Deltares

Geoarcheologisch vooronderzoek Nieuwe Sluis Terneuzen

Peter Vos & Sieb de Vries,

met medewerking van:

Machteld Bats (GATE)
Frederike Verbruggen (BIAX)
Geurt Verweij (Koeman & Bijkerk)

1220635-000

© Deltares, 2015, B

Deltares

Titel
Geoarcheologisch vooronderzoek Nieuwe Sluis Terneuzen

Opdrachtgever	Project	Pagina's
Vlaams-Nederlandse Scheldecommisie	1220635-000	1

Trefwoorden
Type hier de trefwoorden

Samenvatting
Type hier de samenvatting

Referenties
Type hier de referenties

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	jul. 2015	Peter Vos		Kim Cohen		Bob Hoogendoorn	

Status
concept
Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.

Inhoud

1 Inleiding **1**

2 Werkwijze en uitvoering **2**
2.1 Boor- en sondeeronderzoek 3
2.1.1 Archeologisch booronderzoek 4
2.1.2 Geotechnisch boor- en sondeeronderzoek 4
2.1.3 Milieuhygiënisch booronderzoek 9
2.1.4 DINO database 9
2.2 Geologische uitwerking 9
2.2.1 Lithostratigrafie 9
2.2.2 Geologische doorsneden 10
2.3 Dateringsonderzoek 10
2.4 Archeologisch onderzoek 10
2.5 Paleobotanisch onderzoek 11
2.5.1 Diatomeeën 11
2.5.2 Pollen en makroresten 11
2.6 Rapportage 11

3 Geologische setting **16**

4 Geologisch model **18**
4.1 Lithostratigrafie van het plangebied 18
4.1.1 Holocene afzettingen 18
4.1.2 Pleistocene afzettingen 24
4.2 Bodems in de Schelderestgeul afzettingen 27
4.3 Geologische profielen 28
4.3.1 Regionale profielen 28
4.3.2 Profielen plangebied 29

5 Ouderdomsbepalingen **32**

6 Archeologisch onderzoek aan de steekkernen **33**

7 Archeobotanisch paleolandschappelijk onderzoek **36**
7.1 Diatomeeën 36
7.1.1 Inleiding 36
7.1.2 Resultaten 36
7.1.3 Opmerkingen 36
7.2 Macroresten en pollen 37

8 Archeologische verwachting in het plangebied **37**
8.1 Archeologische verwachting op laageenheid niveau 37
8.2 Archeologische verwachting per deelgebied 41
8.2.1 Water 41
8.2.2 Land 42

9 Aanbevelingen voor het archeologisch vervolgonderzoek **46**

Administratieve gegevens

Projectnaam	Geoarcheologisch vooronderzoek Nieuwe Sluis Terneuzen
Provincie	Zeeland
Gemeente	Terneuzen
Plaats	Terneuzen
Toponiem	Grote Zeesluis Kanaal Gent - Terneuzen
Kaartblad	54E
RD hoekcoördinaten van het het onderzoeksgebied	44.790/374.034 45.812/373.812 46.317/371.169 45.957/370.970
Oppervlakte plangebied / onderzoeksgebied	257 ha
Onderzoeksgebied	Sluiscomplex en sluiskaden
Huidig grondgebruik	Sluisgebied Terneuzen
Plaats binnen archeologisch proces	Inventariserend veldonderzoek (IVO), “verkennende fase”; dit doormiddel van een boor- en laboratoriumonderzoek.
Uitvoerder	Deltares, Princetonlaan 6, 3508 AL Utrecht
Opdrachtgever	Vlaams Nederlandse Schelde Commissie (VNSC), adres xx
Contactpersoon	Dhr. J.W. Slager, email:
Directievoerder	Vlaams Nederlandse Schelde Commissie (VNSC)
Bevoegd gezag	RWS Water, Verkeer en Leefomgeving , dr. E.F. Gehasse, Postbus 7007, 2280 KA Rijswijk
Adviseurs archeologie in het project	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, E. Vreenegoor, Postbus 1600, 3800 BP Amersfoort
Onderzoeksmeldingsnummer	xx
Periode van uitvoering	Maart - september 2015
Beheer en plaats documentatie	Zeeuws Archeologisch Archief (ZAA) , Stichting Cultureel Erfgoed Zeeland Postbus 49, 4330 AA Middelburg
Beheerder	J.J.B. Kuipers, tel.: 0118-670879 ; email: jjb.kuipers@scez.nl
Beheer en plaats vondsten	Provinciaal Archeologisch Depot Zeeland. Het Schuitvlot, Looierssingel 2, 4331 NK Middelburg.
Depotbeheerder	H. Hendrikse, tel.: 0118-670618, email: h.hendrikse@scez.nl
Levering van digitale gegevens	Een digitale versie van het definitieve rapport wordt toegezonden aan de RCE. In het onderzoek gegenereerde digitale data worden aangeleverd aan het e-depot, www.edna.nl

1 Inleiding

Nederland en Vlaanderen zijn voornemens het sluizencomplex van Terneuzen te vergroten[1]. De plannen voor de Nieuwe Sluis Terneuzen worden gecoördineerd door de Vlaams Nederlandse Schelde Commissie (VNSC). De uitvoer van het project moet leiden tot een verbetering van de toegankelijkheid van de Kanaalzone Gent – Terneuzen. De geplande werkzaamheden omvatten de realisatie van een nieuwe zeesluis en daaraan gerelateerd herinrichting van het sluizencomplex en van de buiten- en binnenhaven. Het betreft een volledige herinrichting van het sluizencomplex waaronder aanpassing van de vaargeulen, dijken, bruggen en weginfrastructuur[2]. Het gebied waar de aanpassingen plaats vinden, wordt het 'plangebied' genoemd Voor het grondonderzoek wordt het plangebied wordt onderverdeeld in twee hoofdzones: het watergedeelte en het landgedeelte. Het landgedeelte is opgedeeld in vier deelgebieden (Bats e.a., 2014): L1 (Zeevaartweg), L2 (Schependijk) en L3 (Sluiscomplex) en deelgebied L4 (overige); zie Fig. 1.

Bij de voorbereiding van het tracébesluit van het nieuwe sluizencomplex wordt de milieueffectrapportage (m.e.r.) doorlopen. De archeologie is één van de thema's in de m.e.r.-procedure. De Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) speelt hier als bevoegd gezag een belangrijke adviserende rol in. In 2013 een Archeologisch Bureauonderzoek opgesteld (De Boer, 2014). Op verzoek van het RCE werden in 2013 de milieuhygiënische boringen (sonic drill boringen) voor de milieutoets archeologisch begeleid door GATE bvba (Bats e.a., 2014). In 2014 werd het bestaande bureauonderzoek aangevuld waarbij ook de geoarcheologische data uit het GATE onderzoek gebruikt werd. In dit rapport zijn verwachtingskaarten opgenomen die werkinstrument dienden voor het vervolgonderzoek (D'hondt & Wattenberghe, 2015). Op basis van het aangevulde bureauonderzoek is door Wattenberghe (2015) een Plan van Aanpak (PvA) geschreven voor het Nieuwe Sluis Terneuzen project het inventariserend veldonderzoek doormiddel van (landschappelijke) verkennende boringen. In het PvA wordt het archeologisch vooronderzoek in twee delen opgesplitst, een inventariserend- (Labo fase 1) en een karterend onderzoek (Labo fase 2). Het inventariserende onderzoek Labo fase 1 betreft in het PvA een veldwerk doormiddel van boringen direct gevolgd door een laboratorium onderzoek waarin de boorkernen worden beschreven en bemonsterd voor paleoecologisch en archeobotanisch onderzoek en de geologie op hoofdlijnen wordt uitgewerkt voor een eerste verwachtingsmodel. In deze fase wordt vervolgens een monsterselectie gemaakt voor ^{14}C-dateringen en een waardering uitgevoerd voor de in Labo fase 2 te analyseren paleoecologisch en archeobotanisch samples. In Labo fase 2 van het PvA moeten de laboratoriumanalyses uitgevoerd worden en - aan de hand van de beschikbare boordata - de geologie van het plangebied nader uitgewerkt worden. Op basis van deze kennis moet in een multidisciplinair eindrapport een paleolandschapsmodel van het plangebied worden opgesteld die als basis dient voor het archeologisch verwachtingsmodel en een advies worden gegeven over een karterend archeologisch vervolgonderzoek indien uit het onderzoek (Labo fase 1 en 2) blijkt dat dit nodig is.

In dit rapport worden de resultaten van het multidisciplinaire inventariserend- en een karterend onderzoek (Labo fase 1 en 2), dat uitgevoerd is tussen maart en september 2015, beschreven. Door de late start van het (geo-)archeologisch onderdeel binnen het Nieuwe Sluis Terneuzen project zijn de activiteiten van Labo fase 1 en 2 voor een deel door elkaar heen gaan lopen. De gevolgde werkwijze en uitvoering wordt beschreven in het volgende

[1] Besluit van het politiek college van de Vlaams-Nederlandse Schelde Commissie inzake planuitwerkingsfase Grote Zeesluis Kanaal Gent-Terneuzen, 19 maart 2012.

[2] Zie website *http://nieuwesluisterneuzen.eu/downloads-links*

hoofdstuk 2. De geologische setting van het sluizencomplex Terneuzen in de Vlaams-Nederlandse regio wordt besproken in hoofdstuk 3. De geologie van het plangebied wordt uitgewerkt in hoofdstuk 4 en resultaten van het dateringsonderzoek worden beschreven in hoofdstuk 5. Het archeologische onderzoek dat uitgevoerd is in de regio en aan de boorkernen wordt behandeld in hoofdstuk 6. De paleolandschapsveranderingen in het plangebied op basis van archeobotanisch onderzoek wordt beschreven in hoofdstuk 7. Hoofdstuk 8 omvat de synthese waar op basis van het geologisch onderzoek, dateringsgegevens en paleo-ecologische analyses en paleolandschapsmodel wordt opgesteld dat de basis is voor het archeologische verwachtingsmodel op geologisch laagniveau. In het slothoofdstuk 9 worden aanbevelingen gegeven voor de uitvoer van een karterend archeologisch vervolgonderzoek.

2 Werkwijze en uitvoering

In dit hoofdstuk wordt de werkwijze van de uitgevoerde activiteiten besproken, die in het kader van het in geoarcheologisch vooronderzoek zijn uitgevoerd (inventariserend veldonderzoek en kartering), en de bureaus en personen vermeld die aan de uitvoer van deze activiteiten hebben meegewerkt. Het vooronderzoek is uitgevoerd op basis van het PvA van Wattenberghe (2015). Lopende het onderzoek zijn er accent verschuivingen doorgevoerd in de geplande activiteiten. De lithostratigrafie van het plangebied (geologische opbouw) heeft meer aandacht gekregen dan in het PvA is beschreven terwijl het begrote laboratorium onderzoek is beperkt. Het chironomiden- en diatomeeënonderzoek is beperkt gebleven tot een waardering omdat nauwelijks of geen skeletresten van deze organismen in de monsters bleken te zitten. Micromorfologisch en OSL onderzoek is niet uitgevoerd omdat de kwaliteit van de beschikbare sedimentkernen onvoldoende was (materiaal was door de gehanteerde boormethode niet ongestoord; Hfst. 2.2.1). Seismisch onderzoek is niet uitgevoerd in het watergebied omdat er voldoende boor- en sondeergegevens van het plangebied aanwezig waren om een geologisch model van het plangebied op te stellen, dit in de vorm van profielen.

De uitvoerende partijen waren Deltares (geologie en paleolandschap; hoofdaannemer in het project), Poelsma Veldwerk Bureau (mechanische boringen), TNO geologische Dienst Nederland (openen boorkernen, fotografie kernen en invoer sedimentbeschrijvingen in DINO database van TNO), GATE bvba (archeologische beschrijving en zeven kernen), Koeman & Bijkerk (diatomeeën), en paleo-/archeobotanie (BIAX bv).
Opdrachtgever voor het geoarcheologisch vooronderzoek is de VNSC en de leiding voor dit onderdeel was in handen van Rien van Zetten. Het geoarcheologische project is aangestuurd door Jan Willem Slager en de technische begeleiding (gegevens) was in handen van Piet van Oosten (beide VNSC/RWS). Het Bevoegd Gezag van het archeologisch project is in handen van Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving (RWS -WVL). Namens RWS zit de archeologe Eli Gehasse in de projectbegeleidingsgroep en voor het RCE Ellen Vreenegoor en Bjørn Smit. In de begeleidingsgroep hebben tevens zitting Frans Weemaes, namens de Gemeente Terneuzen, en Niels van Waveren en Robert van Dierendonck namens de Stichting Cultureel Erfgoed Zeeland.
Tijdens de uitvoering van het project heeft er werkoverleg plaatsgevonden tussen de uitvoerende partijen en de projectbegeleidingsgroep op 1 april (startoverleg in Terneuzen), op 29 april en 5 juni (voortgangsoverleg, kernanalyse en monsterselectie in Utrecht) en op 23 juli en 8 oktober (voortgangsoverleg rapportage in Terneuzen).

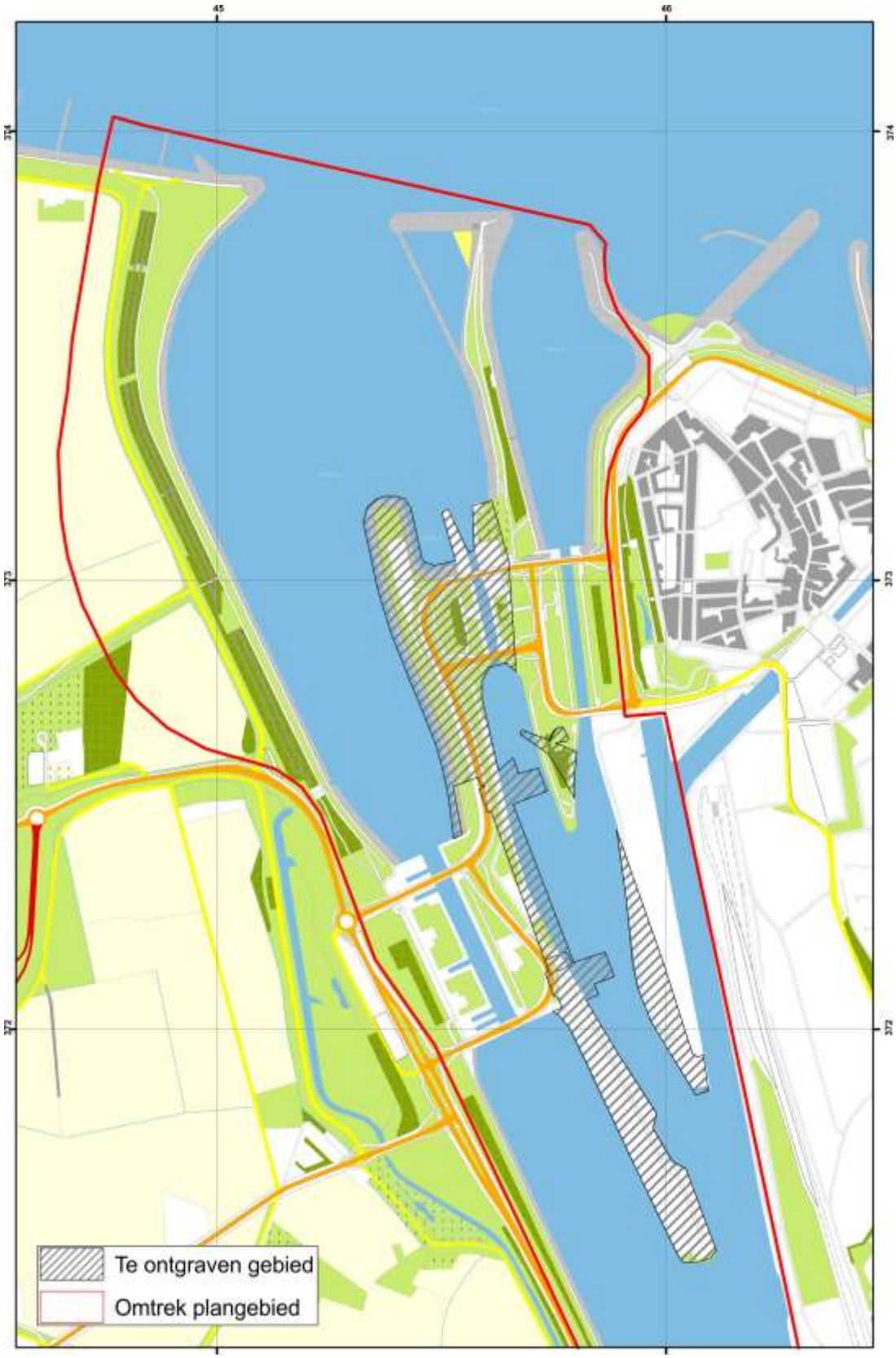


Fig. 1. Locatie van het plangebied Nieuwe Sluis Terneuzen

2.1 Boor- en sondeeronderzoek

De geologische puntgegevens (boringen en sonderingen), die voor het opstellen van het ondergrondmodel van het plangebied ter beschikking stonden, bestonden uit de volgende bronnen: 1) boringen gezet voor het archeologisch onderzoek, 2) boringen en sonderingen gezet voor het geotechnisch onderzoek, 3) boringen gezet voor het milieuhygiënisch Bodemonderzoek, en 4) boringen en sonderingen in de DINO database van TNO.
De locaties van de boor- en sondeerdata afkomstig uit deze bronnen zijn weergegeven in Fig. 2 en 3, en zullen hieronder per bron besproken worden.

2.1.1 Archeologisch booronderzoek

In maart 2015 zijn door de firma Poelsma 35 mechanische boringen gezet ten behoeve van het archeologisch vooronderzoek (Boring A19 is niet uitgevoerd in verband met niet gekregen toestemming voor het betreden van een perceel). Van de gezette 35 boringen waren er 20 boringen op land en 15 boringen in het watergedeelte van het plangebied (Fig. 4). Het betrof sonische boringen die gezet zijn met behulp van de AquaLock boormethode. De bovengrond werd op land manueel voorgeboord tot op het niveau van het grondwater. Vervolgens werden machinaal continue steekbuizen met een lengte van 4 m en een diameter van 70 mm tot de gewenste diepte gebracht door middel van vibratie. De monsters werden in de boorkern vastgehouden via een piston. De opgehaalde monsters werden vervolgens onder hoge druk uit de boorkern geperst en in plastic goten opgevangen. De opbrengst werd vervolgens in plasticbuizen van 0,5 m lang gedrukt die daarna met plastic doppen werden afgesloten. De boordiepte varieerde tussen 12 en 14 m voor de boringen in het watergedeelte en maximaal 25.5 m op het landgedeelte.
De afgesloten kernen zijn eind april door FUGRO naar de sedimentbeschrijvingsruimte van TNO/Deltares in Utrecht gebracht waar zijn door Pieter van der Klucht en Wim Booltink (TNO) werden opengesneden en gefotografeerd. De kernen werden gelijktijdig opengelegd (Foto 1 en 2). Deze werkwijze maakte het mogelijk (totaal overzicht) om een optimale selectie te maken van de kerndelen voor het laboratorium onderzoek. Deze selectie vond plaats op 5 juni in overleg met de specialisten (Frederike Verbruggen / BIAX; Machtald Bats / GATE, Bjorn Smit / RCE en Peter Vos / Deltares); Foto 3. De boringen die geselecteerd waren voor het laboratoriumonderzoek - B54E1948 (A17), B54E1956 (A26), B54E1963 (A 33) en B54E1966 (A36) - en boring B54E19xx werden beschreven conform de Standaard Boorbeschrijvingsmethode (5.3). Van de overige archeologische boringen is de stratigrafie beschreven waarbij de lithostratigrafische lagen een ‘standaard’ lithologie kregen. De sediment beschrijvingen zijn uitgevoerd door Sieb de Vries (Deltares). De boorbeschrijvingen en foto’s van de kernen zijn opgenomen als Bijlage A in dit rapport.
Door de gevolgde boormethode (sonic drill) en het transporteren van het materiaal van goten naar kernen was de kwaliteit van de boringen (ongestoordheid) matig tot redelijk. De opbrengst aan sediment in de kernen bleek gemiddeld rond de 70% te liggen (ca 30% van de totale lengte ontbrak). Door de verstoringen waren de sediment kernen niet geschikt voor OSL bemonstering of micromorfologisch onderzoek.
De boorbeschrijvingen van de archeologische boorbeschrijvingen zijn ingevoerd in de DINO database onder supervisie van Bram Hoogendoorn (TNO) waardoor ze digitaal beschikbaar zijn en getekend konden worden met het profielteken programma Rockware.

2.1.2 Geotechnisch boor- en sondeeronderzoek

Voor het geotechnische onderzoek zijn mechanische boringen en sonderingen gezet door het bedrijf FUGRO in Leidschendam. De beschrijvingen van de veldstaten van de FUGRO boringen SB1 t/m 11 (watergedeelte) en B7 t/m 16 (landgedeelte) zijn overgenomen en in DINO gezet zodat ze gebruikt konden worden in het profieltekenprogramma Rockware. De geotechnische boringen – land bestaan uit diepe en ondiepe pulsboringen waarbij tot NAP -17m continu offshore samples zijn gestoken. Gedurende het continu steken is er een Core

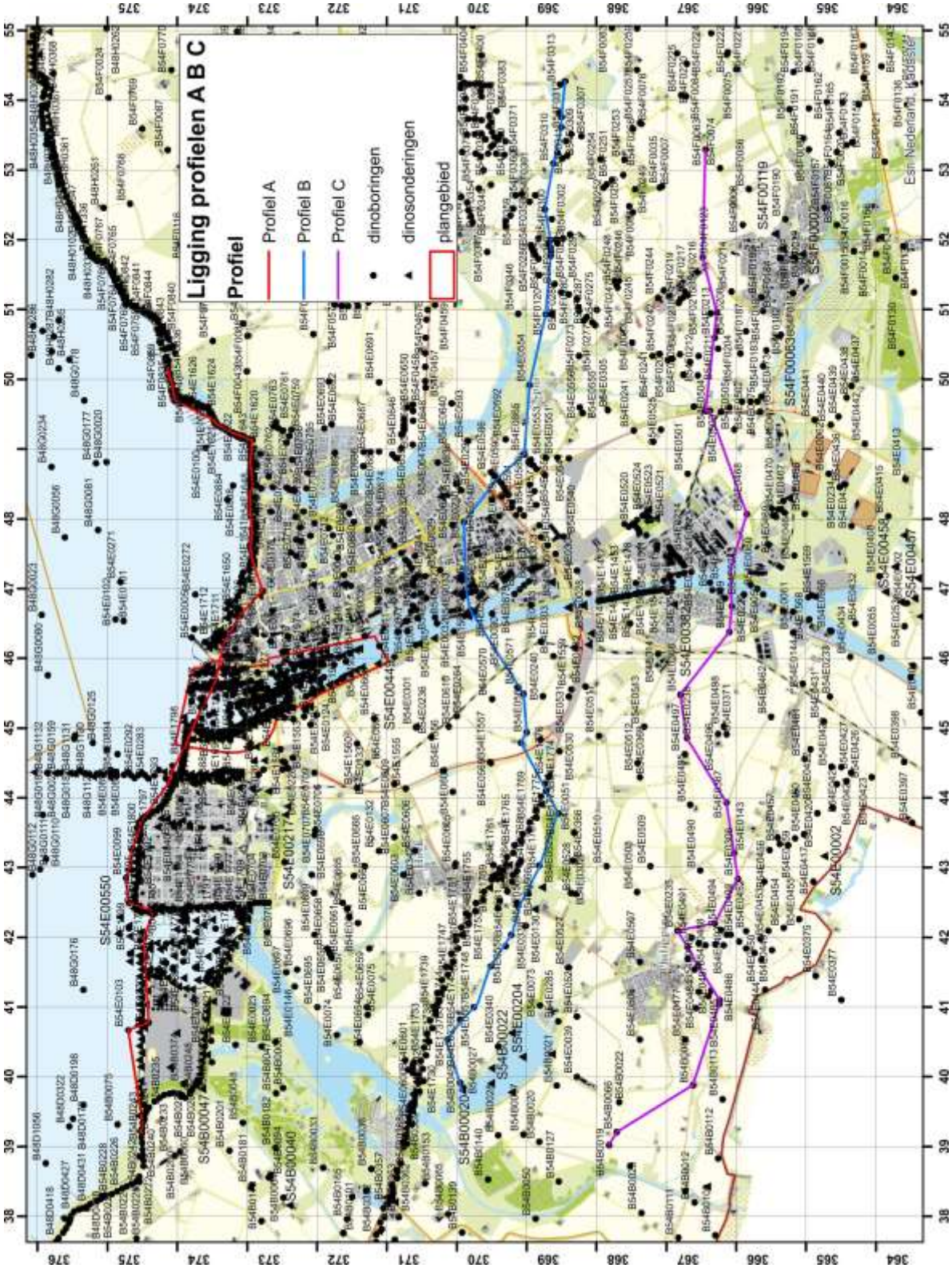


Fig. 2. Geologische puntlocaties (boringen en sonderingen) van het gebied rond Terneuzen met de ligging van de regionale profielen A t/m C.

