Wat de bodem onthulde

Bodemkundig en micromorfologisch onderzoek van een Mesolithische vindplaats op het rivierduin van Zutphen - Ooyerhoek



M.J. Kooistra, J.R. Mulder en Th. Spek

DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied
Droevendaalsesteeg 3
Postbus 125
6700 AC Wageningen
Telefoon: 0317 - 47 42 00
Fax: 0317 - 42 48 12

sc-dlo

Wat de bodem onthulde

Bodemkundig en micromorfologisch onderzoek van een Mesolithische vindplaats op het rivierduin van Zutphen - Ooyerhoek

Opdrachtgever:

Naam:	R.O.B.
Contactpersoon:	Drs. J.H.C. Deeben
Adres:	Postbus 1600
Postcode/plaats:	3800 BP Amersfoort
Telefoon:	033 - 4227645

Opdrachtnemer SC-DLO:

Projectleiding:	Dr. M.J. Kooistra
Telefoon:	0317 - 474269
E-Mail:	m.j.kooistra@sc.dlo.nl
Projektnummer:	87802 (1999), M9904

Aan het onderzoek werkten mee:

Dr. M.J. Kooistra	Projektleiding en micromorfologisch onderzoek (hst. 1,3,4)
J.R. Mulder	Bodemkundig veldwerk (hst. 2)
Ir. Th. Spek	Bodemkundig veldwerk (hst. 2)
J.D. Schreiber	Vervaardiging slijpplaten
J. van der Staaij	Geologische interpretatie

Datum: 9 augustus 1999

DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied
Droevendaalsesteeg 3
Postbus 125
6700 AC Wageningen
Telefoon: 0317 - 47 42 00
Fax: 0317 - 42 48 12
E-Mail: postkamer@sc.dlo.nl

sc-dlo

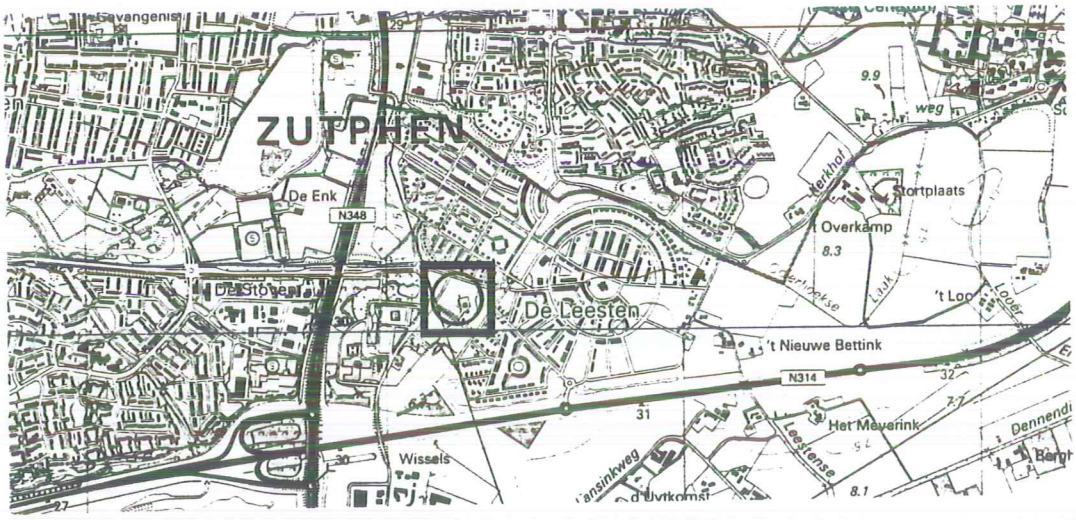
© 1999 SC-DLO
Niets uit dit drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO-Staring Centrum, noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

BODEMKUNDIG EN MICROMORFOLOGISCH ONDERZOEK OPGRAVING ZUTPHEN - OOYERHOEK

1. Inleiding

Op verzoek van de ROB bezochten Maja Kooistra, John Mulder en Theo Spek, allen medewerkers van DLO-Staring Centrum te Wageningen, op 17 maart 1999 de opgraving van een mesolithisch jachtkamp op een rivierduin in Ooyerhoek ten zuidoosten van Zutphen (coördinaten 212.25 ; 460.150). De lokatie van deze opgraving is in figuur 1 weergegeven. De opdrachtgever van deze opgraving was het ROB in Amersfoort en de opgravingsleider Jos Deelen.
Doel van het bezoek was:

1. Analyse van de beschikbare bodemprofielen in de opgravingsputten om inzicht te verkrijgen in de bodemkundige en geologische opbouw van het opgravingsterrein;
2. Het uitwerken van de gegevens en deze vergelijken met beschikbare geologische en bodemkundige informatie.
3. Het nemen van een serie monsters voor slijpplaatonderzoek om de volgende vragen over de vondstenlagen te kunnen beantwoorden:
   - genese van deze lagen
   - landschapsontwikkeling ten tijde van het jachtkamp en daarna
   - invloed die de mens op dit gebied gehad heeft *sensu lato*



Figuur 1. Uitsnede topografische kaart 1:25 000 33 H Zutphen met locatie van de opgraving

Het verslag bestaat uit twee delen. Het eerste deel bestaat uit de uitwerking van het veldwerk en inpassing in beschikbare geologische en bodemkundige informatie. Het tweede deel omvat de uitwerking van het micromorfologisch onderzoek. De geologische en bodemkundige informatie is het eerst uitgewerkt, omdat het enige tijd duurt voordat slijpplaten beschikbaar zijn. Na het micromorfologische onderzoek zijn beide sets gegevens en resultaten met elkaar vergeleken. De conclusies hieruit zijn weergegeven in een synthese.

2. Uitwerking bodemkundig veldwerk

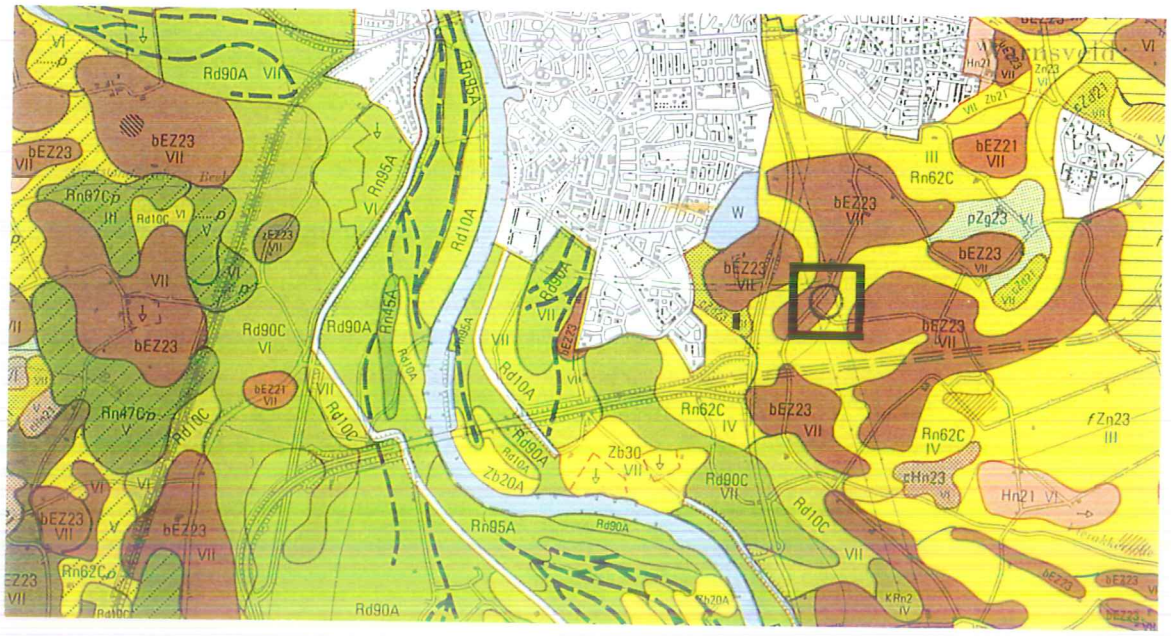
Bodemkundig-landschappelijke ligging van de site
De opgravingslokatie Zutphen-Ooyerhoek maakt in de huidige situatie deel uit van het rivierenlandschap van de IJssel (Figuur 2). De rivier zelf stroomt tegenwoordig ongeveer 2½ km westelijk van de site. Vóór de bedijking (ca 13^{e} eeuw) kon de rivier bij hoogwater nog vrijelijk over de lagere gronden rond Ooyerhoek stromen. Het dikke pakket komklei in de laagte direkt ten oosten van de opgraving (Fig. 2: fRn62C) stamt dan ook vrijwel geheel uit de periode vóór de bedijking (Jonge rivierklei uit het Holoceen). Plaatselijk is deze klei overigens ijzerrijk. Het gaat hier om ijzer dat met de kwelwaterstroom vanuit de diepere, goed doorlatende, Pleistocene zandondergrond is aangevoerd. Het rivierduin waarop de opgraving plaatsvond bevat in de huidige situatie een vrij dik bruingekleurd plaggendek (Fig. 2: bEZ23). Op oude topografische kaarten zien we dat deze bruine enkeerdgronden alle rivierduinen rond Ooyerhoek overdekken en nagenoeg zonder uitzondering in gebruik waren als akkerland (zie ook Militaire Topografische Netkaart uit 1840 op omslag van dit rapport). De historische bebouwing lag hoofdzakelijk op de flanken van de rivierduinen. De komklei-laagten lagen geheel in grasland.

