

Vroeg- en middenholocene vegetatie-ontwikkeling en preboreale klimatologische oscillatie in de vallei van de Grote Nete (Hechtel-Eksel, Limburg)

Vanessa GELORINI, Lieselotte MEERSSCHAERT, Mathieu BOUDIN,
Mark VAN STRYDONCK, Erik THOEN & Philippe CROMBÉ

Samenvatting

Dit paleoecologisch onderzoek kadert in een kortstondig project (duur: 8 maanden), gefinancierd door de Vlaamse Landmaatschappij (VLM). De algemene doelstelling van het project werd geformuleerd in functie van een reconstructie van het landschap en veranderingen in landgebruik gedurende het holoceen door multi-proxy analyses (paleoecologie, geomorfologie, archeologie en historische geografie) van bodemarchieven uit Hechtel-Eksel en Lommel (Limburg, België). In deze bijdrage worden de paleoecologische resultaten van een veenprofiel in de vallei van de Grote Nete te Hechtel-Eksel belicht. De analyses van de macro- en microfossielen (pollen, sporen en andere plantaardige en dierlijke microfossielen, zaden en vruchten, mossen, hout) brengen interessante informatie aan het licht over de preboreale klimatologische oscillatie en de vroeg-/middenholocene vegetatie-ontwikkeling en -successie. Ook paleoecologisch bewijs van door herbivoren/wild betreden plaatsen langsheen de oude rivierbedding wordt geleverd. Bovendien wordt dwergberg (*Betula nana*), een laatglaciale struik, verrassend als relict in het boreaal/atlanticum aangetroffen.

Sleutelwoorden: paleoecologie, vroeg- en middenholocene, mesolithicum, Hechtel-Eksel.

Abstract

This palaeoecological research forms part of an eight months project funded by the Flemish Land Agency. The project aims to reconstruct vegetation and land-use changes during the Holocene through multi-proxy analyses (palaeoecology, geomorphology, archaeology and historical geography) of soil archives from Hechtel-Eksel and Lommel (Limburg, Belgium). Here we present the palaeoecological results of a peat profile from the Grote Nete valley in Hechtel-Eksel. The analyses of micro- and macrofossils (pollen and other organic walled microfossils, seeds and fruits, mosses, wood) reveal interesting details on the Preboreal climatic oscillation and Early/Middle Holocene vegetation development and succession. Also evidence of animal trampling zones along the palaeo riverbank is attested. Furthermore, dwarf birch (*Betula nana*) is surprisingly spotted in the Boreal/Atlantic from which we can certainly conclude that (a)biotic conditions have locally advantaged the survival of this Late Glacial relict shrub during the Early/Middle Holocene.

Keywords: Palaeoecology, Early/Middle Holocene, Mesolithic, Hechtel-Eksel.

1. Inleiding

In het kader van het landinrichtingsproject 'Grote Netegebied voor de inrichtingsplannen Kempisch Plateau en Open Ruimte tussen Hechtel en Eksel' werd in opdracht van de Afdeling Landelijke Inrichting van de Vlaamse Landmaatschappij (Bestek nr. VLM/AR-2006/Kempisch Plateau) een archeologische en paleoecologische studie uitgevoerd (Gelorini et al., 2007). De algemene doelstelling van het onderzoek had hoofdzakelijk betrekking op de holocene geschiedenis van het landschap en de rol van de mens in het bodem- en landgebruik. Een aantal piloot-studiegebieden, waaronder de vallei van de Grote Nete ter hoogte van Hechtel-Eksel/Zwemdok, werden door de opdrachtgever geselecteerd. De wetenschappelijke opdracht werd toevertrouwd aan de onderzoekseenheid *Ecologische Geschiedenis* (Vakgroep Middeleeuwse Geschiedenis) en *Pre- en protohistorie* (Vakgroep

Archeologie en Oude Geschiedenis van Europa) van de Universiteit Gent, in samenwerking met het *Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium* (¹⁴C-dateringen) en de *Archeologische Dienst Waasland* (macrobotanisch onderzoek).

2. Vallei van de Grote Nete – Hechtel-Eksel/Zwemdok

2.1. Geografische situering en algemene bodemkundige beschrijving

Het onderzoeksgebied is gelegen in de gemeente Hechtel-Eksel, in het noordwesten van de provincie Limburg. De boorlocatie (Lambert NB/OL: 51° 9' 30.05» N, 5° 18' 44.37» E) bevindt zich in een hooi- en graasweide, in de buurt van Hechtel-Eksel/Zwemdok, aan de rechteroever van de Grote Nete (fig. 1).

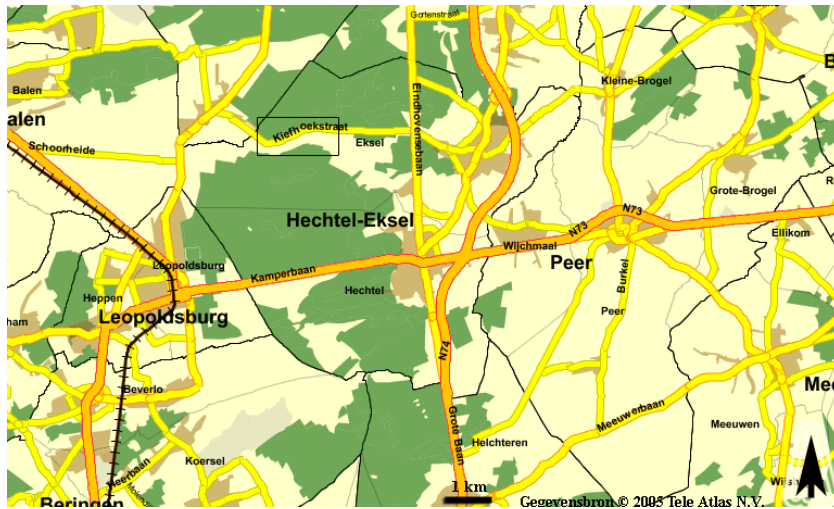


Fig. 1 – Geografische situering van Hechtel-Eksel/Zwemdok (Provincie Limburg).

Op de digitale bodemkaart (fig. 2, OC GIS Vlaanderen 2001; zie ook voor bodemclassificatie van België: Ameryckx *et al.* 1995) staat de locatie geclassificeerd als veen (V). Ten noorden van het veengebied bevinden zich droge tot natte zandige substraten (Z, a tot e), met hoofdzakelijk een duidelijke humus- of/ en ijzer-B-horizont (g). Over de huidige linkeroever van de Grote Nete zijn op de bodemkaart echter geen gegevens beschikbaar, gezien haar locatie in een militair domein (OB, bebouwde zone).

2.2. Paleoecologisch onderzoek van de veensequentie

2.2.1. Stratigrafie

De volgende lithostratigrafische eenheden worden in de sequentie onderscheiden:

- (1) 0-25 cm: zwart organisch zand, met wortelresten;
- (2) 25-45 cm: donkerbruin zand;
- (3) 45-171 cm: donkerbruin veen (P);
- (4) 171-189 cm: blauw-grijs gelamineerde organisch klei, gyttja (P);

