

Paleoecologisch onderzoek aan een Pleistoceen humeus pakket in de ondergrond van Hoeven



BIAXiaal

RAPPORTNUMMER

978

DATUM

JULI 2017

AUTEUR

F. VERBRUGGEN

Colofon

Titel:

BIAXiaal 978

Paleoecologisch onderzoek aan een Pleistoceen humeus pakket in de ondergrond van Hoeven

Auteur:

F. Verbruggen (Senior KNA-Specialist; reg.nr. 644651)

Opdrachtgever: SOB Research bv | Instituut voor Archeologisch en Aardkundig Onderzoek

Gemeente: Halderberge

Plaats: Hoeven

Toponiem: Waterbergingskelder Hofstraat

Onderzoeksmeldingsnummer: n.v.t.

Centrumcoördinaten onderzoekslocatie: ZW: 99.253 / 399.599
ZO: 99.271 / 399.596
NW: 99.265 / 399.632
NO: 99.275-399.630

Financiering: Provincie Noord-Brabant

ISSN: 1568-2285

©BIAX Consult, Zaandam, 2017

Correspondentieadres:

BIAX Consult

Symon Spiersweg 7 D2

1506 RZ Zaandam

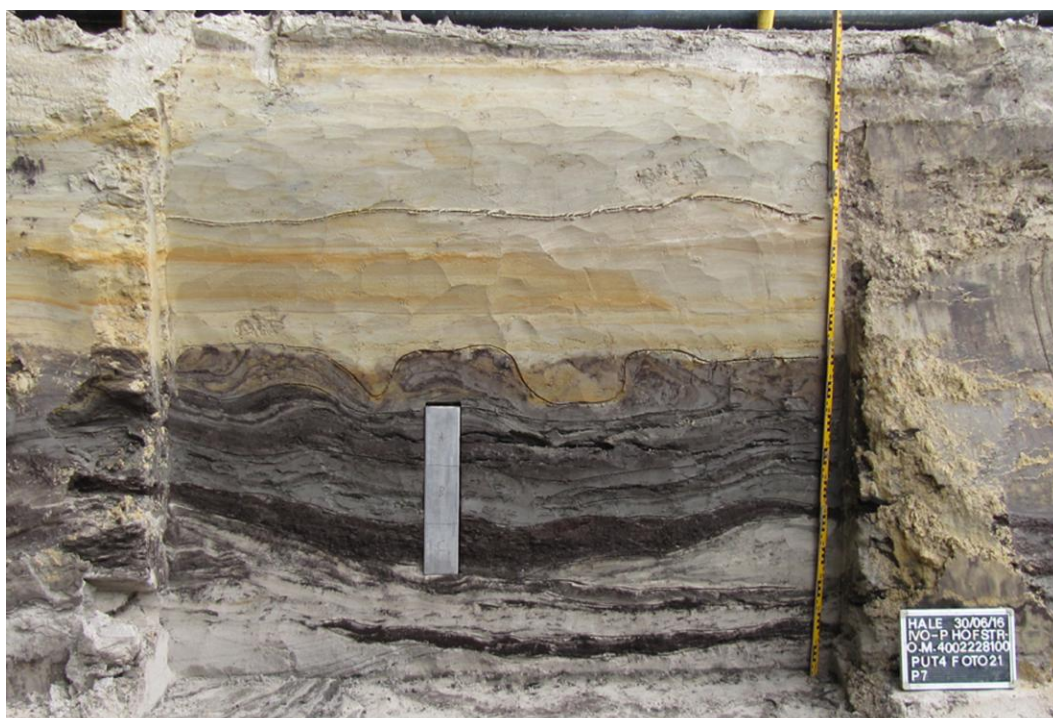
tel: 075 – 61 61 010

e-mail: verbruggen@biax.nl

www.biax.nl

1. Inleiding

Aan de Hofstraat te Hoeven (gemeente Halderberge) liep in 2016 een vergunningsprocedure voor de aanleg van een waterbergingskelder. De graafwerkzaamheden die met de aanleg gepaard gingen, zouden de bodem tot wel drie meter beneden maaiveld verstoren.¹ Om deze reden was een archeologisch onderzoek noodzakelijk. SOB Research bv heeft dit onderzoek in juni 2016 uitgevoerd en stuitte daarbij op enkele sporen die in relatie staan tot een herberg die omsteeks 1700 is gebouwd en pas rond 1970 is afgebroken. Bovendien is onder een pakket dekzand een humeus pakket aangetroffen (zie *figuur 1*).² Booronderzoek heeft aangetoond dat dit zich tussen 1,5 en 0,5 m +NAP bevindt.³



Figuur 1 Hoeven-Waterbergingskelder Hofstraat, profiel 7 uit werkput 4, gefotografeerd vanuit zuidelijke richting. In het humeuze pakket is een pollenbak geslagen (© SOB Research bv).

Het humeuze pakket is in eerste instantie in het veld omgeschreven als podzol/ paleosol/fluvioperiglaciale afzettingen, die mogelijk zijn gevormd tijdens het laat-glaciaal en mogelijk meer precies gedurende de warme Allerød fase van het Bølling/Allerød-interstadiaal (circa 14.000 - 13.000 jaar geleden). Ondanks het feit dat in deze laag geen archeologische resten zijn aangetroffen, is het toch

¹ Het maaiveld van het plangebied bevindt zich tussen 3,3 en 3,5 meter +NAP.

² Mientjes 2016a

³ Mientjes 2016b.

interessant om dit pakket verder te onderzoeken. Dergelijke oude (paleolithische) lagen zijn namelijk geen alledaagse vondsten.⁴ Dit pakket is dan ook een belangrijk aardkundig fenomeen dat gezien moet worden als een bijzonder archief waarin de (vegetatie)geschiedenis uit een ver verleden ligt opgeslagen. Om deze reden is een subsidie voor eco-archeologisch onderzoek aangevraagd bij de Provincie Noord-Brabant. Dankzij deze subsidie werd het mogelijk een paleoecologisch onderzoek uit te voeren aan dit pakket teneinde meer te weten te komen over de herkomst en ouderdom en om inzicht te krijgen in het landschap in de omgeving van Hoeven ten tijde van de vorming ervan.

Dit onderzoek bestaat enerzijds uit onderzoek aan palynologische resten (pollen, sporen en niet-pollen palynomorfen).⁵ Deze microscopische resten zijn klein (in de orde van enkele tientallen micrometers) en licht. Ze worden vaak in groten getale geproduceerd en blijven ook na vele tienduizenden jaren nog goed herkenbaar in de ondergrond, mits de conserveringsomstandigheden daarvoor gunstig zijn. Het feit dat deze resten zo klein en licht zijn, zorgt ervoor dat ze goed verspreiden. Palynologische resten geven dan ook een goed beeld van regionale plantengemeenschappen. Aan de hand hiervan kunnen vegetatietypen in de omgeving van de onderzoekslocatie gereconstrueerd worden. Anderzijds zijn de monsters ten behoeve van daterend onderzoek onderzocht op de aanwezigheid van botanische macroresten, zoals zaden en vruchten. Zaden zijn groter (in de orde van millimeters) en zwaarder dan pollen. Bij natuurlijke afzettingen is het verspreidingsgebied van zaden dan ook kleiner dan dat van pollen. Om deze reden zijn zaden goede indicatoren voor de lokale vegetatie.

Al met al geeft een gecombineerd onderzoek aan microscopische en macroscopische resten over het algemeen een goed beeld van het landschap in het verleden.

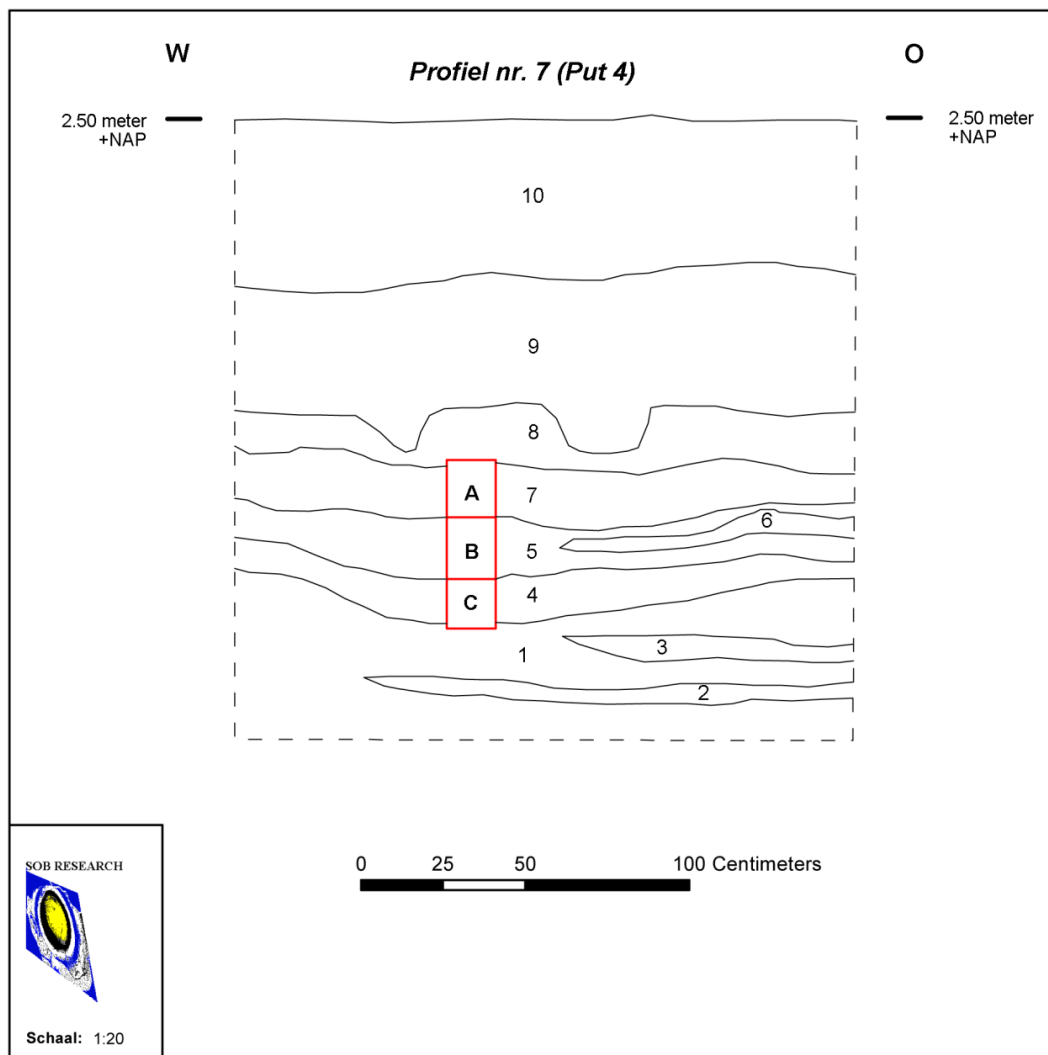
2. Materiaal en methode

In profiel 7 van werkput 4 is de bodemopbouw gedocumenteerd (zie *figuur 2*), waarbij de volgende bodemopbouw is beschreven door SOB Research bv:

- Laag 1 - zand, matig grof, licht grijswit, af en toe met roestvlekken, horizontaal gelaagd, humeuze en venige fibers
- Laag 2 - veen, donkerbruin, sterk amorf, beetje plantenresten, horizontaal gelaagd (gelamineerd)
- Laag 3 - zand, matig fijn, grijs, sterk kleiig, horizontaal venige fibers
- Laag 4 - veen, donkerbruin, matig amorf, horizontaal gelaagd/verbrokkeld
- Laag 5 - klei/leem, grijs, matig gerijpt, matig siltig

⁴ Dit heeft te maken met het feit dat dergelijke lagen op veel plaatsen simpelweg niet zijn gevormd, of na de vorming zijn geoxideerd (vergaan) of geërodeerd (verweerd). Bovendien liggen deze lagen vaak dusdanig diep in de ondergrond dat ze bij archeologisch onderzoek niet worden aangesneden.

⁵ Hierna tezamen 'pollen' genoemd.



Figuur 2 Hoeven-Waterbergingskelder Hofstraat, tekening van werkput 4, profiel 7 (AB), met de locatie van het pollenbakmonster (rood omkaderd). De indeling van de pollenbak in A, B en C correspondeert respectievelijk met laag 7, 5 en 4 van het humeuze pakket. De bovenkant van het profiel ligt ter hoogte van vlak 1 (© SOB Research bv).