Interessanter dan de recente bodemkundige en landschappelijke situatie is voor ons onderzoek uiteraard de ligging van de opgegraven Mesolithische site in het Vroeg-Holocene landschap. Uit de actuele bodemkaart en uit de weinige geologische publicaties die tot dusverre over de IJssel verschenen zijn, blijkt dat het gebied rond Ooyerhoek deel uitmaakte van het Laat-Pleistocene en Vroeg-Holocene rivierenlandschap van de toenmalige IJssel (Tesch, 1933; Van de Meene, 1977; 1979; 1980; Verbraeck, 1975; 1990). Geologisch rekenen we de oude rivierklei-afzettingen tot de Formatie van Kreftenheye. Ze zijn hoofdzakelijk afgezet in perioden waarin de Rijn nog uit een stelsel van vlechtende rivieren bestond. Uit de zeer brede kale riviervlakte kon zand gemakkelijk opstuiven. Vooral aan de oostkant van het oude Rijn-IJsseldal vinden we dan ook tal van hoog opgestoven rivierduinen. De ouderdom van deze duinen kan sterk variëren. Enerzijds zijn er duinen uit het Laat-Pleistoceen, anderzijds ook uit het Vroeg-Holoceen, maar ook uit de kronkelwaarden van de huidige IJssel stuiven nog wel rivierduintjes op. De laatste categorie is overigens gemakkelijk te herkennen aan de kalkrijkdom van de bovengrond en de nabije ligging van de rivier. Over de exacte ouderdom van de oude rivierduinen bestaat onder geologen overigens de nodige discussie. Wellicht dat het onderzoek in Ooyerhoek een steentje in dit opzicht kan bijdragen.

Het onderzochte rivierduin van Ooyerhoek heeft een zeer karakteristieke 'vliegerachtige'vorm (Figuur 2): het noordelijke deel van het duin is zeer breed met uitlopers in westelijke en oostelijke richting. Aan de zuidzijde zien we een langgerekte uitloper. De opgravingslokatie bevond zich op deze zuidelijke uitloper van het rivierduin.

Referentieprofiel
Tijdens de opgraving is in de zuidwesthoek van het opgravingsterrein een diepe profielkuil gegraven waarin de geologische opbouw van het rivierduin zeer goed zichtbaar was. Hieronder geven we een beschrijving van dit geologisch-

Figuur 2. Uitsnede bodemkaart 1:50 000 33 Oost Apeldoorn met locatie van de opgraving



LEGENDA

DIKKE EERDGRONDEN

ENKEERDGRONDEN

Hoge bruine enkeerdgronden

bEZ21	leemarm en zwak lemig fijn zand
bEZ23	lemig fijn zand

KALKLOZE ZANDGRONDEN

EERDGRONDEN

Beekeerdgronden

pZg23	lemig fijn zand

Akkereerdgronden

cZd21	leemarm en zwak lemig fijn zand
cZd23	lemig fijn zand

VAAGGRONDEN

Vlakvaaggronden

Zn21	leemarm en zwak lemig fijn zand
Zn23	lemig fijn zand

Vorstvaaggronden

Zb21	leemarm en zwak lemig fijn zand
Zb23	lemig fijn zand
Zb30	grof zand

KALKHOUDENDE ZANDGRONDEN

VAAGGRONDEN

Vorstvaaggronden

Zb20A	fijn zand

RIVIERKLEIGRONDEN

VAAGGRONDEN

Kalkloze drechtvaaggronden

Rv01C	profielverloop 1

Kalkhoudende poldervaaggronden

Rn52A	zavel, profielverloop 2
Rn95A	zware zavel en lichte klei, profielverloop 5
Rn45A	zware klei, profielverloop 5

Kalkloze poldervaaggronden

Rn62C	zavel en lichte klei, profielverloop 2
Rn67C	zavel en lichte klei, profielverloop 3, of 3 en 4
Rn47C	zware klei, profielverloop 3, of 3 en 4
Rn95C	zware zavel en lichte klei, profielverloop 5

Kalkhoudende ooivaaggronden

Rd10A	lichte zavel
Rd90A	zware zavel en lichte klei

Kalkloze ooivaaggronden

Rd10C	lichte zavel
Rd90C	zware zavel en lichte klei

bodemkundige referentieprofiel. Het maaiveld lag hier op een hoogte van 9.32 m +NAP.

Profiel zuidzijde opgraving (diepe profielkuil)

0 – 48 cm	1Aap	Plaggendek, donkergrijsbruin (10YR3/2-3), matig humeus (ca 4% org. stof), lutumhoudend (ca 5%) sterk lemig (ca 20%), matig fijn (M50 180µ), kalkloos zand. Houtskool- en baksteenfragmenten.
48 – 74 cm	1ABab	Plaggendek c.q. fossiele cultuurlaag; roodbruin (5YR4/4), zeer humusarm (1 % org.stof), lutumhoudend (2%), zwak lemig (15%), matig fijn zand (M50 190 µ); sterk bioturbaat verstoord (grote diergangen), zeer onregelmatige ondergrens. Houtskoolfragmenten.
74 – 85 cm	1ABab/BCw	Geelbruin (7,5YR5/6), uiterst humusarm, leemarm (8%), matig grof (M50 210 µ), kalkloos, mineraalrijk zand. Zeer heterogeen van samenstelling door sterke bioturbatie. Bevat kenmerken van zowel de bovenliggende 1ABab-horizont als de onderliggende 1BCw-horizont.
85 – 110 cm	1BCw	Geelbruin (10YR5/8), uiterst humusarm, leemarm (8%), matig grof (M50 210 µ), kalkloos, mineraalrijk zand. Geen natuurlijke gelaagdheid zichtbaar.
110 – 180 cm	1C	Licht geelbruin, leemarm (8%), matig grof (M50 210 µ), mineraalrijk zand. Geen natuurlijke gelaagdheid zichtbaar. Basis van het rivierduin, 'eolisch Kreftenheye'.
180 – 267 cm	2Cu	Bleekbruin (10YR6/3), leemarm (5%), grof (M50 300 µ), kalkloos, mineraalrijk zand. Sterk gelaagd. Afwisseling van leem-, zand- en grindbandjes. Fraaie sedimentaire patronen, met onder andere kleine geulvormige grofzandige inschakelingen. Fluvioperiglaciaal.
267 - 310 cm	3Cg1	Lichtgrijs (10YR7/2), leemarm (7%), matig grof (M50 220 µ) kalkloos, mineraalrijk zand. Kryoturbaat verstoord. Roestverschijnselen (gley). Leembandjes, onder meer één van 4 cm dik, lichtbruin gekleurd en sterk bioturbaat verstoord (kevergangen). Dekzand van de Formatie van Twente.
310 – 395 cm	3Cg2	Lichtgrijs (10YR7/2), leemarm (5%), grof (M50 250 µ), kalkloos, mineraalrijk zand. Niet of nauwelijks gelaagd. Roestverschijnselen (gley). Rivierafzettingen van de Formatie van Kreftenheye IV.

