



HET GROOT PROFIELENBOEK

FYSISCHE GEOGRAFIE
VOOR ARCHEOLOGEN

WILKO VAN ZIJVERDEN
& JOS DE MOOR

HET GROOT PROFIELENBOEK



Sidestone Press

HET GROOT PROFIELENBOEK

FYSISCH GEORGRAFIE
VOOR ARCHEOLOGEN

WILKO VAN ZIJVERDEN
& JOS DE MOOR

© 2014 W.K. van Zijverden & J. de Moor

Uitgegeven door Sidestone Press, Leiden
www.sidestone.com

ISBN 978-90-8890-273-4

Vormgeving binnenwerk en omslag: Sidestone Press
Foto omslag: J. de Moor

Deze publicatie is mede mogelijk gemaakt door:

STICHTING NEDERLANDS MUSEUM VOOR ANTHROPOLOGIE EN PRAEHISTORIE



Inhoudsopgave

Voorwoord	7
Inleiding	9
1 Begrippen en tijds kader	13
1.1 De wetenschappen	13
1.2 Algemene principes en enige terminologie	15
1.3 Tijdsindeling	16
1.4 Archeologische periode-indeling	24
2 De lithostratigrafische indeling van Nederland in het veld toegepast	25
2.1 Inleiding	25
2.2 Onderverdeling	25
2.3 Zagwijn en Van Staalduinen	28
2.4 De Mulder et al.	32
3 Pleistocene landschappen	37
3.1 Inleiding	37
3.2 Fluviatiele landschappen	37
3.3 Glaciale en fluvioglaciale afzettingen	42
3.4 Eolische en periglaciale afzettingen en landvormen	48
3.5 Bijzondere fenomenen: breuken en wijst	54
3.6 Profielen	55
4 Holocene landschappen	63
4.1 Inleiding	63
4.2 Fluviatiele afzettingen	63
4.3 Mariene afzettingen	70
4.4 Veenvorming	76
4.5 Bodenvorming	79
4.6 Profielen	81
5 Bodemkunde	93
5.1 Inleiding	93
5.2 Wat is een bodem?	94
5.3 Bodemclassificatie in Nederland	107
5.4 Bodemkundige landschappen van Nederland aan de hand van profielen	109
5.5 Bodenvorming en archeologie	128
6 Kaartlezen	135
6.1 Inleiding	135
6.2 Relevant kaartmateriaal	136
6.3 Enkele voorbeelden	148

7 De ASB uitgelegd	163
7.1 ASB: de basics	163
7.2 NEN5104	164
7.3 STIBOKA (combinatiedriehoek Verbraeck)	169
7.4 ASB	172
7.5 Laagsgewijs of op discrete afstanden	181
8 Monsternamen en -behandeling in het veld	187
8.1 Ouderdomsbepalingen	187
8.2 Micromorfologie	205
8.3 Macroresten	208
8.4 Microfossielen	216
8.5 Slot	227
9 Boormethoden en -technieken	231
9.1 Inleiding	231
9.2 Handboorgereedschap	231
9.3 Mechanische boren	235
9.4 Fysieke belasting	237
Verantwoording van de illustraties	243
Literatuur	249
Over de auteurs	257

Voorwoord

Het idee voor dit boek is geïnspireerd door het “fotoconsult”, de foto van het profiel waar de veldarcheoloog eigenlijk iemand naar had willen laten kijken, maar waarvoor tijd, budget, etcetera, ontbrak. Wij hopen dat de veldarcheoloog met dit boek in de hand meer houvast heeft bij het ontrafelen van de informatie die besloten ligt in het profiel.

Op deze plaats willen wij een aantal personen en instanties bedanken zonder wie dit boek nooit gerealiseerd had kunnen worden. Allereerst uiteraard Eva Kars en Pim Alders voor een inspirerende werkomgeving. Natuurlijk ook onze (ex-)collega's Marieke van Dinter, Frieda Zuidhoff, Marjolein Bouman en Jop Brijker van ADC ArcheoProjecten, waar het idee voor dit boek is ontstaan. “Fysiotherapie Zeeburg” in Amsterdam willen we hier bedanken voor de nuttige werkinstructies en heldere uitleg over de risico's van het werken met een grondboor. Daarnaast ADC ArcheoProjecten, Archol, EARTH Integrated Archaeology en Saxion voor het beschikbaar stellen van foto's en teksten en Corné van Sidestone Press voor zijn vasthoudendheid om ons project tot een goed einde te brengen. Tenslotte bedanken we natuurlijk de veldarcheologen die ons al vele jaren van mooie foto's en leuke vragen hebben voorzien.

Wilko van Zijverden
Jos de Moor

Inleiding

Paleogeografie is de wetenschap die zich bezighoudt met het reconstrueren van de ontwikkeling van het fysieke landschap door de tijd. In vroeger tijden bezochten aardwetenschappers vooral groeves om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van het landschap, zoals Johannes Le Franq van Berkhey die het onderstaande rond 1770 over een duinprofiel in de zanderij van Katwijk schreef:

“Hierom komt het nog het waarschijnlijkste voor dat de onderste zandlagen door overstroming overgevloed, en de bovenste, die de tegenwoordige oppervlakte der duinen formeren door verstuuving zo oneffen aangehoogd zijn. Dit immers bevestigt de natuur; dewijl de onderste lagen der zwarte zandschillen vol boomwortelen zijn, van dezelfde aard, als die der doornen, braam- en andere heestergewassen, die nog op de oppervlakte der duinen groeien, en in de Tweede Plaat ook aangewezen worden; waaruit natuurlijk volgt, dat die schillen voordezen de oppervlakte van eene vlakke heide geweest zijn: ik zeg vlakke heide, dewijl die schillen tot op eene na de bovenste, allen, op het oog te zien, vlak, en als 't ware waterpas liggen.”

(Le Franq van Berkhey, 1771, p.48).

Uit dezelfde periode stamt de uitvinding van de grondboor, waarmee tot grote diepte kon worden geboord. Deze boringen leverden in die tijd een schat aan gegevens op over de opbouw en ontwikkeling van het landschap. Recentelijk werd een gebroken grondboor uit deze periode op 16 meter diepte aangetroffen bij de aanleg van de Noord-Zuidlijn te Amsterdam. Grootschalige karteringen van de opbouw van de ondergrond vonden pas plaats vanaf het begin van de 20^e eeuw. Teunis Vink is de eerste die er rond 1920 met zijn fiets en “boorijzer” op uittrok om systematisch het landschap in kaart te brengen. De uitvinding van de Edelmanboor in 1940 verlegde definitief de aandacht van het profiel naar de boring. Honderden zo niet duizenden bodemkundigen, fysisch geografen en andere aardwetenschappers hebben nadien kennis gemaakt met de genese van het Nederlandse landschap door “het oog” van de Edelmanboor.

De grootschalige landinrichtingsprojecten na de Tweede Wereldoorlog leidden tot vele archeologische opgravingen. Met uitzondering van een enkele aardwetenschapper, zoals De Jong, Havinga en Louwe Kooijmans, bestond er weinig belangstelling voor de mogelijkheden die archeologisch onderzoek biedt voor paleogeografisch onderzoek. Onderstaand citaat uit een brief van Antonie Verbraeck (RGD) aan Rudi Hulst (ROB) geeft aan hoeveel, of eerder gezegd hoe weinig, waarde werd gehecht aan informatie uit archeologische context.

“Gisteren ontving ik Uw brief, waarin U om enige opheldering vraagt omtrent het bijgesloten profiel van Zijderveld. Helaas kan ik U geen opheldering geven over de ligging van het profiel. Indertijd hebben we geen boorpuntenkaart gemaakt van de

raai, omdat de boringen voor onze kaartering te ondiep waren en we deze gegevens niet in de geologische kaart verwerkt hebben. Bij navraag in Haarlem bleek dat het pollenlaboratorium ook geen locatie gegevens heeft.”

(Dossier Zijderveld, provincie Zuid-Holland, archief RCE).

Rudi Hulst had nota bene speciaal voor de geologische dienst twee sleuven aangelegd, haaks op de restgeul van de Zijderveldse stroomrug, zodat zij gedetailleerd landschappelijke waarnemingen konden doen (De Jong, 1970-1971; Arnoldussen, 2008).

Waar de ecologisch archeologen in de jaren '70 en '80 zich een vaste plaats overden binnen het Nederlandse archeologische bestel, bleef de aardwetenschapper een exotisch fenomeen. Eind jaren '80 werd een eerste fysisch geograaf in tijdelijke dienst aangenomen bij de toenmalige ROB. In het midden van de jaren '90 vonden enkele aardwetenschappers emplooi in het archeologisch werkveld in het kader van de aanleg van de Betuweroute en de implementatie van het Verdrag van Valletta. Tegenwoordig hebben enkele tientallen aardwetenschappers een vaste aanstelling in de archeologie. De meeste aardwetenschappers zijn werkzaam in het archeologisch vooronderzoek. Een kleinere groep is werkzaam als specialist en houdt zich bezig met advisering over monsternamen, monsterstrategie, profielbeschrijvingen, -interpretatie en het vervaardigen van paleogeografische reconstructies. Een derde groep houdt zich bezig met onderzoek en ontwikkeling binnen de RCE en universiteiten. Tenslotte is er dan nog een laatste groep die zich richt op (beleids)advieswerk bij grotere en kleinere adviesbureaus.

Met name onder invloed van de stroming in de archeologie die ook wel wordt aangeduid met de naam *landscape archaeology*, zijn in het buitenland diverse boeken verschenen over de relatie tussen archeologie en aardwetenschappen. Vaak hebben deze boeken een eenzijdige thematiek of zijn ze te specialistisch van aard en daardoor niet toepasbaar in de Nederlandse archeologische praktijk. In Nederland doen we het dus maar met *Fysische geografie van Nederland* van Henk Berendsen (Berendsen, 2008), sinds kort aangevuld met *Natuurwetenschappen en archeologie* van Anton Ervynck *et al.* (Ervynck *et al.*, 2009).

In dit boek proberen we enkele thema's uit het landschappelijke en archeologische werkveld met elkaar in verband te brengen. Uitgangspunt is de kennisvraag van de veldarcheoloog zoals wij deze ervaren in ons dagelijks werk. Allereerst schetsen we een tijds kader en bespreken enkele belangrijke theoretische uitgangspunten. Daarna behandelen we de opbouw van de lithostratigrafische indeling van Nederland voor zover deze van belang is voor de Nederlandse archeologie. Daarbij wordt een verbinding tot stand gebracht tussen de oude en nieuwe lithostratigrafische indeling. In hoofdstuk 3 en 4 wordt aan de hand van profiel- en landschapsfoto's stilgestaan bij de landschappen van Nederland. Het hoofdstuk over bodemkunde is vooral gericht op toepassing in het veld. Een belangrijk stuk wordt ingeruimd voor de relatie tussen bodemvormende factoren, bodemvormende processen en het bodemtype. Aan het eind van het hoofdstuk wordt ingegaan op de gevolgen van bodemvorming nu en in het verleden voor het archeologisch erfgoed. In het daaropvolgende hoofdstuk wordt aan de hand van enkele voorbeelden uit-

gelegd hoe verschillende aardkundige kaarten informatie geven over het archeologisch erfgoed. In hoofdstuk 7 wordt vervolgens de ASB uitgelegd, het sedimentbeschrijvingsysteem dat door elke veldarcheoloog moet kunnen worden toegepast. In de laatste twee hoofdstukken wordt ingegaan op monsternamen, monsterbehandeling en boormethoden en -technieken. Het hoofdstuk over monsternamen en monsterbehandeling is uitsluitend vanuit praktisch oogpunt geschreven. Voor een uitgebreide achtergrond wordt verwezen naar het boek van Anton Ervynck *et al.* en de Veldhandleiding Archeologie, Leidraad 1 van Carmiggelt & Schulten (Ervynck *et al.*, 2009; Carmiggelt & Schulten, 2002).

Begrippen en tijds kader

Zoals gebruikelijk hanteert elke wetenschap zijn eigen begrippen, zo ook de fysische geografie. In deze paragraaf worden eerst enkele begrippen uitgelegd. Daarna wordt ingegaan op de periode-indeling die wordt gehanteerd in de aardwetenschappen. Aan het eind wordt een overzicht gepresenteerd waarin ook de archeologische perioden zijn opgenomen, zoals deze worden gehanteerd in het Archeologisch Basis Register (Brandt *et al.*, 1992).

1.1 De wetenschappen

Tijdens opgravingen hoor je vaak dat “de fysisch geograaf” langs is geweest. Het is maar zeer de vraag of deze persoon daadwerkelijk een fysisch geograaf is. Deze persoon kan evenzogoed bodemkundige, kwartairgeoloog of historisch geograaf zijn. Voor een archeoloog is het soms moeilijk het onderscheid te maken. Dat wordt nog eens extra moeilijk, omdat je je binnen de studie fysische geografie bijvoorbeeld kan specialiseren in kwartairgeologie of geomorfologie. Het is belangrijk om je bewust te zijn van de verschillen tussen bijvoorbeeld een geoloog, bodemkundige of geomorfoloog en een fysisch geograaf met een specialisatie kwartairgeologie. Wanneer je een duidelijk geformuleerde vraag hebt en de verschillen tussen de specialisten kent, kan je een betere keuze maken voor de aardwetenschappelijk specialist die je raadpleegt.

Fysische geografie is de wetenschap die zich bezighoudt met de bestudering van de fysische of natuurkundige processen die het landschap vormen en in het verleden hebben gevormd. De fysisch geograaf maakt daarbij gebruik van kennis uit vier andere wetenschappen; de geologie, de biologie, de geomorfologie en de bodemkunde.

Geologie is de wetenschap die de aarde, haar geschiedenis en de processen die haar vormen en gevormd hebben, bestudeert. Binnen de geologie bestaan diverse specialisaties. Kwartairgeologie en petrologie zijn twee van die specialisaties die soms in de archeologie worden gebruikt. De kwartairgeoloog heeft zich gespecialiseerd in het Kwartair, het allerlaatste stukje van de ontwikkeling van de aarde, de laatste 2,6 miljoen jaar. De petroloog verdiept zich in de samenstelling en herkomst van gesteenten.

Bodemkunde is de wetenschap die zich bezighoudt met de samenstelling en vorming van bodems. Onder een bodem verstaan we de bovenste laag van de aardkorst, waarin zich bodemvormende processen afspelen. Deze bodemvormende processen veroorzaken veranderingen in de samenstelling van de bodem, die on-

der andere zichtbaar worden in de vorming van zogenaamde horizonten (zie ook hoofdstuk 5).

Ook de bodemkunde kent verschillende disciplines. Een specialisatie die binnen de archeologie veel wordt toegepast is micromorfologie. De micromorfoloog bestudeert bodemprocessen door middel van slijpplaten. Binnen de archeologie wordt deze methode veel gebruikt om vragen op te lossen met betrekking tot betreding, akkerlagen, ophogingspakketten, stookactiviteiten, enzovoort. Daarnaast kan de micromorfoloog een zeer zinnige bijdrage leveren aan de monitoring van vindplaatsen. De pedoloog bestudeert vooral de bodemgenese, de ontstaanswijze van de bodem. De kennis van de pedoloog komt vooral van pas bij het verklaren en voorspellen van bodemprocessen die van invloed zijn op de conservering van archeologische vindplaatsen.

Biologie is de leer van levende wezens, levensvormen en levensverschijnselen. Ook binnen de biologie bestaan vele specialismen. Binnen de archeologie wordt vaak gebruik gemaakt van palynologie, paleobotanie en paleozoölogie. De eerste, palynologie, houdt zich bezig met de studie naar microfossielen, zoals stuifmeel (pollen) en sporen. Op basis van pollen en sporen kan een palynoloog een uitspraak doen over de aankleding van het landschap. Vaak levert palynologisch onderzoek informatie op over de aanwezigheid en activiteiten van mensen in het landschap. Hierbij kun je bijvoorbeeld denken aan welke gewassen er zijn verbouwd, of er vee is gehouden, of op een bepaalde locatie vuur is gestookt, of hout is gekapt, enzovoorts. De paleobotanicus houdt zich bezig met de studie van plantengemeenschappen door middel van macrofossielen zoals zaden. Door het onderzoek van de paleobotanicus weten we bijvoorbeeld goed wat mensen in het verleden hebben gegeten, welke gewassen men zelf heeft verbouwd en welke gewassen er in het wild werden verzameld. De paleozoöloog houdt zich bezig met de reconstructie van de diergemeenschappen uit het verleden. Op basis van het onderzoek van de paleozoöloog hebben we bijvoorbeeld kennis over de huisdieren die mensen hebben gehouden in het verleden en welk wild, vis en gevogelte er op het menu stond.

Geomorfologie betekent letterlijk kennis van de vorm van de aarde (geos = aarde, morfè = vorm en logos = kennis). De geomorfologie is dan ook de wetenschap die de vormen van het landschap en de processen die daarbij een rol spelen of hebben gespeeld bestudeert. Geomorfologie is een wetenschap die in Nederland niet meer als zelfstandige opleiding bestaat. Deze studie bestaat nog wel als een specialisatie binnen de fysische geografie en geologie.

Historische geografie is geen zelfstandige studie, maar wordt zowel binnen de bodemkunde als binnen de fysische geografie als aparte specialisatie aangeboden. De historische geografie houdt zich vooral bezig met de historische ontwikkeling van het landschap. Belangrijke bronnen voor historisch geografisch onderzoek zijn kaarten, archieven en kennis van de genese van het landschap.

1.2 Algemene principes en enige terminologie

Lithologie is een samentrekking van de woorden lithos, wat gesteente of steen betekent en logos, dat vrij vertaald kan worden als kennis. Lithologie is de kennis van gesteenten. De fysisch geograaf verstaat onder gesteente niet alleen stenen maar ook zand, klei en zelfs veen. Zand en klei worden ook wel aangeduid met het begrip sediment. Veen wordt aangeduid met het begrip sedentaat. Een sediment betreft materiaal dat van elders is aangevoerd. Een sedentaat is op de plaats zelf ontstaan, bijvoorbeeld veen dat door een opeenhoping van ter plaatse afgestorven plantaardig materiaal ontstaat.

In het algemeen worden drie transportmechanismen voor sediment onderscheiden: wind (eolisch), ijs (glacigeeen) en water (fluviatiel, marien en lacustrien). Fluviatiel duidt op afzettingen die door stromend water (rivieren en beken) buiten de invloedsfeer van de zee zijn gevormd. Marien duidt op afzettingen die gevormd zijn door de zee. Het begrip lacustrien wordt gebruikt voor afzettingen die in een meer zijn gevormd (lacus = meer). In de literatuur wordt het begrip peri-marien gebruikt voor een riviermilieu dat onder invloed staat van de getijden. Een dergelijk milieu tref je aan in de mondingsgebieden (estuaria) van de Rijn en Maas en bijvoorbeeld in de Biesbosch. Andere samentrekkingen die je soms tegenkomt zijn fluvioglaciaal en fluvio-periglaciaal. De eerste zijn smeltwaterafzettingen die direct gekoppeld kunnen worden aan het landijs, zoals sandrs en eskers (zie hoofdstuk 3). De tweede zijn afzettingen die door smeltwaterstromen tot stand zijn gekomen tijdens een ijstijd (glaciaal) waarin geen landijs voorkwam, zoals in het Weichselien (zie hieronder). Eolische afzettingen kunnen klimaat gerelateerd zijn, bijvoorbeeld dekzand dat werd gevormd tijdens de ijstijden. Eolische afzettingen kunnen ook



Afbeelding 1.01: Overgang van strand naar duin (foto: W. van Zijverden).

door menselijke ingrepen in het landschap worden veroorzaakt, bijvoorbeeld stuifzand dat is gevormd na ontbossingen.

Met het begrip lithogenese wordt de wijze waarop het gesteente is ontstaan bedoeld. Zand kan bijvoorbeeld door de wind zijn afgezet zoals in de duinen of door het water zoals op het strand (zie afbeelding 1.01). In de fysische geografie wordt in het eerste geval gesproken van eolische afzettingen en in het tweede geval van mariene afzettingen. De toevoeging *afzettingen* geeft aan dat het gaat om een genetisch begrip. Je kunt ook zeggen dat het gaat om kustduinafzettingen en strandafzettingen. Je beschrijft dan zowel de vorm van het landschap als de genese van het landschap, dit noemen we een geomorfogenetisch begrip. Binnen het archeologisch onderzoek wordt veel gebruik gemaakt van geomorfogenetische begrippen. Geomorfologische en geomorfogenetische begrippen worden in archeologisch onderzoek vaak door elkaar gebruikt. Probeer jezelf het gebruik van deze terminologie zo goed mogelijk aan te leren, een kustduin bestaat uit kustduinafzettingen en een strand uit strandafzettingen. Een strand of kustduin kun je zien aan het oppervlak, maar wist je dat bijvoorbeeld Den Haag, Wassenaar, Oegstgeest en Uitgeest op kustduinafzettingen en strandafzettingen zijn gebouwd? Deze afzettingen zie je niet aan het oppervlak maar zijn afgedekt met andere sedimenten.

Lithostratigrafie geeft een beschrijving van de opeenvolging van de gesteenten. In Nederland zijn alle geologische kaarten (schaal 1:50.000) beschreven volgens de lithostratigrafische indeling van Zagwijn & Van Staalduinen (Zagwijn & Van Staalduinen, 1975). In 2003 is deze indeling vervangen door de lithostratigrafische indeling van De Mulder *et al.* (De Mulder *et al.*, 2003). In hoofdstuk 3 wordt dieper ingegaan op deze twee indelingen.

De veldarcheoloog moet volgens de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA) in staat zijn de lithologie te beschrijven volgens een voorgeschreven sedimentbeschrijvingsstelsel, de ASB. Dit sedimentbeschrijvingsstelsel wordt toegevoegd in hoofdstuk 7. Op basis van deze beschrijving moet een veldarcheoloog in staat zijn de lithologische beschrijving te interpreteren in lithogenetische eenheden. In hoofdstuk 3 en 4 wordt hierop uitgebreid ingegaan. Tenslotte is het de taak van de veldarcheoloog deze lithogenetische eenheden te plaatsen in een lithostratigrafische eenheid (zie hoofdstuk 2). Binnen de archeologie vindt het beschrijven en interpreteren in het veld plaats aan de hand van een grondboring of het profiel van een opgravingsput.

1.3 Tijdsindeling

Tijd is een reukelijk en moeilijk definieerbaar begrip. Een jaar is gedefinieerd als een volledige omloop van de aarde rondom de zon. Tegenwoordig duurt een dergelijke omloop iets meer dan 365 dagen. Een dag is hierbij gedefinieerd als de tijd waarin de aarde volledig om haar as draait. Zowel de omloop van de aarde rond de zon als de draaiing van de aarde om haar as, zijn in de loop van de tijd vertraagd. In de loop van het bestaan van de aarde zijn een jaar en een dag dus steeds langer geworden. Met andere woorden: tijd is een reukelijk begrip.

In de 17^e eeuw bestond een heftige polemiek over de ouderdom van de schepping, die uiteindelijk in 1654 werd beslecht. In dat jaar werd officieel vastgesteld dat de aarde was geschapen om 9 uur 's morgens op 26 oktober 4004 voor Chr. Eind 18^e eeuw constateerde de Schotse geoloog James Hutton dat de aarde oneindig oud moest zijn als gesteenten zich in het verleden hebben gevormd zoals dat ook vandaag de dag het geval is. Daarmee was Hutton zijn tijd ver vooruit. Tegenwoordig wordt de publicatie in 1830 van het boek *Principles of geology* door de Britse geoloog Charles Lyell gezien als het moment waarop het inzicht in de ouderdom van de aarde veranderde.

In deze publicatie definieert Lyell twee belangrijke principes, het uniformiteitsprincipe en het stratigrafisch principe (ook wel superpositie genoemd). Het uniformiteitsprincipe houdt in dat de processen zoals die zich vandaag de dag op aarde afspelen, zich op dezelfde wijze in het verleden hebben afgespeeld. Superpositie is het idee dat jongere gesteenten worden afgezet op oudere gesteenten. Beide principes zijn op zich heel logische uitgangspunten, maar niet altijd waar! De vondst van huisplaatsen in Midden-Delfland die ouder zijn dan de onderliggende klei nuanceren het uitgangspunt van superpositie. Op deze locatie zijn grote stukken veen met daarop de huisplaatsen losgelagen waarna sedimentatie van klei onder het veen kon plaatsvinden. Dit fenomeen wordt aangeduid met het begrip onderspoeulingsklei. Een andere bekende vindplaats waarbij dit het geval is, is de vindplaats Bergschenhoek. Plinius de Oudere beschreef rond het begin van de jaartelling dit fenomeen als volgt:

“Een ander wonderbaarlijk verschijnsel doet zich voor in de wouden, die verder geheel Germanië bedekken. Door hun schaduw maken ze de kou nog ondraaglijker. De hoogste bossen groeien niet ver van de bovengenoemde Chauci vandaan met name rondom twee meren. De eiken staan daar tot vlak aan de oevers, zo weelderig groeien ze. Als die door de golven zijn ondergraven of zijn losgeslagen door stormwinden, dan vormen ze enorme drijvende eilanden, doordat de grond door hun wortels wordt vastgehouden, en varen ze recht op als een schip over het water. Vaak zijn ze door hun reusachtige in elkaar gehaakte takken de schrik van onze vloeten, wanneer ze schijnbaar doelgericht door de stroom worden voortgestuurd in de richting van de schepen die 's nachts voor anker liggen en het is zelfs gebeurd dat onze radeloze mensen een zeeslag tegen die bomen aangingen.”

(Vrije vertaling van Plinius uit Hallewas *et al.*, 1997, p.10).

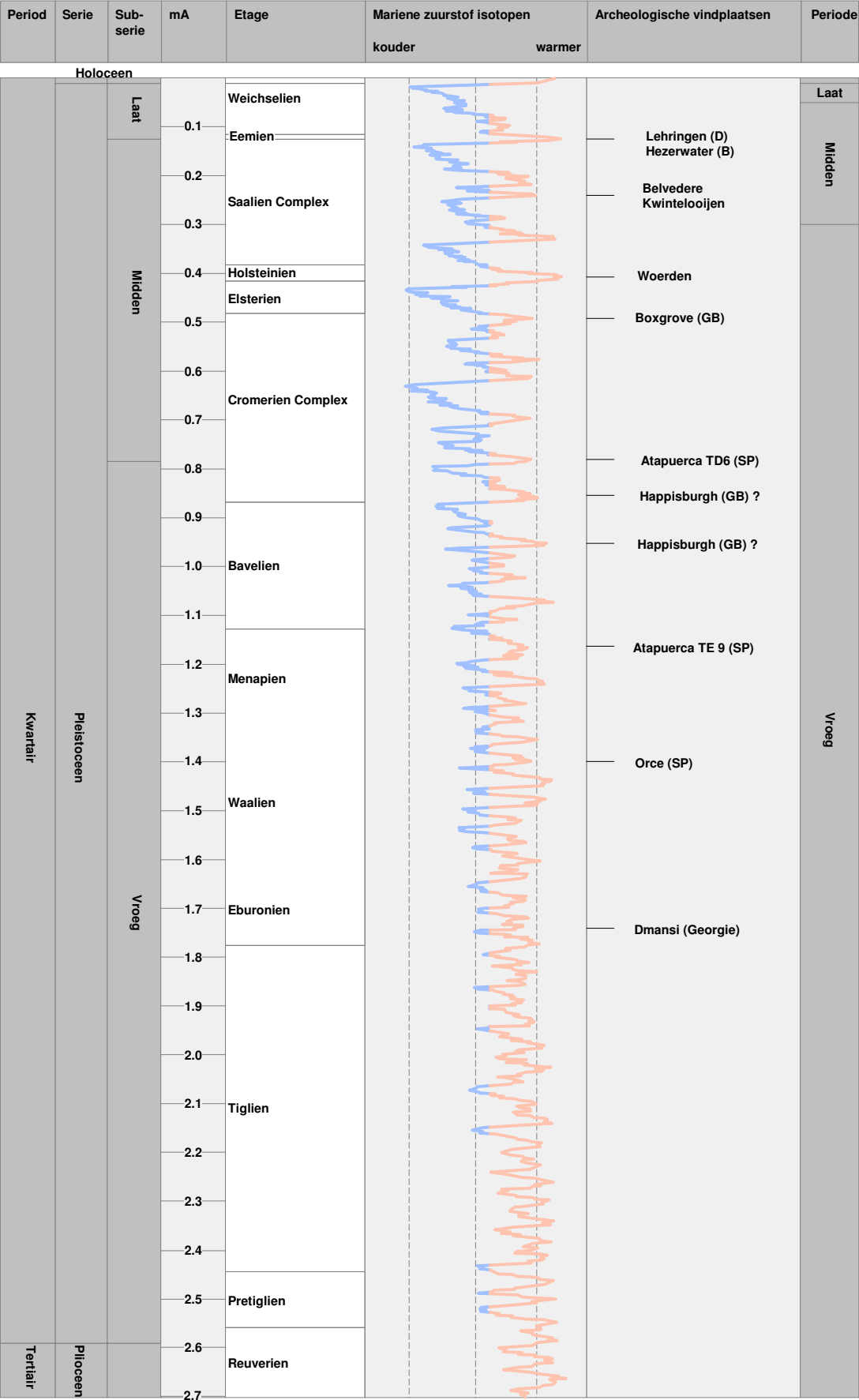
Sinds de acceptatie van het uniformitarianisme is de geschatte ouderdom van de aarde steeds groter geworden. Op dit moment wordt de ouderdom van de aarde geschat tussen de 4 en 5 miljard jaar. Met name de ontwikkeling van isotopendateringen heeft voor een grote omwenteling in het denken gezorgd, die tot op de dag van vandaag voortduurt. Een isotopendatering berust op het voorkomen van stabiele en instabiele elementen. Een voorbeeld van een isotopendatering is de koolstof-14 methode (¹⁴C-methode) die in 1949 werd bedacht door de Amerikaan Willard Libby. In de atmosfeer is van nature het stabiele element ¹²C aanwezig. Onder invloed van kosmische straling ontstaat in de atmosfeer het instabiele element ¹⁴C. Organismen nemen dit koolstof op uit de atmosfeer in de vorm van

koolstofdioxide (CO_2). Na het sterven van het organisme vervalt het instabiele isotoop ^{14}C . De tijd waarin de helft van het ^{14}C vervalt, de zogenaamde halfwaardetijd, is bekend (ca. 5700 jaar). Op basis van de verhouding $^{14}\text{C}:^{12}\text{C}$ in een organisme, is te berekenen hoe lang geleden dat organisme is gestorven.

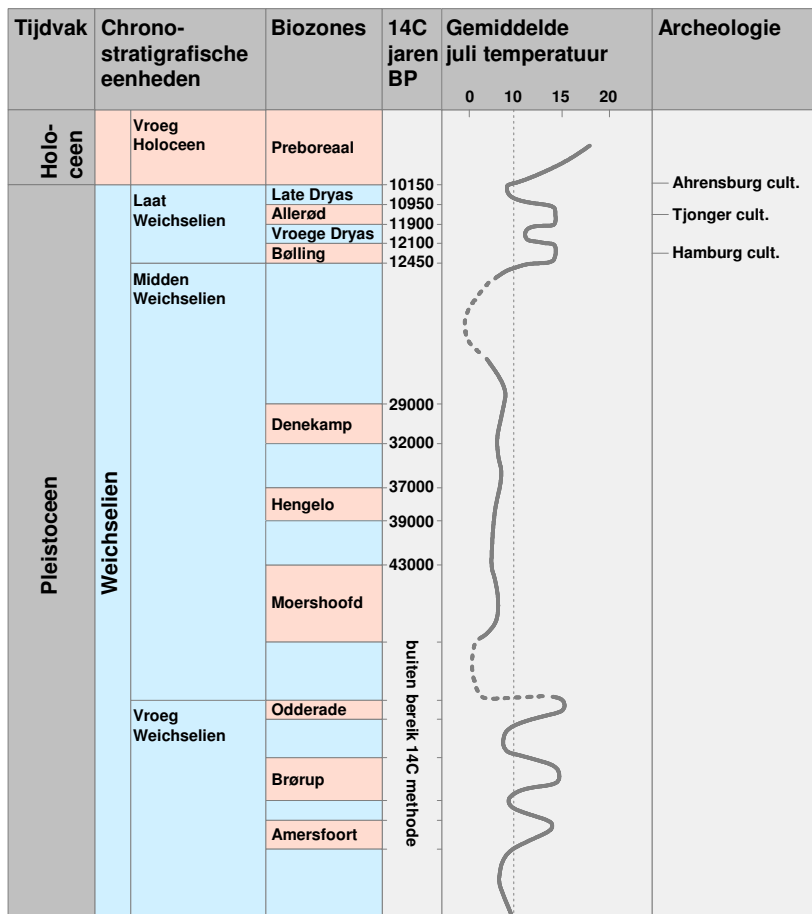
De geologische kalender is voor een belangrijk deel ingedeeld op fossielinhoud. Hierbij moet niet gedacht worden aan dinosaurusbotten en dergelijke, hoewel deze ook een rol kunnen spelen, maar meer aan in grote hoeveelheden aanwezige microfossielen zoals stuifmeel (pollen). De indeling van de geologische tijdschaal is hiërarchisch van aard. Achtereenvolgens worden onderscheiden *eon*, *era*, *period*, *epoch*, *age* en *subage*. Deze indeling is geochronologisch van aard. Naast deze geochronologische indeling kent de geologie ook een chronostratigrafische indeling. Deze indeling heeft betrekking op de gesteentepakketten die in deze periode zijn gevormd. De geochronologische eenheid kan als het ware worden gezien als een tijdseenheid, de chronostratigrafische eenheid is het gesteentepakket dat in deze periode is gevormd. In een geochronologische eenheid hoeven geen chronostratigrafische eenheden gevormd te zijn. Dit verschil komt ook tot uiting in de naamgeving, de geochronologische eenheden krijgen bij een onderverdeling het voorvoegsel vroeg of laat. De chronostratigrafische eenheden krijgen het voorvoegsel boven of onder. Het begrip Vroeg-Pleistoceen duidt dus de geochronologische eenheid, de periode aan. Het begrip Onder-Pleistoceen duidt de chronostratigrafische eenheid aan, het gesteentepakket dat in deze periode is gevormd. Ook de chronostratigrafische eenheden kennen een hiërarchische indeling. Achtereenvolgens worden *enothem*, *erathem*, *system*, *series*, *stage* en *substage* onderscheiden.

Het laatste *eon*, het Phanerozoïcum is de periode van het zichtbare leven. Vanaf deze periode waren levensvormen met harde delen zoals schalen en schilden aanwezig, waardoor deze makkelijk fossiliseerden. Het Phanerozoïcum wordt op basis van levensvormen ingedeeld in drie *era's*: het Paleozoïcum (het oude leven), het Mesozoïcum (het midden leven) en het Kenozoïcum (het moderne leven). Het Paleozoïcum is de periode waarin het leven evolueert. In deze periode ontstaan de eerste landdieren en landplanten. Het Mesozoïcum is de periode van de dinosauriërs. In deze periode domineerden vares en coniferen het vegetatiebeeld. In het Mesozoïcum ontstonden ook de zoogdieren. De overgang naar de huidige *era* wordt gekenmerkt door een massa-extinctie, het massaal uitsterven van grote groepen levensvormen, waaronder de dinosauriërs. Gedacht wordt dat deze massa-extinctie deels wordt veroorzaakt door een inslag van één of meer grote meteorieten op aarde. Het Kenozoïcum is de *era* waarin de zoogdieren en dus ook de mens tot wasdom komen. Daarnaast is het Kenozoïcum de *era* van de bloeiende planten. Het Kenozoïcum wordt verder gekenmerkt door een geleidelijke afkoeling van de aarde. Deze *era* wordt onderverdeeld in twee *periods*, het Tertiair en het Kwartair. De evolutie van de mens vindt grotendeels plaats in de laatste *period*, het Kwartair.

Afbeelding 1.02 (rechts): Periode-indeling van het Pleistoceen (naar: Berendsen, 2008 figuur 7.1 p.155 en Cohen & Gibbard, 2011).



Het Kwartair is onderverdeeld in twee *epochs*, het Pleistoceen en het Holoceen. Het Pleistoceen is het *epoch* waarin de mens zijn belangrijkste ontwikkeling kent en voor het eerst zijn intrede doet in Europa en Nederland. Het Pleistoceen wordt onderverdeeld in drie *ages*: Vroeg-, Midden- en Laat-Pleistoceen. De oudste resten van mensen die in Nederland zijn aangetroffen dateren uit het Midden-Pleistoceen. De oudste vindplaats is gelegen in de grindgroeve Belvédère in Zuid-Limburg. Daarnaast is in de groeve Kwintelooyen bij Rhenen een vindplaats aangetroffen die dateert van voor de vorming van de Utrechtse heuvelrug. De *ages* zijn op hun beurt opgedeeld in *subages*. Deze *subages* zijn gedefinieerd op basis van het veronderstelde paleoklimaat. In Noordwest-Europa worden binnen het Midden- en Laat Pleistoceen achtereenvolgens de volgende chronostratigrafische eenheden (etages) onderscheiden: Cromerien, Elsterien, Holsteinien, Saalien, Eemien en Weichselien. Deze etages worden op basis van polleninhoud nader onderverdeeld (zie afbeelding 1.02).



Afbeelding 1.03: Periode-indeling van het Laat Weichselien (naar: Berendsen, 2008 figuur 8.3 p. 186).

Het Pleistoceen wordt gekenmerkt door sterke wisselingen in het klimaat. Ijstijden worden afgewisseld door perioden met een klimaat dat vergelijkbaar is met dat van vandaag de dag. De koude perioden worden glacialen genoemd. De warme perioden worden interglacialen genoemd. De interglacialen duren doorgaans veel korter dan de glacialen. Binnen de koude perioden kunnen nog weer korte warmere en koudere perioden worden gedefinieerd. Deze worden aangeduid met de termen interstadiaal en stadiaal. In afbeelding 1.02 en 1.03 zijn de glacialen en stadialen aangegeven met een blauwe kleur. De warme perioden, de interglacialen en interstadialen zijn aangegeven met een roze kleur. In afbeelding 1.03 is de gemiddelde juli temperatuur weergegeven. In enkele interstadialen is het klimaat vergelijkbaar geweest met het huidige klimaat. In Nederland worden de glacialen gekenmerkt door een koud en soms zeer droog klimaat. Tijdens de koudste perioden kan het milieu worden gekarakteriseerd als een poolwoestijn. Niet in elke ijstijd heeft het landijs Nederland bereikt. In de voorlaatste ijstijd, het Saalien, kwam het landijs tot aan Midden-Nederland. De Utrechtse Heuvelrug is een over-

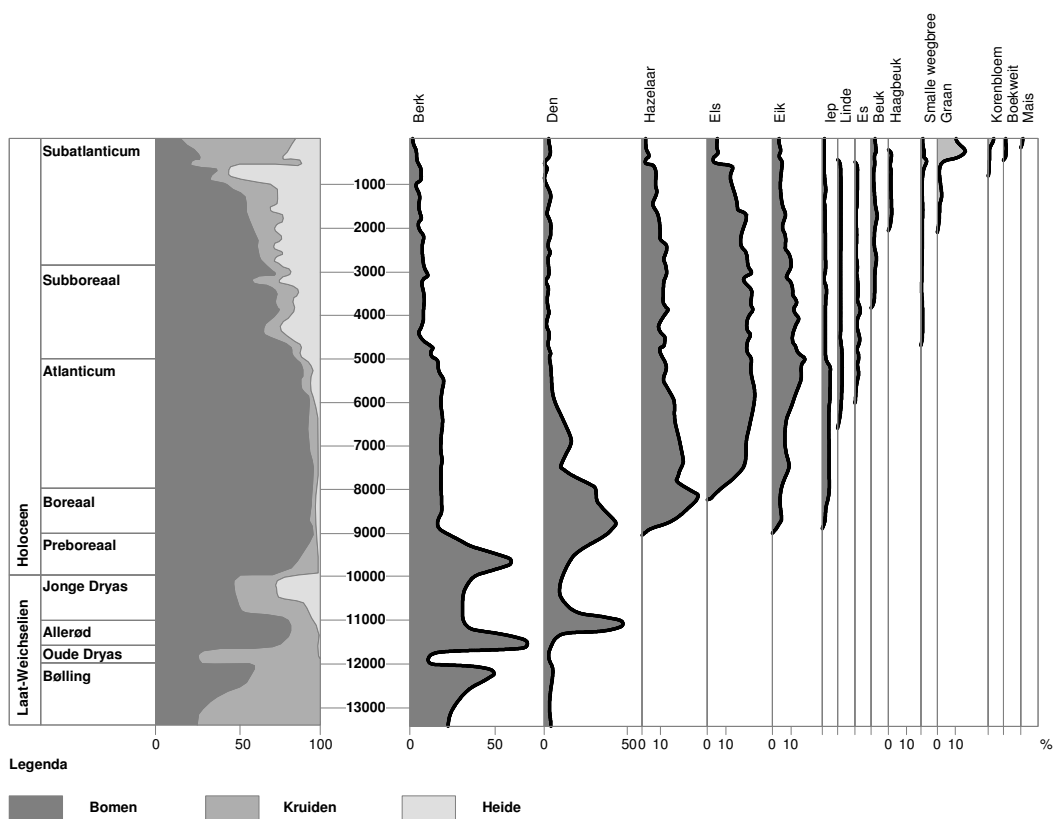
Biozones	C14-jaren (Before Present)	Archeologische perioden (ABR)	
		Perioden	Kalenderjaren
Subatlanticum	1000	Nieuwe tijd	1500 n. Chr
		Middeleeuwen	450 n. Chr
		Romeinse tijd	12 v. Chr
	2000	IJzertijd	800 v. Chr
		Bronstijd	2000 v. Chr
Subboreaal	3000	Neolithicum	4900 v. Chr
	4000		
	5000		
Atlanticum	6000	Mesolithicum	5300 v. Chr
	7000		
	8000		
	9000		
Boreaal			
Preboreaal			

Afbeelding 1.04: Indeling van het Holocene en archeologische perioden (naar: De Mulder et al., 2003 figuur 135).

blijfsel uit deze ijstijd. In de warmere interstadialen hebben mensen in Nederland gewoond. Enkele belangrijke vindplaatsen die veel informatie hebben opgeleverd over de wijze waarop mensen tijdens de ijstijden leefden in Noordwest-Europa en Nederland in het bijzonder, zijn aangegeven in afbeelding 1.02.

Het eind van de laatste ijstijd, het Weichselien, wordt gekenmerkt door twee korte interstadialen (Bølling en Allerød) waarin het klimaat sterk verbeterde om vervolgens weer terug te keren naar een diepe koude (Oude en Jonge Dryas). Tijdens deze warme interstadialen was Nederland bewoond door groepen jager-verzamelaars. In Nederland zijn vele vondsten bekend uit deze periode. Meestal gaat het om kleine clusters vondstmateriaal die overwegend bestaan uit vuursteen. Een enkele maal worden oppervlakkige haardkuilen aangetroffen zoals de vindplaats Mariëenberg. Goed geconserveerde vindplaatsen uit deze periode zijn niet bekend in Nederland

Na de Late Dryas brak een langere relatief warme periode aan die tot op de dag van vandaag voortduurt, het Holoceen. Het Holoceen wordt beschouwd als een interglaciaal. Op basis van pollen wordt het Holoceen onderverdeeld in biozones: Preboreaal, Boreaal, Atlanticum, Subboreaal en Subatlanticum (zie afbeelding 1.04). Vanaf het Preboreaal is een successiereeks (ontwikkelingsreeks) zichtbaar



Afbeelding 1.05: Samengesteld pollendiagram voor de vegetatieontwikkeling van het Laat-Weichselien en het Holoceen (naar: De Mulder et al., 2003 figuur 137).

Paleolithicum	300.000 BP	8800 v. Chr.	Paleolithicum vroeg		300.000 BP			
			Paleolithicum midden	300.000 BP	35.000 BP			
			Paleolithicum laat	35.000 BP	8800 v. Chr.	Paleolithicum laat A	35.000 BP	18.000 BP
						Paleolithicum Laat B	18000 BP	8800 v. Chr.
Mesolithicum	8800 v. Chr.	4900 v. Chr.	Mesolithicum vroeg	8800 v. Chr.	7100 v. Chr.			
			Mesolithicum midden	7100 v. Chr.	6450 v. Chr.			
			Mesolithicum laat	6450 v. Chr.	4900 v. Chr.			
Neolithicum	5300 v. Chr.	2000 v. Chr.	Neolithicum vroeg	5300 v. Chr.	4200 v. Chr.	Neolithicum vroeg A	5300 v. Chr.	4900 v. Chr.
						Neolithicum vroeg B	4900 v. Chr.	4200 v. Chr.
			Neolithicum midden	4200 v. Chr.	2850 v. Chr.	Neolithicum midden A	4200 v. Chr.	3400 v. Chr.
						Neolithicum midden B	3400 v. Chr.	2850 v. Chr.
			Neolithicum laat	2850 v. Chr.	2000 v. Chr.	Neolithicum laat A	2850 v. Chr.	2450 v. Chr.
						Neolithicum laat B	2450 v. Chr.	2000 v. Chr.
Bronstijd	2000 v. Chr.	800 v. Chr.	Bronstijd vroeg	2000 v. Chr.	1800 v. Chr.			
			Bronstijd midden	1800 v. Chr.	1100 v. Chr.	Bronstijd midden A	1800 v. Chr.	1500 v. Chr.
						Bronstijd midden B	1500 v. Chr.	1100 v. Chr.
			Bronstijd laat	1100 v. Chr.	800 v. Chr.			
IJzertijd	800 v. Chr.	12 v. Chr.	IJzertijd vroeg	800 v. Chr.	500 v. Chr.			
			IJzertijd midden	500 v. Chr.	250 v. Chr.			
			IJzertijd laat	250 v. Chr.	12 v. Chr.			
Romeinse tijd	12 v. Chr.	450 n. Chr.	Romeinse tijd vroeg	12 v. Chr.	70 n. Chr.	Romeinse tijd vroeg A	12 v. Chr.	25 n. Chr.
						Romeinse tijd vroeg B	25 n. Chr.	70 n. Chr.
			Romeinse tijd midden	70 n. Chr.	270 n. Chr.	Romeinse tijd midden A	70 n. Chr.	150 n. Chr.
						Romeinse tijd midden B	150 n. Chr.	270 n. Chr.
			Romeinse tijd laat	270 n. Chr.	450 n. Chr.	Romeinse tijd laat A	270 n. Chr.	350 n. Chr.
						Romeinse tijd laat B	350 n. Chr.	450 n. Chr.
Middeleeuwen	450 n. Chr.	1500 n. Chr.	Middeleeuwen vroeg	450 n. Chr.	1050 n. Chr.	Middeleeuwen vroeg A	450 n. Chr.	525 n. Chr.
						Middeleeuwen vroeg B	525 n. Chr.	725 n. Chr.
						Middeleeuwen vroeg C	725 n. Chr.	900 n. Chr.
						Middeleeuwen vroeg D	900 n. Chr.	1050 n. Chr.
			Middeleeuwen laat	1050 n. Chr.	1500 n. Chr.	Middeleeuwen laat A	1050 n. Chr.	1250 n. Chr.
						Middeleeuwen laat B	1250 n. Chr.	1500 n. Chr.
Nieuwe tijd	1500 n. Chr.	Heden	Nieuwe tijd A	1500 n. Chr.	1650 n. Chr.			
			Nieuwe tijd B	1650 n. Chr.	1850 n. Chr.			
			Nieuwe tijd C	1850 n. Chr.	Heden			

Tabel 1.01: Archeologische periode-indeling voor Nederland conform het Archeologisch Basis Register (ABR).

van achtereenvolgens berk, den en hazelaar naar een gemengd eikenbos. Dit bereikt zijn optimum tijdens het Atlanticum. Na het Atlanticum neemt de omvang van de bosvegetatie af ten gunste van heide, gras en zegge. Deze ontwikkeling wordt doorgaans verklaard door activiteiten van de mens, zoals het kappen en afbranden van bossen ten behoeve van de landbouw. De eerste duidelijke verandering die in het pollenspectrum plaatsvindt als gevolg van menselijk handelen is de terugloop

van de iep rond 5000 BP (zie afbeelding 1.05). Deze terugloop, de zogenaamde iepenval, wordt mogelijk veroorzaakt door het verzamelen van iepentakken als wintervoer voor het rundvee. De iep verspreidt als gevolg van het weggappen van het gebladerte aan de basis van de boom minder of geen pollen. De iepenval kan gedeeltelijk ook een indirect gevolg van menselijk handelen zijn. Door het weiden van vee in het bos ontstaat een meer open bos waarin minder plaats is voor de iep en de iep gevoeliger raakt voor insectenvraat. Naast deze menselijke oorzaak voor de iepenval kan ook gedacht worden aan natuurlijke factoren zoals de sterk stijgende grondwaterspiegel.

1.4 Archeologische periode-indeling

In de 19^e eeuw bedacht de Deen Thomsen het zogenaamde drie-perioden systeem. Hij deelde de tijd in op basis van het materiaal waarvan de snijdende werktuigen werden gemaakt: steentijd, Bronstijd en IJzertijd. Thomsen ging er vanuit dat steen makkelijker te bewerken is dan brons en brons op zijn beurt makkelijker te vervaardigen is dan ijzer. In 1965 is voor de Nederlandse prehistorie een periode-indeling opgezet. In 1992 is de huidige Nederlandse indeling tot stand gekomen voor zowel de prehistorische als de historische perioden. De indeling van dit systeem volgt voor de prehistorische perioden in hoofdlijnen nog steeds het principe van Thomsen. Het Nederlandse systeem, dat is opgenomen in het Archeologisch Basis Register (ABR), hanteert de indeling Steentijd, Bronstijd, IJzertijd, Romeinse Tijd, Middeleeuwen en Nieuwe Tijd. In de voorgaande tabel (tabel 1.01) is de ABR-indeling weergegeven.