- Laag 6 - klei/leem, grijs, matig gerijpt, matig siltig, horizontale venige laagjes
- Laag 7 - veen, donkerbruin, matig amorf, plantenresten, horizontale, grijze, zandige en kleiige laagjes
- Laag 8 - klei/leem, grijsgeel matig gerijpt, zandige laagjes (geel, matig fijn), af en toe venige laagjes
- Laag 9 - zand, matig fijn, lichtgeel, met roest (horizontaal gelamineerd), dekzand
- Laag 10 - zand, matig fijn, licht geelgrijs, lemig/matig siltig (horizontaal gelamineerd), beetje roest (horizontaal gelamineerd), dekzand

In de top van het humeuze pakket in dit profiel is een los monster genomen (M7), terwijl een groot deel van het pakket is bemonsterd door middel van een pollenbak (M8; zie *figuur 1*). Deze pollenbak omvat lagen 7, 5 en 4, welke op de pollenbak zijn gelabeld als respectievelijk A, B en C (zie *figuur 2*).

2.1 POLLEN

2.1.1 Monstername

Zowel uit de basis van laag 4 als laag 7 is een pollenmonster genomen. De precieze monsterlocatie is weergegeven in *bijlage 1*. De administratieve gegevens van de pollenmonsters zijn weergegeven in *tabel 1*.

Tabel 1 Hoeven-Waterbergingskelder Hofstraat, administratieve gegevens van de pollenmonsters.

put	profiel	monster	laag	diepte in pollenbak (cm)	labcode	volume (ml)	aantal tabletten
4	7	M8	7	13-14	BX7305	3	3
4	7	M8	4	45,5-46,5	BX7306	3	3

2.1.2 Opwerking

Beide pollenmonsters zijn opgewerkt tot pollenpreparaten volgens de standaardmethode van Erdtman.⁶ De bereiding is uitgevoerd onder leiding van M. Hagen van het Laboratorium voor Sedimentanalyse van de Vrije Universiteit in Amsterdam. Aan elk monster is een bekende hoeveelheid sporen van een wolfsklauwsoort (*Lycopodium clavatum*) toegevoegd.⁷ Dit maakt het mogelijk om de concentratie pollen en sporen in het preparaat te bepalen.

2.1.3 Determinatie

De aanwezige pollentypen zijn gedetermineerd met behulp van een doorvallend-lichtmicroscop (Olympus BX40, met vergrotingen tot 1000 maal, eventueel met fasecontrast) aan de hand van de pollencollectie van BIA X *Consult* en met behulp van determinatieliteratuur.⁸ De nomenclatuur van de pollen- en sporentypen volgt deze literatuur. De naamgeving van de planten, die het pollen of de sporen produceerden, volgt de drieëntwintigste druk van de Heukels' Flora van Nederland.⁹

Naast pollen en sporen worden bij palynologisch onderzoek ook vaak microscopische resten van andere organismen aangetroffen, zoals van schimmels. Deze zogenaamde niet-pollen palynomorfen, of NPP's, kunnen belangrijke aanvullende informatie geven over milieuomstandigheden in het

⁶ Erdtman 1960; Fægri *et al.* 1989; met modificaties van Konert 2002.

⁷ Stockmarr 1971. Aan elk monster zijn 3 tabletten met elk 9.666 sporen toegevoegd.

⁸ Beug 2004; Moore *et al.* 1991; Punt *et al.* 1976-2009.

⁹ Van der Meijden 2005.

landschap van het verleden. Niet-pollen palynomorfen zijn gedetermineerd aan de hand van determinatieliteratuur.¹⁰

In de tekst zullen de Nederlandse soortnamen worden gebruikt. De wetenschappelijke namen van de taxa zijn te raadplegen in de bijlage met de onderzoeksresultaten.

De ecologische affiniteiten van de wilde planten zijn bepaald met behulp van de Nederlandse Ecologische Flora, de Heukels' Flora van Nederland en de Standaardlijst van de Nederlandse Flora.¹¹

2.1.4 Analyse

Om betrouwbare resultaten te verkrijgen, zijn bij de kwantitatieve pollenanalyse minimaal zeshonderd pollen en sporen van landplanten geteld. Voor de bepaling van het relatieve aandeel van de verschillende pollentypen in de monsters is uitgegaan van een totaalpollensom, waarin pollen en sporen van bomen, boskruiden, algemene kruiden en planten van heide- en veenmilieus, grasland, oevers en moerassen zijn genomen. De analyse is uitgevoerd door de auteur.

De resultaten van het pollenonderzoek zijn weergegeven in een tabel en een pollendiagram dat met behulp van het programma TILIA is gemaakt.¹² Palynomorfen (pollen, sporen en NPP's) van de meest voorkomend taxa zijn binnen ecologische groepen gerangschikt op de x-as. Om de pollencurven in het diagram is een grijze envelop geplot, die een overdrijving van 10x het percentage pollen voorstelt. Palynomorfen die buiten de telling in het preparaat zijn aangetroffen, zijn in het pollendiagram en de tabel met een plusteken (+) weergegeven. Voor de microscopische houtskoolfragmenten zijn abundantiescores in de vorm van klassen gebruikt. Links in het pollendiagram is een overzichtsdigram te zien. Hierin wordt in één oogopslag duidelijk welke ecologische groepen vertegenwoordigd zijn in het pollenspectrum en in welke mate.

2.2 MACRORESTEN

2.2.1 Monsternamen

Monster M7 is bemonsterd voor onderzoek aan botanische macroresten ten behoeve van het daterend macrorestenonderzoek. Daarnaast is ook de rest van de niveaus die zijn bemonsterd voor pollenonderzoek onderzocht op de aanwezigheid van macroresten ten behoeve van het daterend onderzoek. Er is geen sprake van een volledige analyses. Alle resten die zijn aangetroffen tijdens de selectie van materiaal voor de ¹⁴C-dateringen zijn genoteerd.

2.2.2 Opwerking

De macrorestenmonsters zijn gezeefd over een serie zeven, waarvan de kleinste maaswijdte 0,25 mm bedroeg.

¹⁰ Van Geel 1976; 1998.

¹¹ Weeda *et al.* 1985-1994; Tamis *et al.* 2004; Van der Meijden 2005.

¹² Grimm 1992-2016.

2.2.3 Determinatie

De aanwezige botanische macroresten in de zeefresiduen zijn geïdentificeerd door L. Kubiak-Martens (BIAX *Consult*) met behulp van een opvallend-lichtmicroscop (Leica MZ7.5) met een maximale vergroting van 50 maal. De botanische macroresten zijn gedetermineerd volgens standaardwerken en met behulp van de referentie-collectie van BIAX *Consult*.¹³ In de tekst hieronder worden de Nederlandse namen van de plantentaxa genoemd. Net zoals bij het pollenonderzoek kunnen de wetenschappelijke namen van de taxa geraadpleegd worden in de bijlage met de onderzoeksresultaten.

De ecologische affiniteiten van de aanwezige plantensoorten zijn op dezelfde wijze bepaald als bij het pollenonderzoek.

2.3 ¹⁴C-DATERINGEN

De plantaardige macroresten die voor ¹⁴C-onderzoek zijn geselecteerd uit monster M7 en uit laag 4 en laag 7 uit pollenbak M8, zijn gedroogd en luchtdicht ter datering aangeboden aan de Universiteit van Uppsala. De AMS ¹⁴C-dateringen zijn uitgevoerd onder leiding van prof. G. Possnert van het Angström Laboratorium.

3. Resultaten en discussie

3.1 DATEREND ONDERZOEK

De resultaten van het daterend onderzoek zijn weergegeven in *tabel 2* en *bijlage 2*.

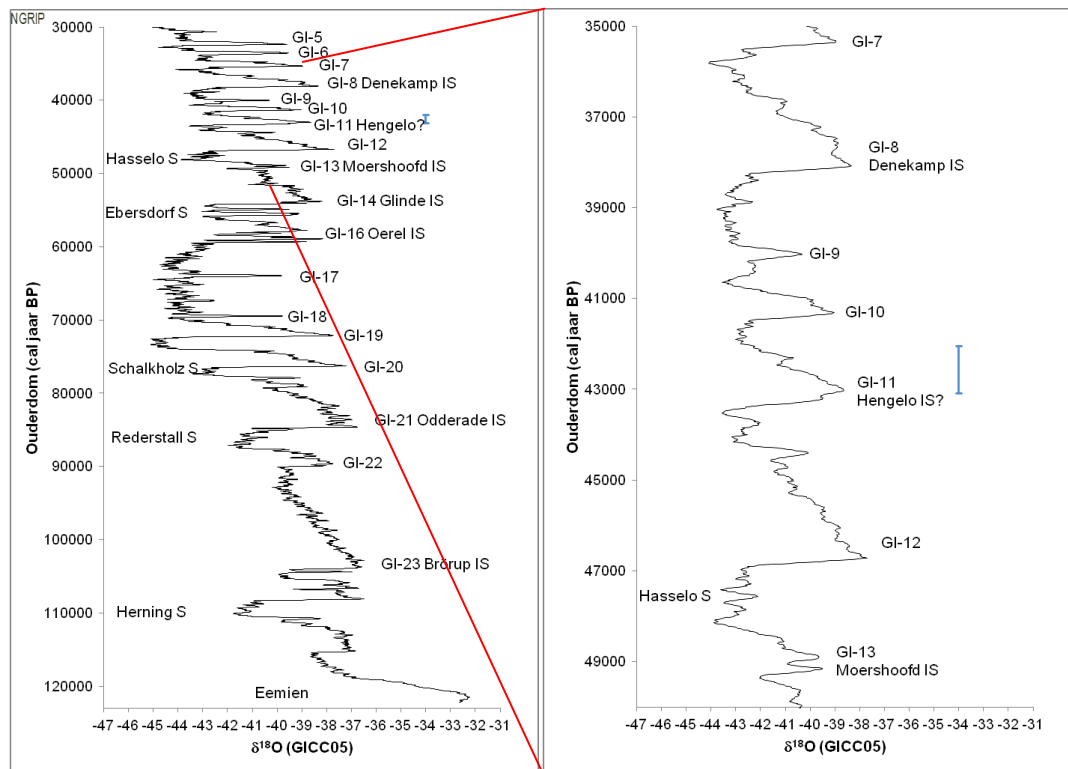
Uit het daterend onderzoek blijkt dat het humeuze pakket niet in het Allerød (laat-glaciaal) dateert, maar vele tienduizenden jaren ouder is. Het feit dat de top van de afzettingen behoorlijk gecryoturbeerd is, vormt al een indicatie dat een laat-glaciale ouderdom niet waarschijnlijk is. Dit soort verschijnselen kennen we namelijk van het pleni-glaciaal, de periode vóór het laat-glaciaal. Dit is de relatief koude periode van het Weichselien, de laatste ijstijd. Echter, het pleni-glaciaal was zeker niet constant koud. Onder andere door onderzoek aan stabiele zuurstofisotopen in ijskernen uit Groenland weten we dat koudere en warmere perioden elkaar in het pleni-glaciaal hebben afgewisseld (zie *figuur 3*, links). Deze perioden worden ook wel stadialen (koud) en interstadialen (warm) genoemd. Veel stadialen en interstadialen van het pleni-glaciaal zijn gedateerd, waardoor we het humeuze pakket van Hoeven nóg nauwkeuriger in een specifieke periode binnen het pleni-glaciaal kunnen plaatsen. Voor de top van het humeuze pakket kan dit: laag 8 is gevormd in de periode tussen 43.100 en 42.050 jaar BP.¹⁴

¹³ Berggren 1969, 1981; Anderberg 1994; Cappers *et al.* 2006; Körber-Grohne 1964, 1991.

¹⁴ Ua-56159: 38.518 ± 380 ¹⁴C jaar BP. De gekalibreerde dateringen zijn weergegeven in kalenderjaren BP (*before present*, waarbij het 'heden' is vastgesteld op het jaar 1950).