395 -	3G	Grijs (10YR7/1), leemarm (5%), matig grof (M50 230 µ), kalkhoudend, mineraalrijk zand. Volledig gereduceerd. Rivierafzettingen van de Formatie van Kreftenheye IV.

(einde boring 465 cm – mv (maaiveld) = 4.67 m + NAP)

Interpretatie

- De diepere ondergrond (dieper dan ca. 4 m onder het maaiveld/– mv.) bestaat uit gereduceerd, kalkrijk, matig grof zand. Ligging en kenmerken wijzen in de richting van rivierzand van de Formatie van Kreftenheye IV uit het Vroeg-Weichselien (Verbraeck 1984, mondelinge mededeling J. van der Staaij).
- Van ca. 4.00 - 2.65 m – mv. komt kalkloos, grijsbruin, roestig matig grof zand voor, dat naar boven toe gelaagd wordt met leembandjes (Kreftenheye IV) en is afgedekt met een laag dekzand dat aan de top kryoturbaat is vervormd.
- Van ca. 2.65 - 1.80 m – mv. bevindt zich een gelaagd pakket kalkloos, grof zand met daarin plaatselijk dunne leembandjes (fluvioperiglaciaal; mondelinge mededeling J. van der Staaij).
- Daarboven ligt een pakket rivierduinzand, dat kalkloos en matig fijn tot matig grof is (eolisch Kreftenheye), waarin tussen ca. 80 – 110 cm – maaiveld mesolithische vondsten zijn gedaan. De top van deze laag is roodbruin van kleur, bevat houtskoolresten en is bioturbaat verstoord.
- De bovengrond bestaat uit een plaggendek.

Tijdens het onderzoek aan de proefsleuf ten NO van het rivierduin hebben we een aantal diepe boringen verricht. Hier bevindt zich een geulvormige laagte die gedurende het Holoceen is opgevuld met grof rivierzand ("verspoelde Kreftenheye) en vervolgens door Rijn en IJssel afgedekt met zavel en klei.
Laagten als deze fungeerden tot 1962 (afsluiting van de Spijkse Overlaat ten oosten van Lobith) als afvoergeulen van hoog water van de Rijn en na het ontstaan van de Gelderse IJssel tussen ca. 2000 en 1000 v. Chr. tot aan de bedijking ook als overstromingsvlakten van de IJssel (Harbers en Mulder 1981; Van de Meene 1979; Spek, 1996).
Gezien vanuit de positie van het Mesolithische kamp lag in ieder geval aan de NO zijde een waterloop met ondiepten, die zich herhaaldelijk verplaatsten. De riviergeul is opgevuld met in hoofdzaak grofzandige onderwaterafzettingen. Plaatselijk hebben kleine eilandjes boven het gemiddelde rivierpeil uitgestoken. In dat licht zou de vondst van de aanwezigheid van een knuppelbrug uitstekend passen (IJzertijd?). Waarschijnlijk al sinds de Romeinse tijd is het geulzand met klei bedekt geraakt. Uiteindelijk is deze rivierloop ineengeschrompeld tot een forse wetering.

Verder zijn er nog de volgende opmerkingen te plaatsen:

- De 1Aap-horizont is voor een plaggendek relatief lutumrijk, wat doet vermoeden dat hier in het verleden grasplaggen zijn opgebracht, afkomstig uit de komkleilaagten in de direkte omgeving. De netto ophoging van het terrein met plaggenmest bedraagt volgens onze schatting ca 60 cm.
- Het Mesolithische vondstmateriaal wordt verrassend diep in het profiel aangetroffen (ca 80-110 cm –maaiveld). Dit doet vermoeden dat na de Mesolithische bewoning (dat wil zeggen in het Vroege Holoceen) nog enkele

decimeters rivierduinzand is opgestoven. Brongebied was vrijwel zeker de brede bedding (zandbanken, grindbanken etc.) van het vlechtende riviersysteem van de "Oude Rijn/IJssel". Wanneer de Mesolithische vondsten inderdaad van rond 9000 BP dateren (=Vroeg Boreaal), dan stamt deze jongste ophoging van het duin naar alle waarschijnlijkheid uit het Boreaal. Deze Vroegholocene overstuiving vormt vermoedelijk de belangrijkste reden voor de relatief goede conservering van het Mesolithische vondstmateriaal.

- In de ABab-horizonten worden vondsten uit het Neoliticum, de IJzertijd, de Romeinse tijd en Vroege Middeleeuwen aangetroffen. De top van deze laag weerspiegelt ongeveer het toenmalige maaiveld. Een belangrijke vraag is die naar de ontstaanswijze van de opvallend roodbruin gekleurde ABab-laag (invloed lutum, bioturbatie, antropogene effecten etc.).
- Profielen blijken zeer weinig boomvallen te bevatten. Dit doet vermoeden dat er in de prehistorie relatief weinig bos op het duin heeft gestaan.
- Het onderzochte rivierduin is zeer diep ontkalkt, tot op de gereduceerde ondergrond. Dit kan een teken zijn van een geleidelijke ophoging met een vrijwel gelijktijdige ontkalking.

Resultaten en conclusie

Over de ouderdom van het rivierduin (Laat-Weichselien?/Vroeg-Holoceen?) bestaat geen zekerheid. De verstuiving heeft kennelijk in fasen plaatsgevonden, hetgeen we afleiden uit de verschillende mate van bodemvorming (blekere lagen afgewisseld door bruinere) en uit het feit dat na het kampement de verstuiving nog is doorgegaan. Vegetatiehorizonten zijn in het rivierduin niet aangetroffen. Omdat de vondsten uit het Mesolithicum globaal op 9000 BP (8000 v. Chr.) zijn gedateerd, denken we dat het merendeel van het zandpakket in het Praeboreaal (dus Vroeg-Holoceen) moet zijn gevormd.

Het micromorfologisch onderzoek zal mede moeten uitwijzen of:

- de opvallend roodbruine laag direct onder het plaggendek onder natuurlijke omstandigheden is ontstaan, onder menselijke invloed of een combinatie van beide;
- de laag waarin de mesolithische vondsten zitten inderdaad door opstuiving is ontstaan,
- wat de herkomst van het materiaal (terraszand, dekzand of beide) is en of de laag antropogeen beïnvloed is.

3. Micromorfologisch onderzoek put 48-536/221

Introductie

Het micromorfologisch onderzoek is uitgevoerd in de lagen die, in het diepe profiel aan de zuidzijde van de opgraving, liggen tussen 110 – 180 cm (1C) en 48 – 74 cm diepte (1Abab) onder het maaiveld (daar 9.32 m + NAP). De diepste slijpplaat begint in de bovenste helft van de laag tussen 110 – 180 cm diepte onder het maaiveld en de hoogste slijpplaat eindigt in de onderkant van het plaggendek. In het profiel waar de slijpplaatmonsters genomen zijn, werkput 48-536/221, liggen deze lagen tussen 802 – 866 cm + NAP.

Er zijn 5 slijpplaatmonsters van 15 x 8 x 5 cm genomen, die elkaar net overlappen om niets te missen in de overgangen. De diepten van de slijpplaatmonsters zijn als volgt, waarbij de slijpplaatnummers gaan van oud naar recent, dwz. van onder naar boven:

- slijpplaat 5: 851-866 cm + NAP
- slijpplaat 4: 838.5-853.5 cm + NAP
- slijpplaat 3: 826.5-841.5 cm + NAP
- slijpplaat 2: 815.5-830.5 cm + NAP
- slijpplaat 1: 802-817 cm + NAP

Slijpplaat 1 begint net in een nieuwe, in het veld duidelijk te onderscheiden, laag. De laag daaronder is veel lichter van kleur. Slijpplaat 5 eindigt in de onderkant van het plaggendek.

