

**Vroeg- en Midden-Pleistocene
sedimentatiegeschiedenis van Maas en Rijn
in de Belgische Roergraben**

**Onderzoeksresultaten van gekernde boringen
(Project VLA01-3.1.3.)**

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie

Koen Beerten
K.U.Leuven

2003

1	INLEIDING.....	3
2	PROBLEEMSTELLING.....	3
3	GEBRUIKTE METHODEN.....	3
3.1	KORRELGROOTTE-METINGEN.....	3
3.2	ORGANISCHE-STOF BEPALINGEN.....	4
3.3	POLLENANALYSEN.....	4
3.4	OSL-DATERINGEN.....	4
3.5	MICROGRINDTELLINGEN.....	5
4	QUARTAIRGEOLOGISCHE SITUERING.....	5
5	RESULTATEN.....	9
5.1	BOORBESCHRIJVINGEN: LITHOLOGIE EN PETROLOGIE (KORRELGROOTTE-ANALYSEN, GRINDTELLINGEN EN ORGANISCH MATERIAAL).....	9
5.1.1	<i>Referentiemateriaal.....</i>	13
5.1.2	<i>Boringen Broekkant, Wad, Mulkerheide, 't Hasselt en Foshei.....</i>	13
5.1.3	<i>Boring Gevenhof.....</i>	18
5.2	PALYNOLOGIE.....	19
5.2.1	<i>Boring Wad.....</i>	19
5.2.2	<i>Boring Mulkerheide.....</i>	21
5.2.3	<i>Boring 't Hasselt.....</i>	22
5.2.4	<i>Boring Foshei.....</i>	25
5.2.5	<i>Boring Gevenhof.....</i>	26
5.2.6	<i>Samenvatting van de pollenanalysen-gegevens.....</i>	26
5.3	OSL-DATERINGEN.....	27
6	DISCUSSIE.....	28
6.1	INTERPRETATIE EN CORRELATIE MET GEKENDE EENHEDEN.....	28
6.1.1	<i>Boringen Broekkant, Wad, Mulkerheide, 't Hasselt en Foshei.....</i>	28
6.1.2	<i>Boring Gevenhof.....</i>	31
6.2	QUARTAIRGEOLOGISCHE EVOLUTIE NA DE AFZETTING VAN HET ONDERSTE FIJNZANDIGE PAKKET.....	31
7	CONCLUSIE.....	34
8	REFERENTIES.....	35

1 Inleiding

Onderliggend rapport vat de resultaten van diverse analyses samen die uitgevoerd zijn op zes boringen doorheen het Quartair in de Belgische Roergraben (kaartblad 18 Maaseik), in het kader van project VLA01-3.1.3. van de Vlaamse Gemeenschap. Voorlopige interpretaties van deze boringen zaten reeds vervat in de Quartairgeologische kaart van Vlaanderen. De conclusies die aan de nieuwe resultaten vasthangen laten evenwel toe een alternatieve interpretatie van deze boringen en bijgevolg de Quartairgeologische evolutie van het uiterste noordoosten van België naar voren te schuiven.

2 Probleemstelling

Tijdens de Quartairgeologische kartering van kaartblad Maaseik (18) zijn een aantal knelpunten aan het licht gekomen die verder onderzoek van deze boringen noodzakelijk maakten. Gedurende een lange periode tijdens het Vroeg- en Midden-Pleistoceen bevond het samenvloeiingsgebied van de Maas en Rijn zich in deze regio. De preciese relaties tussen de verschillende afzettingen van Maas en Rijn in het Belgisch gedeelte van de Roergraben, zijn tot op heden niet gekend. Recente analyses van zes nieuwe boringen in het gebied laten toe deze relaties beter te omschrijven. De analyses omvatten gedetailleerde korrelgrootte-metingen, bepalingen van het gehalte organisch koolstof, OSL-dateringen, pollenanalyses en microgrindtellingen.

3 Gebruikte methoden

3.1 Korrelgrootte-metingen

De korrelgrootte-metingen (meer dan 300) zijn uitgevoerd met een zeefkolom (droge zevingen) en met een laser diffractietoestel voor de fracties $>$ en $< 63 \mu\text{m}$ respectievelijk. De ruwe gegevens van de droge zevingen zijn gegeven in bijlage 1, de interpretatie ervan in bijlage 2. Van 105 geselecteerde monsters is de interne verdeling van de suspensiefraction (klei, fijn silt en grof silt) gegeven in tabel 2. Volgende grenzen werden gehanteerd: 8μ voor de klei - fijn silt grens en 18μ voor de fijn silt - grof silt grens. De verdeling van de zandfractie is als volgt: zeer fijn zand ($63-125\mu$); fijn zand ($125-250\mu$); middelmatig zand ($250-500\mu$); grof zand ($500-1000\mu$); zeer grof zand ($1000-2000\mu$). De stalen zijn voorbehandeld met waterstofperoxide voor verwijdering van organisch materiaal, gereduceerd met een zwak zuur en metaalplaatje, en tenslotte gepeptiseerd (Laboratorium voor Stratigrafie, K.U.Leuven). De resultaten van deze analyses laten conclusies toe over sedimentologische en paleomilieus aspecten van bepaalde intervallen in de boringen.

↑
||
o_p

3.2 Organische-stof bepalingen

Het organische koolstof-gehalte is bepaald met de chromaat-titratie methode voor 104 stalen (Walkley-Black methode). Door toevoeging van dichromaat wordt alle beschikbaar organisch materiaal geoxideerd. Het overblijvende dichromaat wordt vervolgens gereduceerd met ijzersulfaat. Twee boringen zijn volledig geanalyseerd (boringen Wad en 't Hasselt). De ruwe gegevens van deze analyses zijn te vinden in bijlage 3.

3.3 Pollenanalysen

De pollenanalysen zijn uitgevoerd door het NITG-TNO (analysen: F. Bunnik, supervisie: W. Westerhoff en P. Cleveringa). In totaal zijn 63 monsters geanalyseerd waarvan er 16 steriel bleken te zijn. Alle resultaten en het volledige verslag van de palynologische analyses zijn gegeven in bijlage 4. Het doel van dit onderzoek is een zo gedetailleerd mogelijk zicht te krijgen op het paleomilieu waarin de lagen zijn afgezet. Uit de boorbeschrijvingen is gebleken dat er talrijke kleilagen en veenhoudende pakketten aanwezig zijn die normaliter voldoende pollen moeten bevatten om een dergelijk onderzoek mogelijk te maken. Het paleomilieu is enerzijds bepaald door regionale kenmerken (o.a. klimaat,...), maar ook lokale factoren spelen een belangrijke rol (o.a. watertafel,...).

3.4 OSL-dateringen

De OSL-dateringen (3 monsters) zijn uitgevoerd door de Universiteit Gent (analysen: D. Vandenberghe, supervisie: P. Vandenhoute en F. De Corte). Het principe van deze dateringsmethode is gebaseerd op de accumulatie van stralingsschade in het kristalrooster van mineralen in een sediment. De stralingsschade wordt veroorzaakt door radioactieve elementen in het omringende sediment. De totale geaccumuleerde schade (of paleodosis D_0) wordt bepaald door luminescentietechnieken terwijl de stralingsdosis per tijdseenheid (D) in het sediment via chemische analyses en gammaspectroscopische methoden wordt bepaald. De uiteindelijke ouderdom wordt verkregen door $T = D_0/D$. Het mechanisme dat de geologische klok op nul zet tijdens transport van de korrels en net voor begraving is bestraling door zonlicht. Eolische sedimenten zijn uitermate geschikt om met deze methode gedateerd te worden. Drie monsters zijn onderzocht met deze luminescentiemethode. Twee monsters zijn volledig gedateerd terwijl van één enkel een ruwe paleodosis-bepaling beschikbaar is. Het volledige verslag van de OSL-dateringen is gegeven in bijlage 5.

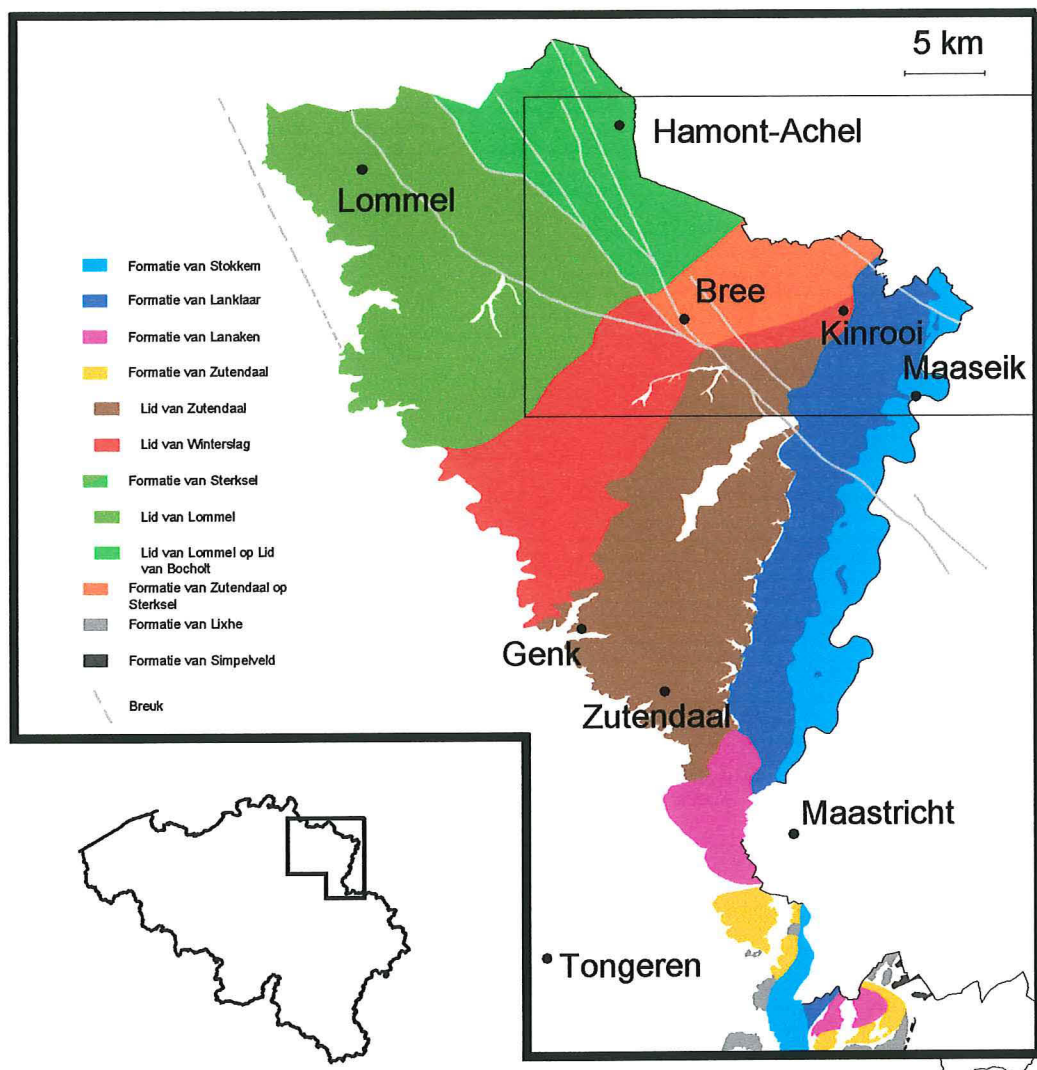
3.5 Microgrindtellingen

Er werd gekozen om aanvullende microgrindtellingen uit te voeren (2-4 mm) om het herkomstprobleem van de afzettingen in de boringen (Maas of Rijn) aan te pakken (Laboratorium voor Stratigrafie, K.U.Leuven). Na monsternamen zijn de stalen behandeld met HCl en daarna gezeefd op 2 en 4 mm. Determinatie van de korrels is gebeurd met behulp van een binoculair. De korrels zijn onderverdeeld in drie groepen: kwarts, hoekige silex en restkorrels. Vroegere resultaten wezen reeds op de mogelijkheid om op basis van grind Maas- en Rijnafzettingen van elkaar te onderscheiden. Er is gekozen voor de grindklasse van 2-4 mm, in eerste instantie om tellingen in boringen statistisch relevant te maken, in tweede instantie omdat beide rivieren microgrind hebben aangebracht. Indien grovere grinden geteld worden zal het aandeel Maas steeds overschat worden omdat de Maas meestal een uitgesproken grindrivier was. Anderzijds hebben zware mineraalanalyses de tendens om het aandeel Rijn te overschatten omwille van het zandige karakter van de Rijn en het groter aandeel aan zware mineralen in de Rijn. Samenvattende resultaten van deze analyses zijn gegeven in tabel 3.

4 Quartairgeologische situering

De belangrijkste afzettingen in het studiegebied zijn sedimenten van Maas en Rijn, afgezet tijdens het Vroeg- en Midden-Pleistoceen (figuur 1, tabel 1). De Rijn werd aangetrokken door een actieve tektonische fase tijdens het Vroeg-Pleistoceen langsheen de zuidelijke breuken die de Roergraben begrenzen. Op basis van zware mineralen worden de afzettingen ervan ingedeeld in twee leden (Gullentops et al., 2001): de Zanden van Bocholt, die voornamelijk terug te vinden zijn in het diepste deel van de graben, en de Zanden van Lommel die zich op de noordwestelijke helft van het Kempisch Plateau en vermoedelijk ook in het noorden van het kaartblad, in de graben, bevinden. De Bocholt Zanden hebben een mineraalassociatie die zeer rijk is aan (groene) hoornblende terwijl de Lommel Zanden minder hoornblende bevatten. Gedurende de periode dat de Rijn in de Roergraben gestroomd heeft, was de Maas een bijrivier die op haar beurt reeds enige tijd een terraslandschap aan het vormen was ten zuiden van de Rijn. De vroegste Maasafzettingen liggen in de vallei van de Oostmaas, die toen in de Rijn uitmondde ter hoogte van Aken-Bonn (van den Berg, 1996; Gullentops et al., 2001). De eerste afzettingen van betekenis van de Westmaas – de Maas had toen door tektonische bewegingen reeds een andere stromingsrichting gekozen – zijn deze die bewaard gebleven zijn op het Kempisch Plateau en zijn bekend onder de naam Formatie van Zutendaal met het Lid van Winterslag en Lid van Zutendaal (Gullentops et al., 2001). Het eerste facies is uitgesproken zandig (middelmatig tot grof) en komt voornamelijk in het zuidwesten en westen voor. De Zutendaal Grinden, afgezet na het zandfacies, zijn grove tot zeer grove grinden met een tendens tot verfijning naar het noorden toe. Dit facies is voornamelijk terug te vinden op het oostelijk deel van het Kempisch Plateau. Het

samenvloeiingsgebied van deze Westmaas en de Rijn was toen reeds opgeschoven naar het westen en daardoor gesitueerd binnen het studiegebied.



Figuur 1 – Afzettingen van Maas en Rijn in NO-België. Compilatie van de Quartairgeologische kaarten van (18) Maaseik, (26) Rekem en (34) Tongeren (Beerten et al., 1999a; Beerten et al., 2000; Verstraeten et al., 1998).

In het verleden zijn de afzettingen op het Kempisch Plateau voornamelijk onderzocht op grindsamenstelling. Paulissen (1973) komt tot de conclusie dat het kwartsgehalte van de fractie 8-16 mm fundamenteel verschilt tussen het plateau en afzettingen in de Roergraben: het kwartsgehalte van deze laatste afzettingen is veel hoger. Maarleveld (1956) komt tot significante verschillen in grindsamenstelling tussen Maas- en Rijnaafzettingen (2-4 mm): het vuurstenenpercentage en het vrij lage kwartspercentage zijn kenmerkend voor de Maas. Het percentage niet-gerolde silex van afzettingen in de Centrale Slenk, die beschouwd worden als Rijnaafzettingen, is steeds lager dan 2% terwijl dat van Maasafzettingen schommelt tussen 3 en 12%.

De Rijnafzettingen in Nederland zijn traditioneel ingedeeld op basis van hun zware mineraalinhoud (Zonneveld, 1947). Het geheel behoort tot de Formatie van Sterksel die vier verschillende mineraalzones bevat: de onderste Zone van Sterksel met veel groene hoornblende, de Zone van Budel met Maasmineralen en vervolgens de zones van Woensel (arm aan groene hoornblende) en Weert (arm aan hoornblende en granaat) .

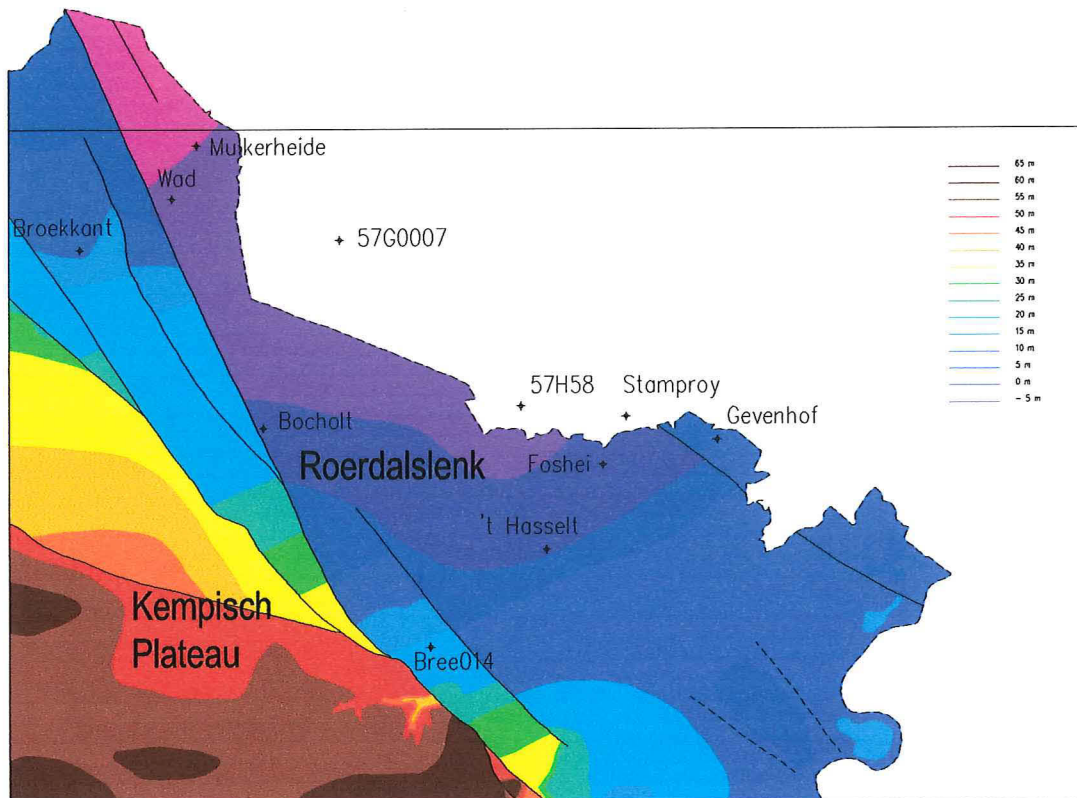
Nadat de Rijn het gebied verlaten heeft, krijgt de Maas ruimte om een diepe vallei uit te schuren in de eerder afgezette sedimenten. In Nederland worden deze afzettingen tot de Formatie van Veghel gerekend terwijl ze in België tot de Formaties van Lanaken en/of Lanklaar behoren. In een nog latere fase worden lacustro-eolische en eolische sedimenten afgezet in dit dal en ook erbuiten. Deze worden in Nederland tot de Formaties van Eindhoven en Twente gerekend (Nuene Groep). Een typische lithostratigrafische eenheid in deze formaties zijn de Brabantse Lemen, een lacustro-eolische afzetting van zand, klei en voornamelijk grof silt. In België is deze eenheid voorlopig gekarteerd als het Lid van Molenbeersel. Dekzanden uit het Weichsel worden in dit deel van België bij de Formatie van Wildert gerekend.

Chronostratigrafie	Rijn		Maas		Lokale afzettingen en deklagen	
	B	NL	B	NL	B	NL
Laat-Pleistoceen (Weichsel)			Formatie van Lanklaar		Formatie van Wildert	Formatie van Twente (met Brabantse Lemen)
Midden-Pleistoceen			Formatie van Lanaken	Formatie van Veghel A	Lid van Molenbeersel	Formatie van Eindhoven (met Brabantse Lemen)
Vroeg-Pleistoceen	Formatie van Sterksel (Lommel zanden; Bocholt Zanden)	Formatie van Sterksel (Zones van Sterksel, Budel, Woensel en Weert)	Formatie van Zutendaal (Lid van Zutendaal Lid van Winterslag)			

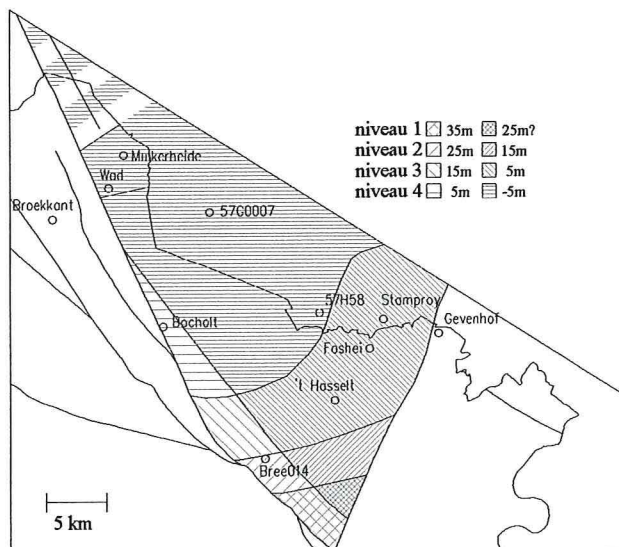
Tabel 1 – Chronostratigrafie van de opgeboorde sedimenten. Omtrent de bovengrens van de Formaties van Sterksel en Zutendaal bestaat discussie. Naar Doppert et al. (1975), Gullentops et al., (2001) en Beerten et al. (2000).

Het studiegebied is gelegen op de zuidwestelijke rand van de Roergraben: een aantal belangrijke breuken doorsnijdt de Quartairafzettingen. Voor een gedetailleerd beeld van deze breuken wordt verwezen naar het technisch verslag bij de Quartairgeologische kaart van Maaseik (Beerten et al., 2000) en naar Beerten et al. (1999b). Het is zeer aannemelijk te veronderstellen dat bodembewegingen (breukactiviteit, opheffingen, zakkingen) voor een groot deel verantwoordelijk zijn voor het al dan niet voorkomen van bepaalde afzettingen in en/of buiten de graben. Figuur 2 toont de hoogte van de basis

van het Quartair. In ieder breukbegrensd tektonisch blok heeft de basis een andere hoogteligging dan de omringende breukblokken.



Figuur 2 – Hoogtekaart van de basis van het Quartair, kaartblad Maaseik (18)



Figuur 3 – Kaart met de hoogte van de basis van terrasniveaus gevormd door de Rijn. De terrassen worden versneden door een breuk. De hoogteligging is afgerond.

Een recent heronderzoek van de bestaande boringen in de Roerdalslenk op Belgisch grondgebied, aangevuld met enkele boringen uit Nederland, toonde aan dat de daling van de hoogteligging van de basis van het Quartair zoals gegeven in figuur 2 geen continue daling is maar eerder stapsgewijs verloopt. In figuur 3 zijn de tot nu toe geïdentificeerde niveaus weergegeven (on gepubliceerd materiaal). Dit is een belangrijk argument om te stellen dat de toename van de dikte van de Maas/Rijnafzettingen in noordwestelijke richting deels te wijten is aan opeenvolgende fasen van insnijding, gevolgd door sedimentatie.

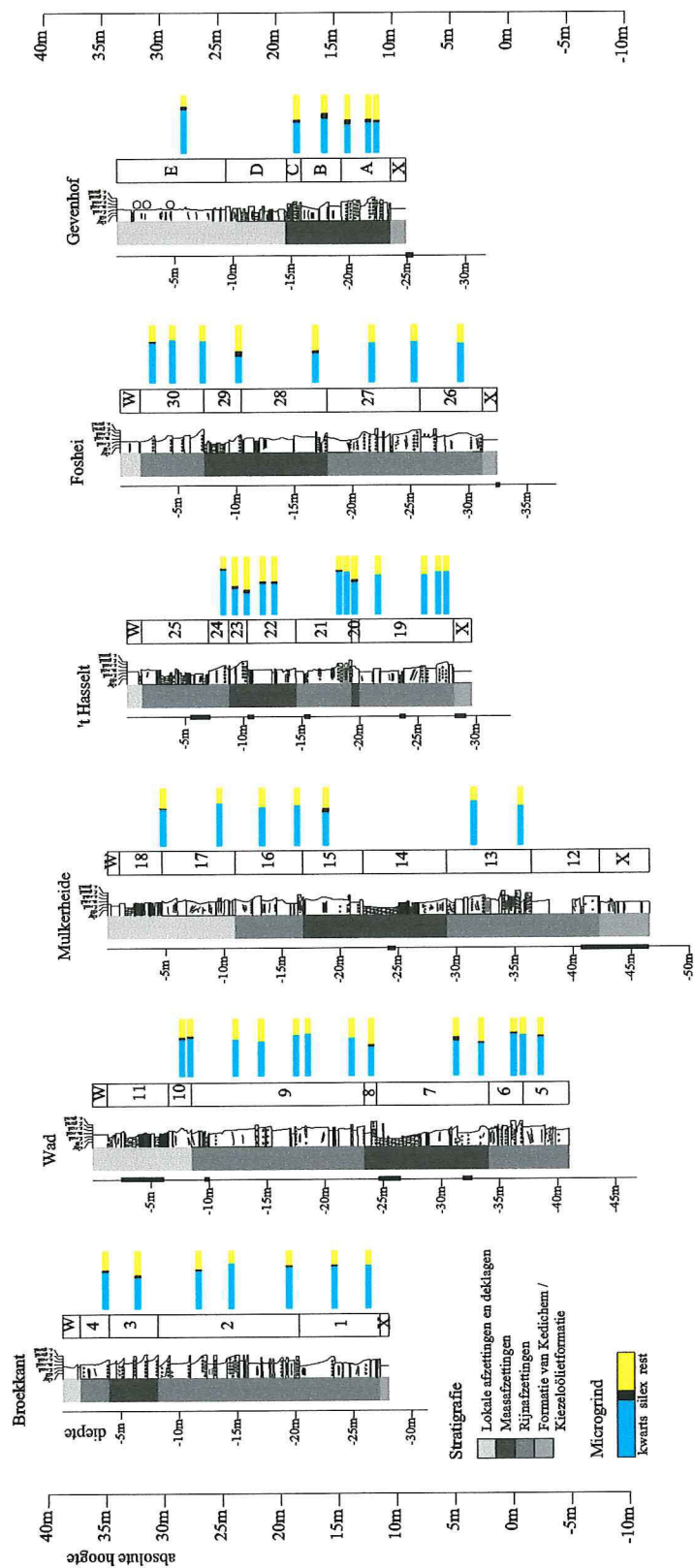
5 Resultaten

5.1 Boorbeschrijvingen: Lithologie en petrologie (korrelgrootte-analysen, grindtellingen en organisch materiaal)

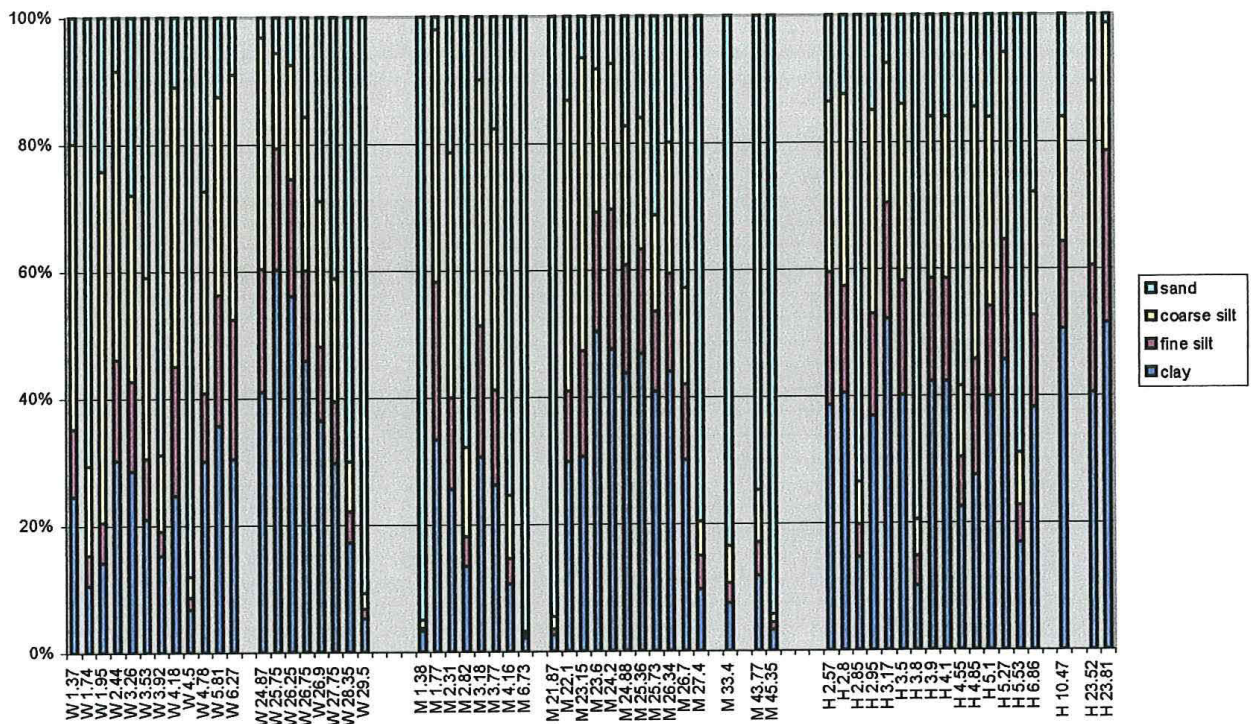
De coördinaten van de boringen zijn gegeven in tabel 2. Boringen Broekkant, Wad en Mulkerheide zijn gelegen in de regio rond Hamont-Achel, in het noordwesten van het studiegebied. Boringen 't Hasselt, Foshei en Gevenhof zijn gelegen in de buurt van Kinrooi, ten noorden van de steilrand van Bree. Alle beschikbare korrelgrootte-analysen van deze boringen zijn gegeven in bijlage 1. Gedetailleerde boorbeschrijvingen zijn te vinden in bijlage 2. Tabellen 2a en b tonen gegevens over de interne verdeling van de suspensiefraction van ongeveer 105 monsters. Tabel 3 is een samenvattende figuur met alle gegevens over de uitgevoerde grindtellingen. Figuur 4 is een samenvattende figuur met een litho-log van elke boring, de resultaten van de grindtellingen, de indeling van de pakketten zoals hierna besproken en de interpretatie wat betreft herkomst (Maas of Rijn). Figuur 5, tenslotte, vat de resultaten van de analyses in verband met het gehalte organische koolstof samen.

kaartbl.+nr.	boornr.+naam	X	Y	Z
48E2001	I1-'t Hasselt	242009.7	205661.4	33
34W2001	I2-Foshei	243705.6	208184.2	33.5
34W2002	I3-Gevenhof	247112.9	208921.3	33.75
33W2001	II1-Broekkant	228131.5	214588.4	38.75
33W2002	II2-Wad	230904.5	216099	36.1
33W2003	II3-Mulkerheide	231632.9	217693.2	34.75

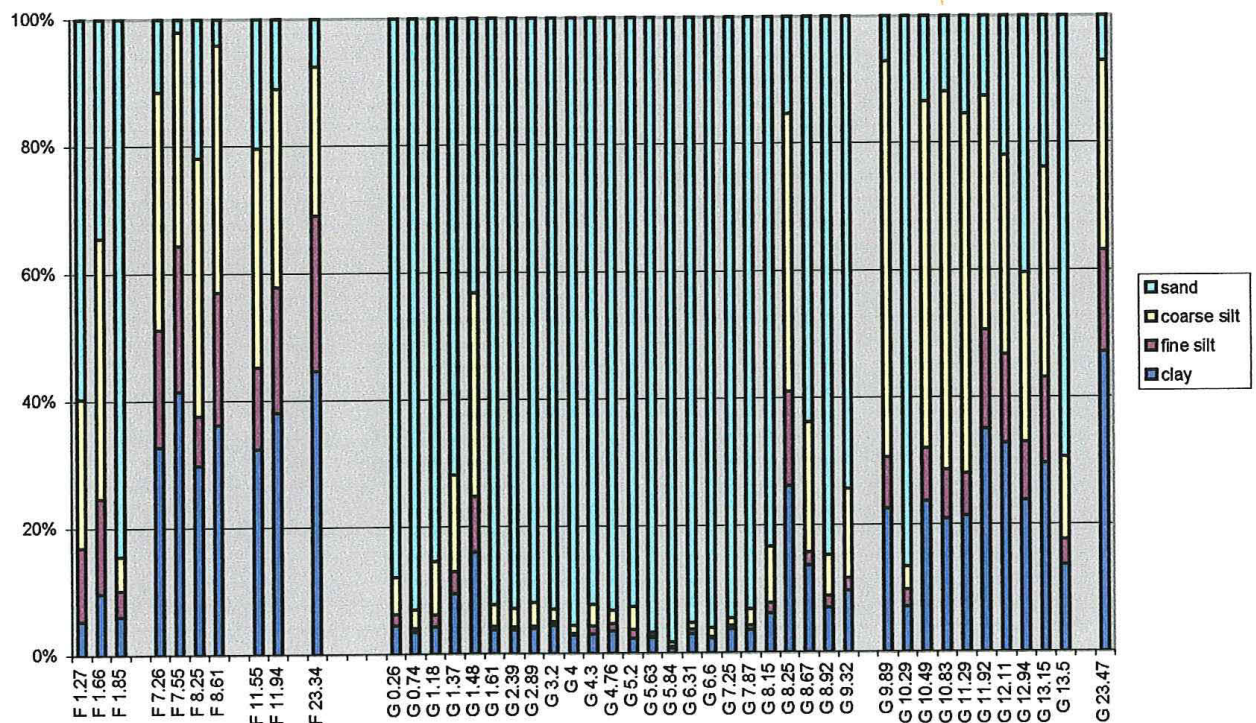
Tabel 2 -- Coördinaten van de boringen



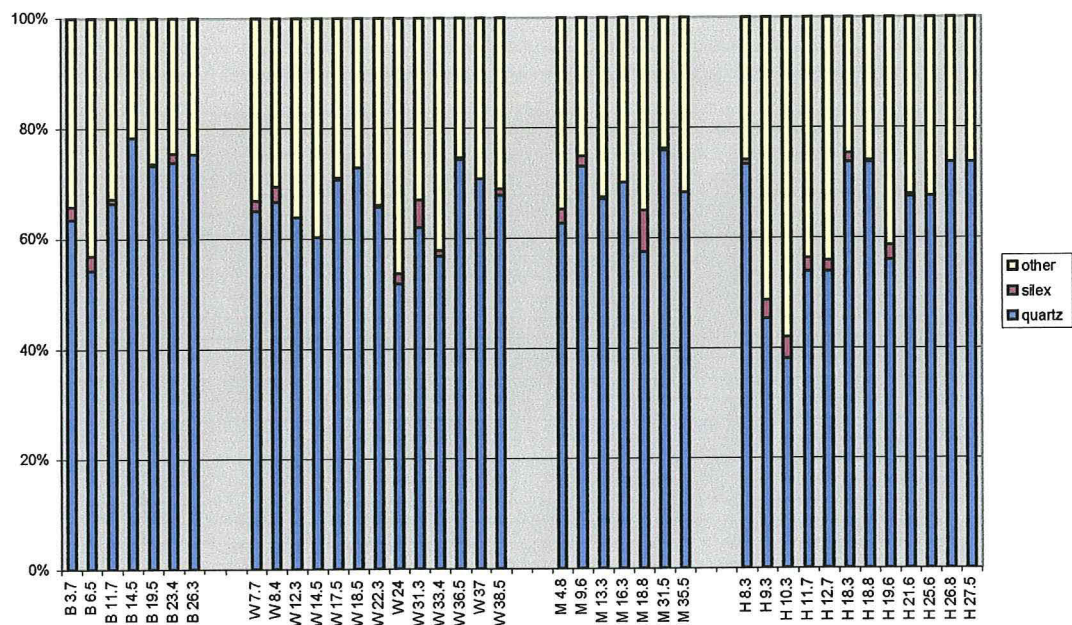
Figuur 4 – Lithologisch en petrologisch overzicht van de boringen. Pollenprofielen zijn aangeduid door vette lijn op diepteas.