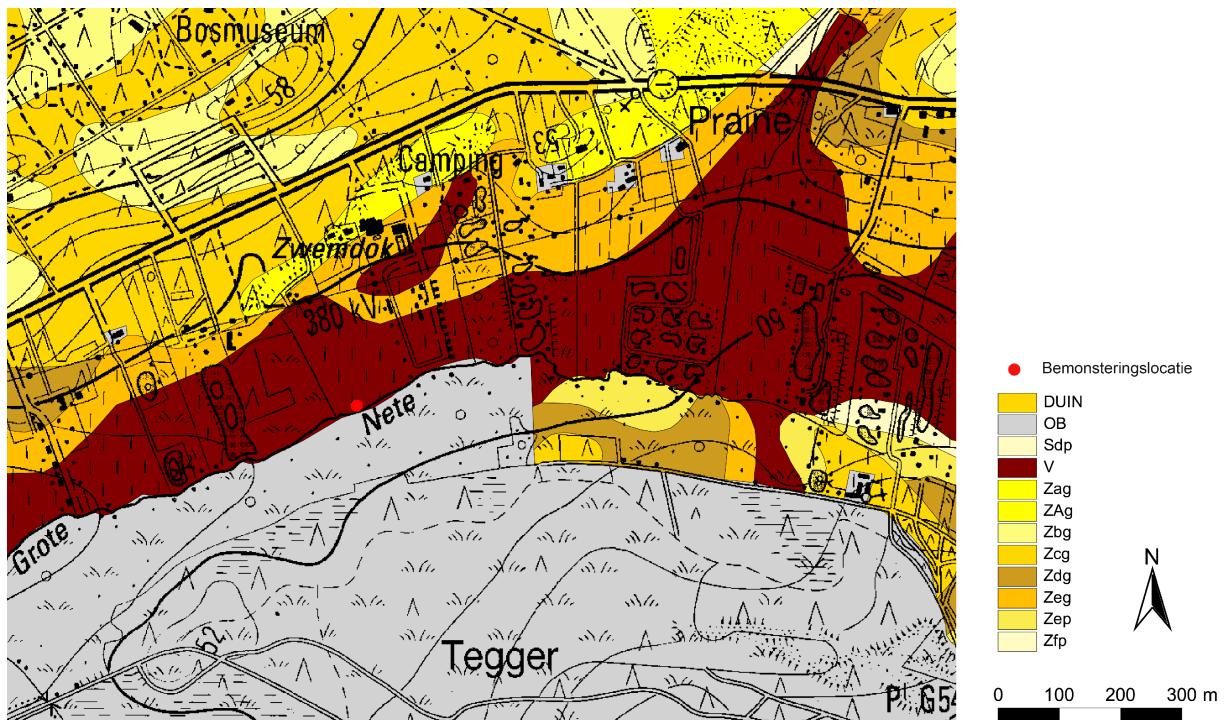


Fig. 2 – Boorlocatie: Hechtel-Eksel/Zwemdok, rechteroever van de Grote Nete.

- (5) 189-243 cm: lichtbruin-grijs zand met plantenresten;
 (6) 243-255 cm: sterk humeuze klei met plantenresten;
 (7) 255-265 cm: blauw-grijs zand;
 265 cm: einde boring (wateroverlast, te zandig).

Wat de lithostratigrafische interpretatie betreft, kunnen we het profiel hoofdzakelijk plaatsen in het holoceen (11000 BP-nu). Laag 7 tot en met 5 corresponderen met de laatste opvullingsfasen van de paleogeul aan het einde van het pleistoceen (voor 11000 BP). Laag 4 kondigt het begin van de veenontwikkeling aan en refereert naar een fase, waarin het open water stilaan dichtslibt onder reducerende milieuomstandigheden. Met Laag 3, aan het begin van het holoceen (ca. 11000 BP), vangt de eigenlijke veenvorming in de vallei van de Grote Nete aan. De humusrijke zandige lagen, 2 en 1, zijn later ontwikkeld onder antropogene en natuurlijke impuls en vormen een bodemkundige neerslag van het huidige landgebruik.

Voor het paleoecologisch onderzoek (P) werden 2 lithostratigrafische eenheden geselecteerd: 45-171 cm en 171-189 cm. De bemonsteringsplaats werd topografisch ingemeten door de afdeling Antwerpen (Vlaamse Landmaatschappij): X (oosten): 216100.8490; Y (noorden): 205730.3342. De TAW-waarde (hoogte) van het huidige loopvlak bedraagt 48.01 m.

2.2.2. ¹⁴C AMS dateringen

In het kader van het paleoecologisch onderzoek werden voornamelijk vijf ¹⁴C-dateringen uitgevoerd op de sequentie van de Grote Nete. De organische monsters voor ¹⁴C-onderzoek (4 bulk en 1 stukje waterverzadigd loofhout) werden geselecteerd op basis van belangrijke litho- en biostratigrafische eenheden. Drie aanvullende dateringen zijn echter nog in voorbereiding (tab. 1).

2.2.3. Methodologie

2.2.3.1. Palynologie

In totaal werden respectievelijk 24 niveaus op palynomorfen onderzocht. De bemonsteringsafstand tussen elk geanalyseerd niveau bedroeg ca. 6-7 cm (op uitzondering van één niveau met een bemonsteringsinterval van 2 cm cf. 138-140 cm t.o.v. het maaiveld).

De geselecteerde monsters werden in het laboratorium behandeld volgens de preparatieprocedure van Faegri *et al.* (1989). Van elk preparaat werden ca. 500 tot 1000 palynomorfen geteld (naargelang de concentratie en de oververtegenwoordiging van bepaalde taxa). Voor de identificatie van het pollen en de sporen maakten we gebruik van een aantal standaard-determinatiesleutels (Punt *et al.*, 1976-2003; Faegri *et al.*, 1989; Moore *et al.*, 1991) en de referentiecollectie van de *Vakgroep Geografie*.

Voor de non-pollen palynomorfen werd uitvoerig verwezen naar afbeeldingen en beschrijvingen van van Geel en anderen (Pals *et al.*, 1980, van Geel *et al.*, 1981; van Geel *et al.*, 1983; van Geel *et al.*, 1983 (1986); van Geel, 2001; van Geel *et al.*, 2003; van Geel & Aptroot, 2006). Als gestandaardiseerde nomenclatuur werd het systeem van Birks toegepast (Berglund, 1986 naar Birks, 1973). De kwantitatieve gegevens van elke getelde familie, genus en/of soort per geanalyseerd diepteniveau werden op basis van een pollendiagram (in Tilia en Tiliagraphview cf. Grimm, 1991-2004) procentueel uitgedrukt in verhouding tot de pollensom, d.i. de totale som van bomen en struiken (BP, boompollen) en kruiden (NBP, niet-boompollen), waarna ze geëvalueerd en geïnterpreteerd werden.

2.2.3.2. Macrobotanie

De bemonstering voor de macrobotanische analyse gebeurde op basis van sedimentmonsters van

<i>Monsternr.</i>	<i>Diepte (cm)</i>	<i>Monster</i>	<i>BP datering</i>	<i>Cal BC datering</i>
KIA-33594	47	bulk	6400 ± 40 BP	5710BC (95.4 %) 5540BC
in voorb.	102-104	blaadjes dwergberk	in voorb.	in voorb.
KIA-33593	138	bulk	9515 ± 60 BP	9150BC (93.2 %) 8700BC
in voorb.	149	bulk	in voorb.	in voorb.
in voorb.	156	bulk	in voorb.	in voorb.
KIA-32369	164	loofhout	9550 ± 50 BP	9160 BC (95.4 %) 8750 BC
KIA-33592	170	bulk	9610 ± 50 BP	9220BC (95.4 %) 8810BC
KIA-33591	189	bulk	10195 ± 55 BP	10150BC (93.3 %) 9740BC

Tab. 1 – Uitgevoerde/uit te voeren radiometrische dateringen: veensequentie Hechtel-Eksel/Zwemdok (Vallei van de Grote Nete).

2 cm breed uit de boorkern (diameter 6 cm). Het bemonsteringsinterval bedroeg 7 cm, waarbij een totaal van 21 submonsters verzameld en geanalyseerd werden.

De submonsters werden luchtdicht bewaard in de koelkast op een temperatuur van ongeveer 4 °C, waarna ze over een zeef met maaswijdte van 250 µm gespoeld werden. Er werd echter geen KOH-behandeling toegepast, omdat het materiaal in zuiver water goed uiteenviel. Het residu werd in water bewaard en daarna geanalyseerd onder een stereomicroscop met een vergroting van 7.5 x tot 50 x. De determinaties gebeurde aan de hand van gespecialiseerde literatuur en een referentiecollectie van recente zaden en vruchten. Voor de macrobotanische interpretatie werd gebruikgemaakt van de indeling in plantengemeenschappen door Westhoff en den Held (1969) die later werd aangepast door Schaminée *et al.* (1995).