Tabel 2 Hoeven-Waterbergingskelder Hofstraat, resultaten van het daterend onderzoek. Verklaring: frg = fragment, * = gekalibreerd met behulp van OxCal 4.3 (Bronk Ramsey 2013) aan de hand van de IntCal13 kalibratiecurve (Reimer *et al.* 2013).

monster	laag	diepte in pollenbak (cm)	labcode	gedateerd materiaal	ouderdom (¹⁴ C-jaar BP)	gekalibreerde ouderdom* (kalenderjaar BP)
M7	8	.	Ua-56159	<i>Menyanthes trifoliata</i> 14x, <i>Carex rostrata</i> 7x, <i>Betula</i> -knopschub 1x	38.518 ± 380	43.100-42.050 cal BP
M8	7	13-14	Ua-56160	<i>Menyanthes trifoliata</i> 8+6 frg., <i>Carex rostrata</i> 10x	46.954 ± 987	> 49.920 cal BP
M8	4	45,5-46,5	Ua-56161	<i>Menyanthes trifoliata</i> 10+4 frg., <i>Carex rostrata</i> 7x, <i>Salix</i> -twijgfrg met knop 1x	45.075 ± 786	> 46.990 cal BP



Figuur 3 Hoeven-Waterbergingskelder Hofstraat, de goedgedateerde stabiele zuurstofisotopencurve ($\delta^{18}\text{O}$) van de NGRIP boorkern van Groenland (GICC05; 15-point moving average), van het Eemien tot 30.000 cal jaar BP (links) en ingezoomd van 35.000 tot 50.000 cal jaar BP (rechts), met de resultaten van de kalibreerbare ^{14}C -datering van de top van het humeuze pakket (blauw).

Laag 8 lijkt daarmee te zijn gevormd in een fase met relatief hogere (minder negatieve) $\delta^{18}\text{O}$ -waarden die een warmere fase tijdens de laatste ijstijd representeert. Deze *shift* correspondeert met Greenland-Interstadial (GI) 11 (zie *figuur 3* rechts).¹⁵

Welk interstadiaal de $\delta^{18}\text{O}$ -piek van GI-11 beslaat, staat momenteel ter discussie. De pieken van GI-13, GI-12 en GI-8 worden vaak toegewezen aan respectievelijk het Moershoofd, Hengelo en Denekamp Interstadiaal.¹⁶ Van der Hammen heeft het Hengelo Interstadiaal in het verleden toebedeeld aan GI-11 in de Groenlandse NGRIP-ijskern.¹⁷ Litt en collega's wijzen de periode tussen 36.000 en 39.000 ^{14}C jaar BP toe aan het Hengelo Interstadiaal.¹⁸ Recentelijk hebben Vandenberghe en van der Plicht kritisch naar de datering van dit interstadiaal gekeken en verscherpten de datering ervan naar de periode tussen 36.000 en 38.600 ^{14}C jaar BP.¹⁹ Zij concluderen dan ook dat het Hengelo Interstadiaal waarschijnlijk correleert met GI-11 en niet GI-12.²⁰

Kortom, we kunnen stellen dat de top van het humeuze pakket, waar monster M7 is genomen, dateert in het Hengelo Interstadiaal. Voor de onderliggende

¹⁵ Rasmussen *et al.* 2014.

¹⁶ Zie Hoek 2008; Bos *et al.* 2001; Ran & Van Huissteden 1990; Dansgaard *et al.* 1993.

¹⁷ Van der Hammen 1995; Shackleton *et al.* 2004.

¹⁸ Litt *et al.* 2007.

¹⁹ Vandenberghe & Van der Plicht 2016.

²⁰ Vandenberghe & Van der Plicht 2016, 25.

lagen is deze datering minder vanzelfsprekend. Dat komt omdat beide monsters uit de pollenbak dusdanig oud zijn, dat de grenzen van de mogelijkheden van de ^{14}C -methode bereikt zijn. Als gevolg van de halfwaardetijd van het stabiele koolstofisotoop ^{14}C van zo'n 5730 jaar, is de concentratie ^{14}C in organisch materiaal na zo'n 45.000 ^{14}C -jaar dusdanig laag dat het niet meer betrouwbaar te meten is.²¹ Dit zorgt er in het geval van laag 4 en laag 7 voor dat kalibratie niet langer mogelijk is. Dat verklaart ook de 'reversal' in de ouderdom tussen het bovenste en het onderste monster uit de pollenbak. Het enige dat we kunnen stellen is dat op basis van de dateringsresultaten laag 4 ouder is dan ~47.000 jaar en dat laag 7 ouder is dan ~50.000 jaar. En aangezien laag 4 eerder is afgezet dan laag 7, en daarmee naar verwachting ouder is, kunnen we stellen dat laag 4 ook ouder is dan 50.000 jaar. Beide monsters zijn dus behoorlijk veel ouder dan de top en dateren niet in het Hengelo Interstadiaal, maar in een ouder interstadiaal of wellicht in een interglaciaal.²² Op het eerste gezicht lijkt het contra-ïntuïtief, dat de top en de basis van het humeuze pakket niet in één periode zijn gevormd, maar in verschillende perioden, met vele duizenden jaren ertussen. Er zijn dan ook twee mogelijkheden.

- 1-Ofwel geven één of meerdere dateringen geen juist beeld van de daadwerkelijke ouderdom en is het pakket wél in één keer gevormd. In dit geval zijn twee scenario's mogelijk:
 - a. De top heeft een te jonge datering gegeven en het materiaal is ouder dan het Hengelo Interstadiaal. Dit kan bijvoorbeeld veroorzaakt zijn door contaminatie (vervuiling) met recent(er) materiaal. In het laboratorium wordt onder uitermate schone condities gewerkt en alle monsters worden te allen tijde gecontroleerd alvorens zij luchtdicht worden afgesloten ter verzending naar het ^{14}C -laboratorium. Bovendien wordt het materiaal dat wordt ingestuurd altijd gedroogd om schimmelvorming tegen te gaan. Ervan uitgaande dat het losse monster M7 ook vóór aanlevering bij *BIAX Consult* onder de juiste omstandigheden is bewaard (in een koele, donkere ruimte), is door de directe verwerking van dit monster na aankomst in het laboratorium van *BIAX Consult* de kans op schimmelvorming minimaal.²³ Een andere bron van 'vervuiling' kan hem zitten in post-depositionele processen. Zo is duidelijk te zien dat de top van het pakket zwaar gecryoturbeerd is.²⁴ Mogelijk is tijdens dit deformatieproces jonger materiaal in de top van het pakket terecht gekomen.

²¹ De concentratie ^{14}C benadert dan de achtergrondwaarde, zoals hier het geval is; G. Possnert, pers. meded. per e-mail 27-6-2017.

²² Interstadialen zijn relatief warme perioden in een glaciaal (ijstijd). Interglacialen zijn tussenijstijden; een warme periode tussen twee ijstijden in. Een voorbeeld van een interglaciaal is het huidige tijdvak, het Holoceen.

²³ Schimmelvorming kan desalniettemin nooit geheel worden uitgesloten aangezien schimmels niet altijd met het blote oog of onder de opvallend-lichtmicroscop te zien zijn.

²⁴ Cryoturbatie heeft plaatsgevonden in de stadialen van het pleniglaciaal (Berendsen 2011, 186).

- b. De datering van de twee lager gelegen monsters is te oud en het pakket dateert in zijn geheel in het Hengelo Interstadiaal. Een te oude datering kan bijvoorbeeld voorkomen bij het insturen van macroresten van waterplanten.²⁵ Zeker waterplanten met ondergedoken bladeren halen hun koolstof niet uit de atmosfeer, maar uit water. In water kan oud carbonaat (met koolstof!) opgelost zitten, hetgeen kan resulteren in een te oude datering. In alle dateringsniveaus zijn dezelfde macroresten ingestuurd: zaden van waterdrieblad en van snavelzegge, in de top aangevuld met een knopschub van berk en in de basis van de sequentie aangevuld met een wilgentwijgje. Snavelzegge, berk en wilg halen zonder enige twijfel hun koolstof uit de atmosfeer. Waterdrieblad is een soort die vaak gezien wordt als een verlandingspionier. Hoewel het overgrote deel van de plant boven het wateroppervlak groeit, bevindt een deel van de plant zich wel onder water. De vraag is alleen of de plant met dat ondergedoken deel koolstof uit het water onttrekt. Bij eerdere paleoecologische onderzoeken in Nederland zijn de zaden van waterdrieblad vaak ingestuurd ter datering en dit heeft tot nu toe geen dateringsproblemen opgeleverd. Een andere mogelijke oorzaak van te oude dateringen is de aanwezigheid van geremanieerd materiaal uit oudere lagen dat opnieuw is afgezet. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan het aansnijden van lagen in de diepere ondergrond door rivieren, die vervolgens elders opnieuw afgezet worden. Echter, dit transport leidt vaak tot degradatie en fragmentatie van de macroresten en daar lijkt in het geval van de ingestuurde macroresten geen sprake van te zijn.
- 2- Ofwel zijn de dateringen juist en het humeuze pakket is inderdaad over een lange periode die meerdere interstadialen omvat, gevormd. In dat geval is er sprake van hiaten. Omdat we nu geen aanleiding hebben om te veronderstellen dat er sprake is van één of meerdere twijfelachtige dateringen, gaan we er vanuit dat het pakket in meerdere fasen is gevormd. Enkel van de oudste fase (>50.000 jaar geleden) van dit pakket is pollenonderzoek gedaan; monster M7 is niet palynologisch onderzocht. We kunnen de pollenspectra van de verschillende fasen binnen dit pakket dan ook niet met elkaar vergelijken om de hypothese dat het pakket over een lange tijdsperiode is gevormd en de dateringen dus juist zijn, te staven. Wel zien we dat het macrorestenspectrum sterk varieert tussen M7 en M8. Waar stengel- en bladfragmenten van kruidachtigen domineren in de onderste lagen (4 en 7), zien we dat er in laag 8 veel houtresten zitten.

²⁵ Zie Törnqvist *et al.* 1992.

3.2 LANDSCHAP

De resultaten van het pollenonderzoek van de twee monsters uit de pollenbak zijn in tabelvorm weergegeven in *bijlage 3* en grafisch als pollendiagram in *figuur 4*. De resultaten van het macrorestenonderzoek, dat is uitgevoerd ten behoeve van het daterend onderzoek, zijn te vinden in *bijlage 4*.

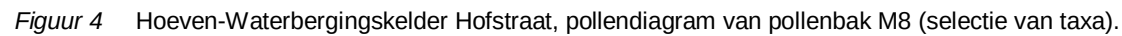
De pollenspectra van laag 4 en laag 7 komen sterk overeen. Er lijkt dan ook sprake van een min of meer gelijktijdige afzetting. Indien deze lagen in verschillende perioden zijn afgezet, dan is er sprake van een zeer vergelijkbaar landschap. De resultaten zullen hieronder dan ook tezamen worden besproken.