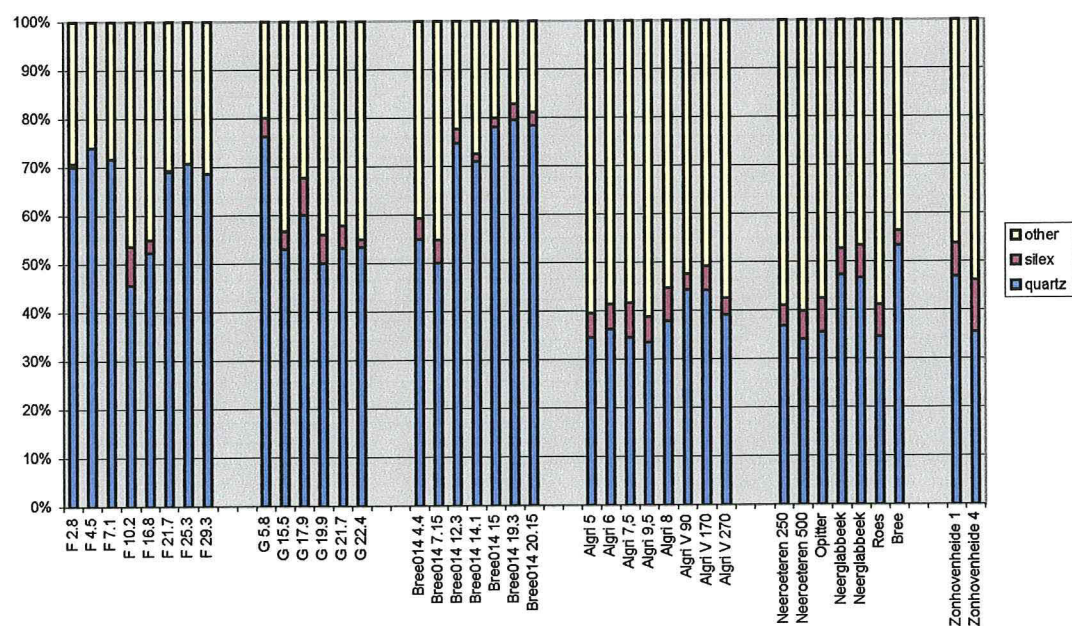
Tabel 2a – Verdeling van het suspentiemateriaal van boringen Wad (W), Mulkerheide (M) en 't Hasselt (H)



Tabel 2b – Verdeling van het suspentiemateriaal van boringen Foshei (F) en Gevenhof (G)



Tabel 3a – Synthese van microgrindtellingen boringen Broekkant (B), Wad (W), Mulkerheide (M) en 't Hasselt (H)



Tabel 3b – Synthese van microgrindtellingen boringen Foshei (F), Gevenhof (G), Bree014 en ontsluitingen op het Kempisch Plateau

5.1.1 Referentiemateriaal

Als referentiemateriaal werd een aantal ontsluitingen op het Kempisch Plateau onderzocht wat betreft microgrind-samenstelling (tabel 3). Monsters 'Algri' tot en met 'Roes' werden genomen in afzettingen van het Lid van Zutendaal. Monsters 'Zonhovenheide' zijn afkomstig van de typelokatie van het Lid van Winterslag. Beide facies bevatten ca. 35-40% kwarts met enkele uitschieters van boven 45%. Opvallend is het hoge silexgehalte met waarden tussen 3% en meer dan 10%.

Eén bijkomende boring (Bree014), gelegen aan de voet van de steilrand van Bree, werd eveneens onderzocht op grindinhoud. Op ca. 4 en 7 m diepte is het aandeel kwarts ongeveer 50% en dit van silex 5%, hetgeen wijst op sedimentatie door de Maas. Tussen 20 en 12 m diepte schommelt het kwartspercentage tussen 70 en 80% en is steeds silex aanwezig (1-4%). De hoge kwartspercentages duiden op een Rijnafzetting terwijl het relatief hoge silex-gehalte bijmenging van Maasafzettingen suggereert.

Het referentiemateriaal voor de Rijnafzettingen is afkomstig uit gegevens gepubliceerd door Zagwijn et al. (1971). De Formatie van Sterksel in boring Waardenburg bevat ca. 60-75% kwarts in het microgrind met weinig of geen silex.

5.1.2 Boringen Broekkant, Wad, Mulkerheide, 't Hasselt en Foshei

Deze vijf boringen worden apart van de zesde (Gevenhof) besproken omdat deze laatste in een andere geologische en geomorfologische context gelegen is. In totaal zijn 32 pakketten afgebakend, op basis van lithologische en petrologische kenmerken. Twee van deze pakketten (X en W) komen in alle vijf boringen voor (pakket X niet in Wad). Pakket X bestaat uit fijn zwaklemig goed gecalcificeerd bleekgeel zand (125-177µm) met veen- en lignietlagen (tabel 5). Het vormt het substraat waarop de Maas- en Rijnafzettingen zijn gedeponceerd. Laagpakket W dekt alle sedimenten af en bestaat meestal uit fijn zwaklemig dekzand (125-177µm) met hier en daar wat omwerking (antropogeen of fluviatiel).

<i>Eenheid</i>	<i>Voornaamste lithologie</i>	<i>Bijkomende lithologie</i>	<i>Gelaagdheid en trends</i>	<i>Grindsamenstelling</i>	<i>Herkomst</i>
X	Bleek fijn zand	Veen- en lignietlagen	Horizontale gelaagdheid, soms FU	-	Formatie van Kedichem of Kiezeloölietformatie
W	Geel zwaklemig fijn zand	Leemlaagjes	Horizontaal	-	Dekzand

Tabel 5

De sedimenten die tussen deze lagen voorkomen zijn verder onderverdeeld in 30 eenheden. De nummering loopt doorlopend over de boringen heen, van onder naar boven, te beginnen bij boring Broekkant en eindigend bij boring 't Hasselt.

5.1.2.1 Boring Broekkant

De sedimenten uit deze boring bestaan voornamelijk uit Rijnafzettingen. De onderste lagen zijn redelijk zandig terwijl laag 2 veel meer grind bevat. Eenheid 4 wijkt qua grindsamenstelling af van de pure Rijnafzettingen. Enkel eenheid 3 toont wat grindsamenstelling betreft een duidelijke Maasinvloed. De totale dikte van het Quartair bedraagt 27.4 m.

Diepte (m)	Nr	Voornaamste lithologie	Bijkomende lithologie	Gelaagdheid en trends	Grindsamenstelling	Herkomst
1.50 - 4.57	4	Middelmatig zand	Bovenin organisch materiaal	FU-sequentie	65% kwarts, silex	Lokale afzetting of gemengde Maas/Rijnafzetting
4.57 - 8.25	3	Grind en grof-middelmatig zand	-	FU-sequenties van ca. 1 m	55% kwarts, 3% silex	Maasafzetting
8.25 - 20.37	2	Grindbanken, grof en fijner zand (500-700 μ)	Bovenaan organisch materiaal	FU-sequenties van 1 à 2 m	65-75% kwarts, weinig of geen silex	Rijnafzetting
20.37 - 27.4	1	Grof tot middelmatig zand (250-700 μ)	Fijnere zandlagen, organisch materiaal	Twee FU-sequenties	75% kwarts, weinig of geen silex	Rijnafzetting

Tabel 6

5.1.2.2 Boring Wad

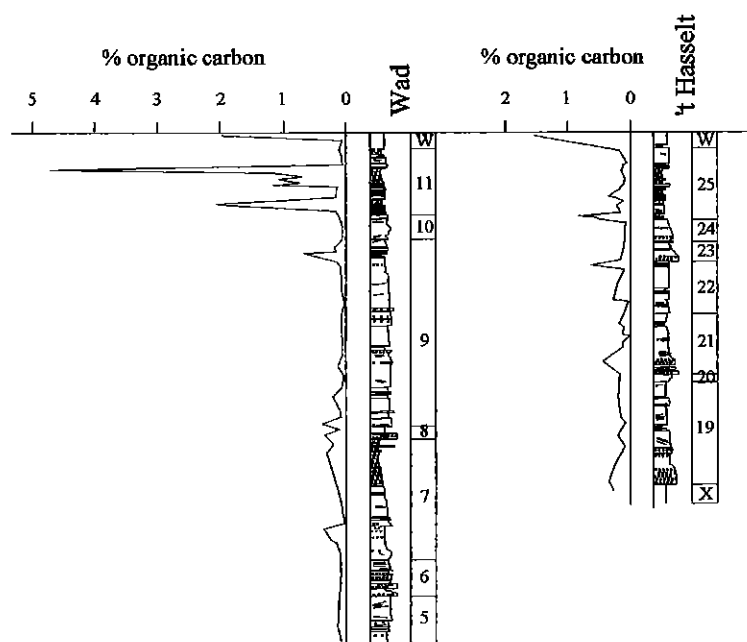
De onderste sedimenten zijn zandige Rijnafzettingen (eenheid 5). Opvallend in deze boring is het relatief dikke kleipakket dat deel uitmaakt van een globale FU-sequentie. Deze sequentie start met zeer grove Rijnafzettingen (eenheid 6) met een heel heterogeen karakter, gaat over in zanden die een Maassignatuur bevatten (eenheid 7) om tenslotte te eindigen in een kleiafzetting. Eenheid 7 wordt geïnterpreteerd als een point-bar afzetting en maakt vermoedelijk deel uit van een meanderend riviersysteem. Deze FU-trend is mooi zichtbaar in tabel 2a waar de fijne fracties zijn weergegeven (stalen W29.5 t.e.m. W24.87: het zandgehalte neemt systematisch af terwijl het kleigehalte toeneemt. Het bovenste monster (24.87) toont terug een hoger silt-gehalte. Eenheid 8 is een dunne laag met Maassignatuur terwijl eenheid 9 duidelijk een Rijnafzetting is. Globaal toont deze laag een FU-sequentie. Laag 10 bevat terug meer silex dan laag 9, maar het kwartsgehalte blijft hoog. De herkomst van deze laag is dubieus: het kan zowel een lokale afzetting als een gemengde Maas/Rijnafzetting zijn. Eenheid 11, tenslotte, is een lokale afzetting. Ze bevat veel meer grof silt dan eenheid 7, hetgeen op bijmenging van eolisch materiaal wijst. De totale dikte van het Quartair is minstens 41 m.

Van deze boring is een groot aantal stalen onderzocht op het gehalte organische koolstof. De resultaten zijn weergegeven in figuur 5. De zand- en grindlagen bevatten weinig of geen organische koolstof. Kleirijke pakketten daarentegen bevatten meer koolstof, tot 5% in laagpakket 11. Verder bevatten de toplagen van individuele FU-sequenties meer organisch materiaal (pakketten 7 en 9). De hogere

waarden die bereikt worden in laag 8 en in de basis van de laag 9 zijn vermoedelijk te wijten aan herwerking van laag 7.

Diepte (m)	Nr	Voornaamste lithologie	Bijkomende lithologie	Gelaagdheid en trends	Grindsamenstelling	Herkomst
1.32 - 6.55	11	Afwisseling van zand, leem (grof silt) en klei	Tot 5% organische koolstof	Parallele gelaagdheid	-	Lokale afzetting
6.55 - 8.51	10	Middelmatig à fijn zand	-	-	65% kwarts, % en silex	Lokale afzetting of gemengde Maas/Rijnafzetting
8.51 - 23.4	9	Grof, middelmatig en fijn zand	Bovenaan dunne kleilaagjes	Globale FU-sequentie; banken van 1 à 2 m	60-70% kwarts, geen silex	Rijnafzetting
23.4 - 24.52	8	Grof grind en zand	-	-	55% kwarts, silex	Maasafzetting
24.52 - 34.0	7	Grof zand tot lemige klei	Organisch materiaal	2 FU-sequenties	60% kwarts, tot 5% silex	Maasafzetting
34.0 - 37.0	6	Grof en fijn grind; heterogene afzetting	Zandlenzen, leemlaagjes, kleibrokken	FU-sequentie	70% kwarts, weinig of geen silex	Rijnafzetting
37.0 - 41.0	5	Grof zand (500-707 μ)	-	CU-sequentie	70% kwarts, weinig of geen silex	Rijnafzetting

Tabel 7



Figuur 5 – Gehalte organische koolstof in boringen Wad en 't Hasselt

5.1.2.3 Boring Mulkerheide

Globaal toont deze boring dezelfde opbouw als boring Wad. Bovenop het fijnzandige substraat ligt een pakket grof tot fijn zand in een FU-sequentie (laag 12). Pakket 13 bevat veel kwarts in het microgrind en start met dezelfde heterogene grindrijke afzetting die in boring Wad is aangetroffen (pakket 6). Het bovenliggende pakket toont weer de typische FU-trend (stalen 27.4 tot 22.1), duidelijk zichtbaar in de korrelgrootte-verdeling (tabel 2). De bovenste twee monsters in dit pakket zijn rijker aan silt. Een belangrijk verschil met deze laatste boring is het relatief dikke pakket met Maassignatuur dat boven de typische kleilaag ligt. Eenheid 16 is een zandige Rijnaafzetting. Laagpakket 17 bestaat voornamelijk uit middelmatig en fijn zand. Het kwartsgehalte in het microgrind is typisch deze van een Rijnaafzetting met dit verschil dat het silexgehalte aan de hoge kant is. Ongeveer in het midden komt een zeer goed gesorteerd kwartsrijk zwaklemig fijn zand voor met de typische kenmerken van een dekzand. Eenheid 18 tenslotte is een lokale afzetting en bevat meer silt dan het kleipakket uit eenheid 14. De totale dikte van het Quartair is 42.46m.

Diepte (m)	Nr	Voornaamste lithologie	Bijkomende lithologie	Gelaagdheid en trends	Grindsamenstelling	Herkomst
1.0 - 4.68	18	Afwisseling van zand, leem en klei	-	Horizontale gelaagdheid	-	Lokale afzetting
4.68 - 11.0	17	Middelmatig en fijn zand in dunne banken	-	Horizontale gelaagdheid	60-70% kwarts, %-en silex	Lokale afzetting of gemengde Maas/Rijnaafzetting
11.0 - 16.63	16	Grof, middelmatig en fijn zand in dunne lagen	-	-	70% kwarts, geen silex	Rijnaafzetting
16.63 - 22.0	15	Middelmatig zand (350-500 μ)	Fijn zand laagje	-	60% kwarts, zeer veel silex	Maasafzetting
22.0 - 29.33	14	Middelmatig zand tot klei	-	FU-sequentie	-	Maasafzetting
29.33 - 36.47	13	Grof en fijn grind tot middelmatig zand (354 μ); heterogene afzetting	Lemige laagjes	FU-sequentie; parallelle gelaagdheid	70% kwarts, weinig of geen silex	Rijnaafzetting
36.47 - 42.46	12	Grof tot fijn zand	-	FU-sequentie	-	Rijnaafzetting

Tabel 8

5.1.2.4 Boring 't Hasselt

De eerste afzettingen die boven laagpakket X voorkomen zijn grove Rijnaafzettingen met veel grind, eindigend in een zandafzetting (eenheid 19). Eenheid 21 toont hetzelfde beeld en is slechts gescheiden van de onderste Rijnaafzetting door een zeer dunne laag met Maassignatuur (eenheid 20). De jongste afzettingen in deze boring zijn klaarblijkelijk afgezet door de Maas: pakket 22 is een zandige

Maasafzetting terwijl pakket 23 duidelijk meer grind bevat. Pakket 24 toont dan weer een Rijninvloed. Laag 25, tenslotte, is een fijne afwisseling van zand en klei. Het kleigehalte van de kleilagen is te vergelijken met die uit laagpakketten 7 en 14 uit respectievelijk boringen Wad en Mulkerheide (tabel 2a). Mogelijk is dit een distaal facies van een verwilderd riviersysteem, of een ondiepe meerafzetting: op een diepte van 5.3 m is een dropstone aangetroffen. De interpretatie van een gemengd Maas/Rijnkarakter is deels ingegeven door de samenstelling van het pollen in deze laag (cfr. infra).

Een aantal monsters uit deze boring werd onderzocht op het gehalte organische koolstof (figuur 5). Globaal bevatten de sedimenten zeer weinig koolstof. Enkel de top van laag 22 en de basis van laag 25 bereikten waarden tot 1%. De piek aan de top van de boring is te wijten aan recente bodemvorming.

Diepte (m)	Nr	Voornaamste lithologie	Bijkomende lithologie	Gelaagdheid en trends	Grindsamenstelling	Herkomst
1.3 - 6.9	25	Afwisseling van zand en klei; dunne laagjes	Dropstone van klei	Horizontale gelaagdheid	-	Gemengde Maas/Rijnafzetting?
6.9 - 8.0	24	Grind en grof zand	-	FU-sequentie	75% kwarts, weinig silex	Rijnafzetting
8.0 - 10.37	23	Grind en grof zand	-	FU-sequentie	40-45% kwarts, 5% silex	Maasafzetting
10.37 - 14.57	22	Middelmatig en fijn zand; dikke banken	Dunne kleilaagjes aan de top	-	55% kwarts, %-en silex	Maasafzetting
14.57 - 17.86	21	Grind en middelmatig zand	Kleilaagje	FU-sequentie	75% kwarts, geen silex	Rijnafzetting
19.35 - 20.0	20	Middelmatig zand	-	-	50% kwarts, %-en silex	Maasafzetting
20.0 - 28.15	19	Grindafzettingen, grof en middelmatig zand	Kleilaagjes	FU-sequentie	Ca. 70% kwarts, geen silex	Rijnafzetting

Tabel 9

5.1.2.5 Boring Foshei

De eerste grove sedimenten in deze boring zijn zandige (eenheid 26) en grindrijke (eenheid 27) sedimenten die omwille van hun zeer hoog kwartsgehalte en de afwezigheid van silex afgezet zijn door de Rijn. Vervolgens treffen we zandige (eenheid 28) en grindrijke (eenheid 29) Maasafzettingen aan. Het bovenste laagpakket is opgebouwd uit relatief grindrijke Rijnafzettingen (eenheid 30).

Diepte (m)	Nr	Voornaamste lithologie	Bijkomende lithologie	Gelaagdheid en trends	Grindsamenstelling	Herkomst
2.36 - 7.2	30	Grind en grof zand	Fijnere zandlagen	FU-sequenties	70-75% kwarts, geen silex	Rijnafzetting
7.2 - 10.45	29	Fijn grind en middelmatig zand	Leemlaag	FU-sequentie	45% kwarts, 10% silex	Maasafzetting
10.45 - 17.8	28	Middelmatig (350 μ) en fijn zand; dikke banken	Grindlaag, kleilaagje	FU-sequentie	50-55% kwarts, tot 5% silex	Maasafzetting
17.8 - 25.83	27	Grind en grof zand (707 μ)	Fijn zand aan de top; kleilaagje	FU-sequentie	70% kwarts, geen silex	Rijnafzetting
25.83 - 31.17	26	Grof (707 μ) en middelmatig zand	-	-	70% kwarts, geen silex	Rijnafzetting

Tabel 10

5.1.3 Boring Gevenhof

Bovenop de onderste eenheid X liggen afzettingen die een duidelijke Maassignatuur bevatten: eenheden A en C zijn zeer grindrijk, terwijl eenheid B zandig is. Vervolgens is in deze boring een laagpakket aangetroffen dat uit een afwisseling van middelmatig/fijn zand en leem bestaat (pakket D). Stalen 13.5 tot 11.92 (tabel 2) bevatten nog relatief veel klei, maar stalen 11.29 tot 9.89 hebben een zeer groot aandeel grof silt (tot 60%). Deze toename in grof silt wordt toegeschreven aan een toenemende eolische invloed. Pakket E tenslotte is een relatief dik pakket van redelijk homogeen fijn zand met slechts enkele verspoelingen. Stalen 9.32 tot 8.15 hebben nog een suspensiefraction van 15% of meer, vanaf staal 7.87 tot en met staal 1.61 is het leemgehalte bijzonder constant en zeer klein (5-10%). De bovenste lagen bevatten weer meer grof silt. Het zand vertoont een mediaan tussen 125 en 177 μ (bijlage 1). Dit pakket is een typisch dekzandfacies met enkele verspoelingen (dunne lagen middelmatig zand op ca. 4m en ca. 5.84m). Enkele microgrinden in deze verspoelingen geven een kwartsperscentage van ca. 75%. Vermoedelijk is dit afbraakmateriaal van eerder afgezette Maas- en Rijnsedimenten.

Diepte (m)	Nr	Voornaamste lithologie	Bijkomende lithologie	Gelaagdheid en trends	Grindsamenstelling	Herkomst
0.0 - 9.39	E	Fijn zand (125-177 μ)	Dunne laagjes middelmatig zand; enkele dunne leemlagen	Parallel	75% kwarts, 5% silex	Lokale afzetting / deklaag
9.39 - 14.45	D	Afwisseling van middelmatig en fijn zand en leem (veel grof silt)	-	Parallele gelaagdheid	-	Lokale afzetting

14.45 - 16.1	C	Grind en grof zand	-	-	50% kwarts, 5% silex	Maasafzetting
16.1 - 19.34	B	Middelmatig à fijn zand	-	-	60% kwarts, 10% silex	Maasafzetting
19.34 - 23.62	A	Grof grind en grof zand	-	-	50-55% kwarts, 5% silex	Maasafzetting

Tabel 11

5.2 Palynologie

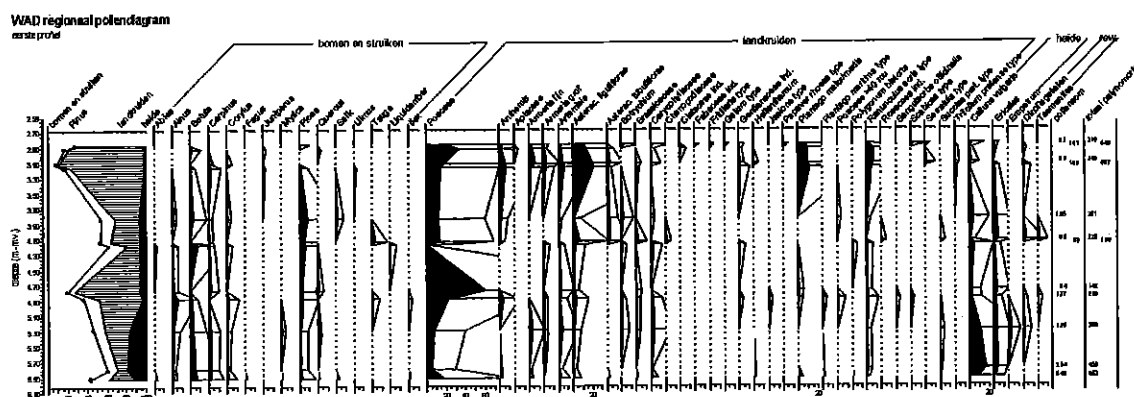
Het uitvoerige rapport over de pollenanalyses is werd opgenomen in bijlage 3. In deze paragraaf worden enkel de hoofdlijnen besproken.

5.2.1 Boring Wad

Eerste profiel (2.85-5.95m): tabel 12a en b

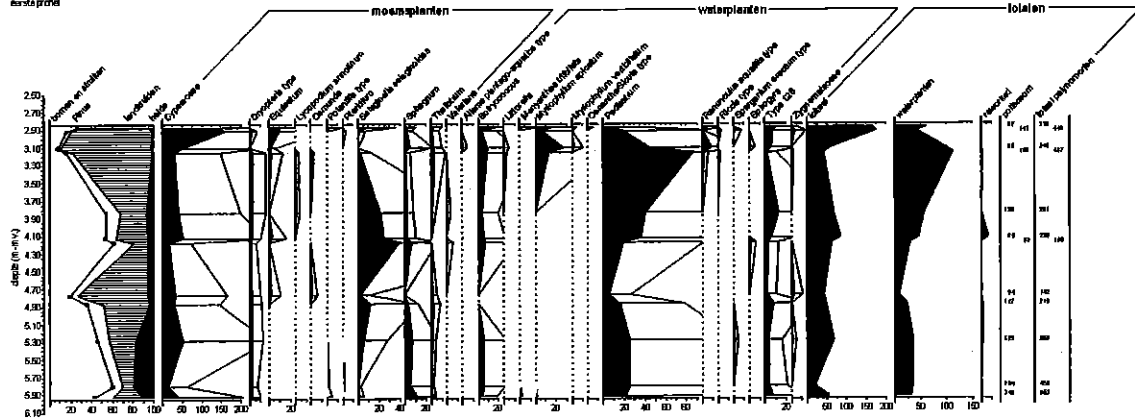
Eenheid 11

Het globale pollenbeeld wordt gedomineerd door species die in een koud klimaat voorkomen. Het boompollen is voornamelijk afkomstig van *Pinus*, *Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Corylus* en *Picea* zijn in geringe hoeveelheden aanwezig. Van warmteminnende boompollen (*Quercus*, *Ulmus*) zijn slechts sporen teruggevonden. Een belangrijke indicator voor het klimaat zijn pollen van *Selaginella* (moerasplant), die in het midden van het diagram voorkomen: deze wijzen op een koud klimaat met een lage doch aaneengesloten vegetatie. De top van het profiel (2.85-4.15m) toont een dominantie van pollen afkomstig van water- en moerasplanten (o.a. *Pediastrum*) die duiden op een ondiep, rustig en zeer vochtig milieu met veel lokale invloeden. Er komen weinig herwerkte species voor. Dit profiel kan op grond van de polleninhoud vermoedelijk geplaatst worden in het Weichsel Pleniglaciaal (cfr. bijlage 4).



Tabel 12a – Regionaal pollendiagram boring Wad (2.85-5.95 m)

WAD (lokaal pollendiagram)
niet geprofileerd

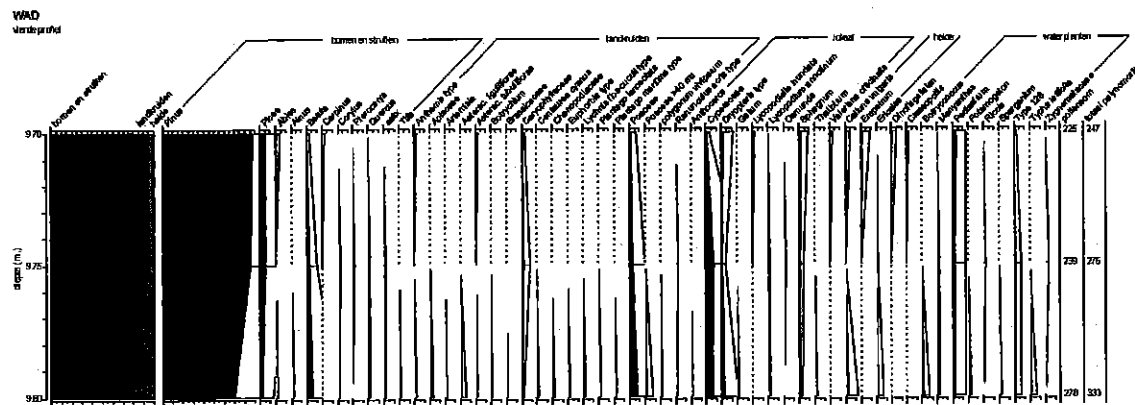


Tabel 12b – Regionaal pollendiagram boring Wad (2.85-5.95 m)

Vierde profiel (9.7-9.8m): tabel 13

Eenheid 9

Dit pollenbeeld is kenmerkend voor een relatief koud, min of meer vochtig milieu, met enige lokale invloeden (Cyperaceae). Het meest dominante species bij de bomen is Pinus, gevolgd door Picea en Betula. Over het hele profiel is weinig herwerkt pollen teruggevonden, hetgeen de afwezigheid van een vol fluviatiel milieu suggereert.



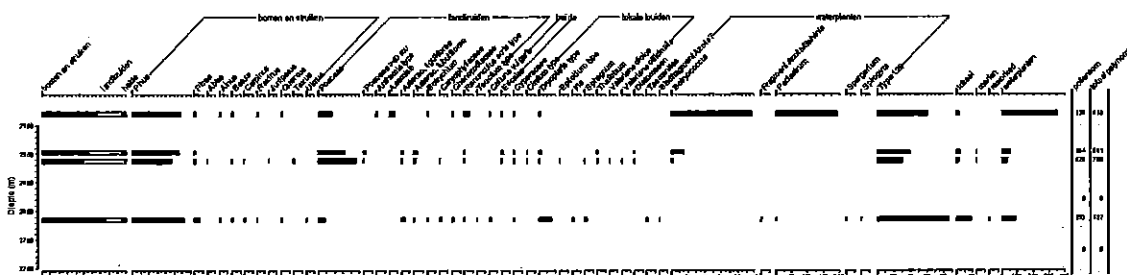
Tabel 13 – Pollendiagram boring Wad (9.7-9.8 m)

Tweede profiel (24.8-26.7m): tabel 14

Eenheid 7

Het globale pollenbeeld is hetzelfde als het vorige profiel (9.7-9.8m), hoewel er meer pollen van waterplanten voorkomt. De top van dit profiel toont een zeer sterke invloed van waterplanten die op een rustig fluviatiel bezinkingsmilieu duiden, echter zonder herwerkte species. Poaceae (landkruiden) bereikt vrij hoge waarden.

WAD
tweede profiel



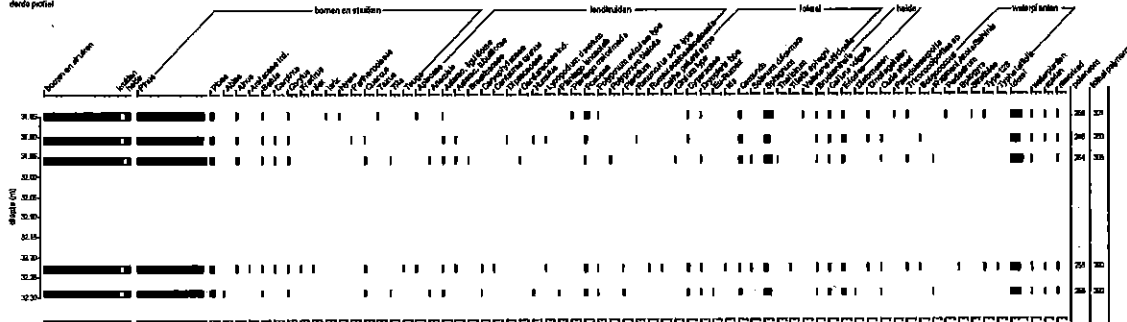
Tabel 14 – Pollendiagram boring Wad (24.8-26.7 m)

Derde profiel (31.85-32.30m): tabel 15

Eenheid 7

Het globale pollenbeeld is zeer gelijkaardig aan het vorige iets hoger gelegen profiel. Het aandeel kruiden is echter kleiner. Er is enige lokale invloed (Sphagnum), terwijl waterplanten zeer schaars zijn. Het milieu dat bij dit spectrum hoort is een rustig milieu, redelijk vochtig maar minder dan het vorige profiel. De aanwezigheid van Osmunda-pollen duidt op een Vroeg- tot Midden-Pleistocene ouderdom (cfr. bijlage 4).

WAD
derde profiel



Tabel 15 – Pollendiagram boring Wad (31.85-32.30 m)

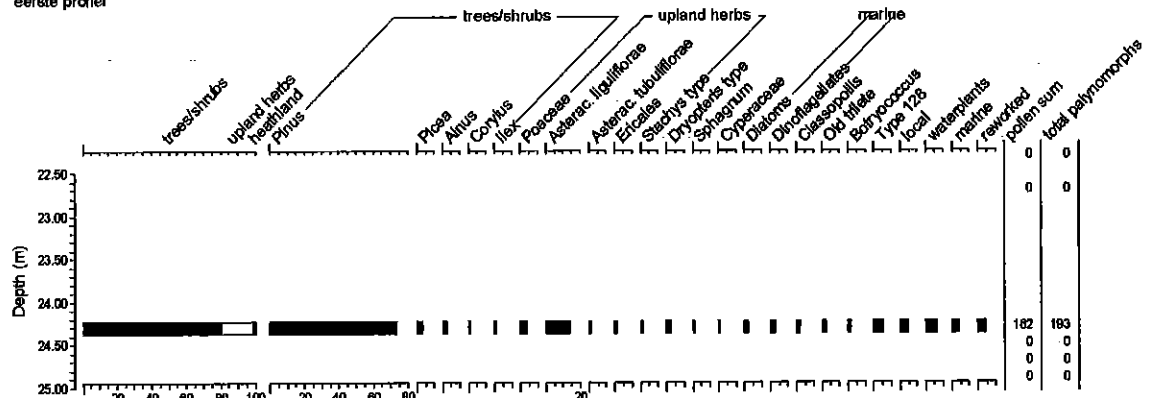
5.2.2 Boring Mulkerheide

Eerste profiel (22.5-25m): tabel 16

Eenheid 14

Het enige niet-steriele monster uit dit profiel toont voornamelijk een pollenbeeld typisch voor een open vegetatie.

MULKERHEIDE eerste profiel

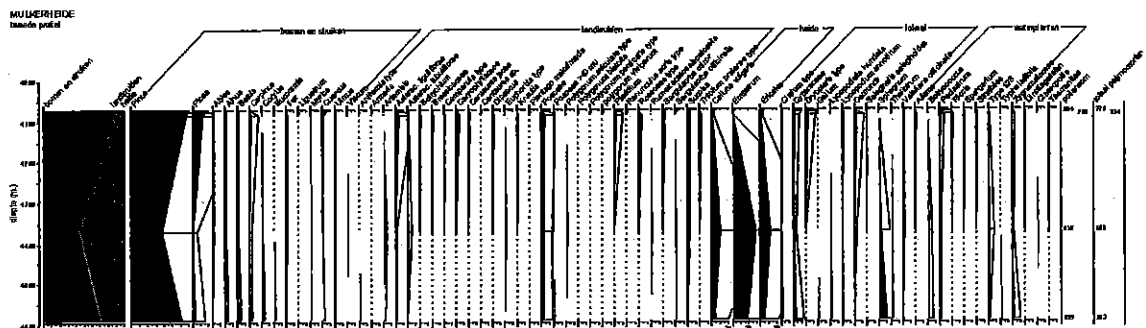


Tabel 16 – Pollendiagram boring Mulkerheide (22.5-25.0 m)

Tweede profiel (40.75-45.9m): tabel 17

Eenheden 12 (twee bovenste monsters) en X (twee onderste monsters)

Het pollenbeeld van dit profiel toont onderin (onderste twee monsters) hoge waarden van heidepollen: *Calluna*, *Empetrum* en *Ericales*. Deze species zijn typisch voor redelijk droge zure gronden, met lichte bodemvorming. De bovenste twee monsters (ca. 40.75m) bevatten veel minder pollen afkomstig van heide, meer boompollen (waaronder *Pinus* en *Picea*), meer waterplanten (*Pediastrum*) en lokaal pollen (*Dryopteris*, *Osmunda*). Dit is kenmerkend voor een vochtig milieu.



Tabel 17 – Pollendiagram boring Mulkerheide (40.75-45.90 m)

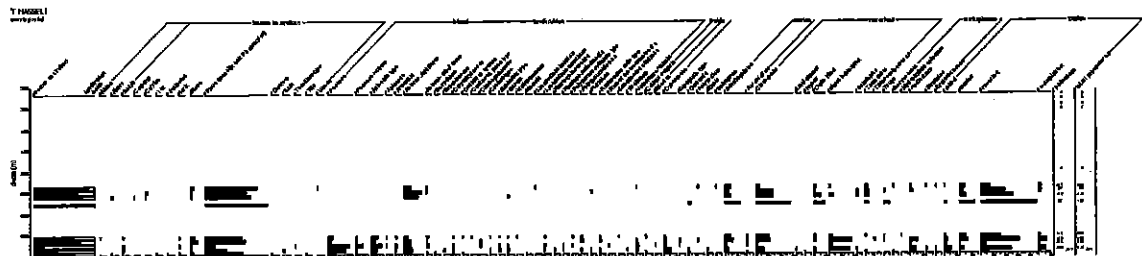
5.2.3 Boring 't Hasselt

Eerste profiel (3.2-7.0m): tabel 18

Eenheid 25

De vijf monsters onderaan bevatten vrij veel pollen van landkruiden (o.a. *Poaceae*), terwijl *Pinus* bij het boompollen domineert. Er is geen pollen van warmteminnende bomen aangetroffen. Opvallend is

het hoge percentage van herwerkt pollen, vooral *Classopollis* en *Pinus haploxylon*. De bovenste vier monsters bevatten overwegend pollen van *Pinus*, terwijl het pollen van landkruiden sterk in aantal gedaald is. Ze zijn eveneens gekenmerkt door zeer hoge percentages herwerkte species (*Classopollis*, dinoflagellaten,...). Het aandeel lokaal pollen is afgenomen ten opzichte van de onderste monsters. Voor het gehele profiel geldt dat pollen van waterplanten in min of meer belangrijke mate aanwezig zijn, doch in veel mindere mate vergeleken met het eerste profiel uit boring Wad. Het milieu dat hieruit kan afgeleid worden is een redelijk koud en vochtig milieu met vooral naar boven toe een zeer belangrijke aanvoer van water afkomstig uit het bekken van de Maas.