In deze tabel vallen enkele zaken op. Het Paleolithicum is onderverdeeld in jaren BP (Before Present), dit zijn geen kalenderjaren. De onderverdeling in vroeg-, midden- en laat- Paleolithicum is gebaseerd op introductie van respectievelijk *chopper tools*, de *levalois techniek* en de *kling techniek* voor het bewerken van steen. Het Mesolithicum wordt gekenmerkt door het gebruik van zogenaamde *microlithen*. Deze periode eindigt in 4900 v. Chr., terwijl het Neolithicum begint in 5300 v.Chr. De overgang tussen het Neolithicum en Mesolithicum valt samen met de introductie van de landbouw en het gebruik van geslepen stenen bijlen. De eerste landbouwende gemeenschappen waren rond 5300 v. Chr. aanwezig op de lössplateaus in Zuid-Limburg. Vanaf 4900 v.Chr. kwamen ook in andere delen van Nederland landbouwende gemeenschappen voor. De Romeinse tijd wordt gedefinieerd op basis van het moment waarop de Romeinen zich vestigden in Nederland. Deze periode eindigt met de val van het West-Romeinse rijk. De overgang van de Middeleeuwen naar de Nieuwe Tijd wordt gemarkeerd door de ontdekking van Amerika.

De lithostratigrafische indeling van Nederland in het veld toegepast

2.1 Inleiding

Lithostratigrafie is een samentrekking van de woorden lithos (steen) en stratos (laag). De lithostratigrafie is de studie van de gesteentelagen. Het gaat daarbij niet alleen om de opeenvolging van de lagen, maar ook om tal van andere kenmerken die kunnen worden onderscheiden, zoals kalkgehalte, gelaagdheid, mineralogische samenstelling, enzovoorts. Binnen Nederland zijn er twee indelingen die van belang zijn: de lithostratigrafische indeling volgens Zagwijn & Van Staalduinen uit 1975 en de indeling volgens De Mulder *et al.* uit 2003. De geologische kaarten schaal 1:50.000 die tot op heden zijn verschenen maken gebruik van de eerste indeling. Nieuwe kaarten in deze kaartenserie en grootschaliger kaarten die recent zijn uitgegeven maken gebruik van de tweede indeling. Om deze kaarten te kunnen lezen en de informatie toe te kunnen passen in het veld is het dus noodzaak om beide indelingen te kennen. Omdat de Nederlandse archeologie zich “slechts” bezighoudt met de laatste ca. 300.000 jaar worden in dit hoofdstuk alleen die eenheden behandeld die van belang zijn voor het onderzoek in landschappen die zijn gevormd tijdens of na het Saalien. Voor een uitgebreide beschrijving van de twee systemen wordt verwezen naar de hierboven genoemde publicaties. Een kritische beschouwing en een heldere samenvatting van beide indelingen wordt gegeven door Berendsen (Berendsen, 2005^a, p. 115-137 en Berendsen, 2008, p. 241-249). Een verhelderend artikel over het waarom van deze nieuwe indeling is *Nooit meer Afzettingen van Duinkerken en Calais* (Weerts *et al.*, 2006). In *Nederland in het Holoceen* wordt door Zagwijn de lithostratigrafische indeling van het Holoceen duidelijk uiteengezet (Zagwijn, 1986).

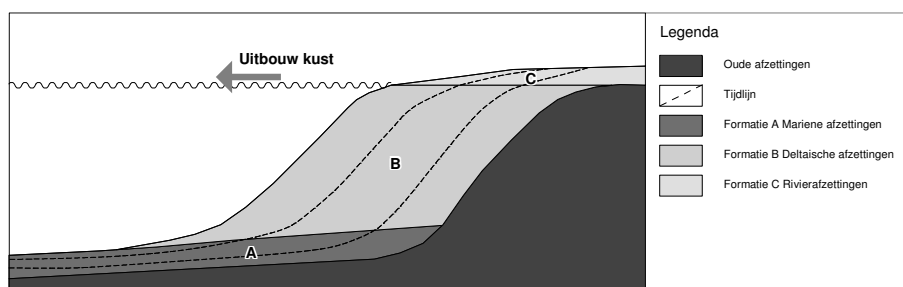
2.2 Onderverdeling

De sedimenten waaruit de Nederlandse ondergrond is opgebouwd, zijn in zeer verschillende afzettingsmilieus gevormd. Zoals uitgelegd in het voorgaande hoofdstuk hebben koude en warme perioden elkaar in de loop van de tijd afgewisseld. Daarmee zijn dus ook de afzettingsmilieus in Nederland in de loop van de tijd veranderd. Daarnaast hebben de rivieren en zee niet altijd op dezelfde plaats gelegen. In koude perioden bevond de kustlijn zich ergens in de Noordzee ver buiten de huidige landgrenzen. In warmere perioden bevond de kustlijn zich ter hoogte van

Emmeloord. De riverdalen van de grote rivieren hebben zich ook in de loop van de tijd verplaatst. In het Eemien waterde de Rijn via het dal van de Gelderse IJssel af op de Noordzee. In het Midden-Weichselien, rond 28.000 BP verlegde de Rijn haar loop naar het huidige Rijn-Maasdal.

Lithostratigrafische eenheden worden onderscheiden op basis van lithologische kenmerken. Deze kenmerken zijn sterk gerelateerd aan het afzettingsmilieu. De lithostratigrafische eenheden kunnen dan ook doorgaans worden ingedeeld naar afzettingsmilieu en periode. De kleinste eenheid die bij een lithostratigrafische indeling wordt onderscheiden is de Laag. Meerdere lagen kunnen worden samengevat tot een Laagpakket. In het systeem van Zagwijn & Van Staaldunen worden de Laagpakketten aangeduid als Afzettingen. Lagen en Laagpakketten worden gerekend tot een Formatie. Een enkele keer worden enkele Formaties samengenomen. Deze eenheid wordt aangeduid als Groep. De Lagen, Laagpakketten en Formaties worden aangeduid met een geografische naam. Deze namen zijn gebaseerd op de plaats of het gebied waar de betreffende eenheid voor het eerst is beschreven.

Het is belangrijk om in het achterhoofd te houden dat lithostratigrafische eenheden **diachroon** kunnen zijn. Dat wil zeggen dat er ogenschijnlijk sprake is van 1 laag maar dat deze niet noodzakelijkerwijs in dezelfde periode is gevormd. Het voorbeeld van een uitbouwende kust dat wordt gepresenteerd door Berendsen (afbeelding 2.01) geeft dit fenomeen zeer goed weer. In dit voorbeeld is een kustprofiel schematisch weergegeven. Aan het front worden mariene afzettingen gevormd, daarachter deltaïsche afzettingen en daarachter rivierafzettingen. Wanneer het kustgebied zich uitbouwt worden zeewaarts nieuwe mariene afzettingen gevormd. Over de oude mariene sedimenten worden nieuwe deltaïsche afzettingen gevormd. Op de oude deltaïsche afzettingen worden nieuwe riviersedimenten afgezet. Aan de basis van het profiel ontstaat op deze wijze een pakket mariene sedimenten die op grond van hun lithologische kenmerken als aparte Formatie kunnen worden opgevat. De afdekkende deltaïsche afzettingen kunnen evenals de rivierafzettingen als een aparte Formatie worden onderscheiden. De tijdslijnen met afzettingen die in eenzelfde periode zijn gevormd zijn in de afbeelding aangegeven met een stippellijn.

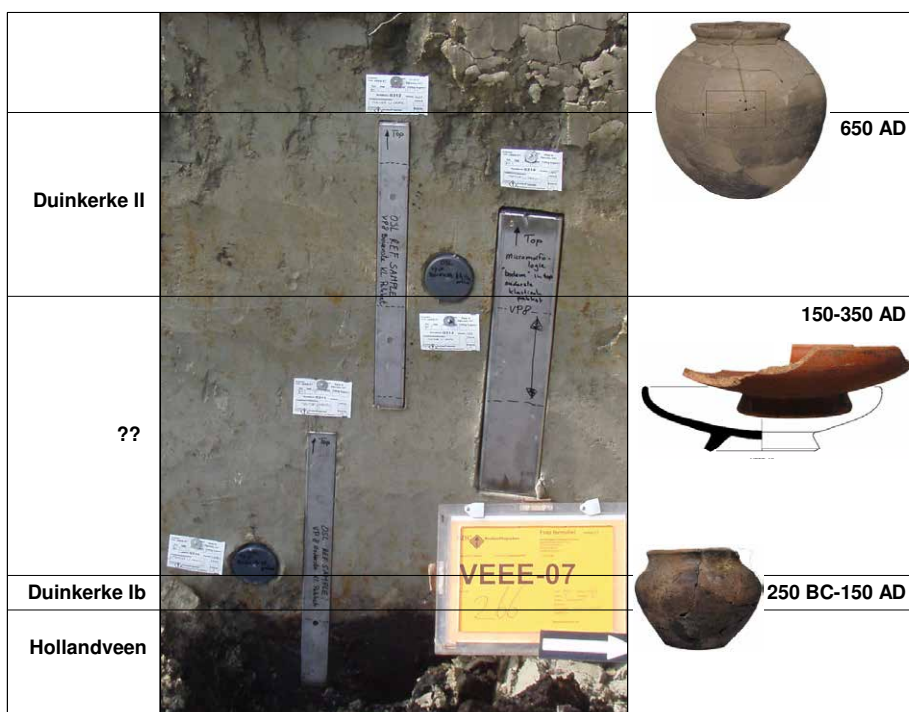


Afbeelding 2.01: Ontstaan van Formaties in een kustgebied (naar: Berendsen 2005^a, figuur 5.2., p. 65).

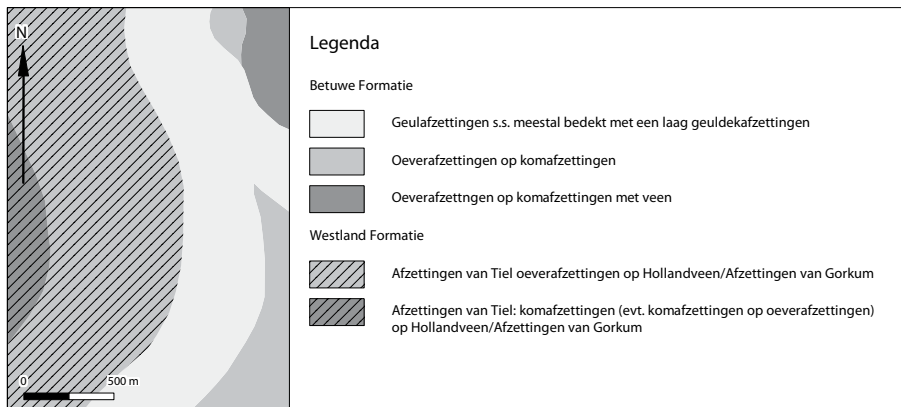
De ouderdom is geen lithologisch kenmerk en zou in een lithostratigrafische indeling dan ook geen rol mogen spelen. De indeling van Zagwijn & Van Staalduinen wijkt hier echter soms van af. De nieuwe lithostratigrafische indeling van Nederland van De Mulder *et al.* kent dit probleem niet. De archeoloog in het veld mag in het algemeen graag gebruik maken van de indeling van Zagwijn & Van Staalduinen. Met name in het kustgebied wordt veel gebruik gemaakt van de “oude” indeling. Juist voor deze regio is de oude lithostratigrafische indeling problematisch, zoals uit onderstaand voorbeeld blijkt.

Voorbeeld

Tijdens een opgraving in de gemeente Veere is een profiel aangetroffen (afbeelding 2.02) dat aan de basis bestaat uit een pakket hoogveen. De top van het hoogveen is gedateerd in de IJzertijd. De bewoningssporen op het veen dateren tussen 250 v. Chr. en 150 AD. Op de laagste delen van het landschap is het veen afgedekt door een pakket klei. Op basis van de molluskeninhoud kon worden vastgesteld dat het pakket klei is gevormd in een marien milieu. In de top van het kleipakket heeft zich een bodem gevormd, hierin bevinden zich vondsten uit dezelfde archeologische periode als op de top van het veen (250 v. Chr. en 150 AD). Deze afzettingen zouden in principe gerekend kunnen worden tot de Afzettingen van Duinkerke I die tussen ca. 500 en 200 v. Chr. worden geplaatst. Daarop bevindt zich een tweede kleipakket met mariene mollusken. In de top van dit pakket heeft zich een



Afbeelding 2.02: Mariene afzettingen in Veere (foto's: ADC ArcheoProjecten).



Afbeelding 2.03: Fragment uit de geologische kaart 39W schaal 1:50.000 (naar: Verbraeck, 1984).

bodem gevormd waarin zich resten uit de periode 150-350 AD bevinden. Daarop bevindt zich een derde kleipakket met mariene mollusken. In de top van dit pakket heeft zich ook een bodem gevormd waarin resten daterend vanaf 650 AD zijn aangetroffen. In de traditionele indeling van Zagwijn & Van Staalduin en zouden deze laatste afzettingen tot de Afzettingen van Duinkerke II worden gerekend, die worden gedateerd tussen 250 en 650 AD. Alle voorgaande klastische afzettingen zouden logischerwijs tot de Afzettingen van Duinkerke I gerekend moeten worden. Echter, de vorming van deze afzettingen van Duinkerke I is al voltooid rond 200 v. Chr. Dit rijmt niet met de aangetroffen archeologische vondsten en sedimenten.

Een ander probleem van de indeling van Zagwijn & Van Staalduin is dat de genese in sommige gevallen als onderscheidend criterium wordt gebruikt. Onder andere bij de onderverdeling van de Westland Formatie speelt dit een rol. Dit probleem komt het beste tot uiting in de scheiding tussen de fluviatiele afzettingen die worden gerekend tot de Westland Formatie en de fluviatiele afzettingen die worden gerekend tot de Betuwe Formatie. De afzettingen die behoren tot de Westland Formatie zijn gevormd in een perimarien milieu. De afzettingen die worden gerekend tot de Betuwe Formatie zijn niet beïnvloed door de eb- en vloedbeweging. Op de geologische kaart is goed te zien dat deze wijze van indelen problematisch is. Op een fragment van de geologische kaart (afbeelding 2.03) wordt de oostelijke oever gerekend tot de Betuwe Formatie en de westelijke oever tot de Westland Formatie. Uiteraard zijn de oevers aan weerszijden van de meandergordel onder gelijke condities gevormd, fluviatiel of perimarien.

2.3 Zagwijn en Van Staalduin en

De indeling van Zagwijn & Van Staalduin kent een hiërarchische indeling in Formaties, Afzettingen en Lagen. De afzettingen kunnen min of meer naar milieu worden onderverdeeld, marien, fluviatiel, glacieen of sedimenten van lokale herkomst (welke in verschillende afzettingenmilieus zijn gevormd). Daarnaast kan een onderscheid worden gemaakt naar periode waarin de sedimenten zijn gevormd.

	Glacigeen		Fluviaal		Marien		Lokaal	
	N	Z	N	Z	N	Z	N	Z
Holoceen			Betuwe F.		Westland F.		F. v. Kootwijk F. v. Singraven F. v. Griendtsveen	
Weichselien			F. v. Kreftenheye				F. v. Twente	
Eemien			F. v. Kreftenheye		Eem F.		F. v. Asten	
Saalien	F. v. Drenthe			F. v. Kreftenheye F. v. Veghel				F. v. Eindhoven

Tabel 2.01: Formaties per afzettingsmilieu, periode en regio conform de indeling van Zagwijn & Van Staaldin, 1975.

Tenslotte speelt de regio waarin de sedimenten zijn gevormd een rol. In tabel 2.01 is dit laatste aangegeven met N voor Noord Nederland en een Z voor Zuid Nederland.

2.3.1 Pleistoceen

Saalien

In het Saalien reikt het landijs tot in Nederland. Het landijs breidt zich ongeveer uit tot aan de Utrechtse Heuvelrug. Afzettingen die zijn gevormd in een glaciaal milieu, dus onder invloed of direct als gevolg van het landijs worden gerekend tot de **Formatie van Drenthe**. Gedacht kan worden aan glacigene afzettingen zoals keileem en keizand, fluvioglaciale afzettingen zoals eskers, sandrs en kameterrassen en glaciolacustriene afzettingen zoals warvenafzettingen. Binnen de Formatie van Drenthe wordt geen nadere onderverdeling gemaakt in Laagpakketten. De **Formatie van Eindhoven** bevat alle afzettingen die niet door de Rijn en Maas zijn gevormd ten zuiden van het ijsfront. In dit gebied komen met name eolische afzettingen voor zoals dekzand, löss en andere periglaciale afzettingen. Aan het einde van het Saalien vormen de Rijn en Maas een gezamenlijke benedenloop. De afzettingen die in deze benedenloop worden gevormd worden gerekend tot de **Formatie van Kreftenheye**. De afzettingen van de Maas voor het samenvloeiingspunt van Rijn en Maas worden gerekend tot de **Formatie van Veghel**.

Eemien

In deze periode worden alle afzettingen van de Rijn en Maas gerekend tot de **Formatie van Kreftenheye**. De **Eem Formatie** bestaat uit de mariene afzettingen die onder invloed van de stijgende zeespiegel zijn gevormd in westelijk en centraal Nederland. Ook de kustveenpakketten die in deze periode zijn gevormd worden gerekend tot de Eem-Formatie. Lokaal gevormd veen zoals hoogvenen en venen in beekdalen en meren worden gerekend tot de **Formatie van Asten**. Daarnaast worden beekafzettingen gerekend tot deze Formatie.

Weichselien

De rivierafzettingen van Rijn en Maas die zijn gevormd in deze periode worden gerekend tot de **Formatie van Kreftenheye**. De **Formatie van Twente** bevat alle periglaciaire afzettingen en is wat betreft samenstelling vergelijkbaar met de oudere Eindhoven Formatie. Tot deze Formatie worden löss en dekzand, maar ook lokaal gevormde meerafzettingen gerekend. Binnen deze Formatie wordt een onderscheid in enkele lagen gemaakt. Het dekzand wordt onderverdeeld in **Oud Dekzand I en II** en **Jong Dekzand I en II**. Daarnaast worden de **Usselo Laag** en de **Beuningen Laag** onderscheiden. De eerste omvat een duidelijk herkenbare bodem of veenpakket die de grens tussen Jong Dekzand I en II vormt. Deze Usselo Laag wordt gedateerd in het Allerød. De tweede omvat een *desert pavement* dat de grens tussen Oud Dekzand I en II vormt. Deze wordt gedateerd rond 18.000 BP in het koudste deel van het Pleniglaciaal (Midden-Weichselien).

2.3.2 Holoceen

Aan het begin van het Holoceen verandert het vlechtende rivierpatroon van de Rijn en Maas in een meanderend rivierpatroon. In deze periode wordt op de top van de vlechtende rivierafzettingen een dunne kenmerkende blauwgroene kleilaag afgezet. Deze klei wordt nog gerekend tot de **Formatie van Kreftenheye**. Het zand dat in het begin van het Holoceen opwaait uit de vrijliggende (niet afgedekte) vlechtende rivierbeddingen tot rivierduinen, wordt eveneens nog gerekend tot de Formatie van Kreftenheye. Dit zijn dus eolische afzettingen die worden gerekend tot een Formatie waarin verder alle eenheden zijn gevormd in een fluviatiel milieu.

In het Holoceen verandert de poolwoestijn uit de Late Dryas in snel tempo in een bosvegetatie behorend bij een gematigd klimaat. In het Mesolithicum wordt lokaal de vegetatie dusdanig verstoord dat plaatselijk zand opnieuw wordt opgenomen en afgezet. Dit stuifzand wordt gerekend tot de **Formatie van Kootwijk**. De grootste verstuingen vinden plaats in de Middeleeuwen als gevolg van overexploitatie. Afzettingen die lokaal worden gevormd in beekdalen worden gerekend tot de **Formatie van Singraven**. In het noordoostelijk deel van Nederland en oostelijk deel van Noord-Brabant komen uitgestrekte hoogvenen tot ontwikkeling. Dit veen wordt gerekend tot de **Formatie van Griendtsveen**.

De rivierafzettingen die buiten de invloed van de getijden zijn gevormd worden gerekend tot de **Betuwe Formatie**. De Betuwe Formatie wordt onderverdeeld naar genese. De volgende eenheden worden onderscheiden: geulafzettingen (beddingafzettingen), verlandingsafzettingen (restgeulafzettingen), oeverafzettingen, komafzettingen, oeverwaldoorbraakafzettingen (crevasseafzettingen), dijkdoorbraakafzettingen en veen.

De (peri-) mariene afzettingen, de rivierafzettingen die zijn gevormd onder invloed van de getijden, zijn ondergebracht in de **Westland Formatie** (tabel 2.02). Deze Formatie is zeer complex opgebouwd. Het veen dat direct op de Pleistocene ondergrond is gevormd en op een later moment met (peri-) mariene afzettingen is afgedekt wordt gerekend tot het **Basisveen**. Het overige veen dat is gevormd in het (peri-) mariene gebied wordt gerekend tot het **Hollandveen**.

Kust	Kustvlakte	Rijn-Maasdelta	Almere lagune
Jong Duinzand Oud Duinzand Noordzee Afz. II Noordzee Afz. I	Afz. van Duinkerke 0-III (Hollandveen) Afz. van Calais I-IV (Hollandveen) Basisveen	Afz. van Tiel 0-III (Hollandveen) Afz. van Gorkum I-IV (Hollandveen) Basisveen	Zuiderzee Afzettingen Almere Afzettingen Jonge Detritus Gytja Cardium Klei Oude Detritus Gytja Beemster Afzettingen Klei van Velsen Basisveen

Tabel 2.02: Onderverdeling van de Westland Formatie per afzettingmilieu conform de indeling van Zagwijn & Van Staaldin, 1975.

Mariene afzettingen (wad-, kwelder- en geulafzettingen) die zijn gevormd voor ca. 1700 v. Chr. worden gerekend tot de **Afzettingen van Calais**. De afzettingen die in deze periode zijn gevormd in een peri-mariene milieu worden gerekend tot de **Afzettingen van Gorkum**. De Afzettingen van Calais en Gorkum worden in 4 subfasen onderverdeeld, I, II, III en IV. De wad-, kwelder- en geulafzettingen die zijn gevormd in een mariene milieu na ca. 1700 v. Chr. worden gerekend tot de **Afzettingen van Duinkerke**. De afzettingen die gelijktijdig in het peri-mariene gebied zijn gevormd worden gerekend tot de **Afzettingen van Tiel**. De Afzettingen van Duinkerke en Tiel zijn onderverdeeld in vier subfasen 0, I, II en III. In sommige regio's worden de mariene en peri-mariene laagpakketten nader onderverdeeld, bijvoorbeeld Duinkerke III a, b en c. Deze onderverdelingen hebben in de verschillende regio's waar deze worden gemaakt niet steeds betrekking op hetzelfde tijdsinterval. Naast de peri-mariene afzettingen bevat de Westland Formatie ook nog eolische afzettingen, de kustduinen. Deze worden onderverdeeld in **Oude Duinen** en **Jonge Duinen**. De Oude Duinen kennen relatief weinig reliëf (maximaal 10 meter) en zijn doorgaans ontkalkt. De Jonge Duinen kennen veelal veel reliëf en zijn doorgaans kalkrijk. De Oude Duinen zijn gevormd voor de Middeleeuwen. De Jonge Duinen zijn na 1000 AD ontstaan en kennen een relatief groot reliëfverschil (tot zo'n 30 meter). Strandwalafzettingen worden gerekend tot de **Noordzee Afzettingen**. Binnen de Noordzeeafzettingen wordt een onderscheid gemaakt in twee fasen, Noordzee Afzettingen I en II. De Noordzee Afzettingen I zijn gevormd bij een terugschrijdende kust. De Noordzee Afzettingen II zijn ontstaan bij een uitbouwende kust.

De afzettingen die zijn gevormd in de Almere lagune, het voormalig Zuiderzeegebied, worden ook gerekend tot de Westland Formatie. Het veen dat zich in dit gebied op de Pleistocene ondergrond bevindt wordt gerekend tot het Basisveen. Daarop bevindt zich een zeer humeus kleipakket dat is gevormd in een binnenzee getuige het voorkomen van grote aantallen brak- en zoutwater schelpjes. Dit kleipakket wordt gerekend tot de **Klei van Velsen**. Daarop bevinden zich afwisselend klastische en organogene sedimenten. De klastische sedimenten die voor 3800 BP zijn gevormd worden gerekend tot de **Beemster Afzettingen**. De organogene sedimenten die in deze periode zijn gevormd worden gerekend tot de **Oude Detritus Gytja**. De klastische afzettingen die tussen ca. 2200 v. Chr. en 50 AD zijn gevormd worden gerekend tot de **Cardium Klei**. De organogene sedimenten die in deze periode zijn gevormd worden gerekend tot de **Jonge Detritus Gytja**.

Rond 50 AD ontstaat een nieuwe opening in de Almere lagune via de Vliestroom. Het milieu in de lagune wordt daardoor veel dynamischer. De afzettingen die in deze fase zijn gevormd worden gerekend tot de **Almere Afzettingen**. Vanaf het moment dat rond 1300 v. Chr. de Zuiderzee ontstaat, worden de afzettingen gerekend tot de **Zuiderzee Afzettingen**.

2.4 De Mulder et al.

De indeling van De Mulder *et al.* kent een hiërarchische indeling in Formaties, Laagpakketten en Lagen. De afzettingen kunnen min of meer naar milieu worden onderverdeeld: marien, fluviatiel, glacieen of sedimenten van lokale herkomst. Daarnaast kan een onderscheid worden gemaakt naar periode waarin de sedimenten zijn gevormd. Tenslotte speelt de regio waarin de sedimenten zijn gevormd een rol. Hieronder wordt een overzicht gegeven van de lithostratigrafische eenheden vanaf het einde van het Saalien (tabel 2.03).

2.4.1 Pleistoceen

Saalien

In het Saalien reikt het landijs tot in Nederland. Het landijs breidt zich ongeveer uit tot aan de Utrechtse Heuvelrug. Afzettingen die zijn gevormd in een glaciaal milieu, dus onder invloed of direct als gevolg van het landijs worden gerekend tot de **Formatie van Drenthe**. Binnen de Formatie van Drenthe wordt een onderscheid gemaakt in drie Laagpakketten die ieder een ander afzettingsmilieu representeren. Tot het **Laagpakket van Gieten** worden alle grondmorenen gerekend, inclusief keileem. Keizand wordt binnen dit Laagpakket apart onderscheiden als de **Gasselte Laag**. Fluvioglaciale afzettingen zoals kames, eskers en sandrs worden gerekend tot het **Laagpakket van Schaarsbergen**. Glaciolacustriene afzettingen (afzettingen die zijn gevormd in een smeltwatermeer) worden gerekend tot het **Laagpakket van Uitdam**.

De rivierafzettingen die zijn afgezet door de Rijn en de rivierafzettingen die zijn gevormd door de Maas ten noorden van Gennep worden gerekend tot de **Formatie van Kreftenheye**. Binnen de afzetting van Kreftenheye worden enkele Laagpakketten onderscheiden. Het **Laagpakket van Well** betreft de afzettingen die zijn gevormd door de Rijn in Noord-Limburg tijdens het Saalien toen de Rijn onder invloed van het landijs haar loop verlegde. De rivierafzettingen van de Maas ten zuiden van Gennep worden gerekend tot de **Formatie van Beegden**. De Maasafzettingen uit het Saalien worden gerekend tot het **Laagpakket van Eijsden**. De oudere afzettingen van de Rijn die met name in Noord-Limburg en Zuidwest Brabant dagzomen of nabij het oppervlak voorkomen vallen binnen de **Formatie van Sterksel**. Afzettingen van de Schelde in Zeeland worden gerekend tot de **Formatie van Koewacht**.

De **Formatie van Boxtel** bevat alle afzettingen ten zuiden van het ijsfront die niet door de Rijn en Maas zijn gevormd. In dit gebied komen met name eolische afzettingen voor zoals dekzand, löss en andere periglaciale afzettingen. Binnen de

Formatie van Boxtel wordt een onderscheid gemaakt in een aantal Laagpakketten. Löss wordt gerekend tot het **Laagpakket van Schimmert**.

Eemien

Het Eemien is een relatief warme periode. In deze periode steeg de zeespiegel en breidde de zee zich uit over een groot deel van Nederland. Een deel van de glaciële bekkens werd opgevuld met mariene afzettingen. Deze afzettingen worden gerekend tot de **Eem Formatie**. Het veen dat in de kustzone werd gevormd, naast en boven de mariene afzettingen van de Eem Formatie, wordt gerekend tot de **Formatie van Woudenberg**.

De rivierafzettingen die in het Eemien zijn afgezet door de Rijn en de rivierafzettingen die zijn gevormd door de Maas ten noorden van Gennep worden gerekend tot de **Formatie van Kreftenheye**. Binnen de Formatie van Kreftenheye worden enkele Laagpakketten onderscheiden. De afzettingen die de Rijn heeft gevormd in het tongbekken dat het landijs in het Saalien in het IJsseldal had uitgesleten worden gerekend tot het **Laagpakket van Twello**. De oever- en komafzettingen die de Rijn heeft gevormd in het IJsseldal worden gerekend tot het **Laagpakket van Zutphen**. De rivierafzettingen die ten zuiden van Gennep zijn gevormd door de Maas worden net als in de voorgaande periode gerekend tot het **Laagpakket van Eijsden** van de **Formatie van Beegden**. Afzettingen van de Schelde in Zeeland worden net als in de voorgaande periode gerekend tot de **Formatie van Koewacht**.

Lokaal gevormde afzettingen uit deze periode zoals beekafzettingen en buiten de kustvlakte gevormd hoogveen worden gerekend tot de **Formatie van Boxtel**. Binnen de Formatie van Boxtel worden verder voor deze periode geen aparte Laagpakketten onderscheiden.

Weichselien

De rivierafzettingen die in het Weichselien zijn afgezet door de Rijn en de rivierafzettingen die zijn gevormd door de Maas ten noorden van Gennep worden gerekend tot de **Formatie van Kreftenheye**. Binnen de Formatie van Kreftenheye worden enkele Laagpakketten onderscheiden. Het **Laagpakket van Ockenburg** bestaat uit door de Rijn aangevoerd materiaal en ten dele uit fluviaal omgewerkte mariene afzettingen van de Eem Formatie. Dit laagpakket komt alleen in zuidwest Nederland voor. De stugge klei die in Midden- en West-Nederland vaak aan de top van de Formatie van Kreftenheye voorkomt wordt gerekend tot de **Laag van Wijchen**. Deze laag is gedeeltelijk in het Holocene gevormd. Dezelfde afzettingen worden in het stroomgebied van de Maas ten zuiden van Gennep eveneens gerekend tot deze Laag van Wijchen onder de **Formatie van Beegden**. De overige rivierafzettingen die ten zuiden van Gennep zijn gevormd door de Maas worden net als in de voorgaande periode gerekend tot het **Laagpakket van Eijsden** van de Formatie van Beegden. Afzettingen van de Schelde in Zeeland worden net als in de voorgaande periode gerekend tot de **Formatie van Koewacht**.

Lokaal gevormde afzettingen uit deze periode zoals dekzand, löss en andere periglaciaire afzettingen worden gerekend tot de **Formatie van Boxtel**. Binnen de Formatie van Boxtel wordt voor deze periode een aantal Laagpakketten onderscheiden. Het **Laagpakket van Liempde** betreft fijne eolische afzettingen (löss) en komt overwegend voor in de Roerdalslenk. Het **Laagpakket van Best** betreft afzettingen die in natte laagten in en langs beekdalen zijn gevormd. Meerafzettingen en afzettingen in de overstromingsvlakten van kleine rivieren worden gerekend tot het **Laagpakket van Tilligte**. Dekzand dat met name in het Midden- en Laat Weichselien is gevormd wordt gerekend tot het **Laagpakket van Wierden**. Buiten de riviervlakten van Rijn en Maas vormt dekzand in een groot deel van Nederland de top van het Pleistocene oppervlak.

2.4.2 Holoceen

Aan het begin van het Holoceen verandert het vlechtende rivierpatroon van de Rijn en Maas in een meanderend rivierpatroon. In deze periode wordt op de top van de vlechtende rivierafzettingen een dunne kenmerkende blauwgroene kleilaag afgezet. Deze klei wordt nog gerekend tot de **Formatie van Kreftenheye**. Deze afzettingen worden aangeduid als de **Laag van Wijchen**. Waar deze afzettingen voorkomen in het dal van de Maas ten zuiden van Gennep worden deze afzettingen eveneens aangeduid als Laag van Wijchen maar gerekend tot de **Formatie van Beegden**.

De Holocene rivierafzettingen van de Maas ten zuiden van Gennep worden gerekend tot het **Laagpakket van Oost-Maarland** van de Formatie van Beegden. De rivierafzettingen van Rijn en Maas ten noorden van Gennep die zijn gevormd onder gematigde klimaatomstandigheden in het Holoceen worden gerekend tot de **Formatie van Echteld**. De Formatie van Echteld wordt onderverdeeld in lithogenetische eenheden. Binnen deze Formatie worden de volgende eenheden onderscheiden: geulafzettingen (beddingafzettingen), restgeulafzettingen, oeverafzettingen, crevasse-afzettingen, komafzettingen, dijkdoorbraakafzettingen en delta-afzettingen. De Holocene afzettingen van de Schelde in Zeeland worden tot de **Formatie van Kreekrak** gerekend.

De mariene afzettingen uit het Holoceen worden gerekend tot de **Formatie van Naaldwijk**. Deze Formatie is onderverdeeld in een groot aantal laagpakketten en lagen. Deze kunnen worden onderverdeeld naar afzettingen gevormd in de nabijheid van de kust, afzettingen gevormd in de kustvlakte en afzettingen gevormd in de Almere lagune. In de kustzone worden strandafzettingen gerekend tot het **Laagpakket van Zandvoort**. Kustduinafzettingen worden gerekend tot het **Laagpakket van Schoorl**. In de kustvlakte worden de afzettingen gevormd in de periode voordat sprake was van een nagenoeg volledig gesloten kust gerekend tot het **Laagpakket van Wormer**. Binnen het Laagpakket van Wormer wordt de **Laag van Velsen** onderscheiden als de eerste klastische afzetting in de Holocene kustvlakte. Daarnaast wordt binnen dit Laagpakket van Wormer de **Laag van Bergen** onderscheiden, een kleilaag die aan de basis van het Holocene pakket aanwezig is in het Zeegat van Bergen. Het Laagpakket van Wormer is aan de bovenzijde vrij-

wel geheel bedekt met een pakket veen dat wordt gerekend tot het **Hollandveen Laagpakket** van de **Formatie van Nieuwkoop**. Op dit veenpakket bevindt zich een tweede pakket afzettingen dat zich heeft gevormd in de kustvlakte. Deze afzettingen worden gerekend tot het **Laagpakket van Walcheren**. Binnen dit Laagpakket worden enkele lagen onderscheiden die specifiek voorkomen in of rond de Almere lagune. De **Almere Laag** zijn afzettingen gevormd in de fase dat sprake was van een grote binnensee met een beperkte opening naar zee. De afzettingen zijn gevormd in een brak lagunair milieu. De Almere Laag wordt doorgaans afgedekt met de **Zuiderzee Laag**. Deze laag is in een brak tot zout lagunair milieu gevormd. De **IJsselmeer Laag** betreft meerbodemaafzettingen die in het IJsselmeer zijn gevormd. Tenslotte wordt binnen dit Laagpakket de **IJze Laag** onderscheiden. Deze laag bestaat uit sediment dat is ontstaan bij overstromingen vanuit de Zuiderzee.

Lokale afzettingen die zijn gevormd in het Holocene worden gerekend tot de **Formatie van Nieuwkoop** (organische afzettingen) en de **Formatie van Bortel** (overige afzettingen). Binnen de Formatie van Nieuwkoop worden twee Laagpakketten onderscheiden, het **Laagpakket van Griendtsveen** en het **Hollandveen Laagpakket**. Het eerste bevat al het veen dat is ontstaan buiten de invloedssfeer van de kustveenmoerassen en wordt niet verder onderverdeeld. Het Hollandveen Laagpakket betreft veen dat de onderliggende mariene afzettingen afdekt en/of wordt afgedekt door mariene afzettingen. Binnen het Hollandveen Laagpakket worden twee Lagen onderscheiden, de **Basisveen Laag** en de **Flevomeer Laag**. De Basisveen Laag betreft veen dat direct op de Pleistocene ondergrond is gelegen en wordt afgedekt met mariene afzettingen. Binnen de **Formatie van Bortel** worden drie Laagpakketten onderscheiden: het Laagpakket van Kootwijk, Singraven en Delwijnen. Het **Laagpakket van Kootwijk** betreft stuifzandaafzettingen. De eerste door de mens veroorzaakte stuifzanden zijn al ontstaan in het Mesolithicum. Het **Laagpakket van Singraven** betreft afzettingen die zijn gevormd in de beekdalen. Het **Laagpakket van Delwijnen** bestaat uit zand dat vanuit de beddingen van het vlechtende riviersysteem is opgewaaid tot rivierduin in het begin van het Holoceen.

	Glacigeen	Fluviatiel			Schelde	Marien			Lokaal
		Rijn of Rijn en Maas	Maas	kust		kustvlakte	lagune		
Holoceen		F. v. Eichteld F. v. Krefthenheye Wychen L.	F. v. Beegden Lp. v. Oost-Maerland Wychen L.	F. v. Kreekrak	F. v. Naaldwijk Lp. Schoorl Lp. Zandvoort	F. v. Naaldwijk Lp. Walcheren Lp. Wormer	F. v. Naaldwijk Lp. v. Walcheren IJsselmeer L. IJe L. Zuiderzee L. Almere L. Lp. v. Wormer Velsen L. Bergen L.	F. v. Bostel Lp. v. Kootwijk Lp. v. Singraven Lp. v. Delwijnhen	F. v. Nieuwkoop Lp. v. Griendtsveen Hollandveen Lp. Flevomeer L. Basisveen L.
Weichselien		F. v. Krefthenheye Lp. v. Ockenburg Wychen L.	F. v. Beegden Lp. v. Eijdsden Wychen L.	F. v. Koewacht				F. v. Bostel Lp. v. Wierden Lp. v. Tilligte Lp. v. Best Lp. v. Liempde	
Eemien		F. v. Krefthenheye Lp. v. Twello Lp. v. Zutphen	F. v. Beegden Lp. v. Eijdsden	F. v. Koewacht	Eem F.			F. v. Bostel	F. v. Woudenberg
Saalien	F. v. Drenthe Lp. v. Gieten Gasselte L. Lp. v. Uildam Lp. v. Schaarsbergen	F. v. Krefthenheye Lp. v. Well F. v. Sterksel	F. v. Beegden Lp. v. Eijdsden	F. v. Koewacht				F. v. Bostel Lp. v. Schimmert	

Tabel 2.03: Onderverdeling van de Formaties vanaf het eind van het Saalien per afzettingsmilieu en periode conform de indeling van De Mulder et al. 2003.

Pleistocene landschappen

3.1 Inleiding

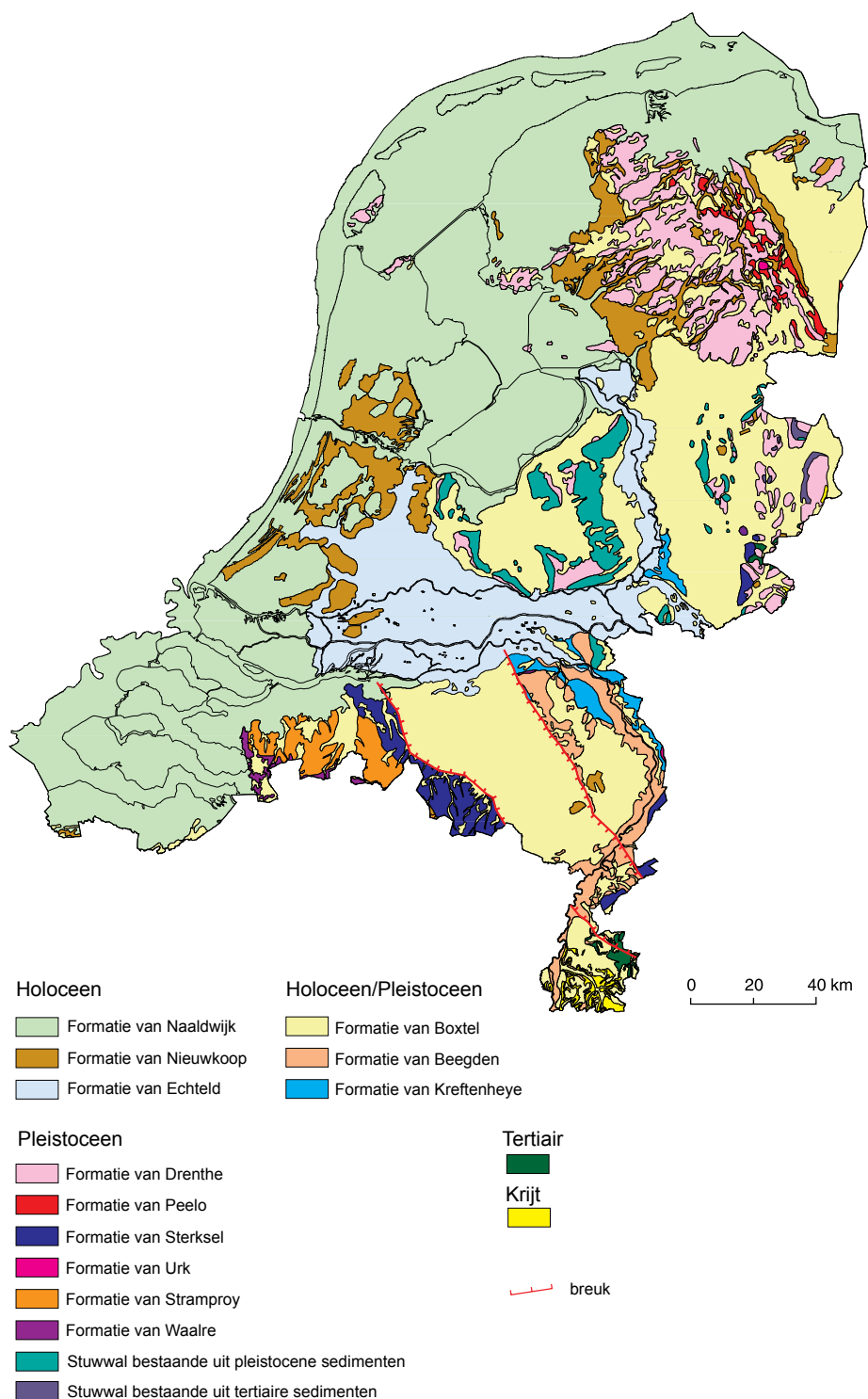
Het Kwartair is de geologische periode die voor Nederland het meest belangrijk is geweest voor de vorming van het huidige landschap. Het Kwartair wordt onderverdeeld in het Pleistoceen en in het Holocene. Het Pleistoceen beslaat verreweg het grootste deel van het Kwartair (van 2,6 miljoen jaar geleden tot ongeveer 10.000 jaar geleden). Het Holocene is de periode van 10.000 jaar geleden tot heden. Het belangrijkste kenmerk van het Pleistoceen is het grote aantal klimaatsveranderingen, de afwisseling tussen koude (glaciale) en warmere (interglaciale) perioden. De Kwartaire landschappen zijn dan ook sterk gerelateerd aan deze klimaatveranderingen.

In dit hoofdstuk worden de landschappen behandeld die onder invloed van ijs, wind en rivieren gedurende de periode van ongeveer 2,6 miljoen jaar geleden tot 10.000 jaar geleden in Nederland zijn gevormd. Dit is de periode waarin landijs een zeer grote rol speelde in de vorming van Nederland. Deze landschappen komen, zoals te zien is op afbeelding 3.01, met name in de oostelijke en zuidelijke delen van Nederland aan het oppervlak voor. In hoofdstuk 4 komen de landschappen aan bod die gedurende het Holocene zijn gevormd.

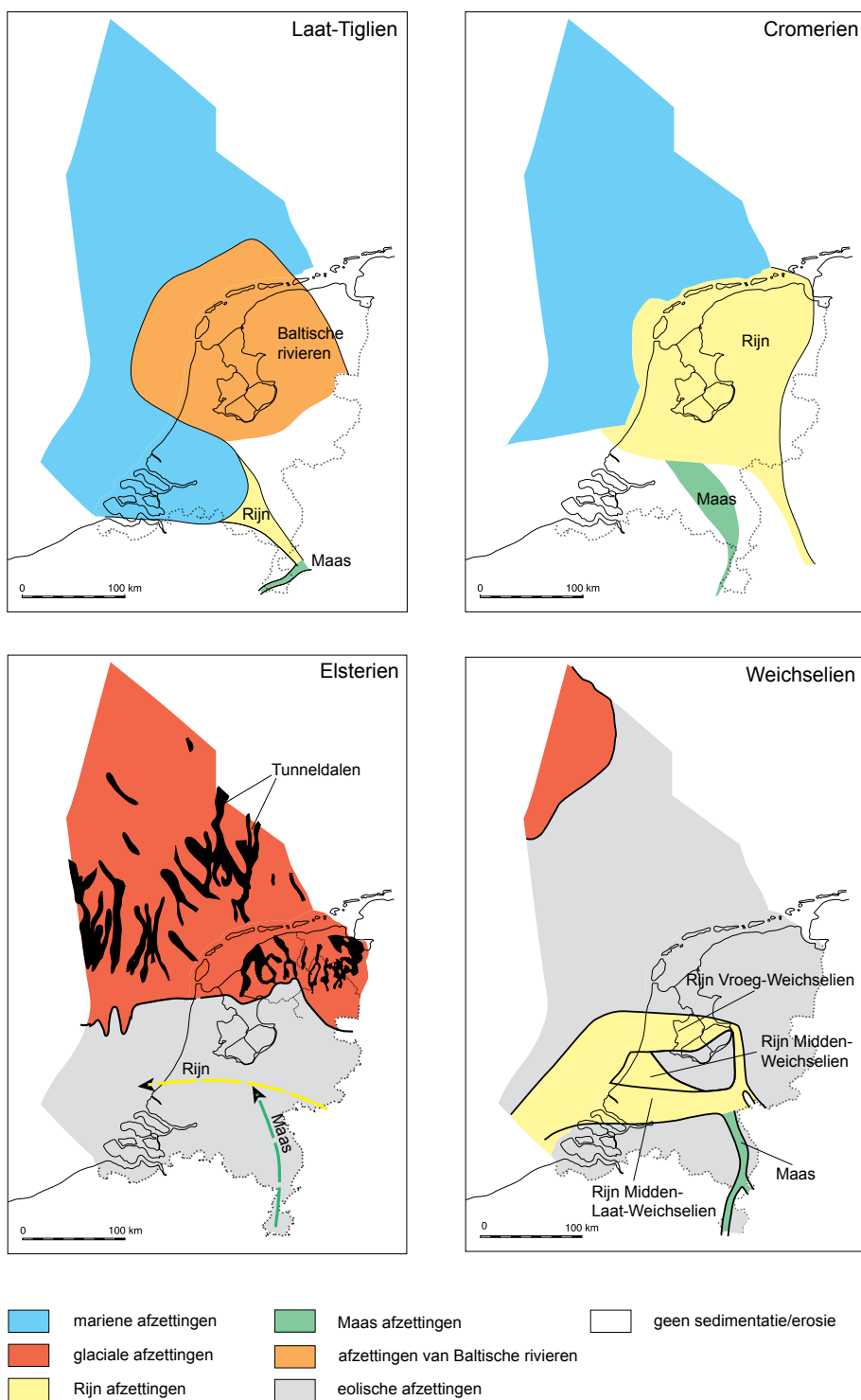
In het eerste deel van het hoofdstuk wordt een aantal belangrijke begrippen uitgelegd met betrekking tot landschappen die zijn gevormd onder invloed van ijs, wind en rivieren (glaciale, periglaciale, eolische en fluviatiele landschappen). In het laatste deel van dit hoofdstuk worden aan de hand van diverse profielfoto's enkele voorbeelden van pleistocene landschappen getoond en wordt de relatie met archeologie besproken. Hoewel gedurende het Pleistoceen ook mariene afzettingen zijn gevormd, zal de focus liggen op de glaciale en periglaciale landschappen, aangezien deze landschappen vandaag de dag in grote delen van oost en zuid Nederland aan het oppervlak zichtbaar zijn.

3.2 Fluviatiele landschappen

Gedurende grote delen van het Pleistoceen werden in Nederland sedimenten door verschillende rivieren afgezet. Deze rivieren kwamen vanuit meerdere richtingen. Vanuit het zuiden waren het vooral de Maas, Rijn en in mindere mate de Schelde. Vanuit het (noord)oosten kwamen de zogenaamde Baltische rivieren, die gezamenlijk ook wel Eridanos worden genoemd. In het Vroeg-Pleistoceen zijn het vooral deze Baltische rivieren geweest die grote pakketten zand en grind hebben afge-



Afbeelding 3.01: Geologische kaart van Nederland met daarop onder andere de Pleistocene en Holocene formaties (gewijzigd naar: De Gans, 2007).



Afbeelding 3.02: Vereenvoudigde paleogeografische kaarten voor 4 tijdstappen in het Pleistoceen (gewijzigd naar: De Gans, 2007).

zet (afbeelding 3.02). Door uitbreiding van de ijskappen in Scandinavië werd de loop van deze rivieren richting Nederland in het Cromerien afgesloten. Vanaf dat moment werd vooral de Rijn de belangrijkste rivier. Ook door de Rijn werden opnieuw grote hoeveelheden zand en grind afgezet. In Limburg speelde met name de Maas een voorname rol in de vorming van het landschap (afbeelding 3.02).

Gedurende de rest van het Pleistoceen bleef de Rijn (al dan niet gecombineerd met de Maas) de belangrijkste “sedimentleverancier” voor de opbouw van de Nederlandse Rijn-Maas delta (afbeelding 3.02). De oudere afzettingen van de Rijn en Maas komen op een aantal plaatsen in Nederland aan of nabij het oppervlak voor. Dit is in Noord-Brabant op de horsten aan weerszijden van de Centrale Slenk en in Noord en Midden Limburg op de oostelijke oever van de Maas (zie paragraaf 3.5).