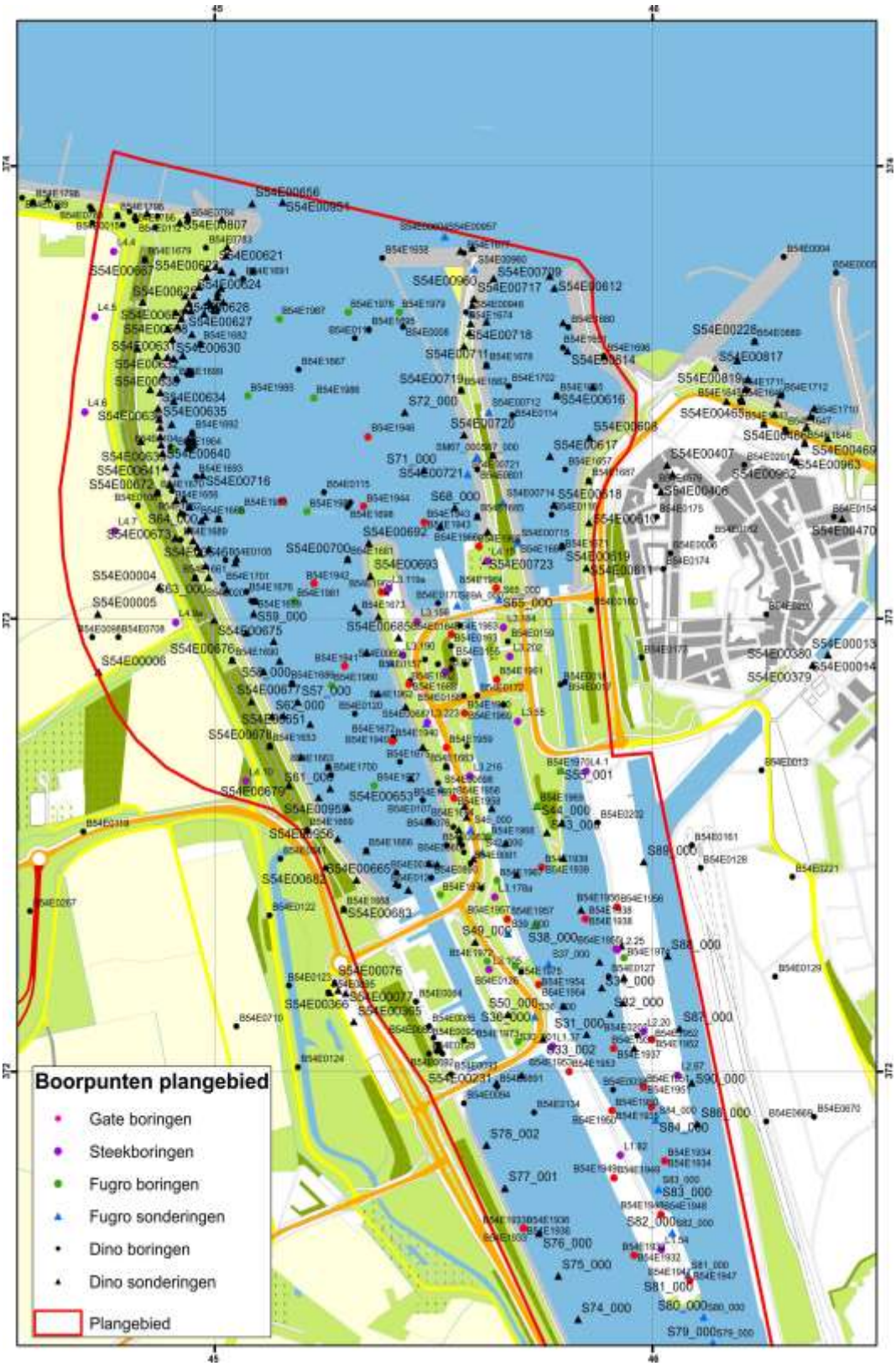


Fig. 3. Geologische puntlocaties (boringen en sonderingen) in het plangebied Nieuwe Sluis Terneuzen.

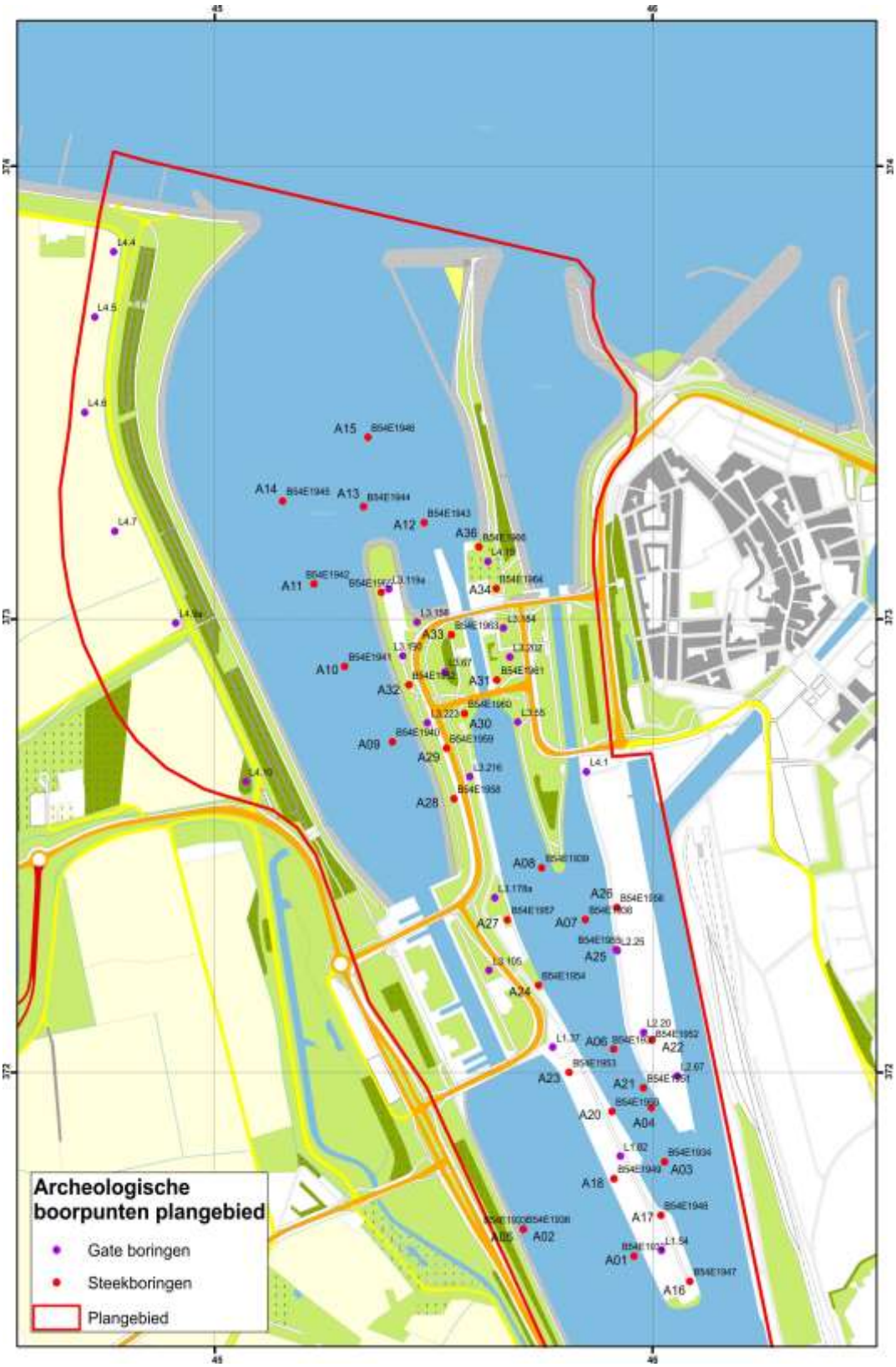


Fig. 4. Locaties van de archeologische boringen in het plangebied A1 t/m A36, met verwijzing naar hun DINO boornummer, en de boringen uit het onderzoek van GATE (Mats e.a. 2014).

Fig. 5. Locatiekaart van het plangebied met de liggingen van de geologische profielen 1 t/m 5 en daarvoor gebruikte boringen en sonderingen.

Cather toegepast in niet cohesieve lagen. Vanaf NAP -17m zijn er continu Ackermann bussen (100mm) gestoken (Zaal, 2015). Voor het uitvoeren van de mechanische boring op het water is het onderzoeksponton “Greta 2” gebruikt en voorzien van een mechanische pulsboorstelling (Nordmeyer, DSB 1, met een 365 draaitafel; Zaal, 2015).
De boorsteekkernen waren 1 m lang en hadden een diameter van 10 cm en waren van hoge kwaliteit. Nadat de kernen waren opengesneden werden de monsters genomen voor geotechnisch onderzoek en daarna werden de kernen gefotografeerd. Daardoor ontbreek het sediment van de bemonsterde gedeelte op de foto’s. De afzettingen in de FUGRO kernen zijn beschreven conform NEN-EN-ISO 22475-1.
Door Fugro zijn ook 63 sonderingen gezet conform de vigerende richtlijnen en de NEN-EN-ISO 22476-1 (Zaal, 2015). Daarvan waren er 28 op land en 35 op het water. De sonderingen zijn tot een diepte gezet die varieer tussen ca. 35 en 55 m –NAP en zijn – in combinatie dieper boordata – met name erg waardevol voor het opstellen van het geologisch model ‘op grotere diepte’.

2.1.3 Milieuhygiënisch booronderzoek

Het milieuhygiënisch bodemonderzoek is in 2013 uitgevoerd door Sialtech met een Aquaock boorsysteem. Tijdens de uitvoer van deze sonische boringen is het werk door GATEbvba archeologisch begeleid en beschreven (Bats e.a., 2014). In totaal zijn 28 boringen gezet en beschreven. Ook deze boorbeschrijvingen zijn ingevoerd in de DINO database waardoor ze digitaal beschikbaar zijn en getekend konden worden met het profielteken programma Rockware.
Het sediment dat overbleef na de milieutechnische bemonstering is archeologisch nat gezeefd (1 mm-mazen). In geen enkele van de boringen werden directe waarnemingen gedaan die wijzen op archeologische aanwezigheid. Ook aanwijzingen voor veenwinning, zoals in het verleden vastgesteld zijn in de Vlooswijkpolder (Munaut 1967), konden met dit booronderzoek niet aangetoond worden (Bats e.a., 2014).

2.1.4 DINO database

Uit de DINO database zijn voor het plangebied de boringen en sonderingen dieper dan 5 m geselecteerd. Een groot deel van deze puntdata is gemaakt in de vijftiger en begin zestiger jaren voor de aanleg van de toenmalige nieuwe sluis. Door de ontgraving bij sluis- en kanaalverbreding in 1962 bestaat het bovenste gedeelte van de opgenomen en beschreven sedimenten thans uit water. De diepere boor- en sondeerinformatie uit deze data is nog steeds relevant voor het onderhavige onderzoek.

2.2 Geologische uitwerking

2.2.1 Lithostratigrafie

Lithostratigrafische eenheden zijn stratigrafische lagen die onderscheiden worden op basis van hun ‘’gesteente kenmerken’’ en de stratigrafische positie binnen de geologische kolom (lithosequentie of ‘’stratotype’’). De lithostratigrafie van het plangebied is gebaseerd op de ‘nieuwe’ lithostratigrafische classificatie van Nederland (De Mulder, 2003).
Voor de Holocene mariene laageenheden zijn binnen het Laagpakket van Walcheren (in de oude classificatie: Afzettingen van Duinkerke) twee eenheden aan de nieuwe classificatie

toegevoerd: de *Sluiskil Afzettingen* (Vos, 2008) voor de Romeinse en vroegmiddeleeuwse mariene sedimenten op het Basisveen en de *Westerschelde Afzettingen* die vanaf de Nieuwe Tijd vanuit de Westerschelde in het Plangebied werden afgezet.
In dit rapport wordt – afwijkend van de nieuwe lithostratigrafie - onder *Basisveen* verstaan: de Holocene veenlaag die ligt op Pleistocene (en oudere) afzettingen en die afgedekt is door een mariene klastische laag (Vos, 2015).

2.2.2 Geologische doorsneden

Om de laagopbouw van de geologische setting rond het plangebied in beeld te brengen, zijn drie regionale overzichtprofielen gemaakt (Profielen A t/m C; Bijlage B) Voor de locatie van deze profielen, zie Fig. 2.
De geologische opbouw van het plangebied is in beeld gebracht doormiddel van lithostratigrafische profielen. Alle sondeer- en boorgegevens - die voor en tijdens het vooronderzoek zijn ingevoerd in DINO - zijn hiervoor gebruikt. Daar zijn ook boringen bij die voor de vergroting van het sluiscomplex in de 60-er jaren zijn gemaakt en waar de boorkolom thans deels of geheel in het water liggen.
Van het plangebied zijn 5 geologische doorsneden samengesteld (locatie, zie Fig 3). Twee in de N-Z richting over het sluiskadengebied (profielen 1 en 5; Bijlage B) en drie W-O profielen dwars over de waterweg- en sluiskadengebieden (profielen 2 t/m 4; Bijlage B).

2.3 Dateringsonderzoek

Voor het opstellen van een geoarcheologisch landschapsmodel zijn absolute dateringen onontbeerlijk. Voor de datering van de Laat Pleistocene (Fig. 7) en Holocene (Fig. 8) laageenheden in het plangebied zijn in totaal 15 ^{14}C-dateringen bepaald (Hfst. 5). Twee dateringen zijn genomen van de basis van de Sluiskil Afzettingen om het begin van de mariene inundatie van het veen te kunnen vaststellen (boring A17). Van het Basisveen zijn in boring de bovenkant en de basis gedateerd waarmee de Holocene veenvormingsperiode in het gebied werd bepaald. Van de Schelde restgeulafzettingen werden in totaal 11 dateringen bepaald van de diverse organische laageenheden die in deze afzettingen voorkwamen (Tab. 2). Een beperking van de ^{14}C-methode is dat alleen de Pleistocene afzettingen zijn dateerbaar zijn tot ca. 40-45 duizend jaar geleden; zijn de afzettingen ouder dan kunnen deze afzettingen niet net deze methode bepaald worden en moeten andere methoden worden ingezet zoals zanddateringen met behulp van de Optisch Gestimuleerde Luminescentie (OSL) techniek .
Naast de ouderdomsgegevens uit de ^{14}C-dateringen in dit onderzoek zijn – voor de regionale setting - ook de laagdateringsgevens gebruikt die gegenereerd zijn in omliggende geologische en archeologische studies Fig. 6); Moervaart (Bats et al., 2009; Crombé et al., 2015), Sluiskil (Wallinga e.a., 2010; De Moor e.a., 2011), Heikant-Ellestraat in Huls (Hoek, 2014), en Ellewoudtsdijk (Sier, 2003).

2.4 Archeologisch onderzoek

Van de archeologische boringen zijn de Pleistocene afzettingen gezeefd. De boorkerrnen met dekzand en de zandige top van de Schelderestgeul afzettingen (Formatie van Boxtel) zijn naar Kerkhove gebracht en daar gezeefd door GATE (Hfst. 6; Bats, 2015). De kerndelen van de gelaagde afzettingen van de Schelderestgeul afzettingen zijn per kern (0,5 m) in een zak gedaan en ook deze zakken zijn naar Kerkhove gebracht (Foto 4) en door GATE gezeefd. De onder de Schelde- en Schelde restgeulafzettingen voorkomende grove, schelphoudende

zanden van de Formatie van Koewacht zijn gezeefd. Deze zeef actie is bij Deltares in Utrecht uitgevoerd (Foto 5).
De mariene kleien van de Formatie van Walcheren (Sluiskil en Westerschelde afzettingen) zijn niet gezeefd maar handmatig opengebroken en bekeken of daar archeologische resten in aanwezig waren. Dezelfde actie is ook voor het veen gebeurd.
Naast het zeefonderzoek aan de kernen van de archeologische boringen is door GATE ook een overzicht gemaakt van de archeologie die binnen en in de omgeving van het plangebied gevonden is (Bats, 2015).

2.5 Paleobotanisch onderzoek

2.5.1 Diatomeeën

De organogene, kleiige en lemige trajecten binnen de Schelderestgeul afzettingen van de Pleistocene afzettingen zijn onderzocht op diatomeeën (microscopisch kleine, ééncellige kiezelwieren). Doel van dit paleoecologisch onderzoek was om het paleomilieu, waaronder die van de waterkwaliteit, van deze eenheid te onderzoeken. Uit het waarderende onderzoek bleek echter dat de kiezelskeletjes van de diatomeeën waren opgelost (Hfst. 7.1; Verweij, 2015).

2.5.2 Pollen en makroresten

De boorkeren van de boringen A17, A26, A33 en A36 zijn bemonsterd voor pollen en macrorestenonderzoek (hfst. 7.2; Verbruggge e.a., 2015). Het onderzoek aan de Pleistocene Schelderestgeul afzettingen had als doel de vegetatieontwikkeling te reconstrueren. Deze reconstructie geeft inzicht de lokale en regionale plantengroei en daarmee de klimaatomstandigheden die zich hebben voorgedaan tijdens de vorming van de ze afzettingen. Het onderzoek aan de Holocene afzettingen had - naast de reconstructie van de vegetatieontwikkeling – ook als doel om na te gaan of archeobotanische indicatoren (bijvoorbeeld sporen die wijzen op akkerbouw) in de sedimenten aanwezig zijn.
Van de boring A17 is het Hollandveen en de basis van de Sluiskilafzettingen onderzocht en van de boringen A26, A33 en A36 de lemige en organogene afzettingen van de Schelderestgeul afzettingen.
Het makroresten doel had ook als doel organische resten uit te zoeken die geschikt waren voor ^{14}C-dateringsonderzoek. In totaal zijn 15 makroresten samples voor dit doel genomen (Hfst. 6).

2.6 Rapportage

In deze eindrapportage wordt verslag gedaan van alle onderzoeksresultaten. Het korte rapport van Koeman & Bijkerk (Hfst. 7.1) is in dit rapport geïntegreerd de uitgebreide rapporten van BIAX (verwijzing in Hfst. 7.2) en GATE (verwijzing in Hfst. 8) zijn als aparte bijlagen in dit rapport opgenomen. Op basis van deze informatie is het archeologisch verwachtingsmodel op geologisch laag niveau opgesteld en worden aanbevelingen gedaan over het archeologisch vervolg onderzoek.

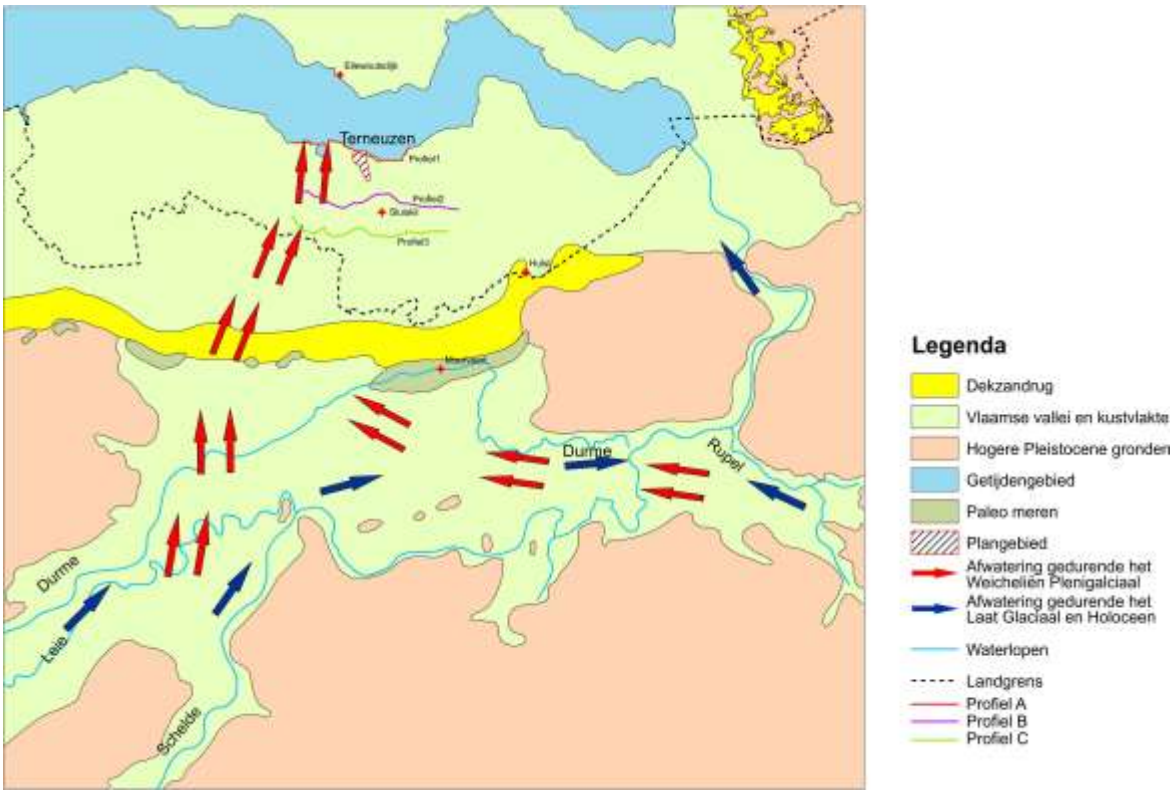


Fig. 6. Morfologische kaart van de Vlaamse Vallei en Holocene kustvlakte met daarop de paleodrainage patronen in het Weichselien; naar: Kiden (1991) en Crombé et al. (2013).