2.2.4. Paleoecologische interpretatie en discussie (figs 3 en 4)

2.2.4.1. Paleolandschappelijke ontwikkeling: typisch vroeg- tot middenholoceen milieu

Preboreaal (10195 ± 55 BP – 9515 ± 60 BP)

Zone Ia (vroegpreboreaal; 10195±55BP–9610±50BP) correleert met de vroegste fase van het preboreaal en kondigt het dichtslibben van het open water aan. Dit wordt sterk gereflecteerd in de oververtegenwoordiging van ascosporen (Type 200) van een ongekeerde fungus die op drogere milieu-omstandigheden wijst. Lokaal wordt de vegetatie gekenmerkt door een expansie van de cypergrassen, die hoofdzakelijk uit zeggen (waaronder snavelzegge) bestaan. De aanwezige moslaag kent in zekere mate reuzenpuntmos. Door Westhoff & den Held (1969) en later door Schaminée *et al.* (1995) worden deze plantensoorten gerekend tot de Klasse der kleine Zeggen (Parvocaricetea).

Het zijn lokaal open verlandingsvegetaties of vochtige tot natte zegge-gemeenschappen op mesotrofe tot relatief eutrofe, maar stikstofarme, zwak zure tot basische, soms kalkrijke, natte veengronden. De grondwaterstand is zowel in de zomer als in de winter op gelijke hoogte met of weinig onder het maaiveld, stagnerend of wisselend (max. 30 cm). Dit vegetatie-type wordt onder meer geattesteerd in beekdalen en afgesloten meanders, wat overeenstemt met het toenmalige, plaatselijke ecosysteem van Hechtel-Eksel/*Zwemdok*. Binnen deze klasse worden ook nog andere paleoecologisch aanwezige plantensoorten aangetroffen, zoals o.a. vederdistel, wilg, grote lisdodde en berk. Naar het einde van de zone toe, omstreeks 9610±50 BP, wordt het lokale milieu mesotrofer met een sterke uitbreiding van de varens (cf. monoete sporen) tot gevolg.

In de omgeving van het veenmoeras wordt het landschap gekenmerkt door een relatief gesloten dennenberkenbos. In tegenstelling tot de regionale biostratigrafie (Verbruggen, 1996) wordt de houtige vegetatie hier echter gedomineerd door den en niet zozeer door berk. Vermoedelijk houdt dit verband met het sterk zandige karakter van het onderzoeksgebied, gelegen op het Kempisch plateau, waarbij den in het vegetatiebeeld ecologisch bevoordeeld wordt. Daarnaast kan de onderlinge competitie tussen berk en den ook een belangrijke rol spelen in de individuele expansie van dennenpopulaties. Den is hoofdzakelijk aanwezig op de hoger en droger gelegen gronden (o.a. ten noorden van de boorlocatie). Berk gedijt echter goed op vochtige en moerassige bodems. Waarschijnlijk vormt berk, samen met wilg, een bestanddeel van de lokale aanwezige moerasvegetatie.

In tegenstelling tot de relatief gesloten bosrijke fase van zone Ia verandert het vegetatiebeeld in zone Ib (middenpreboreaal; 9610±50 BP / 9550±50 BP) naar een parklandschap met open graslanden. De grassen kennen overigens in deze zone een maximum aandeel in de vegetatie, waarbij den aanzienlijk in aantal afneemt. Gezien de afwezigheid van macrobotanische resten van riet (behoort tot de palynologisch niet nader te determineren grassen), kan de lokale aanwezigheid ervan uitgesloten worden en wordt de interpretatie van een eerder klimatologisch getinte regionale landschapswijziging in rekening gebracht (cf. *infra*). Ook de afname in cypergrassen, zowel in de pollen- als macrobotanische data, weerspiegelt enigszins een droger klimaat. Menselijke impact komt nagenoeg in deze zone nauwelijks tot uiting. De aanwezige ruderalen, zoals o.a. alsem en brandnetel, en graslandvegetaties, zoals o.a. schape-/veldzuring, walstrotype en rolklavertype, zijn te gering om enige invloed van de mens te suggereren. De varens zijn nu lokaal sterk vertegenwoordigd en behoren tot de moerasvegetatie; mogelijk bevinden ze zich ook als ondergroei in het aanwezige, meer open dennenberkenbos.

Zone Ic (laatpreboreaal; einde: 9515 ± 60 BP) kenmerkt zich door een vochtiger mesotroof milieu, waarin de cypergrassen (o.a. zeggen) en de varens lokaal de bovenhand hebben. Ook wateraardbei, waterdriblad, grote lisdodde en grote wederiktype duiken als oever- en/of moerasplanten op. Het algemene beeld van een verlandingsvegetatie met een dominantie van natte zegge-gemeenschappen blijft vooralsnog bestaan. Berk echter verdwijnt grotendeels uit het lokale veenmoeras, terwijl den regionaal sterk uitbreidt. De open, grassenrijke vegetatie maakt stilaan plaats voor een relatief gesloten dennen(-berken)bos op de arme zandgronden in de omgeving van het veenmoeras. Het lijkt erop dat het milieu zich opnieuw in zekere mate stabiliseert.

Boreaal/Atlanticum (9515 ± 60 BP - 6700 ± 40 BP)¹

Het boreaal vangt aan met een abrupte expansie van hazelaar, de eerste thermofiele boomsoort die zich traditioneel in Europa uitbreidt door een toenemende klimaatsverbetering in het holoceen (ca. 11000 BP – nu). Ook eik en iep migreren, hetzij in beperkte mate, gelijktijdig met hazelaar in het Boreale landschap van Hechtel-Eksel.

Tijdens de eerste fase van het boreaal, in zone IIa, wijzigt het lokale vegetatiebeeld van het veenmoeras weinig. De verlandingsvegetatie blijft nog steeds aanwezig, maar de cypergrassen (waaronder de zeggen) en varens (o.a. moerasvaren) boeten aan belang in ten voordele van enkele andere oever- en moerasplanten, zoals wateraardbei en waterdriblad. Op twee niveaus in het veen (120 en 113 cm diepte) is waterlelie aanwezig, wat erop wijst dat het lokale milieu toen tijdelijk natter was. Berk verdwijnt nu ook stilaan uit het boreale bosbestand ten gevolge van de expansie van hazelaar (waarmee hij in competitie treedt) en de klimaatsverbetering. Den weet echter stand te houden en domineert nog steeds op de hogere en drogere zandgronden. Vermoedelijk verspreidde de hazelaar zich als een boom in dit gemengd dennen-(berken)bos (zie ook Tallentire, 2002), en niet zozeer als een schaduwtolerante struik aan de rand van het bos. De beperkte aanwezigheid (en ondergroei) van een kruidachtige vegetatie geeft eveneens een sterke aanwijzing voor een relatief gesloten bosrijk landschap, waarin den en hazelaar als boomsoorten domineren (cf. *supra*). Met de opkomst van hazelaar verschijnt ook Type 65, een ascospore van een onbekende fungus. Beide taxa dienen echter niet noodzakelijk met elkaar ecologisch geassocieerd te worden. De fungus geeft een indicatie voor mesotrofe milieu-omstandigheden (Van Geel, 1976; Van Geel et al., 1981), wat correleert met het lokale milieu van het veenmoeras.