De rivieren die verantwoordelijk waren voor de opbouw van een dik pakket (voornamelijk) zand en grind waren vooral vlechtende rivieren (afbeelding 3.03). Vlechtende rivieren bestaan uit een stelsel van brede, ondiepe geulen die zich splitsen en weer bij elkaar komen. Tussen de geulen liggen zand- en grindbanken. De watervoerende beddingen kunnen zich snel verleggen in dit losse sediment. Kenmerkend voor dit type rivier is de brede zone waarin beddingafzettingen worden gevormd. In de Rijn-Maasdelta is deze zone doorgaans één of meerdere kilometers breed. Dit type rivier ontwikkelt zich bij een onregelmatige watertoevoer waarbij perioden met een extreem hoge waterafvoer worden afgewisseld met een extreem lage waterafvoer. In het geval van de koude perioden en ijstijden in Nederland lagen de rivierbeddingen gedurende de koude winters droog en zorgde het smelten van sneeuw in het voorjaar voor grote piekafvoeren van de rivieren.

In Zuid-Limburg stond de vorming van het landschap gedurende het Kwartair onder invloed van gebergtevorming elders in Europa. Als gevolg van deze gebergtevorming vond ook opheffing van het Eifel-Ardennen massief en het zuiden van Limburg plaats. Door aanhoudende opheffing van het gebied in het Kwartair sneed de Maas zich in het onderliggende landschap in. Door de voortdurende afwisseling van enerzijds de sedimentatie van grind (gedurende de koude perioden) en anderzijds de insnijding (gedurende de warme perioden), ontstond in het gebied een trapsgewijs patroon van vele rivierterrassen van de Maas. In het begin van het Pleistoceen waterde de Maas in oost-noordoostelijke richting af naar het dal van de Rijn (de zogenaamde Oostmaas). Doordat het gebied onder invloed van de tektoniek feitelijk een beetje kantelde, veranderde de locatie van het dal van de Maas ook. Uiteindelijk is de rivier op de huidige locatie beland. De hoogste en oudste terrassen van Maas bevinden zich in het zuidoosten van Zuid-Limburg. Deze hebben een vroeg-Pleistocene ouderdom. De Maas heeft over een groot deel van Zuid-Limburg een dik pakket grind afgezet. Alleen in het uiterste zuidoosten zijn geen Pleistocene afzettingen van de Maas aanwezig. Hoe verder de terrassen zich uitbreiden naar het noordwesten, hoe jonger ze worden en hoe lager ze liggen ten opzichte van NAP, waarbij de jongste terrassen vlak langs de huidige Maas liggen.

Het is moeilijk voor te stellen dat de Maas een andere loop heeft gehad dan de huidige. Er zijn echter op diverse plaatsen in Zuid-Limburg bewijzen voor de voormalige aanwezigheid van de Maas. Zo kun je op de akker die boven op de



a



b

Afbeelding 3.03 a en b: Voorbeelden van hedendaagse vlechtende rivieren in Alaska (foto's: J. de Moor).

Gulperberg ligt, afgerond grind aantreffen. Veel van dit grind heeft dezelfde samenstelling als het grind in de huidige Maasbedding en is afkomstig uit de Ardennen.

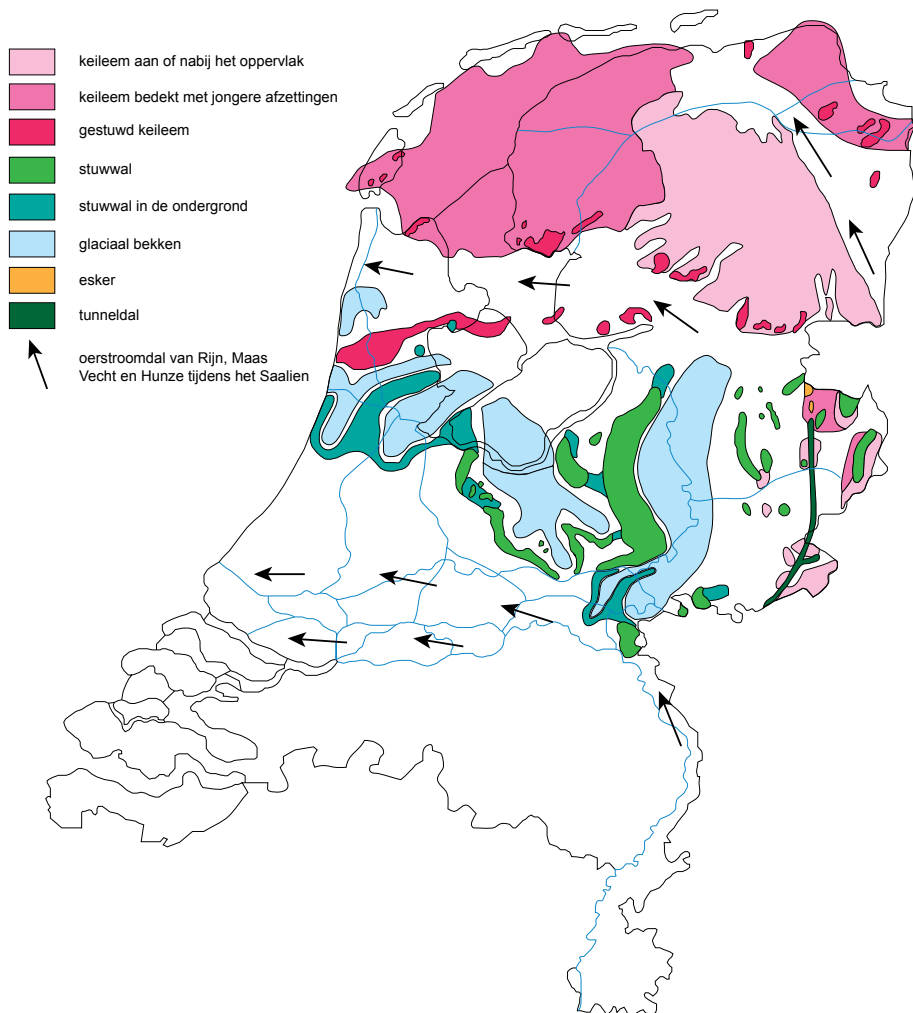
3.3 Glaciale en fluvioglaciale afzettingen

Gedurende het Elsterien (475.000-410.000 jaar geleden) kwam voor de eerste keer een ijskap deels in Nederland te liggen. Deze ijskap reikte waarschijnlijk ongeveer tot de lijn Wieringen – Overijsselse Vecht (afbeelding 3.02). Van deze ijsbedekking zijn in het landschap vrijwel geen restanten meer zichtbaar. In de ondergrond zijn de gevolgen van deze ijsbedekking echter nog wel aanwezig in de vorm van een aantal zeer diepe noord-zuid lopende dalen, de zogenaamde tunneldalen. Deze dalen zijn onder het ijs gevormd en zijn zeer groot en diep, plaatselijk meer dan 500 meter diep en tot 100 km lang. Het precieze ontstaan van deze dalen is nog niet helemaal duidelijk, maar gezien de grootte en diepte moet er een enorme hoeveelheid energie aan te pas zijn gekomen om de dalen te vormen en is deze energie afkomstig van smeltwaterstromen.

De dalen zijn opgevuld met smeltwaterafzettingen, zowel klei als grovere sedimenten. De grovere sedimenten (zand en grind) worden ook wel glaciofluviale afzettingen genoemd, afzettingen gevormd door smeltwaterrivieren. De fijnere afzettingen (klei) worden glaciolacustriene afzettingen genoemd, sedimenten afgezet in een smeltwatermeer. De klei is zeer zwaar en heeft een vrijwel zwarte kleur, de klei wordt ook wel “potklei” genoemd. Ook in het noorden van Duitsland is een soortgelijke klei aangetroffen, deze wordt daar de Lauenburger Ton genoemd. Evenals de andere smeltwaterafzettingen uit het Elsterien wordt de potklei tot de Formatie van Peelo gerekend. De smeltwaterafzettingen zijn op enkele plaatsen in Drenthe en Friesland aan het oppervlak terug te vinden.

Rond 370.000 jaar geleden begon een volgende ijstijd, het Saalien. De gevolgen van deze ijstijd zouden voor Nederland veel ingrijpender worden dan het Elsterien. Gedurende het Saalien bedekte een grote ijskap namelijk delen van Nederland en hierbij is het landschap plaatselijk op ingrijpende wijze vorm gegeven. Vermoedelijk is vanuit Scandinavië het ijs vanuit verschillende richtingen en in verschillende fasen naar Nederland gestroomd. Een eerste fase kwam vanuit noordoostelijke richting en kende ter hoogte van de lijn Texel – Gaasterland – Coevorden een stilstandfase. Tijdens een volgende fase kwam het ijs uit een meer noordelijke richting en bedekte een groter deel van het land. Tijdens de maximale ijsuitbreiding lag de zuidgrens van de ijskap ter hoogte van de lijn Haarlem – Utrecht – Nijmegen (afbeelding 3.04). Ten noorden van de Overijsselse Vecht had het ijs vermoedelijk een maximale dikte van ongeveer een kilometer. Verder naar het zuiden bestond de ijskap uit meerdere grote ijstongen die vanuit de massieve ijskap “stroomden”.

Het landijs heeft dus voor grote landschappelijke veranderingen gezorgd. Deze invloeden zijn in de vorm van diverse landschappelijke fenomenen zichtbaar in delen van Nederland. De landschappen die direct door het landijs zijn gevormd worden de glaciale landschappen genoemd en de landschappen die onder invloed van smeltwater zijn gevormd de fluvioglaciale landschappen. Hieronder worden deze landschappen in vogelvucht beschreven.



Afbeelding 3.04: Overzicht van glaciële landschappen die in het Saalien zijn ontstaan (gewijzigd naar: Zagwijn et al., 1985).

Stuwwallen

De bekendste glaciële landschappen zijn de hoge stuwwallen van de Utrechtse Heuvelrug, de Veluwe, het Montferland, de heuvels tussen Mook en Nijmegen en de heuvels in Overijssel. De stuwwallen bestaan veelal uit oudere fluviatiele sedimenten die door het ijs zijn opgeduwd. Dit heeft vooral plaatsgevonden op de locaties waar de hierboven genoemde ijstongen lagen. Deze tongen hebben ook grote, diepe glaciële bekkens (of tongbekkens) uitgesleten, onder andere ter hoogte van Amsterdam, de Gelderse Vallei en het dal van de Gelderse IJssel. De grootste stuwwal is die van de oostelijke Veluwe. Deze is meer dan 50 kilometer lang en plaatselijk ruim 100 meter hoog (afbeelding 3.05).



Afbeelding 3.05: Het karakteristieke reliëfrijke stuwwallandschap van de Posbank (Veluwe). De dalen zijn ontstaan door smeltwater en stonden grotendeels droog. Tegenwoordig zijn ze helemaal niet meer watervoerend en worden dan ook droge dalen genoemd (foto: dreamstime.com).

Afbeelding 3.06: Geplooid en scheefgestelde oude rivierafzettingen in een stuwwal bij Arnhem (foto: J. de Moor).

Deze stuwwallen bestaan grotendeels uit oudere fluviatiele afzettingen van de Rijn en de Baltische rivieren. Door de stuwende werking van het ijs zijn de oorspronkelijk horizontaal afgezette zand- en grindafzettingen geplooid en scheefgesteld (afbeelding 3.06 en 3.07a). Deze plooiing en scheefstelling doet sterk denken aan gebergtevorming, het ontstaansmechanisme voor de stuwwallen wordt dan ook wel glaciotektoniek genoemd. De stuwwallen zijn plaatselijk doorbroken door ijssmeltwaterdalen waar smeltwaterstromen zich een weg hebben gebaand door de stuwwallen (onder andere de Darthuizerpoort in de Utrechtse Heuvelrug).

Naast de bekende hierboven beschreven hoge stuwwallen is er een serie lage stuwwallen in Noord-Holland, Friesland, Drenthe en Overijssel. Deze stuwwallen zijn veel lager (10 tot 26 meter) en kleiner dan de grote stuwwallen van de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug. Deze lage stuwwallen zijn oorspronkelijk wel hoger geweest maar zijn, doordat ze door het ijs zijn overreden, aanzienlijk verlaagd. Mogelijk bestaat de Hondsrug uit een serie stuwwallen die door oprukkend landijs is overreden.

Morenes

Het ijs nam in, op en onder de ijskap veel grote en kleine stenen mee, afkomstig uit gebieden in Scandinavië waar het ijs oorspronkelijk vandaan kwam. Na het afsmelten van de ijskap bleven de stenen in het landschap achter als zwerfstenen. De stenen, die samen met andere sedimenten onder de ijskap lagen, werden niet alleen door het ijs verplaatst, maar ook volledig fijn gemaal en samengeperst als een mengsel van klei, zand, leem en grind/stenen. Deze laag wordt **grondmorene** of **keileem** genoemd. Keileem komt met name in grote delen van Drenthe aan het oppervlak voor. Het heeft vaak een dikte van enkele meters en vormt een groot plateau, het zogenaamde Drentse keileemplateau. Dit plateau bevindt zich min of meer tussen de twee hierboven genoemde series stuwwallen in.

Keileem komt -naast het grote keileemplateau- ook voor in langgerekte ruggen. De bekendste van deze ruggen is de Hondsrug. Andere, vergelijkbare ruggen die in Drenthe voorkomen, zijn beduidend lager dan de Hondsrug maar hebben dezelfde oriëntatie als de Hondsrug (NNW-ZZO). Hoewel het grootste deel van de Hondsrug dus als een keileemrug is gevormd, zijn mogelijk enkele delen ook door het ijs opgestuwd. Gletsjers duwen het materiaal dat ze transporteren vaak naar de voor- en zijkanen van het ijs weg. Hierbij ontstaan aan de voorkant van de gletsjers heuvels met grind en keien, deze worden **eindmorenes** genoemd en zijn niet hetzelfde als stuwwallen (afbeelding 3.07c). Stuwwallen bestaan uit lokaal materiaal terwijl eindmorenes bestaan uit materiaal dat door het ijs is meegenomen. Materiaal dat naar de zijkanen van de gletsjers is weggeduwd vormt de **zijmorene** van een gletsjer.

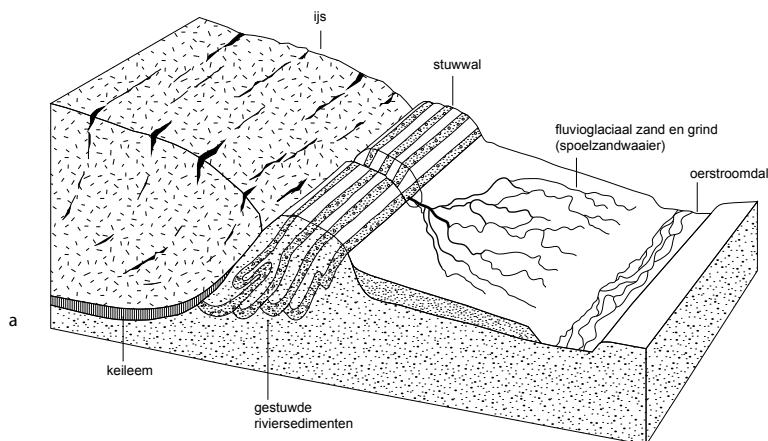
Keileem is doorgaans slecht water doorlatend. Tijdens de warmere periode na de laatste ijstijd zijn hierdoor grote veenmoerassen op het Drentse keileemplateau ontstaan. Het bekendste veenmoeras is waarschijnlijk wel het Fochteloërveen in Drenthe.

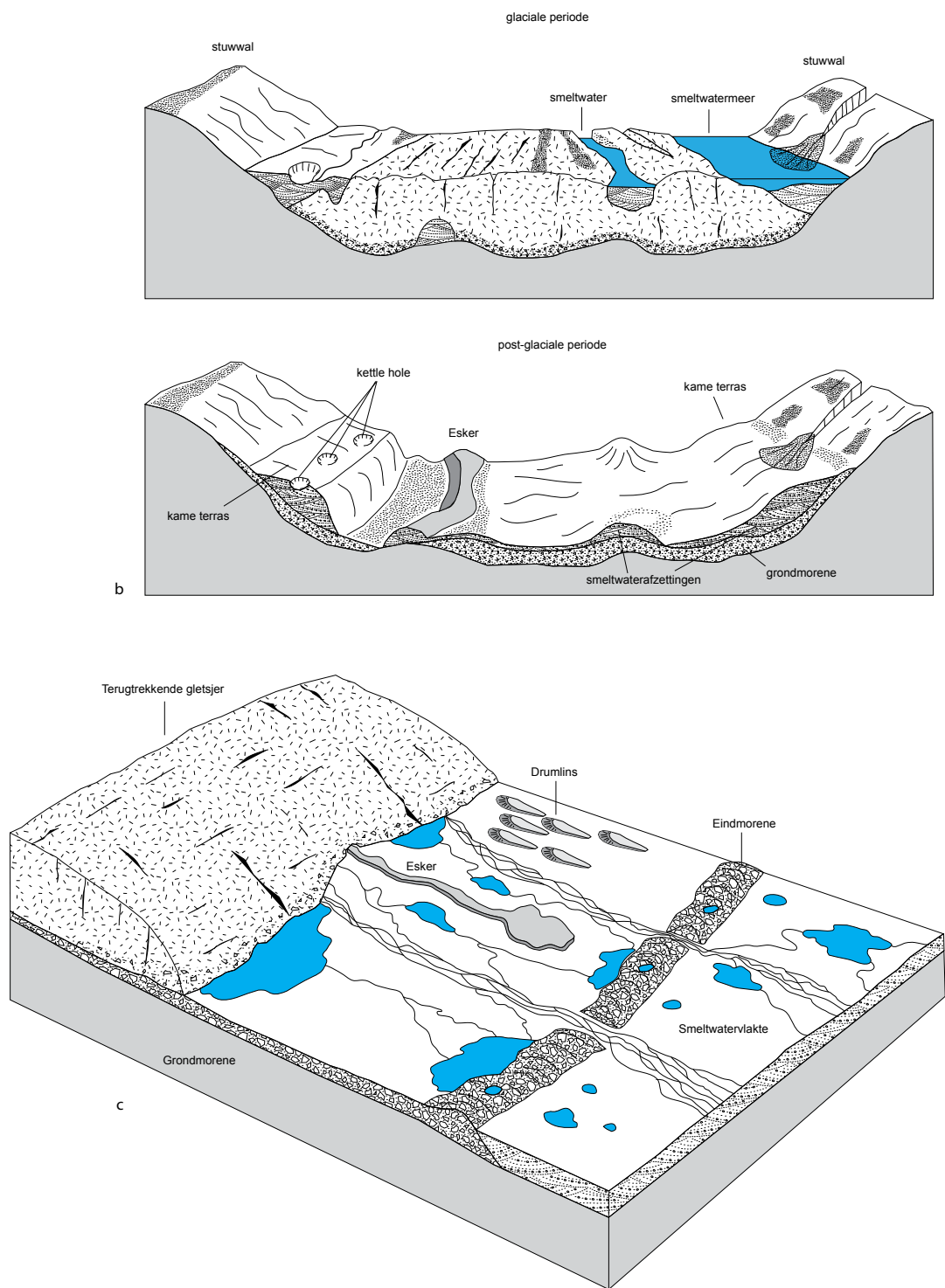
Drumlins zijn aparte, langgerekte landvormen met een stompe kant en een geleidelijk aflopende kant die ontstaan onder het ijs (afbeelding 3.07c). Met het van oorsprong Ierse woord *drumlin* worden langwerpige, opvallend afgeronde lage heuvels bedoeld. De lengterichting van een drumlin ligt parallel aan de stroomrichting van het ijs en de stompe kant wijst in de richting van waar het ijs vandaan kwam. In Nederland zijn ze vermoedelijk ontstaan doordat oudere stuwwallen later opnieuw door landijs zijn overreden. De drumlins bestaan dan uit grondmorene (keileem) of gestuwde fluviale afzettingen.

Smeltwaterafzettingen

Vanaf de ijsskap en de ijstongen kwamen grote hoeveelheden smeltwater vrij. Soms brak het smeltwater door de stuwwal heen. Het smeltwater nam grote hoeveelheden sediment mee, dat weer aan de andere kant van de stuwwallen (dus voor de stuwwallen) werd afgezet in de vorm van grote uitgestrekte zeer vlak aflopende waaiers, de zogenaamde spoelzandwaaiers of **sandrs** (afbeeldingen 3.07 a en c). Op deze grote vlaktes zijn o.a. bij Deelen, Soesterberg en Hilversum vliegvelden aangelegd. Smeltwaterafzettingen bestaan ook in kleinere vormen die ontstaan zijn onder de ijsskap. Onder de ijsskappen stroomde in smeltwatertunnels water dat ook sediment (zand, grind en keien) transporteerde en afzette. Na het afsmelten van de ijsskap bleef dit sediment als een langgerekte, smalle rug in het landschap achter. Deze landvorm wordt een zogenaamde **esker** genoemd (afbeeldingen 3.07 b en 3.07 c). In Nederland is een esker terug te vinden tussen Langeveen en Geesteren, in de buurt van Almelo.

Andere vormen van smeltwaterafzettingen zijn **kameterrassen** of smeltwaterterrassen (afbeelding 3.07b). Bij het afsmelten van het landijs ontstonden bij de stuwwallen plaatselijk smeltwatermeren. De afwatering was ter plaatse bijzonder slecht, waardoor het water bleef staan. Vanaf de hellingen van de stuwwallen werd met smeltwater zand en grind meegevoerd dat aan de rand van het smeltwatermeer werd afgezet. Nadat het water gezakt was in het smeltwatermeer, bleef dit aan de rand van het meer afgezette zand en grind achter in de vorm van een terrasniveau.





Afbeelding 3.07 a, b en c: Schematische overzichten van afzettingen en landschapsvormen die gerelateerd worden aan gletsjers en ijsbedekking (gewijzigd naar: www.digischool.nl, www.gov.ns.ca en www.geology.uprm.edu).

In Nederland komen dergelijke terrassen voor nabij Uddel en de Leuvenumse Beek en in het oosten van het land bij Holten.

Doodijsgaten of *kettle holes* zijn depressie die zijn ontstaan na terugtrekken van de ijskap, waarbij plaatselijk nog een blok ijs achterbleef (afbeelding 3.07b). Zo'n blok ijs veroorzaakte dan een depressie, ook nadat al het ijs was gesmolten. Bij het opwarmen van het klimaat vulde de depressie zich vaak met water en ontstond veen. In Nederland zijn onder andere bij Garderen op de Veluwe drie doodijsgaten bekend.

3.4 Eolische en periglaciaire afzettingen en landvormen

3.4.1 Eolische afzettingen

Tijdens de laatste ijstijd, het Weichselien (115.000 - 10.000 jaar geleden) heeft het landijs Nederland niet meer bereikt. Wel heersten er gedurende delen van het Weichselien zeer koude omstandigheden. Aan het begin van het Weichselien waren de condities ook nog eens relatief vochtig. Gedurende deze periode vond er veel erosie van onder andere het keileem (grondmorene) en de oudere fluviale afzettingen plaats. Deze erosie vond zowel door wind als water plaats. Met name de erosie door water en het afspoelen van sediment heeft in de lössgebieden, het keileemplateau en de stuwwallen geresulteerd in de vorming van vele smeltwaterdalen die afwaterden op grotere beken. Door deze erosie ontstonden sterk versneden landschappen. Tegenwoordig zijn de smeltwaterdalen ook nog in het landschap aanwezig, maar zijn ze niet meer watervoerend. Ze worden daarom dan ook wel droge dalen genoemd (afbeelding 3.05). De grotere beken zijn daarentegen continu watervoerend.

Het verwaaien van sediment resulteerde in de eerste vorming van dekzand. Naarmate het klimaat naar het Midden-Weichselien toe kouder werd nam de eolische activiteit toe. Rond 20.000 jaar geleden kende Nederland een periode van maximale koude met een gemiddelde jaartemperatuur van -8 °C. Nederland was toen een poolwoestijn, waar wind de vrije hand had. Gedurende deze periode zijn in grote delen van Nederland dikke pakketten dekzand afgezet. Het dekzand is in Nederland in verschillende vormen aanwezig in het landschap: als dekzandlaagtes en dekzandvlaktes, als dekzandwelvingen en dekzandruggen (paraboolduinen) en als dekzandkopjes. Met name de relatief hooggelegen ruggen en de dekzandkopjes in beekdalen vormden van oudsher aantrekkelijke vestigingslocaties voor prehistorische nederzettingen.

Van oudsher (in de oude lithostratigrafische indeling van Zagwijn & Van Staaldunen) zijn de eolische sedimenten onderverdeeld in het zogenaamde Oud en Jong Dekzand (zie tabel 3.01), waarbij het Jong Dekzand volledig door de wind is afgezet tijdens de laatste koude periode van het Weichselien. De term "Oud Dekzand" is eigenlijk een verwarrende en niet juiste term. Het betreft eerder een verzameling van verschillende afzettingssmilieus, waarvan het eolisch milieu wel een belangrijke is. Het gaat vaak om sterk lemig zand dat veelal oorspronkelijk

Naam	Afzettingsmilieu	"Bekend als"
Laagpakket van Kootwijk	Eolisch	Stuifzand (ook het jonge middeleeuwse stuifzand valt hieronder)
Laagpakket van Singraven	Fluviatiel en veen	Afzettingen in de beekdalen
Laagpakket van Delwijnen	Eolisch	Rivierduinen
Laagpakket van Wierden	Eolisch	Jong Dekzand
Laagpakket van Liempde	Zandige löss, herwerkt door stromend water	Oud Dekzand en "Brabantse Leem"
Laagpakket van Best	Overstromingsleem, afgewisseld met zandige eolische en beekafzettingen	"Brabantse Leem"
Laagpakket van Schimmert	Eolisch	De löss in Zuid-Limburg

Tabel 3.01: Vereenvoudigde onderverdeling van de eolische en fluvio-eolische afzettingen van de Formatie van Boxtel, conform Schokker (2003).

door de wind is afgezet, maar later vaak door stromend water is verplaatst en opnieuw is afgezet (fluvio-eolische en fluvio-periglaciale sedimenten).

In een fluvio-eolisch milieu wordt afwisselend sediment afgezet door de wind en door een rivier, hierbij vindt dan verspoeling plaats van het door de wind afgezette sediment. In de winter vindt veelal eolische sedimentatie plaats, waarna er tijdens het voorjaar en in de zomer verspoeling van de eerder afgezette eolische sedimenten plaatsvindt. Fluvioperiglaciale afzettingen zijn sedimenten die met smeltwater gerelateerd worden. In het fijne dekzand is soms sprake van een zeer fijne gelaagdheid. Een dergelijke gelaagdheid is typerend voor een niveo-eolisch milieu, een milieu waarin gelijktijdig zand en sneeuw of ijs door de wind wordt afgezet.

Tegenwoordig worden de afzettingen echter allemaal tot de Formatie van Boxtel gerekend, terwijl voorheen het Jong Dekzand tot de Formatie van Twente behoorde en het Oud Dekzand tot de Formatie van Eindhoven (Nuenen Groep) werd gerekend. In het dekzand heeft tijdens het Holocene bodemvorming plaatsgevonden waarbij veelal een podzolbodem is ontstaan. Afhankelijk van de lithologie en de grondwatercondities zal dit een moderpodzol, een veldpodzol of een haarpodzol zijn (zie hoofdstuk 5.2.5).

Naast bovengenoemde afzettingen kunnen in profielen met sedimenten van de Formatie van Boxtel ook dunne grindsnoertjes worden aangetroffen. Deze laagjes, die over grotere afstanden moeilijk zijn te vervolgen, betreffen vaak zogenaamde *desert pavements*. De aanwezigheid van zeer koude condities tijdens de laatste ijstijd resulteerde in een poolwoestijn, een kale, onbegroeide vlakte waar de wind vrij spel had. Op grote schaal vond verstuiving plaats van zand. Hierbij zijn de bekende dekzandlandvormen ontstaan. De verstuivingen hadden echter ook tot gevolg dat plaatselijk dermate veel zand werd verstoven, dat er aan het oppervlak alleen maar (fijn) grind overbleef, dit wordt een zogenaamd "*desert pavement*" of deflatieniveau genoemd. Binnen de oude lithostratigrafische indeling werden dergelijke grind-snoertjes/deflatieniveaus gerekend tot de Laag van Beuningen, maar vanwege de beperkte dikte, de moeilijke datering en de moeilijke laterale correlatie is de Laag van Beuningen niet meer opgenomen in de Formatie van Boxtel.

In het dekzand kon ook nog weer uitblazing plaatsvinden, waarbij het zand tot aan de grondwaterspiegel of een kleig niveau werd weggeblazen. Door een hoger wordende grondwaterstand tijdens het Holocene ontstonden kleine meertjes, vennen genoemd. In veel vennen heeft later, in het Holocene, veengroei plaatsgevonden.

Het pakket Jong Dekzand is in verschillende fasen afgezet. Met name in de iets warmere perioden van het Laat Glaciaal (Bølling en Allerød) vond er geen sedimentatie plaats en kon plaatselijk enige bodemvorming tot ontwikkeling komen. Deze laatglaciale bodems worden regelmatig in boringen en profielen herkend. Deze bodems worden vaak herkend aan enige humusinspoeling, de aanwezigheid van houtskool en de aanwezigheid van kevergraafgangen. De bekendste laatglaciale bodem is de Laag van Usselo. De aanwezigheid van houtskool in dit bodemniveau wordt wel eens gerelateerd aan grote bosbranden die ontstonden na uitbarsting van de Laacher See vulkaan in de Eifel. Indien in boringen of profielen een bodemniveau in het dekzand wordt aangetroffen, moet men voorzichtig zijn met het benoemen van deze bodem. Zonder datering is het feitelijk niet mogelijk om een naam aan deze bodem te geven. In deze begraven bodems kunnen laat-paleolithische vindplaatsen worden aangetroffen.

3.4.2 *Periglaciale landvormen*

Tijdens de glaciële perioden was de gemiddelde jaartemperatuur vele malen lager dan de huidige gemiddelde jaartemperatuur. Als gevolg van deze lage temperaturen was de bodem voor grote delen van het jaar bevroren. Alleen tijdens de zomer ontdooide de bovengrond. De continu bevroren ondergrond wordt permafrost genoemd. Onder invloed van de lage temperaturen en de permanent bevroren ondergrond zijn diverse karakteristieke landvormen en/of bodemverschijnselen ontstaan die regelmatig in profielen worden aangetroffen. Deze bodemverschijnselen worden periglaciale verschijnselen genoemd. Hieronder zal een aantal van deze verschijnselen worden beschreven.

Een zeer karakteristiek landschappelijk fenomeen dat tijdens de koudste perioden van met name het Weichselien op grote schaal is gevormd is de **pingo**. Pingo's zijn bolvormige heuvels die in periglaciale gebieden voorkomen. Pingo's ontstaan onder invloed van een groeiende ijskern. Deze ijskern groeit door aantrekking van grondwater. Deze ijskern blijft continue ondergronds en is afgedekt door een laag bevroren bodemmateriaal. Uiteindelijk wordt de heuvel te groot en kan de bovenkant openscheuren, waardoor het ijs bloot komt te liggen. Vervolgens smelt de ijskern en glijdt het afdekkende bodemmateriaal af. Nadat de ijskern volledig is afgesmolten blijft een depressie over, de pingoruïne. Rondom de randen van de depressie blijft een wal achter bestaande uit het afgegleden bodemmateriaal, de ringwal. In de depressie komt water te staan en vindt vorming van veen plaats. Met name op het keileemplateau in Drenthe zijn nog de nodige restanten van pingo's aanwezig. De bekendste grote pingoruïne in Nederland is het Uddelermeer. Pingoruïnes vormden in het verleden aantrekkelijke vestigingsplaatsen voor nomadische gemeenschappen. Tegenwoordig komen pingo's nog veel voor in het



Afbeelding 3.08: Voorbeeld van een hedendaagse pingo in het noorden van Canada (foto: dreamstime).

(sub-)arctische noorden van Canada. Bij het plaatsje Tuktoyaktuk bevindt zich de vermoedelijk meest bekende hedendaagse pingo (afbeelding 3.08).

Een **palsa** is vergeleken met een pingo een veel kleinere vorm van een vorstheuveld. Een palsa ontstaat onder hydrostatische druk van bevroren grondwater en komen vooral voor in de hoogveengebieden van toendra's. Ze komen tegenwoordig vooral voor in het hoge noorden van Finland en Rusland. De naam palsa komt uit het samisch en betekent "een verhoging in een moeras". Na afsmelten blijft ook hier vaak een ringwal met een depressie achter.

Naast de bovengenoemde grote vorstheuvels, bestaan er diverse vormen van kleinere vorstheuvels en heuvels zonder ijskern. **Seizoensale vorstheuvels** ontstaan onderaan hellingen in kleine depressies. Hier is de druk van uittredend grondwater groot en kan er onder koude omstandigheden snel een kleine vorstheuvel ontstaan. In de zomer smelten ze echter weer weg. **Thufur's** of **earth hummocks** komen voor in gebieden zonder permafrost maar wel met zeer strenge winters. Ze ontstaan vermoedelijk door uitzetting van bevroren materiaal en komen vaak in polygoon voor. Naast de hierboven genoemde kleine heuvels die in polygoonpatroon voorkomen (vaak **patterned ground** genoemd), zijn er ook nog landvormen met polygoon zonder heuvels, dit betreft onder andere de zogenaamde **mudboils** en **stone rings**.

Onder invloed van zeer koude temperaturen droogt de grond uit en zal contractie van de grond plaatsvinden (zogenaamde thermische contractie). Hierdoor gaat de grond scheuren en ontstaan zeshoekige polygoon van scheuren. Deze polygoon kunnen over grote oppervlakten voorkomen en grote netwerken vormen. Bij een steeds langere duur van een vorstperiode zal de scheur groter en dieper worden. Deze scheuren vormen de basis voor de zogenaamde **ijswiggen**. In fijne sedimenten ontstaan ijswiggen onder permafrost condities waarbij de gemiddelde jaartemperatuur in ieder geval kouder is dan -5°C . Voor ontwikkeling van ijswig-



Afbeelding 3.09: Twee voorbeelden van fossiele ijswiggen in fluviatiele sedimenten (Weichselien) in het oosten van Duitsland (foto's: J. de Moor).



Afbeelding 3.10: Grootschalige cryoturbaties in fluviatiele sedimenten (Weichselien) in het oosten van Duitsland (foto: J. de Moor).

gen in grover sediment is een gemiddelde jaartemperatuur van minder dan -8°C nodig. Het openbreken van de grond gebeurt bij temperaturen van -20°C en kouder. In het voorjaar komt er smeltwater in de scheuren terecht, dat in de winter weer bevroert. Hierdoor ontstaat er in de wig een ijskern, die elk jaar een beetje aangroeit en daarmee verder uitzet en groter wordt. Met het uitzetten van de ijswig wordt de grond aan weerszijden van de wig opzij gedrukt. De ijswiggen kunnen meters diep in de bodem doordringen. Wanneer het klimaat weer warmer wordt zal de ijswig uiteindelijk wegsmelten en wordt de spleet opgevuld met sediment. Fossiele ijswiggen kunnen goed worden herkend in profielen (afbeelding 3.09).

Naast ijswiggen bestaan er ook zandwiggen. Deze ontstaan ook in zeer koude klimaten, maar omdat ze onder zeer droge omstandigheden ontstaan zal er geen ijskern in worden gevormd. De scheuren worden onder deze omstandigheden opgevuld met ingewaaid zand. Ook onder seizoenale vorst kunnen scheuren in de grond ontstaan, zij het veel kleiner dan ijswiggen. In deze vorstspleten zal echter geen ijskern ontstaan. Deze vorstspleten worden tijdens opgravingen vaak in profielen herkend.

Een ander periglaciaal verschijnsel dat tijdens opgravingen veel in profielen wordt aangetroffen is **cryoturbatie**, letterlijk verstoring door ijs. Bij cryoturbatie vindt vermenging van verschillende sedimenten plaats onder invloed van vriezen en dooien. Het proces speelt zich vooral af in het bovenste deel van de permafrost, de zogenaamde *active layer*, die in het voorjaar en zomer ontdooit. Het water dat vrijkomt bij dit afsmelten kan niet wegzakken in de bodem. Het sediment raakt daardoor met water verzadigd en kan onder invloed van de zwaartekracht wegzakken in het onderliggende sediment. Als het met water verzadigde sediment vervolgens weer bevroert, zal het uitzetten en zullen omringende sedimenten ook weer worden weggedrukt. Door bovengenoemde processen vindt er aanzienlijke verstoring van de oorspronkelijke bodemopbouw plaats. Cryoturbaties (soms ook wel involuties genoemd) bestaan in verschillende soorten en maten, zo zijn er kleinschalige bodemverstoringen van zo'n 10 cm diep, maar bestaan er ook veel grootschaliger cryoturbaties met een amplitude van wel 1 tot 2 meter (afbeelding 3.10).

3.4.3 Löss, colluvium en bodemvorming

Tijdens de laatste twee ijstijden (Saalien en Weichselien) is in Zuid-Limburg op grote schaal door de wind löss afgezet. Hierdoor is het oorspronkelijke, trapsgevoegde terrassenreliëf dat is gevormd door de Maas grotendeels afgevlakt. De met löss bedekte terrassen zijn aan het einde van het Pleistoceen (gedurende de laatste koude fasen) en in het Holocene verder onder invloed gekomen van onder andere bodemvorming en erosie.

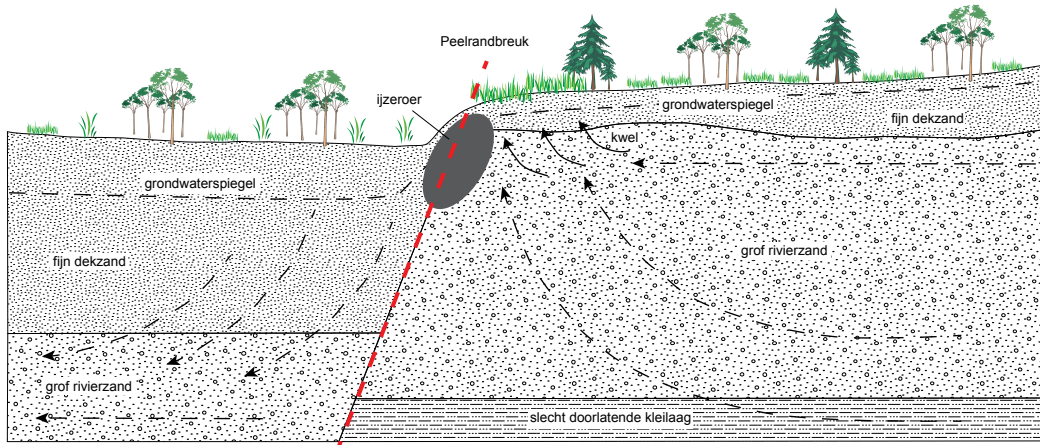
Aan het eind van het Pleistoceen heeft onder invloed van de wisselende klimaatomstandigheden plaatselijk erosie van het oppervlak plaatsgevonden. Door het ontdooien van de bovenkant van de permanent bevroren bodem (permafrost) in het voorjaar en de zomer, ontstond oppervlakkige afstroming van water. Hierbij werd sediment meegenomen en ontstonden kleine dalsystemen die veelal lood-

recht op de (grotere) beekdalen liggen. Deze dalen zijn ook tegenwoordig nog zeer goed herkenbaar in het landschap en worden droge dalen genoemd.

Naast de Holocene sedimentatie, die bestaat uit afzetting van sediment door diverse kleine riviertjes en beken, heeft onder invloed van de mens op grote schaal colluviumvorming plaatsgehad. Löss is van oorsprong een zeer vruchtbaar sediment, maar is ook bijzonder gevoelig voor erosie. Door ontginning van de lössplateaus en later ook de hellingen kon de löss niet meer door de wortels van de vegetatie worden vastgehouden. Bij (heftige) regenval vindt vooral oppervlakkige afstroming plaats en worden de lössdeeltjes gemakkelijk door het water meegenomen. Vooral in het voorjaar als de akkers net zijn geploegd en ingezaaid, is de gevoeligheid voor erosie zeer groot. Omdat erosiebeperkende maatregelen met name tijdens de Romeinse Tijd en de Middeleeuwen zeer beperkt waren, zijn grote hoeveelheden löss van de plateaus en vooral de flauwere hellingen (hier ligt een beduidend dikker pakket löss dan op de steile hellingen) weggespoeld en op lager gelegen delen afgezet. Dit herafgezette sediment wordt **colluvium** genoemd. Colluviumvorming is zeer sterk gerelateerd aan de ontginning van het gebied. In Zuid-Limburg zijn in ieder geval twee grote fasen van colluviumvorming bekend. De eerste grote fase van colluviumvorming hangt samen met de ontginning van het gebied tijdens de Romeinse Tijd. De tweede grote fase van colluviumvorming hangt samen met de grootschalige ontbossingen tijdens de Volle Middeleeuwen (cf. De Moor, 2007). Waarschijnlijk heeft ook in vroegere perioden (pre-Romeins) colluviumvorming plaatsgehad, maar dan op veel kleinere schaal, omdat de ontginningen ook veel kleinschaliger waren. Ook in recentere tijden heeft door schaalvergroting in de landbouw nog veel erosie plaatsgevonden op de hellingen en zacht glooiende plateaus. Soms is de hellingerosie dermate intensief geweest dat vrijwel alle löss tot op de onderliggende Pleistocene rivierafzettingen is geërodeerd.

3.5 Bijzondere fenomenen: breuken en wijst

In de Nederlandse ondergrond heeft gedurende het Pleistoceen onder invloed van gebergtevorming van het Alpenmassief langs zogenaamde breukzones continu beweging van de bodem plaatsgevonden. Sommige delen komen omhoog en sommige delen zakken weg. In enkele delen van Noord-Brabant en Limburg zijn de hoogteverschillen die hierbij zijn ontstaan nog zichtbaar in het landschap. Het Peel Blok (ook bekend als de Maashorst of de Peelhorst) is een door tektoniek opwaarts bewegend plateau van 10 tot 15 km breed. De beweging vindt plaats langs breukzones. Aan de westzijde van het Peel Blok is dit de sinds het Tertiair actieve Peelrandbreukzone. Deze breukzone bestaat naast de “hoofdbreuk” de Peelrandbreuk uit enkele kleinere, parallel lopende breuken. De breukzone is vanaf Heesch in zuidoostelijke richting langs Nistelrode en Uden zichtbaar in het landschap. Aan de oostzijde van het Peel Blok (langs Schaijk en Zeeland) bevindt zich de minder prominente Tegelenbreukzone. Aan weerszijden van het Peel Blok liggen dalingsgebieden. Aan de westzijde de Roerdalslenk en aan de oostzijde de



Afbeelding 3.11: Doorsnede met de overgang van de centrale slenk naar het Peelhorst met het wijstverschijnsel (gewijzigd naar: <http://akbrein.jouwweb.nl> en www.ivn.nl).

Venlo Slenk (De Mulder *et al.*, 2003). De Roerdalslenk wordt aan de westkant begrensd door de Feldbiss breuk. In Limburg is deze breuk ter hoogte van Born goed zichtbaar in het landschap.

De aanwezigheid van breuken in de ondergrond heeft plaatselijk voor een bijzonder fenomeen gezorgd. Onder andere de Peelrandbreuk zorgt voor een verstoring in de grondwaterstroming. Op het hogere deel van de breuk gaat de grondwaterstroom van de goed doorlatende rivierafzettingen (Formatie van Beegden) over in de compacte dekzandformaties (Formatie van Boxtel) of zelfs in ondoorlatende dagzomende Vroeg-Pleistocene kleilagen (Formatie van Waalre, Tegelen Laagpakket). Hierdoor vindt kwel van grondwater plaats. Het wijstwater is rijk aan ijzer. Zodra de ijzerverbindingen in contact komen met zuurstof worden ze in geoxideerde vorm in de bodem afgezet. Op de breukzone zorgen deze ijzerafzettingen voor sterke verkitting van het zand, waardoor er ijzeroerbanken ontstaan. Deze ijzeroerbanen belemmeren de afwatering nog verder. Het gevolg van deze kwel is dat vochtige gronden voorkomen op de hogere delen van de breuk. Deze vochtige gronden worden wijstgronden genoemd. Hier vinden we dan ook een vochtminnende, soms veenvormende vegetatie en gronden met een humusrijke of venige bovengrond. Het wijstverschijnsel is schematisch weergegeven in afbeelding 3.11.

3.6 Profielen

Midden-Pleistocene fluviale afzettingen nabij Venlo

Nabij Venlo komen op de oostelijke oever van de Maas vrijwel aan het oppervlak Midden-Pleistocene afzettingen van de Rijn en Maas voor. Deze sedimenten worden gerekend tot de Formatie van Sterksel. Onder invloed van tektoniek en klimaatveranderingen verlegden de Maas en Rijn tijdens het Pleistoceen hun loop en

begonnen zich tevens in te snijden. Daarbij is in midden-Limburg het zogenaamde hoogterras gevormd. Dit hoogterras ligt zo'n 20 tot 25 meter boven het huidige Maasdal en wordt met name gekenmerkt door de aanwezigheid van een grote steilrand. Het hoogterras met de Midden-Pleistocene afzettingen van de Formatie van Sterksel is gedurende het laatste deel van het Pleistoceen afgedekt met een dunne laag dekzand (Formatie van Boxtel). In deze steilrand heeft op grote schaal winning van zand, grind en klei plaatsgevonden. Recentelijk bood de aanleg van de nieuwe snelweg A74 een uitstekende mogelijkheid om de fluviale afzettingen van de Formatie van Sterksel te bestuderen.

In onderstaande foto's zijn afzettingen van vlechtende rivieren zichtbaar. Ze bestaan hier grotendeels uit stroomribbels en opvullingen van kleine, ondiepe geultjes die kenmerkend zijn voor vlechtende rivieren (afbeelding 3.03). De sedimenten bestaan veelal uit grof zand en fijn grind en zijn vaak scheef gelaagd. Door het dynamische karakter van vlechtende rivieren is de kans op conservering van eventueel aanwezige archeologische resten klein. Daarnaast beperken eventuele archeologische resten in sedimenten van vlechtende rivieren zich tot de perioden Laat Paleolithicum en ouder. Wel bieden iets grotere restgeulen soms mogelijkheden tot het aantreffen van dierlijk botmateriaal. In een groeve in de buurt van Venlo is in het verleden het nodige dierlijk botmateriaal uit het Midden-Pleistoceen aangetroffen.



Afbeelding 3.12: Afzettingen van vlechtende rivieren van de Formatie van Sterksel (foto's: J. de Moor).

Colluvium in Zuid-Limburg - Meerssen

Het colluvium is in afbeelding 3.13 zichtbaar als een zeer homogeen gekleurd pakket sediment. De Bt horizon is de laag onder het colluvium met een karakteristieke roestbruine kleur en vele lichter gekleurde structuren. In dit geval heeft hellingerosie in eerste instantie voor aftopping van het oorspronkelijke bodemprofiel gezorgd. Daarbij zijn oppervlaktevindplaatsen en de oorspronkelijk aanwezige vondstlaag verdwenen. In de löss komen grondsporen echter wel vaak tot in de Bt horizon voor. Erosie van de top van de bodem hoeft er dus niet voor te zorgen dat de kans op het aantreffen van archeologische sporen klein is. De aanwezigheid van een Bt horizon in een bodemprofiel is een duidelijke aanwijzing dat de oorspronkelijke bodemopbouw voor een groot deel intact is en daarmee kansrijk is voor het aantreffen van archeologische resten.

Colluvium kan er ook voor zorgen dat archeologische niveaus worden afgedekt en daarmee goed worden geconserveerd. Dit was onder andere het geval bij de Motte van Eijsden. Het colluvium in Zuid-Limburg is in diverse perioden afgezet.



Afbeelding 3.13: Pakket colluvium dat erosief op een Bt horizon ligt (foto: ADC ArcheoProjecten).

In fasen dat er door de aanwezigheid van veel begroeiing weinig colluviumvorming plaatsvond, kon door stabilisatie van het landschap enige bodemvorming in het colluvium optreden. Gedurende deze perioden van stabilisatie was het colluvium-niveau in principe ook weer geschikt voor exploitatie. Dit zal met name gelden voor de flauwe hellingen. Dus ook in pakketten colluvium moet rekening worden gehouden met de aanwezigheid van archeologische sporen. In Zuid-Limburg zullen deze sporen in het colluvium veelal gerelateerd zijn aan de Middeleeuwen.

Bij het aantreffen van vondstmateriaal in colluvium moet altijd voorzichtig worden omgegaan met de interpretatie hiervan. Uiteraard is de kans groot dat het materiaal hier door verspoeling terecht is gekomen en dus niet in een archeologische context geplaatst kan worden. Vondsten uit het colluvium kunnen ook niet worden gebruikt voor de datering van het desbetreffende pakket colluvium. Voor de datering van colluvium kan beter de OSL methode worden gebruikt.

Periglaciale verschijnselen (zie ook afbeeldingen 3.09 en 3.10)

Onderstaande afbeelding (afbeelding 3.14) is genomen tijdens een archeologische begeleiding in Rucphen. Links in de foto is een pakket wit gekleurd zand zichtbaar met enkele leemlaagjes. De lagen zijn volledig vervormd. Rechts is een horizontaal gelaagd pakket zand zichtbaar dat op basis van de korrelgrootte, sortering en mate van afronding is geïnterpreteerd als dekzand. Dit pakket dekt het pakket witte zand af. In het dekzand zijn de horizontale lagen enigszins vervormd. Op enkele plek-



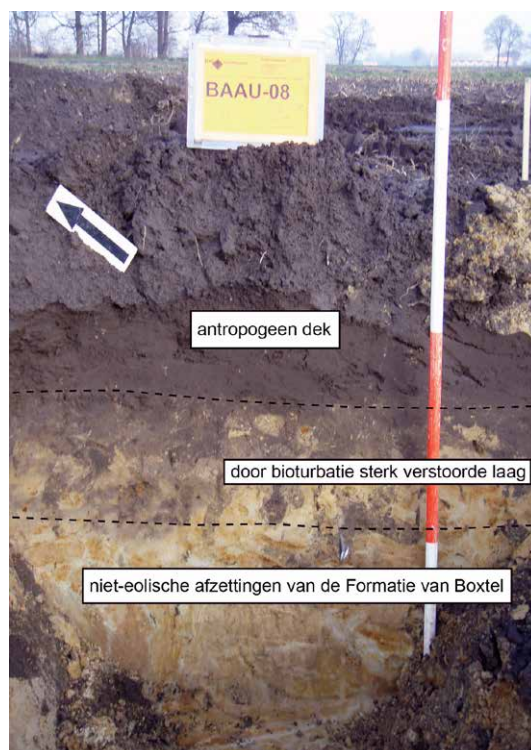
Afbeelding 3.14: Profiel te Rucphen met dekzand en een mogelijk restant van een earth hummock (foto: ADC ArcheoProjecten).

ken zijn kleine cryoturbate structuren zichtbaar die involuties worden genoemd. De vorm aan de linkerzijde is mogelijk het restant van een earth hummock (zie paragraaf 3.4.2). Op deze locatie is het niveau waarin zich mogelijk vindplaatsen uit het Laat-Paleolithicum bevinden door periglaciale processen verstoord. Door deze natuurlijke verstoringen is de informatiewaarde van een eventuele vindplaats laag en zijn er verder geen aanknopingspunten voor verder onderzoek.