Foto 1. Opname van de archeologische boorkernen Terneuzen die uitgelegd zijn in de sedimentbeschtijgruimte van TNO (foto M. Bats)

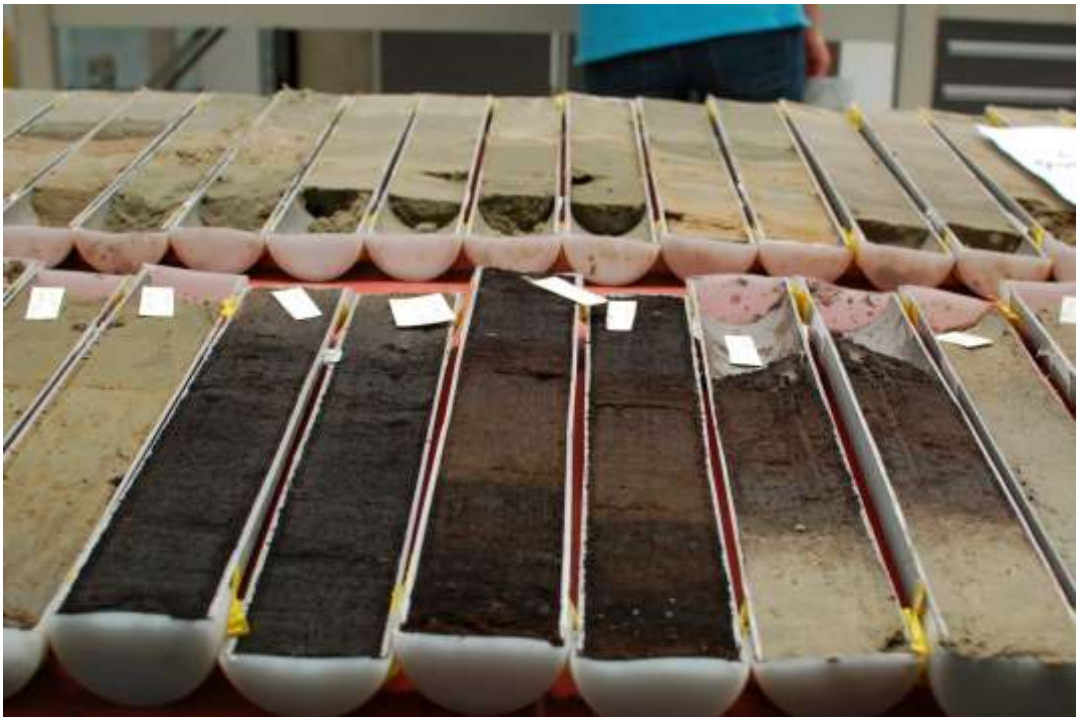


Foto 2. Foto 1. Opname van de archeologische boorkernen Terneuzen die uitgelegd zijn in de sedimentbeschtijgruimte van TNO (Foto M. Bats).

Foto 3. Discussie tussen Frederike Verbruggen en Peter Vos over de boorkern selectie voor het paleo-ecologisch en dateringsonderzoek (Foto M. Bats).

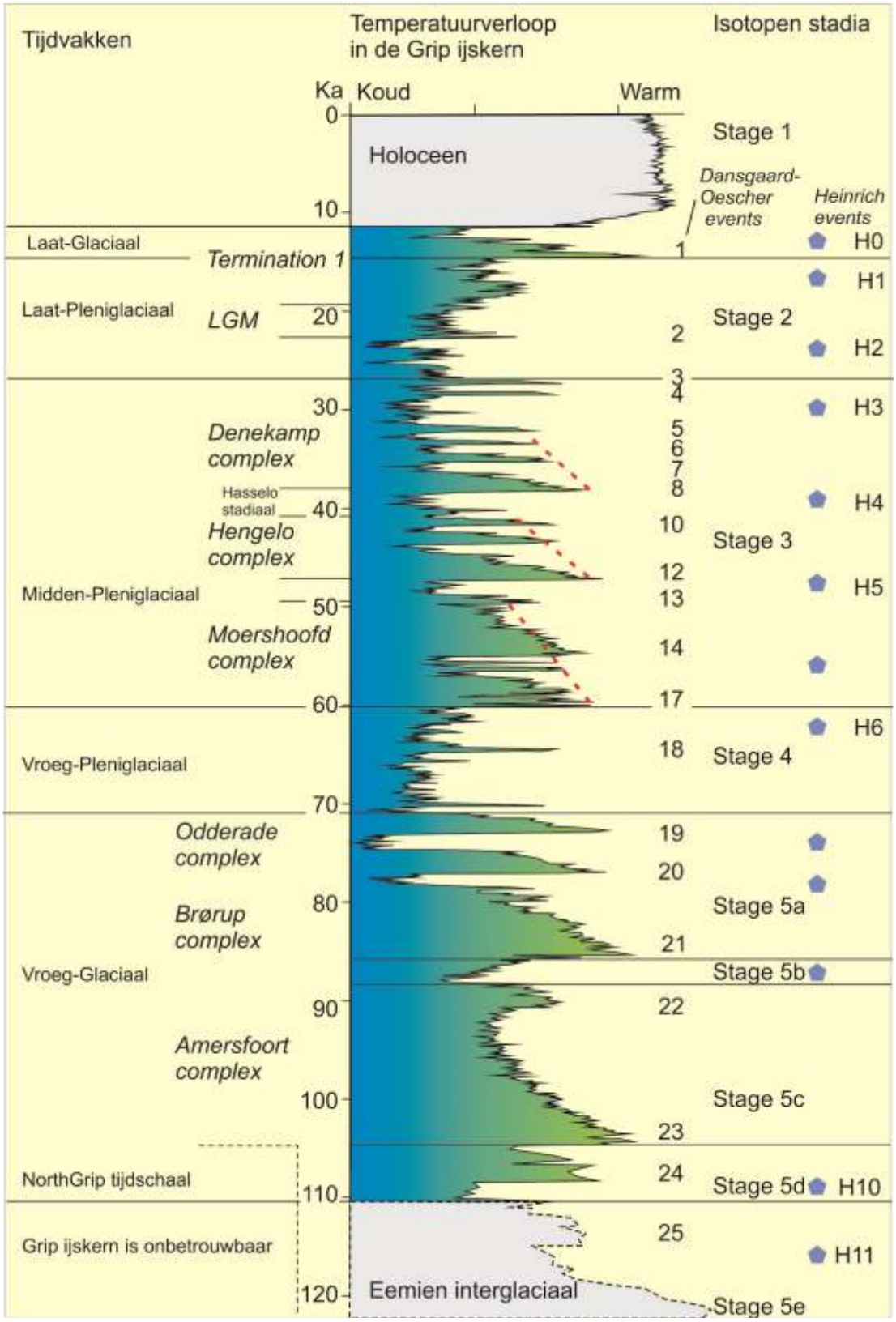


Fig 7. Tijdtabel voor het Laat Pleistocene met daarin aangegeven de stadiale en interstadiale perioden; naar Van den Berg (2012).

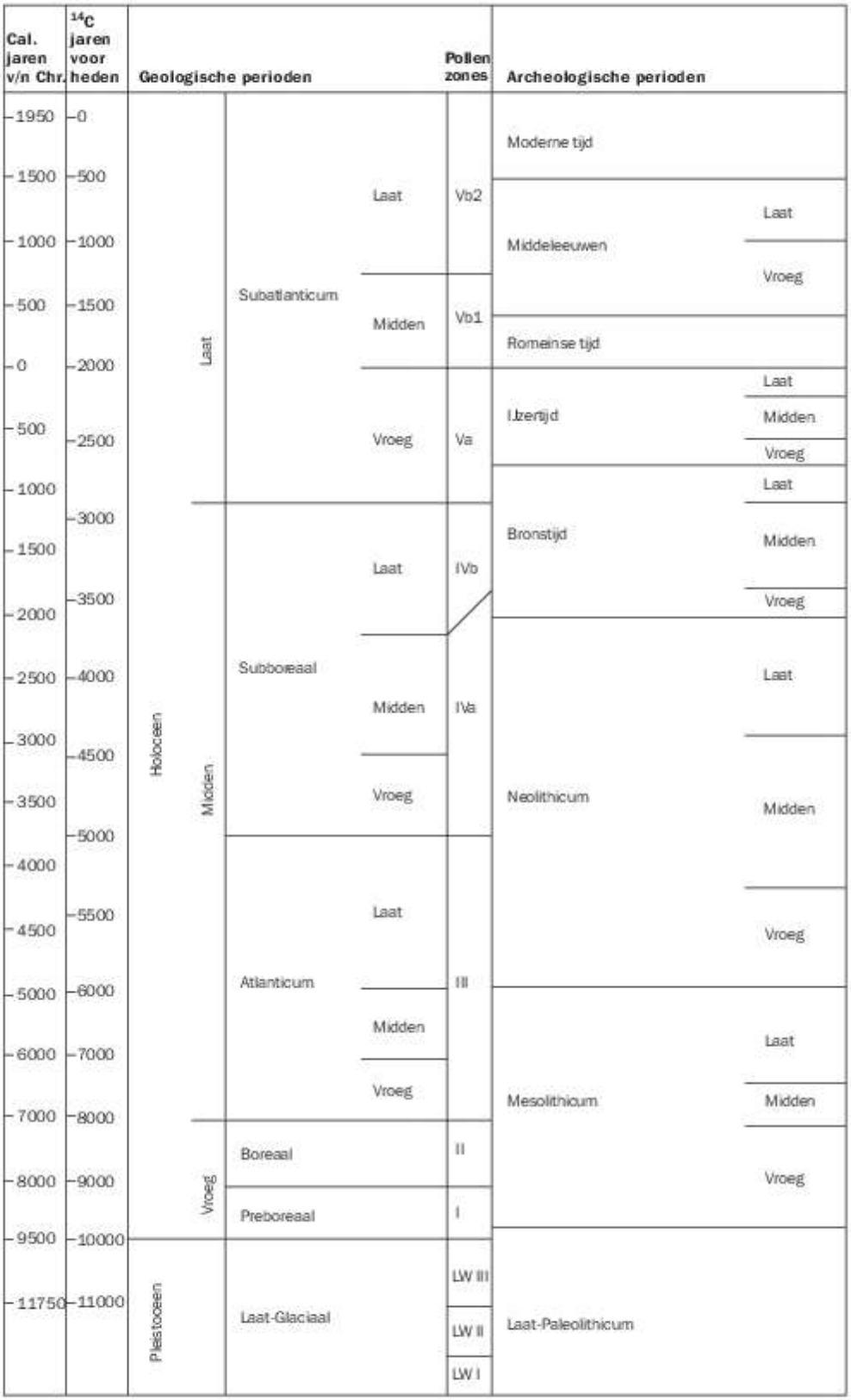


Fig. 8. Tijdtabel voor het Holoceen.

3 Geologische setting

De Tertiaire afzettingen vormen het substraat van de te onderzoeken sedimenteenheden in het plangebied. Deze afzettingen zijn gevormd in de tijdperiode van 33,7 - 2,6 miljoen jaar geleden. Omdat de mens toen nog niet aanwezig was, zijn deze afzettingen archeologisch gezien niet belangrijk. De oudere Tertiaire afzettingen hebben wel de geologische ontwikkeling in het Pleistoceen bepaald en om die reden relevant voor de ontstaansgeschiedenis van het gebied. Met name het voorkomen van de stugge Boomse klei heeft de vorming van de jongere Pleistocene afzettingen in sterke mate bepaald omdat deze klei erg resistent was tegen erosie. Deze Boomse Klei behoort tot de Rupel Formatie en is gevormd in het Oligoceen (33,7 – 23,8 miljoen jaar geleden; De Mulder e.a, 2003). Deze resistente klei komt in het gebied rond Terneuzen voor op een diepte die varieert tussen ca. 20 en ruim 40 m –NAP. In het noordwestelijk deel van het plangebied is de Boomse klei geërodeerd (Profiel A; Bijlage B) en dit erosiegebied loopt in zuidwestelijke richting door (Profiel B en C; Bijlage B). Het is waarschijnlijk dat deze erosieve depressie reeds gevormd is tijdens de afzetting van de mariene glauconiet houdende zanden van de Formatie van Breda (Mioceen / Vroeg Plioceen; 23,8 - 4 miljoen jaar geleden) omdat restanten van de glauconiet houdende zanden lokaal nog in situ in de ondergrond van het plangebied zijn waargenomen (bijvoorbeeld in profiel 3; Bijlage B).
In de Pleistocene tijdperiode is de depressie lange tijd een laagte gebleven. Tijdens de hoge zeespiegelstand tijdens de interglaciale periode van het Eemien (130-115 duizend jaar geleden) is het gebied overstroomd. Het grootste deel van de mariene Eem afzettingen die zich toen vormde, zijn later geërodeerd door de Schelde rivier. In het plangebied zijn op enkele locaties nog Eem kleien in situ waargenomen (o.a. boring A23; 54 E1953; profiel 1.3, Bijlage B). Het overgrote deel van de gevormde Eem afzettingen is als reworked materiaal opgenomen in de Schelde afzettingen, en met name in het onderste deel van deze sediment eenheid (Formatie van Koewacht).
Tijdens de laatste ijstijd, het Weichselien (115 -11,6 duizend jaar geleden), daalde de zeespiegelstand weer sterk en veranderde het gebied in een continentaal landschap. De Belgische rivieren (Leie, Schelde en Rupel) gingen gebruik maken van het laaggelegen gebied (de ‘Vlaamse vallei’; Fig. 6). In een brede zone kwamen in dit gebied vlechtende rivier sedimenten tot afzetting (Formatie van Koewacht en Schelde restgeulafzettingen). Een belangrijke omslag in het fluviatiele landschap vond plaats op de overgang van het Midden Pleniglaciaal en Vroeg Glaciaal (Kiden & Verbruggen, 2001). Door de sedimentaire opvulling van de Vlaamse Vallei vonden Vlaamse rivieren een nieuwe opening bij Hoboken (zuidelijk van Antwerpen). Een nieuwe rivierloop ontwikkelde zich daar, die in noordelijke richting doorliep in de richting van Antwerpen en het gebied westelijk van de Brabantse wal. Deze omslag in de afwateringsrichting van de Belgische rivieren vond waarschijnlijk plaats rond 30.000 voor heden (Kiden, 1991). Door de klimaatverbetering en het verdwijnen van de permafrost in de ondergrond veranderde in het Laat Glaciaal dit riviersysteem van een vlechtend naar een meanderend systeem. Door de rivierverlegging, nam in het gebied van de Vlaamse Vallei (waaronder die van het plangebied) de fluviatiele activiteit echter sterk af. De meanderende rivierinsnijding, die zich in het Laat Glaciaal binnen de nieuwe rivierloop bij Antwerpen voordeed, vond daarom niet plaats in het gebied rond Terneuzen. Tijdens het Laat Glaciaal kwamen daar zandverstuivingen voor. Deze eolische afzettingen worden dekzand genoemd. Een markante west-oost lopende dekzandrug heeft zich in die periode gevormd

zuidelijk van de Nederlands-Belgische grens; in het gebied tussen Maldegem en Stekene (Bats, et al., 2009; Crombé, Fig. 6). Deze eolische rug heeft de fluviatiele watertoevoer vanuit het zuiden richting Zeeuws Vlaanderen definitief gestopt. Door de gebrekkige waterafvoer, die het gevolg was van deze afsluiting, ontwikkelde zich rond 14 en 12,5 duizend jaar geleden aan de Belgische kant van de grens - in het gebied van de Moervaart - een groot Laat Glaciaal meer (Bats et al., 2009; Crombé, et al., 2015).
In de gevormde dekzanden zijn bodems / veenlaagjes waargenomen. In de dekzandrug van Maldegem en Stekene is een bodem gedateerd aan het begin en het Allerød interstadiaal (Crombé et al., 2015). Bij Hulst is een Allerød veentje aangetroffen in het dekzand die gedateerd is tussen ca. 13,5-13 duizend jaar geleden (Hoek, 2014). In het plangebied is ook een dunne dekzandlaag aanwezig maar in deze laag zijn geen (Allerød) bodems waargenomen. De vorming van het dekzand ging lang door nabij Terneuzen. Zuidelijk van het plangebied is bij Sluiskil de dekzandvorming gedateerd tot in het Preboreaal (Wallinga e.a., 2010; De Moor, e.a., 2011).

Door de fluviatiele opvulling van de Vlaamse Vallei en de dekzandafzetting op deze fluviatiele afzettingen is de oorspronkelijke geometrie van de erosieve dalinsnijding niet meer herkenbaar op de kaart van het Pleistocene oppervlak aan het begin van het Holoceen (Fig. 9). De top van de Pleistocene afzettingen in en rond het plangebied ligt tussen de 2 en 3 m - NAP. Dit oppervlak heeft in het Holoceen enkele duizenden jaren droog gelegen. Als indirect gevolg van de zeespiegelstijging vernatte het gebied rond Terneuzen. Als gevolg van deze vernatting begon rond 4500 v. Chr. op grote schaal veenvorming in regio rond Terneuzen (Vos & Van Heeringen, 1997; De Moor e.a., 2011). In de overgangsfase, - vlak voor de periode van de grote veenvorming - ontwikkelde zich in het gebied op de Pleistocene ondergrond een groot bos dat bestond uit taxus en grove den (Munaut, 1967). Bomen van dit fossiele bos zijn onder meer gebruikt in de houtenconstructies van de Vroeg Romeinse nederzettingen in Ellewoutsdijk (Sier, 2003)
De grootschalige veenvorming rond Terneuzen ging door tot in de Romeinse tijd (Vos & Van Heeringen, 1997). Als gevolg van mariene inbraken in het Zeeuwse kustgebied kwam een einde aan deze veenontwikkeling en werd er een mariene klei over het veen afgezet; de zogenaamde Sluiskil afzettingen (Vos, 2008). De transgressieve kustontwikkeling in Zeeland was in sterke mate ‘uitgelokt’ door de mens. Door grootschalige antropogene ontginningen was de veenbodem sterk gezakt en door het graven van sloten en kanalen kon de zee tot in het hart van het veengebied binnen dringen. Tussen 300 en 500 n. Chr. was vrij wel heel Zeeland overstroomd. De Oosterschelde was lange tijd de hoofd afwateringsgeul van de Schelde rivier. Rond 1000 n. Chr. werd de invloed van de Westerscheldeloop steeds belangrijker en na de stormvloed van 1530 nam de Westerschelde de rol over van de Oosterschelde als hoofdgeul van de Schelde rivier (Vos, 2015). De Westerschelde geulafzettingen in het noordoostelijk deel van het Plangebied zijn in die periode gevormd (Nieuwe Tijd). Door de toename van de mariene activiteit zijn de laterale kwelderafzettingen uit die periode zandiger dan die van de Sluiskilafzettingen.
Vanaf de 11^{e} en 12^{e} eeuw ging de mens de kweldergebieden in Zeeland op grote schaal te bedijken. Door de bedijkingen en de sterke kunstmatige ontwatering daalde het maaiveld in de (klei-op) veenpolders sterk en werd deze kwetsbaar voor grote zee-inbraken wanneer de dijken het begaven. Het Braakmansysteem is een voorbeeld van een grootschalige inbraak waarbij langdurig landverlies in Zeeuws-Vlaanderen optrad en kleiafzetting in de geïnundeerde polders optrad. Ook het oorspronkelijk bedijkte gebied rond het plangebied

raakte in de 16e eeuw overstroomd. Grote landschapsveranderingen vonden ook plaats op de met veen afgedekte hoger gelegen zandgronden van Vlaanderen, Ook daar daalde het veenoppervlak sterk door de grootschalige ontginningen (veenafgravingen en verteren van veen door oxidatie). Op veel locaties is daar thans dit veen geheel verdwenen (Jongepier et al., 2011).
De Holocene landschapsontwikkeling voor de regio rond het plangebied - zoals die hierboven is beschreven -is gevisualiseerd in de paleogeografische kaartjes van Fig.10a t/m 10g.

4 Geologisch model

4.1 Lithostratigrafie van het plangebied

De lithologie van de geologische laageenheden, die tot 60 m –NAP in de ondergrond van het plangebied voorkomen en weergegeven zijn in de geologische profielen (profielen 1 t/m 5; Bijlage B) zal hieronder beschrijven worden. De beschrijving van de laageenheden gaat van boven naar beneden. De laagcodes die in de profielen gebruikt worden zijn tussenhaakjes toegevoegd. Van de onderscheiden eenheden wordt tevens een inschatting gemaakt in welke tijdperiode ze gevormd zijn.

4.1.1 Holocene afzettingen

Sluiskaden afzettingen (AaOp)
Dit zijn opgebrachte gronden (verstoorde afzettingen) die veelal uit de directe omgeving afkomstig zijn. De organogene resten in de eenheid wijzen daarop. Het pakket is sterk wisselend en bestaat uit zanden, lemige en organogene afzettingen en puin.

Westerschelde afzettingen (NaWe)
Lithologie en milieu: De Westerschelde afzettingen bestaan uit mariene zanden en kleien die de laatste 1000 jaar gevormd zijn. Aan de noordwestzijde van het plangebied hebben grote getijdengeulen zich ingesneden. Deze geulafzettingen zijn gelaagd en bestaan uit zand met een wisselend aantal kleilaagjes. Naar de basis van de geul neemt in het algemeen het zandgehalte (laagjes) toe. Deze afzettingen bevatten een mariene schelpenfauna.
Lateraal van de geul zijn kleien afgezet die gelaagd zijn met dunne (kronkelige) siltige en uiterst fijnzandige zandlaagjes. De kleien zijn gevormd in een kweldermilieu. Deze kwelder lag meer geëxponeerd ten opzichte het geul- en intergetijden gebied dan de kwelder van de onderliggende Sluiskil afzettingen.
Diepte: De kwelderdek afzettingen van de Westerschelde liggen rond de 0 en 1 m –NAP, de grote getijdengeul in het noordwestelijk deel van het gebied heeft zich ingesneden tot 20 – 30 m –NAP.
Ouderdom: De Westerschelde afzettingen zijn gevormd na ca. 1000 n. Chr.