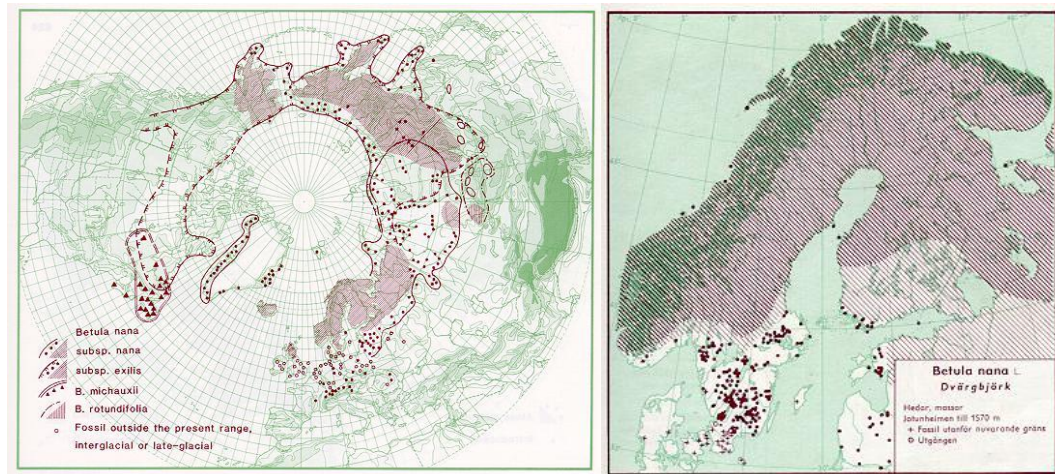
Om uitspraken te kunnen doen over de openheid van het landschap kunnen we kijken naar de verhouding tussen boompollen (*arboreal pollen*, of AP) en kruidpollen (*non-arboreal pollen*, of NAP). In beide monsters is het aandeel boompollen ongeveer gelijk: 27-29% van het pollen is geproduceerd door bomen en boskruiden. Dit duidt over het algemeen op een open landschap, met her en der (lage) bosschages. Uit de pollenanalyse blijkt dat het pollen van berk en den van de boomsoorten het meest voorkomend is. In beide lagen zijn schutbladen en zaden van dwergberk nadrukkelijk aanwezig, hetgeen erop wijst dat dwergberk lokaal voorkwam. Deze struik komt vandaag de dag niet (meer) in Nederland voor, maar wel in grote delen van Scandinavië (zie *figuur 5*), alwaar de temperatuur lager is dan in onze streken. Van den zijn geen macroresten gevonden. Het is dan ook goed mogelijk dat dennen niet zo zeer lokaal voorkwamen, maar in de ruimere regio. Dennen zijn namelijk grote pollenproducenten, waarvan het pollen door de aanwezigheid van luchtzakken ook nog eens een relatief groot verspreidingsgebied kent.²⁶ Wel zijn diverse macroresten (bladfragmenten, vruchten en een twijg met knop) gevonden van wilg. Het aandeel pollen van wilg is met 1% relatief laag in beide pollenmonsters. Toch wil dat niet zeggen dat wilg niet lokaal te vinden was. Wilg wordt namelijk niet door de wind, maar door insecten bestoven. Pollen van wilg verspreidt dan ook veel minder goed dan dat van andere loofbomen. De wilgenbladfragmenten die zijn gevonden in de basis van het humeuze pakket duiden op de aanwezigheid van een dwergsoort. We kunnen dus concluderen dat we hier te maken hebben met een (zeer) open landschap, waarin lage bosschages voorkwamen.

Het aandeel pollen van grassen (18-19%) is hoog, maar veruit het meeste pollen is geproduceerd door planten van de cypergrassenfamilie (23-31%). Deze familie bestaat grotendeels uit zeggen en biesen. Uit het macrorestenonderzoek blijkt dat met name snavelzegge, maar ook Noordse zegge en gewone/slanke waterbies waarschijnlijk de belangrijke producenten waren van het pollen van de cypergrassen. Snavelzegge komt voor in de koude en gematigde zone van het noordelijk halfrond, vooral op zand-, leem- en veengrond, op drassige plaatsen met voedselarm tot hooguit matig voedselrijk zoet, ondiep water.²⁷ Gewone/slanke waterbies is een zeer algemeen voorkomende plant van vennen, moerassen en waterkanten.

²⁶ Janssen 1974, 21-24.

²⁷ Weeda *et al.* 1988, 306.





Figuur 5 Hedendaagse verspreidingskaart van dwergberk (© Naturhistoriska riksmuseet Stockholm; <http://linnaeus.nrm.se>).

Noordse zegge komt voor in de koude delen van het noordelijk halfrond; Drenthe vormt hierbij vandaag de dag de zuidgrens van het voorkomen. Zeker als er sprake is van de toevoer van diep, basenrijk grondwater dat een verkoelend effect heeft op het wortelmilieu komt Noordse zegge voor, vaak tezamen met waterdrieblad, snavelzegge en wateraardbei (*Comarum palustris*).²⁸ Van al deze verlandingsplanten van minder voedselrijk milieu zijn macroresten gevonden! Verder valt op dat in laag 7 honderden takjes (met bladeren) van mossen aanwezig zijn.

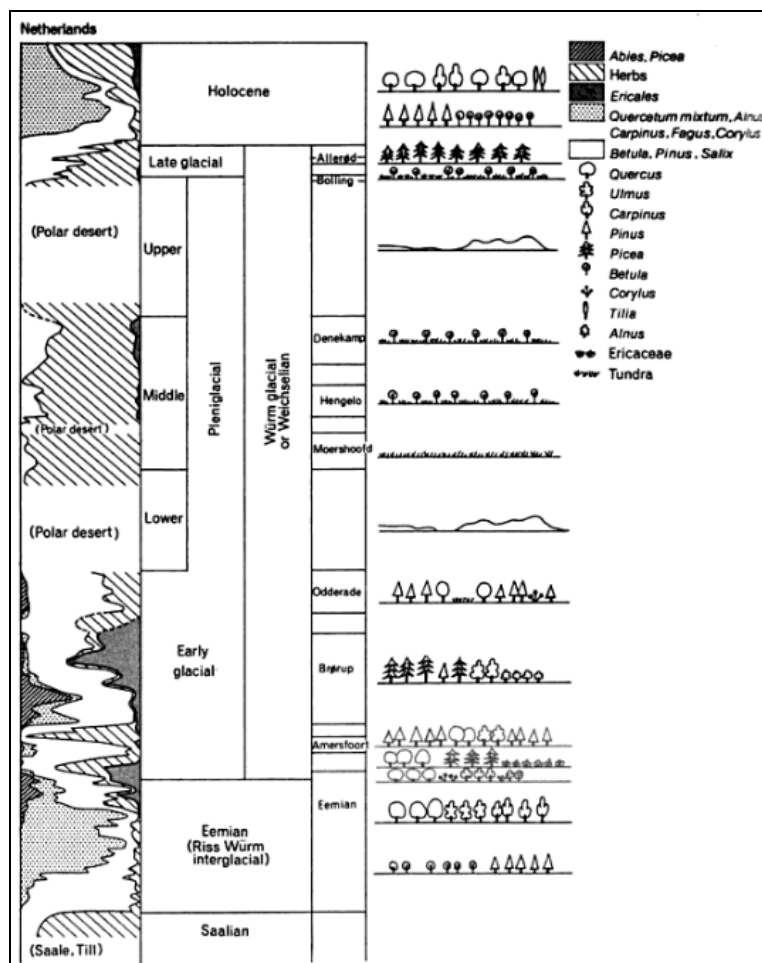
Al met al kunnen we op basis van de dominantie van cypergrassen, grassen en struiken (dwergberk en een dwergvariant van wilg) concluderen dat we hier te maken hebben met een steppe-toendra tot struiktoendra-achtig landschap (figuur 6). Dit komt goed overeen met het beeld dat we hebben van het midden-pleni-glaciaal (zie figuur 7).

Dit maakt de vondst van ascosporen van mestschimmels van het brokkelspoorzwam-, mestvaasje- en piekhaartonneetje-type in dit kader des te interessanter. De mestschimmels die deze typen ascosporen produceren, worden in verband gebracht met mest, omdat dat hun belangrijkste voedselbron is. Bovendien moeten zij vaak het maag-darmkanaal passeren om hun levenscyclus compleet te maken. Nu kunnen er in dit gras-/struiktoendragebied tal van dieren hebben rondgelopen. De grootste kanshebbers als gastheer-mestproducent zijn herbivoren; zij produceren grote hoeveelheden uitwerpselen. Het is dan ook goed mogelijk dat de mestschimmels waarvan we de ascosporen hebben gevonden in dit humeuze pakket zich hebben gevoed met mest van wolharige mammoet, wolharige neushoorn, muskusos, steppenwisent, wilde paarden, rendier en/of saiga.

²⁸ Weeda et al. 1988, 317.



Figuur 6 Hoeven-Waterbergingskelder Hofstraat, het humeuze pakket lijkt zich te hebben gevormd in een natte laagte in een gras-/struiktoendralandschap met daarin voornamelijk cypergrassen, grassen, mossen en struiken (dwergberk en dwergvarianten van wilg), zoals vandaag de dag het geval is in Groenland (© J.A. de Raad & L.I. Kooistra, BIA X Consult).



Figuur 7 Vegetatieontwikkeling in het Pleistoceen, zoals weergegeven in Wijmstra 1978.

In het kader van een toendra-achtig landschap is de vondst van behoorlijk veel pollen van (warmteminnende!) bomen en struiken, anders dan die van de eerder genoemde dwergstruiken, opvallend te noemen. Met name het pollen van els is onmiskenbaar in zowel laag 4 als in laag 7 aanwezig (resp. 5 en 9% van de pollensom) en ook hazelaar en eik maken elk 1-2% van de pollensom uit. Waarschijnlijk was het klimaat ten tijde van de vorming van het humeuze pakket niet dusdanig koud, dat er zich geen bomen konden vestigen. Blijkbaar waren er *patches* met voornamelijk els in de (wijde) omgeving te vinden. Interessant genoeg zijn in de maaginhouden van diverse pleni-glaciale wolharige mammoeten uit Siberië ook elzentakjes gevonden, hetgeen aangeeft dat els in pleni-glaciale interstadialen, zelfs in Siberië, heeft kunnen overleven.²⁹

Ook is het niet geheel uitgesloten dat de lagen 4 en 7 toch niet hun oorsprong vinden in het midden-pleniglaciaal, maar zijn gevormd in een van de eerste interstadialen van het Weichselien (bijvoorbeeld de Brørup en Odderade Interstadialen), toen het landschap veel beboster was (zie *figuur 7*).^{30,31}

Anderzijds moeten we rekening houden met de mogelijkheid dat er geremanieerd materiaal aanwezig is en dat het boompollen reeds eerder is geproduceerd, bijvoorbeeld tijdens het Eemien, de eerste interstadialen van het Weichselien, of zelfs nog oudere interstadialen of interglacialen, en daarna opnieuw is afgezet. Dát er sprake is van remaniëring blijkt eigenlijk al uit de vondst van een cyste van een dinoflagellaat (marien plankton) en de aanwezigheid van pre-kwartair pollen van *Momipites* en het *Tricolporites*/Myrtaceae-type. Beide pollentypen zijn ook in de organogene pleistocene Schelde-afzettingen van Terneuzen veelvuldig aangetroffen en zijn geproduceerd door een planten die voor en op de Pliocene/Pleistoceen-grens zijn uitgestorven.³² Het gaat echter slechts om sporadische vondsten van pre-kwartaire palynomorfen.

3.3 AFZETTINGSMILIEU

Hoe heeft dit pakket zich gevormd en waarom daar? Uit de vondst van micro- en macroresten van waterplanten en zoetwateralgen blijkt dat we te maken hebben met lagen die zich onder water hebben gevormd. Zo zijn diverse zaden van de waterplant fonteinkruid gevonden in laag 7. Twee ervan konden toegewezen worden aan draadfonteinkruid. Draadfonteinkruid is eveneens een plant van koudere streken; het komt vandaag de dag voornamelijk voor in Scandinavië en in water in gebergten. Van fonteinkruid is geen pollen gevonden. Wel van waterlelie en diverse groenwieren, zoals *Pediastrum* en *Botryococcus* (ook in laag 4). Dat dit pakket onder water is gevormd, is eveneens af te leiden uit de stratigrafische opbouw: met name laag 5 (niet onderzocht) en laag 7 worden gekenmerkt door een fijne gelaagdheid (laminatie; zie *bijlage 1*) die we vaak zien bij meersedimenten. Of er in het Pleistoceen ook daadwerkelijk sprake was van

²⁹ zie Van Geel *et al.* 2008, 373-374.

³⁰ zie bijv. Behre 1989.

³¹ De vraag is dan ook of dit mogelijk is met de hoge percentages kruidpollen, dat bovendien (vermoedelijk grotendeels) van toendraplant afkomstig is.

³² De Jong 1991, 70.

een meer in Hoeven is niet met zekerheid te zeggen. Het kan ook een ven-achtige structuur zijn geweest of een andersoortige natte depressie, waarin zich organisch materiaal heeft opgehoopt. Het lijkt erop dat de onderzoekslocatie zich paleogeografisch gezien in een laagte bevond.

De term paleosol lijkt dan ook niet de meest correcte aanduiding voor het pakket van Hoeven. Een paleosol is in principe een begraven bodem en is daarmee een landafzetting (terrestrisch). Het pakket van Hoeven lijkt, gebaseerd op de stratigrafie (laminaties) en de botanische inhoud, een lacustriene oorsprong te hebben.