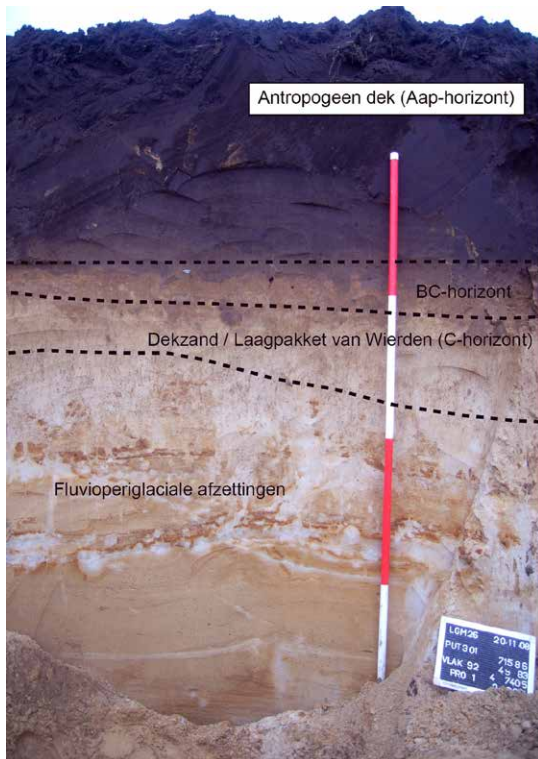
Formatie van Boxtel

In afbeelding 3.15 zijn onder een antropogeen dek en een laag met veel bioturbatie sterk vervormde, niet-eolische afzettingen van de Formatie van Boxtel zichtbaar. Het pakket dekzand (Laagpakket van Wierden) is hier slechts heel dun aanwezig of volledig opgenomen in het antropogene dek. In het profiel zijn geen natuurlijke bodemhorizonten herkenbaar. De vervormingen in de niet-eolische afzettingen van de Formatie van Boxtel zijn echter natuurlijk van aard. Doordat deze afzettingen zijn gevormd in zeer koude omstandigheden en slechts voor beperkte tijd aan het oppervlak hebben gelegen heeft slechts in beperkte mate bodemvorming plaatsgevonden. Het is daarom lastig om in deze afzettingen een voormalig oppervlak aan te wijzen, zeker als er, zoals in bovenstaand voorbeeld, door bioturbatie ook nog eens verstoring heeft plaatsgevonden.

Afbeelding 3.16 laat een afgetopt dekzandprofiel zien, daarnaast is dit een fraai voorbeeld van de verschillende sedimenten die tot de Formatie van Boxtel behoren. Van een oorspronkelijk aanwezig podzolprofiel in het dekzand is slechts nog



Afbeelding 3.15: Sterk vervormde niet-eolische afzettingen van de Formatie van Boxtel te Baarle-Hertog/Baarle-Nassau (foto: ADC ArcheoProjecten).



Afbeelding 3.16: Profiel met verschillende sedimenten behorende tot de Formatie van Boxtel nabij Mierlo, Noord-Brabant (foto: Archol).



Afbeelding 3.17: Intacte haardpodzol in dekzand nabij Mierlo, Noord-Brabant (foto: Archol).

een BC horizont aanwezig. Onder het dekzand van het Laagpakket van Wierden bevindt zich een horizontaal gelaagd pakket fluvioperiglaciale afzettingen. Hierin zijn twee niveaus met kleinschalige cryoturbaties te onderscheiden. In de fluvioperiglaciale afzettingen is geen bodemvorming zichtbaar. De kans op het aantreffen van archeologische resten in het dekzand is hier gering. Er heeft een aanzienlijke aftopping plaatsgevonden en het oorspronkelijke oppervlak en vondstniveau is hierbij volledig verdwenen.



Afbeelding 3.18: Dekzand met een intacte podzol, stuifzand met bodemvorming en een dik antropogeen dek nabij Mierlo, Noord-Brabant (foto: Archol).

In afbeelding 3.17 en 3.18 is een volledig intact dekzandprofiel te zien met daarin een haardpodzol. In afbeelding 3.17 is deze podzol afgedekt met een dik antropogeen dek. In afbeelding 3.18 is de podzol afgedekt met een dun pakket pakketje stuifzand waarin enige bodemvorming heeft plaatsgevonden. Het stuifzand is afgedekt met een dik antropogeen dek. Het aanbrengen van het antropogene dek heeft hier niet voor een verstoring van onderliggend dekzand of stuifzand gezorgd. Hierdoor is ook de archeologische context volledig intact gebleven.

Om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van het landschap (onder invloed van de mens) biedt het profiel in afbeelding 3.18 meerdere mogelijkheden. Om de afzetting van het dekzand en het ontstaan van het esdek te dateren kan de OSL dateringstechniek worden gebruikt en aan de hand van pollenanalyses kan inzicht verkregen in de ontwikkeling van het landschap en de invloed van de mens daarop.

Holocene landschappen

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de landschappen behandeld die onder invloed van de zee, rivieren en stijging van de grondwaterspiegel in de laatste 10.000 jaar zijn gevormd. Het betreft met name landschappen die zijn ontstaan in het westelijk en noordelijk deel van Nederland. In het eerste deel van het hoofdstuk worden enkele belangrijke begrippen uitgelegd met betrekking tot achtereenvolgens fluviatiele, mariene en veenlandschappen. In het tweede deel van het hoofdstuk worden de besproken landschappelijke eenheden geïllustreerd aan de hand van profielfoto's en waar mogelijk aan de hand van foto's van vergelijkbare moderne landschappen.

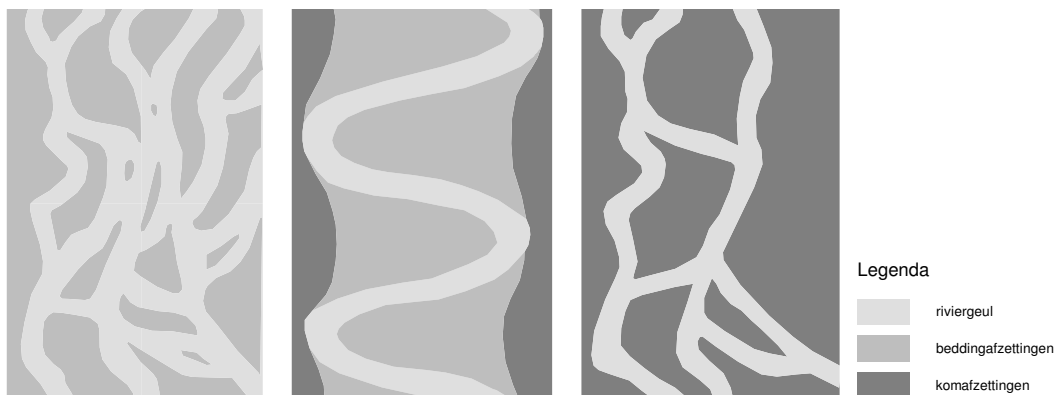
4.2 Fluviatiele afzettingen

Fluviatiele afzettingen zijn afzettingen gevormd door rivieren. In deze paragraaf worden eerst de verschillende riviertypen beschreven. Vervolgens wordt ingegaan op een aantal voor het rivierengebied belangrijke processen zoals crevassevorming, stroomgordelverleggingen, reactiveringen en dijkdoorbraken. Tenslotte wordt ingegaan op het gebruik van onder andere lithogenetische begrippen en geomorfologische begrippen.

4.2.1 Riviertypen

In de internationale literatuur wordt een veelheid aan riviertypen onderscheiden. Voor de Nederlandse situatie zijn drie van deze riviertypen van belang: de vlechtende rivier, de meanderende rivier en de anastomoserende rivier (afbeelding 4.01 en 4.02). Naast deze drie riviertypen wordt in de recentere Nederlandse literatuur gerefereerd aan de rechte rivier. Deze wordt besproken onder de anastomoserende rivier.

Vlechtende rivieren worden gekenmerkt door een stelsel van brede, ondiepe geulen die zich splitsen en weer bij elkaar komen. Tussen de geulen liggen zand- en grindbanken. De watervoerende beddingen kunnen zich snel verleggen in dit losse sediment. Binnen vlechtende rivieren wordt geen onderscheidt gemaakt in bedding-, oever- en komafzettingen. Kenmerkend voor dit type rivier is de enorm brede zone waarin beddingafzettingen worden gevormd. In de Rijn-Maasdelta is deze zone doorgaans één of meerdere kilometers breed. Dit type rivier ontwikkelt zich bij een onregelmatige watertoevoer waarbij perioden met een extreem hoge waterafvoer worden afgewisseld met een extreem lage waterafvoer. In perioden met



Afbeelding 4.01: Riviertypen van links naar rechts vlechtend, meanderend en anastomoserend (naar: Berendsen & Stouthamer, 2001).



Afbeelding 4.02: Riviertypen. a: meanderend; b: vlechtend; c: anastomoserend (foto's: Dreamstime).

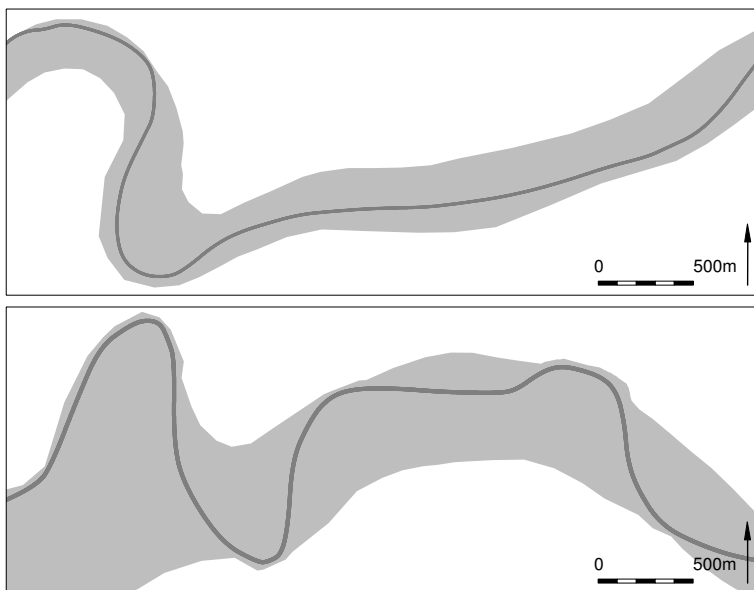
laag water kan het zand uit de rivierbedding worden geblazen en worden duinen gevormd. Deze duinen worden in Nederland aangeduid met het begrip rivierduin, wanneer een rivierduin in het huidige landschap nog zichtbaar is als een verhoging spreekt men van een donk.

Het vlechtende riviertype kwam algemeen voor gedurende het einde van de laatste ijstijd, in het Laat-Weichselien. Tijdens het warmere Allerød-interstadiaal, werd het debiet van de rivieren regelmatig. Het water werd in deze periode afgevoerd via hoofdgeulen die een meanderend karakter kregen. Gedurende periodes van hoogwater trad de rivier buiten zijn bedding en overstroomde de voormalige riviervlakte. Op deze manier werden oever- en komafzettingen op de grove beddingafzettingen van de vlechtende rivieren afgezet. De rivierklei, die in deze periode werd afgezet, wordt vaak “de leemlaag” genoemd. Deze laag bevat grove zandkorrels. Dit zand is ingewaaid vanuit de ‘s winters droogliggende rivierbeddingen of is door bioturbatie in de rivierklei terecht gekomen. Na het Allerød-interstadiaal werd het klimaat opnieuw kouder en kreeg het rivierpatroon weer een vlechtend karakter.

In het Vroeg-Holocene (10.000 jr BP) werd het klimaat wederom warmer en het rivierpatroon werd weer meanderend. De geulen sneden zich diep in, in de Pleistocene riviervlakte. Gedurende overstromingen werd een nieuwe kleilaag afgezet op het in onbruik geraakte deel van de riviervlakte. Deze laag wordt in oudere literatuur ook wel “Hochflutlehm” genoemd. De diep ingesneden rivierdalen worden in de literatuur aangeduid met de term Boreale dalen. Als gevolg van een voortzetting van de stijging in temperatuur smolt het landijs af en steeg de zeespiegel sterk. Hierdoor werden de rivierdalen vanuit het westen geleidelijk opgevuld. Vanaf circa 7000 BP begonnen de rivieren nieuwe lopen te vormen buiten de oude dalen. Vanaf circa 4500 BP zijn de oudere rivierafzettingen tot aan de lijn Oss-Nijmegen volledig afgedekt door de afzettingen van jongere rivieren die voorlopers zijn van de huidige Rijn en Maas.

Deze rivieren hadden overwegend een meanderend patroon. Meanderende rivieren worden gekarakteriseerd door het voorkomen van slechts één, meer of minder sterk kronkelende, rivierbedding. De rivierbedding verlegt zich door erosie van de oevers in de buitenbocht. In de rivierbedding van een meanderende rivier is de stroomsnelheid niet overal gelijk. De stroomsnelheid is laag in de binnenbocht en hoog in de buitenbocht van de rivierbedding. Hierdoor wordt sediment afgezet in de binnenbocht, terwijl in de buitenbocht erosie van de oever plaatsvindt. Als gevolg van deze erosie en sedimentatie zal de loop van de rivier geleidelijk aan stroomafwaarts en naar buiten verschuiven. In werkelijkheid vindt dit opschuiven min of meer schoksgewijs plaats. Hierdoor ontstaat een systeem van parallel aan de rivier lopende laagtes en ruggen. Deze worden aangeduid als kronkelwaardgeulen en -ruggen. Het gehele systeem van kronkelwaardgeulen en -ruggen wordt aangeduid met het begrip kronkelwaard.

De waterstand in een meanderende rivier fluctueert door het jaar heen. Gedurende perioden van hoogwater treedt de rivier regelmatig buiten haar oevers en veroorzaakt overstromingen. Wanneer de riviervlakte overstroomt blijft de stroomsnelheid in de bedding relatief hoog en wordt grof sediment getransporteerd.



Afbeelding 4.03: Boven "rechte" rivier (Zijdeveldse), onder meanderende rivier (Echteldse).

Dit sediment blijft in de rivierbedding. Het fijnere sediment wordt daarentegen door het turbulente water in suspensie gebracht en naar het ondergelopen gebied gevoerd. In dit gebied neemt de stroomsnelheid van het water snel af als gevolg van de geringe diepte en de aanwezigheid van vegetatie. Het grofste sediment (sterk siltige tot sterk zandige klei) wordt afgezet vlak naast de bedding, op de oevers van de rivier, waar zich een oeverwal ontwikkelt. Deze oeverwal wordt bij elke overstroming verder opgehoogd en vormt een langgerekte rug in het landschap. Het fijnere sediment (matig tot zwak siltige klei) wordt verder de riviervlakte in getransporteerd. De laaggelegen riviervlakte achter de oeverwallen is het komgebied van de rivier. Als het waterpeil in de rivier zakt wordt het water in deze vlakte door de droogvallende oeverwallen van de rivier afgesneden. In dit stagnerende water kan het fijne sediment uiteindelijk bezinken. De laagste delen van het komgebied zijn zeer nat, ook in perioden dat er geen overstromingen optreden. Op deze plaatsen kan veenvorming gaan optreden.

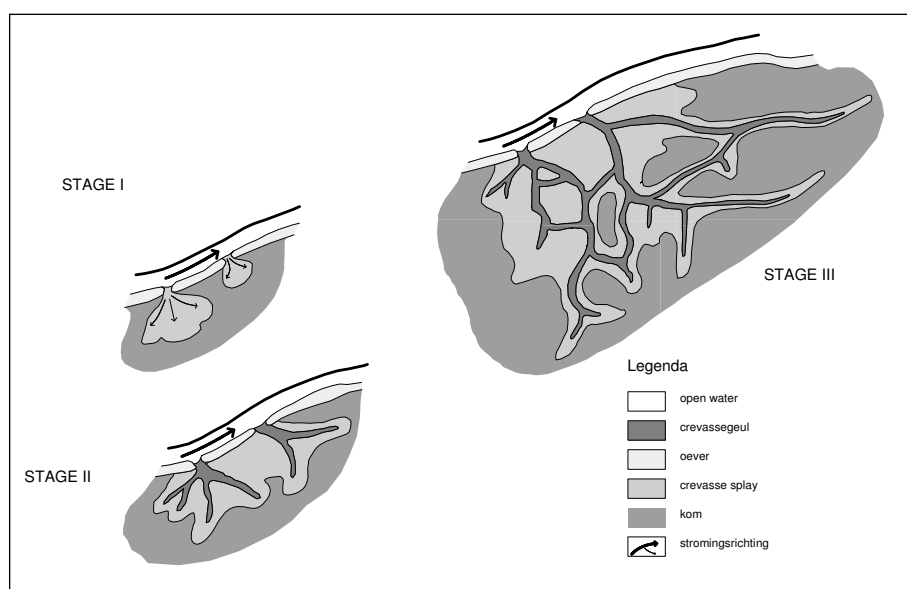
Een anastomoserend riviersysteem wordt gekenmerkt door meerdere onderling verbonden geulen die komgebieden omsluiten. De individuele geulen van een anastomoserend riviersysteem kunnen recht, meanderend en vlechtend zijn. Veelal bestaan anastomoserende riviersystemen uit "rechte" geulen (afbeelding 4.03). Dergelijke geulen zijn in het algemeen relatief smal en diep. "Rechte" geulen zijn meestal niet letterlijk recht, maar vertonen vaak onregelmatige bochten. In tegenstelling tot meanderende geulen verplaatsen de bochten in "rechte" geulen zich nauwelijks zijdelings door erosie van de oevers. Vorming van kronkelwaarden en meanderhalsafsnijdingen komen niet voor bij rechte geulen. De beddingafzettingen zijn scherp begrensd en de oeverwallen zijn goed ontwikkeld. In een anasto-

moserend riviersysteem treden regelmatig avulsies (stroomgordelverleggingen) op en komen crevasse-afzettingen veelvuldig voor.

Vanaf het Midden-Neolithicum tot aan het eind van de Midden-Bronstijd is het rivierpatroon overwegend anastomoserend. In deze periode is sprake van een grote mate van stabiliteit in het rivierpatroon en zijn uitgestrekte elzenbroekbossen tot ontwikkeling gekomen, die het aantal en de omvang van de avulsies beperken. Als gevolg van menselijke ingrepen in het achterland, ontbossing ten behoeve van akkerbouw en mogelijk houtskoolwinning, nemen de piekafvoeren in aantal maar vooral omvang vanaf circa 1100 BC sterk toe. Direct gevolg hiervan is dat de elzenbroekbossen massaal afsterven, waardoor de rivieren zich makkelijker kunnen verleggen. In de Late Bronstijd en Vroege IJzertijd past het rivierpatroon zich aan de nieuwe situatie aan en ontstaat een overwegend meanderend rivierpatroon. In de komgebieden zijn de elzenbroekbossen vervangen door open water en riet-zeggevegetaties. Als gevolg van de bovenstroomse ontbossingen en schaalvergroting van de landbouw in de Romeinse tijd nemen de piekafvoeren opnieuw in omvang en aantal toe. Dit leidt in de Romeinse tijd tot een vernieuwde toename van het aantal avulsies.

4.2.2 Crevasses, reactiveringen en avulsies

Tijdens perioden van hoogwater stroomt het water met grote kracht via de laagste delen van de oeverwal het komgebied in. In de oeverwal kan een geul uitslijten. Een periode van hoogwater kan ontstaan als gevolg van een piekafvoer, of obstructies veroorzaakt door drijfhout, drijfijis, beverdammen, etc. Het sediment dat in het water aanwezig is wordt via de geul de kom in getransporteerd en direct achter de oever, waar de stroomsnelheid en waterdiepte sterk afnemen, afgezet. De



Afbeelding 4.04: Indeling crevassetypen (naar: Smith et al. 1989).

afzettingen die op deze manier ontstaan worden oeverwaldoorbraakafzettingen of crevasseafzettingen genoemd. Crevasseafzettingen kennen veel verschillende verschijningsvormen en verschillen sterk in lithologie, morfologie en sedimentologie. Kenmerkend voor crevasseafzettingen is dat als er geulen aanwezig zijn, deze zich vertakken via een onregelmatig patroon en doodlopen in het komgebied. In sommige gevallen groeien crevassegeulen uit tot hoofdgeulen die zich stroomafwaarts weer aansluiten bij de bestaande geul. In dat geval wordt gesproken van een stroomgordelverlegging of avulsie.

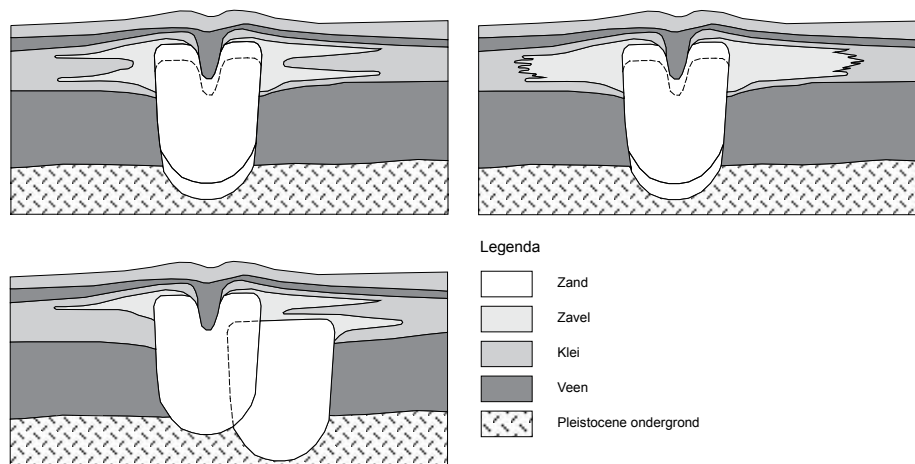
In het algemeen worden drie soorten crevasses onderscheiden *stage* 1, 2 en 3 (afbeelding 4.04). Enkele auteurs onderscheiden dijkdoorbraakafzettingen (overslagen) als een vierde, aparte vorm van crevasseafzettingen omdat deze morfologisch en lithologisch afwijken van oeverwaldoorbraakafzettingen. *Stage* 1 is een crevasse waarbij sprake is van een dek van afzettingen (een zogenaamde *splay*). Indien zich geulen ontwikkelen, zijn deze oppervlakkig van aard en vormen in het algemeen een vlechtend patroon. Aan de basis van deze afzettingen vindt in het algemeen weinig tot geen erosie plaats van het onderliggende landschap. In *stage* 2 kan binnen de crevasseafzettingen een scheiding worden gemaakt tussen komgebiedjes, miniatuur oeverwallekes en geulen. In het algemeen heeft zich in deze fase een anastomoserend patroon ontwikkeld. Alleen ter plaatse van de geulen vindt erosie van het onderliggende landschap plaats. In *stage* 3 is er sprake van individuele geulen met oevers en beddingafzettingen met een anastomoserend of meanderend patroon. Deze geulen lopen dood in het komgebied.

Binnen de fysische geografie bestaan twee opvattingen over de verschillende crevassetypen. In een evolutionistische opvatting doorlopen crevasses alle *stages* en leiden uiteindelijk tot een avulsie. Een andere opvatting is dat crevassevorming een vorm van sedimentatie is, die met name deel uitmaakt van het anastomoserende rivierpatroon, waarbij crevasses in verschillende verschijningsvormen naast elkaar kunnen voorkomen. In dit model kan een oeverwaldoorbraak leiden tot een avulsie maar is dit eerder een uitzondering dan regel. Crevassevorming treedt vaak op twee momenten in de levenscyclus van een meandergordel op, de beginfase en de eindfase. In de beginfase is sprake van lage oevers waardoor de rivier bij hoogwater snel buiten haar oevers treedt. In de eindfase is sprake van goed ontwikkelde, hoog opgeslibde oevers, waardoor er een groot verval bestaat tussen oever en kom.

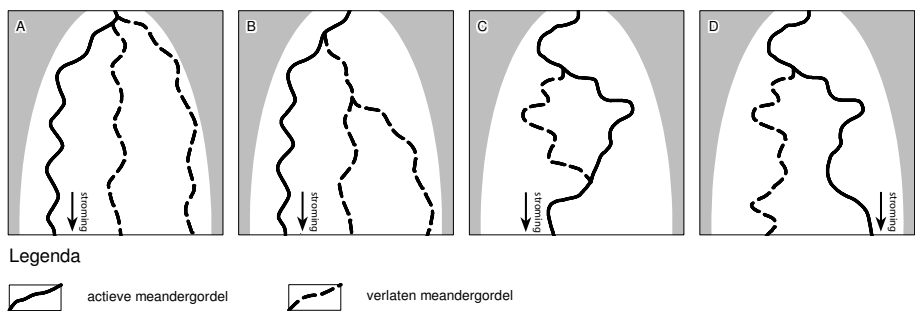
Het komt voor dat bij hoogwater reeds verlandde geulen, restgeulen, (tijdelijk) watervoerend worden. Wanneer daarbij opnieuw bedding- en oeverafzettingen worden gevormd wordt gesproken van een reactivering (afbeelding 4.05). In het algemeen worden de oudere oever- en beddingafzettingen grotendeels opgeruimd. Dergelijke meandergordels kenmerken zich door het voorkomen van extreem dikke en soms “dubbele” oevers. Daarnaast is bij gereactiveerde stroomgordels vaak sprake van een onregelmatige beddingafzetting. Met een gedeeltelijke reactivering wordt aangegeven dat slechts een deel van een meandergordel opnieuw in gebruik wordt genomen. Een tijdelijke reactivering kan ook leiden tot het gedeeltelijk uitslijten van een nieuwe geul in de restgeul waarbij al of niet erosie en/of sedimentatie optreedt op de oorspronkelijk oevers. In dat geval wordt meestal gesproken over crevassevorming.

Als een stroomgordelverlegging (avulsie) plaatsvindt, verliest de rivierarm stroomafwaarts zijn watervoerende functie. De afgesneden of verlaten rivierbedding, de restgeul, wordt grotendeels opgevuld en is veel smaller dan de oorspronkelijke rivierbedding. In de overgebleven laagte staat meestal wel water, maar deze slibt geleidelijk aan dicht. Een restgeul blijft meestal als een langgerekte depressie in het landschap zichtbaar. De oeverwallen van een verlaten rivierarm blijven daarentegen herkenbaar als ruggen in het landschap. In het gebied rondom de verlaten rivierarm neemt de hevigheid van de overstromingen af. De waterhuishouding kan dusdanig veranderen dat zich een “permanent” vegetatiedek ontwikkelt en zich in de onderliggende sedimenten een bodem begint te vormen.

In het algemeen worden vier vormen van avulsies onderscheiden: nodale, random, lokale en regionale avulsie (respectievelijk afbeelding 4.06 A t/m D). Van een nodale avulsie wordt gesproken wanneer meerdere malen op dezelfde locatie een stroomgordel zich verlegt. In dit verband wordt ook wel gesproken van avulsieknooppunten. Nodale avulsies komen in Nederland vaak voor op breuklijnen in de diepere ondergrond. Van een random avulsie wordt gesproken als op een locatie slechts één maal een avulsie plaatsvindt. Een lokale avulsie is een avulsie waarbij



Afbeelding 4.05: Overzicht reactiveringen (naar: Stouthamer, 2001).



Afbeelding 4.06: Overzicht avulsies (naar: Gouw, 2008).

de loop van een meandergordel zich gedeeltelijk verlegd en benedenstrooms weer samenkomt. Bij een regionale avulsie vindt aansluiting bij een andere meandergordel plaats of wordt een volledig nieuwe loop gevormd. Er bestaan twee verklaringen waarom avulsies ontstaan, *gradient-advantage concept* en *superelevation concept*. Simpel geredeneerd gaat de eerste verklaring uit van het idee dat water zich een weg zoekt via de snelste weg dus langs de grootste helling. De tweede verklaring gaat ervan uit dat door voortdurende sedimentatie het hoogteverschil tussen kom en oever steeds groter wordt en op een gegeven moment een kritische grens bereikt.

4.3 Mariene afzettingen

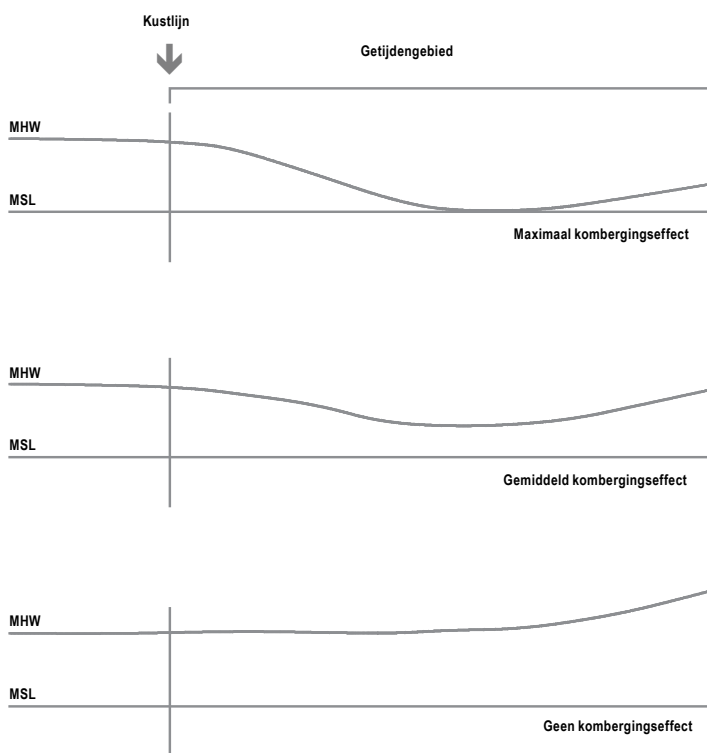
Mariene afzettingen zijn afzettingen die direct door de zee zijn gevormd, zoals strandwallen, strandvlaktes, wadden en kwelders. Vanaf het begin van het Holocene stijgt de zeespiegel snel en verdringt het Pleistocene oppervlak in het Noordzeegebied. De kustlijn verplaatst zich snel in oostelijke richting en stabiliseert zich rond 2750 v. Chr. In deze periode ontstaan door een afname van de zeespiegelstijging, de vlakke helling van de kust en een continue aanvoer van sediment, langwerpige strandwallen. Deze strandwallen vormen een vrijwel aaneengesloten barrière voor de kust. Deze kustlijn wordt vanaf dit moment vrijwel alleen onderbroken op plaatsen waar rivieren uitmonden in de zee (estuarium) zoals de Oude Rijn bij Katwijk. Vanaf dit moment bouwt de kust zich geleidelijk uit naar het westen waarbij telkens nieuwe strandwallen ontstaan. Tussen de strandwallen bevindt zich een strandvlakte. Zowel op deze strandvlakte als op de strandwallen ontstaan lage landduinen. De ingesloten strandvlakte verdringt geleidelijk en ontwikkelt zich tot een veenmoeras. In eerste instantie kan dit veenmoeras overstromen bij hoogwater en wordt dan ook doorsneden door kreken. Wanneer de kustvlakte niet meer overstroomt, kan het veen zich ontwikkelen tot een hoogveen. Tot aan de Middeleeuwen gaat dit proces van verdrinking langzaam door. De duinen en strandwallen vormen gedurende lange tijd hoge, droge delen in dit landschap.

In de oudere literatuur wordt uitbouw of erosie van de kust verklaard door kleine fluctuaties in de snelheid van de zeespiegelstijging, de hoeveelheid neerslag en daarmee samenhangend de grootte van de rivierafvoer en veranderingen in de stormvloedfrequentie. De rivieren zijn echter verantwoordelijk voor niet meer dan ca. 10% van de totale sedimentaanvoer langs de Noordzee en hebben daarmee relatief weinig invloed in kustuitbouw en/of -erosie. Het overige sediment wordt onder invloed van de getijdenstroom geërodeerd langs de Nederlandse onderwaterkust en de Noord-Engelse kust. Het sediment wordt door de getijstroom in noordelijke richting langs de Nederlandse kust getransporteerd. De gedachte in het oude kustontwikkelingsmodel was dan ook dat wanneer een verandering plaatsvond in de sedimentaanvoer of de snelheid van de zeespiegelstijging, kustuitbouw dan wel -afslag overal langs de kust op hetzelfde moment plaatsvond. Dit model met afwisselend gelijktijdige kusterosie of kustuitbouw wordt het trans- en regressiemodel genoemd. Transgressies zijn daarin de perioden waarin de zee uitbreidt ten koste van het land en regressies de perioden waarin het land uitbreidt ten koste van de zee.

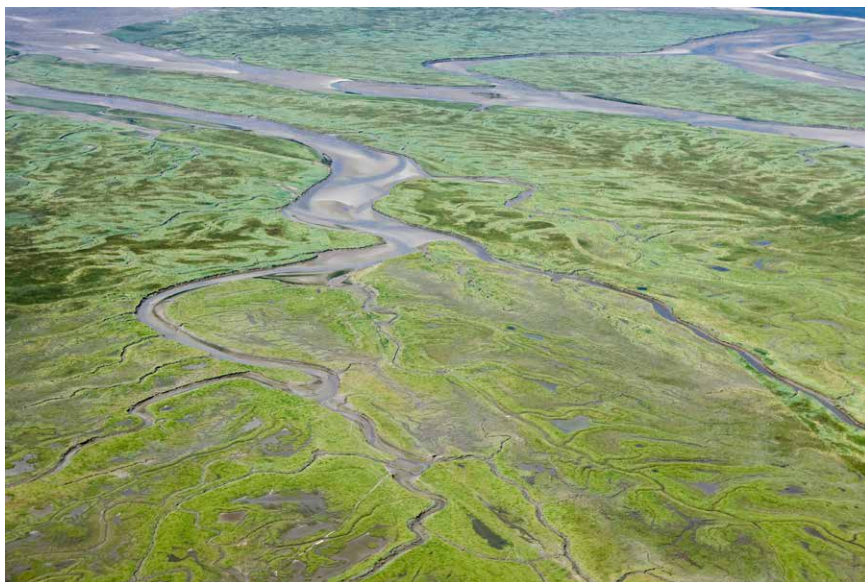
In de jaren '90 van de vorige eeuw is dit model definitief verlaten en vervangen door een model waarin andere factoren een rol spelen in de kustontwikkeling. De lithostratigrafische indeling is onder andere herzien op basis van dit veranderde kustontwikkelingsmodel. In het nieuwe kustontwikkelingsmodel is uitbouw of afbraak van de kust nog steeds afhankelijk van fluctuaties in sedimentaanvoer en de relatieve zeespiegelstijging. Daarnaast spelen lokale factoren een rol, zoals de accommodatieruimte, getij-asymmetrie, getijdeprisma en getijdegolf.

De omvang van de accommodatieruimte (de bergingscapaciteit van een marien bekken) is van groot belang of erosie dan wel sedimentatie plaatsvindt. Een groot aantal factoren is van invloed op de accommodatieruimte. Voor het Nederlandse kustgebied is de Pleistocene geomorfologie van groot belang en natuurlijk de relatieve zeespiegelstijging. Daar waar in de ondergrond rivierdalen aanwezig zijn bestaat een relatief grote accommodatieruimte. Als de accommodatieruimte kleiner is dan de omvang van de sedimentaanvoer vindt opvulling plaats (regressie). Wanneer de sedimentaanvoer kleiner is dan de accommodatieruimte vindt erosie plaats (transgressie).

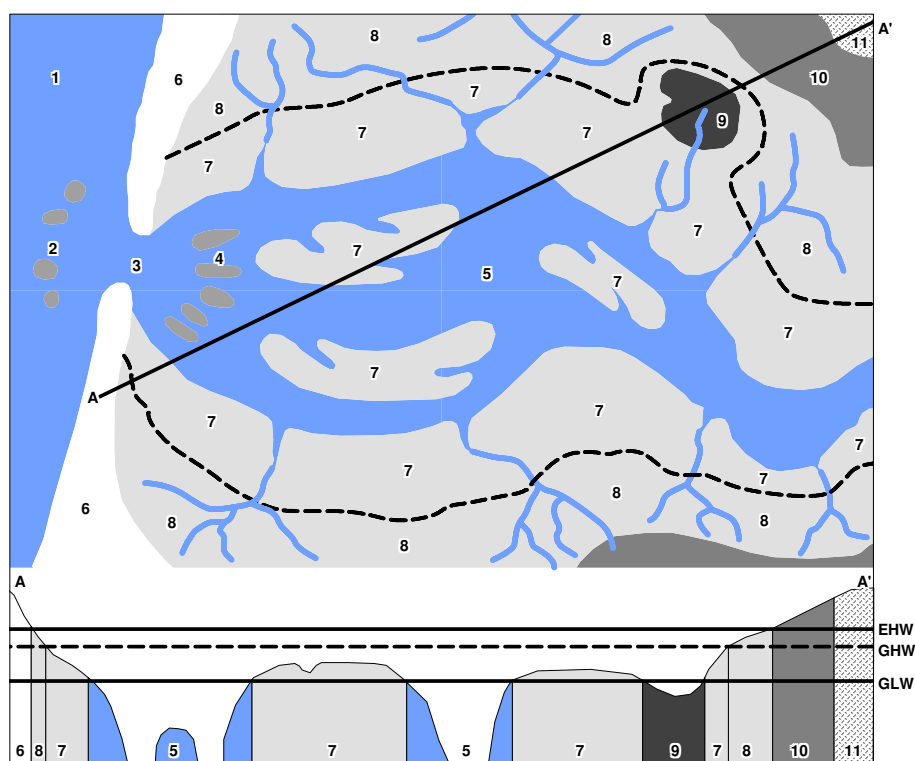
Een tweede factor van belang is de getij-asymmetrie. Het getij langs de Nederlandse kust stijgt sneller dan dat het daalt. De vloedstroming landinwaarts is daardoor sterker dan de ebstroming landafwaarts. In principe vindt daardoor



Afbeelding 4.07: Schematische weergave van het kombergingseffect (naar: Van der Spek 1994, p.14).



Afbeelding 4.08: Het Verdronken Land van Saeftinghe, voorbeeld van een wad-kwelder landschap (foto: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat / Joop van Houdt).



Afbeelding 4.09: Schematische doorsnede door een estuarium (naar: Vos & Van Heeringen, 1997) 1 Zee, 2 buitendelta, 3 zeegat, 4 binnendelta, 5 kreek, 6 strandwal en duin, 7 wad, 8 kwelder, 9 getijdslagune, 10 kustveen moeras, 11 hogere Pleistocene gronden.

een zandtransport plaats vanuit de zee via de zeegaten naar het getijdebekken. De mate van asymmetrie wordt beïnvloed door de aanwezigheid van wadplaten in het getijdebekken. Door de aanwezigheid van wadplaten wordt de vloedstroming landinwaarts vertraagd. De ebstroming neemt bij een toename van het oppervlak wadplaten juist toe. Het netto-sedimenttransport neemt dus af wanneer het oppervlak wadplaten toeneemt. In extreme gevallen kan zelfs een netto-sedimenttransport in zeewaartse richting optreden.

Een derde factor die van belang is voor de ontwikkeling van een getijdebekken is het getijdenprisma. Het getijdenprisma is het verschil in watervolume tussen laag- en hoogwater. De natte doorsnee van het zeegat (geuldiepte x geulbreedte) is bepalend voor de hoeveelheid inkomend en uitgaand zeewater. Wanneer het getijdenprisma niet in evenwicht is met de accommodatieruimte, kunnen er twee dingen gebeuren:

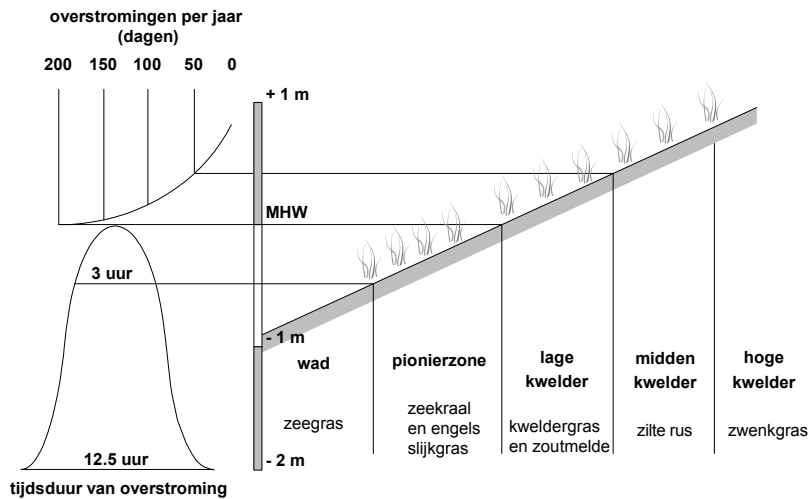
- Bij vloed komt meer water binnen dan het getijdebekken kan bergen → het water in het getijdebekken stuwt dan op tot boven gemiddeld hoogwater.
- Bij vloed komt minder water binnen dan het getijdebekken kan bergen → het water in het getijdebekken nivelleert tot gemiddeld zeeniveau (MSL).

Een verlaagde oppervlaktewaterstand als gevolg van dit mechanisme, wordt aangeduid met het begrip kombergingseffect (zie afbeelding 4.07).

Een vierde factor die van invloed is op de ontwikkeling van een getijdebekken is de getijdegolf. De getijdegolf is de resultante van de morfologie van het getijdebekken en de getijdenbeweging. Wanneer de benodigde tijd voor het vullen van het getijdebekken ongeveer gelijk is aan een enkele getijdeslag resulteert dit in een demping van het getijverschil. Daarnaast leidt het echter ook tot een verhoging van de gemiddelde waterstand. Deze situatie deed zich onder andere voor in de Zuiderzee rond 1600 AD. Na de afdamming van de Zuiderzee nam het getijverschil ter hoogte van Den Helder sterk toe.

Het kustlandschap kan veel verschillende vormen aannemen. In het gebied dat direct onder invloed van de zee staat wordt in het algemeen een onderscheid gemaakt in wadden en kwelders. Bekende voorbeelden van dergelijke gebieden zijn “De Slufter” en “Het Verdrongen Land van Saeftinghe” (afbeelding 4.08). Beelden van deze landschappen worden door archeologen veel gebruikt om mariene landschappen, zoals deze vroeger door de mens werden geëxploiteerd te visualiseren.

Wadden (in Zuid-Nederland ook wel slikken genoemd) zijn de zand- en slikplaten die droog komen te liggen bij gemiddeld laag water en onderlopen bij gemiddeld hoogwater. De kwelders (in Zuid-Nederland ook wel schorren genoemd) lopen slechts periodiek onder bij extreem hoogwater of stormvloed (afbeelding 4.09). Binnen de kwelder worden drie verschillende zones onderscheiden, de lage, midden en hoge kwelder. Door de sterke relatie tussen overstromingsfrequentie, overstromingsduur en vegetatie zijn deze eenvoudig in te delen op basis van het voorkomen van enkele plantensoorten. Zo wordt zeegras aangetroffen op het wad, zeekraal en slijkgras in de pionierzone, kweldergras en melde op de lage kwelder, zilte rus op de midden kwelder en zwenkgras en russen op de hoge kwelder (afbeelding 4.10).



Afbeelding 4.10: Relatie tussen overstromingsfrequentie, -duur en vegetatie (naar: Dijkstra & Nicolay, 2008, figuur 2.1).

De kwelders worden doorsneden door krekken. Langs deze krekken wordt grover sediment afgezet, wanneer de krekken bij opkomend tij buiten hun oevers treden. Deze oevers liggen daardoor van nature relatief hoog in het landschap. In afbeelding 4.08 is deze hogere zandige zone duidelijk herkenbaar in de afwijkende vegetatie. De krekken vertakken zich landinwaarts in steeds kleinere krekken. Deze kleine krekken worden ook wel aangeduid met het begrip priel. In de archeologische literatuur wordt dikwijls gesproken van reliëfomkering of reliëfinversie met betrekking tot deze krekken. Wanneer de kreek volledig is volgeslibd blijft een kleine depressie over, de restgeul. De omringende oever ligt zoals hiervoor beschreven van nature hoger dan de kwelder. Het hogere geheel inclusief de restgeul wordt aangeduid met het begrip kreekrug. Zakking zoals beschreven in paragraaf 4.5 zorgt ervoor dat op den duur het reliëfverschil tussen deze kreekrug enerzijds en de kwelder anderzijds toeneemt. De kreekrug bevat immers van nature meer zand en minder organische stof en is daardoor minder gevoelig voor zakking dan de omringende kwelder. Eigenlijk is dus geen sprake van een omkering van het reliëf maar een accentuering van het bestaande reliëf. Dit wordt prachtig verwoord door Havinga in zijn artikel “Op dwaalwegen met de theorie van de omkering van het bodemreliëf” (Havinga, 1986).

Naast dit typische wad-kwelder landschap heeft in het verleden in delen van het Nederlandse kustgebied ook een uitgestrekt krekken en kommen landschap bestaan. Onder andere het getijdebekken van Bergen werd in het Neolithicum gekarakteriseerd door een uitgebreid krekken- en kommengebied. De oevers van deze krekken werden in het Neolithicum door de mens intensief geëxploiteerd. Langs deze krekken kunnen net als bij stroomgordels tijdens hoogwater oeverdoorbraakafzettingen worden gevormd. In de literatuur worden deze afzettingen ook wel aangeduid als mariene crevasse splays. In afbeelding 4.11 zijn deze waaivormige uitstulpingen langs de kreekoever duidelijk zichtbaar.

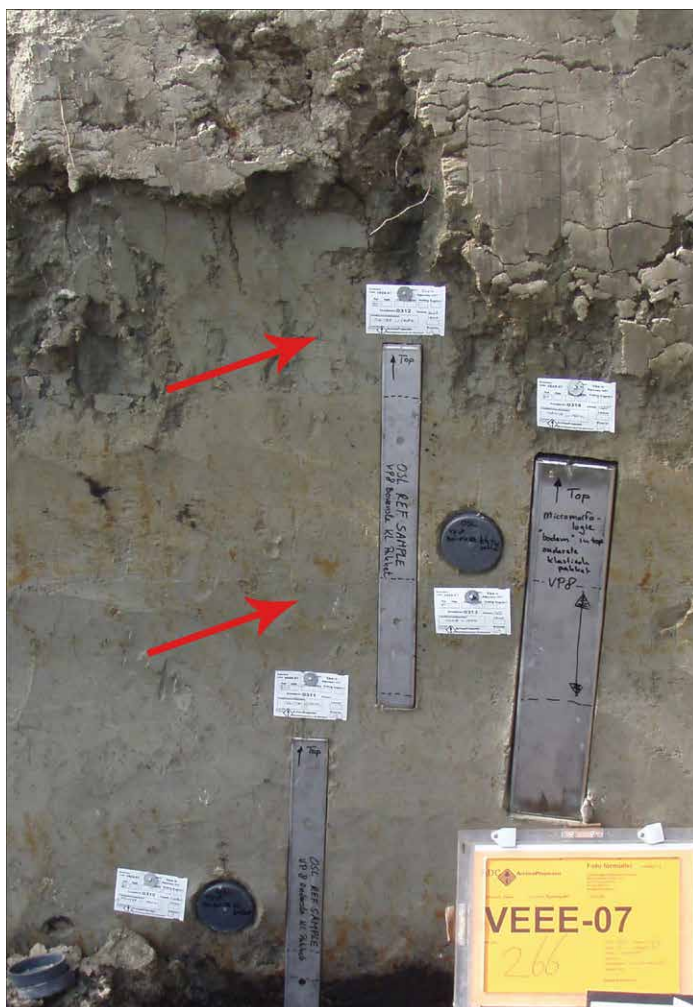


Afbeelding 4.11: Mariene getidekreeken bij Abu Dhabi (foto: P. Scholle).

In het getijdebekken varieert het zoutgehalte van het water van plaats tot plaats. Ook in de tijd is deze gradiënt doorlopend aan verandering onderhevig. Op korte afstand van elkaar kunnen volledige zoetwatermilieus en zoutwatermilieus voorkomen. Een mooi voorbeeld van een zoetwatermilieu in een verder zout- en brakwatermilieu is de zogenaamde slufsterplas, een zoetwaterplas op een kwelder die wordt gevoed door regenwater. In estuaria kunnen hoog opgeslibde kwelder- of oeverwallen delen van de getijdenlagune afschermen tegen een directe toevoer van zeewater. Dit type landschap krijgt zo nu en dan, bijvoorbeeld tijdens een stormvloed, een toevloed aan zout- of brakwater. Slechts weinig soorten zijn bestand tegen wisselingen van het zoutgehalte, een getijdenlagune kenmerkt zich dan ook door een zeer eenzijdige soortenarme vegetatie.

Wanneer gedurende een langere periode (enkele tientallen tot honderden jaren) geen of slechts zeer weinig sedimentatie plaatsvindt, ontwikkelen zich zowel op de kwelder als op de kreekrug bodems met een duidelijke A-horizont. Deze bodems blijven permanent zichtbaar als een grijze vegetatiehorizont (afbeelding 4.12).