Zone IIb verschilt in zekere mate met de overige zones. De verlandingsvegetatie, bestaande uit cypergrassen (o.a. zeggen) en varens, ruimt enigszins plaats voor een tijdelijk oligotrofer milieu, waarbij meer hoogvenige planten, zoals veenmos, lokaal tot ontwikkeling komen. Vermoedelijk wordt het veenmoeras op dat moment zowel door basenrijk grondwater of oppervlaktewater als deels door zuur, voedselarm neerslagwater gevoed, waardoor zowel zeggen als veenmos goed kunnen gedijen. Daarnaast komen een aantal andere natte plantensoorten voor, zoals riet, grote

lisdodde, waterdriblad en wateraardbei. Mogelijk refereert deze plantengemeenschap naar de aanwezigheid van veenmosrietland (associatie Pallavicinio-Sphagnetum), een soortenrijke en kwetsbare begroeiing die bestaat uit een drijvende plantenmat op het water. Het meest kenmerkende van veenmosrietland is namelijk de combinatie van een veenmoslaag en een ijle begroeiing van riet (*Phragmites australis*). Enige cypergrassen (*Cyperaceae*), kamvaren (*Dryopteris cristata*), een aantal kruiden en levermossen vullen de soortenlijst aan. Veenmosrietland ontwikkelt zich in een laat stadium van de verlanding en komt vooral voor in laagveenstreken in de nabijheid van de pleistocene zandgronden, in veenvormende systemen van beekdalen en in zeekleilandschappen (Schaminée et al., 1995; Jalink, 1996). De uitzonderlijke ecologische omstandigheden van zone IIb hebben vermoedelijk ook in zekere mate de verrassende instandhouding en/of migratie van de laatglaciaal gerelateerde dwergberk in het gebied gestimuleerd (cf. *infra*). Tevens duiken ook de overige berkensoorten opnieuw in het lokale moerasige vegetatiebeeld op.

In het bosrijke landschap lijkt het er (schijnbaar) op dat de hazelaar nu ook in zekere mate den gaat verdringen. Door zijn schaduwtolerante eigenschap gedijt hij namelijk goed in een dennen-(berken)bos, waarbij hij zijn territorium uitbreidt door meer schaduwrijke plaatsen op te zoeken en daarbij met zijn bladerval een milde, humusrijke strooisellaag te creëren. Zaadlingen van den tolereren echter geen begraving onder een bladerdek (Tallentire, 2002), wat voor de successie dodelijk is. Een tweede mogelijke hypothese voor het maximum van hazelaar is dat hij misschien sterker in de directe omgeving van het veenmoeras vertegenwoordigd wordt, waardoor de influx van het dennenpollen deels gemaskeerd wordt. De palynologische record vormt dan niet zo zeer een afspiegeling van competitie tussen beide boomsoorten, maar eerder van de polleninflux, verschillen in afstand tot het (pollen-)opvangbasin (i.e. veenmoeras), en de soortelijke diversiteit in pollenproductie. Anderzijds worden in de macrobotanische data geen directe aanwijzingen voor hazelaar gegeven die de verklaring van zijn nabijheid kunnen benadrukken, maar in se betekent zijn onzichtbaarheid in de macrobotanische data niet noodzakelijk een afwezigheid in het landschap (gezien de sterke afhankelijkheid van contextuele omstandigheden).

De laatste aanwezige vermoedelijk atlantische zone IIc verschilt weinig met zone IIb. Nog steeds wordt het milieu immers lokaal gedomineerd door een veenmoeras, waarin o.a. zeggen, wateraardbei en waterdriblad de bovenhand nemen. Grassen hebben, zoals elders in de paleoecologische data (excl. zone IIb), een beperkt aandeel in het landschap, maar toch suggereren ze, in combinatie met de overige graslandplanten en ruderalen, een betreden veenmoeras. Het plaatselijk

¹ Vanuit biostratigrafisch oogpunt komt het onderscheid tussen het boreaal en het atlanticum op grond van de vegetatieve samenstelling in de sequentie nauwelijks tot uiting. Vooralsnog is er slechts één absolute datering van de top beschikbaar. Een tweede datering, uitgevoerd op de blaadjes van de dwergberk, in subzone IIb is in voorbereiding (zie 2.2.2.).

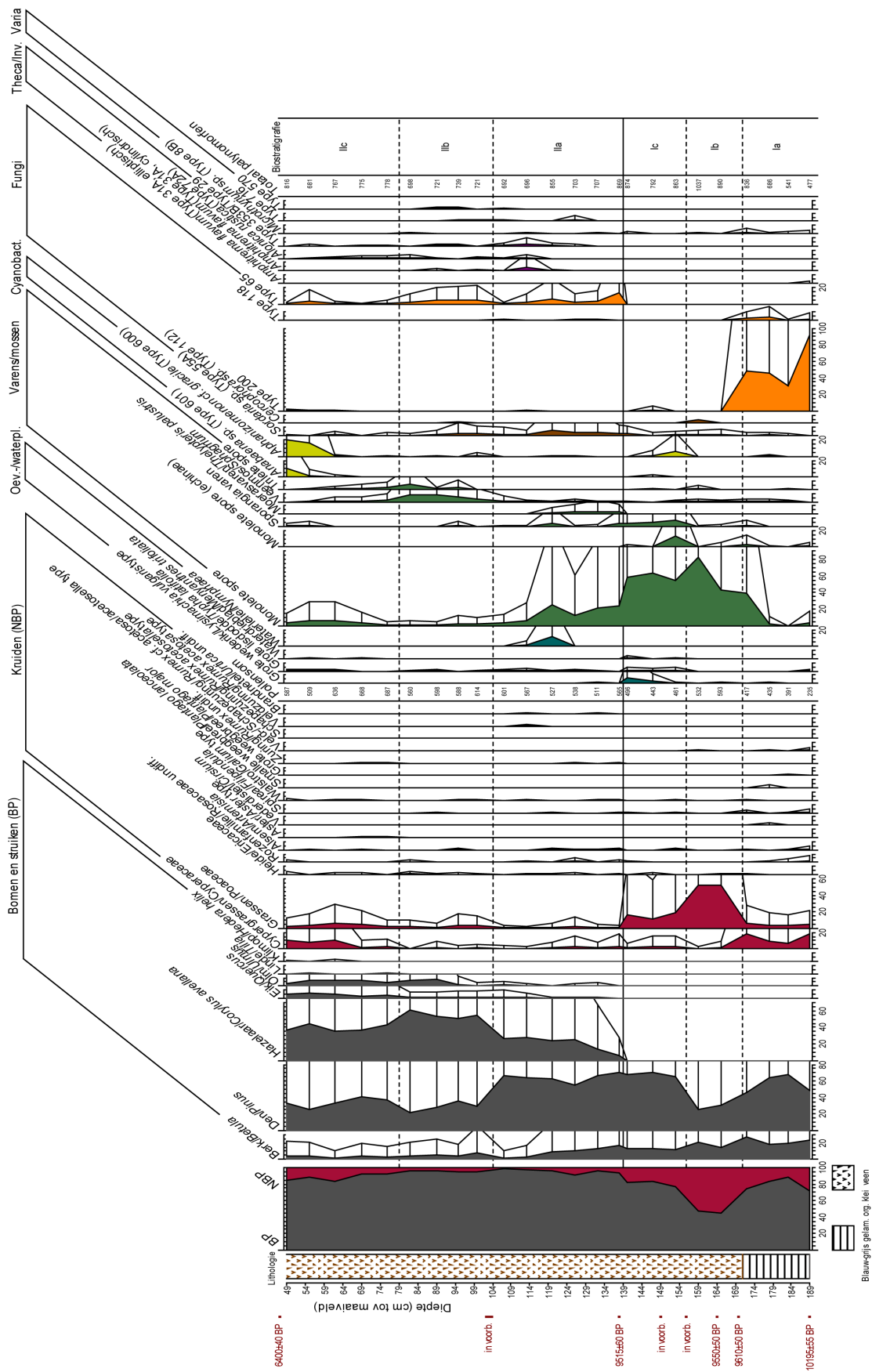


Fig. 3 – Palynologisch diagram (%): enkele geselecteerde taxa; veensequentie Hechtel-Eksel/Zwemdok; Vallei van de Grote Nete.

open veenmoeras wordt echter begrensd door een dichtbebost landschap van dennen en hazelaars. Stilaan worden ook andere loofbomen, zoals iep en eik, belangrijker in het vegetatiebeeld. Samen met linde kondigen ze nogal laat, in vergelijking tot de regionale biozonatie (ca. 7500 BP, zie Verbruggen, 1996), de evolutie naar het gemengd loofbos/climaxbos van het atlanticum aan.