3.4 (EXTRA-)REGIONALE VERGELIJKING

In Nederland zijn zowel aan afzettingen uit het Hengelo Interstediaal, als van oudere interstediale pollenonderzoek gedaan, waarmee we het onderzoek in Hoeven in een breder kader kunnen plaatsen. Wat opvalt is, dat er meerdere van dit soort natte depressies geweest moeten zijn in de omgeving van Hoeven. Niet alleen is een vergelijkbaar humeus pakket aangetroffen in boringen binnen een straal van 1 km rondom de onderzoekslocatie, ook verder ten zuiden lijken zich vergelijkbare lagen te bevinden (zie *figuur 8*). Hierbij moet opgemerkt worden dat de lagen in deze boringen niet gedateerd of paleoecologisch onderzocht zijn, waardoor het niet honderd procent zeker is dat het hier om exact dezelfde laag gaat. Desalniettemin is dit wel aannemelijk op basis van de boorbeschrijvingen.

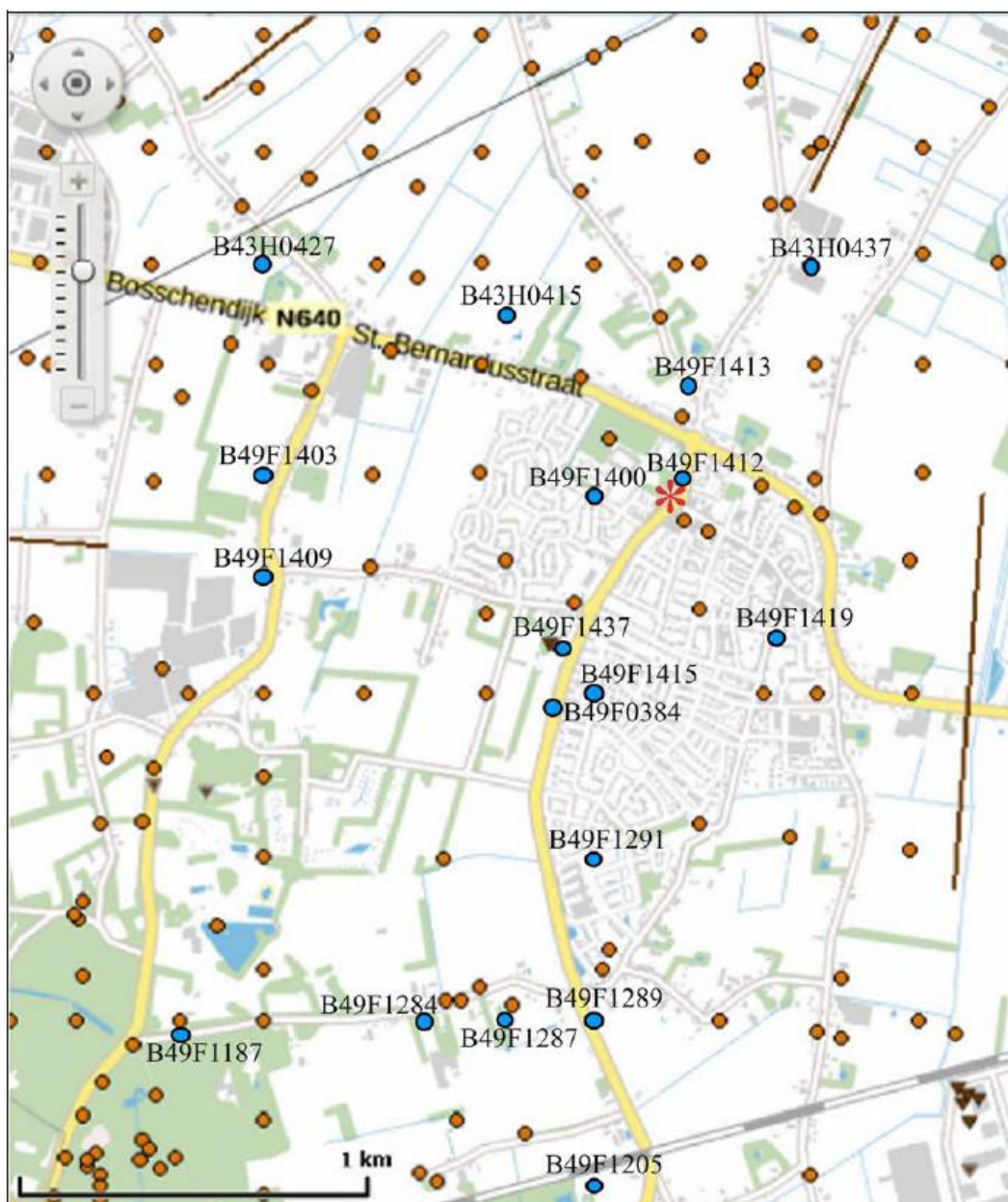
Ook in de bredere regio, met name in Noord-Brabant, zeker rond het grensgebied met België, Zeeland en Limburg zijn pleistocene afzettingen gevonden die zijn onderworpen aan een daterend en paleoecologisch onderzoek.³³ Een aantal ervan zijn onderzocht door BIAAX Consult en de pollenspectra van deze lagen zijn als taartdiagrammen weergegeven in *figuur 9*, waarbij de spectra van linksboven naar rechtsonder zijn gesorteerd op ouderdom (voor zover mogelijk). Zo is in Antwerpen veen aangetroffen dat zo'n 36.400-40.000 (kalender)jaar geleden is gevormd en daarmee in het Denekamp Interstediaal (GI-8) dateert.³⁴ Het is dus één interstediaal jonger dan het humeuze pakket dat in Hoeven is aangetroffen. Hier hebben cypergrassen het grootste aandeel in de pollenspectra, gevolgd door grassen en spreken we van een (steppe-)toendravegetatie. Daarnaast is paleoecologisch onderzoek uitgevoerd aan een venige laag in het Groot Huisven (gemeente Heeze-Leende), welke 38.700-40.100 jaar oud is en daarmee ongeveer even oud is als het veen in Antwerpen.³⁵ In deze laag domineert één pollentype, namelijk dat van cypergrassen. Hier lijkt sprake te zijn geweest van een boomloze natte toendra.

In Terneuzen zijn in de diepe ondergrond pleni-glaciale afzettingen van de Schelde gevonden, die hoogstwaarschijnlijk correleren met GI-10, -11 en -12 en daarmee in en rond het Hengelo Interstediaal dateren.

³³ Voor een opsomming van de locaties die door TNO-NITG (de voormalige Rijks Geologische Dienst) zijn onderzocht op pollen en zijn gedateerd, wordt verwezen naar Van der Linden 2011.

³⁴ Verbruggen 2014a.

³⁵ Van der Linden 2011.



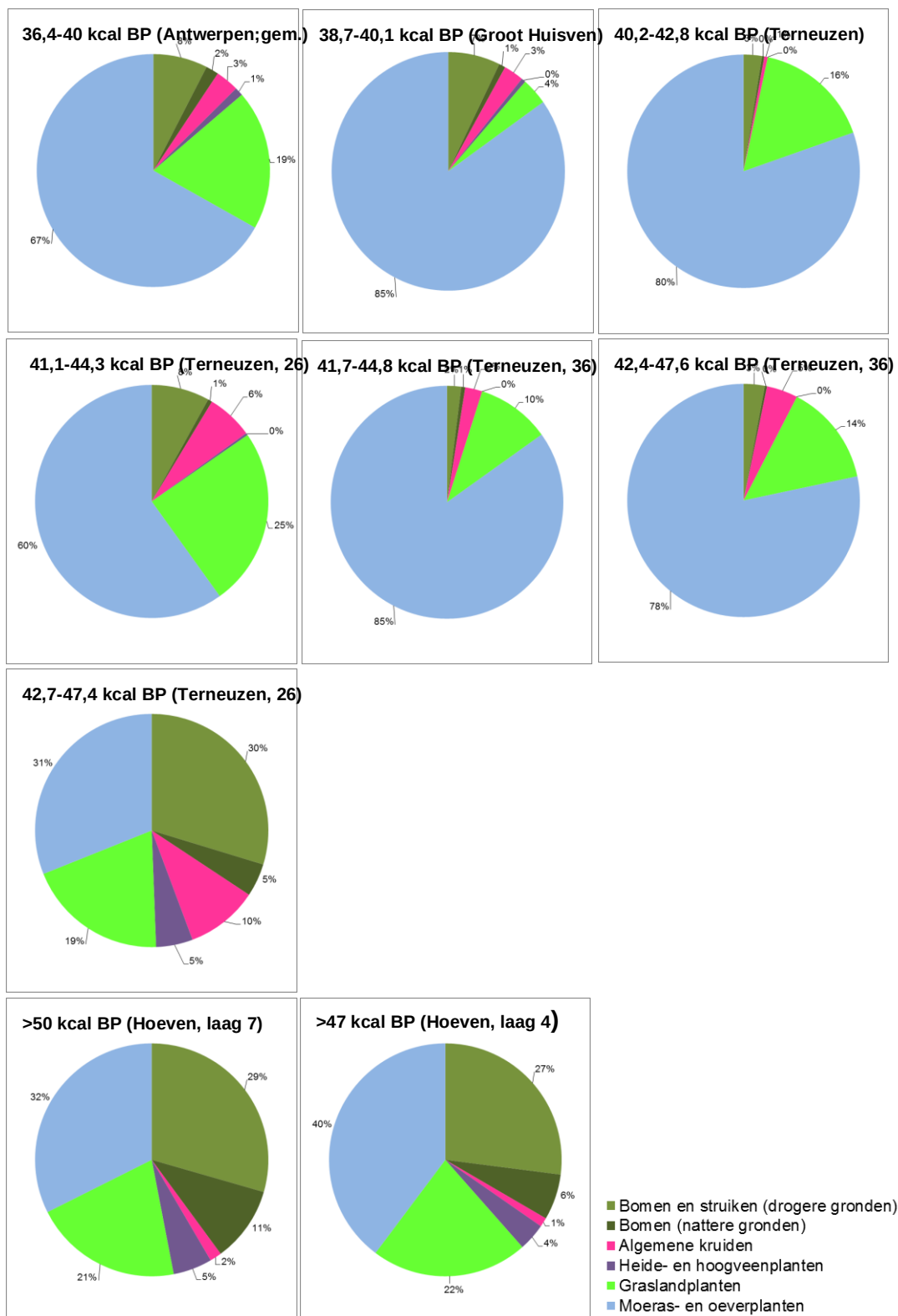
Figuur 8 Hoeven-Waterbergingskelder Hofstraat (rode ster), overzicht van boringen waar een vergelijkbaar pakket is aangetroffen (blauwe cirkels). Data uit DINO-loket (TNO), analyse J.E. van den Bosch (© SOB Research bv).

Opvallend is dat de pollenspectra van afzettingen tussen GI-8 t/m GI-12 (~36.500-47.000 jaar BP) wederom vrijwel allemaal een uitgesproken dominantie van cypergrassen, gevolgd door grassen laten zien.³⁶

In Terneuzen zijn bovendien oudere Schelde-afzettingen aangetroffen, die dusdanig oud waren, dat ze niet met ¹⁴C-onderzoek gedateerd konden worden.³⁷