Een bijzondere plaats bij de kustlandschappen wordt ingenomen door de zogenaamde slufster. Dé Slufster op Texel is de typelocatie voor dit landschapstype. Een slufster is een opening in de kust op een plaats waar geen rivier uitmond in de zee. Met andere woorden, een opening in de kust waarbij geen sprake is van een estuarium. Vandaag de dag bestaan er twee van dergelijke openingen in de Nederlandse kustlijn, De Slufster op Texel en De Kerf tussen Bergen aan Zee en Schoorl. De laatste is doelbewust door mensen aangelegd. De eerste is onbedoeld ontstaan als gevolg van menselijk handelen, het aanleggen van een stuifdijk ten behoeve van landaanwinning. In het verleden zijn dergelijke landschappen van nature ontstaan en verdwenen. Bekende voorbeelden van een dergelijk landschap zijn De Gantel bij Den Haag en de kustopening bij Veere op Walcheren die al in de jaren '70 werd beschreven door Van Rummelen. Slufsterlandschappen kenmerken zich doordat de opening gedurende een relatief lange periode (enkele eeuwen) stabiel is. In een slufsterlandschap is sprake van zeer dicht bij elkaar gelegen zoet, brak en zoutwatermilieus. Deze grote verschillen in saliniteit op korte afstand van elkaar leidt tot een hoge biodiversiteit. De hoge interne dynamiek van dit landschap leidt ook tot een hoge biologische productiviteit. Slufsterlandschappen zijn dan ook zeer aantrekke-



Afbeelding 4.12: Bodemhorizonten in een kwelder (foto: ADC ArcheoProjecten).

lijke landschappen geweest voor de mens. Het onderzoek “*Kansen op de Kwelder*” (Dijkstra & Zuidhoff, 2011) schetst een mooi beeld van de wijze waarop de mens in het verleden met de dynamiek in dit landschap is omgegaan.

4.4 Veeenvorming

Het begrip veen wordt binnen de aardwetenschappen op verschillende manieren gebruikt. De grondsoort veen heeft betrekking op een grondsoort met een bepaald percentage organische stof, ongeacht de lithogenese. Daarnaast wordt het begrip veen gebruikt voor een opeenhoping van gedeeltelijk vergane plantenresten die op een bepaalde plaats hebben gegroeid of organische resten die op een bepaalde manier zijn afgezet. In het eerste geval wordt gesproken van een sedentaat. In het tweede geval wordt gesproken van een sediment. Bij het sedentaat veen wordt vaak

een onderscheid gemaakt tussen laagveen en hoogveen. Een laagveen wordt in het algemeen gevoed door grondwater en een hoogveen door regenwater. Hoogveen kan daardoor uitgroeien tot ver (meters) boven de grondwaterspiegel, vandaar de naam hóógvēen. Bijvoorbeeld voor de hoogvenen in West-Friesland wordt in de literatuur een oorspronkelijke dikte van ruim 3 meter genoemd.

Bij het sediment veen wordt onderscheid gemaakt in de sedimenten dy, gyttja en detritus. Dy is een neerslag van zeer fijn verdeelde organische stof waarin doorgaans geen macroscopisch zichtbare plantenresten aanwezig zijn. Dy wordt gevormd in voedselarme meertjes. Gytja kenmerkt zich eveneens door een fijne verdeling. Gytja bestaat vaak uit een neerslag van algen en fijn verdeelde resten van planten. Gytja kan kalkrijk zijn en heeft soms een geelbruine of groene kleur en lijkt een beetje op schoensmeer. Gytja ontstaat wanneer sprake is van een relatief grote waterdiepte en een voedselrijk milieu. Detritus is opnieuw afgezet organisch materiaal. Met name in het voormalig Zuiderzeegebied komen uitgestrekte gebieden met detritusafzettingen voor die zijn ontstaan door afslag van laag- of hoogveen.

Veen kan worden ingedeeld op basis van de voedselrijkdom van het milieu. Voedselrijke milieus bevatten veel opgeloste mineralen zoals kalium, nitraat en fosfaat en komen voor in brak en zoet water. Dergelijke milieus worden eutroof genoemd. Milieus die minder voedselrijk zijn worden mesotroof genoemd. Deze komen voor in zoet water. Voedselarme milieus waarin zeer weinig opgeloste minerale stoffen voorkomen worden oligotroof genoemd. Dit betreft eveneens zoet water milieus. Veel oligotrofe milieus worden door regenwater gevoed. Laagveen, dat wordt gevoed door grondwater is over het algemeen voedselrijk. Hoogveen, dat wordt gevoed door regenwater, is daarentegen doorgaans voedselarm. Bekende laagveensoorten zijn rietveen, zeggeveen en broekveen. De laatste bestaat in ons klimaat overwegend uit elzen. De bekendste hoogveenvormer is veenmos. Afhankelijk van de voedselrijkdom en waterdiepte is een opeenvolging van veentypen (succesiereeks) te onderscheiden. Een veel voorkomende opeenvolging in voedselrijke milieus is gyttja, detritus, rietveen, zeggeveen, broekveen. In voedselarme milieus kan de opeenvolging dy, detritus, zeggeveen, veenmosveen worden aangetroffen. Binnen elk van deze veentypen kunnen weer onderverdelingen worden gemaakt.

Wanneer veen wordt ontwaterd oxideert het organische stof, treedt maaiveld-daling op en ontstaat een stevige top laag. Deze top laag is vruchtbaar en daardoor aantrekkelijk voor de mens. Vanaf de IJzertijd, maar mogelijk ook al eerder, is het West-Nederlandse veengebied intensief geëxploiteerd door de mens. De Zuid-, Oost- en Noord-Nederlandse hoogvenen zijn eveneens geëxploiteerd door de mens. Uit deze venen kennen wij echter geen resten van bewoning. Wel zijn uit deze gebieden knuppelwegen, heiligdommen, deposities en natuurlijk de beroemde veenlijken bekend.

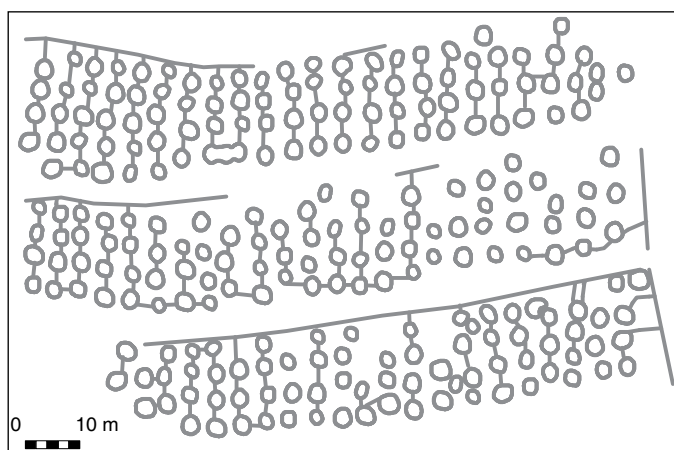
In veengebieden kunnen meren ontstaan. Deze meren worden ook wel aangeduid met de naam veenplas. Wanneer een dergelijk meer voldoende omvang heeft kan dit zich door golferosie uitbreiden. Onder andere in het voormalige Zuiderzeegebied hebben in de periode Laat-Neolithicum tot in de Romeinse Tijd grote meren bestaan. Door afslag van veen aan de oevers van dergelijke meren ont-

staat een sediment van plantenresten. Wanneer dergelijk sediment bezinkt spreekt men van detritus. In de Romeinse Tijd zijn dergelijke meren kleurrijk beschreven door Plinius de Oudere (zie het citaat in paragraaf 1.3).

Een laatste landschapsvorm die typerend is voor (voormalige) veengebieden is een door toedoen van de mens ontstaan fenomeen, de zogenaamde daliegaten of moerneringskuilen. Deze komen voor in het gehele West-Nederlandse kustgebied. Vaak worden deze kleine ontgravingen van veen in verband gebracht met zoutwinning (Leenders, 2007, 116). Daarnaast wordt met name voor Noord-Holland aangenomen dat deze kuilen werden gegraven voor het winnen van de onder het veen gelegen kalkrijke klei ter verbetering van de bodemvruchtbaarheid van het veen (Mulder & Dekker, 2009, 15). In de Peel staan kuilen met identieke afmetingen en verspreiding bekend als boerenkuilen ten behoeve van de huisbrand, ofwel turfwinning door en voor individuele huishoudens (Joosten, 1985). Het bewijsmateriaal



Afbeelding 4.13: Kreekpatroon en daliegaten in West-Friesland (foto: W. Metz).



Afbeelding 4.14: Boerenkuilencomplex in de Heidsche Peel (naar: Joosten, 1985).



Afbeelding 4.15: Veenrest in een verveend gebied. (foto: ADC ArcheoProjecten).

voor de ene of de andere verklaring is zeer moeilijk te leveren. Conclusie is dat men ter plaatse van deze kuilen veen weg heeft gegraven. Het resultaat zijn grote aaneengesloten complexen waar het oorspronkelijke landschap niet meer in tact is. In een luchtfoto van Metz uit West-Friesland is een kreekrug te zien (wit afgetekend) waarin een groot aantal daliegaten te zien is als donkere vlekken (afbeelding 4.13). Afbeelding 4.14 geeft een beeld van een boerenkuilencomplex in de Heidsche Peel. In afbeelding 4.15 is een veenrestant in een vergraven veengebied zichtbaar in het opgravingsvlak een werkput.

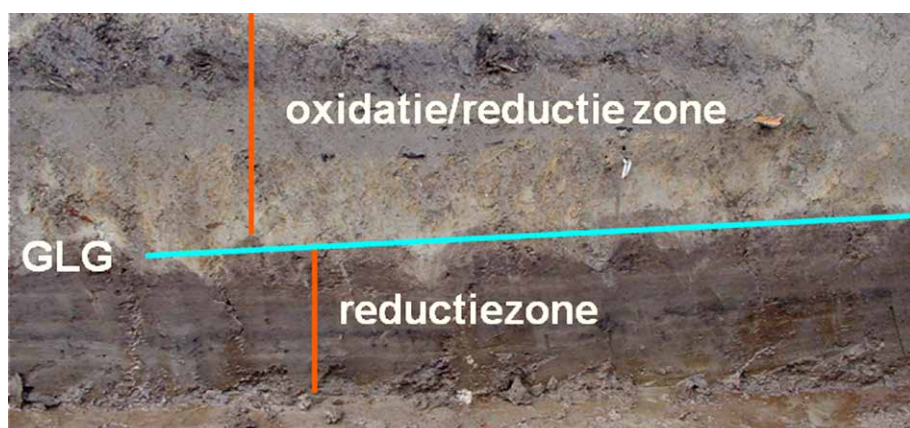
4.5 Bodemvorming

Vanaf het moment dat een gebied weinig sediment meer ontvangt kan zich een min of meer permanent vegetatiedek ontwikkelen. In gebieden zoals komgebieden, waar permanent water staat, ontwikkelen zich zogenaamde aquatische (“natte”) bodems, terwijl op de relatief hoge en droge gronden zoals de stroomrug of kreekrug terrestrische (“droge”) bodems tot ontwikkeling kunnen komen.

Tijdens de ontwikkeling van een bodem vinden verschillende processen plaats die van belang zijn voor archeologisch en geologisch onderzoek. Als gevolg van bioturbatie (vermenging van bodemmateriaal door mirco-organismen, woel dieren, etc.) verdwijnt in de loop der tijd de oorspronkelijke sedimentaire gelaagdheid. Daarnaast vinden een aantal onomkeerbare bodemchemische veranderingen plaats, zoals verlaging van de zuurgraad, uit- en inspoelen van metalen waaronder ijzer en mangaan, inspoeling van organische stof, etc. Hierdoor ontwikkelt zich een vegetatiehorizont. De dikte van de ontwikkelde vegetatiehorizont is onder andere afhankelijk van vegetatietype, ondergrond, tijdsduur en sedimentatiesnelheid. Wanneer door hernieuwde sedimentatie een einde komt aan de bodemontwikkeling blijft de ontwikkelde bodemhorizont in een dwarsdoorsnede zichtbaar als een donker(blauw)grijze laag. Deze laag wordt ook wel vegetatiehorizont of laklaag genoemd.

Een ander belangrijk proces dat optreedt als gevolg van bodemvorming is zakking. Zakking bestaat uit vier verschillende componenten; zetting, inklinking, krimp (rijping) en oxidatie. Zetting is het proces waarbij een bodemlaag wordt verdicht en in dikte afneemt als gevolg van een belasting, bijvoorbeeld de vorming van nieuw sediment. Inklinking is een proces waarbij een bodemlaag wordt verdicht en samengedrukt als gevolg van zijn eigen gewicht, bijvoorbeeld door ontwatering. Verlaging van het grondwaterniveau gaat gepaard met een verlaging van de opwaartse druk. Hierdoor neemt de druk van de bovengrond op de ondergrond toe. Krimp is een proces waarbij de bovengrond in dikte afneemt als gevolg van vochtonttrekking en gewasgroei. Oxidatie is een proces dat in humeuze en venige gronden optreedt, waarbij organische stof door bodembacteriën wordt afgebroken, waardoor materiaal verdwijnt (in de vorm van CO_2) en het maaiveld zakt (afbeelding 4.16).

Zakking is een continu proces zolang de verschillende parameters aan verandering onderhevig zijn, zoals het geval is bij sedimentaanvoer en grondwaterfluctuaties. Na een bovenstroomse afsnijding veranderen deze parameters en stelt zich een nieuw evenwicht in. Wanneer de condities gelijk blijven is het proces van zakking na een periode van circa 30 jaar voltooid (deze waarde is gebaseerd op een laboratoriumsituatie). De belangrijkste parameters zijn de samendrukbaarheid van de ondergrond en het gehalte organische stof. Veen is beter “samendrukbaar” dan klei, dat weer beter “samendrukbaar” is dan zand. Krimp speelt uitsluitend een rol in kleibodems en moerige bodems. Oxidatie speelt alleen een rol wanneer er sprake is van een relatief grote component organische stof.



Afbeelding 4.16: Het effect van oxidatie op een humusrijk profiel (foto: ADC ArcheoProjecten).

4.6 Profielen

4.6.1 De restgeul

Zoals hiervoor beschreven, komen restgeulen zowel in mariene, peri-mariene als fluviale landschappen voor. De foto hieronder is één van de vele dwarsdoorsneden die tijdens archeologisch onderzoek zijn gemaakt door de restgeulen van de Heldammer stroomrug (afbeelding 4.17). Deze restgeul was watervoerend in de Romeinse Tijd. In deze restgeul werden onder andere twee goed geconserveerde Romeinse schepen aangetroffen. Restgeulen verschillen doorgaans sterk van el-



Afbeelding 4.17: Restgeul Heldammer stroomrug bij een opgraving in Utrecht (Foto: Dienst Stadsontwikkeling, Stedenbouw en Monumenten Team Erfgoed, gemeente Utrecht).



Afbeelding 4.18: Restgeul van de Columbia river bij laag water (foto: A. Makaske).

kaar in opvulling. In de ideale omstandigheid vormt zich aan de basis van een restgeul een gyttja. Dit is een diepwaterafzetting die bestaat uit de neerslag van dood plantaardig en dierlijk materiaal, zoals deze doorgaans ook in brede sloten en vaarten ontstaat. Een pakket gyttja wordt langzaam gevormd en kent daardoor vaak een grote tijdsdiepte. Wanneer de waterdiepte afneemt kan veenvorming optreden. Vaak begint dit met riet- of zeggeveen en eindigt de organische opvulling met een broekveen. Deze opvulling gaat doorgaans zeer snel. In Nederland is voor twee restgeulen de sedimentatiesnelheid van de restgeulafzettingen bepaald. In één situatie kon op basis van aardewerktypologische dateringen en ^{14}C -dateringen de sedimentatiesnelheid op 1 cm per jaar worden vastgesteld (Oudhof, Dijkstra & Verhoeven, 2000, 35). Wanneer de restgeul is opgevuld tot aan de grondwaterspiegel stopt de veengroei. Wel blijft sprake van een nat milieu. In een dergelijk milieu worden plantenresten slecht afgebroken, waardoor een donkere humus ontstaat.



Afbeelding 4.19: “Side invading bars” in de restgeul van de Heldammer stroomgordel (foto: A. Veenhof, ADC ArcheoProjecten).



Afbeelding 4.20: Hoefindruckken in het profiel (foto: L. van der Meij, ADC ArcheoProjecten).

Deze vormt de zwarte laag aan de top van de restgeulvulling. Ogenscheinlijk vormt deze zwarte laag een eenheid met de donkere laag in de rest van het profiel. Vaak wordt een dergelijke laag als één vegetatiehorizont of “laklaag” weergegeven. Niets is echter minder waar. Buiten de restgeul ontstaat een bodem op het moment dat er sprake is van een permanent vegetatiedek, al tijdens de eindfase van de rivier. De restgeul moet zich dan nog volledig opvullen.

Naast opvulling door plantengroei vindt opvulling plaats door het inzakken van de waterverzadigde oever en als gevolg van sedimentatie bij hoogwater. Wanneer een oever waterverzadigd is, kan deze als het ware “inzakken”. Dergelijke inzakkingen (*side invading bars*) zijn in het opgravingsvlak soms goed herkenbaar (zie afbeelding 4.19). In deze natte oeverzones worden dikwijls door vee vertrapte lagen waargenomen (zie afbeelding 4.20). Bij hoogwater kan de restgeul fungeren als overloopgeul. In de restgeul wordt dan sediment afgezet. Vaak, maar zeker niet altijd, is dit herkenbaar aan een discontinuïteit in de opvullingsgelaagdheid.

Een restgeul leent zich bij uitstek voor het reconstrueren van het milieu voorafgaand aan, tijdens en na de bewoning. Vaak wordt gekozen voor een stratigrafisch pollenonderzoek. Pollenonderzoek is echter zeer tijdrovend en daardoor een dure vorm van onderzoek. Restgeulvullingen lenen zich ook uitstekend voor onderzoek aan botanische macroresten en molluskenonderzoek. Een combinatie van deze methoden van onderzoek levert doorgaans zeer goede resultaten. In het kustgebied en gebieden met brakwater kan een dergelijk onderzoek worden aangevuld met diatomeeën, foraminiferen en ostracodenonderzoek. Deze laatste groep geeft vooral informatie over wisselingen in zoutgehalte, stroomsnelheid, overstromingsfrequentie, helderheid van het water en waterdiepte. Daarnaast kunnen deze analyses inzicht geven in de mate waarin vervuiling is opgetreden door de mens.

4.6.2 De bedding

Beddingafzettingen leveren veelal prachtige foto's met duidelijke sedimentaire structuren op (afbeelding 4.21). Op basis van de helling en de strekking van de gelaagdheid kan de stroomrichting worden afgeleid. In een heel enkel geval kan dit nuttig zijn, bijvoorbeeld binnen het onderzoek naar het Romeinse schip “De Meern 1” bij Leidsche Rijn. Beddingafzettingen bevatten vaak *channel lag deposits*, bij elkaar gespoeld, veelal wat grover, materiaal. Soms worden organische monsters uit *channel lags* gebruikt voor het dateren van de bloeifase van een rivier of kreek. Dit is echter zeer riskant omdat het immers samengespoeld materiaal betreft. Een OSL-datering van de beddingafzettingen geeft voor een datering van de bloeifase doorgaans een beter resultaat. *Channel lags* kunnen soms archeologische resten bevatten. In een zeldzaam geval bevatten *channel lags* bijzonder materiaal zoals plukken vlas in een beddingafzetting bij Katwijk.

4.6.3 De oever

Oeverafzettingen hebben doorgaans een kenmerkende horizontale gelaagdheid. In de foto's is deze gelaagdheid onderin het profiel goed te zien (afbeelding 4.23). Vaak zijn de afzettingen aan de basis relatief grof en worden deze naar boven toe



Afbeelding 4.21: Beddingafzettingen (foto: J. de Moor).



Afbeelding 4.22: Beddingafzettingen in een kreek (foto: W. van Zijverden).

steeds fijner (kleiiger). De top van oeverafzettingen is doorgaans volledig gehomogeniseerd door bioturbatie, waardoor de gelaagdheid vrijwel volledig verdwenen kan zijn. Wanneer de top van een oever intact is, zoals in afbeelding 4.23, zijn doorgaans duidelijke sporen van bodemvorming zichtbaar. Zoals aangegeven is veelal sprake van homogenisatie. Daarnaast is vaak sprake van enige ontkalking, hetgeen met een 10 % HCl oplossing relatief eenvoudig in het veld is vast te stellen. Tenslotte is vaak sprake van een aanrijking met organische stof, waardoor een duidelijk herkenbare A-horizont aanwezig is. Vaak wordt gedacht dat deze horizonten een donkere kleur hebben, echter dit is alleen het geval in nederzettingsterreinen waar deze horizonten relatief veel houtskool bevatten. Buiten nederzettingsterreinen zijn deze vegetatiehorizonten vaak lichtgrijs gekleurd, zoals op afbeelding 4.23 goed zichtbaar is. In de boor worden dit soort horizonten vaak slecht herkend. In het profiel zijn dergelijke horizonten echter goed herkenbaar.



Afbeelding 4.23 Twee foto's van een pakket oeverafzettingen in Odiijk (foto E. Blom, ADC ArcheoProjecten).

4.6.4 De kom

Komafzettingen komen voor met hele verschillende verschijningsvormen (afbeelding 4.24). Kommen kunnen uit gerijpte klei bestaan, maar ook uit vrijwel ongerijpte klei, venige klei en zelfs veen. In sommige kommen, met name in het westelijk deel van Nederland, komen zelfs hoogvenen voor.

De kom wordt doorgaans gezien als een archeologisch weinig interessant gebied. Het tegendeel is echter waar. Juist kommen bieden bijvoorbeeld een zeer goede mogelijkheid voor het maken van paleogeografische reconstructies. Onder andere de studies van Rommert Steenbeek naar de genese van het landschap in de omgeving van de vindplaats De Horden bij Wijk bij Duurstede en de vindplaats Hien bij Dodewaard geven een goede indruk van de mogelijkheden die onderzoek in komgebieden ten behoeve van archeologisch onderzoek bieden. Kommen werden waar mogelijk door de mens geëxploiteerd en bevatten andere vindplaatstypen dan nederzettingsterreinen. Deze zijn moeilijker opspoorbaar, maar bieden toch soms verrassende inzichten in de exploitatie van het landschap door de mens (afbeelding 4.25).

Doordat kom- en restgeulafzettingen veel organische stof bevatten en doorgaans een hoog percentage lutum, zijn deze afzettingen gevoelig voor zwel en krimp. Met name in de top van dit type afzettingen worden nogal eens krimpscheuren aangetroffen. Bij het bemonsteren voor dateringdoeleinden en milieureconstructies is het belangrijk hier op te letten. Pollen en macroresten kunnen door dit proces van zwel en krimp eenvoudig worden verplaatst in het profiel. Daarnaast kan licht doordringen in de bodem, waardoor dit type afzettingen wanneer deze silt en of zand bevatten niet geschikt zijn voor bijvoorbeeld OSL-dateringen.



Afbeelding 4.24: Foto boven: crevasseafzettingen (A) afgedekt met venige (B) en kleiige (C) komafzettingen (foto: ADC ArcheoProjecten). Foto onder: A crevasse in Canada (foto: A. Makaske), B komgebied in Donau-delta (foto: H. Weerts) en C komgebied in Donau-delta (foto: H. Weerts).



Afbeelding 4.25: Restant van een houtskoolmeiler in een komgebied bij Geldermalsen (foto: ADC ArcheoProjecten).



Afbeelding 4.26: Links voetindruk, rechts hoefindrukken (foto: ADC ArcheoProjecten).

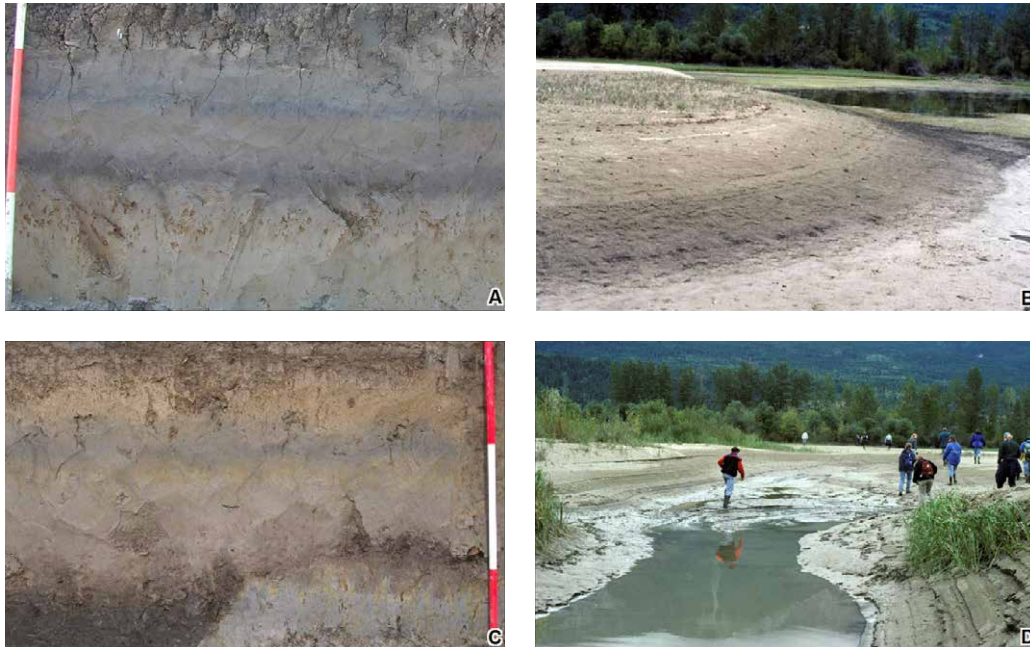
Afhankelijk van de mate van rijping zijn komafzettingen makkelijk samendrukbaar. Sporen van vertrapping door dieren en mensen zijn in komafzettingen, zeker wanneer sprake is van een hoog lutumgehalte, goed zichtbaar (afbeelding 4.26).

4.6.5 De crevasse

Crevaseafzettingen zijn in het veld doorgaans moeilijk als zodanig te herkennen. Crevaseafzettingen kunnen in vele verschillende vormen voorkomen zoals in paragraaf 4.2.2 is beschreven. Met name de crevasses die zijn gevormd als een *splay* lijken in het veld nogal eens op een “gewone” oever. Vaak is sprake van een horizontale gelaagdheid, een *fining upwards* sequentie en heeft zich in de top van de crevasseafzetting een bodem gevormd. Soms, maar niet altijd zijn dergelijke *splays* als het ware “gestapeld”. Meerdere *splays* met in elke top een herkenbare vegetatiehorizont komen dan op elkaar gestapeld voor (afbeelding 4.27A). Een mooi voorbeeld van een dergelijke vorm van “gestapelde” *splays* is de vindplaats Kesteren Lienden waar zich op elkaar, gescheiden door crevasseafzettingen vindplaatsen uit het Neolithicum, Vroege Bronstijd, Midden-Bronstijd en de Romeinse Tijd bevinden.

Crevaseafzettingen waarbij sprake is van duidelijk ontwikkelde geulen komen ook regelmatig voor (afbeelding 4.27C en 4.29). De crevasse waarop de vindplaats Geldermalsen Hondsgemet is gesitueerd is daar een duidelijk voorbeeld van. Bij deze vindplaats was sprake van een geprononceerde geul die verschillende malen gereactiveerd is geweest. In de bijbehorende *splay* werden op verschillende dieptes resten van bewoning aangetroffen uit de IJzertijd en de Romeinse Tijd. De restgeul zelf was bijzonder rijk aan vondstmateriaal. Vanuit archeologisch oogpunt zijn crevasseafzettingen interessant, omdat deze afzettingen in vergelijking met stroomgordels vaak relatief kort aan het oppervlak hebben gelegen en er op een gegeven moment nieuw sediment overheen is afgezet. De conservering in dit type afzettingen is dan ook over het algemeen bijzonder goed.

Soms vindt aan de basis van de crevasse erosie van het onderliggende landschap plaats. Een mooi voorbeeld daarvan is de Bronstijd nederzetting van de eerder genoemde vindplaats De Horden. Niet alleen bij crevasseafzettingen, maar ook bij dijkdoorbraakafzettingen vindt soms erosie plaats aan de basis van de afzettingen (afbeelding 4.28). Wanneer erosie plaats heeft gevonden, is dikwijls het sporenvlak



Afbeelding 4.27: A "gestapelde" crevasseafzettingen met vondstlagen (foto: ADC ArcheoProjecten); B einde van crevasseplay op kom (foto: A. de Boer); C crevasse-restgeul doorsnijdt oeverafzettingen (foto: ADC ArcheoProjecten); D crevassegeul (foto A. de Boer).

nog intact. Dergelijke vindplaatsen zijn moeilijk op te sporen en worden vaak bij toeval aangetroffen bij diverse graafwerkzaamheden.

4.6.6 Het wad en de kwelder

In het profiel is de overgang van een wadmilieu naar een kweldermilieu vaak goed zichtbaar. Een wadmilieu bestaat in het algemeen uit wat grover sediment. Wadafzettingen bevatten van nature veel organische resten en kunnen soms bijna zwart van kleur zijn. Opvallend in wadafzettingen is de rijkdom aan mollusken. Binnen wadafzettingen kan een onderscheid worden gemaakt in plaatafzettingen en beddingafzettingen. De eerste zijn doorgaans horizontaal gelamineerd en bevatten wat fijner, beter gesorteerd sediment, de tweede kennen vaak een schuine gelaagdheid en bevatten wat grover, slechter gesorteerd sediment. Wadafzettingen gaan in het algemeen naar boven toe over in kwelderafzettingen.

Op de overgang van wadafzettingen naar kwelderafzettingen zijn vaak de graafgangen van mollusken duidelijk zichtbaar. Mollusken als Platte Slijkgaper en Brakwaterkokkel komen soms in leefstand voor in dit type afzetting. Binnen archeologisch onderzoek worden deze mollusken regelmatig gebruikt ten behoeve van datering van de afzettingen waarin deze worden aangetroffen. Het wordt echter ten zeerste afgeraden om in regio's waar menging van zoet en zout water optreedt dateringen te doen op basis van mollusken. De standaardcorrectie voor mariene or-



Afbeelding 4.28: Grondspoor erosief afgedekt met overslagafzettingen (foto: E. Schrijer, ADC ArcheoProjecten).



Afbeelding 4.29: Oever (rode pijl) en restgeul (blauwe pijl) van een crevasse met vondstlaag daterend uit het Midden- en Laat-Neolithicum (foto: S. Diependaele, Archeomedia).



Afbeelding 4.30: Links kreek in het profiel: let op de mollusken aan de basis van de beddingafzettingen (foto: ADC ArcheoProjecten). Rechts kreek in het Verdrongen Land van Saeftinghe (foto: Peter Vos, Deltares).

ganismen geldt namelijk niet voor organismen die in een gemengd milieu hebben geleefd (zie ook hoofdstuk 8).

Kwelderafzettingen zijn doorgaans plaatafzettingen die worden doorsneden door grotere en kleinere krekten (prielen). Deze kreekafzettingen zijn goed herkenbaar door de wat grovere afzettingen, slechtere sortering en scheve sedimentaire gelaagdheid. De plaatafzettingen zijn meestal horizontaal gelamineerd. Aan de basis komen vaak dikkere lagen zand en klei voor die elkaar afwisselen. In deze zone kan nog een enkele mollusk in levenspositie worden aangetroffen. Naar boven toe worden de lagen steeds dunner (*thinning upwards*) en wordt het sediment steeds kleiiger (*fining upwards*). Let op dat een kwelder gedurende (delen van) het jaar droog ligt en dat in principe doorlopend vegetatie aanwezig is. Langere perioden met weinig aanwas kenmerken zich door lichtgrijze vegetatiehorizonten. Lichtgrijze horizonten kunnen ook door toedoen van de mens worden veroorzaakt door het regelmatig afbranden van de kweldervegetatie.

In kweldergebieden komen sporadisch restgeulen voor. Deze restgeulen zijn bijzonder informatief met betrekking tot de aard van het natuurlijk milieu. Restgeulen in dit type milieu lenen zich, naast het standaard pollen- en macrorestenonderzoek, uitstekend voor diverse specialistische analyses zoals diatomeeën-, foraminiferen-, ostracoden-, molluskenonderzoek, enzovoorts. In het kader van archeologisch onderzoek is het bijzonder informatief om visresten uit dit type milieu te analyseren. Voor een goede analyse van dit type resten is het wel van belang dat met een relatief kleine maaswijdte (2 mm of kleiner) wordt gezeefd.

4.6.7 De strandwal en het duin

Vaak wordt aangegeven dat een vindplaats is gelegen op een strandwal. Meestal is dit feitelijk niet juist en is de vindplaats gelegen op een kustduin op een strandwal. Een strandwal en een kustduin zijn relatief eenvoudig van elkaar te onderscheiden. Strandafzettingen zijn vaak wat grover van samenstelling, slecht gesorteerd, kennen een duidelijk herkenbare sedimentaire gelaagdheid en bevatten veel schelpmateriaal (schelpgruis en hele schelpen). Duinafzettingen bevatten meestal enig schelpgruis en een enkele schelp. Deze afzettingen zijn goed gesorteerd en hebben geen duidelijke, met het blote oog herkenbare, sedimentaire gelaagdheid. Duinen zijn zeer gevoelig voor erosie door wind en water. In de bovenste foto op de volgende pagina is duidelijk te zien dat herhaalde malen op dezelfde plaats een akker is aangelegd die keer op keer overstoven is geraakt (afbeelding 4.31). In de onderste akkerlaag, die op basis van vondsten in de Romeinse Tijd kan worden geplaatst, zijn duidelijk twee ploeggangen herkenbaar gescheiden door een dun pakketje stuifzand. De twee daarboven gelegen akkerlagen kunnen op basis van vondsten worden gedateerd in de Vroege Middeleeuwen tussen ca. 500 en 700 AD.

Vindplaatsen in kustduinafzettingen kunnen zeer goed geconserveerd zijn. Dit is sterk afhankelijk van de plaats van de vondstlaag en sporen ten opzichte van de grondwaterstand. Het verschil is goed te zien in de afbeelding van een waterput op het terrein van de Van den Bergh stichting in Noordwijk (afbeelding 4.32).

Het bovenste geheel geoxideerde deel is niet tot nauwelijks zichtbaar, terwijl het onderste deel goed geconserveerd is. Naar beneden toe wordt de plagenstructuur van de putwand steeds duidelijker. Onderin de put is de houten constructie goed geconserveerd.



Afbeelding 4.31: Duinafzettingen (licht) afgewisseld met akkerlagen (donker) (foto: A. Veenhof, ADC ArcheoProjecten)



Afbeelding 4.32: Waterput in Noordwijk (foto: A. Veenhof, ADC ArcheoProjecten).

Bodemkunde

5.1 Inleiding

In het dagelijks spraakgebruik wordt vaak gebruikt gemaakt van het woord “bodem”, bijvoorbeeld iets tot op de bodem uitzoeken, de bodem van de schatkist en bodemschatten. Alle drie de uitdrukkingen zijn doorgaans toepasbaar op archeologisch onderzoek. Bodemkundigen bedoelen echter iets geheel anders met het begrip bodem dan in de hierboven genoemde voorbeelden. Binnen de bodemkunde worden verschillende definities gehanteerd. Voor dit hoofdstuk wordt de volgende definitie gebruikt:

“De bodem is het gedeelte van de aardkorst waarin het gesteente is veranderd door atmosferische invloeden en organismen”

Gesteenten die aan het oppervlak liggen veranderen dus als gevolg van een interactie met lucht, water, dieren en planten. Wanneer bijvoorbeeld wadafzettingen aan het oppervlak komen te liggen komt er lucht in de grond. Hierdoor oxideren (verbranden) organische resten die van nature in deze afzettingen aanwezig zijn. Daarbij komen zuren vrij die zorgen dat de kalk in de wadafzettingen oplost. Door de regen die op de wadafzettingen valt, stromen de opgeloste kalk en het aanwezige zout naar dieper gelegen lagen. Door het “opdrogen” van de wadafzettingen klitten de kleideeltjes aan elkaar en ontstaat een stevig oppervlak waarover je kan lopen. Hierin kunnen planten groeien die voedingsstoffen opnemen uit de wadafzettingen. Wanneer de planten sterven, zetten bacteriën en andere organismen de plantenresten om in humus dat weer door kleine gravende organismen als wormen en mollen wordt opgenomen in de wadafzettingen. In de bovenste laag van het gesteente (de wadafzetting) is dan een permanente, onomkeerbare verandering opgetreden. Die veranderde laag wordt door bodemkundigen bodem genoemd.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op bodemvormende factoren en processen en op de bodemtypen die worden onderscheiden in Nederland. Aan de hand van diverse archeologische voorbeelden wordt geïllustreerd hoe belangrijk kennis van bodemvormende processen is om inzicht te krijgen in de aard en kwaliteit van ons archeologisch erfgoed. Voor het schrijven van dit hoofdstuk is gebruik gemaakt van het werk van Jan Boerma (Bodemkunde Digi-taal) en de reader bodemkunde van de Vrije Universiteit van Kees Kasse en Gerard Aalbersberg. In de literatuurlijst zijn enkele studies opgenomen die het belang van kennis van bodemvormende processen voor een goed begrip van de kwaliteit van archeologische vindplaatsen benadrukken.

5.2 Wat is een bodem?

De bodem is een natuurlijk lichaam en bestaat niet alleen uit minerale bestanddelen (kwarts, kleimineralen, veldspaat), maar ook uit organisch materiaal zoals plantenwortels, humus, levende organismen en poriën die gevuld zijn met lucht en/of water. Een bodem is in principe dynamisch en verandert zowel in de loop van de tijd als ruimte. Het proces van bodemvorming is een continu proces. Een vaaggrond in een stuifzandgebied zal zich bijvoorbeeld in de loop van de tijd ontwikkelen tot een podzolbodem. Daarnaast is de bodem zoals gezegd ook in ruimtelijk opzicht dynamisch. Bodems gaan geleidelijk in elkaar over, zo gaat een hoge droge podzol op een dekzandrug via een natte podzol en venige podzol over in een venige eerdgrond in het beekdal (zie afbeelding 5.03).

De veranderingen in het gesteente zijn het resultaat van de bodemvormende **processen** die plaatsvinden of in het verleden plaats hebben gevonden. Deze processen zijn in te delen in drie verschillende groepen, fysische, chemische en biologische processen. Deze bodemvormende processen zorgen samen voor een verticale gelaagdheid van het profiel. Deze lagen worden bodemhorizonten genoemd en zijn herkenbaar als horizontale zones in het profiel die min of meer gelijke kenmerken hebben. Verschillende **factoren** hebben invloed op de bodemvormende processen die plaatsvinden op een bepaalde plek. De combinatie van het klimaat (temperatuur en neerslag), de organismen (planten en dieren), het uitgangs- of moedermateriaal (grind, zand, leem, klei of veen), het reliëf en drainage, de vegetatie en de ouderdom/tijd zijn bepalend voor het **type** bodem dat ontstaat. De eerste permanente zichtbare veranderingen in de ondergrond zijn pas zichtbaar circa 50-100 jaar na de vorming van het gesteente. Het proces van bodemvorming kan dus als volgt worden samengevat:

BODEMVORMENDE FACTOREN + BODEMVORMENDE PROCESSEN



BODEMHORIZONTEN



BODEMTYPEN

5.2.1 Bodemvormende factoren

Het **klimaat** is een belangrijke bodemvormende factor. Nederland heeft een zogenaamd gematigd zeeklimaat. Dat wil zeggen dat in Nederland sprake is van relatief zachte winters en koele zomers en de neerslag gelijkmatig is verdeeld over het jaar. Tenminste vier maanden per jaar is de temperatuur gemiddeld boven de 10°C en in de winter blijft de gemiddelde temperatuur boven de 0°C. Dit zorgt er voor dat gedurende het gehele jaar bodemvormende processen optreden. Binnen Nederland bestaan kleine verschillen in het klimaat. Zo zijn de gemiddelde zomertemperaturen in Noord-Nederland gemiddeld 3°C lager in vergelijking tot Zuid-Nederland.

In Zuid-Limburg, de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe valt aanzienlijk meer neerslag in vergelijking met de rest van Nederland, onder meer als gevolg van het daar aanwezige reliëf. Deze verschillen in temperatuur en neerslag zijn van invloed op de vegetatie en het bodemleven en daarmee op de bodemvormende processen.

In het algemeen verdampt er in de zomermaanden meer water uit de bodem dan dat door neerslag wordt aangevuld. Dit wordt een neerslagtekort of neerslagdeficiet genoemd. Over het gehele jaar genomen valt echter meer neerslag dan dat er water verdampt. Het gevolg daarvan is dat in Nederland de bodems een “uitspoelend” karakter hebben. In het eerder genoemde voorbeeld van de wadafzetting kunnen bijvoorbeeld zouten waaronder zeezout (NaCl) en koolzure kalk (CaCO_3) worden uitgespoeld. De variaties aan klimaatveranderingen in Nederland zijn dermate klein dat ze geen rol spelen in regionale variaties in bodems en bodemvormende processen.

De **organismen** (plantengroei en dierenleven) die op een bepaalde plaats aanwezig zijn bepalen mede de bodemvormende processen die op kunnen treden. De plantengroei die van nature op een bepaalde plaats ontstaat, is grotendeels afhankelijk van de voedselrijkdom van het uitgangsmateriaal. Het bodemleven (bacteriën, insecten, kleine zoogdieren, etcetera) is weer sterk afhankelijk van het type vegetatie. Een bekend voorbeeld is bijvoorbeeld de korenwolf in Zuid-Limburg, die sterk afhankelijk is van een bepaald type vegetatie (kleinschalige luzerne- en graanakkers), gecombineerd met een bepaald type ondergrond (löss- en leemhoudende gronden).

Nederland kent een grote variatie aan **uitgangsmaterialen** (ook wel moeder-materiaal genoemd), zoals klei, veen, zand, grind of löss. De uitgangsmaterialen kunnen zowel voedselrijk als voedselarm zijn. Vandaar dat er op het Limburgs lössplateau (voedselrijk) andere bodems voorkomen dan op de zandige Veluwe (voedselarm), terwijl de andere bodemvormende factoren vergelijkbaar zijn (beide bodems liggen in dezelfde klimaatzone, zijn ongeveer even oud en hebben een zeer goede drainagetoestand).

Het **reliëf** is medebepalend voor de plaats ten opzichte van de grondwaterstand en daarmee de **drainagetoestand**. Vandaar dat er op de Hoge Veluwe (diepe grondwaterstand) goed ontwikkelde podzolbodems voorkomen en in de Gelderse Vallei (hoge grondwaterstand) natte eerdgronden, terwijl de andere bodemvormende factoren vergelijkbaar zijn (beide bodems liggen in dezelfde klimaatzone, zijn mineralogisch zeer arm en zijn even oud).

De **ouderdom** van bodems in Nederland varieert van enkele honderden jaren tot zo'n 10.000 jaar. Een bodem ontwikkelt zich in de loop van de tijd. Op de Veluwe komen bijvoorbeeld zeer zwak ontwikkelde vaaggronden voor op het relatief jonge stuifzand naast sterk ontwikkelde podzolen op het relatief oude dekzand. De bodemvormende factoren anders dan de ouderdom zijn vergelijkbaar. Beide bodems liggen in dezelfde klimaatzone, kennen dezelfde vegetatie (naaldbos of heide), bestaan uit mineralogisch zeer arm uitgangsmateriaal en hebben een zeer goede drainagetoestand.

5.2.2 Bodemvormende processen

In Nederland spelen diverse bodemvormende processen een rol. In de bodemkunde wordt een onderscheid gemaakt in drie verschillende typen processen, fysische, chemische en biologische. Fysische processen leiden tot het uiteenvallen van het gesteente in steeds fijner materiaal. Je kan hierbij bijvoorbeeld denken aan het herhaaldelijk opvriezen van zandkorrels waardoor deze uiteenvallen in kleinere zandkorrels. Chemische processen zorgen voor het geheel of gedeeltelijk oplossen van mineralen, waarbij de verweringsproducten kunnen uitspoelen of kunnen leiden tot het ontstaan van nieuwe verbindingen. Een bekend voorbeeld hiervan is de vorming en het oplossen van pyrietkristallen in de Flevopolder en andere droogmakerijen. Chemische processen vinden makkelijker plaats naarmate het sediment fijner is. Biologische processen betreffen vooral de menging van de bovengrond als gevolg van doorworteling en door omwerking van de bodem door dieren. Daarnaast zetten bacteriën en schimmels organische resten om in humus. Met name de chemische processen spelen een belangrijke rol voor de vorming van bodemhorizonten.

5.2.3 Bodemhorizonten

Bodemhorizonten worden aangeduid met een internationaal codesysteem bestaande uit hoofdletters, kleine letters en cijfers. Hieronder is een selectie opgenomen van voor Nederland relevante codes. De hoofdletters geven de hoofdhorizonten weer. De kleine letters worden gebruikt om binnen de hoofdhorizonten een onderverdeling te maken in subhorizonten. De cijfers achter de code worden gebruikt om binnen de subhorizonten een verdere onderverdeling te maken. De cijfers voor de code worden gebruikt om een verandering in de lithologie weer te geven of een begraven bodem weer te geven.

O-horizont = strooisellaag, rijk aan organische stof

Een organische horizont die is ontstaan (of ontstaat) als gevolg van de opeenhoping van organische stof op het minerale deel van de bodem. Het minerale deel van de bodem bestaat in Nederland doorgaans uit grind, zand, leem of klei. De O-horizont maakt dus geen deel uit van de minerale bodem, maar bevindt zich hier bovenop. Deze horizont is nooit met water verzadigd en heeft een minimum gehalte aan organische koolstof van tenminste 20%. Met name in loofbossen is de O-horizont duidelijk herkenbaar als een bladerdek waarin het bladmateriaal van boven naar onder toe steeds verder gefragmenteerd (vergaan) is.

A-horizont = minerale bovengrond

Een minerale horizont die aan het oppervlak is gelegen. Het organische koolstofgehalte is in deze horizont lager dan in een O-horizont. Een A-horizont wordt gekarakteriseerd door:

- een opeenhoping van intensief met minerale bestanddelen gemengde, gehumificeerde organische stof, of
- een morfologie die het gevolg is van bodemvorming zonder dat kenmerken van E- of B-horizont aanwezig zijn.

E-horizont = eluvatie/uitspoelingshorizont

Een minerale horizont waarvan het belangrijkste kenmerk het verlies is aan kleimineralen, ijzer, aluminium of een combinatie daarvan (eluvatie genoemd). Dit betekent dat in deze horizont met name kwarts en andere resistente mineralen in de zand- en siltfractie aanwezig zijn. De E-horizont bevindt zich vaak onder een O- of A-horizont. De E-horizont bevat minder organische stof en is meestal lichter van kleur dan de bovenliggende O- of A-horizont. Meestal verschilt de E-horizont van de onderliggende B-horizont door een wat lichtere kleur en/of een wat grovere textuur.

B-horizont = inspoelingshorizont

Een horizont waarin het gesteente sterk is veranderd en wordt gekenmerkt door:

- een concentratie van ingespoelde kleimineralen, ijzer, aluminium of organische stof, afzonderlijk of in combinatie, of
- een ten opzichte van het uitgangsmateriaal aanrijking met sesquioxiden (zie paragraaf 5.2.5.), of
- afbraak van het uitgangsmateriaal, leidend tot de nieuwvorming van kleimineralen en/of oxiden, of leidend tot een kruimelige, blokkige of prismatische structuur.

B-horizonten verschillen onderling sterk. Meestal is het noodzakelijk om in relatie tot boven- en onderliggende horizont vast te stellen om welke soort B-horizont het gaat. Vrijwel steeds worden B-horizonten dan ook voorzien van een kleine letter (zie hierna onder kleine letters) om aan te geven om welk type B-horizont het gaat (zie ook paragraaf 5.2.5).

C = onveranderd moedermateriaal

Een minerale horizont (of laag) van ongeconsolideerd materiaal waaruit de bodem is opgebouwd. Deze horizont vertoont geen kenmerken van één van de andere hoofdhorizonten. In de C-horizont kan verwerking zijn opgetreden (buiten bereik van de zone van biologische activiteit) en enkele andere – geringe – veranderingen.

Sommige horizonten hebben kenmerken van twee hoofdhorizonten. Deze horizonten worden **overgangshorizonten** genoemd. Een veel voorkomend voorbeeld is een met humus aangerijkte A-horizont waarin veel gebleekte korrels aanwezig

zijn (AE-horizont). De regels voor het noteren van overgangshorizonten wordt hieronder uitgelegd:

- eigenschappen van een boven- of onderliggende horizont komen gelijktijdig voor in de gehele horizont (geval 1).
- in een horizont komen eenvoudig te begrenzen gedeelten voor met eigenschappen van verschillende horizonten (geval 2).

Indien overal kenmerken van beide horizonten aanwezig zijn (geval 1) worden de symbolen AB, EB, BE, BC en CB gebruikt, waarbij de voorste letter de overheersende kenmerken aanduidt. In geval 2 worden de symbolen E/B, B/E en B/C gebruikt, waarbij de voorste letter het dominante aandeel aangeeft.

Kleine letters worden achter de hoofdletters gezet en geven extra informatie over de processen die spelen in de hoofdhorizonten:

- a = Geeft aan dat een horizont of laag geheel of voor een groot deel bestaat uit door de mens van elders aangevoerd materiaal.
- b = Aanduiding bij O-, A-, E en B-horizonten die na de bodemvorming zijn begraven onder een sediment of een antropogeen dek. Voor een antropogeen dek geldt dat b alleen wordt aangegeven als de Aa-horizont dikker is dan 50 cm.
- c = Aanduiding bij extreem ijzerrijke A- en C-horizonten of sterke ijzeraanrijking in de vorm van nodules bovenin het profiel.
- e = Aanduiding bij B- en C-horizonten met kenmerken van ontijzering. Treedt vrijwel uitsluitend op in door grondwater-invloed gereduceerde zandgronden.
- f = Aanduiding bij O-horizonten met omgezette plantenresten maar met nog herkenbare fragmenten.
- g = Aanduiding bij horizonten met roestvlekken, ongeacht of die door gley dan wel pseudogley zijn veroorzaakt.
- h = Deze aanduiding heeft bij de verschillende horizonten een verschillende betekenis. Bij O- horizonten wordt deze aanduiding gebruikt voor een compacte laag van omgezette organische stof die van het bodemoppervlak kan worden losgetrokken; bij A-horizonten staat het voor de aanduiding van de niet-verwerkte variant van deze horizont; bij B-horizonten voor ingespoelde humus.
- i = Aanduiding bij C-horizonten voor half of minder gerijpt materiaal.
- j = Aanduiding bij C-horizonten voor gele kattenkleivlekken (jarosiet).