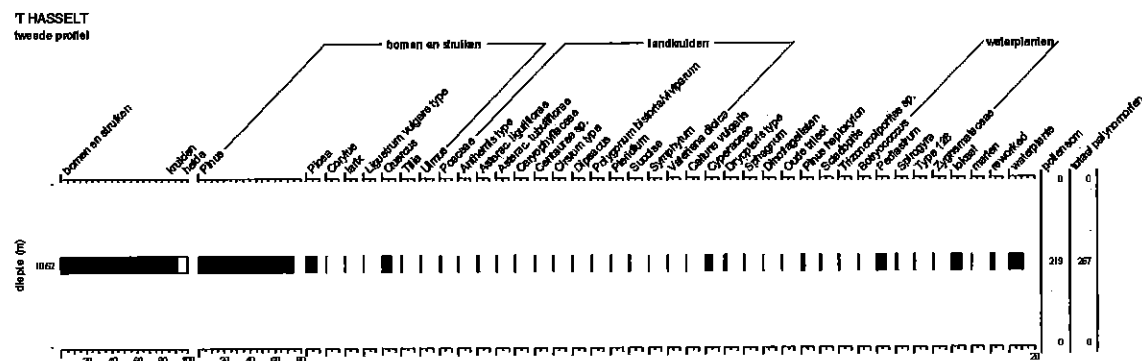


Tabel 18 – Pollendiagram boring 't Hasselt (3.2-7.0 m)

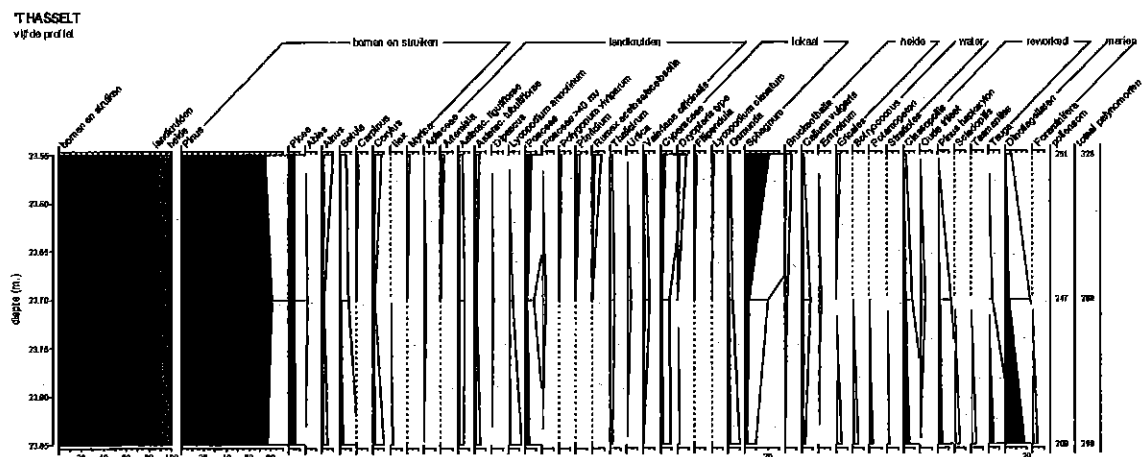
Tweede profiel (10.62m): tabel 19

Eenheid 22

Pinus domineert het pollenbeeld, gevolgd door *Picea* en, opmerkelijk, *Quercus*. Pollen van de eik komt typisch voor in meer gematigde omstandigheden. Nochtans kan hier niet van een volwaardig interglaciaal gesproken worden. De afzettingen van eenheid 22 zijn waarschijnlijk gevormd tijdens een interstadiaal.



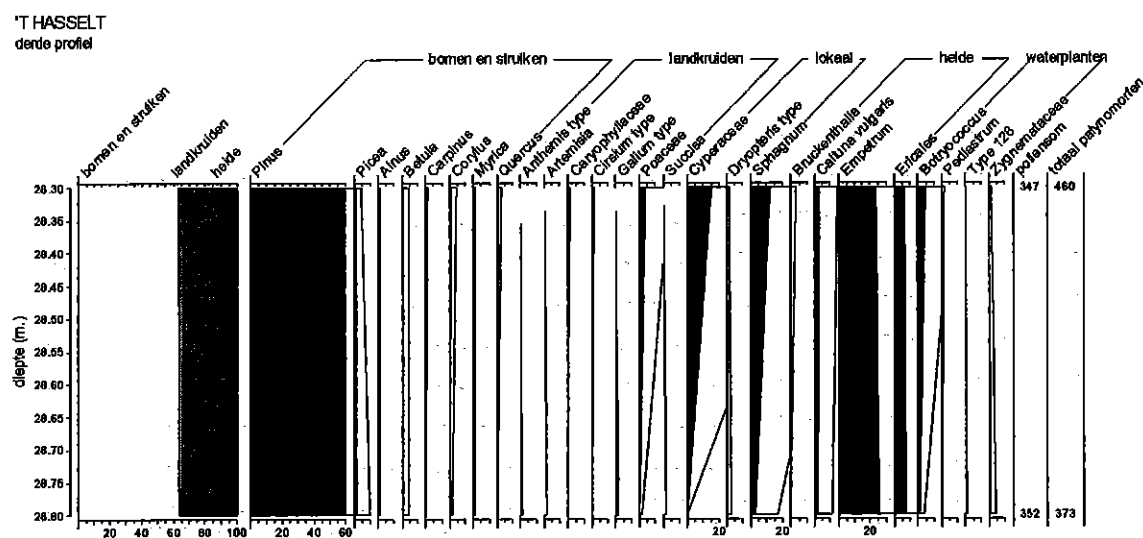
Tabel 19 – Pollendiagram boring 't Hasselt (10.62 m)



Derde profiel (28.3-28.8m): tabel 22

Eenheid X

Typisch voor dit profiel is het grote aandeel heide-pollen. Verder domineert Pinus en stijgt de lokale invloed naar boven toe.

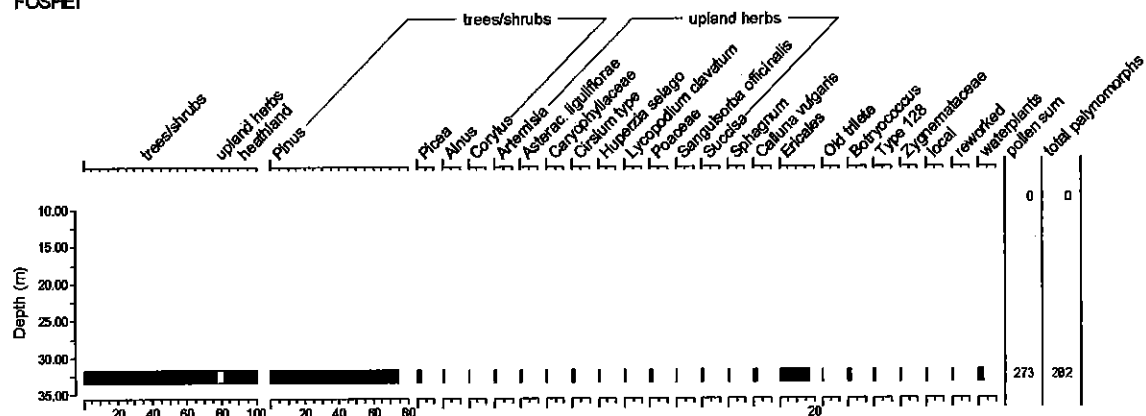


5.2.4 Boring Foshei

Monster 32,55m: tabel 23

Eenheid X

Dit monster bevat een typische associatie van Pinus-pollen en heide (Ericales).



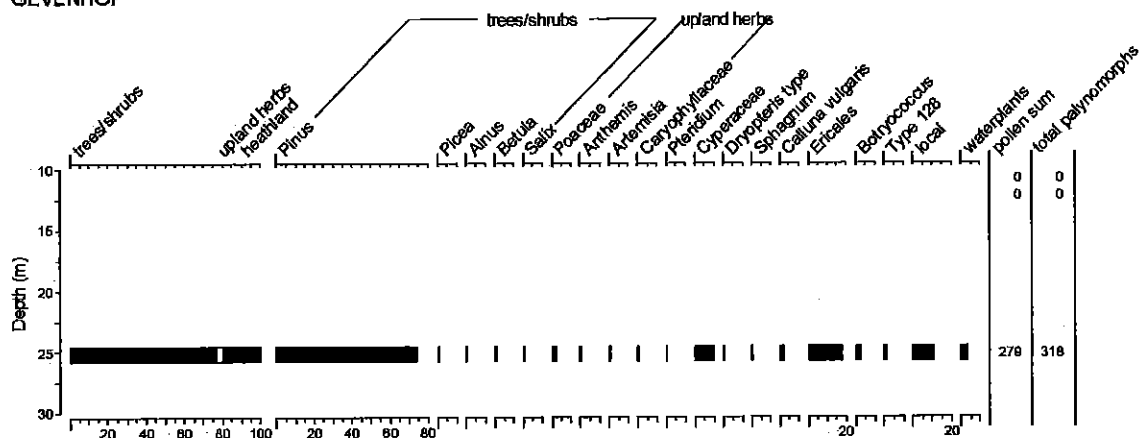
Tabel 23 – Pollendiagram boring Foshei

5.2.5 Boring Gevenhof

Monster 25.2m: tabel 24

Eenheid X

Dit monster bevat zeer veel pollen van *Pinus* en *Ericales* (heide). Er is een min of meer belangrijke invloed van lokaal pollen.



Tabel 24 – Pollendiagram boring Gevenhof

5.2.6 Samenvatting van de pollenanalyses-gegevens

De pollendiagrammen van de onderste eenheid X tonen een identiek beeld in alle onderzochte boringen: een groot aandeel heide-pollen, terwijl het boompollen gedomineerd wordt door *Pinus*. Typische Tertiaire flora zijn totaal afwezig. Zulke pollendiagrammen worden door verschillende

auteurs anders geïnterpreteerd. Vanhoorne et al. (1999) tonen in dit verband een gelijkaardig pollenprofiel van een lithologisch vergelijkbare eenheid in een aantal boringen nabij Jagersborg (Maaseik) en plaatsen het in het Boven-Pliocene, op een moment dat de afkoelende trend zich reeds heeft ingezet. Andere auteurs plaatsen deze spectra in het Vroeg-Pleistoceen (post-Tiglaan).

Alle andere pollenanalyses tonen een onderling vergelijkbaar beeld (uitgenomen het eerste profiel uit boringen Wad en 't Hasselt) en verschillen slechts in detail: ze tonen een overheersende koude flora (stadiaal of interstadiaal) met nog veel bomen, waaronder voornamelijk *Pinus* (den). De dominantie van *Pinus*-pollen kan echter wat misleidend zijn omdat dit ten eerste over zeer grote afstanden getransporteerd kan worden door de wind.

Profiel 1 uit boring Wad (eenheid 11) is bovenaan gedomineerd door water- en moerasplanten en toont zeer veel lokale invloed. Het dateert vermoedelijk uit het Weichsel Pleniglaciaal. Profiel 1 uit boring 't Hasselt (eenheid 25) is dan weer opvallend omwille van het zeer hoge percentage herwerkt pollen (o.a. *Classopollis*) wat duidt op aanvoer vanuit het bekken van de Maas. Gelijkaardige pollenbeelden worden in Nederland aangetroffen in de Nuenen Groep (cfr. bijlage 4). Naast uitspraken over het paleomilieu is het onmogelijk gebleken om alle spectra in een stratigrafische schaal te plaatsen. Het ontbreken van typische interglaciale pollenspectra suggereert dat interglaciale afzettingen – die ongetwijfeld aanwezig geweest moeten zijn – door latere erosie verdwenen zijn.

5.3 OSL-dateringen

Twee OSL-dateringen van pakket E uit boring Gevenhof (2.6 en 4.6 m diepte) geven ouderdommen van respectievelijk 18400 $\pm$ 1500 BP en 22500 $\pm$ 1800 BP. Een voorlopige paleodosise-bepaling op 1.75 m diepte geeft vergelijkbare dosissen. Deze dateringen suggereren een Pleniglaciale ouderdom (MIS 2) voor het bovenste deel van het eolische pakket. Bovendien valt de hoge sedimentatiesnelheid op: ca. 0.5 m per 1000 jaar. Het volledige rapport in verband met de dateringen is opgenomen in bijlage 4.

6 Discussie

6.1 Interpretatie en correlatie met gekende eenheden

6.1.1 Boringen Broekkant, Wad, Mulkerheide, 't Hasselt en Foshei

6.1.1.1 Eenheid X

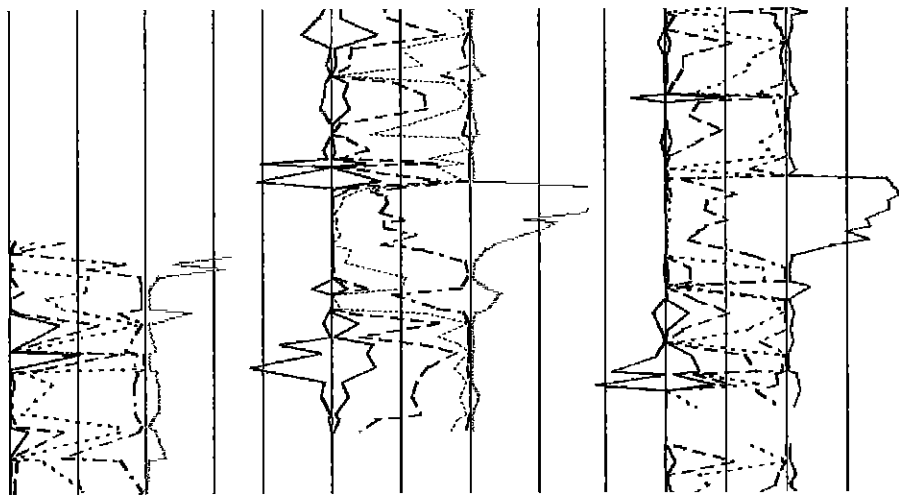
De correlatie van de onderste fijnzandige eenheid met de bestaande stratigrafie is niet eenduidig te maken. Zoals reeds hoger aangehaald bestaat het probleem erin dat gelijkaardige afzettingen, in hetzelfde stratigrafische verband, afhankelijk van de auteurs op verschillende wijze worden geïnterpreteerd. Doppert et al. (1975) en Van der Sluys (2000) rekenen de afzettingen net onder de Formatie van Sterksel tot de Formatie van Kedichem. Eén van de argumenten is het voorkomen van koude pollenspectra in deze afzettingen die zouden wijzen op een Vroeg-Pleistocene (Eburoniaan en verder) ouderdom. In het voorkomensgebied van de Formatie van Tegelen ligt de Formatie van Kedichem op deze eerste. Een andere interpretatie wordt gegeven door Vanhoorne et al. (1999) die deze afzettingen in het Boven-Pliocene plaatsen, namelijk het Pretigliaan. De pollenspectra afkomstig van de afzettingen onder het eerste grof pakket in de hier onderzochte boringen wijzen op een relatief koud klimaat maar laten ons inziens niet toe een onderscheid te maken tussen het Pretigliaan en het Vroeg-Pleistoceen. In dit verband verwijzen we naar een globaal pollenprofiel uit het Laat-Pliocene en het Vroeg-Pleistoceen waar spectra uit het Pretigliaan en het Eburoniaan zeer gelijkaardig zijn (Westerhoff & Cleveringa, 2000).

6.1.1.2 Rijnafzettingen

Op basis van het microgrind kunnen we bevestigen dat in alle boringen Rijnafzettingen aanwezig zijn. De hoge gehalten aan kwarts (65 à 75%) met weinig of geen silex zijn zeer goed te vergelijken met de samenstelling van het grind (3-5 mm) van de Formatie van Sterksel in boring Waardenburg (Zagwijn et al., 1971). De onderste Rijnafzettingen in boringen Wad en Mulkerheide behoren tot de Zanden van Bocholt (Gullentops et al., 2001) of het Nederlandse equivalent, de mineraalzone van Sterksel. Het argument hiervoor is de correlatie van deze twee boringen met boring Bocholt (figuur 6). Uit de korrelgrootte-logs blijkt dat de fining-upward cyclus (eenheden 6 en 7, en 13 en 14 respectievelijk) te vervolgen is tot in boring Bocholt waar de sedimenten onder de kleilaag geïdentificeerd zijn als de Zanden van Bocholt. Overigens moet hier vermeld worden dat deze kleilaag en de onderliggende FU-sequentie te vervolgen is tot in Nederland (boringen 57H0058 en 57G0007 NITG-TNO). Zware-

mineraalanalysen van boring 57H0058 suggereren de aanwezigheid van Rijnafzettingen (mineraalzone van Sterksel) onder de kleilaag. In diezelfde boring wordt tussen de kleilaag en de Zone van Sterksel een zware mineraal-associatie gevonden die duidt op de aanwezigheid van Maasafzettingen (Zone van Budel). De relatief lage kwartswaarden en de aanwezigheid van silex (tot 5%) in boring Wad net onder de kleilaag (eenheid 7) duiden eveneens op het voorkomen van Maasafzettingen.

Verder behoren de volgende eenheden op basis van hun grindsamenstelling zeker tot de Formatie van Sterksel: laagpakketten 1, 2, 9, 16, 19, 21, 24, 26, 27 en 30. Deze laatste eenheid uit boring Foshei kunnen we tot de mineraalzone van Weert rekenen, op basis van correlatie met de nabij gelegen boring Stamproy in Nederland (Zonneveld, 1947). Laagpakketten 4, 10 en 17 wijken wat grindsamenstelling betreft af van de typische Rijnafzettingen. Mogelijk behoren deze afzettingen reeds tot de lokale afzettingen (cfr. infra). Zoals reeds aangehaald in paragraaf 4 vertoont de hoogteligging van de basis van de Rijnafzettingen een systematische daling naar het noordwesten toe. Nader onderzoek heeft uitgewezen dat deze daling niet continu is maar eerder stapsgewijs verloopt, een indicatie voor het voorkomen van begraven terrasafzettingen van de Rijn in de graben. Een belangrijk argument voor het bestaan van deze terrassen is de totaal verschillende lithologische opeenvolging in boringen gelegen in verschillende niveaus. In boringen Wad, Mulkerheide, Bocholt, 57H58 en 57G0007, allen gelegen in niveau 4, is telkens een FU-sequentie van meer dan 10 m eindigend in klei-afzettingen in hetzelfde stratigrafische en lithologische verband teruggevonden. Daarentegen vertonen boringen ter hoogte van niveau 3 – 't Hasselt, Foshei, Stamproy en een boring nabij Weert (NITG-TNO, vertrouwelijk) – een andere opeenvolging van sedimenten, namelijk een vrij dik pakket grindrijke afzettingen (ca. 10 m) die naar boven toe overgaan in zand.



Figuur 6 – Correlatie tussen boringen Bocholt (links), Wad (midden) en Mulkerheide (rechts). De kleilaag (rechtse lijn in de grafieken) bevindt zich telkens in hetzelfde lithologisch verband (einde van FU-cyclus) op dezelfde diepte. De volledige korrelgrootte-log en informatie over dieptes van deze boringen is gegeven in bijlage 1.

6.1.1.3 Maasafzettingen

Het voorkomen van Maasafzettingen in deze boringen kan gestaafd worden door vergelijking met microgrindanalyses op het Kempisch Plateau (tabel 3): stalen Algri tot en met Roes horen met zekerheid tot de Zutendaal Grinden terwijl de stalen 'Zonhovenheide' genomen zijn ter hoogte van de typelokatie van de Winterslag Zanden. Globaal tonen de afzettingen op het plateau een kwartsgehalte van 35-45% met enkele uitschieters tot 55%, en een hoog silex-gehalte (tot 10%). Uit boringen Foshei en 't Hasselt komen eenheden 20, 22, 23, 28 en 29 hier vrij goed mee overeen. De iets hogere kwartspercentages zouden verklaard kunnen worden door bijmenging van onderliggend Rijnmateriaal.

In boringen Broekkant, Wad en Mulkerheide tonen laagpakketten 3, 7, 8, 14 en 15 een samenstelling van microgrind die afwijkt van de normale Rijnsamenstelling: relatief lage kwartswaarden (onder 60%) en er is steeds silex aanwezig (tot 5%). Op basis hiervan worden deze eenheden bij de Maasafzettingen gerekend.

Eenheid 7 kan gecorreleerd worden met de mineraalzone van Budel (cfr. supra), eenheden 22 en 28 omwille van hun zandige karakter met de Zanden van Winterslag en eenheden 23 en 29 met de Grinden van Zutendaal. Laagpakket 25 kan tot de Maasafzettingen gerekend worden omwille van het massaal voorkomen van Classopollis pollen. Deze zijn typisch voor het Maasbekken en indien ze in grote getalen aanwezig zijn kunnen ze aangevoerd zijn door de hoofdrivier. Het is nuttig erop te wijzen dat onder en lateraal van deze laag Rijnafzettingen zijn aangetroffen. Mogelijk betreft het hier een menggebied van beide rivieren. Een alternatieve interpretatie is deze die gebaseerd is op de polleninhoud van deze laag: gelijkaardige trajecten zijn in Nederland aangetroffen in de Nuenen Groep die uit lokale afzettingen bestaat.

6.1.1.4 Lokale afzettingen of deklagen

Eenheden 4, 10 en 17 zijn mogelijk lokale afzettingen. De grindsamenstelling wijst op een Rijnkarakter, maar het gehalte silex is hoger dan normaal. Ofwel betekent dit dat de Maas zeer dichtbij gelegen was, ofwel dienen deze lagen geïnterpreteerd te worden als afbraakmateriaal van de eerder afgezette Maas- en Rijnafzettingen op het Kempisch Plateau. In dit verband moet eenheid 17 vermeld worden waar over een dikte van 1 m afzettingen zijn aangetroffen die qua samenstelling (zeer kwartsrijk) en korrelgrootte (125-177 μ) zeer fel gelijken op de typische dekzandafzettingen die in de regio worden aangetroffen. Op basis van dit argument moet deze laag bij de lokale afzettingen gerekend worden.

Laagpakketten 11 en 18 zijn afgezet nadat de grote rivieren het gebied verlaten hebben. Het aandeel grof silt is vrij hoog (eolische invloed) en het pollen van laagpakket 11 wijst op een koud en vochtig milieu met veel lokale invloed. Deze afzettingen worden genetisch ondergebracht bij de lacustro-

colische afzettingen en horen tot de Brabantse Lemen (Nederland) en het Lid van Molenbeersel (België).

Eenheid W tenslotte is het typische dekzandfacies dat het gehele gebied overdekt en hoort tot de Formatie van Wildert.

6.1.2 Boring Gevenhof

De overeenkomst van boring Gevenhof met boringen uit profiel I-I' van de Geologische Kaart van Nederland Venlo West 52W (Van den Toorn, 1976) is opvallend (boringen 52C136, 52C53 en 52C50). Deze boring werd dan ook geïnterpreteerd met het genoemde profiel als referentiekader. De Maasafzettingen tonen een typische opeenvolging van grove grinden en daarop zanden (Formatie van Veghel Aa en Ab respectievelijk) hetgeen ook is aangetroffen in boring Gevenhof (laagpakketten A en B). Bovendien leunt de microgrindsamenstelling nauw aan met die van Maasafzettingen. De iets hogere kwartspercentages (50-60%) kunnen verklaard worden door de erosieve natuur van de afzettingen: ze zijn gedeponerd in een dal gevormd in vroegere afzettingen nadat de Rijn het gebied verlaten heeft. Het is zeer aannemelijk te stellen dat de Maas hier een vrij dik pakket Rijnaafzettingen heeft geërodeerd. Het equivalent in de Belgische stratigrafie is vermoedelijk de Formatie van Lanaken of mogelijk Lanklaar.

Eenheid D toont veel overeenkomsten met het bovenste laagpakket van de Formatie van Eindhoven (afwisseling van zand en leem), in België officieus het Lid van Molenbeersel genoemd. Het onderste laagpakket uit de Formatie van Eindhoven lijkt hier te ontbreken.

De bovenste zandige eenheid E moet dan logischerwijze het equivalent zijn van de Formatie van Twente, gedefinieerd als deklagen uit het Weichsel. De Weichseliaan-ouderdom van tenminste de bovenste helft van dit pakket is aangetoond door twee OSL-dateringen van ca. 18 ka en 22 ka. In de Belgische stratigrafie komen deze lagen overeen met de Formatie van Wildert.

6.2 **Quartaairgeologische evolutie na de afzetting van het onderste fijnzandige pakket**

Het voorkomen van Rijnaafzettingen in de Roergraben is zonder meer gebonden aan de tektonische geschiedenis van het gebied. Door breukwerking langsheen de zuidwestelijke flank van het Feldbiss-breuksysteem, vermoedelijk op het einde van het Vroeg-Pleistoceen (post-Jaramillo), heeft de Rijn haar loop verplaatst tot in de regio (figuur 1). Niet enkel in het diepste deel van de graben, maar ook op het noordelijke deel van het Kempisch Plateau zijn Rijnaafzettingen teruggevonden (Gullentops et al., 2001). Ondanks het feit dat een daling van de Roerdalslenk hiervoor verantwoordelijk is geweest, blijkt de Rijn toch nog in staat geweest te zijn om oudere sedimenten in de graben te eroderen op

verschillende niveaus (figuur 3). In hoeverre deze niveaus doorlopen ten zuiden van de meest noordelijke breuk is tot op heden onzeker. Mogelijk is elk spoor hiervan uitgewist door erosie voor de afzetting van Maassedimenten op het Kempisch Plateau.

De relatieve chronologie van de Maas- en Rijnafzettingen kan op twee manieren bekeken worden. Ten eerste is het mogelijk dat elke sedimentaire reeks liggend op een specifiek niveau volledig is afgezet voor de uitschuring van het volgende lager liggende niveau (figuur 7). Concreet zou dit voor niveau 3 betekenen dat na de afzetting van de onderste Rijnzanden de Maas haar invloed laat gelden, waarna de Rijn terugkeert om eerst te sedimenteren en daarna te eroderen om alzo niveau 4 te vormen. Een tweede interpretatie is deze die de sedimentatie op niveau 3 vroeger laat stoppen om niveau 4 te vormen vóór de jongste lagen op niveau 3 zijn afgezet.

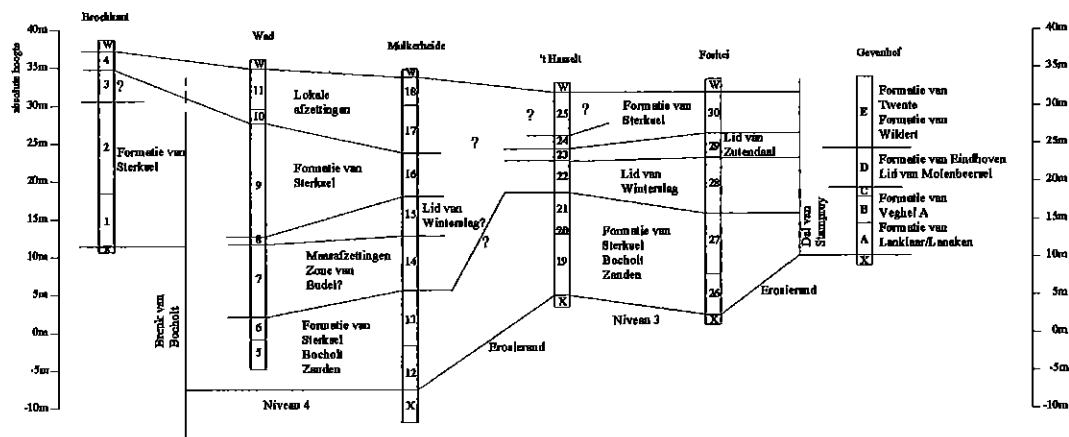
Bovenop de onderste Rijnafzettingen zijn sedimenten teruggevonden die door de Maas zijn afgezet (figuur 7). Tenminste een deel van deze afzettingen dient geïnterpreteerd te worden als het noordelijke vervolg van de Maasafzettingen op het Kempisch Plateau: de grove sedimenten uit laagpakketten 23 en 29 worden geïnterpreteerd als het Lid van Zutendaal terwijl de zanden eronder tot het Lid van Winterslag behoren. Het laterale verband tussen de Maasafzettingen in het westen (Wad en Mulkerheide) en het oosten (Foshei en 't Hasselt) van het studiegebied is onzeker. De diepteligging van de onderste Maasafzettingen in de eerste twee boringen (laagpakketten 7 en 14) is duidelijk lager en behoort tot een andere fase dan de iets hoger gelegen Maasafzettingen. Laagpakketten 8, 15, 22 en 28 (Lid van Winterslag) kunnen tot dezelfde fase behoren. De relatie van de bovenste Rijnafzettingen in boringen Wad en Mulkerheide (eenheden 9 en 16) met de andere boringen is niet eenduidig. Mogelijk vormen ze een lateraal facies van de Maasafzettingen in boringen Foshei en 't Hasselt. Anderzijds kunnen ze zich in een latere fase in de Maasafzettingen ingesneden hebben. De Rijnafzettingen in boring Broekkant (eenheden 1 en 2) komen vermoedelijk overeen met de onderste Rijnafzettingen in boringen Foshei en 't Hasselt. De monotone en hoge gehalten aan kwarts ondersteunen deze visie. Dit zou betekenen dat deze eenheden afgezet zijn op niveau 3. Het verticale breukbedrag van de breuk van Bocholt moet dan bekeken worden ten opzichte van de basis van de Rijnafzettingen in deze laatst genoemde boringen. De diepere ligging van de basis van de Rijnafzettingen in boringen Wad en Mulkerheide is immers gedeeltelijk te verklaren door insnijding (niveau 4). De stratigrafische positie van de lokale afzettingen in boringen Wad en Mulkerheide is gesitueerd binnen het Weichsel Pleniglaciaal en vormen – de dekzanden uitgezonderd – de jongste sedimenten in deze boringen.

Het grootste gedeelte van de Maas- en Rijnsedimenten is afgezet door afwisselend zandige en grindrijke verwilderde rivieren. Dikwijls vertonen deze afzettingen FU-cycli van één of enkele meters. De dunne kleilaagjes aan de top van deze cycli vertegenwoordigen afzettingen die gevormd zijn in een

eerder rustig milieu op het ogenblik dat de hoofdrijver reeds elders stroomde. Laagpakketten 7 en 14 (Wad en Mulkerheide) wijken af van dit patroon. De top van deze lagen is uitgesproken kleirijk en vormt de top van een FU-sequentie die mogelijk tot een point-bar systeem behoort. Vooral de grote laterale uitgestrektheid van deze cyclus (cfr. supra) doet vermoeden dat het hier om een meanderend riviersysteem gaat met ontwikkeling van een overstromingsvlakte. De Rijnafzettingen van laagpakket 30 uit boring Foshei vertonen een opmerkelijk lateraal verband met het kleirijke laagpakket 25 uit boring 't Hasselt die op basis van pollen tenminste gedeeltelijk door Maaswater gevoed is. Mogelijk was de regio van deze twee boringen tijdens die periode het samenvloeiingsgebied van Maas en Rijn dat bestaan moet hebben uit een landschap met naast verwilderde rivieren ook talrijke ondiepe meren. Zoals reeds eerder aangehaald zou laagpakket 25 op basis van de polleninhoud eventueel bij de lokale afzettingen ingedeeld kunnen worden. Indien deze interpretatie gevolgd wordt moet een belangrijke erosieve fase verondersteld worden voor de afzetting van dit pakket (insnijding van 5 m) omdat het lateraal van een Rijnafzetting ligt.

Na de afzetting van de jongste Maassedimenten heeft er een reactivatie van het Feldbiss-breuksysteem plaatsgevonden met een verticale verplaatsing van ca. 35 à 40 m. De tektonische activiteit langsheen deze breuken lijkt eerder miniem te zijn geweest tijdens de volledige sedimentatieperiode van de Maas- en Rijnafzettingen in de graben. Immers, het totale hoogteverschil tussen de basis van het globale Maas-Rijnsysteem op het Kempisch Plateau en de Roergraben is ca. 55 m. Hiervan zijn ca. 40 m posterieur aan de afzetting van het Lid van Zutendaal (Beerten et al., 1999b). Van de resterende 15 m moet minstens een deel verantwoordelijk geweest zijn voor het omleiden van de Rijn tot in het gebied. Ruw geschat blijft er 5-10 m breukwerking over die tijdens de sedimentatieperiode moet plaatsgevonden hebben. Een andere breuk, volledig gelegen op Nederlands grondgebied, lijkt wel verantwoordelijk te zijn geweest voor een aanzienlijke verdikking van de Formatie van Sterksel, tot meer dan 70 m ten noorden van Eindhoven. Het betreft breuk 15 uit Zonneveld (1947) die tussen Eindhoven en de Belgische grens vermoedelijk aansluiting vindt met de breuk van Vessem (Bisschops et al., 1985).

De geologische geschiedenis van boring Gevenhof start na de afzetting van de hierboven besproken Maas- en Rijnsedimenten. Na de vorming van een diep dal in eerder afgezette sedimenten worden eerst grindrijke en later zandige Maassedimenten afgezet. Deze sedimenten behoren tot de eerste Maasafzettingen na de vorming van het Kempisch Plateau en zijn het equivalent van stroomopwaarts gelegen terrassen in de Maasvallei. Ze zijn afgezet op het einde van het Cromer of eventueel in het Elster glaciaal. Als de Maas verder naar het oosten trekt worden eerst een serie leem- en zandrijke lagen afgezet door vermoedelijk kleine beekjes en meertjes, en wind. Deze lagen zijn waarschijnlijk van Saale-ouderdom. In een latere fase, tijdens het Weichsel, worden enkel zwaklemige dekzanden aangebracht.



Figuur 7 – Correlatie van de boringen onderling en met de bestaande stratigrafie

7 Conclusie

Granulometrisch, petrologisch, pollenanalytisch en luminescentie onderzoek van zes gekernde boringen in het Belgische gedeelte van de Roergraben liet toe een nauwkeurig beeld van de opvullingsgeschiedenis van de graben in het Quartair te schetsen. Deze geschiedenis wordt gedomineerd door afzettingen van Maas en Rijn die complexe laterale verbanden vertonen, hetgeen te verwachten is in een samenvloeiingsgebied van twee grote rivieren. Het voorkomen van Rijnaafzettingen in het gebied is te wijten aan een daling van de Roerdalslenk. Nochtans is het grootste gedeelte van de sedimentatie gebeurd op een moment dat de activiteit van het Feldbiss-breuksysteem eerder gering was. Hiermee samengaan zijn er eveneens belangrijke perioden van erosie geweest. De analyses hebben een brede waaier van afzettingssomstandigheden aan het licht gebracht. De rivieren maakten gedurende het grootste gedeelte van de tijd deel uit van grindrijke en zandige verwilderde riviersystemen, hoewel er ook aanwijzingen gevonden zijn van een zandig meanderend riviersysteem met ontwikkeling van een overstromingsvlakte. De lokale afzettingen zijn gedomineerd door fijne sedimenten die deels lacustrien, deels eolisch zijn. De jongste afzettingen die aangetroffen zijn in de boringen zijn fijnzandige eolische sedimenten die voor het grootste deel tijdens het laatste glaciaal maximum (ca. 20 ka) afgezet zijn. Tenslotte kunnen we met vrij grote zekerheid stellen dat alle afzettingen in de boringen gevormd zijn onder koude, redelijk vochtige omstandigheden (stadiaal, interstadiaal).