De onderste drie monsters dekken de lagen waarin het mesolitische jachtkamp gevonden is. De lagen erboven sluiten dit pakket af en zijn gedeeltelijk natuurlijk en gedeeltelijk door de mens aangebracht. De vragen voor het micromorfologisch onderzoek zijn het verkrijgen van informatie over de:

1. genese van deze lagen
2. landschapsontwikkeling ten tijde van het jachtkamp
3. invloed die de mens op dit gebied gehad heeft *sensu lato*

Hiernaast was er nog een vraag n.a.v. het veldonderzoek over de opvallend roodbruine kleur van de laag direct onder het plaggendek. Is deze onder natuurlijke omstandigheden ontstaan, onder menselijke invloed of een combinatie van beide?

Methoden

Deze monsters zijn eerst luchtgedroogd, geimpregneerd met een kleurloze onverzadigde polyester oplossing en verhard met gamma radiatie. De slijpplaten van 8 x 15 cm met een dikte van 25 µm zijn gemaakt uit de kern van de verharde blokken, om verstoringen zoveel mogelijk uit te sluiten. De preparatie methode van Jongerius en Heintzberger (1975) is hierbij gevolgd. De hardingsmethode staat vermeld in Bisdom en Schoonderbeek (1983).

De slijpplaten zijn geanalyseerd met een polarisatie lichtmicroscoop met vergrotingen tot 200 x. Overzichten van de gebruikte procedures voor het reconstrueren van processen en daarmee de genese van bodem en landschap in verschillende perioden met behulp van micromorfologie zijn gegeven in Kooistra (1990, 1991).

Resultaten

In de slijpplaten kunnen verschillende lagen onderscheiden worden, met ieder hun eigen karakteristieken. Omdat er continu bemonsterd is zijn deze lagen als hoofdeenheid aangehouden en niet de slijpplaat nummers. Deze zijn hieronder kort

aangegeven met eventuele aanduiding van een algemene karakteristiek naar aanleiding van wat er met blote oog in de slijpplaten te zien was.

Laag 7 : ca. 862-866 cm + NAP; esdek; roodachtig bruin (2.5 YR 4/4),
Laag 6 : ca. 857 cm + NAP tot 861 cm + NAP; overgang naar esdek; roodachtig bruin (2.5 YR 4/4),
Laag 5 : 852-857 cm + NAP; oude akkerlaag met ploegsporen; roodachtig bruin (5 YR 4/3),
Laag 4 : 848–852 cm + NAP; oude akkerlaag (id. laag 5) maar zonder ploegsporen, Roodachtig bruin (5 YR 4/3),
Laag 3 : 834-836 cm + NAP, (golvende ondergrens) - 848 cm + NAP; bruin (7.5 YR 5/4),
Laag 2 : 820- ca. 834-836 cm + NAP; mesolitisch vondstmateriaal; bleek bruin (10 YR 6/3),
Laag 1 : 802-820 cm + NAP; mesolitisch vondstmateriaal, bleek geel (5 Y 7/3);

Kleuren zijn slijpplaatkleuren, dwz. kleur dunne coupes droge grond, bepaald met behulp van de Munsell Soil Color Charts (1954)
Deze lagen worden hierna achtereen volgens van oud naar jong beschreven

Laag 1 : 802-820 cm + NAP; bleek geel (5 Y 7/3); slijpplaat 1,2

Bodemmateriaal
Mineraalrijk zand, Ø tussen 40-500 µm, uiterst humusarm, leemarm (ca. 8 %), kalkloos. Minerale korrels zijn afgerond. Zij hebben vrijwel allemaal dunne, vaak lokale, *coatings* die onregelmatigheden in de korrelvorm opvullen. *Coatings* van 5-25 µm dikte. Zij bestaan uit kleirijk materiaal met kleine minerale partikels tot 15 µm Ø. Langgerekte partikels zijn georiënteerd parallel aan het oppervlak van de hoofdkorrel. Er is geen gelaagdheid in het bodemmateriaal te herkennen en de korrels zijn ongeoriënteerde met relatief grote tussenholten en de verdeling van korrelgrootten is at random. Met de hoogte zijn er kleine verschillen in pakkingsdichtheid te onderscheiden. Desalniettemin is de stapeling van het bodemmateriaal stevig en compact (fragipan-achtig).

Holten
Naast de pakkingsholten tussen de korrels komen enkele smalle vertikaal georiënteerde recente wortelgangen voor (Ø ca 2 à 3 mm), enkele onregelmatige kleine diergangen en onregelmatige holten vnl. geproduceerd door enchytraeen. Dit zijn soms hergebruikte en gemodificeerde wortelholten. Sommige gangen zijn gedeeltelijk weer opgevuld met los-gestapelde minerale korrels.

Verschijnselen
- Enkele verbrande organische fragmentjes, (30-600 µm in Ø), deels afgerond, met meestal met een dunne kleicoating, *at random* in het basismateriaal. Het lijkt erop dat deze met het minerale materiaal zijn afgezet. Ook komen er een aantal hoekige verbrande organische fragmentjes voor van ca. 400 – 500 µm in Ø, die of van een lokale bron afkomstig zijn of via mens of dier daar terecht gekomen zijn.
- Enkele kleine botfragmentjes, 120-300 µm Ø, *at random* tussen de minerale

korrels, meestal met dezelfde soort kleicoating als de zandkorrels en de houtige fragmentjes. Sommige botrestjes lijken of zijn verbrand. Een paar incidentele grotere hoekige botfragmentjes tot 1 mm, uit zeer lokale bron afkomstig. Deze komen vaak vlakbij de hoekige verbrande organische fragmentjes voor.

- Enkele bruine cellenclusters en sporangia van ca. 30 – 200 µm in Ø, tussen het basismateriaal, at random. Een enkel hoekig venig brokje van ca. 300 µm in Ø en een enkele rest van zaad/vrucht van ca 500 µm in Ø, ook *at random* in het basismateriaal.
- *At random* komen relatief grote afgeronde minerale korrels voor tot ca. 1 mm in Ø. Deze zijn zeer waarschijnlijk niet door de wind aangevoerd, maar via mens of dier.
- In de laag ca. tussen 810 – 815 cm + NAP komen enkele grotere hoekige kwartssplinters voor, tot ca. 1,3 mm. Deze komen uit lokale bron.
- Enkele resten van recente dunne wortels en coupes door deze recente wortels in de wortelgangen.
- In wortelgangen en onregelmatige holten komen een paar keer kleine ellipsoidale excrementen voor van enchytraeen.

Interpretatie laag 1

1. De afzetting is duidelijk een wind sediment: onregelmatige pakkingsholten en afwezigheid van oriëntatie van langwerpige korrels.
2. Ondanks de open pakking is het basismateriaal stevig en heeft het een zekere kompaktheid. Het lijkt op een fragipan waarin door vorst en dooi grotere samenhang tussen de delen is gekomen.
3. De kleicoatings zijn het gevolg van kryogenese, d.w.z. vele vries en dooi cycli in aanwezigheid van water gerelateerd aan een droog transport waarbij afronding van het zachtere materiaal plaatsvond (Van Vliet-Lanoë, 1985).
4. Met het windsediment zijn ook de meeste verbrande organische resten en botfragmentjes meegekomen. Zij komen uit lokale bron en zijn over korte afstand verplaatst. Dit geldt ook voor het zand dat te ongesorteerd is om van veraf getransporteerd te zijn. Het materiaal is waarschijnlijk zowel langs de grond als door de lucht met de wind verplaatst.
5. Het materiaal bevat geen echte houtskool, noch zijn er duidelijke oude wortelgangen aangetroffen, noch aanrijkingen van ander organisch materiaal, noch sporen van een bijbehorende bodemfauna. Dit houdt in dat dit gebied zeer waarschijnlijk een kruidvegetatie had met lokaal mogelijk wat struiken in laagten met zoetwater.
6. De fragipan wijst op een bevroren ondergrond en aanwezigheid van water in de afzetting.
7. In dit landschap zijn sporen van menselijke aktiviteit: grotere hoekige botfragmenten, grotere hoekige kwartsplinters en waarschijnlijk het hoekige veenbrokje en een deel van grotere afgeronde minerale korrels (tot 1 mm Ø) die te groot zijn voor het windsediment. De grote minerale korrels en het veenbrokje kunnen ook met dieren meegekomen zijn. Het verbrande organische materiaal kan van natuurlijke branden zijn, maar gerichte branden voor de jacht en in vuurplaatsen (verbrande botsplinters) ligt meer voor de hand. Er is meermalen gebrand gezien het voorkomen van verbrand materiaal over de gehele laag.

