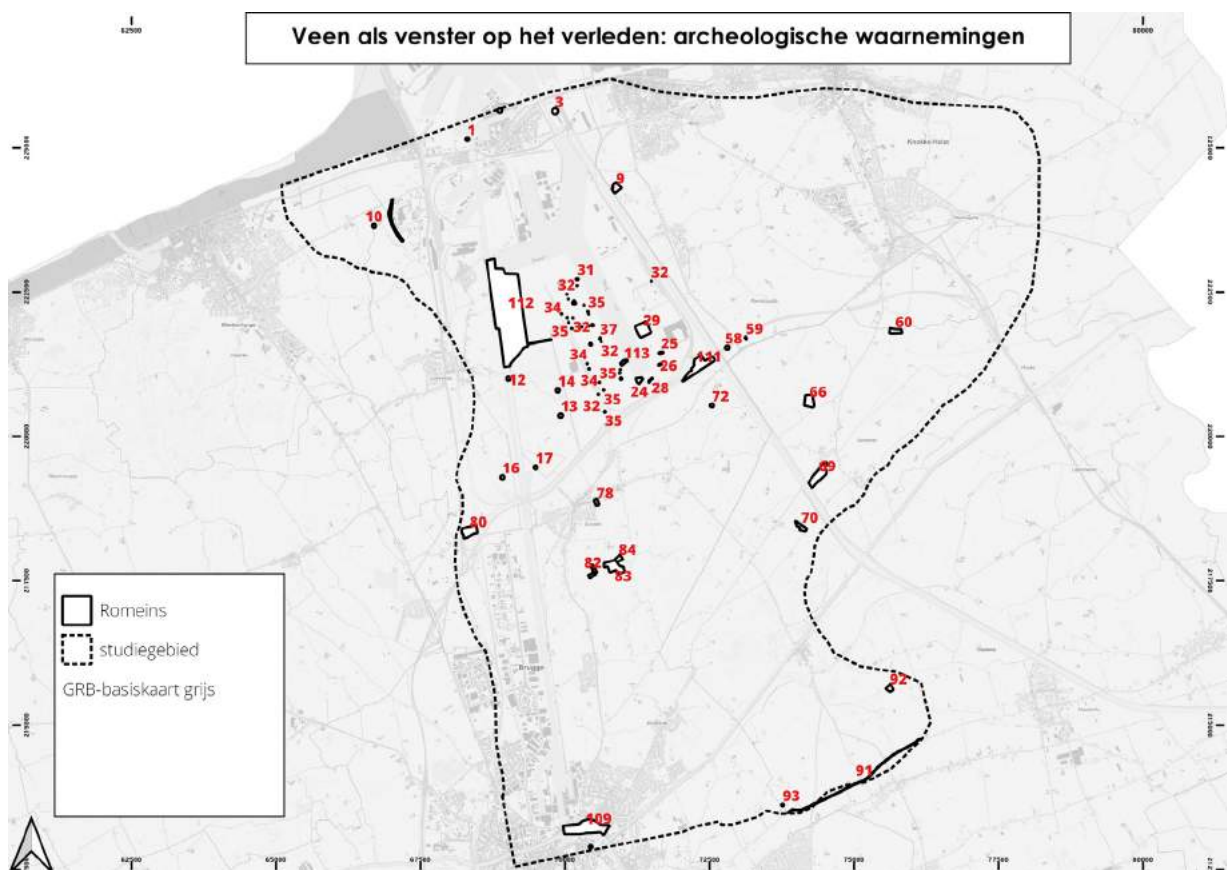


Fig. 65. De archeologische waarnemingen uit de Romeinse periode (AOE en Agiv) (sitenummers zie Tabel 70)



Fig. 66. Reconstructie van het studiegebied tijdens de Romeinse periode (yannick@de-smet.be)





Fig. 67. Het 'rendierentijdperk', reconstructie van paleolithische volkeren rond 16000 voor Christus in 's Lands Glorie (Huens, 1961)

De waarnemingen van oudere menselijke aanwezigheid zijn eerder zeldzaam en sterk geïsoleerd. Deze waarnemingen laten op dit moment weinig ruimte voor analyses. In totaal worden elf waarnemingen gedateerd in de bronstijd. De waarnemingen liggen verspreid over het studiegebied. De waarnemingen zijn steeds gebaseerd op sporen herkend op luchtfoto's. Geen enkele waarneming is gebaseerd op sporen of vondsten herkend tijdens archeologisch veldwerk. Het lijkt op dit moment, op basis van de aardkundige en archeologische kennis, weinig waarschijnlijk dat het hier effectief om sporen uit de bronstijd gaat. Enkel binnen de sites net ten noorden van de zandrug (90, 94, 95 en 96) kunnen sporen uit deze periode nog zichtbaar zijn aan de oppervlakte.

De waarnemingen uit de steentijden, veruit de langste periode in de menselijke geschiedenis, zijn nog een stuk zeldzamer. Het gaat om 5 sites. Drie waarnemingen zijn een resultaat van intensief archeologisch onderzoek (105 en 111). Het gaat om de sites Zonnebloemweg in Dudzele en Arendstraat in Koolkerke, respectievelijk op het tracé van de A11-snelwegverbinding en de ondergrondse Elia-hoogspanningsleiding en de site Zagersweg in Koolkerke. De sites Zonnebloemweg en Arendstraat leveren een duidelijke indicatie voor een menselijke aanwezigheid tijdens het mesolithicum (11.000 – 6.000 jaar geleden) in dit begraven landschap. Beide sites waren afgedekt door een laag veen.

De stratigrafische ligging van de gekende steentijdsites, afgedekt door veen en marienen sedimenten, verklaart deels de zeldzaamheid van waarnemingen uit deze periode: ze zijn moeilijker detecteerbaar tijdens vooronderzoek. Positief is dat de ontdekte steentijdsites uitzonderlijk goed bewaard zijn.

Daarenboven levert de opgraving Zonnebloemweg ook een mogelijke aanwijzing voor menselijke activiteit tijdens het Finaal-Paleolithicum (14.000 – 11.000 jaar geleden). Dit is de oudste concrete aanwijzing voor een paleolithische aanwezigheid in de oostelijke kustpolders. In Knokke-Heist, ter hoogte van de Put van Decloedt, wordt eveneens een paleolithische waarneming vermeld, maar deze kan op geen enkele manier geverifieerd worden. De site Zagersweg in Koolkerke is bijzonder. Het is de eerste keer dat een prehistorische aanwezigheid op het veen is vastgesteld. Bovenop het veen is hier een neolithische pijlpunt aangetroffen. Op basis van deze vijf waarnemingen kunnen geen uitspraken gedaan worden over de link met veen in de ondergrond.

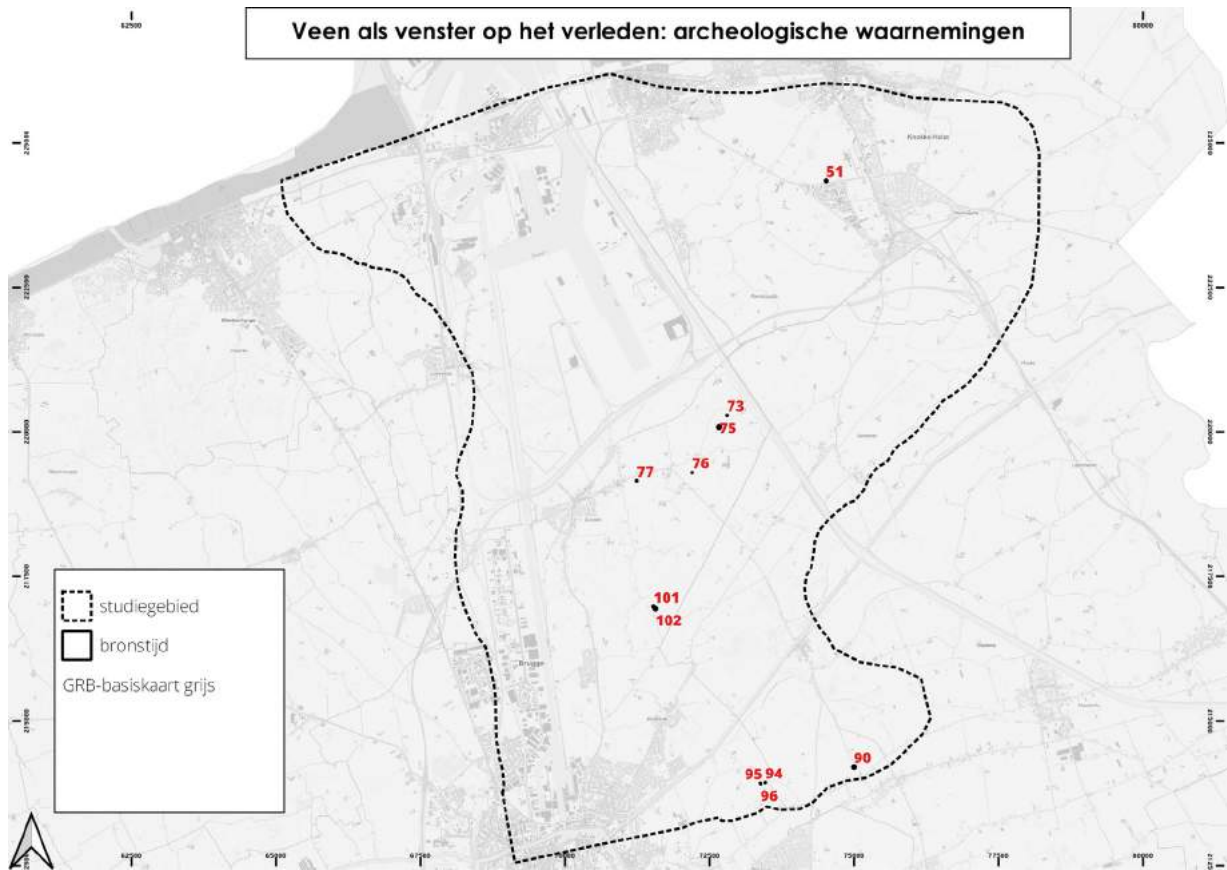


Fig. 68. De archeologische waarnemingen uit de bronstijd (AOE en Agiv) (sitenummers zie Tabel 70)

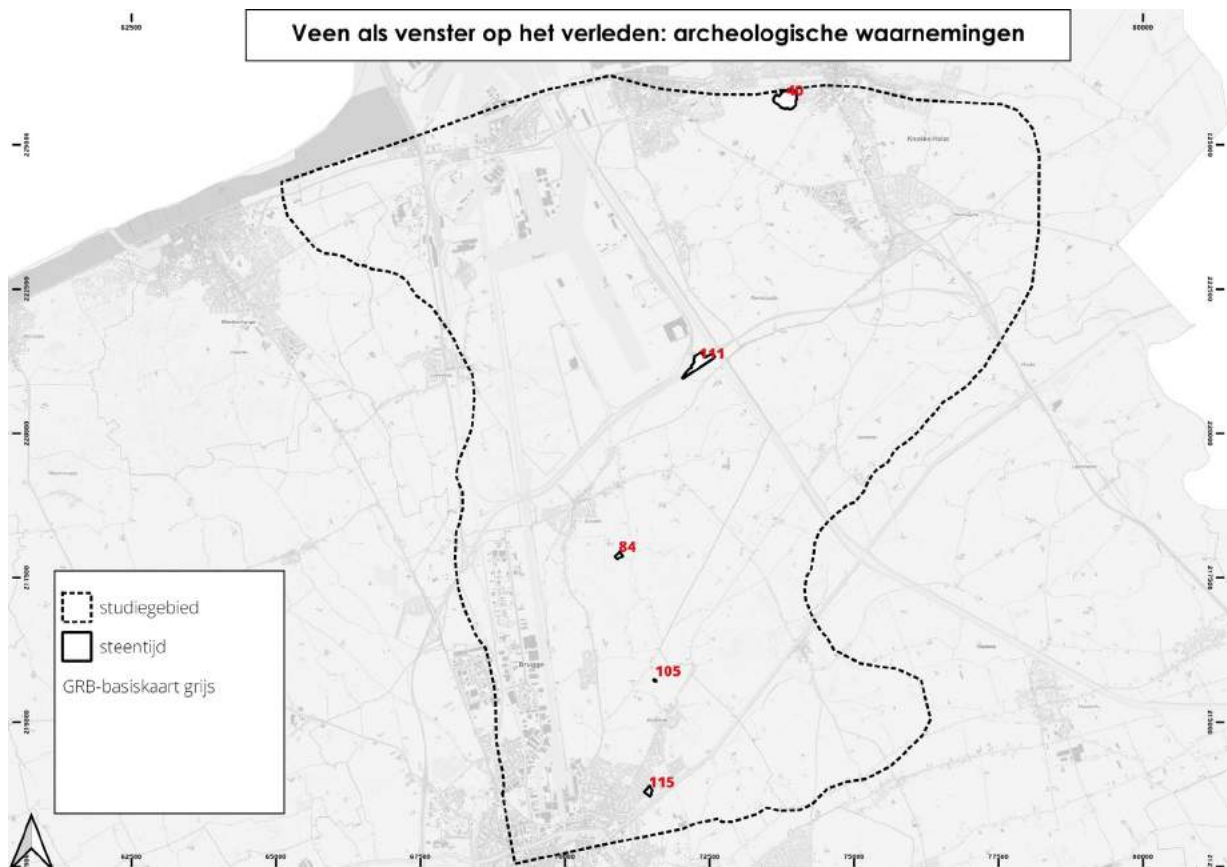


Fig. 69. De archeologische waarnemingen uit de steentijd (AOE en Agiv) (sitenummers zie Tabel 70)

ID	Toponiem	veen?	datering	bron
1	Zeebrugge site 1	niet gekend	Romeins	CAI: 152538
2	Zeebrugge site 3	niet gekend	Romeins	Thoen, 1987, 50
3	Zeebrugge site 4	niet gekend	Romeins	Thoen, 1987, 50
4	Hermans Lybaertstraat 10-18, Knokke-Heist	nee	late middeleeuwen	s.n., 2011
5	Hermans-Lybaertstraat 38-42, Knokke-Heist	nee	late middeleeuwen	Bonquet, 2011
6	Kerkstraat, Knokke-Heist	nee	late middeleeuwen	Vandevelde, 2002, 38
7	Kerk Koudekerke, Heist	nee	late middeleeuwen	Huyghe, 2009
8	Heulebrug, Heist (fase 2)	veenontginning	late middeleeuwen	Roelens, 2015, 17
9	Leopoldskanaal I, Heist	in situ veen	Romeins en late middeleeuwen	Van Bellingen
10	Doornhaagstraat, Uitkerke	niet gekend	Romeins en late middeleeuwen	Vanhove, 1987
11	Evendijk-West, Zwankendamme	nee	Romeins en volle middeleeuwen	Germonprez, 2010
12	Lissewege site 6	niet gekend	Romeins	Thoen, 1987, 50
13	Dudzele site 12	veenontginning	Romeins en late middeleeuwen	Thoen, 1987, 50; Hillewaert, 1987, 137
14	Dudzele site 11	niet gekend	Romeins en late middeleeuwen	Thoen, 1987, 50; Hillewaert, 1987, 137
15	Abdij ter Doest	nee	volle middeleeuwen	Van Besien, 2001
16	Lissewege site 7	niet gekend	Romeins	Thoen, 1987, 50
17	Dudzele site 13	niet gekend	Romeins	Thoen, 1987, 50; Hillewaert, 1987, 137
18	Cathemnote, Dudzele	in situ veen	Romeins en volle middeleeuwen	De Meulemeester, 1980, 38
19	Zeebrugse Achterhaven	veenontginning	late middeleeuwen	Patrouille, 2013; De Maeyer, 2006,9
20	Zeebrugse Achterhaven	veenontginning	late middeleeuwen	Patrouille, 2013
21	Zeebrugse Achterhaven	veenontginning	late middeleeuwen	De Maeyer, 2006, 12
22	Zeebrugse Achterhaven	veenontginning	volle middeleeuwen	De Maeyer, 2006, 17
23	Zeebrugse Achterhaven	veenontginning	late middeleeuwen	De Maeyer, 2006, 12
24	Zeebrugse Achterhaven	veenontginning	Romeins	De Maeyer, 2006, 12
25	Zeebrugse Achterhaven - Donk 1	in situ veen	Romeins	Patrouille, 2013
26	Zeebrugse Achterhaven - Donk 2	in situ veen	Romeins	Patrouille, 2013
27	Zeebrugse Achterhaven - Donk 3	in situ veen	Romeins	Patrouille, 2013
28	Zeebrugse Achterhaven - Donk 4	in situ veen	Romeins	Patrouille, 2013
29	Zeebrugse Achterhaven - site C	in situ veen	Romeins	Patrouille, 2013, 26
30	Zeebrugse Achterhaven - site D	veenontginning	late middeleeuwen	Patrouille, 2013, 69
31	Zeebrugge - Diepzeekaai	veenontginning	Romeins	Hillewaert, 1987, 148; Hollevoet, 1989, 35
32	Zeebrugge - losse vondsten	niet gekend	Romeins	Hollevoet, 1989, 35
33	Hoge Noenhof	in situ veen	Romeins	Hollevoet, 1989, 40
34	Zeebrugge - losse vondsten Briquetage	niet gekend	Romeins	Hollevoet, 1989, 35
35	Zeebrugge - concentraties Briquetage	niet gekend	Romeins	Hollevoet, 1989, 35
36	Zeebrugge - vindplaats C	niet gekend	Romeins	Hollevoet, 1989, 44
37	Zeebrugge - vindplaats B	nee	Romeins	Hollevoet, 1989, 44
38	Zeebrugge - vindplaats A	nee	Romeins	Hollevoet, 1989, 45
39	Duin&Water fase 2 Zone II	nee	late middeleeuwen	Decraemer, 2011
40	Put van Decloedt	nee	Paleolithicum?	?
41	Duin&Water fase 2 Zone I	nee	late middeleeuwen	Decraemer, 2011
42	Jan Devischstraat	nee	late middeleeuwen	Devroe, 2015
43	Scholencampus	nee	nieuwste tijden	Roelens, 2012
44	Spelemanstraat I	nee	late middeleeuwen	Decraemer, 2009
45	De Vrije	veenontginning	late middeleeuwen	Van Besien, 2011
46	Spelemanstraat II	nee	volle middeleeuwen en late middeleeuwen	Decraemer, 2011
47	Vrijestraat I	veenontginning	volle middeleeuwen	Hollevoet archief
48	Jonckheerestraat	nee	late middeleeuwen	Verwerft, 2017
49	Heistlaan III	in situ veen	late middeleeuwen	Coornaert archief
50	Fonteinestraat RVK A11	nee	volle en late middeleeuwen	Laloo, 2017
51	Kalvekeetdijk circulaire structuur 444	niet gekend	bronstijd?	Ampe, 1995
52	Kalvekeetdijk	nee	late middeleeuwen	Ryssaert, 2014
53	't Walleetje	nee	late middeleeuwen	Decraemer, 2009
54	Herenweg	nee	late middeleeuwen	Verwerft, 2020
55	westkapellestraat	nee	late middeleeuwen	Apers, 2018
56	Kerk / Kapel Westkapelle	nee	volle middeleeuwen	Roelens, 2018
57	Dierickx Vos Wal	in situ veen	volle middeleeuwen	Verwerft, 2011
58	Ramskapelle site 16	niet gekend	Romeins	Thoen, 1987, 50

Tabel 70. Lijst met opgenomen CAI sites in de inventaris

ID	Toponiem	veen?	datering	bron
59	Knoksebaan I	veenontginning	Romeins	?
60	Ten Doelestraat (o/109-110)	veenontginning	Romeins en late middeleeuwen	Hillewaert, 1984
61	Site Ten Doele (o/154)	veenontginning	vroege tot late middeleeuwen	Hillewaert, 1984
62	Hoekstraat (o/132)	veenontginning	geen datering	Hillewaert, 1984
63	Westkapellesteenweg (o/126)	veenontginning	volle middeleeuwen	Hillewaert, 1984
64	Westkapellesteenweg (o/111)	veenontginning	volle middeleeuwen	Hillewaert, 1984
65	Heernisstraat (o/162)	veenontginning	geen datering	Hillewaert, 1984
66	Heernisstraat (o/137)	niet gekend	Romeins en volle middeleeuwen	Hillewaert, 1984
67	Heernisstraat (o/159)	veenontginning	geen datering	Hillewaert, 1984
68	Eienbroekvaart	nee	volle middeleeuwen en late middeleeuwen	Lambrecht, 2016
69	Koolkerkesteenweg (o/7)	niet gekend	Romeins, volle middeleeuwen en late middeleeuwen	Hillewaert, 1984
70	Pompestraat/Verse Vaartdijk (o/243)	niet gekend	middeleeuwen	Hillewaert, 1984, 600
71	Pompestraat (WNW10)	veenontginning	Romeins en late middeleeuwen	In 't Ven, 2005, 54
72	Dudzele site 14	veenontginning	late middeleeuwen	Thoen, 1987, 50-51; Hillewaert, 1987, 142
73	(Oostkerkestraat)	niet gekend	bronstijd?	?
74	Oostkerkestraat I	in situ veen	late middeleeuwen	Verwerft, 2011, 42-48
75	De Zonnebloem circulaire structuur 641	niet gekend	bronstijd?	Ampe, 1995
76	Hoeve Schaperij	niet gekend	bronstijd?	?
77	(Damse Steenweg Zuid)	niet gekend	bronstijd?	?
78	Sint- Lenardsstraat	in situ veen	Romeins en late middeleeuwen	Lambrecht, 2012
79	Laatromaanse torenruine Dudzele	nee	volle middeleeuwen	Huyghe, 2015
80	N31 Zeelaan (DW2)	nee	Romeins, volle middeleeuwen en late middeleeuwen	In 't Ven, 2005, deel II, 13
81	Dudzeelsesteenweg (WNW5)	niet gekend	late middeleeuwen	In 't Ven, 2005, 42-43
82	Landslag West (DW3)	veenontginning	late middeleeuwen	In 't Ven, 2005, 42-43
83	Landslag Oost 1 (DW4)	in situ veen	Romeins	In 't Ven, 2005, 43-45
84	Landslag Oost 2 (DW5)	in situ veen	steentijd en Romeins	In 't Ven, 2005, 45-49
85	Stadwallen	in situ veen	late middeleeuwen en nieuwe tijden	Gheysen, 2016
86	Damse Vaart Zuid (Damme 53)	in situ veen	late middeleeuwen en nieuwste tijden	Seys, 1982, 67-91
87	Damse Vaart West	nee	late middeleeuwen en nieuwe tijden	Thomas, 2020
88	Jacob Van Maerlantstraat (DA08JM)	nee	late middeleeuwen	De Gryse, 2008
89	Sint-Jan	in situ veen	late middeleeuwen	Termote, 1987
90	De Kroon circulaire structuur 639	niet gekend	bronstijd?	Ampe, 1995
91	Zandstraat 1	niet gekend	Romeins	Verbrughhe, 2015
92	Branddijk (DW7)	in situ veen	Romeins en vroege middeleeuwen	In 't Ven, 2005, 55-56
93	Aardenburgseweg I	niet gekend	Romeins en late middeleeuwen	metaaldetectie
94	Klein Schoonhoeve	niet gekend	bronstijd?	?
95	Klein Schoonhoeve	niet gekend	bronstijd?	luchtfotografie
96	Klein Schoonhoeve	niet gekend	bronstijd?	luchtfotografie
97	Noorweegse kaai	nee	late middeleeuwen	Verwerft, 2016
98	Kasteelgoed van Stappens	nee	late middeleeuwen en nieuwe tijden	Polfliet, 2017
99	Fort van Beieren	in situ veen	nieuwe tijden	Van Besien, 2010
100	Engelse vertakking Blauwe Toren	nee	late middeleeuwen	Verwerft, 2011
101	Hoeve Klein Steentje	niet gekend	bronstijd?	?
102	Kruisabele circulaire structuur 509	niet gekend	bronstijd?	Ampe, 1995
103	Hoeve Klein Steentje	veenontginning	geen datering	?
104	Kruisabelestraat (Dudzele) II	nee	vroege middeleeuwen en volle middeleeuwen	Verwerft, 2016
105	Hemelbeek	in situ veen	Mesolithicum	Verwerft, 2016
106	Brugse Steenweg	nee	volle middeleeuwen	Verwerft, 2016; opgraving Brugse Steenweg
107	Dudzeelse Steenweg	nee	late middeleeuwen	Verwerft, 2016; opgraving Dudzeelse Steenweg
108	Brugge Blankenbergsesteenweg	in situ veen	volle middeleeuwen en late middeleeuwen	Mestdagh, 2018; nog geen rapport opgraving
109	Fort Lapin	nee	Romeins en nieuwe tijden	Rutot, 1902
110	Wulpenstraat	nee	Romeins	Dewitte, 1988
111	Zonnebloemweg	in situ veen	mesolithicum en Romeins	Noens, 2018;
112	Zeevaartstraat	in situ veen	Romeins en volle middeleeuwen	Verwerft
113	Zeebrugse Achterhaven III	veenontginning	Romeins, volle middeleeuwen en late middeleeuwen	De Maeyer, 2006
114	Zeebrugse Achterhaven IX	veenontginning	late middeleeuwen	Patrouille, 2013
115	Zagersweg, Koolkerke	in situ veen	neolithicum	

2.3.4. Inventaris van natuurwetenschappelijke stalen

Naast het verzamelen van aardkundige en chronologische gegevens, tracht deze inventaris te achterhalen of er natuurwetenschappelijke stalen bewaard zijn afkomstig uit archeologisch onderzoek in het studiegebied. Meer specifiek richt de inventaris zich uiteraard op stalen waarin ook veenlagen zijn opgenomen. Als er stalen bewaard zijn, stelt het onderzoek zich tot doel deze te verzamelen in het Onroerendergoeddepot De Pakhuizen. In een volgende fase worden stalen geselecteerd om bijkomend natuurwetenschappelijk onderzoek op uit te voeren. Dit deel van het onderzoek leidde al snel tot een ontvullende conclusie: er zijn bijzonder weinig natuurwetenschappelijke (veen)stalen bewaard uit het projectgebied. Een meerderheid van de waarnemingen zijn niet het resultaat van archeologisch onderzoek, maar van de studie van luchtfoto's en historische kaarten. De waarnemingen die resulteren uit archeologisch veldwerk omvatten bovendien ook voornamelijk prospecties, booronderzoeken en proefsleuvenonderzoeken. Dit zijn onderzoeksfasen waarin staalname niet verankerd is. Het verzamelen van bodemstalen gebeurt hoofdzakelijk tijdens opgravingen. In het studiegebied vermeldt de Centraal Archeologische Inventaris dertien archeologische opgravingen. Er zijn slechts drie sites weerhouden waarvan

natuurwetenschappelijke veenstalen bewaard zijn: de opgravingen Zonnebloemweg in Dudzele en Arendstraat in Koolkerke en het proefsleuvenonderzoek Zagersweg in Koolkerke. De stalen van deze drie sites bevinden zich allemaal in het Onroerendergoeddepot De Pakhuizen.

Deze vaststelling leidt tot twee conclusies. Ten eerste zijn zo weinig stalen bewaard dat het aangewezen is om bijkomende stalen te verzamelen, zodat een zinvolle strategie kan bepaald worden om bijkomend natuurwetenschappelijk onderzoek uit te voeren. Om de locaties van deze stalen te bepalen, wordt ingezet op de integratie van archeologische en sonderingsdata. Op basis van de transecten die uit dit onderzoek voortvloeien, kan een gerichte staalname plaatsvinden. Een tweede conclusie is dat de aandacht gevestigd moet worden op natuurwetenschappelijke staalname gericht op, maar niet uitsluitend van veen. Deze staalname kan gebeuren in elke fase van het onderzoek, niet enkel tijdens opgravingen. Dit wordt in detail uitgewerkt in het derde deel van dit onderzoek: archeologen, aardkundigen en andere wetenschappers bewustmaken van het belang van staalname en nieuwe tools aanleveren voor archeologisch, historisch, bodemkundig, sedimentologisch, geomorfologisch en botanisch onderzoek in de oostelijke kustpolders met een specifieke focus op veenonderzoek.



Fig. 71. Het Onroerendergoeddepot De Pakhuizen van Raakvlak

2.4. Inventaris van de gekende boor- en sonderingsonderzoeken

2.4.1. Methodologie

2.4.1.1. Opbouw van de geodatabase

De kerndoelstellingen van dit syntheseonderzoek omvatten het inventariseren, interpreteren en het synthetiseren en van reeds beschikbare data en informatie in het projectgebied. Bijgevolg wordt in de eerste fase van dit syntheseonderzoek een inventaris opgesteld die het fundament vormt voor het verdere verloop van de studie. Een inventaris die beoogt om archeologische, geologische of bodemkundige data te beheren moet onvermijdelijk een ruimtelijke en meer bepaald een geografische dimensie kunnen weergeven.

Bijgevolg wordt de inventaris structureel opgebouwd in de vorm van een geodatabank. Ze bestaat uit een relationele databank waarin alle data uit boor- en sonderingsonderzoeken zijn gelinkt aan een geografisch coördinaat. Concreet worden minstens twee dataobjecten in de databank opgenomen. Het gaat hier om enerzijds de locaties en anderzijds om de stratigrafische beschrijvingen. Tussen beide bestaat er een één-op-veel-relatie.

De data betreffende de locatie omvatten een unieke ID-code zowel voor de site als de boring/sondering en verder de coördinaten in x, y en z-waarden. De lengte- en breedtecoördinaten worden uitgedrukt in Lambert72 en de hoogtecoördinaten in Tweede Algemene Waterpassing (TAW). Aanvullend wordt een extra hoogtecoördinaat opgenomen voor het nulpunt van de boring of sondering (collar). In de meeste gevallen komt dit overeen met de hoogteligging van het maaiveld maar in sommige gevallen ligt dit dieper.

De data betreffende de stratigrafie bestaan hoofdzakelijk uit boorbeschrijvingsformulieren, onder de vorm van intervaldata. Concreet wordt een databank opgesteld op basis van de formulieren voor boorbeschrijvingen zoals die bij Raakvlak worden gebruikt. Het omvat een globaal spectrum aan bodemkarakteristieken dat wordt ingevuld op het stratigrafisch niveau van de bodemhorizont. Het gaat hier om kenmerken betreffende horizontbegrenzing, kleur, textuur, oxido-reductie, inclusies, etc. Aanvullend wordt ook hier een unieke ID opgenomen en bijkomende velden waarin de uniforme stratigrafische eenheden worden opgenomen die worden gebruikt voor verder interpretaties in dit onderzoek.

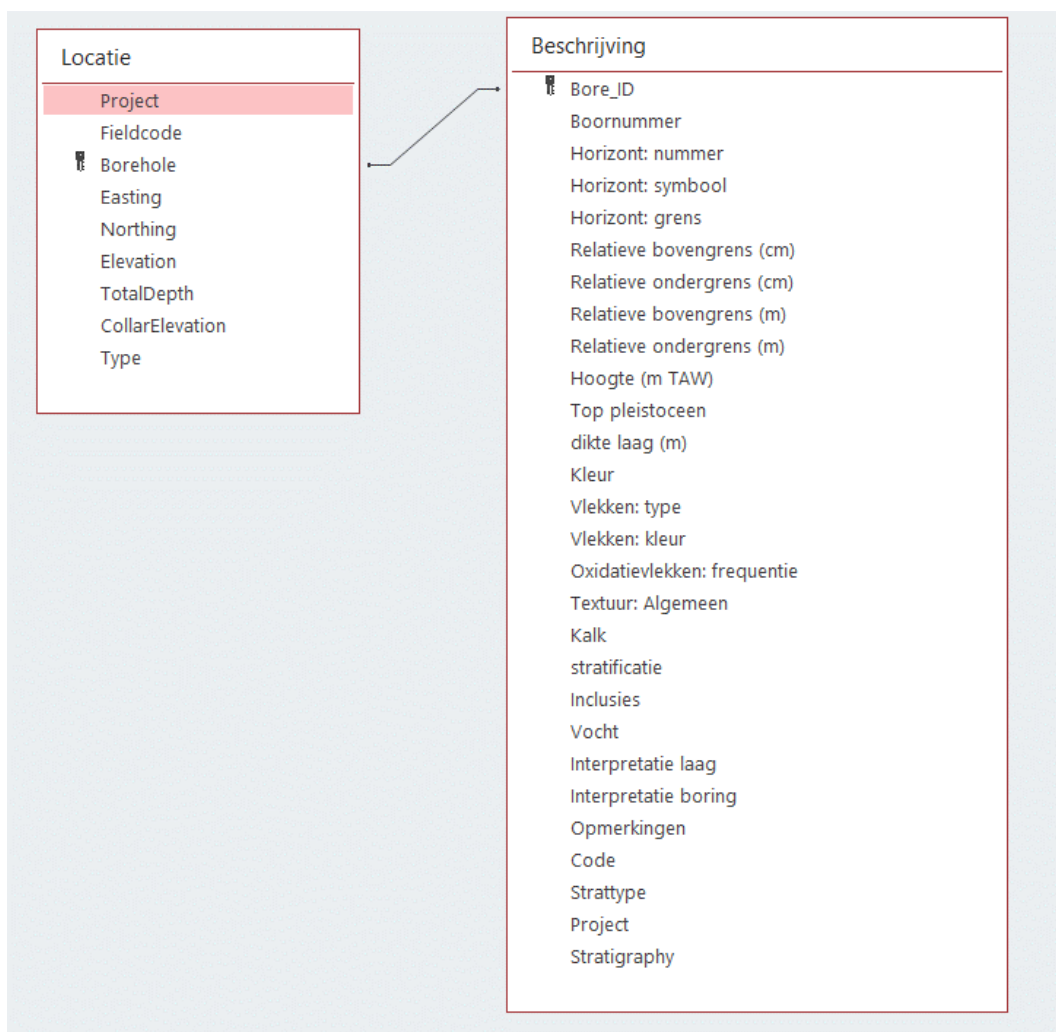


Fig. 72. : Schematisch overzicht van de structuur en opbouw van de geodatabank

2.4.1.2. Inventarisatie

Na het opstellen van de structuur van de geodatabank en na invoer van alle data werd de databank ook omgezet in het daartoe bestemd bestandformaat voor een GIS-omgeving.

Zoals uiteengezet in het plan van aanpak van dit syntheseproject worden twee criteria gehanteerd voor de selectie van datasets in de inventaris:

- de aanwezigheid van veen ;
- de geattesteerde aanwezigheid van prehistorische occupatie tot en met de Romeinse periode.

Aanvullend wordt ook rekening gehouden met andere vormelijke aspecten van de data en overkoepelend onderzoek. Het gaat hier om zaken als schaal van onderzoek, nauwkeurigheid en homogeniteit van de data.

2.4.1.3. Boringen

Voor de inventarisatie van sites die worden opgenomen in de geodatabank wordt in eerste instantie gekeken naar alle data die Raakvlak in de loop der jaren heeft verworven. Hoewel het zwaartepunt ligt in de periode na invoering van het Verdrag van Malta (2006) wordt ook rekening gehouden met oudere data die in het bezit zijn van Raakvlak. Twee belangrijke projecten zijn grootschalige lijntrajecten die in het kader van de aanleg van de A11 en een Elia-leiding werden uitgevoerd. Hierbij werden voor beide projecten boringen in bijzonder grote aantallen uitgevoerd langs hun respectievelijke tracés. Het wordt aangevuld met een reeks kleinere, recente projecten van Raakvlak en GATE waarbij aardkundig onderzoek werd uitgevoerd. Hierbij wordt gezocht naar zowel data uit boringen als sonderingen.

Verder werd ook de CAI bekeken voor alle archeologische vooronderzoeken waarbij aardkundig onderzoek werd voltooid dat voldoet aan de criteria. In de onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de weerhouden sites en daaraan gelinkte datasets van bodemkundige informatie.

In totaal zijn 30 sites in de inventaris sites opgenomen. Het merendeel van de data is afkomstig van archeologisch onderzoek dat de afgelopen jaren is uitgevoerd in het projectgebied. Het gaat om het merendeel van de boordata, namelijk 1937 boringen. Daarnaast zijn er ook data opgenomen uit oude paleo-ecologische studies binnen het gebied. Het gaat om 31 boringen. Ten slotte zijn in het kader van dit syntheseproject ook boringen uitgevoerd. Het gaat om twee sites die gekend waren door eerder archeologisch onderzoek waar in totaal nog 33 boringen werden uitgevoerd.

In laatste instantie werd de databank van de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) geraadpleegd, zowel voor

boringen als sonderingen (zie volgende paragraaf). Ook hier werd opnieuw een selectieprocedure doorgevoerd vooraleer de data werden opgenomen in de inventaris. Zo werden alle gegevens afgetoetst tegenover de twee selectiecriteria (zie hoger) en werd opnieuw rekening gehouden met vormelijke aspecten van de data en het respectievelijke onderzoek, zoals de schaal van het onderzoek, nauwkeurigheid van data, betrouwbaarheid. Uiteindelijk werden een aanvullende 379 boringen uit de databank van het DOV opgenomen in de huidige inventaris. De inventaris bevat data uit in totaal 2380 boringen afkomstig van diverse bronnen.

Project	Site	Uitvoerder	Type onderzoek	aantal observaties
2016H21	Dudzele Zwaanhofstraat	GATE	archeologisch onderzoek	8
2016I224	Knokke-Heist Vaardenaarspolder	Ruben Wilaert	archeologisch onderzoek	50
2017G169	Knokke-Heist Fonteinestraat RVK A11	GATE	archeologisch onderzoek	10
2019C27	Zeebrugge Nieuwenhuysestraat	GATE	archeologisch onderzoek	12
2019D179	Damme RVK A11	GATE	archeologisch onderzoek	17
2021D152	Zeebrugge Koffieweg Zuid LB	Raakvlak	archeologisch onderzoek	27
2.02E+252	Brugge Boudewijnkanaal	GATE	archeologisch onderzoek	9
2020K111	Zeebrugge Koffieweg Noord LB	GATE	archeologisch onderzoek	2
2021C165	Zeebrugge Koffieweg Noord VAB	GATE	archeologisch onderzoek	47
BD12SN	Ella-Stevin	Raakvlak	archeologisch onderzoek	336
BKD10AX	Brugge A11	Raakvlak	archeologisch onderzoek	1251
BR16BL	Blankenberge Steenweg Duivenkeet	Raakvlak	archeologisch onderzoek	4
BR16ZA	Koolkerke Zagersweg	Raakvlak	archeologisch onderzoek	23
BR16ZE	Zeebrugge Zeevaartstraat	Raakvlak	archeologisch onderzoek	87
BR20GA	Brugge Haariamstraat	Raakvlak	archeologisch onderzoek	3
KH17JO	Ramskapelle Jonckheerestraat	Raakvlak	archeologisch onderzoek	9
KH19DU	Knokke-Heist Dudzelestraat	Raakvlak	archeologisch onderzoek	4
KH19HE	Westkapelle Herenweg	Raakvlak	archeologisch onderzoek	17
KH19KO	Knokke-Heist Koudekerkelaan	Raakvlak	archeologisch onderzoek	4
KH20KH	Knokke-Heist Knokse Ader	Raakvlak	archeologisch onderzoek	17
ZE21 KO	Zeebrugge Koffieweg Noord veenstalen	Syntheseonderzoek veen	syntheseonderzoek	5
2022A83	Dudzele Zonnebloemweg	Syntheseonderzoek veen	syntheseonderzoek	26
LBvZ	Dudzele Bruggen van Zelzate	Doctoraat L.Allemeersch	paleo-ecologisch onderzoek	6
LEEK	Lissewege Eendekooi	Doctoraat L.Allemeersch	paleo-ecologisch onderzoek	1
LEI	Eienbroek	Doctoraat L.Allemeersch	paleo-ecologisch onderzoek	1
LGJ	Blankenberge Graaf Jansader	Doctoraat L.Allemeersch	paleo-ecologisch onderzoek	5
LH	Hoeke	Doctoraat L.Allemeersch	paleo-ecologisch onderzoek	1
LRAM_Z	Ramskapelle Z	Doctoraat L.Allemeersch	paleo-ecologisch onderzoek	8
LSJ	Blankenberge Sint-Jansader	Doctoraat L.Allemeersch	paleo-ecologisch onderzoek	10
LT	Lissewege Ter Doest	Doctoraat L.Allemeersch	paleo-ecologisch onderzoek	1

Tabel 73. Lijst met opgenomen sites in de inventaris

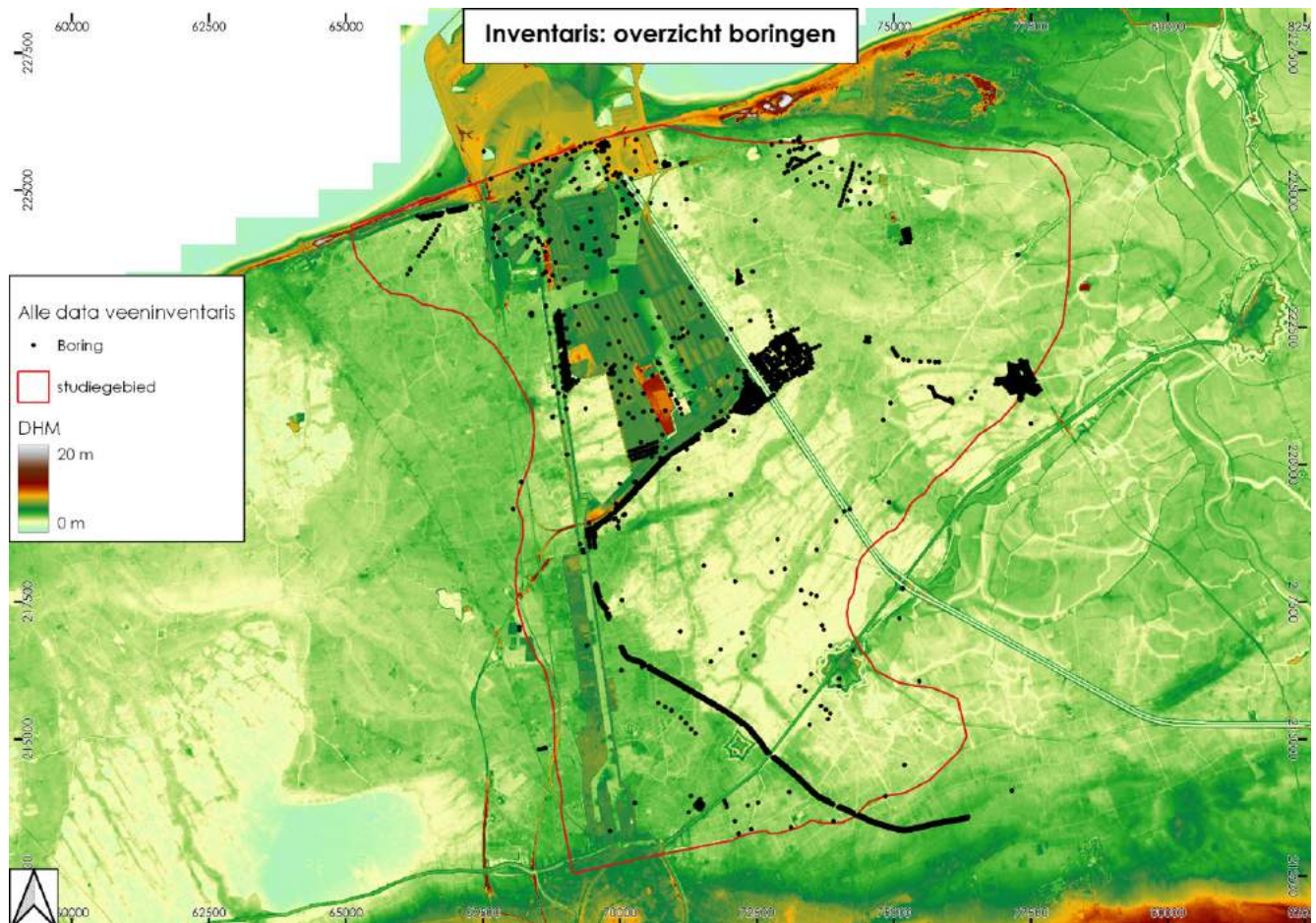


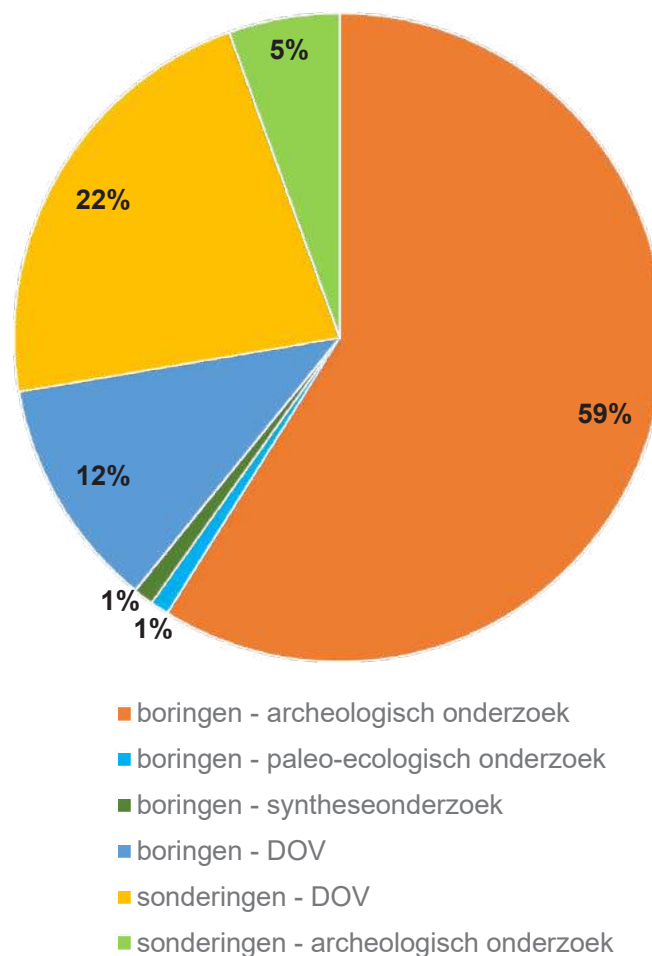
Fig. 74. Geografische spreiding van alle boordata uit de inventaris

2.4.1.4. Sonderingen

De dataset met boorgegevens wordt aangevuld met de sondeergegevens van een aantal sites waar recent geofysische prospectie werd uitgevoerd. Het gaat hier om data uit elektrische sonderingen (e-CPT's) van twee sites langs de Koffieweg in Zeebrugge (Koffieweg Noord en Koffieweg Zuid). Deze komen overeen met de sites waarvan ook boorresultaten zijn opgenomen in de inventaris. Naast deze data wordt opnieuw de databank van het DOV geraadpleegd om alle beschikbare data uit sonderingen te verzamelen. Hier wordt opnieuw een selectie gemaakt net zoals bij de boringen in de DOV-databank. Dit resulteerde in 729 sonderingen afkomstig van de DOV die worden opgenomen in de inventaris. De data uit sonderingen worden in de geodatabank ingevoerd op dezelfde manier als boordata, namelijk in de vorm van stratigrafische intervaldata van de lithologische niveaus. In tegenstelling tot de boordata, die direct als intervaldata wordt geregistreerd, moeten de ruwe data uit sonderingen worden verwerkt tot dergelijke intervaldata. De methodologie om de data uit sonderingen te verwerken tot een lithologische interpretatie wordt hieronder beschreven.

Dit resulteerde uiteindelijk in een inventaris, opgebouwd in een geodatabank bestaande uit 3290 observaties, verdeeld over 2380 boringen en 910 elektrische sonderingen (Figuur 32 en Figuur 33). Van deze 2380 boringen zijn er 2001 afkomstig uit archeologisch of paleo-ecologisch onderzoek en 379 afkomstig uit de databank van het DOV. Van de 910 sonderingen zijn er 181 afkomstig uit archeologisch onderzoek en de resterende 729 zijn afkomstig uit de databank van het DOV.

Inventaris boringen en sonderingen



Tabel 75. Opbouw van de inventaris naar herkomst van alle data

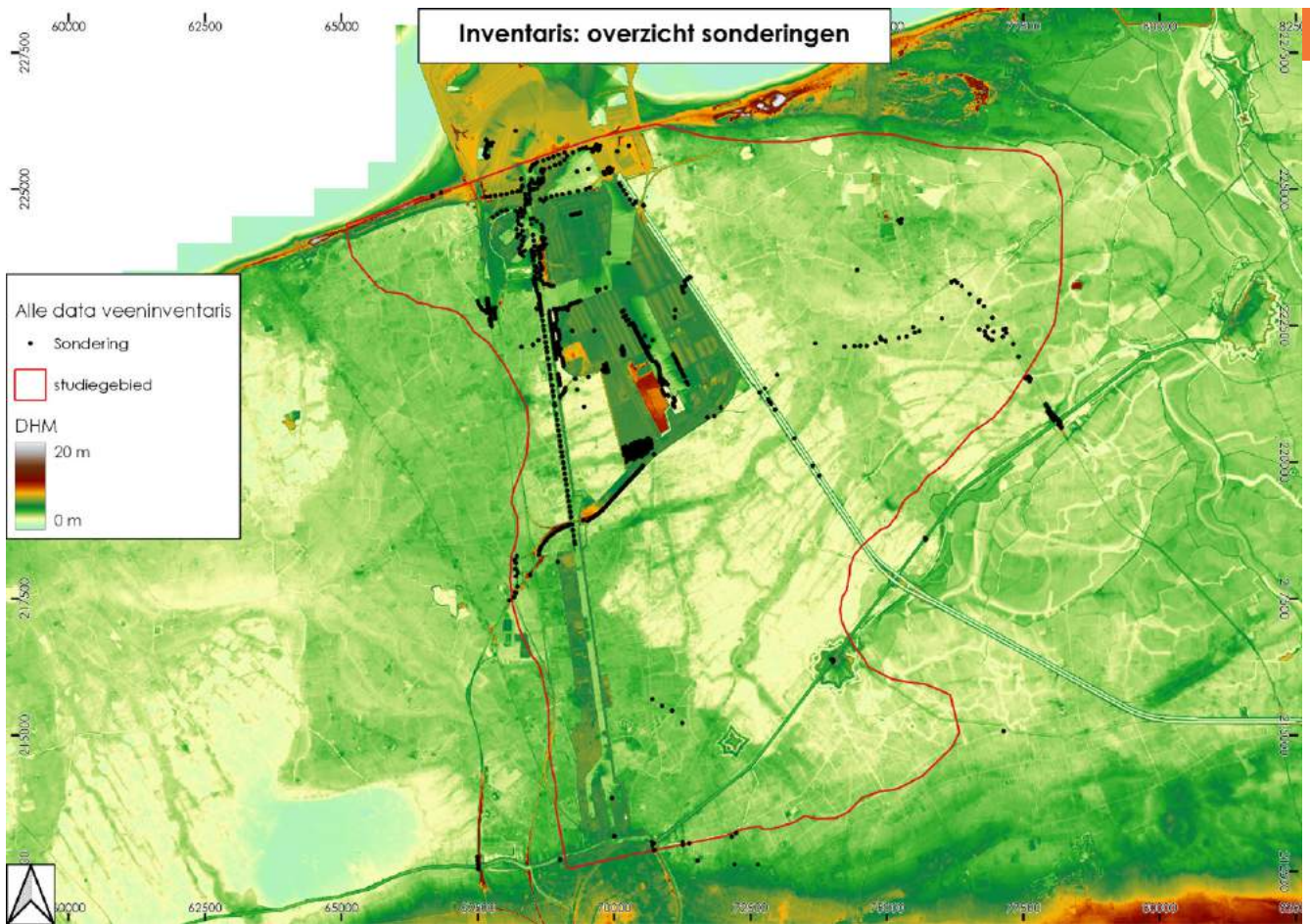


Fig. 76. Geografische spreiding van alle sonderingdata uit de inventaris

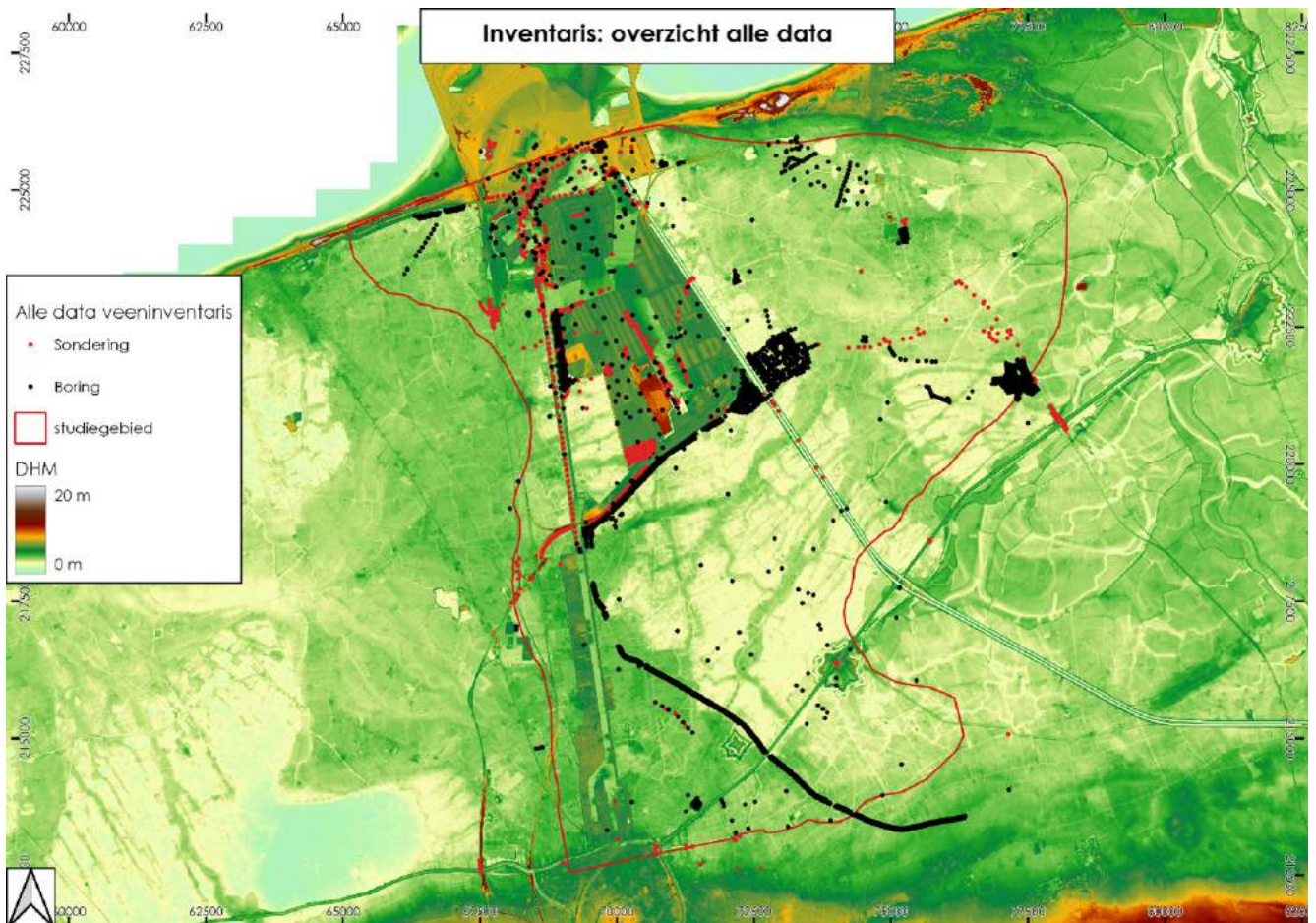


Fig. 77. Overzicht en geografische spreiding van alle data in de inventaris

2.4.1.5. Verwerking van sonderingen: CPT-data

Cone penetration Tests (CPT) is een methode ontwikkeld om de mechanische eigenschappen van de ondergrond te bestuderen. Op basis van die eigenschappen kan de stratigrafie worden bepalen.

Voor deze methode gebruikt men een metalen staaf die met constante snelheid in de grond wordt gedrukt. Tijdens dit proces worden de weerstand tegen deze penetratie (q_c) en de laterale wrijving (f_s) mechanisch gemeten (CPTm). Wanneer deze metingen elektronisch worden gemeten spreekt men

van CPTe en worden ook de laterale wrijvingen lokaal gemeten. In de kop van de sonde kunnen ook sensoren zitten die andere zaken opmeten zoals bijvoorbeeld de druk U (CPTu). Een normalisatie van deze gegevens leidt tot de penetratieweerstand (Q_{tn}) en de laterale wrijving (Fr) (Robertson, 1990).

De CPTeT-IT software werd gebruikt voor de verwerking van de verzamelde gegevens, met name voor de berekening van de Q_{tn} , Fr en I_c index. De I_c index wordt bekomen door de Q_{tn} en Fr in een grafiek van Robertson (1990) te plaatsen. Elke I_c komt overeen met een SBTn bodemtype

(normalised Soil Behaviour Type).

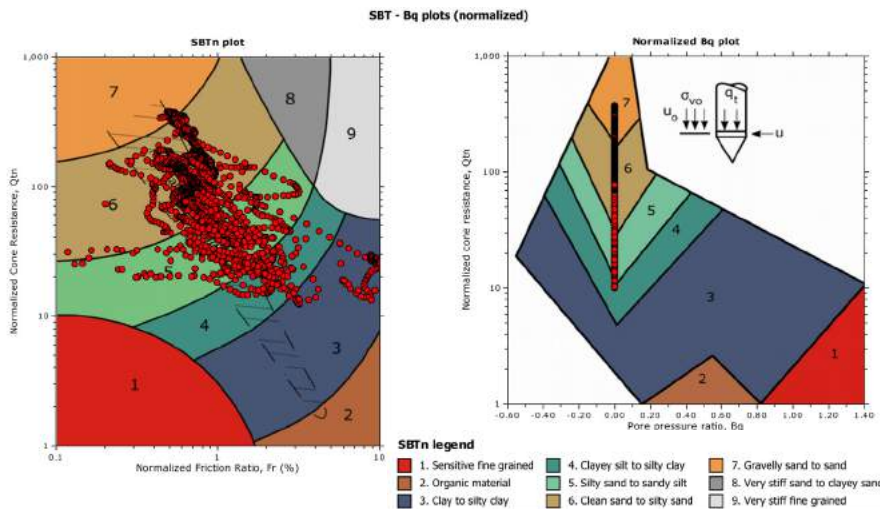


Fig. 78. Voorbeeld van data van een sondering uit de Zeebrugse achterhaven op de grafiek van Robertson 1990.

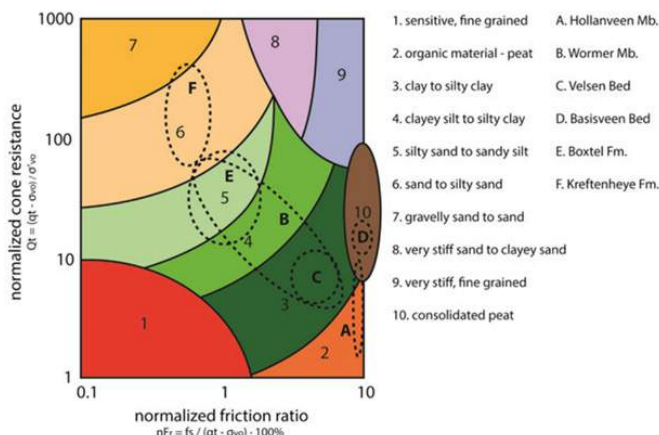


Fig. 79. Voorbeeld van de grafiek van Robertson (1990) aangepast aan een context van het Schelde-estuarium volgens Koster (2016)

Enmaal de CPT-data worden ingevoerd in de grafiek van Robertson (1990), krijgen we een idee van de aard van de sedimenten. Een relatief recente studie (Koster, 2016) toonde echter aan dat deze grafiek geen rekening houdt met enkele specifieke soorten sediment, zoals bijvoorbeeld veen dat gecompacteerd is geraakt door latere afzettingen bovenop het veen. Dit is het geval met het Basisveen dat aanwezig is in de kustpolders. In de aangepaste grafiek bevinden de kenmerken van dit veen zich tussen 10 en 100 voor wat betreft de Q_{tn} -waarden en boven de 8% voor de Fr -waarden.

Op basis van lithologische logs berekend door de CPT-IT-software, rekening houdend met de specifieke lokale kenmerken, werden voor elke sondering apart de grote lithologische eenheden en sub-eenheden uitgefilterd.

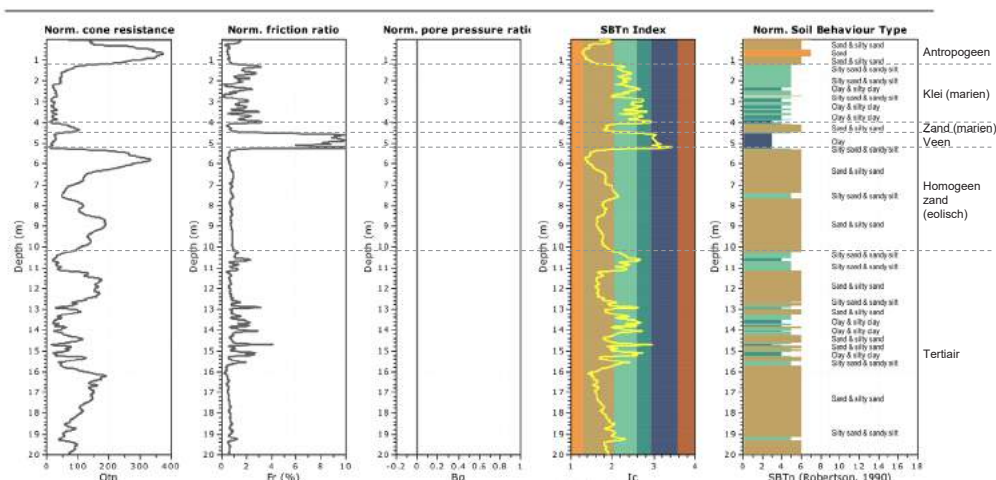


Fig. 80. Van links naar rechts, curves van genormaliseerde Conusweerstand (Q_{tn}), Wrijvingsratio (Fr), hydrostatische druk (Bq), I_c index en bodemtype (SBTn) van een CPT uit de Zeebrugse achterhaven

2.4.1.6. Stratigrafische eenheden

Eens de data zijn verzameld in de inventaris, volgt een laatste stap in het inventarisatieproces, de interpretatie van de beschikbare data naar uniforme stratigrafische eenheden. Gezien de inventaris werd opgebouwd uit diverse bronnen uit diverse perioden, en ondanks dat de data in dezelfde geodatabank-structuur werden gezet, is het evident dat deze data niet homogeen zijn over de diverse databronnen/sites. Het is echter noodzakelijk voor verdere interpretaties en analyses om de geïnventariseerde data te standaardiseren. Hiervoor wordt in de geodatabank ruimte voorzien voor een interpretatie van de beschikbare data naar een classificatie in uniforme stratigrafische eenheden die nodig is voor dit syntheseonderzoek. Deze classificatie onderscheidt de belangrijkste lithologische eenheden en bevat de volgende 4 klassen:

Stratigrafie type	Naam
1	Recente ophoging of ploeglaag
2	Laat-holocene getijdenafzettingen of ontveend
3	Holocene veenlaag
4	Pleistocene

Tabel 81. Overzicht van uniforme stratigrafische typologie die wordt gehanteerd over alle data

Zoals gezegd, gebeurt de interpretatie op basis van de bestaande data/beschrijvingen. Gezien de classificatie de grote stratigrafische of lithologische eenheden weergeeft, vormt dit geen probleem. De bestaande data zijn verzameld op een fijnere schaal, namelijk dat van de lagen of bodemhorizonten. Deze nieuwe classificatie interpreteert de bestaande data naar een ruimere schaal, namelijk die van de lithologische eenheden, waardoor die interpretatie telkens een generalisering van de bestaande data vertegenwoordigt. Ondanks de sterk uiteenlopende karakteristieken van deze lithologische eenheden kunnen de bestaande data op deze manier telkens eenduidig worden geïnterpreteerd.

2.4.2. Transecten en ondergrondmodellen

2.4.2.1. Rockworks

De inventaris met de verzamelde boor- en sondeerdata werd in een eerste instantie gebruikt om een aantal stratigrafische transecten op te stellen en vervolgens om ook ondergrondmodellen op te stellen. Hiervoor worden respectievelijk de softwarepakketten Strater en Rockworks gebruikt.

In een verdere stap wordt de data in de inventaris gebruikt om een aantal ondergrondmodellen te genereren. Ook hier worden opnieuw de horizontbeschrijvingen en locatiedata gebruikt uit de inventaris. In tegenstelling tot de

stratigrafische transecten worden bij het opmaken van de ondergrondmodellen wel interpolatiemethoden gebruikt om de waarde tussen de datapunten te berekenen. Hierbij wordt met de Natural Neighbor interpolatie-methode (NN) gewerkt. Dit is een lokale interpolatiemethode die een gewogen gemiddelde berekent voor elk geïnterpoleerd punt op basis van de Thiessen-polygonen. Gezien de dataset voor dit projectgebied duidelijke clustering vertoont in verschillende zones blijkt de NN-methode het meest geschikt. De ondergrondmodellen worden gegenereerd en verwerkt door de Rockworks software tot rasterbeelden en worden dan vervolgens in een GIS-omgeving verwerkt tot kaarten. Deze software is zeer interessant om snel grote hoeveelheden data te verwerken.

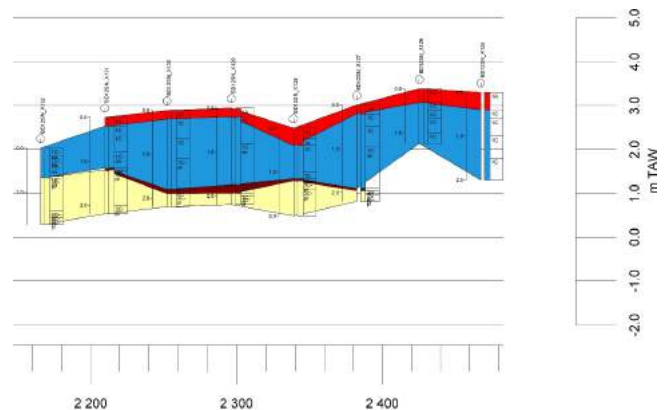


Fig. 82. Voorbeeld van de opmaak van een stratigrafische transect in Rockworks

2.4.2.2. Strater

De stratigrafische transecten worden in Strater opgemaakt op basis van de verzamelde data in de inventaris. Concreet worden de data gevisualiseerd naar de stratigrafische eenheden, gelokaliseerd volgens hun coördinaten en aan elkaar gecorreleerd. De eigenlijke transecten worden opgebouwd door de overeenkomstige stratigrafische eenheden in nabijgelegen boringen direct met elkaar te correleren. Bij het opstellen van deze stratigrafische transecten worden telkens de uniforme stratigrafische eenheden gevisualiseerd (Tabel 5). Dit om uiteraard uniforme data over alle punten weer te geven. Met deze software worden op een vlotte manier bewerkingen uitgevoerd in de tekeningen door onder meer correlaties aan te duiden op basis van interpretaties van de stratigrafie.