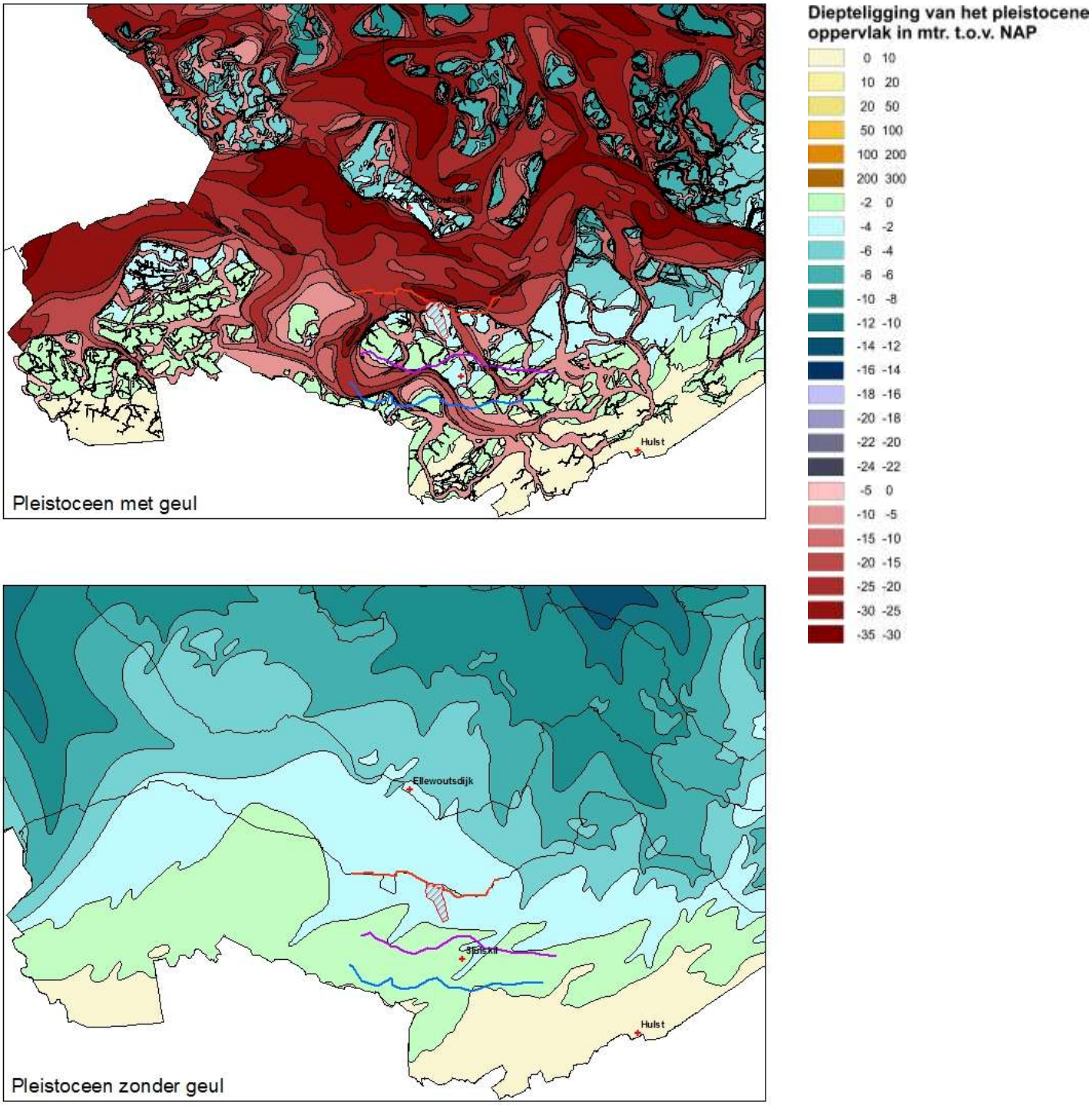
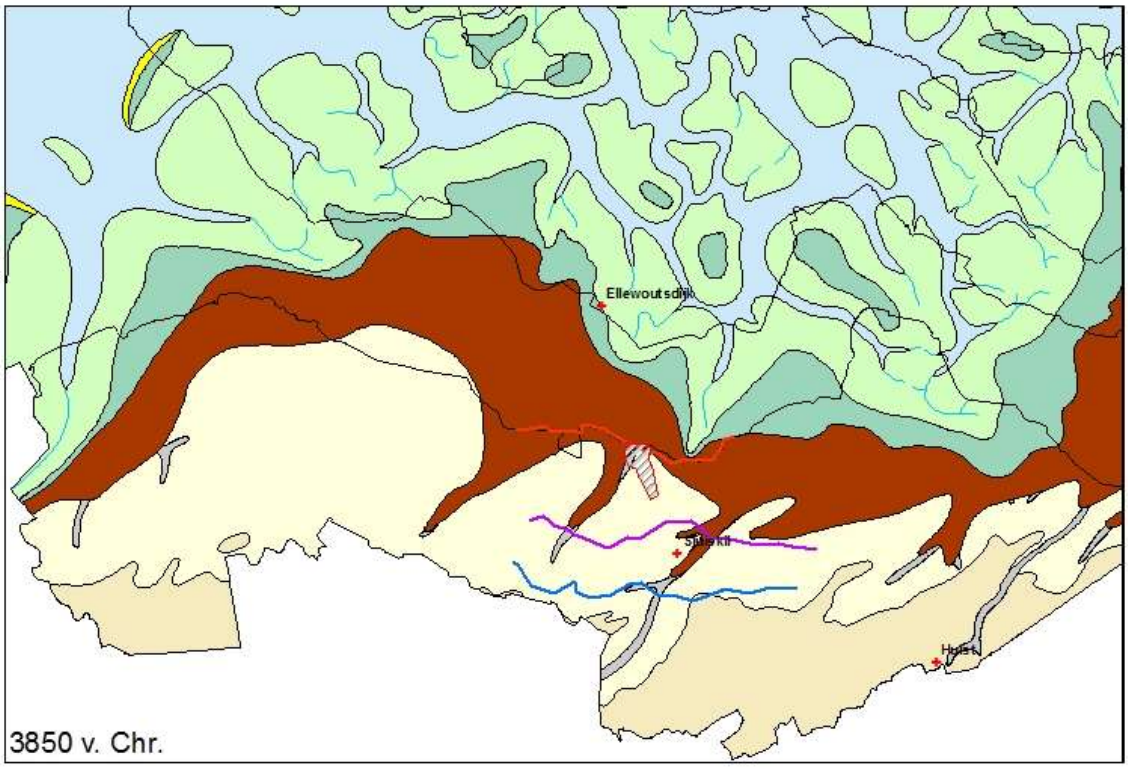
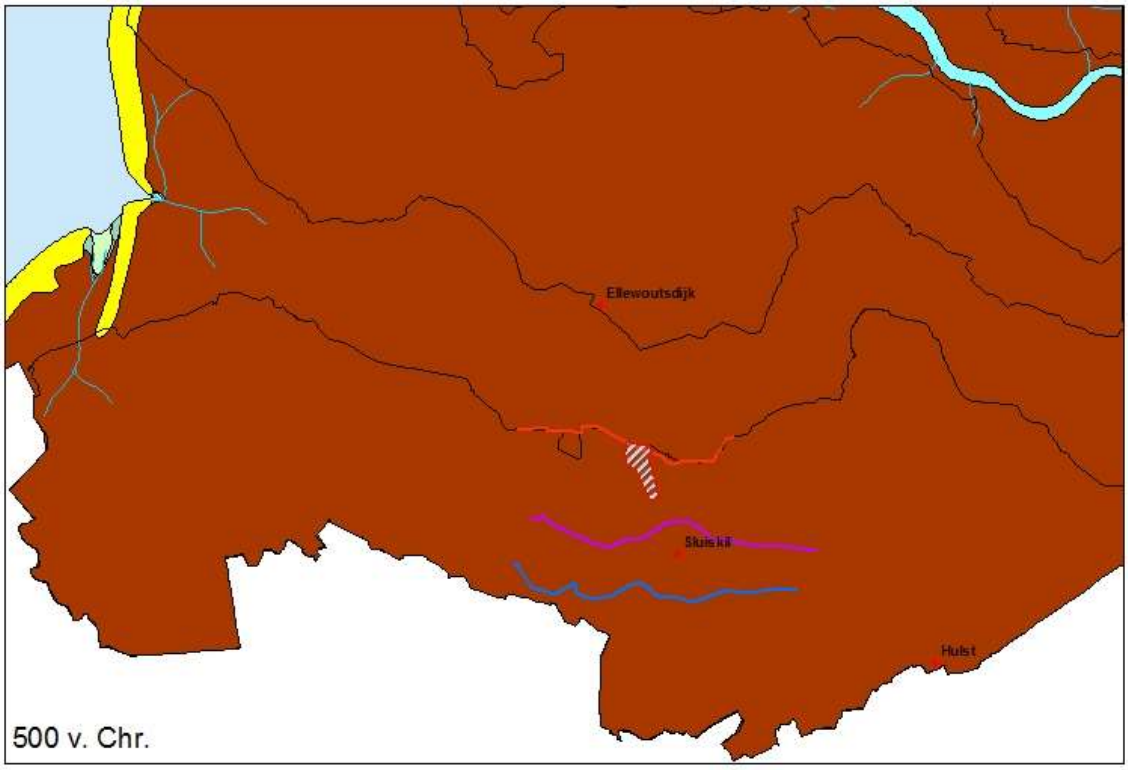
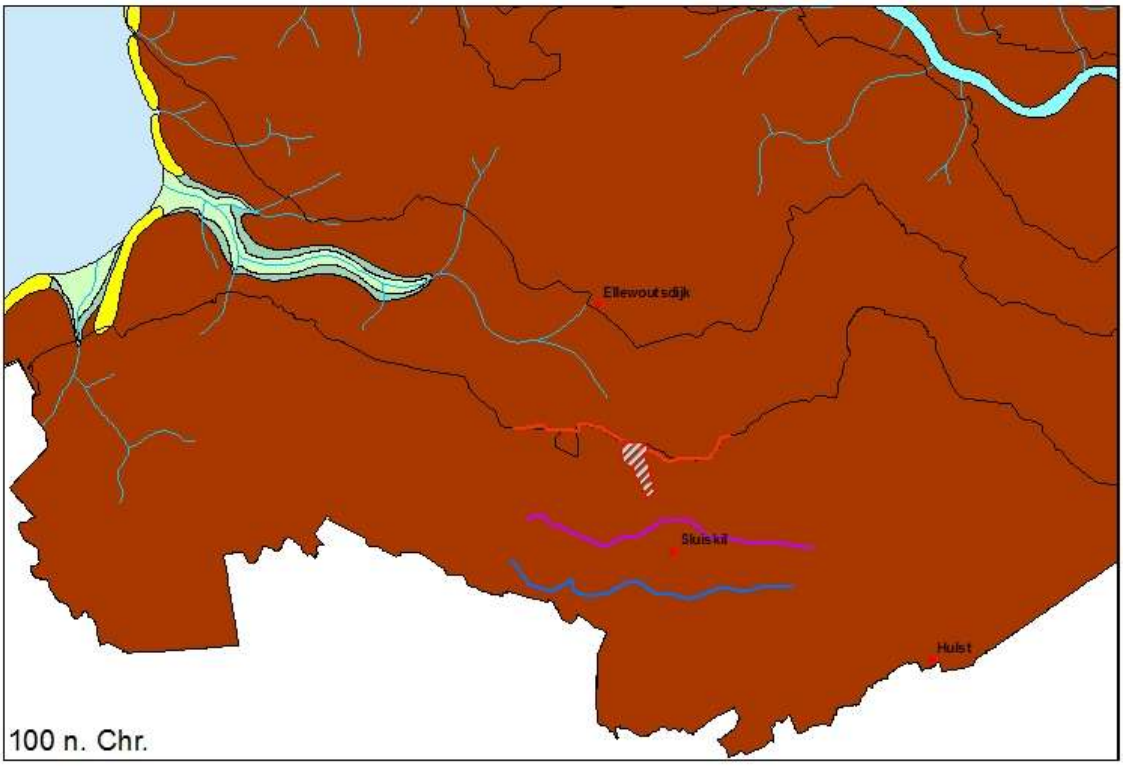
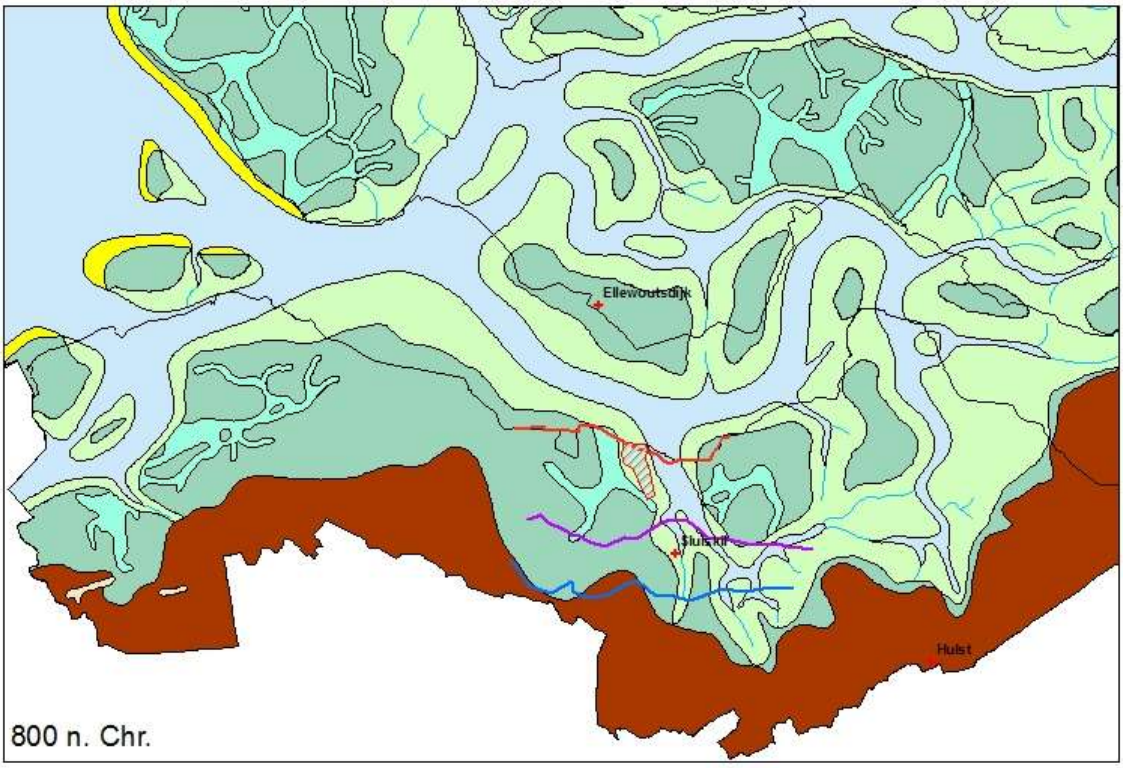


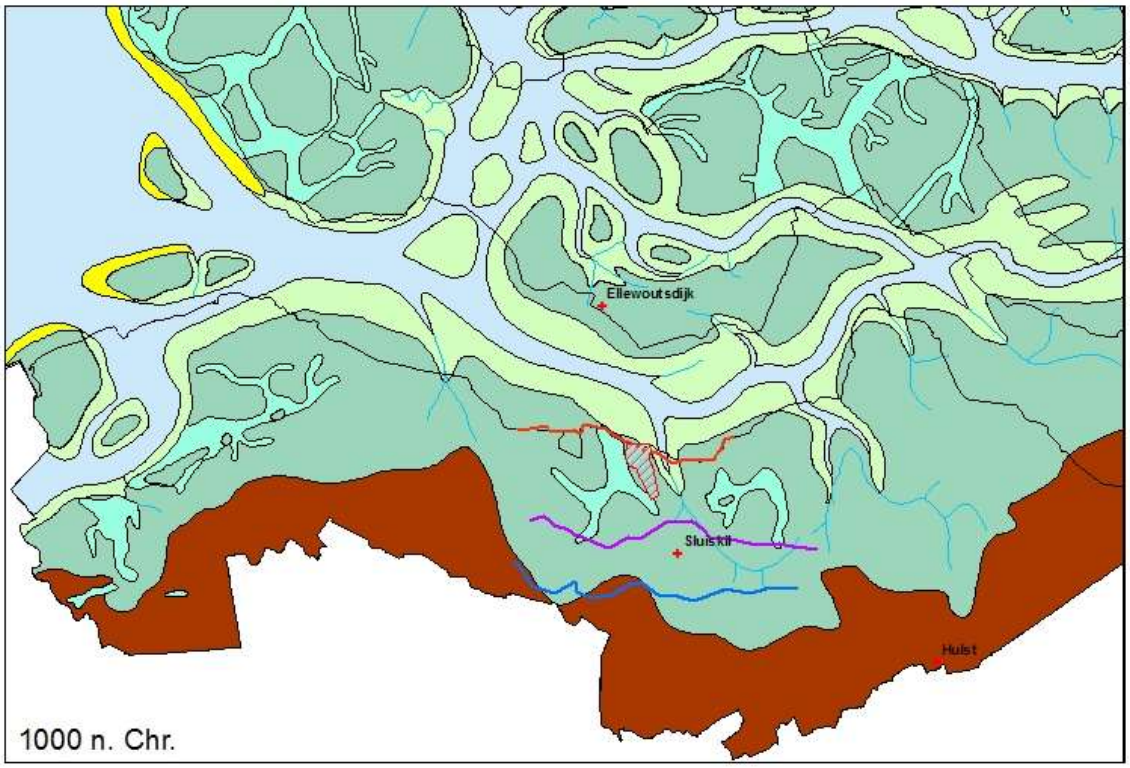
Fig. 9. Top Pleistoceenkaarten kaarten van het gebied rond de Westerschelde monding. Fig. 9a. Top Pleistoceenkaart met Holocene geulinsnijdingen;en Fig. 9b. Gereconstrueerde kaart van de top van het Pleistocene oppervlak aan het begin van het Holoceen.

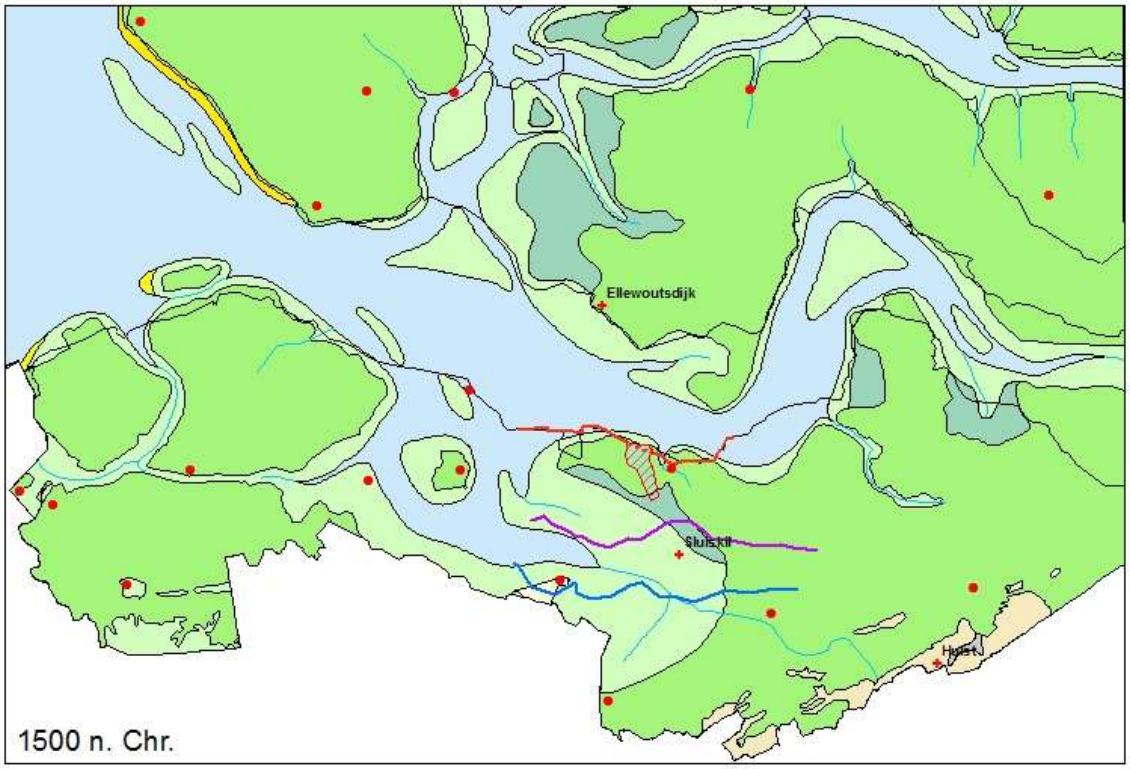

Ellewoutsdijk
Sluiskil
Hulst
3850 v. Chr.


Ellewoutsdijk
Sluiskil
Hulst
500 v. Chr.


Ellewoutsdijk
Sluiskil
Hulst
100 n. Chr.


Ellewoutsdijk
Sluiskil
Hulst
800 n. Chr.


Ellewoutsdijk
Sluiskil
Hulst
1000 n. Chr.


Ellewoutsdijk
Sluiskil
Hulst
1500 n. Chr.

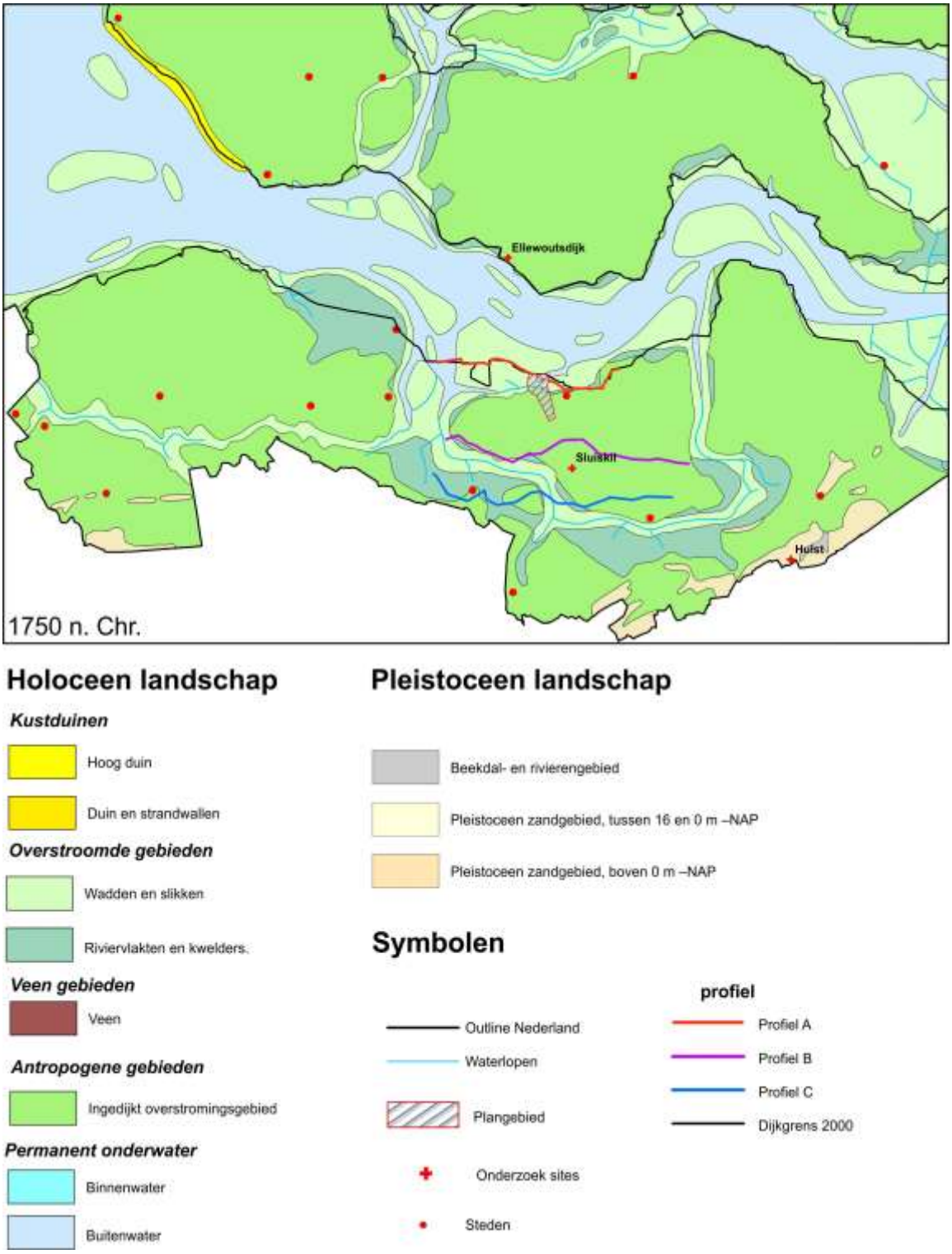


Fig. 10. Paleogeografische kaarten van het gebied rond de Westerschelde in het Holoceen. Fig. 10a: 3850 v. Chr.; Fig. 10b: 500 v. Chr.; Fig. 10c: 100 n. Chr.; Fig. 10d: 800 n. Chr.; Fig. 10e: 1250 n. Chr.; Fig. 10f: 1500 n. Chr.; en Fig. 10g: 1750 n. Chr.