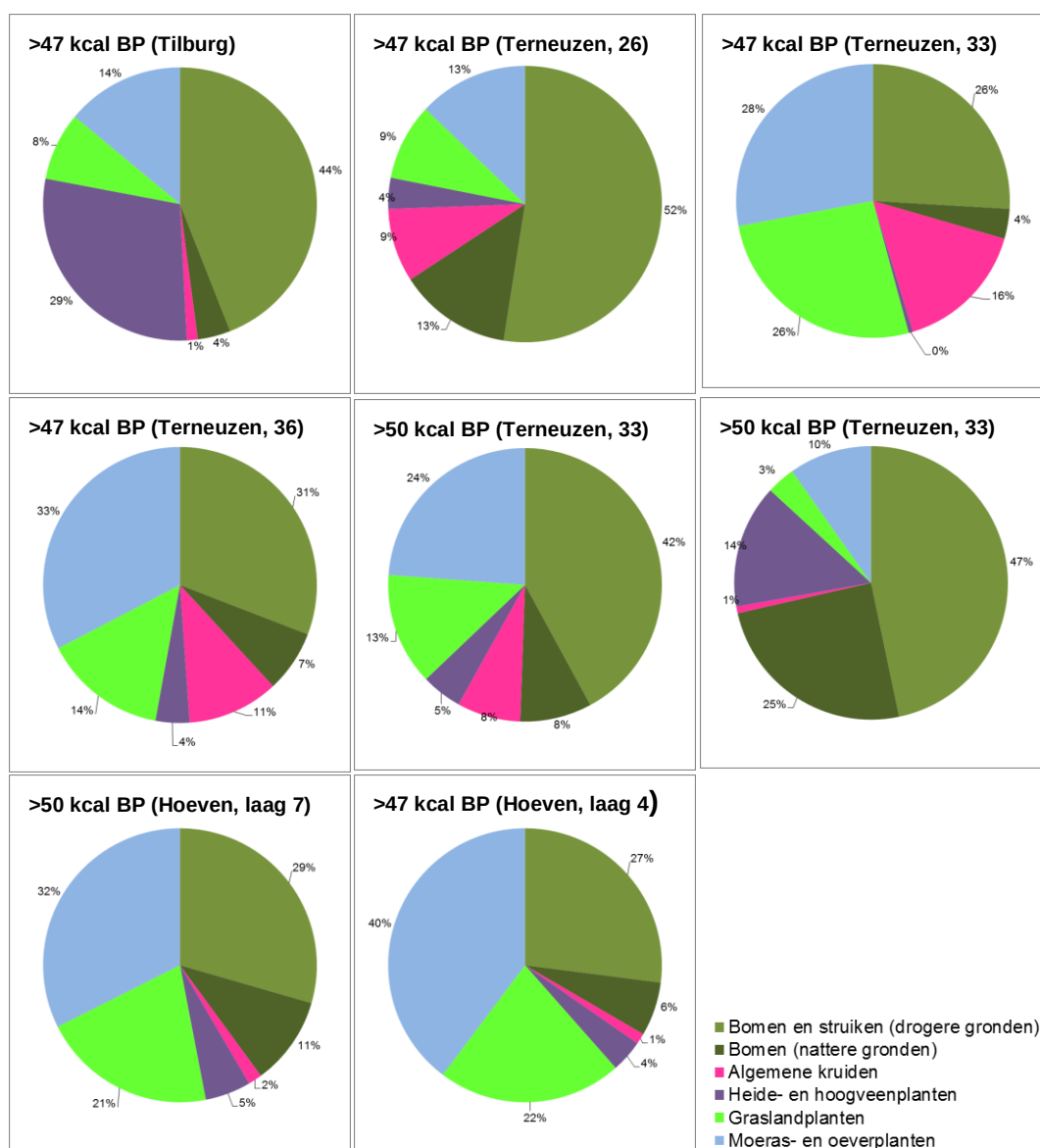
³⁶ In het pleni-glaciaal hadden zowel Terneuzen als Antwerpen, evenals Hoeven een meer continentale ligging dan vandaag de dag als gevolg van een lagere zeespiegel.

³⁷ Verbruggen *et al.* 2015.



Figuur 9 Pollenspectra van diverse door BIAAX Consult onderzochte lagen met een ouderdom tussen 36.400 en 47.400 jaar BP (GI-8 t/m GI-12). Het getal achter de aanduiding 'Terneuzen' betreft het boornummer. In de onderste rij zijn de pollenspectra van Hoeven weergegeven. Verklaring: kcal = duizend kalenderjaar.

Ook in Tilburg is een humeuze laag blootgelegd die ouder is dan de maximale ouderdom die met ^{14}C -onderzoek kan worden gemeten.³⁸ De pollenspectra van de niet-kalibreerbare lagen van Tilburg en Terneuzen zijn weergegeven in *figuur 10*. Hoewel deze lagen naar alle waarschijnlijkheid niet alle in dezelfde periode zijn gevormd, is wel duidelijk dat ze alle een hoger percentage boompollen bevatten t.o.v. van de lagen uit GI-8 t/m GI-12.



Figuur 10 Pollenspectra van diverse door BIA Consult onderzochte pleistocene lagen die ouder zijn dan de maximumouderdom die met behulp van ^{14}C -onderzoek vastgesteld kan worden. Het getal achter de aanduiding 'Terneuzen' betreft het boornummer. In de onderste rij zijn de pollenspectra van Hoeven weergegeven. Verklaring: kcal = duizend kalenderjaar.

³⁸ Verbruggen 2014b.

De spectra van Hoeven lijken op het eerste oog goed overeen te komen met die van de bovenste Schelde-afzettingen in boring 26 van Terneuzen-Nieuwe Sluis (gedateerd: 42.700-47.400 jaar geleden) en de onderste Schelde-afzettingen in boring 36 van Terneuzen (>47.000 jaar oud). In de overige lagen zijn de percentages boompollen behoorlijk veel hoger en het aandeel pollen van gras- en moerasplanten lager.

Met een vergelijking met een andere locatie moeten we echter voorzichtig zijn, omdat we a) niet weten of de ouderdom hetzelfde is en b) al zou de ouderdom hetzelfde zijn, dat er grote verschillen in lokale en zelfs regionale vegetatie kunnen bestaan. Bovendien zijn alle pleistocene pollensequenties in Nederland enkel ‘*snapshots*’ die slechts een inkijk geven in het verleden op één plek in één of enkele perioden, omdat we nooit te maken hebben met continue, complete pakketten die het gehele Weichselien omvatten, zoals dat bijvoorbeeld wel het geval is in de veensequentie van La Grande Pile in de Franse Vogezen.³⁹

4. Samenvatting en conclusies

Tijdens archeologisch onderzoek ten behoeve van de aanleg van een waterbergingskelder aan de Hoflaan te Hoeven (gemeente Halderberge) is door SOB Research bv een humeus pakket aangetroffen, dat is gevormd tijdens de laatste ijstijd. Het onderzoeksteam en de Provincie Noord-Brabant herkenden het potentieel van dergelijke pakketten voor paleolandschappelijk onderzoek en maakten het mogelijk om de humeuze lagen paleoecologisch te onderzoeken in de vorm van pollen- en macrorestenonderzoek, aangevuld met drie ¹⁴C-dateringen. De onderste lagen zijn echter dusdanig oud, dat een ouderdomsbepaling aan de hand van ¹⁴C-dateringen niet mogelijk is gebleken. Wel kan gesteld worden dat deze lagen waarschijnlijk ouder zijn dan 50.000 kalenderjaar en dat ze waarschijnlijk hun oorsprong hebben in een interstadiaal van het pleni-glaciaal van de laatste ijstijd, het Weichselien. Dit maakt dat dit pakket een zeer waardevol archief is, waarin de vegetatiegeschiedenis van het verre verleden ligt opgeslagen.

Het pollenonderzoek en macrorestenonderzoek heeft uitgewezen dat het landschap er ten tijde van de vorming van laag 7 en 4 ongeveer hetzelfde uitgezien moet hebben. Er was sprake van een (steppe-)toendra-achtig landschap, waarin cypergrassen, waaronder snavelzegge, en grassen een kenmerkend landschapsbeeld vormden. Er waren verschillende dwergstruiken van dwergberk en wilg aanwezig, maar waarschijnlijk ook *patches* van els. De vondst van ascosporen van mestschimmels duidt erop dat er dieren in het landschap rondliepen. Welke dieren het betreft, is niet te herleiden, maar mogelijke kandidaten zijn wolharige mammoet, wolharige neushoorn, muskusos, steppenwisent, wilde paarden, rendier en/of saiga. Mogelijk dronken deze dieren van het water waarin zich het onderzochte pakket heeft ontwikkeld.

³⁹ Woillard 1978.

De top van het humeuze pakket is duizenden jaren jonger dan de basis en er lijkt dan ook sprake van een hiaat. De bovenste lagen van het humeuze pakket zijn gevormd in het Hengelo Interstadiaal, zo'n 43.000 tot 42.000 jaar geleden. Aan de top is geen paleoecologisch onderzoek uitgevoerd.

5. Mogelijkheden voor vervolgonderzoek

Uit het huidige onderzoek blijken diverse mogelijkheden voor eventueel vervolgonderzoek. Zo is het zinvol om de pollenanalyses uit te breiden met een monster uit de top van het pakket (M7). Dit monster geeft een beeld van het biotische landschap tijdens het Hengelo Interstadiaal en kan rechtstreeks gecorreleerd worden met (gedateerde) pollenspectra uit deze fase, zoals die bijvoorbeeld zijn vastgesteld in humeuze lagen die zijn aangetroffen in het zuiden van ons land, zoals in het Groot Huisven en Terneuzen, maar ook bijvoorbeeld in het Friese Grouw.⁴⁰

Daarnaast is het paleoecologisch interessant om het pollenonderzoek uit te breiden naar meerdere niveaus in deze lagen. Momenteel zijn twee lagen onderzocht op pollen; het betreft beide zeer humeuze lagen. Indien de resolutie verhoogd wordt en daarbij ook de meer klastische (minerale) lagen betrokken worden, kan een vergelijking worden gemaakt tussen de pollenspectra van de humeuze lagen (warmere fasen?) en de meer klastische lagen (koudere fasen?).⁴¹

Daarnaast is het zinvol om ook volwaardige analyses uit te voeren aan de botanische macroresten. Daarmee kunnen bijvoorbeeld ook de mossen, die zo talrijk aanwezig zijn in laag 4, op soort gebracht worden en belangrijke aanvullende informatie geven over de milieuomstandigheden op de onderzoekslocatie in het verleden. Een botanisch macrorestenonderzoek geeft een belangrijk inzicht in de lokale aanwezigheid van planten en is dan ook onmisbaar bij het interpreteren van de pollengegevens van pleni-glaciale afzettingen.

Een ander onderzoek dat potentieel interessante resultaten van het humeuze pakket zou hebben kunnen opleveren, is onderzoek aan dansmuggen (chironomiden), omdat dansmuggen uitstekende indicatoren zijn voor (zomer)temperatuur in het verleden.⁴² Tijdens een quick scan van de macrorestenresiduen door de auteur (specialist chironomiden) zijn echter geen kopkapsels van dansmuglarven aangetroffen, hetgeen vervolgonderzoek vooralsnog uitsluit.⁴³

⁴⁰ Kasse *et al.* 1995.

⁴¹ Het zou eveneens zinvol zijn om het pollenonderzoek (stratigrafisch) naar 'beneden' uit te breiden. Onder de pollenbak bevindt zich nog een zeer humeuze laag, die een beeld kan geven van de vegetatie. Echter is deze laag niet bemonsterd, voor zover bekend bij de auteur, waardoor dit onderzoek niet mogelijk is.

⁴² Voor pleni-glaciale afzettingen is dit eerder succesvol uitgevoerd door Bohncke *et al.* 2008.

⁴³ Het volume van de residuen was echter relatief groot en is om deze reden niet in zijn geheel bekeken. Mogelijk zijn er wel kopkapsels aanwezig, maar zijn ze tijdens de quick scan niet gezien.