Laag 2 : 820- ca. 834-836 cm + NAP, golvende bovengrens; bleek bruin (10 YR 6/3); slijpplaat 2,3

Bodemmateriaal

Hetzelfde mineraalrijke zand als in de hieronder gelegen laag. De pakking van laag 1 is echter kompakter. Daar raken de korrels gemiddeld 4 à 5 x een andere korrel. In deze laag raken ze gemiddeld 2 à 3 x een andere korrel. Bovenin wordt de deze laag weer iets compacter, maar is nog steeds minder dicht als laag 1. Pakkingsholten relatief groter dan in laag 1. Langgerekte mineraal materiaal is *at random* georiënteerd.

Holten

Naast de pakkingsholten tussen de korrels komt een enkele smalle vertikaal georiënteerde recente wortelgang voor (Ø ca 2 à 3 mm), een enkele onregelmatige kleine diergang en een paar onregelmatige holten vnl. geproduceerd door enchytraeen. Dit zijn soms hergebruikte en gemodificeerde wortelholten. Sommige gangen zijn gedeeltelijk weer opgevuld met los-gestapelde minerale korrels

Verschijnselen

- Regelmatig voorkomen van kleine verbrande organische fragmentjes (30-600 µm in Ø). Zij zijn afgerond, hebben vaak een dunne niet-continue kleicoating en komen *at random* voor in het basismateriaal. Deze fragmentjes zijn waarschijnlijk als korrels met het minerale materiaal zijn meegekomen. Naar boven toe nemen de aantallen iets af.
- Een relatief groot stuk houtskool 4 mm in Ø, zonder *coating* en onregelmatig van vorm, in een gedeeltelijk opgevulde onregelmatige scheur (gegevens bij beschrijving scheur hieronder).
- Een paar verbrande kleibrokjes (tot 2 mm Ø) en op een paar lokaties een concentratie van een aantal verbrande delen van *coatings* rond minerale korrels (veel rodere kleur door oxidatie ijzer in klei). Voorkomen *at random* in het bodemmateriaal.
- Een aantal grotere, afgeronde, kleibrokjes, tot 2,4 mm groot, ingebed in het minerale zand, *at random* aanwezig, relatief meer in het bovenste deel van deze laag.
- Een grotere, hoekige, botsplinter ca. 1400 µm Ø ingebed tussen zandkorrels. Regelmatig voorkomen van kleine botsplintertjes, 120-200 µm Ø, *at random* tussen de minerale korrels, meestal met kleicoating. Sommige botrestjes tonen verbrandingsverschijnselen. In de bovenkant van deze laag ca 830-834 cm + NAP komt de hoogste concentratie voor.
- Een gedeeltelijk opgevulde grote vertikale krimpscheur (9 cm lang en ca. 1 cm breed), die door bodemfauna lokaal aangetast is, met langs de oorspronkelijke wanden een hogere concentratie van kleirijk materiaal. Hier zijn de minerale korrels door klei-bruggen met elkaar verbonden. Tussen deze korrels vaak onregelmatige, wat verknepen *vesicles*. Halverwege het opgevulde deel is een groot wat hoekig houtkool fragment aanwezig. De opvulling bestaat uit heel los gestapelde minerale korrels van hetzelfde type als de grondmassa.
- Enkele grote zandkorrels van 0,8 – 1,4 mm Ø, ingebed in het basismateriaal, *at random* aanwezig.
- Enkele bruine cellenclusters en sporangia van ca. 30 – 200 µm in Ø, tussen het basismateriaal, *at random*.

- Enkele resten van recente dunne wortels en smalle coupes van recente wortels in de wortelgangen over gehele diepte.
- In wortelgangen en onregelmatige holten komen regelmatig kleine ellipsoidale excrementen voor van enchytraeen.
- Onregelmatige pakkingsverschillen van het bodemmateriaal, door lokaal uitgeoefende druk (waarschijnlijk betreding).

Interpretatie laag 2

1. Windsediment van hetzelfde type (met kryogenetische coatings) als laag 1, maar sneller opgestoven wegens opener pakking.
2. De grote krimpscheur is waarschijnlijk door uitdroging ontstaan en de *vesicles* langs de wand van de krimpscheur door vorst en dooi cycli. Hun aanwezigheid kan een indicatie zijn voor een discontinue/niet gesloten laag vegetatiedek (Van Vliet-Lanoë, 1985).
3. Het sediment bevat hetzelfde soort verbrande organische fragmentjes en botfragmentjes die met het basismateriaal zijn meegekomen als laag 1. Het zijn er hier meer dan in laag 1. Gezien de waarschijnlijk discontinue vegetatie (stuifduin) is het gehalte aan dit verbrande materiaal hoog voor alleen een natuurlijke oorzaak.
4. Het enige grotere stukje houtskool dat aanwezig is zit in een opvulling van recentere datum en heeft geen relatie met de boomloze vegetatie die hier was.
5. In dit landschap zijn sporen van menselijke aktiviteit: grote hoekige botfragment en brokjes verbrande klei en verbrande *coatings* aan zandkorrels. De laatste twee kunnen een indikatie zijn dat vuurplaatsen langs de rivier lagen waar het sediment kleirijker was en waar brandbaar materiaal voorradig was. Daar werd het voedsel bereid dat meegenomen werd voor onderweg, bijvoorbeeld klein wild en gevogelte dat in klei werd gewikkeld om het daarin, in de hete as te braden en daarna mee te nemen voor onderweg. De grote minerale korrels (tot 1,4 mm) en grote kleibrokjes (tot 2,4 mm groot) kunnen mede door dieren meegenomen zijn en hier verloren. Ook de vele pakkingsverschillen door betreding kunnen mede door dieren veroorzaakt zijn.

Laag 3 : 834-836 cm + NAP, golvende grens tot 848 cm + NAP; bruin (7.5 YR 5/4); slijpplaat 3,4

Bodemmateriaal

Dit bestaat uit hetzelfde basismateriaal als de hieronder gelegen lagen. Hier is echter door biologische aktiviteit van wortels en vraat mesofauna een hoger gehalte aan humusrijke klei aanwezig waardoor de grondmassa lokaal een moderachtig karakter krijgt. In het basismateriaal komen nog steeds verbrande organische fragmentjes voor. Botfragmentjes die met het basismateriaal zijn meegekomen zijn zeer schaars.

Holten

Naast pakkingholten tussen het basismateriaal komen zeer regelmatig open gangen voor van 1 tot 3 mm van zowel wortels als bodemfauna, kleinere onregelmatige holten van mesofauna en vele door fauna gemodificeerde wortelholten. Veel van deze gangen zijn weer gedeeltelijk opgevuld met losgestapelde minerale korrels en excrementmateriaal.

Verschijnselen

- Langs de wanden van diergangen en gemodificeerde wortelgangen komen regelmatig dunne *coatings* voor van klei en humusrijk materiaal als gevolg van de biologische aktiviteit.
- Regelmatig zijn holten opgevuld met kleirijker excrement materiaal. De meeste opgevulde holten zijn kleiner dan 2 mm in Ø, maar een enkele opvulling gaat tot 2 cm in diameter.
- In het basismateriaal in opvullingen komen een paar brokjes roodachtig ijzerrijk materiaal voor tot 1,5 mm in diameter. Deze fragmenten zijn vaak hoekig. Waarschijnlijk ijzerrijke fragmenten die zwaarder zijn uit scherven en ander afval uit hogere lagen.
- Een groot fragment van 1,2 mm bij 5 mm dat waarschijnlijk een zwaar verbrand stuk botsplinter is.
- Enkele grotere kleibrokjes tot ca. 1,4 mm in diameter, met oriëntatie van klei en minerale delen in lengterichting. Zeer waarschijnlijk flinters van scherven uit hogere lagen..
- In de opvullingen van oudere holten komen ook enkele kleine houtskoolfragmentjes voor.
- Verschillende vormen en groottes van excrementen waaronder die van enchytraeen en kleine wormen, misschien ook van schelpen of slakken.
- Er zijn ook recente wortelgangen. Die zijn smal, net zo als in de diepere lagen. In sommigen zijn resten van wortels aanwezig. Deze wortelresten vertonen vaak vraat van enchytraeen.