Sluiskil afzettingen (NaSi)
Lithologie en milieu: De Sluiskil afzettingen liggen op het Basisveen en bestaan uit zware stugge kleien, die aan de basis vaak humeus zijn. De ondergrens is vaak scherp. Zandlaagjes komen niet of nauwelijks in deze kwelder kleilaag voor. Tot de Sluiskil afzettingen behoren ook de sterk gelaagde geulafzettingen. Deze afzettingen zijn in gesneden tot in de Pleistocene ondergrond en hebben het Basisveen geërodeerd. De geulafzettingen bestaan uit kleien met fijn gelaagde zandlaagjes. In het algemeen zijn de fijn gelaagde geulafzettingen schelploos. Alleen in de top zijn enkele dubbelkleppige *Scrobicularia plana* schelpen (in levenstand) waargenomen.
Diepte: Het kwelderdek ligt op een dieptetussen de 1 en 3 m –NAP en de gelaagde geulafzettingen kunnen zich ingesneden hebben tot ruim 10 m -NAP.
Ouderdom: De Sluikilafzettingen zijn gevormd tussen ca. 300 en 1000 n. Chr.

Basisveen (NiBa)
Lithologie en milieu: Het veendek op de Pleistocene afzettingen en onder het mariene kleidek van de Naaldwijk Formatie wordt Basisveen genoemd (Vos, 2015). Aan de basis komen houtresten voor die er op wijzen dat ook in het plangebied restanten van een oud bos op de Pleistocene ondergrond aanwezig is. Daarboven bevinden zich venen die veelal sterk amorf zijn en gevormd in een eutroof milieu. Daar weer boven komt oligotroof veen voor met veenmoslagen ook zijn heide takjes waargenomen. De top van het veen is geoxideerd en donker van kleur (donkerbruin tot zwart). Plantenresten zijn niet of nauwslijk te herkennen. Waarschijnlijk is de oorspronkelijke (ijzertijd/Romeinse) top van het veen verdwenen doordat het volledig verteerd door oxidatie.
Diepte: de top en basis veenlaag varieert in diepte tussen de ca. 2 en 4 m –NAP.
Ouderdom: De veenvorming heeft plaatsgevonden vanaf ca. 4500 – 3500 v. Chr. tot rond 200 n. Chr.

4.1.2 Pleistocene afzettingen

Formatie van Boxtel, Laagpakket van Wierden / dekzand (BxWi)
Lithologie en milieu: De bovenkant van de Pleistocene afzettingen bestaat uit matig fijn dekzand. Het zijn eolische, structuurloze afzettingen die als een deken over de onderliggende gelaagde Pleistocene Schelde afzettingen heen liggen. In de top van het dekzand wordt een bodem aangetroffen. Dit betreft veldpodzolen en moderpodzolen. In een enkel geval zijn ook micropodzolen met een dunne grijze uitspoelingslaag (E-horizon) waargenomen. De dekzandlaag is relatief dun, vaak 0,5 tot 1 m. De gelaagde zandige afzettingen - onder het dekzand en boven de (organisch rijke) lemige lagen - zijn bij het Laagpakket van Singraven gerekend (Schelde restgeulafzettingen). Deze zanden zijn gevormd door wind en water (aqua-eolisch milieu) en in feite een overgangslaag tussen de eolische dekzanden en de overwegend aquatische afzettingen van de Schelde.
Diepte: De dekzand laag ligt tussen ca. 2 en 5 m –NAP; het maximale reliëf van de top van het dekzand binnen het plangebied bedraagt ca. 2m.
Ouderdom: De dekzanden zijn gevormd in de periode tussen ca. 16.000 en 10.000 voor heden

Formatie van Boxtel, Laagpakket van Singraven / Schelde restgeulafzettingen (BxSi1)

Lithologie en milieu: Deze eenheid bestaat uit gelaagde afzettingen met een sterk wisselende lithologie. De afwisseling bestaat uit lagen met matig fine zanden, gelaagde kleiige en lemige afzettingen, organogene afzettingen en laagniveaus met bodemvorming. De afzettingen zijn in het algemeen kalkrijk. De afzettingen zijn gevormd in een fluviatiel milieu maar perioden van droogvalling (bodems) en waterstagnatie (venige afzettingen) afzettingsmilieu die gedurende perioden onderwater stond maar ook langere tijd kon droogvallen (paleobodems wijzen daar op). De basis van deze laageenheid wordt gelegd aan de onderkant van het diepste organische niveau.
Omdat er bodems en organische afzettingen in de eenheid voorkomen worden de afzettingen geïnterpreteerd een laatste opvulling van het Schelde / Rupel systeem ('restgeulafzettingen'); gevormd in de tijdperiode voor de Hoboke Schelde doorbraak bij Antwerpen (hfst. 3).
Diepte: De eenheid komt voor op een diepte tussen ca. 3 en 12 m –NAP.
Ouderdom: De ouderdom van de restgeulafzetting wordt geschat tussen ca. 40.000 en 30.000 voor heden.

Formatie van Boxtel, Laagpakket van Singraven / Schelde afzettingen (BxSi2)
Lithologie en milieu: Deze Schelde afzettingen bestaan uit gelaagde matig fijne zanden afgewisseld met lemige niveaus of laagjes. Een spoor tot weinig schelpmateriaal is aanwezig. De afzettingen zijn in het algemeen kalkarm. Ook glaconiet komt in de afzettingen voor en het gehalte neemt naar de onderkant van de afzettingen toe. Het glauconiet is geremaineërd en komt uit de afzettingen van de Formatie van Oosterhout en Breda. Ook het schelpmateriaal is geremanieërd en komt hoofdzakelijk uit de (geërodeerde) Eem afzettingen. Het verschil met de Schelde restgeulafzettingen (BxSi1) is dat er geen bodems of organische lagen in deze eenheid voorkomen. De Schelde afzettingen is de fijnere variant van Koewacht Afzettingen (BxSi2) en de overgang naar deze afzettingen is geleidelijk. De Schelde en Koewacht Afzettingen zijn gevormd in het vlechtende riviersysteem van de Schelde en Rupel in de Vlaamse Vallei.
Diepte: Deze afzettingen liggen op een diepte tussen de ca. 10 en 17 m –NAP.
Ouderdom: De afzettingen zijn waarschijnlijk gevormd in het Vroeg Pleniglaciaal of Vroeg Glaciaal.

Formatie van Koewacht, schelphoudende zanden (KoWa)
De basis van de afzettingen van Koewacht bestaat uit matig fijn tot grof zand. De zanden bevatten veel (geremaineërde) schelpresten en grind (vuursteen) en is in het algemeen kalkarm. Dat het schelpmateriaal geremanieerd is, is onder meer te zien aan de sterke corrosie en afronding van de aangetroffen schelpresten. De Koewacht afzettingen bevatten relatief veel glauconiet houdend zand. Het schelpmateriaal is waarschijnlijk geremanieërd en komt uit de (geërodeerde) Eemafzettingen en voor een klein deel ook uit de oudere Tertiare afzettingen. Mogelijk zijn nog oorspronkelijk – niet geërodeerde - Eem afzettingen aanwezig in de ondergrond van het plangebied. Het onderscheid tussen wel en niet geërodeerde Eem afzettingen is echter moeilijk te maken en om die reden worden alle grove schelphoudende zanden tot de Koewacht Formatie gerekend. De basis van de schelphoudende zanden ligt erosief op de onderliggende Boomse klei.
De Eem schelpenfauna bestaat uit (brokstukken van): *Chlamys spec., Ostrea edulis, Venus ovata* en *Cyprina islandica.* Pliocene schelpen die zijn aangetroffen, zijn: *Astarte montagui, Turritella cf. triplicata* en *Gibbula octosulcata.* Een doorloper in de tijd is de aangetroffen schelp *Natica sp.*

De Tertiaire en Eem schelpenfauna, die in de Koewacht afzettingen zijn gevonden, komt ook voor in de Schelde- en Schelderestgeul afzettingen, maar dan in veel geringere aantallen. Het grind in de Koewachtafzettingen (en bovenliggende Schelde afzettingen) bestaat uit onder meer uit afgerond vuursteen, afgeronde fosforiet knollen (grotere en kleinere stukken; ca. 0.5 – 3 cm in diameter) en enkele stukken kalksteen en fijn kwarts (tot 1 cm).Verder is ook – geremanieërd - versteen Watvisbot aangetroffen en een stukje bot (boring A30 / 54E1960).
Diepte: De eenheid ligt op een diepte tussen ca. 16 en 30 m –NAP.
Ouderdom: De afzettingen zijn waarschijnlijk ontstaan tijdens het Vroeg Pleniglaciaal of Vroeg Glaciaal; of mogelijk ook in de laatste fase van het Eem.

Tertiaire afzettingen

Formatie van Breda, (BrRu)
De zandige afzettingen van Breda zijn alleen bewaard gebleven In de diepere insnijdingen in de Boomse klei. Het zijn matig fijne zanden, sterk glauconiet houdend en donkergroen van kleur. De aangeboorde afzettingen zijn homogeen van structuur, duidelijke gelaagdeheid of schelpen zijn niet aangetroffen.
Diepte: De eenheid ligt op een diepte tussen ca. 16 en 30 m –NAP.
Ouderdom: Mioceen / Vroeg Plioceen.

Rupel Formatie / Boomse klei (RuBo)
Deze afzetting bestaat uit bruingrijze tot groen grijze, homogene, stugge, zwak siltige klei. Door de diepere ligging tussen de 20 en 30 m – NAP is deze klei niet in alle (archeologisch) boringen aangeboord. De klei-afzetting is gevormd in een open marien milieu met waterdiepte tussen van enkele tot honderden meters. De basis van de laageenheid in de profielen is hoofdzakelijk gekarteerd aan de hand van sondeergegevens.
Diepte: De Boomse kleilaag varieert in diep tussen de ca. *17 en 40* m –NAP.
Ouderdom: De klei is gevormd in het Oligoceen (ca. 30 – 35 miljoen jaar geleden).

Formatie van Tongeren, Laagpakket van Zelzate, Laag van Ruisbroek (ZeRu)
Deze eenheid bestaat uit groengrijze glauconiet houdende zanden en is gevormd in een ondiep marien milieu. De laageenheid is gekarteerd in de profielen op basis van sondeergegevens.
Diepte: Deze zandige laag ligt op een diepte tussen de ca. 36 en 52 m –NAP.
Ouderdom: Laat Eoceen / Oligoceen

Formatie van Tongeren, Laagpakket van Zelzate, Laag van Ruisbroek (ZeWa)
Deze kleige eenheid bestaat en is gevormd in een ondiep marien milieu. De laageenheid is gekarteerd in de profielen op basis van sondeergegevens.
Diepte: Deze kleiige laag komt voor vanaf ca. 52 m –NAP en de onderkant ligt dieper dan 60 m -NAP.
Ouderdom: Laat Eoceen / Oligoceen

4.2 Bodems in de Schelderestgeul afzettingen

De Schelde restgeulafzettingen is een complexe eenheid. Archeologisch is dit laagcomplex van belang omdat het een afwisselend milieu is geweest waar in de Weichsel ijstijd grote zoogdieren zoals de mammoet daar rondgelopen hebbent. Het is waarschijnlijk dat de mens op deze dieren gejaagd heeft en dat om die reden er in deze afzettingen archeologische resten uit de vroege steentijd aanwezig zijn. In de afzettingen zijn humeuse zandige niveaus herkend die beschreven zijn als bodems (Bijlage A; Tab. 1). Tijdens de vorming van deze bodemniveaus heeft er gedurende langere tijd geen sedimentatie plaatsgevonden en deze niveaus zijn om die reden relatief kansrijk. De conclusie dat alleen de beschreven bodemniveaus archeologisch kansrijk zijn mag echter niet getrokken worden. Ook de organogene niveaus en de aqua-eolische afzettingen waren voor de mens goed begaanbaar en daarin kunnen zich ook archeologische sporen en resten in bevinden. In de organogene lagen zijn waarschijnlijk de paleontologische resten het beste bewaard gebleven.

Boornummer	*Diepte in cm – MV*	*Diepte in m -NAP*
A02 - 54E1933	925-962	10.60-10.67
A16 - 54E1947	1192-1194	8.72-8.74
A17 - 54E1948	964-971	615-622
A20 - 54E1950	930-933 1015-1017	6.10-6.13 6.95-6.97
A21 - 54E1951	425-450	9.05-9.30
A22 - 54E1952	1024-1028	6.55-6.59
A23 - 54E1953	1250-1265 1425-1430	6.55-6.70 8.30-8.35
A24 - 54E1954	1120-1143 1235-1255	7.59-7.82 8.74-8.94
A25 - 54E1955	985-995	5.97-6.07
A28 - 54E1958	1396-1398 2225-2240	6.51-6.53 14.80-14.95
A29 - 54E1959	1570-1572	8.54-8.56
A30 - 54E1960	1170-1173 1182-1190 1390-1410 1435-1440	6.45-6.48 6.57-6.65 8.65-8.85 9.10-9.25
A31 - 54E1961	1360-1372	8.67-8.79
A34 - 54E1964	1380-1385 1550-1570	7.82-7.87 9.52-9.72
A35-54E1965	1196-1198	5.74-5.76
A36-54E1966	1585-1589	9.94-9.98

Tabel 1. Bodemniveaus beschreven in de Schelde restgeulafzettingen (zie Bijlage A)

4.3 Geologische profielen

Om de geologische opbouw van de regio en het plangebied in beeld te brengen en kunnen beschrijven zijn een serie geologische profielen samengesteld.
De regionale profielen A t/m C (Fig. xx) geven een beeld van de geologische setting van het plangebied en liggen aan de noordzijde van het plangebied langs de Westerschelde zeedijk (Profiel A), aan zuidzijde van het plangebied en ten noorden van de nieuwe tunnel Sluiskil (Profiel B) en ter hoogte van Zijkanaal C van het Kanaal Terneuzen – Gent (Profiel C).
Van het plangebied zijn twee noord-zuidprofielen over de sluiskaden samengesteld (profiel 1 en 5) en drie west-oost profielen (profielen 2 t/m 4).

4.3.1 Regionale profielen

Profiel A
De Boomse klei is in dit profiel een doorgaande laag, veelal dikker dan 12 m en waarvan de top van de laag in dit profielgebied niet boven de 20 m –NAP uitkomt. De top van de Boomse klei is geërodeerd door de mariene, glauconiethoudende zanden van Formatie van Breda die zich lokaal tot een diepe van meer dan 30 m –NAP hebben ingesneden. Ook de basis van de Koewacht afzettingen ligt erosief op de Boomse klei of glauconiet zanden van de Breda.
De afzettingen boven de 20 m –NAP bestaan in dit profielgebied voor het grootse deel uit zandige getijdengetijden afzettingen van de Westerschelde. Geulen hebben zich tot maximaal 30 m ingesneden. De post-middeleeuwse geulafzettingen hebben daar de sequentie van Sluiskil, Basisveen, dekzand, Schelde- en Schelderestgeul afzettingen volledig geërodeerd.
Ook de ondergrond van het noordwestelijk deel van het plangebied in dit profiel bestaat voor het overgrote deel uit Westerschelde getijdenafzettingen en is de genoemde oudere laagsequentie opgeruimd. Het noordoostelijk deel van het plangebied en het gedeelte ter hoogte van de stad Terneuzen, is de laagsequentie wel bewaard gebleven. Het is als het ware een ‘eiland’ dat ingeklemd is tussen twee grote geulsystemen van de Westerschelde (rode geulen in de kaart van Fig. xx). Dit niet geërodeerde ‘eiland’ komt ook in het midden en zuidelijk del van het plangebied voor (zie profielen 1 t/m 5),

Profiel B
De beschikbare boringen in het zuidelijk van het plangebied liggende profiel B zijn minder dan 40 m –NAP en hebben de Booms klei niet doorboord. In het westelijk deel van het profiel hebben de mariene glauconiet zanden van de Formatie van Breda de Boomse klei tot meer dan 38 m –NAP. Ook de fluviatiele Koewacht zanden hebben zich in dit deel ingesneden tot meer dan 30 m –NAP. Ter hoogte van het Kanaal Terneuzen – Gent en het gebied oostelijk daar van is de bovenkant van de Boomse klei minder diep geërodeerd en ligt de top tussen de 12 en 18 m –NAP. Zover de boringen aangeven, ligt hier de basis van de Koewacht zanden boven de 20 m –NAP. De laagsequentie van Basisveen, dekzand, Schelde- en Schelderestgeul afzettingen is plaatselijk geërodeerd door de geulafzettingen van het Laagpakket van Walcheren (Westerschelde- en Sluiskil geulen samengenomen). De geulen zijn kleiner in omvang (breedte / diepte) dan die in noordelijk gelegen profiel A. Ter hoogte van het Kanaal – direct zuidelijk van het plangebied - is de laagsequentie intact.

Profiel C
Ook in het meest zuidelijk gelegen profiel , ter hoogte van Zijkanaal C, waren de beschikbare boringen niet diep genoeg om de basis van de Boomse klei te kunnen bepalen. De basis van deze keli ligt ook hier onder de 38 m –NAP. De bovenkant van de Boomse klei in het westelijk deel van het profiel is door de Breda zanden sterk geërodeerd tot een diepte van meer dan 35 m –NAP. In het oostelijk deel ligt de top van de Boomse klei tussen de 20 en 12 m –NAP. Ook in profiel C is de laagsequentie van Basisveen, dekzand, Schelde- en Schelderestgeul sterk versneden door Holocene getijdengeulen, in het westelijk deel met name die van de post-middeleeuwse Braakman systeem.

Samengevat komt uit de drie regionale geologische doorsneden tot uiting dat tussen de 12 en 40 m de stugge Boomse klei voorkomt en dat deze met name aan de westzijde van het Kanaal Terneuzen – Gent deze klei sterk versneden is door de mariene zanden van de Breda. De fluviatele Koewacht zanden hebben ook een erosieve basis en snijden zich het diepst in waar de Breda zandgeulen zich gevormd hebben.
In het bovenste deel van de profielen hebben Holocene getijdengeulen grote delen van de Pleistocene laagsequentie opgeruimd. Het plangebied is voor het grootste deel bewaard gebleven van deze mariene erosie. Het plangebied is als het ware een ‘eiland’ waar - boven de Koewacht zanden - de laagsequentie van Basisveen, dekzand, Schelde- en Schelderestgeul bewaard is gebleven.

4.3.2 Profielen plangebied

Profiel 1
Profiel 1 is de langste N-Z doorsnede door het plangebied en bestaat uit 4 profieldelen. De Boomse klei is over de volle lengte van alle profieldelen in de ondergrond aanwezig. In profieldeel 1.3 hebben de glauconiet zanden van Breda zich tot bijna 40 m –NAP ingesneden in de Boomse klei (RuBo). Het is niet uit te sluiten dat dit op meer locaties in het plangebied is gebeurd. Omdat de diepere geologische puntgegevens (> 30 m) beperkt zijn, kan het zijn dat daardoor de zanden van Breda niet zijn aangeboord en om die reden niet in het profiel is getekend.
De diepte van de top van de Boomse klei neemt naar het noorden toe. In het zuiden (profieldeel 1.4) ligt de top op ca. 14 m –NAP terwijl in het noorden (profieldeel 1.1) de top ligt op ca. 25 m -NAP; een diepte verschil van meer dan 10 m over een lengte van ca. 2 km.
Onder de Boomse klei komen, dieper dan 38 – 44 m –NAP, de zanden en kleien van de Formatie van Tongeren voor (ZeRu / Ze Wa). Het voorkomen van deze afzettingen in het profiel is bepaald aan de hand van de diepere sonderingen.
De top van de Boomse klei en die van de zanden van Breda (BrRU) hebben een erosief contact met de bovenliggende zanden van de Formatie van Koewacht (KoWa). Deze relatief grove zanden bevatten geremanieërde glauconiet uit de oudere Tertiaire afzettingen. Ook bevatten ze bevatten haaientandjes die afkomstig zijn uit oudere Miocene en Pliocene afzettingen die in het Belgische achterland aanwezig zijn. Verspoelde mariene schelpresten uit die periode zijn eveneens in de Koewacht afzettingen aanwezig. De verspoelde mariene schelpresten zijn niet alleen uit de Tertiaire afzettingen afkomstig ook mariene verspoelde schelpen uit de Eem periode komen in de Koewacht afzettingen voor.

Eem afzettingen (in situ) zijn aan de basis van de boring A23 (54 E1953; Profieldeel1.3) waargenomen en die bestaat uit een vrij slappe klei en daardoor sterk afwijkt van de stugge Boomse klei. Het kan zo zijn dat - vergelijkbaar als met de Breda geulafzettingen - er meer dieper gelegen restanten van de Eem afzettingen (Ee) in situ in de ondergrond van het plangebied voorkomen maar dat deze in de profielen niet zijn herkend zijn doordat voldoende diepere boorgegevens ontbreken en daardoor gemist zijn.
Boven de relatief grove Koewacht zanden komen matig fijne zanden voor die sterk gelaagd zijn. Deze afzettingen worden tot het Laagpakket van Singraven (BxSi) gerekend door het voorkomen van vele lemige lagen. De basis van dit laagpakket ligt aan de zuidzijde van het profiel (profieldeel 1.4) op ca. 14 m –NAP en in het noordelijk deel (profieldeel 1.1) op ca. 17 m –NAP. Het laagpakket is op basis van het voorkomen van organiscche lagen (venen, lemige venen en detritusvenen) onderverdeeld in twee eenheden: de Schelde afzettingen (BxSi1), die allen gelaagd is op leemlagen, en de Schelde restgeulafzettingen (BxSi2) die naast leemlagen in de zandafzetting ook organogene lagen bevat. De laaggrens tussen de twee eenheden (basis onderste organische laag) varieert tussen de ca. 9 en 12 m –NAP. De top van de bovenste organische laag in de Schelde restgeulafzettingen ligt op ca. 5 m –NAP. Daarboven bevinden zich gelaagde zanden (zonder leemlaagjes) – die ook tot de Schelde restgeulafzettingen worden gerekend – en daar weer boven de dekzanden (Formatie van Boxtel, Laagpakket van Wierden; BxWi). Het zandpakket van deze twee lagen is relatief dun, veelal niet dikker dan 1,5 m. De top van dit zandpakket is zwak golvend en de top van het dekzand varieert tussen de 2 en 4 m –NAP over de volle lengte van het profiel, maar ligt het meest rond de 2,5 – 3 m –NAP.
Op het dekzand heeft zich een laag Basisveen ontwikkeld die in dikte varieert tussen de 0,5 en 1.5 m. Het veen is sterk gecompacteerd. Aan de basis bevat het houtresten en het is mogelijk dat restanten van een oud bos nog in de top van het dekzand / basis Basisveen aanwezig is, vergelijkbaar met het bos van Munaut (1967). Boven het veen met hout bevindt zich een oligotroof veen dat in de top sterk geoxideerd is (donkerbruin / zwart veen).
De laagsequentie Basisveen – dekzand – Schelderestgeul afzettingen (ca. 2 en 12 m –NAP) is in het grootse deel van het profiel bewaard gebleven. Deze sequentie is alleen opgeruimd waar mariene getijdengeulen zich hebben ingesneden en de oorspronkelijk aanwezige afzettingen hebben opgeruimd. In het N-Z profiel 1 zijn twee typen geulen te onderscheiden: 1) de oudere Romeinse- / vroeg middeleeuwse geulen van de Sluiskil afzettingen, die bestaan uit kleien met dunne zandlaagjes, en die tot een diept van max. 12 m –NAP zijn ingesneden (zie profieldelen 1.3 en 1.4) en 2) de grote Westerschelde geulinsnijding aan de noordkant van het profiel (profieldeel 1.1) plus twee kleinere versnijdingen daarvan (Profieldeel 1.1 en 1.3). De Sluiskil geulen in het zuidelijk deel van het gebied hebben een oostelijke aanvoerrichting en de Westerschelde geul komt vanuit het Noordwesten het plangebied binnen (Fig. xx). Vanuit deze geulen is een kwelderdek over het Basisveen afgezet. Het onderste kwelderdek van de Sluiskil afzettingen is te herkennen aan de zware textuur. Het bovenste kwelderdek van de Westerschelde is relatief zandig en door de vergravingen van de sluiswerken thans op veel plaatsen verdwenen. De bovenste laag bestaat uit een ophogingslaag (AaOp)van het sluiscomplex die in het algemeen ligt tussen de 0 en 6 m + NAP.