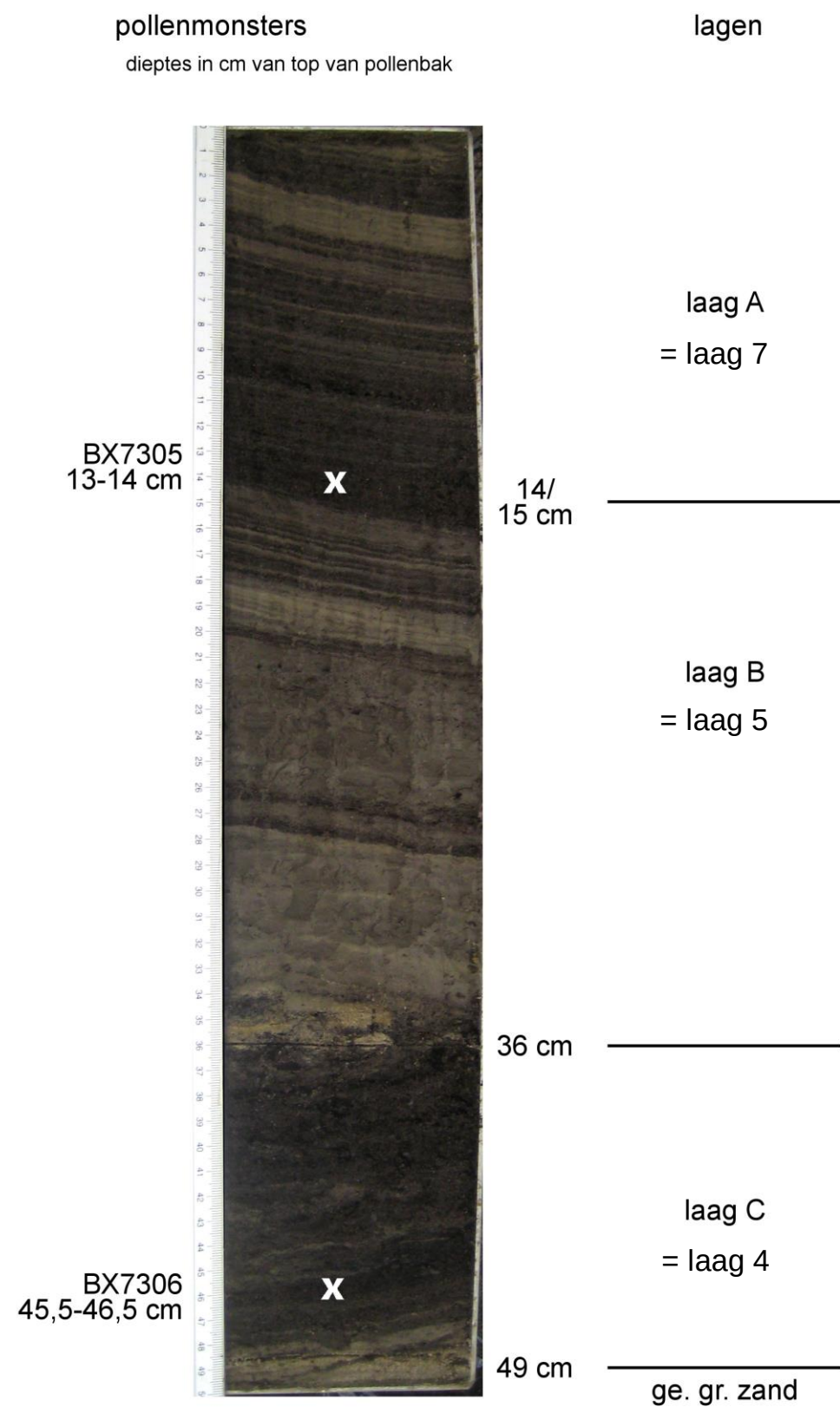
6. Literatuur

- Anderberg, A.-L., 1994: *Atlas of Seeds and Small Fruits of Northwest-European Plant Species, Part 4: Resedaceae-Umbelliferae*, Stockholm.
- Behre, K.-E., 1989: Biostratigraphy for the Last Glacial Period in Europe, *Quaternary Science Reviews* 8, 25-44.
- Berendsen, H.J.A., 2011: *De vorming van het land. Inleiding in de geologie en de geomorfologie*, Assen.
- Berggren, G., 1969: *Atlas of Seeds and Small Fruits of Northwest-European Plant Species, Part 2: Cyperaceae*, Stockholm.
- Berggren, G., 1981: *Atlas of Seeds and Small Fruits of Northwest-European Plant Species, Part 3: Salicaceae-Cruciferae*, Stockholm.
- Beug, H.-J., 2004: *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*, München.
- Bohncke, S.J.P., J.A.A. Bos, S. Engels, O. Heiri & C. Kasse 2008: Rapid climatic events as recorded in Middle Weichselian thermokarst lake sediments, *Quaternary Science Reviews* 27, 162-174.
- Bos, J.A.A., S.J.P. Bohncke, C. Kasse & J. Vandenberghe 2001: Vegetation and Climate during the Weichselian Early Glacial and Pleniglacial in the Niederlausitz, eastern Germany – macrofossil and pollen evidence, *Journal Quaternary Science* 1, 269-289.
- Cappers, R.T.J., R.M. Bekker & J.E.A. Jans 2006: *Digitale Zadenatlas van Nederland*, Groningen.
- Dansgaard, W., S.J. Johnsen, H.B. Clausen, D. Dahl-Jensen, N.S. Gundestrup, C.U. Hammer, C.S. Hvidberg, J.P. Steffensen, A.E. Sveinbjörndottir, J. Jouzel & G. Bond 1993: Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record, *Nature* 364, 218-220.
- Erdtman, G., 1960: The Acetolysis Method, *Svensk Botanisk Tidskrift* 54, 561-564.
- Fægri, K., P.E. Kaland & K. Krzywinski 1989: *Textbook of Pollen Analysis*, Chichester (4^e ed.).
- Geel, B. van, 1976: *A Palaeoecological Study of Holocene Peat Bog Sections, based on the Analysis of Pollen, Spores and Macro- and Microscopic Remains of Fungi, Algae, Cormophytes and Animals*, Amsterdam (Proefschrift Universiteit van Amsterdam).
- Geel, B. van, 1998: *A Study of Non-Pollen Objects in Pollen Slides*, Utrecht (ongepubliceerd).

- Geel, B. van, A. Aptroot, C. Baittinger, H.H. Birks, I.D. Bull, H.B. Cross, R.P. Evershed, B. Gravendeel, E.J.O. Kompanje, P. Kuperus, D. Mol, K.G.J. Nierop, J.P. Pals, A.N. Tikhonov, G.B.A. van Reenen & P.H. van Tienderen, P. (2008). The ecological implications of a Yakutian mammoth's last meal, *Quaternary Research* 69, 361-376.
- Grimm, E.C., 1992-2016: *Tilia*, Springfield.
- Hammen, T. van der 1995: The Dinkel valley revisited: pleniglacial stratigraphy of the eastern Netherlands and global climatic change, *Mededelingen van de Rijks Geologische Dienst* 52, 343-355.
- Hoek W.Z., 2008: Interstadials, in V. Gornitz (red.), *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, New York, 477-478.
- Janssen, C.R., 1974: *Verkenningen in de palynologie*, Utrecht.
- Jong, J. de, 1991: Pollen-analytical investigation on sediments of Pleistocene age at Wageningen (the Netherlands), *Mededelingen van de Rijks Geologische Dienst* 46, 65-70.
- Kasse, C., S.J.P. Bohncke & J. Vandenberghe 1995: Fluvial periglacial environments, climate and vegetation during the middle Weichselian in the northern Netherlands, *Mededelingen van de Rijks Geologische Dienst* 52, 387-414.
- Konert, M., 2002: *Pollen Preparation Method*, Amsterdam (Intern Rapport Vrije Universiteit).
- Körber-Grohne, U., 1964: *Bestimmungsschlüssel für subfossile Juncus-Samen und Gramineen-Früchte*, Hildesheim.
- Körber-Grohne, U., 1991: Bestimmungsschlüssel für subfossile Gramineen-Früchte, *Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet* 18.
- Linden, M. van der, 2011: *Veenvorming gedurende het Midden-Pleniglaciaal in het Groot Huisven*, Zaandam (BIAxiaal 543).
- Litt, T., K.-E. Behre, K.-D. Meyer, H.-J. Stephan & S. Wansa 2007: Stratigraphische Begriffe für das Quartär des norddeutschen Vereisungsgebietes, *Eiszeitalter und Gegenwart Quaternary Science Journal* 56, 7-65.
- Meijden, R. van der, 2005: *Heukels' Flora van Nederland*, Groningen etc.
- Mientjes, A.C., 2016a: *Inventariserend Veldonderzoek door middel van proefsleuven en Archeologische Begeleiding 'Waterbergingskelder Hofstraat'*, Hoeven, Gemeente Halderberge, Heienoord (Evaluatierapport SOB Research).
- Mientjes, A.C., 2016b: *Archeologisch Bureauonderzoek en Inventariserend Veldonderzoek door middel van grondboringen 'Waterbergingskelder Hofstraat'*, Hoeven, Gemeente Halderberge, Heienoord (rapport SOB Research).
- Moore, P.D., J.A. Webb & M.E. Collinson 1991: *Pollen Analysis*, Oxford.
- Punt, W., (red.) 1976: *The Northwest European Pollen Flora I*, Amsterdam.

- Punt, W., & G.C.S. Clarke (red.) 1980: *The Northwest European Pollen Flora II*, Amsterdam.
- Punt, W., & G.C.S. Clarke (red.) 1981: *The Northwest European Pollen Flora III*, Amsterdam.
- Punt, W., & G.C.S. Clarke (red.) 1984: *The Northwest European Pollen Flora IV*, Amsterdam.
- Punt, W., & S. Blackmore (red.) 1991: *The Northwest European Pollen Flora VI*, Amsterdam.
- Punt, W., S. Blackmore & G.C.S. Clarke (red.) 1988: *The Northwest European Pollen Flora V*, Amsterdam.
- Punt, W., S. Blackmore & P.P. Hoen (red.) 1995: *The Northwest European Pollen Flora VII*, Amsterdam.
- Punt, W., S. Blackmore & P.P. Hoen (red.) 2003: *The Northwest European Pollen Flora VIII*, Amsterdam.
- Punt, W., S. Blackmore, P.P. Hoen & P.J. Stafford (red.) 2009: *The Northwest European Pollen Flora IX*, Amsterdam.
- Ran E.T.H. & J. van Huissteden 1990: The Dinkel Valley in the Middle Pleniglacial; dynamics of a tundra river system. *Mededelingen van de Rijkse Geologische Dienst* 44, 209–220.
- Rasmussen, S.O., M. Bigler, S.P. Blockley, T. Blunier, S.L. Buchardt, H.B. Clausen, I. Cvijanovic, D. Dahl-Jensen, S.J. Johnsen, H. Fischer, V. Gkinis, M. Guillevin, W.Z. Hoek, J.J. Lowe, J.B. Pedro, T. Popp, I.K. Seierstad, J.P. Steffensen, A. Svensson, P. Vallengaard, B.M. Vinther, M.J.C. Walker, J.J. Wheatley & M. Winstrup 2014: A stratigraphic framework for abrupt climate changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy, *Quaternary Science Reviews* 106, 14-28.
- Reimer, P.J., E. Bard, A. Bayliss, J.W. Beck, P.G. Blackwell, C. Bronk Ramsey, C.E. Buck, H. Cheng, R.L. Edwards, M. Friedrich, P.M. Grootes, T.P. Guilderson, H. Haflidason, I. Hajdas, C. Hatté, T.J. Heaton, A.G. Hogg, K.A. Hughen, K.F. Kaiser, B.Kromer, S.W. Manning, M. Niu, R.W. Reimer, D.A. Richards, E.M. Scott, J.R. Southon, C.S.M. Turney, J. van der Plicht & R.A. Staff 2013: IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP, *Radiocarbon* 55, 1869-1887.
- Shackleton, N.J., R.G. Fairbanks, T.-C. Chiu & F. Parrenin 2004: Absolute calibration of the Greenland time scale: implications for Antarctic time scales and for $\Delta^{14}\text{C}$, *Quaternary Science Reviews* 23, 1513-1522.
- Stockmarr, J., 1971: Tablets with Spores used in Absolute Pollen Analysis, *Pollen et Spores* 14(4), 615-621.

- Tamis, W.L.M., R. van der Meijden, J. Runhaar, R.M. Bekker, W.A. Ozinga, B. Odé & I. Hoste 2004: *Standaardlijst van de Nederlandse flora 2003*, *Gorteria* 30-4/5, 101-195.
- Törnqvist, T.E., A.F.M. de Jong, W.A. Oosterbaan & K. van der Borg 1992: Accurate dating of organic deposits by AMS ^{14}C measurement of macrofossils, *Radiocarbon* 34, 566-577.
- Vandenberghe, J., & J. van der Plicht 2016: The age of the Hengelo interstadial revisited, *Quaternary Geochronology* 32, 21-28.
- Verbruggen, F., 2014a: *Paleoecologisch onderzoek aan pleni-glaciaal veen uit Antwerpen, Zaandam* (BIAxiaal 780).
- Verbruggen, F., 2014b: *Palynologisch onderzoek aan een pleistocene laag uit Tilburg, Zaandam* (BIAxiaal 743).
- Verbruggen, F., M. van der Linden, L.I. Kooistra & L. van Beurden 2015: *Stille wateren hebben diepte gronden: palaeoecologisch onderzoek aan het Pleistoceen en Holoceen van Terneuzen-Nieuwe Sluis, Zaandam* (BIAxiaal 849).
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra 1985: *Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 1*, Deventer.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra 1987: *Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 2*, Deventer.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra 1988: *Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 3*, Deventer.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra 1991: *Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 4*, Deventer.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra 1994: *Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 5*, Deventer.
- Wijmstra, T.A., 1978: Palaeobotany and climatic change, in: J.R. Gribbin (red.), *Climatic Changes*, London etc., 25-45.
- Woillard, G.M., 1978: Grande Pile Peat Bog: A Continuous Pollen Record for the Last 140.000 Years, *Quaternary Research* 9, 1-21.