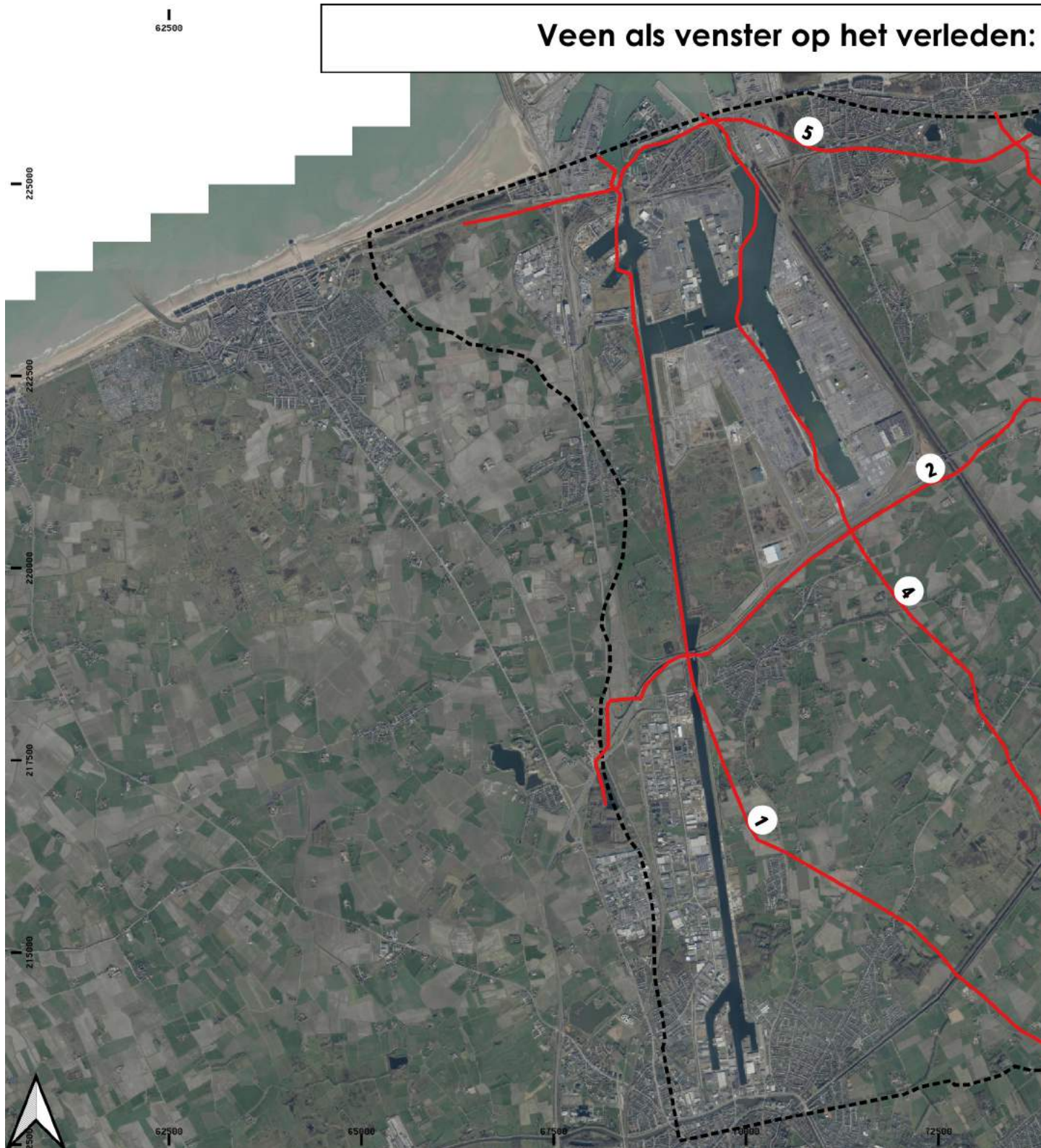
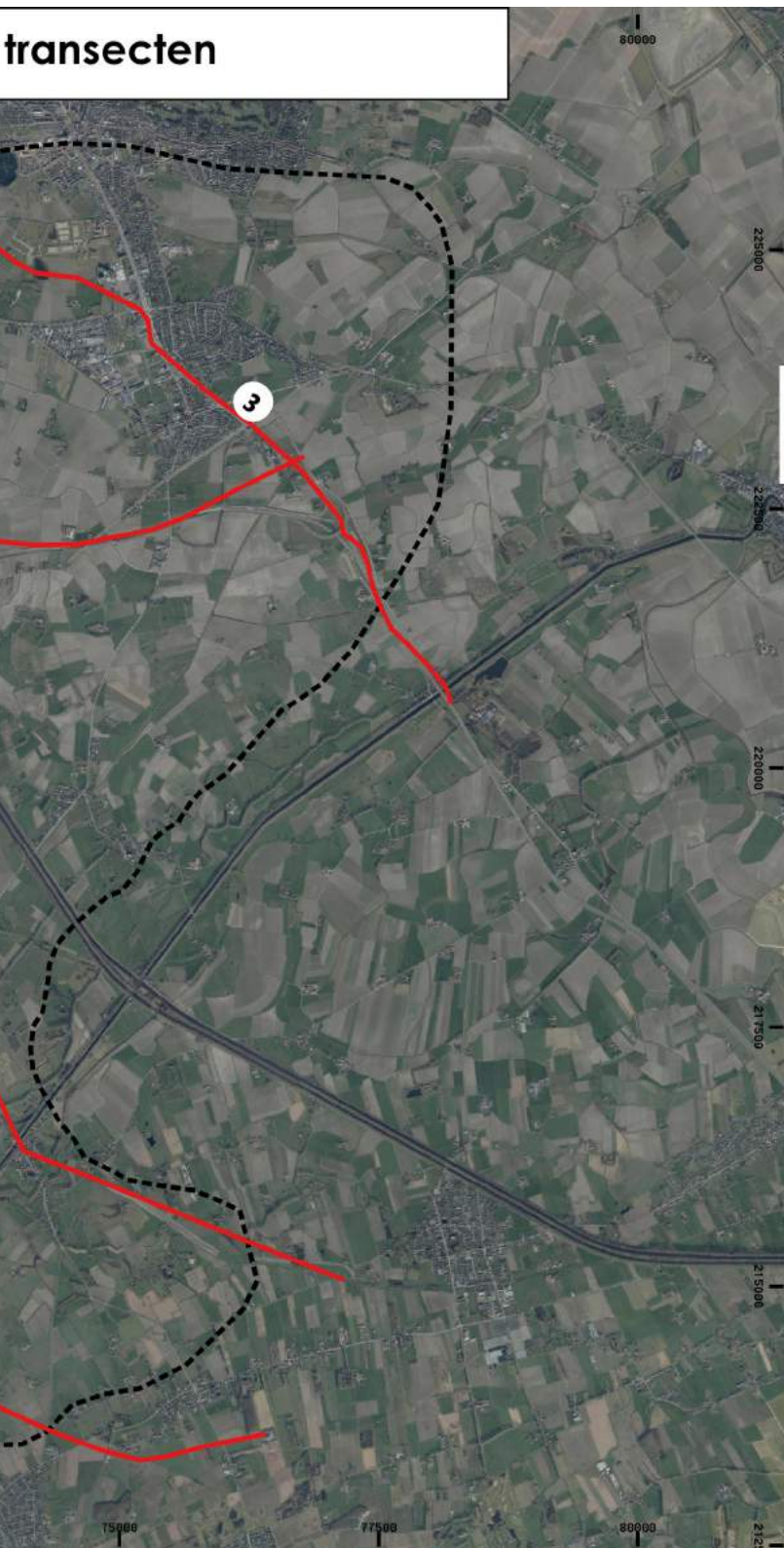


Fig. 83. De ligging van de vijf bestudeerde transecten



2.4.3. Inventaris van de gekende boor- en sonderingsonderzoeken: transecten

2.4.3.1. Transect 1

Het eerste transect is ongeveer 16,5 km lang. Het valt op te splitsen in twee segmenten die zich van elkaar onderscheiden door hun oriëntatie. Het zuidelijke segment situeert zich ten noordoosten van Brugge en heeft een NW-ZO oriëntatie over een lengte van circa 9,5 km. De boringen waaruit dit segment is opgebouwd zijn slechts enkele meter diep. Het noordelijke segment is vervolgens ongeveer 7 km lang en heeft een NNW-ZZO oriëntatie. Het volgt het kanaal Brugge-Zeebrugge vanaf de Brugse stadskern tot aan de zeehaven in Zeebrugge. Dit segment is voornamelijk opgebouwd uit sonderingen maar ook enkele diepe boringen.

Het noordelijke segment geeft een uniforme stratigrafie weer met een pleistocene basis die wordt afgedekt door een veenafzetting. Dit organische niveau heeft een relatief gelijkmatige dikte langs dit noordelijk segment. Enige erosie in dit veenpakket valt enkel af te leiden uit de lokale afwezigheid. In het zuiden van dit segment wordt het veenpakket minder dik, wat hier een vermoedelijk gevolg is van het stijgende pleistocene oppervlak. De grotere variatie die hier in de dikte van het veenpakket wordt geobserveerd is eveneens een indicatie voor een meer frequente erosie of voor veenwinning. Het veen wordt op zijn beurt afgedekt door mariene sedimenten en een dik antropogeen ophogingspakket. De grote dikte van de mariene sedimenten aan zowel het noordelijke als het zuidelijk uiteinde van dit segment zijn een indicatie van grote getijdegeulen.

Op basis van enkel dit stratigrafisch transect is het moeilijk om het hoogteverschil tussen het hoger gelegen noordelijke en het lager gelegen zuidelijke segment te verklaren. Op het DHM situeren de sonderingen zich op een dijklichaam. De hogere topografische positie van het noordelijke segment is dus vermoedelijk een gevolg van een dikker ophogingspakket dan is herkend in de sonderingen. Indien de ophoging is gebeurd met van oorsprong marien sediment is dit moeilijk te onderscheiden op basis van geotechnische sonderingen.

In het zuidelijke segment van het transect is slechts een deel van de stratigrafie zichtbaar als gevolg van de vele relatief ondiepe boringen. Niettemin wordt wel duidelijk uit deze data dat de pleistocene top gestaag stijgt in zuidelijke richting, waar het uiteindelijk dagzoomt. In de noordelijke zone van dit segment wordt een depressie geobserveerd die zich ook vertaalt in een dikkere afzetting van mariene sedimenten. Het veenpakket is minder dik en de variatie in dikte is groter dan in het noordelijke segment. Deze variatie is vermoedelijk een gevolg van oppervlakkige erosie van het veen. De antropogene afzettingen zijn ook duidelijk minder dik, behalve op enkele beperkte locaties, wat hier eerder wijst op een antropogene bewerking. De topografie van dit segment van het transect is duidelijk meer natuurlijk

van aard, met geringe hoogteverschillen. Enige kleine hoogteverschillen worden hier gevormd door kreekkruggen.

2.4.3.2. Transect 2

Het tweede transect is bij benadering recht en heeft een WZW-ONO oriëntatie over een afstand van ca. 11,3 km. Aan de oostelijke en westelijke uiteinden is het transect opgebouwd uit sonderingen en diepe boringen, terwijl het centrale deel slechts is opgebouwd uit ondiepe boringen, die niet altijd het pleistocene substraat bereiken. Net zoals bij het eerste transect is hier ter hoogte van de zeehaven van Zeebrugge vermoedelijk een antropogene ophoging, opgebouwd uit mariene sedimenten, geïnterpreteerd als een lokale verdikking van de mariene sedimenten.

Op basis van de stratigrafie is het mogelijk om dit transect te verdelen in drie segmenten. Aan de oostelijke en westelijke uiteinden wordt in de pleistocene top twee depressies geobserveerd die zijn opgevuld door dikke mariene afzettingen. De oorsprong van een groot deel van deze depressies is niet duidelijk. Een aantal kunnen gevormd zijn door insnijdingen van grote getijdegeulen. Echter, de aanwezigheid van veenfragmenten is een indicatie voor een oudere datering.

In het centrale deel van transect 2 ligt de top van de pleistocene afzettingen hoger en is dit afgedekt door veen. Dit segment kenmerkt zich eveneens door een minder dik pakket mariene sedimenten. De afwezigheid van een veenafzetting in bepaalde boringen is een indicatie voor een lokale erosie of veenwinning.

2.4.3.3. Transect 3

Het derde transect is ongeveer 7,5 km lang en heeft een NW-ZO oriëntatie. Het is opgebouwd uit segmenten van ondiepe boringen, sonderingen en diepe boringen. De stratigrafie is gekenmerkt door dikke afzettingen van marien sedimenten en de relatief diepe positie van de pleistocene top. Slechts in één zone in de zuidelijke helft van dit transect is de pleistocene top hoger gelegen. Deze zone kenmerkt zich verder ook door de lokale aanwezigheid van een veenpakket, afwezig in de rest van het transect.

2.4.3.4. Transect 4

Transect 4 heeft, net zoals transecten 1 en 3, een NW-ZO oriëntatie. Dit transect is opgebouwd door een dichte spreiding van sonderingen in het centrale deel terwijl de data aan de uiteinden meer verspreid zijn en opgebouwd uit zowel boringen als sonderingen. In tegenstelling tot transect 3 is op transect 4 te zien dat de pleistocene top relatief hoog ligt en de mariene afzettingen boven het veen relatief dun zijn. De sterke concentratie van sonderingen in

het centrale deel laat toe om de lokale variatie in de dikte van het veen toe te schrijven aan de oude micro-topografie van het pleistocene oppervlak. Net zoals bij transect 1 neemt de dikte van het veen toe naar het noorden en ligt de top van het pleistoceen gemiddeld lager. Aan het noordelijke uiteinde van het transect wordt een opvallend dik pakket aan mariene sedimenten aangetroffen, dat hier vermoedelijk een opgevulde getijdegeul is.

2.4.3.5. Transect 5

Dit transect heeft bij benadering dezelfde W-O oriëntatie als transect 2. Door de aanwezigheid van ondiepe boordata aan de uiteinden van het transect is de stratigrafie daar slechts deels observeerbaar. In het centrale deel van het transect is de pleistocene top merkbaar regelmatig in vergelijking met transect 4. Een depressie zonder enige veenafzetting lijkt hier gevormd door een getijdegeul. Daar naast blijkt het veen een regelmatige dikte te hebben.

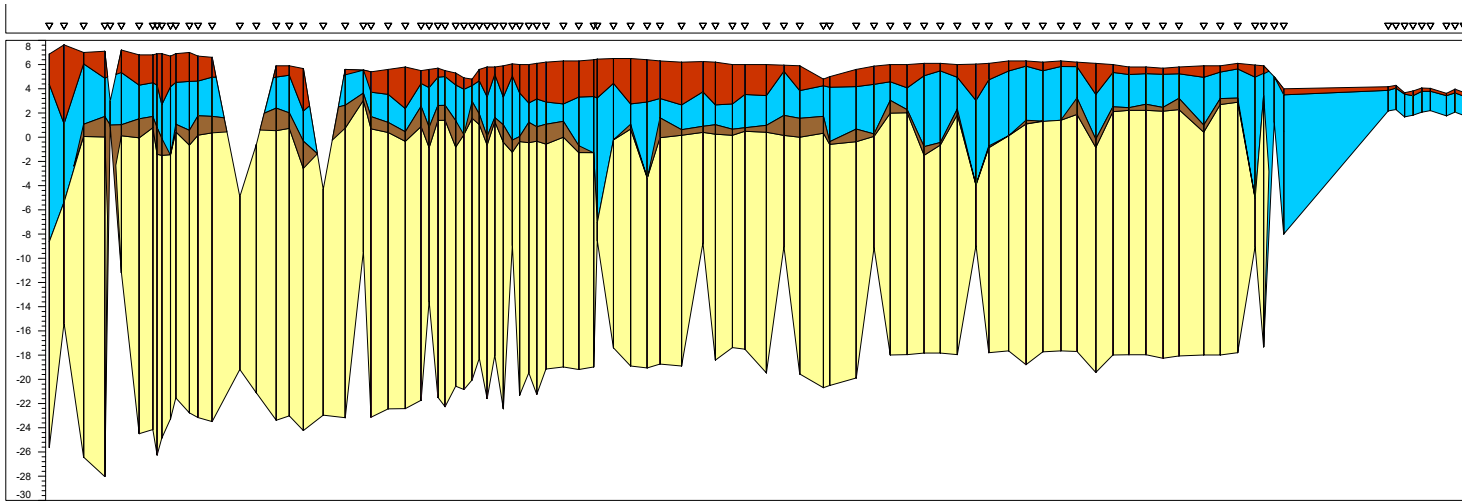


Fig. 86. Transect 1

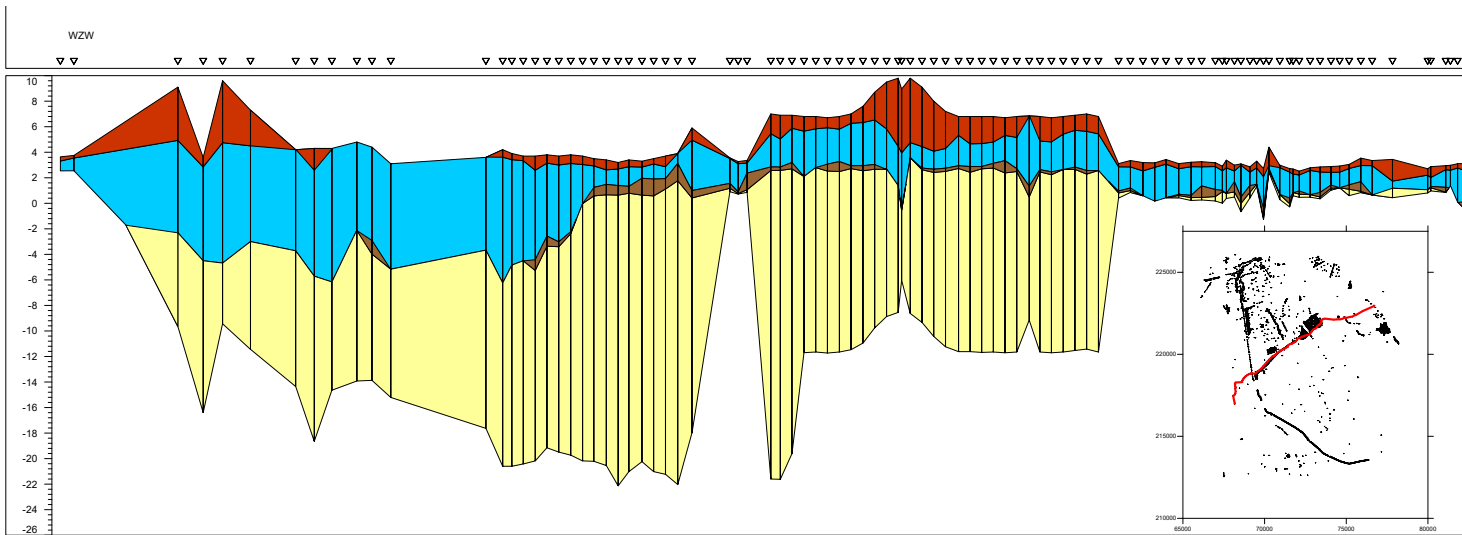


Fig. 84. Transect 2

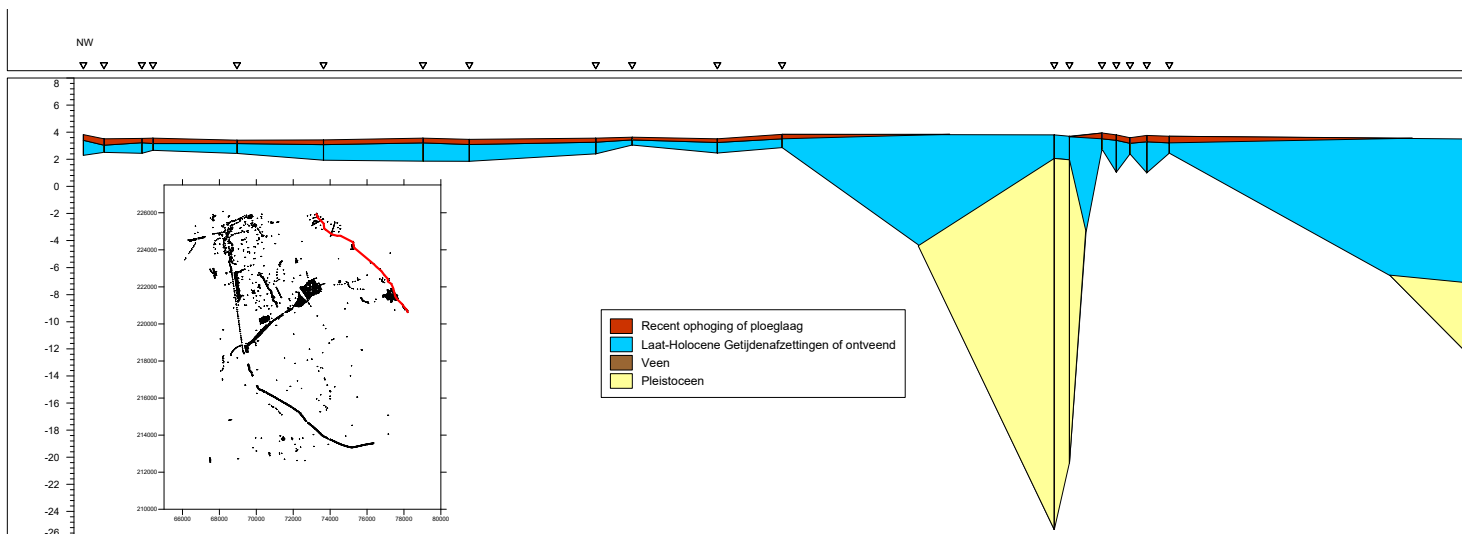
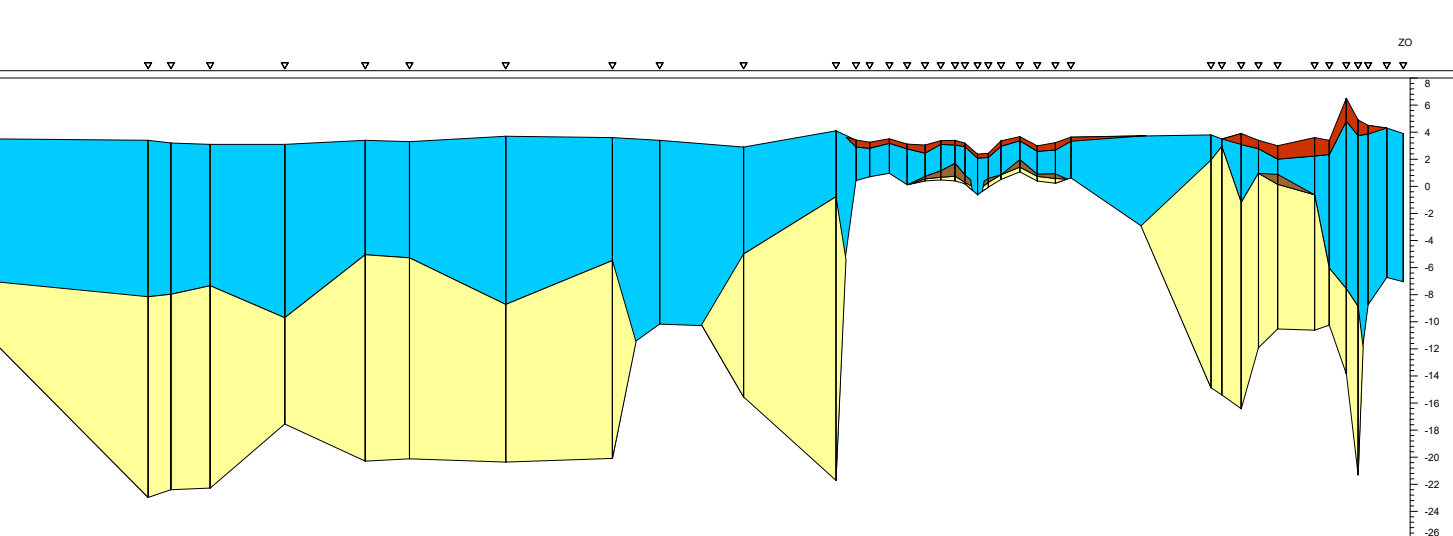
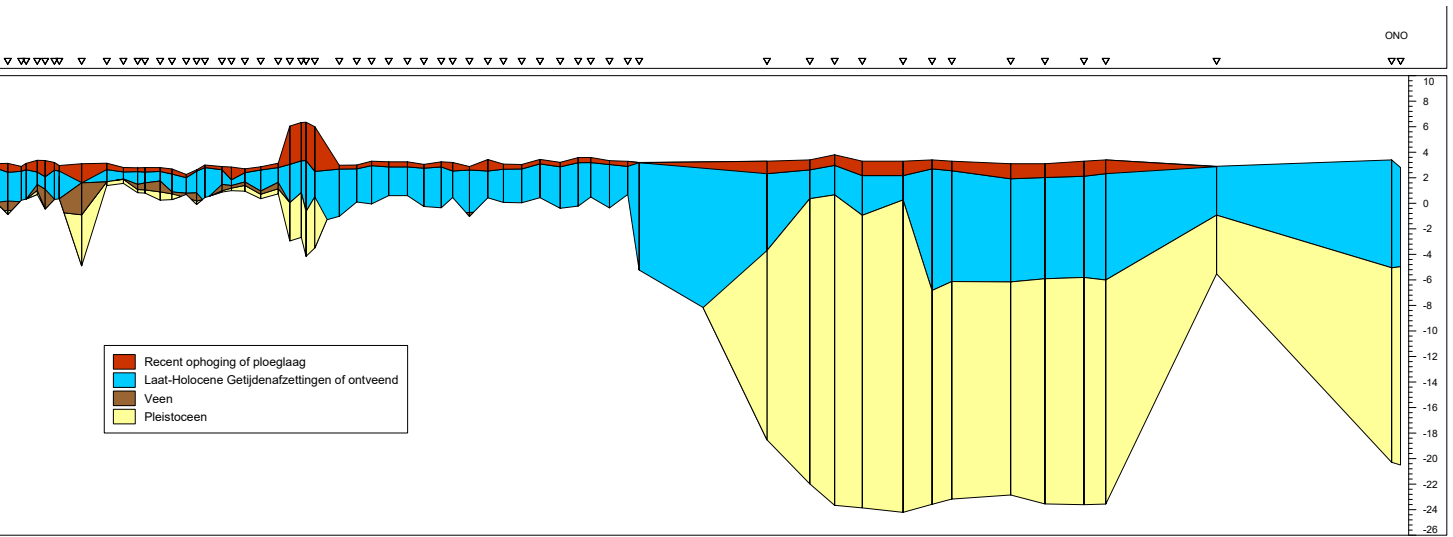
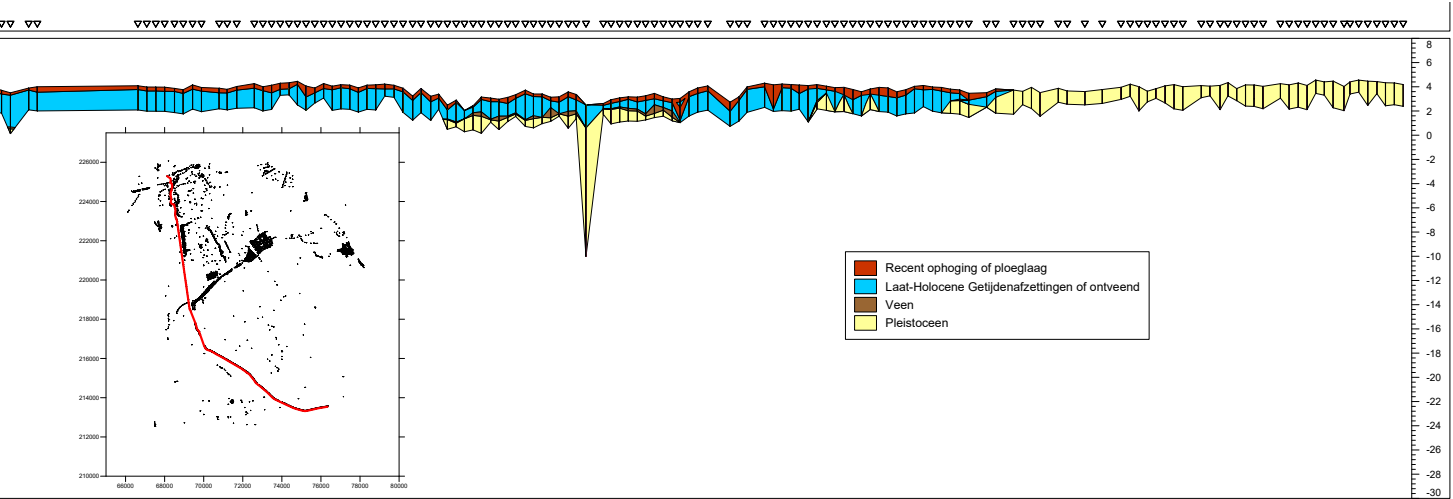


Fig. 85. Transect 3



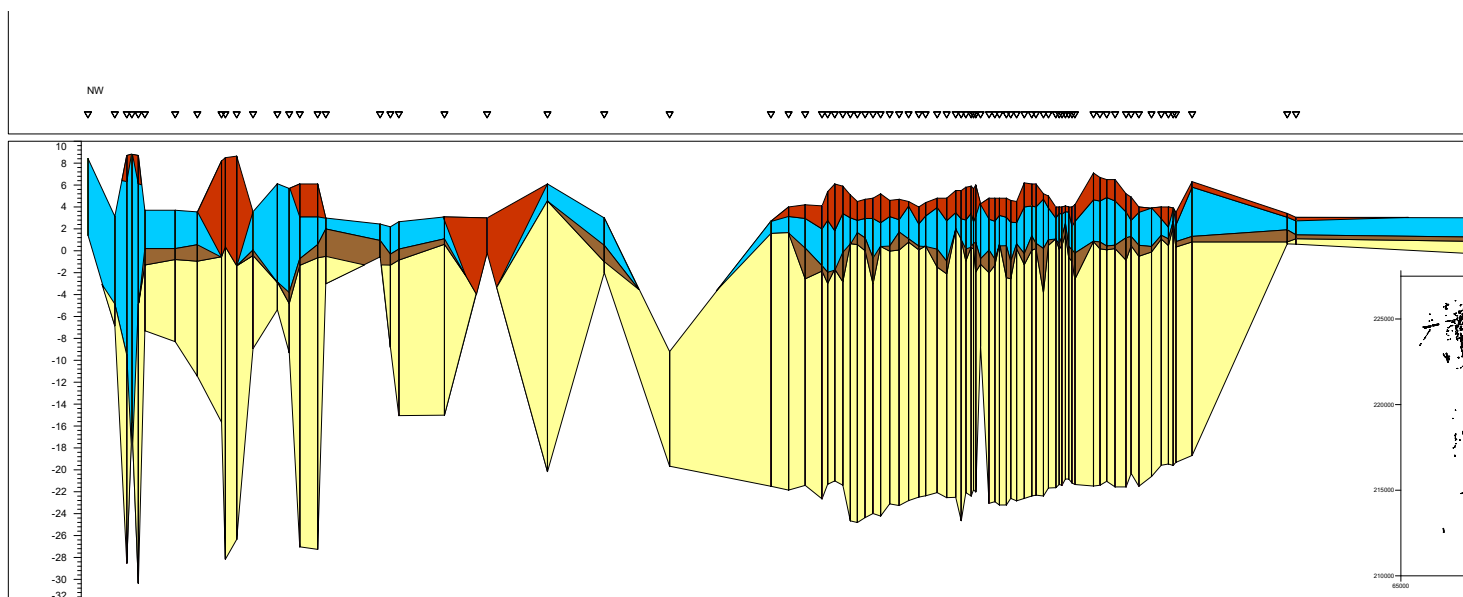


Fig. 87. Transect 4

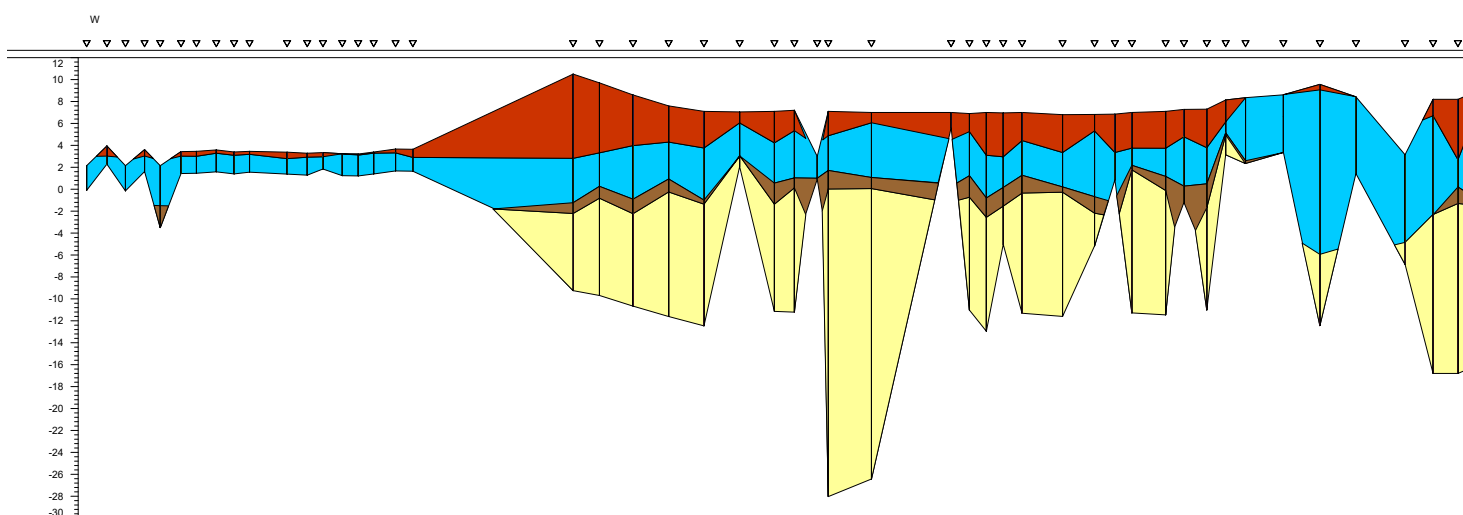
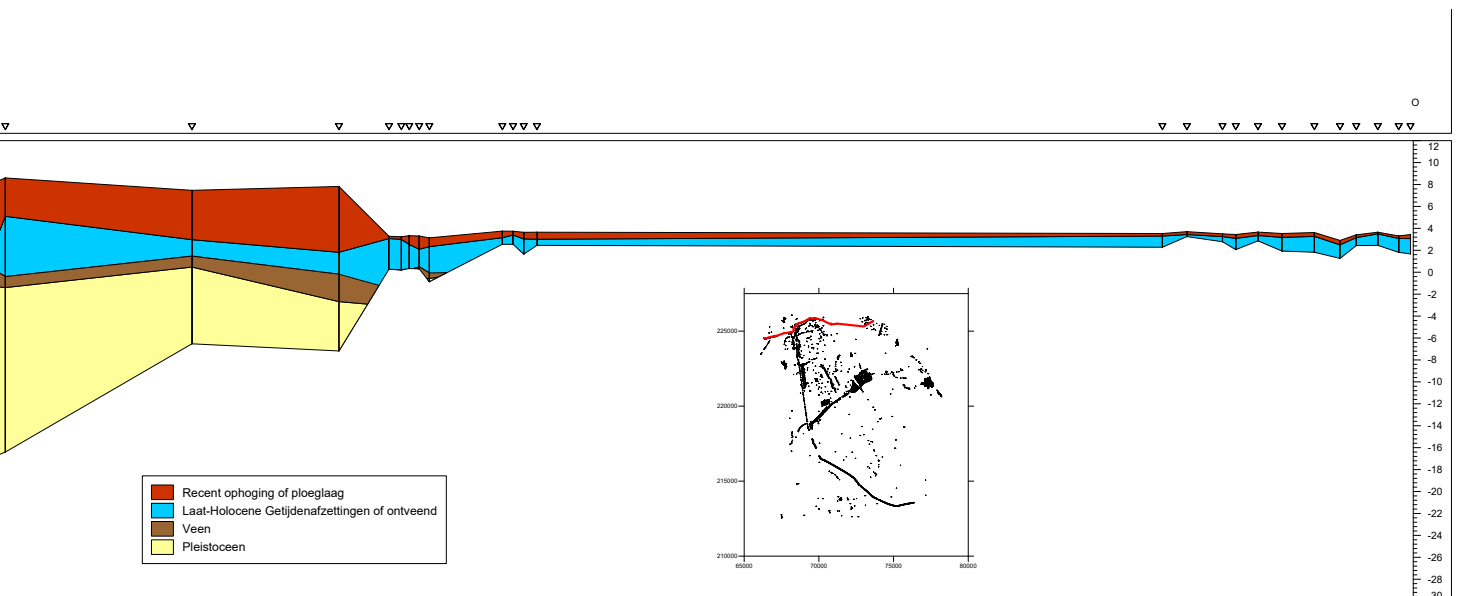
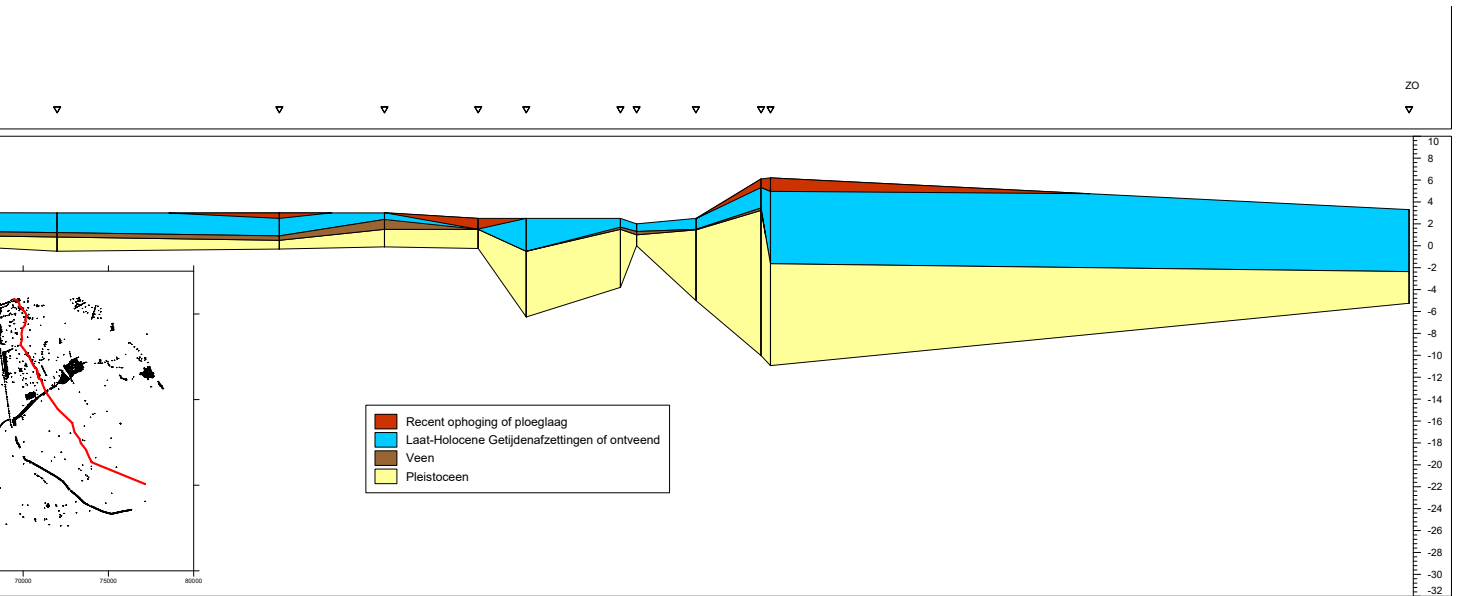


Fig. 88. Transect 5



2.4.4. Inventaris van de gekende boor- en sonderingsonderzoeken: Paleotopografie

Op basis van de data werden twee hoogtekarten opgemaakt. Gezien de ruime spreiding van de beschikbare sonderingen en veelal lineaire boordata gebeurde de interpolatie aan de hand van een *Natural Neighbor* analyse.

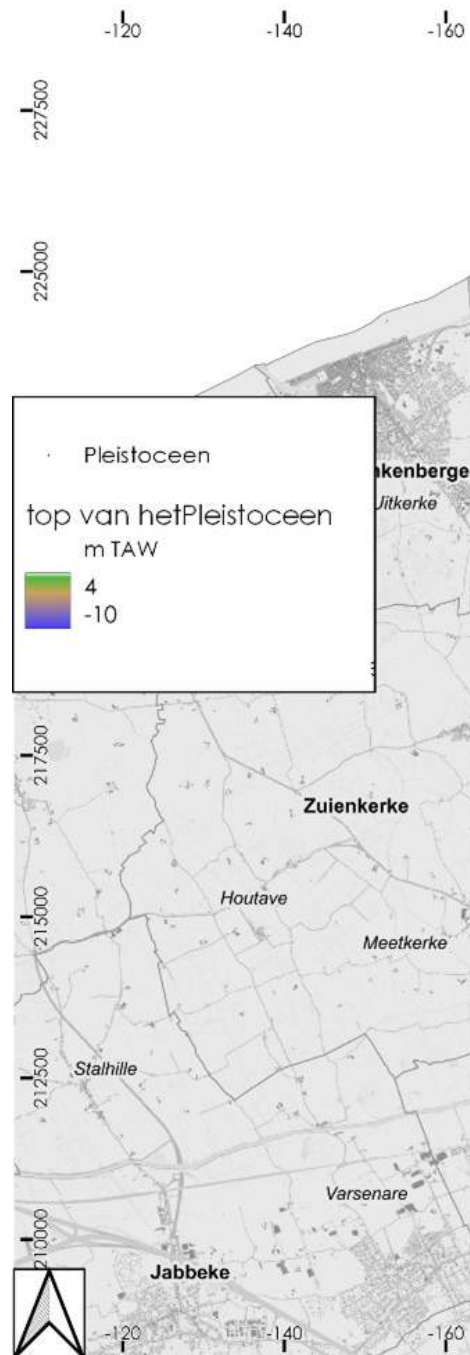
2.4.4.1. Hoogte van de top van het Pleistoceen

De eerste hoogtekaart is gemaakt op basis van de data over de hoogte van de pleistocene top. De interpolatie geeft ook de impact weer van insnijdingen door getijdegeulen aan het begin van het Holoceen. De concentratie van de beschikbare data is het grootst aan de noordelijke kant van dit DHM. De waarden variëren tussen ca. 4 en -10 m TAW. Globaal gezien toont dit oppervlak verschillende depressies die worden gescheiden door een licht hellend reliëf dat afloopt naar het noorden. De depressies tekenen zich af als gebogen corridors, hebben grote ruimtelijke afmetingen en zijn relatief diep ingesneden.

2.4.4.2. Paleotopografie van het Pleistoceen

De tweede hoogtekaart werd opgemaakt enkel op basis van de sonderingen en boringen waar een veenpakket werd geobserveerd bovenop het pleistocene niveau. Het aantal waarnemingen dat werd gebruikt tijdens de interpolatie is dus beperkter in vergelijking met de eerste kaart, maar hierbij wordt het effect van insnijdingen van getijdegeulen door het gebied weggewerkt. Evenzeer worden tijdens de interpolatie geen gegevens meegenomen uit zones waar uit onderzoek blijkt nooit enige veenvorming te hebben plaatsgevonden. Dit is met name het geval in de zuidelijke zone van het projectgebied waar de pleistocene afzettingen altijd aan het oppervlak zijn blijven liggen, buiten het bereik van enige mariene invloed. Ten slotte valt ook bij deze hoogtekaart op dat er een ruimtelijke concentratie is van de beschikbare sonderings- en boordata in de noordelijke helft van het gebied.

Deze kaart dekt een minder groot gebied in vergelijking met de vorige. De beperktere oppervlakte is vooral te zien langs de zuidelijke grens, waar het veensubstraat afwezig is door het dagzomende Pleistoceen en langs de oostelijke grens. In het oostelijk deel van dit DHM worden de diepe depressies die zichtbaar zijn in Figuur 44 niet geobserveerd. Waar de depressies in de noordelijke en zuidwestelijke zones worden waargenomen zijn ze ook merkbaar minder diep. In de noordelijke zone, waar de beschikbare data het meest geconcentreerd zijn, wordt steeds een micro-topografie geobserveerd maar de hellingen en hoogtes zijn minder uitgesproken.



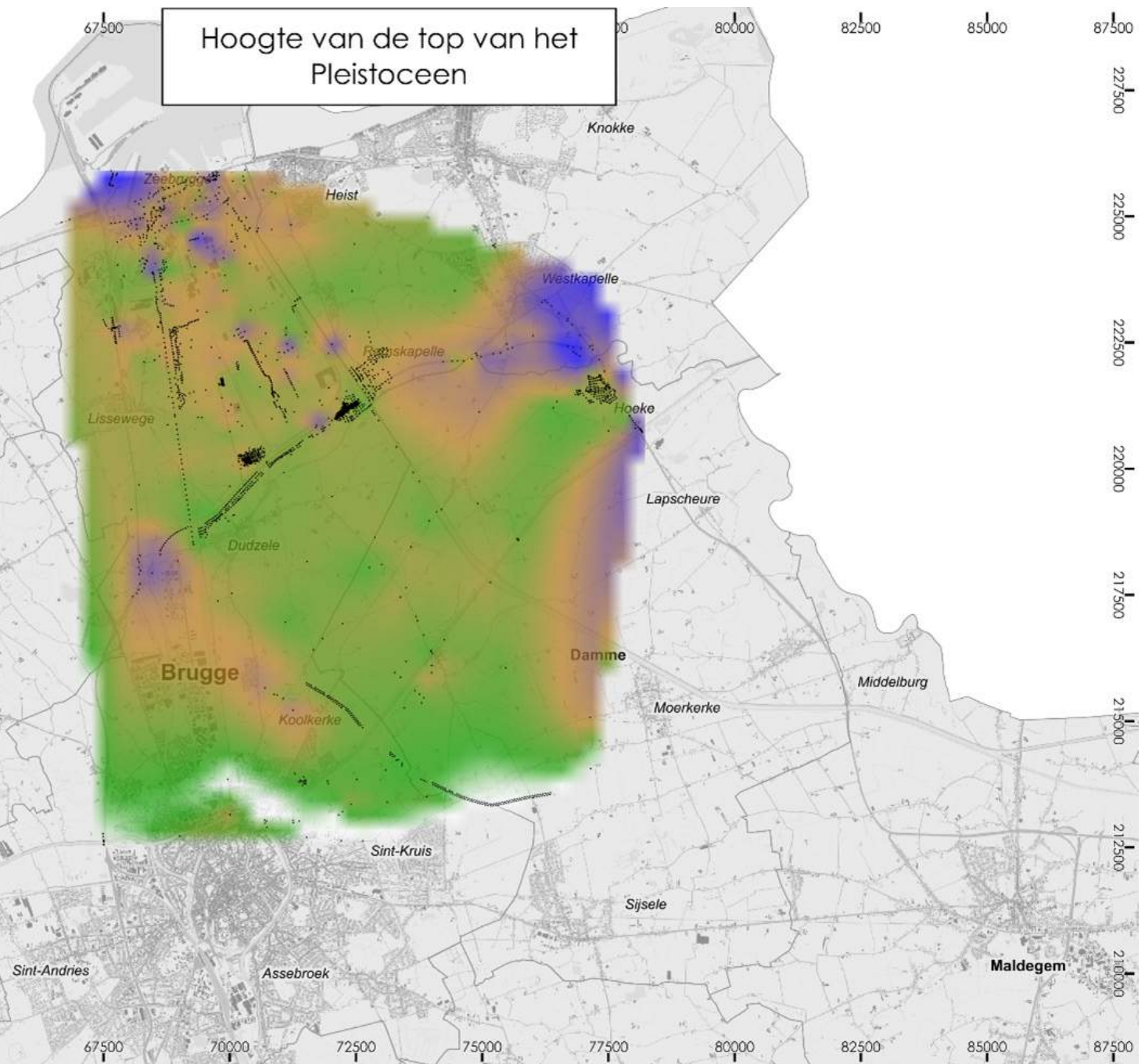


Fig. 89. Topografie van de top van de pleistocene afzettingen

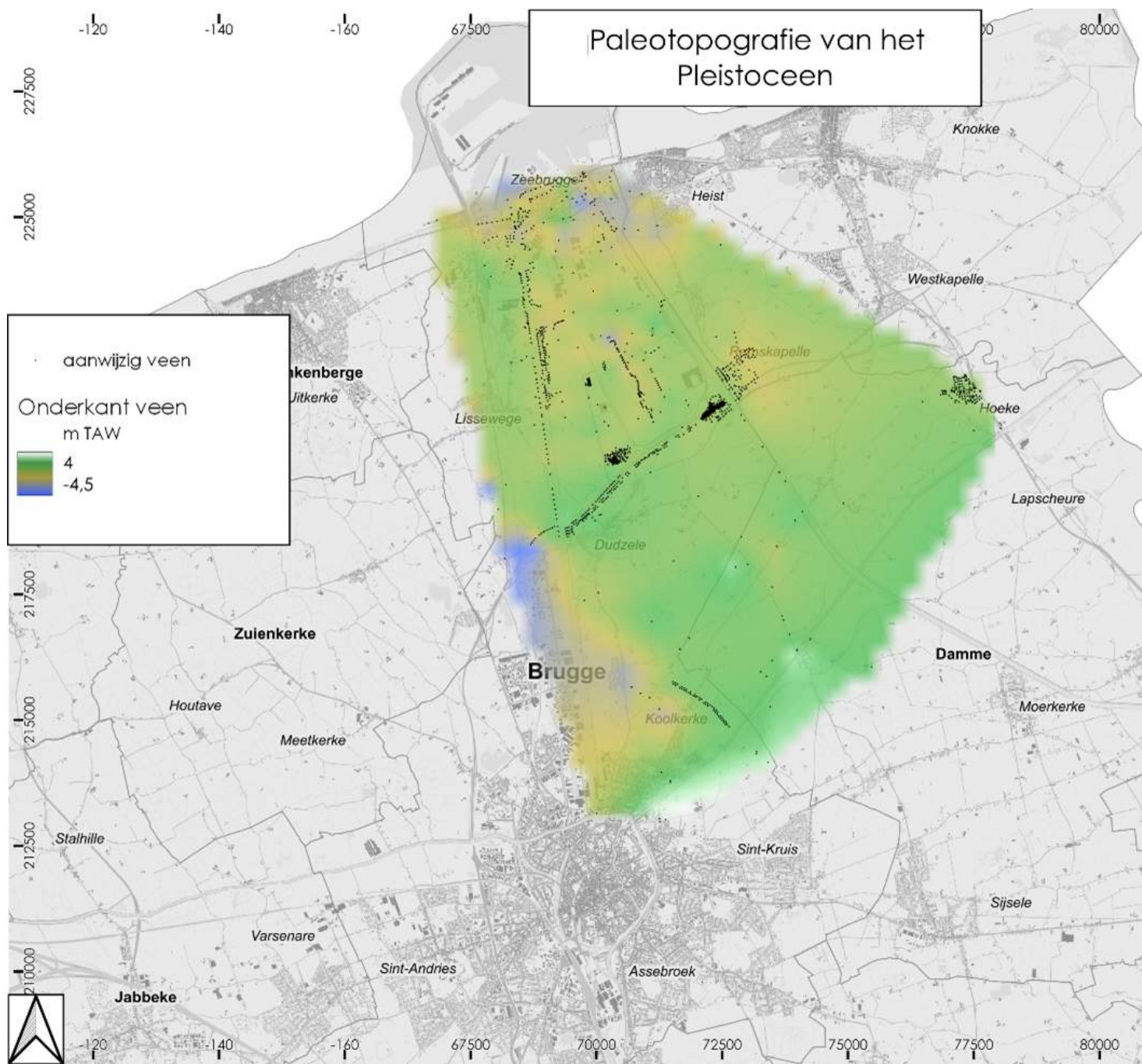


Fig. 90. Paleotopografie aan het begin van het Holoceen op basis van interpolatie en uitfiltering van latere geulinsnijdingen



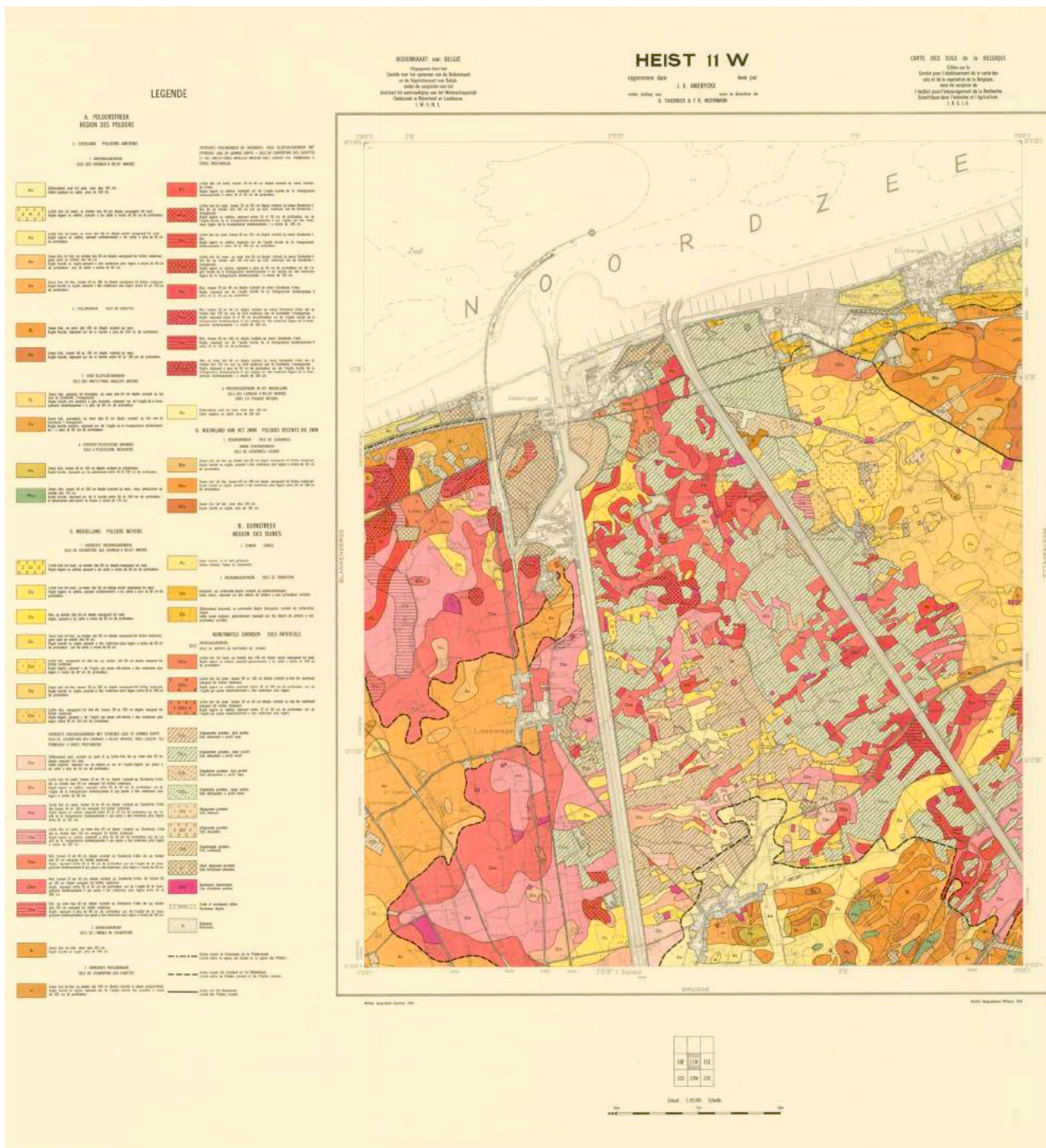


Fig. 91. Kaartblad Heist 11W van de Bodemkaart van België (Ameryckx, 1954)

2.5. Inventaris van de Bodemkaart van België in het studiegebied

2.5.1. Inleiding

De Bodemkaart van België is een zeer frequent gebruikt, maar niet steeds begrepen instrument in de toolbox van wetenschappers en archeologen. Een nieuwe blik op de Belgische Bodemkaart werpt belangrijke vragen op. Waar zit er veen in de ondergrond? En in welke mate kan de Belgische bodemkaart een bron van informatie zijn om dit te achterhalen?

Hieronder worden de ontstaanstheorieën die aan de grond liggen van de kustpolderlegende en de achterliggende redenering bij de kustpolderlegende toegelicht. Vervolgens worden de bouwstenen van de kaart geanalyseerd. Uiteindelijk wordt geëvalueerd hoeveel informatie de kaart biedt om te bepalen of veen in de ondergrond aanwezig kan zijn.

2.5.2. Geschiedenis van de Belgische Bodemkaart

Na de Tweede Wereldoorlog was het verzekeren van de voedselproductie in Europa prioritair. Hierbij groeide ook het besef van een optimaal bodemgebruik, waarbij gestreefd werd de juiste gewassen op de juiste bodemtypes te telen. Geïnspireerd door de Verenigde Staten werd

in verschillende landen begonnen met de opmaak van nationale bodemkaarten. In België begon men in 1947 met een systematisch bodemkartering onder leiding van Prof. Dr. R. Tavernier (Tavernier, 1950). Dit gigantische nationale karteringsproject werd uitgevoerd onder de auspiciën van het IWONL (Instituut tot aanmoediging van het Wetenschappelijk Onderzoek in Nijverheid en Landbouw).

De kustpolders zijn algemeen gesteld de vruchtbaarste bodems van België. Het is dan ook niet verwonderlijk dat deze regio als eerste gekarteerd werd. In Nederland was men al enkele jaren eerder begonnen met de bodemkartering (van polderbodems). De aanzet van de bodemkartering van België werd daarom begeleid door Nederlandse ervaringsdeskundigen.

De kustpolders zijn gekenmerkt door jonge tot zeer jonge bodems met weinig tot geen bodemontwikkeling. Daarom werd een karteringslegende uitgewerkt waar de aardkundige eenheden (estuariene sedimenten, veen en dekzand) en de variatie in de sedimentologische opbouw (klei, silt, zand) centraal staan. Concreet gaat het om een geomorfologische-lithostratigrafische karteringslegende. De kuststreek werd ingedeeld in een reeks bodemlandschappen (Moormann en Ameryckx, 1950), waarbij de oostkustpolders als een apart landschap herkend werden.



Fig. 92. René Tavernier (midden) in 1990 in Texas met collega's Roger Langohr (links) en Hari Eswaran (rechts) tijdens de 'International soil correlation meeting on classification and management of wet soils' (Ugent/privé-archief Roger Langohr)

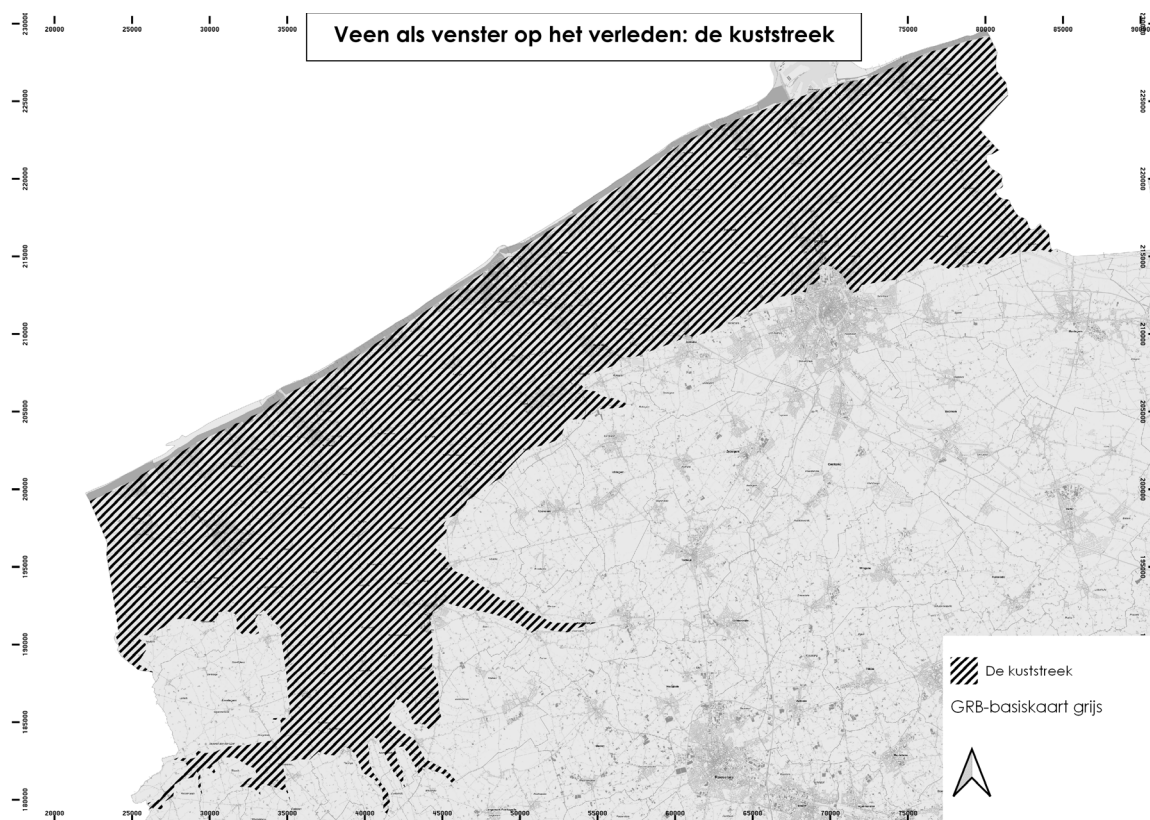


Fig. 93. Het gearceerde gebied duidt de streek aan gekend als de kuststreek. Deze regio werd gekarteerd volgens de geomorfologische-lithostratigrafische karteringslegende. Elders werd de morfogenetische legende toegepast.

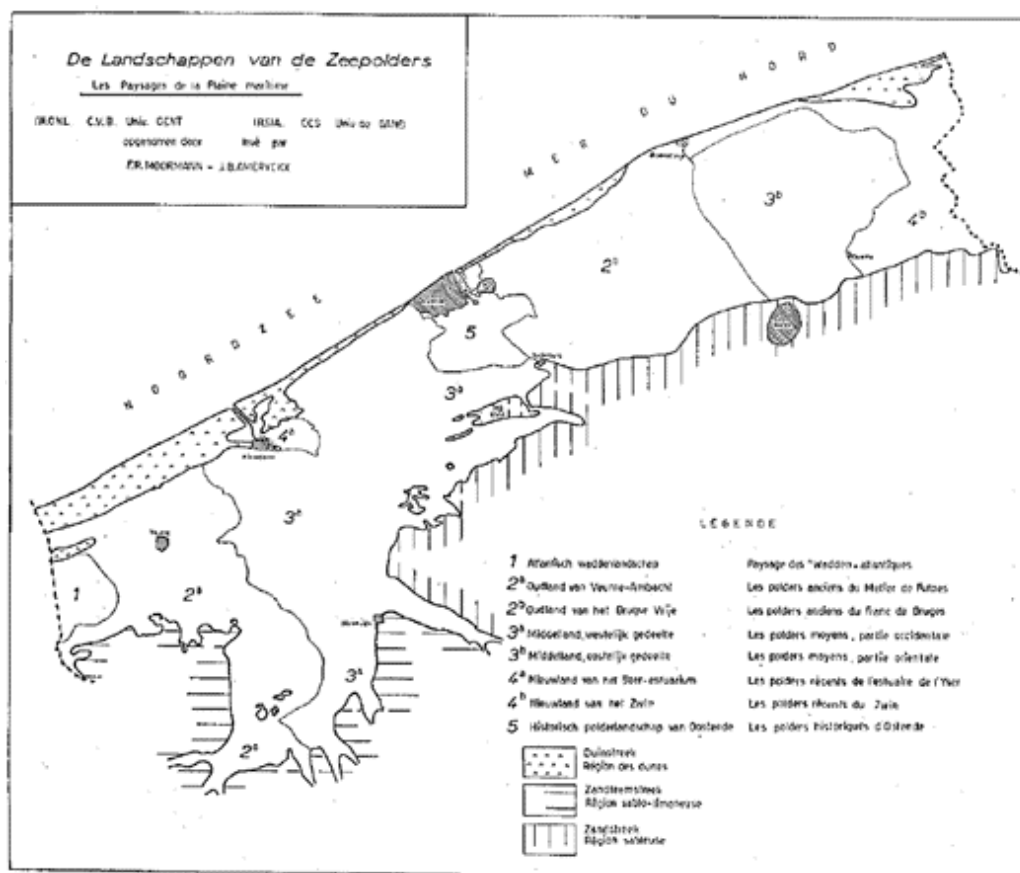


Fig. 94. Regionale indeling van de kustpolderbodems. Het veensynthese projectgebied komt grotendeels overeen met het landschap dat hier is aangeduid als 3b: Middelland, oostelijke gedeelte (Volgens Moormann en Ameryckx, 1950)

2.5.3. De ontstaansgeschiedenis van de polders zoals geïnterpreteerd tijdens de bodemkartering (Ameryckx, 1959)

De bodemkartering van de kustpolders gaat gepaard met een theorie voor de ontstaansgeschiedenis, die hier geschetst wordt. Volgens deze theorie kende de streek veengroei vanaf ongeveer 1000 tot 200 voor Christus. Het veen werd aan de zeezijde begrensd door een duinengordel, omschreven als de 'oude duinen'. Tijdens de laatste 2400 jaar gaf een zeespiegelrijzing aanleiding tot de Duinkerke transgressie, ingedeeld in drie fasen van transgressie met tussenin periodes zonder veel verandering. Tijdens deze periode werden tot enkele meters dikke marine sedimenten afgezet. Bij een transgressie stijgt de relatieve zeespiegel en worden terrestrische sedimenten bedekt met marine sedimenten.

Een transgressie, kan het resultaat zijn van:

- Tektonische opheffing, waarbij de continentale plaat omhoog komt.
- Extreme klimatologische veranderingen. Bijvoorbeeld, tijdens de laatste ijstijd werd zodanig veel water in de wereldwijde gletsjers vastgebonden dat het niveau van de oceanen met ongeveer 120m verlaagde.
- Isostatische oplifting van de aardkorst. In het noorden van Zweden en Finland is de continentale plaat ongeveer 8 m omhoog gekomen na het wegsmelten van de pleistocene gletsjers.

Sinds het eind van de jaren '70 en het begin jaren '80 werden de bestaande ontstaanstheorieën gecontesteerd. Vanuit verschillende disciplines werden resultaten gepresenteerd die de opvattingen over de Holocene en in bijzonder de genese van de kustgebied in de laatste 2400 jaar voorgoed veranderd hebben (Ampe, 2013).

Het gebruik van de term 'transgressie' is moeilijk te verklaren in de context van het ontstaan van de kustpolders in België, met bovenstaande definities van een transgressie als uitgangspunt. In dit hoofdstuk wordt de ontstaansgeschiedenis van de kustpolders uiteengezet zoals deze werd geïnterpreteerd bij het opstellen van de Belgische bodemkaart. De term 'transgressie' wordt hierbij echter vervangen door 'overstromingsfase', waarbij wordt verstaan dat het kustlandschap in een periode van actieve overstromingen van het hinterland verkeerde, met erosie en sedimentatie van marine sedimenten. Tussenin twee overstromingsfasen waren er rustige periodes waarin de zee weinig of geen invloed op het binnenland had. Zonder in detail te treden zijn de geobserveerde overstromingsfasen en rustiger periodes het resultaat van een complex evenwicht tussen onder andere de getijdengolfwerking,

meteorologie, klimatologie en de antropogene impact op de kustlandschap.

2.5.3.1. De eerste overstromingsperiode (de Duinkerke I-fase)

Tijdens de eerste fase werden de oude duinen ter hoogte van de oostkustpolders volledig geërodeerd en de veenafzettingen werden gedeeltelijk overstromd. In de kreken werd eerder zandig materiaal afgezet, boven op de veeneilanden werd voornamelijk fijnkorrelig slip afgezet. Op termijn ontwikkelde zich een schorgebied beschermd tegen de zee door een nieuw reeks kustduinen (middeloude duinen).

2.5.3.2. De tweede overstromingsperiode (de Duinkerke II-fase)

Vanaf 400 na Christus begon de tweede overstromingsfase. Dit is de meest ingrijpende overstromingsfase voor de Vlaamse kust, waarin zo goed als het volledige onderzoeksgebied onder water kwam te staan. De middeloude duinen werden weggespoeld. Binnen het projectgebied ontwikkelden zich zeegeulen ten westen van Zeebrugge en ter hoogte van Heist. Deze fase wordt gekenmerkt door insnijdingen in sedimenten die zijn afgezet tijdens de eerste overstromingsfase en soms tot in het onderliggende veen. De overstromingsfase reikte ook verder landinwaarts en overspoelde ook andere veengebieden dan het geval was bij de eerste overstromingsfase. De oude- en de nieuwe geulensysteem liggen niet noodzakelijk boven elkaar.

Na een fase met overwegend erosie begon opnieuw sedimentatie met eerder zandig materiaal in de geulen en kreken daar waar de stroomsnelheden het groots waren en met eerder kleig materiaal op de (achter) schorren. Een kleidek bovenaan in de restgeulen en kreken wordt voornamelijk waargenomen dicht bij de zee dan verder in het binnenland. Een dergelijke kleidekafzetting is onder meer waargenomen ter hoogte van de dorpskern van Dudzele. Een andere mogelijkheid zijn geulen en kreken waarin de randen eerder opgevuld zijn met kleig materiaal en het centrale gedeelte volledig uit zandig materiaal bestaat.

Rond 800 na Christus was het schorregebied zodanig opgehoogd dat de gronden begon te rijpen. Tegelijk vormde zich een nieuwe duingordel. Alle sedimenten afgezet tijdens de eerste overstromingsfase zijn bedekt met sedimenten afkomstig van de tweede fase.