Interpretatie laag 3

1. Dit is hetzelfde basismateriaal als de ondergelegen lagen, dwz. een windsediment.
2. We hebben hier te maken met de onderkant van een oude begroeide laag, die goed beworteld was, met wortelgangen van enkele centimeters in diameter en waar de bodemfauna nadrukkelijk aanwezig was. Hierdoor is de grond relatief aangerijkt met humeus kleirijk materiaal, dat de grond een donkerder kleur geeft. De beperkte toename van klei kan door de wind uit lokale bron (bijvoorbeeld een rivieroever) aangevoerd zijn. De begroeiing bestond in ieder geval uit struiken met een onderbegroeiing. Aanwijzingen voor aanwezigheid van grote bomen zijn niet gevonden.
3. Er zijn geen duidelijke sporen die wijzen op direkte menselijke aktiviteit in deze laag. Er komen enkele wat grotere brokjes aangevoerd materiaal voor in het basismateriaal, maar die kunnen door dieren en vogels meegenomen zijn. De paar ijzerrijke brokjes, flinters van scherven en houtskoolfragmentjes zijn via de opvullingen uit hogere lagen aangevoerd.
4. De lichte toename van kleirijker materiaal en het lokale moderachtige karakter is het gevolg van kleiaanrijking door transport boven naar beneden door de bodemfauna door de tijd heen.

Laag 4: 848–852 cm + NAP; idem laag 5 maar zonder ploegsporen, roodachtig bruin (5 YR 4/3); slijpplaat 4

Bodemmateriaal

Dit bestaat in essentie uit hetzelfde basismateriaal als de hieronder gelegen lagen. De biologische aktiviteit is in deze laag groter geweest dan in de hieronder gelegen laag.

Het gehalte aan humusrijke klei is daardoor aanmerkelijk hoger dan in laag 3. Dit materiaal is aanwezig als bruggen, *coatings* en gehele opvullingen tussen de minerale korrels en is dus geen moder.

Holten

Naast pakkingholten tussen het basismateriaal komen zeer regelmatig open gangen voor tot 5 mm diameter vnl. van wortels. De grotere wortelgangen zijn van boomwortels. Veel kleinere onregelmatige holten van mesofauna en vele door andere fauna en wortels gemodificeerde holten. Een groot deel van deze gangen is daarna al of niet gedeeltelijk opgevuld.

Verschijnselen

- Langs de wanden van diergangen en gemodificeerde wortelgangen komen regelmatig dunne *coatings* voor van klei en humusrijk materiaal als gevolg van vnl. oude biologische aktiviteit.
- Regelmatig zijn holten opgevuld met kleirijker excrement materiaal. De meeste opgevulde holten zijn kleiner dan 2 mm in Ø, maar een enkele opvulling gaat tot 2 cm in diameter.
- Twee grotere scherven. Een van 6 mm dikte, iets taps toelopend en 1,5 cm lang bestaand uit georiënteerde klei, kleinere mineralen en ijzerconcreties. Deze steekt vertikaal in de grond. De tweede is kleiner. Bestaat vnl. uit klei waarin enkele grotere mineralen in voorkomen. Deze is 2mm dik en 5 mm lang en heeft ook een vertikale oriëntatie. In de grondmassa komen regelmatig kleinere brokjes van dit materiaal voor.
- Enkele grotere minerale korrels tot 2,2 mm groot.
- Meer verbrand organisch materiaal (tot ca. 400 µm) en houtskoolfragmenten (tot 800 µm) en van grotere afmetingen dan in laag 3.
- Enkele sporangia en botkorrels tot 400 µm Ø
- Enkele zwarte hoekige tot rechthoekige zwarte brokken met enkele kleine mineralen erin, waarschijnlijk ijzerhoudend. Oorsprong onbekend.
- Het kleirijke materiaal dat aanwezig is, is donkerder van kleur en roder omdat er heel fijne brokje houtskool in zitten en het ijzer sterker geoxideerd is. Dit wijst op branden en hoge biologische aktiviteit.

Interpretatie laag 4.

1. Nog steeds primair hetzelfde windgeblazen basismateriaal, maar met latere lichte aanrijking van kleirijk materiaal (windaanvoer). Onderkant van een oude begroeide laag met van oorsprong struiken en ondergroei, waarin bomen begonnen te groeien. De biologische aktiviteit was beduidend hoger dan in laag 3.
2. Er is op deze plek of hier vlakbij menselijke aktiviteit geweest. Hierop wijzen de aanwezige scherven en hun fragmentjes. Er is gebrand en/of (brand)afval is hier gedumpt. De verbrande organische materialen en verhitte kleideeltjes (die roder zijn) zijn met wat ijzerrijke gronddeeltjes op hun beurt weer deels door de bodemfauna geconsumeerd en terecht gekomen in het kleirijke basismateriaal van de grond, waardoor die een donkerder roodbruine kleur kreeg.
3. Als het profiel ongestoord was geweest, was het zeer waarschijnlijk een volwaardige bruine moder. Nu is het modermateriaal met de daarin opgenomen verbrande klei en - organische materiaal versmeerd en verperst tussen het grovere minerale materiaal. Omdat het modermateriaal zo verkneed is en er veel

verbrandingsresten, afval e.a. in zitten kan dit een oud loopvlak zijn bij huizen of stallen maar evengoed een akker die niet geploegd is (geen ploegsporen).

Laag 5 : 852-857 cm + NAP; roodachtig bruin (5 YR 4/3), oude akkerlaag met ploegsporen: slijpplaat 5

Bodemmateriaal
Dit bestaat uit hetzelfde basismateriaal als de hieronder gelegen laag. De biologische aktiviteit was hetzelfde als in laag 4. Ook het gehalte aan humusrijke klei is hetzelfde en vergelijkbaar.

Holten
Vergelijkbaar met laag 4.

Verschijnselen (alleen veranderingen t.o.v. laag 4)
- Meer fragmenten verbrand organisch materiaal en houtskool dan in laag 4, bovendien is het materiaal groter, tot 1 mm Ø.
- Enkele grotere ijzeraccumulaties in onregelmatige hoekige fragmenten tot 3 mm lang.
- Regelmatig voorkomende kleine fragmentjes van scherven tot 600 µm groot.
- Enkele grotere minerale korrels tot 1,6 mm groot.
- Grondmassa op veel plaatsen versmeerd in banen van 4-8 mm breed, ploegsporen.

Conclusies laag 5.
1. Hetzelfde basismateriaal als de hieronder gelegen laag, ook deel uitmakend van een oude begroeide laag, waarop van oorsprong bomen, struiken en ondergroei stonden.
2. Dit is in een oude akkerlaag, die regelmatig gebrand is en aangerijkt met menselijk afval inclusief scherven en ijzerhoudend materiaal. Deze laag is geploegd. Deze laag is maar ca. 5 cm dik. De ploegdiepte was groter. De rest van de ploegsporen zullen in de hierboven liggende laag aanwezig horen te zijn.

Laag 6 : ca. 857 cm + NAP tot ca. 861 cm + NAP: Roodachtig bruin (2.5 YR 4/4), overgang naar esdek; slijpplaat 5

Heeft alle kenmerken van laag 5. Het bodemmateriaal heeft echter een hoger kleigehalte. Deze klei is niet met de wind aangevoerd maar bewust aangebracht door mensen. Hiernaast bevat het bodemmateriaal nog meer door de mens aangerijkt materiaal, zoals verbrande botsplinters tot 1,8 mm lang, scherven, verbrand materiaal, houtskool. Het klei- en humusrijke bodemmateriaal heeft van oorsprong een moderachtige humusstruktuur in het windsediment en een mullachtige humusstruktuur in het aangerijkte kleirijke materiaal. Beide soorten materiaal zijn met elkaar gemengd. Het klei- en humusrijke materiaal is versmeerd tussen de grotere minerale korrels en er zijn ploegsporen in te herkennen.

Interpretatie laag 6.
Hetzelfde basismateriaal als diepere lagen, maar met duidelijke aanrijking van kleirijker materiaal van elders met een milde humus, waarschijnlijk grasplaggen uit een rivierdal. Ook is er menselijk afval met botresten, houtskool etc. aan toegevoegd. Deze laag vormt de overgang naar het echte esdek en is een oude akkerlaag.