M 8



**The Ångström Laboratory
Tandem Laboratory**

Göran Possnert

Visiting address:
Lägerhyddsvägen 1
Room 4143

Postal address:
Box 529
SE-751 20 Uppsala
Sweden

Telephone:
+46 18 471 30 59

Telefax:
+46 18 55 57 36

Website:
<http://www.angstrom.uu.se>

E-Mail:
Goran.Possnert@Angstrom.uu.se

Uppsala 2017-06-19

Lucy Kubiak-Martens
BIAX Consult Biological Archaeology &
Landscape Reconstruction
Symon Spiersweh 7 D2
NL-1506 RZ Zaandam
The Netherlands

**Result of ¹⁴C dating of macrofossiles from Hoeven, Gemeente Halderberge,
Noord-Brabant, The Netherlands. (p 1127)**

Pre-treatment of macrofossil samples:

1. 1 % HCl is added, the mixture is heated (80 °C) and kept for 10 hours (carbonates are removed).
2. 0.5 % NaOH is added, the mixture is heated (60 °C) and kept for 1 hour. The soluble part is precipitated by addition of concentrated HCl. The precipitate, which mainly consists of humics, is washed, dried and referred to as fraction SOL. Influence of contaminants could be obtained from the SOL fraction.

Prior to the accelerator measurement, the washed and dried material pH 4, is combusted to CO₂ and converted to graphite using a Fe-catalyst reaction.

The age of fraction INS has been measured in the present investigation.

RESULT

Lab number	Sample	δ ¹³ C‰ VPDB	¹⁴ C age BP
Ua-56159	HOEVE M.7	-27,3	38 518 ± 380
Ua-56160	HOEVE M.8 13-14cm	-26,7	46 954 ± 987
Ua-56161	HOEVEM.8 45,5-46,5cm	-26,1	45 075 ± 786

Best regards

Göran Possnert/ Lars Beckel

Bijlage 3 Hoeven-Waterbergingskelder Hofstraat, resultaten van het pollenonderzoek. Verklaring: cf = gelijkend op, B = pollentype volgens Beug (2004), P = pollentype volgens Punt (1976-2009), M = volgens Moore *et al.* 1991, T = NPP-type volgens van Geel (1976,1998), . = afwezig, + = waargenomen buiten de pollentelling, behalve bij houtskool en zeggehalmddoder. Bij houtskool en zeggehalmddoder: + = sporadisch aanwezig, ++ = duidelijk aanwezig, +++ = in groten getale aanwezig,

monster laag labcode	M8 7 BX7305		M8 4 BX7306 45,5- 46,5		
diepte in pollenbak (cm)	13-14				
	N	%	N	%	
Bomen en struiken (drogere gronden)	180	29,3	170	26,9	Bomen en struiken (drogere gronden)
Bomen (nattere gronden)	64	10,4	40	6,3	Bomen (nattere gronden)
Boskruiden	3	0,5	3	0,5	Boskruiden
Algemene kruiden	10	1,6	8	1,3	Algemene kruiden
Heide- en hoogveenplanten	33	5,4	24	3,8	Heide- en hoogveenplanten
Graslandplanten	126	20,5	137	21,7	Graslandplanten
Moeras- en oeverplanten	198	32,2	250	39,6	Moeras- en oeverplanten
Waterplanten	1	0,2	1	0,2	Waterplanten
Som boompollen	247	40,2	213	33,7	ΣAP
Som niet-boompollen	367	59,8	419	66,3	ΣNAP
Pollensom	614	614	632	632	Pollensom
Pollenconcentratie (*1000 korrels/ml)	139	139	74	74	Pollenconcentratie (*1000 korrels/ml)
Bomen en struiken (drogere gronden)					
Berk	83	13,5	79	12,5	Betula (B)
Den	71	11,6	71	11,2	Pinus (B)
Eik	8	1,3	5	0,8	Quercus (B)
Es-type	+	+	.	0,0	Fraxinus excelsior-type (B)
Gelderse roos-type	1	0,2	.	0,0	Viburnum opulus-type (B)
Haagbeuk	2	0,3	1	0,2	Carpinus betulus (B)
Hazelaar	11	1,8	7	1,1	Corylus (B)
Iep	1	0,2	1	0,2	Ulmus (B)
Jeneverbes-type	.	0,0	2	0,3	Juniperus communis-type (B)
Spar	2	0,3	3	0,5	Picea (B)
Sporkehout	1	0,2	.	0,0	Rhamnus frangula
Zilverspar	.	0,0	1	0,2	Abies (B)
Bomen (nattere gronden)					
Els	56	9,1	33	5,2	Alnus (B)
Wilg	8	1,3	7	1,1	Salix (B)
Boskruiden					
Adelaarsvaren	1	0,2	3	0,5	Pteridium aquilinum
Klimop	2	0,3	.	0,0	Hedera helix (B)
Algemene kruiden					
Adderwortel-type	+	+	.	0,0	Polygonum bistorta-type (B)
Alsem	2	0,3	1	0,2	Artemisia (B)
Anjerfamilie	2	0,3	2	0,3	Caryophyllaceae (B)
Composietenfamilie buisbloemig	1	0,2	.	0,0	Asteraceae tubuliflorae
Composietenfamilie lintbloemig	2	0,3	3	0,5	Asteraceae liguliflorae
Ganzenvoetfamilie	+	+	.	0,0	Chenopodiaceae p.p. (B)
Kamille-type	.	0,0	+	+	Matricaria-type (B)
Kruisbloemenfamilie	+	+	2	0,3	Brassicaceae (B)
Schermbloemenfamilie	3	0,5	.	0,0	Apiaceae (B)
IJslandse dennenwolfsklauw	.	0,0	+	+	Selaginella selaginoides
Heide- en hoogveenplanten					
Heifamilie (overig)	2	0,3	.	0,0	Ericaceae (overig)
Struikhei	8	1,3	4	0,6	Calluna vulgaris (B)

monster laag labcode	M8 7 BX7305		M8 4 BX7306 45,5- 46,5		
diepte in pollenbak (cm)	13-14				
Veenmos	23	3,7	20	3,2	Sphagnum
Graslandplanten					
Ganzerik-type	3	0,5	1	0,2	Potentilla-type (B)
Grassenfamilie	111	18,1	117	18,5	Poaceae (B)
Grassenfamilie, korrels >40 µm	1	0,2	8	1,3	Poaceae >40 µm
Grote wederik-type	1	0,2	.	0,0	Lysimachia vulgaris-type (B)
Ranonkelfamilie	4	0,7	5	0,8	Ranunculaceae
Smalle weegbree-type	1	0,2	.	0,0	Plantago lanceolata-type (B)
Sterbladigenfamilie	3	0,5	2	0,3	Rubiaceae (B)
Veldzuring-type	1	0,2	.	0,0	Rumex acetosa-type (P)
Vlinderbloemenfamilie	.	0,0	1	0,2	Fabaceae p.p. (B)
Weegbree	1	0,2	3	0,5	Plantago
Moeras- en oeverplanten					
Cypergrassenfamilie	140	22,8	194	30,7	Cyperaceae (B)
Egelskop	5	0,8	3	0,5	Sparganium
Grote lisdodde-type	2	0,3	.	0,0	Typha latifolia-type (B)
Niervaren-type	40	6,5	39	6,2	Dryopteris-type
Paardenstaart	5	0,8	4	0,6	Equisetum
Ruit	1	0,2	3	0,5	Thalictrum (B)
Spirea	+	+	1	0,2	Filipendula (B)
Waterdrieblad	1	0,2	3	0,5	Menyanthes trifoliata (B)
Watertorkruid-groep	4	0,7	3	0,5	Oenanthe aquatica-groep (P)
Waterplanten					
Waterlelie	1	0,2	1	0,2	Nymphaea (B)
Microfossielen (water)					
Groenwier-familie Zygnemataceae	.	0,0	1	0,2	Zygnemataceae
Groenwier-genus Botryococcus	3	0,5	2	0,3	Botryococcus
Groenwier-genus Pediastrum	22	3,6	27	4,3	Pediastrum
Groenwier-genus Spirogyra (T.130)	1	0,2	.	0,0	Spirogyra (T.130)
Watertype (T.128A)	23	3,7	14	2,2	Type 128A
Watertype (T.128B)	.	0,0	2	0,3	Type 128B
Microfossielen (brak/zout)					
Dinoflagellaat	.	0,0	1	0,2	Dinoflagellaat
Mestindicatoren					
Brokkelspoorzwam-type	1	0,2	1	0,2	Sporormiella-type (T.113)
Mestvaasje-type	2	0,3	3	0,5	Sordaria-type (T.55A)
Piekhaarttonnetje-type	.	0,0	1	0,2	Cercophora-type (T.112)
Microfossielen (overig)					
Closterium idiosporum (T.60)	1	0,2	.	0,0	Closterium idiosporum (T.60)
Type 8E	.	0,0	1	0,2	Type 8E
Veenmos-type (T.27)	3	0,5	2	0,3	Tilletia sphagni (T.27)
Waterleliefamilie (slijmcel) (T.127)	1	0,2	.	0,0	Nymphaeaceae (slijmcel) (T.127)
Zeefplaat uit houtvat van els, berk, hazelaar of gagel	2	0,3	1	0,2	Type 114 Gaeumannomyces cf. G. caricis (T.126)
Zeggehalmdoder	++	++	+++	+++	
Hoornblad (bladstekel) (T.137)	.	0,0	+	+	Ceratophyllum (bladstekel) (T.137)
Prekwartair pollen, cf. Momipites	1	0,2	1	0,2	Prekwartair pollen, cf. Momipites
Houtskool fragmenten	+	+	+	+	Houtskool fragmenten

Bijlage 4 Hoeven-Waterbergingskelder Hofstraat, resultaten van het botanische macrorestenonderzoek ten behoeve van het daterend onderzoek. Er is dus geen volledige analyse uitgevoerd. Dit onderzoek geeft desalniettemin wel een beeld van de aanwezige lokale vegetatie. Verklaring: x = aanwezig, + = enkele (<10), +++ = honderden, ++++ = duizenden.

monster laag	M8 4 45,5- 46,5	M8 7 13- 14cm	M7 8	
diepte in pollenbak			.	
Bomen				
Berk (non <i>B. nana</i>), knopschub	.	.	2	<i>Betula</i> sp. (non- <i>nana</i>)
Dwergberk, schutblad	1	3	.	<i>Betula nana</i>
Dwergberk, vrucht	1	7	.	<i>Betula nana</i>
Wilg (dwerg), bladfragment	+	.	.	<i>Salix</i> (dwerg)
Wilg, vrucht	+	+	.	<i>Salix</i>
Wilg, twijg met knop	1	.	.	<i>Salix</i>
Planten van oevers en moerassen				
Mossen	+++	+	.	Bryales
Beklierde duizendknoop?	1	.	.	<i>Persicaria</i> cf. <i>lapathifolia</i>
Gewone/Slanke waterbies	1	.	.	<i>Eleocharis palustris/uniglumis</i>
Noordse zegge	.	2	.	<i>Carex aquatilis</i>
Snavelzegge	7	12	8	<i>Carex rostrata</i>
Snavelzegge/Blaaszegge	1	.	.	<i>Carex rostrata/vesicaria</i>
Wateraardbei	.	2	.	<i>Comarum palustre</i>
Waterdrieblad	10+6 frg	8+10 frg	++++	<i>Menyanthes trifoliata</i>
Zilverschoon?	.	1	.	<i>Potentilla</i> cf. <i>anserina</i>
Waterplanten				
Draadfonteinkruid	.	2	.	<i>Potamogeton filiformis</i>
Drijvend fonteinkruid	.	.	+	<i>Potamogeton natans</i>
Fonteinkruid	.	1	.	<i>Potamogeton</i>
Niet ingedeeld				
Indet, kelk	2	1	.	Indet
houtschool	.	.	1 frg	houtschool
insecten	.	x	.	Insecta
Matrix monster				
kruidachtigen, stengels en bladfragmenten	++++	++++	.	kruidachtigen, stengels en bladfragmenten
houtresten	.	.	+++	houtresten
wortels (o.a. houtig)	.	+	.	wortels (o.a. houtig)