De aanwezige cyanobacteriën (akinetes van *Anabaena* sp. en *Aphanizomenon* cf. *gracile*) in de 2 laatste palynologisch geanalyseerde niveaus van de huidige veentop kunnen enigszins wijzen op een verstoring van het milieu in de vorm van een toenemende fosfaat-eutrofiëring (van Geel et al., 1994; Van Geel et al., 1996). Of dit verband houdt met menselijke/dierlijke impact in het boreaal (verrijking van het veen door excrementen-toevoer) valt sterk te betwijfelen. De aanwezigheid van coprofiële fungi is ook zeer beperkt in deze zone. Misschien hebben recente meststoffen (percolatie, inploeging) mogelijk deze anomalie in de veentop veroorzaakt? Anderzijds zijn er geen aanwijzingen in de overige taxa dat de paleoecologische data sterk verstoord zouden zijn.

2.2.4.2. Preboreale klimatologische oscillatie van de Rammelbeek-fase? Een regionaal biostrati-grafische benadering

De preboreale zone Ib vindt biostratigrafisch enige aansluiting bij paleoecologische gegevens uit o.a. Vinderhoute-Kale (Verbruggen, 1971; Verbruggen et al., 1996) en deze uit het stroomgebied van de Mark (Beyens, 1984). In deze diagrammen is namelijk in de 2de helft van het preboreaal ook een wijziging in de curves van den en de grassen waar te nemen, waarbij den in zekere mate afneemt ten voordele van de grassen. De wijzigingen in de waarden van berk zijn echter niet uitgesproken. Beyens (1984) verklaart dit door een nieuwe preboreale fluctuatie, de zogenaamde Mark-oscillatie rond 9100 BP. Deze nieuwe waargenomen fluctuatie zou volgens hem het resultaat zijn van een kortstondig negatief klimatologisch effect op de pollenproductie van den, waardoor het pollen van grassen beter verspreid wordt en in de pollenneerslag tot uiting komt. Van een echte uitbreiding van de grassen is geen sprake. Beyens (1984) refereert als equivalent naar het diagram van Vinderhoute-Kale, waar deze vegetatie-shift zich rond 9530 BP bevindt.

Een kritische analyse van alle diagrammen brengt echter een kleine herziening van de eertijds geformuleerde vergelijking Mark-vallei/Vinderhoute-Kale aan het licht, wat enigszins verband houdt met de huidige wetenschappelijke knowhow over preboreale klimaat-oscillaties en nieuwe regionale paleoecologische records. We merken namelijk een accuratere matching in

de aanwezige grassenrijke fase tussen het vroegholocene diagram van Vinderhoute-Kale en Hechtel-Eksel/Zwemdok, gezien beide fases zich bevinden tussen 9600 en 9500 BP (dit in tegenstelling tot een mogelijk andere kortstondige fase in de Mark-vallei die ca. 9100 BP tot uiting komt). Bijgevolg laten we in het verdere betoog de Mark-oscillatie even terzijde.

Daarnaast vertonen een groot aantal pollen-records uit Nederland ook een preboreale grassenrijke fase, de zogenaamde Rammelbeek-fase, die klimatologisch gecorreleerd wordt met een tijdelijk droger en continenter klimaat, dat zich manifesteert in een steppe-achtige vegetatie van grassen en een terugval van berk (o.a. van Geel et al., 1981; Hoek, 1997a-b; Bos et al., 2005; Bos et al., in druk). Deze klimatologische oscillatie is het resultaat van een verhoogde zoetwater-influx veroorzaakt door het warmer wordende klimaat aan het begin van het holoceen, wat een verstoring in de thermohaliene oceanische circulatie in het Noord-Atlantische gebied teweegbracht en een koudere, continentale klimatologische reactie tot gevolg had (Björck et al., 1997; Rahmstorf, 2006). Recent werd door een gedetailleerde vergelijking van pollenrecords uit Nederland, Duitsland en België met de GISP2 zuurstof-isotopen curves van de Groenlandse ijs-boorkernen een regionale chronologie van 9950-9750 BP voor de Rammelbeek-fase vooropgesteld (Hoek, 1997b).

De vraag rest nu of de grassenrijke fase in het diagram van Hechtel-Eksel/Zwemdok (HE) en misschien ook van Vinderhoute-Kale (V) enigszins overeenstemt met deze Rammelbeek-fase. Alleszins is het vrij duidelijk dat er op Vlaamse bodem een eerder regionaal getinte, tijdelijke vegetatie-shift tussen 9600-9500 BP plaatsvindt. De afwezigheid van menselijke indicatoren (HE/V) en macrobotanische resten van riet (HE) sluiten namelijk een lokaal fenomeen in zekere mate uit. Twee argumenten kunnen echter tegen de hypothese van een Rammelbeek-fase pleiten: de jongere datering en de afwezigheid van een sterke terugval van berk, die traditioneel in de pollenrecords van o.a. Nederland tot uiting komt. Wat het uitblijven van een berken-val betreft, kunnen de regionale verschillen in landschapstypes echter een zekere verklaring bieden. In Vlaanderen is namelijk vooral een terugval in den te zien. Ook in enkele pollendiagrammen van Noord-Duitsland en Nederland (Westrauder-fehn, Uteringsveen-1 en Waskemeer) wordt de preboreale oscillatie o.a. zichtbaar met een sterke afname van den (Björck et al., 1997, naar Behre 1966; Usinger, 2004 naar Behre, 1966; Casparie & Van Zeist, 1960 en Cleveringa et al., 1977). Anderzijds kan de vervlakking van dit argument weerlegd worden met het voorkomen van een tweede open preboreale fase in het diagram van Vinderhoute-Kale tussen 10000-9850 BP, waarbij de grassen sterk domineren ten nadele van berk. Mogelijk correleert deze zone met de effectieve

Rammelbeek-fase (zie ook regionale chronologie); en niet de later gesitueerde grassenrijke zone rond 9530 BP, die ook in het diagram van Hechtel-Eksel/*Zwemdok* aanwezig is. Daarnaast is onze datering ook iets te jong. Volgens J. A. A. Bos (pers. mededeling) betekent dit geen doorslaggevend argument, gezien de ongecalibreerde dateringen van deze fase wel eens kunnen verschillen door de aanwezigheid van 2 ^{14}C -plateaus in het preboreaal, die een precieze chronologie in de weg leggen (zie ook Björck *et al.*, 1997, Usinger, 2004). Vervolgens vertoont het diagram van Hechtel-Eksel/*Zwemdok* ook een sterke gelijkenis met dat van Haelen (Brabant, Nederland), waarin de Rammelbeek-fase ook enkele jongere dateringen registreert (Bos *et al.*, 2007).