Profiel 2
Profiel 2 is het meest noordelijke west-oost profiel over de Westerbuitenhaven en het middensluiscomplex. De top van de Boomse klei ligt in dit profiel rond de 22 en 24 m. Het is

mogelijk dat aan de oostzijde van profiel 2 geulinsnijdingen van de glauconiethoudende zanden van Breda voorkomen (vergelijk profiel 3). Deze zijn niet in het profiel aangegeven omdat diepere boorgegevens in het oostelijk deel van profiel 2 ontbreken.
In de sluiskadegebieden is de laagsequentie Basisveen - dekzand – Schelde en Schelderestgeul afzettingen niet of nauwelijks door Westerschelde geulerosie aangetast. De laageenheden van deze sequentie liggen op vergelijkbare diepen zoals beschreven in profile 1. In het Westerbuitenhavengebied komen Westerschelde onder de haven bodem nog geulinsnijdingen voor op een max. diepte tussen de 16 en 20 m –NAP. De geuleninsnijdingen vertakken zich in het gebied van profiellijn 2 (Fig. xx) en deze vertakking kon gereconstrueerd worden dankzij de oudere boringen die gemaakt zijn voor de havenuitbreiding in 1962. Omdat de boorkolommen in het huidige watergedeelte van de Westerbuitenhaven nog geologische informatie geven, zijn in het profiel weergegeven.

Profiel 3
Het West-Oost profiel 3 loopt ten noorden van de Grote Sluis. Dankzij diepere boorgegevens konden de geulerosie van de zanden van Breda in de Boomse klei (tot max. 42 m diep) in dit profiel onderscheiden worden.
De Westerschelde geul vanuit het Westerbuitenhavengebied heeft de sluiskade aan de oostzijde van de grote sluis geërodeerd en deze geul loop door naar de zuidkant van de sluis (profiel 4). Verder is de laagsequentie Basisveen - dekzand – Schelde en Schelderestgeul afzettingen is binnen het sluiskade gebied van profiel 3 voor het grootste deel bewaard gebleven.

Profiel 4
Het West-Oost profiel 5 loopt aan de zuidzijde van de grote sluis. De top van de Booms klei ligt in dit profiel rond de 20 m –NAP. Insnijdingen van de zanden van Breda zijn hier niet herkend in het profiel; hetgeen waarschijnlijk v=wordt veroorzaakt van het ontbreken van dieper geologische puntdata.
De Westerschelde geulinsnijding vanuit het Westerbuitenhavengebied loopt in dit profiel door onder het water van de Grote Sluis. Verder komt er nog in het oostelijk deel van het profiel een kleinere geulinsnijding (tot ca. 8 m –NAP) van de Sluiskil eenheid voor. De laagsequentie Basisveen - dekzand – Schelde en Schelderestgeul afzettingen is in het overige sluiskade gebied grotendeels intact.

Profiel 5
Profiel 5 is het noord-zuid profiel op de sluiskade xx. Ook in dit noord-zuidprofiel zien we dat de basis van de Boomse klei in zuidelijke richting van het plangebied omhoog komt (vergelijk profiel 5 met profieldelen 1.1 t/m 1.4); in profiel 5 van 44 m naar 39 m –NAP. De top van de Boomse klei fluctueert door de insnijdingen van de zanden van Breda en de Koewacht afzettingen maar heeft ook in zuidelijke richting een oplopende trend van 23 m naar 17 m –NAP.
In het zuidelijk deel va het profiel komen geulinsnijdingen voor die behoren tot de Sluiskil afzettingen. In het sluiskade gebied zijn de geultjes tot ca. 8 m –NAP diep en in het kanaalgebied tot meer dan13 m –NAP. Westerschelde geulerosie is in dit profieldeel van het plangebied niet waargenomen en het overgrote deel van de laagsequentie Basisveen - dekzand – Schelde en Schelderestgeul afzettingen is nog intact.

5 Ouderdomsbepalingen

De Holocene afzettingen voor het plangebied zijn gedateerd in de boring A17 (54E1948; Tab. 2)). De resultaten van de vier dateringen liggen in lijn van de verwachting die er voorafgaande van dit onderzoek voor deze regio bestond (Vos & Van Heeringen, 1997). De basis van de Sluiskil afzettingen is – aan de hand van de kweldervegetatie datering (Tab. 2: A17/ 5,16-5,19) - gedateerd in de Romeinse tijd (131-326 n. Chr.) en met een waarschijnlijke ouderdom die ligt tussen de 200 en 225 n. Chr. De overspoeling van het veen heeft dus rond of na 200 n. Chr. plaatsgevonden. Naast de kweldervegetatie datering is ook een heidetakje (Calluna) gedateerd die eveneens aan de basis van de Sluiskil klei is aangetroffen. Omdat het hier om heidetakje gaat – oligrotrofe plant die niet geleefd kan hebben in de mariene klei – moet dit takje verspoeld en afkomstig zijn uit de geërodeerde top van het veen (veendetritus). De *Calluna* datering (Tab. 2: A17 / 5,16-5,19) geeft daarom niet meer aan dan dat oligotroof veen in de directe omgeving gegroeid heeft en die ouderdom had. De reden om dit takje te dateren was om deze uitslag te kunnen vergelijken met het *Calluna* takje dat door De Moor e.a., 2011 bij de Kanaalkruizing Sluiskil gedateerd is; eveneens aan de onderkant van de het Sluiskil afzettingen. Ook het takje uit dit onderzoek dateert uit de ijzertijd (Ua-40465; 2560±40). Omdat het hier veendetritus in de Sluiskil afzettingen betreft (verspoeld materiaal), moet de conclusie die De Moor e.a., 2011 trekken dat de Sluiskil sedimentatie start in de vroege ijzertijd verworpen worden; de basis van de Sluiskil afzettingen is gegeven de kweldervegetatie datering Romeins.
De geoxideerde top van de veenlaag (Tab. 2: A17/ 5,27-5,28) is gedateerd in de late bronstijd (1004-844v. Chr.). Omdat de bovenkant van het veen verdwenen is door oxidatie en erosie heeft het oorspronkelijke veen langer door gegroeid dan de datering aangeeft. Het verspoelde heidetakje duidt daar ook op. Een groot tijd hiaat tussen de top veendateringen en het begin van de mariene sedimentatie - veroorzaakt door oxidatie en erosie - is in Zeeland niet uniek maar een veel voorkomend verschijnsel; zie o.a. Tabel IX in Appendix A van Vos & Van Heeringen (1997).
De basis van het Basisveen (Tab. 2: A17/ 6,27-6,28) is gedateerd tussen 3640-3381v. Chr. en geeft aan dat de veenvorming in het midden neolithicum startte in het plangebied. Deze datering is iets ouder dan de basis Basisveen dateringen van De Moor e.a. (2011) in het zuidelijk gelegen Kanaalkruizingsgebied van Sluiskil. De basis Basisveen dateringen daar liggen rond de 3200 v. Chr. De top Pleistocene oppervlak ligt daar gemiddeld iets hoger en dat is een verklaring voor het geringe ouderdomsverschil.

De dateringen van de Schelderestgeul- en Schelde afzettingen uit de boringen A26 (54E1956), A33 (54E1963) en A36 (54E1966) zijn ouder dan oorspronkelijk verondersteld werd (Tab. 2). De opvatting voor de uitkomsten van het dateringsonderzoek was dat deze afzettingen tijdens het Laat Pleniglaciaal en Laat Glaciaal zouden zijn gevormd (tussen ca. 20 en 12 duizend jaar geleden) en dat de bovenste organische niveaus in deze afzettingen mogelijk te correleren zouden zijn met de interstadialen Allerød en Bolling. De uitkomsten van de dateringen geven echter aan dat de gedateerde, gelaagde Schelde- en Schelderestgeul afzettingen gevormd zijn in de periode voor 35 duizend jaar geleden en dus Midden Pleiniglaciaal of ouder. De diepst liggende dateringen in deze afzettingen zijn in alle drie de boringen zelfs ouder dan 45 duizend jaar voor heden. De afzettingsperiode uit de dateringen valt dus ver voor de Schelde doorbraak bij Hoboken (zuidelijk van Antwerpen). Dit betekent dat de gedateerde Schelde afzettingen (Vroeg- / Midden Pleniglaciaal) in de actieve fluviatiel periode vallen en dat de locatie Terneuzen binnen het Vlaamse Vallei gebied nog niet

afgesloten was van het Rupel / Schelde systeem in België door de dekzandrug Maldegem – Stekene; een rug die pas in het Laat Glaciaal gevormd werd (Hfst. 3; Fig. XX).

De dekzandlaag boven de Schelde restgeulafzettingen is – in tegenstelling tot de Schelde afzettingen – relatief jong. De houtskool datering in het dekzand (A33 / 8,43-8,46) geeft een Preboreale datering (8451-8241v. Chr.; ca. 10.3 duizend jaar voor heden). De OSL datering van het dekzand in het zuidelijk gelegen Kanaalkruizingsgebied van Sluiskil (De Moor e.a,2011) is ook relatief jong en geeft eveneens een Preboreale datering (10.1±0.6 voor heden; Wallinga e.a., 2010). In het Preboreaal zijn ook de rivierduinen gevormd die op 18 m –NAP die gevonden zijn in het Yangtzehaven gebied op de Maasvlakte in Rotterdam (Vos et al., 2015). Dit geeft aan dat in het Preboreaal nog lokale zandverstuivingen in zuidwest Nederland plaatsvonden.

In het onderzoek van De Moor e.a., 2011 zijn ook de gelaagde zanden - boven de organische gelaagde Schelderesgeul afzettingen en onder het dekzand - gedateerd met de OSL methode op een diepte tussen 2,95 m en 3,95 m –NAP. Twee OSL dateringen geven een Laat Pleniglaciale / Laat Glaciale ouderdom van 13.6±0.8 en 19.7±1.4 (Wallinga e.a., 2010). Deze OSL gedateerde, gelaagde aqua-eolische zanden - onder het dekzand - zijn op vergelijkbare diepte ook in het plangebied aangetroffen en hebben daarom waarschijnlijk een zelfde ouderdom. Indien dit het geval is, zit er dus een groot tijdhiaat tussen de gelaagde aqua-eolische zanden en de organisch gelaagde Schelde restgeulafzettingen. Dit tijdhiaat bedraagt minimaal ca. 15 duizend jaar (35 duizend min 20 duizend jaar); dit uiteraard als de organische dateringen van de Schelde restgeulafzettingen (Tab. 2) juist zijn (het geen geremanieërd materiaal betreft).

6 Archeologisch onderzoek aan de steekkernen

Het archeologisch onderdeel , waaronder de uitkomsten van het zeefonderzoek , zijn gerapporteerd in het onderzoek van GATE. Dit rapport (Bats, 2015) is opgenomen als Bijlage C in dit rapport.

Lab nr.	*Lab. code*	*x-coord.*	*y-coord.*	*Diepte m -NAP*	*Stratigrafie*	*Gedateerd materiaal*	*^{14}C-jaren BP*	*Waarschijnlijheid 95% (2-S)*
A17- 54E1948 5,16-5,19	Poz-73547	45.912	371.765	1.16 – 1.19	Basis Sluiskil Afzettingen (NaSl)	Calluna takje	2350 ± 30	515-375 BC
A17-54E1948, 5,24-5,26	Poz-73548	45.912	371.765	1.24 – 126	Basis Sluiskil Afzettingen (NaSl)	Kwelder vegetatie	1800 ± 30	131-326AD
A17-54E1948 5,27-5,28	Poz-73549	45.912	371.765	1.27 – 1.28	Top Basisveen (NiBa)	Geselecteerde macroresten	2780 ± 30	1004-844 BC
A17-54E1948 6,27-6,28	Poz-73550	45.912	371.765	2.27 – 2.28	Basis Basisveen (NiBa)	Geselecteerde macroresten	4760 ± 35	3640-3381BC
A26-54E1956 12,41-12,44	Poz-73551	45.919	372.364	8.53 – 8.56	Schelde restgeul-afzettingen (BxSi2)	Geselecteerde macroresten	38.600 ± 1000	41.48 -39.396 BC
A26-54E1956 14,63-14,66	Poz-73553	45.919	372.364	10.75-10.78	Schelde restgeul-afzettingen (BxSi2)	Geselecteerde macroresten	41.500 ± 1300	42.660-39.396 BC
A26-54E1956 20,92-20,95	Poz-73554	45.919	372.364	17.04 – 17.07	Schelde geul-afzettingen (BxSi1)	Geselecteerde macroresten	>46.000	Ouder 45.000 BP
A33-54E1963 8,43-8,46	Poz-73555	45.541	372.966	3.34 – 3.37	Dekzand (BxWi)	Houtskool	9100 ± 50	8451-8241BC
A33-54E1963 13,72-13,75	Poz-73557	45.541	372.966	8.74 - 8.77	Schelde restgeul-afzettingen (BxSi2)	Geselecteerde macroresten	37.300 ± 800	41.019-38.404 BC
A33-54E1963 15,90-15,93	Poz-73558	45.541	372.966	10.92 – 10.95	Schelde restgeul-afzettingen (BxSi2)	Geselecteerde macroresten	42.100 ± 1600	Waarschijnlijk ouder 45.000 BP
A33-54E1963 21,44-21,47	Poz-73559	45.541	372.966	16.46 – 16.49	Schelde geul-afzettingen (BxSi1)	Geselecteerde macroresten	46.000 ± 2500	Ouder 45.000 BP
A33-54E1963 21,68-21,71	Poz-73560	45.541	372.966	16.70 – 16.73	Schelde geul-afzettingen (BxSi1)	Geselecteerde macroresten	47.000 ± 3000	Ouder 45.000 BP
A36-54E1966 14,40-14,44	Poz-73664	45.604	373.160	8.49 – 8.53	Schelde restgeul-afzettingen (BxSi2)	Geselecteerde macroresten	39.200 ± 1000	43.080-39.876 BC
A36-54E1966 15,79-15,82	Poz-73561	45.604	373.160	9.88 – 10.01	Schelde restgeul-afzettingen (BxSi2)	Geselecteerde macroresten	41.300 ± 1500	46.550-40.714 BC mogelijk ouder
A36-54E1966 23,89-23,94	Poz-73562	45.604	373.160	17.98 – 18.03	Schelde geul-afzettingen (BxSi1)	Geselecteerde macroresten	45.000 ± 3000	Ouder 45.000 BP

Tabel 2. Uitkomsten van de ^{14}C dateringen uit de steekkernen van de boringen A17 (54E1948), A26 (54E1956), A33 (54E1963) en A36 (54E1966).

Foto 4. Plastic zakken, met daarin de 0.5 m kerndelen van de Schelde afzettingen, die naar Kerkhove (België) zijn gebracht om daar gezeefd te worden door GATE. Op de achtergrond de zeefinstallatie te Kerkhove.

Foto 5. Het zeven van de grovere Koewacht afzettingen over een 2mm zeef bij Deltares .

7 Archeobotanisch paleolandschappelijk onderzoek

7.1 Diatomeeën

Dit hoofdstuk bestaat uit het rapport van Koeman & Bijkerk (Verweij, 2015).

7.1.1 Inleiding

Er zijn 21 grondmonsters gescand op de aan- of afwezigheid van diatomeeën. De monsters zijn genomen uit boorkernen van Laat Glaciale Pleistocene restgeulafzettingen van de Schelde in het gebied van de Nieuwe Sluis bij Terneuzen. De boorkernen kwamen uit bodemlagen op een diepte van 700 – 2200 cm onder maaiveld. Van ieder monster is het monstermateriaal overgebracht in een centrifugebuis. Vervolgens is 25 ml gedemineraliseerd water en 5 ml HCl (37%) aan het monster toegevoegd en geschud. Na twee dagen is het monster opnieuw geschud en 0, 15 ml overgebracht in een sedimentatie-cuvet voor een eerste scan (scan 1). Er is tevens 5 ml monstermateriaal overgebracht in een reageerbuis. Dit submonster is tweemaal gedecanteerd en gewassen waarbij zoveel mogelijk zand is verwijderd. Het overgebleven materiaal in het buisje is aangevuld tot 12 ml en gehomogeniseerd. Na 2,5 uur is 1 ml van de bovenstaande vloeistof overgebracht in een sedimentatie-cuvet (scan 2). Aan het monster is 1, 5 ml ethanol toegevoegd, waarna het monster koel is opgeslagen voor een eventuele uitgebreidere scan van het materiaal. Na de uitwerking van de eerste twee scans is gekozen voor een derde uitgebreidere scan. Hiertoe is 1,5 ml tot 2,5 ml gehomogeniseerd materiaal overgebracht in een groot sedimentatie-cuvet (scan 3). In scan drie is steeds 25-50% van het cuvet doorgekeken. In totaal is van elk monster 2 à 2,5 % van het materiaal bekeken.
De scans werden uitgevoerd met behulp van een Olympus IMT-2 omkeermicroscoop, met een 0,55 condensor, 10× WHK oculairen, een Olympus 20×/0,70 SPlanApo objectief en een extra vergrotingsfactor van 1,5, bij een 300x vergroting.

7.1.2 Resultaten

In geen enkel monster zijn diatomeeën aangetroffen. Alleen in monster M39-2137 zijn enkele restanten van vermoedelijk centrale diatomeeën gevonden. Het materiaal was echter dusdanig verweerd dat niet met zekerheid is vast te stellen of het hier daadwerkelijk om diatomeeën gaat, laat staan dat de objecten tot op genus-niveau konden worden gedetermineerd.

7.1.3 Opmerkingen

De conservering van diatomeeën in sedimenten is afhankelijk van veel factoren. Zuurgraad, waterdiepte, sedimentatiesnelheid en kiezelalgconcentratie hebben effect op de mate van conservering van de kiezelalgschaaltjes (Flower & Ryves 2009). Slechte conservering komt vooral voor bij hoge zuurgraad, in ondiepe en periodiek droogvallende wateren en bij een lage sedimentatiesnelheiden.
Zoals vermeld in de inleiding zijn de monsters genomen uit boorkernen uit Laat Glaciale Pleistocene restgeulafzettingen. Het milieu betreft een zoet aquatisch – aerofiel milieu. Daarnaast zijn de bodemlagen relatief kalkrijk (hoge pH). De dichtheden van kiezelalgen in met name aerofiele milieu’s zijn vaak zeer laag. Het is daarom zeer aannemelijk dat de

aanwezige kiezelalgen slecht zijn geconserveerd en niet meer in de monsters zijn terug te vinden.

7.2 Macroresten en pollen

Het macroresten en pollenonderzoek is gerapporteerd in het archeobotanisch rapport van BIAX: Stille wateren hebben diepe gronden: paleo-ecologisch onderzoek aan het Pleistoceen en Holoceen van Terneuzen, Nieuwe Sluis (Verbruggen e.a., 2015); opgenomen als Bijlage C in dit rapport.

8 Archeologische verwachting in het plangebied

Peter Vos & Frederike Verbruggen

8.1 Archeologische verwachting op laageenheid niveau

Van jong naar oud zal de archeologische verwachting van de onderscheiden laageenheden besproken worden.

Westerschelde afzettingen
De Westerschelde afzettingen zijn na 1000 n. Chr. gevormd en bestaan uit geulafzettingen en een deklaag van kwelderafzettingen. De deklaag is bij de aanleg van het sluiscomplex sterk vergraven en daardoor op veel plaatsen niet meer intact. De kans op nederzettingssporen is laag, wel zijn in het noordoostelijk deel van het plangebied resten van de oude vestingwerken van Terneuzen (sluiskade Buitenhaven) mogelijk nog aanwezig. De Westerschelde geulafzettingen hebben ook een lage verwachting, maar archeologische toevalsvondsten zoals scheepsresten zijn in de geulafzettingen zeker niet uit te sluiten.

Sluiskil afzettingen
Waar niet geërodeerd door de Westerschelde geulafzettingen zijn de Sluiskil afzettingen op een diepte tussen gemiddeld 0 en 2 m –NAP in het plangebied aanwezig. Deze afzettingen zijn gevormd in de Romeinse tijd en vroege middeleeuwen. De kweldergras datering aan de basis van de Sluiskil afzettingen (A17, 5,24-5,26; Tab. 2) wijst erop dat de mariene sedimentatie rond 200-225 n. Chr. begonnen is in het plangebied (de 2-sigma range van de datering is (131-260 n. Chr. of 279-326 n. Chr.). In de kwelderafzettingen zijn geen directe archeobotanische bewijzen voor antropogene invloed gevonden. De vondst van stuifmeel van alsem kan afkomstig zijn van de cultuurvolger bijvoet, maar is gezien de herkomst van de sedimenten waarschijnlijk geproduceerd door de kwelderplant zeealsem.
Het in de Romeinse tijd ontstane kweldergebied was toegankelijk voor de mens maar het is, gegeven de natte omstandigheden tijdens de eerste fase van de verdrinking, niet waarschijnlijk dat de mens zich in het gebied gevestigd heeft. In de vroeg middeleeuwen verlande het kweldergebied en ontginningssporen uit die periode (slootverkaveling) kunnen aangetroffen worden in de top van de Sluiskil afzettingen. Nederzettingen zijn niet waarschijnlijk omdat geen oude dorpen bekend binnen het plangebied.
Evenals bij de Westerschelde geulafzettingen zijn scheepsresten en andere verspoelde toevalsvondsten in de Sluiskil geulafzettingen niet uit te sluiten.

Dit bevestigt dat de top van het veen in boorkern A17 inderdaad niet meer intact is. Omdat we hier te maken hebben met een dynamisch landschap waarin de invloed van de zee duidelijk merkbaar is, is de interpretatie van de paleoecologische gegevens niet eenduidig als we niet de geografische gegevens niet in het achterhoofd houden. De midden- tot laat-Romeinse kweldervegetatie, waarvan micro- en macroscopische resten zijn aangetroffen in de Sluiskil afzettingen, moet gezien worden als autochtoon. Ook zijn er plantenresten van (natte) duinvalleien of vennen aangetroffen. De resten van veenvormende planten die in de Sluiskil afzettingen aanwezig zijn afkomstig van veen dat met de overstromingen in het plangebied terecht zijn gekomen. Een datering van deze resten wijst erop dat veenvorming in de omgeving tot in de midden-ijzertijd heeft plaatsgehad en dat er dus sprake is van een hiaat in de top van het veen in boorkern A17. Er zijn geen aanwijzingen voor menselijke aanwezigheid aangetroffen.[3] In de kwelderafzettingen zijn geen directe bewijzen voor antropogene invloed gevonden. De vondst van stuifmeel van alsem kan afkomstig zijn van de cultuurvolger bijvoet, maar is gezien de herkomst van de sedimenten waarschijnlijk geproduceerd door de kwelderplant zeealsem.