Laag 7 : ca. 862-866 cm + NAP; Roodachtig bruin (2.5 YR 4/4), esdek; slijpplaat 5

Hiervan is alleen de onderkant bemonsterd. Het bestudeerde deel heeft een hoger gehalte aan kleirijk materiaal met een milde humus (mullachtiger). Hiernaast is veel afvalmateriaal aanwezig van verbrand materiaal, houtskool, scherven, botten tot baksteen.

Interpretatie laag 7.
Dit is een klassiek esdek dat opgehoogd is met kleirijker materiaal met een milde humus, waarschijnlijk grasplaggen uit een naburig rivierdal..
Naast ophoging met grasplaggen is ook veel afval materiaal van mensen aanwezig, deels bedoeld als extra aanrijking, deels als puin (o.a. restjes baksteen, scherven). Mensen hebben dus waarschijnlijk dichtbij gewoond.

Conclusies micromorfologisch onderzoek
In Figuur 3 is schematisch een overzicht gegeven van resultaten van het micromorfologisch onderzoek met betrekking tot de gestelde vragen.
De ontwikkelingen in het bestudeerde gebied kunnen als volgt samengevat worden.

1. Ten tijde van laag 1 was er een lage opgestoven rug met een lage toendra-achtige vegetatie. Deze laag bevatte smeltwater dat regelmatig bevroor en dooide. De pakking van deze laag werd daardoor compact en er ontstond een fragipan-achtige struktuur. Op deze rug bivakkeerden mensen, die verantwoordelijk zijn voor de aanrijking met verbrand organisch materiaal van branden en/of vuurplaatsen, botfragmentjes die al of niet verbrand zijn en de grotere onregelmatige kwartssplinters.

2. Daarna stoof de rug relatief snel verder op. Er ontstond een laag duin met een discontinue, niet gesloten, lage vegetatie. Dit duin is meerder malen door mensen bezocht, getuige de aanwezigheid verbrand organisch materiaal, verbrande kleibrokjes en kleicoatings, botsplinters en de relatief grotere stukjes klei en grote minerale korrels die niet door de wind getransporteerd kunnen zijn. Omdat de vegetatie, gezien de discontinue vegetatie, spaarzaam geweest moet zijn, lijkt het erop dat er in een nabijgelegen rivierdal, met een dichtere vegetatie, mogelijk met wat struiken, vuurplaatsen waren waar voedsel bereid werd. De kleibrokjes en grote minerale korrels, die in het duin teruggevonden zijn, kunnen daar aan kleren e.a. zijn blijven hangen. De verbrande kleibrokjes, de verbrande kleicoatings rond korrels en de al of niet verbrande botsplinters, die in het duin gevonden zijn, kunnen erop duiden dat deze mensen leefvoorraad (wild/gevogelte) bij zich hadden dat in klei gebakken was. Naast deze duidelijke aanrijkingen zijn er ook pakkingsveranderingen in het losgepakte stuifzand die wijzen op betreding van waarschijnlijk mensen en dieren.

Figuur 3. Samenvatting resultaten micromorfologisch onderzoek op het gebied van geogenese, landschapsontwikkeling en aktiviteiten van de mens tijdens en na de ontwikkeling van het rivierduin van Zutphen-Ooyerhoek.



3. Daarna stoof het duin verder op. Er kwam een steeds dichtere vegetatie die meer zand inving. Sporen van menselijke aanwezigheid ontbreken.

4. Na verloop van tijd ontstond een stabiele dichte vegetatie van struiken, een enkele boom, en een onderbegroeiing. Hierdoor ontwikkelde zich een humusrijke bovengrond met een door biologische aktiviteit ontstaan moderprofiel. Er was een lichte aanrijking van kleirijk materiaal dat met het zand door de wind aangevoerd moet zijn. Mensen keerden terug voordat er een echt bos op het rivierduin ontwikkeld was, branden de vegetatie, rijkten de grond aan met afval waarin scherven en botten. De grond werd verkneed. Het bestudeerde gebied was of een loopvlak of een akkertje waarin niet geploegd is.

5. De grond werd gebruikt als akker waarin duidelijke ploegsporen te zien zijn. Er werd veel gebrand. De grond werd sterk aangerijkt met menselijk/dierlijk afval.

6. Mensen bleven hier wonen, maar de grond raakte uitgeput en er werd begonnen met aanrijking van de akkers met kleirijke grasplaggen uit naburige rivierdalen.

7. Ophoging van akkers met een plaggendek van kleirijke grasplaggen en allerlei soorten afval, deels bedoeld als extra aanrijking, deels als puin (o.a. restjes baksteen, scherven).

De roodbruine kleur van de oude akkerlagen is veroorzaakt door een combinatie van faktoren. Onder de dichte struikvegetatie was een humusrijke moder ontstaan. Door het veelvuldig branden van een substantiële vegetatie werd niet alleen houtskool en verbrand organisch materiaal gevormd, maar werd ook klei in o.a. de moderclusters gebakken. De overgebleven bodemfauna in de akkers consumeerden, naast organisch materiaal, ook fragmentjes verbrand organisch materiaal (zwart/bruin) en verbrande kleideeltjes (rooiachtig). Dit materiaal krijgt na passage door de darmen van bodemfauna een donkerder roodbruine kleur. Dit gebeurde verschillende malen waarna de nu in het veld zo opvallende roodbruine kleur ontstond.

4. Synthese

Op grond van het geologisch-bodemkundig en micromorfologisch onderzoek kunnen we de volgende fasen in de landschapsontwikkeling van het rivierduin onderscheiden:

Fase 1
Vlechtend riviersysteem; fluviatiele afzetting van matig grof zand (3G-horizont), vaak gelaagde, afzettingen van voornamelijk matig grof leemarm zand met lokaal vele leem- en grindbankjes (3CG1-, 3CG2-, en 2Cu horizonten), Formatie van Kreftenheye IV; afgedekt door een dekzandpakket met kryoturbate verschijnselen van de Formatie van Twente; datering fase 1: Vroeg - MiddenWeichselien.

Fase2
Fluvioperiglaciale afzetting mogelijk afkomstig van de Lochemse Berg, voornamelijk matig grof zand met grind- en leemlaagjes, zeer kwartsrijk; datering fase 2: Midden Weichselien.

Fase 3
Opstuiving van zand uit riviervlakten tot lage ruggen; eolische afzetting van matig grof zand (1C-horizont), eolisch Kreftenheye; lage toendra-achtige vegetatie, fragipan ten gevolge van permafrost; aanwezigheid jagers in 2e helft afzetting; datering fase 2: Eind Weichselien - Preboreaal

Fase 4
Snelle opstuiving rivierduin; eolische afzetting van leemarm matig grof zand (eerste 15 cm 1BCw); geen gesloten plantendek; vorst verschijnselen in de grond; aanwezigheid van jagers; datering fase 4: Eind Preboreaal, vroeg Boreaal.

Fase 5
Verdere opstuiving rivierduin; eolische afzetting van leemarm matig grof zand (laatste 10 cm 1BCw-, doorlopend in de 1Abab/BCw horizont); vegetatie sluit en er beginnen struiken op het duin te groeien, geen menselijke aanwezigheid op bestudeerde plek; datering fase 5: waarschijnlijk Atlanticum/Subboreaal.

Fase 6
Rivierduin stuift langzaam verder op; eolische afzetting wordt langzamerhand fijner van leemarm matig grof tot fijn zand (1 ABab/BCw- en 1ABab horizont); in de struikvegetatie, voordat er een echt bos ontstaan is, worden stukken opengebrand voor bewoning en akkers; eerste akkers niet geploegd (laat Neoliticum/vroege Bronstijd?) latere akkers wel geploegd (IJzertijd/Romeinse tijd); datering fase 6: Prehistorie vanaf begin akkerbouw, waarschijnlijk Subboreaal.

Fase 7
Ophoging akkers op rivierduin met kleirijke plaggen uit naburig rivierdal; matig humeus, lutumhoudend matig fijn zand (1 Aap horizont); datering fase 7: Late Middeleeuwen.