8 Referenties

- Beerten, K., Gullentops, F., Paulissen, E. & Vandenberghe, N., 1999a. *Quartairgeologische kaart van kaartblad (26) Rekem, 1/50.000. Kaartenbundel, digitale databank, legende, begeleidende tekst en stratigrafische tabel*. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie. Brussel.
- Beerten, K., Brabers, P., Bosch, P. & Gullentops, F., 1999b. The passage of the Feldbiss Bundle through the Maas Valley. *Aardk. Mededel.*, 9, 153-158.
- Beerten, K., Gullentops, F., Paulissen, E. & Vandenberghe, N., 2000. *Quartairgeologische kaart van kaartblad (18) Maaseik, 1/50.000. Kaartenbundel, digitale databank, legende, begeleidende tekst en stratigrafische tabel*. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie. Brussel.
- Bisschops, J.H., Broertjes, J.P. & Dobma, W., 1985. *Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Eindhoven West (51W)*. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Doppert, J.W.C., Ruegg, J.H.G., van Staalduinen, J.C., Zagwijn, W.H. & Zandstra, J.G., 1975. Formaties van het Kwartair en Boven-Tertiair in Nederland. In: Zagwijn, W.H. en Staalduinen, C.J. (eds.): *Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland*, 11-55. Rijks Geologische Dienst. Haarlem.
- Gullentops, F., Bogemans, F., De Moor, G., Paulissen, E. & Pissart A., 2001. Quaternary lithostratigraphic units (Belgium). In: Bultynck & Dejonghe, eds., *Guide to a revised lithostratigraphic scale of Belgium, Geologica Belgica*, 4/1-2, 153-164.
- Maarleveld, G.C., 1956. Grindhoudende Midden-Pleistocene sedimenten. Het onderzoek van deze afzettingen in Nederland en aangrenzende gebieden. Mededelingen van de stichting voor bodemkartering. *Bodemkundige Studies*, 1. Maastricht.
- Paulissen, E., 1973. De morfologie en de Kwartairstratigrafie van de Maasvallei in Belgisch Limburg. *Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België. Klasse der Wetenschappen*, 35, 127, pp 226.
- Van den Berg, M.W., 1996. *Fluvial sequences of the Maas: a 10 Ma record of neotectonics and climate change at various time-scales*. Wageningen Landbouwwuniversiteit, Wageningen.
- Van den Toorn, J.C., 1976. Formaties uit Midden- en Boven-Pleistoceen en Holoceen. In: Van den Toorn, J.C.: *Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Venlo West (52W)*. Rijks Geologische Dienst, Haarlem, herziene druk.
- Van der Sluys, J., 2000. Verkenningsboringen in het Belgische deel van de Roerdalslenk. *Professional Paper 2000/3 N. 292*. Belgische Geologische Dienst.
- Vanhoorne, R., Hammenecker, J. & Gullentops, F., 1999. Sedimentology and palynology of the Upper-Pliocene in the Roer Valley Graben near Maaseik, Belgium. *Aardk. Mededel.*, 9, 169-182.

Verstraelen, A., Gullentops, F., Paulissen, E. & Vandenberghe, N., 1997. *Quartairgeologische kaart van kaartblad (34) Tongeren, 1/50.000. Kaartenbundel, digitale databank, legende, begeleidende tekst en stratigrafische tabel*. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie. Brussel.

Westerhoff, W. & Cleveringa, P., 2000. *Upper-Pliocene and Lower-Pleistocene deposits in the Dutch-German border area near Tegelen and Reuver*. Excursion Guide, June 24, 2000. NITG-TNO.

Zagwijn, W.H., van Montfrans, H.M. & Zandstra, J.G., 1971. Subdivision of the 'Cromerian' in the Netherlands, pollenanalysis, palaeomagnetism and sedimentary petrology. *Geologie en Mijnbouw*, 50, 41-58.

Zonneveld, J.I.S., 1947. Het Quartair van het Peelgebied en naaste omgeving. *Med. Geol. Stichting*, serie C, VI, 3, pp 223.

Bijlagen

Onderzoeksresultaten van gekernde boringen (Project VLA01-3.1.3.)

Bijlage 1: korrelgrootte-analysen

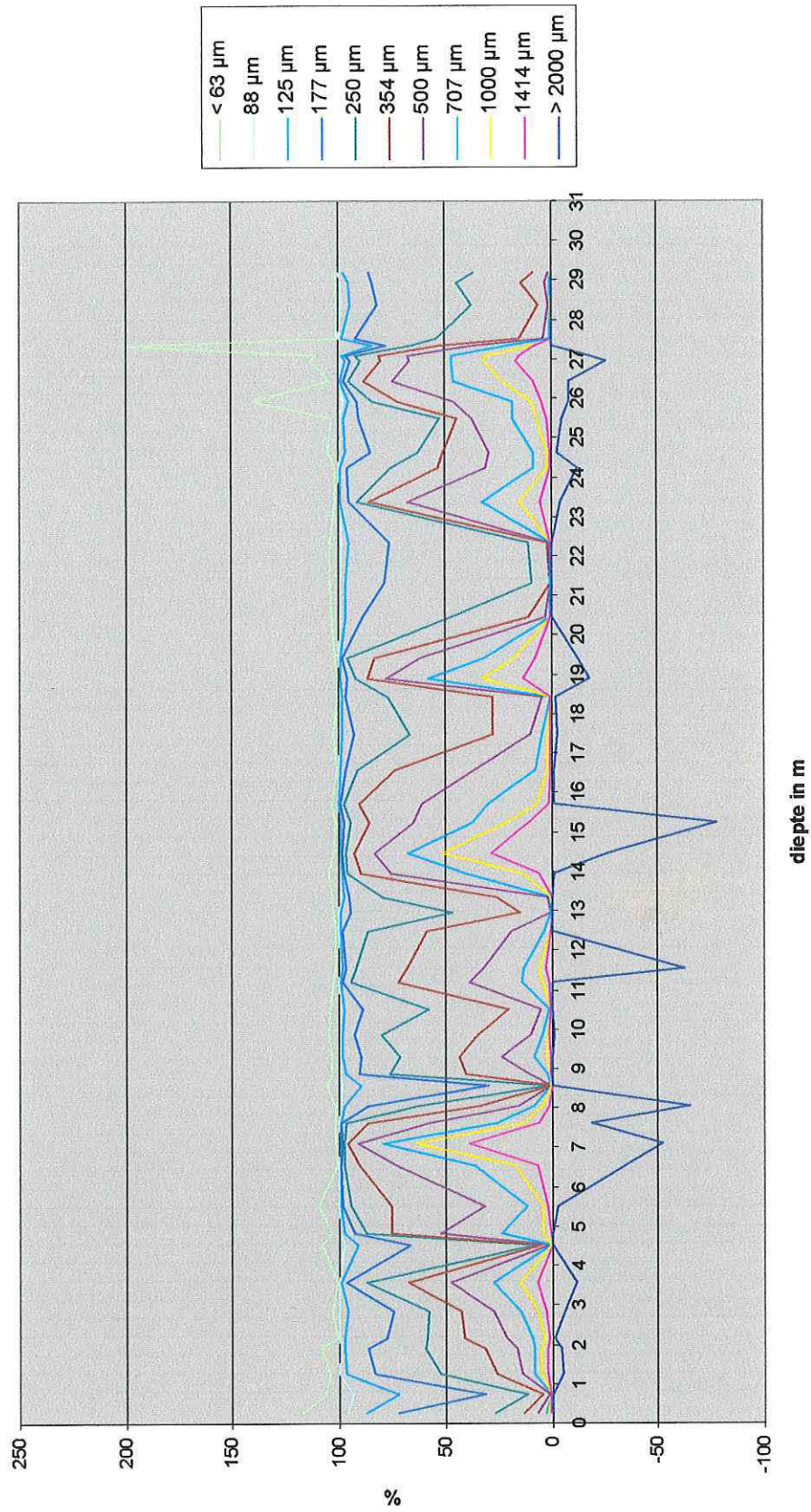
Bijlage 2: gedetailleerde boorbeschrijvingen

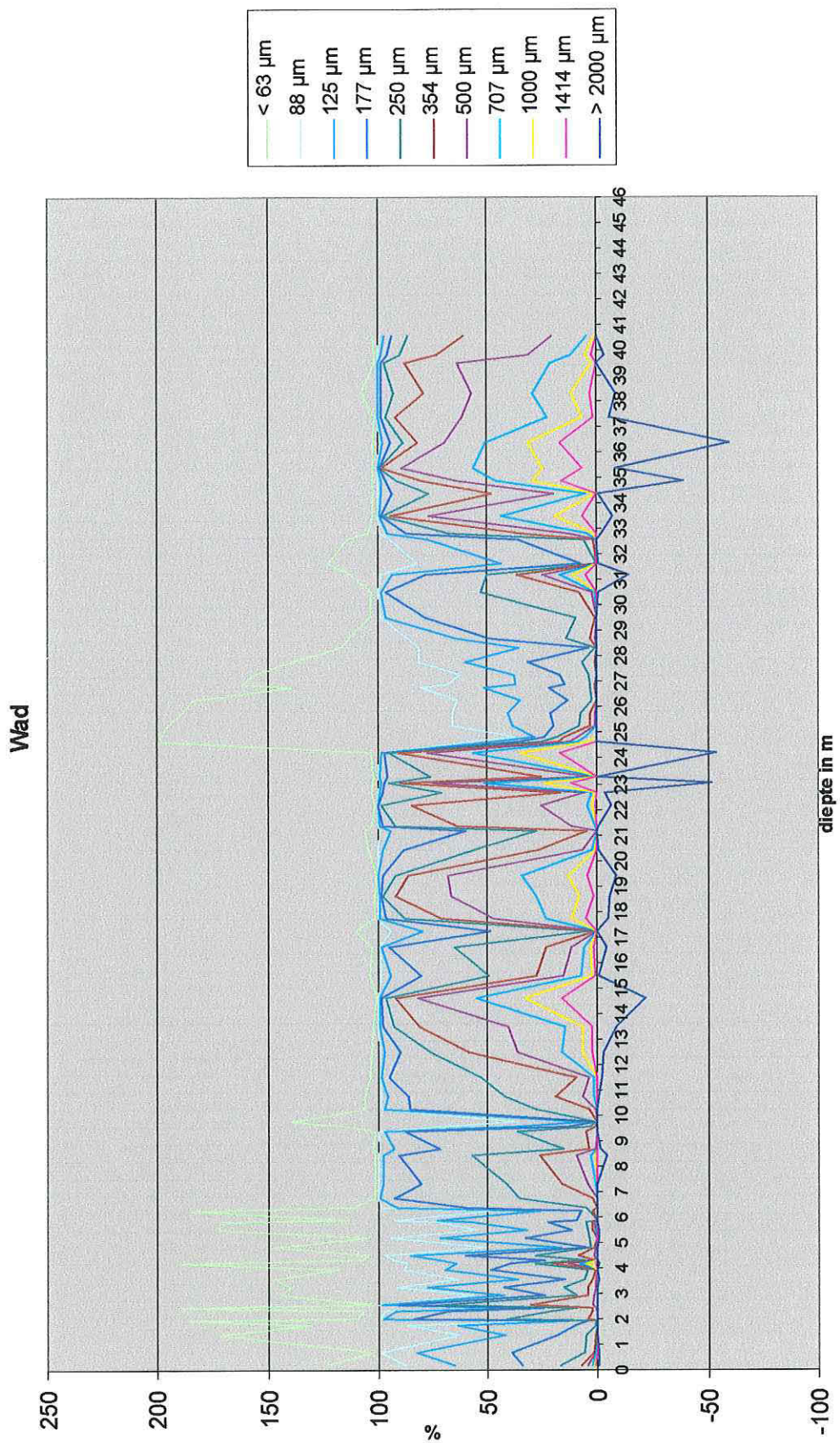
Bijlage 3: bepaling gehalte organisch koolstof