Basisveen

De top van de Basisveenlaag ligt tussen de ca. 2-3 m –NAP. De bovenkant van deze veenlaag kan in de Romeinse tijd ontgonnen zijn door de mens. Ontginningssporen maar ook nederzettingsresten uit deze periode – vergelijkbaar met Ellewoutsdijk – zijn in principe mogelijk. De bovenkant van het veen is echter sterk geoxideerd en de top van het oorspronkelijk gevormde veen in de late ijzertijd is verdwenen door oxidatie. Door het ontbreken van organisch materiaal is er dus sprake is van een tijdhiaat in de top van het veen. De datering van deze resten op de overgang naar de Sluiskil laag wijst erop dat veenvorming in de omgeving zeker tot in de midden-ijzertijd is doorgegaan; en mogelijk is de veenvorming doorgegaan tot aan de mariene overstroming in de Romeinse tijd.
Door de veenoxidatie zijn (mogelijk aanwezige) kleinere greppelpatronen in de top van de veenlaag verdwenen en ook archeologische organische resten die aan het oorspronkelijke oppervlak gelegen hebben, kunnen (indien ze aanwezig waren) volledig verteerd zijn aan de lucht. Diepere sporen en palen kunnen wel bewaard gebleven zijn.
De geoxideerde bovenkant van het Basisveen zijn in grote delen van het kadegebied van het sluiscomplex bewaard gebleven. Alleen waar Westerschelde en Sluiskil geulen zich hebben ingesneden is het Basisveen opgeruimd in het landgedeelte van het plangebied.
Het bewaard gebleven Basisveen bestaan voor het grootste deel uit oligotroof veen. Het aantreffen van archeologie is niet waarschijnlijk in dit veen, maar toevalsvondsten, bijvoorbeeld door dat de mens het gebied betreden had, zijn nooit uit te sluiten.

De basis van het Basisveen dateert in het interval tussen 3639 en 3382 v. Chr. In de tijd dat de veenvorming begon, was in het plangebied lokaal open water aanwezig. Dit was stilstaand tot zwak stromend water waarbij op de bodem organogene klei werd gevormd. Langs het water was er een oevervegetatie gevormd waarin tevens els en mogelijk eik stonden. In de ondergroei van het loofbos was veel eikvaren aanwezig. Op de locatie ontwikkelt zich een elzenbroekbos waarin bosveen wordt gevormd. Op de drogere gronden stond loofbos van eik en linde. Tevens was er nog dennenbos aanwezig (een relict uit het Boreaal). Op de drogere gronden in de omgeving was loofbos met eik en vooral hazelaar aanwezig.
In het Subboreaal begon het broekbos te verlanden en de milieuomstandigheden werden voedselarmer waardoor zachte berk zich lokaal kon ontwikkelen. In plaats van bosveen werd er in de loop van de tijd mosveen gevormd. De veenvormende vegetatie verschoof in het begin van de ontwikkeling van moerasvaren naar waterdrieblad. Naarmate het veen meer oligotroof werd, kwam veenbloembies voor samen met het natgroeiende veenmos van de

[3] *In de pollenmonsters uit de kwelderafzettingen zijn bij de inventarisatie geen cultuurindicatoren gevonden.*

sectie *Cuspidata*. De ontwikkeling van een hoogveen zette door tot een vegetatie met heidesoorten struikhei en dophei, eenarig wollegras en veenmos. In dezelfde periode als van de overgang naar hoogveen vestigde taxus zich in het gebied (waarschijnlijk in ondergroei van eikenbos).
De bovenste zone van het Basisveen is gedateerd in de late bronstijd (1003 en 844 v. Chr.). Zoals hierboven is gemeld is de werkelijke top van het veen is verdwenen als gevolg van oxidatie en deels ook door erosie (verspoeling oligotroof materiaal) tijdens het begin van de Sluiskil afzetting.
In het Basisveen zijn geen directe archeobotanische aanwijzingen aangetroffen - zoals bijvoorbeeld akkerbouw of betreding - voor antropogene aanwezigheid in het plangebied.

Dekzand
De bovenkant van het dekzand / basis van het Basisveen ligt rond de 2,5 – 3, 5 m –NAP. In dit niveau komt hout voor en het is mogelijk dat in het overgangsniveau zich een oerbos bevindt zoals die ook door Munaut (1967) noordwestelijk van het plangebied is waargenomen op de Pleistocene zandondergrond.
De begin van de veenvorming begon in het plangebied rond 3450 v. Chr (A17, 6,27-6,28; Tab. 2). De top van het dekzand is bepaald aan de hand een houtskooldatering (A33, 8,43-8,46) en die datering (8451-8241 v. Chr.) geeft aan de Laat Glaciale zandverstuivingen doorging tot in het Preboreaal. Deze dateringen wijzen erop dat de top van het dekzand oppervlak gedurende ca. 5000 jaar heeft drooggelegen en dat in die periode (laat mesolithicum tot midden Neolithicum) prehistorische bewoning in het plangebied mogelijk is geweest. De top van het dekzand is om die reden kansrijk. Uit het zeefonderzoek van GATE is in de boring A29 (54E1959) een kleistukje aardewerk gevonden in de top van het dekzand. Dit is een belangrijke indicatie voor menselijke aanwezigheid in de steentijd op deze locatie van het plangebied. De artefacten, kleine stukjes vuursteen, die de sluisbouwput van 1962 gevonden zijn – en te zien zijn in de tentoonstellingsruimte van Gerrit de Zeeuw in Zaamslag (Foto 6 en 7) - komen mogelijk ook uit het dekzand laag.

Schelde restgeulafzettingen
De laat glaciale restgeulafzettingen onder het dekzand bestaan uit gelaagde zandige, lemige en organische afzettingen en zijn gevormd in een afwisselend aquatisch (fluviatiel) en aerofiel (droogvallend) milieu.
De bovenkant van deze laag bestaat uit gelaagde zandige afzettingen. Deze zandige afzettingen worden – op basis van twee OSL dateringen uit een vergelijkbare zandlaag in bij de kanaalkruizing Sluiskil (13.6±0.8 en 19.7±1.4; Wallinga e.a., 2010; De Moor, 2011) gedateerd in het Laat Pleniglaciaal / Laat Glaciaal.
Het onder deze afzettingen voorkomende gelaagde pakket van zanden, lemen en organische afzettingen is veel ouder. De ^{14}C-dateringen van de Schelde restgeulafzettingen (BxSi2; Tabel 2) duiden erop dat ze zijn afgezet tussen 35 en 45 duizend jaar voor heden (Midden Pleniglaciaal). De gelaagde lemig / organische zanden komen voor op een diepte tussen de ca. 5 en 12 m –NAP.
De bovengenoemde ouderdomsbepalingen wijzen erop dat er een groot tijdhiaat van ca. 15 duizend jaar zit tussen de afzetting van de gelaagde zanden aan de bovenkant van de Schelderestgeul afzettingen en de gelaagde lemig / organische zanden in het onderste deel. Een abrasielaag in de vorm van een ‘dessert pavement’ (grove basislaag veroorzaakt door uitblazing) is op de laagovergang in de boringen niet waargenomen.
Het is niet geheel uit te sluiten dat de ^{14}C-dateringen van de Schelde restgeulafzettingen te oud zijn doordat ouder geremanieërd organisch materiaal is gedateerd afkomstig uit oudere afzettingen in het achterland. Dit is echter niet waarschijnlijk gezien de consistentie in de ouderdomsdateringen (tijdopeenvolging) en de resultaten van het paleobotanisch onderzoek in de boringen A26, A33 en A36 die onderling vergelijkbaar zijn (Hfst. 7.2).

Uit het paleobotanisch onderzoek aan de lemige en organische lagen van de Schelderestgeul afzettingen blijkt dat het paleolandschap in het plangebied in die tijd gekenmerkt werd door een steppetoendra-achtige vegetatie waarin cypergrassen domineerden en ook grassen duidelijk aanwezig waren. Diverse koude-indicatoren komen in de monsters van deze afzettingen voor, zoals vruchten van Noordse en tweekleurige zegge, Noordse rus en mogelijk ook van hongerbloempje, evenals pollen van zonneroosje, alpenvlas-type, alsem, Ephedra fragilis-type en adderwortel-type, en sporen en megasporen van IJslandse dennenwolfsklauw. De aanwezige resten in de humeuze lagen van de bovenste Scheldeafzettingen laten zien dat we te maken hebben met een drassig tot nat landschap. Mogelijk heeft het afsmelten van de bovenste laag van de permafrost in de grond tot stagnatie van het oppervlaktewater geleid, waardoor zich een veelal natte steppetoendravegetatie kon ontwikkelen.

De bodems (Tab. 1) maar ook de organische afzettingen in de Schelderestgeul afzettingen wijzen er dus op dat het landschap tijdens de vorming van deze afzettingen regelmatig en gedurende langere perioden droog viel. Het is zeer waarschijnlijk dat in dit landschap grote zoogdieren hebben rondgelopen. In de sluisbouwput van 1962 zijn onder meer resten van de de wolharige mammoet gevonden. Hoewel de geologische context van deze vondsten niet bekend is, is het waarschijnlijk dat de gevonden paleontologische resten uit de Schelderestgeul afzettingen afkomstig zijn. Resten van deze zoogdieren zijn in de tentoonstellingsruimte van Gerrit de Zeeuw in Zaamslag te zien (Foto 8).
Het is waarschijnlijk dat de laat paleolithische mens op deze zoogdieren gejaagd heeft. Dit betekend dat laat paleolithische vondsten in de Schelderestgeul afzettingen goed mogelijk zijn. Omdat de 'restgeulafzettingen' gedurende de hele vormingsperiode regelmatig droog lag kunnen archeologische vondsten in het hele pakket voorkomen; de hele laag is dus relatief kansrijk op het voorkomen van paleontologische en archeologische vondsten.

Schelde afzettingen
De Schelde afzettingen (BXSi1) – die geen organische lagen bevatten – zijn afgezet in een dynamische fluviatiel milieu dan die van de Schelderestgeul afzettingen (BXSi2). De afzettingen zijn gevormd voor 45 duizend jaar geleden. De resultaten paleobotanische onderzoek wijzen erop dat lemige lagen in deze afzettingen gevormd zijn tijdens relatief warme boomrijke perioden.
Tijdens de vorming van de leemlagen in de Schelde afzettingen kwamen er bomen lokaal voor waaronder (pool)wilg, els, fijnspar, den en berk kwamen gezien het macroresten-, hout- en houtskoolspectrum voor. Pollen van deze boomsoorten is dan ook veelvoorkomend, net als dat van hazelaar en eik. Struikhei was de belangrijkste component in de heidevegetaties op de (arme) zandgronden en hoogveen vormde zich. Een proces waar we hierbij rekening mee moeten houden is remaniëring, waarbij materiaal uit diepere, oudere lagen die aangesneden zijn door de Schelde opnieuw werden afgezet. Het water in de Schelde was carbonaatrijk en zeker niet voedselrijk. Er groeiden diverse waterplanten op de onderzoekslocatie.
Deze relatief warme periode die uit het paleobotanisch onderzoek naar voren komt, dateert waarschijnlijk uit één van de interstadialen uit het Midden Pleniglaciaal of Vroeg Glaciaal (Moershoofd, Odderade, Brørop of Amersfoort; Fig.7). Ook een Eem datering van deze afzettingen (en dan ook die van de onderliggende Koewacht afzettingen) zijn niet uit te sluiten.
In deze Schelde afzettingen is het voorkomen van archeologische resten uit het laat paleolithicum niet uit te sluiten. In het (relatief) actieve fluviatiele milieu (en de grotere diepte) is de kans op het aantreffen van archeologische artefacten klein.

Koewacht afzettingen
De Koewacht afzettingen bestaan uit relatief grof zandig sediment waarin veel reworked materiaal zit dat afkomstig is uit de oudere afzettingen in het Belgische achterland. De glauconiet die in de zanden aanwezig is, komt voor het grootste deel uit de zanden van Breda. De gevonden haaientandjes in de Koewacht afzettingen komen uit de oudere mariene Mio- en Pliocene afzettingen. Ook de mariene schelpen zijn reworked en bestaan uit verspoeld materiaal uit de Eem afzettingen of Tertiaire afzettingen. Ook het stukje bot dat in de boring A30 in deze afzettingen is gevonden, kan reworked zijn.
Net als bij de bovenliggende Schelde afzettingen is het voorkomen van archeologische resten uit het laat paleolithicum niet geheel uit te sluiten. Ook in deze afzettingen is de kans klein op het aantreffen van archeologische resten door het actieve fluviatiele milieu van afzetting.

Eem afzettingen
Slechts enkele restanten van (vermoedelijk) Eem afzettingen zijn beneden de 20 m –NAP in het plangebied aangetroffen. De kans op het aantreffen van archeologie in die laagrestanten van de Eem is laag.

Tertiaire afzettingen
Gezien de ouderdom van de Tertiaire afzettingen (zanden van Breda, Boomse klei en afzettingen van de Formatie van Tongeren) komen er geen archeologische resten in deze afzettingen voor. Deze afzettingen komen voor het grootste deel beneden de 20 m –NAP in het plangebied voor en ze vormen het substraat van de archeologisch te onderzoeken sedimenten.

8.2 Archeologische verwachting per deelgebied

Het plangebied van het sluizencomplex Terneuzen is op te delen in twee hoofdgebieden; het water- en het landgedeelte. In het watergebied - buitenhaven, sluizen en binnenhaven en kanaal – is de voormalige bovengrond tot meer dan 7 m –NAP verwijderd. Daardoor zijn daar het Basisveen, het dekzand en de top van de Schelderestgeul afzettingen niet meer aanwezig. In het landgedeelte (sluiskade terreinen) is deze sequentie grotendeels wel bewaard gebleven. Allen waar getijdengeulinsnijdingen van de Westerschelde- of Sluiskil afzettingen voorkomen is deze sequentie opgeruimd door erosie.

8.2.1 Water

In het watergedeelte is alleen het onderste deel van de laagsequentie van Schelderestgeul, Schelde en Koewacht afzettingen bewaard gebleven. Zoals bij de laagbeschrijving is aangegeven zijn laat paleolithische vondsten in deze afzettingen niet uit te sluiten. De kans om deze te vinden is laag gezien de verwachte lage concentraties in het relatief actieve fluviatiele milieu in de eerste helft van het Weichselien.
Holocene getijdengeul afzettingen zijn in de westelijke buitenhaven aanwezig onder de havenbodem. In deze relatief jonge geulafzettingen zijn toevalsvondsten als scheepsresten uit de vroeg middeleeuwse en Nieuwe Tijd niet uit te sluiten.

8.2.2 Land

Op het landgedeelte van de kadeterreinen van het sluiscomplex is de Holocene en Pleistocene sequentie voor het grootse deel nog aanwezig. Door de uitgevoerde sluiswerken in het verleden is wel de bovengrond tot ca. 0 m –NAP (of meer) meestal verstoord. De Westerschelde kwelderafzettingen ontbreken op veel plaatsen daardoor en ook de top van de Sluiskil afzettingen zijn plaatselijk aangetast. Door deze verstoringen - en de vaak matige kwaliteit van de boringen - is het moeilijk precies aan te geven waar de top Sluiskil afzettingen nog volledig intact aanwezig is. In het algemeen kan gesteld worden dat diepere archeologische sporen zoals slootpatronen in de top van de afzettingen nog aanwezig zullen zijn.
De kwelderdek afzettingen van de Sluiskil afzettingen ontbreken waar getijdengeul-insnijdingen van de Westerschelde en Sluiskil afzettingen voorkomen. Het gereconstrueerde geulenpatroon van de Westerschelde en Sluiskil afzettingen zijn aangegeven in het kaartbeeld van Fig. xx. Op deze kaart is ook aangegeven waar het bovenste deel van de kadeterreinen geamoveerd zullen worden bij de aanleg van het nieuwe sluiscomplex. In de af te graven gebieden zal het Basisveen, dekzand en Schelderestgeul afzettingen – aanwezig in de landgedeelten tussen de geulafzettingen – opgeruimd worden en daarmee ok de mogelijke archeologie die in die afzettingen aanwezig is. Dit zijn dus de gebieden waar het archeologisch vervolgonderzoek zich moet concentreren.

Foto 6. Stukjes vuursteen uit de sluisbouwput van 1962 tentoongesteld in het museum van Gerrit de Zeeuw in Zaamslag.

Foto 7. Gerrit de Zeeuw in zijn museum te Zaamslag.

Foto 8. Resten van een mammoet, gevonden de sluisbouwput van 1962 en tentoongesteld in het museum van Gerrit de Zeeuw.

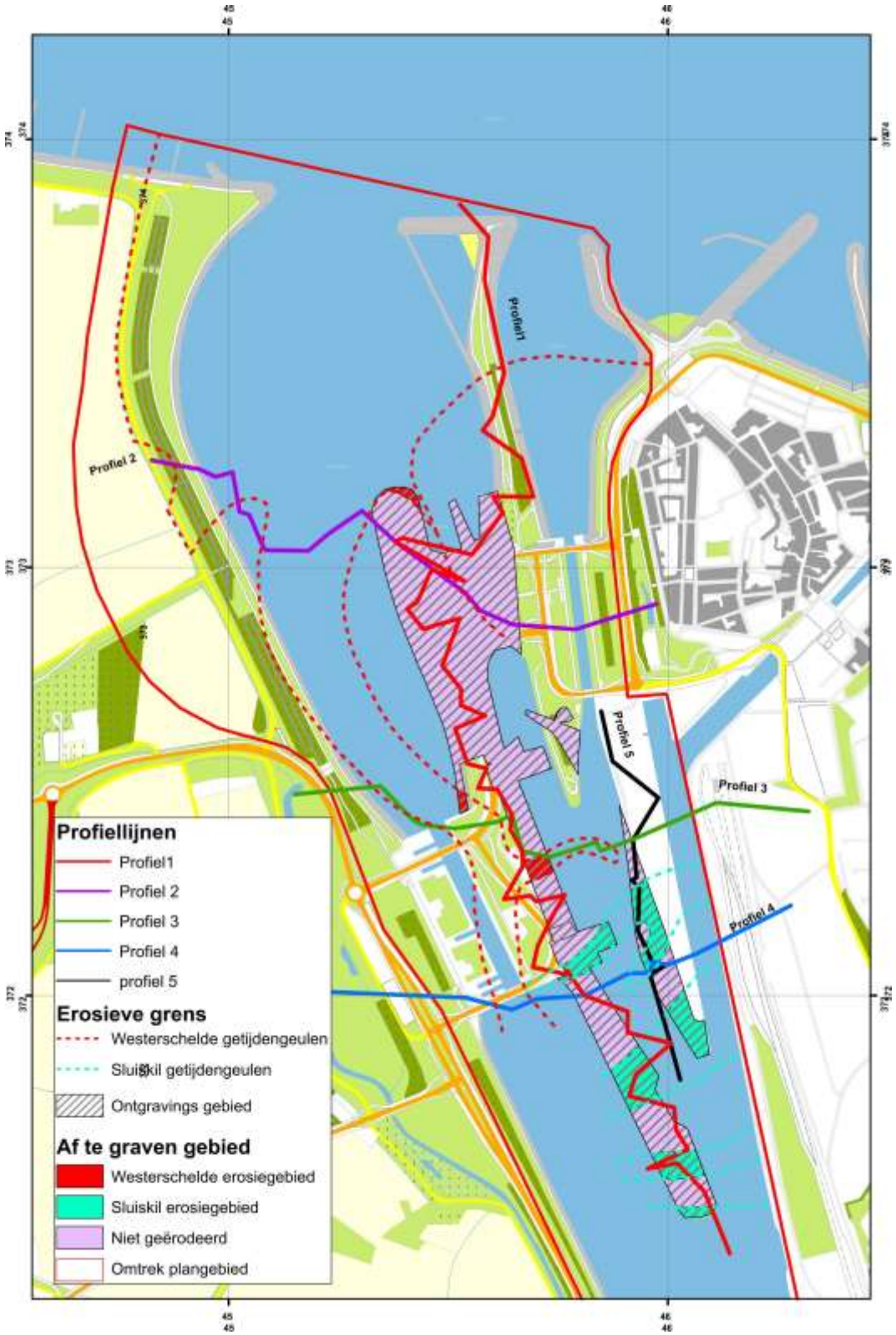


Fig. 11. Kaart van het plangebied Terneuzen met daarop het gebied dat door de sluiswerken geamoveerd gaat worden en de ligging van de geologische profielen 1 t/m 5 (zie Bijlage B)

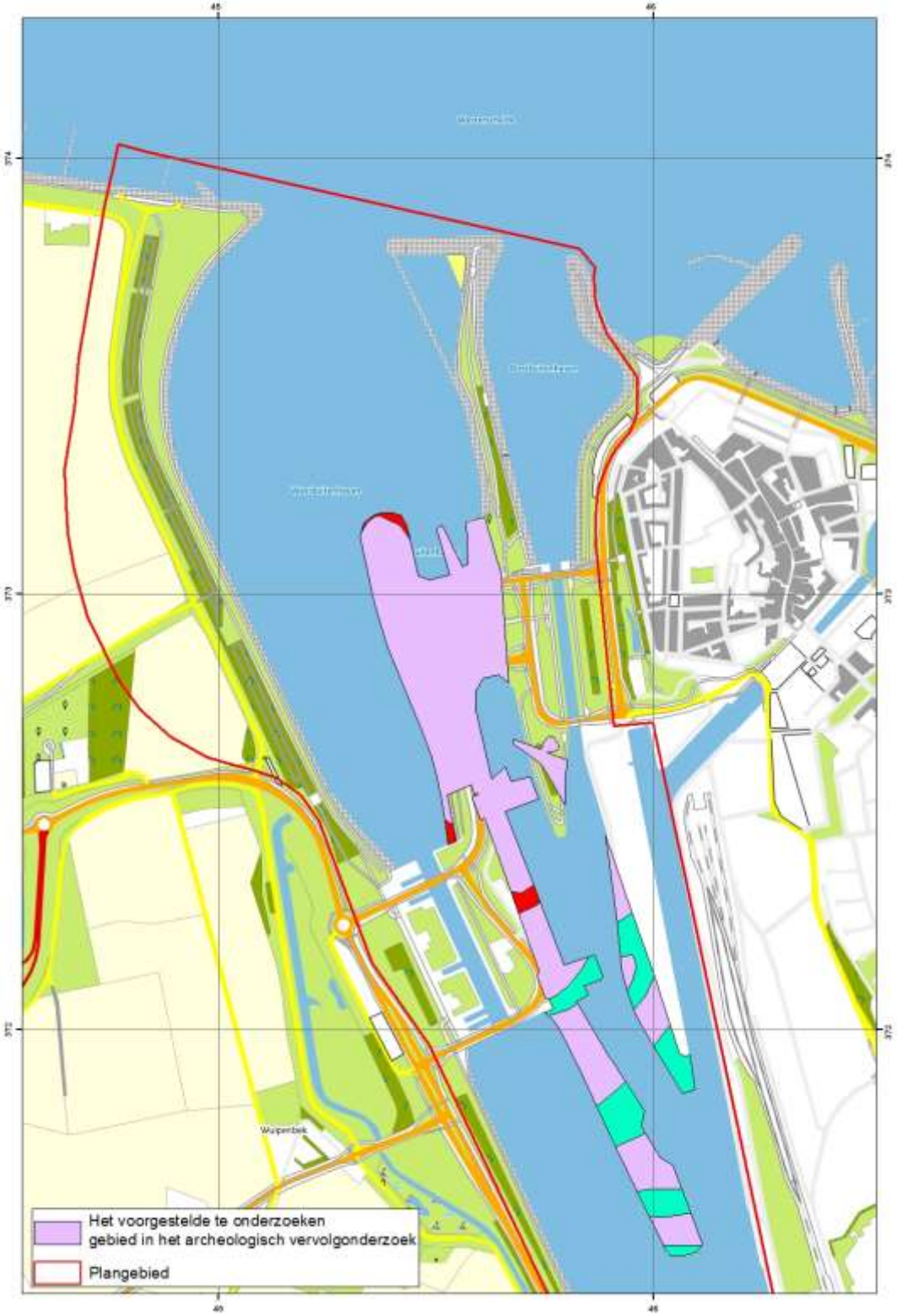


Fig. 12. Kaart van het plangebied Terneuzen waarop zijn aangegeven het gebied dat door de sluiswerken geamoveerd gaat worden, in combinatie met de gebieden waar getijdengeulen van de Sluiskil en Westerschelde afzettingen voorkomen. Het paarse gebied is het landgedeelte waar geadviseerd word aanvullend archeologisch onderzoek doormiddel van avegaarboringen uit te voeren.