2.5.3.3. De derde overstromingsperiode, subfase IIIA (Middelland)

vanaf de 10e eeuw begon de laatste overstromingsfase (gekend als de Duinkerke IIIA en IIIB subfasen). Tijdens deze fasen werd in de eerste subfase de Zwingeuil uitgeschuurd. De duinen werden zwaar aangetast en behalve kleine gebieden ten westen van Lissewege en ten oosten van Dudzele werden zo goed als de volledige kustpolders met nieuwe sedimenten bedekt. De zones die gespaard werden tijdens deze derde overstromingssubfase zijn door de bodemkartering als Oudlandpolders ingekleurd. Om de overstromingen in westelijke richting te beperken werd de Blankenbergse dijk aangelegd. Deze subfase was qua erosie en sedimentatie minder ingrijpend, behalve ter hoogte van de inbraakgeulen zelf. Ter hoogte van Westkapelle en Ramskapelle werden enkele kleinere geulen gevormd die nadien bijna volledig dichtslibden op een smalle kronkelende afwateringsgracht na.

2.5.3.4. De derde overstromingsperiode, subfase IIIB

Vanaf de 11e eeuw werden het Zwingebied en het geulensysteem aanzienlijk uitgebreid door nieuwe overstromingen (subfase IIIB). Voordien werd een dijk aangelegd die liep van Uitkerke via Moerkerke over Heist, Knokke, Wetkapelle, Hoeke, Oostkerke en Damme. Aan de zeezijde werden nieuwe sedimenten afgezet, die ten westen van Heist voornamelijk uit lichte klei bestaan met een gemiddelde dikte van 40 cm. Ze horen bij de IIIA-afzettingen (Middelland). Ten oosten van Heist zijn vergelijkbare sedimenten afgezet, maar deze worden bij de IIIB-ouderdom (Nieuwland) gerekend. Elders bestaan de IIIB-afzettingen uit eerder kleiig en zwaar kleiig materiaal en zijn ze gemiddeld 70 tot 80 cm dik.

Vanaf de 10e en 11e eeuw ontwikkelt het jong duinlandschap zich. In het westen zijn de duinen vrij smal en rusten ze op poldersedimenten, in het oosten worden de duinafzettingen steeds breder.

2.5.4. De ontstaansgeschiedenis van de polders en de Belgische bodemkaart

Voor dit syntheseonderzoek is het belangrijk om de karteringsresultaten te belichten aan de hand van de toen geldende ontstaanstheorieën. Heel Vlaanderen, behalve de kuststreek, werd gekarteerd volgens de morfogenetische legende, inclusief de rivierpolders van het Meetjesland en op de linkeroever van de Schelde. Bij de morfogenetische legende worden de bodems geklasseerd gebruik makend van textuurklassen, drainageklassen en bodemontwikkelingsklassen.

Op de plaatsen waar de bodemkaart van Vlaanderen gekarteerd is volgens de morfogenetische legende wordt over het algemeen de kaart beter geïntegreerd in het archeologisch onderzoek. Dit in tegenstelling tot de polderlegende. Uiteraard werd de morfogenetische legende op een veel groter deel van Vlaanderen toegepast, maar ook het feit dat de binnenlandse legende veel transparanter is, speelt een rol.

De morfogenetische legende bestaat uit twee hiërarchische niveaus. Op het primaire niveau zijn er zeven textuurklassen (eerste symbool), negen drainageklassen (tweede symbool) en elf profielontwikkelingsklassen (derde symbool). Een begrip van de betekenis van deze 27 symbolen kan de gebruiker overal in het binnenland van Vlaanderen een indruk geven van het bodemlandschap.

De geomorfologisch-lithostratigrafische karteringslegende daarentegen bestaat uit 5 hiërarchische niveaus met een waaier aan verschillende series, subseries, types, subtypes en varianten. Het ontbreken van een algemene lijst van symbolen met eenzelfde betekenis die onafhankelijk is van het hiërarchische niveau maakt de bodemkaart onoverzichtelijk. Bijvoorbeeld A3 betekent 'natte duinen', maar betekent ook 'kreekruggrond bestaand uit klei, op minder dan 60 cm overgaand tot zand'.

Daarnaast is de kustlegende gebaseerd op geomorfologische en lithostratigrafische criteria. Deze criteria werden tenminste voor een deel bepaald om de bodems te karteren in functie van de toenmalige ontstaanstheorieën van de kustpolders. Hierdoor was er bijvoorbeeld bijzondere aandacht voor criteria die bepalen of een sediment bij een bepaalde overstromingsfase behoorde of niet. Dit verklaart de complexe structuur van de legende, die niet enkel het resultaat is van de bodemkartering maar ook van de landschapsinterpretatie.

2.5.5. De hiërarchie van de bodemkaart

Het projectgebied is 107,6 km² groot. Binnen dit gebied zijn 88 verschillende bodemkarteringseenheden geregistreerd. Hiervan behoren 74 eenheden tot de kustpolderlegende, de overige veertien eenheden werden geklasseerd volgens het morfogenetische systeem. De verdeling van de karteringseenheden per bodemlandschap is af te lezen uit de tabel. Hieruit blijkt dat gronden behorend tot het Middelland en de antropogene gronden 67,6 % van het totale gebied uitmaken. De duinen, het Nieuwland en de zandstreekbodems (tezamen 10,1 %) zijn gronden die voor het veensyntheseonderzoek minder belangrijk zijn. De kans op veen in het bodemprofiel is complexer dan het niveau van bodems doet vermoeden.

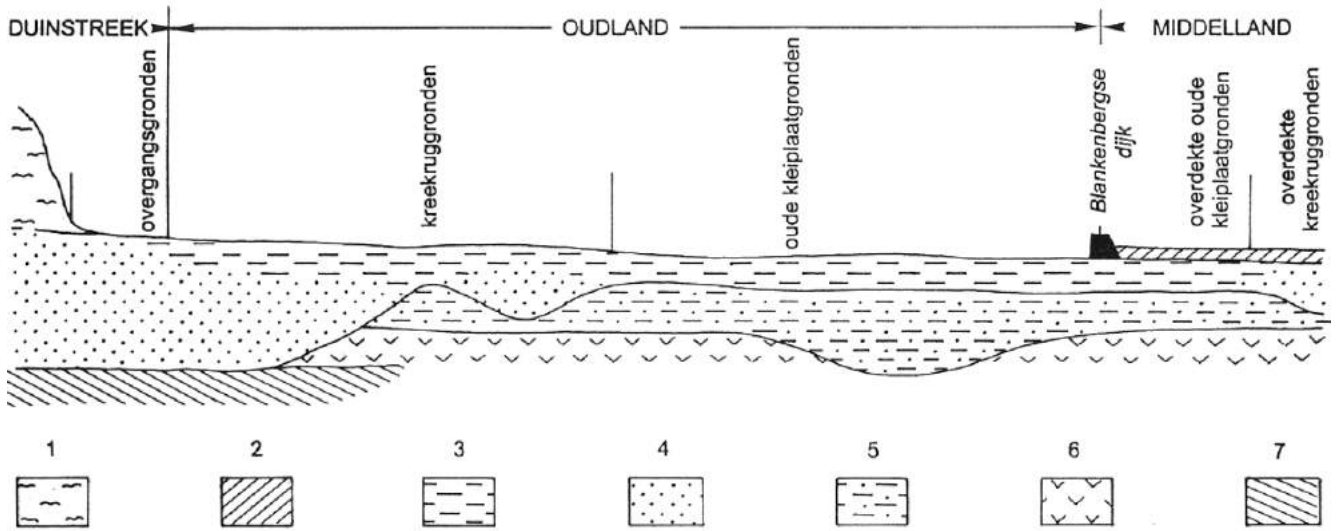


Fig. 95. Schematische voorstelling van de geologische opbouw van het gebied en van de bodemseries in de Polderstreek (Ameryckx et al., 1995). Legende 1: Middeloud duinzand; 2: Duinkerken I-afzettingen; 3: Duinkerken II-zand; 4: Duinkerken II-klei; 5: Veen; 6: Gebroken grond; 7: Pleistoceen zand. (Van Ranst, 2000)

Bodemprovincie	Bodemkundig landschap	Bodemserie		Bodem subserie		Bodemtype		Bodemsubtype		Bodemvarianten					
		Symbol	Benaming	Symbol	Beknopt omschrijving	Symbol		Symbol	Subtype	Symbol	Variante				
Duinstreek		A	Duinen			A0	Hoge duinen								
						A1	Droge duinen								
						A2	Middelmatig vochtige duinen								
		B	Duingronden			B1	Natte duinen								
						B2	Matig droge lage duintjes								
						B3	Matig natte duintjes en duinpannen								
		C	Geëgaliseerde duingronden			C1	matig droge humusarme genivellerde duingronden								
						C2	matig natte humusarme genivellerde duingronden								
						C3	Natte humusrijke duingronden								
		D	Overgangsronden			Da	Zandig textuur								
						Db	Slibhoudend zand								
		De Moeren <i>Buiten Raakvlakgebied</i>													
		Oudlandpolders		A	Kreekruggronden			A0	slibhoudend zand tot zand, >100cm						
A1	Lichte klei tot zavel, op <50cm overgaand tot zand														
A2	Lichte klei tot zand, op >60cm overgaand tot zand														
A3	Klei, op <60cm overgaand tot zand														
A4	Zware klei tot klei, op <60cm overgaand tot lichter textuur							A4l	Lichte klei overgaand tot klei die op <60cm overgaat tot lichter materiaal						
A5	Zware klei tot klei, ts 60-100cm overgaand tot lichter textuur							A5l	Lichte klei overgaand tot klei die ts 60-100cm overgaat tot lichter materiaal						
B	Poelgronden					B1	Zware klei, op >100cm rustend op veen			Bk1	Zware klei is ontkalkt				
						B2	Zware klei, ts 60-100/100cm rustend op veen			Bk2	Zware klei is ontkalkt				
						B3	Zware klei, ts 20-60cm rustend op veen			Bk3	Zware klei is ontkalkt				
						B4	Venig materiaal op >100cm								
C	Oude kleiplaatgronden					C1	Zware klei, geel- tot bruinrij, op >60cm rustend op klei								
						C2	Zware klei, grauwwij, op >60cm rustend op klei								
						C3	Zware klei, grauwwij, op <100cm rustend op lichter textuur								
W	Overdekte waddegronden					W1	Zware klei, ts 60-130cm rustend op waddensedimenten								
						W2	Klei, ts 20-60cm rustend op waddensedimenten	W2z	Waddesediment is zandig	W2k	Waddesediment is kleilig				
Kuststreek				B	Poelgronden			<i>Zie oudlandpolder voor onderverdeling</i>							
								D1	Lichte klei tot zavel, op <60cm overgaand tot zand						
				D2	Lichte klei tot zavel, op >60cm overgaand tot zand										
				D3	Klei op <60cm overgaand tot zand										
				D4	Zware klei tot klei, op <60cm overgaand tot lichter materiaal (geen zand)										
		D5	Zware klei tot klei, ts 60-100cm overgaand tot lichter materiaal												
		D	Overdekte kreekruggronden			Di	Lichte klei tot zavel, met storende laag op geringe diepte, overdekt met lichtere sedimenten	Di1	Slibhoudend zand, rustend op zavel of op lichte klei, op >60cm overgaat tot zand						
								Di2	Slibhoudend zand, rustend op klei, op <60cm overgaat tot zand						
								Di3	Lichte klei tot zavel, ts 20-40cm rustend op klei, die op <60cm overgaat tot lichter materiaal	D4l	Lichte klei, overgaand tot klei, die op <60cm overgaat tot lichter materiaal				
								Di4	Lichte klei tot zavel, ts 20-40cm rustend op klei, die ts 60-100cm overgaat tot lichter materiaal	D5l	Lichte klei, overgaand tot klei, die ts 60-100cm overgaat tot lichter materiaal				
								Di5	Lichte klei tot zavel, die op >40cm rust op klei, die op <100cm overgaat tot lichter materiaal						
								Di6	Klei, ts 20-40cm rustend op klei, die op <60cm overgaat tot lichter materiaal						
		Dk	Klei, met storende laag op geringe diepte, overdekt met lichtere sedimenten			Dk		Dk4	Klei, ts 20-40cm rustend op klei, die ts 60-100cm overgaat tot lichter materiaal						
								Dk5	Klei, die op >40cm rust op klei, die op <100cm overgaat tot lichter materiaal						
								Dk6	Klei, die op >40cm rust op klei, die op <100cm overgaat tot lichter materiaal						
								Dk6	Klei, die op >40cm rust op klei, die op <100cm overgaat tot lichter materiaal						
		Df	Zware klei, overgaand tot lichter materiaal dat op <100cm rust op zware klei					Df1							
								Df1							
		E	Dekkleigronden					E1	Zware klei tot klei, >100cm	E1l	Lichte klei, op <100cm rustend op klei				
								F1							
F2	Zware (kalkhoudend) klei, rustend op zware poelgrondklei, die ts 60-100cm rust op veen														
F1	Lichte klei tot zand											F1	Lichte klei tot zavel, ts 20-40cm rustend op zware klei	F1ld	Lichte klei tot zavel, ts 20-40cm rustend op zware klei, op <100cm lichte materiaal
												F2	Lichte klei tot zavel, ts 20-40cm rustend op zware klei, veen op <100cm		
												F3	Lichte klei tot zavel, ts 40-100cm rustend op zware klei	F3d	
												F4	Lichte klei tot zavel, ts 40-100cm rustend op zware klei; veen op <100cm		
Fk	Klei											Fk1	Klei, ts 20-40cm rustend op zware klei	F1ld	Klei, ts 20-40cm rustend op zware klei, op <100cm lichte materiaal
												Fk2	Klei, ts 20-40cm rustend op zware klei, veen op <100cm		
												Fk3	Klei, ts 40-100cm rustend op zware klei	Fk3d	
												Fk4	Klei, ts 40-100cm rustend op zware klei; veen op <100cm		
Fc	Zware ontcalcite klei											Fc1	Zware ontcalcite klei, op <100cm rustend op zware poelgrondklei		
		Fc2	Zware ontcalcite klei, rustend op zware poelgrondklei, die ts 60-100cm rust op veen												
		Fc3	Zware ontcalcite klei, rustend op zware poelgrondklei, die ts 20-60cm rust op veen												
G	Geulgronden					G1	Zware klei, op <100cm overgaand tot lichter materiaal (in lage geulen gelegen)								
						G2	Zware klei, >100cm (in lage geulen gelegen)								

Tabel 96. Een volledige lijst van alle potentieel aanwezige bodemtypes, bodemsubtypes series, subseries en varianten op de bodemkaart in het studiegebied

Bodemprovincie	Bodemkundig landschap	Bodemserie Symbool Benaming	Bodem subserie Symbool Beknopt omschrijving	Bodemtype Symbool	Bodemsubtype Symbool Subtype	Bodemvarianten Symbool Variant						
Nieuwland	Nieuwland nieuw	Buiten Raakvlakgebied	Buiten Raakvlakgebied									
		B	Schorgronden	Ba	Lichte schorgronden (lichte klei)							
					Bb	Zware schorgronden (klei tot zware klei)	Bb1	Zware klei tot klei, op <60cm overgaand tot lichter materiaal	Bb1k	Zware klei tot klei, op <60cm overgaand tot lichter materiaal, dat op <100cm rust op (oude) klei		
						Bb2	Zware klei tot klei, ts 60-100cm overgaand tot lichter materiaal	Bb2k	Zware klei tot klei, ts 60-100cm overgaand tot lichter materiaal, dat op <100cm rust op (oude) klei			
								Bb3	Zware klei tot klei, >100cm	Bb3k	Zware klei tot klei, dat op <100cm rust op (oude) klei	
					Bc0	Zeer zware klei, op <60cm overgaand tot zand						
					Bc1	Zeer zware schorgronden (zeer zware klei)	Zeer zware klei, op <60cm overgaand tot lichter materiaal; geen zand <60cm	Bc1k	Zeer zware klei, op <60cm overgaand tot lichter materiaal, dat op <100cm rust op (oude) klei			
								Bc2	Zeer zware klei, ts 60-100cm overgaand tot lichter materiaal			
								Bc3	Zeer zware klei, meestal overgaand tot klei			
					G	Geulgronden			G2	Zware klei, doorgaans >100cm (in lage geulen gelegen)	G12	Zandig materiaal, >100cm (in lage geulen gelegen)
									G3	Heterogeen gereduceerd materiaal (in zeer lage geulen gelegen)		
									H	Kreekwalgronden		
					H2	Lichte klei tot zavel, op <100cm rustend op klei						
					L	Lichte gronden met storende laag	Lk	Lichte gronden met storende kleilaag	Lk2	Lichte klei tot zavel, ts 20-40cm diepte rustend op klei	Lk4v	Lichte klei tot zavel, op >40cm rustend op klei; veen op >100cm
Lk4	Lichte klei tot zavel, op >40cm rustend op klei											
K	Zware gronden met storende laag	Kv	Klei overgaand tot zware klei; op <100cm rustend op veen									
Kuststreek	Kuststreek	P	Overdekt Pleistocene gronden									
							P1	Gebroken zand, ts 20-60cm rustend op dekzand	uP1	met kleisubstraat op geringe of matige diepte		
							P2	Gebroken zand, ts 60-100cm rustend op dekzand	uP2	met kleisubstraat op geringe of matige diepte		
							P3	Gebroken klei, ts 20-60cm rustend op dekzand	uP3	met kleisubstraat op geringe of matige diepte		
							P4	Gebroken klei, ts 60-100cm rustend op dekzand				
							P5	Zware klei, ts 20-60cm rustend op dekzand	uP5	met kleisubstraat op geringe of matige diepte		
							P6	Zware klei, ts 60-100cm rustend op dekzand	P6l	Lichte klei, overgaand tot zware klei die op <100cm rust op dekzand		
										P6k	Klei, overgaand tot zware klei die op <100cm rust op dekzand	
							P7	Zavel, ts 20-40cm overgaand tot lichte klei, meestal op >100cm rustend op dekzand				
							Pb	Zware klei		Pb1	Zware klei, op >100cm diepte rustend op dekzand	
										Pb2	Zware klei, ts 60-100cm rustend op veen, dekzand op <130cm	
							Pk	Klei		Pk2	Klei, ts 20-40cm rustend op zware klei, die ts 60-100cm rust op dekzand	
										Pk4	Klei, ts 40-100cm rustend op zware klei, die op <100cm rust op dekzand	
							Pi	Lichte klei tot zavel		Pi1	Lichte klei tot zavel, ts 20-40cm rustend op zware klei die op <60cm rust op dekzand	
										Pi2	Lichte klei tot zavel, ts 20-40cm rustend op zware klei die ts 60-100cm rust op dekzand	
Pi4	Lichte klei tot zavel, ts 40-100cm rustend op zware klei die op <100cm rust op dekzand											
Pm	Zavel, op >40cm overgaand tot lichte klei, meestal op >100cm rustend op dekzand											
T	Overdekte tertiaire gronden	Tb	T6	Zware klei, ts 60-100cm rustend op Tertiaire klei*								
			Tb2	Zware klei, ts 60-100cm rustend op veen, tertiaire klei op <130cm								
R	Randgronden		Rz2	Gebroken zand, rustend op polderklei, die soms op <100cm overgaat tot lichter materiaal								
Antropogene gronden	Antropogene gronden	M	Gronden van de lage Moeren									
							M1	Afgeveende gronden rustend op dekzanden				
							M2	Afgeveenden gronden, met weinig materiaal rustend op dekzanden				
							M3	Uitgeveende gronden, rustend op dekzanden				
							OA	Afgegraven gronden				
							OB	Bebouwde zones				
							OC	Verdwenen bewoningen				
							OD	Verdwenen dijken				
							OE	Groeven	OE1	Dekkleigronden in Oudland*		
							OG	Steenbakkerigroeven*		OG1	Uitgebrikte gronden, lichte profiel	
										OG2	Uitgebrikte gronden, zwaar profiel	
							OL	Doorbraak geulgronden (zeer heterogeen)				
							ON	Opgehoogde gronden				
							O	Kunstmatige gronden			OO1	Slibhoudend zand, op <100cm overgaand tot zand
											OO2	Lichte klei tot zavel, op <100cm overgaand tot zand
OO3	Lichte klei tot zavel, ts 40-100cm rustend op klei die evt. Overgaat tot lichter materiaal											
OO4	Lichte klei tot zavel, ts 20-40cm rustend op klei, die meestal overaart tot lichter materiaal											
OT	Sterk vergraven gronden											
OU*	Uitgeveende gronden	OU1	Uitgeveende gronden, licht profiel									
OZ	Zandgroeven*	OU2	Uitgeveende gronden, zwaar profiel									

* Gecorrigeerd (meestal foute dieptes) op Sys en Van Ranst
 Aanwezig in onze werkingsgebied

Een volledige lijst van alle potentieel aanwezige bodemtypes, bodemsubtypes series, subseries en varianten is te vinden in de tabel 96. In de tabel wordt een onderscheid gemaakt tussen de bodemcategorieën die mogelijk aanwezig zijn en de bodemcategorieën die effectief gekarteerd zijn binnen het onderzoeksgebied. De cijfers zijn duidelijk: 88 verschillende bodemkarteringseenheden in een 107 km² groot gebied. Het bodemlandschap is hier complex. Met vijf karteringsniveaus is het ook duidelijk dat de karteringslegende vrij ingewikkeld is, waardoor de gebruiker niet snel een indruk van het bodemlandschap krijgt.

Bodemlandschap	Aantal karteringsunits	Oppervlakte (Ha)	Oppervlakte (%)
De duinen	3	51,6	0,5
Het oudland	8	1607,1	14,9
Het middelland	30	3861,4	35,9
Het nieuwland (Zwin)	8	1008,1	9,4
De transitiegronden	12	799,4	7,4
De antropogene gronden	13	3413,3	31,7
Niet polder bodems	14	19,9	0,2
Totaal	88	10760,7	100,0

Tabel 97. De bodemlandschappen aanwezig binnen het studiegebied, de karteringseenheden per landschapstype en de oppervlakte in hectare

2.5.5.1. De bodemtypes

Het kernniveau van de bodemkartering van de kustpolders zijn de bodemtypes. De bodems die landbouwkundig en een qua profielopbouw gelijkenissen vertonen, zijn verenigd in bodemtypes. Een bodemkaart die de verschillende bodemtypes weergeeft is zeer gedetailleerd, en is gesteund op labo-data en veldwaarnemingen. De bodemtypes worden onderverdeeld in bodemsubtypes (bijvoorbeeld een verschil in sedimentklasse zoals klei in plaats van zavel) of in bodemtypevarianten (bijvoorbeeld een ontcalcite bodem in een anders kalkrijke afzetting of de aanwezigheid van een ondiepe kleisubstraat).

2.5.5.2. De bodemseries

Bodemtypes worden gegroepeerd in bodemseries. Een bodemserie omvat de profieltypes die in één of meer zeer belangrijke kenmerken overeenstemmen. Hierbij wordt geen rekening gehouden met verschillen in bodemeigenschappen of in productiviteit, die wel sterk kunnen verschillen. Voor het bepalen van een bodemserie zijn een aantal voorschriften uitgewerkt. Bijvoorbeeld kunnen genetisch verschillende bodems of bodems met een verschil in drainagetoestand nooit in dezelfde bodemserie verenigd worden. Een bodemserie omvat dus bodemtypes die op genetische of morfologische basis gegroepeerd zijn, bijvoorbeeld kreegruggronden of poelgronden (Tavernier, 1950). Bij sommige bodemseries zijn er subseries

gedefinieerd, dit gaat voornamelijk om verschil in textuur. Bijvoorbeeld de bodemserie overdekte poelgronden (F) worden verder opgesplitst in de subseries lichte klei tot zand (Fl), klei (Fk) en zware ontcalcite klei (Fc).

2.5.5.3. De bodemprovincies en de bodemkundige landschappen

De bodemseries worden gegroepeerd in bodemkundige landschappen, die op hun beurt deel uitmaken van bodemprovincies. De gronden kunnen onderling (binnen

een bodemprovincie) sterk verschillen, maar ze horen geografisch tot eenzelfde gebied. Door de heterogeniteit van de bodemprovincies worden deze vaak ingedeeld in bodemkundige landschappen. Binnen het studiegebied horen de bodems grotendeels tot bij de bodemprovincie “de kuststreek”. De

bodemprovincie wordt vervolgens ingedeeld worden in de duinstreek, het Oudland en de Middellandpolders. Binnen het gebied van de oostkustpolders zijn zes bodemkundige landschappen aanwezig: de duinen, het Oudland, het Middelland, het Nieuwland, de transitiegronden en de antropogene gronden. De aanwezigheid per landschap is afgebeeld op kaart.

Hiërarchisch niveau	Aantal
Bodemprovincie	1
Bodemkundig landschap	6
Bodemserie	13
Bodemsubserie	13
Bodemtype	53
Bodemsubtype	13
Bodemvarianten	0

Tabel 98. De bodemkarteringseenheden volgens de hiërarchisch niveau en het aantal eenheden aanwezig binnen het studiegebied

2.5.5.4. Een voorbeeld van de bodemkaarthiërarchie

Om de achterliggende structuur van de classificatie van de bodemkaart van België te illustreren gebruikt Tavernier (1950) de kuststreek als voorbeeld.

- Het Oudland en het jong polderlandschap, zijn voorbeelden van bodemkundige landschappen die



Fig. 99. Verstuiving in de kustduinen (ecopedia.be)



Fig. 100. Oude schorregeulen en -slenken met daarrond zilte relictten, zoals kweldergrassen, zijn lokaal in de polders nog duidelijk herkenbaar. (ecopedia.be)

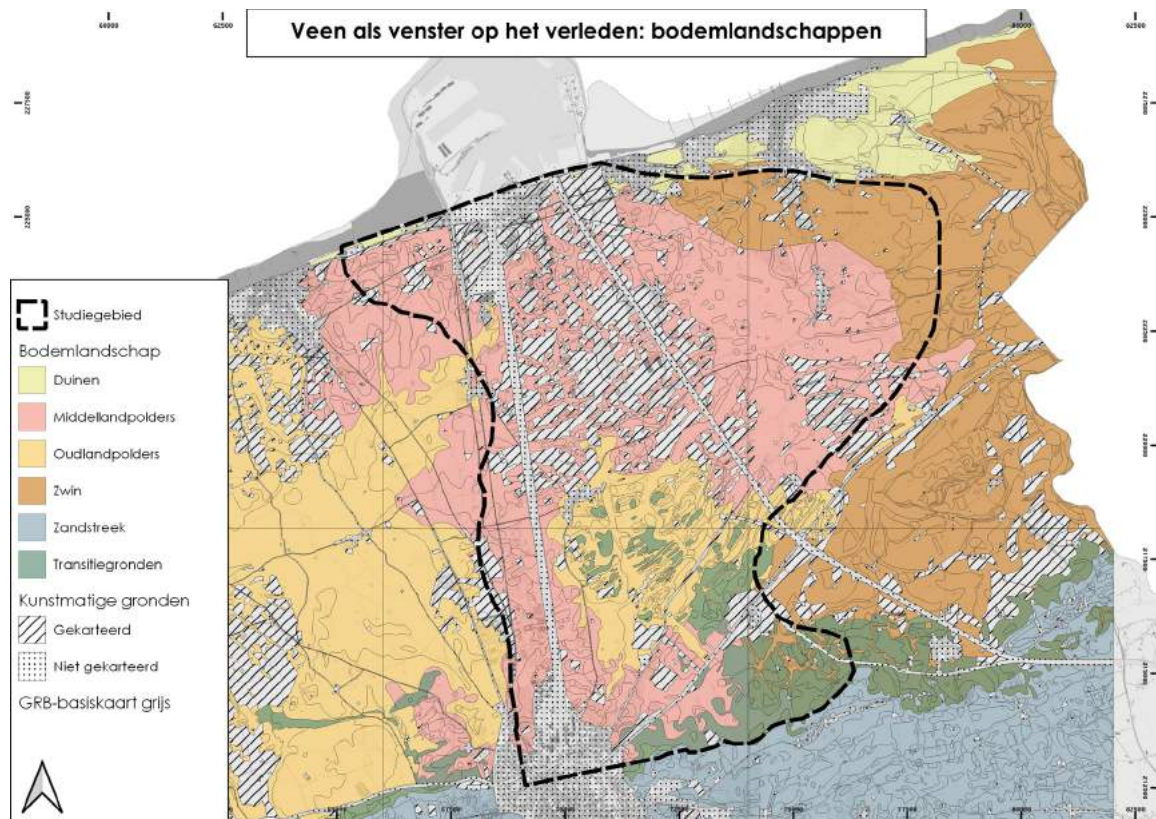


Fig. 101. : De bodemkundige landschappen in en rondom het veensyntheseprojectgebied

onderscheiden kunnen worden binnen bodemprovincie de kuststreek

- De 'kreegruggronden' is een voorbeeld van een bodemserie van de bodemkundige landschap het Oudland.
- Bij de 'kreegruggronden' behoren alle gronden die overeenstemmen met opgevulde getijdenkreeken. Deze gronden zijn genetisch met elkaar vergelijkbaar.
- De 'poelgronden' is een tweede voorbeeld van een bodemserie.
- De 'poelgronden' bestaat uit gronden die aangeslibd zijn in de gebieden gelegen tussen de getijdengeulen.
- De bodemserie 'kreegruggronden' kan verder onderverdeeld worden in bodemtypes aan de hand van hun landbouwkundige waarde. Hierbij wordt vooral belang gehecht aan de variaties in de profielopbouw, bijvoorbeeld de dikte van het kleidek.

Slechts een deel van de bodemseries behorend tot de kustpolders zijn aanwezig in het onderzoeksgebied. Vooral Oudlandpolders zijn hier relatief weinig aanwezig omdat sedimenten horend tot het Middelland de oudere sedimenten grotendeels bedekt hebben. Verder zijn er een aantal speciale kustafzettingen die enkel regionaal aanwezig

zijn, bijvoorbeeld de Moeren of de historische polders van Oostende.

De bodemkartering van de polders werd uitgevoerd volgens een hiërarchische legende. Deze werd opgesteld aan de hand van een op voorhand uitgevoerd bodemprofielonderzoek in combinatie met test-bodemkarteringsobservaties. Toch is het duidelijk dat de vooropgestelde legende tijdens de systematische kartering onvoldoende uitgerust was om het aanwezige bodemlandschap en de bodemvariabiliteit weer te geven. Het doet vermoeden dat het bodemsubserie-, bodemsubtypes- en bodemvariantniveau bijvoegsels zijn op de originele legende. Met deze aanvullende karteringsniveaus kon op een regionaal en lokaal niveau een beter beeld gevormd worden van de hoge variabiliteit binnen de karteringseenheden. De keerzijde is een legende die vrij complex is en niet even consistent is van deelgebied tot deelgebied.

2.5.6. Het belang van de fysische eigenschappen van het bodemlandschap

Voorafgaand aan de bodemkartering werd een uitgebreid bodemprofielonderzoek uitgevoerd. Hierbij werden de bodems bestudeerd tot de diepte waarbij de wortelgroei van belang is. De belangrijkste kenmerken die genoteerd werden, zijn de grondsoort, de structuur en de waterhuishouding

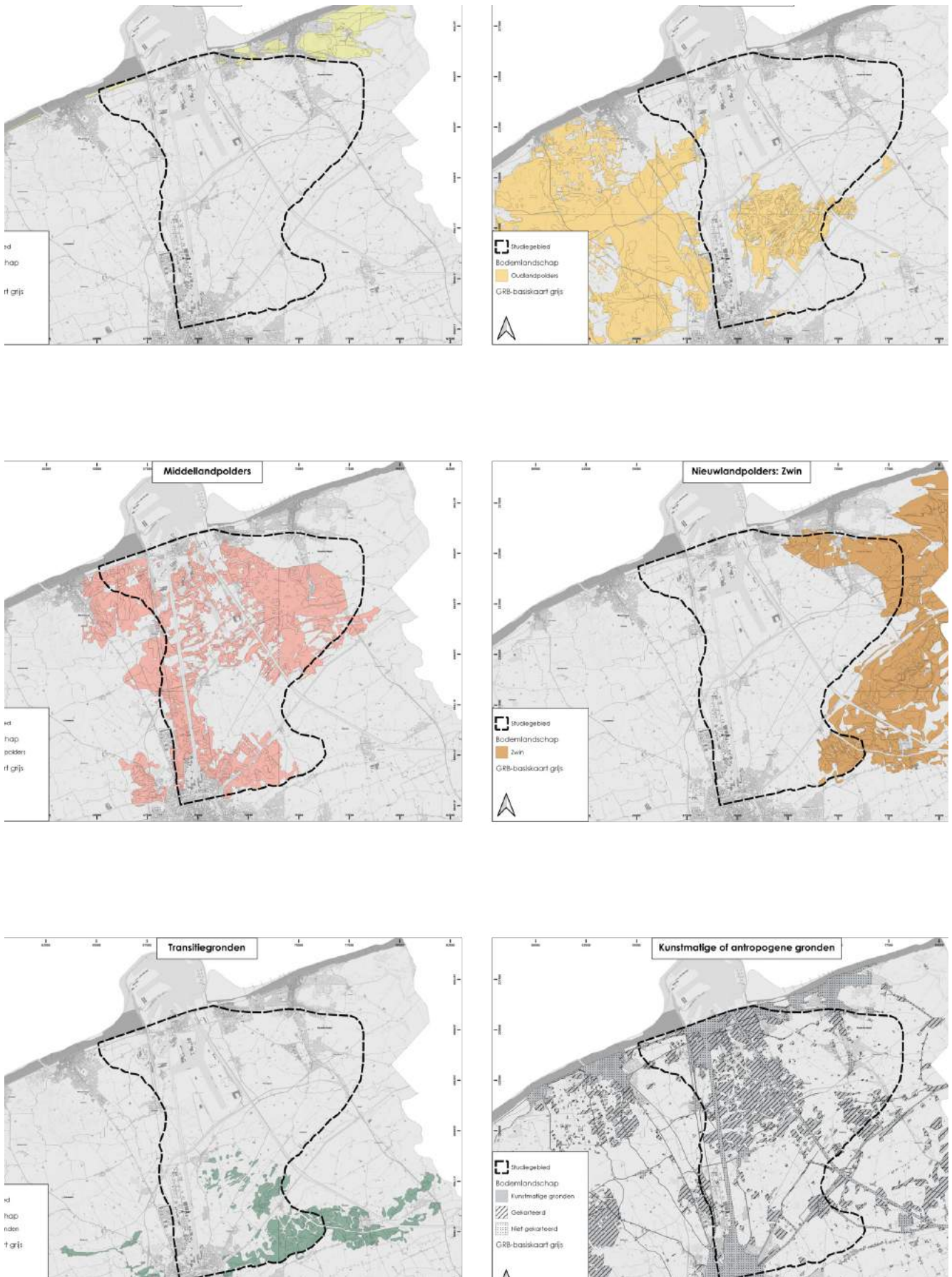


Fig. 102. De bodemkundige landschappen in en rondom het veensyntheseprojectgebied (DOV)

(drainage). Variaties in de grondsoort zijn belangrijk voor de ontwikkeling van de beworteling van de gewassen en vooral abrupte veranderingen in de grondsoort kunnen nadelig zijn. Bij de waterhuishouding wordt bekeken of er een gunstig evenwicht is tussen bodemwater en bodemlucht en of de seizoenschommelingen van het grondwater een probleem zijn voor het telen van gewassen.

Met de idee dat de chemische eigenschappen van een bodem gecorrigeerd kunnen worden mits de correcte bemestingsstrategie, werd de bodemkaart vooral gebaseerd op de voornaamste fysische eigenschappen van de bodems.

Een chemische eigenschap die sporadisch werd genoteerd bij de bodemkartering is de aanwezigheid van kalk in de bodem. Niet enkel is dit een meerwaarde voor het nutriëntenevenwicht van de bodem, maar bij dergelijke jonge bodems kan als gevolg van de ontkalking de bodem instorten. Dergelijke bodems worden blekgronden genoemd (Ameryckx, 1952) en zijn omschreven als bodems met een gestoorde waterhuishouding, ten gevolge van een weinig doorlatende kleilaag op geringe diepte als gevolg van de ontcalcite bovenste horizonten.

2.5.7. Het opnemen van de bodemkaart

Bij de bodemkartering van de polders en de zandstreek werden ongeveer twee boringen per hectare uitgevoerd en dit tot een diepte van maximaal 125 cm. De duinstreek werd voornamelijk gekarteerd aan de hand

van oppervlaktewaarnemingen aangevuld met ongeveer één boring per 5 hectare. De lage landbouwkundige waarde van de duinen verklaart de grotere spreiding in dit bodemlandschapstype.

De lokalisatie van de waarnemingen en de veldinterpretatie van de bodemtypes werden op veldkaarten genoteerd. De grenzen tussen de verschillende bodemtypes werden in het veld geschetst en waar nodig werden bijkomende boringen uitgevoerd om de grenzen te preciseren. De veldkaarten werden vervolgens tot stippenkaarten verwerkt. Op de stippenkaart zijn alle waarnemingspunten aangeduid met een volgnummer (per veldkaart) en typebenaming. Deze detailkaarten werden uitgewerkt in schaal 1:5.000 of 1:2.500. Vervolgens werd de bodemdata, eventueel in vereenvoudigde vorm, overgebracht op topografische kaarten met schaal 1:10.000. Voor publicatie werd de schaal 1:20.000 gehanteerd.

Deze methode werd internationaal verspreid door onder meer René Tavernier. Dit leidt in 1963 tot de oprichting van het Internationaal Trainingscentrum voor bodemkundigen, waar bodemkundigen van over de hele wereld opgeleid worden.

2.5.8. De bodemprofielen, de basis van de bodemkaart

In 2013 werd een studie uitgevoerd waarbij de oude en zeer oude polderlegende in kaart werd gebracht en omgezet naar

de huidige legende van de bodemkaart. Voorafgaand aan het uitwerken van de bodemkaarten zoals wij ze vandaag kennen, werden de bodems bestudeerd aan de hand van een reeks

Kaartnummer	11W	11E	23W	23E
Kaartplaats	Heist	Westkapelle, Het Zwin	Brugge	Moerkerke
Auteurs	J.B. Ameryckx	J.B. Ameryckx	J.B. Ameryckx	J. Sanders J.B. Ameryckx
Jaar uitg. boek	1954	1954	1958	Niet gedrukt
Jaar kartering	1950-52	1949-50	1950-51	Geen info
Jaar revisie	n.v.t.	1952	1955-56	n.v.t.
Jaar uitg. kaart	1952	1954	1958	1968

Tabel 103. De bodemkaartbladen die deel uitmaken van het huidige projectgebied

bodemprofielen.

	11W	11E	23W	23 ^E
Duinen	1	4	0	0
Oudland	5	4	5	0
Middelland	16	7	3	1
Jong middelland	0	0	8	0
Nieuwland Zwin	0	9	0	7
Kunstmatige gronden	3	3	0	1

Tabel 104. Het aantal onderzochte landschappen per bodemkaartblad

De profielen werden niet enkel beschreven in het veld, maar ook werden stalen genomen voor fysische en chemische analyses en de bodems werden geklasseerd volgens de legende die toen in opmaak was. Door voortschrijdend inzicht werd de bodemkarterings-

legende meermaals aangepast tijdens het bodemprofielonderzoek en de bodemkartering. Met de studie van Ampe (2013) werden alle bodemprofielen van de polderstreek herbekeken en de classificering (karteringscode) werd omgezet in de codes die gebruikt is op de bodemkaart.

Tijdens het werk van Ampe, noteerde ze ook algemene discrepanties of problemen die ze vond op kaartbladniveau.

2.5.9. De bodemprofielen waarbij veen is genoteerd

Bij het bodemprofielonderzoek werden zoveel mogelijk representatieve bodems per kaartblad onderzocht.

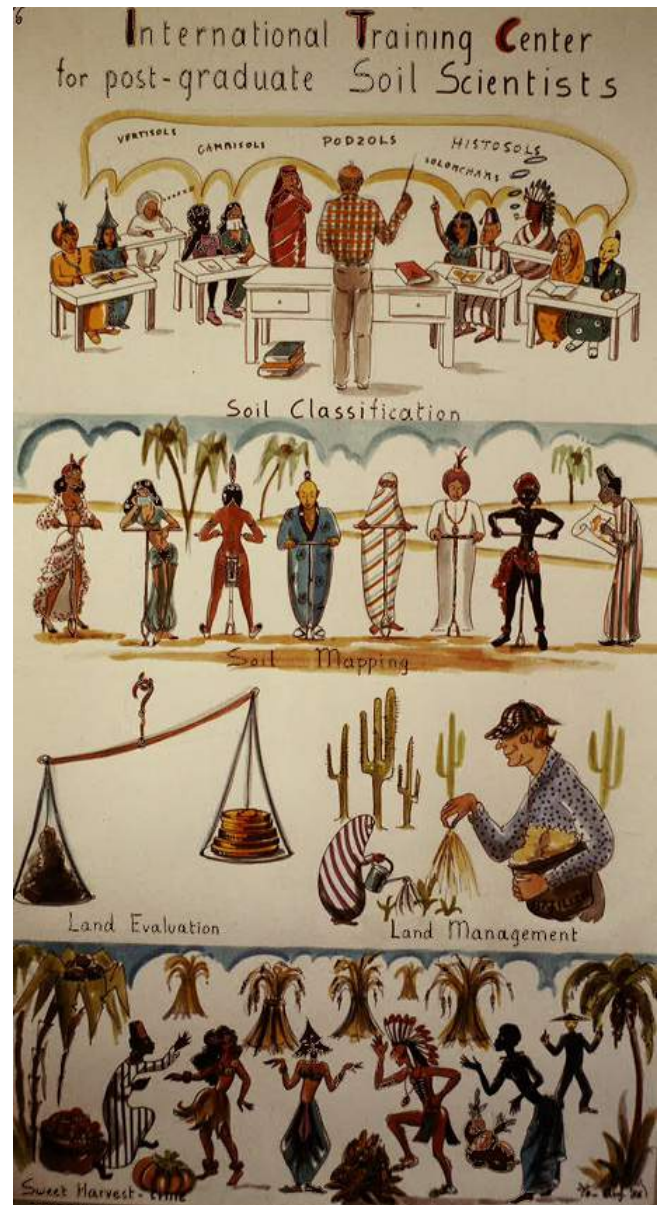
Binnen het poldergebied van de vier bodemkaartbladen die relevant zijn voor het dit onderzoek, zijn 77 bodemprofielen onderzocht in het kader van de bodemkartering. Van deze 77 profielen zijn er in zeven profielen effectief veen beschreven. Het gaat om drie “poelgronden rustend op veen” B1 (kaartblad 11E+11W) en B2 (11E), twee “overdekte pleistocene gronden” met bovenaan het dekzand en onderaan een veenlaag: Pb2 en PI4 (23W) en twee uitgeveende profielen, respectievelijk OU1 (11E) en OU2 (11W).

2.5.10. Interpretaties, adviezen en conclusies

De bodemkaart is opgemaakt aan de hand van een groot aantal relatief ondiepe waarnemingen (bodemprofielen en boringen tot 125 cm). Daarom werd de aanwezigheid van veen in de ondergrond eerder indirect waargenomen. Bijvoorbeeld bij veenontginningen is de grond boven het veen sterk verstoord. Na de ontginning liepen de ontginningskuilen vol water. Door de aanwezigheid van veenfragmenten en ander organisch materiaal vormde zich een zuurstofarm milieu. Dit resulteerde in de typische, gereduceerde blauwgrijze kleurtinten tot hoog in het bodemprofiel.

In dit vervolg wordt een analyse gemaakt van de bodemkarteringsseries en types, gekoppeld aan de kans dat daar begraven veen in de ondergrond zit. Hierbij worden de bodemkaartgegevens en de boordata (verzameld in de geodatabase) met elkaar vergeleken. De bodemtypes en series worden verdeeld in vier categorieën:

- Grote kans: ofwel wordt de kans op veen vermeld in de definitie van het bodemtype of serie, ofwel gaat het om eigen veldwaarnemingen.
- Matige kans: directe of indirecte informatie in de definitie van een bodemtype of serie ontbreekt, maar er is ook geen informatie die wijst op erosie van de ondergrond. De kans op begraven veen is dus reëel.



Tabel 105. Het Internationaal Trainingscentrum voor Bodemkundigen werd opgericht in 1963 om bodemkundigen uit heel de wereld op te leiden (Ugent/cartoon door Yolande Meyskens, 1986)

- Lage kans: directe of indirecte informatie in de definitie van een bodemtype of serie ontbreekt, bovendien wijst de definitie op diepe erosie voorafgaand aan de uiteindelijke sedimentatie.
- Geen info: geen informatie beschikbaar omdat de bodem niet gekarteerd werd.

Waar kan de bodemkaart informatie over veen verschaffen?

In het 107,6 km² grote projectgebied zijn 83 bodemtypes onderscheiden. De bodemtypes behorend tot de zandstreek worden niet verder onderverdeeld dan hun textuurklasse, Z-gronden en S-gronden, respectievelijk zand en lemig zand. Van de 83 bodemtypes zijn voor 34 geen boordata

beschikbaar. Dit betekent dat het bodemtype is gekarteerd, maar dat momenteel geen boringen in de geodatabase aanwezig zijn. De bodemtypes waarvoor geen boordata beschikbaar zijn, vormen 6,5 % van het totale oppervlakte van projectgebied. Er is dus sprake van weinig voorkomende bodemtypes. Het totaal aantal geanalyseerde boringen is 2363. Al deze boringen kunnen gelinkt worden aan de bodemkaart. Het totaal aantal boringen in de geodatabase is iets hoger, doordat ook boringen zijn opgenomen die in

Het totaal aantal boringen in functie van landbouwstreek geeft een vertekend beeld. Zo zijn meer dan de helft van de boringen uitgevoerd in zones gekarteerd als antropogene gronden (54,5 %) gevolgd door boringen in zones gekarteerd als Middelland (33 %). In de overige landbouwstreken zijn maar 295 boringen in de databank opgenomen. Het is duidelijk dat de bodemkaart een rol speelt tijdens het bepalen van de archeologische onderzoeksstrategie.

Bodemlandschap	Oppervlakte %	Aantal boringen	Aantal veenboringen
De duinen	0,48	2	0
Het oudland	10,67	83	12
Het middelland	40,15	779	329
Het nieuwland (Zwin)	9,37	68	0
De transitiegronden	7,43	58	2
De antropogene gronden	31,72	1287	741
Niet polderbodems	0,18	86	0
Totaal	100,00	2363	1084

Tabel 106. De oppervlakte (%) het totaal aantal boringen en het totaal aantal boringen met veen ten opzichte van het bodemlandschap. De categorie 'niet polderbodems' zijn dekzandgronden gekarteerd volgens de morfogenetische karteringslegende

de haven van Zeebrugge liggen, maar bij de opmaak van de bodemkaart nog deel uitmaakten van de zeebodem of de strandzone. Daardoor kan aan deze boringen geen bodemkaartlegende gekoppeld worden.

Het projectgebied bestaat grotendeels uit Middellandafzettingen (40 %) gevolgd door antropogene gronden (32 %), Oudland (11 %) en Nieuwland (9 %) gronden (Tabel 106). De oppervlakte (%) het totaal aantal boringen en het totaal aantal boringen met veen ten opzichte van het bodemlandschap. De categorie 'niet polderbodems' zijn dekzandgronden gekarteerd volgens de morfogenetische karteringslegende in tabel 106. De transitiegronden zijn minder aanwezig in het afgebakend studiegebied net zoals de oppervlakte gekarteerd als duinen (0,5 %) en de niet-poldergronden (Z- en S-gronden; 0,1 %).

Bodemlandschap	Oppervlakte per veenboring	Kans op veen	Boringen/Ha
De duinen	Geen	Laag	0,04
Het oudland	96 Ha/veenboring	(zeer) Laag	0,07
Het middelland	13 Ha/veenboring	Groot	0,18
Het nieuwland (Zwin)	Geen	Laag	0,07
De transitiegronden	400 Ha/veenboring	(zeer) Laag	0,07
De antropogene gronden	5 Ha/veenboring	Groot	0,38
Niet polder bodems	Geen	Geen	4,33

Tabel 107. Type bodemlandschap en de kans op veenboringen. De categorie niet-polderbodems zijn de bodems gekarteerd volgens de morfogenetische legende die een apart symbool hebben voor oppervlakteveen (H).

In functie van de oppervlakte per landbouwstreek zijn zeer veel boringen (n=86) uitgevoerd in de dekzandgronden genoemd 'niet-poldergronden' (20 ha). Ook de antropogene gronden zijn intensief onderzocht met 1287 boringen op een oppervlakte van 3413 ha (2,7 ha per boring). De voortdurende uitbreiding van het havengebied in combinatie met een aantal lijntrajecten in een streek rijk aan antropogene gronden lijkt een goede verklaring. Het Middelland is ook

vrij goed onderzocht (779 boringen op een oppervlakte van 4320 ha of 5,5 ha/boring). Het Oudland, het Nieuwland en de transitiegronden zijn minder goed onderzocht met 13-14 ha/boring. In de duingronden (52 ha) zijn slechts twee boringen uitgevoerd (tabel 2).

In 1084 van de 2363 boringen of 45,87 % werd veen geregistreerd. Hier valt op dat in de 156 boringen uitgevoerd in de duinen, in het Nieuwland of in de niet-poldergronden, geen enkele boring veen bevat (tabel 1). In het Oudland en de transitiegronden zijn er ook opvallend weinig boringen waarin veen is waargenomen. Van de in totaal 141 boringen bevatten maar veertien boringen veen. De meeste (n=12) zijn gekarteerd als Oudland en maar twee als transitiegronden.

In het Middelland zijn 779 boringen uitgevoerd waarvan 329 boringen met veen of maar liefst 30 % van alle boringen met veen binnen het projectgebied. Dit betekent een positiviteitsratio van 42 % van alle Middellandboringen (tabel 1 en 4). Binnen de bodems gekarteerd als antropogene gronden zijn er maar liefst 741 boringen met veen beschreven van de in totaal 1287 observaties. Van alle boringen met veen

binnen het projectgebied zijn 68 % gelegen op gronden gekarteerd als antropogene gronden. Van alle boringen gezet op antropogene gronden bevatten 57,5 % veen of restanten van veen (tabel 1 en 6).

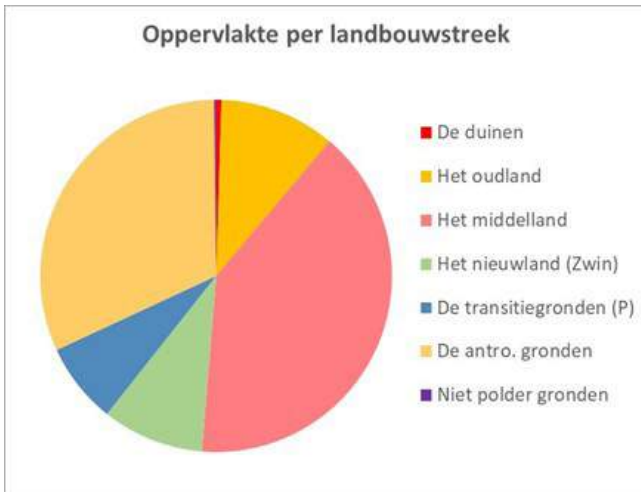


Fig. 108. Het projectgebied verdeeld volgens type bodemlandschap

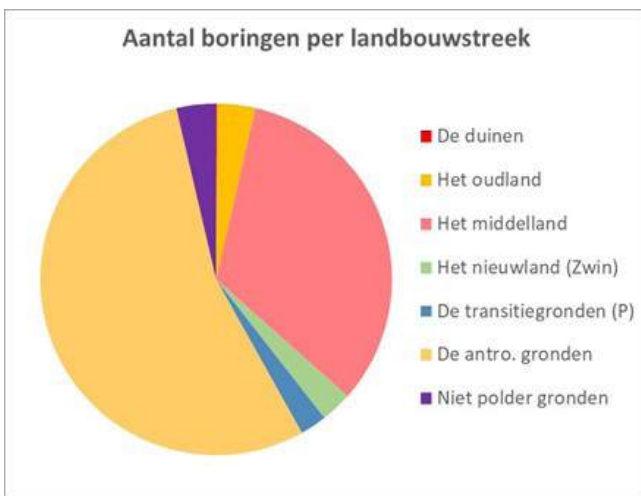


Fig. 109. Het aantal boringen in de database ten opzichte van het type bodemlandschap (n= 2363)

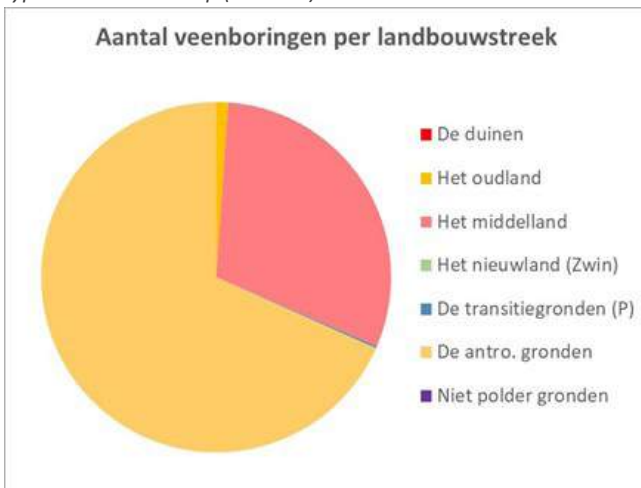


Fig. 110. Het aantal veenboringen in de database ten opzichte van het type bodemlandschap (n= 1084)

Op het niveau van de landbouwstreek zijn in het algemeen weinig boringen beschikbaar in de databank. Destijds werd de Belgische Bodemkaart opgemaakt met twee boringen per hectare. In deze studie zijn tussen de 0,04 (duinen) en 4,33 (niet-poldergronden) boringen per hectare beschikbaar (tabel 2). Daar waar de grootste kans is op veen, namelijk het

Middelland en de antropogene gronden, zijn relatief meer boordata beschikbaar. Dit wijst erop dat booronderzoeken reeds in het verleden gericht werden op dit type bodems.

2.5.10.1. De duinen

Het bodemlandschap duinen geeft geen directe of indirecte informatie waaruit kan afgeleid worden of veen in de ondergrond aanwezig is. Op het grondgebied van dit bodemlandschap werden weinig grondobservaties (boringen) uitgevoerd. De bodemkaart is vooral opgesteld aan de hand van oppervlakteobservaties van de topografie, geomorfologie en de vegetatie. Als er onder de duinen een begraven veenlandschap aanwezig is, dan kan dit enkel door diepere boringen in kaart gebracht worden. Een voorbeeld hiervan is de site van Raversijde: een begraven site met veen die pas zichtbaar werd als gevolg van kusterosie (Pieters, 2013). De karteringslegende voorziet geen mogelijkheid om eventueel begraven bodemafzettingen in kaart te brengen. Als onderaan de duinafzettingen bijvoorbeeld sedimenten begraven liggen die behoren tot het Oudland, wordt dit niet weergegeven op de bodemkaart. Er zijn maar twee boringen in de databank opgenomen, beide op het bodemsymbool Db en beide zonder veen.

Interpretatie en booradvies

Bij onderzoeken op gronden gekarteerd als duinen kan de bodemkaart niet gebruikt worden als leidraad of veen aanwezig is in de ondergrond of niet. Bij dergelijke onderzoeken wordt het aanbevolen om eerst een controlebooronderzoek uit te voeren. Enkel bij positieve boringen is het nodig om over te gaan tot het uitvoeren van een landschappelijk booronderzoek om de verspreiding van het begraven veen verder in kaart te brengen.

2.5.10.2. Het Oudland

De gronden gekarteerd als Oudland liggen voornamelijk centraal in het studiegebied in een zone ruwweg tussen Koolkerke, Dudzele, de Siphon en Damme. Er is één bodemtype met een bijzonder symbool aanwezig: A2-D2. De A2 is namelijk per definitie een Oudlandafzetting volgens de legende van de bodemkaart en de D2 is hetzelfde bodemtype maar een Middellandafzetting. Bij het karteren van deze gronden bleek het echter voor de karteerders onmogelijk om te bepalen of er sprake was van een Oudland of een Middellandsediment (Ampe, 2013). Daarom werd een hybride symbool in de kaartlegende geïntroduceerd.

In het studiegebied zijn enkel kreekruggronden en poelgronden gekarteerd. Oude kleiplaatgronden en overdekte waddegronden zijn enkel in de meer westelijk gelegen kustpolders waargenomen. De kreekrug- en

poelgronden kunnen onderverdeeld worden in twaalf bodemtypes, twee bodemsubtypes en drie bodemvarianten. In het studiegebied zijn slechts acht bodemtypes gekarteerd en in de dataset van boringen zijn zes van de acht bodemtypes vertegenwoordigd, namelijk zes kreekruggronden en twee poelgronden.

Op basis van de beschrijving van kreekruggronden, zijn de types van elkaar te onderscheiden aan de hand van de textuur van de verschillende horizonten doorheen het bodemprofiel. De A0 bestaat volledig uit zand, de A1 en A2 zijn fijner van textuur bovenaan en worden zandiger met de diepte. De A3 is kleiig bovenaan en onderaan zandig en de A4 en A5 beginnen met een zware kleilaag aan de oppervlakte die licht zandiger worden met de diepte.

Bij de poelgronden is veen waargenomen bij de bodemkartering, het onderscheid in types poelgronden gebeurt aan de hand van de diepte tot het veen.

Van de in totaal 83 boringen afkomstig van Oudlandsedimenten werd in twaalf boringen veen gevonden. Opvallend is dat elf van de boringen met veen zijn geregistreerd op kreekruggronden bestaand uit zand tot meer dan 100cm (A0). Dit is een positief aandeel van 91 %. Dit kan mogelijk verklaard worden, door één of meerdere van volgende oorzaken:

- 1) Het veen ligt zo diep dat bij de bodemkartering, die tot 125 cm ging, geen sporen van veen werden waargenomen.
- 2) De bodemvariabiliteit is te complex om te kunnen weergegeven op de bodemkaart. Er is dus sprake van inclusies van minder diep geërodeerde veengronden bedekt met kreekrugzand.
- 3) Er is sprake van verplaatste veenblokken of zandige geulsedimenten met een hoog gehalte aan geërodeerd veen. Dit werd foutief als *in situ* veen geïnterpreteerd.

Van het bodemtype poelgronden zijn vijf boringen beschikbaar. Hoewel per definitie veen in de ondergrond zou zitten, werd dit maar in één geval zo genoteerd. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn:

- 1) De bodemvariabiliteit is te complex om de variabiliteit volledig te kunnen weergegeven.
- 2) Mogelijk is hier sprake van een beperking in de bodemkarteringslegende. De karteerder ziet een bodem met een kleiige topbodemiaag, maar dit is geen oude kleiplaatgrond aangezien die niet in deze streek zou voorkomen. Vervolgens wordt de grond in de categorie poelgronden gevoegd, hoewel er geen veen in de diepere laag aanwezig is.

Interpretatie en booradvies

De Oudland kreekruggronden dienen in eerste fase onderzocht te worden aan de hand van controleboringen. Deze dienen om na te gaan of er toch diepere veenlagen aanwezig zijn. Is dit het geval, dan is een landschapskartering aanbevolen om de verspreiding van het begraven veen beter in kaart te brengen. Daar waar poelgronden gekarteerd zijn, wordt aanbevolen om direct te beginnen met landschapskartering.

2.5.10.3. Het Middelland

Het Middelland bestaat uit de bodemseries overdekte kreekruggronden (D), dekkleigronden (E), overdekte poelgronden (F) en geulgronden (G). Van de 29 bodemtypes zijn er 19 aanwezig en de vijf bodemsubtypes zijn allemaal aanwezig in het projectgebied.

De overdekte kreekruggronden bestaan uit één tot drie aardkundige eenheden met een verschillende en vaak contrasterende textuur. Een voorbeeld is DI4: die bevat een lichte klei tot zavel topbodem gevolgd door een kleilaag die op zijn beurt rust op zandiger materiaal. Er is geen enkel bodemtype of subtype waar de aanwezigheid van veen uit de karteringslegende af te leiden is.

De dekkleigronden en de geulgronden zijn kleiige bodems, vaak dieper dan 100 cm. Er is geen informatie over eventueel veen in de ondergrond.

De overdekte poelgronden bevatten soms informatie over veen. De bodemtypes F2, FI2, Fk2, FI4, Fk4, Fc2 en Fc3 bevatten veen op minder dan 100 cm diepte. In geval van Fc3 zelfs tussen 20-60 cm diepte. De Fc bodemtypes zijn niet in het onderzoeksgebied aanwezig.

Op de bodemkaart zijn bodemtypes gekarteerd, zoals A0, A2-D2, A4 en A5, die als Middellandgronden zijn ingekleurd. Dit kan in feite niet. De A-gronden (kreekruggronden) in het Oudland zijn D-gronden (overdekte kreekruggronden) in het Middelland. In tabel 4 zijn ze toch apart als Middellandobservaties weergegeven, dit om de link met de bodemkaart en de databank zo duidelijk mogelijk te maken.

Zowel binnen de kreekruggronden A0 als A2-D2 zijn observaties waarbij veen is geobserveerd en dit in 17,65 % van de gevallen. Dezelfde argumentatie als voor de kreekruggronden is hier van kracht. Ondanks het hoge percentage van veengronden, is sprake van een correct uitgevoerde bodemkartering: het veen ligt immers zo diep dat het niet werd geobserveerd binnen de diepte van een standaardboor (125 cm).

De overdekte kreekruggronden bevatten ook veel observaties met veen. Bijvoorbeeld bodemtype D2 werd 60 keer aangeboord en in 29 gevallen werd veen geobserveerd.

	Bodem symbool	Aantal boringen		Aandeel		Per bodemtype aandeel met veen	Oppervlakte aandeel
		totaal (n= 2363)	met veen (n1084)	alle boringen totaal %	met veen %		
De duinen	d.Db	2	0	0.08			0.26
	d.A0	0					0.19
	d.Da	0					0.03
	Subtotaal	2	0	0.08			0.48
Het oudland	o.A0	58	11	2.45	1.01	18.97	3.35
	o.A1	0					0.03
	o.A2	0					0.19
	o.A2-D2	12	0	0.51			2.37
	o.A4	3	0	0.13			0.69
	o.A5	5	0	0.21			1.37
	o.B1	3	1	0.13	0.09	33.33	1.55
	o.B2	2	0	0.08			1.12
	Subtotaal	83	12	3.51	1.11	14.46	10.67

Tabel 111. Het totale aantal boringen per karteringssymbool voor de bodemstreek de duinen en het Oudland. Daarnaast informatie over het aantal boringen met veen en het oppervlakteareaal van het totale projectareaal. De karteringssymbolen waarbij veen deel uitmaakt van de legende zijn met bruin aangeduid.

	Bodem symbool	Aantal boringen		Aandeel		Per bodemtype aandeel met veen	Oppervlakte aandeel
		totaal (n= 2363)	met veen (n1084)	alle boringen totaal %	met veen %		
Het middelland	m.A0	68	12	2.88	1.11	17.65	2.14
	m.A2-D2	17	3	0.72	0.28	17.65	1.42
	m.A4	0					0.69
	m.A5	0					0.02
	m.D1	4	0	0.17			0.10
	m.D2	60	29	2.54	2.68	48.33	2.36
	m.D3	4	0	0.17			0.03
	m.D4	10	2	0.42	0.18	20.00	2.12
	m.D4l	1	1	0.04	0.09	100.00	0.65
	m.D5	71	13	3.00	1.20	18.31	8.49
	m.D5l	13	2	0.55	0.18	15.38	1.44
	m.Dk4	0					0.13
	m.Dk5	91	39	3.85	3.60	42.86	3.76
	m.Dk6	1	0	0.04			0.51
	m.Dl2	36	9	1.52	0.83	25.00	1.19
	m.Dl4	37	17	1.57	1.57	45.95	1.38
	m.Dl5	91	52	3.85	4.80	57.14	6.42
	m.Dl6	4	0	0.17			0.56
	m.E 1	41	2	1.74	0.18	4.88	0.98
	m.E 1l	0					0.09
	m.F 1	79	59	3.34	5.44	74.68	0.61
	m.Fk 1	108	64	4.57	5.90	59.26	2.02
	m.Fk 1d	3	0	0.13			0.42
	m.Fk 2	1	0	0.04			0.15
	m.Fk 3	0					0.43
	m.Fk 3d	0					0.17
	m.Fk 4	0					0.02
	m.F11	3	1	0.13	0.09	33.33	0.84
	m.F11d	1	0	0.04			0.16
	m.F12	0					0.11
	m.F13	0					0.30
	m.F13d	6	0	0.25			0.17
	m.F14	29	24	1.23	2.21	82.76	0.27
	m.G2	0					0.02
	Subtotaal	779	329	32.97	30.35	42.23	40.15

Tabel 112. Het totale aantal boringen per karteringssymbool voor de bodemstreek het Middelland. Daarnaast informatie over het aantal boringen met veen en het oppervlakteareaal van het totale projectareaal. De karteringssymbolen waarbij veen deel uitmaakt van de legende zijn met bruin aangeduid.

In totaal zijn er 423 observaties met overdekte kreekruggen waarvan 164 veen of restanten van veen bevatten. Dit is een positief aandeel van 39 %.

In het geval van de kleidekgronden werden 41 boringen geregistreerd. In twee gevallen werd veen beschreven. Dit is een positiviteitsratio van 5 %. Er zijn geen geulgrond-boringen aanwezig in de database.

Bij de overdekte poelgronden zijn - niet verwonderlijk - veel positieve boringen aanwezig. Van de in totaal 230 boringen bevatten de 148 boringen veen of restanten van veen. Dit is dus 64 % van alle boringen. Het is opmerkelijk dat de Fk1 bodemtype gelijk is aan Fk2, met het verschil dat bij de Fk1 geen sporen van veen geobserveerd zijn en bij de Fk2 er wel veen aanwezig is op minder dan 100 cm. Er zijn 108 boorlocaties gekarteerd als Fk1, hiervan bevatten 64 of 59 % veen. Bij de F1 is de positiviteitsratio zelfs 75 %, bij in totaal 79 boringen. Bij de F14 zijn maar liefst 83 % van de 29 boringen positief.

Interpretatie en booradvies

Betreffende de kreekrugggronden en overdekte kreekrugggronden ingekleurd als Middellandafzettingen zijn relatief veel boringen waargenomen met veen. Alle bodemtypes met meer dan vijf boringen bevatten minstens 15 % boringen met veen. Het is dan ook te adviseren om A- en D-gronden steeds te onderzoeken aan de hand van een landschappelijk booronderzoek. Bij de kleiplaatgronden daarentegen is de kans op veen slechts 5 % (n=41). Hier wordt aanbevolen om te beginnen met controleboringen. Als er aanwijzingen zijn dat er kans is op veen, dan dient vervolgens een landschapskartering te gebeuren daar waar kans is op veen. Hier is de bedoeling om de zones met veen af te bakenen voor verder onderzoek. Bij de overdekte poelgronden is de kans op veen vrij hoog. De bodemkaart kan enkel gebruikt worden om zones met ondiep veen weer te geven aangezien er veel veenhoudende boringen geregistreerd zijn met veen op grotere diepte. Op de overdekte poelgronden wordt geadviseerd steeds landschappelijk te karteren.

2.5.10.4. Het Nieuwland

Het Nieuwland, gekend in de Oostkustpolders als de Zwinpolders, wordt ingedeeld in de bodemseries schorgronden (B), geulgronden (G), kreekwalgronden (H) en gronden met storende laag (L en K). Er zijn dertien bodemtypes en één bodemserie zonder onderverdeling in bodemtypes. Verder zijn er zes bodemsubtypes. De bodemserie, zes van de bodemtypes en één van de bodemsubtypes zijn aanwezig in de streek. De bodemseries kreekwalgronden en zware gronden met een storende laag zijn niet vertegenwoordigd.

In de definities van de bodemtypes wordt geen enkele verwijzing gemaakt naar veen in de ondergrond. Dit was met andere worden geen bepalende factor bij het opmaken van de bodemkaart. Van drie van de acht karteringseenheden in het studiegebied zijn boorgegevens aanwezig. In totaal zijn er 68 boringen in de databank waarvan geen enkele boring met veen in de ondergrond.

Interpretatie en booradvies

De bodemkaartlegende geeft geen informatie over de al dan niet aanwezigheid van veen in de ondergrond. De boringen opgenomen in de databank wijzen op sedimenten van jonge leeftijd die zodanig diep in oude sedimenten zijn geschuurd dat alle *in situ* veenlagen zijn verdwenen. Daarom wordt enkel geadviseerd om controleboringen uit te voeren daar waar de zwinafzettingen in de nabijheid liggen van oudere sedimenten zoals Oudland, Middelland of antropogene gronden. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat in de centrale gedeeltes van de zwinafzettingen de erosie zodanig diep is, dat er geen veen meer kan aanwezig zijn. Aan de randen van het Nieuwland is er een geringe kans dat de erosie minder diep is geweest. Indien dit lokaal het geval is, dient een klein landschappelijk booronderzoek uitgevoerd te worden om de verspreiding van dergelijk veen in kaart te brengen.