Bijlage 4: pollenanalysen

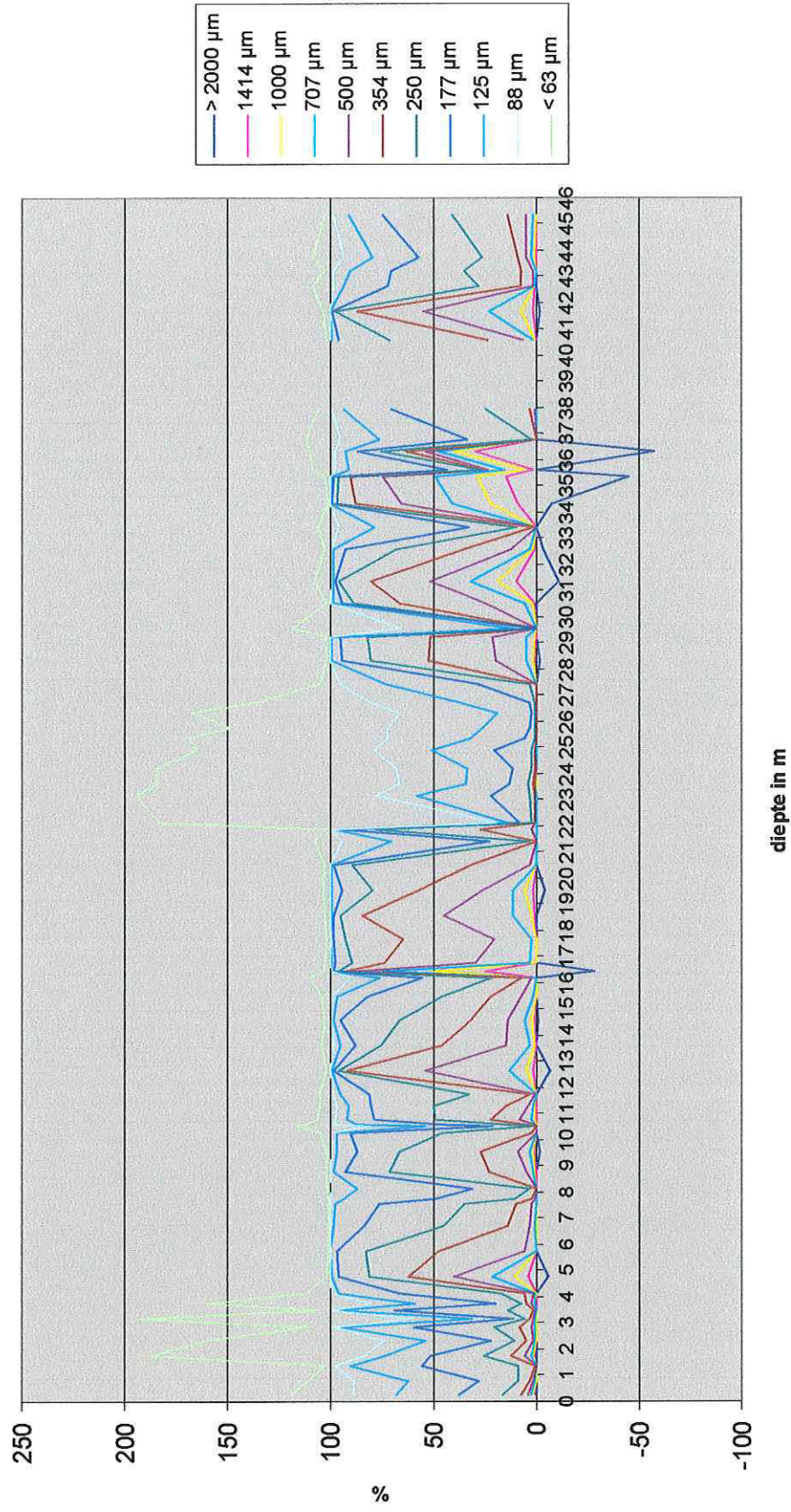
Bijlage 5: OSL-dateringen

Broekkant

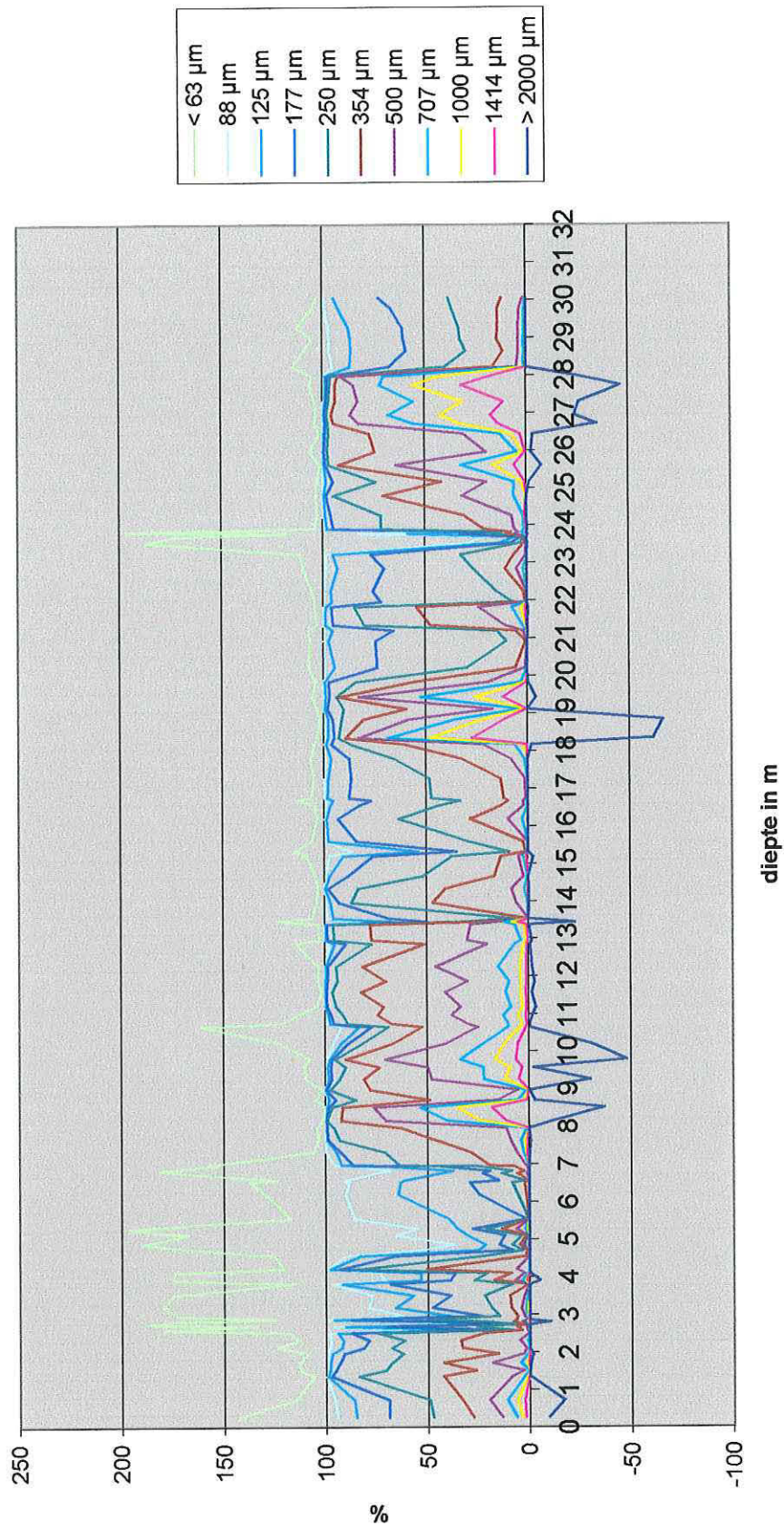




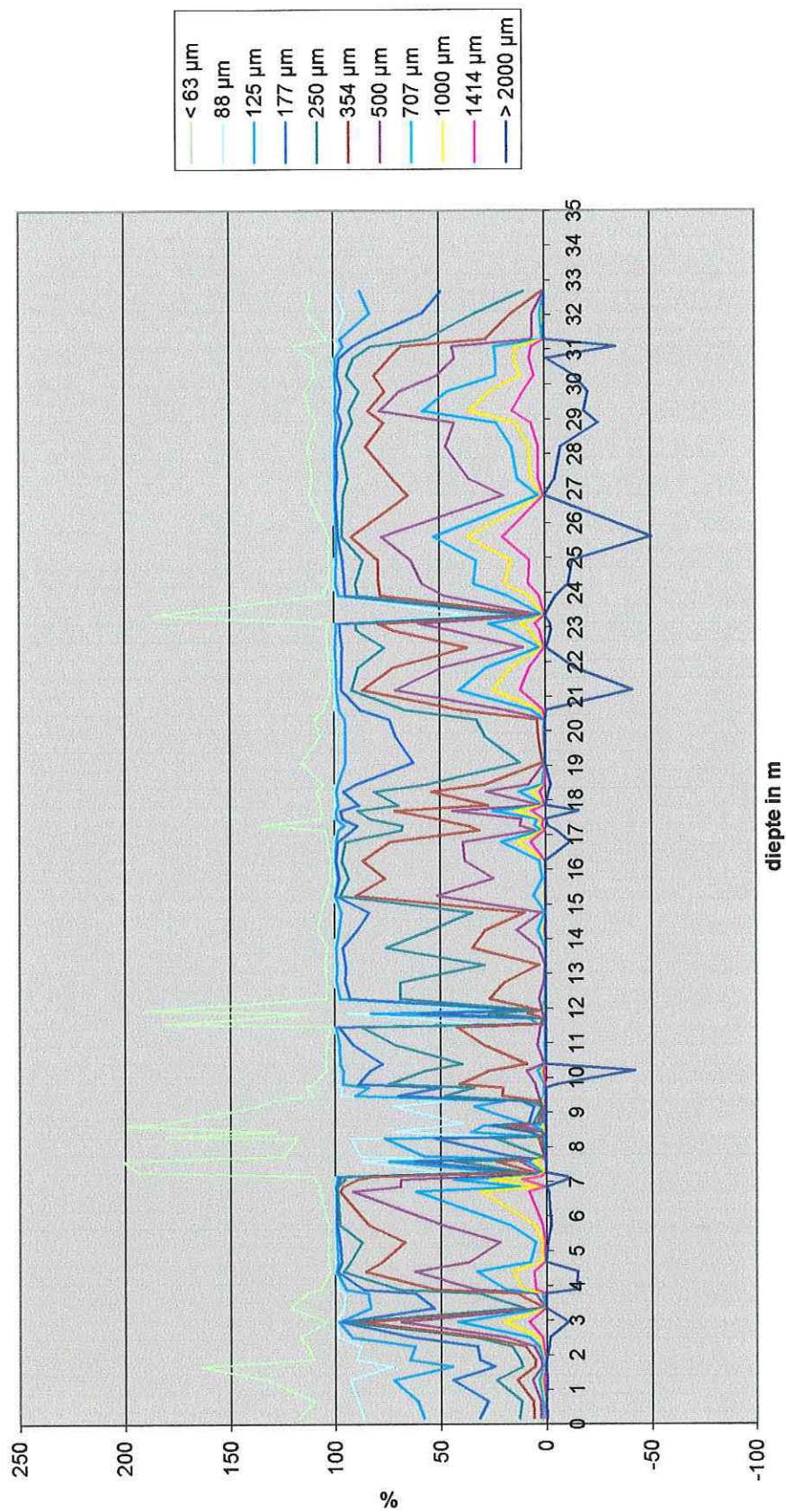
Mulkerheide



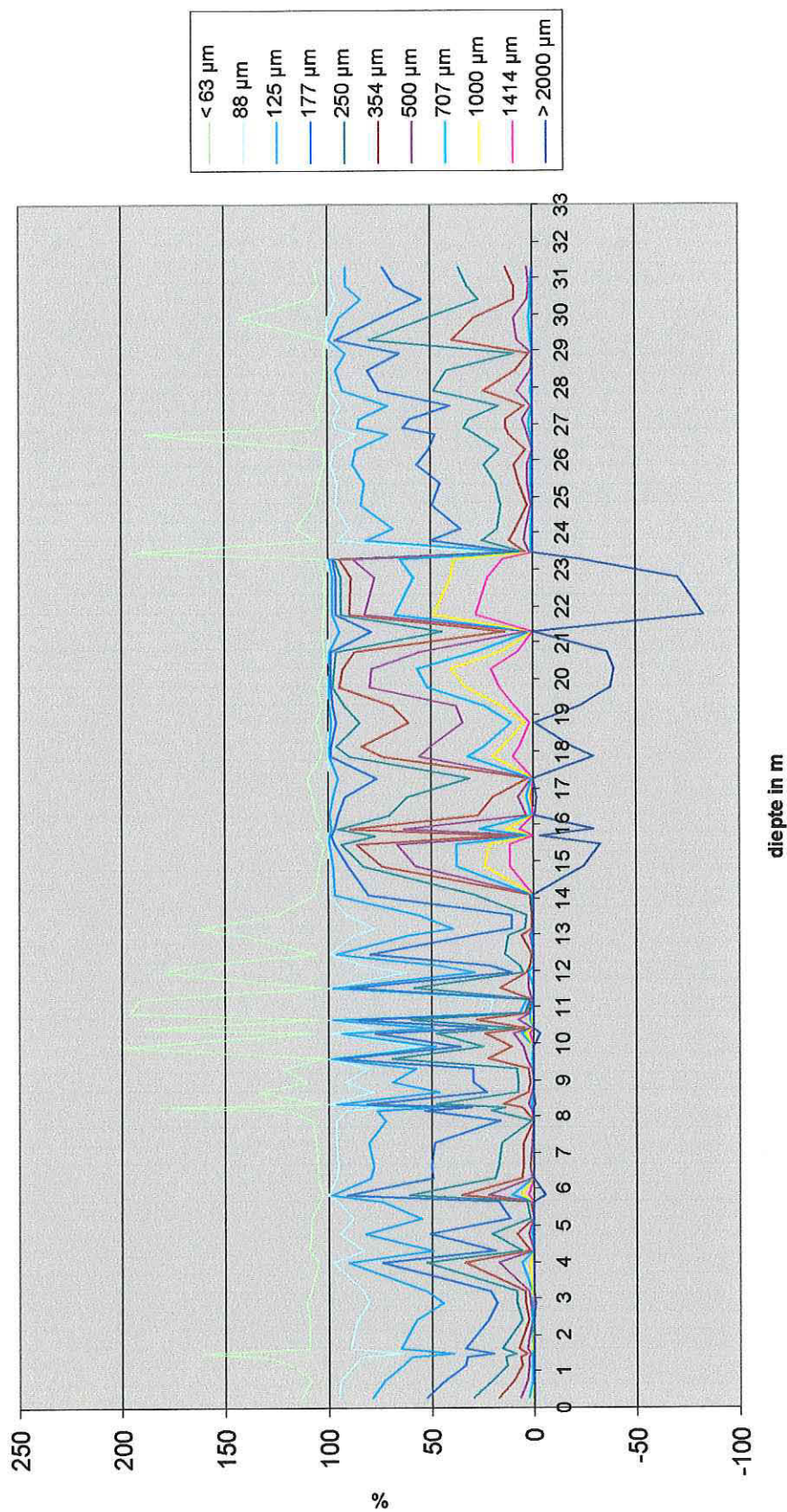
't Hasselt

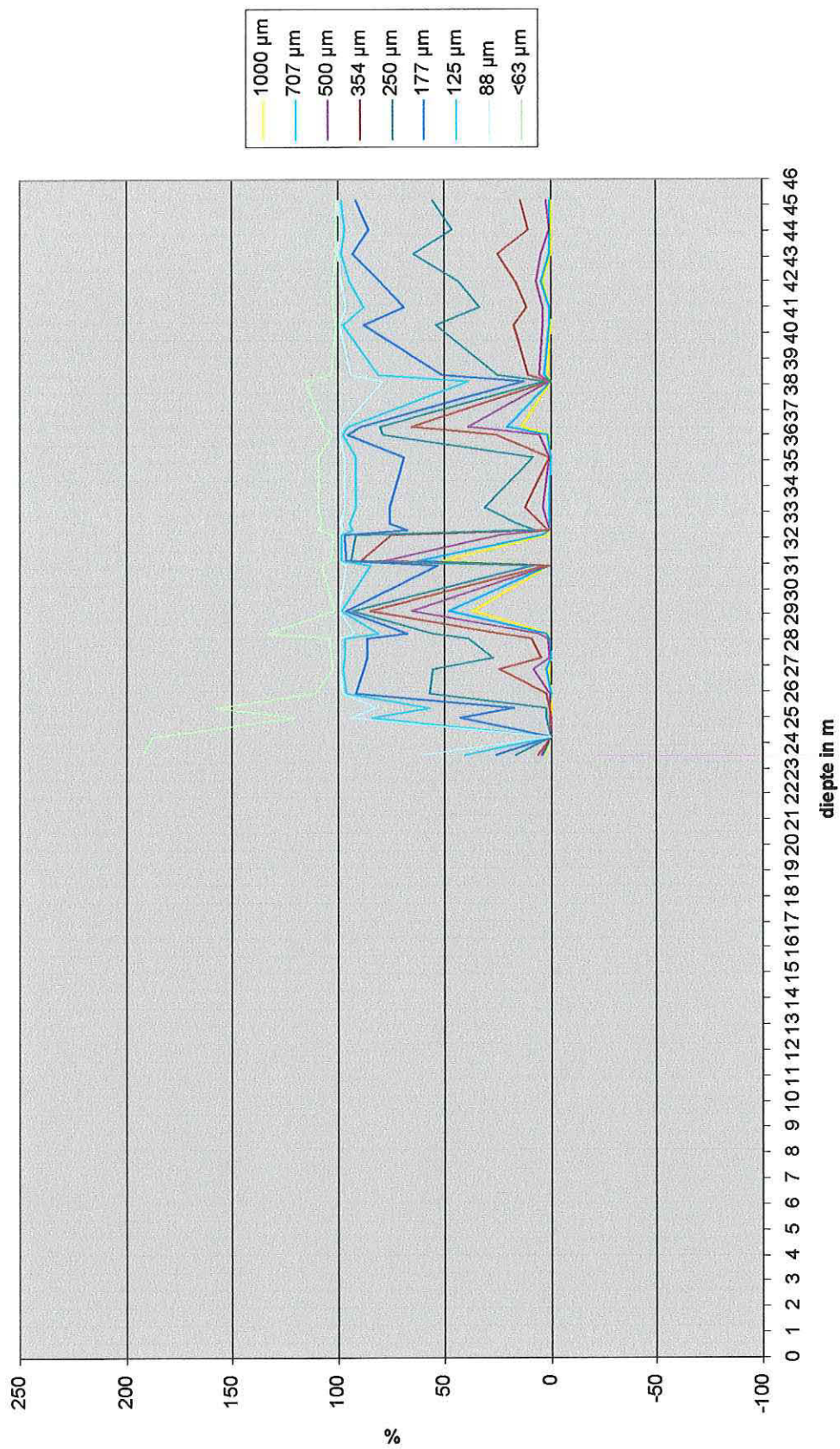


Foshei

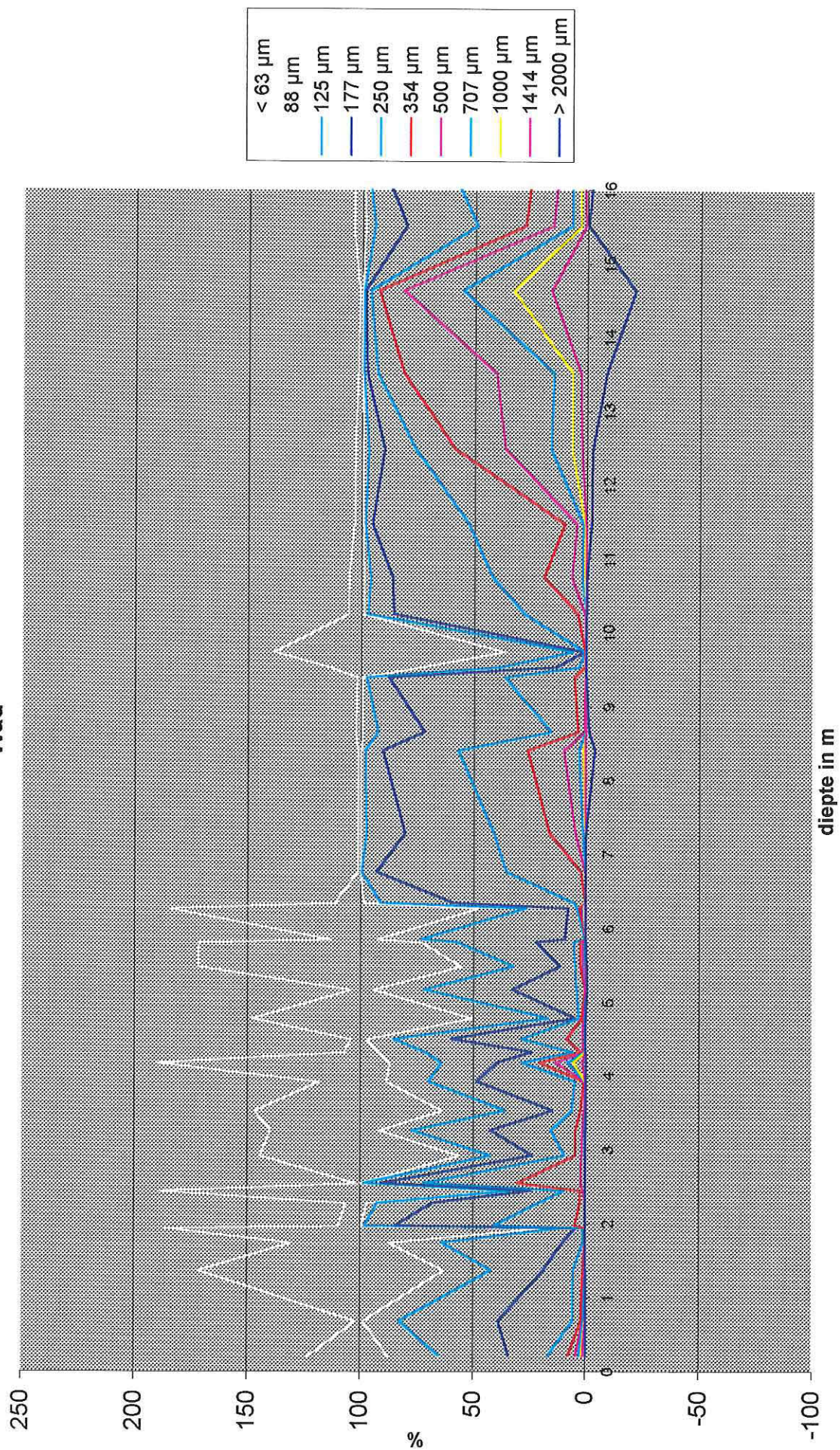


Gevenhof



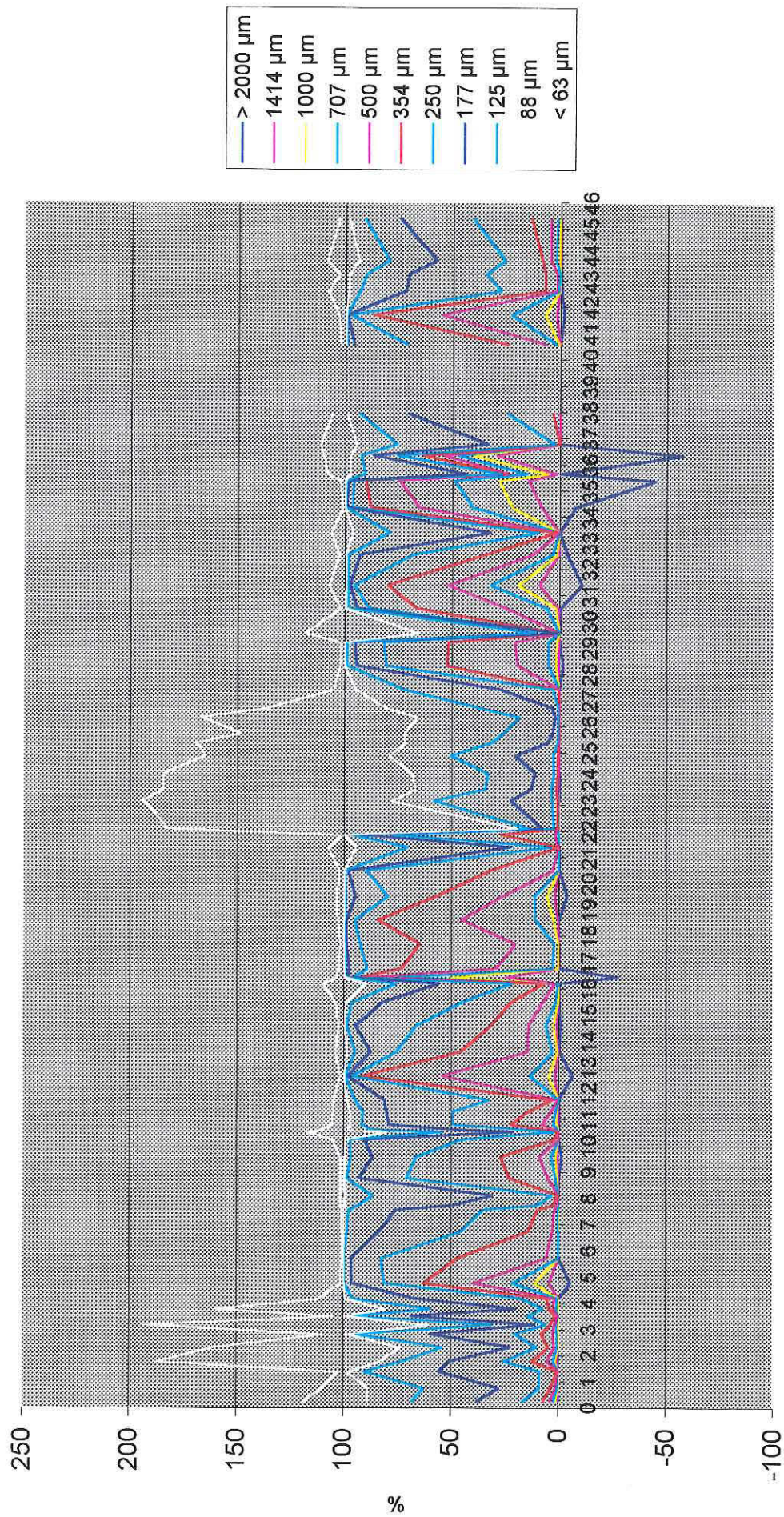


Wad



staalnr.	> 2000 µm	1414 µm	1000 µm	707 µm	500 µm	354 µm	250 µm	177 µm	125 µm	88 µm	< 63 µm
0,21	-0,20249	1,11844	1,854507	2,824778	4,354268	7,8243	16,68101	34,3753	65,22799	87,50119	122,8186
0,68	-0,10514	0,043379	0,321004	0,910958	1,243529	2,093756	5,740478	38,97452	82,85665	98,60031	101,83
1,37	0	0	0	0	0,238322	1,048618	5,319352	18,69399	42,06864	63,30791	171,5423
1,74	0	0	0	0,096678	0,215328	0,338372	1,06785	10,33134	63,96115	87,16382	130,6608
1,94	0	0	0	0	0	0,243962	1,146621	4,635277	11,34423	20,24884	185,901
1,97	0	0	0	0,054503	0,330426	4,786074	41,0853	84,37798	97,97316	99,38002	109,4282
2,28	0	0	0	0,033929	0,195092	2,363719	20,90873	68,08414	92,25006	97,08211	106,1262
2,44	0	0	0	0,360301	1,179168	2,620373	9,629872	24,566	33,73731	38,48673	189,0732
2,55	0	0	0,035392	0,147467	2,303427	30,41055	71,84274	90,39993	98,41916	99,76405	101,9773
2,92	0	0,078656	0,078656	0,343225	1,887737	4,476225	9,481587	23,86843	42,60994	56,30318	144,2359
3,26	0	0,258956	0,258956	0,58265	1,359517	4,466983	15,42943	42,53345	77,19033	91,56237	139,6263
3,53	-0,09092	0,106619	0,106619	0,196834	0,721726	2,279997	6,249487	14,69696	36,07808	63,94653	146,7224
3,92	0	0,051617	0,098541	0,164234	0,286237	0,727324	4,772183	48,47731	69,90756	88,21266	118,2922
4,18	-0,10444	1,262626	5,618687	8,080808	13,44697	20,70707	28,59848	39,83586	64,33081	86,80556	190,0587
4,32	0	0,108797	0,247059	0,43292	0,863574	1,960607	5,999683	24,01233	71,48167	92,40463	107,0492
4,5	0	0	0,047084	0,226591	1,583191	8,69578	28,49744	59,99941	85,46583	97,03961	104,2105
4,78	0	0	0,232784	0,523763	1,028128	1,842871	3,103783	4,849661	16,74103	50,63046	147,7408
5,17	-0,62162	0	0	0	0,042178	0,38663	4,035008	32,78268	71,90608	94,25679	104,0973
5,48	-0,2947	0	0,376393	0,752785	1,324902	2,45408	4,69738	11,59289	32,39988	55,49533	171,7043
5,81	0	0	0,192123	0,592379	1,408902	2,369516	5,379443	22,46238	57,31668	73,03874	171,0816
5,85	0	0	0	0	0,081396	0,153749	0,443158	9,491725	73,41955	92,59745	113,1861
6,27	0	0,514895	0,993012	1,360794	1,838911	2,795145	3,824936	7,870541	26,59066	48,10592	184,5563
6,34	0	0	0	0	0,047979	0,291872	5,297669	59,17796	90,98397	98,47667	111,4416
6,76	0	0	0	0,056593	0,211609	2,177604	35,50356	92,85697	99,48328	99,95571	101,3255
7,28	0	0,156757	0,388329	1,278991	4,745449	16,17799	41,14504	80,33061	97,38502	99,84324	101,5371
8,4	-3,68352	0,443203	1,265563	3,363734	10,04765	26,16693	56,97341	90,18804	97,96331	99,69258	101,1678
8,65	-1,1159	0	0,12084	0,373027	1,027136	3,693488	15,55678	71,93107	92,39499	99,05693	102,2419
9,39	0	0	0,049791	0,121367	0,58505	5,495737	36,51895	87,70461	97,3486	99,60789	101,5071
9,53	0	0	0	0,101897	0,269533	0,746146	3,175229	13,46678	38,59251	73,74355	113,5621
9,74	0	0	0,105382	0,105382	0,240873	0,466692	0,730147	1,068875	6,112157	36,61272	138,5087
10,25	0	0	0,04282	0,152929	0,718764	4,006729	27,79018	85,42591	96,98119	98,95397	105,622
10,75	-0,20092	0,142272	0,640224	1,920673	6,749299	19,1011	41,87756	86,24488	95,63268	98,60315	105,3375
11,47	-1,99181	0,32961	0,647377	1,486204	4,257293	9,909999	52,65464	94,98678	98,21577	99,21249	103,1663
12,48	-2,46662	2,321165	6,69493	16,04865	36,33294	58,82139	76,14763	89,72741	96,69666	99,037	102,75
13,51	-8,52283	2,82515	6,478323	14,76071	40,72549	81,4188	92,96609	97,53738	99,17627	99,73615	101,7242
14,63	-21,461	16,0393	33,07968	55,48417	81,73398	92,26259	96,09855	98,52175	99,21098	99,6663	100,9449
15,51	-0,38577	0,800277	2,758978	7,20002	15,34111	27,78491	49,12809	80,5019	94,24245	98,45626	103,8553

Mulkerheide



Boring Mulkerheide

staaln.	> 2000 µm	1414 µm	1000 µm	707 µm	500 µm	354 µm	250 µm	177 µm	125 µm	88 µm	< 63 µm
0,26	0	0,601839	1,327625	2,166883	3,864165	7,351253	16,50235	37,90888	68,20596	88,59953	118,6907
0,75	0	0,008186	0,169296	0,547328	1,423203	3,641539	9,165798	27,83971	62,58372	88,65345	110,4993
1,38	0	0,009727	0,016879	0,032328	0,080105	0,647136	8,788408	55,72495	90,43486	97,94587	102,4817
1,77	0	0,633075	1,451335	2,588286	5,465116	11,96813	25,40482	51,31783	73,52283	83,72093	187,1397
2,31	0	0	0,15262	0,654334	1,910375	4,886456	10,40883	22,52541	54,06942	73,73278	160,84
2,82	0	0,076085	0,268614	0,825692	2,661003	8,342265	20,33497	59,58213	94,53972	98,31223	110,0389
3,18	0	0	0	0,972394	1,879528	3,661163	5,88005	11,19885	31,02526	60,36677	192,8682
3,5	0	0	0,026491	0,113251	0,413928	1,730881	14,29641	68,67262	95,89152	99,34301	104,5684
3,77	0	0	0,410321	1,035364	2,612317	4,512657	7,42489	19,85361	59,35913	80,35242	160,04
4,16	0	0	0,141246	0,486471	1,862864	5,424432	16,85218	66,73666	95,76601	99,00264	111,8432
4,76	-5,43386	4,437987	10,98313	21,36392	39,7642	62,65563	81,02843	96,03057	99,38332	99,84053	101,7118
5,72	0	0	0	0,133883	5,902674	47,18134	82,48393	96,52738	99,66314	99,93763	100,6533
6,73	0	0	0,084562	0,45273	3,026331	14,18814	45,38911	83,45259	98,17575	99,8286	100,8853
7,55	0	0	0,079884	0,371139	2,052199	9,827754	35,32819	75,92173	97,54722	99,81516	100,8192
7,73	0	0	0	0,068717	0,542578	2,640357	10,46456	49,346	93,08535	99,70604	101,0975
8,11	0	0	0	0,003536	0,030192	0,239907	3,212908	31,03916	86,57498	99,34311	101,2418
8,77	-0,09851	0,163549	0,61941	1,566474	5,084099	22,9607	70,93007	92,85972	98,51723	99,81656	101,2357
9,58	-1,23581	0,655772	1,607514	3,356602	9,150252	27,13433	66,23321	86,69553	96,57902	99,54663	101,7398
10,24	0	0	0	0	0,096179	2,236835	45,55321	90,41614	97,08791	99,11569	104,8758
10,54	0	0	0,041512	0,08867	0,139813	0,326784	1,959378	21,2536	54,12134	80,72039	116,5473
10,6	0	0	0,108368	0,492872	1,96627	6,243177	14,7705	47,01628	86,83494	97,88603	111,5037
10,8	-0,05367	0,170686	0,7686	2,399626	8,068501	22,32976	48,96059	78,98303	91,6711	97,18703	105,4088
11,3	-0,05072	0,321104	0,720798	1,424001	3,719235	14,50628	49,62069	80,12498	90,82346	96,95963	104,6624
11,74	0	0	0,049279	0,101883	0,500041	3,289567	32,71156	80,97819	94,79945	98,36353	104,8038
12,67	-6,35583	1,6961	4,551716	13,47012	54,31426	91,55445	96,14934	98,3224	99,30306	99,7718	101,6215
13,59	-0,17815	0,150698	0,468417	2,876461	14,63026	45,81588	75,59223	87,56381	94,72623	98,28888	103,8288
14,59	-0,93687	1,080496	2,576065	6,08548	14,14413	31,86597	66,24875	94,8092	98,49188	99,47595	102,2487
15,47	-0,07778	0,148911	0,393994	1,557362	7,637898	22,5228	45,51095	82,27338	96,39201	98,99485	103,7037
16,19	0	0	0,071743	0,338644	2,067179	7,193306	22,21446	56,07924	75,93248	90,03583	109,7853
16,43	-27,6587	24,383	50,09479	74,62157	87,86111	92,77569	95,6991	98,13464	98,98195	99,48373	103,6384
16,76	-0,11936	0	0,30273	3,187681	29,56938	73,45044	89,33362	97,616	99,22734	99,74655	102,6739
17,7	0	0,120383	0,262537	2,196666	20,34117	64,7717	92,52346	98,73694	99,67183	99,90683	101,7059
18,61	0	0,567026	2,541118	11,13437	45,38346	84,29127	94,90026	98,67694	99,57998	99,89149	102,8023
19,52	-3,79139	1,968424	5,498713	11,58016	26,3823	57,27741	79,628	94,63681	99,10557	99,75606	103,3869
20,49	-0,09845	0,047893	0,156892	0,4009	3,061043	32,02452	89,5832	98,11441	99,39927	99,81421	102,0987
21,4	0	0	0,032287	0,086666	0,184803	0,200947	3,658246	22,59693	70,65373	94,58124	107,3606
21,87	0	0	0,081868	0,253645	2,056935	27,0446	77,75163	93,48893	97,17592	99,47224	101,5704
22,1	0	0	0	0,349667	0,583549	1,125417	2,493979	8,190534	13,70415	19,56512	182,494
23,15	0	0	0	0,301691	0,49935	0,80104	3,417425	22,47594	58,45514	77,6593	194,1733
23,6	-0,10899	0	0,267194	0,459882	0,575495	1,395062	3,730442	13,27493	34,56311	66,68037	184,277
24,2	0	0	0	0,032774	0,199625	0,744868	2,502756	11,38456	33,2658	68,31332	184,4661
24,88	0	0	0,086079	0,242807	0,424709	0,794199	2,862526	20,37063	50,41131	78,86766	165,0175
25,36	0	0	0	0	0,034584	0,224797	0,830019	5,689089	31,55801	71,95227	168,8929
25,73	0	0	0	0	0,095943	0,185033	0,486568	3,118147	26,27467	71,9915	148,3118
26,34	0	0	0	0,195572	0,293973	0,500615	0,814268	2,100861	18,84502	66,22263	167,0679
26,7	0	0	0,049583	0,093883	0,167851	0,270674	0,553542	3,555752	37,03811	80,4265	136,2574
27,4	0	0,043928	0,120029	0,142612	0,213764	0,385765	3,007233	27,93129	72,74651	94,77377	105,0122
28,3	-1,51557	0,62373	1,776705	5,147009	19,45143	52,36925	80,60662	94,35926	98,82325	99,75236	102,018
29,2	0	0,181713	1,206851	5,283401	20,99615	51,80669	81,76259	95,19815	98,96645	99,81985	101,9445
29,55	0	0	0	0,010733	0,039667	0,109201	0,159135	0,518007	11,50581	65,87923	118,0742
30,49	-0,29048	0,593598	1,700412	6,102934	24,87085	66,68583	88,8082	94,5828	98,38863	99,72762	101,7762
31,37	-10,3091	9,631554	19,19763	32,26376	51,94417	80,12316	95,63634	97,64039	98,42693	99,27935	107,0663
32,55	-3,55217	0,569512	1,318658	3,454396	12,66943	34,86	68,1868	92,95105	98,37121	99,51641	102,6833
33,4	0	0	0	0,032328	0,248624	1,728034	10,14524	32,39005	79,08329	96,22999	106,1369
34,35	-7,24255	8,74916	22,33044	40,79746	65,64814	87,92433	96,7302	99,14687	99,65172	99,87764	100,8977
35,37	-44,7733	14,59875	28,34769	49,05851	74,87358	90,49263	96,01906	98,26021	99,18493	99,64611	102,2349
35,63	-0,24029	1,457422	5,955008	15,44818	23,63719	25,95172	27,36518	43,71649	90,61161	97,89296	108,0336
36,33	-57,5936	29,43293	40,16858	47,48305	54,01734	63,39527	75,53413	86,83423	92,63522	97,26388	109,7849
36,76	0	0	0	0	0,017639	0,128687	2,400949	33,64817	75,95162	94,68536	111,4205
37,92	0	0	0	0,070823	0,436549	3,334494	24,40265	70,48144	93,24277	98,99532	105,8915
40,55	0	0,118401	0,501463	1,686632	6,668369	24,13676	71,22278	95,91594	99,04622	99,70438	101,9149
41,69	-1,5835	1,976701	7,242803	22,75318	55,04804	86,73302	97,64723	99,15402	99,59516	99,82441	103,1548
42,62	-0,32177	0,414102	0,634878	0,954866	1,990513	7,178041	27,85569	71,95244	93,28418	98,47849	108,1126
43,25	0	0	0,115985	0,406722	1,664261	7,33311	34,85721	70,47863	90,24718	98,20094	102,5188
43,77	-0,16432	0,065115	0,771665	2,329574	4,542524	8,728372	25,89388	57,60408	79,58067	93,69191	108,4789
45,35	0	0,076594	0,336718	1,427296	4,580899	13,76509	40,74526	74,5411	91,11571	98,28754	102,7371

t Hasselt

nr./%	clay	fine silt	coarse silt	sand
2,57	38,689	20,935	26,937	13,504
2,8	40,578	16,79	30,414	12,35
2,85	14,647	5,265	6,611	73,625
2,95	37,016	16,13	32,148	14,93
3,17	52,345	18,275	22,085	7,555
3,5	40,344	18	27,982	14,01
3,8	10,183	4,665	5,759	79,795
3,9	42,432	16,27	25,656	16,06
4,1	42,461	16,275	25,663	16,075
4,55	22,579	7,735	11,237	58,485
4,85	27,5219	18,2655	39,7177	14,5465
5,1	39,9548	14,206	29,8584	16,058
5,27	45,7277	18,8965	29,5791	5,8995
5,53	16,9092	5,887	8,2398	69,041
6,86	38,1535	14,5075	19,5205	27,9025
10,47	50,6364	13,618	19,7512	16,064
23,52	40,5893	19,9685	29,1019	10,4555
23,81	51,6122	26,989	20,2126	1,307

Foshei

nr./%	clay	fine silt	coarse silt	sand
1,27	5,319	11,605	23,407	59,685
1,66	9,758	14,89	40,914	34,54
1,85	6,097	4,045	5,391	84,625
7,26	32,726	18,5	37,558	11,46
7,55	41,605	22,945	33,675	2,045
8,25	29,814	7,89	40,722	21,92
8,61	36,333	20,965	39,039	4,095
11,55	32,422	12,91	34,626	20,47
11,94	38,201	19,875	31,293	11,105
23,34	44,639	24,425	23,477	7,515

Gevenhof

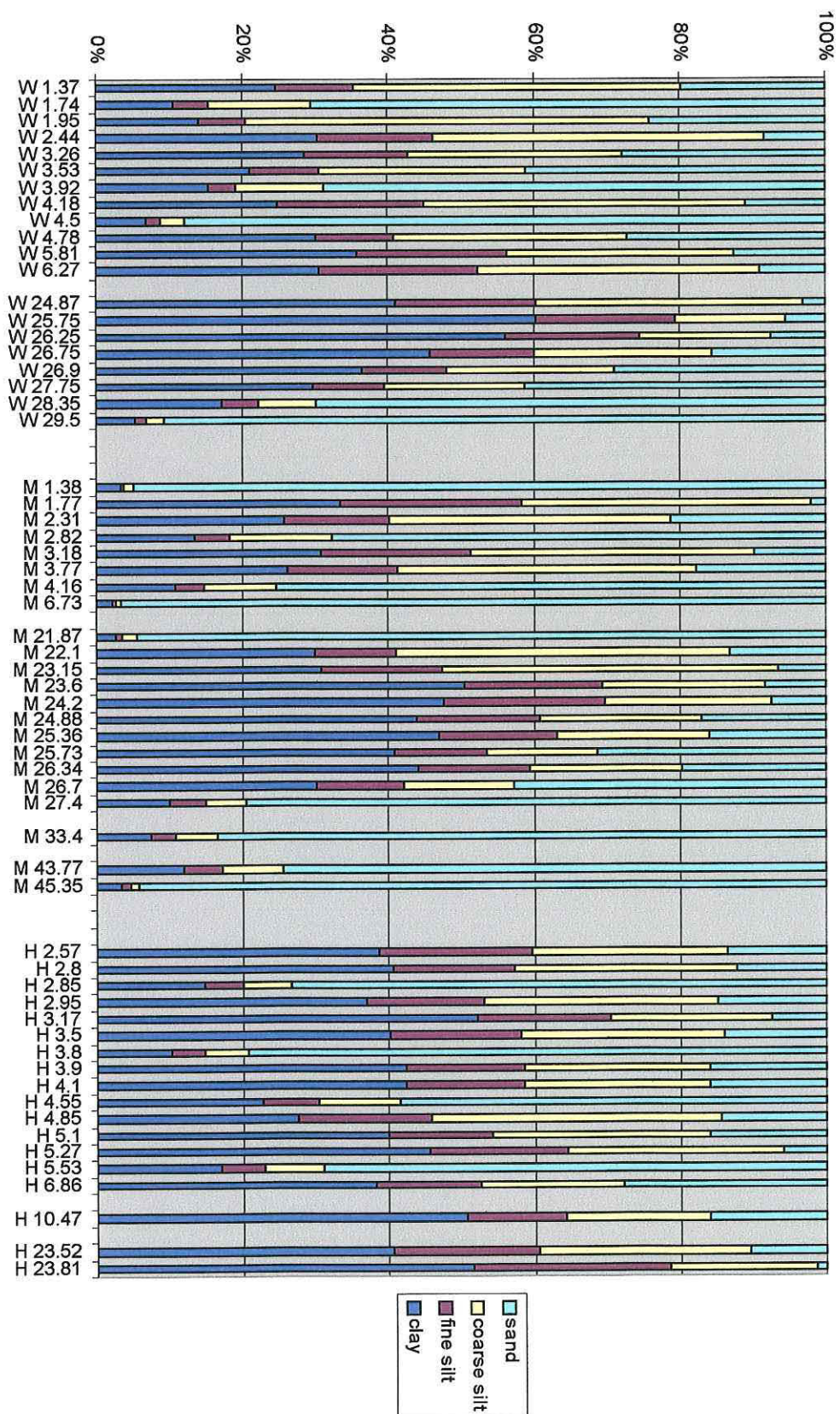
nr./%	clay	fine silt	coarse silt	sand
0,26	4,460626	1,784518	5,686396	86,63283
0,74	3,420274	0,580896	2,882779	91,6538
1,18	4,17189	1,796882	8,189266	82,63883
1,37	8,984312	3,39456	14,57093	68,68487
1,48	14,92305	8,120858	29,86996	40,33168
1,61	3,633933	0,5757	3,282896	90,63902
2,39	3,636828	0,517449	2,813575	91,36145
2,89	3,821017	0,369435	3,662687	89,44471
3,2	4,410125	0,493458	1,999804	91,6221
4	2,849228	0,317088	1,247045	94,92659
4,3	2,947349	1,273546	3,28976	90,67
4,76	3,446255	1,07504	2,077195	91,71772
5,2	2,306438	1,340952	3,565257	91,61905
5,63	2,425926	0,234935	0,610385	96,28268
5,84	0,803087	0,201588	0,689113	97,48957
6,31	2,94468	0,750513	1,01181	94,78448
6,6	2,257882	0,225888	1,43479	95,00247
7,25	3,720013	0,599447	1,161541	94,07075
7,87	3,614427	0,625011	2,572485	92,29333
8,15	5,97774	1,578381	8,675406	81,02907
8,25	26,188	14,77	43,874	15,27
8,67	13,627	2,165	20,441	63,945
8,92	6,986	1,87	6,508	84,89
9,32	9,765	1,955	13,985	74,555
9,89	22,584	8,07	62,532	7,16
10,29	7,153	2,705	3,569	86,995
10,49	23,812	8,39	54,746	13,51
10,83	20,971	7,765	59,703	12,065
11,29	21,309	6,695	56,607	15,425
11,92	35,0319	15,5755	36,7677	12,6965
12,11	32,8748	13,846	31,3284	22,028
12,94	23,8577	9,1165	26,5791	40,5395
13,15	29,6306	13,547	33,0298	23,881
13,5	13,6735	3,9175	13,0605	69,4625
23,47	47,1164	15,998	29,8112	7,134

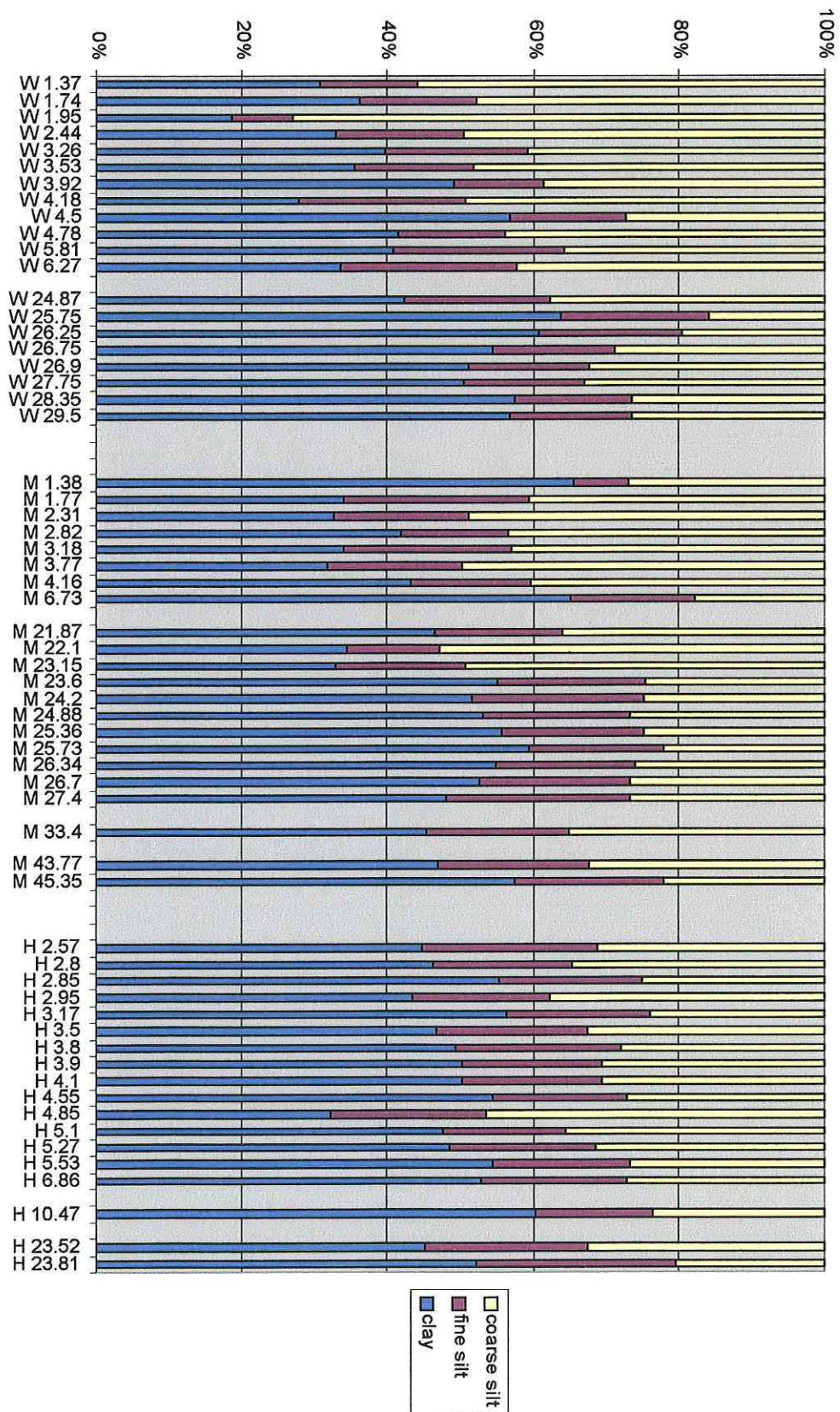
Wad

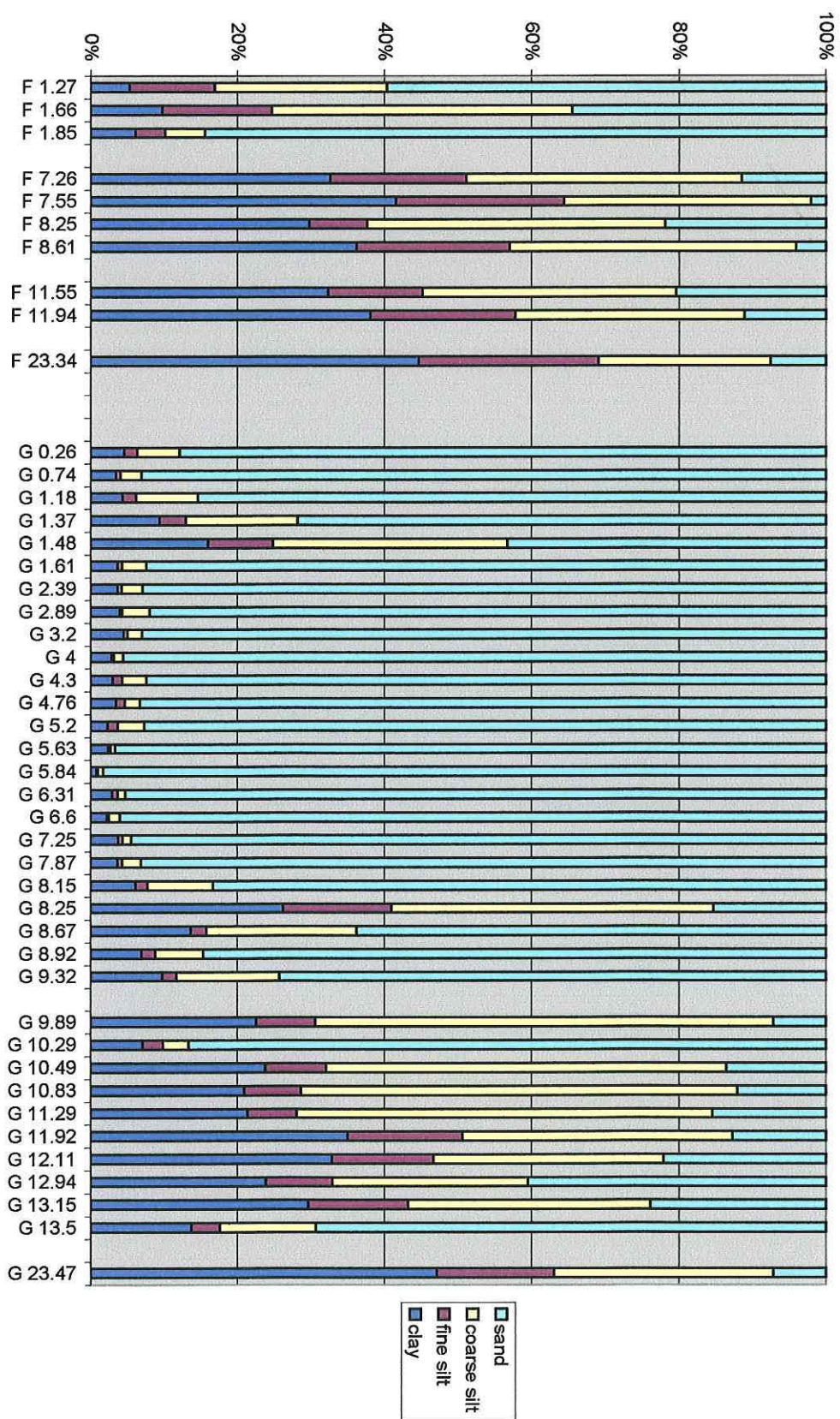
nr./%	clay	fine silt	coarse silt	sand
1,37	24,61	10,65	44,91	19,85
1,74	10,62	4,73	14,01	70,65
1,95	14,13	6,32	55,37	24,17
2,44	30,22	15,95	45,44	8,39
3,26	28,75	14,14	29,59	28,06
3,53	21,14	9,59	28,69	41,13
3,92	15,34	3,86	12,09	69,28
4,18	24,85	20,43	44,22	11,05
4,5	6,86	1,92	3,28	88,5
4,78	30,07	10,82	31,84	27,28
5,81	35,75	20,5	31,29	12,42
6,27	30,48	21,96	38,61	8,95
24,87	41,01	19,37	36,51	3,11
25,75	60,27	19,17	14,98	5,56
26,25	56,13	18,4	18,03	7,45
26,75	45,95	14,18	24,24	15,67
26,9	36,34	11,78	22,88	29,02
27,75	29,69	9,77	19,42	41,15
28,35	17,21	4,92	7,87	70,01
29,5	5,28	1,59	2,44	90,72

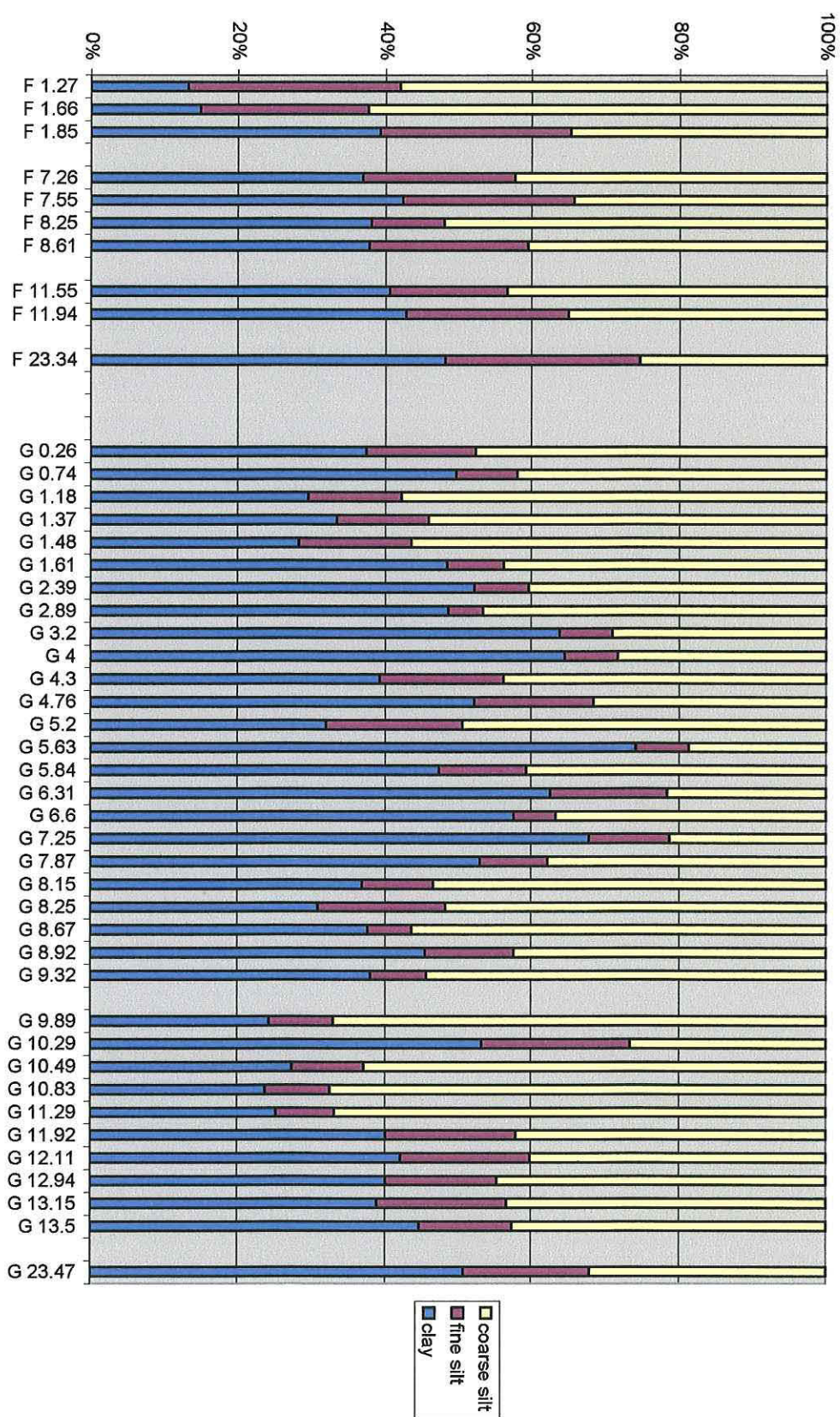
Mulkerheide

nr./%	clay	fine silt	coarse silt	sand
1,38	3,34	0,39	1,36	94,9
1,77	33,57	24,97	40,05	1,94
2,31	25,82	14,53	38,74	21,47
2,82	13,48	4,75	13,98	67,81
3,18	30,67	20,71	38,71	9,89
3,77	26,2	15,08	41,06	17,67
4,16	10,65	4	9,94	75,42
6,73	2,12	0,56	0,58	96,52
21,87	2,57	0,97	1,99	93,96
22,1	29,83	11,11	45,87	13,16
23,15	30,67	16,67	46,12	6,57
23,6	50,41	18,8	22,5	8,32
24,2	47,6	22,07	22,87	7,48
24,88	43,87	16,97	21,99	17,2
25,36	46,83	16,41	20,77	15,98
25,73	40,87	12,69	15,14	31,35
26,34	44	15,41	20,79	19,81
26,7	30,12	11,92	15,18	42,78
27,4	9,78	5,21	5,42	79,59
33,4	7,52	3,22	5,79	83,47
43,77	11,89	5,26	8,19	74,66
45,35	3,31	1,19	1,26	94,24