Wat er ook van zij, definitief uitsluitel over de aan/afwezigheid van de Rammelbeek-fase in de palynologische record van Hechtel-Eksel/*Zwemdok* is er nog niet. Volgens Usinger (2004) zijn er immers aanwijzingen, waarbij zich in het midden van het preboreaal nog een andere kleine klimatologische oscillatie (PBO II) voordoet, vergelijkbaar met de effectieve Rammelbeek-fase. De vegetatie-shift zou veroorzaakt worden door een stijging van de temperatuur, gereflecteerd in een droger klimaat. Misschien komt deze fluctuatie in het pollendiagram tot uiting? Rekening houdend met de mogelijke zichtbaarheid van beide klimatologische fenomenen in het diagram van Vinderhout-Kale (cf. Rammelbeek-fase en PBO II) en bij enkele andere voorbeelden, zoals o.a. Kubitzbergmoor E, Uteringsveen, Stokersdobbe (Usinger, 2004, naar Usinger & Wolf, *unpubl.*; Cleveringa *et al.*, 1977; Paris *et al.*, 1979), is dit immers niet ondenkbaar. Anderzijds blijft de hypothese van een relatief 'jonge' Rammelbeek-fase ook vooralsnog aantrekkelijk, mogelijk gesteund door het voorkomen van een vertragingseffect op de veranderingen in vegetatie en het dateringsprobleem. Internationaal gericht onderzoek heeft uitgewezen dat de vegetatierespons op de preboreale oscillatie sterk kan variëren van site en regio (Björck *et al.*, 1997). Een verdere wetenschappelijke doorlichting van de Belgische preboreale palynologische records, gecombineerd met de productie van aanvullende proxy-datasets van de veensequentie van Hechtel-Eksel/*Zwemdok* (hoofdzakelijk ^{14}C -dateringen) kan misschien uitsluitel bieden voor deze interessante klimatologische vraagstelling (Gelorini *et al.*, in voorbereiding[a]).

2.2.4.3. De dwergberk als boreaal/atlantisch landschapsrelict

De macrobotanische resten van dwergberk (figs 5a en b) in het boreale gedeelte van de sequentie tussen ca. 9515 en 6400 BP leverden een unieke en interessante vondst op, gezien het voorkomen van deze

struik in onze gewesten zich voornamelijk in het laatglaciaal situeert (o.a. Janssen, 1974; Hoek, 1997a en 1997b; Bos & Urz, 2003; Bos *et al.*, 2007). Boreale vondsten zijn tot nu toe niet bekend. Enkel in Groot-Brittannië is er een boreale vondst van het dwergberk-pollentype uit veen gedaan in Derbyshire (Tallis, 1964), maar macrobotanische resten waren niet aanwezig (voor een aanvullende controle van de identificatie van het pollen). Daarnaast kennen de Schotse Highlands een uitzonderlijke locatie, in Upper Teesdale, waar in de 20ste eeuw nog een hedendaagse kolonie aanwezig was, en dit mogelijk continu vanaf het laatglaciaal op grond van diverse subfossiele resten in het lokale laagveen (Hutchinson, 1966). Het huidige natuurlijke areaal van de dwergberk beperkt zich echter momenteel tot de meest noordelijke streken van Eurazië en Amerika (Weeda *et al.*, 1985).

Hoe dan ook, is deze boreale/atlantische vondst van dwergberk vermoedelijk in situ. De veensequentie leverde zowel palynologisch als stratigrafisch geen enkel spoor van contaminatie en/of versterking op (mogelijk excl. veentop). Definitief uitsluitel zal geleverd worden met een absolute ^{14}C -datering van de macrobotanische resten (Van Strydonck & Boudin, in voorbereiding). Deze struik kon zich door een combinatie van biotische en abiotische factoren in het gebied instandhouden en/of verspreiden. Traditioneel gedijt de dwergberk immers goed als hoogveen –en toendraplant (Weeda *et al.*, 1985). Zijn aanwezigheid in de boreale/atlantische fase van Hechtel-Eksel/*Zwemdok* hangt mogelijk samen met een tijdelijke ecologische wijziging. In zone IIb, waar dwergberk voorkomt, vindt namelijk ook een uitbreiding van



Fig. 5ab – Blad (a; diam.: 4 mm) en vrucht (b; dim.: 1,2 x 1,2-1,4 mm) van *Betula nana*. Foto: Lieselotte Meersschaert.

veenmos (een typische voedselarme hoogveenplant) plaats. Vermoedelijk werd dit veen in bepaalde periodes/seizoenen deels gedraineerd met neerslagwater, wat de ontwikkeling van een tijdelijk veenmosrietland mogelijk maakte. Anderzijds kunnen ook andere, o.a. klimatologische of/en bodemkundige, factoren meegespeeld hebben in de instandhouding van dit laatglaciaal landschapsrelict (Gelorini *et al.*, in voorbereiding [b]). De vondst van de dwergberk kan alleszins beschouwd worden als een typisch voorbeeld van een figuurlijke ontdekking van een speld in een hooiberg.

2.2.4.4. Mesolithische antropogene impact paleo-ecologisch belicht

In de paleoecologische data zijn er nauwelijks sporen van de mens of menselijke impact te bespeuren. De piek van grassen in zone Ib correleert ons inziens hoofdzakelijk met een preboreale klimatologische oscillatie (zie *supra*), meer dan een aanwijzing te leveren voor betreden open plaatsen, die expliciet door de prehistorische mens gecreëerd zijn om hun jachtstrategie te optimaliseren. In het verleden is namelijk reeds gebleken dat de mens al te vaak als verstoorder van het natuurlijke landschap werd beschouwd, terwijl (a)biotische factoren, zoals droogte, brand, windvallen, boomziektes enz... ook voor een verandering in de vegetatieve samenstelling kunnen zorgen (zie ook Brown, 1997). Anderzijds biedt de 'natuurlijke' drogere, grassenrijke vegetatie-shift echter een aantrekkingskracht voor grazend wild, wat de (tijdelijke) aanwezigheid van de mesolithische jagers-verzamelaars in het gebied enigszins stimuleert in het kader van voedselvoorziening. Op die manier wordt menselijke impact/aanwezigheid door natuurlijke ecologische wijzigingen in de hand gewerkt en niet vice versa.

Daarnaast heeft het palynologisch onderzoek aangetoond dat het moerassige gebied vermoedelijk naar het einde van het finaalpaleolithicum en doorheen de gehele mesolithische periode (ca. 10150 cal BC – 5540 cal BC, zie gecalibreerde dateringen 2.2.2.) bezocht werd door herbivoren/wild, die daar verzamelden om te drinken. Dit wordt in de data sterk gesuggereerd door het continu voorkomen van sporen van coprofiële fungi die op excrementen van herbivoren groeien en leven. Dergelijke aanwijzingen voor drinkplaatsen werden ook reeds geleverd in het paleoecologisch onderzoek van andere (vroeg)holocene sequenties/contexten (o.a. van Geel *et al.*, 2003; Bos *et al.*, 2005; Blackford *et al.*, 2006). Bijgevolg roept de aanwezigheid van wild(excrementen) opnieuw in functie van de voedselstrategie een zekere menselijke connotatie op.

Door deze verschillende aspecten heeft de prehistorische mens vermoedelijk een voetafdruk in het landschap achtergelaten. Ook al zijn er geen directe

archeologische vondsten gemeld uit de onmiddellijke omgeving van de bemonsteringsplaats, toch is het niet uitgesloten dat er zich in de buurt mogelijk mesolithische concentraties of vondsten bevinden. Alleen valt dit met paleoecologie moeilijk te achterhalen, gezien de detectie van lokale, door de mens veroorzaakte, landschappelijke veranderingen sterk afhankelijk is van de afstand tussen de plaats van activiteit en de paleoecologische bemonsteringsplaats (Bos & Urz, 2003, naar o.a. Hicks, 1993; Bos en Jansen, 1996). Over de mogelijke afstand waarbij menselijke, seizoensale occupatie palynologisch zichtbaar wordt, is in het verleden reeds experimenteel onderzoek verricht (o.a. door Hicks, 1985; Hicks, 1993). Een afstand van maximaal 200 m zou in de pollendata enigszins menselijke indicatoren kunnen opleveren. Bijgevolg kan een archeologische prospectie van het onderzoeksgebied, gecombineerd met uitgebreid paleoecologische onderzoek op grond van verschillende veensequenties uit de onmiddellijke omgeving, slechts uitsluitel bieden voor aanwezige mesolithische occupatiepatronen.