- l = Aanduiding bij O-horizonten voor verse, nauwelijks aangetaste bladeren en naalden (l = litter, strooisel).
- p = Aanduiding bij horizonten die door de mens bewerkt zijn. Dat kan de geploegde bovengrond of bouwvoor zijn, daarnaast kan het verwerkte diepere lagen betreffen bijvoorbeeld door diepploegen.
- r = Aanduiding bij minerale en moerige horizonten die geheel gereduceerd zijn. De overgang van de C-horizont met roestvlekken (Cg) naar de geheel gereduceerde C-horizont wordt als Cgr gecodeerd.
- s = Aanduiding bij B-horizonten met ingespoelde sesquioxiden (ijzer- en aluminiumverbindingen).
- t = Aanduiding bij B-horizonten waarin lutum is ingespoeld.
- w = Aanduiding bij B-horizonten voor nieuwgevormde kleimineralen en/of vrijgekomen sesquioxiden (met name ijzer) of voor een blokkige of samengesteld prismatische bodemstructuur;

Hieronder zijn enkele veel voorkomende combinaties van hoofd- en subhorizonten en hun betekenis weergegeven:

- Ah = bovengrond humeus;
- Aa = bovengrond antropogeen opgehoogd (karakteristiek voor een esdek);
- Ap = bovengrond geploegd;
- Aap = bovengrond antropogeen opgehoogd en geploegd
- Ahb = bovengrond humeus en begraven;
- Bh = inspoelingslaag van humus;
- Bs = inspoelingslaag van sesquioxides (ijzer en aluminium);
- Bhs = inspoelingslaag van sesquioxides en humus (karakteristiek voor een podzol);
- Bt = inspoelingslaag van klei dit wordt ook wel een textuur B-horizont genoemd (karakteristiek voor een brikgrond);
- Bw = geen echte inspoelingslaag, maar in situ verwerking (bijvoorbeeld verbruining);
- Cg = moedermateriaal met gleyverschijnselen;
- Cr = moedermateriaal in gereduceerde toestand.

Cijfers VOOR de lettercodes geven een verandering in lithologie aan: 1Ah – 1Bw – 2C betekent bijvoorbeeld dat de A en B-horizonten uit klei bestaan en de C-horizont uit zand.

Cijfers ACHTER de lettercodes geven een onderverdeling aan van de bodemhorizont. Ah1 – Ah2 betekent bijvoorbeeld dat de humeuze bovengrond uit twee delen bestaat met een iets andere kleur of structuur.

Voorbeeld van de horizontcodering van een Nederlandse haarpodzol:

1Ah1 :	humeuze bovengrond, eerste deel
1Ah2 :	humeuze bovengrond, tweede deel
1E :	uitspoelingslaag
1Bh1 :	inspoelingslaag met humus, eerste deel
1Bh2 :	inspoelingslaag met humus, tweede deel
1Bhs :	inspoelingslaag met humus en ijzer
1BChs :	overgangslaag van de inspoelingslaag naar het moedermateriaal met nog enige inspoeling van humus en ijzer
1C :	moedermateriaal
2C :	moedermateriaal met een andere lithologie, bijvoorbeeld een overgang van zand naar grind

5.2.4 Initiële bodemvormende processen

De eerste bodemvormende processen die optreden na het ontstaan van een sediment worden de initiële bodemvormende processen genoemd. De volgende drie processen worden daarbij onderscheiden: **rijping**, **humusaanrijking** en **homogenisatie**.

Rijping betreft de processen die optreden als direct gevolg van ontwatering van een sediment, dit waterverlies is onomkeerbaar.

Ontwatering van een sediment vindt plaats door (natuurlijke) drainage, verdamping en vegetatiegroei. Meestal wordt een onderscheid gemaakt in **fysische** en **chemische** rijping. Bij fysische rijping gaat het om de fysieke eigenschappen van grond die veranderen, zoals het poriënvolume.

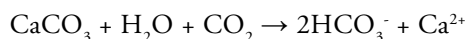
Wanneer klei wordt afgezet en de grond met water is verzadigd, vormen de kleimineralen een kaartenhuis. De ruimten tussen de kleimineralen, de poriën, zijn dan gevuld met water. De grond is dan een soort slappe blubber. Wanneer ontwatering plaatsvindt, stort het kaartenhuis van kleimineralen in elkaar. Het poriënvolume verkleint dan aanzienlijk en de grond wordt stevig. In de grond ontstaan krimp-scheuren waardoor de doorlaatbaarheid van de grond toeneemt. Door verkleining van het poriënvolume neemt het volume van de grond af. Bij gronden met een hoog lutumpercentage kan deze volumeafname oplopen tot 60%.

Chemische rijping heeft betrekking op de chemische veranderingen die het gevolg zijn van ontwatering zoals de oxidatie van organische stof, ontkalking,



Afbeelding 5.01: Als gevolg van fysische rijping in elkaar gedrukte staander van een viswever in Emmeloord (foto D. Velthuizen, Nieuwland Erfgoedcentrum).

het ontstaan van ijzeroxides (roest) en het oxideren van ijzersulfides (pyriet) waarbij zwavelzuur ontstaat. Als gevolg van ontwatering kan zuurstof de bodem binnendringen en treedt oxidatie van onder andere het aanwezige organische stof op. Dit wordt daarbij grotendeels omgezet in kooldioxide en water. Hierdoor neemt het gehalte aan organische stof in het sediment als gevolg van chemische rijping sterk af en verkleint het volume van het sediment. Bij gronden met een hoog organisch stof gehalte, zoals veengronden, kan deze volumeafname oplopen tot meer dan 90%. Wanneer in de bodem kalk aanwezig is, reageert dit met de kooldioxide en het (regen)water. In de bodem ontstaan dan koolzuurgas en vrije kalkdeeltjes. Deze vrije kalkdeeltjes kunnen, opgelost in water, worden uitgespoeld. In een scheikundige formule ziet dat er als volgt uit:



Met name deze chemische rijping van bodems kan zeer bedreigend zijn voor de kwaliteit van vindplaatsen (zie afbeelding 4.32). Maar ook fysische rijping leidt tot informatieverlies (zie afbeelding 5.01). Ingrepen die van invloed zijn op de bodemwaterhuishouding vormen dan ook de grootste bedreiging voor het Nederlandse bodemarchief. Het aanleggen van bijvoorbeeld een voetbalveld (inclusief drainage) waardoor regenwater niet meer diep in de bodem kan binnendringen of het planten van een bos op een vindplaats waardoor meer water aan de bodem wordt onttrokken en minder neerslag de bodem bereikt door een grotere verdamping, zijn dus geen goede vormen van bescherming van een vindplaats. Desalniettemin worden dit soort maatregelen regelmatig genomen in verband met bescherming van vindplaatsen, zoals de aanleg van tennisbanen in het archeologiepark in de Utrechtse wijk Leidsche Rijn.

Fysische en chemische rijping spelen een belangrijke rol in veengronden. De meeste veengronden in Nederland zijn ontgonnen en ontwaterd. Wateronttrekking door drainage van het veen leidt tot een onomkeerbaar waterverlies, het volume neemt af en de bodem daalt. Als gevolg van het intreden van zuurstof in het profiel oxideert het organische stof en krijgt dit een zwarte kleur. **Veraarding** is het proces waarbij de organische stof wordt afgebroken door organismen waardoor de oorspronkelijke plantenstructuur niet meer herkenbaar is (het veen is 'aarde' geworden). Als gevolg van veraarding verdwijnt het veen op den duur.

In kleigronden kan pas nadat de initiële rijping (ontwatering en ontkalking) is voltooid, het proces van interne verwerking (o.a. verbruining) optreden (zie paragraaf 5.2.5). In het veld is ontkalking van het sediment eenvoudig vast te stellen door er verdund zoutzuur (10% oplossing) op te druppelen. Kalkrijk sediment bruist op, ontkalkt materiaal doet dit niet.

De bovengrond van een bodem (A-horizont) bevat vrijwel altijd meer organische stof dan de dieper liggende bodemhorizonten. Dit proces van ophoping van organische stof wordt in de bodemkunde aangeduid met het begrip **humus-aanrijking**. Deze organische stof is afkomstig van één of meer van de volgende materialen:

- afgestorven plantenresten, zowel strooisel (blad, takken, e.d.) als dode wortels en bij veenvorming ook complete bomen en planten;
- reeds in het uitgangsmateriaal aanwezig organisch materiaal, zoals bijvoorbeeld in een venige klei;
- dode fauna (macro-, meso- en microfauna);
- door de mens aangevoerde stoffen, zoals compost, stalmest en bewoningsafval.

Organisch materiaal dat zich ophoopt op de bodem wordt onder gunstige omstandigheden grotendeels afgebroken in kooldioxide en water. Daarnaast worden stabiele organische verbindingen gevormd. De bodemflora en -fauna spelen bij deze afbraak een grote rol. Opeenhoping, omzetting en afbraak van organisch materiaal worden door de volgende factoren beïnvloed: klimaat, waterhuishouding, vegetatie, bodemflora- en fauna en het uitgangsmateriaal. In Nederland wordt de afbraak van organisch materiaal vooral geremd in natte, zure gebieden, dus bij kalkloos uitgangsmateriaal met een hoge grondwaterstand. De afbraakprocessen van organisch materiaal leiden tot duidelijke verschillen in de vorm waarin organische stof in de bodem aanwezig is. De drie belangrijkste humusvormen die in Nederland voorkomen zijn **ruwe humus**, **moder** en **mull**.

Ruwe humus bestaat voornamelijk uit strooisel dat is gelegen op de minerale ondergrond en heeft doorgaans een dikte van circa 5 tot 30 cm. Deze vorm van humus tref je meestal aan onder ongunstige afbraakomstandigheden, een arme bodem (bodem met weinig voedingsstoffen) en moeilijk afbreekbaar strooisel (bijvoorbeeld dennenaalden). Slechts weinig organismen kunnen leven onder deze ongunstige omstandigheden en er is dan ook sprake van een geringe biologische activiteit. Ruwe humus bestaat dan ook grotendeels uit herkenbaar, deels verweerd strooisel. Ruwe humus is in het veld herkenbaar als een pakket strooisel met daaronder een dun laagje diep-zwart materiaal dat in vochtige toestand gemakkelijk smeerbaar is tussen de vingers ("schoensmeer"). Onder de ruwe humus ontbreekt een Ah-horizont.

Moder bestaat voornamelijk uit uitwerpselen van bodemdieren en vormt een circa 4 tot 10 cm dikke laag op de minerale ondergrond. Moder wordt gevormd onder gunstige afbraakomstandigheden, een rijkere bodem met relatief makkelijk afbreekbaar strooisel. De biologische activiteit is bij deze humusvorm groter, zo komen onder meer geleedpotigen voor. Moder heeft een kenmerkend, enigszins schimmelig "moder-luchtje". Onder de strooisellaag bevindt zich meestal een dunne Ah horizont van 0 tot 1 cm.

Mull is een humusvorm die zich voor een groot deel in de minerale bodem bevindt. Mull kenmerkt zich dan ook door de aanwezigheid van weinig of geen strooisel op de minerale bodem. Vrijwel al het organische materiaal wordt afgebroken en opgenomen in de minerale ondergrond. De afbraak van organische resten vindt plaats onder zeer gunstige omstandigheden, een rijke bodem met makkelijk afbreekbaar strooisel en een zeer rijk bodemleven, waarin naast geleedpotigen regenwormen voorkomen. Met name deze kleine bodemdieren zijn verantwoordelijk voor de snelle opname van organische stof in de bodem.

Homogenisatie is het mengen van de grond waardoor de oorspronkelijke sedimentaire gelaagdheid verdwijnt. De belangrijkste oorzaken van homogenisatie zijn ploegen en bioturbatie. Daarnaast speelt churning (zwellen en krimpen) in kleigronden met een lutumpercentage van meer dan 35% een belangrijke rol. Ploegen, zowel in het verleden als in het heden, spreekt voor zichzelf. Bij bioturbatie moet je niet alleen denken aan kleine zoogdieren zoals muizen en mollen maar ook aan insecten als kevers, hommels, regenwormen, enzovoorts. Bij gunstige bodemomstandigheden kunnen met name deze laatste dieren grote hoeveelheden organische stof in de bodem verwerken. In kleibodems kan door zwellen en krimpen homogenisatie van de bodem optreden. In droge perioden ontstaan kringscheuren waarin materiaal van boven naar beneden valt. Wanneer de bodem nat wordt zet de klei zich weer uit en vindt vermenging plaats. Dit proces is goed zichtbaar in opgravingen van bandkeramische sites in Zuid-Limburg.

5.2.5 Diagnostische kenmerken

Nadat rijping, humusaanrijking en homogenisatie hebben plaatsgevonden kunnen de volgende drie processen optreden: **podzolizatie**, ook wel aangeduid als podzolering, **lessivage** en **interne verwerking**. In de Nederlandse bodemclassificatie wordt het optreden van één van deze processen gebruikt voor de indeling in de hoofdklassen, de zogenaamde Orden (zie paragraaf 5.3). Deze drie processen worden daarom ook wel aangeduid met het begrip diagnostische kenmerken.

Podzolizatie is het proces waarbij onverzadigde humuszuren en oxiden van ijzer en aluminium in het bodemprofiel verplaatst worden uit de E horizont en op een bepaalde diepte weer neerslaan (illuviatie) in de Bh horizont. Het proces bestaat dus uit twee fasen.

Humuszuren komen vooral vrij bij de afbraak van organische stof. Dit vindt met name plaats wanneer sprake is van een arme (zure) vegetatie zoals (naald)bos, heide en veen op een voedselarme, kalkloze (dus zure) ondergrond. Voorbeelden van een dergelijke ondergrond zijn dekzand en stuifzand. De humuszuren kunnen ijzer (Fe) en aluminium (Al) (**sesquioxiden**) binden tijdens hun transport door de bodem. Op een bepaalde diepte slaan deze humuszuur/metaalcomplexen vervolgens neer. Hoe meer metaalionen aanwezig zijn hoe sneller het humuszuur/metaalcomplex neerslaat. Bij een geringe concentratie Fe en Al slaat het humuszuur dus niet of nauwelijks neer en vindt er geen of nauwelijks vorming van een **Bs-horizont** plaats. Naast bovengenoemde voorwaarden (aanwezigheid humuszuren en mineralogisch zeer arm moedermateriaal) is het belangrijk dat de hoeveelheid neerslag groter is dan de hoeveelheid verdamping.

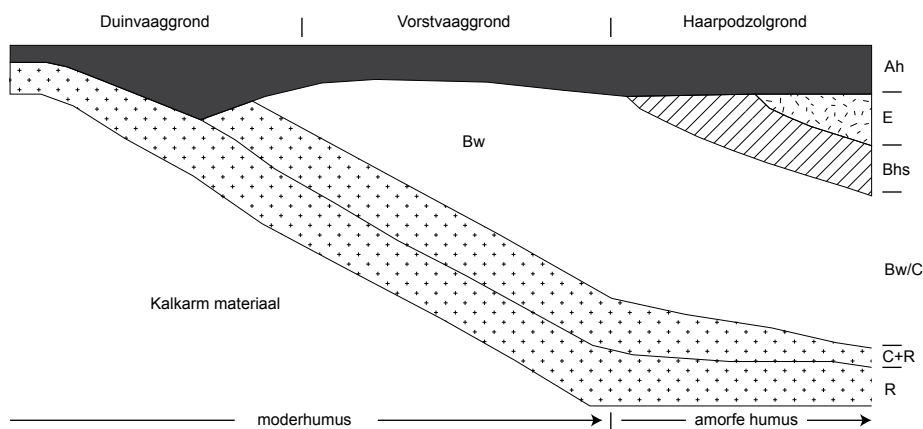
In het veld is podzolering zichtbaar door het voorkomen van een zeer donker gekleurde Bh-horizont (vaak bijna zwart) met daaronder eventueel een Bs-horizont (lichter gekleurd, meestal bruine tinten). De aanwezigheid van een gebleekte laag (E-horizont) boven de inspoelingshorizont is niet altijd een goed veldkenmerk. Deze is niet altijd ontwikkeld, of kan verdwenen zijn zoals in geploegd bouwland. Regelmatig ontbreekt een duidelijke E-horizont en kenmerkt de A-horizont zich door een grote hoeveelheid uitgeloopte (gebleekte) zandkorrels.

Zoals al eerder is aangegeven heeft een podzol enige tijd nodig om te ontstaan. In afbeelding 5.02 is een bodemontwikkelingsreeks weergegeven op zandig, arm moeder materiaal, waarbij uiteindelijk een podzol ontstaat. Uit veldwaarnemingen blijkt dat het podzolprofiel zich geleidelijk verdiept: de E-horizont wordt dikker en de Bhs-horizont komt dieper te liggen. Met andere woorden, eenmaal neergeslagen humuszuren worden na verloop van tijd weer gemobiliseerd. De reden is dat er steeds nieuwe onverzadigde humuszuren worden aangevoerd uit de vegetatie. Die nieuw aangevoerde zuren kannibaliseren als het ware de Fe en Al-ionen van de voorheen neergeslagen humuszuren, waardoor die op hun beurt ook weer mobiel worden en zich naar beneden verplaatsen. De top van de Bh-horizont wordt op die manier ontijzerd en dat is dan ook de reden dat een podzolprofiel bestaat uit een min of meer ijzerloze Bh-horizont met daaronder een ijzerhoudende Bhs-horizont.

Een eenvoudige manier om vast te stellen of in een gepodzoleerde bodem ijzer aanwezig is, is het verhitten van een kleine hoeveelheid bodemmateriaal. Verhitten tot ca 900 °C (zgn. gloeien; in Nederland wordt gegloeid bij 550 °C) van het bodemmateriaal doet o.a. alle organische stof verdwijnen; ijzer blijft echter achter. Wanneer het materiaal wit gloeit (of de kleur van het minerale materiaal wanneer dit geen “wit” kwartszand is), betekent dit afwezigheid van ijzer. Kleurt het bodemmateriaal rose tot rood dan is wel ijzer aanwezig.

Podzolen worden onderverdeeld in relatief droge podzolen (*xeropodzolen*) en relatief natte podzolen (*hydropodzolen*). Bij xeropodzolen is het ijzer in de bodem anders verdeeld dan bij hydropodzolen. De manier waarop het ijzer verdeeld is in de bodem beïnvloedt de manier waarop de humuszuren in de bodem neerslaan in de B-horizont.

In xeropodzolen is het ijzer aanwezig als coatings rondom de zandkorrels. De kleur van het moeder materiaal (kwartszand) met een coating van ijzeroxides is egaal helder geelbruin. De ijzeroxides in de E-horizont worden opgenomen door de humuszuren en getransporteerd naar de B-horizont waar de humuszuren en het ijzer neerslaan (Bhs-horizont). De E-horizont kleurt dan lichtgrijs wat de oorspron-



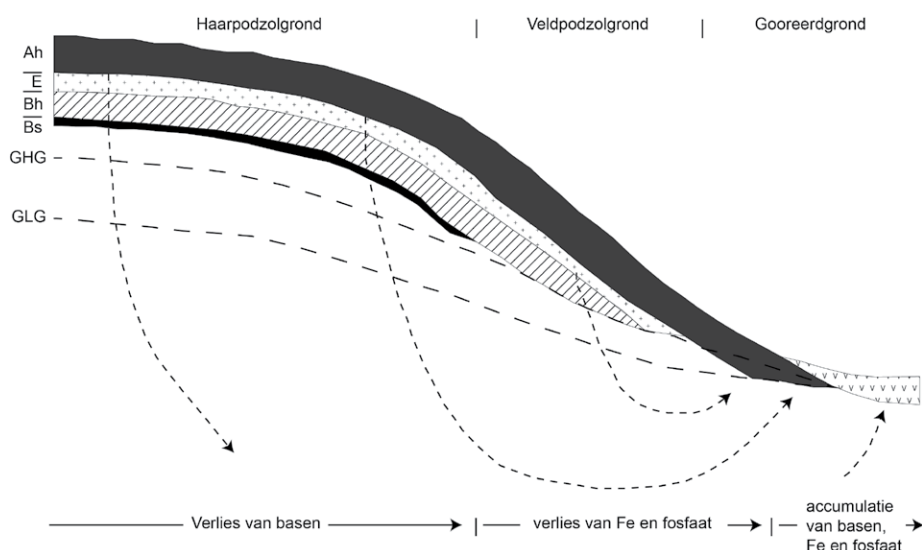
Afbeelding 5.02: De ontwikkeling van een podzol in de loop van de tijd (gewijzigd naar: Kasse & Aalbersberg).

kelijke kleur van het kwartzand is. De Bhs-horizont krijgt een donkerbruine kleur en kent soms een grillig gevormde gelaagdheid. In hooggelegen, droge, zandige, voedselarme gebieden zijn haarpodzolen het meest voorkomende type xeropodzol (zie afbeelding 5.03).

Een groot deel van Nederland waar het oppervlak wordt gevormd door Pleistocene zandgronden kende, voor de ontginning van de woeste gronden en de daarmee samenhangende ontwatering en kanalisatie van beken, een periodiek hoge grondwaterstand. Veel gebieden waren zelfs zo nat dat zich veen of een venige laag kon ontwikkelen op de zandondergrond, omdat de afbraak van het organisch materiaal door het hoge vochtgehalte werd vertraagd. In dergelijke situaties met een periodiek hoge grondwaterstand treden zuurstofloze/arme condities op, waarbij reductie plaatsvindt van de ijzeroxides.

Als gevolg van het reductieproces wordt het ijzer afgevoerd naar het grondwater. Het ijzergehalte in het profiel neemt dus af. De humuszuren die naar beneden worden getransporteerd slaan dus niet snel neer. Het gevolg is dat de uitspoelingshorizont (E) zeer dik kan worden terwijl de inspoelingshorizont (Bh) dieper in het profiel zit en meestal dikker is. De kleur van een dergelijke Bhs-horizont is doorgaans minder zwart en de horizontgrenzen zijn minder scherp. De meest voorkomende hydropodzolen in lage, periodiek natte, zandige, voedselarme gebieden zijn veldpodzolen (zie afbeelding 5.03).

Onder **lessivage** wordt de afvoer van kleimineralen uit een zone op geringe diepte verstaan, gevolgd door de opeenhoping van deze kleimineralen op grotere diepte. Wanneer sprake is van kleirijk moedermateriaal met een diepe grondwaterstand kunnen kleimineralen uit de bovenste horizonten naar beneden worden getransporteerd. Daar worden de kleimineralen afgezet als kleihuidjes om grotere korrels. Dit proces resulteert in een “ontkleide” E-horizont en een B-horizont die



Afbeelding 5.03: De relatie tussen grondwaterstand, ijzertransport en het voorkomen van hydro- en xeropodzolen (gewijzigd naar: Kasse & Aalbersberg).

relatief verrijkt is met klei. Brikgronden worden gekenmerkt door het voorkomen van een **Bt-horizont** (B-textuur-horizont), een met ingespoelde kleimineralen aangerijkte inspoelingshorizont. Naast kleimineralen worden in een dergelijke bodem ook geringe hoeveelheden ijzer- en aluminiumoxiden en humine stoffen getransporteerd. Brikgronden komen met name voor in het Zuid-Limburgse löss-gebied. Dit bodemtype is in een boring lastig te herkennen, omdat er alleen kleine textuur- en structuurverschillen waarneembaar zijn.

Interne verwerking is het optreden van veranderingen in de bodem zonder dat daarbij transport optreedt. De twee belangrijkste vormen van interne verwerking zijn **verbruining** en **nieuwvorming van kleimineralen**. Interne verwerking kan alleen optreden als rijping heeft plaatsgevonden, de bodemtemperatuur hoog genoeg is ($> 0^{\circ}\text{C}$) en verweerbaar materiaal aanwezig is in de bodem. Verweerbaar materiaal is al het minerale materiaal anders dan zuiver kwartszand of pure kalk. Verbruining vindt vooral plaats in klei- en leemrijke gronden met een goede doorluchting van de bodem en een goede natuurlijke drainage.

Tijdens het proces van interne verwerking wordt ijzer vrijgemaakt uit het kristalrooster van kleimineralen. Dit ijzer wordt vervolgens in huidjes afgezet rondom de minerale delen in de bodem en veroorzaakt een uniforme bruine verkleuring, vandaar de naam verbruining. De horizont waarin deze interne verwerking plaatsvindt wordt aangeduid als **Bw-horizont**. Verbruining gaat bijna altijd samen met de vorming van nieuwe kleimineralen. De uitgespoelde kleideeltjes slaan neer in de Bw-horizont, zodat daar een (lichte) klei-aanrijking plaatsvindt.

Nieuwvorming van kleimineralen vindt plaats door het uiteenvallen van mineralen (met name glimmers) en door samengaan van deeltjes die vrijkomen bij verwerking van andere mineralen. Wanneer nieuwvorming van kleimineralen optreedt, vindt een aanrijking met lutum plaats ten opzichte van de uitgangssituatie. In het veld is nieuwvorming van klei aantoonbaar door middel van schatting van het lutumgehalte. Daarnaast is kleinspoeling vaak zichtbaar door de aanwezigheid van kleihuidjes op structurelementen.

De snelheid waarmee verbruining optreedt wordt beïnvloed door diverse factoren. De aanwezigheid van kalk zal bijvoorbeeld het proces vertragen. In dat geval is de pH van de bodem hoog en wordt de aanwezige kooldioxide voor een belangrijk deel gebruikt voor het ontkalkingsproces. Pas wanneer de ontkalking ver is voortschreden, zal verbruining optreden. Globaal kan worden gesteld dat verbruining relatief snel verloopt. In recente, goed gedraineerde fluviale afzettingen is verbruining reeds zichtbaar na enkele tientallen jaren.

Bij deze bodemchemische processen raken ook de archeologische grondsporen verweerd en uitgespoeld. Daarnaast verkleurt de bodem als gevolg van de verbruining waarmee de zichtbaarheid van archeologische sporen vermindert of de sporen zelfs volledig verdwijnen. Sporen die niet dieper reiken dan de Bw-horizont, zijn alleen maar te identificeren indien in het spoor archeologisch vondstmateriaal aanwezig is. Indien vondstmateriaal ontbreekt, is het niet mogelijk om de aanwezigheid van sporen vast te stellen. Pas onder de Bw-horizont worden sporen duidelijk zichtbaar. Op deze manier wordt dus met name de onderkant van diepe sporen geregistreerd.

5.2.6 Overige processen

Na de beschrijving van initiële bodemvormende processen en de diagnostische kenmerken wordt in deze paragraaf aandacht besteed aan **gley** en **pseudogley**. Het proces van gleyvorming wordt apart beschreven, omdat een goed begrip van dit proces je inzicht geeft in de kans op conservering van onverkoold organisch materiaal in de bodem. Deze kennis komt met name van pas bij het nemen van goede grondmonsters voor allerlei specialistisch onderzoek (zie ook hoofdstuk 8).

Gley is het proces waarbij plaatselijk een herverdeling en concentratie optreedt van ijzer (Fe) en mangaan (Mn). Gley treedt op onder invloed van wisselende grondwaterstanden. De poriën in de bodem zijn bij een hoge grondwaterstand gevuld met water, waardoor weinig tot geen zuurstof in de bodem aanwezig is. Dit worden reducerende omstandigheden genoemd. Bij een lage grondwaterstand zijn de poriën (gedeeltelijk) gevuld met lucht. Dit worden oxiderende omstandigheden genoemd. In de zomer, wanneer de grondwaterstand laag is, dringt zuurstof in de bodem en treedt oxidatie van ijzer en mangaan op. In de winter is de grondwaterstand hoog, wordt het zuurstof weer uit de bodem verdreven en vindt reductie plaats van ijzer en mangaan.

Die afwisselende oxidatie en reductie uit zich in de vorming van roestvlekken (bruinoranje), mangaanoxidevlekken (zwart) en blekingsvlekken (grijs). Deze vlekken worden gleyverschijnselen genoemd. Uit de verdeling van de vlekken zijn de grondwaterstandfluctuaties af te leiden. Dieper dan de gemiddeld laagste grondwaterstand is het profiel altijd waterverzadigd en dus gereduceerd met een grijze of blauwgrijze kleur. Tussen de gemiddeld laagste en gemiddeld hoogste grondwaterstand is het profiel afwisselend geoxideerd en gereduceerd en dus gevlekt met roestbruine oxidatievlekken en (blauw)grijze reductievlekken. Boven de gemiddeld hoogste grondwaterstand is het profiel altijd in geoxideerde toestand en heeft de bodem een egaal bruine kleur en ontbreken roestvlekken.

Wanneer in de bodem een slecht doorlatende laag aanwezig is, bijvoorbeeld een kleinspoelingshorizont (Bt), kan het regenwater dat op de grond valt zich ophopen in en boven deze laag. Hierdoor raken de poriën gevuld met water en treden gleyverschijnselen op. Onder de slecht doorlatende laag kan voldoende zuurstof in de bodem aanwezig zijn waardoor gleyverschijnselen ontbreken. In dat geval wordt gesproken van **pseudogley**.

5.3 Bodemclassificatie in Nederland

Het systeem voor bodemclassificatie, zoals dat in Nederland wordt gebruikt sinds 1966 (De Bakker & Schelling, 1966, 1989), is een indeling op basis van meetbare kenmerken van de bodemhorizonten die het gevolg zijn van de bodemvormende processen. De Nederlandse bodemkaarten schaal 1:50.000 zijn volgens dit bodemclassificatiesysteem opgezet. Dit systeem wijkt af van het internationaal gebruikte USDA soil taxonomy systeem (Soil Survey Staff, 1999).

Het Nederlandse classificatiesysteem bevat 4 niveaus: Orde, Suborde, Groep en Subgroep. Op het hoogste niveau worden 5 ordes onderscheiden op grond van specifieke bodemhorizonten (processen) en moedermateriaal (tabel 5.01). Iedere

orde wordt weer onderverdeeld in subordes etc. Op het suborde niveau zijn vooral de aan- of afwezigheid van zogenaamde hydromorfe kenmerken (moerige/venige bovengrond, roestvlekken en bleking) van belang. Op groepsniveau is de lithologie (zand of klei) een belangrijk indelingscriterium. De verdere onderverdeling in subgroepen is gebaseerd op allerlei kenmerken (bijvoorbeeld kleidek, zanddek, dikke Ah).

Op het hoogste niveau, de orde, worden vijf klassen onderscheiden. Vier klassen worden onderscheiden op grond van de bodemvormende processen in mineraal materiaal, podzolgrond, brikgrond, eerdgrond en vaaggrond. De vijfde klasse wordt onderscheiden op basis van uitgangsmateriaal, veengronden. Een **podzolgrond** wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een zogenaamde **podzol-B**. Dit is een B-horizont in minerale gronden, waarvan het ingespoelde deel vrijwel uitsluitend uit humus (Bh), of uit humus en sesquioxiden (Bhs) bestaat. De **brikgrond** wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een briklaag. Een **briklaag** is een Bt-horizont die tenminste 15 cm dik is, in het zwaarste gedeelte ten minste 10 % lutum bevat en waarin inspoelingshuidjes van lutum voorkomen op sommige wanden van de structuurelementen en poriën. De briklaag heeft een blokkige structuur, is donkerder van kleur en heeft een vastere consistentie dan de A- en de C-horizont. De **eerdgrond** wordt gekenmerkt door het voorkomen van een **minerale eerdlaag**. Een minerale eerdlaag is doorgaans een A- of Ap-horizont, die over een diepte van tenminste 15 cm humusrijk is. Echter wanneer de A- of Ap-horizont humusarm of humeus is kan deze op basis van een kleurverschil alsnog worden geklasseerd als een minerale eerlaag. De value van deze horizont moet dan conform de Munsell soil colour chart (zie § 7.4) kleiner zijn dan 3.5 en tenminste één value-eenheid donkerder zijn dan de C-horizont. Wanneer de A- of Ap-horizont dikker is dan 50 cm en niet in de textuurklasse veen valt (zie § 7.3) wordt deze eveneens aangeduid als een minerale eerdlaag. Dit laatste is doorgaans het geval bij esdekken. **Vaaggronden** zijn gronden waarin nog weinig of geen bodemvorming is opgetreden en die niet voldoen aan de criteria van de overige minerale gronden. In het algemeen bestaan de vaaggronden uit een dunne of lichtgekleurde Ah-horizont op moedermateriaal (C-horizont). Er kan humusaanrijking zijn opgetreden (Ah-horizont), maar te weinig voor een eerdgrond. Ook humus uit- en inspoeling kan plaatsvinden, maar nog te weinig om de bodem als podzol (micropodzolvorming) te classificeren. **Veengronden** zijn gronden die tussen 0 en 80 cm diepte voor meer dan de helft (40 cm) uit veen (zie § 7.3) bestaan.

Een probleem bij iedere classificatie zijn de grenzen tussen de ene eenheid en de andere. De bodem is een continuüm in de ruimte en overgangen zijn vaak geleidelijk, grenzen zijn dan ook vaak arbitrair. In de situatie van een uitwiggende

	Horizont en proces	Orde
Moedermateriaal	Meer dan 40 cm organische stof	Veengronden
	Podzol-B (podzolisatie)	Podzolgronden
Aan- of afwezigheid van diagnostische bodemhorizonten	Textuur-B (klei-inspoeling)	Brikgronden
	Humeuze minerale bovengrond	Eerdgronden
	Weinig of geen bodemvorming	Vaaggronden

Tabel 5.01: Primaire indeling van de Nederlandse bodems.

kleilaag over een veengebied (langs rivieren) wordt een profiel met 41 cm veen als een veengrond geclassificeerd; een profiel met 39 cm als een vaaggrond, terwijl beide bodems qua profielopbouw, processen en gebruiksmogelijkheden bijna identiek zijn. Ook omgekeerd kunnen twee veenbodems een totaal verschillende opbouw hebben. Een 41 cm dikke veenlaag op zand is een veengrond, maar een 39 cm dikke kleilaag op een veenondergrond is ook een veengrond.

5.4 Bodemkundige landschappen van Nederland aan de hand van profielen

In deze paragraaf zal uitgebreid aandacht worden besteed aan de grote verscheidenheid van landschappen in Nederland en de daarin voorkomende bodemprofielen. Aan de hand van ruim 20 dwarsdoorsneden zullen vrijwel alle landschapstypen aan bod komen. Per doorsnede/landschap zal kort worden weergegeven wat de relevante bodemvormende processen zijn en waar de verschillende bodems in het landschap voorkomen. De paragraaf is onderverdeeld in bodems van “Hoog Nederland” en in bodems van “Laag Nederland”.

Van de volgende bodemkundige landschappen van Hoog-Nederland zijn doorsneden opgenomen:

- Zandlandschappen
- Glaciale landschappen (stuwwallen en keileemplateau)
- Stuifzandgebieden
- Hoogveenontginningen
- Lössgebied (Zuid-Limburg)
- Maasterrassen (Limburg)

Van de volgende bodemkundige landschappen van Laag-Nederland zijn doorsneden opgenomen:

- Veengebieden (inclusief laagveenontginningen)
- Zeekleigebieden
- Rivierkleigebieden
- Droogmakerijen

5.4.1 Hoog Nederland

De meest voorkomende bodems van Hoog Nederland zijn de podzolen, deze komen voor op de zandgronden. Zoals al eerder is beschreven zijn voor de vorming van podzolbodems meerdere factoren van belang:

- **Tijd:** voor een goed ontwikkeld podzolprofiel met duidelijke bodemhorizonten is een periode van minimaal enkele duizenden jaren nodig. Daarom worden in het jonge stuifzand geen podzolen aangetroffen, maar in de dekzand wel.

- **Neerwaartse waterbeweging:** de in- en uitspoeling van humus en sesquioxiden treedt op onder invloed van inzijgend (regen)water. Op hogere delen van het landschap vinden deze bewegingen plaats. In de lage delen van het landschap is zo'n neerwaartse waterbeweging veelal niet mogelijk, hier ontstaan dus ook geen podzolbodems.
- **Moedermateriaal:** de voor het podzolisatieproces noodzakelijke humusverbindingen ontstaan vooral in zure vegetatietypes zoals naaldbos en heidegebieden. Deze vegetatietypen komen voor op een voedselarme en zure ondergrond. In Nederland zijn dit vooral de dekzandgebieden. Deze gebieden zijn van oudsher bijzonder arme gebieden.

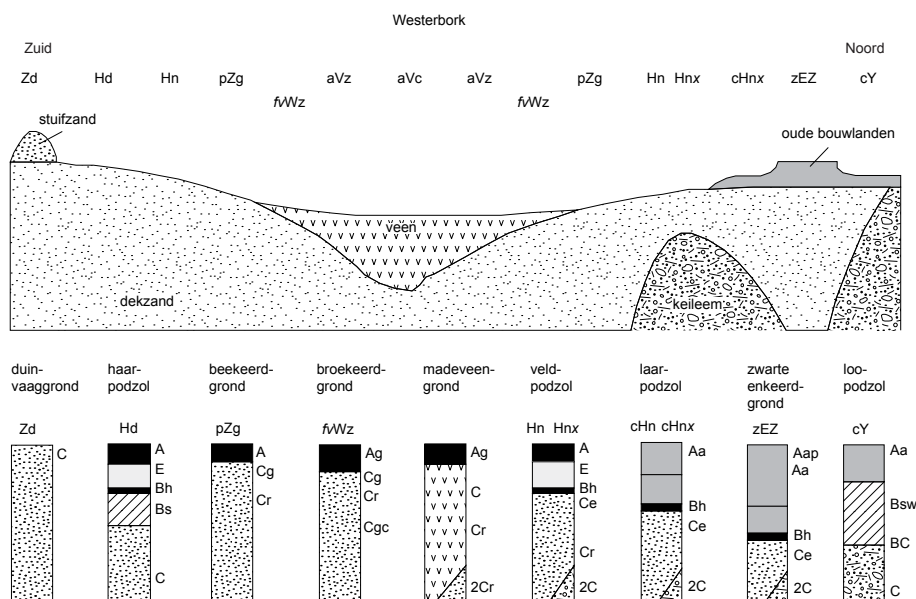
Eerdgronden komen in Hoog-Nederland in twee situaties voor:

- In relatief laag gelegen, natte gebieden in het dekzandgebied (hydro-eerdgronden). Deze eerdgronden liggen veelal op overgangen van de hogere dekzandgebieden naar de beekdalen, in de beekdalen zelf en in de relatief laaggelegen dekzandvlaktes. Deze eerdgronden ontstaan doordat onder invloed van een veelal hoge grondwaterstand humus zeer beperkt wordt afgebroken. Hoe lager en hoe natter de ligging, hoe hoger de hoeveelheid organische stof. Uiteindelijk zullen de eerdgronden in de beekdalen overgaan in veengronden.
- In relatief hoog gelegen, droge gebieden in het dekzandgebied (xero-eerdgronden). In deze gebieden, die van nature te maken hebben gehad met podzolisatie, is door de mens een bemestingssysteem geïntroduceerd. Plaggen en mest werden geregeld op de van oudsher zeer arme zandgronden aangebracht. De akker werd daardoor hoger en het gehalte aan organische stof in de bovengrond nam sterk toe. Op deze manier zijn dikke, zwarte, humeuze antropogene bovengronden ontstaan (de enkeerdgronden). De zwarte enkeerdgronden zijn veel gevormd met heideplaggen en de bruine enkeerdgronden zijn ontstaan uit een combinatie van plaggen en strooisel uit beek- en/of rivierdalen.

Zandlandschap nabij Westerbork (Drenthe)

In de omgeving van Westerbork bestaat de ondergrond uit keileem en dekzand (afbeelding 5.04). In het landschap komen depressies voor zoals pingoruïnes en beekdalen. Deze depressies zijn vaak opgevuld met veen. Plaatselijk komen jongere zandverstuivingen en oude bouwlanden voor.

Het keileemplateau is een gebied met weinig dekzand waar het keileem op of nabij het oppervlak voorkomt. Dit plateau is veelal een vochtig gebied met hydro-morfe gronden. Hier bevinden zich veldpodzolgronden (Hn) en Oude Kleigronden in keileem (KX). Op de hoogste en droogste delen van het plateau, plaatsen waar het keileem op grotere diepte voorkomt, bevinden zich haarpodzolgronden (Hd). Op deze haarpodzolen bevinden zich ook vaak de oude bouwlanden met plaggendekken. Afhankelijk van de dikte van het plaggendek zijn dit hoge zwarte enkeerdgronden (zEZ, plaggendekken van meer dan 50 cm dikte), laarpodzolgronden (cHn) of looppodzolgronden (cY, een moderpodzol met plaggendek).



Afbeelding 5.04: Zandlandschap nabij Westerbork (Drenthe) (gewijzigd naar: Boerma, 2001).

In de laagste delen van het landschap, de beekdalen, heeft veenvorming plaatsgevonden. In het hoogste deel van deze dalen bevinden zich beekerdgronden (pZg). Lager in het dal bevinden zich broekerdgronden (vWz). Deze broekerdgronden zijn lokaal rijk aan lateraal aangevoerd ijzer. Deze aanrijking met ijzer wordt aangeduid met het voorvoegsel *f*. Daarnaast komen madeveengronden (aVz) voor in het beekdal op plaatsen met zand binnen 120 cm onder het maaiveld. Deze gronden zijn eveneens plaatselijk zeer ijzerrijk.

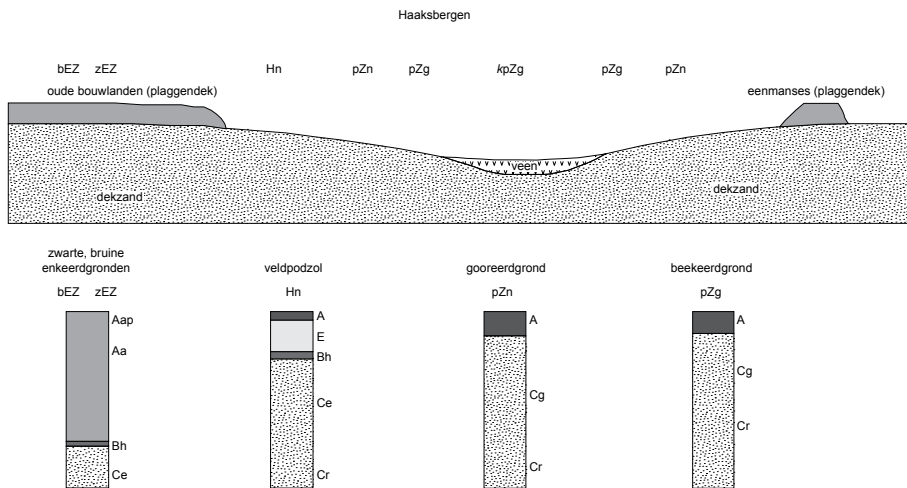
In het stuifzand dat in dit landschap voorkomt heeft nog nauwelijks bodemontwikkeling plaatsgevonden. In het stuifzand komen dan ook overwegend duinvaaggronden (Zd) voor.

Zandlandschap nabij Haaksbergen (Overijssel)

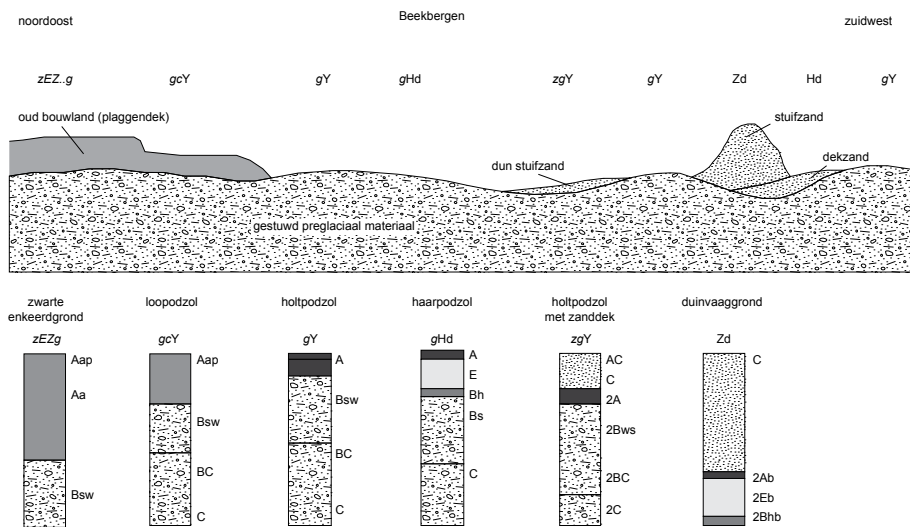
Het landschap nabij Haaksbergen is een karakteristiek Oost-Nederlands zandlandschap met dekzandruggen, dekzandvlaktes, oude bouwlanden en ondiepe beekdalen en depressies (afbeelding 5.05).

In de depressies heeft zich soms wat veen gevormd, de bodems bestaan hier vooral uit beekerdgronden (pZg). Op plaatsen waar een kleidek aanwezig is wordt dit aangegeven met het voorvoegsel *k*. Wanneer sprake is van een ijzeraanrijking dan wordt dit aangegeven met het voorvoegsel *f*. Van nature kent het gebied een vrij hoge grondwaterstand. In de dekzandgebieden komen daardoor overwegend veldpodzolgronden (Hn) voor en soms ook gooreerdgronden (pZn).

Op plaatsen waar oude bouwlanden aanwezig zijn komen hoge bruine (bEZ) en zwarte (zEZ) enkeerdgronden voor. Karakteristiek voor deze regio zijn de vele eenmansesjes.



Afbeelding 5.05: Zandlandschap nabij Haaksbergen (Overijssel) (gewijzigd naar: Boerma, 2001).



Afbeelding 5.06: Zandlandschap nabij Beekbergen (Gelderland – Veluwe) (gewijzigd naar: Boerma, 2001).

Zandlandschap nabij Beekbergen (Gelderland – Veluwe)

In dit profiel van de omgeving van Beekbergen worden karakteristieke bodems voor stuwwallen (gestuwd fluviatiel zand en grind) weergegeven (afbeelding 5.06). Plaatselijk is het gestuwde materiaal afgedekt met een dun pakket dekzand en/of stuijfzand. Ook in dit deel komen oude bouwlanden voor, die zijn ontstaan onder invloed van de mens.

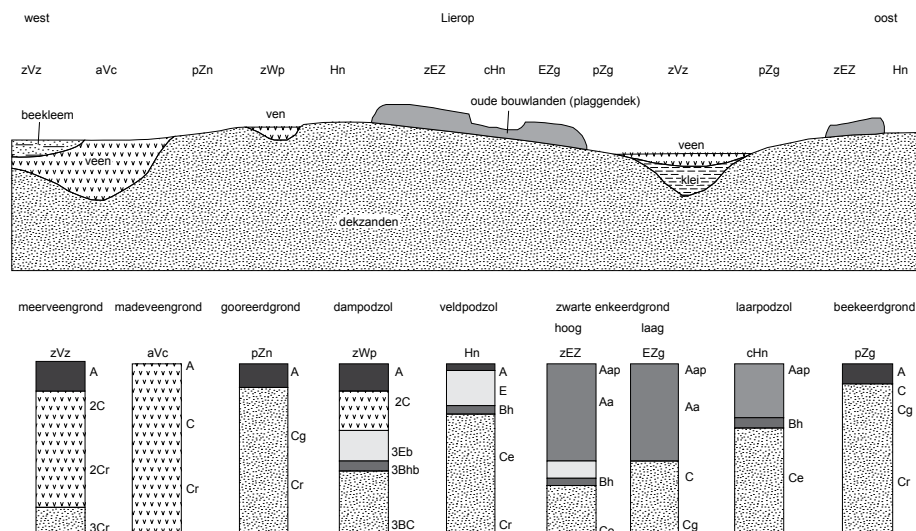
In dit gebied komen overwegend podzolbodems voor. In de minst arme zanden (vaak in iets lemig gestuwd sediment) zijn dit holtpodzolgronden (Y). Holtpodzolgronden zijn typische moderpodzolen. Wanneer deze zijn afgedekt met een zanddek wordt dit aangegeven met het voorvoegsel z. In de arme dekzanden bevinden zich veelal haarpodzolgronden (Hd). Bij beide bodemtypen komt in dit gebied vaak op geringe diepte grind voor. Dit wordt aangeduid met het toevoegsel g.

In de stuifzandgebieden heeft nauwelijks bodemvorming plaatsgevonden. Deze bodems worden aangegeven als duinvaaggronden (Zd). Onder het stuifzand kunnen nog wel begraven podzolbodems liggen. In de gebieden met de oude bouwlanden komen hoge zwarte enkeerdgronden (zEZ) en looppodzolgronden voor (cY).

Zandgebied nabij Lierop (Noord-Brabant)

Het profiel nabij Lierop toont een doorsnede door het zandgebied van Noord-Brabant (afbeelding 5.07). In het gebied bevinden zich afzettingen behorend tot de Formatie van Buxtelt. Binnen deze Formatie worden in deze regio het Laagpakket van Wierden (leemarm dekzand), het Laagpakket van Lierop (verspoelde lemige eolische afzettingen) en het Laagpakket van Singraven (veen en beekafzettingen) onderscheiden. Daarnaast zijn in het gebied diverse oude akkercomplexen aanwezig die plaatselijk meer dan 100 cm hoger zijn dan hun omgeving. Het gebied wordt ontwaterd door het riviertje de Aa.