2.5.10.5. De transitiegronden

Onder de noemer transitiegronden vallen de bodemseries overdekte Pleistocene gronden (P), overdekte tertiaire gronden (T) en randgronden (R). Enkel overdekte Pleistocene gronden zijn in het onderzoeksgebied gekarteerd. Deze P-gronden werden zowel bij Oudland, Middelland als Nieuwland gerekend. Dit bodemtype bestaat uit ondiepe estuariene afzettingen met daaronder pleistocene zandige of lemig zandige afzettingen. De P-gronden worden onderverdeeld in veertien bodemtypes en één bodemserie. De laatste wordt niet verder onderverdeeld op bodemtypeniveau. Verder zijn twee bodemsubtypes en vijf bodemvarianten gedefinieerd. Binnen het onderzoeksgebied werden geen bodemsubtypes of bodemvarianten waargenomen. Van de veertien bodemtypes zijn er elf gekarteerd in de regio en ook de bodemserie Pm is hier terug te vinden.

Volgens de definities van de verschillende bodemseries, types, subtypes en varianten is er geen enkele verwijzing naar veen in de ondergrond. Het onderscheid tussen de types wordt bepaald door enerzijds de diepte naar het Pleistoceen zand en anderzijds door de textuur van de estuariene sedimenten (klei, zand, zavel...).

In de database van boringen zijn er 58 boringen die gelinkt kunnen worden aan bodems gekarteerd als overdekte Pleistocene gronden. In twee van deze boringen werd

	Bodem symbool	Aantal boringen		Aandeel alle boringen		Per bodemtype aandeel met veen	Oppervlakte aandeel
		totaal (n= 2363)	met veen (n1084)	totaal %	met veen %		
Het nieuwland (Zwin)	z.Ba	0					0.10
	z.Bb1	6	0	0.25			0.91
	z.Bb2	31	0	1.31			6.46
	z.Bb2k	0					0.05
	z.Bb3	31	0	1.31			1.12
	z.G2	0					0.54
	z.G3	0					0.14
	z.Lk4	0					0.04
	Subtotaal	68	0	2.88	0.00		9.37
De transitiegronden (P)	z.P1	0					0.49
	o.P2	0					0.13
	z.P2	12	0	0.51			0.51
	o.P4	0					0.01
	o.P5	0					0.16
	o.P6	1	0	0.04			0.62
	z.P7	0					0.03
	o.Pb2	3	0	0.13			1.61
	z.Pk2	0					0.13
	m.Pk4	1	0	0.04			0.21
	m.PI2	0					0.01
	z.PI2	0					0.41
	m.PI4	41	2	1.74	0.18	4.88	2.11
	z.PI4	0					0.33
	z.Pm	0					0.66
Subtotaal	58	2	2.45	0.18	3.45	7.43	

Tabel 113. Het totale aantal boringen per karteringssymbool voor de bodemstreek het Nieuwland (Zwin) en de transitiegronden (P-gronden). Daarnaast informatie over het aantal boringen met veen en het oppervlakteareaal van het totale projectareaal. De karteringssymbolen waarbij veen deel uitmaakt van de legende zijn met bruin aangeduid.

	Bodem symbool	Aantal boringen		Aandeel alle boringen		Per bodemtype aandeel met veen	Oppervlakte aandeel
		totaal (n= 2363)	met veen (n1084)	totaal %	met veen %		
De antropogene gronden	OA	0					0.14
	OB	144	6	6.09	0.55	4.17	10.52
	OC	11	11	0.47	1.01	100.00	0.52
	OG1	7	0	0.30			1.41
	OG2	0					0.13
	OO2	4	0	0.17			0.25
	OO3	0					0.36
	OO4	0					0.03
	ON	108	60	4.57	5.54	55.56	1.82
	OT	39	6	1.65	0.55	15.38	2.62
	OU1	116	69	4.91	6.37	59.48	3.32
	OU2	858	589	36.31	54.34	68.65	10.47
	OZ	0					0.13
Subtotaal	1287	741	54.46	68.36	57.58	31.72	
Niet poldergronden	S-gronden	17	0	0.72			0.15
	Z-gronden	69	0	2.92			0.03
	Subtotaal	86	0	3.64	0.00		0.18

Tabel 114. Het totale aantal boringen per karteringssymbool voor de antropogene bodems en de niet-poldergronden. Verder informatie over het aantal boringen met veen en het oppervlakteareaal van het totale projectareaal. De karteringssymbolen waarbij veen deel uitmaakt van de legende zijn met bruin aangeduid.

veen beschreven. Beide positieve boringen horen bij de bodemtype PI4 (Middelland). Bij dit type wordt het Pleistocene zand bereikt op minder dan 100 cm en rust er zware klei bovenop de Pleistocene afzettingen. Dit wijst op een zeer rustig afzettingsmilieu met minimale erosie van het begraven, zandige, originele podzollandschap. Tijdens de trage vernatting van de bodems is lokaal zoveel humus geaccumuleerd, dat dit als veen werd geïnterpreteerd. Het komt inderdaad soms voor dat een podzolbodem met een goed bewaarde humusrijke, zwarte A-horizont verdikt wordt met humus afkomstig van een algemene of lokale vernatting van het bodemlandschap. Uiteindelijk ontwikkelt een volwaardige veenafzetting, maar in dit geval werd de bodem begraven onder estuariene sedimenten.

Interpretatie en booradvies

Het best bewaard basisveen dat kan geobserveerd worden boven op het Pleistocene podzollandschap is doorgaans zodanig verteerd dat verder onderzoek (vruchten en zaden; pollen) in de meeste gevallen weinig resultaten oplevert. Archeologisch is deze zone interessant omdat het Pleistocene landschap vaak goed bewaard is. Controleboringen zijn voor dit type bodems minder aangewezen, omdat het gekend is dat er potentieel een begraven oppervlaktehorizont aanwezig is. Hier wordt geadviseerd direct over te gaan tot een landschappelijke boorkartering in dergelijke zones. Hierbij wordt aandacht besteed aan gronden waar geen of nauwelijks erosie van de Pleistocene bodem is gebeurd, voordat de bodem begraven werd onder nieuwe sedimenten. Voor veenonderzoek zijn de transitiegronden van weinig belang, er is vooral sprake van droge humusaccumulatie.

2.5.10.6. De antropogene gronden

Onder de noemer antropogene gronden vallen enerzijds de gronden van de lage Moeren en anderzijds de kunstmatige gronden. Het gebied de lage Moeren ligt in de nabijheid van de Franse grens, ver van het projectgebied. De zogenoemde kunstmatige gronden zijn daarentegen sterk vertegenwoordigd in het onderzoeksgebied zowel in oppervlakte als in aantal boorobservaties. De kunstmatige gronden bestaan uit twaalf bodemtypes met negen subbodemtypes. Hiervan zijn respectievelijk zes bodemtypes en zeven subtypes aanwezig in de regio. Er zijn geen verdwenen dijken (OD), groeven (OE) of doorbraak geulgronden (OL) gekarteerd. Er zijn wel afgegraven gronden (OA), bebouwde zones (OB), verdwenen bewoningen (OC), steekbakkerijgroeven (OG), opgehoogde gronden (ON), overslaggronden (OO), sterk vergraven gronden (OT), uitgeveende gronden (OU) en zandgroeven (OZ) aanwezig in de regio. Enkel de uitgeveende gronden vermelden in de definitie van de karteringslegende veen.

Van de 1287 boringen zijn er 741 positief. Er zijn geen boringen in de database op gronden gekarteerd als OA, OG2, OG3, OO4 en OZ. Op gronden gekarteerd als OG1 en OO2 zijn er in het algemeen weinig boringen beschikbaar en geen positieve boringen.

In de bebouwde kom (OB) zijn er 144 boringen waarvan zes met veen. Er zijn elf boringen op verdwenen bewoningen (OC) en ze bevatten allemaal veen, dit is opmerkelijk. Blijkbaar hebben de verdwenen bewoningen het onderliggende veen beschermd tegen ontginning. Eveneens opvallend is dat 60 van de 108 boringen afkomstig van bodems gekarteerd als opgehoogde gronden (ON) positief zijn. Dit is een positieve ratio van 55 %.

De absolute meerderheid van alle boringen van de kunstmatige gronden komt van gronden gekarteerd als OU1 of OU2 (zandige tot kleiige bodems op uitgeveend veen). Van de in totaal 974 boringen zijn er 658 positieve observaties of 67 %. Dit betekent dat toch een derde van alle boringen geen sporen van veen bevat, wat toch wel de grote variabiliteit illustreert, een variabiliteit die niet volledig kan weergegeven worden bij een kartering op schaal 1:20.000.

Interpretatie en booradvies

Gronden gekarteerd als OU dienen steeds onderzocht te worden door middel van een landschappelijk booronderzoek in een vast grid. Hier zijn voorafgaande controleboringen overbodig.

Verrassend is dat alle boringen afkomstig van verdwenen bewoningen (OC) positief zijn. Dit verdient extra aandacht in de toekomst. Het advies luidt om dergelijke zones extra goed te karteren. Het betreft doorgaans kleine zones maar met potentieel waardevolle gegevens. Verder mag ook het bodemtype opgehoogde gronden (ON) als een verrassing beschouwd worden. Aangezien meer dan de helft van de 108 boringen positief zijn, wordt aanbevolen om dergelijke bodems in een eerste fase te onderzoeken aan de hand van een landschappelijk booronderzoek. De sterk vergraven gronden (OT) bevatten volgens de database ook zones met veen of restanten van veen. Gezien de aard van dit bodemtype wordt aanbevolen om te beginnen met controleboringen, waarbij de graad en diepte van verstoring centraal staan. Als er enige kans is op *in situ* veen, wordt overgegaan tot een landschappelijk booronderzoek.

Bebouwde zones (OB) betreffen zones die al in de jaren '50 bebouwd waren en vervolgens nooit gekarteerd werden. Hier moeten steeds minstens controleboringen uitgevoerd worden, omdat de bodemkaart geen informatie geeft. In het geval van afgegraven bodems (OA), steenbakkerijgroeven (OG) en overslaggronden (OO) en zandgroeven zijn er geen of te weinig observaties beschikbaar om verder te adviseren. Controleboringen dienen altijd uitgevoerd

te worden om eventueel kans op veen beter te kunnen inschatten. Voor de categorieën verdwenen dijken (OD), groeven (OE) en doorbraak geulgronden (OL) is er geen informatie beschikbaar binnen het studiegebied. Een advies voor bodemonderzoek is dus niet relevant.

2.5.10.7. Niet-poldergronden

Dit betreft dekzandgronden zonder begraven veen. Ondanks een hoog aantal boorobservaties is geen enkele positieve boring geregistreerd. Bij dergelijke bodems is een booronderzoek waarbij het detecteren van veen centraal staat niet aan de orde. Strikt gesproken maken deze bodems geen deel uit van het veensyntheseprojectgebied.

2.5.10.8. Conclusies

Voor sommige bodemlandschappen, bodemseries en types vormt de bodemkaart een belangrijk startdocument om de vraag naar de aan- of afwezigheid van veen te beantwoorden. Doordat de bodemkaart het resultaat is van boringen tot maximaal 125 cm diepte en het veen aanwezig is tussen ruwweg 1 en 4 m diepte, is het logisch dat *in situ* onverstoord veen vaak niet te achterhalen is aan de hand van observaties binnen de standaard karteringsdiepte.

Het linken van alle boordata met de bodemlegende zorgt voor enkele verrassingen. Zo was het relatief hoge aantal boringen met veen bij zandige kreegruggronden (A2, D2) niet

uit de legende af te leiden. De relatief hoge concentraties aan boringen met veen in zones geïnterpreteerd als Middelland is eveneens opvallend omdat het meeste van het veen al als kunstmatig uitgeveende gronden is ingekleurd.

Het is duidelijk dat het blijven verzamelen van boordata belangrijk is om de link tussen diepere veenlagen en de bodemkaart te verfijnen. Waarom wordt bijvoorbeeld dikwijls veen gevonden in zones gekarteerd als verdwenen bewoning? Leveren dergelijke zones op andere locaties hetzelfde beeld? Uiteindelijk is het ook belangrijk om te concluderen dat zones waar de bodemkaart veen voorspelt in de ondergrond geen garantie bieden op het effectief aantreffen van veen. Op basis van dit onderzoek is slechts in ruwweg de helft tot twee derde van dergelijke bodems effectief veen gekarteerd. Dit wijst op een grote variabiliteit in de ondergrond tussen bodems waar het veen is geërodeerd, ontgonnen of *in situ* bewaard.



Fig. 115. Een boring langs de Zonnebloemweg in Dudzele, op een locatie gekarteerd als OU2 of uitgeveende gronden.

3.

Veldwerk en natuurwetenschappelijk onderzoek

3.1. Inleiding

Het originele projectvoorstel bestond uit een evaluatie van het reeds uitgevoerde natuurwetenschappelijk onderzoek en een inventarisatie van de bewaarde veenstalen. Maar al vroeg in het project bleek dat deze strategie diende aangepast te worden. Ten eerste zijn er zo goed als geen veenstalen bewaard afkomstig uit het studiegebied. Ten tweede bestaan er grote lacunes in de reeds uitgevoerde veenstudies: bijvoorbeeld 14C-dateringen of pollenanalyses ontbreken quasi volledig. Ten derde verschaft de integratie van boor- en sonderingsgegevens een uniek zicht op de verspreiding van veen in het studiegebied, zowel in de ruimte als de hoogte. Deze drie elementen zorgen ervoor dat nieuwe staalname noodzakelijk is en dat het duidelijk is waar op efficiënte wijze stalen kunnen genomen worden. Op basis van de resultaten van het eerste deel zijn drie locaties geselecteerd voor nieuw onderzoek: de Damse Wegel in Koolkerke, Zonnebloemweg in Dudzele en de Westhinderstraat in Zeebrugge. Dit is aangevuld met veenstalen van een archeologische opgraving in Hoeke die plaatsvond tijdens de duur van het project en met reeds uitgevoerd onderzoek uitgevoerd tijdens de archeologisch opvolging van de A11-snelwegverbinding en de Stevin-hoogspanningsleiding.

In dit derde deel worden de methodes van veenbeschrijving, macroresten- en pollenonderzoek en 14C-datering uiteengezet en nadien volgen de resultaten besproken per locatie. Na een korte samenvatting van het uitgevoerd veldwerk en het archeologisch onderzoek, volgen telkens de resultaten van het natuurwetenschappelijk onderzoek.

3.2. Methode veenbeschrijvingen

Doel van de methode

Door het veen in detail te bekijken en beschrijven met het blote oog, kan op korte tijd en eventueel zelfs in het veld een idee gekregen worden van de samenstelling van het veen. Deze methode heeft niet als doel om de volledige macrobotanische samenstelling weer te geven, maar wel om

de hoofdbestanddelen van het veen – en dus de dominante veenvormende vegetatie – te beschrijven.

Macroscopische veenbeschrijving

Voor een uitgebreide beschrijving van het veen wordt de boorkern in segmenten van ca. 5 cm gesneden en wordt elk segment met de hand opengebrouwen en bekeken met het blote oog en/of een loep. De inhoud wordt beschreven in termen van (1) herkenbare plantenresten en (2) humificatiegraad. Voor de humificatiegraad verwijzen we naar de inleiding. Voor de benaming van veen op basis van herkenbare plantenresten wordt de indeling uit de *Steckbriefe Moorsubstrate* (Luthardt et al., 2015) gevolgd. De codes die daarbij gebruikt worden zijn samengesteld uit drie of vier letters (Figuur 46):

- De 'H', die in alle types voorkomt, wijst op 'veen'.
- De tweede letter verwijst naar het bodemkundig veentype waartoe dit veen typisch behoort: n = laagveen (*Niedermoortorf*), u = overgangsveen (*Übergangsmoortorf*), h = hoogveen (*Hochmoortorf*).
- De derde – en in sommige gevallen vierde – letter verwijst naar de dominante plantenresten in het veen

Bij weinig verweerd veen of een lage humificatiegraad (hum 1, 2, 3) geven macroscopische veenbeschrijvingen zeer goede informatie over de oorspronkelijke veenvormende vegetatie. Bij een humificatiegraad hoger dan 5 wordt de informatie fragmentarisch tot onbestaande. Het veen kan ook resten uit meerdere lagen bevatten, zoals wortels uit hogere niveaus die enkele dm lager achtergebleven zijn.

Voorstelling

Om de resultaten van de veenbeschrijving voor te stellen, werd doorheen dit hoofdstuk telkens dezelfde kleurencode gehanteerd (Figuur 46). Waar enkel de hoogte van de basis en de top van het veen bekend zijn, wordt het veen met beige kleur weergegeven. De humificatiegraad wordt

Lithostratigrafie en Veentypes



Humificatiegraad (von Post)

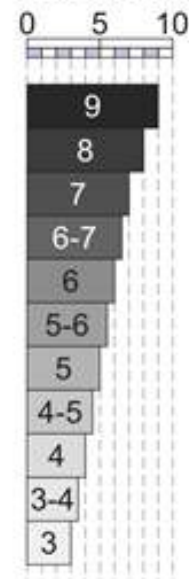


Fig. 116. Legende bij de veenbeschrijvingen.

weergegeven met een grijschaal. Ook een deel van de veenbeschrijvingen uit eerder onderzoek (Allemeersch, 1991) werden op deze manier gedigitaliseerd.

3.3. Methode pollenonderzoek

Doel van de methode

Pollen en sporen worden in grote hoeveelheden geproduceerd door respectievelijk zaad- en sporenplanten en worden wijd verspreid door wind, water of dieren. Dankzij de resistente wand kunnen deze microscopische plantenresten lange tijd in de ondergrond bewaard blijven op voorwaarde dat de afzetting afgesloten is van zuurstof. Dit is bij uitstek het geval in veenlagen die zich sinds hun vorming steeds onder de watertafel hebben bevonden. De determinatie en telling van pollen en sporen, maar ook andere bewaarde microfossielen, uit dergelijke afzettingen laat toe om de (evolutie van de) vegetatiesamenstelling en het fysisch milieu ten tijde van de afzetting te reconstrueren, steunend op hedendaagse plantengemeenschappen als model voor het verleden. Ze vertegenwoordigen zowel de lokale vegetatie in het veen als de vegetatie uit de wijdere regio.

Aangezien uit de inventaris bleek dat er binnen het studiegebied nog geen palynologische gegevens beschikbaar waren, werden drie locaties met een dikke veenlaag, verspreid over het studiegebied, gekozen voor palynologische analyse.

Palynologische preparatie van de substalen

De geselecteerde substalen werden in het labo voor Paleontologie van de Universiteit Gent behandeld volgens de standaardprocedure voor pollenpreparatie (Moore et al., 1991), inclusief acetolyse en oplossing in waterstoffluoride. Tijdens de preparatie wordt aan ieder monster een gekende hoeveelheid *Lycopodium*-sporen toegevoegd aan een substaal met een gekend volume. Door deze sporen tijdens de analyse mee te tellen, weten we welk aandeel van het substaal geanalyseerd is en kunnen we de pollenconcentratie voor ieder geanalyseerd niveau berekenen.

Microscopische analyse van pollen en sporen

De geprepareerde residu's werden bestudeerd met een lichtmicroscop op 400x vergroting. Voor de determinaties van pollen en sporen werd gebruik gemaakt van verschillende sleutels (Beug, 2004; Moore et al., 1991). Voor andere palynomorfen, zoals schimmelsporen en algen, werd de determinatie gebaseerd op beschrijvingen en foto's uit de literatuur (referenties voor de typenummers: Shumilovskikh, 2020).

Voor de palynologische analyses werd een telling uitgevoerd van minstens 400 pollenkorrels (droge + natte vegetatie). De getelde taxa (pollen, sporen, non-pollen palynomorfen) worden uitgedrukt als percentage van de pollensom, i.e. alle pollenkorrels van planten van droge grond (AP: arboreale pollen of stuifmeel van bomen en struiken & NAP: non-arboreale pollen of stuifmeel van kruiden). Alle pollentypes van planten die vermoedelijk in het veenmoeras zelf



Fig. 117. Voorbereiding voor het pollenonderzoek

hebben gegroeid zijn buiten de pollensom gehouden omdat deze taxa wegens hun lokaal voorkomen potentieel sterk oververtegenwoordigd zijn in de pollenspectra.

Verder werd voor elk preparaat de pollenconcentratie berekend op basis van het aantal getelde *Lycopodium*-sporen. De bewaringstoestand werd geëvalueerd door een steekproef van tien korrels te scoren op een schaal van 1 (zeer slecht) tot 5 (uitstekend) en hiervan het gemiddelde te berekenen. Ten slotte werd de concentratie microhoutschoolfragmenten ($> 10 \mu\text{m}$) bepaald op basis van de verhouding microhoutschool/pollenkorrels.

Voorstelling

Voor ieder geteld niveau werden de percentages, concentraties en bewaringstoestand uitgezet in een pollendiagram, met behulp van TILIA software (Grimm, 2015). Elk pollendiagram bestaat uit drie delen:

- (1) Een eerste deel groepeerde de pollentypes die verondersteld worden afkomstig te zijn van de regionale vegetatie. Het gaat om bomen en struiken, kruiden en sporenplanten die meestal op droge grond groeien.
- (2) Een tweede deel omvat pollen- en sporentypes van planten die hoogstwaarschijnlijk in het veenmoeras zelf voorkwamen. Het gaat om bomen en struiken, kruiden en sporenplanten die meestal op natte grond groeien. Ook heideplanten worden hier bij de lokale component gerekend omdat we uit de veenbeschrijving weten dat ze in het veen groeiden. Ten slotte wordt ook het pollen van waterplanten tot de lokale component gerekend.

- (3) In het derde deel worden de non-pollen palynomorfen afgebeeld, gegroepeerd volgens type organisme waarvan de resten afkomstig zijn. Microfossielen die niet teruggevonden werden in de literatuur kregen een typennummer specifiek voor dit onderzoek (KV-1-7, waarbij 'KV' staat voor 'kustveen'). Naast de NPP's worden in het derde deel ook de bewaring en de pollen- en houtschoolconcentraties geplot.

Elk diagram is opgedeeld in lokale pollenzones. De grenzen van deze zones worden gelegd op een dieptes waar zich opvallende (gelijktijdige) veranderingen voordoen tussen twee opeenvolgende pollenspectra (in de lokale en/of regionale component). Gewoonlijk wordt een grens midden tussen twee pollenspectra gelegd, maar wanneer zich rond die diepte een verandering in de lithologie of veensamenstelling voordoet, kan er ook voor gekozen worden om de zonegrens te laten samenvallen met de lithologische grens.

De pollendiagrammen worden in de tekst weergegeven. De ruwe telresultaten kunnen geraadpleegd worden in bijlage. In de bespreking worden pollentypes benoemd met hun botanische namen. De corresponderende Nederlandse namen zijn terug te vinden in de tabel in bijlage.

3.4. Methode macrorestenonderzoek

Doel van de methode

Botanische macroresten omvatten in archeologische contexten voornamelijk zaden en vruchten, maar vooral in natuurlijke contexten kunnen ook mossen, stengel-, blad- en wortelresten teruggevonden worden. Indien deze resten na afzetting (zo goed als) ononderbroken onder de watertafel blijven liggen, kunnen ze gedurende eeuwen en zelfs meerdere millennia goed tot zeer goed bewaard blijven. Dit is vaak het geval in waterverzadigde, organische opvullingen van natuurlijke depressies of menselijke structuren. Door te bepalen van welke plantentypes deze resten afkomstig zijn, kan de lokale vegetatie op de bemonsterde locatie gereconstrueerd worden. Zo vullen de studies van microscopische en macroscopische plantenresten elkaar goed aan: ze leveren samen een beeld op van de lokale en regionale vegetatieontwikkeling tijdens de afzetting.

Binnen dit syntheseproject is de klemtoon voor aanvullend onderzoek gelegd op 14C -datering en pollenonderzoek. Er zijn in het verleden reeds meerdere veenprofielen onderzocht op macroresten (zie paragraaf 2.2). De beperkte tijd voor analyse van macroresten is gebruikt om bepaalde veentypes beter te karakteriseren en/of onduidelijkheden/tegenstrijdigheden bij de pollenanalyse en macroscopische veenbeschrijving op te helderen.

Behandeling van de stalen

De volumes van de stalen gebruikt voor macrobotanische analyse zijn verschillend, afhankelijk van de verticale dikte van het staal en de methode van staalname (boorkern, pollenbak). Het volume wordt vermeld in de tabellen. Voor dit onderzoek werd niet alleen gezeefd op 2 mm en 0,5 mm maar daarenboven werd 20 % van het materiaal gezeefd op 0,25 mm.

Analyse

Herkenbaar materiaal werd uitgeraapt onder een binoculaire (Euromex ZE.1624) met vergroting tot 45x. Voor de determinatie van subfossiele resten van russen, grassen en mossen is een microscoop noodzakelijk. Een trinoculaire microscoop (Novex B-series) stond hiervoor ter beschikking.

Voor de determinatie van zaden en vruchten werd gebruik gemaakt van de 'Digitale Zadenatlas' (Cappers et al., 2012), de 'Zadenatlas der Nederlandsche flora' (Beijerinck, 1947) en de 'synantropie flora van de Niederrhein' (Knörzer, 2009). Voor bepaalde moeilijke groepen werden atlanten van families of andere groepen aangewend: voor *Cyperaceae* (zeggenfamilie) Berggren (1969) en Nilsson and Hjelmquist (1967), voor *Potamogetonaceae* (fonteinkruidfamilie) Marjatta (1970). De determinaties van vegetatieve resten steunen vooral op Grosse-Brauckmann (1972, 1974) en Grosse-Brauckmann & Streitz (1992). Voor de naamgeving (zowel de wetenschappelijke namen als de Nederlandse) werd de nomenclatuur van de Belgische flora overgenomen (Lambinon et al., 2004).

Voor de determinatie van de mossen werden de werken van Touw and Rubers (1989) en Siebel and During (2006) gebruikt. De nomenclatuur volgt zowel voor de wetenschappelijke namen als de Nederlandse namen Siebel and During (2006).

Voorstelling

De resultaten worden voorgesteld in tabellen. Bij de zaden/vruchten of fragmenten ervan zijn er absolute aantallen vermeld. Indien bij een taxon niets specifiek vermeld wordt, betreft het zaden/vruchten. Indien materiaal nog herkenbaar was, maar minder dan de helft van een volledige macrorest bevatte, werd dit als een fragment beschouwd. Deze staan vermeld als -/..

Bij de vegetatieve resten van hogere planten en mossen werd aangeduid of ze dominant, overvloedig (abundant), regelmatig (frequent), weinig (occasioneel) of zelden (sporadisch) in een bepaald staal aanwezig zijn.



Fig. 118. Macrorestenonderzoek

3.5. Methode 14C-Datering

Doel van de methode

14C-dateringen werden uitgevoerd met het oog op twee verschillende doelstellingen. Enerzijds is het de bedoeling om een zicht te krijgen op de start van de veengroei in relatie tot de hoogteligging. Daarom werden stalen uit de basis van het veen genomen op locaties verspreid over het studiegebied en op verschillende hoogtes binnen het microreliëf van één site. Anderzijds is het de bedoeling om op een selectie van deze locaties zicht te krijgen op de snelheid van de veengroei en het moment waarop bepaalde veranderingen in de veensamenstelling plaatsvinden. Daartoe zijn in de palynologisch onderzochte sequenties op meerdere niveaus stalen voor 14C-datering genomen.

Selectie van materiaal voor datering

Voor de selectie van materiaal voor 14C-datering werden stalen van enkele cm dikte uit de boorkernen of pollenbak gesneden. Bij de dateringen van de basis van het veen werd het staal zo dicht mogelijk bij de basis genomen, maar aangezien plantenresten in de onderste 10 à 20 cm vaak slecht bewaard zijn, komt het staal soms van net iets hoger. Vooral bij de dateringen van de palynologisch



Fig. 119. Sites met natuurwetenschappelijk onderzoek op veen, opgenomen in dit deel

geanalyseerde sequenties werd het staal bij voorkeur zo dun mogelijk genomen om een goede stratigrafische resolutie en correlatie met de pollendata te behouden.

Deze stalen werden uitgezeefd zoals bij de macrorestenanalyse. Uit de zeefresidu's werden vervolgens bovengrondse resten van terrestrische planten geselecteerd. Dit zijn meestal zaden/vruchten en in sommige gevallen blaadjes of takjes. Het geselecteerde materiaal werd voor AMS radiokoolstofdatering ingediend bij het KIK.

Voorstelling

De resulterende ouderdommen werden gekalibreerd met Oxcal 4.4 (Bronk Ramsey, 2009) op basis van de IntCal20 kalibratiecurve (Reimer et al., 2020). De 14C-ouderdommen en gekalibreerde 2σ -intervallen worden weergegeven in

tabelvorm. Daarnaast worden de probabiliteitsverdelingen uit Oxcal uitgezet in een tijd-dieptediagram. Er werd voor gekozen om de x- en y-as in elk diagram even lang te plotten, zodat de verschillende figuren in één oogopslag te vergelijken zijn.

3.6. Damse Wegel, Koolkerke

3.6.1. Inleiding

Op maandag 29 november 2021 heeft een team van Raakvlak een bodemkundige profielput gegraven ten noorden van het Fort van Beieren in Koolkerke. De locatie ligt langs de ondergrondse hoogspanningsleiding die archeologisch is opgevolgd tussen 2013 en 2015. Op deze percelen zijn een landschappelijk bodemonderzoek en een proefsleuvenonderzoek uitgevoerd. Op basis van de getrapte proefsleuven (tot een diepte van 150 cm onder

Veen als venster op het verleden: sites natuurwetenschappelijk onderzoek

- 1: Damse Wegel, Koolkerke
- 2: Zonnebloemweg, Dudzele
- 3: Westhinderstraat, Zeebrugge
- 4: Natiënlaan, Hoeke
- 5: Koffieweg, Zeebrugge
- 6: Arendstraat, Koolkerke

 studiegebied

Orthofotomozaïek, winteropnamen, 2021



het maaiveld) in de weiden ten noorden van het Fort van Beieren is duidelijk dat hier een goed bewaarde bodem aanwezig is. In de top van het pleistocene dekzand is de podzol goed bewaard. Een podzol is een bodemtype dat getypeerd wordt door een afwisseling van aanrijnings- en uitspoelingshorizonten. Dergelijke bodems zijn het resultaat van eeuwenlange insijpeling van regenwater in schrale dekzandgronden. Door de invloed van erosie en landbouw is de podzol in grote delen van Zandig Vlaanderen verdwenen. In deze zone is de podzol afgedekt door lagen veen en klei, waardoor de podzol beschermd is. Bovenop de podzol bevindt zich een laag veen. De dikte van deze laag varieert tussen 10 en 40 cm.

Ondanks de goede bewaring van de bodem is geen archeologische site herkend op de percelen. Vanwege de goede bewaring van de bodem en de relatief hoge ligging van de basis van het veen, is deze locatie weerhouden voor nieuwe staalname. Omdat het veen zich hier ondiep onder het maaiveld bevindt, is gekozen voor een manueel

gegraven profielput. Alhoewel een manueel gegraven profiel meer energie kost dan bijvoorbeeld mechanische boringen, biedt dit ook voordelen: het geeft de kans om de stratigrafie lateraal te volgen, om meerdere stalen te nemen en de locatie van deze stalen gerichter te bepalen.

3.6.2. Bodemprofiel

De profielput is 95 cm diep en 70 bij 70 cm groot. Het terrein is in gebruik als permanente weide. De westelijke zijde is geregistreerd als bodemprofiel. Het bodemprofiel kan ingedeeld worden in 7 horizonten en is opgebouwd uit twee verschillende moedermaterialen.

- H1 is de huidige ploeglaag. De horizont is ongeveer 30 cm dik en recent (minder dan 5 tot 10 jaar geleden) geploegd. Hierdoor is de ondergrens tussen H1 en H2 nog steeds vrij scherp.
- H2 is een gevlekte B-horizont, ontwikkeld in poldersedimenten. De roestkleur wijst op een fluctuerende watertafel, maar dit is eerder een weerspiegeling van het sedimentatiemilieu dan van de huidige situatie. De sedimenten van H1 tot H3 zijn afgezet in een getijdenmilieu en de roestkleur duidt aan dat de sedimenten niet afgezet werden in een permanent gereduceerd milieu. Het lijkt alsof de sedimenten afgezet zijn wanneer het landschap rondom het bodemprofiel gekenmerkt werd door een schor. Hierdoor kregen de sedimenten voldoende tijd om zuurstof toe te laten, bijvoorbeeld via biogalerijen, tussen twee springtijgolven, zodat de ijzeroxides na de afzetting van de sedimenten zijn gevormd.
- H3 vormt een eerste transitiehorizont tussen H2 en H5. H3 bestaat uit een kleiige matrix met een hoger gehalte aan organisch materiaal dan H2.
- H4 is een tweede transitiehorizont die zeer rijk is aan organisch materiaal en waarin een belangrijke kleiige component aanwezig is.
- H3 en H4 wijzen op een zeer rustig afzettingsmilieu waar in het begin sprake was van een vernatting van de dekzandbodem (H5 tot H7). Hierdoor wordt aanvankelijk steeds meer humusmateriaal afgezet in de A-horizont. Was de bodem lager gelegen, dan zou dit vernattingsproces vroeger begonnen zijn en zou een moerasbodem en finaal een veenbodem ontwikkeld zijn. Dit is hier niet het geval. Na een relatief korte periode van vernatting met versnelde accumulatie van organisch materiaal, wordt er klei bovenop afgezet door getijden. Hierdoor is H4 gekenmerkt door een stijgend kleigehalte naar boven toe, terwijl het gehalte humus net daalt. Het feit dat er zoveel humus aanwezig is in de overgangshorizont kan een indicatie zijn dat er



Fig. 120. Het veldwerk langs de Damse Wegel in Koolkerke

nog geen sprake was van zout water, maar eerder van het opstuwten van zoet water en het afzetten van klei. Vanaf H3 is het proces van kleiaccumulatie dominant geworden en groeit er mogelijk enkel nog vegetatie, zoals riet, die brak water tolereert. H3 is gekenmerkt door eerder verticale stroken van humusaccumulatie, wat kan wijzen op een intensieve wortelgroei.

- H5 is een organisch rijke, zwart gekleurde begraven oppervlaktehorizont. H6 is een E-horizont met een blekere kleur dan de horizonten erboven en eronder. H7 is een humusrijke B-horizont. Mogelijk is de horizont ook met ijzer aangerijkt maar dit vertaalt zich niet in de kleur door de dominante aanwezigheid van zwart humus.

Er is in dit relatief ondiepe bodemprofiel sprake van 2 verschillende lithologische afzettingen. H5 tot H7 is ontwikkeld in dekzand. H4-5 bestaat uit humusrijk materiaal maar is onvoldoende ontwikkeld om te spreken van veen. H1-H3 is ontwikkeld in getijdsedimenten.

3.6.3. Conclusies

Dit bodemprofiel is een voorbeeld van een transitieprofiel tussen de dekzandrug en de polders van de streek. Aan de noordkant van de dekzandrug ligt een brede zone met dergelijke transitiebodems die min of meer onder

invloed zijn geraakt van de vernatting. Hier ontwikkelt een moerasbodem, die al dan niet overgaat in veengroei, met later getijdsedimentatie en erosie. Binnen de context van het veensyntheseonderzoek is dit profiel een belangrijk voorbeeld van deze overgangszone waar het veengedeelte niet volledig ontwikkeld is. Een groot deel van het onderzoeksgebied bestond immers uit dergelijke zandige bodems met een prille podzolisatie. Afhankelijk van de laterale landschapspositie en de hoogteligging werd het landschap stelselmatig overgroeid met veen voordat de getijdengeulen de streek voorgoed veranderden.

Doordat het veen hier onvoldoende is ontwikkeld, leent deze laag zich niet tot doorgedreven natuurwetenschappelijk onderzoek en zijn geen stalen weerhouden.

3.7. Arendstraat, Koolkerke

3.7.1. 8.1 Inleiding

Naar aanleiding van de aanleg van een bundel ondergrondse 380kV-kabels en een onderstation tussen Brugge en Damme voerde Raakvlak vanaf januari 2015 een archeologisch proefonderzoek uit. Het volledige tracé van de ondergrondse hoogspanningsleiding werd in 39 zones onderzocht. Opeenvolgend werden een bureauonderzoek, een veldprospectie, een landschappelijk en archeologisch booronderzoek, proefsleuvenonderzoek en vier opgravingen uitgevoerd. Op een weide ten noorden

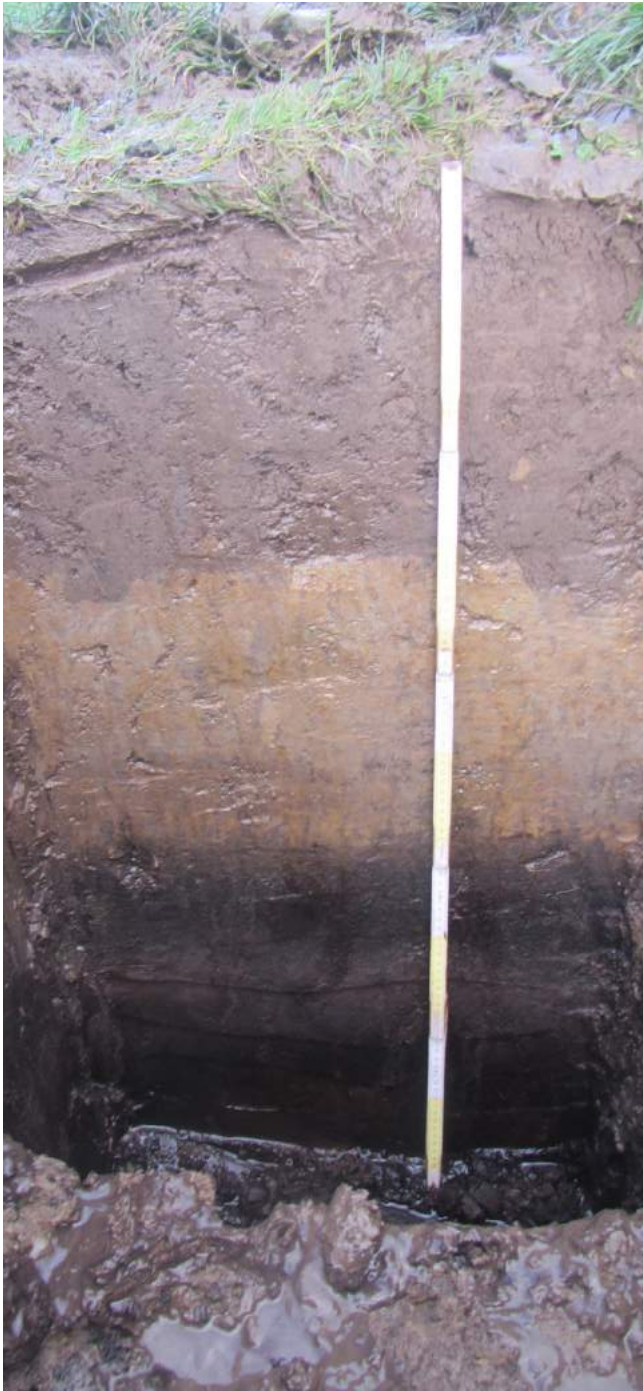


Fig. 121. Het bodemprofiel langs de Damse Wegel in Koolkerke

van de Arendstraat in Koolkerke (deelgemeente van Brugge) werden vijf proefsleuven gegraven. De diepste sleuven werden aangelegd op de top van een goed bewaarde podzol. Verschillende vuurstenen artefacten uit de podzol en een unieke landschappelijk context vormen de aanleiding voor een vervolgonderzoek.

De meest opvallende vaststelling tijdens de opgraving is dat het terrein voor een groot deel kunstmatig is opgehoogd. De ophoging is herkenbaar aan de blokken gestratificeerd zand en klei die niet horizontaal liggen, maar in verschillende richtingen. Het is voorlopig onduidelijk in welke periode dit woonplatform is aangelegd.

Na het mechanisch afgraven van de holocene pakketten werd een vakopgraving uitgevoerd waarbij het opgraafvlak van 9 bij 27,5 m werd opgedeeld in 930 eenheden van 0,25 m² die in lagen van 10 cm werden uitgegraven tot op een diepte van maximaal 20 cm en vervolgens nat uitgezeefd over een maaswijdte van 3 mm. Op die manier werden in totaal 316 lithische artefacten ingezameld. Onder andere zeven microlieten wijzen op een Mesolithische component in de collectie. De smalle microklingen met afgestompte boord zouden hierbij in de richting van Midden-Mesolithicum kunnen wijzen.

3.7.2. Palynologisch onderzoek

Twee pollenbakken afkomstig van de site Arendstraat zijn weerhouden voor palynologisch onderzoek. In de bemonsterde profielen is boven de A-horizont nog een laag aanwezig die bestaat uit een accumulatie van plantenresten (H-horizont / basisveen). Hier werden uit beide pollenbakken zowel de A- als de H-horizont bemonsterd. Op deze substalen werd een waarderend palynologisch onderzoek uitgevoerd, waarbij een 100-tal pollenkorrels geteld werden.

3.7.2.1. KO15AR-pr5-pb1

Hier worden een monster uit de A-horizont en het bovenliggende veen samen besproken. De pollenconcentratie is matig in de A-horizont en hoog in de veenlaag. De bewaring is eerder slecht in de A-horizont en goed in het veen.

Pollenspectra (Figuur 48)

Het AP vormt in beide niveaus het grootste deel van de pollensom (84 tot 93 %). *Corylus* komt telkens voor met ca. 22 %. In het onderste niveau zijn *Alnus* (29 %), *Quercus* en *Tilia* (elk ongeveer 14 %) sterk aanwezig. In het bovenste niveau is het aandeel van *Pinus* (25 %), *Betula* (10 %) en *Ericaceae* (4 %) dan weer hoger.

Bij de kruiden zien we in het onderste niveau een beperkte variatie: enkel van *Poaceae*, *Cyperaceae* en *Chenopodiaceae* werden kleine hoeveelheden gevonden. In het bovenste niveau zien we een groter belang van kruiden: naast *Poaceae* (9%) vallen hier ook enkele typische antropogene indicatoren op: *Asteraceae-Liguliforae* (composietenfamilie), *Persicaria maculosa* type (perzikkruid), *Plantago lanceolata* (smalle weegbree).

In beide niveaus komen belangrijke hoeveelheden varens voor (17 tot 28 %). In het onderste niveau gaat het om *Filicales* (9 %), *Polypodium vulgare* (eikvaren, 6 %) en *Pteridium aquilinum* (adelaarsvaren, 3 %). In de veenlaag komen opnieuw *Filicales* voor (14 %), met daarnaast vooral *Osmunda regalis* (koningstvaren, 13 %) en mogelijk



Fig. 122. Foto van de bemonsterde bodem in profiel 3 (links) en profiel 5 (rechts) in Koolkerke Arendstraat. Groene stip = niveau van palynologische substaalname (Storme, 2018)

Hymenophyllum (vliësvaren, onzekere determinatie: het kan hier om een slecht bewaard exemplaar van *Osmunda* gaan). Naast varens werd in het bovenste niveau ook *Sphagnum* (7 %) gevonden.

Waterplanten werden niet aangetroffen in deze monsters. Het bovenste niveau bevat enkele schimmelsporen. Het onderste niveau bevat nauwelijks houtskool. In het bovenste niveau werd een verhoogde concentratie vastgesteld van circa 600 fragmenten per mm³.

Regionale vegetatie en ouderdom

Het pollen in de A-horizont wijst op het voorkomen van behoorlijk dicht loofbos in de onmiddellijke omgeving. De samenstelling van dit bos doet een Subboreale ouderdom vermoeden (cf. geen *Ulmus* aanwezig), al is een waardering niet voldoende bewijs om dit hard te maken.

Lokale vegetatie en milieu

Met de start van de veengroei ontstond hier een milieu dat sterk contrasteert met het voorgaande loofbos. Lokaal ontwikkelde zich hoogveen met veenmos, koningsvaren, heide en mogelijk grassen als begroeiing. Daarnaast



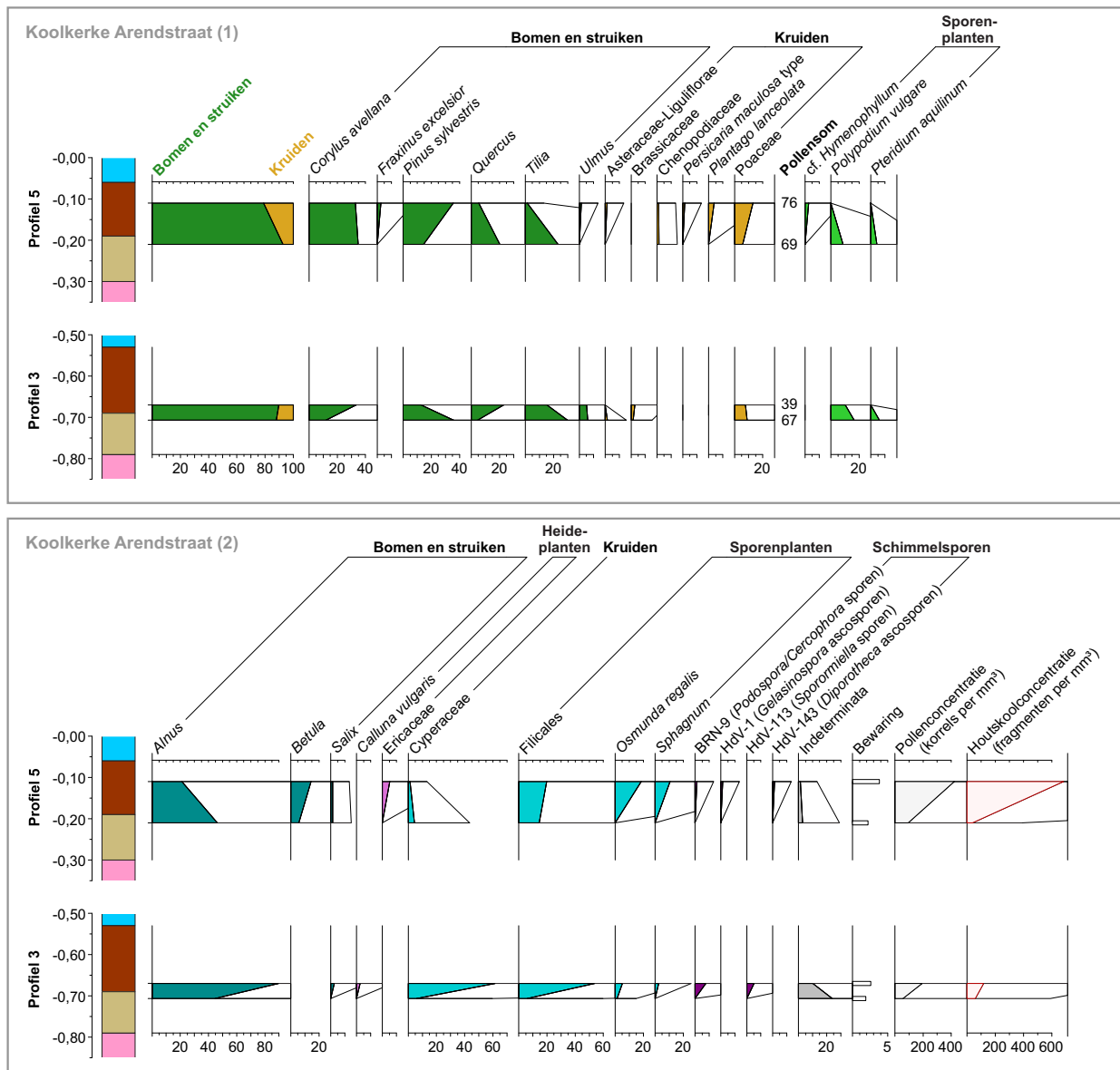
veranderde ook de samenstelling van het bos in de onmiddellijke omgeving van dit veen, met berk en den als belangrijkste elementen. Verschillende kruidentypes wijzen bovendien op verstoorde grond, mogelijk door menselijke aanwezigheid. Ook de houtskoolconcentratie kan in die richting wijzen.

3.7.2.2. KO15AR-sl1-pr3-pb2

Ook hier gaat het om een monster uit de A-horizont en één uit het bovenliggende veen. Net als in de vorige pollenbak is de concentratie matig in de A-horizont en iets hoger in de veenlaag. De bewaring is opnieuw eerder slecht in de A-horizont. In het veen is de bewaring matig.

Pollenspectra

In beide niveaus is *Alnus* dominant met 30 tot 35 %. In het onderste niveau komen daarnaast vooral *Pinus* (24 %) en *Tilia* (20 %) voor. *Corylus*, *Quercus* en *Ulmus* zijn er beperkt tot enkele procenten. In het veenniveau is het belang van *Pinus* en *Tilia* veel kleiner. *Corylus* (13 %) en *Quercus* (9 %) zijn hier sterker vertegenwoordigd. *Calluna vulgaris*, *Salix* (wilg) en *Ulmus* zijn sporadisch aanwezig.



Tabel 123. : Procentueel pollendiagram van twee bodemprofielen (profiel 3 en profiel 5) uit Koolkerke Arendstraat (naar Storme, 2018)

Poaceae en *Cyperaceae* zijn de voornaamste elementen bij het NAP. In het bovenste niveau vertonen de *Cyperaceae* een piek (24 %). Er zijn geen waterplanten gevonden. Het bovenste niveau leverde enkele schimmelsporen op. Wat varens betreft is de samenstelling van het onderste niveau zeer vergelijkbaar met deze van de A-horizont in het hierboven besproken monster: *Filicales*, *Polypodium vulgare* en *Pteridium aquilinum*. In het bovenste niveau valt vooral een piek van *Filicales* op (21 %). *Sphagnum* is nauwelijks aanwezig. Beide niveaus bevatten nauwelijks houtskool.

Regionale vegetatie en ouderdom

Het spectrum in de A-horizont toont een bebost landschap met, naast overwegend loofbomen, lokaal ook de aanwezigheid van den. De eerder hoge waarden van *Tilia* en *Ulmus* wijzen mogelijk richting een Atlantische ouderdom.

Lokale vegetatie en milieu

Opnieuw betekent de ontwikkeling van veen op de bemonsterde locatie een zichtbare verandering in het lokaal milieu. In dit geval gaat het om laagveen met als veenvormende taxa vermoedelijk cypergrassen en moerasvaren (*Thelypteris palustris*).

3.7.2.3. Conclusie

De pollenspectra uit de A-horizont wijzen op de vorming van deze bodem in een bosrijke omgeving. In de stalen uit site Arendstraat is sprake van vernatting en bijgevolg veenvorming. Toch is het resulterende veenmilieu onderling sterk verschillend, met hoogveen (in profiel 5) en laagveen (in sleuf 1 – profiel 3). Laagveen kan mogelijk met de tijd evolueren naar hoogveen. Om dergelijke evoluties te bestuderen moeten de veenlagen in hoge resolutie bemonsterd worden.

3.8. Zonnebloemweg, Dudzele

3.8.1. Inleiding

Om een vlotte verbinding tussen de haven van Zeebrugge en het binnenland te verzorgen, legde het Agentschap Wegen en Verkeer een nieuwe snelwegverbinding aan: de A11. De snelwegverbinding, tussen de N31 in Brugge en de N49 in Westkapelle, heeft een totale lengte van twaalf kilometer. Voor de aanvang van de bouw van de nieuwe snelwegverbinding voerde Raakvlak een archeologisch onderzoek uit. In 2008 startte Raakvlak met het grootste onderzoek dat Raakvlak in zijn bestaan heeft uitgevoerd: aan de hand van meer dan 1200 boringen, 31 km proefsleuf en vier vlakdekkende opgravingen is een gebied van 212 hectare onderzocht. Het onderzoeksgebied ligt volledig in de oostelijke kustpolders. Dit landschap is het resultaat van een dynamische evolutie, met frequente zeespiegelveranderingen en geulen die zich diep in het binnenland insneden en waarin de invloed van de mens niet uit het oog verloren mag worden. (Baeteman, 2007, 2015 en 2016). Dit deel van de kustpolders kan ruwweg in twee delen onderverdeeld worden: ten eerste sequenties bestaande uit Pleistoceen zand met daarboven veen en wadsedimenten en ten tweede met zand opgevulde estuariene geulen, waar die originele sequentie verdwenen is. Een complex landschap vereist een gedifferentieerde, landschapsarcheologische aanpak. Daarom was de eerste stap in het archeologisch onderzoek op het tracé van de A11 traject de opmaak van de zogenaamde 'geulencarta'. Dit werkinstrument is gebaseerd op quartairgeologische data, oude kadasterkaarten en het digitaal hoogtemodel. De kaart waarop alle gekende en veronderstelde geulen in de oostelijke kustpolders staan afgebeeld, dient als hulpmiddel voor het bepalen van de archeologische strategie. Op de locatie van geulen is de originele veen- en bodemopbouw verdwenen. Daar ligt het archeologisch niveau vlak onder de ploeglaag en is een proefsleuvenonderzoek de ideale onderzoeksmethode. Tussen de geulen kan de originele sequentie bewaard zijn: Pleistoceen zand, veen en estuariene sedimenten. Hier bevinden zich verschillende archeologische niveaus boven elkaar. Op die plaatsen kunnen sporen uit de steentijden tot de middeleeuwen bewaard zijn. Op deze locaties is de eerste stap in het onderzoek een landschappelijk booronderzoek.

Op de grens tussen Dudzele en Ramskapelle, ten zuidoosten van de haven van Zeebrugge, werd een 107 hectare groot deelgebied binnen het A11-project in kaart gebracht door middel van een landschappelijk booronderzoek. Op die manier werd een begraven Pleistoceen landschap ontdekt. Het onderzoeksgebied, aan weerszijden van het Leopold- en Schipdonkkanaal, ligt op basis van de geulencarta op de rand van een complex van geulen dat vanaf de kust richting de zandrug loopt, bijna tot aan Brugge. Vanuit deze grote geulen lopen verschillende kleinere geulen in zuidwestelijke richting. Tussen de geulen onthulde het landschappelijk booronderzoek intensieve veenontginning en zeldzame

restjes *in situ* bewaard veen. In het zuidwesten van het projectgebied, langs de Zonnebloemweg in Dudzele, ligt een paraboolvormige donk, doorsneden door een kreek. Deze Pleistocene zandige opduiking is 195 m lang en ligt 2 tot 4 m hoger dan het omliggende zandoppervlak, waardoor ze niet met veen bedekt is en een droge plek gevormd heeft in het veenlandschap. De top van de donk ligt op 2 m TAW. De laagtes in het landschap zijn opgevuld met een tot 2 m dik pakket veen. Het archeologisch booronderzoek leverde aanwijzingen op van menselijke aanwezigheid uit de Romeinse tijd op de 4.692 m² grote paraboolduin. Dit vormde de aanleiding voor een opgraving, waarbij 35 afzonderlijke sleuven aangelegd werden en 31 profielwanden onderzocht werden.

3.8.1.1. Steentijtopgraving

Om dit paleolandschap te onderzoeken zonder ingrijpende bodemingrepen, werkte Raakvlak samen met Orbit, de Onderzoeksgroep Ruimtelijke Bodeminventarisatietechnieken van de UGent (Delefortrie, 2012). Het onderzoek bakende de elementen die in het booronderzoek herkend werden scherper af. Op de interpolatiekaart van de elektrische geleidbaarheid figuren onder meer de zandige opduiking en de zone met het gemoerneerde veen. Het gebied wordt gekarakteriseerd door geleidende afzettingen (veen en klei) bovenop minder conductieve afzettingen (fijn zand). De variatie in elektrische geleidbaarheid (EG) hangt samen met de variatie in de dikte van de meer conductieve afzettingen en de daarvan afgeleide hoogte van het Pleistocene zandoppervlak. De combinatie van de resultaten van het booronderzoek en de geofysische prospectie leidden tot de conclusie dat een vlakdekkende opgraving noodzakelijk was om de bedreigde Romeinse site te registreren.

De opgravingsstrategie werd aangepast nadat het opschaven van de podzol in het Pleistocene zandoppervlak verschillende vuurstenen artefacten opleverde. Vier niet aaneensluitende zones werden opgedeeld in vakjes volgens een grid van 50 op 50 cm. In totaal werden 458 vakjes telkens per 5 cm uitgeschept en nat gezeefd op maaswijdte 1 mm. De opgraving van de steentijdsite langs de Zonnebloemweg in Dudzele levert een duidelijke indicatie voor een menselijke aanwezigheid tijdens het Mesolithicum (11.000 – 6.000 jaar geleden) in dit begraven landschap. Daarenboven levert de opgraving ook een mogelijke aanwijzing voor menselijke activiteit tijdens het Finaal-Paleolithicum (14.000 tot 11.000 jaar geleden).

3.8.1.2. De Romeinse periode

Op de top en de flanken van de donk werden sporen van een Romeinse nederzetting en zoutproductie ontdekt. Tijdens de opgraving werden twee periodes van aanwezigheid op de site geregistreerd: een vroege fase te situeren in het midden en/of de tweede helft van de eerste eeuw, en een

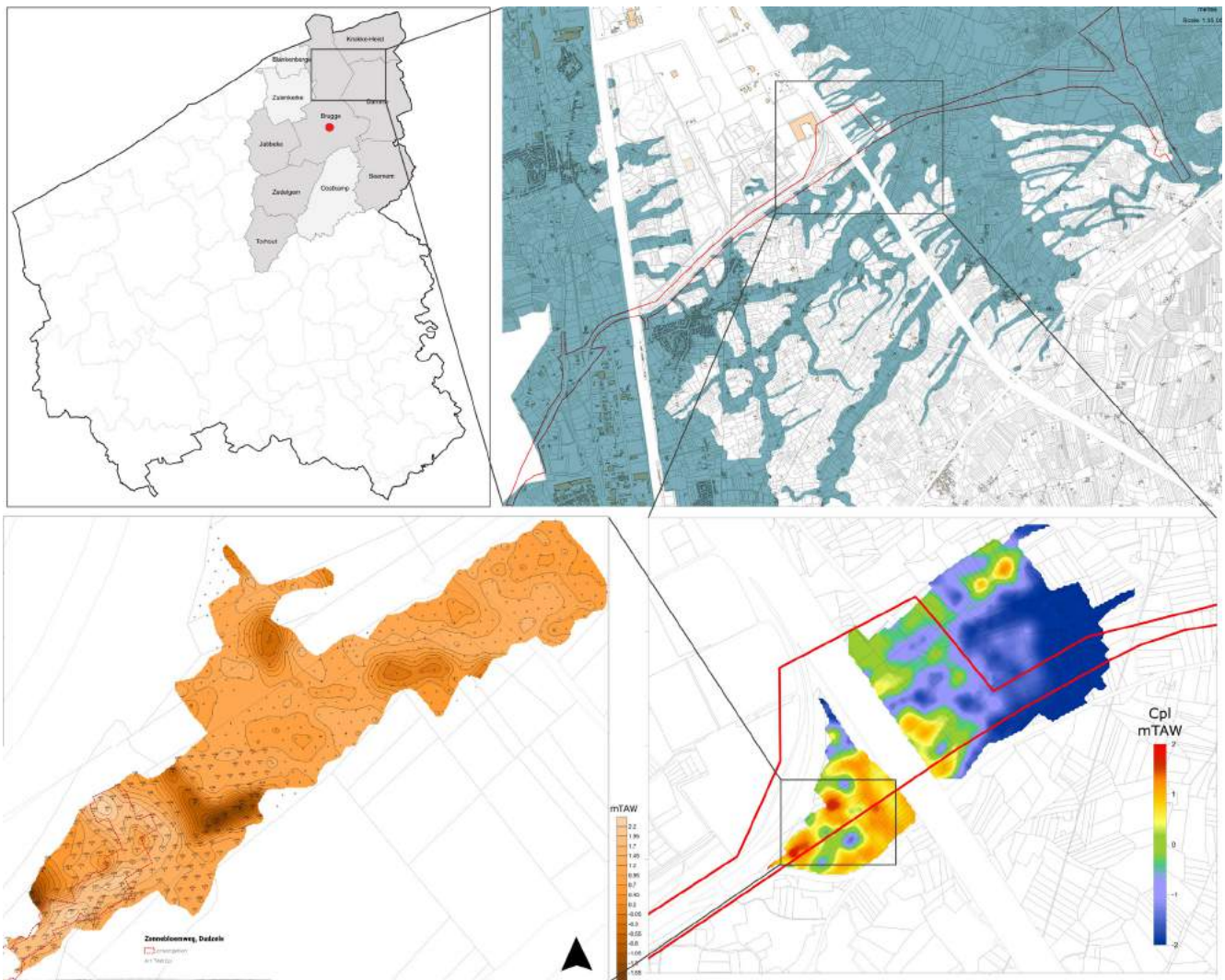


Fig. 124. Met de wijzers mee: de locatie van het onderzoeksgebied; de 'geulenskaart'; de hoogte van het Pleistocene zand op basis van het landschappelijk booronderzoek; de hoogte van het Pleistocene zand op basis van het archeologisch booronderzoek ter hoogte van de site Zonnebloemweg in Brugge

tweede fase op het eind van de tweede eeuw en het begin van de derde eeuw. Op basis van deze gegevens was er geen activiteit op de site tussen het begin van de tweede eeuw en het einde van de tweede eeuw, tussen 125 tot 175 na Christus. Tijdens de eerste fase van Romeinse aanwezigheid op de site Zonnebloemweg was zoutproductie de belangrijkste activiteit. Tijdens de tweede fase, wanneer de bewoning een permanent karakter kreeg, is het niet langer duidelijk welke economische activiteiten een rol spelen op de site.

Tijdens de eerste periode worden zowel de top als de flank van de donk in gebruik genomen. Centraal op de zuidelijke flank van de opduiking werd een grote hoeveelheid Romeins aardewerk verzameld. De vondsten stammen uit een pakket zwarte klei gemengd met geërodeerd veen bovenop een dunne veenlaag. Het materiaal bestaat zowel uit gebruiksaardewerk als technisch aardewerk, meer specifiek briquetage. Het gebruiksaardewerk bestaat daarnaast voornamelijk uit handgevormd aardewerk. Een grote fractie van het aardewerk uit deze fase vertoont sporen van

intentionele verbranding, iets wat in nederzettingcontexten op het pleistocene hinterland zelden het geval is. Mogelijk houdt het overvloedig voorkomen van sterk verbrand handgevormd aardewerk verband met zoutproductie. De vondsten wijzen erop dat zoutproductie een belangrijke (tijdelijke) activiteit was op en rond de donk tijdens de eerste eeuw. Toch leverde dit – in overeenstemming met de gekende Romeinse sites in de regio - geen archeologische sporen op.

Tijdens de tweede periode, op het eind van de tweede eeuw en het begin van de derde eeuw na Christus concentreert de bewoning zich op het zuidwestelijke uiteinde van de donk. Op dat ogenblik is sprake van permanente bewoning. De nederzetting is een kleinschalige versie van de Romeinse nederzettingen in de zandstreek en bestaat uit een huis en een waterput en is daarmee de oudste met zekerheid vastgestelde houtbouw constructie in het noordelijke kustgebied. Het gaat om een huis met kruisvormige palenconfiguratie met twee traveeën. Dit type is tot nu toe enkel gekend in de dekzandgebieden van Vlaanderen.

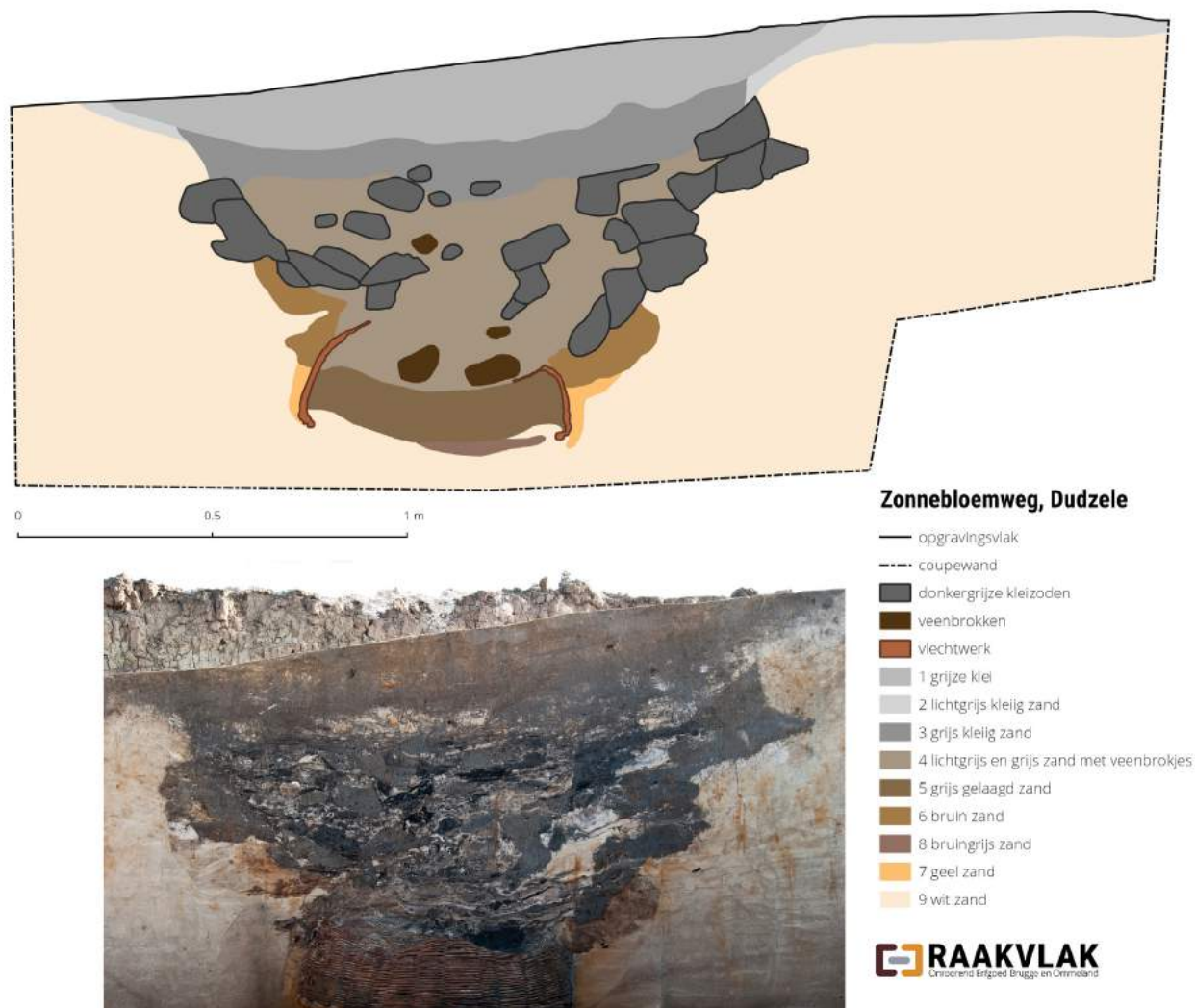


Fig. 125. Coupe van de Romeinse waterput langs de Zonnebloemweg in Dudzele

De waterput is onderaan opgebouwd met een gevlochten mand en bovenaan met kleizoden. Een waterput is van vitaal belang in deze omgeving: hij voorziet de bewoners van zoet, drinkbaar water in een zout landschap. De ontdekking van deze nederzetting is een grote sprong voorwaarts in de kennis van de Romeinse bewoning in dit landschap, maar dit hoeft niet te verbazen: een Pleistocene donk biedt vergelijkbare omstandigheden als de zandstreek, maar dan op kleinere schaal. De Romeinse bewoners pasten een gekende en effectieve bouwstrategie toe in een relatief nieuwe omgeving. Dit bewijst dat de Romeinse activiteiten in de oostelijke kustvlakte op dat moment geen seizoenaal, maar een permanent karakter hebben.

De aardewerkstudie wijst op het ontbreken van briquetage of verbrand aardewerk tijdens de tweede fase van Romeinse aanwezigheid op de site. Daar zijn twee mogelijke redenen voor: ofwel speelt zoutproductie op dat moment geen rol van betekenis in de economie van de nederzetting, ofwel

wordt een nieuw productieproces geïntroduceerd, dat geen sporen achterlaat in het aardewerkbestand.

3.8.2. Reeds uitgevoerde veenbeschrijvingen langs de Zonnebloemweg

3.8.2.1. Inleiding

Tijdens het archeologisch booronderzoek langs de Zonnebloemweg werden in 2012 tien boringen uitgevoerd om het veen nauwkeurig te beschrijven. Tijdens de opgraving zelf in 2013 werden enkele veenprofielen bemonsterd. Twee ervan werden macrobotanisch onderzocht. De boringen zijn nauwkeurig visueel beschreven.

Een eerste raai is uitgezet op de plaats waar de pleistocene ondergrond een langgerekte, gebogen laagte vertoont. Een tweede raai is meer naar het zuidwesten uitgezet. Op die manier is het uiteinde van een depressie aangesneden. De

onderlinge afstand tussen de boorpunten bedraagt iets minder dan 10 m.