Bijlage 2: gedetailleerde boorbeschrijvingen

Boring Broekkant	p. 1
Boring Wad	p. 2
Boring Mulkerheide	p. 3-5
Boring 't Hasselt	p. 6
Boring Foshei	p. 7-8
Boring Gevenhof	p. 9

Bijlage 1: korrelgrootte-analysen

Korrelgrootte-diagrammen

Het gehalte grind is uitgedrukt in negatieve getallen. Het gehalte <63µm start vanaf 100%

Broekkant	p. 1
Wad	p. 2
Mulkerheide	p. 3
't Hasselt	p. 4
Foshei	p. 5
Gevenhof	p. 6
Bocholt	p. 7

Verdeling zand-silt-klei

Wad – Mulkerheide – 't Hasselt	p. 8
Foshei – Gevenhof	p. 9

Verdeling grof silt – fijn silt – klei

Wad – Mulkerheide – 't Hasselt	p. 10
Foshei – Gevenhof	p. 11

Coördinaten van de boringen

kaartbl.+nr.	boornr.+naam	X	Y	Z
48E2001	I1-'t Hasselt	242009.7	205661.4	33
34W2001	I2-Foshei	243705.6	208184.2	33.5
34W2002	I3-Gevenhof	247112.9	208921.3	33.75
33W2001	II1-Broekkant	228131.5	214588.4	38.75
33W2002	II2-Wad	230904.5	216099	36.1
33W2003	II3-Mulkerheide	231632.9	217693.2	34.75
33W153	Bocholt	233600	209350	43.5

Broekkant

Diepte in m	Lithologie	Structuur	Milieu	
0.00-0.66	bruinzwart fijn zand, veenrijk; baksteenfragmenten; wortels	-	antropogeen; teelaarde	
0.66-1.50	geelbruin zwaklemig fijn zand (125-177µm)	-	eolisch	
1.50-4.57	geelbruin grof (500µ) tot fijn-middelmatig (177-354µ) zand; 2 FU-sequenties (resp. 2.5 en 0.5 m dik); grindrijke basis van dikste sequentie	-	fluviaal	
4.57-8.25	grijsgeel grind (granulen, soms grof), zeer grof en middelmatig tot grof zand (354-707µ); grind steeds aan de basis van FU-sequenties 0.5 tot 0.75 m dik	geen structuur waarneembaar	fluviaal	
8.25-11.00	donker grijsgeel middelmatig zand (250-500µ); glimmerrijk, veenaanrijking in laagjes; grindrijke basis, FU-sequentie	-	fluviaal: rivier met snelle maar vrij constante stroming	
11.00-13.25	groen-zwart-wit grof tot middelmatig grind en middelmatig zand; 2 FU-sequenties van ong. 1 m	-	fluviaal	
13.25-15.20	donker gekleurd grof grind, granulegrind en grof tot middelmatig zand; FU-sequentie		fluviaal	
15.20-20.37	grijsgeel middelmatig (250-500µ) en grof (500-707µ) zand; granulegrind en middelmatig grind in banken van enkele dm	parallelle gelaagdheid?	fluviaal: rivier met snelle maar vrij constante stroming	
20.37-23.29	donker grijsgeel fijn (177-250µ) zand; grindloos; onderaan iets grover en met fijn grind	parallelle en gekruiste gelaagdheid	fluviaal: rivier met trage en constante stroming	
23.29-27.40	donker grijsgeel middelmatig (354-500µ) en grof (500-707µ) zand; afwisseling op cm en dm-schaal; slechts enkele grinden; veenaanrijking in laagjes; zeer veel kleibrokken en/of verstoorde kleilagen	geen structuur waarneembaar	fluviaal: sterk wisselende stroomsnelheden; interrupties	
27.40-30.00	grijs en geel lemig fijn zand met pure lignietlagen	-	laag-energetisch constant milieu; interrupties	

Wad

Diepte in m	Lithologie	Structuur	Milieu	
0.00-0.56	zwartbruin lemig fijn zand; baksteen op 0.15	wortelsporen	antropogeen; teelaarde	
0.56-1.32	helderbruin losgepakt lemig fijn (125-177 μ) zand	wortelsporen	eolisch	
1.32-6.55	grijs middelmatig (177-354 μ) en fijn (125-250 μ en 88-177 μ) zwaklemig zand, grijsolijfkleurige zandleem en kleiige leem; afwisseling op cm-schaal; bovenaan kleine FU-sequenties van 3 cm dikte; venig op 4.90 en 5.60; kleigehalte in suspentiemateriaal sterk variërend tussen 30 en 60%	laminatie	afwisselend fluviatiel (beekafzettingen), lacustrien en eolisch	
6.55-9.17	grijs tot geelgrijs fijn-middelmatig zand (177-354 μ); goed gesorteerd; 2 FU-sequenties	onderaan schuine gelaagdheid	fluviatiel	
9.17-10.00	grijsolijfkleurig tot grijsgeel zwaklemig zeer fijn zand, fijn-middelmatig zand (177-354 μ) en lichte zandleem (40% suspentiemat.); afwisseling op cm tot dm-schaal; veenrijk op 9.20 en 9.80	laminatie; bovenaan gekruiste gelaagdheid (?)	fluviatiel	
10.00-15.40	donker grijsgeel grof (500-1000 μ) grindrijk (tot 10 mm) zand over middelmatig zand tot goed gesorteerd fijn (125-250 μ) zand; glimmerrijke fijn zandlaag (10 cm); 1 grote FU-sequentie	sporen van gekruiste gelaagdheid; elders zonder structuur	fluviatiel	
15.40-17.41	grijs(geel) fijn zand (177-250 μ); enkele grinden tot 10 mm; erosieve basis; FU-sequentie van 17.00 tot 16.22	geen structuur waarneembaar	fluviatiel	
17.41-20.35	grijsgeel grof (500-707 μ) zand met granulegrind; slecht gesorteerd	sporen van gekruiste gelaagdheid	fluviatiel	
20.35-21.20	grijsolijfkleurig fijn zand (177-250 μ), matig gesorteerd, lemig, met grovere laagjes (2 cm dik); zeer heterogene afzetting	structuurloos	fluviatiel	
21.20-23.40	grijsgeel grof grindrijk zand en middelmatig zand; erosieve basis; FU-sequentie	structuurloos	fluviatiel	
23.40-24.52	grijzige heterogene afzetting van grof grind, zeer grof zand, middelmatig zand en kleibrokken	zwakke parallelle gelaagdheid	fluviatiel (debris flow?)	
24.52-28.10	donker groengrijze tot grijsolijfkleurige zandleem, zandhoudende kleiige leem tot lemige klei in FU-sequentie; grindniveau van 10 cm dikte op 25 m; bovenste 0.5 m veel minder klei in suspentiemateriaal (40%) vergeleken met eronder (tot 60%); zandig niveaus op 25.40 en 25.70 m	geen gelaagdheid	fluviatiel: overstromingsfacies of verlaten meander	
28.10-31.42	grijs middelmatig (250 μ) zand tot lemig fijn (88-177 μ) zand; glimmerrijk; enkele grinden; erosief; FU-sequentie (sluit aan op bovenliggend pakket)	parallelle gelaagdheid; zandbal op 29.20; ingezakt in onderliggend sediment	fluviatiel met afnemende energie	
31.42-32.50	olijfgrijs zwakkleiig fijn zand (88-177 μ), veenrijk; glimmerrijk	parallelle gelaagdheid	homogeen milieu met constante input	
32.50-37.00	geelgrijs grof (500-1000 μ) zand met grof grind, grof zand (500-707 μ) en middelmatig zand; onderaan zeer heterogeen; veel kleibrokken; FU-sequenties van max. 0.5 m	meestal parallelle gelaagdheid	fluviatiel; zeer energierijk (verwilderde rivier)	
37.00-41.00	geelgrijs grof (500-1000 μ tot 500-707 μ) zand met enkele grinden; tussen 39.00 en 40.00 enkele dunne FU-sequenties (20 cm)	bovenaan parallel gelaagd; onderaan gekruiste gelaagdheid	fluviatiel; energierijk	

Mulkerheide

Diepte in m	Lithologie	Structuur	Milieu	
0.00-0.37	bruinzwart lemig fijn zand; plastic op 0.15 m	wortelsporen	antropogeen; teelaarde	
0.37-1.00	bontgekleurde afwisseling van lemig fijn zand, middelmatig zand en zandleem in vlekken	-	fluviaal: beekafzetting	
1.00-1.55	geelbruin homogeen goed gesorteerd fijn zand (177 μ); roest op 1.5 m	-	eolisch (grof dekzand)	
1.55-2.28	organischrijke fijnzandige leem; grofsilt ca. 40% in suspensiefraction	horizontaal gelaagd	eolisch?	
2.28-4.68	afwisseling van olijfgrijze tot zwarte zandhoudende leem en (geel)grijs fijn zand (177 μ) op cm en dm-schaal; grofsilt 40-50% in suspensiefraction	parallelle gelaagdheid	lacustro-eolisch, fluvio-eolisch	
4.68-5.00	grijsgeel middelmatig zand en grof (500 μ) zand, slecht gesorteerd	-	fluviaal, relatief sterk debiet	
5.00-6.72	grijsgeel middelmatig (354 μ) homogeen en vastgepakt zand; twee FU-sequenties; kleine keien op 6.1	-	fluviaal, zandbanken	
6.72-8.70	matgeel gelaagd fijn zand (125-177 μ), zeer homogeen en vastgepakt, zeer kwartsrijk	zeer schuine gelaagdheid (booreffect?); cryoturbitaties van 8.15-8.50	mogelijk eolisch	
8.70-10.00	matgeel-geelbruin middelmatig zand (250-354 μ); enkele verspreide keitjes; enkele intercalaties van fijner en grover zand	horizontaal gelaagd	fluviaal	
10.00-11.00	afwisseling van goed gesorteerd zwaklemig fijn zand, sterklemig fijn zand en slecht gesorteerd middelmatig zand; schistfragment op 10.06; organisch materiaal op 10.6-10.7; mineraallaagje op 10.24	parallelle gelaagdheid	fluviaal, contrasterende debieten	
11.40-12.50	grijsgeel middelmatig zand (354 μ), fijner tussen 11.8 en 12.0; grover aan de basis; vastgepakt	-	fluviaal, matig debiet	
12.50-13.40	grijsgeel grof zand (500 μ); onderaan veel granulegrind	-	fluviaal, sterk debiet	
13.40-16.14	donker grijsgeel middelmatig (354 μ) en grof (500 μ) zand met grindbijnmenging op verschillende dieptes (14.3-14.6m en 16.0-16.14), vandaaruit FU-sequentie	-	fluviaal, matig tot sterk debiet	
16.14-16.32	olijfgrijs fijn zand (177 μ) met veel glimmers	Scherp contact met onder- en bovenliggende laag	fluviaal, zwak debiet	
16.32-16.63	fijn grind, afgerond, met grof-zeer grof zand	-	fluviaal, sterk debiet	
16.63-17.00	grijsgeel middelmatig zand (354-500 μ)	schuin gelaagd?	fluviaal	
17.00-18.00	grijs(olijf) middelmatig zand (354-500 μ), goed gesorteerd; schistfragment op 17.6; sporadisch grindje	-	fluviaal	
18.00-20.87	grijsgeel middelmatig zand (354-500 μ); sporadisch grindje; onderste 5 cm grindrijk (fijn grind)	parallel gelaagd	fluviaal, matig debiet	
20.87-	grijs-olijfzwart lemig fijn zand (125-177 μ) met	-	fluviaal, zwak debiet	

21.62	glimmers, vast gepakt; kwartskei op 21.16			
21.62-22.00	Grijsgeel middelmatig (250-354 μ) zand	-	fluviaal	
22.00-23.48	grijsolijfkleurige fijnzandige kleihoudende leem (dominant grof silt in suspensiefactie); zeer waterhoudend "pudding"	structuurloos	lacustrien of overstromingsfacies?	
23.48-25.00	olijfgrijze homogene lemige klei (dominant klei in suspensiefactie)	structuurloos	lacustrien of overstromingsfacies?	
25.00-27.00	groengrijze klei, afgewisseld met olifgrijs kleihoudend zeer fijn zand (<125 μ) op cm en dm-schaal	parallel gelaagd	fluvio-lacustrien, contrasterende debieten	
27.00-29.33	grijsgeel-grijsolijfkleurig grofzand (500 μ) tot fijn zand (177 μ) in FU-sequentie; grindlaag op 28.15, boven vast- en onder losgepakt	parallel? Gekruist gelaagd op 27.75	fluviaal	
29.33-29.96	grijs kleiijk zeer fijn zand (88 μ), onderaan in afwisseling met klei (cm-schaal); veenaanrakingen; houtfragmenten	-	fluviaal, zwak debiet	
29.96-32.00	grijsolijfkleurig middelmatig zand (354 μ) met granulegrind op 30.78-31.00 en 31.20-31.50; leem/kleilichamen op 30.4 en 30.6	-	fluviaal, matig tot sterk debiet	
32.00-32.50	heterogene afzetting van grofzand, fijn grind en kleibrokken	-	fluviaal, sterk debiet	
32.50-33.00	afwisselend geelbruin en olifgrijs middelmatig (250-354) en fijn zand, glimmers	-	fluviaal, matig debiet	
33.00-33.94	olifzwart fijn (125-177 μ) en middelmatig (250 μ) zand; enkele granulegrindjes; boomstam van 33.63-33.94 m	-	fluviaal, zwak debiet	
33.94-34.20	grof zand met grind (o.a. phaniet)	-	fluviaal, sterk debiet	
34.20-34.52	geelbruin grof zand (500-707 μ)	-	fluviaal, sterk debiet	
34.52-35.12	afwisseling van geelbruin middelmatig zand en grijsolif fijn zand op cm-schaal; glimmers	-	fluviaal, contrasterende debieten	
35.12-35.61	grof grind, granulegrind, grof zand en kleibrokken, leembijmenging	-	fluviaal, sterk debiet	
35.61-36.00	afwisseling van olifgrijs fijn zand, middelmatig en grof zand, glimmerrijk	-	fluviaal, contrasterende debieten	
36.00-36.47	bruin granulegrind, grof zand in lemige matrix; heterogene afzetting; veen- en houtresten aan de basis	-	fluviaal, sterk debiet	
36.47-38.00	grijs homogeen glimmerrijk fijn zand (177 μ)	-	fluviaal, zwak debiet	
38.00-40.00	ontbreekt			
40.00-40.67	Grijsgeel middelmatig (250-354 μ) zand, homogeen, vastgepakt, laagjes fijner zand	-	fluviaal, matig debiet	
40.67-41.00	olifzwarte plastische klei met 1-korrel dikke zandlaagjes	-	overstromingsfacies	
41.00-42.00	geelbruin grof zand (500-707 μ); op verschillende dieptes grindbijmenging (fijn grind)	-	fluviaal, sterk debiet	

42.00-42.46	heterogene afzetting van zeer grof zand, grof grind en plastische leem/kleibrokken	-	fluviaal, sterk debiet	
42.46-46.00	grijsgeel middelmatig zand (177-250µ) met grovere en fijnere laagjes (dm-schaal); veen op 43.85-44.00 en 45.95-46.00; klei op 43.68 en 44.38-44.51	parallel gelaagd	fluviaal, zwakke debieten	

't Hasselt

Diepte in m	Lithologie	Structuren	Milieu	
0.00-1.30	donkerbruin leemig en kleiig zand met zandige klei; baksteenfragmenten	bodem	antropogeen	
1.30-2.54	grijzig zwak kleihoudend middelmatig zand (250-354 μ)	zwakke parallelle gelaagdheid	fluviaal	
2.54-5.84	groengrijze leemige en zandige klei en fijn tot middelmatig zand (177-354 μ); afwisseling op cm tot dm-schaal; klei-dropstone op 5.3 m; globaal: kleigehalte van suspentiemateriaal rond 50%	kleine geulstructuurtjes, zand erosief over fijner materiaal	fluvio-lacustrien	
5.84-6.52	groengrijs zwak kleihoudend fijn zand (125-177 μ) met kleiiger laagjes; afwisseling op mm tot cm-schaal	parallelle gelaagdheid	fluviaal	
6.52-6.90	olijfgrijze leemige en zandige klei en fijn tot middelmatig zand (177-354 μ); afwisseling op cm tot dm-schaal; globaal: kleigehalte van suspentiemateriaal rond 50%	kleine geulstructuren	fluvio-lacustrien	
6.90-8.00	grijs-olijfkleurig middelmatig zand (250-500 μ); enkele grinden; enkele kleilaagjes	geen interne structuur	fluviaal	
8.00-10.37	grijs middelmatig zand (354-500 μ), grof zand (500-707 μ) en grind in FU-sequenties van 0.5 à 1 m; basis van de sequentie is altijd zeer grindrijk	quasi structuurloze afzetting	fluviaal; verwilderde rivier	
10.37-13.49	grijs middelmatig zand (354-500 μ) met kleibrokken; bovenste 45 cm stijgend kleigehalte in de vorm van laagjes; enkele grinden; laag is in feite een FU-sequentie met aan de top afzetting van suspentiemateriaal	geen structuur waarneembaar	fluviaal	
13.49-17.86	groengrijs tot olijfgrijs zwak kleihoudend fijn (177-250 μ) en vooral middelmatig (250-354 μ) zand met verspreid veenaanrijking in zeer dunne laagjes (venig zand); zeer goed gesorteerd (80% of meer ligt binnen 1 phi-bereik, nl. 177-354 μ)	vooral bovenaan gekruiste gelaagdheid; grote delen van deze eenheid zijn zeer homogeen	fluviaal; homogene pakketten suggereren constant debiet maar met tijdelijke interrupties	
17.86-19.35	groengrijs tot olijfgrijs grof zand (707-1000 μ) en granulegrind (4 mm); basis bestaat uit grind tot 16 mm met roodachtige film (roodbruin); bovenaan zeer dikke kleibrokken	geen structuur waarneembaar	energierijk milieu: beddingmateriaal?, verwilderde grindrivier?	
19.35-20.00	idem zand maar zonder het grind	geen structuur	idem milieu	
20.00-23.48	olijfgrijs zwakleemig fijn (177-250 μ) zand met intercalatie van middelmatig zand; onderaan kleibrokken; grindloos; zeer homogeen	sporadisch gekruiste gelaagdheid zichtbaar	fluviaal	
23.48-23.83	grijze leemige klei met grof zand-laagje	bovenaan getrunceerd, onderaan diffuser contact	fluviaal: overstromingsfacies	
23.83-26.55	grijs middelmatig tot grof (354-707 μ) zand met enkele grinden, FU-sequenties tot 1 m	gekruste gelaagdheden	fluviaal	
26.55-28.15	geelbruin zeer grof zand en kiezel (4 mm) met kleibrokken en grovere grinden	structuurloze afzetting	hoog-energetisch milieu; zeer snelle afzetting	
28.15-30.40	grijs en geel leemig fijn zand met pure lignietlagen	-	laag-energetisch milieu, doch constant; interrupties	

Foshei

Diepte in m	Lithologie	Structuur	Milieu	
0.00-2.36	bruinzwart (bovenaan: bodem) tot grijsgroen zwak- tot sterklemig fijn zand met enkele zandleem intercalaties	mooie parallelle gelaagdheid, vooral onderaan	eolisch	
2.36-3.00	bruingeel grof (500-707 μ) tot fijn (177 μ) zand; FU-sequentie	parallelle gelaagdheid	fluviaal: zandbank?	
3.00-7.20	grijze zwak kleihoudende en soms gewassen kiezel, grof zand (500-707 μ), middelmatig zand (354-500 μ) en fijn zand (125-177 μ): afwisseling op dm schaal en in FU-sequenties van 0.5 tot 1 m, onderaan grof grind in lemige en zandige matrix	geen gelaagdheid waarneembaar	fluviaal; verwilderde rivier	
7.20-9.36	olijfgrijze lemige klei, zandleem en lemig middelmatig zand (max. 250 μ); afwisseling op mm en cm-schaal	gelaagdheid zeer goed zichtbaar door groot lithologisch contrast: parallelle gelaagdheid en zeer kleine geultjes; voorstwig op 3.58, 10 cm diep, 1 cm breed	fluvio-lacustrien	
9.36-11.51	(olijf)grijs middelmatig zand (177-354 μ), goed gesorteerd; enkele dunne kleilaagjes; enkele grinden 10.45-9.36	parallelle gelaagdheid zichtbaar door licht schommelend gehalte aan suspensiemateriaal in het zand	fluviaal: relatief traag stromende rivier met vrij constante debieten en ondiepe geulen	
11.51-12.00	grijze lemige klei en fijn tot middelmatig kleiig zand; afwisseling op cm-schaal	parallelle gelaagdheid door lithologisch contrast; kleine geultjes	afwisselend zwak stromend en bijna stilstaand water	
12.00-15.00	(olijf)grijs middelmatig (177-354 μ) heterogeen zand, goed gesorteerd; kleibrokken en enkele zeer dunne klei- of veenrijke laagjes	parallelle gelaagdheid door variatie in suspensiemateriaal; af en toe gekruiste gelaagdheid; soms structuurloos	fluviaal	
15.00-16.95	grijs grof zand, zeer goed gesorteerd (90% tussen 354 en 707 μ); geen grindbijmenging behalve aan de basis	geen gelaagdheid zichtbaar	fluviaal: constant debiet	
16.95-18.35	(olijf)grijs middelmatig zand en zeer kleirijk middelmatig zand; af en toe grindrijk; onderaan veel kleibrokken; kleine FU-sequenties?	structuurloos	zeer sterk wisselend milieu	
18.35-22.20	(olijf)grijs fijn (177-250 μ) zand en grof zand (tot 707 μ) met grind (16mm), onderaan grof grind; rond 20.00m veenaanrijking in laagjes; FU-sequentie	sporadisch gekruiste gelaagdheden	fluviaal: afnemende energetische intensiteit van onder naar boven	
22.20-23.30	geelbruin tot grijs grof tot middelmatig zand (250 tot 707 μ) met grindrijke laag; FU-sequentie	structuurloos	fluviaal	
23.30-23.37	olijfzwarte lemige en zandige klei	parallelle gelaagdheid	stilstaand water	
23.37-25.83	geelbruin grof zand en fijn grind (onderaan dominant); kleibrokken; bovenaan veenaanrijking in laagjes; FU-sequentie	geen gelaagdheid	fluviaal	
25.83-29.00	(olijf)grijs middelmatig tot grof zand (354-707 μ), vrij goed gesorteerd; bijmenging van granulegrind (tot 4mm)	-	fluviaal: rivier met redelijk constante debieten	
29.00-31.17	grijs grof zand (tot 1000 μ), onderaan middelmatig tot grof (354-707 μ); sporadisch	-	fluviaal	

	granulgrind bijmenging; fijnere intercalaties (250 μ); kleibrokjes			
31.17- 32.80	grijs en geel leemig fijn zand met pure lignietlagen	-	laag-energetisch milieu, doch constant; interrupties	

Gevenhof

Diepte in m	Lithologie	Structuur	Milieu	
0.00-3.73	bontgekleurd (bovenaan: bodem) en nadien geel zwaklemig (10%) fijn tot zeer fijn zand met 1 zandleem-laagje; op cm-schaal wisselen iets grovere en iets fijnere laagjes elkaar af; het leemgehalte varieert idem; enkele grovere korrels (2 à 3mm)	parallelle gelaagdheid wordt zichtbaar door korrelgroottevariatie	eolisch; licht variërende windsnelheden	
3.73-6.00	geelbruin zwaklemig fijn tot zeer fijn (88-177 μ) zand en middelmatig (177-354 μ) zand; afwisseling op dm tot 0.5m schaal; onderaan enkele grinden	laminatie; het middelmatig zand komt voor in verstoorde nesten	afwisselend wind- en waterwerking	
6.00-8.23	lichtgrijs en geel zwaklemig fijn zand (125-250 μ tot 125-177 μ); geringe doch aanwezige variatie van leemgehalte op cm schaal, enkele dunne grovere laagjes; veenstippen	laminatie door zwak variërend leemgehalte	eolisch; praktisch geen verspoeling	
8.23-9.39	grijs lemig fijn zand (88-177 μ), middelmatig zand en 2 dunne leemlagen; afwisseling op dm schaal	laminatie	afwisselend water- en windwerking	
9.39-14.45	grijze lemige klei, leem, zandleem, lemig fijn zand (88-177 μ en 177-250 μ) en middelmatig (250-354 μ) zand; afwisseling op mm, cm en dm schaal, leem: 40-50% zeer grof silt van 9.39-11.36m en 20-30% van 11.36-14.00m, quasi grindloos; enkele veenstippen	laminatie; opwelvingen van zand in leem (boorteffect of cryoturbatie?); zeer kleine geultjes opgevuld met zand of klei	hoofdzakelijk waterwerking (zand en klei); ook eolische invloed (leem met veel grofsilt, sommige fijne zandlagen)	
14.45-16.10	grijs(bruin) grindrijk grof zand (500-707 μ) en middelmatig zand, slecht gesorteerd; grind 8-16 mm bevat 41% kwarts; hoekige silex 12%	geen structuur waarneembaar	fluviaal: verwilderde rivier	
16.10-17.54	grijs middelmatig tot fijn zand, vrij goed gesorteerd; homogene afzetting	bovenaan parallel gelaagd, onderaan gekruist gelaagd	fluviaal: rivier met constant debiet	
17.54-20.35	grijs fijn grind (4 mm) vanaf 20.35 tot 19.3, grof en middelmatig (354-500 μ) zand en afgedekt door grijze zandige kleilaag; overal grind tot 20 mm; FU-sequentie	geen structuur waarneembaar	fluviaal: arm van verwilderde rivier, nadien verlaten (klei)	
20.35-22.29	grijs zeer grof grind (onderaan), fijn grind met grof zand en grijs grindrijk grof zand, slecht gesorteerd; FU-sequentie van 22.39-21.27m	-	fluviaal: verwilderde rivier	
22.29-23.43	(geel)grijs grind (4-8mm) en grof zand, slecht gesorteerd; afwisseling op dm-schaal; grind 8-16 mm bevat 43% kwarts; hoekige silex 10%	-	fluviaal	
23.43-23.53	olijfgrijze plastische lemige klei	-	praktisch stilstaand water	
23.53-23.62	bontgekleurd grind, grof zand en leem, heterogene afzetting	structuurloos	plotse sedimentatie	
23.62-31.35	grijs en geel lemig fijn zand met pure lignietlagen, FU-sequentie	-	laag-energetisch constant milieu; interrupties	

Bijlage 3: bepaling gehalte organische koolstof

Boring Wad p. 1-2

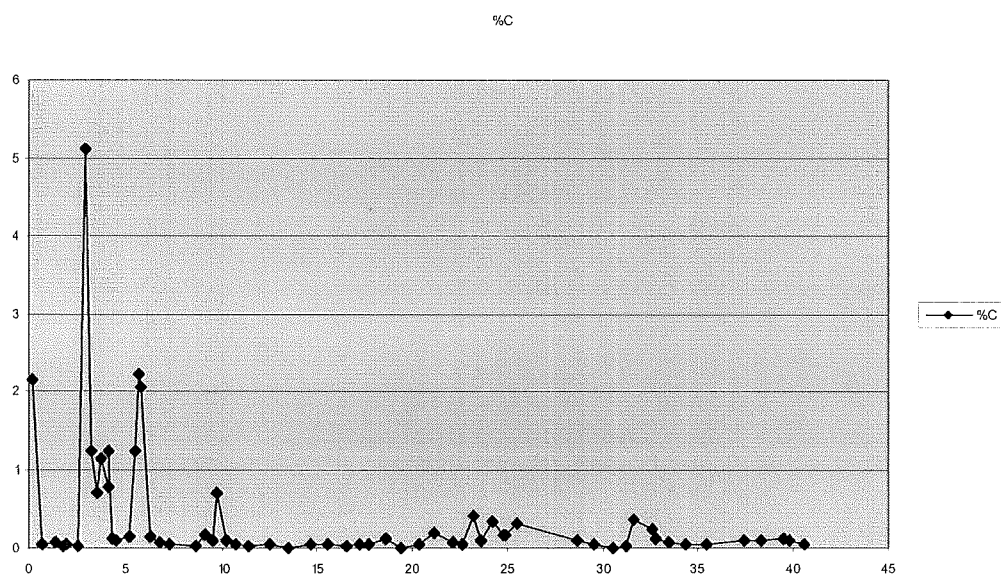
Boring 't Hasselt p. 3-4

Boring Wad

staalnr	gewicht (g)	blanco (ml)	titratie (ml)	% C
0.21	0.531	10.825	7.975	2.141525
0.68	0.502	10.825	10.75	0.059612
1.37	0.6173	10.65	10.525	0.080795
1.74	0.5685	10.825	10.775	0.035092
1.97	0.4923	10.825	10.775	0.040524
2.55	0.583	10.825	10.775	0.03422
2.92	0.593	10	2.425	5.096838
3.21	0.4827	10.625	9.15	1.219236
3.53	0.7182	10	8.75	0.694444
3.74	0.4324	10.65	9.425	1.130377
4.09	0.5508	10.65	9.575	0.778731
4.18	0.1469	9.975	9.525	1.22226
4.32	0.461	10.8	10.65	0.129826
4.5	0.8572	10.65	10.425	0.104731
5.17	0.562	10.8	10.6	0.141993
5.53	0.5458	10.825	8.95	1.224487
5.76	0.4504	10.625	8.125	2.214698
5.81	0.0827	9.975	9.55	2.050484
6.34	0.6534	10.8	10.575	0.137397
6.76	0.5271	10.65	10.55	0.075697
7.28	1.124	10.275	10.125	0.053247
8.65	1.02	10.275	10.2	0.029338
9.19	0.5283	10.625	10.4	0.169932
9.53	0.477	10.625	10.5	0.10456
9.74	0.386	10.3	9.625	0.697733
10.25	0.6301	9.975	9.825	0.094985
10.75	1.0412	9.85	9.725	0.047901
11.47	2.9507	9.85	9.6	0.033806
12.48	0.4561	10.6	10.55	0.04374
13.51	0.4392	10.6	10.6	0
14.63	0.4402	10.55	10.5	0.04532
15.51	0.4960	10.55	10.5	0.040222
16.58	0.4754	10.55	10.525	0.020982
17.25	0.5097	10.55	10.5	0.039141
17.75	0.4543	10.6	10.55	0.043914
18.58	0.4087	10.6	10.475	0.122033
19.43	0.4730	10.6	10.6	0
20.4	0.4190	10.6	10.55	0.047613
21.17	0.5015	10.55	10.3	0.198903
22.13	0.4275	10.6	10.525	0.07
22.67	0.4653	10.55	10.5	0.042876
23.27	0.4993	10.8	10.3	0.399559
23.61	0.4620	10.8	10.7	0.086364
24.2	0.4867	10.6	10.175	0.348418

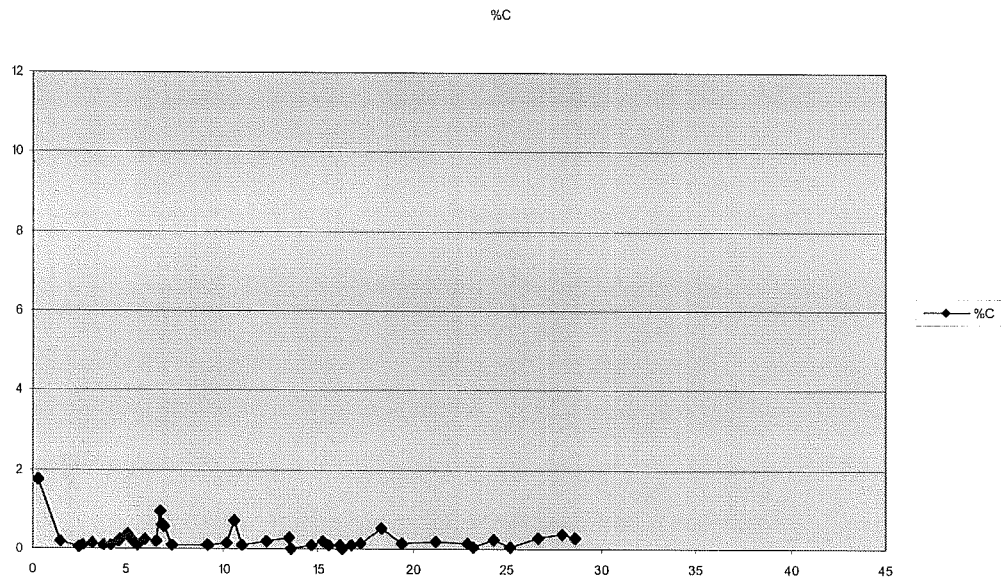
Boring Wad – vervolg

staalnr	gewicht (g)	blanco (ml)	titratie (ml)	% C
24.8	0.4722	10.55	10.35	0.168996
24.92	0.4594	10.55	10.35	0.173705
25.52	0.4524	10.6	10.25	0.308687
28.7	0.4445	10.6	10.5	0.089764
29.5	0.4635	10.8	10.75	0.043042
30.5	0.4223	10.8	10.8	0
31.23	0.548	9.975	9.95	0.018203
31.62	0.4639	9.975	9.55	0.365542
32.55	0.5204	9.975	9.65	0.249183
32.83	0.4742	10.6	10.45	0.126213
33.51	0.4348	10.8	10.725	0.068825
34.38	0.4343	10.55	10.5	0.045936
35.4	0.5118	10.8	10.75	0.03898
37.37	0.4670	10.55	10.45	0.085439
38.33	0.4517	10.55	10.45	0.088333
39.48	0.4928	10.6	10.45	0.121449
39.81	0.4294	10.55	10.45	0.09292
40.56	0.4275	10.8	10.75	0.046667



Boring 't Hasselt

staaln ^r	gewicht (g)	blanco (ml)	titratie (ml)	% C
0.25	0.4699	9.975	7.925	1.74069
1.5	0.6205	9.975	9.7	0.176833
2.5	0.5196	9.975	9.925	0.038395
2.72	0.4087	10.8	10.7	0.097627
3.17	0.4368	10.8	10.65	0.137019
3.8	0.553	9.975	9.875	0.072152
4.2	0.4232	10.8	10.7	0.094282
4.55	0.5403	9.975	9.75	0.166158
4.7	0.46	10.8	10.55	0.216848
5.1	0.2379	9.975	9.75	0.377364
5.27	0.4495	9.975	9.7	0.244105
5.53	0.5273	9.975	9.85	0.094586
5.95	0.4665	10.8	10.55	0.213826
6.5	0.4161	10.675	10.5	0.167808
6.75	0.4418	9.975	8.95	0.925702
6.81	0.4404	9.925	9.225	0.634196
6.96	0.4692	10.8	10.15	0.552749
7.31	0.5285	9.925	9.825	0.075497
9.25	0.4672	9.925	9.825	0.085402
10.2	0.4049	9.975	9.825	0.147814
10.64	0.4045	9.925	9.225	0.690482
10.96	0.5136	9.975	9.875	0.077687
12.25	0.5919	10.675	10.375	0.20223
13.44	0.438	10.675	10.35	0.296062
13.53	0.619	10.675	10.675	0
14.66	0.4999	10.8	10.675	0.09977
15.31	0.4984	10.8	10.575	0.180126
15.59	0.6188	9.975	9.85	0.0806
16.19	0.546	10.675	10.55	0.091346
16.28	0.521	9.925	9.925	0
16.74	0.5183	10.8	10.675	0.096228
17.26	0.4542	10.8	10.65	0.13177
18.34	0.4412	10.8	10.25	0.497393
19.43	0.455	10.675	10.5	0.153462
21.2	0.5599	10.8	10.55	0.178157
22.85	0.5541	10.8	10.6	0.144017
23.22	0.5453	10.675	10.6	0.054878
24.25	0.5396	10.675	10.375	0.221831
25.15	0.457	10.675	10.6	0.065481
26.71	0.4424	10.8	10.5	0.27057
27.96	0.5066	10.8	10.325	0.374112
28.63	0.442	10.8	10.5	0.270814



Bijlage 4: pollenanalysen

Rapport	p. 1-2
Boring Wad	p. 3-7
Boring Mulkerheide	p. 8-9
Boring 't Hasselt	p. 10-14
Boring Foshei	p. 15
Boring Gevenhof	p. 16

Steriele monsters (enkel staalvoorbereiding, geen telling) zijn aangeduid met een "0" in de laatste twee kolommen van elk pollendiagram

Rapport

Inleiding en samenvatting

In dit rapport worden de uitkomsten van het pollenanalytisch onderzoek van boringen 't Hasselt (bemonstering aan vijf profielen), Mulkerheide (bemonstering aan twee profielen) en Wad (bemonstering aan vier profielen) kort toegelicht. Een duidelijke opeenvolging van pollenassociaties die representatief zijn voor een interglaciaal is in de onderzochte 'profielen' niet aangetroffen. Opvallend is, dat in twee profielen vernatting van het milieu wordt geregistreerd (Wad, het eerste en tweede profiel). Verder bevatten sommige spectra nogal wat herwerkte palynomorfen. Het betreft niet alleen 'oud pollen' maar *ook* Dinoflagellaten, Foraminiferen en Classopollis. De laatste lijkt te duiden op Maasinvloed.