9 Aanbevelingen voor het archeologisch vervolgonderzoek

Aanbevolen wordt om het archeologisch vervolgonderzoek volledig te concentreren op het landgedeelte. In het watergedeelte is nog wel een deel van de Schelde en Koewacht afzettingen aanwezig maar deze sedimenten zijn door het actieve fluviatiele afzettingsmilieu archeologisch minder kansrijk dan de Basisveen-dekzand-Schelderestgeulsequentie - die in een rustiger afzettingsmilieu gevormd is - en die in het landgedeelte nog grotendeels aanwezig is.
Op het landgedeelte gaat het bij het vervolgonderzoek om die terreindelen die bij de aanleg van de Nieuwe Sluis verstoord zullen gaan worden en waar geen geulinsnijdingen van de Westerschelde of Sluiskil in de ondergrond voorkomen (zie kaartbeeld in Fig. 11).
Het vervolgonderzoek in deze terreindelen is in belangrijke mate afhankelijk hoe het ontgravingswerk uitgevoerd zal worden in het landgedeelte. Proefsleuven zijn in principe mogelijk voor de ‘hoger’ gelegen archeologisch relevante afzettingen die enkele meters beneden het huidige oppervlak liggen. In de ‘dieper’ gelegen zijn proefsleuven voor het opsporen van vindplaatsen niet mogelijk en zal dit doormiddel van boringen moeten gebeuren. De archeologische boringen die in dit vooronderzoek gezet zijn hebben één archeologische vondstlocatie opgeleverd; het stuk je aardewerk in de top van de dekzand afzettingen van boring A29 (54E1954).

De bovenste mogelijk archeologisch relevante laagniveaus zijn - afgezien van resten van de oude vestingwerken die in het noordelijk deel van het plangebied mogelijk zijn ingegraven in Westerschelde en oudere afzettingen (deze historische werken vallen buiten de scope van dit onderzoek) - de top van de Sluiskil afzettingen en de top van het Basisveen.
In de top van de Sluiskil afzettingen zijn naar verwachting alleen ontginningssporen in de vorm van slootpatronen nog aanwezig. Nederzettingssporen zijn niet direct te verwachten omdat er geen oude middeleeuwse dorpskernen voor het plangebied bekend zijn.
In de top van het Basisveen zijn nederzettingssporen zoals die van Ellewoudtsdijk niet uit te sluiten. Het probleem met veennederzettingen is dat deze vaak lastig op te sporen zijn doormiddel van booronderzoek. Het onderzoek in de Vergulde Hand West in Vlaardingen is daar een voorbeeld van (Eijskoot e.a., 2011). Het prospectief booronderzoek leverde daar niets op maar na proefsleufonderzoek kwamen er talrijke nederzettingen in de veenondergrond te voorschijn. Een optie voor het plangebied zou kunnen zijn dat het archeologisch onderzoek naar het Romeinse niveau – door proefsleuven - vooraf gaat aan de definitieve ontgraving voor het werk en dat beide ontgravingen goed op elkaar afgestemd zijn wat betreft planning (tijd / geld).

Voor de dieper gelegen archeologisch relevante laageenheid niveaus zijn de top van het dekzand / basis Basisveen en de Schelderestgeul afzettingen. Deze afzettingen liggen tussen de 2 en de 15 m –NAP (gemiddeld ca. 7 en 20 m beneden het huidige maaiveld van het sluiskadeterrein). Aanbevolen wordt op zoek te gaan naar archeologische indicatoren (resten) in deze afzettingen door middel van boringen. Indien uit het booronderzoek blijkt dat er een archeologische site in de ‘dieper ondergrond’ aanwezig is, kan deze worden opgegraven worden in een bouwput. Het vinden van ‘archeologisch bewijs’ – zoals het scherfje bij boring A29 - is gezien de grote kosten van een dergelijke opgraving van essentieel belang.

Voorgesteld wordt om met de avegaarboorprogramma grote hoeveelheden sediment van het dekzand en Schelderestgeul afzettingen - in het te ontgraven landgebied zonder getijdengeulen in de ondergrond (Fig. 12) - naar boven te halen (afzettingen tot max. 15 m diep). Dit materiaal kan dan vervolgens op de aanwezigheid van archeologische artefacten gezeefd worden. Doordat de geologische context in de profielen bekend is, kan door een ervaren geologische medewerker het archeologisch te zeven sediment gericht (met laagindicatie) bemonsterd worden in grote zakken. Gedetailleerde boorbeschrijvingen zijn in deze fase niet meer nodig.

Deze methode – in dit geval met de avegaar boormethode - kan ook omschreven worden als '*gecontroleerde bulksampling'*: het zoveel mogelijk bemonsteren van sediment voor een archeologisch doel en waarvan de geologische context van het bemonsterde materiaal bekend is (laageenheid, ouderdom, afzettingsmilieu).

In het vooronderzoek dat nu uitgevoerd is, zijn de voorkomens van de onderscheiden laageenheden in het plangebied voldoende bekend. Echter, de ouderdom van de Pleistocene afzettingen (Schelderestgeul, Schelde- en Koewacht afzettingen) is nog onduidelijk omdat de ouderdomsbepalingen van deze afzettingen, die uitgevoerd zijn (Tab 2), buiten de maximale dateringsrange van de ^{14}C-methode vallen. OSL bepalingen moeten dit gat in ouderdomskennis van deze oudere Weichselien afzettingen opvullen.
Voorgesteld wordt om op drie locaties hoogkwalitatieve steekboringen te zetten in het vervolgonderzoek waaruit OSL monster genomen kunnen worden. Het sediment uit deze steekkernen dienen tevens als 'archief materiaal' waar altijd op terug gegrepen kan worden, ook wanneer de afzettingen zelf volledig verdwenen zijn door ontgraving als gevolg van het werk ten behoeve van de aanleg van het nieuwe sluizencomplex. De gestoken sedimentkernen dienen om die reden goed opgeslagen te worden in een boorarchief.
De boorlocaties, die voorgesteld worden, liggen verspreid over het landgedeelte van het plangebied en nabij de bestaande archeologische boringen waar reeds paleo-ecologisch onderzoek is uitgevoerd:
Locatie A26: kadeterrein Schependijk
Locatie A33: kadeterrein westelijk van Middensluis
Locatie A17: kadeterrein Zeevaartweg

Met een goede afstemming tussen de uitvoer van het archeologisch vervolgonderzoek en de planning van de aanleg van het sluizencomplex is er veel 'winst' te behalen. Het geoarcheologisch onderzoek levert geologische kennis aan die bij de bouw van het complex gebruikt kan worden. Het archeologisch vervolgonderzoek kan gebruik maken van de infrastructuur die tijdens het werk geboden wordt.
Het PvA voor het archeologisch vervolgonderzoek kan het beste geschreven worden als de definitieve plannen voor de aanleg van het sluizencomplex bekend zijn (bijvoorbeeld welk deel van het te ontgraven gebied in de natte en welk deel in de droge ontgraven zal worden).
Aanbevolen wordt het aanvullend hoog kwalitatief booronderzoek ten behoeve van de OSL dateringen (en het sedimentarchief) op korte termijn uit te voeren omdat het een vrij lange tijd duurt voor dat de OSL-dateringsresultaten op geleverd worden (klein jaar na inzending voor standaard bepaling bij de WUR in Wageningen).

10 Referenties

Brijker J.M., J.A.A.Bos, D.A. Gerrets & M. Opbroek, 2013. Tunnel door verdronken landschappen;Kanaalkruising Sluiskil – Zone 3; Terneuzen. Een Inventariserend Veldonderzoek in de vorm van zeefvakken. Amersfoort, ADC Rapport 3445, Amersfoort.

Bats, M., De Smedt, Ph., De Reu, J., Gelorini, V., Zwertvaegher, A., Antrop, M., Bourgeois, J., De Maeyer, Ph., Finke, P., Van Meirvenne, M., Verniers & J., Crombé, Ph, 2011. Continued geoarchaeological research at the Moervaart palaeolake area (East Flanders, B): field campaign 2011. Notae Praehistoricae 31, p. 201-211.

Bats, M., F. Cruz & L. Allemeersch, 2014. Grote Zeesluis Kanaal Gent-Terneuzen: archeologische begeleiding van de milieuhygiënische boringen. Rapport Vlaams Nederlandse Scheldecommissie, Documentnummer VNZT-R-73-1, Bergen op Zoom, 57 pp.

Bos, J.A.A., W.K. van Zijverden & F.S. Zuidhoff 2011: De ontwikkeling van het landschap op Walcheren met de nadruk op het onderzoeksgebied rondom Serooskerke, in: J. Dijkstra & F.S. Zuidhoff (red.), Kansen op de kwelder. Archeologisch onderzoek op en rond negen vindplaatsen in het nieuwe tracé van de Rijksweg 57 en de nieuwe rondweg ter hoogte van Serooskerke (Walcheren), Amersfoort (ADC Monografie 10), 35-58.

Brijker J.M., Bos J.A.A., Gerrets D.A., Opbroek M.,2013. Tunnel door verdronken landschappen; Kanaalkruising Sluiskil – Zone 3; Terneuzen. Een Inventariserend Veldonderzoek in de vorm van zeefvakken. Amersfoort, ADC Rapport 3445, Amersfoort.

Crombé, P., P. De Smedt, N. S. Davies, V. Gelorini, A. Zwertvaegher, R. Langohr, D. Van Damme, H. Demiddele, M. Van Strydonck, M. Antrop, J. Bourgeois & P. De Maeyer, 2013. Hunter-gatherer responses to the changing environment of the Moervaart palaeolake (Nw Belgium) during the Late Glacial and Early Holocene. Quaternary International 308-309, p. 162-177.

De Clercq, W., 2009. Lokale gemeenschappen in het Imperium Romanum. Transformaties in rurale bewoningsstructuur en materiële cultuur in de landschappen van het noordelijk deel van de civitas Menapiorum (provincie Gallia-Belgica, ca. 100 v. Chr. – 400 n. Chr,), Gent 2009 (ongepubliceerd academisch proefschrift Universiteit Gent).

De Clercq, W., & R. van Dierendonck 2009. Extrema Galliarum. Noordwest-Vlaanderen en Zeeland in het Imperium Romanum, VOBOV-Info 64, 34-75.

De Boer, E.A.M., 2013. Archeologisch bureauonderzoek Planuitwerkingsfase Grote Zeesluis Kanaal Gent-Terneuzen. Rapport Vlaams Nederlandse Scheldecommissie, Documentnummer VNZT-R-14-2 , Bergen op Zoom, 43 pp.

D'hondt, F.G.R. & J.E.M. Wattenberghe, 2015. Nieuwe sluis Terneuzen. Aanvullend Archeologisch Bureauonderzoek. Rapport Vlaams Nederlandse Scheldecommissie, Documentnummer VNZT-R-167-1, Bergen op Zoom, 57 pp.

De Jong, J., 1986: Onderzoek in verband met het voorkomen van Pinushout in het Hollandveen bij Baarland (Zld), Rijks Geologische Dienst, Rapport No 991.

Denys, L., Verbruggen, C., Kiden, P., 1990. Palaeolimnological aspects of a Late-Glacial shallow lake in Sandy Flanders, Belgium. Hydrobiologia 214, p. 273-278.

De Moor, G., 1963. Bijdrage tot de kennis van de Vlaamse Vallei. Ghent University, Ghent, p. 172.

De Moor, G., & I. Heyse, 1978. De morfologische evolutie van de Vlaamse vallei. De Aardrijkskunde 4 (1), p. 343-375.

De Mulder, E.F.J., Geluk, M.C., Ritsema, I., Westerhoff, W.E. & Wong, T.E. (red.), 2003. De ondergrond van Nederland. Wolters-Noordhoff, Groningen/Houten, 378 pp.

Dierendonck, R.M. van, 2012: Romeinse tijd, in: P. Brusse & P. Henderikx (red.), Geschiedenis van Zeeland, deel 1, Prehistorie - 1550, Utrecht/Zwolle, p. 42-55.

Dijkstra J., Zuidhoff F.S., (red.), 2011. Kansen op de kwelder. Archeologisch onderzoek op negen vindplaatsen in het nieuwe tracé van de Rijksweg N57 en de nieuwe rondweg ter hoogte van Serooskerke (Walcheren), ADC-Monografie 10, Amersfoort.

Dijkstra, J. (red.), 2015: Plangebied kazerne Korps Mariniers te Vlissingen, Oostelijke Bermweg – Havenweg – Fort De Ruijterweg. Een Inventariserend Veldonderzoek in de vorm van proefsleuven, Amersfoort (ADC Rapport 3826).

Dinter, M. van 2003. Fysische Geografie, in: M.M. Sier (red.) Ellewoutsdijk in de Romeinse tijd, Bunschoten (ADC Rapport, 200), p. 15-23.

Eijskoot, Y., Brinkkemper, O. & De Ridder, T., 2011. Vlaardingen - De Vergulde Hand-West. Onderzoek van archeologische resten van de middenbronstijd tot en met de late middeleeuwen; inclusief Bijlagen en Kaartbijlagen. Rapportage Archeologische Monumentenzorg no. 200. Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Amersfoort, 588 pp.

Flower R.J. & D.B. Ryves, 2009. Diatom preservation: differential preservation of sedimentary diatoms in two saline lakes. Acta Botanica Croatica 68 (2), p. 391-399.

Gouw, M.J.P., 2009. Toelichting op het Geologisch profiel Kanaalkruising Sluiskil – zone 3. Vestigia-rapport V695, Amersfoort.

Hoek, W. & S.J.P.Bohncke, 2002. Climatic and environmental events over the Last Termination, as recorded in The Netherlands: a review. Netherlands Journal of Geosciences 81 (1), p. 123-137.

Hoek, W.Z., 2014. Archeobotanisch en fysisch geografisch onderzoek van een laat-paleolithische veenlaag te Heikant-Ellestraat (50-52), gemeente Hulst. Rapport Faculteit voor Geowetenschappen, Universiteit Utrecht, 19 pp.

Jongepier, I., Soens, T., Thoen, E., Van Eetvelde, V., Crombé, Ph. & Bats, M., 2011. The brown gold: a reappraisal of medieval peat marshes in Northern Flanders (Belgium). Water History 3 (2), p. 73-93.

Kiden, P., 1991. The Late Glacial and Holocene evolution of the Middle and Lower River Scheldt. Belgium. In: L.Starkel et al., (eds.), Fluvial processes in the temperate zone during the last 15.000 years. Temperate Paleohydrology, p. 283-299.

Kiden, P. & C. Verbruggen, 2001. Het verhaal van een rivier: de evolutie van de Schelde na de laatste ijstijd. In: Bourgeois, J., Crombé, P., De Mulder, G. & Rogge, M. (eds). Een duik in het verleden. Schelde, Maas en Rijn in de pre- en protohistorie. Publicaties van het Provinciaal Archeologisch Museum van Zuid-Oost Vlaanderen - site Velzeke. Gewone Reeks nr. 4, 11-35 Rijn, P. van, 2001: Palen uit Borsele en een verdronken bos, Zeeland 10/2, 41-6.

Kiden, P., 2010. Beschrijving lithostratigrafische eenheid: Formatie van Koewacht. In: Lithostratigrafische Nomenclator van de Ondiepe Ondergrond. www.dinoloket.nl/formatie-van-koewacht.

Munaut, A.V. 1967: Etude paleo-écologique d'un gisement tourbeux situé à Terneuzen (Pays-Bas). Berichten ROB 17, Amersfoort, p. 7-27.

Pijpelink, A. 2014. Archeologische begeleiding van het uitgraven van bermsloten 'Tractaatweg' ten behoeve van de aanleg van de Sluiskiltunnel, gemeente Terneuzen. ADC rapport 3610, Amerstfoort,19 pp.

Sier, M. (red.), 2003. Ellewoutsdijk in de Romeinse tijd. ADC-rapport 200, Amersfoort.

Van den Berg, M.W. 2013. Hoofdstukken 5 en 6: Klimaat en Landschap, en Glaciale processen, afzettingen en landvormen. In: Jongmans, A.G., Van den Berg, M.W., Sonneveld, M.P.W., Peek, G.J.W.C. & Van den Berg van Saparoea, R.M.: Landschappen van Nederland. Geologie, Bodem en Landgebruik. Wageningen Academic Publishers, p. 135- 242.

Van Rijn, P., 2003: 8 Het houtonderzoek, in: M.M. Sier (red.) Ellewoutsdijk in de Romeinse tijd, Bunschoten (ADC Rapport, 200), p. 104-138.

Van Rummelen, F.F.F.E., 1977. Toelichting bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000, bladen Zeeuws Vlaanderen West en Oost. Rijks Geologische Dienst, Haarlem, 79 pp.

Verbruggen, F, M. van der Linden, L.I. Kooistra & L. van Beurden, 2015. Stille wateren hebben diepe gronden: paleoecologisch onderzoek aan het Pleistoceen en Holoceen van Terneuzen, Nieuwe Sluis. BIAXiaal, rap. nr. 849.

Verweij,G.L., 2015. Diatomeeënscan van Laat Glaciale Pleistocene restgeulafzettingen van de Schelde, Nieuwe Sluis, Terneuzen. Rapport 2015-049, Koeman en Bijkerk bv, Haren.

Vos, P.C., Doornenbal, P. & Van den Berg, M.W., 2008. Toelichting op het geologisch profiel Sluiskil. TNO, Utrecht, 18 pp.

Vos, P.C. & Van Heeringen, R.M. (1997). Holocene geology and occupation history of the Province of Zeeland (SW Netherlands). In: M.M. Fischer (ed.), Holocene evolution of Zeeland (SW Netherlands). Mededelingen NITG-TNO 59, p. 5-109.

Vos, P.C., 2015. Origin of the Dutch coastal landscape. Long-term landscape evolution of the Netherlands during the Holocene, described and visualized in national, regional and local palaeogeographical map series. PhD thesis Utrecht, 359 pp.

Wallinga, J. G. Johns & A. Versendaal, 2010. Luminescentiedateringsrapport: Uitvoering mechanisch booronderzoek Kanaal Sluiskil – Zone 3, EARTH Integrated Arhaeology. Rapport NCL-7710, Wageningen, 6 pp.

Wattenberghe, J., 2015. Plan van Aanpak Terneuzen Nieuwe Sluis. Inventariserend veldonderzoek doormiddel van (landschappelijk) verkennende boringen. Artefact, Middelburg.

Zaal, T. 2015. Factual Report Grondonderzoek Nieuwe Sluis Terneuzen Deel 1: Resultaten veldwerkzaamheden. FUGRO, opdrachtnummer: 1315-0035-000, Leidschendam.

Overzichtslijst figuren

Fig. 1. Locatie van het plangebied Nieuwe Sluis Terneuzen

Fig. 2. Geologische puntlocaties (boringen en sonderingen) van het gebied rond Terneuzen met de ligging van de regionale profielen A t/m C.

Fig. 3. Geologische puntlocaties (boringen en sonderingen) in het plangebied Nieuwe Sluis Terneuzen.

Fig. 4. Locaties van de archeologische boringen in het plangebied A1 t/m A36, met verwijzing naar hun DINO boornummer, en de boringen uit het onderzoek van GATE (Mats e.a. 2014).

Fig. 5. Locatiekaart van het plangebied met de liggingen van de geologische profielen 1 t/m 5 en daarvoor gebruikte boringen en sonderingen.

Fig. 6. Morfologische kaart van de Vlaamse Vallei en Holocene kustvlakte met daarop de paleodrainage patronen in het Weichselien; naar: Kiden (1991) en Crombé et al. (2013)

Fig. 7. Tijdtabel voor het Laat Pleistocene met daarin aangegeven de stadiale en interstadiale perioden; naar Van den Berg (2012).

Fig. 8. Tijdtabel voor het Holoceen.

Fig. 9. Top Pleistoceenkaarten kaarten van het gebied rond de Westerschelde monding. Fig. 9a. Top Pleistoceenkaart met Holocene geulinsnijdingen;en Fig. 9b. Gereconstrueerde kaart van de top van het Pleistocene oppervlak aan het begin van het Holoceen.

Fig. 10. Paleogeografische kaarten van het gebied rond de Westerschelde in het Holoceen. Fig. 10a: 3850 v. Chr.; Fig. 10b: 500 v. Chr.; Fig. 10c: 100 n. Chr.; Fig. 10d: 800 n. Chr.; Fig. 10e: 1250 n. Chr.; Fig. 10f: 1500 n. Chr.; en Fig. 10g: 1750 n. Chr.

Fig. 11. Kaart van het plangebied Terneuzen met daarop het gebied dat door de sluiswerken geamoveerd gaat worden en de ligging van de geologische profielen 1 t/m 5 (zie Bijlage B)

Fig. 12. Kaart van het plangebied Terneuzen waarop zijn aangegeven het gebied dat door de sluiswerken geamoveerd gaat worden, in combinatie met de gebieden waar getijdengeulen van de Sluiskil en Westerschelde afzettingen voorkomen. Het gearceerde gebied is het landgedeelte waar geadviseerd word aanvullend archeologisch onderzoek doormiddel van avegaarboringen uit te voeren.

Overzichtslijst tabellen

Tab. 1. Bodemniveaus beschreven in de Schelde restgeulafzettingen (zie Bijlage A)

Tab. 2. Uitkomsten van de 14C-dateringen uit de steekkernen van de boringen A17 (54E1948), A26 (54E1956), A33 (54E1963) en A36 (54E1966).

Overzichtslijst foto's

Foto 1. Opname van de archeologische boorkernen Terneuzen die uitgelegd zijn in de sedimentbeschtijgruimte van TNO (foto M. Bats)

Foto 2. Foto 1. Opname van de archeologische boorkernen Terneuzen die uitgelegd zijn in de sedimentbeschtijgruimte van TNO (Foto M. Bats).

Foto 3. Discussie tussen Frederike Verbruggen en Peter Vos over de boorkern selectie voor het paleo-ecologisch en dateringsonderzoek (Foto M. Bats).

Foto 4. Plastic zakken, met daarin de 0.5 m kerndelen van de Schelde afzettingen, die naar Kerkhove (België) zijn gebracht om daar gezeefd te worden door GATE. Op de achtergrond de zeefinstallatie te Kerkhove.

Foto 5. Het zeven van de grovere Koewacht afzettingen over een 2mm zeef bij Deltares .

Foto 6. Stukjes vuursteen uit de sluisbouwput van 1962 tentoongesteld in het museum van Gerrit de Zeeuw in Zaamslag.

Foto 7. Gerrit de Zeeuw in zijn museum te Zaamslag.

Foto 8. Resten van een mammoet, gevonden de sluisbouwput van 1962 en tentoongesteld in het museum van Gerrit de Zeeuw.

Bijlagen

Bijlage A: Archeologische boorbeschrijvingen (met foto's boorkernen)

Bijlage B: Geologische profielen
Profielen A t/m C: regionale profielen (locatie, zie Fig. 2)
Profielen 1 t/m 5: profielen over het plangebied (locatie, zie Fig. 5)

Bijlage C: Archeologisch rapport van GATE (Bats, 2015)

Bijlage D: Archeobotanisch rapport van BIAX (Verbruggen, e.a., 2015)