De boringen werden uitgevoerd met twee verschillende boortypes. Boven de grondwatertafel een combiboor gebruikt. Onder de grondwatertafel werd geboord met een gutsboor (met diameter 3 cm). Met de gutsboor werd - indien mogelijk - om de 50 cm opnieuw geboord. Eenmaal in het veen werden om de 10 cm stalen genomen. Van de top en de basis werd ook een gedeelte hoofdzakelijk anorganisch materiaal meegenomen.

3.8.2.2. Veenbeschrijvingen raai 700-707

De plaats van de eerste raai boringen werd uitgekozen op basis van de lage ligging van de top van het Pleistoceen. Bij twee boringen lag die lager dan -2 m TAW, terwijl de gemiddelde hoogte ervan tijdens het booronderzoek 0,90 m TAW is, met een mediane hoogte van 1,06 m TAW. Vergeleken met de rest van het onderzochte gebied zijn de reliëfverschillen – 4 m over een afstand van 40 tot 50 m – nergens zo groot.

Boringen 704 en 705

Het onderste gedeelte van deze twee boringen is sterk vergelijkbaar. De onderste 10 cm bestaan in beide uit een weinig gehumificeerd berkenbroekveen (Hulb). Binnen boring 705 zijn er tevens vruchten van *Menyanthes trifoliata* (waterdriëblad) aangetroffen. Het berkenbroekveen ontstaat bij een vernatting van het landschap waarbij voedselarm water (maar geen puur regenwater) wordt aangevoerd. Dit voedselarm water is typisch voor oppervlakkig afstromend water of ondiep kwelwater. Kenmerkende plant voor dit berkenbroekveen is *Betula pubescens* (zachte berk). De verschillen tussen zachte berk en *Betula verrucosa* (ruwe berk) zijn echter niet te maken op basis van de schors of meestal beschadigde schubjes/vruchtjes.

Binnen dit veen zijn er geen aanwijzingen voor overstromingen met rivier- of beekwater. Deze lage zone vormde hoogstwaarschijnlijk een beperkte, eerder geïsoleerde laagte.

Hogerop in deze veenlaag zijn bij de boringen 704 en 705 de humificatiegraden veel hoger. Dit duidt erop dat het veen veel langzamer groeide. Sterk gehumificeerd veen kan wijzen op periodes van stilstand of een zekere afbraak. Het blijft een houtveen maar in periode met tragere groei en/of meer afbraak van materiaal.

Rond -1 m TAW gaat het houtveen over in een veen dat gevoed wordt door voedselarm water (oligotroof, misschien ombrotroef). Vermoedelijk hebben we hoger dan -0,80 m TAW te maken met een hoogveen (=ombrotroef veen),

gevoed door uitsluitend regenwater. Het veen is voldoende

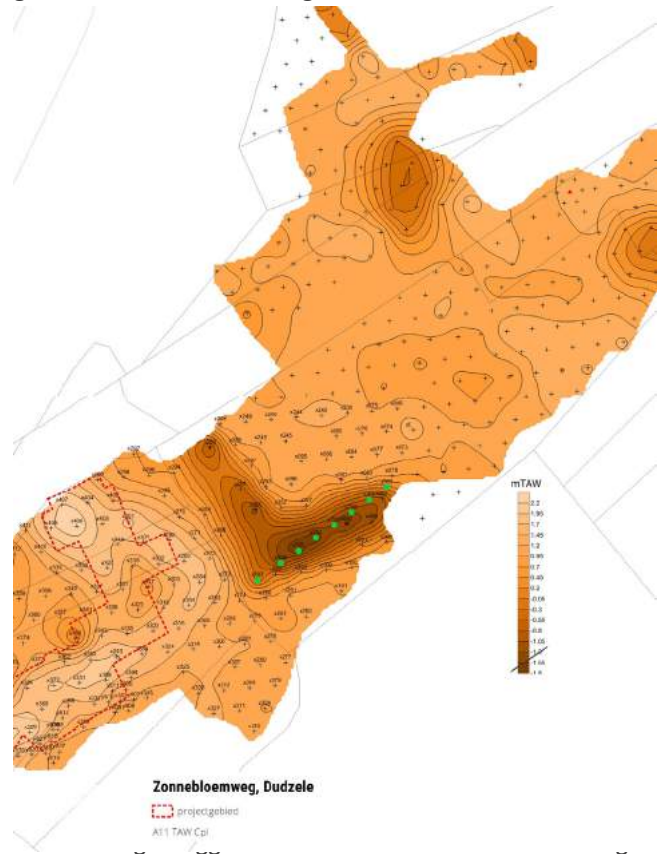


Fig. 126. Boorraai 700-707 ten opzichte van de hoogte van het Pleistocene zand op basis van het archeologisch booronderzoek ter hoogte van de site Zonnebloemweg in Brugge

De basis van het veen ligt tussen -1,40 m TAW en -0,70 m TAW. In grote lijnen is er hetzelfde patroon als bij vorige boringen. Onderaan een groot pakket houtveen (oranje, bruine kleur in legende) dat later overgaat in het voedselarme, boomloze veen (groene kleur in de legende). Het houtveen is hier extreem dik. Volgens de gegevens van Allemeersch (1986) gaat het veen in het oostelijk kustgebied na 1 m over in een ombrotroef veen. Hier gebeurt dit pas na 140 cm in boring 706. Voor de boringen 703 en 702 is dat nog meer. Dit kan te wijten zijn aan de relatief sterke helling van het terrein. Hier kan aan de randen van de laagte gedurende een veel langere tijd oppervlakkig afstromend of ondiep aangevoerd grondwater aanwezig geweest zijn. Dit kan zorgen voor een langere periode van veengroei, gevoed met ondiep grondwater of oppervlakkig afstromend grondwater.

Op enkele niveaus zijn er resten van *Alnus glutinosa* (zwarte els) gevonden. Dit wijst op een voedselrijker veentype. Dit hoeft hier niet het gevolg te zijn van voedselrijker rivierwater. Waarschijnlijk zorgde een vertraagde veengroei of zelfs stilstand voor een sterkere humificatie met een hogere voedselrijkdom als gevolg.

Boring 707 bevat veel *Ericaceae* (heideplanten) en mossen. Het lijkt een overgangsvorm tussen heide en hoogveen. Op

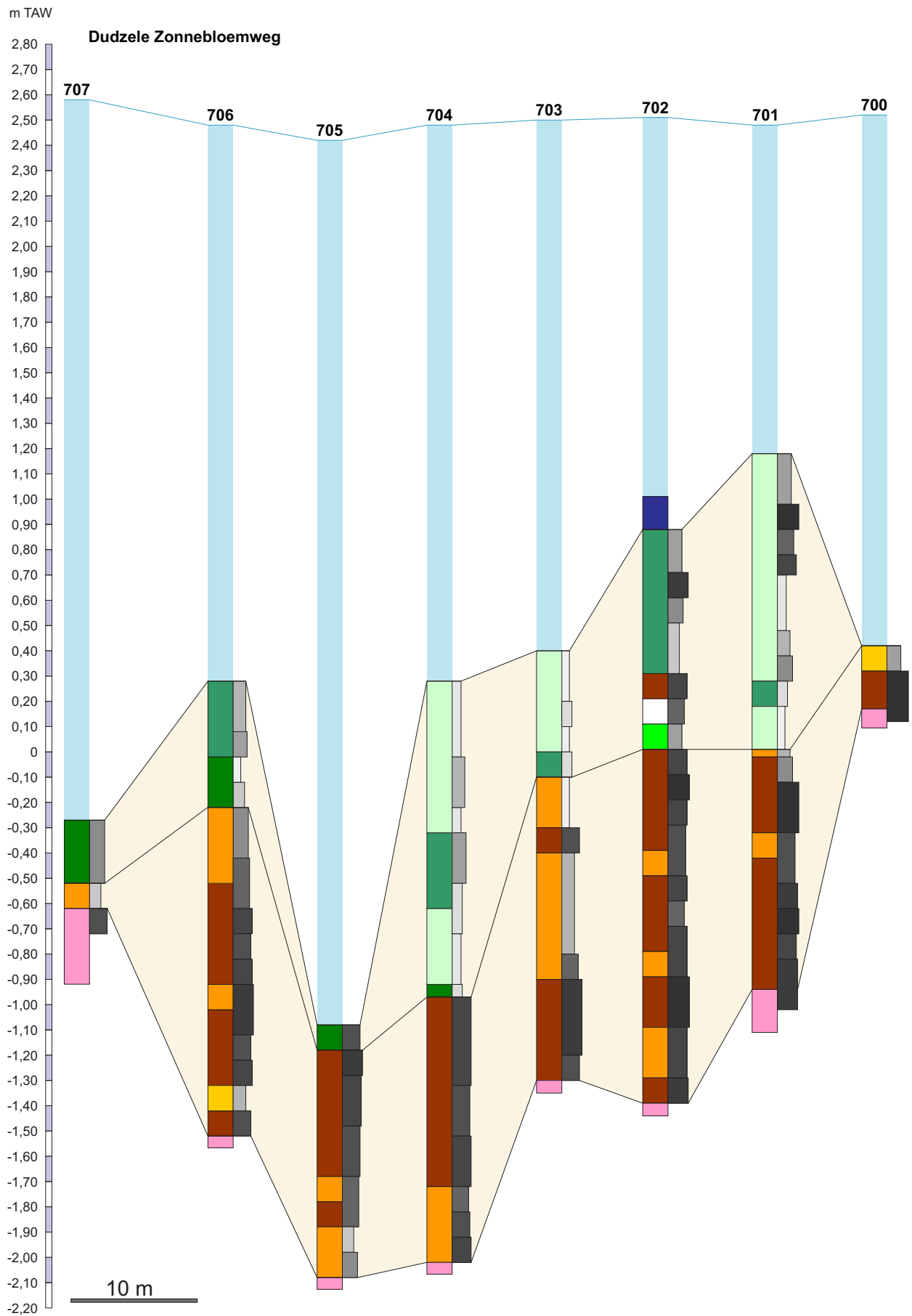


Fig. 127. Diepte van het veen en veenbeschrijvingen in boorraai 700-707 te Dudzele – Zonnebloemweg

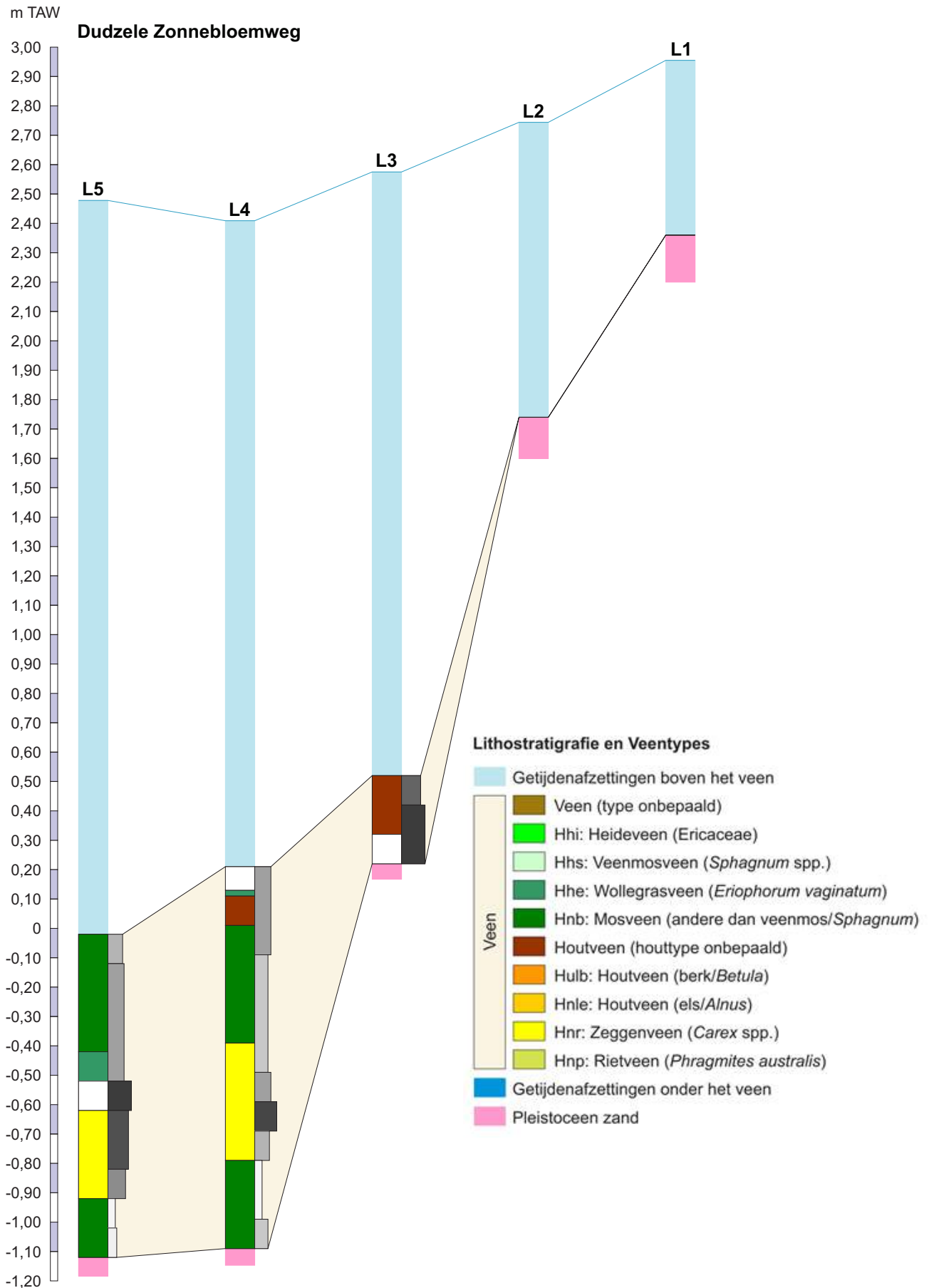


Fig. 128. Diepte van het veen en veenbeschrijvingen in boorraai 700-707 te Dudzele – Zonnebloemweg

deze plaatsen ontwikkelt zich een bodem die de overgang vormt tussen die van de natte heide en een veenbodem (in het Duits: Anmoor).

De top van het veen van de boorprofielen, meer aan de buitenkant gelegen, ligt hoger dan die van de boringen 704 en 705. Dit betekent echter niet dat alle veenlagen zonder afgraven zo hoog kwamen als bij boring 701. Hier spelen meerdere factoren.

- Het uitgesproken microreliëf zal hier ook nog na een lange periode van veengroei voor hoogteverschillen aan de top gezorgd hebben.
- Na de veengroei zal het veen door verdroging inklinken en dus dunner worden. Sommige veensoorten zullen meer inklinken dan andere.
- Hoe meer materiaal er is van veen en klei/silt, hoe sterker de inklinking.

Boring 700

Deze boring met een dunne veenlaag is algemeen voor de polders in de omgeving Dudzele, Damme en Westkapelle: een dunne veenlaag van enkele dm op een hoogte van enkele dm boven de 0 m TAW.

3.8.2.3. Veenbeschrijvingen raai L1-L5

De plaats van de tweede raai boringen is gekozen omwille van de lage ligging van het Pleistoceen (-1,10 m TAW) en de uitzonderlijk grote reliëfverschillen voor het pleistoceen oppervlak in de kustvlakte. Zo is er tussen de boringen L2 en L4 een hoogteverschil van 280 cm over minder dan 20 m. Nochtans zijn er geen aanwijzingen voor erosie door een beek of riviertje. Het veen wijst op geen enkele manier naar periodieke overstromingen met bijhorende anorganische sedimentatie. Bij boringen L5 en L4 is er geen echt veen aanwezig. Bij boring L5 (+2,36 m TAW) is er nauwelijks een humeuze laag bovenaan het Pleistoceen. Bij boring L4 (+1,74 m TAW) is er een sterk humeuze laag van een 30-tal cm. Vermoedelijk zitten we hier – wat topografie betreft – aan de rand van de veenvorming binnen dit gebied.

Bij de boring L3 (+0,20 m TAW) is er een dun houtveen van een 3 dm dat sterk verweerd is. Het is een type veenontwikkeling dat algemeen is in de omgeving Dudzele-Hoeke-Ramskapelle. Bij de boringen L4 en L5 is het veen wel goed ontwikkeld. Onderaan het profiel tonen de boorkernen een andere samenstelling van het veen dan in de vorige raai. Er is weinig houtveen maar een weinig verweerd mosveen met vooral *Drepanocladus sp.* (een sikkelmos) en aanwijzingen voor een veen met kleine zegen. Deze samenstelling, met ook *Menyanthes trifoliata*

(waterdrieblad) erbij is kenmerkend voor een mesotroof veen. Let ook op de sterkere verwerking bij het zeggeveen (Hnr; gele kleur) vergeleken met het oligotrofe veen (groene kleur).

In het hogere gedeelte van dit veen is *Pinus sylvestris* (grove den) gevonden. Dit is niet uitzonderlijk voor het veen in de kustvlakte maar toch eerder ongewoon. Daarnaast vormt *Polytrichum* (haarmos) hier een belangrijk aandeel binnen het oligotroof veen. In het bovenste gedeelte is er wel een aanzet naar ontwikkeling van hoogveen vast te stellen maar het hoogveen zelf ontbreekt. De basis van het veen bevindt zich in beide gevallen (L4 en L5) rond -1,10 m TAW. Bij boring 701 op -1,00 m TAW. Bij boring 701 bevindt er zich nog 110 cm hoogveen boven het laagveen en is het totale pakket 200 cm dik. Bij de boringen L4 en L5 is er ongeveer 120 cm laagveen. Een logisch besluit is dan ook dat hier het hoogveen afgegraven is. Aan de hand van deze boringen met kleine guts-kern en veldbeschrijvingen van het veen kunnen we dat wel niet met zekerheid stellen.

3.8.3. Reeds uitgevoerd macrorestenonderzoek langs de Zonnebloemweg

Tijdens een opgraving bij de Zonnebloemweg werd in de zomer 2013 de veenlaag in het veld grondig bekeken en in een paar sleuven beschreven. Afhankelijk van de topografie had het veen een dikte tot zowat 70 cm. Van vier profielen werden stalen genomen. Na waardering bleek PR 24 SL 7 het best bewaard. De analyse gebeurde om de 5 cm op een volume van 50 cc.

In de onderste 10 cm bemerken we duidelijk de kenmerken van een verveningsveen. Er zijn nauwelijks herkenbare plantenresten bewaard: wel helemaal onderaan nog zand, hout en houtskool. Het niveau tussen 10 en 20 cm domineren de mosfragmenten. Takjes van Ericaceae (Heidefamilie) en hout zijn ook nog in belangrijke mate aanwezig. Dit hout is vermoedelijk afkomstig van *Pinus sylvestris* (grove den) en *Betula pubescens* (zachte berk). Normaal gezien zijn de nootjes van de berk te sterk aangetast om die tot op de soort te kunnen bepalen. Hier zijn ze echter schitterend bewaard gebleven.

De belangrijkste mossen zijn *Aulacomnium palustre* (rood viltmos) en *Polytrichum commune* (gewoon haarmos). Daarnaast zijn er ook heel wat resten van heideplanten op naam gebracht: *Calluna vulgaris* (struikheide), *Erica tetralix* (gewone dophei) en *Oxycoccus palustris* (kleine veenbes). De plantencombinatie van deze zone tussen 10 en 20 cm is kenmerkend voor een milieu dat naast regenwater alleen nog voedselarm, ondiep grondwater ontvangt. Gezien de uitstekende bewaring van de planten zullen perioden van uitdroging zo goed als onbestaande geweest zijn.

De zone 20-25 cm toont mooi de overgang van een minerotroof (laagveen) maar oligotroof veen naar een ombrotroof veen (hoogveen): m.a.w. van een voedselarm maar nog door grondwater beïnvloed veen naar een veen dat alleen nog gevoed wordt door regenwater. De zone 25-35 cm bestaat uit een ombrotroof veen: de hogervermelde bomen en mossen zijn zo goed als verdwenen. *Eriophorum vaginatum* (éénarig wollegras) en *Sphagnum* sect. *Acutifolia* vormen het overgrote gedeelte van de massa. In dit hoogveen zijn er wel aanwijzingen voor een brand met enkele herkende, verkoolde plantenresten en veel houtskool in het niveau. Het niveau 35-40 cm bevatte geen herkenbare plantenresten. Op de zeef waren vooral aaneengekitte partikels van klei/silt blijven liggen.

Het veen werd in de 20 m verder gelegen sleuf 23 in het veld beschreven. De beschrijvingen zijn sterk gelijklopend met de resultaten van het geanalyseerde profiel.



Fig. 129. *Betula* (berk)



Fig. 131. *Pinus sylvestris* (grove den)



Fig. 130. *Polytrichum commune* (gewoon haarmos)

BRI 3ZW SL 24

Hoogte vanaf basis in cm	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40
Volume	50 cc	50 cc	50 cc	50 cc	50 cc	50 cc	50 cc	50 cc

Samenstelling

zand	XX							
silex	X							
silt, klei								XXX
hout	XX	XXX	XX	XX		XX		X
houtschool	XXX	XXX	X				XXX	
takjes Ericaceae			XX	XXX	XX	XX		
wortelfragmenten		XXX						XX
mosfragmenten			XXX	XXX	XXX	XXX	X	
blad/bloemknoppen				X				
sclerotia <i>Cenococcum</i>	XX							
vezels	XXX		XX	XX	XXX	X	XXX	XX

Legende:

één of enkele:	X
regelmatig:	XX
veel:	XXX

BRI 3ZW SL 7 PR 24

Hoogte vanaf basis in cm	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40
Volume	50 cc	50 cc	50 cc	50 cc	50 cc	50 cc	50 cc	50 cc

Macroresten

<i>Eriophorum vaginatum</i>					Dom		Ab		éénarig wollegras (vezels)
<i>Eriophorum vaginatum</i>			oc		fr				éénarig wollegras (<i>spindel</i>)
<i>Sphagnum sect. Acutifolia</i>				sp	Ab	Dom	sp		veenmos sect. Acutifolia
<i>Rhynchospora alba</i>						1			witte snavelbies
<i>Polytrichum commune</i>			Dom	sp	Ab				gewoon haarmos
<i>Aulacomnium palustre</i>				Ab	sp	sp			rood viltmos
<i>Betula pub./ver.</i>			3	9	5				zachte/ruwe berk (nootje)
<i>Betula pub./ver.</i>				5					zachte/ruwe berk (schubje)
<i>Betula pubescens</i>				10					zachte berk (nootje)
<i>Pinus sylvestris</i>		sp	fr	sp					grove den (naald)
<i>Pinus sylvestris</i>		oc							grove den (schub;kegel)
<i>Calluna vulgaris</i>						3			struikheide (zaad)
<i>Calluna vulgaris</i>			fr	fr	oc				struikheide (blad)
<i>Calluna vulgaris</i>			oc	oc	sp		sp*		struikheide (bloem)
<i>Erica tetralix</i>			fr	oc			sp*		gewone dophei (blad)
<i>Erica tetralix</i>			1						gewone dophei (zaad)
<i>Vaccinium oxycoccus</i>				oc					kleine veenbes (blad)
<i>Sphagnum</i> sp.	sp								veenmos
cf. <i>Drepanocladus</i>					sp				cf. sikkelmos
cf. <i>Mnium</i>				sp					cf. sterremos
<i>Juncus</i> sp.			1						rus
<i>Rumex acetosella</i>							1*		schapezuring

verkoold: *

bij zaden/vruchten

absolute aantallen:	1, 2, 5, 8
---------------------	------------

Tabel 132. Tabellen bij het macrorestenonderzoek langs de Zonnebloemweg in Dudzele

BRI 3ZW PR1/PB2

Hoogte vanaf basis in cm	0-5	10-15	20-25	30-35	40-45	50-55	60-65
Volume	50 cc	50 cc	50 cc	50 cc	50 cc	50 cc	50 cc

Macroresten

<i>Sphagnum palustre</i>	sp						gewoon veenmos
<i>Pinus sylvestris</i>		fr				sp	grove den (naald)
<i>Eriophorum vaginatum</i>						sp oc	éénarig wollegras (<i>spindeln</i>)
<i>Sphagnum sect. Acutifolia</i>						sp	veenmos sect. <i>Acutifolia</i>
<i>Calluna vulgaris</i>						sp	struikheide (bloem)
<i>Erica tetralix</i>						sp oc	gewone dopheide (blad)

Legende:

bij vegetatieve resten

sporadisch:	sp
occasioneel:	oc
frequent:	fr
abundant:	Ab
dominant:	Dom

Samenstelling

zand	XX	XX				XX	
kever					XX	X	
hout	XXX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
houtschool	XX	XXX	XX	XX	X	XX	X
takjes Ericaceae				X		XX	XXX
wortelfragmenten	XXX	XX	XX	XX	XX	XXX	XXX
sclerotia <i>Cenococcum</i>	XX	XX	XX	XXX	XX	XX	

Tabel 133. Tabellen bij het macrorestenonderzoek langs de Zonnebloemweg in Dudzele

BRI 3ZW SL1 PR3b

Basis veenprofiel	16-21 cm	21-26 cm	26-31 cm	31-36 cm
Volume	50 cc	50 cc	50 cc	50 cc

Samenstelling

zand	XX	XX	X	X
hout	XXX	XXX	XXX	XXX
houtschool	XX	XXX	XX	XX
wortelfragmenten	XXX	XXX	XX	XXX
sclerotia <i>Cenococcum</i>	XX	XX	X	

Macroresten

<i>Sphagnum palustre</i>				sp	gewoon veenmos
--------------------------	--	--	--	----	----------------

Legende:

één of enkele:	X
regelmatig:	XX
veel:	XXX

Tabel 134. Tabellen bij het macrorestenonderzoek langs de Zonnebloemweg in Dudzele

BRI 3ZW SL1 PR3a

Top veenprofiel	29-34 cm	34-39 cm	39-44 cm
Volume	50 cc	50 cc	50 cc

Samenstelling

hout	XX	X	
houtschool	XX	X	
wortelfragmenten	X		
sclerotia <i>Cenococcum</i>	X		

Tabel 135. Tabellen bij het macrorestenonderzoek langs de Zonnebloemweg in Dudzele

3.8.4. Reeds uitgevoerd palynologisch onderzoek op bodemprofielen

In twee pollenbakken uit de sleuven 2 en 5 op de site Zonnebloemweg werd de ongeveer 10 cm dikke A-horizont bemonsterd. Telling was mogelijk in beide gewaardeerde subsamples. De resultaten van de beperkte tellingen (circa 100 korrels) zijn te vinden als tabel in bijlage (originele tellingen, inclusief Nederlandse namen) en als pollendiagram (procentueel). Beide stalen vertonen gelijkaardige pollenspectra en worden daarom samen besproken.

De concentratie is gemiddeld tot hoog. De bewaring is matig tot slecht. Toch werd in beide monsters een redelijke variatie aan pollentypes herkend, hetgeen erop wijst dat differentiële bewaring geen al te belangrijke rol speelt.

3.8.4.1. Pollenspectra (Figuur 53)

Het AP overheerst met respectievelijk 84 % en 95 %. *Alnus* en *Corylus* zijn in beide stalen de belangrijkste taxa (circa 28 % en circa 33 %). Andere bomen komen met enkele procenten voor (*Betula* (berk), *Quercus* (eik), *Tilia* (linde)) en zijn in het monster uit sleuf 5 vaak sterker vertegenwoordigd. *Fagus* (beuk), *Fraxinus* (es), *Pinus* (den) en *Ulmus* (iep) komen in kleine hoeveelheden voor. Naast deze bomen zijn ook dwergstruiken vertegenwoordigd in het AP: *Ericaceae undiff.* (heide) en *Calluna vulgaris* (struikhei) vormen samen circa 10 % van de pollensom. Mogelijk zijn de korrels die door hun mindere bewaringskwaliteit toegewezen werden aan 'niet verder te determineren *Ericaceae*' ook afkomstig van *Calluna vulgaris*.

Het NAP vertoont een hoger aandeel in het monster uit sleuf 1. We zien in beide monsters zeer weinig variatie, met vooral *Poaceae* (grassenfamilie) en minder *Chenopodiaceae* (ganzevoetfamilie) en *Cyperaceae* (cypergrassenfamilie). De korrel die gedetermineerd werd als '*Cerealia type*' duidt mogelijk op graan. Anderzijds was deze korrel net geen 40 µm diameter (een randgeval voor dit type) en kan hij ook

van natuurlijke grassen (*Poaceae*) afkomstig zijn. Verder zijn er geen aanwijzingen voor menselijke impact op het landschap.

Er zijn nauwelijks waterplanten en NPP's gevonden. Bij de sporenplanten komen *Filicales* (varens) in beperkte mate voor en vertoont *Sphagnum* (veenmos) erg hoge waarden (23 tot 45 %). De concentratie microhoutschool is groter dan 2000 fragmenten per mm³. Dergelijke hoge concentraties zijn moeilijk exact te bepalen.

3.8.4.2. Regionale vegetatie en ouderdom

De spectra wijzen op een dicht bebost landschap met een variatie aan loofbomen in de ruimere omgeving. Het voorkomen van beuk wijst op een maximum ouderdom van ongeveer 4000 jaar.

Menselijke invloed in de vorm van landbouw kan op basis van deze spectra niet aangetoond worden. Het voorkomen van heide kan eventueel geïnterpreteerd worden als het gevolg van begrazing in het kader van veeteelt, maar houdt op deze locatie eerder verband met hoogveenontwikkeling. De zeer hoge waarden voor microhoutschool kunnen wijzen op bosbranden of het stoken van vuur door de mens in de omgeving.

3.8.4.3. Lokale vegetatie en milieu

De combinatie van heide en veenmos toont aan dat er in de omgeving veen gevormd werd in voedselarme, zure omstandigheden. Op de bemonsterde locaties zelf werd het echter nooit nat genoeg voor veenvorming.



Fig. 136. Foto van de bemonsterde bodem in profiel 1 (links) en profiel 8 (rechts) in Dudzele Zonnebloemweg. Groene stip = niveau van palynologische substaalname (Storme 2018).

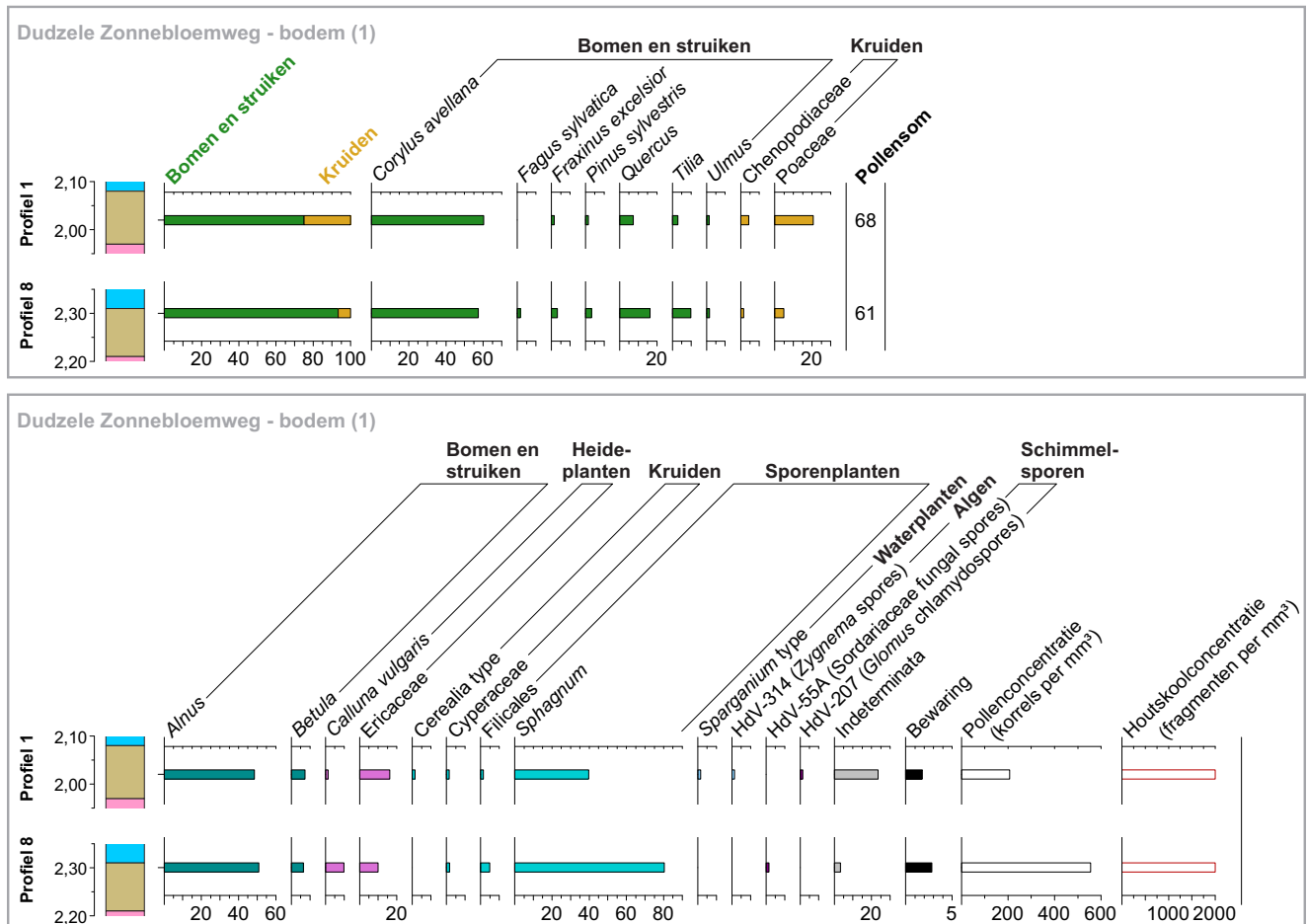


Fig. 137. Procentueel pollendiagram van twee bodemprofielen (profiel 1 en profiel 8) uit Dudzele Zonnebloemweg (naar Storme 2018).



Fig. 138. Het landschappelijk bodemonderzoek langs de Zonnebloemweg in Dudzele

3.8.5. Nieuw natuurwetenschappelijk onderzoek Dudzele - Zonnebloemweg

De omgeving van de site Zonnebloemweg is een unieke locatie. Door de uitzonderlijke variatie in en bewaring van de bodem, de ontdekking van prehistorische en Romeinse resten en het reeds uitgevoerde natuurwetenschappelijke onderzoek, werd de locatie geselecteerd voor bijkomende studies. Omdat het grootste deel van het origineel onderzocht terrein nu onder de A11 snelwegverbinding ligt, werd eerst een landschappelijk bodemonderzoek uitgevoerd om de goed bewaarde veensequenties op te sporen. Op basis van deze boringen zijn locaties geselecteerd voor mechanische boringen.

Het landschappelijk bodemonderzoek werd uitgevoerd op 22 december 2021, door een team van Gate en Raakvlak. Op basis van 26 boringen op 3 boorraaiën werd duidelijk dat ook in deze zone de bodem zeer gevarieerd, maar goed bewaard is. De laag veen is plaatselijk meer dan 2 m dik. Op 20 januari 2022 werden vijf gerichte mechanische boringen uitgevoerd, waarbij de boorkernen (in kunststoffen liners met diameter 7 cm) telkens integraal werden verzameld voor verder onderzoek. De boorkernen zijn nadien geopend, bemonsterd en beschreven in de kantoren van Gate in Aalter.

3.8.5.1. Veenbeschrijving MB4

Voor de vijf mechanische boringen werd de hoogte van de basis en de top van het veen genoteerd en uitgezet in het profiel van boorrai MB1-MB5. In de boring met het dikste en diepste veenpakket (MB4) werd het veengedeelte bovendien in detail beschreven (bijlage en Figuur 56). De volledige sequentie bestaat uit houtveen, behalve een korte onderbreking met mosveen tussen -1,63 en -1,83 m TAW. In de onderste 60 cm is de bewaring van het veen goed genoeg om vast te stellen dat het hout in hoofdzaak van berk afkomstig is (cf. lage humificatiegraad). Tussen ca. -1,50 en -0,80 m TAW is het veen te sterk vergaan om de houtsoort te bepalen en kunnen we het materiaal niet nauwkeuriger benoemen dan 'houtveen'. Boven -0,80 m TAW wordt de humificatiegraad weer wat lager en kon op sommige niveaus de aanwezigheid van berkenhout en riet- en/of zeggenstengels vastgesteld worden. De top van het veen bevindt zich op -0,05 m TAW. Nergens in deze sequentie zijn elementen vastgesteld die wijzen op een evolutie naar oligotroof veen.

3.8.5.2. Palynologische analyse van MB4

Bij de bespreking van de resultaten van de palynologische analyse van de Zonnebloemweg worden vijf pollenzones onderscheiden: zones DU-ZO-1 tot en met DU-ZO-5 (Figuur 59).



Zone DU-ZO-1

Zone DU-ZO-1 omvat twee spectra uit het kalkrijke zand onder het veen (-2,54 tot -2,15 m TAW).

Pollenspectra

Beide pollenspectra vertonen zeer lage AP-waarden (14-19%). Het AP bestaat uit *Pinus* (11-17 %), *Juniperus communis* (1-3%) en een korrel van *Ephedra*. De korrels van *Fraxinus excelsior* en van *Picea* in het onderste staal zijn vermoedelijk herwerkt. Het NAP daarentegen is veel talrijker en gevarieerder: *Poaceae* domineren (37-57 %), maar ook *Artemisia*, *Helianthemum* en *Caryophyllaceae* komen frequent voor (hogere percentages in de basis). Daarnaast komen tal van kruidentaxa sporadisch voor: *Matricaria* type, *Phyteuma* type, *Polemonium*, *Rubiaceae* en *Senecio* type (vooral) in de basis en *Apiaceae*, *Chenopodiaceae*, *Plantago lanceolata*, *Rumex acetosa* type, *Sanguisorba officinalis* en *Thalictrum* vooral in de top.

Bij de taxa die onder de lokale component afgebeeld staan, domineren *Cyperaceae* (120-140 %) en *Betula* (27-100 %). Ook *Salix*, *Vaccinium* type / *Empetrum* en *Equisetum* komen frequent voor.

Bij de waterplanten zien we extreem hoge waarden voor *Miriophyllum verticillatum* en bij de algen voor *Pediastrum* (verschillende soorten, waaronder in elk geval *P. boryanum*

en *P. kawraiskyi*). Andere algentypes (HdV-60, -61, -128 en 901) komen frequent voor met lagere percentages (ca. 2-5 %). Ook type HdV-137 is afkomstig van waterplanten (bladstekels van *Ceratophyllum*). Dierlijke resten vinden we vooral terug in het bovenste staal, met type HdV-72D, -109 en -187. Ook type HdV-307 en het onbekende microfossiel dat we hier KV-7 noemden zijn vermoedelijk van dierlijke origine. Schimmelsporen komen slechts sporadisch voor, behalve *Glomus chlamyosporen* (hdV-207), die in de basis 10% bereiken. Ten slotte komen in beide stalen zeer veel exemplaren voor (160-260%) van een onbekend type (KV-6,) dat gelijkenissen vertoont met HdV-367.

Regionale vegetatie en ouderdom

Opmerking vooraf: In deze studie is ervoor gekozen om taxa zoals *Betula*, *Salix* en *Ericaceae* bij de lokale component te plaatsen en dus niet mee te nemen in de pollensom, aangezien deze pollenkorrels in de meeste gevallen afkomstig zijn uit de lokale vegetatie op het veen. In deze zone gaat het echter om een zandige afzetting vóór de veenontwikkeling. Berken, wilgen en heide moeten hier waarschijnlijk gezien worden als deel van de regionale vegetatie.

De droge vegetatie bestond tijdens de afzetting van deze zone voor een groot deel uit kruidenrijk grasland. Het veelvuldig voorkomen van zonneroosje wijst op kalkgrasland. Mogelijk was het pollen van *Artemisia* afkomstig van wilde

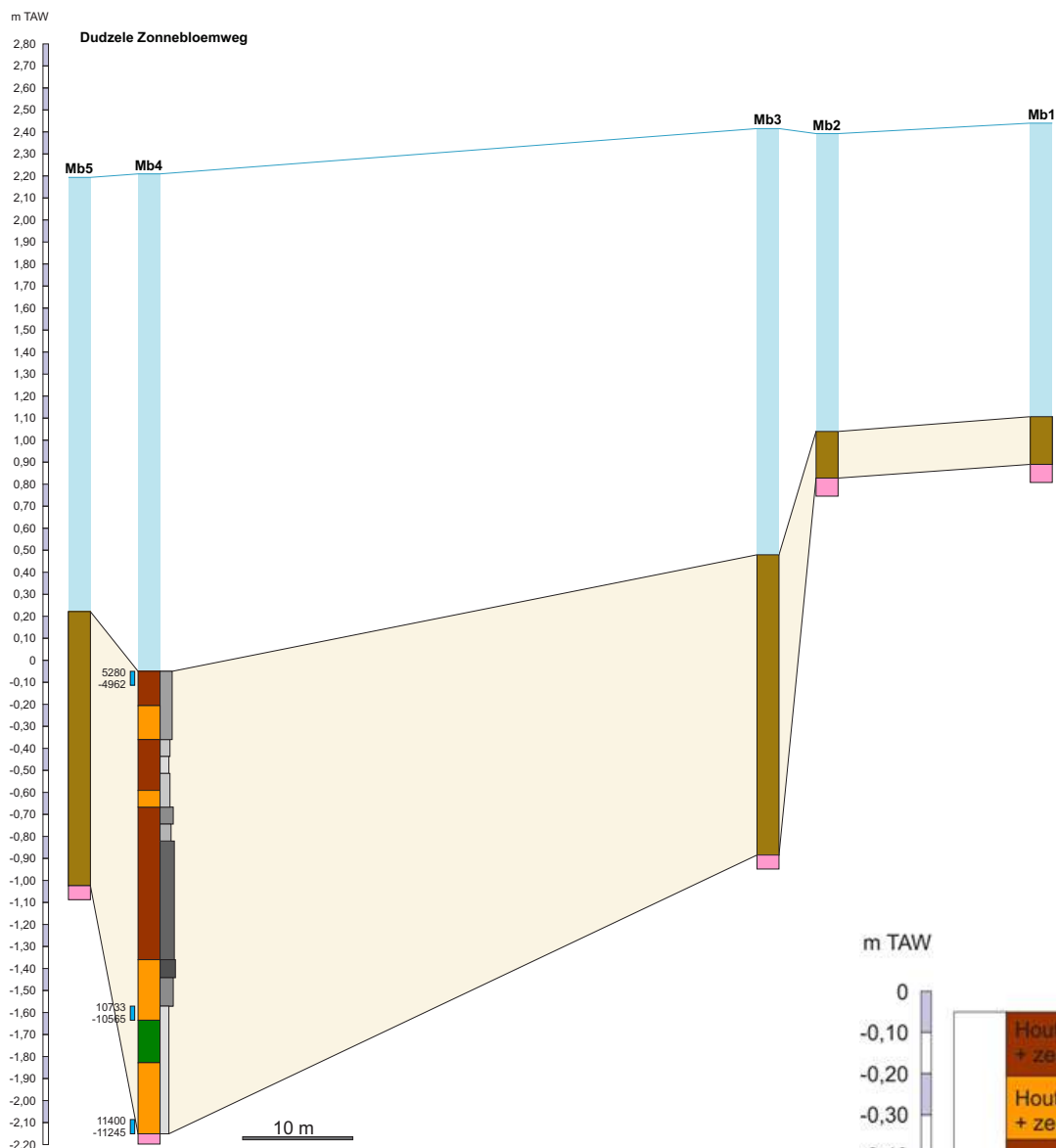


Fig. 139. Diepte van het veen in boorraai MB1-MB5 te Dudzele Zonnebloemweg, met veenbeschrijving in boring MB4

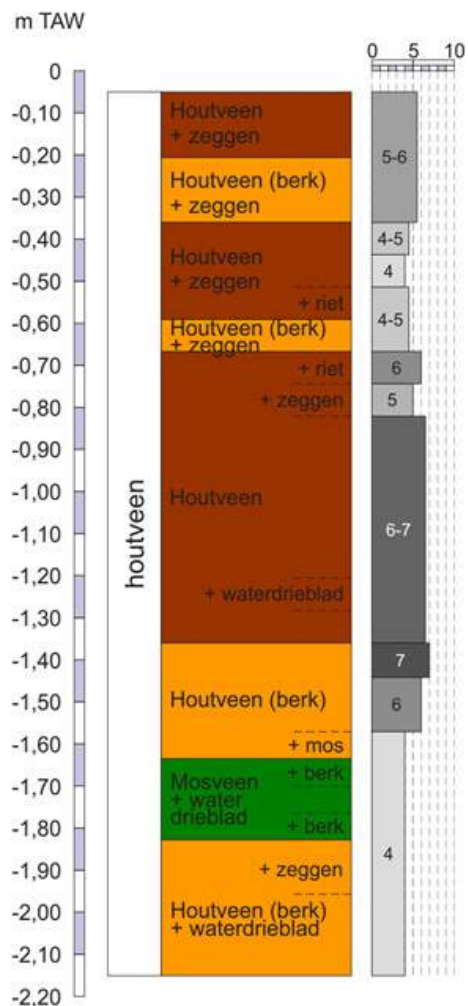


Fig. 140. Gedetailleerde beschrijving van het veen in MB4

averuit (*Artemisia campestris* subsp. *campestris*), aangezien deze soort eveneens thuis is op droge, kalkhoudende graslanden. De kruiden die bovenaan in de zone verschijnen of belangrijker worden, lijken te wijzen op iets nattere, meer voedselrijke graslanden (met bijv. grote pimpernel, smalle weegbree, veldzuring...). Mogelijk doet deze evolutie zich enkel lokaal voor (cf. infra).

Naast kruiden kwamen in deze graslanden ook (dwerg)struiken voor (jeneverbes, ephedra, bosbes/kraaihei en mogelijk dwergvormen van berk en wilg). Op basis van het pollen kan niet bepaald worden of er van berk en wilg ook bomen voorkwamen in deze periode.

De combinatie van de genoemde graslandkruiden en (dwerg)struiken is een typische vegetatie voor het begin van het laatglaciaal (GI-1d/e) of de koude fase op het einde van het laatglaciaal (GS-1) (Hoek, 1997).

Lokale vegetatie en milieu

De grote aantallen kransvederkruid en groenwieren wijzen op afzetting van deze zandlaag in stilstaand of stromend open water. Ook hoornblad komt hierin voor. De zandige samenstelling wijst eerder op (mogelijk periodiek) stromend water. Het voorkomen van herwerkt materiaal (pollen van *Abies* en *Fraxinus*; sporen *Glomus*, een schimmel die op (boom)wortels leeft) bevestigt dat er erosie en transport geweest moet zijn. Blijkbaar bevond de bemonsterde locatie zich tijdens het laatglaciaal in een beek- of rivierbedding. De oevervegetatie bestond vermoedelijk uit cypergrassen en paardenstaarten. Vooral naar de top van de zone toe zijn er bovendien indicaties voor vochtige graslanden nabij het water.

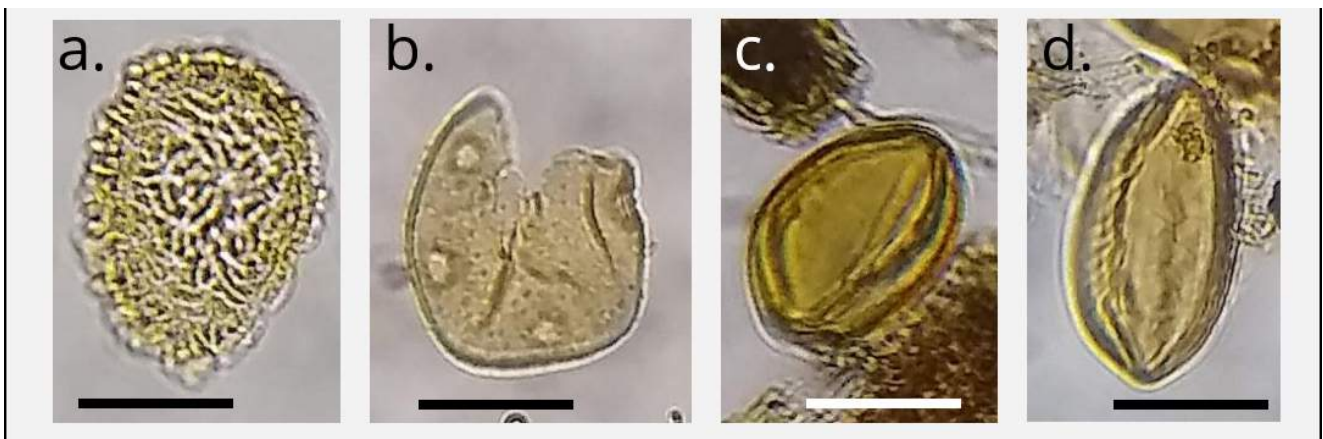


Fig. 141. Microscoopbeelden van typisch laatglaciale pollentypes uit zone DU-ZO-1: a. *Polemonium*; b. *Phyteuma* type; c. *Helianthemum*; d. *Ephedra*

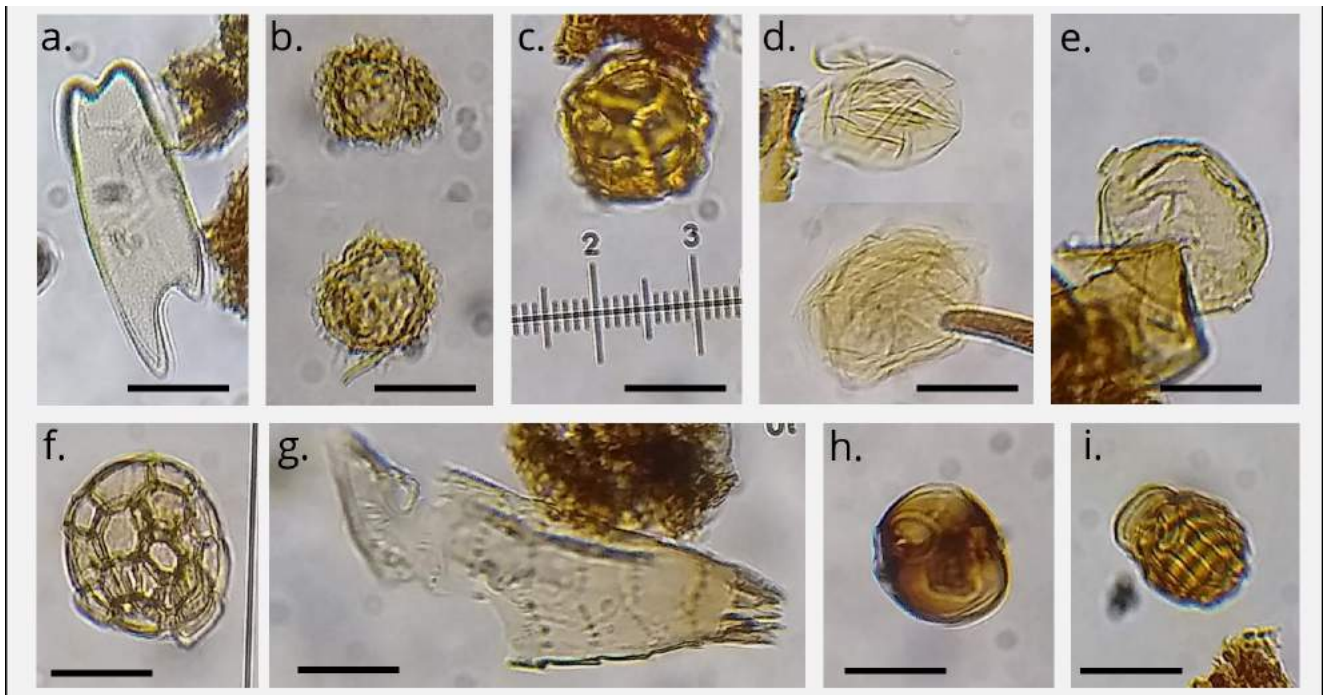


Fig. 142. Microscoopbeelden van de onbekende/onzekere NPP types die een KV-typenummer kregen: a. KV-1 (vermoedelijk HdV-60); b. KV-2 (vermoedelijk HdV-59); c. KV-3 (vermoedelijk HdV-989); d. KV-4; e. KV-5; f. KV-6 (mogelijk HdV-367); g. KV-7 (mogelijk poot van een dier); h. KV-8 (schimmelspore); KV-9 (vertoont overeenkomsten met HdV-69, maar is vermoedelijk niet hetzelfde).

Zone DU-ZO-2

Zone DU-ZO-2 omvat twee spectra uit de basis van het veen (-2,15 tot -1,70 m TAW). Het gaat om berkenveen in de basis en mosveen in de top van de zone.

Pollenspectra

Bij het AP is *Pinus* de voornaamste vertegenwoordiger (24-40 %). Als we echter *Betula* – net als in de vorige zone – bij de regionale vegetatie rekenen, dan wordt *Betula* het belangrijkste boomtaxon met enkele honderden procenten (circa 200-600 %). Daarnaast werden kleine hoeveelheden van *Quercus* gevonden. Bij het NAP zijn *Poaceae* sterk vertegenwoordigd (53-67 %). Daarnaast zijn in het onderste niveau *Apiaceae*, *Artemisia* en *Senecio* type aanwezig met 2-4 %. In het bovenste staal komen verschillende taxa sporadisch voor.

De lokale component bevat naast *Betula*, dat vermoedelijk eerder van regionale oorsprong is (cf. supra), ook *Cyperaceae* (32-45 %), *Equisetum* (3-20 %) en enkele procenten van *Salix*, *Filipendula*, *Mentha* type en *Filicales*.

Er zijn drie taxa van waterplanten. Daarbij is *Typha* vooral aanwezig in het onderste staal en *Menyanthes* en *Sparganium* meer in het bovenste staal. Ook algen (HdV-61 en -128) zijn sterker vertegenwoordigd in het bovenste staal. Ten slotte zien we in het bovenste staal een piek van Tmac-8 tot -19 (mosblaadjes, niet verder gedetermineerd).

In vergelijking met de boven- en onderliggende zones lijkt de houtskoolconcentratie hier een piek te vertonen, maar met concentraties van 30 à 80 fragmenten per mm³ blijft dit in feite verwaarloosbaar.

Regionale vegetatie en ouderdom

De regionale vegetatie wordt gedomineerd door een relatief open berkenbos met grasvlaktes tussenin. Dennen waren vermoedelijk niet in de regio aanwezig. Het *Pinus*-pollen wordt geïnterpreteerd als afkomstig van langeafstandstransport. Het verschijnen van berkenbos is typisch voor het begin van het Holoceen. Op basis van correlatie met biozone SB2 in het Scheldebekken (Storme et al., 2017) en het begin van het Preboreaal in Zandig Vlaanderen (Verbruggen et al., 1996), kunnen we deze zone dateren tussen ca. 11.700 en 11.000 cal BP.

Lokale vegetatie en milieu

Lokaal zijn de indicatoren voor open, stromend water verdwenen. De algen en waterplanten wijzen hier eerder op moerassige omstandigheden. In de basis lijkt het veen in eutrofe omstandigheden gevormd te zijn, met

planten die goed gedijen in voedselrijke moerassen, zoals moerasspirea, wolfsfoot (cf. *Mentha* type), de meeste paardenstaart-soorten en lisdodde. Aangezien dit deel van de zone als houtveen beschreven werd, bestaat de kans dat er ook berken in het veen groeiden. Het bovenste niveau werd beschreven als mosveen. Het lokaal voorkomen van mossen wordt inderdaad bevestigd door de bladfragmenten, maar een verdere determinatie is niet mogelijk. Het gaat in elk geval niet om veenmossen, aangezien er helemaal geen *Sphagnum*-sporen gevonden zijn. Verder vormt waterdriblad een belangrijke toevoeging aan de moerasvegetatie, wat wijst op een afname van de voedselrijkdom. Hier zien we ook pieken van algen, die getuigen van (tijdelijke) ondiepe plassen in het moeras. Samen met de mossen kan dit wijzen op een nattere fase.

Zone DU-ZO-3

Zone DU-ZO-3 omvat één pollenspectrum, in het berkenveen op -1,61 m TAW.

Pollenspectrum

De regionale component van het pollenspectrum is zéér eenzijdig, met 99 % *Pinus* en 1 % *Poaceae*. Bij de lokale component komen ook *Betula* (7%), *Filicales* (4 %), *Cyperaceae* (2 %) en zeer kleine aantallen *Salix*, *Viburnum opulus* type en *Equisetum* voor. Waterplanten zijn afwezig in het spectrum. Enkele elementen uit de top van de vorige zone (HdV-61, -128 en fragmenten van mosblaadjes) zijn nog aanwezig met lage percentages.

Regionale vegetatie en ouderdom

Op droge grond kwam een monotoon, dicht dennenbos voor, hoogstens hier en daar wat berken. Deze fase komt overeen met biozone SB3 in het Scheldebekken (Storme et al., 2017) en het einde van het Preboreaal in Zandig Vlaanderen (Verbruggen et al., 1996) en wordt gedateerd tussen ca. 11.000 en 10.700 cal BP.

Lokale vegetatie en milieu

In het veen groeiden berken, met in de ondergroei vermoedelijk ook zeggen, moerasvarens en paardenstaarten.

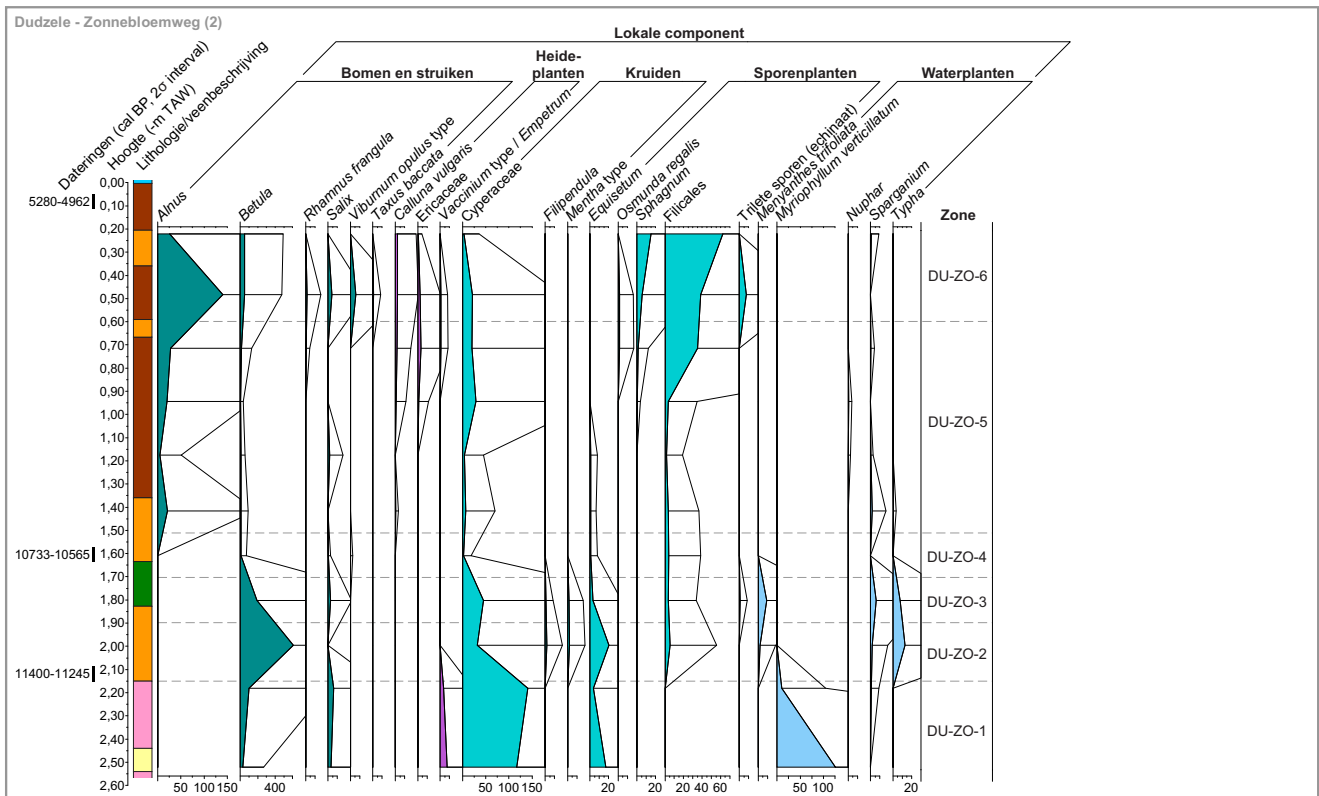
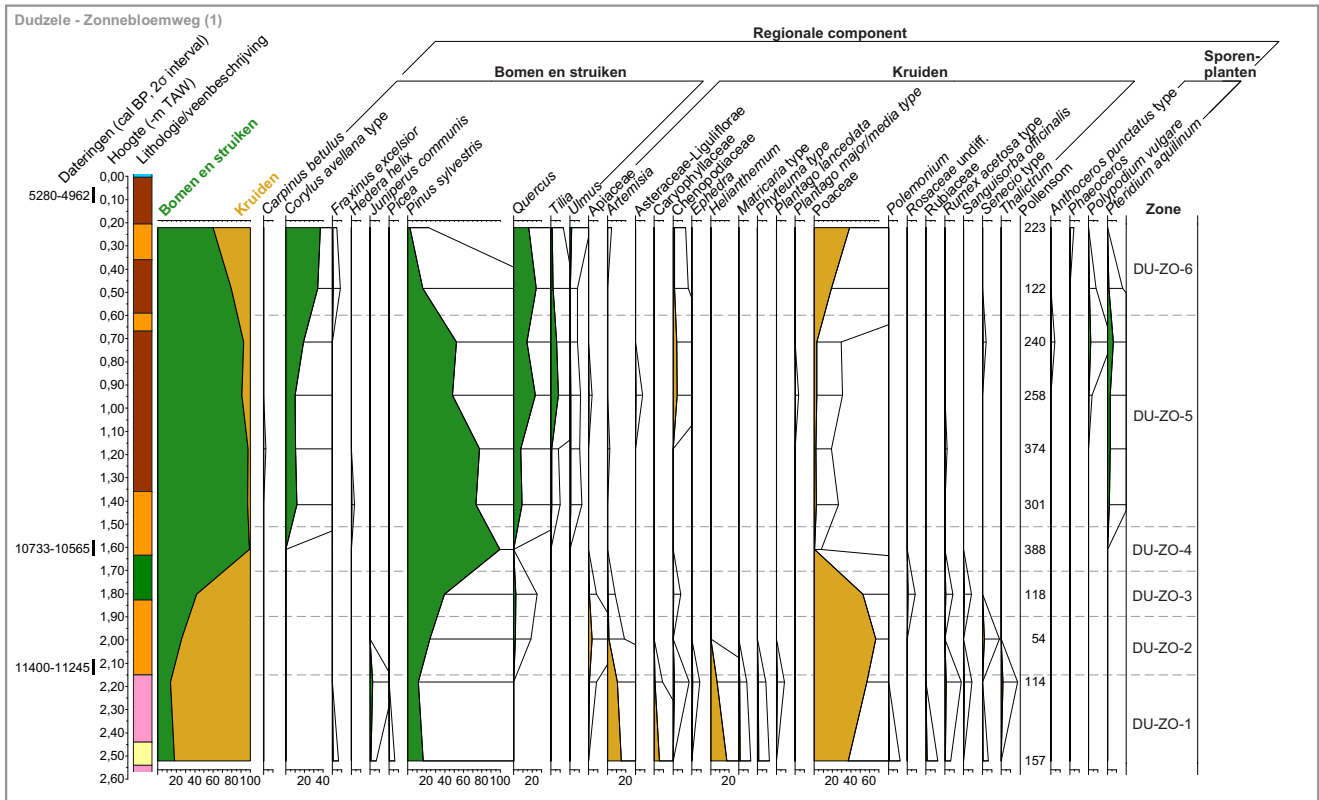


Fig. 143. Pollendiagram van boring P2 te Dudzele - Zonnebloemweg. Deel 1: pollen en sporen afkomstig van de regionale vegetatie; Deel 2: pollen en sporen afkomstig van de lokale vegetatie.

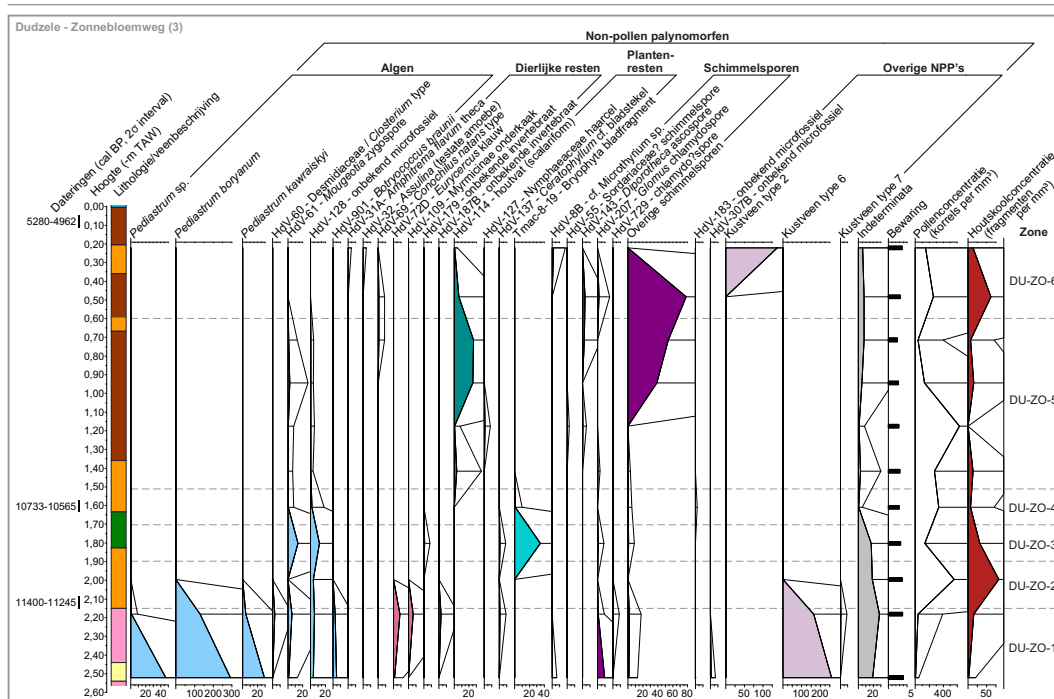


Fig. 144. Pollendiagram van boring P2 te Dudzele - Zonnebloemweg. Deel 3: non-pollen palynomorfen, bewaring en concentraties.

Zone DU-ZO-4

Zone DU-ZO-4 omvat vier spectra in het houtveen tussen ca. -1,50 en -0,60 m TAW.

Pollenspectra

Deze zone wordt nog steeds gedomineerd door *Pinus*, maar de percentages lopen naar af van circa 75 % in de basis naar circa 50 % in de top. *Corylus* en *Quercus* zijn beide frequent aanwezig en vertonen een eerder stijgende lijn (circa 10-20 %). Ook *Tilia* en *Ulmus* zijn steeds aanwezig, aanvankelijk met circa 1 %, en in het geval van *Tilia* stijgend naar circa 7 %. Bij de kruiden komen enkel *Poaceae* en *Pteridium aquilinum* in alle niveaus voor, maar met lage percentages (2-3 %, *Pteridium* stijgt naar 6 % in de top). In de bovenste twee niveaus zien we opvallend hoge percentages voor *Chenopodiaceae* (circa 4 %) en in het bovenste niveau stijgt *Polypodium vulgare* naar 3 %. Andere kruidentaxa komen slechts sporadisch voor.

Bij de lokale component zien we matige percentages voor *Alnus* (5-28%) en *Betula* (4-13 %). *Rhamnus frangula* en *Salix* komen sporadisch voor. Heideplanten zijn onderaan quasi afwezig en stijgen naar 6 % in de top. Bij de kruiden gaat het vooral om *Cyperaceae* en *Filicales* (beide stijgend van enkele procenten naar circa 30 %). *Sphagnum* en *Osmunda regalis* verschijnen in de top. Waterplanten (*Nuphar* (inclusief HdV-127), *Sparganium* en *Typha*) en algen (HdV-61 en -128) zijn aanwezig met zeer lage percentages. Verder zien we bij de NPP's in de bovenste helft veel resten van houtvaten met scalariforme doorboringen (HdV114, afkomstig van *Betula*, *Corylus*, *Alnus* of *Myrica*, 25 %), *Diporothea* ascosporen

(HdV-143, 3 %) en hoge waarden voor een onbekend type, vermoedelijk schimmelsporen (KV-8, Figuur 58.h, 37-53 %).

Het feit dat veel pollen- en NPP-types beperkt zijn tot de bovenste helft van de zone, kan te maken hebben met de hoge concentraties *Pinus*-pollen, waardoor de lokale component relatief minder belangrijk is.