't Hasselt (eerste profiel) is het duidelijkste voorbeeld van reworking. De aangetroffen pollenbeelden vertonen sterke gelijkenis met trajecten die we in Nederland in de Formatie van Boxtel hebben aangetroffen (proefschrift Jeroen Schokker). Deze trajecten dateren uit het Saalien en/of het Weichselien.

Een diagram dat op grond van zijn pollen ook stratigrafisch te plaatsen lijkt is boring Wad (eerste profiel). Op grond van het stuifmeelbeeld wordt de afzetting als Weichselien gedateerd. Met name de percentages *Selaginella selaginoides* zijn uit het Pleniglaciaal bekend. Ook de vernatting die in het bovenste deel van het diagram is af te leiden uit de aanwezigheid van *Pediastrum* (alg), *Myriophyllum spicatum*, *Ranunculus aquatilis* type, *Equisetum* en *Cyperaceae*, wordt nogal eens in afzettingen met voornoemde ouderdom aangetroffen.

Bespreking van de afzonderlijke diagrammen

't Hasselt

Van 't Hasselt zijn vijf diagrammen beschikbaar. Diagram 't Hasselt eerste profiel laat bovenaan vijf pollenarme spectra zien. Daarna volgen vier spectra waarvan de polleninhoud sterk wisselt. De onderste vijf spectra bevatten het meeste stuifmeel. Opvallend is het aandeel omgewerkte palynomorfen (Dinoflagellaten, Classopollis en 'Reworked'). Verder geven de *Asterac. liguliflorae*, de *Poaceae* en *Anthemis* type in de onderste spectra aan, dat we te maken hebben met een open landschap.

Van 't Hasselt tweede profiel is geen pollendiagram aanwezig. Dit schijnt nog ter beschikking te komen.

Van 't Hasselt derde profiel (28.30 - 28.80) zijn twee spectra opgesteld. Ze leveren geen opvallend pollenbeeld op. Naast *Pinus* is *Empetrum* belangrijk. Bij Mulkerheide tweede profiel wordt nader ingegaan op deze pollenassociatie.

Van 't Hasselt vierde profiel (15.30 - 15.40) bevat alleen het spectrum 15.35 pollen. Het pollenbeeld is niet opvallend. *Pinus* en *Picea* zijn de belangrijkste bomen.

Van 't Hasselt vijfde profiel zijn drie spectra geteld (23.55, 23.70 en 23.85). Net als bij het vierde profiel zien we hier ook dat de boreale elementen (*Pinus* en *Picea*) het beeld bij de bomen bepalen. Daarnaast is er sprake van herwerkt materiaal (Dinoflagellaten), terwijl bovenaan *Sphagnum* iets oplopende waarden laat zien.

Mulkerheide

Van Mulkerheide zijn twee profielen pollenanalytisch onderzocht. Van het eerste profiel zijn zes monsters op hun polleninhoud bekeken. Alleen het spectrum op 23.30 m bevat voldoende stuifmeel voor een telling. Ook hier is *Pinus* (den) de dominante boomsoort. Daarnaast zijn *Picea* (spar) en *Alnus* (els) vertegenwoordigd. Bij de kruiden zijn de composieten (*Asterac. liguliflorae*) en grassen (*Poaceae*) belangrijk. Uit het pollenbeeld doemt een redelijk open landschap op, met naaldbomen en els op de nattere plekken.

Van Mulkerheide tweede profiel zijn drie spectra geteld. Ze leveren geen duidelijk beeld op. Naast Pinus is Empetrum belangrijk. Het pollenbeeld lijkt op dat wat resteert nadat zich onder boreale omstandigheden een bodem heeft ontwikkeld. Verplaatsing van zulk bodemmateriaal levert vaak dit soort a-typische pollenbeelden op. 't Hasselt derde profiel lijkt op Mulkerheide twee.

Wad

Van Wad zijn vier profielen op hun polleninhoud onderzocht. Het traject 2.90 - 5.90 m levert een bijzonder pollenbeeld op. Bovenin overheersen de waterplanten en wat landkruiden. 'Nat' en 'droog' komen kennelijk naast elkaar voor. Het percentage aan stuifmeelkorrels is echter gering.

Opvallend is in het middendeel het percentage aan Selaginella selaginoides sporen. Onderin lijkt het droger en beheersen den (Pinus) en heide (Calluna vulgaris) het pollenbeeld.

Van Wad tweede profiel zijn zes monsters geteld op hun stuifmeelinhoud. Twee spectra blijken pollenarm te zijn. Het bovenste spectrum laat hoge waarden voor de algen zien (Botryococcus en Pediastrum). Ook Artemisia is aanwezig. Dit alles duidt op een open landschap met in het voorjaar natte plekken.

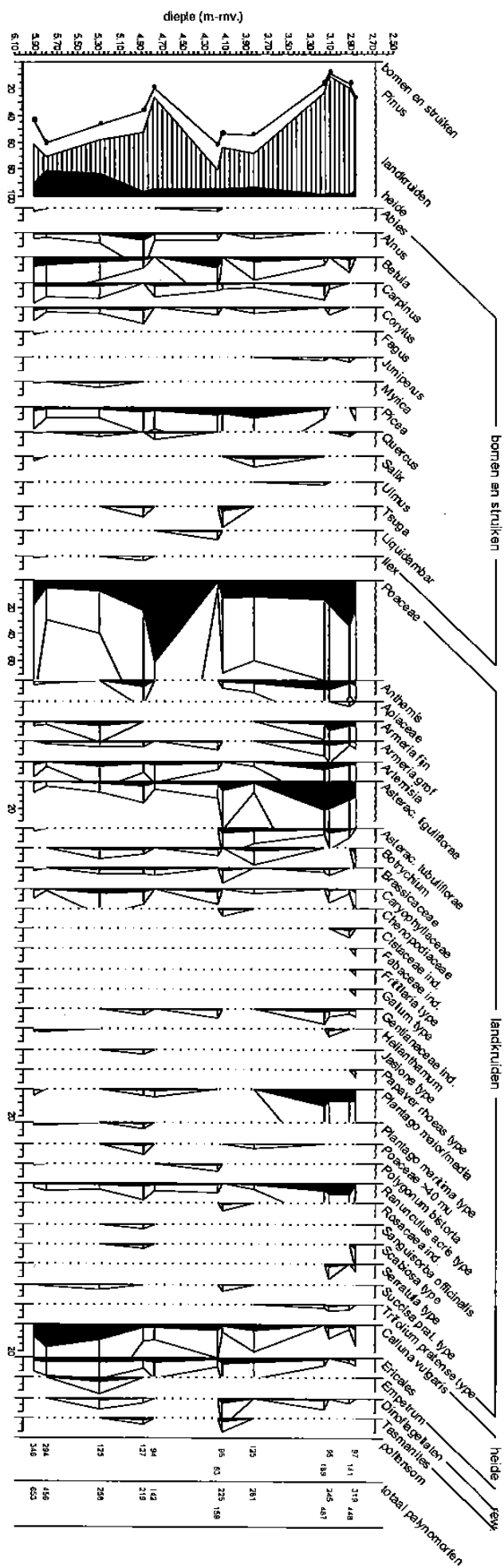
De eronder gelegen spectra laten meer 'droogte' zien (Poaceae). De den (Pinus) is de belangrijkste boom. In het onderste spectrum is te zien dat de spar (Picea) lokaal ook aanwezig is.

Voor Wad derde profiel geldt hetzelfde als wat over de onderste spectra van Wad tweede profiel is gezegd: Pinus is de belangrijkste boom, daarnaast is Picea aanwezig. Heide en veenmos (Sphagnum) zijn relatief goed vertegenwoordigd. Hetzelfde geldt voor Osmunda. Hoewel het lage waarden betreft geldt dat Osmunda vaak kenmerkend is voor afzettingen met een Onder- en Midden Pleistocene ouderdom. In hoeverre het hier gaat om afzettingen van voornoemde ouderdom is niet goed vast te stellen. Sedimentpetrologisch onderzoek kan in dezen meer duidelijkheid verschaffen.

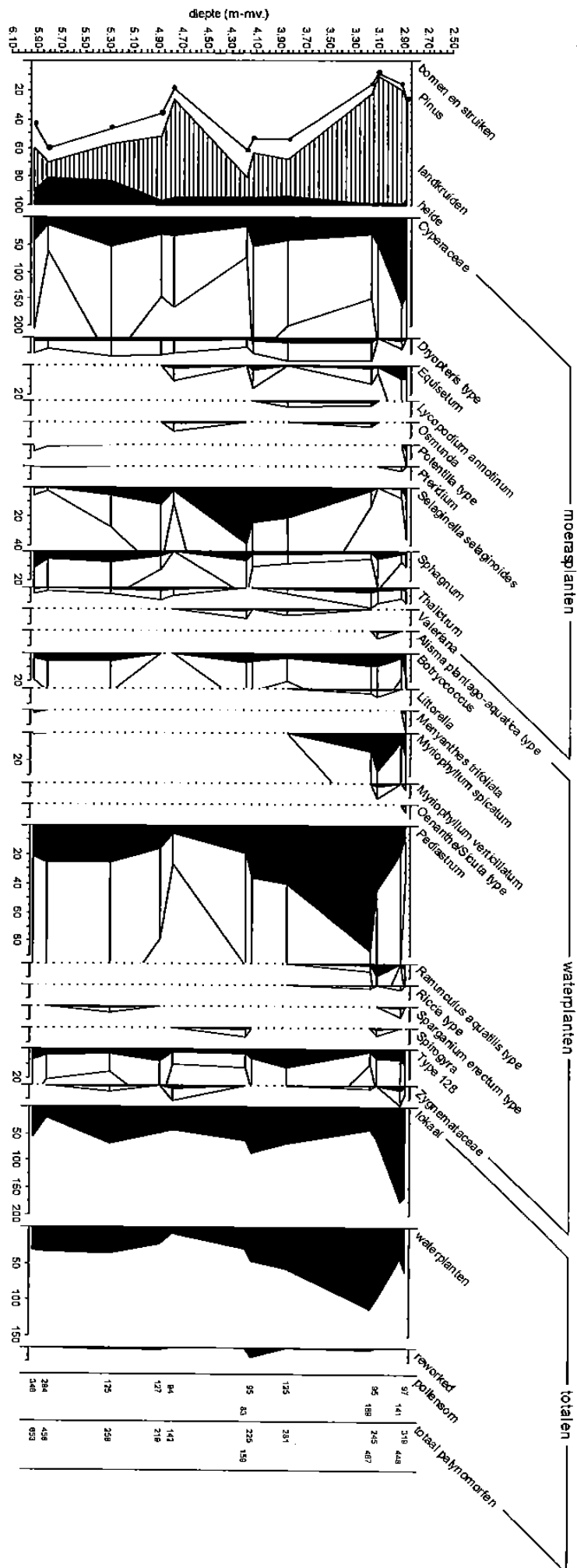
Het pollendiagram Wad vierde profiel beeldt drie spectra af: het is een a-typisch pollenbeeld. Pinus en Picea zijn de belangrijkste bomen. Pediastrum- en kruidenpercentages staan geen uitspraak over nat of droog toe.

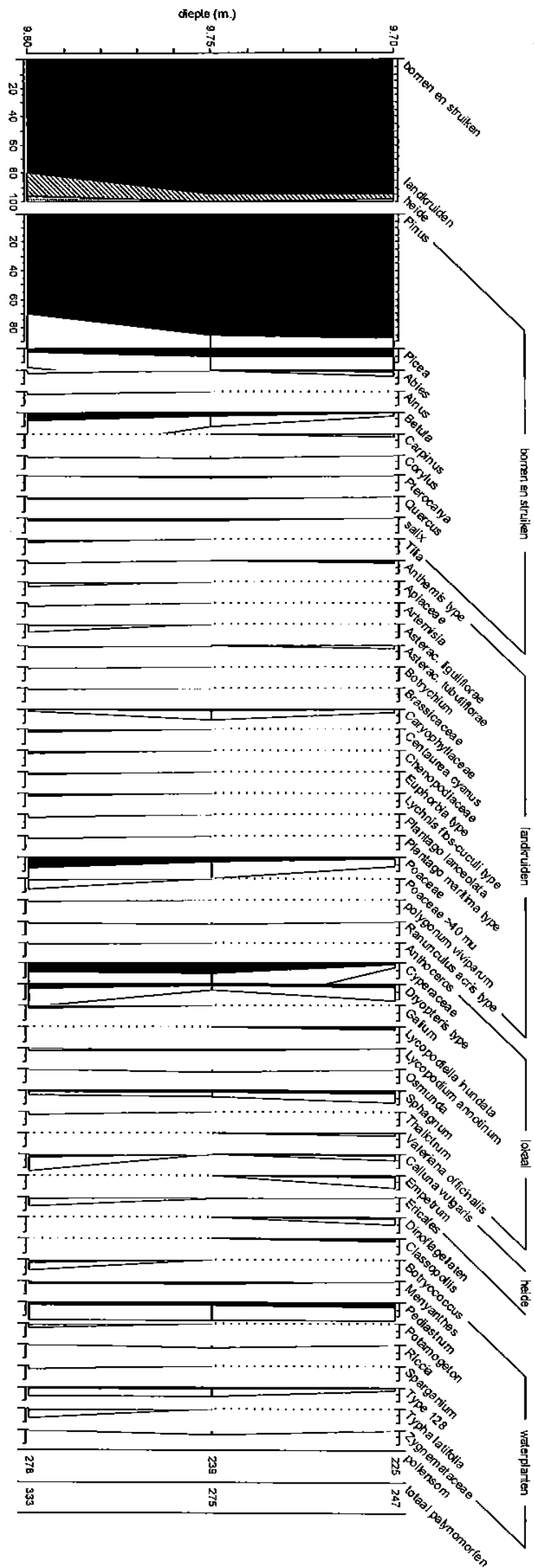
Utrecht, 8 december 2003

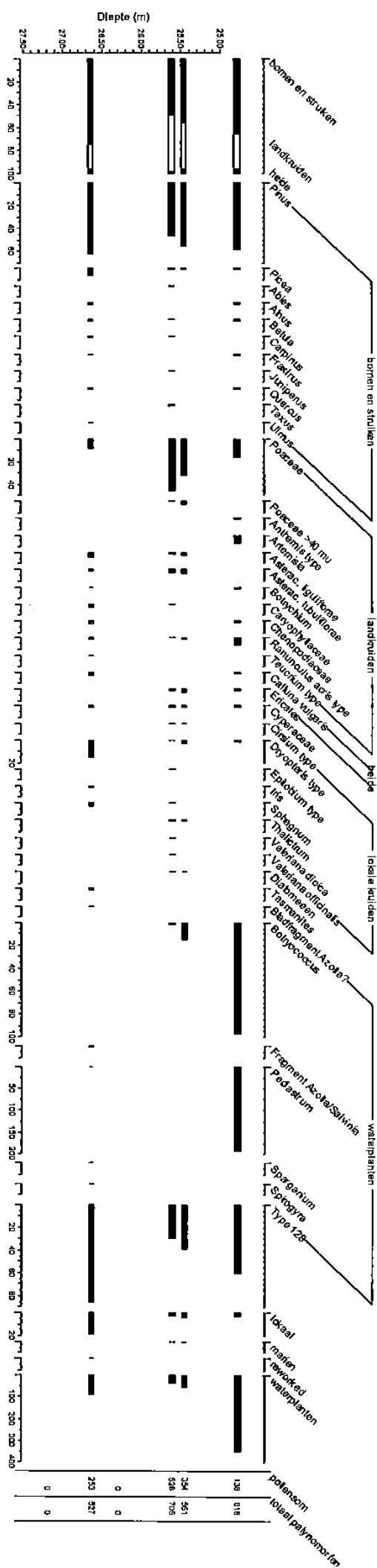
heide / fey.