2.3. Conclusie

Het paleoecologisch onderzoek van de veensequentie uit de vallei van de Grote Nete heeft interessante gegevens opgeleverd over het Kempische landschap in het vroegholoceen. In het preboreaal wordt de vegetatie lokaal gekenmerkt door een open veenmoeras, waarin zegge-gemeenschappen domineren. Op de hogere en drogere, zandige gronden vinden we een relatief gesloten dennen-berkenbos. Opvallend is de vegetatie-shift naar een meer open landschap met drogere graslanden omstreeks het midden van het preboreaal (9600-9500 BP). Deze paleolandschappelijke wijziging heeft een klimatologische oorsprong, die al dan niet correleert met de traditionele preboreale oscillatie (PBO), gesitueerd in de Rammelbeek-fase. Mogelijk komt hier echter een alternatieve, kleinere oscillatie (PBO II) tot uiting, die enkel in de palynologische records van klimaatsgevoelige overgangsgebieden (zoals Nederland, Duitsland en België) waarneembaar is. Als oorzaak voor deze abrupte vegetatie-verandering kan de impact van de mesolithische mens door de beperkte aanwezigheid van antropogene indicatoren uitgesloten worden. Alsook is de beïnvloeding van een lokale riet-vegetatie op de vertegenwoordiging van de grassen in de palynologische data niet van toepassing door het gebrek aan macrobotanische vondsten van deze plant. Vanaf het laatpreboreaal worden de varens, naast de zeggen, ook belangrijk in het veenmoeras. Het open karakter van het veenmoeras werkt dit enigszins in de hand. Het boreaal vangt aan met de opkomst en latere successie van de hazelaar. Deze boomsoort wordt steeds maar belangrijker in het dennen-(berken)bos. Naarmate het boreaal vordert,

doen ook andere loofbomen, zoals eik, olm en linde hun introductie op het Kempische plateau. Verrassend is de lokale vondst van dwergberk, een laatglaciale struik, die vermoedelijk door (a)biotische omstandigheden in het boreale/atlantische veenmoeras als landschapsrelict kon standhouden. Daarnaast zijn er ook indirecte aanwijzingen op basis van coprofile fungi dat het veenmoeras doorheen het vroeg- tot middenholocene als drinkplaats voor wild fungeerde. Mogelijk heeft dit de tijdelijke transitie van de mesolithische mens in het moerasgebied gestimuleerd in het kader van de voedselstrategie, maar paleoecologisch uitsluitel is er spijtig genoeg niet. Alleszins heeft dit paleoecologisch onderzoek een belangrijke bijdrage geleverd aan de kennis over de relatie natuur-klimaat en -in beperkte mate- mens in het vroeg- tot middenholocene.

Dankwoord

Dit onderzoek kwam tot stand met de financiële steun van de Vlaamse Landmaatschappij (VLM). In de eerste plaats gaat onze dank uit naar de *Vakgroep Geografie*, vertegenwoordigd door Prof. Dr. Marc Antrop en Prof. Dr. emeritus Cyriel Verbruggen, voor het gebruik van de palynologische faciliteiten (pollenlab-microscopie). Gedurende het onderzoek werd ook meermaals beroep gedaan op enkele buitenlandse paleoecologische experts, die de discussies over de bevindingen met wijze raad bijstonden: Dr. Bas van Geel (*Institute for Biodiversity and Ecosystem dynamics*, Universiteit van Amsterdam), Dr. Hanneke (J.A.A.) Bos (*Afdeling Paleoklimatologie en Geomorfologie*, Vrije Universiteit Amsterdam) en Dr. Wim Hoek (*Departement Fysische Geografie*, Universiteit Utrecht): 'hart'elijk bedankt. Ook dank aan paleo-collega's Nathalie Vanderputten (*Vakgroep Geografie*, Universiteit Gent) en Bart Klinck (*Archeologische Dienst Waasland*) voor de macrobotanische identificatie van enkele mossen en houtfragmenten; Machteld Bats (*Vakgroep Archeologie en Oude Geschiedenis van Europa*, Universiteit Gent) voor de geomorfologische medewerking; Ferdi Geerts (*Erfgoed Lommel vzw*) voor de paleoecologische interesse en het openstellen van de bibliotheek/het archief; en de *Afdeling Antwerpen* van de Vlaamse Landmaatschappij (o.a. Kristel Deckx, Marijke Druyts en Jan Laureys) voor de enthousiaste ondersteuning bij het veldwerk (topografie en bemonstering).

Bibliografie

- AMERYCKX J. B., VERHEYE W., VERMEIRE R., 1995. *Bodemkunde*. Gent.
- BEHRE K. E., 1966. Untersuchungen zur spät- und frühpostglazialen Vegetationsgeschichte Ostfrieslands. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 17: 69-84.
- BEYENS L., 1984. *Paleoecologische en paleoklimatologische aspecten van de Holocene ontwikkeling van de Antwerpse Noorderkempen*. Mededelingen van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België, Klasse der Wetenschappen, 46 (2) (overdruk uit *Academiae Analecta*).
- BJÖRCK S., RUNDGREN M., INGÓLFSSON Ó., FUNDER S., 1998. The Preboreal oscillation around the Nordic seas: terrestrial and lacustrine responses. *Journal of Quaternary Science*, 12 (6): 455-465.
- BLACKFORD J. J., INNES J. B., HATTON J. J., CASELDINE C. J., 2006. Mid-Holocene environmental change at Black Ridge Brook, Dartmoor, SW England: A new appraisal based on fungal spore analysis. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141: 189-201.
- BOS J. A. A. & JANSSEN C. R., 1996. Local Impact of Palaeolithic Man on the Environment During the End of the Last Glacial in the Netherlands. *Journal of Archaeological Science*, 23: 731-739.
- BOS J. A. A. & URZ R., 2003. Late Glacial and early Holocene environment in the middle Lahn river valley (Hessen, central-west Germany) and the local impact of early Mesolithic people-pollen and macrofossil evidence. *Vegetation History and Archaeobotany*, 12: 19-36.
- BOS J. A. A., VAN GEEL B., GROENEWOUDT B. J. & LAUWERIER R. C. G. M., 2005. Early Holocene environmental change, the presence and disappearance of early Mesolithic habitation near Zutphen (the Netherlands). *Vegetation History and Archaeobotany*, 15: 27-43.
- BOS J. A. A., VAN GEEL B., VAN DER PLICHT J. & BOHNCKE S. J. P., 2007. Preboreal climate oscillations in Europe: wiggle-match dating and synthesis of Dutch high-resolution multi-proxy records. *Quaternary Science Reviews*, 26, 15-16: 1927-1950.
- BROWN T., 1997. Clearances and clearings: deforestation in Mesolithic/Neolithic Britain. *Oxford Journal of Archaeology*, 16 (2): 133-146.
- CASPARIE W. A. & VAN ZEIST W., 1960. A Late Glacial lake deposit near Waskemeer (Prov. of Friesland). *Acta Botanica Neerlandica*, 9: 191-196.
- CLEVERINGA P., DE GANS W., KOLSTRUP E. & PARIS F. P., 1977. Vegetational and climatic developments during the