Regionale vegetatie en ouderdom

De aanwezigheid van *Alnus* en *Tilia* wijst op een correlatie met biozone SB5 in het Scheldebekken (Storme et al., 2017) / Atlanticum in Zandig Vlaanderen (Verbruggen et al., 1996). Deze biozone is gedateerd tussen 8600 en 5000 cal BP. Dit betekent ook dat het equivalent van biozone SB4 (Storme et al., 2017) / Boreaal (Verbruggen et al., 1996) niet vertegenwoordigd is in boring MB4 of zeer compact is.

In pollendiagrammen van dezelfde ouderdom in het Scheldebekken is de curve van *Pinus* nooit zo hoog als hier. Dat doet vermoeden dat minstens een deel van het *Pinus*-pollen hier van lokale oorsprong is. Het lokaal voorkomen van dennen werd inderdaad ook aangetoond bij het macrorestenonderzoek en de veenbeschrijving tijdens de opgraving aan de Zonnebloemweg. Het droge bos moet dan gezien worden als een relatief dicht loofbos met eik, linde en iep en op meer lichtrijke plaatsen ook hazelaar.

Lokale vegetatie en milieu

Het veen zelf was begroeid met (moeras)varens, zeggen en waarschijnlijk ook berken, wilgen en sporkehout. Ook heideplanten verschenen in het veen. Dit wijst op een steeds

voedselarmer moeras. Dennen kwamen vermoedelijk zeer dicht bij de bemonsterde locatie voor: aan de rand van het veen of op zandruggen/duinen die boven het veen uitsteken.

Zone DU-ZO-5

Zone DU-ZO-5 bestaat uit de top van het houtveen met de bovenste twee spectra (boven -0,60 m TAW).

Pollenspectra

De spectra uit deze zone worden gekenmerkt door een stijging in het NAP. Deze stijging doet zich uitsluitend voor bij de *Poaceae* en kan (deels) een lokaal fenomeen zijn. Bij het AP gaat *Pinus* er sterk op achteruit ten voordele van *Corylus* en *Quercus*. *Tilia* en *Ulmus* blijven in kleine hoeveelheden aanwezig en *Fraxinus* komt erbij (< 1 %).

In de lokale pollencomponent valt vooral de piek van *Alnus* in het onderste niveau op. Verder is de variatie aan boom-/struiktaxa hier erg groot: *Betula*, *Rhamnus frangula*, *Salix*, *Viburnum opulus* type, *Taxus baccata* en heideplanten komen in kleine percentages voor. De kruiden zijn vooral vertegenwoordigd door *Filicales* (40-60 %), maar ook *Cyperaceae* (4-21 %), *Osmunda regalis* (2 %) komen voor. Ten slotte zien we een stijging van *Sphagnum* tot 15 %.

Bij de NPP's komen in het onderste niveau dezelfde types voor als in de vorige zone, met vooral KV- 8 (76 %) en HdV-114 (7 %). In het bovenste niveau verdwijnen deze twee types quasi volledig en worden ze vervangen door KV-2 (140 %) en enkele exemplaren van HdV-31A, -32 en -8B.

Regionale vegetatie en ouderdom

In de regionale bossamenstelling verandert er vermoedelijk niet veel ten opzichte van de vorige zone: het blijft een loofbos gedomineerd door eiken. De stijging van grassen en hazelaar kunnen gezien worden als aanwijzingen voor meer open ruimte in dit bos. Anderzijds kan de stijging van deze taxa ook een relatief effect zijn als gevolg van het lokaal verdwijnen van dennen. We kunnen op basis van deze gegevens dus geen uitspraak doen over het al dan niet voorkomen van meer open plekken in het regionale loofbos.

Lokale vegetatie en milieu

Bij het begin van deze zone doet zich een tijdelijke uitbreiding van elzen voor. Deze elzen groeiden vermoedelijk niet in het bestudeerde veen zelf, aangezien er een voedselrijk milieu verkiest, terwijl de andere taxa in het veen een voedselarmer signaal geven. De *Alnus*-piek moet vermoedelijk gezien worden als de uitbreiding van elzenbroekbossen in de ruimere omgeving, ten gevolge van een algemene vernatting.

Lokaal is de grootste verandering het verdwijnen van dennen in de directe omgeving. In het veen zelf blijven aanvankelijk broekbossen aanwezig, met berken, sporkehout, wilg, taxus en mogelijk Gelderse roos. *Taxus* wordt tegenwoordig vooral geassocieerd met kalkhoudende, stenige hellingen, maar kwam tussen ca. 5000 en 3000 cal BP ook voor op veen in de Belgische kustvlakte en de Benedenscheldevallei (Deforce and Bastiaens, 2007). Ook heideplanten, zeggen, koningsvaren en (moeras)varens bleven aanwezig in het veen.

Ten slotte zien we in de top van deze zone meer veenmos, wat een beginnende verarming van het veen betekent, waarschijnlijk de aanzet naar hoogveen. Geassocieerd met dit veenmos zien we ook enkele NPP's die wijzen op oligotrofe omstandigheden: thecamoeben (HdV-31A, -32), schimmels (HdV-8B) en KV-2, dat vermoedelijk overeen komt met HdV-59. De evolutie naar hoogveen lijkt hier nog maar net begonnen op het moment dat het veen uit de sequentie verdwijnt. Vermoedelijk moet er oorspronkelijk een verdere evolutie naar heide- en veenmosveen geweest zijn, maar is dit veen later verweerd of ontgonnen.

3.8.5.3. Macrorestenanalyse van MB4

Binnen een niveau onderaan in de boorkern (-1,83 tot -1,63 m TAW) bleken bij de macroscopische beschrijving veel resten van mossen aanwezig te zijn. In venen uit het laatglaciaal of Vroeg-Holoceen spelen die dikwijls een grote rol. Daarom werd besloten een staal binnen deze zone macrobotanische te onderzoeken.

De resten van mossen waren wel nog aanwezig in het residu maar niet meer te determineren aangezien we alleen nog stengels zonder bladeren aangetroffen hebben.

Dit niveau is wel een voorbeeld van een zeer goed bewaard mesotroof veen met grote aantallen van *Carex rostrata* (snavelzegge: zowel urntjes als nootjes), *Menyanthes trifoliata* (waterdrieblad: zowel rhizoom als zaden) als *Betula sp.* (ruwe berk of zachte berk: zowel schubjes als nootjes).

Verder vermelden we ook de aanwezigheid van *Cicuta virosa* (waterscheerling). Deze soort is in huidige vegetaties kenmerkend voor drijftillen maar wordt in afzettingen uit het begin van het Holoceen regelmatig aangetroffen.

In het middenste niveau (-1,442 tot -1,506 m TAW) zagen we in het pollendiagram een piek van *Pinus*. Aangezien deze boom soms in eerder voedselarme venen kan voorkomen, werd besloten een macrorestenanalyse uit te voeren om uit te zoeken of deze dennen lokaal groeiden. Deze analyse toont kleine aanwijzingen voor overstroming (veel maar kleine fragmenten van *Nuphar lutea*) en bij de bomen zowel *Alnus glutinosa* als *Betula* (deze laatste in kleine hoeveelheden in vergelijking met het onderliggende niveau). De verwerking is

Hoogte (m TAW)	Volume	<i>Lycopus europaeus</i>	<i>Sparganium</i> sp.	<i>Nephus lutea</i>	<i>Urtica dioica</i>	<i>Urtica cf. kioviensis</i>	<i>Sclerotium karmali</i>	<i>Ranunculus</i> sp.	<i>Cicuta virosa</i>	<i>Umbelliferae</i>	<i>Carex rostrata</i> (nootje)	<i>Carex rostrata</i> (urnetje)	<i>Menyanthes trifoliata</i> (thuisoom)	<i>Menyanthes trifoliata</i> (zaad)	<i>Betula</i> sp. (schub)	<i>Betula</i> sp. (nootje)	<i>Alnus glutinosa</i> (propje)	<i>Alnus glutinosa</i> (zaandje)	Misc. (nootj., ontb. stengels)	<i>Cenococcum</i> sp.	<i>Lumbricus terrestris</i> (eierkapsel)
-0,514 tot -0,437	97 ml		-/1												2					oc	1
-1,442 tot -1,506	80 ml	1		-/9		3				-/1					7	2	3/1				
-1,764 tot -1,700	80 ml	1			1	1	1	1			130	7	fr	59/15	5/72	71			fr		

Fig. 145. Resultaten van de macrobotanische analyse van drie stalen uit boring MB4 uit Dudzele - Zonnebloemweg

Labo-nummer	Site	Boring	Lambert x (m)	Lambert y (m)	Doel datering	Basis (m TAW)	Top (m TAW)	Gedateerd materiaal	¹⁴ C-ouderdom (BP)	Gekalibreerde ouderdom (2σ) cal BP	
RICH-31555	Dudzele Zonnebloemweg	MB2	72349,3	221118,7	basis veen	0,83	0,97	<i>Rubus fruticosus</i> (2), <i>Rubus</i> sp. (1 fragm.), <i>Carex</i> sp. (1), <i>Mentha aquatica</i> (1), <i>Rubus cf. idaeus</i> (1), mosstengel (2)	5113 ± 21	5824-6753	
RICH-31558		MB3	72344,9	221115,5	hum. zand net onder basis veen	-0,94	-1,00	<i>Carex</i> sp. (15 + 9 fragm.)	9885 ± 30	11195-10809	
RICH-31557		MB4	72324,5	221063,1	sequentie		-0,11	-0,05	<i>Calluna vulgaris</i> (takje) + <i>Ericaceae</i> (takjes)	4447 ± 22	5280-4962
RICH-31558							-1,64	-1,57	<i>Menyanthes trifoliata</i> (8 + 1 fragm.), <i>Carex</i> sp. (1 + 1 fragm.)	9409 ± 27	10733-10585
RICH-31559							-2,15	-2,09	<i>Carex</i> sp. (1), <i>Betula pen./pub.</i> (vrucht 50; schub 9 + 7 fragm.)	9830 ± 24	11400-11245
RICH-31560							MB5	72328,9	221057,3	basis veen	-0,64

Fig. 146. Resultaten van ¹⁴C-dateringen op materiaal uit de boringen in de Zonnebloemweg in Dudzele.

er sterk en *Pinus* ontbreekt. *Pinus* is op deze site wel meer dan één keer gevonden bij het begin van de veengroei.

Verder komt vermoedelijk *Urtica kioviensis* voor. Volgens een Duitse flora (Häupler, 2000) zijn de vruchten van *Urtica kioviensis* 1,6-2 mm en bij *Urtica dioica* 1,1-1,3 mm. Hier zijn ze 1,8 à 1,9 mm.

Op het bovenste niveau (-0,514 tot -0,437 m TAW) werd in het pollendiagram een piek van *Alnus* beschreven. De vraag is of de els lokaal in het veen groeide. Analyse wijst uit dat het veen hier zeer sterk verweerd is, met nauwelijks herkenbare plantenresten. Wel een eierkapsel van een regenworm en resten van *Cenococcum* (zwam aanwezig in geoxideerde omgeving). Verder 2 nootjes van berk en een fragment van een egelskop (*Sparganium*). Op zo'n droogvallend veen kan *Alnus glutinosa* wel aanwezig zijn maar door de sterke verweering kunnen de macroresten verteerd zijn.

3.8.5.4. ¹⁴C-datering

Uit elk van de vijf boringen werd de basis van het veen bemonsterd voor ¹⁴C-datering. MB1 leverde geen bruikbaar materiaal op. In MB3, MB4 en MB5 dateert de basis van het veen telkens in het Vroeg-Holocene (Tabel 7, Figuur 60): op het diepste punt (MB4, -2,12 m TAW) startte de veengroei in de tweede helft van het 12e millennium BP (11400-11245

cal BP). Enkele eeuwen later, rond 11000 cal BP, bereikte het veen op deze locatie al zones boven -1,00 m TAW. De initiële veengroei ging dus erg snel. In MB2, waar de basis van het veen op +0,90 m TAW ligt, startte de veengroei kort na 6000 cal BP.

Naast dateringen van de basis van het veen, werden in de palynologisch onderzochte boring MB4 nog twee bijkomende niveaus hogerop in het veen gedateerd (Tabel 7, Figuur 60). Ook hier zien we dat het veen aanvankelijk snel groeide. De top van het veen bevindt zich hier op ca. 0,00 m TAW en dateert rond 5000 cal BP. Als er na die tijd nog veen gevormd is, dan is dat op deze plaats in elk geval niet bewaard.

Het feit dat niveaus met gelijkaardige ouderdom in MB4 lager liggen dan in MB3, MB5 en MB2 zal voor een deel te maken hebben met compactie van het veen, omdat het veenpakket ter hoogte van MB4 het dikst is. Bovendien vormde de zone rond MB4 gedurende een groot deel van het Holocene waarschijnlijk ook effectief een laagte ten opzichte van de hogere zones binnen het microreliëf van dit gebied.

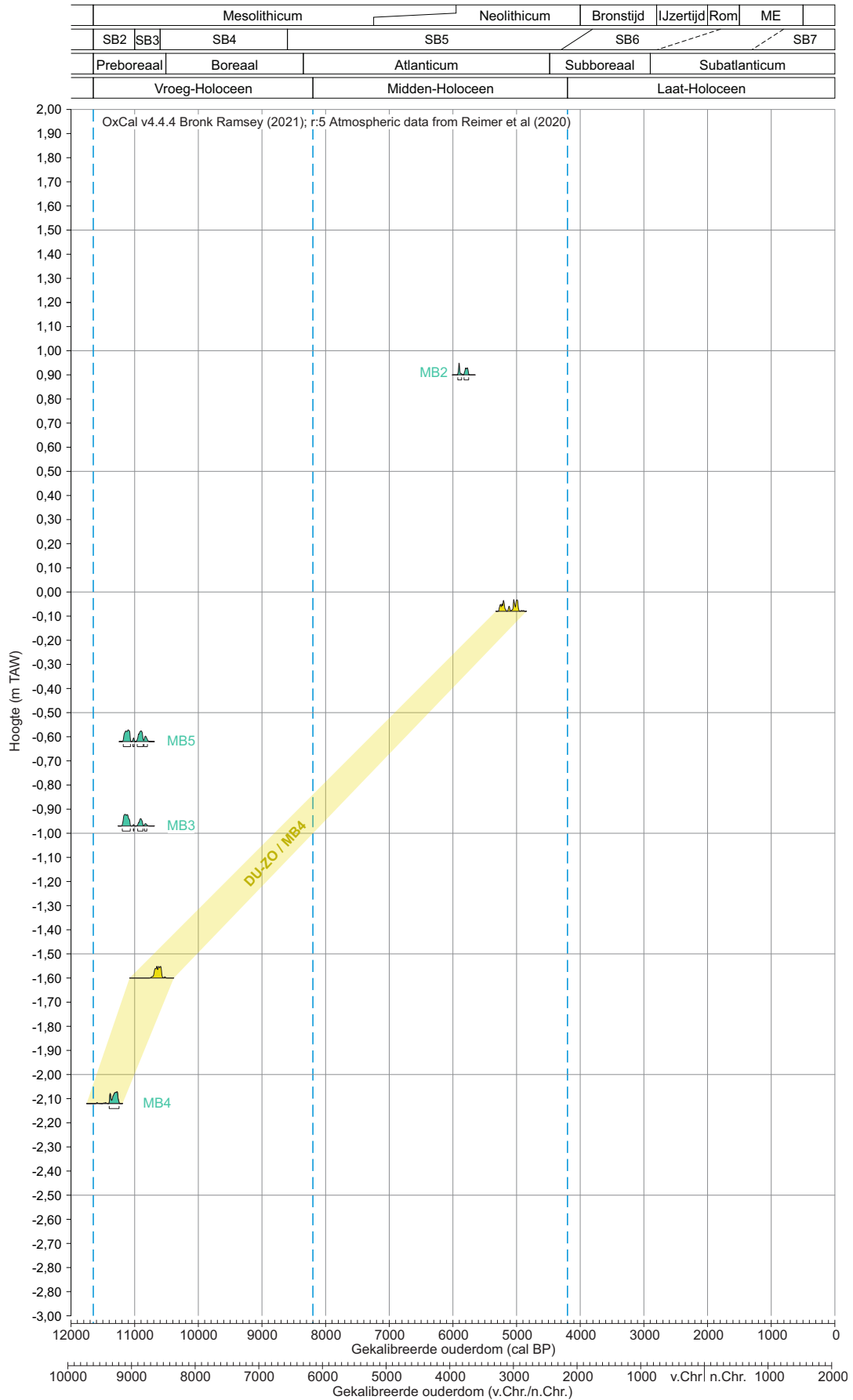


Fig. 147. Tijd-dieptediagram van de ¹⁴C-dateringen van de basis van het veen in vier boringen te Dudzele – Zonnebloemweg (groen) en van verschillende niveaus in het veen binnen boring MB4 (geel).

Verder komt vermoedelijk *Urtica kioviensis* voor. Volgens een Duitse flora (Häupler, 2000) zijn de vruchten van *Urtica kioviensis* 1,6-2 mm en bij *Urtica dioica* 1,1-1,3 mm. Hier zijn ze 1,8 à 1,9 mm.

Op het bovenste niveau (-0,514 tot -0,437 m TAW) werd in het pollendiagram een piek van *Alnus* beschreven. De vraag is of de eld lokaal in het veen groeide. Analyse wijst uit dat het veen hier zeer sterk verweerd is, met nauwelijks herkenbare plantenresten. Wel een eierkapsel van een regenworm en resten van *Cenococcum* (zwam aanwezig in geoxideerde omgeving). Verder 2 nootjes van berk en een fragment van een egelskop (*Sparganium*). Op zo'n droogvallend veen kan *Alnus glutinosa* wel aanwezig zijn maar door de sterke verwerking kunnen de macroresten verteerd zijn.

3.8.5.5. 14C-datering

Uit elk van de vijf boringen werd de basis van het veen bemonsterd voor 14C-datering. MB1 leverde geen bruikbaar materiaal op. In MB3, MB4 en MB5 dateert de basis van het veen telkens in het Vroeg-Holoceen (Tabel 7, Figuur 60): op het diepste punt (MB4, -2,12 m TAW) startte de veengroei in de tweede helft van het 12e millennium BP (11.400-11.245 cal BP). Enkele eeuwen later, rond 11.000 cal BP, bereikte het veen op deze locatie al zones boven -1,00 m TAW. De initiële veengroei ging dus erg snel. In MB2, waar de basis van het veen op +0,90 m TAW ligt, startte de veengroei kort na 6000 cal BP.

Naast dateringen van de basis van het veen, werden in de palynologisch onderzochte boring MB4 nog twee bijkomende niveaus hogerop in het veen gedateerd (Tabel 7, Figuur 60). Ook hier zien we dat het veen aanvankelijk snel groeide. De top van het veen bevindt zich hier op ca. 0,00 m TAW en dateert rond 5000 cal BP. Als er na die tijd nog veen gevormd is, dan is dat op deze plaats in elk geval niet bewaard.

Het feit dat niveaus met gelijkaardige ouderdom in MB4 lager liggen dan in MB3, MB5 en MB2 zal voor een deel te maken hebben met compactie van het veen, omdat het veenpakket ter hoogte van MB4 het dikst is. Bovendien vormde de zone rond MB4 gedurende een groot deel van het Holoceen waarschijnlijk ook effectief een laagte ten opzichte van de hogere zones binnen het microreliëf van dit gebied.

3.9. Westhinderstraat, Zeebrugge

Op een voetbalterrein in Zeebrugge, langs de Westhinderstraat, wees de analyse van de data in de geodatabase op een bijzonder veenprofiel. Enkele verkennende manuele boringen tonen aan dat de bewaringstoestand van het veen goed is. Daarop is een mechanisch booronderzoek uitgevoerd: twee boorkernen (in kunststoffen liners met diameter 7 cm – boortype : geoprobe) werden integraal verzameld voor verder onderzoek. De boorkernen zijn nadien geopend, bemonsterd en beschreven in de kantoren van Gate in Aalter.

3.9.1. Veenbeschrijving P2

Voor beide mechanische boringen werd de hoogte van de basis en de top van het veen genoteerd en uitgezet in het profiel in Figuur 61. In P2 werd het veengedeelte bovendien in detail beschreven. De sequentie bestaat onderaan uit houtveen en bovenaan uit oligotroof veen. Tussen ca. -2,50 en -1,80 m TAW is de bewaring onvoldoende om te bepalen uit welk type hout het houtveen bestaat. Naar boven toe wordt de humificatiegraad wat minder en konden riet- en zeggenstengels herkend worden. Tussen -1,80 en -0,90 m TAW is de bewaring beter en herkennen we berkenveen, met hier en daar intervallen met meer zeggen. Bovenaan in dit interval werd ook waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*) aangetroffen. Na een overgang met mosveen rond -0,85 m TAW zien we ruim 60 cm oligotroof veen dat afwisselend gedomineerd wordt door veenmossen (*Sphagnum*) en wollegras (*Eriophorum*). Ook resten van heide (*Ericaceae*) komen hier frequent voor.

3.9.2. Palynologische analyse van P2

Bij de bespreking van de resultaten van de palynologische analyse van de Westhinderstraat worden vijf pollenzones onderscheiden: zones ZE-WE-1 tot en met ZE-WE-5.

3.9.2.1. ZONE ZE-WE-1

Zone ZE-WE-1 omvat de twee onderste spectra uit boring P2, in de basis van het houtveen (-2,50 tot -2,30 m TAW).

Pollenspectra

De regionale component bestaat voor bijna 100% uit boompollen, voornamelijk *Corylus* (50 à 60%) en *Pinus* (30 à 40%). Daarnaast komen ook *Quercus* en *Ulmus* frequent voor. *Hedera helix* en *Tilia* komen sporadisch voor. Het NAP is beperkt tot een korrel van *Artemisia* in het onderste staal en enkele pollenkorrels van *Poaceae* in het bovenste staal. Varens zijn steeds aanwezig, met circa 2% *Pteridium aquilinum*.



Fig. 148. Het mechanisch booronderzoek langs de Westhinderstraat in Zeebrugge

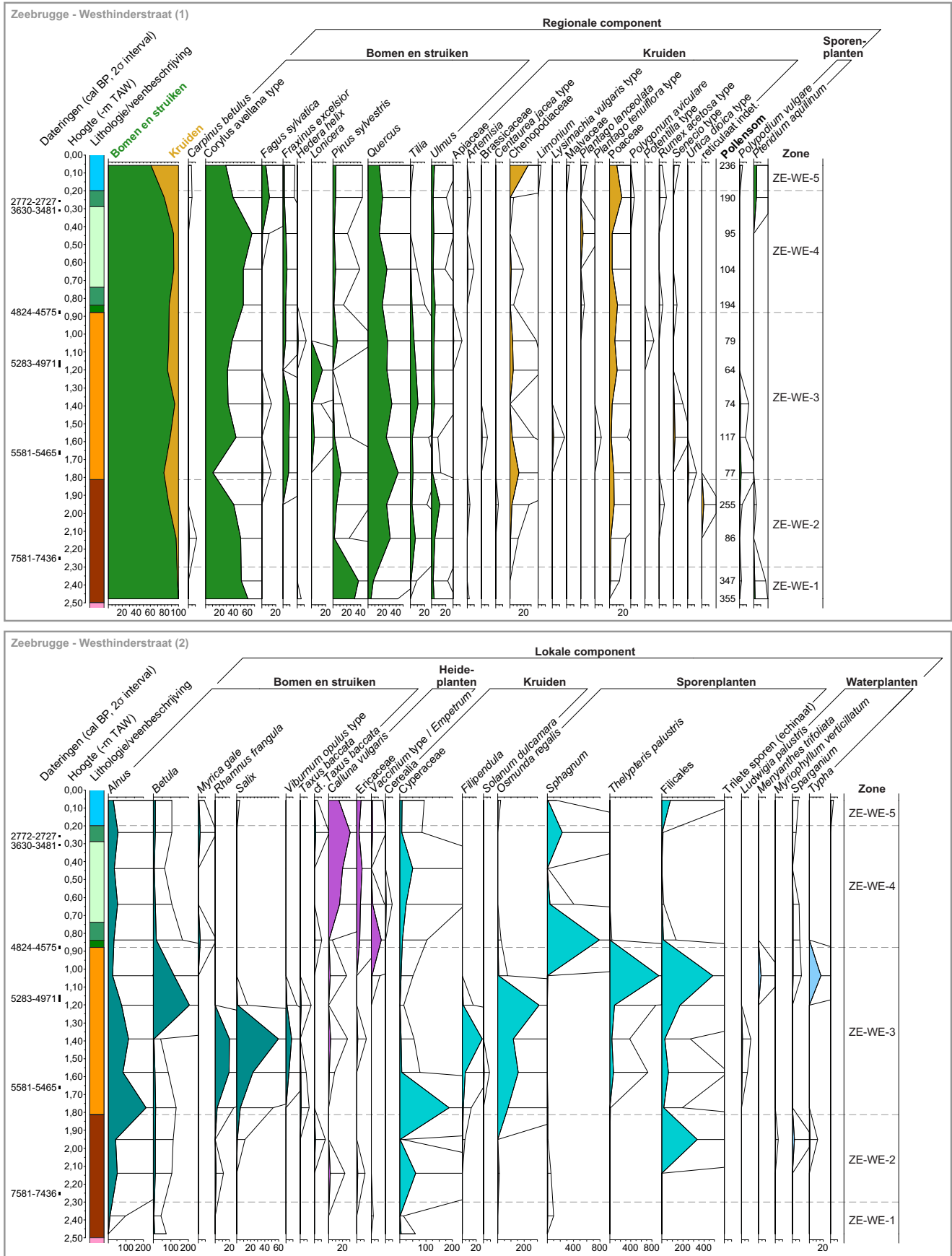


Fig. 149. Pollendiagram van pollenbak 87 te Hoeke. Deel 1: pollen en sporen afkomstig van de regionale vegetatie; Deel 2: pollen en sporen afkomstig van de lokale vegetatie; Deel 3: non-pollen palynomorfen, bewaring en concentraties.

Zeebrugge - Westhinderstraat (3)

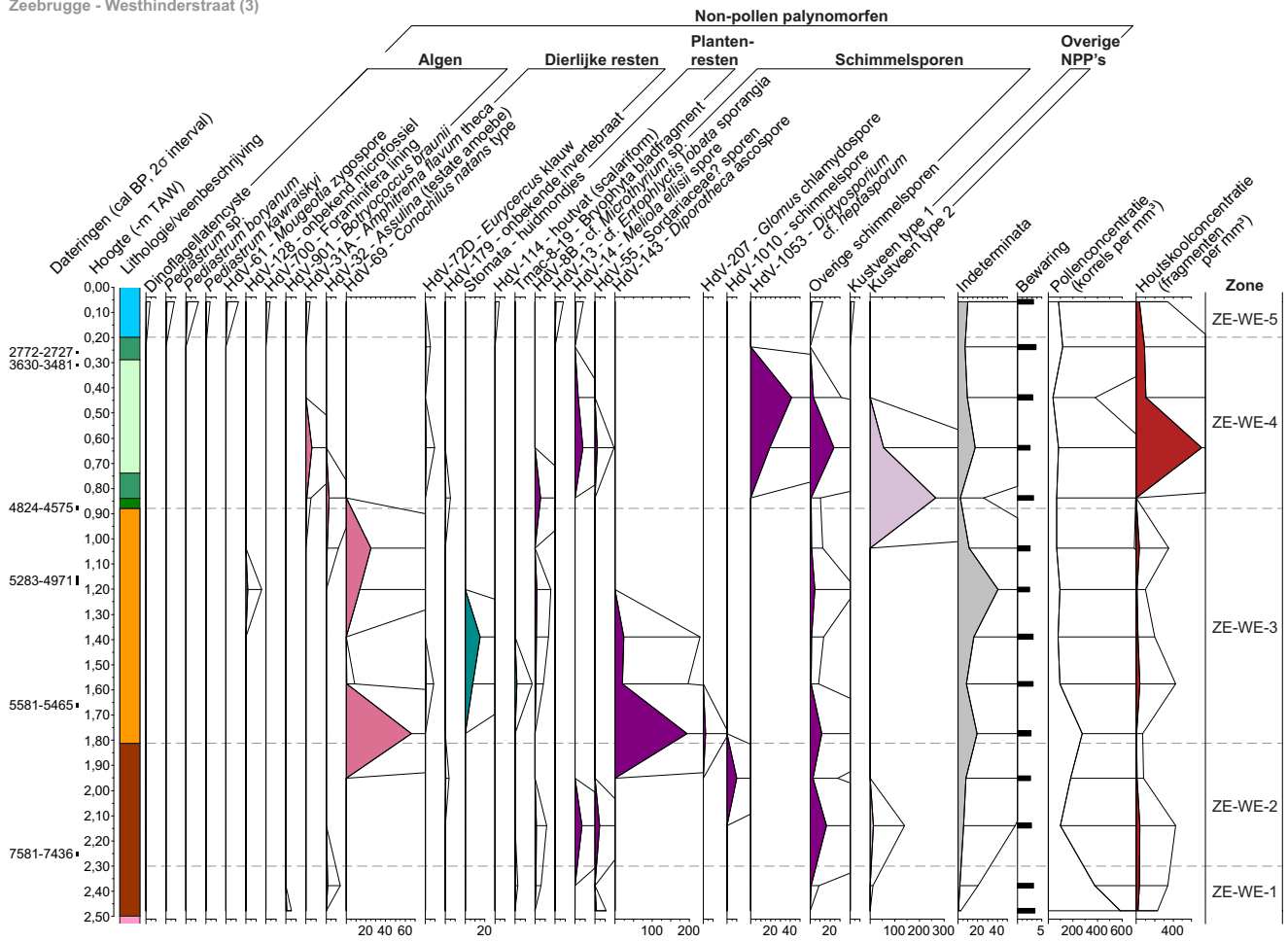


Fig. 150. Pollendiagram van boring P2 te Zeebrugge – Westhinderstraat. Deel 3: non-pollen palynomorfen, bewaring en concentraties.

Fig. 151. Het blad van *Corylus* (hazelaar) (ecopedia.be)

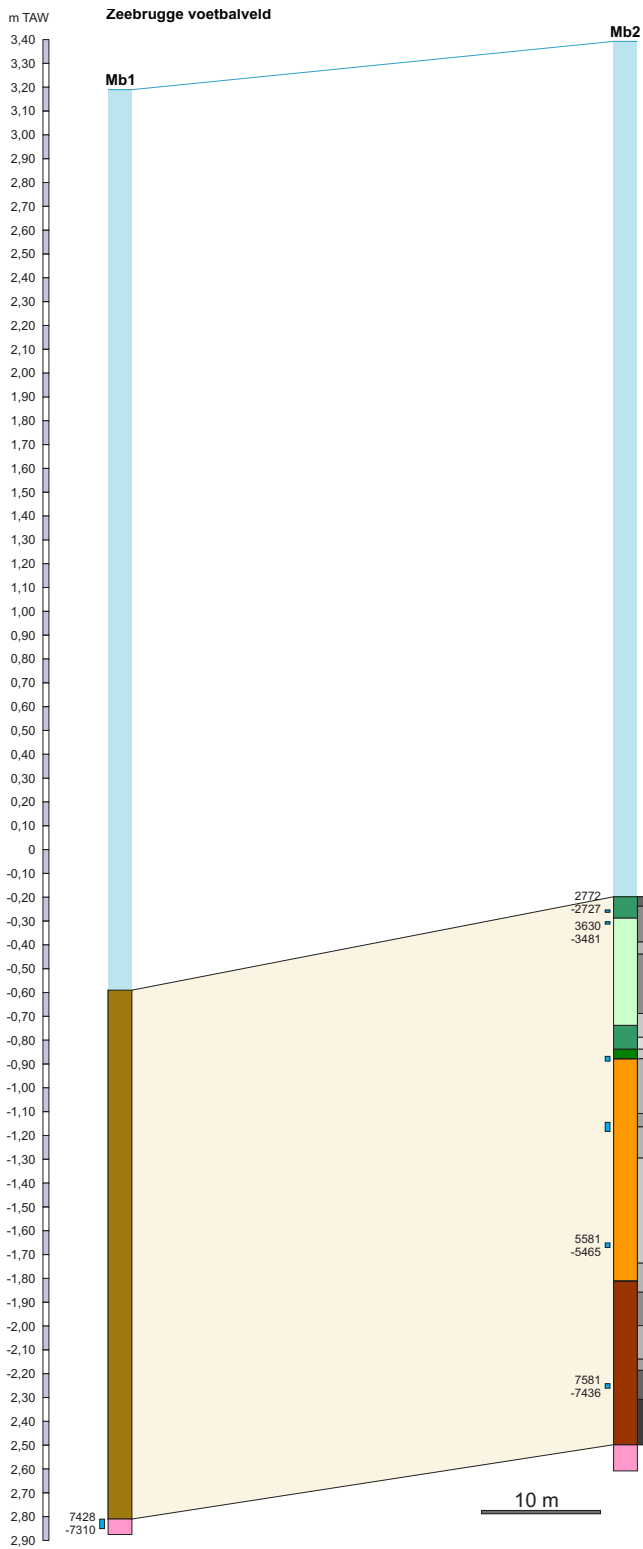


Fig. 152. : Diepte van het veen in boorraai P1-P2 te Zeebrugge Westhinderstraat.

Zeebrugge Voetbalveld

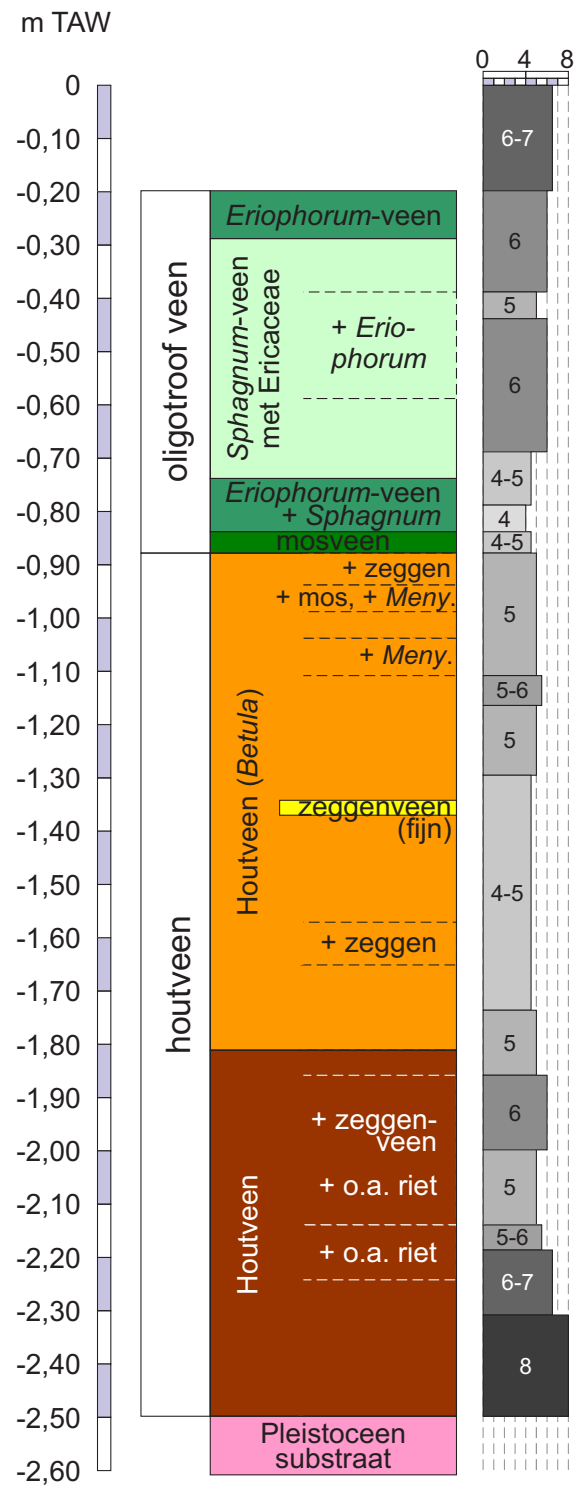


Fig. 153. Gedetailleerde beschrijving van het veen in P2

Bij de lokale component komen *Betula* en *Cyperaceae* steeds voor met enkele procenten. *Alnus* en *Sphagnum* verschijnen pas in het bovenste niveau met elk circa 10 %. Bij de NPP's komen diverse types sporadisch voor, maar deze bereiken nauwelijks meer dan 1 %.

Regionale vegetatie en ouderdom

De regionale vegetatie bestond uit een gemengd bos met den, hazelaar en in mindere mate eik en iep. Deze combinatie van bomen komt overeen met biozone SB4 in het Scheldebekken (Storme et al., 2017) en Boreaal in Zandig Vlaanderen (Verbruggen et al., 1996). Het verschijnen van els en linde in de top van zone ZE-WE-1 kondigt de overgang naar de volgende zone (SB5/Atlanticum) aan. Zone ZE-WE-1 kan op basis van deze correlatie gedateerd worden in de periode tussen 10600 en 8600 cal BP, waarschijnlijk eerder naar het einde van dit interval toe. Adelaarsvaren en klimop kwamen op iets lichtrijkere plekken in het bos voor, maar echt open plekken waren er nauwelijks.

Lokale vegetatie en milieu

De start van de veenvorming bovenop het Pleistoceen substraat wijst op vernatting. Toch zijn er nauwelijks elementen in de pollenspectra van zone ZE-WE-1 die aanwijzingen geven over de aard van de lokale, veenvormende vegetatie. Dennen kunnen wel overleven in vrij natte omstandigheden, dus mogelijk ging het om een vernattend dennenbos.

3.9.2.2. ZONE ZE-WE-2

Zone ZE-WE-2 omvat twee pollenspectra in het houtveen tussen -2,30 en -1,81 m TAW. De beschrijving van deze veenlaag vermeldt ook riet en zeggen.

Pollenspectra

Het AP-percentage blijft hoog, maar daalt naar boven toe van 97 % naar 86 %. *Corylus* is nog steeds het meest frequent voorkomende pollentype, maar wordt nu vooral aangevuld met *Quercus*. Het belang van *Pinus* daarentegen is sterk afgenomen. Verder zijn *Tilia* en *Ulmus* in deze zone relatief goed vertegenwoordigd. In het onderste niveau werden enkele korrels van *Carpinus betulus* genoteerd. Bij het NAP zijn *Poaceae* (2-7 %) en *Chenopodiaceae* (1-3%) de voornaamste taxa. Beide stijgen naar boven toe. Naast de relatieve hoeveelheden neemt ook de variatie aan kruidentaxa toe in het bovenste niveau van deze zone.

De lokale component van de pollenspectra wordt in het onderste staal gedomineerd door *Cyperaceae* (60 %) en *Alnus* (50%) en in het bovenste staal door *Filicales* (335 %)

en in mindere mate *Alnus* (40 %). Verder is *Betula* (circa 10 %) frequent aanwezig en komen *Rhamnus frangula*, *Salix* en mogelijk *Taxus baccata* sporadisch voor. Pollenkorrels van heideplanten zijn beperkt tot het onderste niveau. In het bovenste niveau verschijnen enkele waterplanten, met vooral *Sparganium* (3 %).

Bij de NPP's zien we verscheidene types schimmelsporen. In de basis gaat het vooral om HdV-14 (*Meliola ellisii*) en HdV-55 (*Sordariaceae* sporen). In het bovenste niveau zien we een piek van HdV-1010 (onbekende schimmel).

Regionale vegetatie en ouderdom

Het regionale bos is in deze zone niet langer een gemengd bos, maar een loofbos met eiken, linde, iep en nog steeds veel hazelaar. Samen met het verschijnen van *Alnus*, wijst deze combinatie van AP-elementen op een correlatie met biozone SB5 in het Scheldebekken (Storme et al., 2017) en Atlanticum in Zandig Vlaanderen (Verbruggen et al., 1996). Zone ZE-WE-2 kan op basis van deze correlatie gedateerd worden in de periode tussen 8600 en 5000 cal BP. Dit is in overeenstemming met de 14C-dateringen.

Het voorkomen van pollen van heideplanten en schimmelsporen van *Meliola*, een parasiet op verschillende types heideplanten, wijst op heide in de nabijheid. Aangezien het veentype hier nog te voedselrijk lijkt voor natte heide, gaan we ervan uit dat er in het droge bos reeds open plekken met heide voorkwamen tijdens het 7e-8e millennium BP.

Lokale vegetatie en milieu

De beschrijving als houtveen impliceert het lokaal voorkomen van een moerasbos. Op basis van de pollenspectra is het mogelijk dat hier zowel elzen als berken groeiden. Het voorkomen van sporkehout en wilg wijst op een open structuur van dit moerasbos, aangezien deze struiken voldoende licht nodig hebben. Ook de sterke lokale aanwezigheid van cypergrassen en later vermoedelijk moerasvarens (cf. sporen van *Filicales*) wijst op open zones in het moerasbos. Het graspollen kan afkomstig zijn van riet. De waterplanten in het bovenste niveau wijzen op natte zones met egelskop en lisdodde en zelfs plassen met open water waarin kransvederkruid groeide.

3.9.2.3. ZONE ZE-WE-3

Zone ZE-WE-3 correspondeert met het deel van het houtveen tussen -1,81 en -0,88 m TAW dat beschreven werd als berkenveen. De zone omvat vijf pollenspectra.

Pollenspectra

Ook in deze zone blijft het AP hoog met percentages tussen circa 80 % en 95 %. *Corylus* en *Quercus* zijn steeds de voornaamste pollentypes. In het onderste niveau van de zone domineert *Quercus* met 43 %, tegenover 10 % voor *Corylus*. De rest van de zone kent andere verhoudingen met 25-34 % *Quercus* en 30-44 % *Corylus*. Andere frequent voorkomende boomtaxa zijn *Fraxinus excelsior*, *Pinus*, *Tilia* en *Ulmus*, meestal met enkele procenten, tot maximum circa 10 %. *Fagus* en *Hedera* komen sporadisch voor. Op -1,20 m TAW zien we een opvallende piek van *Lonicera*. Bij het NAP zijn vooral *Poaceae* (3-11 %) en *Chenopodiaceae* (0-11 %) goed vertegenwoordigd. Andere kruidentaxa komen sporadisch voor, net als varensporten (*Polypodium vulgare*).

Bij de lokale pollencomponent en NPP's zien we een duidelijke driedeling binnen deze zone:

(1) Het onderste spectrum toont pieken van *Alnus* en *Cyperaceae* (beide circa 200 %). Ook *Osmunda regalis* verschijnt hier met 78 %. Bij de NPP's zien we pieken van type KV-9 (66 %) en van type HdV-143 (ascosporen van *Diporotheca*, circa 200 %).

(2) De volgende twee spectra bevatten bij het AP opvallend hoge percentages van *Rhamnus frangula* (circa 20%), *Salix* (tot 60%) en *Viburnum opulus* type (tot 8%), terwijl *Alnus* aanwezig blijft met circa 100 %. Bij het NAP zien we pieken van *Filipendula* (tot 28 %) en *Osmunda regalis* (tot 160 %). Dankzij de goede bewaringstoestand is de perine van veel van de monoete sporen nog aanwezig en vallen sporen van *Thelypteris palustris* te onderscheiden binnen de *Filicales*. Het totale percentage monoete sporen is hier 65-135 %. Bij de waterplanten werden enkele korrels van *Ludwigia palustris* gevonden. Bij de NPP's komt type HdV-143 nog steeds voor (circa 20 %), samen met stomata (huidmondjes van bladeren, 8-15 %)

(3) De bovenste twee spectra worden gekenmerkt door hoge percentages van *Betula* (circa 100-200 %), terwijl de typische AP-elementen uit het midden van deze zone verdwijnen naar de top toe. Bij de kruiden zien we eerst nog een grote piek van *Osmunda regalis* (circa 300 %), gevolgd door een piek van *Filicales* (*Thelypteris palustris*) (>1000 %). Dit bovenste niveau bevat ook duidelijk meer pollen van waterplanten dan de rest van de zone (21 %), met vooral *Menyanthes trifoliata* en *Typha*. Het NPP-type KV-9 bereikt in de top van de zone opnieuw hogere waarden (circa 14-25 %).

Regionale vegetatie en ouderdom

Buiten het veengebied, op droge grond, bevond zich nog steeds een loofbos dat door eiken gedomineerd werd. Soorten als gewone es, kamperfoelie, sporkehout, Gelderse roos en eikvaren kunnen wijzen op een open structuur van het regionale bos, waardoor een goede lichtinval gegarandeerd is, maar deze kunnen ook afkomstig zijn uit eerder lokale bossen, net buiten (of net in) het veen.

Lokale vegetatie en milieu

Lokaal kwam een broekbos voor dat aanvankelijk gedomineerd werd door elzen, met zeggen en koningsvaren in de ondergroei. In een tweede fase lijkt dit elzenbroekbos zich wat te openen, waardoor wilgen, maar ook soorten zoals taxus, Gelderse roos, sporkehout een kans kregen. Moerasspirea en koningsvaren moeten lokaal veelvuldig gegroeid hebben. Het pollen van waterlepelteje weerspiegelt natte zones in het veen. In een derde fase neemt de soortenrijkdom opnieuw af en krijgt berk de bovenhand in het lokale broekbos. Gezien de enorme hoeveelheden monoete sporen, moeten er op de bemonsterde plaats veel moerasvarens gestaan hebben. Over het algemeen lijkt zich binnen deze zone een lokale evolutie van meer naar minder voedselrijk broekbos voor te doen. Anderzijds wijzen taxa die samen voorkomen in één spectrum soms op zeer verschillende omstandigheden qua voedselrijkdom. Mogelijk gaat het om verschillende vegetatietypes op zeer korte afstand, bijvoorbeeld op verschillende hoogtes in een landschap met sterk microreliëf.

3.9.2.4. ZONE ZE-WE-4

Zone ZE-WE-4 komt overeen met de laag oligotroof veen tussen -0,88 en -0,20 m TAW en omvat vier substalen. Het onderste onderzochte staal komt uit de overgang van mosveen naar wollegrasveen met veenmos. De volgende twee stalen komen uit de laag veenmosveen met heide (en wollegras) en het bovenste staal komt uit de laag wollegrasveen in de top van het oligotroof veen.

Pollenspectra

In de regionale component neemt het belang van *Corylus* verder toe (40-66 %) en blijft *Quercus* aanwezig met 16-27%. Ook *Fraxinus*, *Pinus*, *Tilia* en *Ulmus* blijven aanwezig met lage percentages. In de top verschijnen bovendien *Fagus* (11 %) en *Carpinus betulus* (één korrel). Bij het NAP is *Poaceae* het enige taxon dat steeds aanwezig is (4-18 %). Gezien het oligotrofe milieu (cf. 'lokale vegetatie en milieu') kan het hier echter ook gaan om pollen van *Molinia caerulea* (pijpenstrootje). Bij de overige kruiden zien we op sommige niveaus lage percentages van onder andere *Plantago lanceolata*, *Chenopodiaceae*, *Artemisia* en *Rumex acetosa*



Fig. 154. Broekbos in Kruibeke (ecopedia.be)

type. In het bovenste niveau komt *Pteridium aquilinum* terug met 4 %.

Bij de lokale component zijn *Alnus* en *Betula* nog steeds aanwezig, maar met beduidend lagere percentages dan in de vorige zone (respectievelijk 33-56 % en 6-17 %). Bovendien werden enkele korrels waargenomen die vermoedelijk van *Myrica gale* afkomstig zijn. Dit pollen lijkt goed op dat van *Corylus* en is enkel te onderscheiden bij goede bewaring. Bij slechtere bewaring worden beide gegroepeerd onder het *Corylus avellana* type. In dit geval kunnen we dankzij de goede bewaring wel stellen dat de grote meerderheid van de korrels die hier onder *Corylus avellana* type zijn ondergebracht effectief van *Corylus* afkomstig zijn.

Ericaceae zijn steeds in relatief grote hoeveelheden aanwezig, met in de basis meer *Vaccinium* type (mogelijk *Empetrum*) (14%) en in de top meer *Calluna vulgaris* (tot 30%). Verder zien we in de basis en de top van deze zone zeer hoge waarden voor *Sphagnum* (respectievelijk 800% en 230%). *Cyperaceae* vertonen dan weer iets hogere waarden in de tussenliggende niveaus (tot 50 %). Gezien de macroscopische waarneming van resten van wollegras in het veen, is het goed mogelijk dat het pollen van *Cyperaceae* hier voornamelijk afkomstig is van *Eriophorum vaginatum*.

Ook bij de NPP's vallen enkele kleinere en grotere pieken op: in de basis van de zone komen kleine hoeveelheden *Assulina* (HdV-32) en *Microthyrium* (HdV-8B) voor naast massaal veel exemplaren van KV-2 (270 %). Vermoedelijk komt KV-2 overeen met HdV-59, een microfossiel van onbekende oorsprong. In de volgende niveaus zien we veel

schimmelsporen, waaronder veel *Dictyosporium* (HdV-1053), maar ook *Meliola* (HdV-14) en *Sordariaceae* (HdV-55). Ook *Amphitrema thecae* (HdV-31A) vertonen hier een piek van 6 %. In het bovenste geanalyseerde niveau van deze zone komen nauwelijks NPP's voor.

Ten slotte moeten we hier ook een piek van houtskoolfragmenten vermelden op -0,64 m TAW. Een concentratie van circa 700 fragmenten per mm³ is niet extreem hoog, maar wel beduidend meer dan in de voorgaande stalen, waar de houtskoolconcentraties zéér laag waren.

Regionale vegetatie en ouderdom

Ook in deze zone blijft het droge landschap grotendeels bebost. Hoogstens nam het aandeel grasland (met onder andere ook zuring) wat toe in de top, maar het graspollen kan hier ook van lokale oorsprong zijn. De samenstelling van het regionale bos blijft aanvankelijk hetzelfde. De toename van hazelaar ten opzichte van de vorige zone kan wijzen op een meer open bos, omdat deze struik licht nodig heeft. In de top zien we echter een duidelijke toename van beuk in het droge bos in de omgeving. Adelaarsvaren kwam voor in de kruidlaag van dit eiken-beukenbos. De combinatie van hoge percentages *Fagus* en het verschijnen van *Carpinus* wijzen op een ouderdom jonger dan 2800 cal BP (Verbruggen et al., 1996). Dit is in overeenstemming met de datering van het bulkstaal op -0,26 m TAW.

Lokale vegetatie en milieu

De lokale veenvormende vegetatie kende een complete ommekeer ten opzichte van het broekbos uit de vorige zone. De afname in voedselrijkdom zette zich door en resulteerde in de vorming van oligotroof veen met fasen waarin veenmos domineerde en fasen waarin heideplanten domineerden. Beide vegetatietypes kwamen waarschijnlijk als een mozaïek voor in het veendek, met heide en gagelstruwelen op iets drogere plekken en veenmos in de nattere zones. De kleine piek van *Cyperaceae* kan afkomstig zijn van wollegras, wat eveneens wijst op een (zeer lokaal) iets drogere fase. Indien de piek van graspollen in de top afkomstig is van pijpenstrootje, dan zien we hier het effect van de vergrassing van de natte heide. Dit kan bijvoorbeeld het gevolg zijn van eutrofiëring of verdroging. De piek in de houtskoolconcentratie wijst vermoedelijk op branden in de lokale heidevegetatie.

3.9.2.5. ZONE ZE-WE-5

Zone ZE-WE-5 bestaat uit één spectrum in de basis van de klei die het veen afdekt.

Pollenspectra

Het regionale spectrum is grotendeels zeer gelijkend op dat uit de top van zone ZE-WE-4, met name vooral *Corylus* en *Quercus*, maar ook veel *Fagus* en *Poaceae* en kleinere hoeveelheden van *Carpinus*, *Fraxinus*, *Pinus*, *Tilia*, *Ulmus* en *Pteridium*. Het grote verschil met de vorige zone zit in het hoge percentage *Chenopodiaceae* (26 %). Bovendien komen enkele kruidentaxa in zeer kleine hoeveelheden voor, waaronder *Limonium*, *Malvaceae* en *Senecio* type.

Ook bij de lokale pollentaxa herkennen we het patroon uit de vorige zone: vrij veel *Calluna* (15 %) matige hoeveelheden *Alnus*, *Betula* en *Cyperaceae* en kleine hoeveelheden *Myrica*, *Salix* en cf. *Taxus baccata*. *Sphagnum* zakt echter naar 14 %, terwijl *Filicales* stijgen naar 80 %.

Bij de NPP's zien we zowel mariene microfossielen als verschillende zoetwatalgen verschijnen.

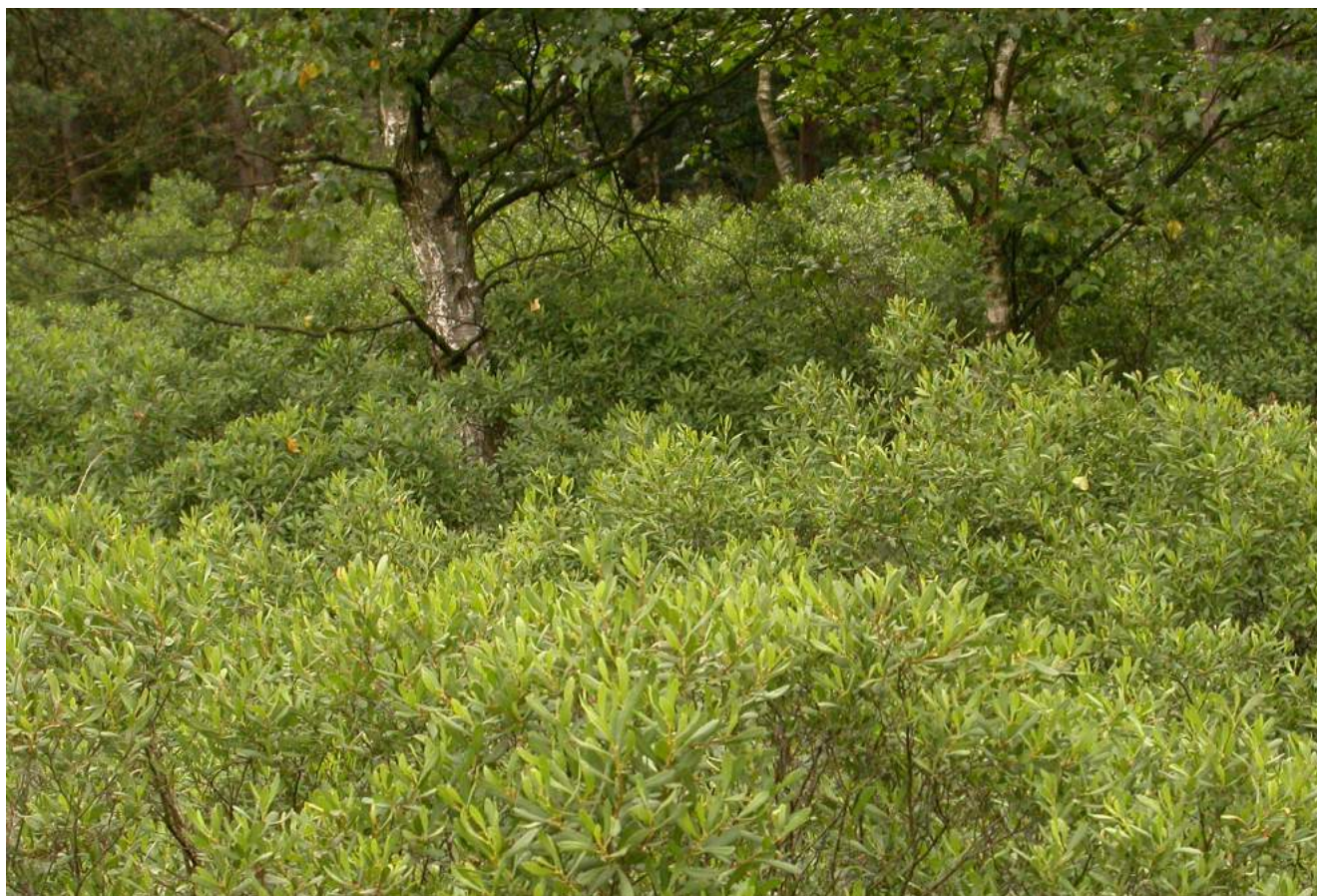


Fig. 155. Gagelstruweel in de Vriesput (Pijnven, Hechtel-Eksel) (ecopedia.be)

Regionale vegetatie en ouderdom

Aangezien een groot deel van het pollen uit deze zone herwerkt is (cf. infra), vormt dit spectrum geen goede maatstaf voor het beschrijven van de regionale vegetatie ten tijde van de klei-afzetting.

Lokale vegetatie en milieu

Zowel bij de regionale als de lokale component valt op dat de pollenspectra goed lijken op die van de top van de voorgaande zone. Aan de lithologie is echter te zien dat op het bemonsterde punt geen sprake meer is van veengroei. Mogelijk ging de veengroei in iets hoger gelegen zones rondom dit punt nog iets langer door en komt het pollen van onder andere heide daar vandaan, maar meer waarschijnlijk is dat het hier voor een groot deel om herwerkt pollen gaat uit de top van het onderliggende veen.

Naast een herwerkte component is er ook een component die materiaal omvat dat aangevoerd werd door getijdestromingen. Het gaat om mariene microfossielen (dinoflagellaten, foraminiferen) en pollen van (mogelijke) halofiele planten. Lamsoor (*Limonium*) een typische plant van lage schorren, maar ook vele andere pollentypes omvatten zoutminnende soorten. Zo behoren onder andere zeekraal (*Salicornia*) en verschillende zoutminnende meldesoorten (*Atriplex spp.*) tot de *Chenopodiaceae*, *Senecio* type omvat *Aster maritima* (zeeaster), *Malvaceae* omvat *Althaea officinalis*, een typische plant voor brakke omstandigheden.

We kunnen voor deze zone dus stellen dat afzetting van de klei gebeurde in een zone die onder invloed van getijden stond en dat het pollenspectrum een combinatie is van herwerkt pollen uit het onderliggende veen, van materiaal aangevoerd door het getij en mogelijk aangevuld met contemporain pollen vanuit het droge binnenland.

3.9.3. Macrorestenanalyse

Het onderste staal (-1,81 tot -1,76 m TAW) vertoont een *Alnus*-piek in het pollendiagram. Bij de macroresten zijn er echter geen zaden/vruchten van bomen aanwezig. De gevonden plantenresten wijzen op een overgang tussen ondiep water en oever. Het staal bevat wel veel (wortel-)resten van hout. Deze zijn meestal iets jonger en in het reeds gevormde veen afgezet. Een mogelijke verklaring voor deze *Alnus*-piek kan zijn dat er een algemene vernatting plaatsvond in de ruimere omgeving (regionale vegetatie?), waarbij het specifiek op deze plaats te nat werd voor bomen zoals *Alnus glutinosa* (zwarte els).

Het iets hogerop geanalyseerde staal (-1,44 tot -1,39 m TAW) vertoont een *Salix*-piek in het pollendiagram. Volgens de resultaten van de macroresten is het een mooi voorbeeld van een elzenbroekbos met zeer veel nootjes van *Alnus glutinosa* (zwarte els). Zaadjes van *Salix sp.* (wilg) zijn zeer fragiel en worden binnen venen nauwelijks bewaard, waardoor deze boom in pollendiagrammen sterk vertegenwoordigd kan zijn, terwijl er in een macrobotanische studie op hetzelfde materiaal niets van teruggevonden wordt. Een mogelijke verklaring voor deze *Salix*-piek kan een tijdelijke opening in het elzenbroekbos zijn waarbij in een pioniersfase vooral tijdelijk wilgensoorten domineren.

Het middelste staal (-1,04 tot -0,99 m TAW) vertoont een *Betula*-piek in het pollendiagram. Als we de resultaten van de analyse van de macroresten bekijken, is het duidelijk dat dit het gevolg is van de lokale vegetatie. We treffen er een mesotroof veen met veel *Menyanthes trifoliata* (waterdrieblad: zowel rhizoom als zaden) en veel *Betula sp.* (ruwe berk of zachte berk: zowel schubjes als nootjes). Eén nootje was bijna volledig bewaard en kon als *Betula pubescens* (zachte berk) gedetermineerd worden. Binnen dit veentype hoort *Comarum palustre* (wateraardbei) eveneens thuis. De aanwezigheid van *Typha sp.* (lisdodde) samen met *Betula sp.* is ook gevonden bij het profiel Zeebrugge-insteekdok (Allemeersch, 1977).

Hoogte (m TAW)	Volume	<i>Carex flacca</i>	<i>Alnus glutinosa</i> (vrucht)	<i>Alnus glutinosa</i> (zaad)	<i>Cyperus tenuis</i>	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	<i>Carex panicea</i>	<i>Carex lasiocarpa</i>	<i>Carex sp.</i>	<i>Potamogeton sp.</i>	<i>Frangula alnus</i>	<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Epilobium sp.</i>	<i>Potamogeton emersus/rutans</i>	<i>Isocarpos sp.</i>	<i>Comarum palustre</i>	<i>Menyanthes trifoliata</i> (zaad)	<i>Menyanthes trifoliata</i> (rhizoom)	<i>Betula sp.</i> (schub)	<i>Betula sp.</i> (nootje)	<i>Betula pubescens</i> (nootje)	<i>Typha sp.</i>	<i>Sphagnum</i> sect. <i>Acutifolia</i>	<i>Aulicostemma pulchre</i>	<i>Eriophorum vaginatum</i> (spindel)	<i>Eriophorum vaginatum</i> (vezel)	<i>Ericaceae</i> (takjes)	<i>Calluna vulgaris</i>	<i>Sphagnum</i> sect. <i>Cespitosa</i>	<i>Erica tetralix</i> (zaad)	<i>Erica tetralix</i> (blad)
-0,238 tot -0,198	50 ml																					sp		Ab	fr	oc		sp	1	sp	
-0,838 tot -0,788	63 ml																						sp	oc	fr	fr	fr	u			
-1,038 tot -0,988	63 ml						2					1	1	1	1	12/2	sp	3	17	1	4										
-1,436 tot -1,389	63 ml							1	2	1	1	21	1	1																	
-1,811 tot -1,764	63 ml	5	1	5	4	1	1																								

Fig. 156. Resultaten van de macrobotanische analyse van vijf stalen uit boring P2 uit Zeebrugge - Westhinderstraat

Labo-nummer	Site	Boring	Lambert x (m)	Lambert y (m)	Doel datering	Basis (m TAW)	Top (m TAW)	Gedateerd materiaal	¹⁴ C-ouderdom (BP)	Gekalibreerde ouderdom (2σ) cal BP
RICH-31561	Zeebrugge Westhinderstraat	P1	69602,8	225285,9	basis veen	-2,85	-2,81	<i>Carex</i> sp. (8 + 6 fragm.), <i>Alnus glutinosa</i> (2), <i>Betula pen/pub.</i> (1), <i>Rubus fruticosus</i> (1), <i>Ranunculus</i> sp. (1)	6448 ± 29	7428-7310
RICH-31562			69610,5	225327,8		-0,26	-0,26	BULK	2628 ± 25	2772-2727
RICH-31563		69610,5	225327,8	-0,31	-0,31	Ericaceae (takjes)	3332 ± 21	3630-3481		
RICH-31564		P2	sequentie	69610,5	225327,8	-0,89	-0,87	<i>Betula</i> sp. (1), <i>Lychnis flos-cuculi</i> (5), <i>Carex</i> sp. (26), <i>Stellaria cf. alsine</i> (1), <i>Polytrichum</i> (mosstengels)	4146 ± 25	4824-4575
RICH-31565				69610,5	225327,8	-1,18	-1,15	<i>Betula</i> sp. (10; schub 2), <i>Alnus glutinosa</i> (3), <i>Pinus sylvestris</i> (2; schub 1)	4458 ± 25	5283-4971
RICH-31566				69610,5	225327,8	-1,67	-1,65	<i>Frangula alnus</i> (2 + 1 fragm.), <i>Alnus glutinosa</i> (13), <i>Carex</i> sp. (8)	4752 ± 17	5581-5335
RICH-31567				69610,5	225327,8	-2,26	-2,24	Houtig materiaal (VK)	6669 ± 29	7581-7436

Fig. 157. Resultaten van ¹⁴C-dateringen op materiaal uit de boringen in de Westhinderstraat in Zeebrugge

De 2 bovenste stalen (-0,84 tot -0,79 en -0,24 tot -0,20 m TAW) worden samen besproken omdat zowel de vraagstelling vanuit het pollenonderzoek als het veentype gelijkaardig zijn. In beide gevallen betreft het een ombrotroof veen (= hoogveen) en in beide gevallen is de vraag of er nog macroresten van *Myrica gale* (wilde gagel) aanwezig zijn. Bij minder goede bewaring is het onderscheid tussen pollen van *Myrica* en *Corylus* namelijk nauwelijks te maken.

Het veentype is een slecht bewaard ombrotroof veen met vooral resten van *Eriophorum vaginatum* (éénjarig wollegras: zowel vezels als spindeln). Spindeln zijn macroscopisch herkenbare houtige vezeldelen bij *Eriophorum vaginatum*. Een belangrijke aanwezigheid van *Eriophorum vaginatum* wijst op een verdroging in het veen of een tragere veengroei. In tegenstelling tot veel andere hoogvenen in het oostelijk kustgebied (Allemeersch 1984, 1991) zijn resten van *Sphagna* (veenmossen) hier schaars. Macroresten van *Myrica gale* (wilde gagel) zijn niet gevonden in de onderzochte stalen.

In de uitgebreide studie van het veen in het oostelijk kustgebied zijn die nergens gevonden (Allemeersch 1984, 1991). Ze zijn wel gevonden in een veenprofiel op 't Zand in Brugge (Storme and Allemeersch, 2022). *Myrica gale* is eveneens regelmatig gevonden in het veen in het westelijk kustgebied (Stockmans & Vanhoorne, 1954). In een profiel – ook in het westelijk kustgebied- in Oudekapelle (Allemeersch, niet gepubliceerd) is er veel *Myrica gale* (wilde gagel) in een mesotroof gedeelte, samen met *Betula* sp. (berk) en *Menyanthes trifoliata* (waterdrieblad). De belangrijke aanwezigheid van pollen van *Corylus* (hazelaar) kan verklaard worden door de afwezigheid van bomen op het ombrotroof veen. *Corylus* groeit niet in venen dit in tegenstelling tot soorten zoals *Alnus*, *Salix*, *Betula* of *Pinus*, *Myrica*.

Fig. 158. Eenjarig wollegras (*Eriophorum vaginatum*) planten met vruchtpluis. (ecopedia.be)

3.9.4. ¹⁴C-datering

In beide boringen werd de basis van het veen bemonsterd voor ¹⁴C-datering. Zowel op -2,83 m TAW (P1) als op -2,25 m TAW (P2) startte de veengroei in het midden van het 8e millennium BP.

In boring P2 werden ook dateringen uitgevoerd hogerop in het veen. Hieruit blijkt dat het houtveen gevormd werd tussen ca. 7500 en 4700 cal BP. De overgang naar oligotroof veen op ca. -0,88 m TAW werd hier gedateerd op 4824-4575 cal BP. De bovenste twee dateringen laten zien dat de veengroei sterk vertraagde of zelfs stil viel in de loop van het 4e millennium BP.