In de laagste delen van het landschap, de beekdalen, komen plaatselijk veengronden voor. Dit zijn vooral meerveengronden met een zandige ondergrond binnen 120 cm gerekend vanaf het maaiveld (zVz) en enkele moerige gronden (broekeerdgronden vWz). Op de hogere randen van de dalen bevinden zich beekeerdgronden (pZg) en gooreerdgronden (pZn). Deze bodems hebben soms een dun kleidek. Dit wordt aangegeven met het voorvoegsel k. In de hogere delen van het dekzandge-



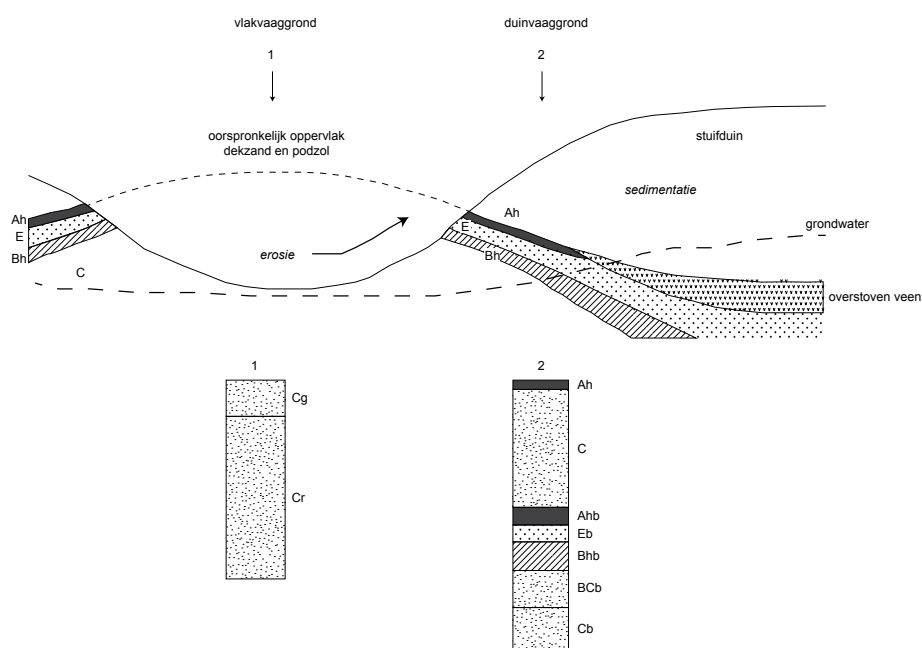
Afbeelding 5.07: Zandgebied nabij Lierop (Noord-Brabant) (gewijzigd naar: Boerma, 2001).

bied komen vooral haarpodzolgronden (Hd) en veldpodzolgronden (Hn) voor. Op de hogere dekzanddelen bevinden zich ook de akkercomplexen met de plaggendekken. Dit zijn veelal hoge zwarte enkeerdgronden (zEZ). Een hoge enkeerdgrond wil zeggen dat het plaggendek dikker is dan 50 cm. Indien het plaggendek dunner is dan 50 cm is in deze regio sprake van laarpodzolgronden (cHn). De plaggendekken in de lagere, vochtiger delen, zijn aangegeven als een lage zwarte enkeerdgrond (EZg).

Vaaggronden in Hoog-Nederland - stuifzandgebieden

Vaaggronden zijn vaak jonge bodems. In Hoog Nederland betreft dit veelal bodems in jonge stuifzandgebieden. Het ontstaan van jonge stuifzandgebieden is sterk gerelateerd aan menselijke activiteiten. Door grootschalige ontbossingen en het steken van heideplaggen zijn plaatselijk grootschalige zandverstuivingen ontstaan, de bekendste gebieden zijn het Kootwijkerzand en de Loonse en Drunense duinen.

Bij uitblazingen van vooral de hogere dekzandruggen en kopjes is het oorspronkelijke podzolprofiel vaak totaal verdwenen (afbeelding 5.08). Uitblazingen zijn vaak doorgegaan tot aan de grondwaterspiegel. Hier ontstonden vervolgens natte situaties met natte zandvaaggronden (vlakvaaggronden). Het uitgeblazen zand werd elders weer afgezet en hierbij zijn vaak oorspronkelijke podzolprofielen en veen van vennetjes overdekt geraakt. In deze stuifzandgebieden zijn duinvaaggronden aanwezig, waarbij dan in de ondergrond nog een podzolprofiel of een veenlaag aanwezig is.



Afbeelding 5.08: Vaaggronden in Hoog-Nederland - stuifzandgebieden (gewijzigd naar: Kasse & Aalbersberg).

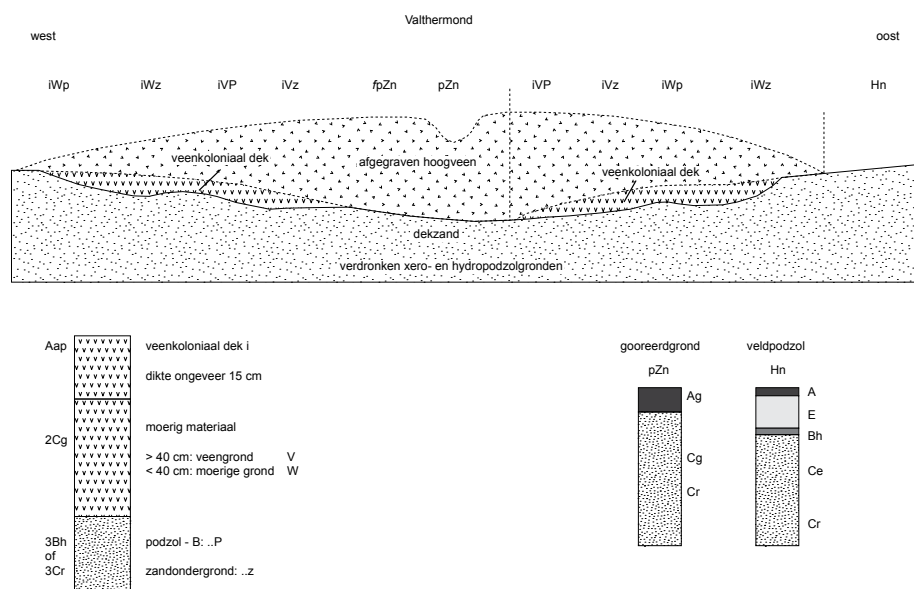
Veengronden komen in Hoog Nederland in twee landschapstypen voor:

- Relatief vlakke gebieden met een slechte drainage, zoals het Drents keileem-plateau en de Peelhorst.
- Grotere en kleinere beekdalen met een hoge grondwaterspiegel.

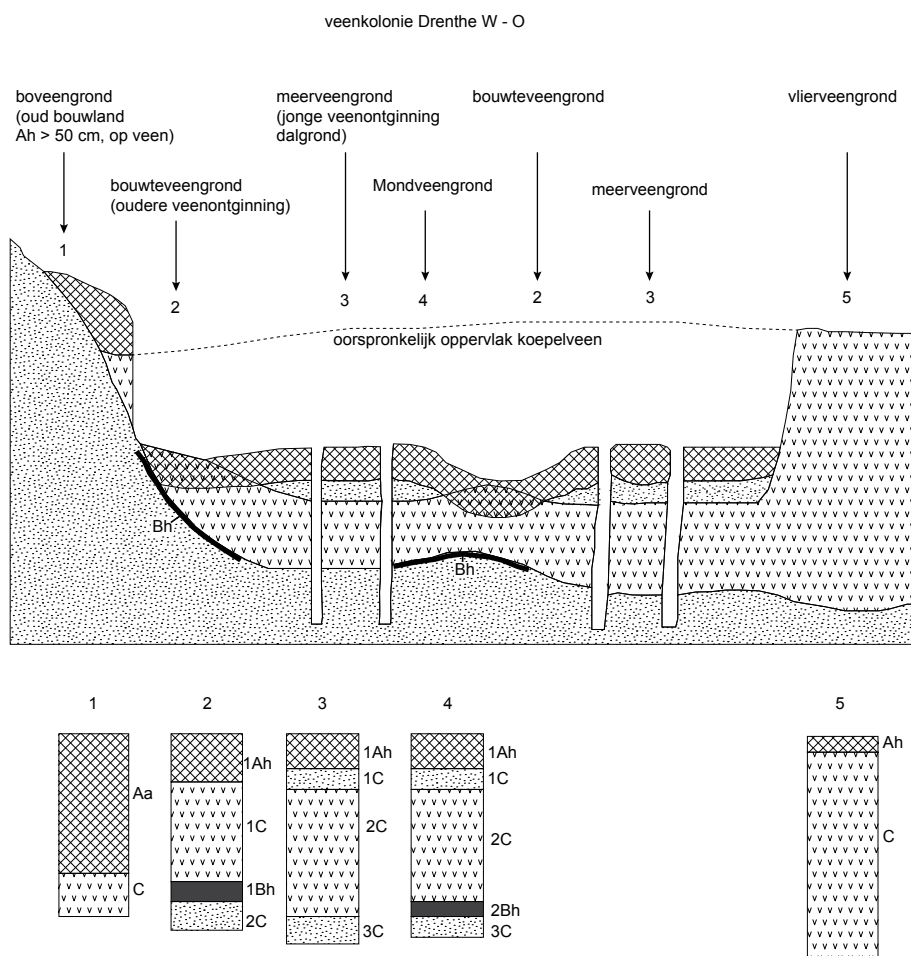
Voormalige hoogveengebieden en veenkoloniale ontginningen bij Valthermond (ZO Drenthe)

Veenkoloniale gebieden zijn gebieden die vrijwel geheel als gevolg van menselijk handelen zijn ontstaan. In deze gebieden is hoogveen afgegraven en is het achterblijvende land geschikt gemaakt voor akkerbouw. Oorspronkelijk bestonden deze gebieden uit dikke pakketten hoogveen op pleistocene afzettingen. Door middel van de aanleg van een uitgebreid stelsel van grotere en kleinere kanalen is het veengebied ontgonnen. In de twee doorsneden zijn twee verschillende landschappen weergegeven: het verveende (veenkoloniale) gebied en stukjes Pleistocene zandgronden (afbeelding 5.09 en 5.10).

In het deel waar veenwinning heeft plaatsgevonden zijn diverse bodems aanwezig met een ongeveer 40 cm dik dek van veen dat niet is afgegraven (vlierveengronden) of met een dek van deels opgebracht veen (bolster) waarbij de bovenste 15 cm vermengd is met zand. Dit zijn de zogenaamde veenkoloniale dekken. Deze dekken worden met een *i* aangeduid. Aan de randen van de veenontginningen komen boveengronden voor, dit zijn onvergraven hoogveengronden met een cultuurlaag.



Afbeelding 5.09: Voormalige hoogveengebieden en veenkoloniale ontginningen bij Valthermond (ZO Drenthe) (gewijzigd naar: Boerma, 2001).



Afbeelding 5.10: Voormalige hoogveengebieden in Drenthe (gewijzigd naar: Kasse & Aalbersberg).

Als de gronden voor meer dan 40 cm uit moerig materiaal (veen) bestaan dan is er sprake van veengronden (madeveengronden, meerveengronden, vlierveengronden, allen met code iV). Wanneer deze bodems een fossiele podzol in de ondergrond hebben wordt dit aangeduid met het toevoegsel p. Mondveengronden en bouwteveengronden zijn veenkoloniale bodems met een moerige B. Bij veendiktes van minder dan 40 cm is sprake van moerige gronden, dit zijn onder andere dampodzolgronden (iWp) of broekeerdgronden (iWz).

In de pleistocene zandgebieden komen veldpodzolgronden voor. Langs de veenontwateringsstroompjes bevinden zich gooreerdgronden (pZn).

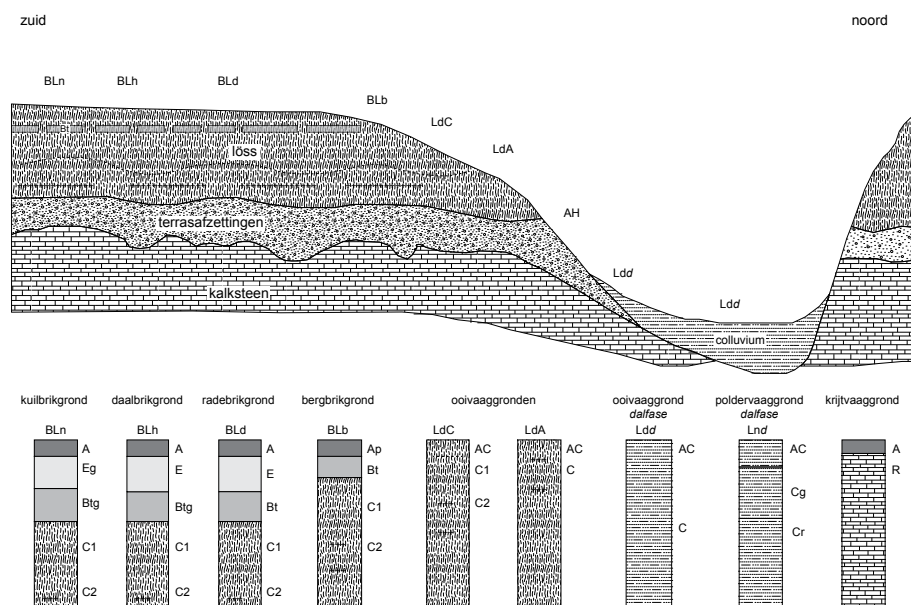
Lösslandschap nabij Schinnen (Zuid-Limburg) en Maasterrassen in Noord- en Midden-Limburg

De doorsnede van de omgeving van Schinnen laat drie kenmerkende landschapselementen van het lössgebied zien (afbeelding 5.11):

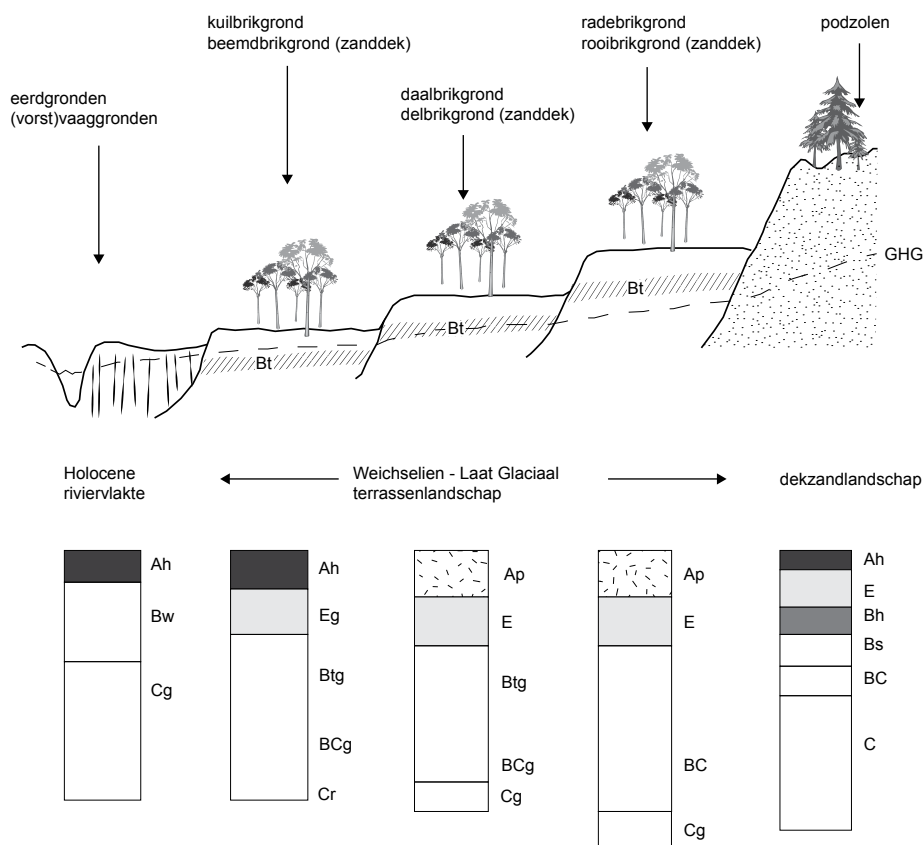
- Het lössplateau met löss op kalksteen en Maasafzettingen
- De plateauranden met dalhellingen
- De dalbodems.

Het plateau is het gebied met lemige, tot meer dan 2,5 m diep ontkalkte gronden, waarin lessivage is opgetreden. In deze gronden is een briklaag tot ontwikkeling gekomen. De bodems op het plateau zijn radebrikgronden (BLd). Als gevolg van akkerbouw en vooral als gevolg van erosie ligt op veel plaatsen de briklaag (Bt) aan het oppervlak. Deze bodems zijn zogenaamde bergbrikgronden (BLb). Op de plateaus treedt lokaal stagnerend water op, in deze gevallen is sprake van kuilbrikgronden (BLn) en daalbrikgronden (BLh).

Bergbrikgronden komen ook op de hellingen voor. Wanneer door erosie de Bt horizon niet meer aanwezig is, dan is het bodemtype een ooivaaggrond (kalkloos of kalkrijk, Ld). Vaak komt op de steilere hellingen een snelle afwisseling voor van bergbrikgronden en ooivaaggronden. Wanneer veel erosie heeft plaatsgevonden kan terrasgrind vrijwel aan het oppervlak liggen. In dat geval is sprake een hellingcomplex (AH).



Afbeelding 5.11: Lösslandschap nabij Schinnen (Zuid-Limburg) en Maasterrassen in Noord- en Midden-Limburg (gewijzigd naar: Boerma, 2001).



Afbeelding 5.12: Dwarsdoorsnede door Maasterrassen in Noord- en Midden-Limburg (gewijzigd naar: Kasse).

In de dalen komen verschillende bodemtypen (dalbodems) voor. Deze bodems zijn vooral gerelateerd aan leemig colluvium en leemige beekafzettingen. De hier aanwezige bodemtypen zijn ooivaaggronden (Ldd, waarbij de *d* voor dalfase staat), leek- en woudeerdgronden (pLdd) en kalkhoudende poldervaaggronden (Ln_d).

De diverse Maasterrassen in Noord- en Midden-Limburg hebben zich gevormd in leemrijke fluviatiele afzettingen. In het oosten grenst het gebied aan hogere (dek)zandgebieden waarin podzolen zijn gevormd. Bij de sequentie door de Maasterrassen is het reliëf - en daarmee de waterhuishouding - grotendeels verantwoordelijk voor de verschillende bodems (afbeelding 5.12).

In het leemrijke uitgangsmateriaal zijn van oorsprong brikgronden ontwikkeld. Door latere overstromingen van de Maas kunnen deze zijn afgedekt met een laagje zand. Hoe dichters bij de rivier, hoe sterker de invloed van het grondwater. Hier gaan de xerbrikgronden (rade-, rooi-, daal- en delbrikgrond) over in hydrobrikgronden (kuil- en beembrikgronden). In de huidige overstromingsvlakte van de Maas bevinden zich veelal vaaggronden. Vaaggronden komen echter ook wel voor op terrasniveau's van de Maas. In deze terrasniveau's heeft zich geen briklaag

gevormd, wel heeft interne vertering plaatsgevonden waarbij een verbruiningshorizont is ontstaan.

5.4.2 Laag Nederland

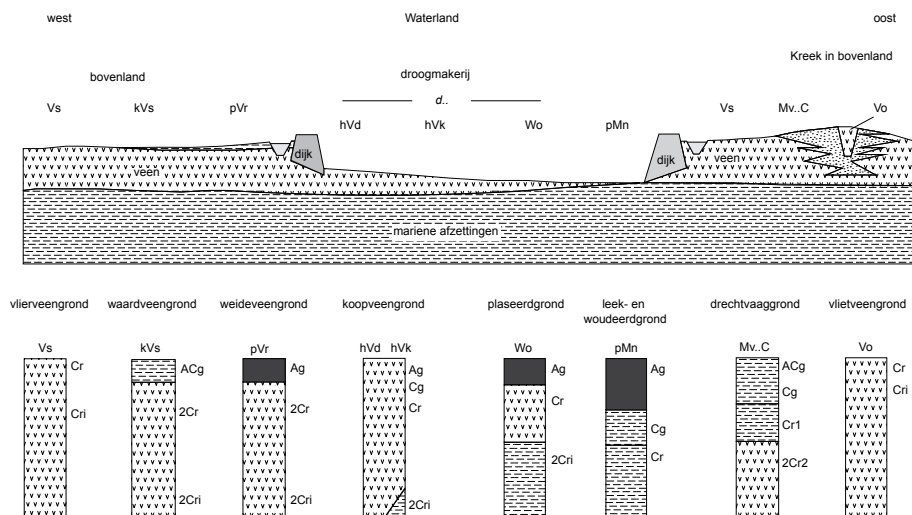
De meest voorkomende bodems van Laag Nederland zijn de vaaggronden. Omdat de afzettingen in Laag-Nederland relatief jong zijn, is nog onvoldoende tijd verstreken voor het ontwikkelen van podzolgronden en/of brikgronden. De vaaggronden komen voor in de kleigronden in het rivierengebied, de zand- en kleigronden in het kustgebied en in de polders. Daarnaast komen in Laag-Nederland relatief veel veengronden voor.

Veenlandschap nabij Waterland (Noord-Holland)

De doorsnede door het veenlandschap bij Waterland toont drie landschapselementen (afbeelding 5.13):

- Het veen- en klei op veenlandschap
- De droogmakerijen
- Kreekafzettingen in het veen

In het veen- en klei op veenlandschap behoren alle gronden tot de (rauw)veengronden. Door vroegere inbraken van de zee is het veen plaatselijk met een laagje klei bedekt. De gronden met een kleidek behoren tot de waardveengronden (kV). De overige veengronden behoren tot de vlierveengronden (V) en weideveengronden (pV). De veensoort wordt weergegeven in de codering. In de dwarsdoorsnede gaat het veen over van voedselarm veen (oligotroof) in voedselrijk (eutroof) veen. Het



Afbeelding 5.13: Veenlandschap nabij Waterland (Noord-Holland) (gewijzigd naar: Boerma, 2001).

oligotrofe veen bestaat voor een deel uit veenmos (*Sphagnum*). Dit wordt weergegeven door het achtervoegsel s. Het eutrofe veen bestaat overwegend uit riet en zeggen en komt voor op plaatsen met een kleidekje. Dit veen wordt aangegeven met het achtervoegsel r.

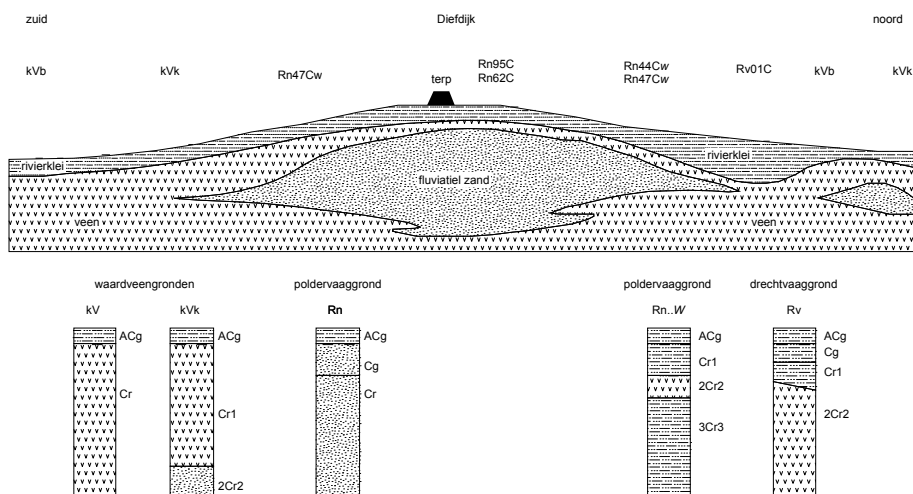
In de droogmakerijen bestaat de ondergrond vaak uit een kalkloze, kleiige en ongerijpte ondergrond. Soms is in de droogmakerijen sprake van een veendekje. Als dit veen dikker is dan 40 cm, is sprake van koopveengronden (hV) of vlierveengronden (V). Wanneer het veendek dunner is en sprake is van een ongerijpte ondergrond, betreft het plaseerdgronden (Wo) of leekeerdgronden (pM).

Daar waar zich kreekafzettingen in de ondergrond bevinden zijn de bodems ontwikkeld in een dikke laag klei op het veen. Op deze plaatsen worden drechtvaaggronden (Mv) aangetroffen. De restgeul bevat doorgaans veengronden die volledig ongerijpt zijn (vlietveengronden, Vo).

Veenlandschap nabij Diefdijk (Zuid-Holland)

Het profiel in de omgeving van de Diefdijk is karakteristiek voor de Zuid-Hollandse veengebieden (afbeelding 5.14). Het uitgangsmateriaal bestaat hier uit een dik pakket veen dat voornamelijk bestaat uit bosveen. Dit veen is bedekt met een kleilaag van variabele dikte. Het veen is doorsneden door een veenstroom die is opgevuld met fluviatiele afzettingen. In dit gebied speelt reliëfinversie door differentiële klink een grote rol.

Op plaats waar het kleidek dikker is dan 40 cm worden drechtvaaggronden (Rv) aangetroffen. Op plaatsen waar het kleidek dunner is dan 40 cm, is sprake van waardveengronden (kV). Op plaatsen met een beter ontwikkelde A horizont is sprake van leek- en woudeerdgronden (pRn). In de fluviatiele afzettingen van de voormalige veenstroom komen poldervaaggronden voor (Rn).



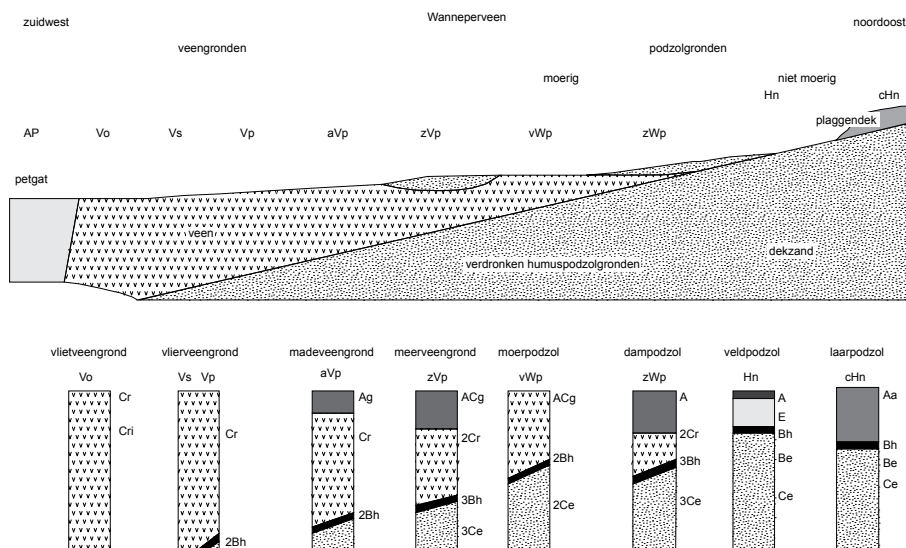
Afbeelding 5.14: Veenlandschap nabij Diefdijk (Zuid-Holland) (gewijzigd naar: Boerma, 2001).

Overgang Pleistoceen zand - Holocene veen bij Wanneperveen (NW Overijssel)

In de doorsnede van Wanneperveen is een landschap te zien dat karakteristiek is voor de overgang van een relatief hooggelegen Pleistoceen zandgebied (dekzand) naar een Holocene veengebied (afbeelding 5.15). In het veengebied zijn kenmerken aanwezig van veenwinning (petgaten). Het gebied is over het algemeen vrij nat, gezien de ligging tussen -0,5 en +1 m NAP.

In het dekzandlandschap komen vooral natte podzolgronden voor, zoals veldpodzolgronden (Hn) en podzolgronden met een matig dik plaggendeek (laarpodzolgronden, cHn). In de laagste delen van het dekzandlandschap neemt de hoeveelheid organische stof in de bovengrond geleidelijk aan toe. In de laagste delen van het dekzandlandschap bevinden zich vooral moerige podzolgronden zoals dampodzolgronden (zWp) en moerpodzolgronden (.Wp). Het dekzandlandschap gaat geleidelijk aan over in veengronden. In de omgeving van Wanneperveen zijn dat madeveengronden (.Vp) en meerveengronden (V.). Onder deze veengronden is plaatselijk nog een intact dekzandlandschap aanwezig met daarin een (begraven) podzolbodem.

In het westelijk deel van het profiel, waar veenontginning heeft plaatsgevonden, bevinden zich vooral ongerijpte veengronden. Dit zijn vlietveengronden (Vo) in de verlandende petgaten en daarnaast de vlieveengronden (Vs/Vp).



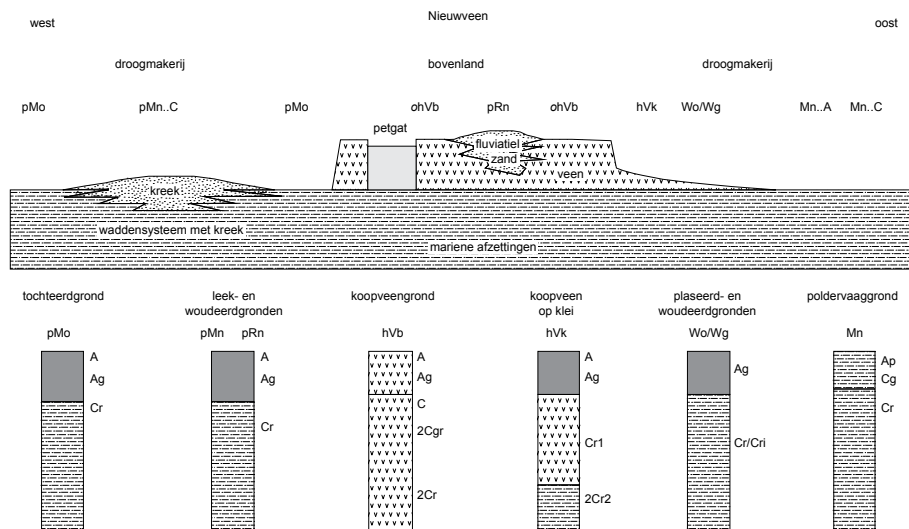
Afbeelding 5.15: Overgang Pleistoceen zand - Holocene veen bij Wanneperveen (NW Overijssel) (gewijzigd naar: Boerma, 2001).

Voormalig veen- en zeekleilandschap nabij Nieuwveen (Zuid-Holland) - droogmakerij

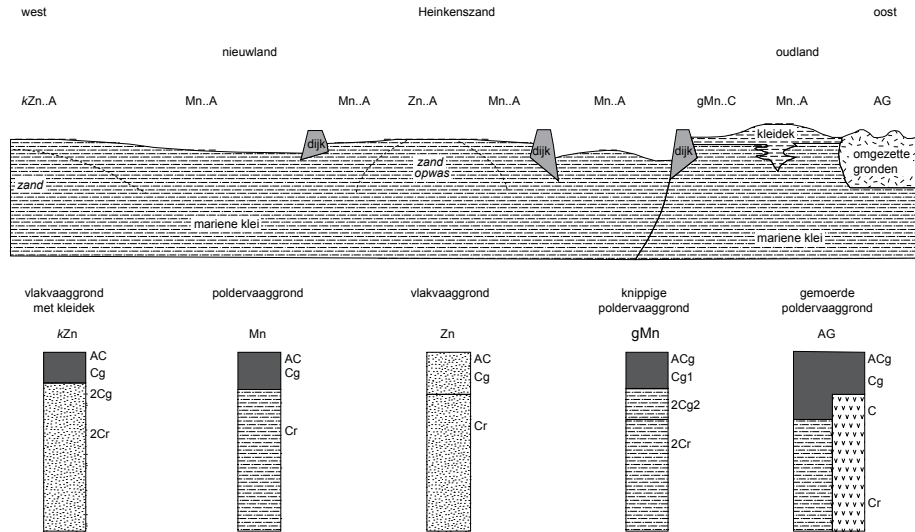
In het profiel nabij Nieuwveen is een landschap zichtbaar dat in grote delen van de provincies Noord- en Zuid-Holland en Utrecht aanwezig is (afbeelding 5.16). Het is feitelijk een restant van een uitgestrekt veenlandschap waar meerdere veenstromen doorheen stroomden. Onder het veen bevinden zich mariene afzettingen van het Laagpakket van Wormer. De huidige staat van het landschap is grotendeels het resultaat van menselijk handelen. Het oorspronkelijk aanwezige veen is grotendeels verdwenen. Alleen bij de dorpen is nog een restveen aanwezig. Deze hoge restanten van het veenlandschap vormen het zogenaamde Bovenland. De overige delen van het landschap bestaan uit droogmakerijen die het resultaat zijn van de ontginning en winning van het veen.

In de droogmakerijen liggen de afzettingen van het Laagpakket van Wormer aan het oppervlak. Het voornaamste bodemtype hier zijn de hydroeerdgronden (leek- en woudeerdgronden, pMn). De M in deze code staat voor de mariene uitgangsmaterialen. Op plaatsen met een deels ongerijpte ondergrond worden tochteerdgronden (pMo), kalkhoudende poldervaaggronden (Mn..A) en moerige gronden aangetroffen. De moerige gronden zijn vooral ontstaan in veenresten op de bodems van de oude veenplassen en bestaan uit broekeerdgronden (gerijpte ondergrond, Wg) en plaseerdgronden (Wo).

In het bovenland bevinden zich veelal koopveengronden (hV) met een antropogene moerige eerdlaag. Op de plaatsen van de oorspronkelijke veenstromen worden vooral leek- en woudeerdgronden (pRn) aangetroffen. Deze laatste twee bodemtypen zijn kalkloze hydrovaaggronden.



Afbeelding 5.16: Voormalig veen- en zeekleilandschap nabij Nieuwveen (Zuid-Holland) – droogmakerij (gewijzigd naar: Boerma, 2001).



Afbeelding 5.17: Zeekleilandschap nabij Heinkenszand (Zeeland) (gewijzigd naar: Boerma, 2001).

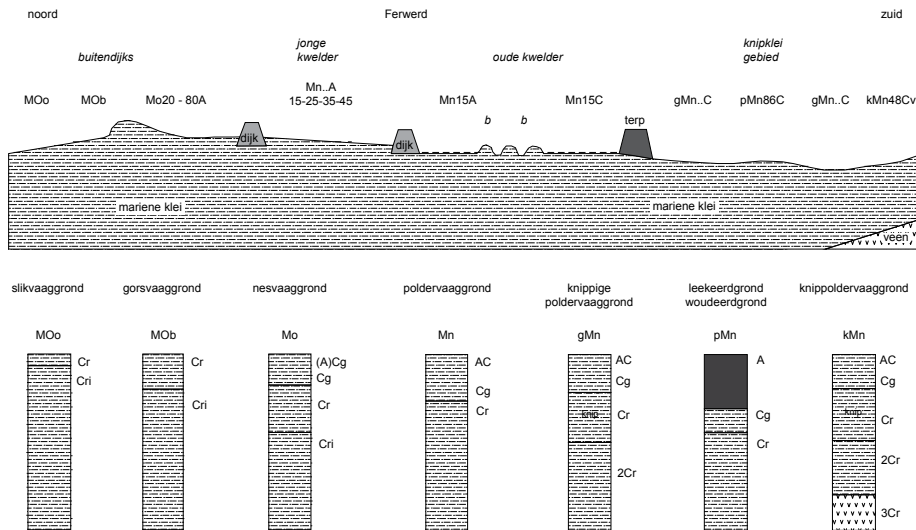
Zeekleilandschap nabij Heinkenszand (Zeeland)

Het profiel bij Heinkenszand beslaat een gebied met jonge mariene afzettingen in Zeeland (afbeelding 5.17). Het gebied bestaat voor een groot deel uit enkele meters sedimenten van het Laagpakket van Walcheren, afgezet in een getijdengebied. De aanwezigheid van kreken heeft plaatselijk voor enige reliëfinversie gezorgd. In de ondergrond kunnen resten van veen aanwezig zijn.

De jongste mariene sedimenten vormen het Nieuwland, de oudere het Oudland. In het hele gebied worden hydrovaaggronden aangetroffen. Het Oudland bestaat vrijwel volledig uit kleirijke en kalkloze poldervaaggronden (Mn..C). In het oosten van het profiel zijn als gevolg van turfwinning geheel omgezette gronden aanwezig (AG). In tegenstelling tot de bodems in het Oudland, zijn de bodems in het Nieuwland wel kalkhoudend. Het grootste deel bestaat uit kalkrijke poldervaaggronden (Mn..A). Een klein deel van de gronden heeft een zandige structuur en behoort tot de kalkrijke vlakvaaggronden (Zn, soms met een kleidek kZn).

Zeekleilandschap nabij Ferwerd (Friesland)

Het profiel in de omgeving van Ferwerd bestaat uit diverse landschapselementen (afbeelding 5.18). In het oosten is sprake van klei op diepgelegen veen. In noordelijke richting bestaat het landschap achtereenvolgens uit een zogenaamd knipkleigebied (zeeklei met een hoog lutumpercentage), oude kwelder, jonge kwelder en het buitendijks gebied. Deze opeenvolging wordt in de bodemkundige literatuur ook wel een aanwaskust genoemd. De aanwezige afzettingen zijn relatief jong (Laat Holoceen) en behoren grotendeels tot het Laagpakket van Walcheren. In het gebied zijn terpen aanwezig en in het buitendijkse gebied vindt actief landaanwinning plaats.



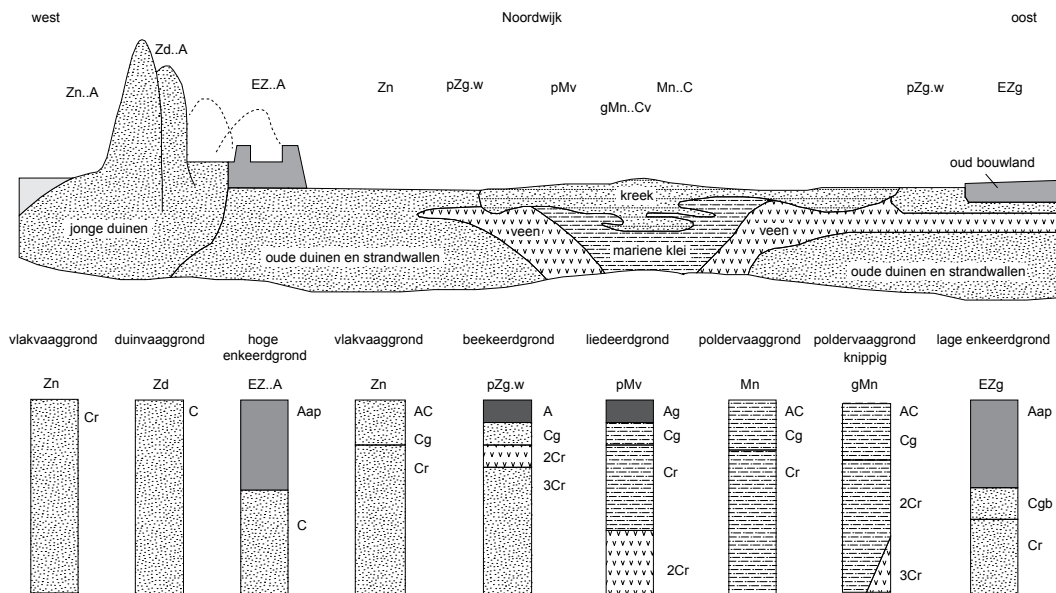
Afbeelding 5.18: Zeekleilandschap nabij Ferwerd (Friesland) (gewijzigd naar: Boerma, 2001).

In het klei op veengebied bevinden zich kalkloze hydrokleivaaggronden met knipverschijnselen, dit zijn de knippoldervaaggronden (kMn). Knip duidt op een zeer slecht drainerende klei waardoor in het natte seizoen en bij zware regenval plasvorming optreedt. In het droge seizoen levert deze bodem slecht water na waardoor verdroging van gewassen kan optreden. In Friesland en Groningen wordt dit verschijnsel aangeduid met het begrip knip in andere gebieden met “knik” of “pik”. In het knipkleigebied bevinden zich kalkloze knippige poldervaaggronden (gMn) en leek- en woudeerdgronden (pMn). De oude kwelder (ongeveer 1000 jaar oud) bestaat uit poldervaaggronden (Mn..A). Deze zijn aan de landkant kalkloos en aan de zeezijde meestal kalkrijk. De jonge kwelders (ongeveer 400 jaar oud) bestaan uit kalkrijke poldervaaggronden. De buitendijkse gebieden bestaan op de hogere, begroeide delen uit kalkhoudende poldervaaggronden. Op het wad met meer of minder gerijpte gronden bevinden zich nesvaaggronden (bovenin gerijpt, Mo), gorsvaaggronden (iets gerijpt, MOb) en slikvaaggronden (ongerijpt, MOo).

Duin/kustlandschap nabij Noordwijk (Noord-Holland)

In dit profiel nabij Noordwijk zijn twee sterk verschillende landschappen weergegeven: de jonge, recent gevormde duinen en de oude, langer geleden gevormde duinen op strandwallen (afbeelding 5.19). De recent gevormde duingebieden langs de kust kennen veel reliëf en plaatselijk vindt in deze duinen nog steeds verstuiving en aanwas plaats. Deze duinen kunnen wel 20 meter hoog worden. Achter de jonge duinen ligt een veel minder reliëfrijk gebied met oudere duinen op strandwallen. In deze strandwallen komen soms ook veen en mariene afzettingen voor.

In het jonge duingebied worden alleen vaaggronden aangetroffen. In de jonge duinen zijn dit duinvaaggronden (Zd) en op het strand zijn dit vlakvaaggronden (Zn). In het gebied met oudere duinen op strandwallen bestaan de hogere delen uit



Afbeelding 5.19: Duin/kustlandschap nabij Noordwijk (Noord-Holland) (gewijzigd naar: Boerma, 2001).

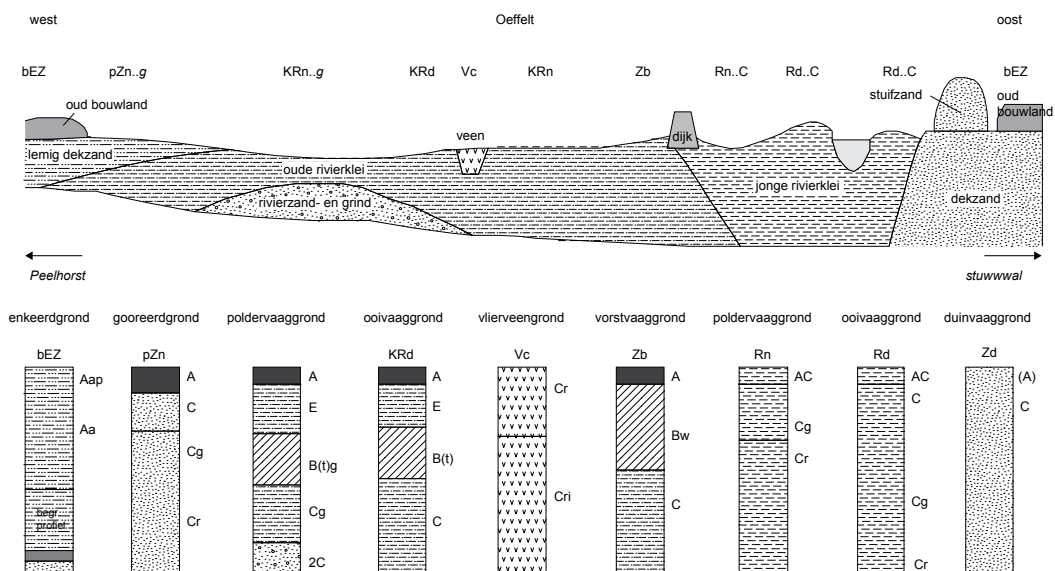
vlakvaaggronden. Grote delen van deze hogere delen zijn in gebruik als bollenveld, hierdoor heeft een langere tijd humusaanrijking in de bovengrond (A-horizont) plaatsgevonden. Op basis van de dikte van deze A-horizont vallen deze bodems onder de enkeerdgronden (zowel hoge als lage). In tegenstelling tot de hoge enkeerdgronden van Hoog Nederland heeft hier dus geen ophoging door plaggenbesteding plaatsgevonden.

De laagtes tussen de rijen strandwallen zijn vooral opgevuld met kreekafzettingen (kalkloze zanden met beekerdgronden pZg), mariene klei op veen (liedeergronden pMv) en drechtvaaggronden (Mv) en mariene klei met poldervaaggronden (gMn).

Rivierkleilandschap nabij Oeffelt (Noord-Brabant) - oude rivierkleigronden

In dit profiel nabij Oeffelt is een doorsnede van het Maasdal tussen Nijmegen en Venlo te zien (afbeelding 5.20). De opvulling van het Maasdal bestaat hier uit Laat Pleistocene en Vroeg Holocene deels grofzandige en grindrijke, deels lemige sedimenten (oude rivierklei). Dichtbij de huidige loop van de Maas komen jonge rivierkleigronden voor die in het Holocene zijn gevormd tijdens overstromingen. Aan de randen van het Maasdal komt dekzand en plaatselijk stuifzand voor.

De jongere fluviatiele Maassedimenten bestaan uit kalkloze afzettingen. De stroomruggen en oeverwallen zijn veelal goed gedraineerd en worden gekenmerkt door het voorkomen van ooivaaggronden (Rd). De slecht gedraineerde komafzettingen worden gekenmerkt door het voorkomen van poldervaaggronden (Rn). De oude rivierkleigronden zijn veelal lemig en hydromorf met een grofzandige of grindrijke ondergrond. Op deze ondergrond worden eveneens poldervaaggronden



Afbeelding 5.20: Rivierkleilandschap nabij Oeffelt (Noord-Brabant) - oude rivierkleigronden (gewijzigd naar: Boerma, 2001).

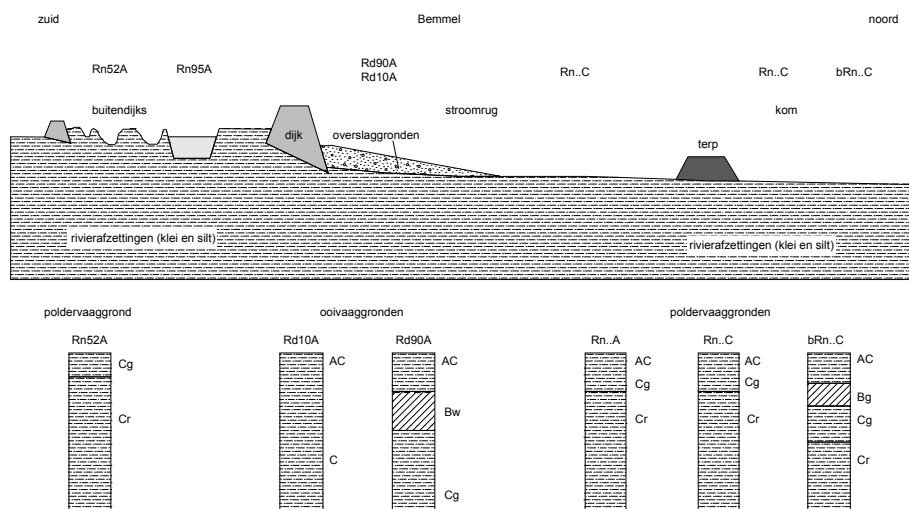
aangetroffen. Deze worden echter aangegeven als KRn, waarbij de K voor de oude rivierklei staat. De poldervaaggronden komen ook in restgeulen van de Maas voor. Op plaatsen waar veen tot ontwikkeling is gekomen in deze restgeulen zijn vlieveengronden aanwezig (Vc).

In de drogere, niet hydromorfe delen van het gebied met oude rivierklei komen vooral zandige en lemige sedimenten voor. Met name de zandige sedimenten hebben vaak een zogenaamde verbruiningshorizont (Bw-horizont). Deze bodems worden tot de vorstvaaggronden (Zb) gerekend. De meer lemige gronden vallen onder de ooivaaggronden (KRd). In deze gronden heeft vaak wat kleinspoeling (lessivage) plaatsgevonden. De gevormde Bt-horizonten in dit gebied zijn doorgaans niet dik genoeg om deze bodems tot de brikgronden te rekenen.

In de dekzandgebieden komen in de lagere delen beekerdgronden (pZg) en gooreerdgronden (pZn) voor. In de hogere delen van het dekzandgebied zijn veldpodzolen (Hn) aanwezig. Plaatselijk komen hier plaggendekken voor, resulterend in laarpodzolgronden (cHn) en bruine enkeerdgronden (bEZ). In de stuifzanden bevinden zich de duinvaaggronden (Zd), hierin is vrijwel geen bodemvorming waarneembaar.

Rivierkleilandschap nabij Bemmelen (Gelderland) - jonge rivierkleigronden

Dit profiel nabij Bemmelen toont de karakteristieke situatie voor het rivierengebied van de Rijn en Waal in het oostelijke deel van de Betuwe (afbeelding 5.21). Het gebied bestaat vrijwel geheel uit een dik pakket riviersedimenten. Het gebied kent



Afbeelding 5.21: Rivierkleilandschap nabij Bommel (Gelderland) - jonge rivierkleigronden (gewijzigd naar: Boerma, 2001).

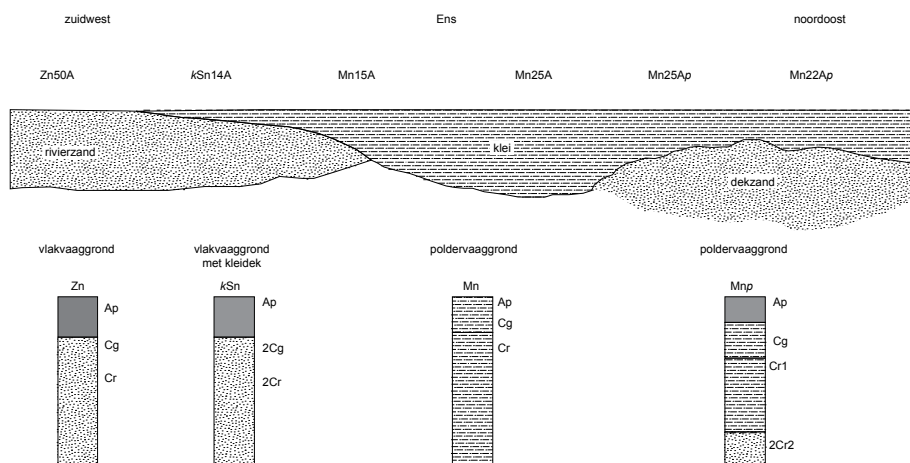
een afwisseling van stroomruggen (kalkhoudend) en komgronden (kalkloos). In de kommen komen in het profiel soms donkere horizonten voor, de zogenaamde vegetatiehorizonten. Dit zijn begraven A-horizonten. Plaatselijk zijn deze horizonten zeer donker van kleur en hebben een glanzend uiterlijk in de grondboor. In het veld wordt dit aangeduid met de term laklaag.