Literatuur

Bisdom, E.B.A. and Schoonderbeek, D., 1983. The characterization of the shape of mineral grains in this sections of soils by Quantimet and BESI. *Geoderma 30: 303 – 332*

Bloemers, J.H.F., Louwe Kooijmans, L.P., Sarfatij, H., 1981. Verleden Land. Archeologische opgravingen in Nederland. Meulenhoff Informatief,Amsterdam, 192 pp.

Harbers, P. en J.R. Mulder, 1981. Een poging tot reconstructie van het Rijnstelsel in het oostelijk rivierengebied tijdens het Holoceen, in het bijzonder in de Romeinse tijd. *Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap. Geografisch tijdschrift XV, 5: 404-421.*

Janssen, C.R., 1974. Verkenningen in de palynologie. Oosthoek, Scheltema & Holkema, Utrecht. 176 pp.

Jongerius, A. and Heintzberger, G., 1975. Methods in soil micromorphology; a technique for the preparation of large thin sections. Soil Survey Papers **10**, Soil Survey Institute, Wageningen, The Netherlands

Kooistra, M.J., 1990. The future of soil micromorphology. In: L.A. Douglas (Ed.), Soil micromorphology. Amsterdam, Elsevier, 1990, pp. 1-8.

Kooistra, M.J., 1991. A micromorphological approach to the interactions between soil structure and soil biota. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment 34 ¼ pp. 315-328.*

Mücher, H.J. and Morozova, T.D., 1983. The application of soil micromorphology in Quarternary geology and geomorphology. In: *Soil Micromorphology. Volume 1: Techniques and applications. A.B. Publishers, Berkhamsted, United Kingdom, p 151 – 194.*

Meene, E.A. van de, 1977. *Toelichting bij de geologische kaart van Nederland 1 : 50 000.* Blad Arnhem Oost [40O]. Haarlem, RGD.

Meene, E.A. van de, 1979. Het ontstaan van de Gelderse IJssel. *Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap. Geografisch Tijdschrift. Nieuwe Reeks XIII, 3: 202-210.*

Meene, E.A. van de, 1980. Geology and geomorphology of a fossil aeolian landscape in the Liemers (eastern Netherlands). *Geologie en Mijnbouw 59,2:113-120.*

Mücher, H.J. and De Ploey J., 1990. Sedimentary structures formed in eolian-deposited silt loams under simulated conditions on dry, moist and wet surfaces. In: *Douglass, L.A., Soil micromorphology: a basic and applied science. Elsevier, Amsterdam, p. 155-161.*

Munsell Soil Color Charts, 1954. *Munsell Color Company, Inc., Baltimore.*

Murphy, C.P., 1986. Thin section preparation of soils and sediments. A.B. *Academic Publishers, Berkhamsted, U.K.*

Spek, Th., 1996. Het rivierenlandschap van de IJssel. In: Spek, Th., Zeiler, F.D. & E. Raap. *Van Hunnepe tot de zee. Geschiedenis van het Waterschap Salland.* IJsselacademie. Kampen. p. 47-72.

Van Vliet-Lanoë, B., 1985. Frost effects in soils. In: *Boardman, J., Soils and Quaternary Landscape Evolution. John Wiley & Sons, Chichester, p. 117-159.*

Verbraeck, A., 1975. Ice-pushed ridges in the eastern part of the Netherlands river area. *Geologie en Mijnbouw. 54 nr. 1-2:82-84.*

Verbraeck, A., 1990. De Rijn aan het einde van de laatste ijstijd: De vorming van de jongste afzettingen van de Formatie van Kreftenheye. *K.N.A.G. Geografisch Tijdschrift XXIII,4:328-340.*

Gebruikte kaarten

- Geologische kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Blad 33 Zutfen. Kwartblad IV.
- Geologische opname P. Tesch in 1933.
- Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Blad Apeldoorn 33 Oost. Uitgave 1979. Wageningen. Stichting voor Bodemkartering.
- Manuscript van de Topografische en militaire kaart van het Koningrijk der Nederlanden. Blad 33 kwartblad xxx. Ca. 1850. Vergroting op schaal 1 : 25 000 van het origineel op de schaal 1 : 50 000. Uit: Bibliotheek de Haaff. (zie uitsnede op omslag).
- Topografische kaart van Nederland 1 : 50 000, blad 33 Oost. Uitgave 1995.

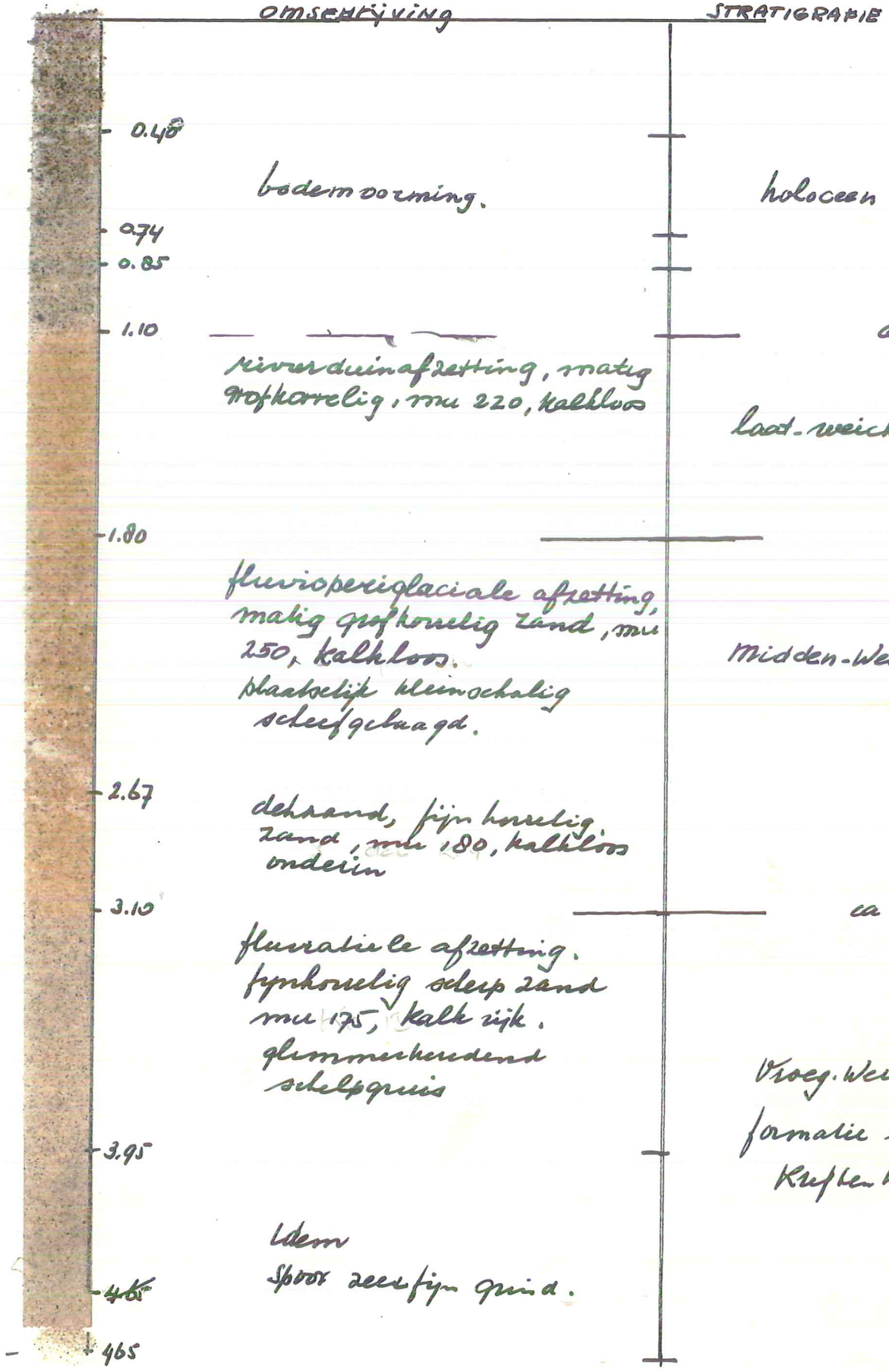
Bijlage

Stratigrafische interpretatie diepe profiel.

Bijlage

Zutphen

9.32+ N.A.P



J. v. d. Staaij