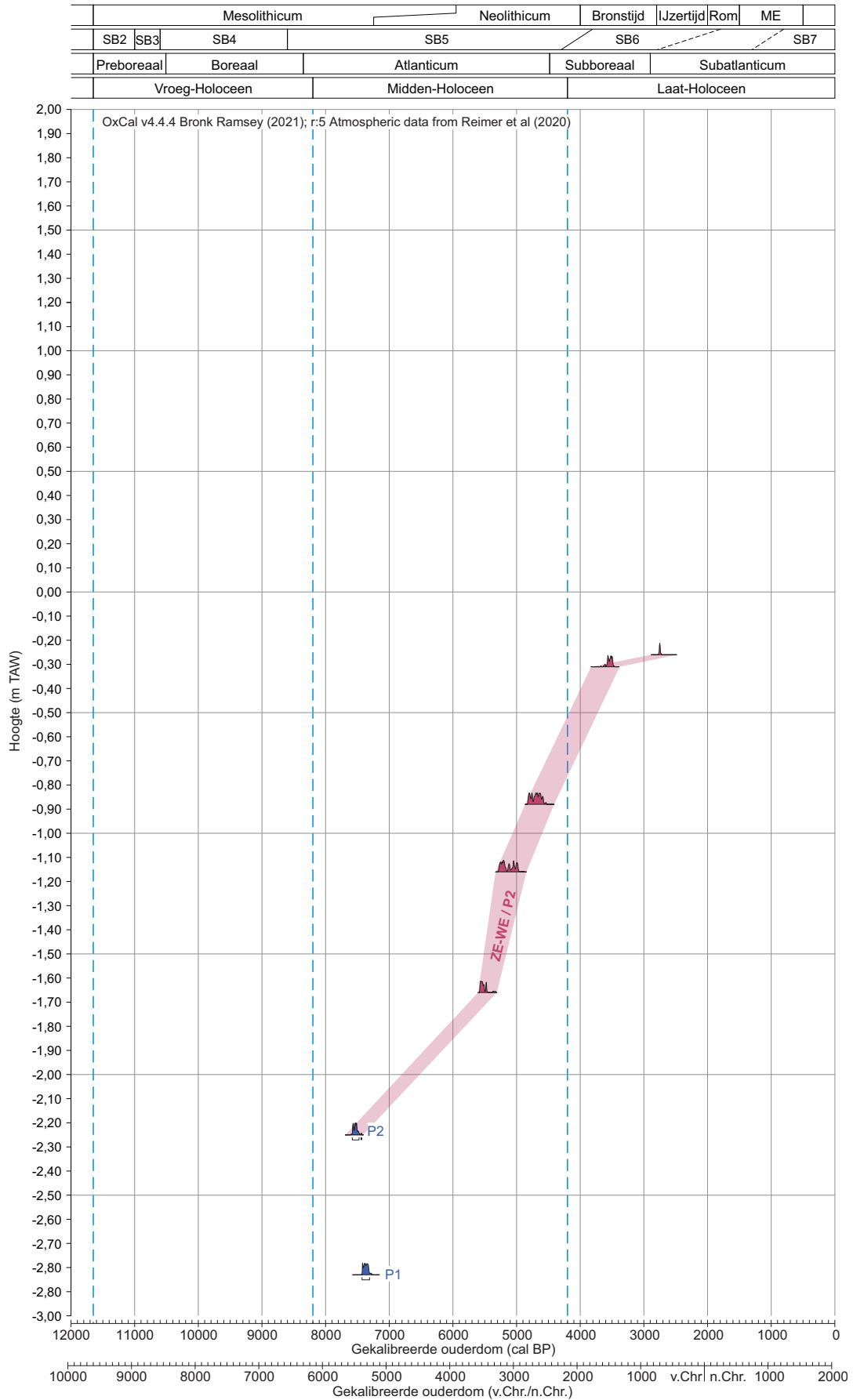


Fig. 159. Tijd-dieptediagram van de 14C-dateringen van de basis van het veen in twee boringen te Zeebrugge – Westhinderstraat (blauw) en van verschillende niveaus in het veen binnen boring P2 (roze)

3.10. Natiëlaan, Hoeke

In 2022 werd het team gecontacteerd door de archeologen van de vakgroep Archeologie van de Universiteit Gent die een opgraving uitvoerden in Hoeke. De opgraving is gericht op de archeologische evaluatie, waardering en ruimtelijke afbakening van de verdwenen Zwinhaven Hoeke in Damme, net buiten het huidig studiegebied.

De opgraving bracht de dichtgeslibde Zwingeel, de verschillende bedijingsfasen (12e tot 14e eeuw) van de geul en een goed bewaarde houten kade aan het licht. Deze werd gebouwd met hergebruikte onderdelen van zeeschepen, waaronder een grote plank afkomstig van de bodem van een kogge, en vormt zodoende een uniek bewaard archief van middeleeuwse scheepsbouw. Grote hoeveelheden ijzerslakken en steenkool uit Newcastle wijzen bovendien op de aanwezigheid van smederijen die actief waren in het historisch geattesteerd herstel van zeeschepen in deze haven. De uitzonderlijk goed bewaarde resten van o.a. scheepstouw en een stuk gewezen wol – wellicht een deel van een zeil – sluiten hier bij aan (<https://www.hoogtijlaagtij.ugent.be/>).

Onder een middeleeuwse dijk was een meer dan 100 cm dik veenpakket ontdekt. Het pakket is uitgebreid bemonsterd en de onderzoekers boden ons een staal aan. Door de unieke ligging van het profiel en de goede bewaring van het veen, zijn de stalen geanalyseerd en opgenomen in de syntheseproject.

3.10.4.1. Veenbeschrijving

Het veen ongeveer 80 cm dikke veenpakket in pollenbak S87 werd in detail beschreven. Behalve in de bovenste 10 cm kent dit veen een lage humificatiegraad, wat een goede bewaring van de plantenresten inhoudt. In de onderste 20

cm bestaat het veen achtereenvolgens uit zeggenveen met riet, berkenveen en opnieuw zeggenveen met riet en hier ook wollegras. De bovenste 60 cm bestaat uit oligotroof veen met veenmossen (*Sphagnum*-soorten), wollegras (*Eriophorum vaginatum*) en heide (*Ericaceae*) in wisselende verhoudingen.

3.10.1. Palynologische analyse S87

Tijdens de bespreking van de resultaten van de pollenanalyse van Hoeke worden twee pollenzones onderscheiden: zones HO-1 en HO-2.

Zone HO-1

Zone HO-1 omvat één pollenspectrum (+0,96 M TAW) op de overgang van het pleistoceen substraat naar het zeggenveen.

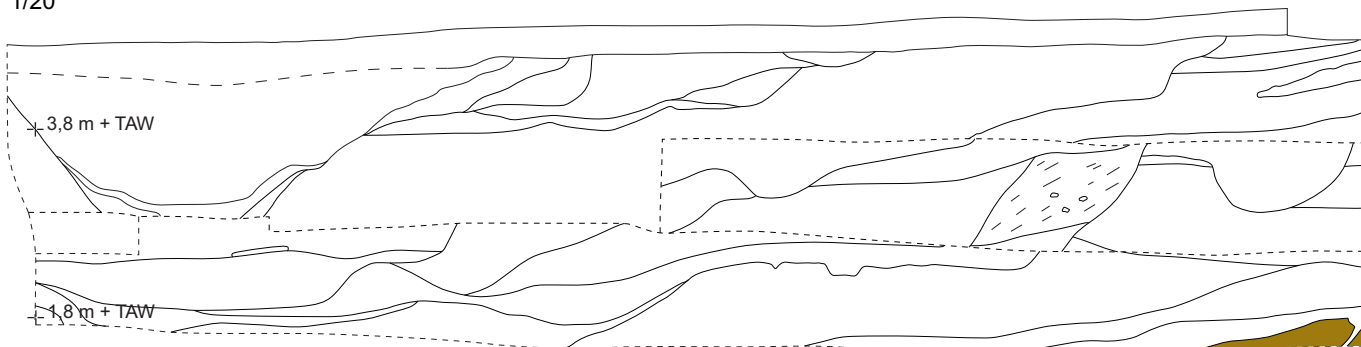
Pollenspectra

De regionale pollencomponent bestaat voor 99 % uit boompollen. Het grootste deel is afkomstig van *Pinus* (57 %) en *Tilia* (36 %), maar ook *Corylus* (5 %), *Quercus* en *Ulmus* (1 %) zijn aanwezig. Bij het kruidenpollen zien we 1 % *Poaceae*, terwijl sporenplanten veel beter vertegenwoordigd zijn, met 24 % *Polypodium vulgare* en 37 % *Pteridium aquilinum*.

In de lokale component vinden we vooral *Filicales* (71 %), maar ook onder andere 7% *Alnus*, 3% *Ericaceae* en 5 % *Sphagnum*. Waterplanten zijn afwezig. Bij de NPP's zijn drie types sterk vertegenwoordigd: algen van type HdV-128 (22 %), een onbekend microfossiel, KV-3 (Figuur 1c), dat lijkt op HdV-989 (67 %) en scalariforme perforatieplaten uit houtvaten van *Alnus*, *Betula*, *Corylus* of *Myrica* (700 %).

Fig. 160. Coupetekening van het bemonsterd profiel in Hoeke. De bruin gekleurde laag is veen; de bovenliggende wit gekleurde lagen zijn getijdenafzettingen.

Hoeke - Ten Houcke Boven 2021
Profiel I
1/20



Hoeke

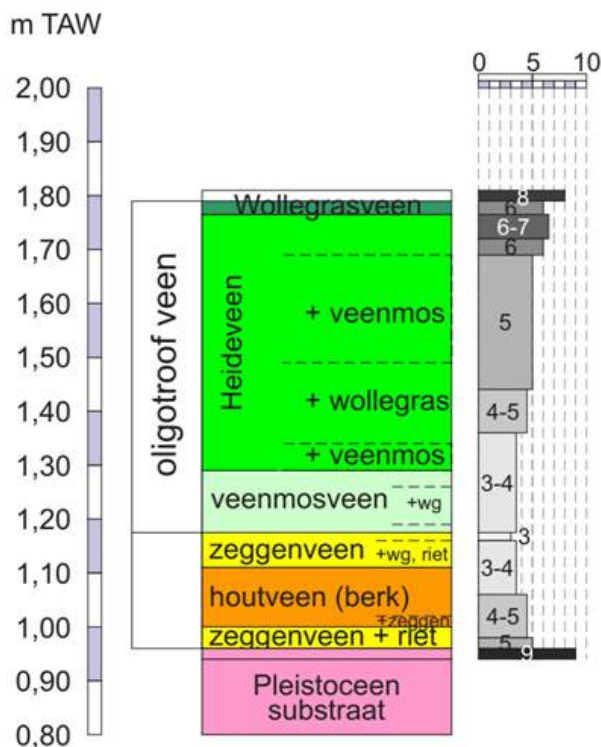


Fig. 161. Gedetailleerde beschrijving van het veen in S87 (wg = wollegras)

Ook type EMA-15 (stippels aan de rand van scalariforme doorboringen) werden hier trouwens bij type HdV-114 geteld.

Regionale vegetatie en ouderdom

De omgeving was grotendeels bebost. In de ondergroei en/of op meer open plekken in het bos groeiden varens (adelaarsvaren, eikvaren). Mogelijk zijn de sporen van *Filicales* hier ook afkomstig van varens uit droog bos (*Dryopteris*, mannetjesvaren en/of stekelvaren). *Ericaceae*

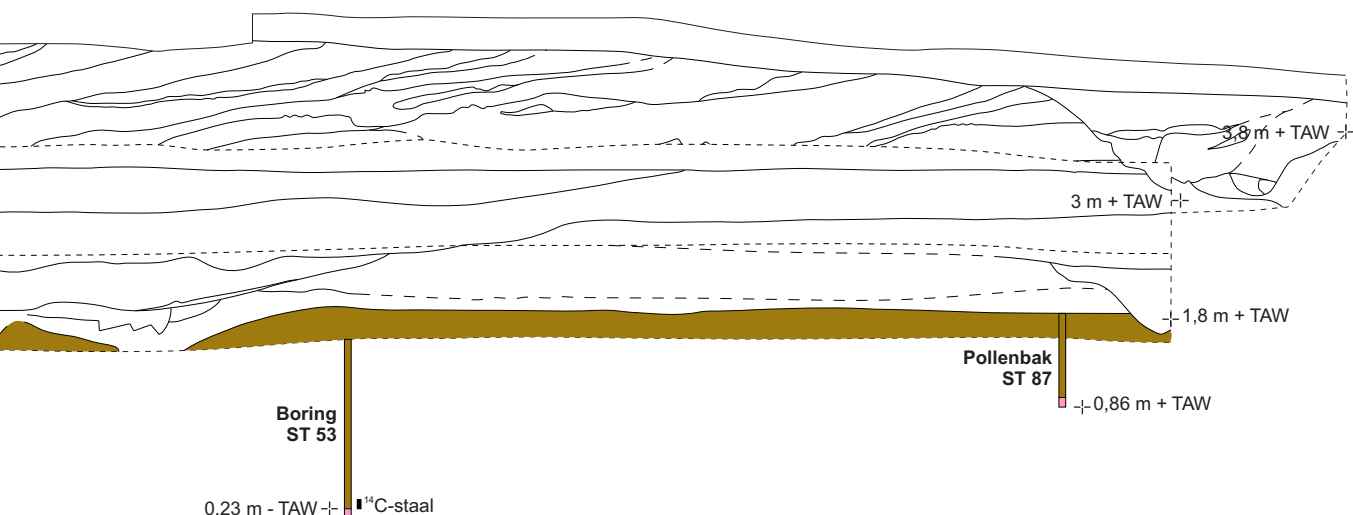
zijn in dit niveau nog niet afkomstig uit het veen en wijzen op plaatselijke verstoringen in het droge bos.

De samenstelling van het AP is eerder ongewoon: er lijkt sprake van een bos dat gedomineerd wordt door dennen en linden. Deze bomen hebben echter heel verschillende ecologische voorkeuren, dus vermoedelijk gaat het om pollen afkomstig uit verschillende bronnen. Pollenkorrels van *Pinus*, die wegens hun luchtzakken goed verspreiden via wind en water, kunnen soms oververtegenwoordigd zijn in pollenspectra. Hier is voor zover we weten geen sprake van aanvoer van stromend water of een opening in het bos waardoor pollen uit langeafstandstransport plots relatief belangrijker zouden zijn. Blijkbaar moeten dennen hier toch aanwezig geweest zijn.

De aanwezigheid van *Alnus* en *Tilia* wijst op een correlatie met biozone SB5 in het Scheldebekken (Storme et al., 2017) / Atlanticum in Zandig Vlaanderen (Verbruggen et al., 1996). Deze biozone is gedateerd tussen 8600 en 5000 cal BP. Zone HO-1 is waarschijnlijk eerder aan het einde van dit interval gevormd, aangezien de basis van de volgende zone dateert rond 5000 cal BP.

Lokale vegetatie en milieu

Op de bemonsterde locatie is in dit niveau sprake van een vernattende bodem, waar door planten resten (incl. pollen) bewaard konden worden. Het voorkomen van type HdV-128 wijst op natte omstandigheden, minstens tijdens een deel van het jaar. Anderzijds wijst de minder goede bewaring van dit staal (score 2,6/5) en de massale aanwezigheid van het zeer resistente type HdV-114 op tijdelijk uitdrogen van de bodem: de matrix, inclusief de bulk van het hout is vergaan door oxidatie, maar de meest resistente pollenkorrels en de scalariforme perforatieplaten bleven bewaard.



Type HdV-114 kan afkomstig zijn van houtvaten van *Alnus*, *Betula*, *Corylus* of *Myrica*. *Betula* is in dit niveau afwezig en hazelaar hoort niet thuis op natte grond. Vermoedelijk zijn de houtvatresten dus afkomstig van els. Ondanks het relatief lage percentage *Alnus*-pollen, veronderstellen we toch dat hier door vernatting lokaal elzenbos ontstaan is. De *Filicales*-sporen kunnen (deels?) afkomstig zijn van moerasvarens in dit elzenbroekbos. Voor het onbekende type KV-3 kunnen we dus een voorkeur voor vernattende minerale bodem afleiden.

3.10.1.1. Zone HO-2

Zone HO-2 omvat het volledige pakket veen met zes pollenspectra tussen 0,97 en 1,79 m TAW.

Pollenspectra

De regionale component wordt gedomineerd door *Corylus* (onderaan 20 %, verder 50-65 %), en *Quercus* (onderaan 46 %, verder ca. 20 %). Daarnaast komen *Fraxinus*, *Pinus*, *Tilia* en *Ulmus* steeds voor met enkele procenten. *Fagus*, *Hedera helix* en cf. *Sambucus nigra* werden sporadisch genoteerd. In de bovenste niveaus kent *Fagus* een stijging tot 4 % en verschijnt *Carpinus*. Bij de kruiden zien we lage percentages van *Poaceae* (2-6 %), *Chenopodiaceae* en *Plantago lanceolata* (tot 1 %). *Pteridium aquilinum* stijgt in de top naar 5 %.

In de lokale component komt *Alnus* zeer frequent voor, met een piek van 70 % in de basis, gevolgd door waarden tussen 32 en 57 %. Ook *Betula* (5-12 %) en een enkele korrel van *Rhamnus frangula* en *Taxus baccata* komen voor. Heideplanten zijn steeds aanwezig, maar vertonen opvallende pieken op 1,34 m TAW (37 %) en in de top (1,79 m TAW, 50 %). In de onderste piek gaat het grotendeels om *Calluna vulgaris*, terwijl in de bovenste piek ook minstens 8% *Vaccinium/Empetrum* type voorkomt. Bij de kruiden van natte grond vinden we *Cyperaceae*, met een maximum van 20 % tussen de twee *Ericaceae*-pieken in (1,49 m TAW). Bij de varens zien we enkele sporen van *Osmunda regalis* en 1-8 % *Filicales*, incl. sporen die als *Thelypteris palustris* geïdentificeerd konden worden. *Sphagnum* is steeds aanwezig, en kent een hoge piek op 1,20 m TAW (214 %).

Bij de NPP's zien we een piek van KV-9 in de basis, gevolgd door verschillende types dierlijke resten van aquatische organismen: resten van testate abmoeben (HdV-31A, -32) en kreeftjes (HdV-28, -73A). Algen zijn afwezig, uitgezonderd 1 % (HdV-314) in de top. Ook *Gelasinospora ascosporen* (4 %, HdV-1) komen enkel in de top voor. De

houtschoolconcentratie vertoont twee pieken van circa 300 fragmenten per mm³.

Regionale vegetatie en ouderdom

Op droge grond zien we binnen deze zone een evolutie van loofbos gedomineerd door eiken en met behoorlijk wat hazelaar, naar eiken-beukenbos met adelaarsvarens in de kruidlaag. Op basis van het hoge percentage *Fagus* en het voorkomen van *Carpinus* valt de top van deze zone volgens Verbruggen et al. (1996) te dateren in de laatste 2800 jaar. De 14C-datering net onder het palynologisch geanalyseerde niveau geeft een ouderdom van 4075-3849 cal BP. Mogelijk hebben we hier dus te maken met een hiaat of sterke compactering door uitdroging van de top van het veen.

Lokale vegetatie en milieu

Lokaal zien we een evolutie van meer voedselrijk milieu met elzen, zeggen en moerasvarens, naar een voedselarm veen dat op deze plek achtereenvolgens wordt gedomineerd door veenmos, heide, cypergrassen (vermoedelijk wollegras) en opnieuw heide. De fasen met meer heide of wollegras wijzen op drogere omstandigheden dan de fase met veenmos. Voor deze locatie stellen we dus reeds kort na de start van de hoogveenontwikkeling verdroging vast.

Hoewel de houtschoolconcentraties op 1,34 en 1,79 m TAW sterk contrasteren met de overige niveaus, zijn deze concentraties niet extreem hoog. Toch kunnen ze een aanwijzing zijn voor brandjes in de fasen met heideveen.



Fig. 162. Staal 87 verzameld langs de Natiënlaan in Hoeke

3.10.2. Macrorestenanalyse S87

Het staal op 1,06 tot 1,11 m TAW in pollenbak 87 werd macroscopisch beschreven als berkenveen maar bij de pollen domineerde els duidelijk. Deze macrorestenanalyse werd uitgevoerd om te bepalen welke van de twee bomen lokaal voorkwam.

Bij de macroscopische veenbeschrijvingen (Luthardt et al., 2015) wordt bij het hout vooral de klemtoon gelegd op het onderscheid tussen berk (niet samendrukbaar hout) en els (samendrukbaar hout). Dit staal werd beschreven als berkenveen (samendrukbaar hout). Omwille van het ontbreken van macroresten van *Alnus glutinosa* (zwarte els: propjes en vruchten) is een elzenbroekbos op die plaats op dit moment onwaarschijnlijk. De grote aantallen van meerdere zeggenssoorten en twee grote vruchten van *Frangula alnus* (sporkehout) wijzen op een eerder open fase van een broekbos. Verder kunnen hier ook houtresten van *Salix sp.* (wilg) aanwezig zijn.

3.10.3. 14C-datering

Zowel in S53 (gutsboring) als in pollenbak S87 werd de basis van het veen bemonsterd voor 14C-datering. Op ca. -0,20 m TAW (S53) startte de veengroei hier in het midden van het 6e millennium BP (Tabel 10, Figuur 66). Enkele eeuwen later, rond 5000 cal BP bereikte de veengroei al zones op ca. +1,00 m TAW (S87).

In S87 werden bovendien twee bijkomende dateringen uitgevoerd hogerop in het veen. Hieruit blijkt dat de fase met zeggen- en berkenveen slechts zeer kort duurde, want de datering op +1,35 m TAW, in de basis van het heideveen, geeft een ouderdom van 4870-4734 cal BP: één à twee eeuwen na de start van de veengroei op deze locatie. De aangroei van het oligotrofe veen ging door tot ca. 4000 cal BP.

Hoogte (m TAW)	Volume	<i>Potamogeton emersum/nataris</i>	<i>Carex elata</i>	<i>Carex pseudocyperus</i> (luntje)	<i>Carex pseudocyperus</i> (moetje)	<i>Carex sp.</i>	<i>Frangula alnus</i>	<i>Rubus fruticosus</i>	<i>Betula sp.</i>
1,06 tot 1,11	ca. 200 ml	2	23	7	10	5	2	1	1

Fig. 163. Resultaten van de macrobotanische analyse van een staal uit pollenbak 87 uit Hoeke

Labo-nummer	Site	Boring	Lambert x (m)	Lambert y (m)	Doel datering	Basis (m TAW)	Top (m TAW)	Gedateerd materiaal	¹⁴ C-ouderdom (BP)	Gekalibreerde ouderdom (2σ) cal BP
RICH-31574	Hoeke Natiënlaan	Staal 53	78200,9	221083,9	basis veen	-0,13	-0,23	<i>Carex sp.</i> (5 + 1 fragm.), <i>Mentha aquat./arv.</i> (2), <i>Rubus sp.</i> (2 + 4 fragm.)	4857 ± 23	5653-5484
RICH-31575		Staal 87 (pollenbak)	78197,1	221086,7	sequentie	1,74	1,79	Ericaceae (takjes) , <i>Calluna vulgaris</i> (bloemknop 2), <i>Erica tetralix</i> (blad 3 fragm.): alles VK	3629 ± 26	4075-3849
RICH-31576						1,34	1,36	Eriophorum vaginatum (spindel) + vezels	4270 ± 27	4870-4734
RICH-31577						0,98	1,06	<i>Carex sp.</i> (3 + 3 fragm.), <i>Lycopus europaeus</i> (2 fragm.), <i>Myrica gale</i> (2 + 2 fragm.), <i>Rubus idaeus</i> (1)	4363 ± 22	5025-4847

Fig. 164. Resultaten van 14C-dateringen op materiaal uit de opgraving in de Natiënlaan in Hoeke

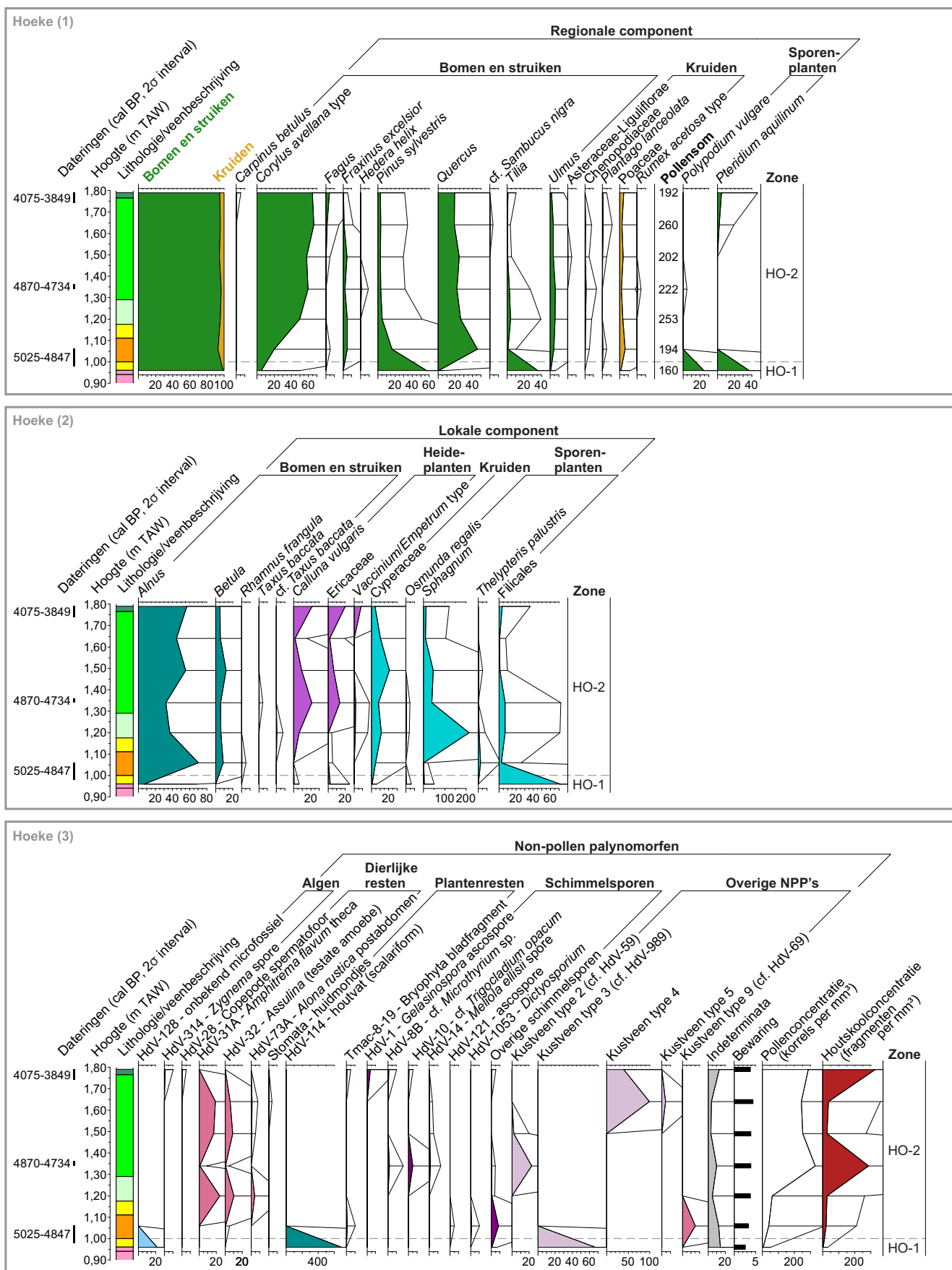


Fig. 165. Pollendiagram van pollenbak 87 te Hoeke. Deel 1: pollen en sporen afkomstig van de regionale vegetatie; Deel 2: pollen en sporen afkomstig van de lokale vegetatie; Deel 3: non-pollen palynomorfen, bewaring en concentraties



Fig. 166. *Adelaarsvaren* (*inverde.be*)

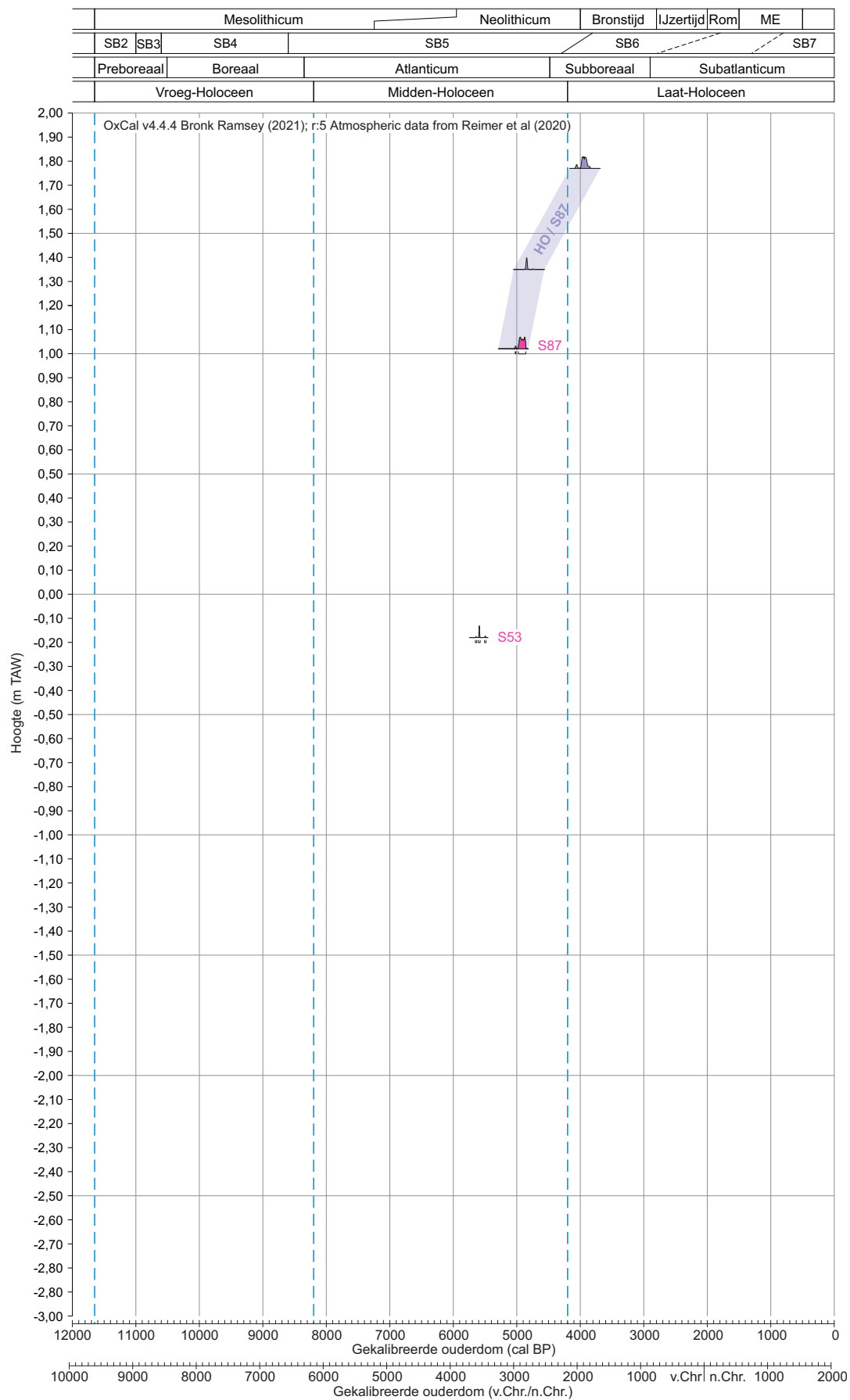


Fig. 167. Tijd-dieptediagram van de 14C-dateringen van de basis van het veen in boring S53 en pollenbak S87 te Hoeke – Natiënlaan (roze) en van verschillende niveaus in het veen binnen S87 (paars)

3.11. Koffieweg, Zeebrugge

Langs de Koffieweg, in de Zeebrugse Achterhaven, wordt een groot logistiek park gebouwd, met een oppervlakte van meer dan 30 hectare. De archeologische begeleiding van dit project onthult boeiende resultaten en de stalen zijn opgenomen in dit onderzoek voor 14C-dateringen. Het project is uitgevoerd in twee delen: Koffieweg Zuid en Koffieweg Noord.

3.11.1. Paleolandschappelijk / archeologisch booronderzoek

Koffieweg Zuid is 15,72 ha groot. Het plangebied grenst ten westen aan de Koffieweg en ten oosten aan spoorweginfrastructuur. De A11 loopt ten zuiden van het plangebied. Op basis van een bureauonderzoek uitgevoerd door Ruben Willaert NV heeft Gate in 2021 een mechanisch booronderzoek (Cruz et al., 2021) uitgevoerd. Het terrein is opgehoogd tot +5,7 m en +6,7 m TAW, maar de bodemingreep reikt dieper, waardoor de kans bestaat dat het oorspronkelijke loopvlak (vermoedelijk rond +3 m TAW) en onderliggend bodemarchief worden aangetast.

Op basis van 159 elektrische sonderingen in combinatie met mechanische controleboringen worden vijf grote lithologische eenheden onderscheiden: marien grof zand (mariene afzettingen uit het Eemiaan), alluvium (afzettingen van een verwilderde rivier uit het Weichseliaan pleniglaciaal), eolisch zand (regionaal dekzand uit het Weichseliaan pleniglaciaal), Holoceen veen (rust in deze site altijd op dekzand) en mariene klei/silt en zand. De laatste eenheid bestaat uit deposities binnen een getijdenmilieu, waarbij klei/silt wijst op slikke en schorre en zand op getijdengeulen.

Het dekzand is bedekt met Holoceen veen. De aanwezigheid van veen duidt op weinig tot geen erosie in perimariene context en dus een hoog potentieel voor bewaring van archeologische vindplaatsen, wat van belang is bij de zoektocht naar lithische steentijdlocaties. De topografie van de top van het eolisch zand bestaat uit kleine, ondiepe, lineaire of puntvormige depressies. Deze topografie werd gevormd als duinlandschap op het einde van het Weichseliaan en 'fossiliseerde' aan het begin van het Holoceen. In de top ontwikkelde zich een bodem. Tijdens het Holoceen accumuleerden enkele meters veen, waardoor de microtopografie van het zand afgedekt werd. Op basis van de CPT-E's lijkt het mariene milieu slechts heel lokaal erosie veroorzaakt te hebben in de top van het zand en ook veenontginning had weinig tot geen invloed op de bewaring van de paleosol in de top van het dekzand.

Aansluitend zijn 386 mechanische archeologische boringen uitgevoerd (bemonstering door middel van SonicDrill Discontinue Aqualock met diameter 10 cm), op de plaatsen waar de top van het dekzand én de basis van het veen bewaard zijn. Er zijn geen grote verschillen in hoogte in de top van het Pleistoceen dekzand zichtbaar, maar wel veel variatie in bodembewaring. Er werden verschillende bodemsequenties onderscheiden: C/C-profielen (geulzand op dekzand), V/C-profielen (basis veen en dekzand en soms ook geulzand bovenop veen), V/B/C-profielen (basis veen met bewaring B-horizont boven C-horizont in het dekzand), V/E/B/C-profielen (profielen met goede podzolontwikkeling en -bewaring, met een podzol tot en met de E-horizont bewaard onder veen) en V/A/E/B/C-profielen (profielen met zeer goede podzolontwikkeling en -bewaring, met een podzol tot en met de A-horizont bewaard onder het veen). Na het zeven van de stalen zijn geen relevante eco- en artefacten aangetroffen die kunnen wijzen op concentraties van artefacten uit de steentijd.



Fig. 168. Mechanisch booronderzoek langs de Koffieweg in Dudzele

Koffieweg Noord bevindt zich ongeveer 1 km ten noordnoordwesten van Koffieweg Zuid. Gate maakte een archeologienota op binnen deze projectzone in functie van de constructie van een loods (Aluwé et al., 2021). Een groot deel van de werken kon vrijgegeven worden. Een loods op palenfundering kan de diepere lagen wel verstoren: er is kans op verstoring van sites uit de prehistorie, Romeinse tijd en de middeleeuwen, afhankelijk van de lokale bodemopbouw. Volgens het geofysisch bodemonderzoek met 19 CPT-E sonderingen in een driehoeksgrid bestaat de informele litho-/pedo-stratigrafie uit volgende opeenvolgende eenheden: het continentaal plat (de kustbarrière uit het Eem), fluviatiele afzettingen uit het Weichseliaan (een verwilderde rivier), het Pleistoceen dekzand (eolisch), een laag veen (bovenop het dekzand gevormd tijdens Midden-Holoceen, dekt prehistorisch landschap af), mariene sedimenten uit het Holoceen, slikken en schorren, geulsedimenten en uiteindelijk een A-horizont gevormd in mariene Holocene sedimenten voor ophoging van het terrein (circa 3 à 4m). De originele bodem is echter sterk gewijzigd door ontveningen en ophogingen.

Vooraf het karteren van de overgang van de top van het dekzand naar de basis van het veen is van belang voor opstellen van een archeologische verwachting: subtiele hoogtes in een vernattend landschap zijn aantrekkelijke bewoningsplekken voor jager-verzamelaars in het finaal-paleolithicum, het mesolithicum en het vroeg-neolithicum. Het hoogtemodel van het prehistorisch paleolandschap toont een hogere rug in het noorden van het gebied en een lagere ophoging in het zuid(-oosten). Tussen beide is een duidelijke depressie waarneembaar.

Na een landschappelijk booronderzoek volgden 47 archeologische boringen (Jacops en Laloo, 2021) in een verspringend, gelijkbenig driehoeksgrid (5x6 m). De boringen werden mechanisch uitgevoerd met de

discontinue Aqualock-methode (sonic sample drill) en de archeologisch relevante horizonten werden bemonsterd en nadien uitgezeefd op 1 mm. Bijna overal werd veen aangetroffen (enkele cm tot 100 cm) met daaronder eolisch dekzand uit het Weichseliaan. In de uitgezeefde stalen zijn geen eenduidige archeologische indicatoren aangetroffen. Voor de steentijden is de algemene verwachting laag, maar voor de jongere periodes kan een aanwezigheid niet geheel uitgesloten worden. Maar het potentieel wordt laag ingeschat. Het is door de grote diepte technisch moeilijk tot niet uitvoerbaar om deze te onderzoeken door middel van proefsleuven.

3.11.2. 14C-datering

In vier boringen uit Koffieweg Noord en twee boringen uit Koffieweg Zuid werd de basis van het veen bemonsterd voor 14C-datering. Op het diepste bemonsterde punt (-0,44 m TAW in B1) begon de veenvorming al in het Vroeg-Holoceen (ca. 10600 cal BP) (Tabel 11, Figuur 67). In B3 begon de veengroei op +0,39 m TAW rond 6870 cal BP, terwijl in B256 de veengroei op iets lagere hoogte (-0,02m TAW) pas ruim 1000 jaar later begon (5705-5583 cal BP). Deze resultaten illustreren dat de start van de veengroei op zeer lokale schaal correleert met de hoogteligging, maar dat er op iets grotere schaal al variaties te zien zijn. Het veen bereikt de hogere zones (ca. +1,00 m TAW) tussen circa 5500 en 5000 cal BP.

Labo-nummer	Site	Boring	Lambert x (m)	Lambert y (m)	Doel datering	Basis (m TAW)	Top (m TAW)	Gedateerd materiaal	¹⁴ C-ouderdom (BP)	Gekalibreerde ouderdom (2σ) cal BP
RICH-31568	Dudzele Koffieweg Noord	B1	69833,3	221737,3	basis veen	-0,45	-0,42	<i>Scirpus lacustris</i> (11 + 7 fragm.), <i>Urtica dioica</i> (1)	9383 ± 23	10692-10512
RICH-31569		B3	69843,2	221762,4	basis veen	0,37	0,41	Verkoelde schors	6037 ± 19	6948-6796
RICH-31570		B5	69880,8	221771,9	basis veen	1,04	1,08	<i>Menyanthes trifoliata</i> (10 + 7 fragm.), <i>Betula pen./pub.</i> (vrucht 2), <i>Eleocharis pal./uni.</i> (9), <i>Hydrocotyle vulgaris</i> (5), <i>Carex</i> sp. (1)	4507 ± 22	5298-5050
RICH-31571		B47	69859,1	221647,0	basis veen	0,93	0,97	<i>Spartanium</i> sp. (5), <i>Comarum palustre</i> (2), <i>Hydrocotyle vulgaris</i> (2), <i>Carex</i> sp. (4 + 14 fragm.), <i>Lycopus europaeus</i> (1)	4754 ± 22	5583-5334
RICH-31572	Zuid	B256	70448,8	220303,4	basis veen	-0,04	-0,01	<i>Taxus baccata</i> (1), <i>Corylus avellana</i> (4 fragm.)	4882 ± 27	5705-5583
RICH-31573		B309	70487,6	220138,8	basis veen	0,73	0,83	<i>Rubus fruticosus</i> (4 + 1 fragm.), <i>Urtica dioica</i> (4), <i>Stellaria media</i> (1)	4764 ± 18	5582-5471

Fig. 169. Resultaten van 14C-dateringen op materiaal uit de boringen bij de Koffieweg in Dudzele.

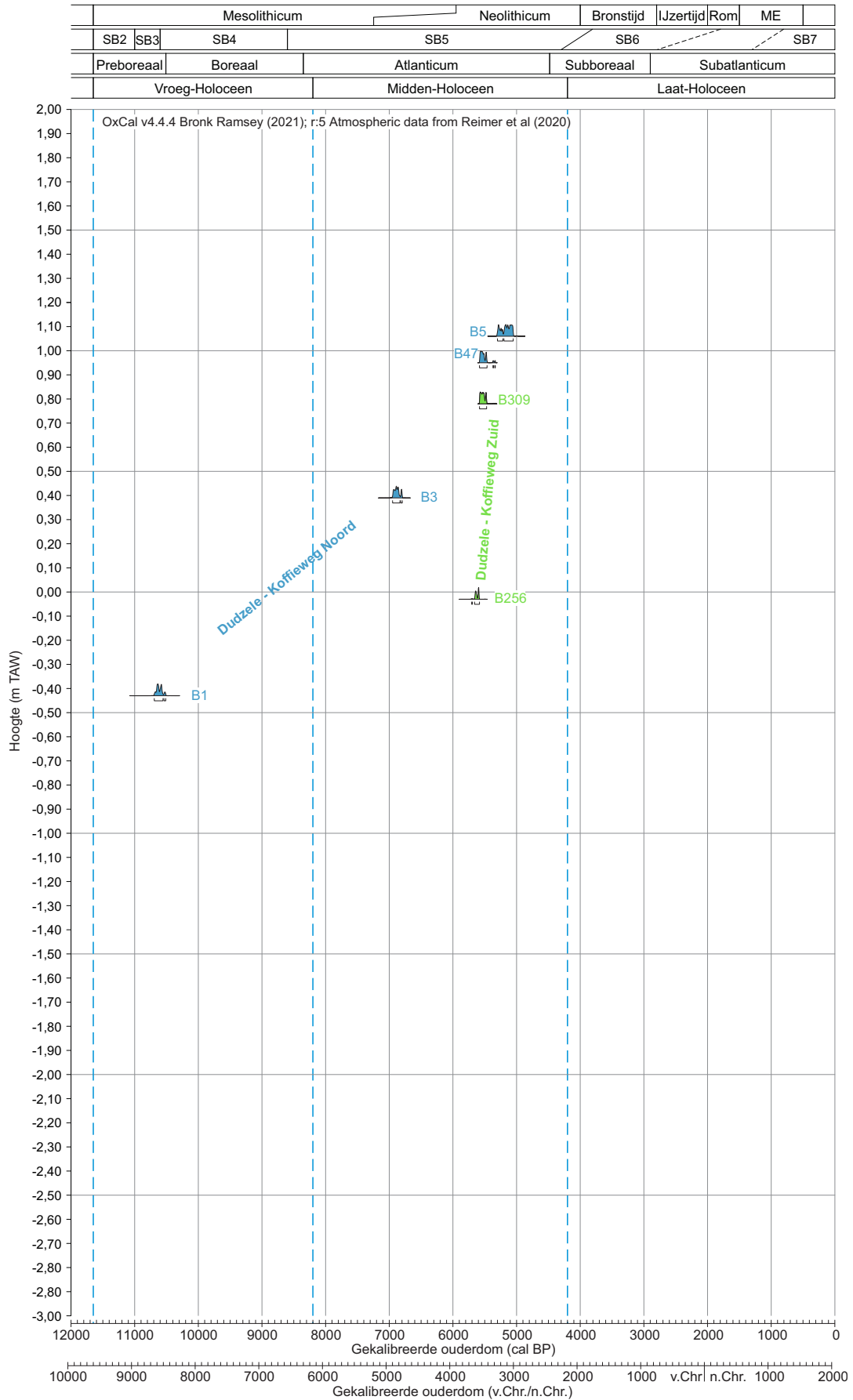


Fig. 170. Tijd-dieptediagram van de 14C-dateringen van de basis van het veen in vier boringen uit Koffieweg Noord (blauw) en twee boringen uit Koffieweg Zuid (groen)

3.12. Zagersweg, Koolkerke

3.12.1. Inleiding

Langs de Zagersweg in Koolkerke, op de plaats waar tijdens een proefsleuvenonderzoek een neolithische pijlpunt was gevonden, werd veen aangetroffen in de ondergrond. Een deel van deze veenlaag werd later door een getijdengeul geërodeerd. Het overgebleven veen werd bij de opgraving (Verhaeghe et al., 2022) in profiel bemonsterd en natuurwetenschappelijk onderzocht (Verbruggen, 2021).

3.12.2. Daterend onderzoek

OSL-datering in profiel 4 geeft een ouderdom van 10.800 ± 500 jaar geleden voor het zand onder de veenlaag en 1920 ± 90 jaar geleden voor het zand erboven (laag H11 en H7, NCL-7720101 en NCL-7720100; Wallinga and Versendaal, 2021). Dit betekent dat de veenvorming in elk geval gestopt was in de Romeinse periode.

14C-datering van houtskool uit de basis van de geul die het veen doorsnijdt (blauw in Figuur 1) geeft een ouderdom in de vroege- tot middenbronstijd. Toch mag dit niet geïnterpreteerd worden als een terminus ante quem voor het einde van de veengroei, aangezien de geul verspoeld veen bevat en het gedateerde houtskool dus mogelijk herwerkt is en eerder een datering van het veen zelf geeft (Verbruggen, 2021).

Relatieve datering op basis van de pollenspectra bevestigt dit: vanaf laag H10 wordt pollen van beuk (*Fagus sylvatica*) gevonden, wat voor deze laag een ouderdom van maximum ca. 4000 jaar betekent. In de top van laag H9 komt daar ook pollen van haagbeuk (*Carpinus betulus*) bij. Deze laatste boomsoort komt in de streek voor van af de ijzertijd (2800 cal BP). Het einde van de veengroei situeert zich hier dus tussen ca. 2800 en 2000 cal BP.

3.12.3. Sedimentologisch onderzoek

De 13 lagen uit profiel 4 werden aan verschillende sedimentologische analyses onderworpen. Voor de veenlaag (H9) leverde dit de volgende resultaten op (Verbruggen, 2021): Het veen bestaat voor ruim de helft (56,4%) uit organisch materiaal (LOI 550 °C) en kent hoge percentages organische koolstof (29,1%) en stikstof (1,3%). Het klastische residu bestaat voor ca. 50% uit klei en silt (<63µm) en voor de andere helft uit zeer fijn tot middelgrof zand (<500µm).

3.12.4. Palynologisch en macrobotanisch onderzoek

Vier stalen uit profiel 4 (laag H10, H9 en H8) werden palynologisch onderzocht (Verbruggen, 2021). In laag H9

werden drie stalen macrobotanisch geanalyseerd, maar aangezien het veen veraard is, leverde dit weinig op. Voor een gedetailleerde beschrijving van de resultaten verwijzen we naar het rapport. Hier geven we een beknopte samenvatting van de interpretatie.

Het staal uit laag H10 wijst op vernatting met een lokale vegetatie van els, wilg, cypergrassen en mogelijk ook zachte berk en (moeras)varen. Waterplanten en algen wijzen op plassen. Anderzijds kwamen ook bomen van droge grond op korte afstand voor. Vermoedelijk vormden ze relatief open bossen met varens en o.a. kardinaalsmuts in de ondergroei, op de donk ten westen van Koolkerke (Ten Berge) en de dekzandrug ten zuiden.

Het pollenspectrum uit het midden van de veenlaag (H9) toont een vergelijkbaar pollenspectrum. Op dit moment komt lokaal een veenvormend moerasbos voor met els, wilg, es, cypergrassen en varens, waaronder koningsvaren, maar ook moerasstruwelen met sporkehout (*Frangula alnus*), wilde kamperfoelie, wilg en gageel. Kransvederkruid en waterlelie getuigen van natte plassen.

In de top van laag H9 zien we een afname van elzen- en berkenbroekbos, ten voordele van wilgenbosjes en koningsvaren en cypergrassen op meer open plekken.

De afdekkende siltige kleilaag (H8) bevat een mengeling van getijdenindicatoren en elementen die wijzen op verzurend veen (koningsvaren, gageel, struikhei). Waarschijnlijk gaat het hier om verspoelde veenfragmenten.

Doorheen het hele onderzochte profiel werden sporadisch pollenkorrels van graan (*Cerealia*) genoteerd. Dit duidt op akkerbouw op hogere plekken in het landschap.

3.12.5. Micromorfologisch onderzoek

Micromorfologisch onderzoek van enkele stalen uit profiel 4 toont aan dat de overgang van pleistoceen zand naar veen en die van veen naar getijdenafzetting geleidelijk zijn (van Kappel, 2021). Dit wijst enerzijds op een graduele vernatting aan het begin van de veenvorming en anderzijds op een volledig profiel, zonder erosie van de top van het veen.

Verder bracht het micromorfologisch onderzoek enkele verspreide verkoolde plantenresten, maar ook twee brandlaagjes in het veen aan het licht (van Kappel, 2021). De verspreide resten zijn waarschijnlijk aangevoerd van elders, terwijl de brandlaagjes wijzen op brand op het veen zelf.

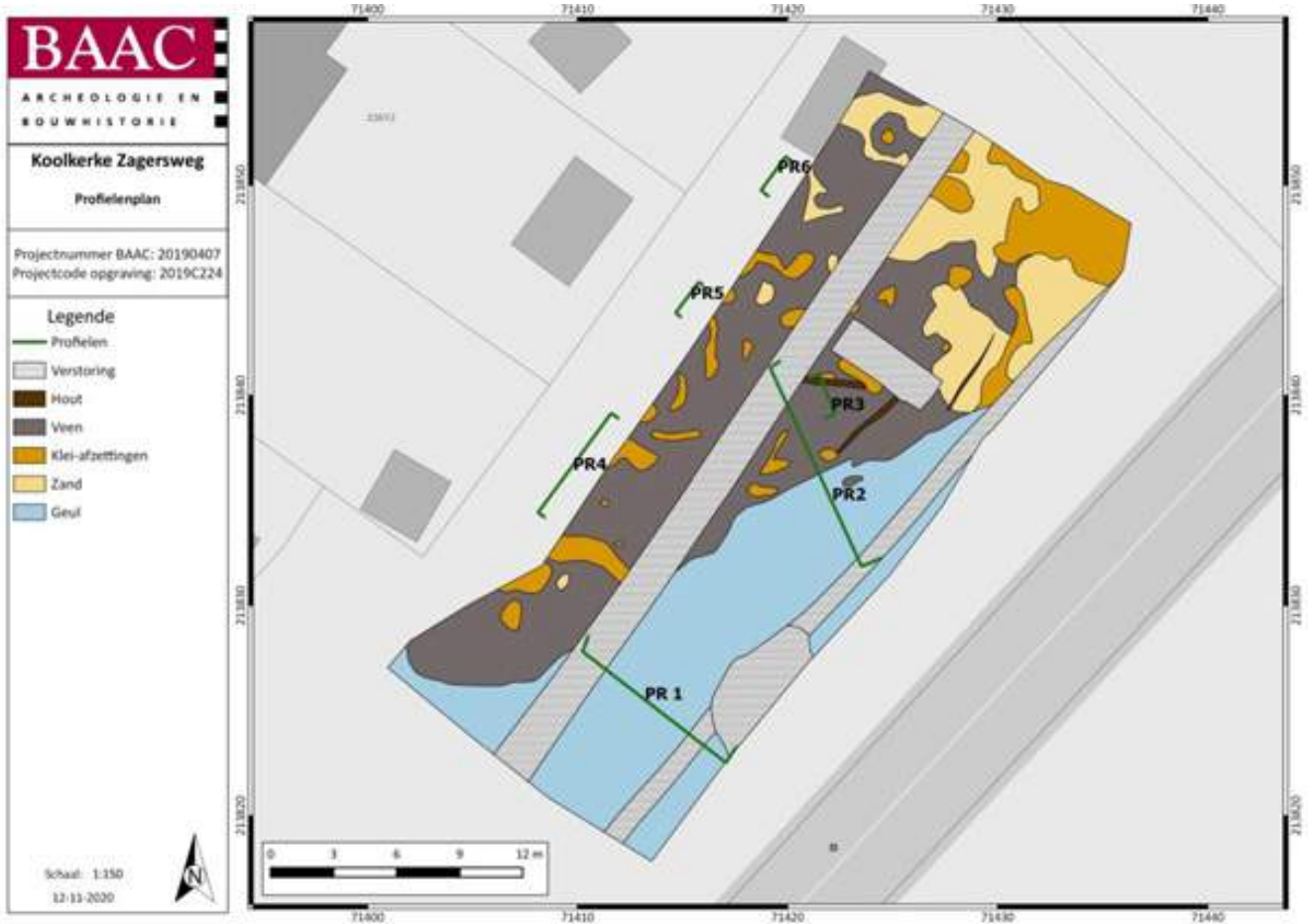


Fig. 171. Koolkerke-Zagersweg, allesporenkaart met de aanduiding van de profielen. De donkergrijze kleur geeft de aanwezigheid van veen weer (Verhaeghe et al., 2022)

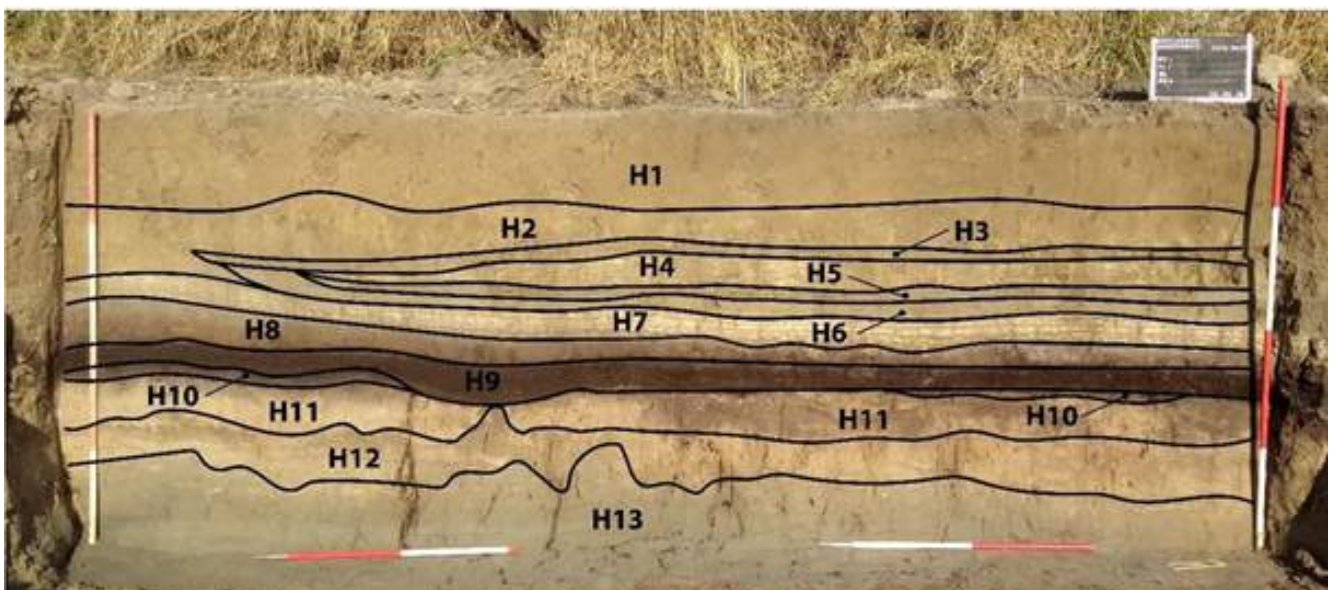


Fig. 172. PR4 met aanduiding van horizonten (Verhaeghe et al., 2022)

3.13. 't Zand, Brugge

In 2021, in de loop van dit syntheseproject, voerde Raakvlak een opgraving uit onder het Koning Albert I-park in Brugge. Hoewel het terrein buiten het studiegebied en in een landschappelijk totaal verschillende omgeving, is het project hier opgenomen als referentie voor de bestudeerde sites (Verwerft, 2022). Op een zuid gerichte flank van de zandrug troffen de archeologen een laatmiddeleeuws raamland aan. Bovenop het dekzand ligt in het grootste gedeelte van het projectgebied een laag goed bewaard veen. Enkel in het noordelijk uiteinde, waar de top van het dekzand het hoogst is, is geen veen aanwezig. De ruimtelijke aanwezigheid van de laag veen is direct gelinkt aan de hoogte van het dekzand: boven 360 cm TAW is geen veen vastgesteld. Ook op de aan de noordzijde grenzende terreinen is geen veenlaag herkend tijdens opgravingen tussen 1979 en 1999. Veengroei vond plaats in een depressie in het landschap. De landbouwfase voor de veengroei ligt op de grens van deze depressie.

Onderzoek van de veenlaag toont aan dat veengroei startte na circa 8600 cal BP en vóór circa 5000 cal BP. Een meer exacte datering op basis van 14C-datering op macroresten is niet mogelijk, aangezien geen geschikt materiaal bewaard is in de basis van het veen. Het pollen bij de start van de veengroei weerspiegelt een bosrijk landschap, waarbij het loofbos bestaat uit eik, linde, iep en den en een rijke ondergroei. Op het veen zelf bevond zich een voedselrijk elzenbroekbos met moerasvarens. Er zijn geen indicaties voor open water op dat moment.

Na een eerste periode van veenontwikkeling volgde vermoedelijk een periode met lagere grondwatertafel, waardoor het veen aan de top uitdroogde en oxideerde. Daardoor vertoont de sequentie een hiaat. Tijdens de Romeinse periode (1e of 2e eeuw na Christus) groeide het veen weer aan. In deze periode is het bosareaal kleiner dan voordien. De ontbossing gaat gepaard met het voorkomen van grasland, heide en naar het einde toe vermoedelijk ook graanackers. In het bos komt nu ook beuk voor. Lokaal evolueerde de moerasvegetatie naar een voedselarmere broekbos met wilg, taxus, wilde gagel, berk en mogelijk ook nog steeds els.

Sporen van veenontginning op het terrein ontbreken. Ook de TAW-hoogte van de top van het veen (370-380 cm TAW) is in het volledige projectgebied ongeveer gelijk. Het lijkt er dus sterk op dat het laatmiddeleeuws verbod op veenontginning hier strikt opgevolgd werd. Ondanks de goede bewaring levert het archeologisch onderzoek geen enkele archeologische vondst op uit de veenlaag. Aanwijzingen voor intensieve menselijke activiteit in het veenmoeras ontbreken.

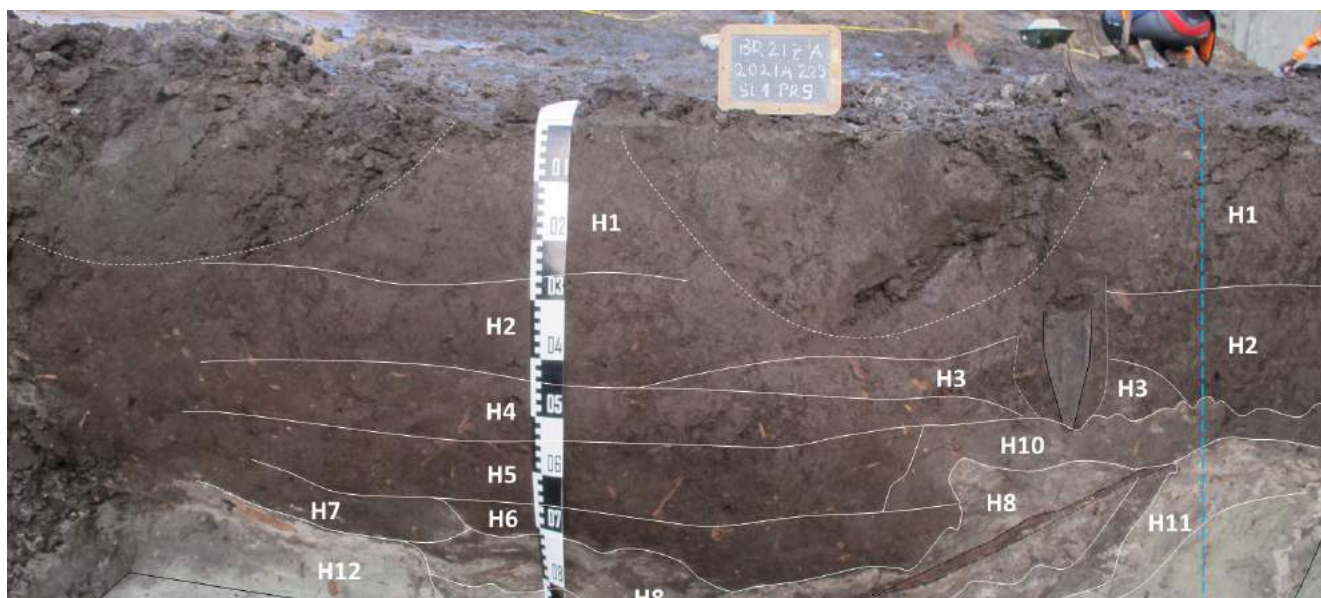


Fig. 173. Veenprofiel (PR5) op de opgraving 't Zand in Brugge (Verwerft, 2022)

4.

Samenvatting van de resultaten

4.1. Inleiding

In dit laatste deel volgt een synthese van de oude en nieuwe gegevens die tijdens dit onderzoeksproject zijn verzameld. Om een overzicht te verschaffen van deze gevarieerde gegevens, kozen we enerzijds voor een samenvattend tijd-dieptediagram en anderzijds voor een update van de landschapsreconstructiekaarten.

Alle beschikbare dateringen, verzameld in de 20e eeuw en tijdens het huidig syntheseonderzoek, zijn geplot in één tijd-dieptediagram. Daaruit blijkt dat de dateringen min of meer in drie clusters te vatten zijn (Figuur 1, cluster I-III). Deze clusters komen overeen met verschillende fasen van veenvorming in verschillende deelgebieden en onder invloed van verschillende processen, wat dan weer leidt tot verschillende veentypes.

In dit deel is het belangrijk de menselijke geschiedenis en mogelijke archeologische resten te koppelen aan de onderzoeksresultaten. Daarom hebben we ervoor gekozen de resultaten te integreren in de zogenaamde landschapsreconstructiekaarten, de kaarten die zijn geproduceerd voor het boek *het Raakvlak van Twee Landschappen* van Bieke Hillewaert en die gebruikt worden in het hoofdstuk *landschapsgenese (1.6)* van dit rapport.

Net zoals bij de originele kaarten is het ook hier belangrijk te benadrukken dat het om de schematische voorstelling van uiteenlopende landschappelijke en archeologische gegevens gaat. De kaarten geven de evolutie van de regio weer, maar zijn niet bruikbaar om de evolutie op perceelsniveau te schetsen. Het doel van de kaarten is de processen duidelijk maken die dit landschap vormgeven. Op dat vlak mogen ze niet beschouwd worden als een wetenschappelijk product, maar eerder als een communicatiemiddel. Zo worden bepaalde geologische fenomenen (zoals de cuesta) topografische afgebakend (op basis van het hoogtemodel).

De nieuwe kaarten wijken op verschillende punten af van de originelen. Op de nieuwe kaarten zijn de grenzen van de cuesta en de zandrug afgebakend op basis van het hoogtemodel, respectievelijk 8 m en 15 m TAW. De loop van de waterlopen is nu in detail geënt op beekvalleien (op

basis van huidige topografische kaarten en bodemkaarten). Deze waterlopen worden door het gebrek aan in-depth onderzoek integraal beschouwd als hypothetisch. Aan de voet van de zandrug en de cuesta worden verschillende meren verondersteld, waarvan de ligging vaak hypothetisch is. De locatie van die meren is aangepast aan de hertekende waterlopen.

Indirecte bewijzen voor meren in de kustvlakte zijn een nieuw gegeven. Deze meren zijn ontstaan in een duinlandschap, langs donken. Dit Pleistoceen microreliëf speelt een grote rol in de geschiedenis van het projectgebied en de oostelijke kuststreek in het algemeen. Vanaf de prehistorie vormen de donken, meer bepaald onder andere paraboolvormige duinen, een aantrekkelijke vestigingsplek voor de mens. Dit microreliëf is duidelijk af te bakenen op basis van landschappelijk booronderzoek. Dit zorgt ervoor dat deze zones prominent voorkomen in landschappelijke studies in het gebied. Het is in de basis van de meertjes tegen Pleistocene donken dat de vroegste veenvorming in het projectgebied is vastgesteld.

4.2. Fase 1: laat-paleolithicum tot 11700 cal BP

Op het einde van het paleolithicum of de oude steentijd is het landschap in het studiegebied onherkenbaar in vergelijking met het huidige landschap. Vóór het ontstaan van de Noordzee bestaat de huidige oostelijke kustvlakte uit een zacht golvend duinenlandschap. De vegetatie bestaat vooral uit grasland met kruiden zoals bijvoet of zonneroosje. Houtige vegetatie is schaars, met lage struiken zoals jeneverbes, (dwerg)berk, (dwerg)wilg en heideachtigen. Geen van de 14C-dateringen op veen gaat terug tot deze periode. Pollenonderzoek van sedimenten onder het veen toont wel aan dat er tijdens het laatglaciaal lokaal ondiepe meren voorkwamen in het studiegebied. Dergelijke meertjes zijn gekend in de zandstreek, waar ze het gevolg zijn van een mindere afwatering bijvoorbeeld door de dekzandrug Maldegem-Stekene. In het projectgebied lijken ze ontstaan in kommen in een duinenlandschap dat gevormd werd door de dominante noordwestenwind. De precieze omvang

van de meertjes en van het gebied met een uitgesproken Pleistoceen microreliëf is niet gekend, maar situeert zich in het zuiden van de achterhaven van Zeebrugge.

Dit microreliëf speelt een belangrijke rol in de oudste menselijke aanwezigheid in het projectgebied. Het is hier dat de oudste vondst uit het studiegebied gevonden is: een laat-paleolithische kling, opgegraven op een begraven paraboolduin langs de Zonnebloemweg.

4.3. Fase 2: mesolithicum tot 7500 cal BP

Rond 11.700 jaar geleden vindt een algemene en definitieve opwarming van het klimaat plaats. Op het dekzand komt een boreaal bos tot ontwikkeling. In het studiegebied gebeurde veengroei onder invloed van drie verschillende processen, die overeenkomen met drie clusters in het tijd-dieptediagram. De oudste 14C-dateringen op veen gaan terug tot het prille begin van het Holoceen (cluster I). De dateringen zijn vastgesteld op hoogtes tussen -0,30 en -2,2 m TAW in het gebied met een sterk Pleistoceen microreliëf. In deze zones zijn vanaf het laatglaciaal aanwijzingen herkend voor deze meertjes, die uiteindelijk evolueren tot veenmoerassen.

Op basis van de hoogte zijn de veenmoerassen daar waarschijnlijk ontstaan ten gevolge van kwelwater in depressies tussen duinen. Er groeiden mossen, zeggen, paardenstaarten, lisdoddes, maar ook berken en mogelijk dennen in het veen. Op de sites Koffieweg en Zonnebloemweg, in het zuiden van de Zeebrugse achterhaven start de veengroei aan het begin van het mesolithicum/Holoceen (tussen 11.500 en 10.500 cal BP).

Dit gevarieerde landschap, met veenmoerassen en hoger gelegen zandruggen, is aantrekkelijk voor jagers-verzamelaars. De mesolithische sites langs de Zonnebloemweg en de Arendstraat, met resten van tijdelijke kampementen, zijn daar een getuige van.

Door de zeespiegelstijging breidt de Noordzee ondertussen uit. Stilaan is sprake van een echte kuststreek. Ongeveer 9500 jaar geleden dringt de zee via getijdengeulen de toenmalige dekzandregio binnen. Door de stijgende zeespiegel, de verminderde afwatering en een hogere grondwatertafel ontstaat parallel aan de kust een langgerekte moerassige strook waar veengroei plaatsvindt. In deze fase start de veengroei niet onder invloed van kwelwater, maar onder invloed van de zeespiegelstijging. Doordat het studiegebied hoger ligt dan de westelijke kuststreek, start de afdekking van het Pleistoceen dekzandoppervlak met veen en getijdenafzettingen in de oostelijke kustvlakte later. De veenstrook bevindt zich in deze periode nog ten noorden van het studiegebied.

4.4. Fase 3: het neolithicum tot 5500 cal BP

Een tweede cluster van 14C-dateringen vertegenwoordigt een nieuwe fase van veenvorming die start in het lager gelegen noorden van het studiegebied. De basis van het veen wordt in deze zone gedateerd in het midden en het einde van het mesolithicum (tussen 7500 en 5000 cal BP, cluster II op het tijd-dieptediagram). Hier vormt het Pleistoceen dekzand een vlakker landschap. De veengroei start hier waarschijnlijk onder invloed van een stijgende zeespiegel en vormt een strook, min of meer parallel aan de kust. In de loop van het Midden-Holoceen evolueert een steeds groter deel van de kustvlakte (en het studiegebied) naar een kustveenmoeras, onder invloed van de zeespiegelstijging. Aanvankelijk bestaat de vegetatie in deze moerassen uit elzenbroekbos met zeggen en koningsvaren in de ondergroei. Na verloop van tijd wordt het broekbos opener en minder voedselrijk, waardoor onder andere wilg, taxus, Gelderse roos en sporkehout meer kans krijgen.

De enige archeologische vondst uit het neolithicum is een pijlpunt langs de Zagersweg in Koolkerke (115). Aanvankelijk werd verondersteld dat de pijlpunt was achtergelaten in een veenmoeras, maar een opgraving vond geen aanwijzing dat daar op dat moment een veenmoeras aanwezig was.