- Late Glacial and the Early Holocene and aeolian sedimentation as recorded in the Uteringsveen (Drente, the Netherlands). *Geologie en Mijnbouw*, 56: 234-242.
- GELORINI V., VERLEYEN E., VERBRUGGEN C. & MEERSSCHAERT L., 2006. Paleo-ecologisch onderzoek van een Holocene sequentie uit het Deurganckdok te Doel (Wase Scheldepolders, Noord-België). *Belgeo*, 3: 243-264.
- GELORINI V., MEERSSCHAERT L., BOUDIN M., VAN STRYDONCK M., CROMBÉ P. & THOEN E., in voorbereiding (a). *Palaeoecological evidence for Early Holocene vegetation development and Preboreal climate oscillation in the Grote Nete valley (Limburg, Belgium)*.
- GELORINI V. et al., in voorbereiding (b). *The survival of a Late Glacial relict shrub. Palaeoecological evidence for Early Holocene dwarf birch, Betula nana L., in northern Belgium*.
- HICKS S., 1993. Pollen evidence of localized impact on the vegetation of northernmost Finland by hunter-gatherers. *Vegetation History and Archaeobotany*, 2: 137-144.
- HOEK W. Z., 1997a. *Palaeogeography of Lateglacial Vegetations. Aspects of Lateglacial and Early Holocene vegetation, abiotic landscape and climate in the Netherlands*, Netherlands Geographical Studies, 230, Utrecht/Amsterdam.
- HOEK W. Z., 1997b. Late-glacial and early Holocene climatic events and chronology of vegetation development in the Netherlands. *Vegetation History and Archaeobotany*, 6 (4): 197-213.
- HUTCHINSON T. C., 1966. The occurrence of living and sub-fossil remains of *Betula nana* L. in Upper Teesdale. *New Phytologist*, 65 (3): 351-357.
- JALINK M. H., 1996. *Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring in laagveenmoerassen*. Driebergen.
- JANSSEN C. R., 1974. *Verkenningen in de palynologie*. Utrecht.
- PARIS F. P., CLEVERINGA P., DE GANS W., 1979. The Stokkersdobbe; geology and palynology of a deep pingo remnant in Friesland (The Netherlands). *Geologie en Mijnbouw*, 58: 33-38.
- RAHMSTORF S., 2006. Thermohaline ocean circulation. In: ELIAS S. A. (ed.), *Encyclopedia of Quaternary Sciences*, Amsterdam: 1-10.
- SCHAMINÉE J. H. J., WEEDA E. J. & WESTHOFF V., 1995. *De vegetatie van Nederland Deel 2, Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden*. Leiden.
- TALLENIRE P. A., 2002. The early-Holocene spread of hazel (*Corylus avellana* L.) in Europe north and west of the Alps: an ecological hypothesis. *The Holocene*, 12 (1): 81-96.
- TALLIS J. H., 1964. The pre-peat vegetation of the Southern Pennines. *New Phytologist*, 63: 363.
- USINGER H., 2004. Vegetation and climate of the lowlands of northern Central Europe and adjacent areas around the Younger Dryas-Preboreal transition- with special emphasis on the Preboreal oscillation. In: TERBERGER T. & ERIKSEN B. V., *Hunters in a changing world. Environment and Archaeology of the Pleistocene-Holocene Transition (ca. 11000-9000 BC) in northern Central Europe*, Rahden/Westfalen: 1-26.
- VAN GEEL B., 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*. Academisch proefschrift, Hugo de Vries laboratorium, Universiteit van Amsterdam.
- VAN GEEL B., BOHNCKE, S. J. P. & DEE, H., 1981. A palaeoecological study of an upper Late Glacial and Holocene sequence from "De Borchert", The Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 31: 367-448.
- VAN GEEL B., 2001. Non-pollen palynomorphs. In: SMOL J. P., BIRKS H. J. B. & LAST W. M. (eds), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments, Terrestrial, algal and siliceous indicators*, 3: 99-119.
- VAN GEEL B. & APTROOT A., 2006. Fossil ascomycetes in Quaternary deposits. *Nova Hedwigia*, 82 (3-4): 313-329.
- VAN GEEL B., BUURMAN J., BRINKKEMPER O., SCHELVIS J., APTROOT A., VAN REENEN G. & HAKBIJL T., 2003. Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi, *Journal of Archaeological Science*, 30 (7): 873-883.
- VAN GEEL B., BOS J. M., PALS J. P., 1983 (1986). Archaeological and Palaeoecological Aspects of a Medieval House Terp in a reclaimed Raised Bog Area in North Holland. *Berichten van de Rijksdienst voor Oudheidkundig Bodemonderzoek*, 33: 419-444.
- VAN GEEL B., COOPE G. R. & VAN DER HAMMEN T., 1989. Palaeoecology and stratigraphy of the Late-Glacial type section at Usselo (The Netherlands). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 60: 25-129.
- VAN GEEL B., HALLEWAS D. P. & PALS J. P., 1983. A Late Holocene deposit under Westfriese Zeedijk near Enkhuizen (Prov. of N-Holland, the Netherlands): palaeoecological and archaeological aspects. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 38: 269-335.
- VAN GEEL B., MUR L. R., RALSKA-JASIEWICZOWA M. & GOSLAR T., 1994. Fossil akinetes of *Aphanizomenon* en *Anabaena* as indicators for medieval phosphate-eutrophication of Lake Gosciadz (Central Poland). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 83: 97-105.
- VAN GEEL B., ODGAARD B. V. & RALSKA-JASIEWICZOWA M., 1996. Cyanobacteria as indicators of phosphate-eutrophication of lakes and pools in the past. *PACT*, 50: 399-415.

VERBRUGGEN C., 1971. *Postglaciale landschapsgeschiedenis van Zandig Vlaanderen. Botanische, oecologische en morfologische aspecten op basis van palynologisch onderzoek*. Doctoraatsthesis R.U.G., Gent.

VERBRUGGEN C., DENYS L. & KIDEN P., 1996. Belgium. In: BERGLUND B. E., BIRKS H. J. B., RALSKA-JASIEWICZOWA M., WRIGHT H. E. (eds), *Palaeoecological Events During the Last 15 000 Years: Regional Syntheses of Palaeoecological Studies of Lakes and Mires in Europe*, Chichester: 553-574.

WESTHOFF V. & DEN HELD A. J., 1969. *Plantengemeenschappen in Nederland*. Zutphen.

WEEDA E. J., WESTRA R., WESTRA C. & WESTRA T., 1985. *Nederlandse oecologische flora, wilde planten en hun relaties 1*. Haarlem.

WEEDA E. J., WESTRA R., WESTRA C. & WESTRA T., 1988. *Nederlandse oecologische flora, wilde planten en hun relaties 3*. Haarlem.

(Digitaal) Cartografisch materiaal

OC GIS-Vlaanderen, 2001. *Digitale vectoriële versie van de Bodemkaart van Vlaanderen*. Schaal 1/20.000 (CD ROM opgemaakt door OC GIS Vlaanderen)

Nationaal Geografisch Instituut, 2004. *Topografische kaart van België. Leopoldsburg 17/7N*. Schaal 1/10.000.

Software

GRIMM E. C., 1991–2004. *TILIA, TILIAGRAPH, and TGView*. Illinois State Museum, Research and Collections Center, Springfield, USA (<http://demeter.museum.state.il.us/pub/grimm/>)

Vanessa Gelorini
Vorig adres: Vakgroep Middeleeuwse Geschiedenis /
Vakgroep Archeologie en
Oude Geschiedenis van Europa
Universiteit Gent, Blandijnberg 2
BE – 9000 Gent
Huidig adres: Vakgroep Biologie
Universiteit Gent, K.L. Ledeganckstraat 35
BE – 9000 Gent
Vanessa.Gelorini@UGent.be

Lieselotte Meersschaert
Archeologische Dienst Waasland
Regentiestraat 63
BE - 9100 Sint-Niklaas
LMeersschaert@gmail.com

Mathieu Boudin
Mark Van Strydonck
Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium
Jubelpark 1
BE - 1000 Brussel
Mathieu.Boudin@kikirpa.be
Mark.VanStrydonck@kikirpa.be

Erik Thoen
Vakgroep Middeleeuwse Geschiedenis
Universiteit Gent, Blandijnberg 2
BE - 9000 Gent
Erik.Thoen@UGent.be

Philippe Crombé
Vakgroep Archeologie en
Oude Geschiedenis van Europa
Universiteit Gent, Blandijnberg 2
BE – 9000 Gent
Philippe.Crombe@UGent.be