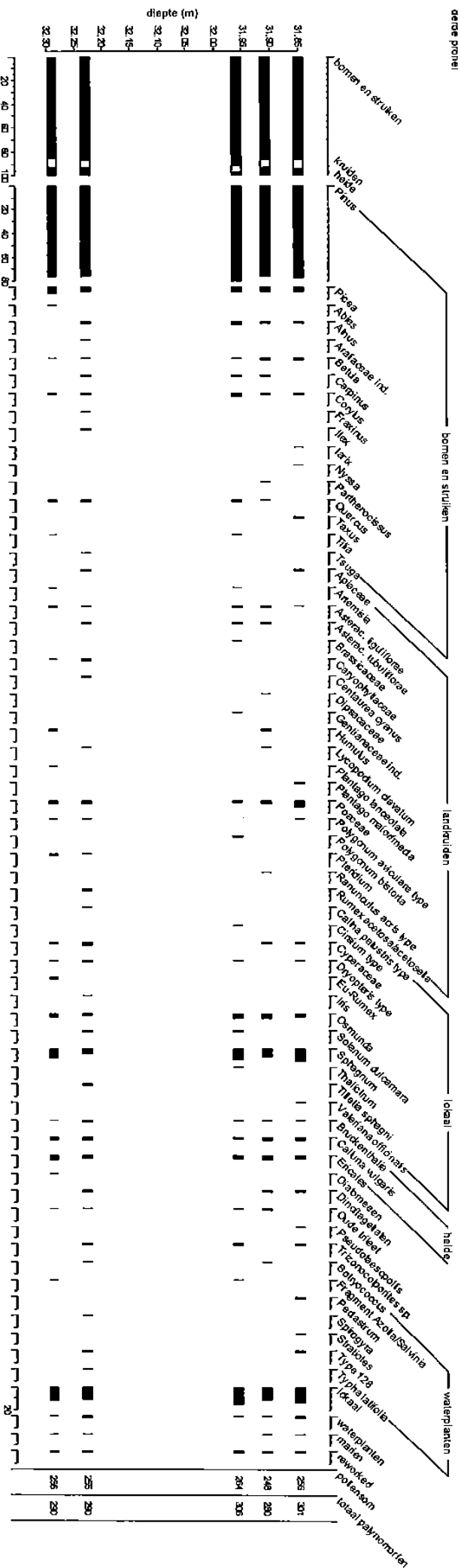


eerste profiel

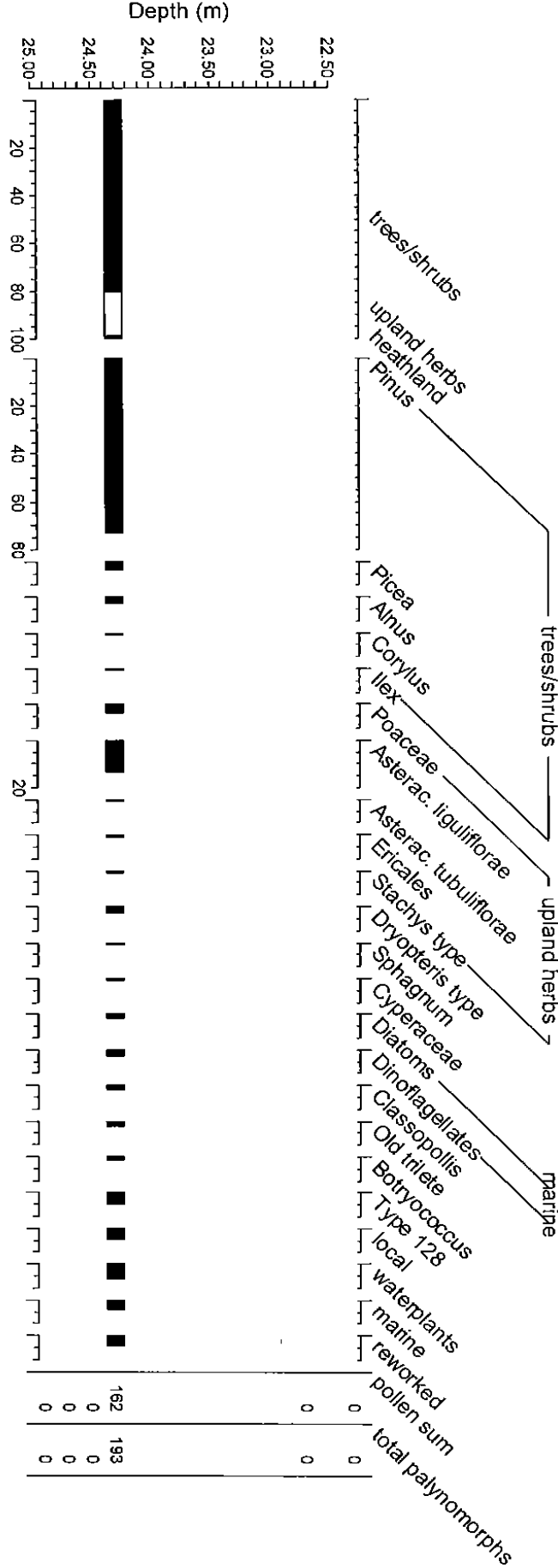




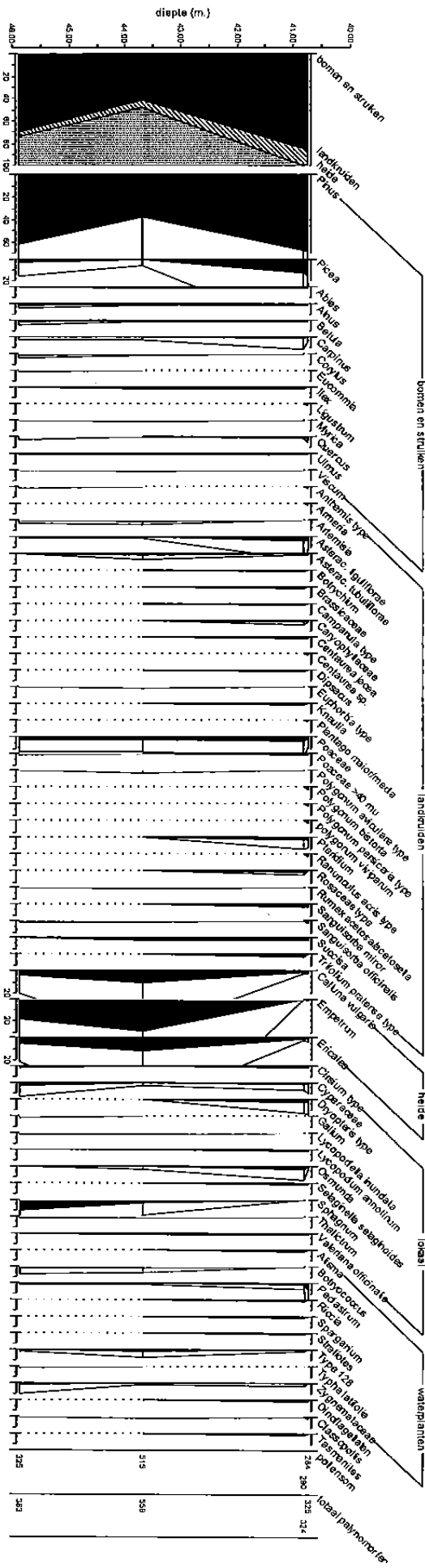


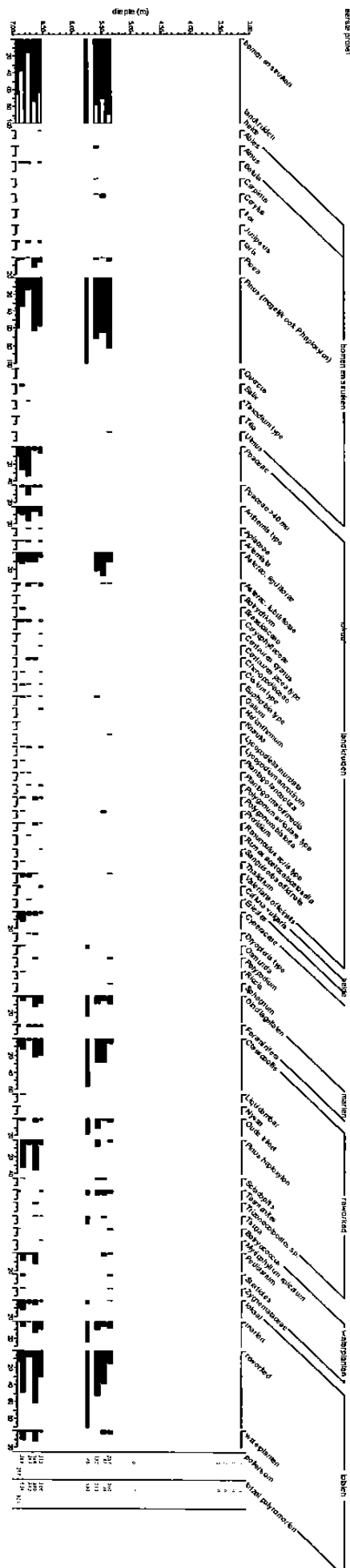


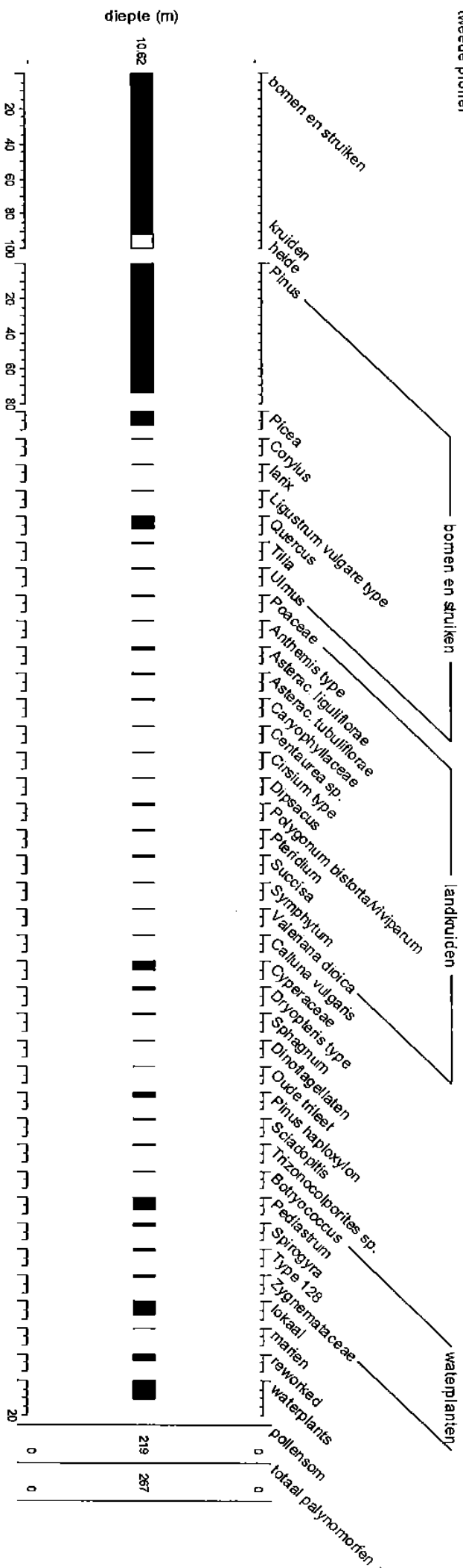
MULKERHEIDE
eerste profiel



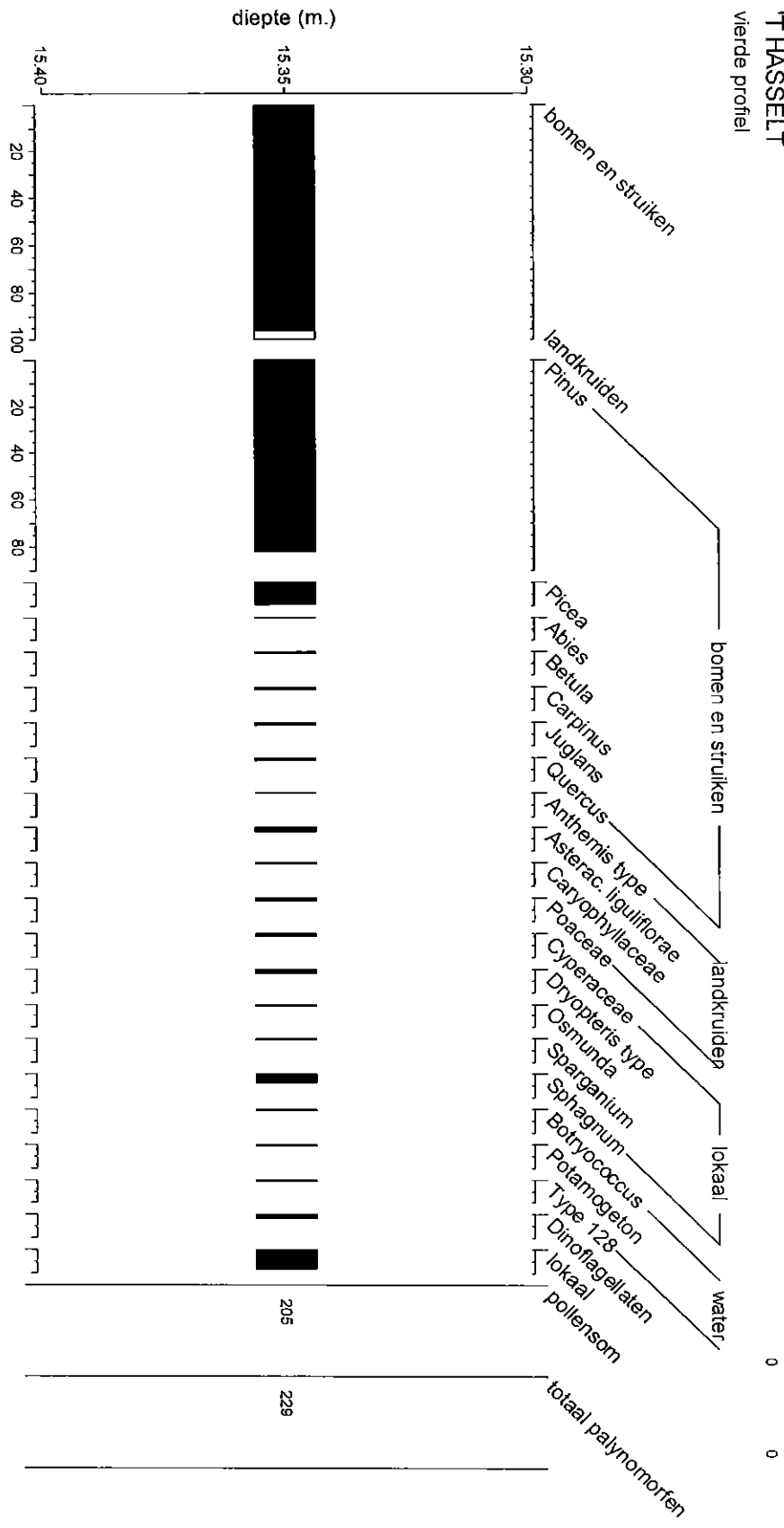
Weed profile



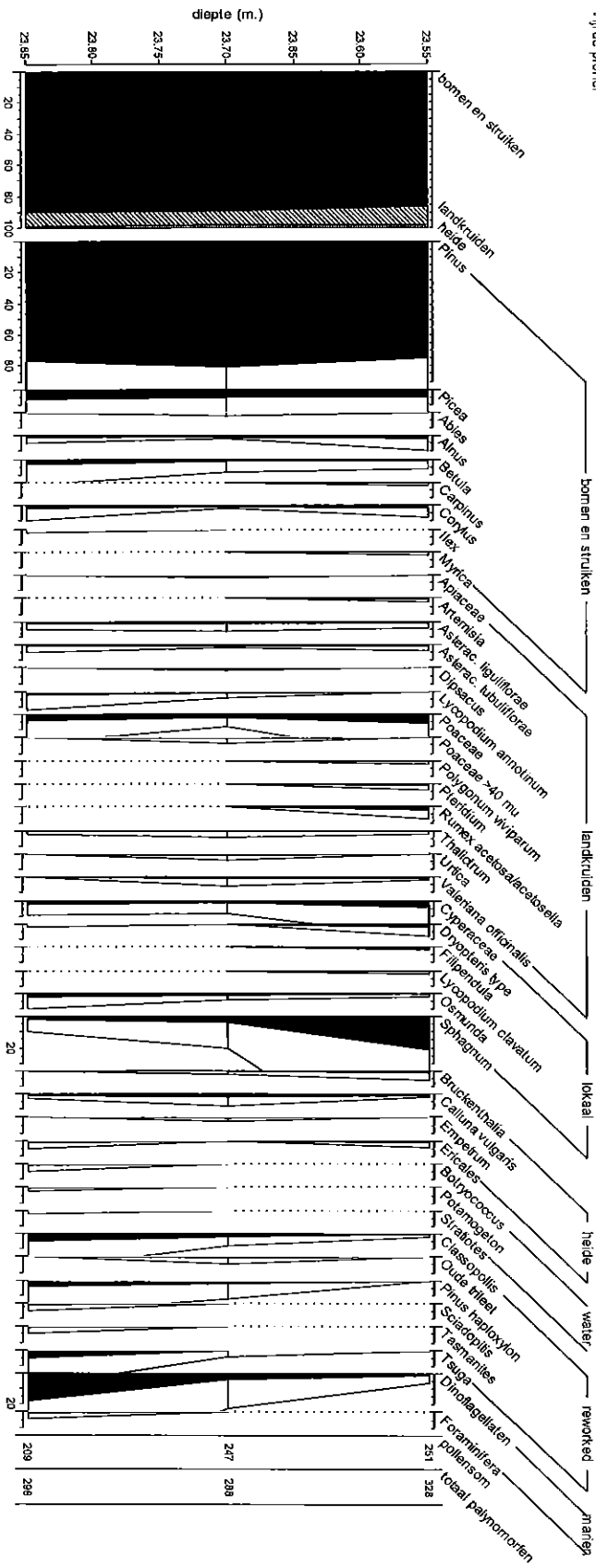




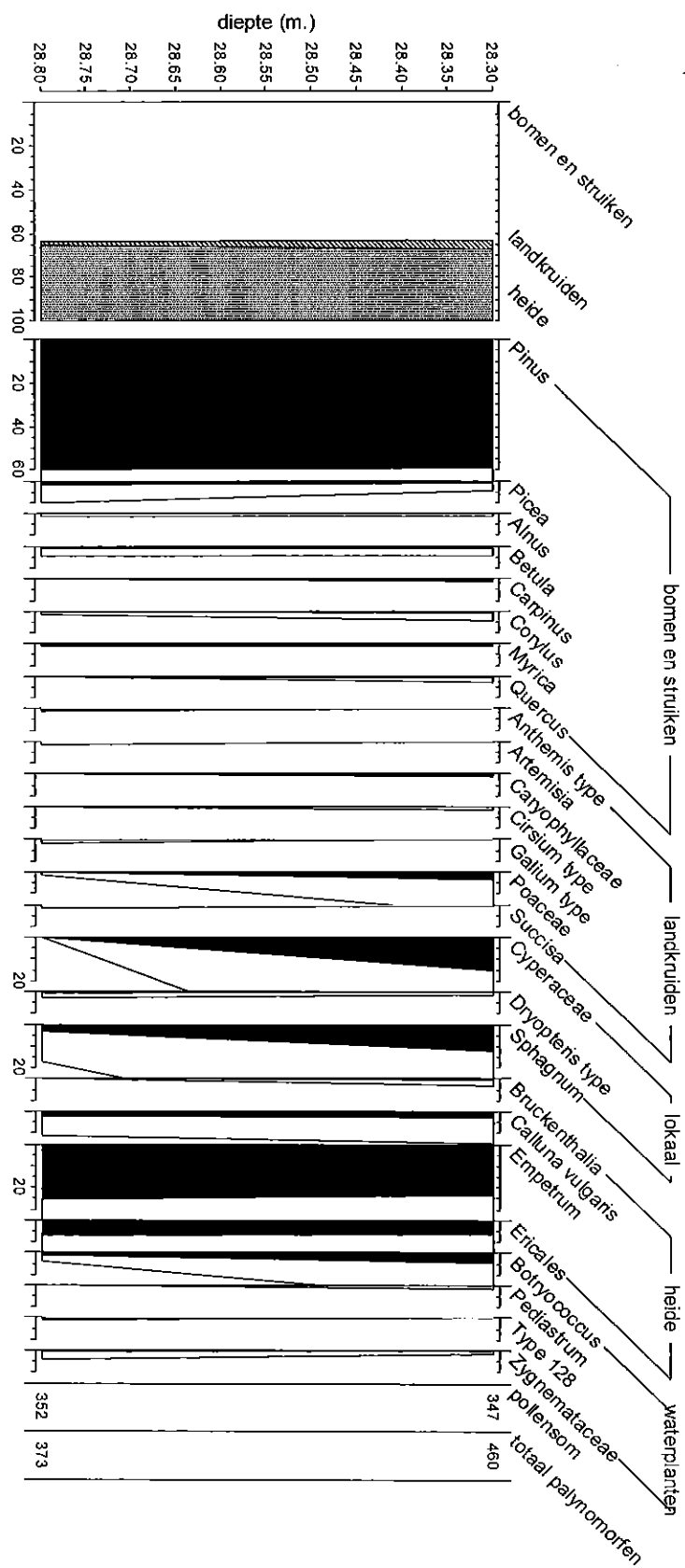
T HASSELT
vierde profiel



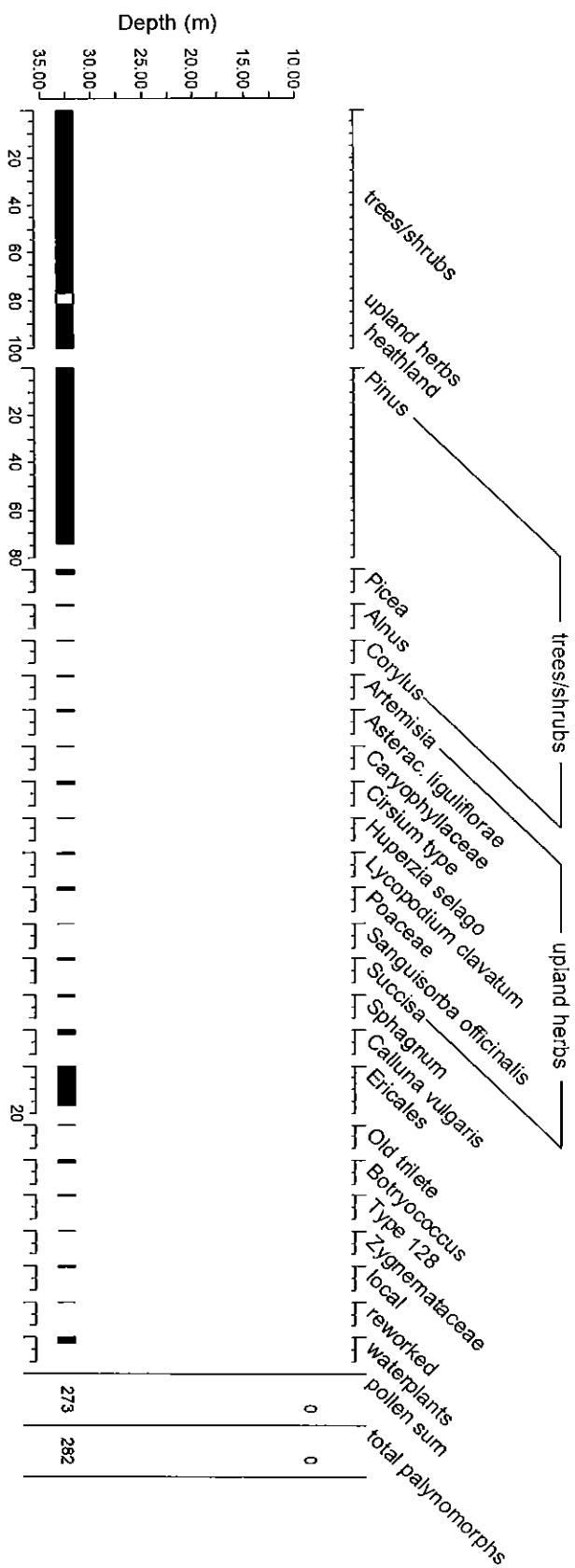
vijfde profie



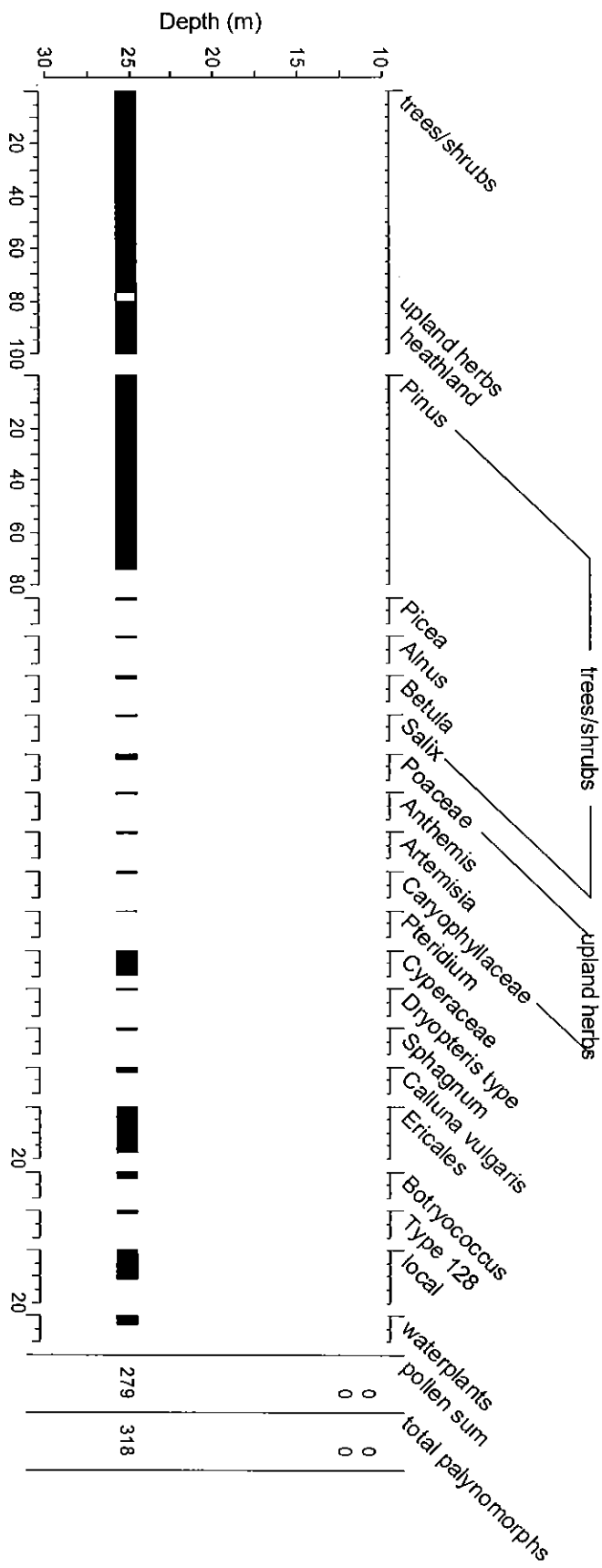
T HASSELT
derde profiel



FOSHEI



GEVENHOF



Bijlage 5: OSL-dateringen

OSL-datering
Vooronderzoek
(Feasibility)

Boring Gevenhof
Monsters: GS-L1 & GS-L2



Laboratorium voor Analytische Scheikunde
Instituut voor Nucleaire Wetenschappen
Proefluinstraat 86
B-9000 Gent
Belgie

Laboratorium voor Mineralogie, Petrologie & Micropedologie
Geologisch instituut
Krijgslaan 281
B-9000 Gent
Belgie

Doel van het vooronderzoek

Het vooronderzoek omvat een benaderende bepaling van de equivalente dosis (D_e) die geabsorbeerd werd door de kwartskorrels van de onderzochte sedimentmonsters en een evaluatie van de bekomen resultaten met het oog op een meer nauwkeurige datering.

Monsters en monstername

Twee boorkernen (overlangs doorgezaagd) werden aangeboden in het laboratorium op 08/02/2002. De eerste kern bevatte sedimenten die aangeboord werden op een diepte tussen 1 en 2 m onder het maaiveld, de tweede sedimenten aangeboord op een diepte tussen 2 en 3 m. De sedimenten in beide kernen zijn zanden die ondergebracht worden in de Formatie van Wildert.

De vochtige helften van de boorkernen werden uitgekozen voor bemonstering. Uit elke kern werd een monster genomen in de donkere laboratoriumkamer (gedempt rood licht). De buitenste laag (~1 cm) die aan licht was blootgesteld, werd hierbij verwijderd. Om contaminatie met sediment dat kleeft aan de buizen te vermijden, werd enkel sediment bemonsterd op meer dan 1 cm van de binnenwand van de buis.

Monster GS-L1 (boorkern: 1 m - 2 m)

In deze kern zijn post-sedimentaire verstoringen en verkleuringen zichtbaar. Het monster voor OSL-analyse werd genomen in het segment 1.75 m - 1.78 m. Onder en boven het monster voor OSL analyse werd een schil sediment van ~ 3 cm dik verzameld voor het bepalen van de jaarlijkse dosis.

Monster GS-L2 (boorkern: 2 m - 3 m)

In deze kern is het sediment niet zichtbaar verstoord. Het monster voor de OSL-analyse werd genomen in het segment 2.60 m - 2.63 m. Onder en boven het monster voor OSL analyse werd eveneens een schil sediment van ~ 3 cm dik verzameld voor het bepalen van de jaarlijkse dosis.

Monstervoorbereiding

Volgende technieken werden gebruikt om zuivere kwartskorrels te isoleren uit de monsters:

- behandeling met H_2O_2 en HCl,
- afzeven van de gewenste korrelgrootte (90-125 μm),
- behandeling met een Frantz magnetic-barrier separator,
- dichtheidsscheiding met zware vloeistoffen (fractie tussen 2,62 en 2,75 $g\ cm^{-3}$),
- etsen met 40% HF bij kamertemperatuur.

Na zuivering werden de kwartskorrels met siliconenolie gefixeerd op aluminium meetschijfjes

Meet- en bestralingsapparatuur

De luminescentiemetingen werden uitgevoerd met een Risø TL/OSL-DA-12 reader (Bøtter-Jensen, 1988; Bøtter-Jensen et al., 1991), uitgerust met blauwe diodes die emitteren bij $470 \pm 30\ nm$ (Bøtter-Jensen et al., 2000) en een infrarood-laser die emitteert bij 830 nm (Bøtter-Jensen et al., 2000). De luminescente signalen werden gefilterd met een 7.5 mm dikke Hoya U-340 UV filter en gedetecteerd met een EMI 9236 QA elektronenvermenigvuldigerbuis. De bestralingen werden uitgevoerd met een op het meettoestel gemonteerde $^{90}Sr/^{90}Y$ β -bron (bronsterkte: 0.0341 Gy/s).

Test voor veldspaatcontaminatie

De afwezigheid van veldspaat werd getest door registratie (bij kamertemperatuur) van de luminescentierespons op stimulering met de 830nm infraroodlaser, na het toedienen van een aanzienlijke regeneratieve β -dosis. Er werd geen significant IRSI-sigitaal gedetecteerd.

Bepaling van de equivalente dosis

Er werden zes bepalingen van de equivalente dosis uitgevoerd op elk monster.

De equivalente dosis werd bepaald via het "single-aliquot regenerative-dose" (SAR) protocol (Murray en Wintle, 2000). Volgende meetsequentie werd gebruikt:

<i>Stap</i>	<i>Behandeling</i>	<i>Geobserveerd</i>
1	Bestralen D_i	L_i (110°C TL) T_i
2	Voorverhitten: 10 s bij 240°C	
3	Stimuleren: 40 s bij 125°C	
4	Bestralen Testdosis D_t	
5	Preheat: ramp tot 160°C	
6	Stimuleren: 40 s bij 125°C	
7	Terug naar Stap 1	

De meetprocedure omvat een meting van het natuurlijke OSL signaal, gevolgd door een meting van de respons op variërende regeneratiedosissen. Na elke meting werd eveneens de respons op een testdosis gemeten. Door het natuurlijke of geregenereerde OSL signaal te calibreren op de overeenkomstige testdosis-respons, kon voor eventuele sensitiviteitsveranderingen gecorrigeerd worden.

Twee tests werden uitgevoerd om de toepasbaarheid van het SAR-meetprotocol op de onderzochte monsters te evalueren. Een eerste test bestond uit de bepaling van de zgn. recycleerratio en had tot doel van de accuratesse van de sensitiviteitscorrectie te toetsen. Een tweede test bestond uit een meting van de nul dosis respons.

Resultaten

De hieronder gerapporteerde resultaten zijn gemiddelde waarden bekomen op basis van de 6 analyses. De gemiddelde gemeten recycleer-ratio's zijn binnen de analytische onzekerheid gelijk aan 1 voor beide monsters (1.01 ± 0.01 GS-L1 en 0.99 ± 0.01 voor GS-L2).

De gemeten respons op de nul dosis is verwaarloosbaar klein nl. 0.70% ($\pm 0.11\%$) van de respons op de natuurlijke dosis voor GS-L1 en 0.67% ($\pm 0.14\%$) voor GS-L2.

Het SAR protocol kan dus worden aanvaard voor toepassing op de onderzochte monsters.

Voor elk monster is een voorbeeld van een gemeten groeikurve afgebeeld op Figuur 1.

De gemiddelde D_e bedraagt 23.2 ± 0.6 Gy voor GS-L1 en 26.1 ± 1.1 Gy voor GS-L2 (1s standaardfout). Uit Figuur 1 blijkt ook duidelijk dat de gemeten paleodosissen ver onder de saturatiedosis liggen hetgeen een geringe ouderdom van het sediment laat vermoeden (jong-Quartair)

Besluiten van het vooronderzoek

- De geschikte mineraal- en korrelgroottefractie (90-125 μm kwarts) kan in voldoende hoeveelheden uit het onderzochte sediment geïsoleerd worden.
- De herhaalmetingen en de nuldosismetingen tonen aan dat het SAR protocol kan worden toegepast op de onderzochte monsters.
- De met het SAR protocol bekomen paleodosissen wijzen op een jong-Quartaire ouderdom en zijn significant kleiner dan de saturatiedosis.
- De beide monsters kunnen dus gedateerd worden.

Gent, 23 april 2002

Onderzoek uitgevoerd door Lic. D. Vandenberghe

Laboratoriumassistentie: J. Temmerman

Verantwoordelijken van het TL/OSL onderzoek,

voor het Laboratorium voor Analytische Scheikunde: Prof F. De Corte

voor het Laboratorium voor Mineralogie, Petrologie & Micropedologie: Prof. P. Van den haute

Referenties

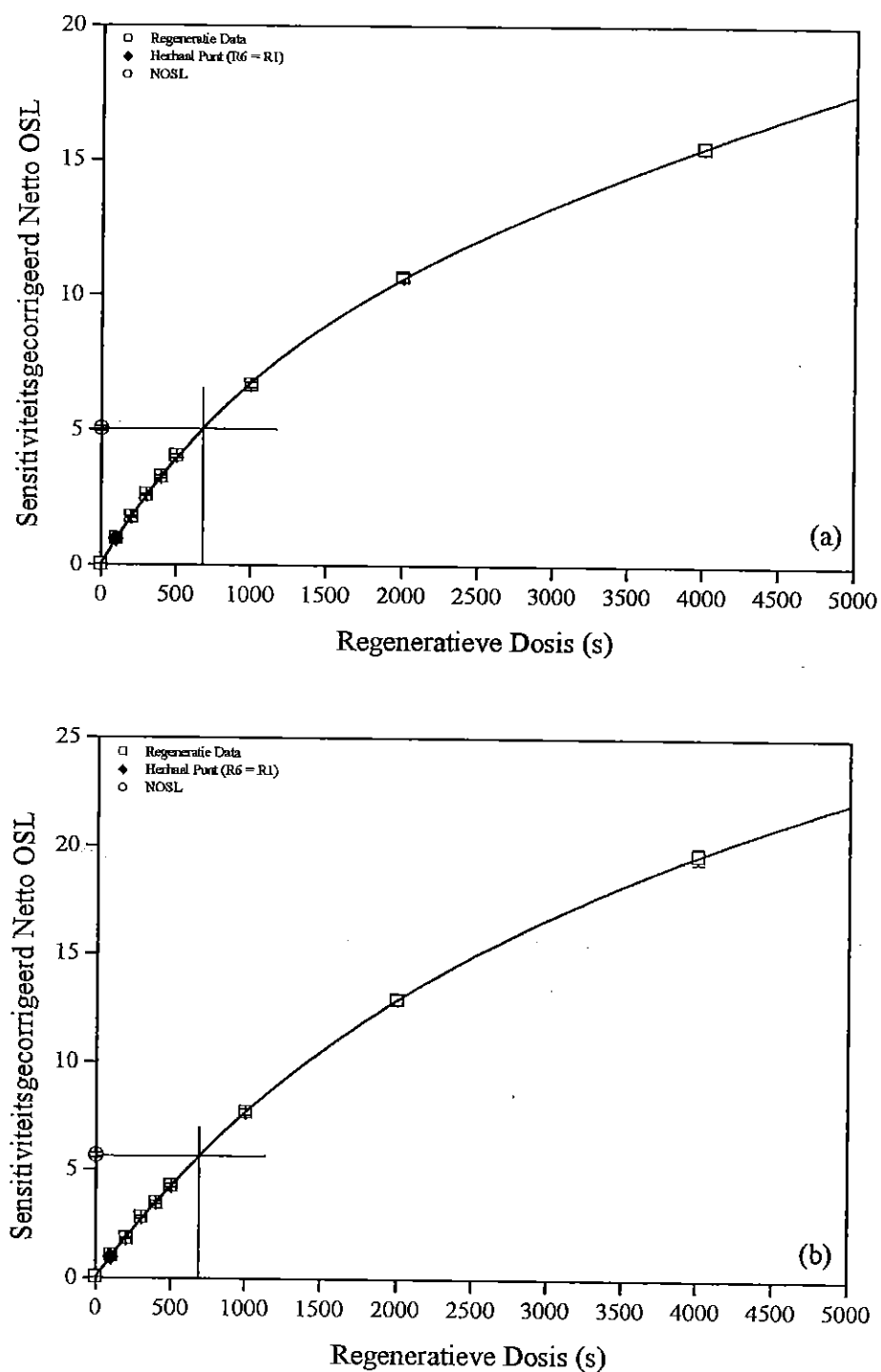
Bøtter-Jensen L. 1988. The automated Risø TL dating reader system. Nuclear Tracks and Radiation Measurements 14, 177-180.

Bøtter-Jensen L, Ditlevsen C, Mejdahl V. 1991. Combined OSL (infrared) and TL studies of feldspars. Nuclear Tracks and Radiation Measurements 18, 257-263.

Bøtter-Jensen L, Bulur E, Duller GAT, Murray AS. 2000. Advances in luminescence instrument systems. Radiation Measurements 32, 523-528.

Murray AS, Wintle AG. 2000. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. Radiation Measurements 32, 57-73.





Figuur 1: Voorbeeld van een SAR-groei-curve voor GS-L1 (a) en voor GS-L2 (b).
(De bronsterkte van de β -bron bedraagt 0.0341 Gy/s)

OSL-datering

Boring Gevenhof

Monsters: GS-L2 & GS-L3



**UNIVERSITEIT
GENT**

Laboratorium voor Analytische Scheikunde
Instituut voor Nucleaire Wetenschappen
Proeftuinstraat 86
B-9000 Gent
België

Laboratorium voor Mineralogie, Petrologie & Micropedologie
Geologisch instituut
Krijgslaan 281
B-9000 Gent
België

Inleiding

Dit verslag rapporteert de resultaten van een onderzoek waarin dekzand-monsters werden gedateerd aan de hand van optisch gestimuleerde luminescentiesignalen. De monsters zijn afkomstig uit drie boorkernen die door Drs. Koen Beerten (Katholieke Universiteit Leuven, Departement Geografie-Geologie, Afdeling Historische Geologie) aan het Gentse luminescentie-dateringslaboratorium werden afgeleverd. Van deze drie kernen werden er twee als prioritair gekozen voor analyse (een derde vertoonde post-sedimentaire verstoringen en verkleuringen). Koen Beerten verstrekke tevens informatie betreffende de stratigrafische relatie, geografische locatie, diepte onder het maaiveld en verwachte ouderdom. Er is geen onafhankelijke ouderdomscontrole (zoals ^{14}C) beschikbaar. Een voorafgaande feasibility studie suggereerde dat beide monsters geschikt zijn voor de hier gerapporteerde analyse.

Monsters en monstername

Twee van de drie aangeboden boorkernen (overlangs doorgezaagd) werden geschikt geacht voor analyse. De eerste kern bevat de sedimenten die aangeboord werden op een diepte tussen 2 en 3 m onder het maaiveld, de tweede die van op een diepte tussen 4 en 5 m.

Uit elke kern werd een monster genomen in de donkere laboratoriumkamer (gedempt rood licht). De buitenste laag (~1 cm) die aan licht was blootgesteld, werd hierbij verwijderd. Om contaminatie door sediment dat kleeft aan de buizen te vermijden, werd enkel sediment bemonsterd op meer dan 1 cm van de binnenwand van de buis.

Monster GS-L2 (boorkern: 2m - 3m)

In deze kern is het sediment niet zichtbaar verstoord. Het monster voor de OSL-analyse werd genomen in het segment 2.60m - 2.63m. Onder en boven het monster voor OSL analyse werd eveneens een schil sediment van ~ 3 cm dik verzameld voor het bepalen van de jaarlijkse dosis. Het sediment uit deze kern wordt volgens een voorlopig stratigrafisch onderzoek ondergebracht in de Formatie van Wildert.

Monster GS-L3 (boorkern: 4m - 5m)

In deze kern is het sediment niet zichtbaar verstoord. Het monster voor de OSL-analyse werd genomen in het segment 4.58m - 4.61m. Onder en boven het monster voor OSL analyse werd eveneens een schil sediment van ~ 3 cm dik verzameld voor het bepalen van de jaarlijkse dosis. Het sediment uit deze kern wordt volgens een voorlopig stratigrafisch onderzoek ondergebracht bij 'herwerkte Maas- en Rijnafzettingen', waarin veel in-situ dekzand zit. Het monster werd genomen uit zo'n ongestoorde dekzandlaag.

Bepaling van de equivalente dosis

Monstervoorbereiding

Volgende technieken werden gebruikt om zuivere kwartskorrels te isoleren uit de monsters.

- behandeling met H_2O_2 en HCl ,
- afzeven van de gewenste korrelgrootte (90-125 μm),
- behandeling met een Frantz magnetic-barrier separator,
- dichtheidsscheiding met zware vloeistoffen (fractie tussen 2,62 en 2,75 g cm^{-3}),
- etsen met 40% HF bij kamertemperatuur.

Na zuivering werden de kwartskorrels met siliconenolie gefixeerd op inox (stainless steel) meetschijfjes (8mm Ø).

Meet- en bestralingsapparatuur

De luminescentiemetingen werden uitgevoerd met een Risø TL/OSL-DA-15 reader, uitgerust met blauwe diodes die emitteren bij 470 ± 30 nm en een infrarood-laser die emitteert bij 830 nm. De luminescente signalen werden gefilterd met een 7.5 mm dikke Hoya U-340 UV filter en gedetecteerd met een EMI 9236 QA elektronenvermenigvuldigerbuis. De bestralingen werden uitgevoerd met een op het meettoestel gemonteerde $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ β -bron.

Test voor veldspaatcontaminatie

De afwezigheid van veldspaat werd getest door registratie (bij kamertemperatuur) van de luminescentierespons op stimulering met de 830 nm infraroodlaser, na het toedienen van een aanzienlijke regeneratieve β -dosis. Indien een significant IRSL-sigitaal werd gedetecteerd [$>10\%$ van het daaropvolgend gemeten kwarts OSL (470 nm) signaal], dan werd het meetschijfje uit de analyse verwijderd.

Bepaling van de equivalente dosis

De equivalente dosis (D_e) werd bepaald via het “single-aliquot regenerative-dose” (SAR) protocol (Murray en Wintle, 2000). Volgende meetsequentie werd gebruikt:

Stap	Behandeling	Geobserveerd
1	Bestralen D_1	
2	Voorverhitten: 10 s bij 160-300°C	
3	Stimuleren: 40 s bij 125°C	L_i
4	Bestralen: testdosis D_t	
5	Preheat: ramp tot 160°C	(110°C TL)
6	Stimuleren: 40 s bij 125°C	T_i
7	Ga terug naar Stap 1	

Tabel 1: SAR meetsequentie (Murray en Wintle, 2000).

In de sequentie zijn twee tests ingebouwd om de toepasbaarheid van het SAR-meetprotocol op de onderzochte monsters te evalueren. Een eerste test bestaat uit de bepaling van de zgn. recycleerratio en heeft tot doel de accuratesse van de sensitiviteitscorrectie te toetsen. Een tweede test bestaat uit een meting van de nul dosisrespons.

Alvorens de equivalente dosis te bepalen, werd een zogenaamde “dosis recovery” test uitgevoerd (Murray en Wintle, 2003). Deze test bestaat erin het natuurlijke luminescentiesignaal uit de kwartskorrels te verwijderen en ze vervolgens een gekende dosis toe te dienen alvorens de SAR procedure toe te passen. Het signaal geïnduceerd door de gekende dosis wordt vervolgens als onbekende (= “natuurlijk”) signaal behandeld en zou dus opnieuw de gekende dosis als uitkomst moeten opleveren. Deze test is een meer robuuste manier om de toepasbaarheid van het SAR-protocol en de gebruikte meetparameters te testen.

Vervolgens werd ook een zogenaamde “preheat-plateau” test uitgevoerd waarin de afhankelijkheid van de D_e van de voorverhittingstemperatuur wordt onderzocht.

Bepaling van de jaarlijkse dosis

Monstervoorbereiding

Het materiaal verzameld boven en onder het te dateren monster werd samengevoegd en in twee porties verdeeld. Een van de porties werd gedroogd bij 110°C tot constant gewicht, vervolgens verpoederd in een pulverisette en verder gehomogeniseerd. Van dit materiaal werden monsters genomen voor neutronenactiveringsanalyse en lage-achtergrond gamma-spectrometrie. De tweede portie werd opzij gehouden om de verzadigingsgraad te bepalen.

Meet- en bestralingsapparatuur

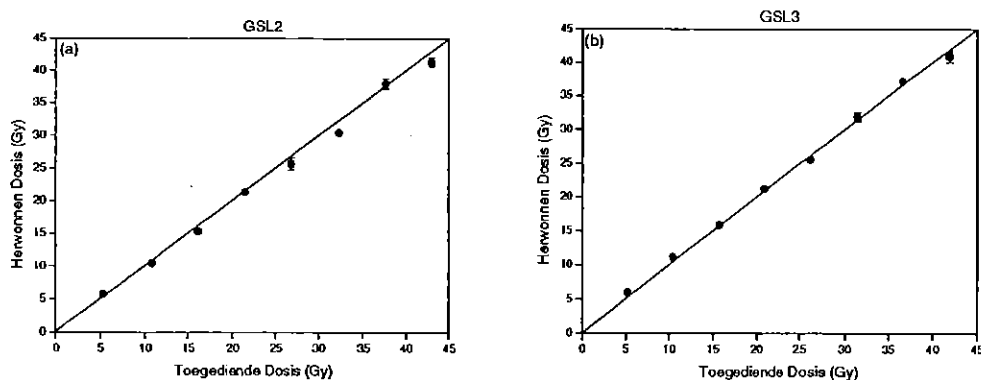
Voor de neutronenactiveringsanalyse werden 3 monstertjes van ongeveer 1-2 gram gedurende 7 uur bestraald in kanaal 3 van reactor Thetis van de Universiteit Gent. De k_0 -methode werd gebruikt voor standaardisatie. De geïnduceerde activiteit werd gemeten op een hyperpure Ge-detector.

Voor de lage achtergrond gamma-spectrometrie werd ongeveer 150 gram van het verpoederde en gehomogeniseerde monster in een luchtdichte plastic container gepakt en voor 1 maand gestockeerd om de opbouw van Rn-gas toe te laten. Vervolgens werd het monster gedurende 1 week gemeten op een "extended energy range" hyperpure Ge-detector in een lage-achtergrond opstelling.

De gebruikte faciliteiten, meetschema's en dataverwerkingsprocedures staan uitgebreid beschreven in Hossain (2003).

Resultaten

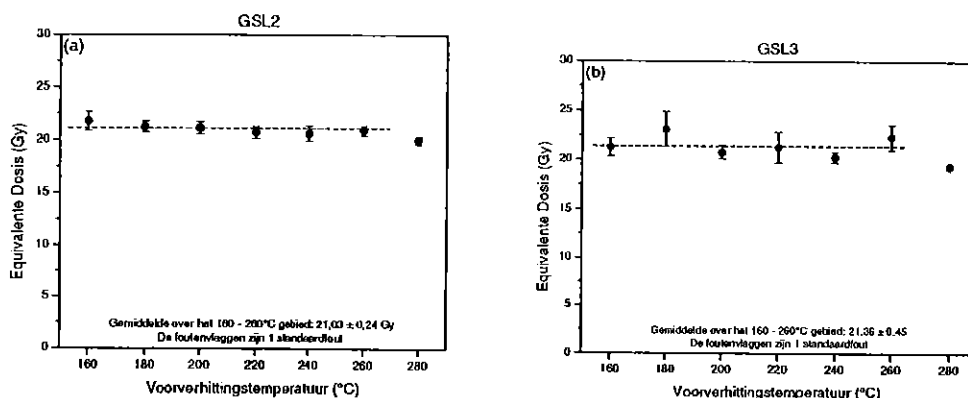
De resultaten van de "dose recovery" test zijn voorgesteld in Figuur 1a en 1b voor GSL2 en GSL3, respectievelijk. De gekende dosissen werden zodanig gekozen dat ze de natuurlijke geaccumuleerde dosis van de te dateren monsters omvatten. Het is duidelijk dat over het ganse onderzochte dosisbereik de toegediende dosissen zowel accuraat als precies herwonnen worden. Dit duidt op de toepasbaarheid van het SAR-protocol.



Figuur 1: "Dosis recovery" test voor GSL2 (a) en GSL3 (b). De voorverhittingstemperatuur was 10s bij 240°C, gekozen op basis van de D_e vs voorverhittingstemperatuur plots (zie Figuur 2a en b). De foutenvlaggen zijn 1 standaardfout.

De resultaten van het voorverhittingsonderzoek zijn weergegeven in Figuur 2a en 2b voor GSL2 en GSL3, respectievelijk. Uit deze figuren volgt dat voor zowel GSL2 als GSL3 elke voorverhittingstemperatuur in het gebied van 160 tot 260°C kan worden gebruikt voor D_e -bepaling.

Het ongewogen gemiddelde over dit "plateau" werd bijgevolg gebruikt voor het berekenen van de ouderdom.



Figuur 2: Afhangelijkheid van de D_e van de voorverhittingstemperatuur ("preheat plateau" test) voor GSL2 (a) en GSL3 (b).

Er kan nog worden vermeld dat enkel de resultaten werden weerhouden bekomen op meetschijfjes waarvoor de recycleerratio, nul dosisrespons en veldspaatcontaminatie aan een drempelwaarde van 10% voldeden.

Wat de jaarlijkse dosis-bepaling betreft, werd met de gamma-spectrometrie geen significant radioactief onevenwicht gedetecteerd. Bijgevolg werd het gemiddelde van gamma-spectrometrie en neutronenactiveringsanalyse gebruikt bij de berekeningen.

Een overzicht van alle resultaten is weergegeven in Tabel 2, samen met de berekende ouderdommen en bijhorende onzekerheden. De onzekerheden op de analytische data zijn de grootste van de in- en uitwendige toevallige onzekerheden. Alle gerapporteerde onzekerheden zijn 1s. Gedetailleerde informatie betreffende de berekeningen en het onzekerheidsbudget kan worden gevonden in Aitken (1985) en Vandenberghe et al. (2003).

	K (%)	U (mg kg ⁻¹)	Th (mg kg ⁻¹)	W.F ¹	D_c^2 (Gy ka ⁻¹)	D^3 (Gy ka ⁻¹)	D_e^4 (Gy)	ouderdom ⁵ (ka)	S_{ran} (%)	S_{syst} (%)	totaal	
											(%)	(ka)
GSL2	0.794 ± 0.008	0.927 ± 0.025	2.429 ± 0.038	0.169	0.154 ± 0.031	1.146 ± 0.009	21.0 ± 0.2 ₍₃₅₎	18.4	1.34	7.79	7.90	1.5
GSL3	0.659 ± 0.003	0.707 ± 0.034	2.088 ± 0.026	0.164	0.124 ± 0.025	0.949 ± 0.008	21.4 ± 0.4 ₍₁₇₎	22.5	2.18	7.71	8.01	1.8

Tabel 2: Overzicht van de analyseresultaten, de bekomen ouderdommen en bijhorende onzekerheden.

¹: $W = \text{maat voor de porositeit} = \frac{m_{sat} - m_{droog}}{m_{droog}}$; $F = \text{saturatiefactor} = \text{fractie van het poriënvolume dat gevuld is}$

met water = 0.8 ± 0.2.

²: berekend volgens Prescott and Hutton (1994), gebruikt makend van 51.2°NB 5.8°OL en 33.75 m asl.

³: totale jaarlijkse dosis, gecorrigeerd voor attenuatie en met de veronderstelling van een inwendige jaarlijkse dosis-component van 0.035 ± 0.018 Gy ka⁻¹

⁴: het subscript tussen haakjes is het aantal onafhankelijke D_e bepalingen

⁵: 1 ka = 1000 jaar

Besluiten

- Diagnostische tests (zoals "dose recovery", "preheat plateau", recycleerratio en nulpuntcorrectie) suggereren de geschiktheid van het SAR-protocol en de gebruikte meetparameters voor equivalente dosisbepaling.
- Aangezien het om windgeblazen materiaal gaat, is partiële bleking (en dus een overschatting van de D_e) onwaarschijnlijk.
- Geen statistisch significante radioactieve onevenwichten werden vastgesteld.
- De bekomen ouderdommen komen overeen met de stratigrafische positie van de monsters.
- De optische ouderdommen zijn 18.4 ± 1.5 ka voor GSL2 (2m-3m) en 22.5 ± 1.8 ka voor GSL3 (4m-5m), wat er op duidt dat de dekzanden werden afgezet in het Laat-Pleniglaciaal, in overeenstemming met de resultaten van het voorlopige stratigrafisch onderzoek.

Gent, 23 september 2003

Onderzoek uitgevoerd door Drs. D. Vandenberghe

Laboratoriumassistentie: J. Temmerman

Verantwoordelijken van het TL/OSL onderzoek,

voor het Laboratorium voor Analytische Scheikunde: Prof. F. De Corte

voor het Laboratorium voor Mineralogie, Petrografie & Micropedologie: Prof. P. Van den haute

Referenties

Aitken MJ. 1985. Thermoluminescence Dating. Academic Press, London, 359pp.

Hossain SM. 2003. A critical comparison and evaluation of methods for the annual radiation dose determination in the luminescence dating of sediments. Doctoraatsthesis, Universiteit Gent.

Murray AS, Wintle AG. 2000. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. Radiation Measurements 32, 57-73.

Murray AS, Wintle AG. 2003. The single aliquot regenerative dose protocol: potential for improvements in reliability. Radiation Measurements 37, 377-381.

Prescott JR, Hutton JT. 1994. Cosmic ray contributions to dose rates for luminescence and ESR dating: large depths and long-term time variations. Radiation Measurements 23, 497-500.

Vandenberghe D, Kasse C, Hossain SM, De Corte F, Van den haute P, Fuchs M, Murray AS. 2003. Exploring the method of optical dating and comparison of optical and ^{14}C ages of Late Weichselian coversands in the southern Netherlands. Journal of Quaternary Science, in press.