4.5. Fase 4: de bronstijd 5500 tot 2800 cal BP

Onder invloed van de stijgende zeespiegel vernatten in de loop van het Midden-Holoceen steeds hogere zones, waardoor de zuidelijke grens van het veengebied steeds meer opschuift richting dekzandrug. Vanaf het 6e millennium BP bereikt het veen ook plaatsen waar de top van het Pleistoceen oppervlak boven 0,5 m TAW ligt. Dit is het geval in de overgangszone naar de zandstreek in het zuiden van het studiegebied. Maar ook kleinere schaal, op de hellingen van laat-Pleistocene duinen in de streek met sterk microreliëf rond Dudzele (Figuur 174, cluster III) vindt veengroei op deze hoogte plaats.

Waar voordien al veen bestond, zien we dat de broekbossen in deze periode voedselarmer worden, waardoor berken gaan domineren. Na verloop van tijd groeit het veen boven de grondwatertafel verder en start hoogveenvorming, met een typische vegetatie van voedselarme moerassen, met heide en veenmosses. In hogere zones, waar de vernatting pas rond of na 5500 cal BP start, wordt een korte fase van broekveen al snel gevolgd door hoogveen. De overgang van laag- naar hoogveen is in het samenvattend tijd-dieptediagram (Figuur 174) aangeduid met een pijl. In het meer zeewaartse deel van het studiegebied bevindt die overgang zich op -0,90 m TAW, terwijl die zich meer naar het zuiden toe op 1,2 m TAW bevindt. Dit verschil kan minstens deels verklaard worden door compactie van het onderliggende veenpakket.

Tegen het einde van deze periode (2800 cal BP) bestaat de volledige kustvlakte tot aan de dekzandrug uit een veenlandschap. Enkel de hoogste pleistocene dekzandgronden en duintoppen blijven boven het veenpakket uitsteken.

De archeologische gegevens duiden verschillende grafheuvels uit de bronstijd aan, herkend op luchtfoto's. Sporen of vondsten uit de bronstijd ontbreken volledig in het studiegebied. Gekoppeld aan de stratigrafische positie, onder mariene sedimenten, lijkt het weinig waarschijnlijk dat hier effectief grafheuvels zijn waargenomen, maar gaat het eerder om waarnemingen van verdwenen, circulaire, middeleeuwse structuren, zoals mottekastelen.

4.6. Fase 5: de ijzertijd (2800 tot 2000 cal BP)

In de loop van de ijzertijd stopt de veengroei in het studiegebied en start een nieuwe erosiefase. Het exacte moment waarop de veengroei stopt is moeilijk te bepalen: de top van het veen is zelden intact. Binnen dit syntheseonderzoek is de jongste datering van het veen tussen 3000 en 2500 cal BP, wat overeenkomt met dateringen buiten het studiegebied. In deze periode start ook een nieuwe fase, waarbij het getijdenstelsel zich landinwaarts uitbreidt. Uiteindelijk beïnvloedt het netwerk van geulen en krekten nagenoeg het hele kustveenmoeras. Hierdoor wordt het veen enerzijds geërodeerd waar het doorsneden wordt door getijdengeulen, maar anderzijds ook bedekt door sedimenten die afgezet zijn in een slikken- en schorrenomgeving. Voor het eerst duikt een nieuwe factor op in dit samenspel: de invloed van de mens.

De factor de mens wordt duidelijk gemaakt door een sleutelsite in de oostelijke kustvlakte: Fort Lapin ten noorden van Brugge. Op die locatie was in de ijzertijd een zoutproductiesite ingericht. De invloed van de mens valt echter niet af te lezen op basis van het corpus aan archeologische gegevens: behalve deze negentiende-eeuwse vondst zijn geen sporen of vondsten uit de ijzertijd gekend in het studiegebied.

4.7. Fase 6: de Romeinse periode (50 voor tot 476 na Christus)

In het begin van de Romeinse periode, zo'n 2000 jaar geleden, is het grootste deel van de kustvlakte en dit studiegebied geëvolueerd tot een getijdenlandschap. Het veen en de laatste duintoppen zijn deels aan het zicht onttrokken door slikke- en schorreafzettingen. In de oostelijke kustpolders blijven dekzandruggen (duinen) als kleine eilandjes boven de slikken en schorren uitsteken. Enkel op locaties die buiten de kustvormingsprocessen liggen, zoals ten zuiden van 't Zand in het centrum van Brugge, zijn aanwijzingen voor veengroei in deze periode waargenomen.

Vanaf nu speelt de mens een grote rol in de landschapsvorming in het studiegebied. Door grootschalige infrastructuurwerken (zoals dijken) of kleine ingrepen (zoals terpen) wordt de invloed van de mens zo groot, dat deze factor moet opgenomen worden in de landschappelijke geschiedenis.

De invloed van de mens blijkt vanaf nu ook duidelijk uit het hoge aantal Romeinse sites in het studiegebied. De interesse vanuit academische hoek (doctoraatsonderzoek aan de UGent) en vanuit het archeologisch werkveld (de archeologische dienst van Brugge, later Raakvlak en het IAP, later AOE), heeft via werfcontroles, veldprospecties, noodonderzoek en doctoraatsstudies geleid tot een rijkdom aan gegevens. Dit gaat van aardewerkvondsten tijdens prospecties tot opgegraven nederzettingen en ambachtelijke sites. De aanwijzingen voor zoutproductie verspreiden zich nu over heel het studiegebied. Waarbij vooral de locaties op en nabij de hoger gelegen, droge dekzandruggen aantrekkelijk zijn. Deze periode levert ook voor het eerst bewijs op van permanente bewoning. Hiervoor worden hogere plaatsen uitgekozen, zoals de dekzandruggen. En als die afwezig zijn, worden ze gecreëerd door het opwerpen van kunstmatige woonplatformen. Vanaf dan ontstaat ook een directe relatie tussen de mens en veen: de grondstof – die zich op dat moment nog relatief dicht tegen of aan de oppervlakte bevindt - wordt ontgonnen en gebruikt als brandstof, maar ook als bouwelement. Dat laatste is enkel vastgesteld op het strand van De Haan, buiten het huidige studiegebied.

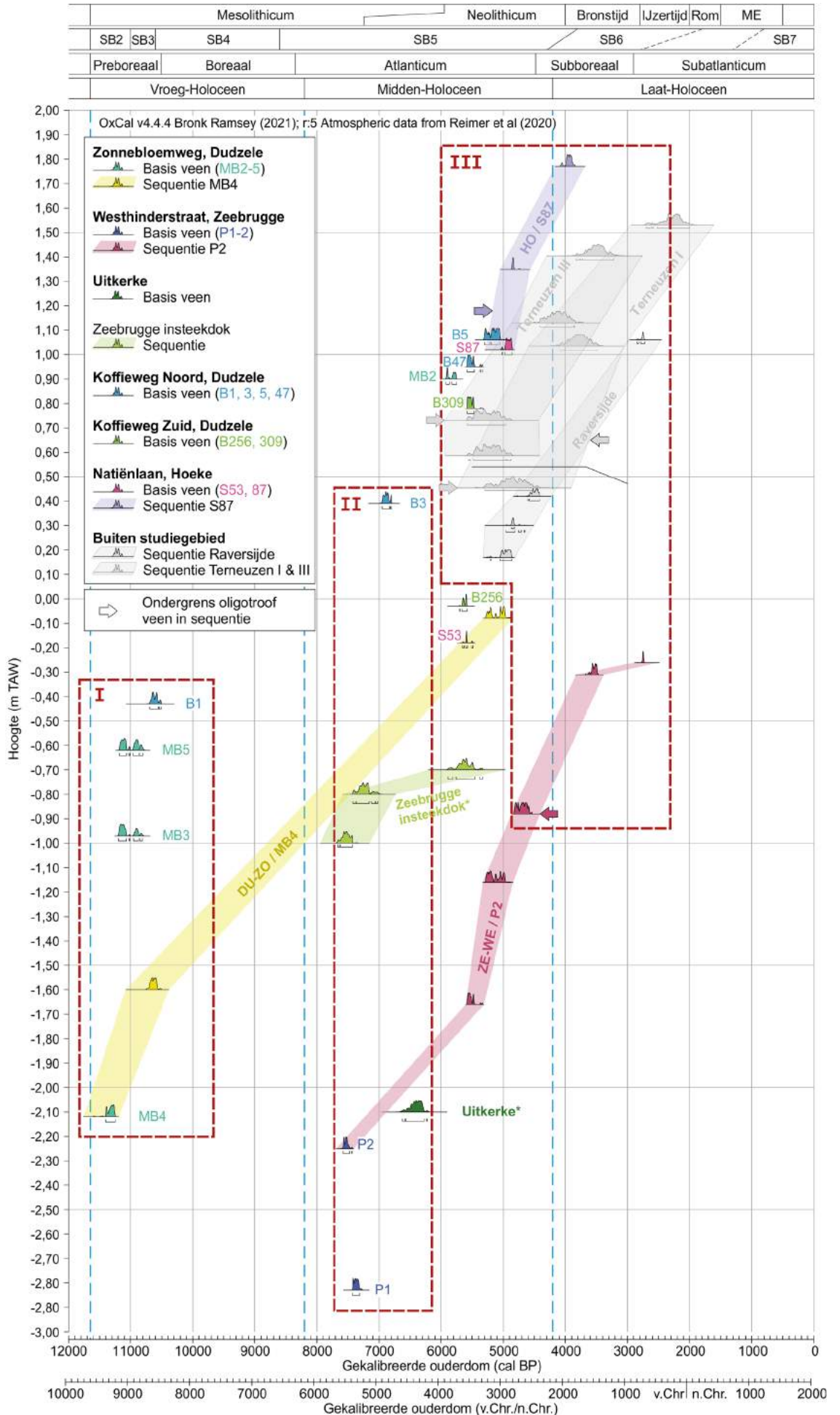
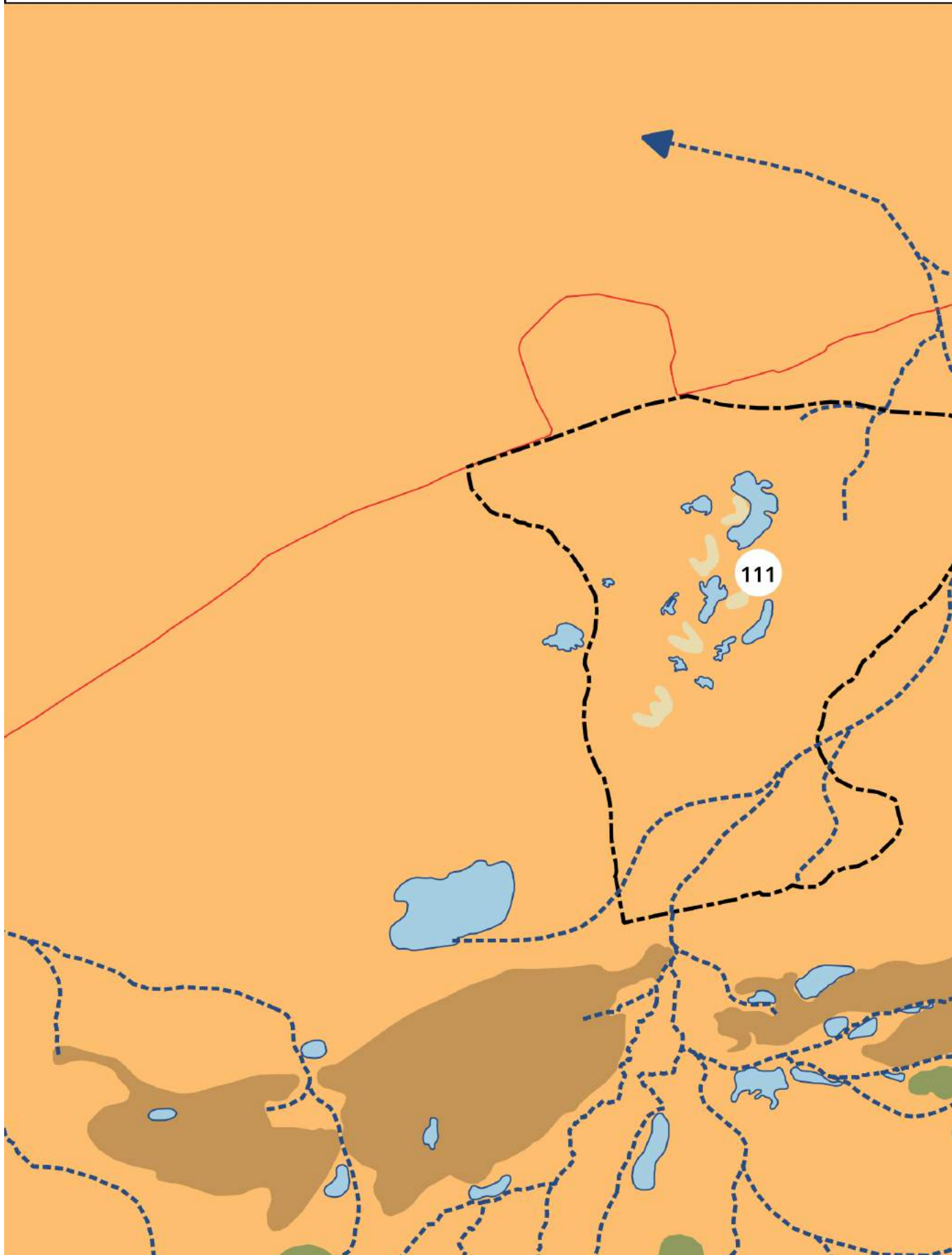


Fig. 174. Tijd-
dieptediagram

Veen als venster op het verleden: schematische recon



Constructie van het laat-paleolithicum (tot 11700 cal BP)

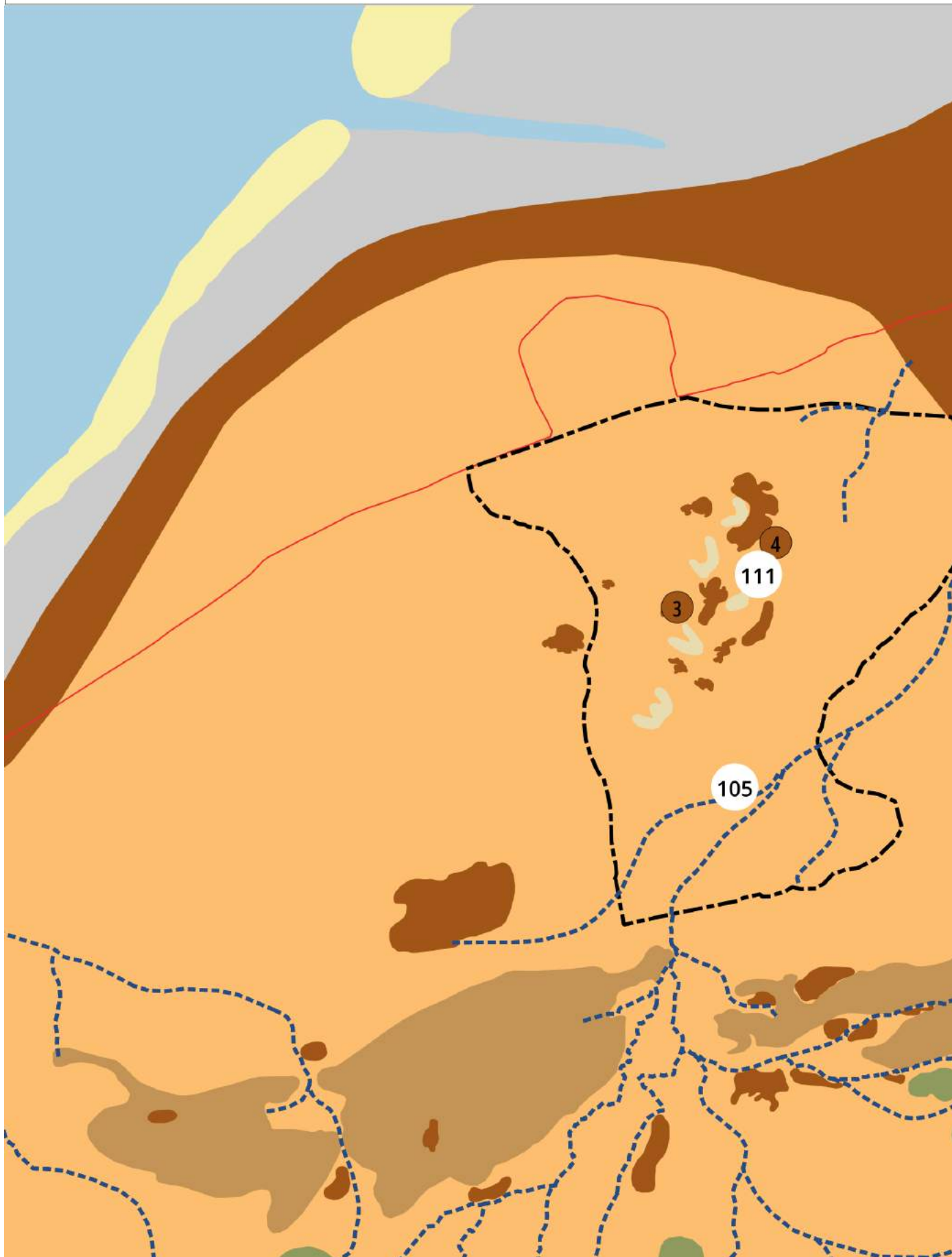


-  studiegebied
-  huidige kustlijn
-  waterlopen
-  zandstreek
-  zandrug
-  cuesta
-  meren

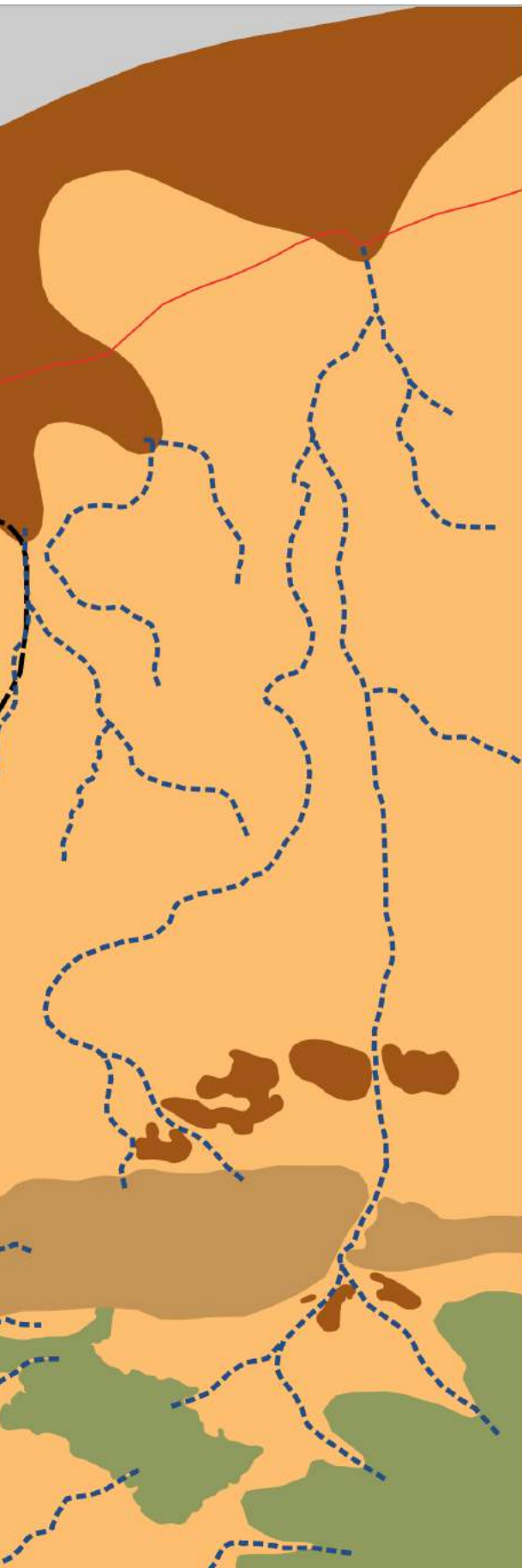
Paleolithische sites:
111: Zonnebloemweg, Brugge



Veen als venster op het verleden: schematische reconstructie



Constructie van het mesolithicum 11700 tot 7500 cal BP



-  studiegebied
-  huidige kustlijn
-  waterlopen
-  zee en getijdengeulen
-  kustduinen
-  schorre
-  veenmoeras
-  zandstreek
-  zandrug
-  cuesta

14C-dateringen tot 7000 calBP

3: KW-N

4: ZON-MB3 tot ZON-MB5

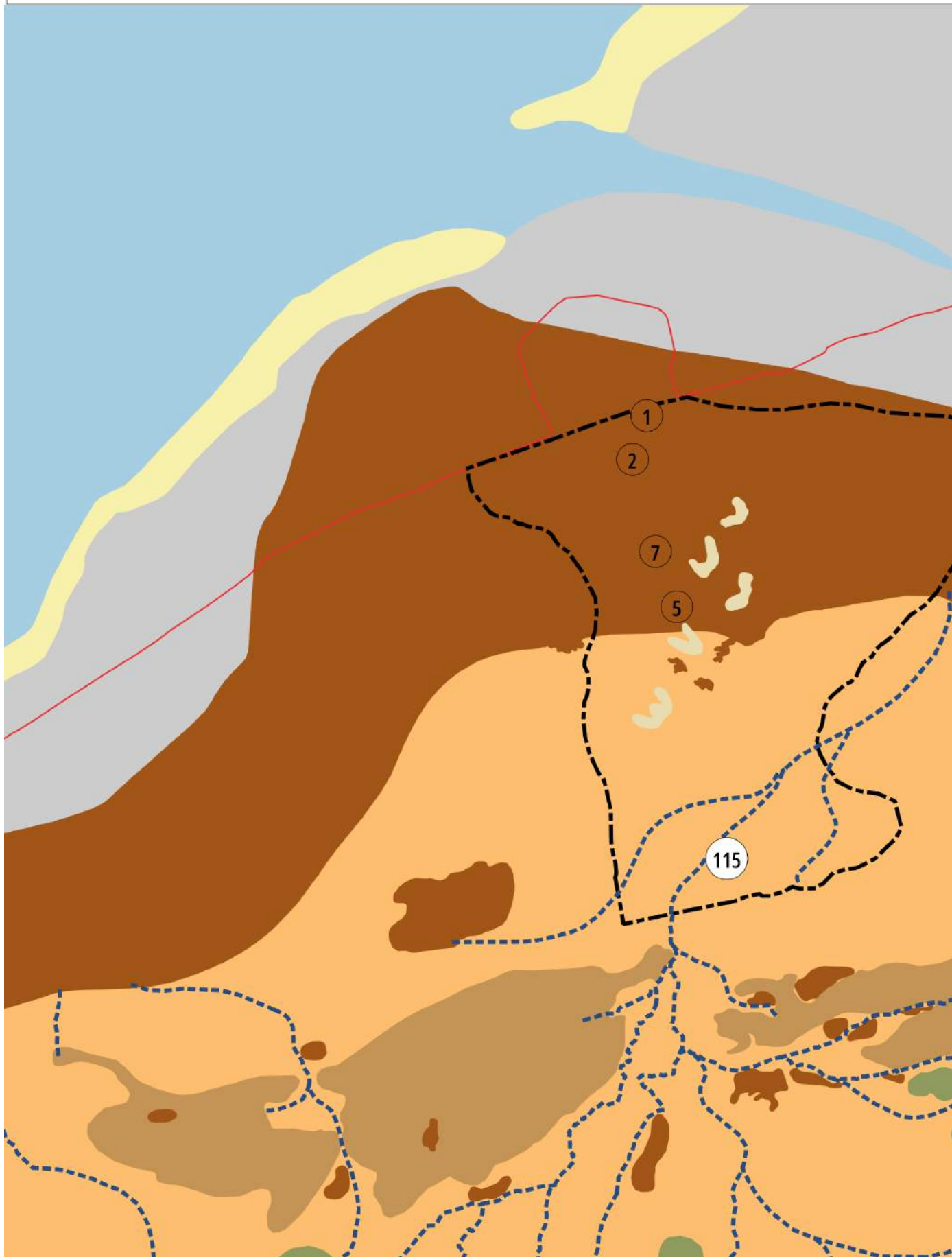
Mesolitische sites:

105: Arendstraat, Koolkerke

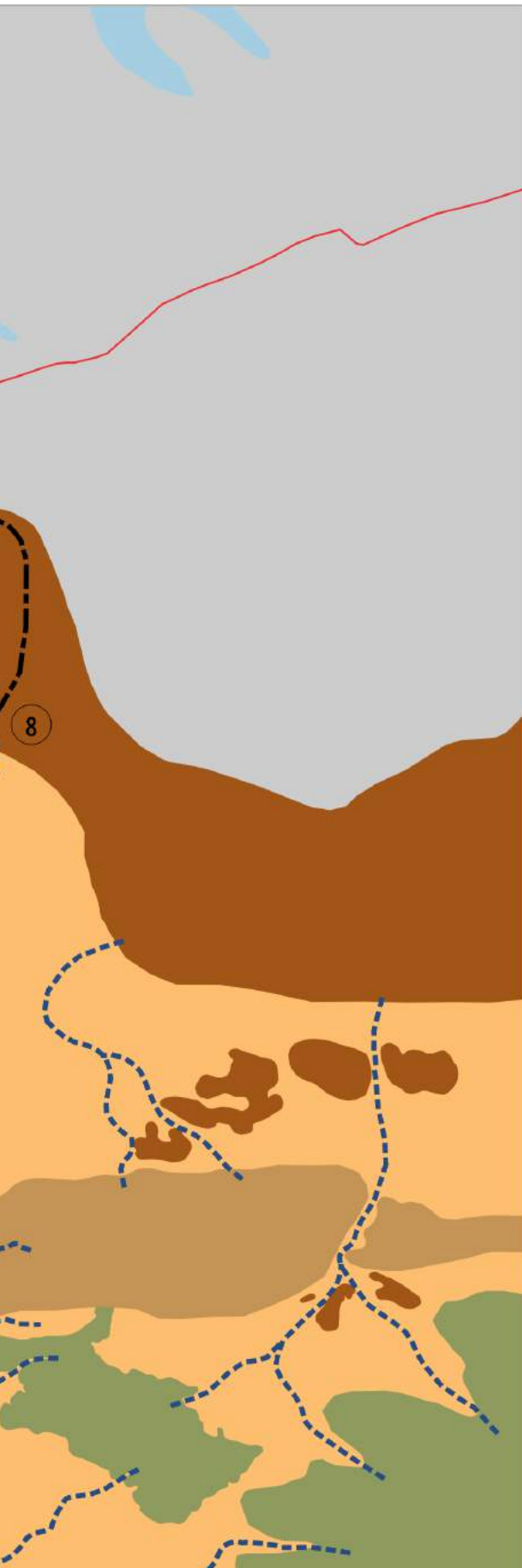
111: Zonnebloemweg, Dudzele



Veen als venster op het verleden: schematische re



Reconstrucutie van het neolithicum 7500 - 5500 cal BP



-  studiegebied
-  huidige kustlijn
-  waterlopen
-  zee en getijdengeulen
-  kustduinen
-  schorre
-  veenmoeras
-  donken
-  zandstreek
-  zandrug
-  cuesta

14C-dateringen tot 5500 calBP

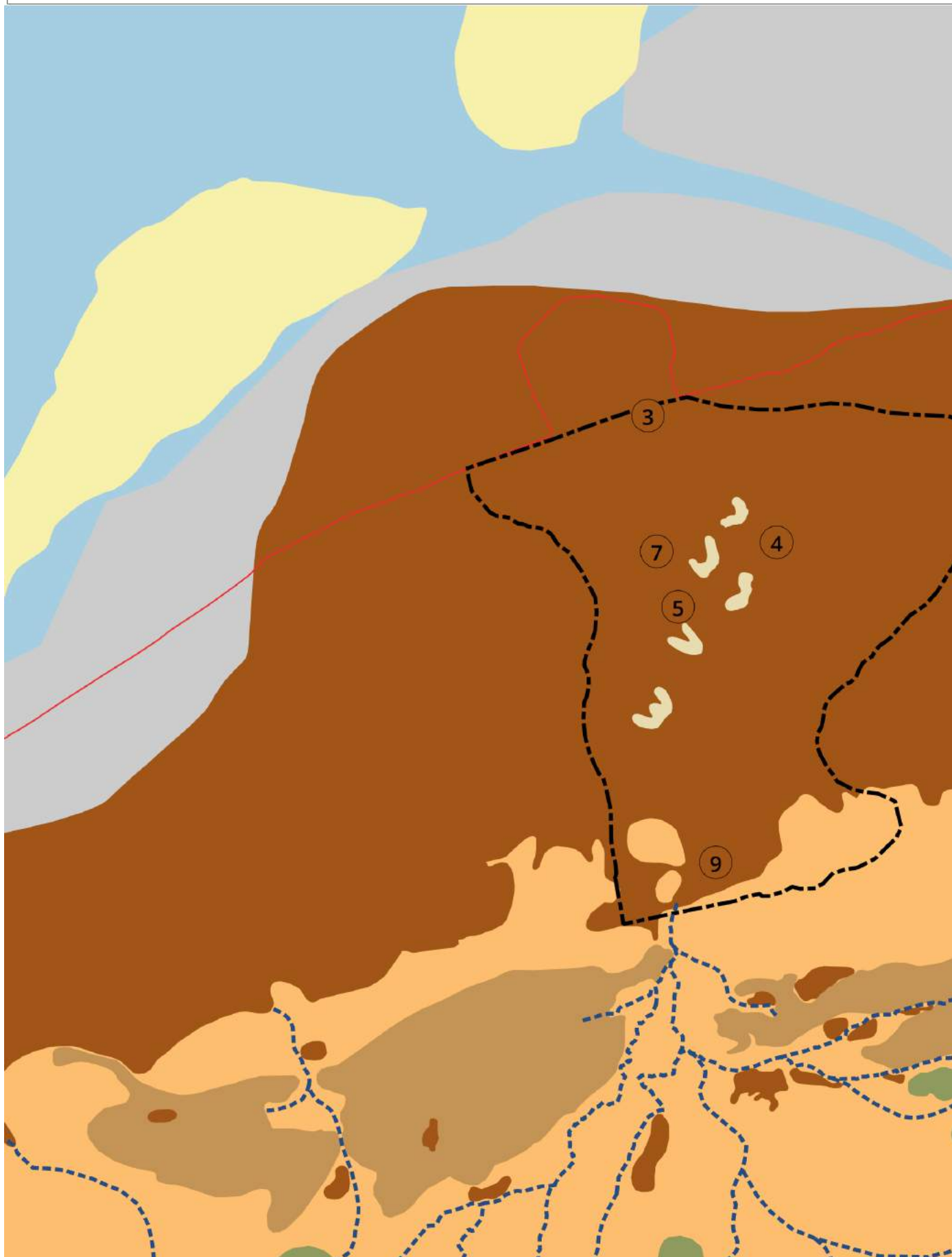
- 1: ZEEB-MB1 en ZEEB-MB2
- 2: Zeebrugge insteekdok
- 5: KW-Z256
- 7: KW-N3
- 8: Hoeke 53

Neolitische sites:

- 115: Zagersweg, Koolkerke



Veen als venster op het verleden: schematische



reconstructie van de bronstijd 5500 - 2800 cal BP



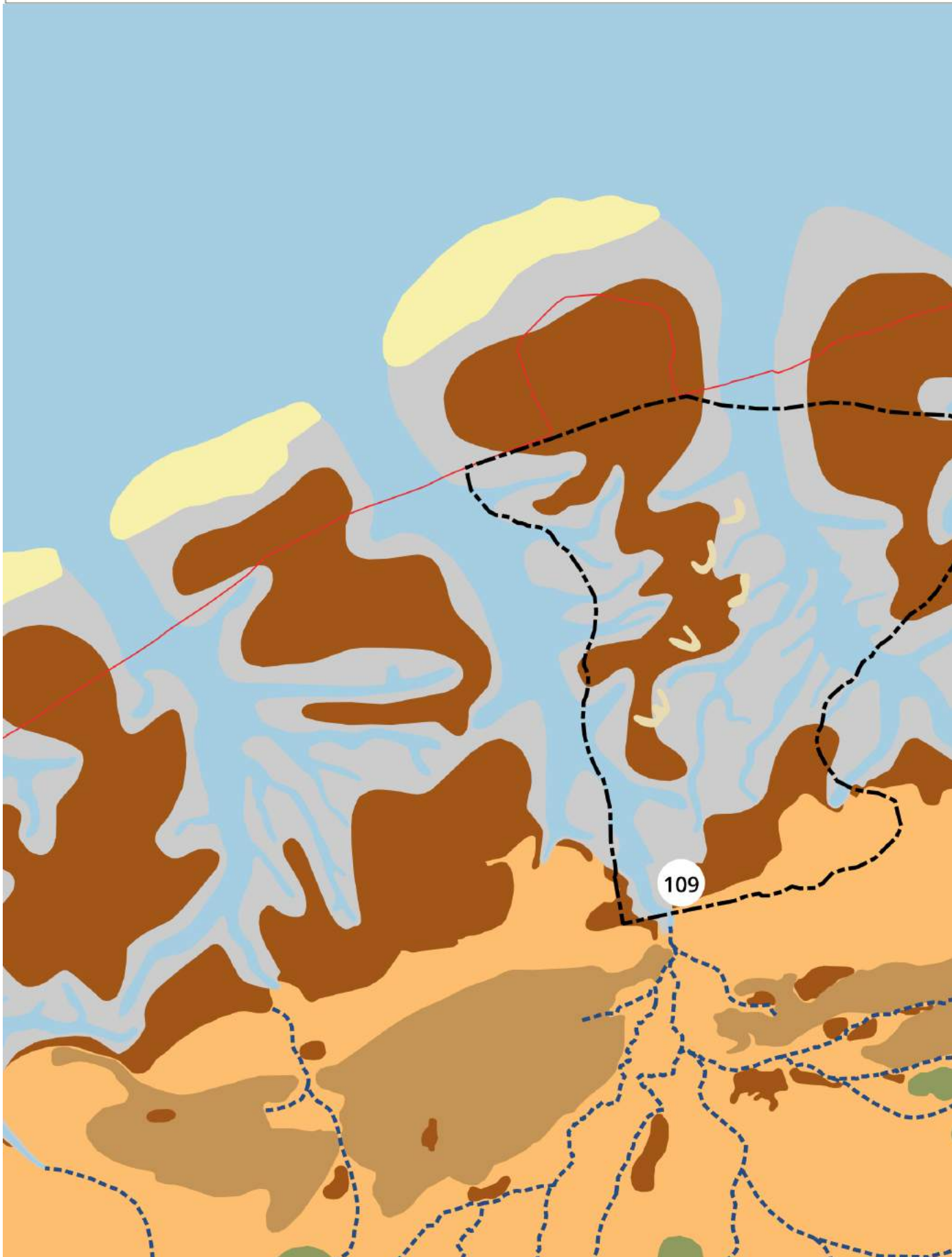
-  studiegebied
-  huidige kustlijn
-  waterlopen
-  zee en getijdengeulen
-  kustduinen
-  schorre
-  veenmoeras
-  donken
-  zandstreek
-  zandrug
-  cuesta

14C-dateringen 5500 tot 2800 cal BP

- 3: ZEEB-MB2
- 4: ZON-MB2 en ZON-MB4
- 5: KW-Z309
- 7: KW-N5 en KW-N47
- 8: Hoeke87
- 9: Zagersweg, Koolkerke



Veen als venster op het verleden: schematische



reconstructie van de ijzertijd 2800 - 2000 cal BP



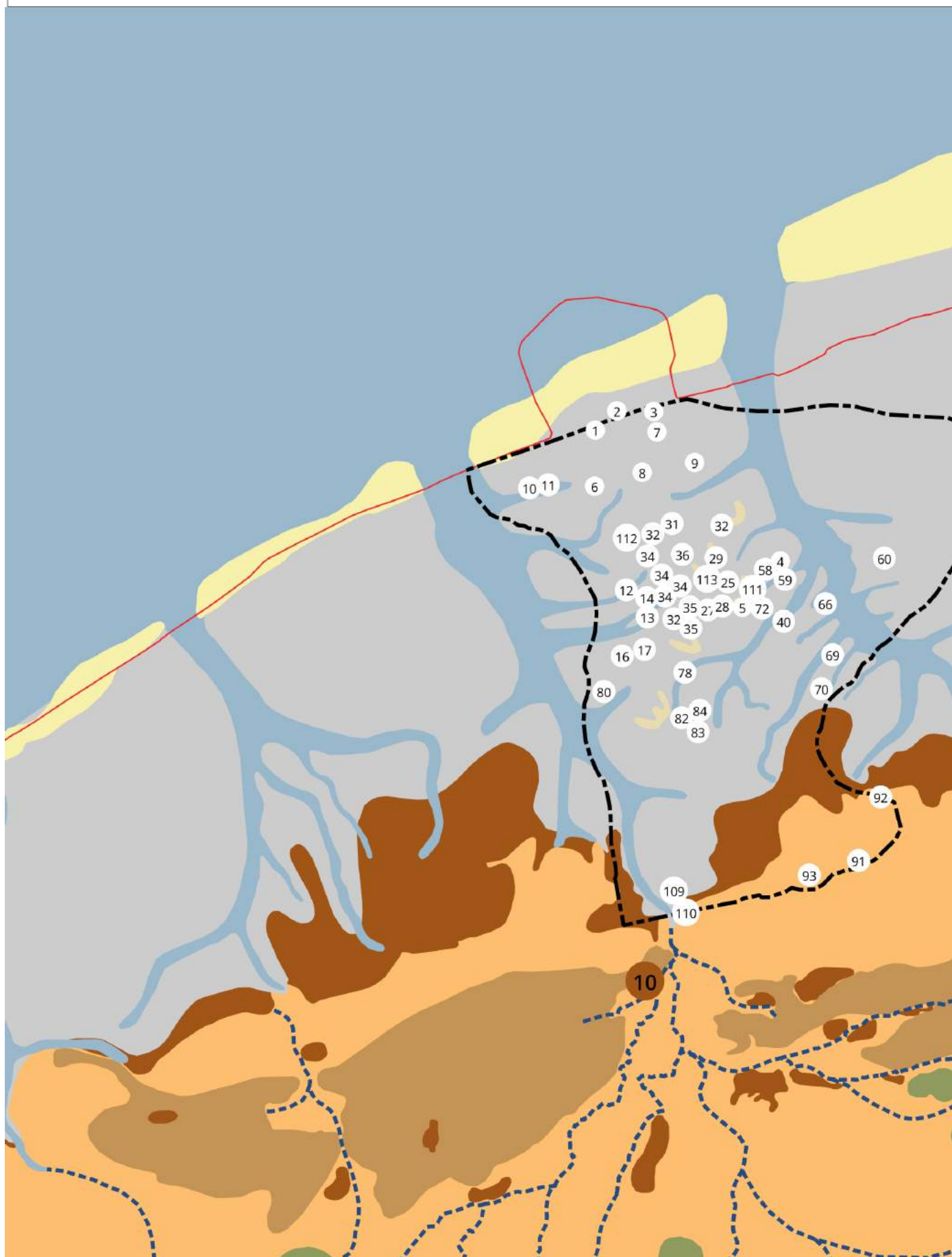
-  studiegebied
-  huidige kustlijn
-  waterlopen
-  zee en getijdengeulen
-  kustduinen
-  schorre
-  veenmoeras
-  donken
-  zandstreek
-  zandrug
-  cuesta

Ijzertijd sites:

109: Fort Lapin, Brugge



Veen als venster op het verleden: schemati



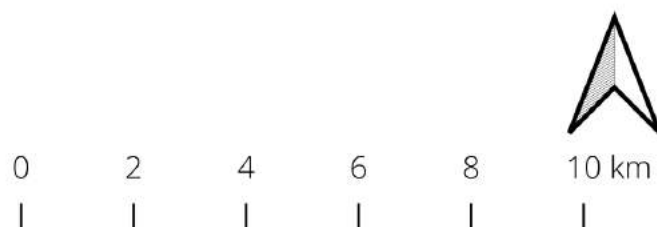
archaeologische reconstructie van de Romeinse periode



-  studiegebied
-  Romeinse sites
-  huidige kustlijn
-  wegen
-  waterlopen
-  zee en getijdengeulen
-  kustduinen
-  schorre
-  donken
-  veen
-  zandstreek
-  zandrug
-  cuesta

14c-dateringen Romeinse periode

10: 't Zand, Brugge



4.8. Aanbevelingen

Tijdens dit onderzoek werd snel duidelijk dat de opzet, met name een synthese maken op basis van beschikbare stalen en onderzoeksresultaten, te optimistisch was: veen heeft tot nu toe minder aandacht gekregen dan gedacht. Ondanks de grote hoeveelheid archeologische gegevens in dit studiegebied, leverde dit weinig informatie op over de aan- of afwezigheid van veen en zeer weinig gegevens over de ruimtelijke en chronologische verspreiding van veen. Het aantal bewaarde veenstalen is op zijn zachtst gezegd pover: tijdens archeologisch onderzoek, in het bijzonder door Raakvlak, werden weinig stalen genomen van veenlagen en na afwerking van het rapport werden de eventueel verzamelde stalen niet bewaard.

Dat gebrek aan aandacht voor veen kan gekoppeld worden aan de realiteit in de ondergrond: de oorspronkelijk uitgestrekte veenlaag is slechts fragmentair bewaard. Die versnippering is het gevolg van natuurlijke processen, het dynamisch getijdenmilieu en menselijk ingrijpen, meer bepaaldde intensieve veenontginning vanaf de Romeinse periode. Dit betekent dat de data omtrent veen vaak moeilijk te interpreteren zijn tijdens geïsoleerd onderzoek en een synthese een grote meerwaarde biedt. Deze oefening, een synthese van ruimtelijke, stratigrafische en natuurwetenschappelijke gegevens, wordt idealiter herhaald als de dataset groeit en beter verspreid is over het studiegebied.

Het Onroerendergoeddepot de Pakhuizen, dat archeologische collecties in Brugge en Ommeland opneemt en bewaart, is de aangewezen locatie om veenstalen en onderzoeksgegevens verzameld in het studiegebied te deponeren. Op die manier groeit de geodatabase opgezet tijdens dit project. Zo zullen in de toekomst de onderzoeksvragen rond bijvoorbeeld de ruimtelijke verspreiding beter kunnen beantwoord worden dan nu het geval was. Voor een correcte registratie op het terrein worden de richtlijnen in de Bodemhandleiding (Mikkelsen et al, 2023) gevolgd.

Tot slot willen wij ook enkele aanbevelingen geven aan archeologen die veen aantreffen in de kuststreek. Deze aanbevelingen gelden evenzeer voor onszelf. De eerste stap is steeds registreer. Gebruik hiervoor de nieuwe Veldhandleiding Bodemkunde, die in de loop van 2023 verschijnt. Belangrijk is om bij een profielbeschrijving, zowel van boringen als van bodemprofielen in proefsleuven of opgravingen, niet alleen de diepte van de basis en de top van het veen te noteren, maar indien mogelijk ook een eenvoudige beschrijving van het veen zelf op te schrijven. Omschrijf het veen zoals je het ziet op terrein, direct na het opkuisen of openleggen van het profiel. Die terreinbeschrijving is zeer belangrijk, want na contact met zuurstof verandert het uitzicht. Bijzondere aandacht gaat naar de omzetting van het veen: zijn plantenresten nog

duidelijk herkenbaar. Het kan gaan van sterk veraard veen tot goed bewaard veen en alles daartussen. In het geval van goed bewaard veen kan een onderscheid gemaakt worden tussen houtveen (met bewaarde fragmenten hout) en eerder vezelig veen. Het goed bewaard, eerder vezelig veen kan eventueel nog preciezer omschreven worden als heideveen, veenmosveen, wollegrasveen of klein-zeggeveen. De foto's (Fig. 175) kunnen als leidraad gebruikt worden. Bemonster veen, ook tijdens vooronderzoek of wanneer niet direct middelen voorzien zijn voor natuurwetenschappelijk onderzoek op veen. Verzamel indien mogelijk dubbele monsters, zodat ook na onderzoek stalen gekoeld bewaard kunnen blijven. Verzamel monsters in zogenaamde pollenbakken, met nauwkeurige aanduiding van de op het terrein zichtbare grenzen. Combineer dit eventueel met bulkmonsters. Zorg ervoor dat veenstalen en de daaraan gekoppelde data na afronding van het archeologisch onderzoek gedeponeerd en gekoeld bewaard worden in een Onroerendergoeddepot.

4.9. Dankwoord

Dit project kwam tot stand via de financiële steun van de Vlaamse Overheid, maar de hulp van collega-archeologen en wetenschappers tilden dit project naar een hoger niveau. Het onderzoek kon steunen op de verzamelde wijsheid van het wetenschappelijk comité, bestaande uit: Carole Ampe, Cécile Baeteman, Katrien Oorts, Marnix Pieters, Koen Deforce, Philippe Crombé, Wim De Clercq en Alexander Vanbraeckel. Daarnaast boden de volgende instellingen en bedrijven hulp aan, door gegevens te delen en ons op de hoogte te brengen van archeologisch onderzoek in het studiegebied: Agentschap Onroerend Erfgoed, INBO, Raap, BAAC, Group Monument, VLM, Ugent, Provincie West-Vlaanderen, MBZ, Stad Brugge, Stad Damme, Gemeente Knokke-Heist en DOV.

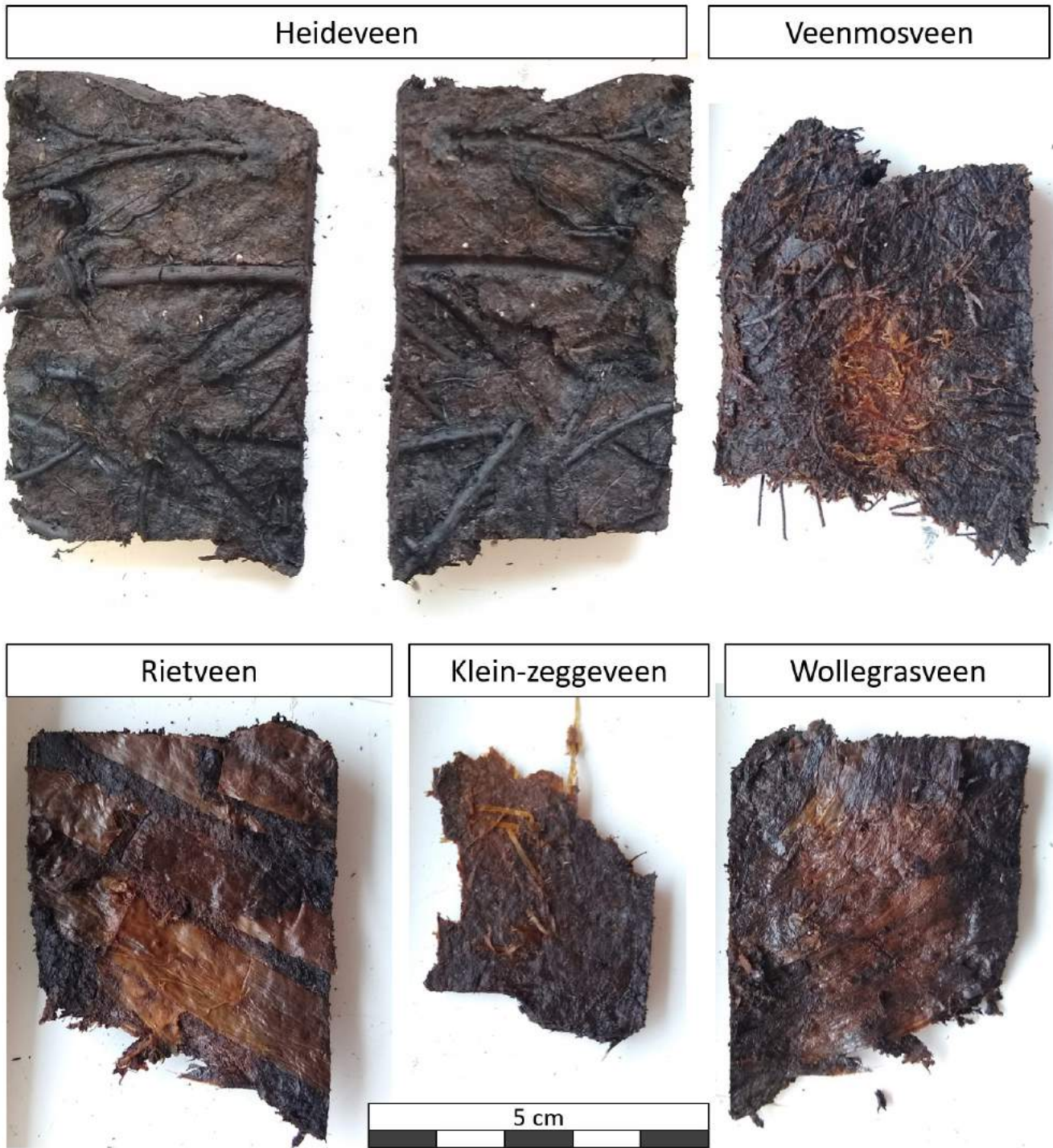


Fig. 175. Voorbeelden van types goed bewaard veen

5.

Allemeersch L (1984) Het veen in het oostelijk kustgebied: genese, verbreiding en samenstelling. Katholieke Universiteit Leuven (KUL)

Allemeersch L (1991) Peat in the Belgian eastern coastal plain. Wetlands in Flanders - Contributions to the paleohydrology of the temperate zone in the last 15000 years Aardkundige mededelingen 6:1-54

Allemeersch L (1986) Hochmoortorfe im östlichen Küstengebiet Belgiens. Courier Forschungsinstitut Senckenberg 86:397-407

Allemeersch L (1977) Landschapsgenese in de polders tussen Zeebrugge en Dudzele. KU Leuven

Allemeersch L (2010) Archeologische en paleo-ecologische evaluatie van de vallei van de zwarte beek: Beringen (provincie Limburg), INBO, Brussel

Aluwé K, Laloo P, Vergauwe R, Verhegge J (2021) Zeebrugge Koffieweg. Archeologienota 2020K111, Aalter

Ameryckx JB (1959) De ontstaansgeschiedenis van de zeepolders. Biekorf 60(11):1-26

Baeteman C (1981) De holocene ontwikkeling van de westelijke kustvlakte (België). Doctoral thesis (unpublished), Vrije Universiteit Brussel, Brussel

Baeteman C (1999) The Holocene depositional history of the IJzer palaeovalley (Western Belgian coastal plain) with reference to the factors controlling the formation of intercalated peat beds. *Geologica Belgica* 2:1-2:39-72

Baeteman C (2007) De laat holocene evolutie van de Belgische kustvlakte: Sedimentatie-processen versus zeespiegelschommelingen en Duinkerke transgressies. In: De Kraker AMJ & Borger GJ (eds) *Veen-Vis-Zout Landschappelijke dynamiek in de zuidwestelijke delta van de Lage Landen*. Amsterdam, pp 1-18

Baeteman C (2009) De Lage Landen aan zee in het eerste millennium. De geologische aspecten. In: Maas A & Jochems J (eds) *Zee, wind, veen en land, kustvorming in de lage landen*. Breda, pp 17-31

Baeteman C (2011) Ontstaan en evolutie van de ijzer- en handzamevallei. In: Baeteman C, Cosyns E, Devos K, Termote J, Vandamme D, Vanhecke L, Verhaeghe F & Zwaenepoel A (eds) *De broeken van de IJzer- en Handzamevallei*. Brussel, pp 1-14

Bibliografie

Baeteman C & Pieters M (2015) Hoe en waarom het landschap veranderde tijdens de Romeinse periode te Raversijde (Oostende, Belgische kustvlakte). *West-Vlaamse Archaeologica* 25:1-22

Baeteman C (2018) The Coastal Plain of Belgium, Joint Product of Natural Processes and Human Activities. In: Demoulin A (ed) *Landscapes and landforms of Belgium and Luxembourg*. Houten, pp 313-334

Beijerinck W (1947) *Zadenatlas der Nederlandsche Flora*. Backhuys & Meesters, Wageningen

Berggren G (1969) *Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European plant species (Sweden, Norway, Denmark, East Fennoscandia and Iceland) with morphological descriptions. Part 2: Cyperaceae*. Swedish National Research Council, Stockholm

Beug H-J (2004) *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. Pfeil, München

Bronk Ramsey C (1994) Analysis of chronological information and radiocarbon calibration: the program OxCal. *Archaeological Computing Newsletter*, 41:11, e16

Cappers RTJ, Bekker RM, Jans JEA (2012) *Digitale zadenatlas van Nederland*. Barkhuis Publishing and Groningen University, Groningen

Coornaert M (1985) Een bijdrage tot de historische geografie van het West-Vrije. *West-Vlaamse Archaeologica* 1:2-15.

De Boer G (2005) Het fysisch-geografisch onderzoek en de ontstaansgeschiedenis van westelijk Zeeuw-Vlaanderen: een status quaestionis. *Tijdschrift voor Waterstaatgeschiedenis* 14:48-58

De Clercq W (2011) Roman Rural Settlements in Flanders: Perspectives on a 'Non-villa' Landscape in Extrema Galliarum. In: Roymans N & Derks T (eds) *Villa Landscapes in the Roman North : Economy, Culture, Lifestyles*. Amsterdam, pp 235-258

Deconynck, J., Laloo, P., Allemeersch, L., Storme, A., Vergauwe, R., Cruz, F., Aluwé, K., 2021. Eindverslag Opgraving 2020F89 - Bredene Landweg.

Deforce K, Bastiaens J (2007) The Holocene history of *Taxus baccata* (yew) in Belgium and neighbouring regions. *Belgian Journal of Botany* 140:222-237

- Deforce K (2011) Middle and Late Holocene vegetation and landscape evolution of the Scheldt estuary. A palynological study of the peat deposit from Doel (N. Belgium). *Geologica Belgica* 14:3-4:277-288
- De Groote V, Moorkens T (1969) Mikroskopisch onderzoek (palynologie en foraminiferen) van een kwartair monster van Uitkerke. *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift* 51:94-110
- Dekoninck M (2019) Romeinse zoutwinning in de Zeebrugse achterhaven. In: Hillewaert B, Ryckaert M (eds) *Op het Raakvlak van twee landschappen: de vroegste geschiedenis van Brugge*, Brugge, pp 60-61
- Delefortrie S, Saey T, Van De Vijver E, De Smedt P, Missiaen T, Demerre I & Van Meirvenne M (2014) Frequency domain electromagnetic induction survey in the intertidal zone: limitations of low-induction-number and depth of exploration. *Journal of applied geophysics*, 100:14-22
- De Loë A (1904) Découverte d'un ancien ouvrage en bois dans les travaux de creusement du port de Zeebrugge. *Bulletin des Musées Royaux des Arts Décoratifs et Industriels* 4:84-86
- Demey, D., Vanhoutte, S., Pieters, M., Deforce, K., Denys, L., Eryvynck, A., Lentacker, A., Storme, A., Van Neer, W., 2013. Een dijk en een woonplatform uit de Romeinse periode in Stene (Oostende). *Relicta* 10:7-70.
- Eryvynck A, Baeteman C, Demiddele H, Hollevoet Y, Pieters M, Schelvis J, Tys D, Van Strydonck M & Verhaeghe F (1999) Human occupation because of a regression, or the cause of a transgression? A critical review of the interaction between geological events and human occupation in the Belgian coastal plain during the first millennium AD. *Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet* 26:97-121.
- Grimm EC (2015) Tilia for windows: pollen spreadsheet and graphics program.
- Grosse-Brauckmann G (1972) Über pflanzliche Makrofossilien mitteleuropäischer Torfe. I. Gewebereste krautiger Pflanzen und ihre Bestimmung. *Telma* 2:19-56
- Grosse-Brauckmann G (1974) On the Course of Filling-in by Vegetation of an Eutrophic Shallow Lake (Results of Quaternary Botanical Investigations at the Lake Steinhuder Meer, North Western Germany): I. Present Zonation of Vegetation, Peat-forming Plant Communities of the Past. *Flora* 163:179-229
- Grosse-Brauckmann G, Streitz B (1992) Über pflanzliche Makrofossilien mitteleuropäischer Torfe III. Früchte, Samen und einige Gewebe (Fotos von fossilen Pflanzenresten). *Telma* 22:53-102
- Hillewaert B, Hollevoet Y & Ryckaert M (2011) *Op het raakvlak van twee landschappen: de vroegste geschiedenis van Brugge*, Brugge
- Hillewaert B, Decraemer S, Lambrecht G, Mikkelsen JH & Verwerft D (2018) *Archeologisch vooronderzoek A11 deel 1: de resultaten van het bureauonderzoek. Raakvlak-rapport 3*. Brugge
- Hillewaert B & Ryckaert M (2019) *Op het raakvlak van twee landschappen: de vroegste geschiedenis van Brugge*. Brugge
- Hoek WZ (1997) *Palaeogeography of Lateglacial Vegetations; aspects of Lateglacial and Early Holocene vegetation, abiotic landscape, and climate in The Netherlands*. Vrije Universiteit Amsterdam
- Jacobs P, Marechal R, De Ceukelaire M & Sevens E (1993) *Toelichtingen bij de geologische kaart van België, Vlaams Gewest. Kaartblad 13, Brugge schaal 1:50 000*. Brugge
- Jacobs P, Van Beirendonck F & Mostaert F (2004) *Toelichting bij de Quartairgeologische kaart. Kaartbladen 4-5-11-12, deel Blankenberge, Westkapelle, Oostduinkerke, Oostende*. Brugge
- Jacobs J, Vergauwen R, Laloo P & Sergant J (2021). *Zeebrugge Koffieweg. Verkennend archeologisch booronderzoek 2021C165, Aalter*
- Joosten H (1993) Thinking like a bog: hydrological selfregulation of raised bogs and its importance for rewetting and restoration
- Knörzer KH (2009) *Geschichte der synantropen Flora im Niederrheingebiet*. Verlag Zabern
- Lambinon J, De Langhe JE, Delvosalle L, Vanhecke L (2004) *Flora van België, het Groothertogdom Luxemburg, Noord-Frankrijk en de aangrenzende gebieden, 5e editie. Nationale plantentuin van België, Meise*
- Lambrecht G, Huyghe J, Verwerft D, Roelens F, Mikkelsen JH, Hillewaert B & Decraemer S (2017) *Het Brugse ommeland tijdens de Metaaltijden: een overzicht (prov. West-Vlaanderen, België)*. *Lunula. Archaeologica protohistorica* 25:3-10
- Lambrecht G, Verwerft D, Roelens F, Huyghe J, Mikkelsen JH & Decraemer S (2022) *Eeuwenlang boeren langs de Fontainestraat te Ramskapelle (Knokke-Heist)*. *West-Vlaamse Archaeologica* 28. Roeselare:65-80
- Loveluck C & Tys D (2006) Coastal societies, exchange and identity along the Channel and southern North Sea shores of Europe, 600-1000 AD. *Journal of Maritime Archaeology* 1:1-30

- Luthardt V, Schulz C, Meier-Uhlherr R (2015) Steckbriefe Moorsubstrate, 2. Auflage HNE Eberswalde (ed), Berlin. <https://e-docs.geo-leo.de/handle/11858/8054>
- Mikkelsen J, Ampe C, Cools N, Devos Y, Dondeyne S, Oorts K, Pieters M en Langohr R (2023) Veldhandleiding voor het beschrijven van bodems bij archeologisch onderzoek in Vlaanderen, Brussel.
- Marjatta A (1970) Potamogetonaceae fruits. I. Recent and subfossil endocarps of the Fennoscandian species.
- Missiaen T, Jongepier I, Heirman K, Soens T, Gelorini V, Verniers J & Crombé P (2017) Holocene landscape evolution of an estuarine wetland in relation to its human occupation and exploitation: Waasland Scheldt polders, northern Belgium. *Netherlands Journal of Geosciences*, 96-1:35-62
- Moore PD, Webb JA, Collinson ME (1991) Pollen analysis. Blackwell Science, Oxford
- Mostaert F (1985) Bijdrage tot de kennis van de kwartairgeologie van de oostelijke kustvlakte op basis van sedimentologisch en lithostratigrafisch onderzoek. Doctoral thesis (unpublished), Rijks Universiteit Gent
- Munaut AV (1967a) Recherches paléo-écologiques en basse et moyenne Belgique. Katholieke Universiteit Leuven
- Munaut AV (1967b) Étude paléo-écologique d'un gisement tourbeux situé à Terneuzen (Pays-Bas). *Berichten van de Rijfdienst voor Oudheidkundig Bodemonderzoek* 17:7-27
- Munaut AV (1969) L'affleurement tourbeux du Braakman (Flandre zélandaise). *Les naturalistes belges* 50:564-571
- Nilsson Ö, Hjelmquist H (1967) Studies on the Nutlet Structure of South Scandinavian Species of Carex. *Lunds Botaniska Museum*
- Noens G, Verwerft D, Mikkelsen J, Sergeant J & Van Baelen A (2018) The Mesolithic in and around the city of Bruges, new lithic data from the excavated sites of Dudzele-Zonnebloemweg, Koolkerke-Arendstraat and Sint-Michiels-Barrièrestraat (Brugge, West Flanders, BE). *Notae Praehistoricae* 38:169-190
- North Greenland Ice Core Project members (2004) High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature* 431:147-151
- Overbeck F (1975) Botanisch-geologische Moorkunde, Neumünster
- Patrouille E (2013) Archeologisch onderzoek in de Achterhaven van Zeebrugge (1999-2001): Interim-rapport, Brussel
- Pieters M, Baeteman C, Bastiaens J, Bollen A, Clogg P, Cooremans B, De Bie M, De Buyser F, Decorte G, Deforce K, De Groote A, Demerre I, Demiddele H, Eryvnc A, Gevaert G, Goddeeris T, Lentacker A, Schietecatte L, Vandenbruaene M, Van Neer W, Van Strydonck M, Verhaeghe F, Vince A, Watzeels S & Zeebroek I (2013) Het archeologisch onderzoek in Raversijde (Oostende) in de periode 1992-2005. Vuurstenen artefacten, een Romeinse dijk, een 14de-eeuws muntdepot, een 15de-eeuwse sector van een vissersnederzetting en sporen van een vroeg 17-de-eeuwse en een vroeg 18de-eeuwse belegering van Oostende, *Relicta Monografieën* 8, Brussel
- Rasmussen S, Bigler M, Blockley S, Blunier T, Buchardt S, Clausen H, Cvijanovic I, Dahl-Jensen D, Johnsen S, Fischer H, Gkinis V, Guillevic M, Hoek W, Lowe J, Pedro J, Popp T, Seierstad I, Steffensen JP, Svensson A, Vallelonga P, Vinther B, Walker M, Wheatley J & Winstrup M (2014) A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quaternary Science Reviews* 106:14-28
- Reimer P, Austin W, Bard E, Bayliss A, Blackwell P, Bronk Ramsey C & Talamo S (2020) The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62-4:725-757
- Shumilovskikh L (2022) Non-pollen palynomorphs. <http://non-pollen-palynomorphs.uni-goettingen.de>. Accessed 26 Aug 2022
- Siebel H, During H (2006) Beknopte mosflora van Nederland en België. Stichting Uitgeverij K.N.N.V., Zeist
- Stockmans F, Vanhoorne R (1954) Etude botanique du gisement de tourbe de la region de Pervijze (plaine maritime belge)
- Storme A (2018) Palynologische waardering van enkele bodemhorizonten uit de sites Zonnebloemweg en Arendstraat. Ghent
- Storme A, Louwye S, Crombé P & Deforce K (2020) Holocene environmental evolution of the middle and lower Scheldt basin in northern Belgium: a multi-proxy study, Universiteit Gent, Gent
- Storme A, Allemeersch L (2022) Analyse diatomeeën; analyse palynologie; 14C-datering Brugge 't Zand (2021A229)
- Storme A, Louwye S, Crombé P, Deforce K (2017) Postglacial evolution of vegetation and environment in the Scheldt Basin (northern Belgium). *Vegetation History and Archaeobotany* 26:293-311. doi: 10.1007/s00334-016-0594-7

- Toen H (1978) *De Belgische kustvlakte in de Romeinse tijd*, Koninklijke Academie België, Brussel
- Touw A, Rubers WV (1989) *De Nederlandse bladmossen*. Stichting Uitgeverij K.N.N.V., Utrecht
- Tys D (2001) De verwerping van het zg. Duinkerke-transgressie-model en nieuwe inzichten in de vroegste bedijking van de kustvlakte. In: Huys E & Vandermaesen E (eds) *Polders en wateringen*. Brussel, pp 17-46
- Tys D (2013) The medieval embankment of coastal Flanders in context. In: Thoen E, Borger GJ, de Kraker A, Soens T, Tys D, Vervaeke L & Weerts H (eds) *Landscapes or seascapes? The history of coastal environment in the North Sea area reconsidered*. CORN Publication Series 13. Brepols Publishers, Turnhout, pp 199–239
- Vandenbergh J, Vandenbergh N, Gullentops F (1974) *Late Pleistocene and Holocene in the neighbourhood of Brugge*. Brussel
- van Geel B, Renssen H, & van der Plicht J (1998) Solar forcing of abrupt climate change around 850 calendar years BC. In Bailey ME, Palmer T & Peiser BJ (eds) *Natural catastrophes during Bronze Age civilisations: archaeological, geological, astronomical and cultural perspectives*. Oxford, pp 162-168
- Vanhoutte S, Pieters M & Demey D (2019) Stene: Harde bewijzen voor Romeinse bewoning en landname in de Belgische kustvlakte. In Hillewaert B & Ryckaert M (eds) *Op het Raakvlak van twee landschappen: de vroegste geschiedenis van Brugge*, Brugge, pp 48-49
- Van Kappel K (2021) *Koolkerke, Zagersweg. Bodemmicromorfologisch onderzoek*. Archeopro, Eijsden
- Verbrugge F (2021) *Paleoecologisch en sedimentologisch onderzoek aan profielen van Koolkerke-Zagersweg*, BIAx consult, Zaandam
- Verbruggen C, Denys L & Kiden P (1996) Belgium. In: Berglund BE, Birks HJB, Ralska-Jasiewiczowa M, Wright HE (eds) *Palaeoecological events during the last 15000 years: regional syntheses of palaeoecological studies of lakes and mires in Europe*. Chichester, pp 553–574
- Verhaeghe C, Creutz M & Pawelczak P (2021) *Eindverslag opgraving Koolkerke Zagersweg*, BAAC Vlaanderen, Evergem
- Verhaeghe F (1978) Bijdrage tot het archeologisch onderzoek van de middeleeuwse bewoning in de Belgische Kustvlakte. In: Verhulst A & Gottschalk MKE (eds), *Transgressies en occupatiegeschiedenis in de kustgebieden van Nederland en België*, Colloquium Gent 5-7 september, Handelingen, Gent, pp 37-64
- Verhulst A (1964) *Het landschap in Vlaanderen*, Nederlandsche Boekhandel. Antwerpen
- Verhulst A (1995) *Landschappen en landbouw in middeleeuws Vlaanderen*, Brussel
- Versendaal A & Wallinga J (2021) *Koolkerke – Zagersweg, Luminiscentiedateringsrapport NCL-7720*
- Verwerft D, Lambrecht G, Huyghe J & Mikkelsen J (2015) *Op de rand van het prehistorisch en middeleeuws landschap: het archeologisch onderzoek langs de Gentse Steenweg in Sijsele (Damme, West-Vlaanderen)*. West-Vlaamse Archaeologica 25:83-101
- Verwerft D, Roelens F, Lambrecht G, Huyghe J & Mikkelsen JH (2016) *Stevin. Dudzeelse Steenweg, (Brugge), Raakvlak, Evaluatienota, Onuitgegeven rapport*, Brugge
- Verwerft D, Mikkelsen JH & De Clercq W (2019). *Curbing the tide. The discovery of a Roman terp along the Heistlaan in Ramskapelle (Knokke-Heist)*. In: Deák J, Ampe C & Mikkelsen JH (eds) *Soils as records of past and present. From soil surveys to archaeological sites: research strategies for interpreting soil characteristics*. Proceedings of the Geoarchaeological Meeting, Bruges, 6&7 November 2019. Brugge, pp 243-259
- Verwerft D, Germonpré F, Huyghe J, Decock R, Landsheere C, Lambrecht G, Roelens F en Mikkelsen JH (2022) *'t Zand, Brugge: Archeologierapport naar aanleiding van de archeologische opgraving, onuitgegeven rapport*. Brugge
- Verwerft D, Van Belle R, Huyghe J & De Clercq W (2022) *De zee geeft, de zee neemt: De ontdekking van een Romeinse nederzetting op het strand van De Haan*. West-Vlaamse Archaeologica 28. Roeselare, pp 15-26
- Vos P, Bazelmans J, Weerts HJT & Van der Meulen M (2018) *Atlas van Nederland in het Holoceen. Landschap en bewoning vanaf de laatste ijstijd tot nu*, Amsterdam