In de komgebieden komen veelal kalkloze poldervaaggronden (Rn..C) voor. Op plaatsen met stroomruggen en crevasseafzettingen in de ondergrond is de waterhuishouding iets beter en komen meestal kalkrijke ooivaaggronden (Rd..A) voor. In de buitendijkse gebieden, de uiterwaarden, vindt nog elk jaar sedimentatie plaats, ook hier bevinden zich veelal poldervaaggronden (Rn..A).

Landschap in de Noordoostpolder nabij Ens

Het profiel nabij Ens gaat door een deel van de Noordoostpolder (afbeelding 5.22). Voordat de polder werd drooggelegd vond sedimentatie plaats in een zout en brak milieu. In de polder komen dan ook overwegend mariene afzettingen voor. Plaatselijk zijn nog zandige fluviatile sedimenten van de IJssel aanwezig (Ramspolzand). Pleistocene afzettingen komen plaatselijk op geringe diepte voor.

Het gebied kent weinig variatie aan bodems. Alle bodems behoren tot de hydrovaaggronden, waarbij de kalkrijke poldervaaggronden (Mn..A) het meest voorkomen. In de zandige sedimenten (Ramspolzanden) komen zand-hydrovaaggronden voor (Zn50A, Ramspolzand), naar de rand toe worden deze fijnzandiger en hebben ze een kleiige bovengrond (kSn14A).



Afbeelding 5.22: Landschap in de Noordoostpolder nabij Ens (gewijzigd naar: Boerma, 2001).

5.5 Bodemvorming en archeologie

Waarom is kennis van bodems en bodemvormende processen voor een archeoloog van groot belang? Op deze vraag zijn meerdere antwoorden mogelijk:

- Kennis van bodems kan worden gebruikt bij het voorspellen van de kans op de aanwezigheid van archeologische waarden in een te onderzoeken gebied.
- Kennis van bodems en bodemvormende processen geeft inzicht in de diepte waarop archeologische resten aanwezig kunnen zijn en grondsporen zichtbaar worden.
- Kennis van bodemvormende processen geeft inzicht in de kwaliteit van de te verwachten archeologische waarden in een te onderzoeken gebied.
- Kennis van bodemvormende processen is noodzakelijk om een inschatting te kunnen maken van de effecten die een bodemingreep in de toekomst zou kunnen hebben op de kwaliteit van het bodemarchief.

In deze paragraaf wordt dieper ingegaan op het belang van deze kennis voor de archeoloog op basis van een aantal voorbeelden uit de praktijk. Allereerst wordt echter de vraag beantwoord wat nu eigenlijk een grondspoor precies is vanuit bodemkundig perspectief.

5.5.1 Wat is een grondspoor?

Het begrip grondspoor is zo nauw met het archeologisch onderzoek verweven dat de archeoloog niet vaak stilstaat bij de vraag wat een grondspoor nu eigenlijk is. In het kader van deze paragraaf vatten we een grondspoor op als een door de mens veroorzaakte verstoring van de natuurlijke bodem. Als gevolg van deze verstoring van de natuurlijke bodem, treden bodemvormende processen op een andere manier

op in een grondspoor dan in de ongestoorde omgeving rondom het grondspoor. Als gevolg van die afwijkende bodemvormende processen kan je een grondspoor zien of juist niet zien.

Grondsporen kunnen worden onderverdeeld in twee groepen: directe verstoringen en indirecte verstoringen. Directe verstoringen van de bodem zijn bijvoorbeeld het graven van kuilen, het inslaan of ingraven van palen en paaltjes, het ploegen van de grond, enzovoorts. Onder indirecte verstoringen vallen het verwijderen van vegetatie, het stoken van een vuur op een oppervlak, het intensief betreden van grond, etcetera. In essentie komt het er op neer dat de mens de structuur van de bodem verandert door het toevoegen van materialen en het verkleinen of juist vergroten van het poriënvolume.

Afhankelijk van de bodemvormende processen die van nature plaatsvinden zal een grondspoor zijn specifieke uiterlijk krijgen. In afbeelding 5.23 zijn twee gecoupeerde grondsporen naast elkaar afgebeeld. In de rechterafbeelding is een grondspoor in gereduceerd kalkloos (kustduin)zand weergegeven. In dit spoor is de houten paal in het centrum nog aanwezig. In deze bodem is ontkalking en mogelijk in geringe mate oxidatie van organische stof opgetreden. In de linkerfoto is eveneens sprake van een grondspoor in kalkloos (rivierduin)zand. Dit zand is volledig geoxideerd. In dit zand heeft zich een podzol ontwikkeld. Waarschijnlijk heeft in het spoor, als gevolg van de aanwezigheid van veel organische stof en een vergroting van het poriënvolume, extreme uitloging plaatsgevonden waardoor de aanwezige sesquioxiden en humus zijn afgevoerd. In het centrum van het spoor is de plaats van de paal nog zichtbaar als een zogenaamde paalschaduw. In dit geval speelt de bodemvormende factor “drainagetoestand” een belangrijke rol in de manier waarop het grondspoor zichtbaar is.



Afbeelding 5.23: Links grondspoor met paalschaduw in kalkloos zand te Blerick, rechts grondspoor met paal in kalkloos zand te Katwijk (foto's: ADC ArcheoProjecten).

5.5.2 Bodem en archeologisch prospectieonderzoek

Tijdens een bureauonderzoek dat wordt uitgevoerd conform de KNA, is het verplicht de bodemkaart te raadplegen. In de KNA is echter niet vermeld welke informatie ontleend dient te worden aan de bodemkaart. In veel rapporten wordt dan ook een bodemtype vermeld zoals die in de legenda van de betreffende bodemkaart staat aangegeven. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de manier waarop de kaart gelezen kan worden en hoe deze kan worden gebruikt voor het opstellen van een verwachting. Op basis van het voorkomende bodemtype kan ook een inschatting worden gemaakt van de bodemvormende processen die optreden of mogelijk in het verleden zijn opgetreden op een bepaalde locatie. Deze bodemprocessen vertellen ons iets over de mogelijke conservering van archeologische resten en de potentiële zichtbaarheid van grondsporen.

Wanneer bijvoorbeeld sprake is van een haarpodzol dan mag je verwachten dat ontkalking heeft plaatsgevonden, humuszuren zijn gevormd, sesquioxiden zijn verplaatst en al het aanwezige organische materiaal is geoxideerd tot op enige diepte. In een dergelijke bodem verwacht je dus alleen verkoold organisch materiaal aan te treffen. Onverbrand bot en andere onverbrande organische resten zullen geheel verdwenen zijn. Grondsporen zijn zichtbaar door uitspoeling dan wel inspoeling van humuszuren en sesquioxiden. Grondsporen, indien aanwezig, zullen pas zichtbaar zijn onder de E-horizont.

Naast een verwachting voor de conservering van archeologische resten geeft de aard van de bodem ook informatie over de plaats in het landschap. Binnen een landschap komen de verschillende bodemtypes in een bepaalde openvolging/samenhang naast elkaar voor. Bedenk wel dat een bodem als gevolg van veranderde omstandigheden over een langere tijd kan zijn veranderd, bijvoorbeeld als gevolg van een geleidelijk stijgende grondwaterspiegel.

Vervolgens wordt tijdens een inventariserend veldonderzoek verkennende fase vastgesteld of de gespecificeerde verwachting juist is. Eén van de vragen die dan beantwoord dient te worden is de vraag of de bodem die werd verwacht daadwerkelijk aanwezig is en of deze in tact is. Je hebt echter veel ervaring en kennis nodig om een bodemtype tot op subgroep niveau te classificeren. In deze fase van het onderzoek is het vooral belangrijk de horizonten te kunnen benoemen en vast te kunnen stellen welke bodemvormende processen plaatsvinden en eventueel in het verleden hebben plaatsgevonden. Die processen zijn namelijk bepalend voor de kwaliteit van de aan te treffen archeologische resten.

Tijdens het inventariserend veldonderzoek karterende fase wordt doorgaans geprobeerd met behulp van een grondboor archeologische resten op te sporen wanneer sprake is van een intacte bodem. De bodemvormende processen kunnen echter leiden tot het verdwijnen van een groot deel van de archeologica zoals aardewerk, houtskool, verbrande klei, (on)verbrande organische resten, enzovoorts waardoor zelfs bij een intacte bodem een zeer kleine kans kan hebben op het aantreffen van archeologica. Bijvoorbeeld fysische verwerking (churning) in kleirijke gronden in combinatie met oxidatie kan ertoe leiden dat weinig archeologische resten worden aangetroffen in intacte bodems. Echter, door de mens beïnvloede bodems hebben vaak een afwijkende kleur, dikte en samenstelling. Bijvoorbeeld in het rivierenge-



Afbeelding 5.24: Begraven bodem onder een terp bij Sneek (foto: W. Waldus, ADC ArcheoProjecten).

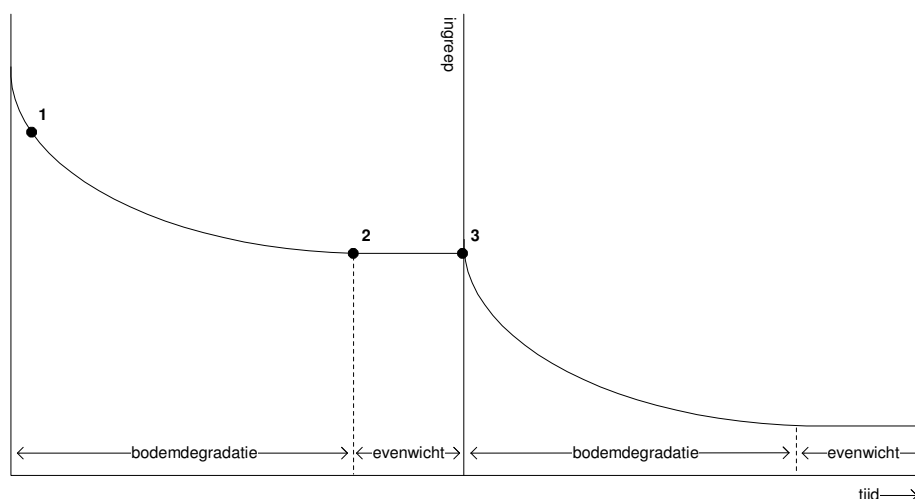
bied en kustgebied zijn door de mens beïnvloedde begraven A-horizonten in de oxidatie-reductie zone herkenbaar op basis van een afwijkende dikte, door de aanwezigheid van relatief veel mangaan- en ijzeroxiden en een aanrijking met grover materiaal. In afbeelding 5.24 is een sterk verdikte Ah-horizont aanwezig onder een terp als gevolg van intensieve betreding en bewerking van de ondergrond.

5.5.3 Bodem en behoud

Doel van het archeologisch onderzoek dat in het kader van de WAMZ (Wet op de Archeologische Monumentenzorg) wordt uitgevoerd is het behoud in situ van archeologisch erfgoed. Immers, verwacht mag worden dat de onderzoeksmethoden en -technieken in de toekomst beter zullen zijn dan de huidige onderzoeksmethoden en -technieken. Opgraven dient dus tot een minimum te worden beperkt. Het treffen van behoudsmaatregelen voor een vindplaats is in de praktijk echter moeilijker dan op het eerste gezicht lijkt (zie voor een uitgebreide toelichting op dit onderwerp Van den Berg & Hatzman, 2005). De archeologische gemeenschap wordt zich steeds meer bewust van de noodzaak tot monitoring van “behouden” vindplaatsen (zie onder meer Smit *et al.*, 2006).

Monitoringsonderzoek was in het verleden sterk gericht op de kwaliteit van met name de organische resten. Onder andere pollenonderzoek en onderzoek aan macroresten werd ingezet om te bepalen of in de loop van de tijd de kwaliteit van een vindplaats stabiel was. Daarnaast werd ook gebruik gemaakt van micromorfologisch onderzoek om een indruk te verkrijgen in veranderingen in de bodemvormende processen en de biologische activiteit. Sinds circa 10 jaar is het onderzoek sterk gericht op monitoring van grondwaterkwaliteit en grondwaterfluctuaties.

Archeologische monitoringsprojecten laten zien dat vindplaatsen soms wel en soms niet stabiel zijn. De verklaring voor de instabiliteit van deze vindplaatsen wordt doorgaans gezocht in gewijzigde bodemvormende factoren zoals een ver-



Afbeelding 5.25: Veranderingen in de bodem ten opzichte van de tijd.

andering van de drainagetoestand (zie o.m. Van Heeringen & Theunissen, 2001). Desondanks geldt voor sommige van deze projecten dat aantoonbaar geen wijziging in de bodemvormende factoren heeft plaatsgevonden sinds de monitoring van de vindplaats (Van Heeringen *et al.* 2004). Hoe is het dan toch mogelijk dat een vindplaats achteruit gaat? Dit heeft met name te maken met de tijdschaal waarop bodemvormende processen plaatsvinden. Wanneer een bodem stabiel is op het moment waarop de monitoring begint en er zijn geen wijzigingen in de bodemvormende factoren dan zal ook geen verandering optreden (situatie 2 afbeelding 5.25). Echter wanneer een bodem in een veranderingsproces is op het moment dat de monitoring start kunnen grote veranderingen plaatsvinden in de kwaliteit (situatie 1 afbeelding 5.25). Hetzelfde kan gebeuren als een ingreep plaatsvindt waardoor de bodemvormende factoren veranderen (situatie 3 afbeelding 5.25).

Afdekken van vindplaatsen gelegen binnen of nabij de oxidatie-reductie zone is op basis van dit theoretisch principe per definitie geen goed idee. Vindplaatsen die zich in de oxidatie/reductiehorizont bevinden zijn zeer gevoelig voor afdekking. Normaal gesproken sijpelt het regenwater van boven naar beneden en zorgt ervoor dat poriën geheel of gedeeltelijk gevuld blijven met water. Na afdekking vindt deze aanvulling van het bodemwater niet meer plaats en vindt verdroging plaats wat leidt tot oxidatie en dus verlies aan informatie. Tenslotte is het creëren van een aangepaste grondwaterstand zonder verandering van de grondwaterstroming technisch niet eenvoudig, de wettelijke handhaving is echter ronduit problematisch (Van den Berg & Hatzman, 2005).

Orde		Suborde	groep	subgroep	
veengronden		eerdveengronden (veraarde bovengrond)	kleiige eerdveengronden (kleiige Ah)	aarveengronden (dikke Ah, veengrond uit het Zuidhollandse bosveen- gebied, tuinbouw)	
				koopveengronden (dunne Ah, veengrond uit het Zuidhollandse bosveen- gebied, tuinbouw)	
			podzoleerveengronden (kleiarme Ah, moerige B = gliede)	bouwteveengronden	
			kleiarme eerdveengronden (kleiarme Ah)	boveengronden (onvergraven hoogveen met cultuurlaag)	
		madeveengronden (dunne Ah, broekveen in laagste delen van de beekdalen)			
		rauwveengronden (weinig veraarde bovengrond)	initiale rauwveengronden (niet gerijpt)	vlietveengronden (slappe laagveengrond)	
			podzolrauwveengronden (gerijpt, moerige B)	mondveengronden (met zanddek en gliede, veenkoloniale grond)	
			gewone rauwveengronden (gerijpt)	weideveengronden (met kleidek, klei-op-veengronden)	
				waardveengronden (met kleidek, klei-op-veengronden)	
				meerveengronden (met zanddek, veenkoloniale grond)	
vlierveengronden (ongerijpte, slappe ondergrond)					
podzolgronden		moderpodzolgronden	moderpodzolgronden	holtpodzolgronden met kleidek	
				looppodzolgronden	
				hoekpodzolgronden	
				horstpodzolgronden	
				holtpodzolgronden	
Humuspodzolgronden	hydropodzolgronden	moerige podzolgronden	moerpodzolgronden met kleidek		
			moerpodzolgronden met zanddek		
			damppodzolgronden		
			moerpodzolgronden		
		gewone hydropodzolgronden	veldpodzolgronden met kleidek		
			veldpodzolgronden met zanddek		
			laarpodzolgronden		
			veldpodzolgronden		
	xeropodzolgronden	xeropodzolgronden	haarpodzolgronden met zanddek		
			kamppodzolgronden		
			heuvelpodzolgronden		
			haarpodzolgronden		
	brikgronden		hydrobrikgronden	hydrobrikgronden	beemdbrikgrond
					kuilbrikgrond
xerobrikgronden			xerobrikgronden	bergbrikgronden	
				delbrikgronden	
				rooibrikgronden	
				daalbrikgronden	
				radebrikgronden	

eerdgronden	dikke eerdgronden	enkeerdgronden	bruine enkeerdgronden
			zwarte enkeerdgronden
		tuineerdgronden	tuineerdgronden
	hydro-eerdgronden	moerige eerdgronden	plaseerdgronden
			broekeerdgronden
		hydrozandeerdgronden	bruine beekeerdgronden
			gooreerdgronden
			zwarte beekeerdgronden
		hydrokleieerdgrond	liedeerdgronden
			tochteerdgronden
			woudeerdgronden
			leekeerdgronden
	xero-eerdgronden	krijteerdgronden	krijteerdgronden
		xerozandeerdgronden	akkereerdgronden
			kanteerdgronden
		xerokleieerdgronden	hofeerdgronden
vaaggronden	initiale vaaggronden	initiale vaaggronden	gorsvaaggronden
			slikvaaggronden
	hydrovaaggronden	hydrozandvaaggronden	vlakvaaggronden
		hydrokleivaaggronden	drechtvaaggronden
			nesvaaggronden
			poldervaaggronden
	xerovaaggronden	xerozandvaaggronden	duinvaaggronden
			vorstvaaggronden
		xerokleivaaggronden	ooivaaggronden

Tabel 5.02: Indeling van de Nederlandse bodems conform De Bakker & Schelling, 1989.

Kaartlezen

6.1 Inleiding

In de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA) wordt in het protocol bureauonderzoek gevraagd een specifieke verwachting op stellen voor een plangebied. Bij het opstellen van deze archeologische verwachting wordt vaak gebruik gemaakt van de relatie die bestaat tussen de plaats van archeologische vindplaatsen en het landschap. Deze relatie verschilt per archeologische periode en per type vindplaats. Om inzicht te krijgen in de lokale opbouw van het landschap worden diverse bronnen geraadpleegd. In de KNA staat aangegeven welke kaarten in elk geval geraadpleegd moeten worden: de IKAW (Indicatieve Kaart Archeologische Waarden), de geologische kaart, de bodemkaart en de geomorfologische kaart (schaal 1:50.000). Daarnaast kan gebruik worden gemaakt van een groot aantal andere bronnen voor het opstellen van een archeologische verwachting, zoals (historische) topografische kaarten, het AHN, paleogeografische kaarten, gedetailleerde aardkundige kaarten, boorgegevens en remote sensingdata.

Op basis van deze informatie is het de bedoeling “een helder en consistent verhaal te schrijven aan de hand waarvan uitspraken kunnen worden gedaan over de gebruiksmogelijkheden van het landschap door de mens in verschillende relevante perioden en voor verschillende relevante activiteiten.” (SIKB, 2010). In de meeste bureauonderzoeken wordt echter niet meer gedaan dan het in verhalende vorm oplepelen van legenda-eenheden, zoals in onderstaande tekst:

“Het onderzoeksgebied ligt geomorfologisch gezien deels in een beekdal (2R2, 4H11) en deels op een dekzandrug (3K14). Het plangebied ligt voor het grootste deel in een dalvormige laagte zonder veen (2R2). De strook langs de weg is aangegeven als glooiing van beekdalzijde (4H11). Tot in de eerste helft van de vorige eeuw werden de relatief droge en vruchtbare gronden op de dekzandrug voornamelijk gebruikt als akker terwijl de direct langs het beekdal gelegen zone in gebruik was als hooi- of weiland.”

“Volgens de bodemkaart (Stiboka 1985) ligt het plangebied in een gebied met hoge zwarte enkeerdgronden. De zuidwesthoek is vanwege de aanwezigheid van bebouwing niet gekarteerd, maar gezien de bodemkundige eenheden in de directe omgeving kunnen ook hoge zwarte enkeerdgronden in lemig fijn zand (zEZ23) worden verwacht. Binnen het plangebied is sprake van lage grondwaterstanden (grondwatertrap VII).”

“Ook de kaart met het fysisch landschap (onderdeel van de gemeentelijke erfgoedkaart Eersel) geeft op de locatie van het plangebied een beekdal aan. Het gaat hier om het beekdal van de Poelenloop. Het plangebied is aangegeven als “dal op het Hoge”. Deze bodemgesteldheid en lage grondwatertrap zijn enigszins ongebruikelijk voor een beekdal. Het lijkt erop dat dit beekdal in de Nieuwe tijd is opgehoogd met plaggen om in gebruik te worden genomen als akkergebied.” (Bosman, 2010).

Op basis van het genoemde kaartmateriaal is het echter mogelijk tot een veel gedetailleerdere verwachting te komen dan in de bovenstaande beschrijving is weergegeven. Het doel van dit hoofdstuk is om daar enige hulp bij te bieden. In het eerste deel van het hoofdstuk wordt een kort overzicht gegeven van de verschillende aardkundige kaartenseries op schaal 1:50.000. Daarnaast wordt ingegaan op het gebruik van topografisch kaartmateriaal bij het vervaardigen van een verwachtingsmodel ten behoeve van archeologisch onderzoek. Vervolgens wordt een kort overzicht gegeven van beschikbare paleogeografische reconstructies die bruikbaar zijn bij het opstellen van een archeologische verwachting. In het tweede deel van dit hoofdstuk wordt op basis van twee voorbeelden weergegeven op welke wijze een gedetailleerde archeologische verwachting is op te bouwen op basis van de hierboven genoemde bronnen. Daarbij is een voorbeeld gekozen uit een Pleistoceen en een Holoceen landschap.

6.2 Relevant kaartmateriaal

6.2.1 IKAW (1:50.000)

De basisgedachte bij het opstellen van de IKAW (Indicatieve Kaart Archeologische Waarden) is dat een relatie bestaat tussen de ligging van vindplaatsen en de positie in het landschap. De bodemkaart was de enige landdekkende aardkundige kaart die digitaal beschikbaar was bij het opstellen van de eerste generatie IKAW. In deze versie van de IKAW werd een verband gelegd tussen het aantal vindplaatsen in het ARChEologisch Informatie Systeem (ARCHIS) dat per bodemeenheid en/of grondwaterklasse voorkomt. Per archeoregio, een regio met min of meer gelijke archeologische en landschapsgenetische kenmerken, is een analyse uitgevoerd op de beschikbare data. Op basis van deze analyse zijn per archeoregio klassengrenzen gedefinieerd voor de eenheden laag, middelhoog en hoog. Een lage verwachtingswaarde in het zuidwestelijk zeekleigebied kan bijvoorbeeld zijn gebaseerd op minder dan 3 vondsten per km² terwijl de grens in het oostelijk zandgebied gebaseerd kan zijn op minder dan 1 vondst per km².

Bij het opstellen van deze kaart heeft men zich terdege gerealiseerd dat de bodemkaart “slechts” informatie geeft over de bovenste 120 cm gemeten vanaf het oppervlak. De kaart geeft dan ook geen informatie over dieper gelegen vindplaatsen. Daarnaast constateerde men dat verschillende vindplaatstypen in een verschillende mate correleerden met verschillende bodemeenheden. Met andere woorden, Neolitische grafheuvels worden doorgaans gevonden op locaties met een ander bodemtype dan bijvoorbeeld nederzettingsterreinen uit deze periode. Tenslotte

constateerde men dat vindplaatsen uit verschillende perioden niet op gelijke wijze correleerden met de verschillende bodemeenheden. Zo constateerde men onder andere dat de meeste Laat-Paleolitische vindplaatsen in het oostelijk zandgebied gelegen zijn in gebieden die uiteindelijk een lage archeologische verwachtingswaarde kregen.

De basisgedachte bij de opstelling van de IKAW tweede generatie is dezelfde als bij de eerste generatie. Bij de totstandkoming van de IKAW tweede generatie heeft men een drietal problemen proberen aan te pakken:

- Een betere indicatie voor Mesolithische en Paleolithische vindplaatsen
- Een betere indicatie voor Holocene Nederland
- Een indicatie voor archeologische resten onder water

Door gericht te kijken naar de locatie van bekende Mesolithische en Laat-Paleolithische vindplaatsen ten opzichte van verschillende grondwatertrappen kon worden vastgesteld dat de meeste bekende vindplaatsen van dit type voorkomen in overgangszones van natte naar droge gebieden. Deze zones zijn in het Oost-Nederlandse zandgebied smaller (50 m) dan in het Zuid-Nederlandse zandgebied (150 m).

In het Holocene gebied heeft men vooral gebruik gemaakt van verschillende digitale aardkundige informatiebronnen, zoals de meandergordelkaart van Berendsen & Stouthamer en de geologische kaartbladen van het westelijk kustgebied. In het Holocene gebied heeft men net als voor het Pleistocene landschap zones gedefinieerd rondom verschillende aardkundige legenda-eenheden. Onder andere langs de meandergordels werd een bufferzone gecreëerd, zodat oever- en crevasseafzettingen, die archeologisch gezien kansrijk zijn, zoveel mogelijk worden geïncorporeerd in de IKAW. De bufferzone in het oostelijk deel van het rivierengebied is echter een andere dan de bufferzone rondom meandergordels in het westelijk deel van het rivierengebied.

Voor archeologische resten onder water heeft men eenzelfde methode gehanteerd als voor de “land” IKAW. Voor het Nederlandse grondgebied onder water heeft men zeven archeoregio's gedefinieerd en gebruik gemaakt van beschikbaar digitaal kaartmateriaal uit het project kustgenese, een langlopend karteringsproject van NITG-TNO en Rijkswaterstaat.

In de derde generatie IKAW heeft men opnieuw de verwachtingen voor een aantal gebieden aangepast. Aanpassingen hebben betrekking op archeologische verwachtingswaarden van:

- Afgedekte landschappen in Flevoland
- Beekdalen in het Pleistocene landschap
- Het Nederlandse continentale plat

De verwachting voor Flevoland is aangepast op basis van boordata, computermodellen en de zeespiegelcurve. De waardering van dit gebied berust in deze versie dus niet meer op een directe correlatie tussen vondstdichtheid en bodemtype. Daarnaast is de beperkte diepte van 120 cm binnen dit gebied niet van toepassing. De beekdalen in het Pleistocene landschap zijn in de loop van het eerste decen-

nium in de eenentwintigste eeuw onderkend als een “archeologische schatkamer”. In eerdere versies van de IKAW werden beekdalen gekenmerkt als gebieden met een lage archeologische verwachtingswaarde. Bij de herwaardering is gebruik gemaakt van de digitale bekenkaart van Alterra. Voor het Nederlandse continentale plat is een separate kaart opgesteld. Deze kaart bestaat uit verschillende kaartlagen die buiten de scope van dit boek vallen en daarom niet verder besproken worden.

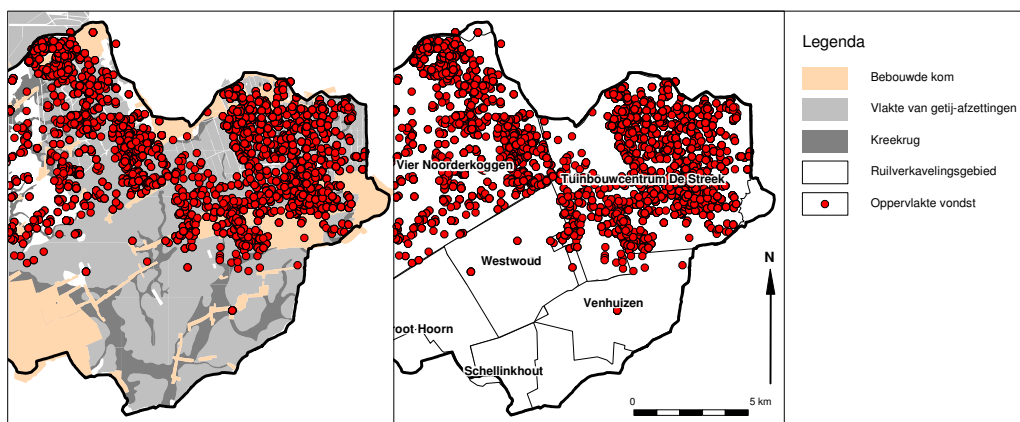
De derde generatie IKAW kent een zeer expliciete gebruikershandleiding. Het is aan te raden deze handleiding goed door te lezen. Hieronder zijn enkele belangrijke opmerkingen uit de gebruikershandleiding kort weergegeven:

- Gebieden die zijn gevormd na 1500 AD zijn aangegeven als gebieden met een zeer lage trefkans.
- Gebieden waar geen bodemkundige gegevens voorhanden zijn, bijvoorbeeld als gevolg van bebouwing, zijn aangegeven als niet gekarteerd m.u.v. bebouwde gebieden in de provincie Flevoland.
- Gebieden met een lage trefkans zijn in Pleistoceen Nederland gebieden waar de relatie tussen het aantal vindplaatsen en het te verwachten aantal vindplaatsen, op basis van bodemtype en grondwatertrap, (sterk) negatief is (zie tabel 6.01). In het Holocene gebied betreft het met name gebieden waar de afzettingen aan het oppervlak zijn gevormd na circa 1000 AD en komgebieden in het rivierengebied.
- Een lage of zeer lage trefkans zegt in principe niets over de aan- of afwezigheid van archeologische resten.

Klasse	Oppervlak (km ²)	Oppervlak (%)	Vindplaatsen verwacht (n)	Vindplaatsen bekend (n)	Vindplaatsen dichtheid (n/100 km ²)
Laag	2359	62.9	1418	562	23.8
Middel	724	19.3	435	500	69.6
Hoog	668	17.8	401	1192	178.4

Tabel 6.01: De verspreiding van bekende vindplaatsen per trefkansklasse voor het oostelijke zandgebied (naar: Deeben et al., 2002).

De manier waarop data in de ARCHIS-database nu en in het verleden is opgenomen, speelt een rol bij de uitkomst van de correlatie tussen de vondstverspreiding en de bodemeenheden. Een eenvoudig voorbeeld is dat oppervlaktevindplaatsen in de ARCHIS-database zijn oververtegenwoordigd ten opzichte van afgedekte vindplaatsen. Daarnaast zijn vindplaatsen in gebieden met overwegend akkerbouw oververtegenwoordigd ten opzichte van vindplaatsen in gebieden met overwegend grasland. De mate van intensiteit van het archeologisch onderzoek speelt ook een rol in het verspreidingsbeeld (afbeelding 6.01). Tenslotte maakt het uit of vindplaatsen voortkomen uit onderzoek van professionele archeologen of uit vondsten gedaan door amateur archeologen. Zo laat het onderzoek van Fokkens op



Afbeelding 6.01: De invloed van onderzoeksintensiteit op de verspreiding van oppervlaktevondsten in oostelijk West-Friesland. Ruilverkaveling De Streek en Noorderkoggen zijn systematisch gekarteerd. De overige gebieden zijn niet gekarteerd of de kartering is niet opgenomen in ARCHIS.

het Fries-Drents-Plateau zien dat het vervoermiddel en de materiaalinteresse van amateurs een grote invloed kunnen hebben op het verspreidingsbeeld. Dit type “ruis” in de ARCHIS-data wordt in de literatuur aangeduid met het begrip *bias* of intrinsieke fout en is typerend voor inductief onderzoek. Voor deze intrinsieke fout in de IKAW is tot op heden geen afdoende oplossing gevonden. Dit wordt expliciet aangegeven in de voorwaarden voor gebruik van de IKAW.

6.2.2 Bodemkaart (1:50.000)

De bodemkaart van Nederland schaal 1:50.000 is beschikbaar voor geheel Nederland. De legenda van de kaartbladen is voor geheel Nederland hetzelfde. Bij de meeste kaartbladen is een uitgebreide toelichting verschenen. Deze toelichting bevat vaak veel relevante informatie voor de archeoloog. In verschillende toelichtingen is naast bodemkundige informatie ook informatie met betrekking tot de bewoningsgeschiedenis opgenomen. De toelichtingen op de verschillende kaartbladen van de bodemkaart zijn digitaal beschikbaar via www.bodemdata.nl. Van enkele kaartbladen is een herziene uitgave gepubliceerd. Het verdient altijd aanbeveling om beide kaarten naast elkaar te gebruiken.

De bodemkaart is gebaseerd op grondboringen. De grondboringen zijn over het algemeen uitgevoerd tot 120 cm –mv. De boringen zijn op het oog gezet, dat wil zeggen dat de karteerders bij het zetten van de boringen rekening hebben gehouden met in het veld zichtbare landschappelijke elementen zoals beekdalen, oeverwallen, esgronden, enzovoorts. De gemiddelde boordichtheid bedraagt vier tot acht boringen per hectare. Naast de eerder genoemde toelichtingen op de verschillende kaartbladen is ook een toelichting op de legenda van de bodemkaart uitgegeven (Steur & Heijink, 1991). Dit boekje is voor archeologisch gebruik een heel handig naslagwerk en wordt bij de uitwerking van het voorbeeld in paragraaf 6.3.1 en 6.3.2 veelvuldig gebruikt.

De bodemkaart geeft op vijf verschillende gebieden informatie:

- Bodemgenese
- Lithologische opbouw
- Grondwaterfluctuatie
- Antropogene verstoringen
- Landschapsvormen

Als eerste geeft de bodemkaart uiteraard informatie over het te verwachten bodemtype. Over de indeling van de Nederlandse bodemkundige eenheden wordt verwezen naar hoofdstuk 5.3. Naast informatie over het bodemtype geeft de bodemkaart informatie over de lithologische opbouw tot 120 cm –mv. In veel kaartbladen (met name voor Holoceen Nederland) is een zogenaamd profielverloop aangegeven. Dit profielverloop komt dikwijls goed overeen met de daadwerkelijke lithologische opbouw in het veld. Daarnaast geeft de bodemkaart informatie over de grondwaterbeweging door middel van een indeling in grondwatertrappen. Sinds de publicatie van het eerste kaartblad in 1966 is in grote delen van Nederland de grondwaterstand op kunstmatige wijze aanzienlijk verlaagd. Kennis van de grondwaterbeweging in het recente verleden is van groot belang om inzicht te verkrijgen in de mate van conservering van een vindplaats. Daarnaast is deze informatie van belang bij de planning van opgravingwerkzaamheden. Om inzicht te verkrijgen in de recente ontwikkeling van de grondwaterstand kan gebruik worden gemaakt van informatie uit het Digitaal Informatiesysteem Nederlandse Ondergrond (DINO). Deze informatie is digitaal raadpleegbaar via www.dinoloket.nl. De bodemkaart geeft verder informatie over ingrepen door de mens, zoals afgraven, ophogen maar ook over vindplaatsen (aangemerkt als oude woongrond), terpen, enzovoorts. Tenslotte geeft de bodemkaart beperkt informatie over kleinschalige landschapsvormen zoals restgeulen, kleine kreekruggen, crevasseruggen en beekdalen.

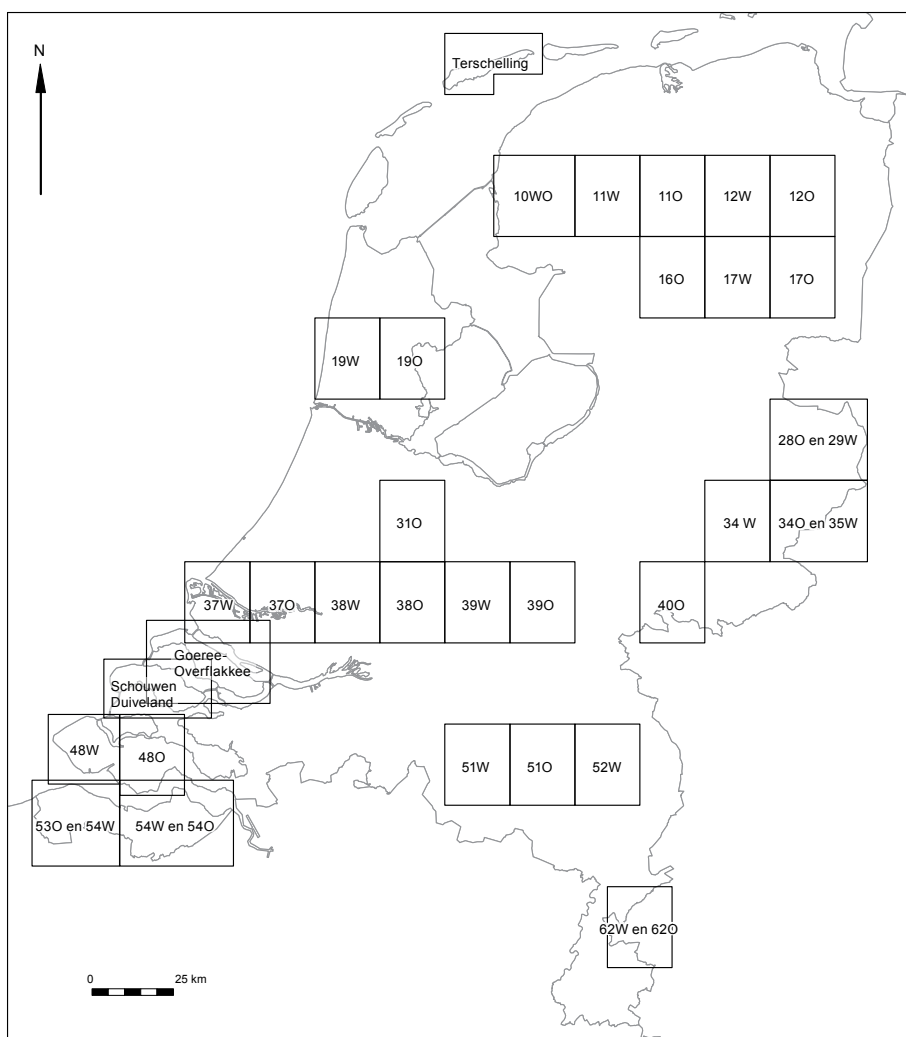
Houd bij het gebruiken van de bodemkaart altijd in het achterhoofd dat deze niet geschikt is om op perceelsniveau uitspraak te doen over het daadwerkelijk aanwezige bodemtype dan wel de lithologische opbouw. De kaart geeft, door de gehanteerde schaal, slechts een indicatie. Voor veel gebieden in Nederland zijn gedetailleerdere bodemkaarten beschikbaar. De universiteitsbibliotheek in Wageningen beschikt over de grootste collectie gedetailleerde bodemkaarten. Deze kaarten zijn sinds enige tijd grotendeels digitaal beschikbaar via de webportal van de Wageningse Universiteitsbibliotheek. Via de website www.bodemdata.nl is te achterhalen welke bodemkaarten beschikbaar zijn voor een specifiek plangebied.

6.2.3 Geologische kaart (1:50.000)

Van de geologische kaart schaal 1: 50.000 zijn twee series verschenen. Een eerste serie is gepubliceerd voor geheel Nederland tussen 1925 en 1951. Deze serie kaarten geeft weinig bruikbare informatie voor archeologisch onderzoek. De tweede serie, die is gepubliceerd vanaf 1964, is voor archeologisch onderzoek juist zeer bruikbaar. De kartering is echter niet voltooid. In afbeelding 6.02 is een overzicht gegeven van de bladen van deze kaart, die op dit moment beschikbaar zijn. De tot op heden verschenen kaartbladen in deze serie maken gebruik van de lithostrati-

grafische indeling volgens Zagwijn & Van Staalduinen. De nieuwe lithostratigrafische indeling van De Mulder *et al.* is tot op heden alleen gebruikt in speciale uitgaven, zoals de geologische kaart van Den Haag en Rijswijk. De geologische kaart is gebaseerd op handboringen, machinale boringen en ontsluitingen met een sterk wisselende diepte. De dichtheid van het aantal waarnemingen varieert per kaartblad. Binnen een kaartblad is de waarnemingsdichtheid evenmin constant.

In tegenstelling tot de bodemkaart en de geomorfologische kaart ontbreekt een uniforme legenda bij de geologische kaart. De legenda van de geologische kaart is gebaseerd op lithostratigrafische eenheden die per periode zijn gerangschikt. De legenda-eenheden representeren verschillende profieltypen. Bij het opstellen van een archeologische verwachting is het profieltype een belangrijke bron van informatie. Elke kaart gaat vergezeld van een uitgebreide toelichting die even-



Afbeelding 6.02: Overzicht van gepubliceerde kaartbladen van de geologische kaart 1:50.000.

eens veel bruikbare informatie bevat voor archeologisch onderzoek. Verschillende toelichtingen bevatten een beschrijving van de bewoningsgeschiedenis binnen het betreffende kaartblad. Bij de kaart zijn doorgaans meerdere profielen opgenomen. Deze profielen geven een inzicht in de daadwerkelijke opbouw van de ondergrond. Bij een enkel blad is zelfs getracht de opbouw van de ondergrond in een driedimensionaal beeld weer te geven. Tenslotte bevat elk kaartblad één of meerdere bijkaarten waarop een enkel aspect is weergegeven, zoals het reliëfverloop van de Pleistocene ondergrond, het voorkomen van esdekken, de ouderdom van meander gordels, enzovoorts. De informatie die aanwezig is in deze bijkaarten en profielen is vaak zeer bruikbaar bij het formuleren van een archeologische verwachting. Bij de uitwerking van een casus in paragraaf 6.3.1 en 6.3.2 worden deze bronnen dan ook veelvuldig gebruikt.

6.2.4 Geomorfologische kaart (1:50.000)

In 1968 is gestart met de kartering van de geomorfologische kaart 1:50.000. De eerste kaartbladen zijn vanaf 1977 in druk verschenen. De geomorfologische kaart is sinds 2003 landsdekkend beschikbaar. Een deel van de kaarten is uitsluitend digitaal beschikbaar. De geomorfologische kaart is te raadplegen via ARCHIS. De kaart is overwegend samengesteld op basis van reliëfverschillen die zijn afgeleid uit hoogtekarten, luchtfotoanalyse en bodemkaarten. De laatste kaartbladen zijn grotendeels vervaardigd op basis van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN). De legenda van de kaart is uniform voor heel Nederland. Voor alle kaartbladen is één toelichting op de legenda verschenen (Ten Cate & Maarleveld, 1977). Deze toelichting bevat veel, voor archeologen, bruikbare informatie. De toelichting wordt dan ook veelvuldig gebruikt bij de uitwerking van een casus in paragraaf 6.3.1 en 6.3.2.

De geomorfologische kaart bevat informatie over terreinvormen en de genese van deze terreinvormen. De geomorfologische kaart kent een aantal legenda-eenheden die specifiek voor archeologisch onderzoek van belang zijn. Zo geeft deze kaart informatie over afgegraven en opgehoogde terreinen, terpen en terpjes en het voorkomen van esdekken.

6.2.5 Topografisch kaartmateriaal

Nederland kent een groot aantal goed ontsloten topografische kaartenseries. Veel kaartmateriaal is digitaal beschikbaar via de website www.watwaswaar.nl of analoog beschikbaar in nieuw uitgegeven atlassen (Versfelt, 2003; Versfelt & Schroor, 2005; Uitgeverij Nieuwland, 2006 en Wolters-Noordhoff, 1992). Daarnaast ontsluiten steeds meer provinciale archieven en streekarchieven historisch kaartmateriaal. Dit kaartmateriaal geeft naast inzicht in historische bebouwing, verkavelingsstructuren en wegenpatronen ook inzicht in de ontwikkeling van het landschap. Een mooi voorbeeld van een historisch geografische studie op basis van onder andere historisch kaartmateriaal is de studie van Hans Renes naar de ontwikkeling van het landschap van Noord- en Midden Limburg (Renes, 1999). In deze studie wordt zowel aandacht besteed aan de ontwikkeling van het natuurlandschap als het

cultuurlandschap. De studie maakt meteen duidelijk dat het lezen en interpreteren van historisch kaartmateriaal een specialisme is. Deze paragraaf is dan ook geenszins een handleiding voor het doen van historisch geografisch onderzoek, maar is uitsluitend bedoeld om enkele belangrijke aandachtspunten bij het gebruik van historisch kaartmateriaal aan te geven.

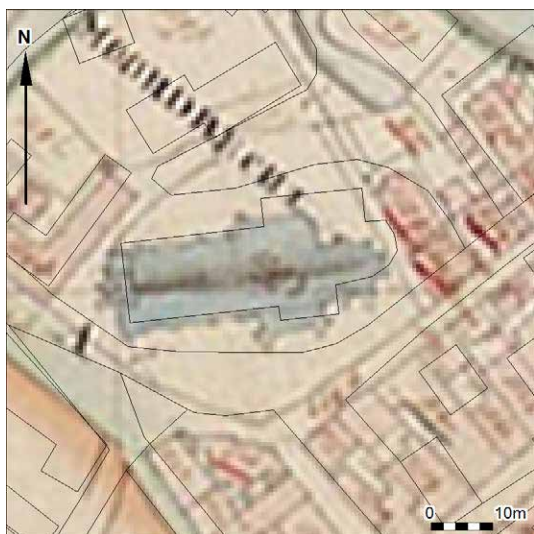
Oude kaarten zijn met de hand getekend en geven een beeld van de werkelijkheid zoals die destijds door de tekenaar is waargenomen. Deze werkelijkheid is gecodeerd door middel van een legenda. Deze legenda is in veel gevallen niet (meer) beschikbaar en is soms moeilijk toegankelijk. Het is aan de moderne lezer van de kaart de taak om deze kaart te interpreteren. Sommige zaken die voor ons vandaag de dag van belang zijn, zijn dat vroeger niet geweest en andersom. Het verschil tussen een griend en een bos rondom een eendenkooi is groot. Eendenkooien zijn door hun constructie en functie veel plaatsvaster dan grienden. Beide zijn veelzeggend over de aard van de ondergrond. Beide spelen een eigen rol binnen de lokale economie. Op bijvoorbeeld de Topografisch Militaire kaart worden beide echter op dezelfde wijze als bos weergegeven.

De middelen waarmee kaarten vroeger werden getekend zijn anders dan de middelen die daar tegenwoordig bij worden gebruikt. De eerste minuutplannen en verzamelplannen van de kadastrale kaart zijn getekend op papier van goede kwaliteit. De kaarten zijn dan ook zodanig getekend dat het papier zo efficiënt mogelijk is gebruikt. Binnen archeologisch onderzoek kan dat leiden tot vreemde vergissingen (afbeelding 6.03). Tijdens het vooronderzoek voor het project Gouda Westergouwe is het minuutplan in het GIS-pakket MapInfo gegeoreferend. Daarbij heeft men zich niet gerealiseerd dat binnen MapInfo rasterbestanden altijd op het noorden georiënteerd moeten zijn voordat men kan georefereren. De vergissing heeft er toe geleid dat de geplande opgravingsputten soms tot 120 meter van de oorspronkelijk geplande locatie zijn aangelegd.

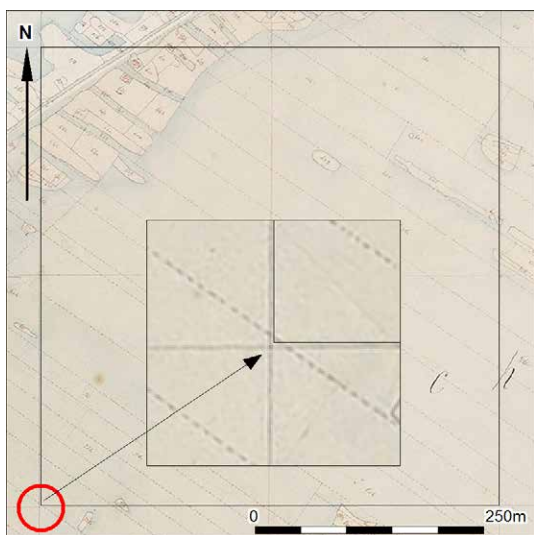
Oude kaarten zijn getekend in andere projecties dan onze huidige RD-projectie. Een kaartprojectie is een rekenkundige methode om een gekromd vlak (het aardoppervlak) in een plat vlak (een kaart) weer te geven. Je kan je dit makkelijk



Afbeelding 6.03: Opgravingsputten geprojecteerd op een niet goed georiënteerd minuutplan (links). Opgravingsputten geprojecteerd op een op het noorden georiënteerd minuutplan (rechts) (naar: Vanden Borre, 2007).



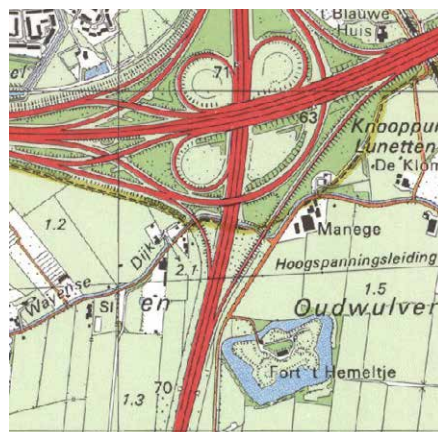
*Afbeelding 6.04: Top10Vector
geprojecteerd op veldminuut (naar:
Vanden Borre, 2007).*



*Afbeelding 6.05: Vervorming van
een minuutplan als gevolg van
rek en krimp (naar: Vanden Borre,
2007).*

voorstellen aan de hand van een sinaasappelschil. Wanneer je deze in zijn geheel van een sinaasappel afhaalt en plat probeert te maken ontstaan her en der scheuren. Een kaartprojectie is als het ware het middel om het oppervlak van die scheuren evenredig over het platte vlak te verdelen. Dit betekent impliciet dat het niet mogelijk is een kaartblad te georefereren in RD wanneer dit is opgenomen in een andere kaartprojectie. De bekendste “andere” projectie binnen het archeologisch werkveld is de zogenaamde Bonne-projectie. Het is dus per definitie niet mogelijk dergelijke kaarten zonder meetkundige correctie in het huidige RD-projectiesysteem in te passen (zie afbeelding 6.04).

Oudere kaarten zijn doorgaans getekend of gedrukt op papier van een hoge kwaliteit. Dit papier is doorgaans niet krimp- en rekvrij en dus niet maatvast. In bovenstaande afbeelding is goed te zien dat een oorspronkelijk vierkant op de kaart



Afbeelding 6.06: Topgrafische kaart schaal 1:25.000 1988 (links) en 1992 (rechts) van de omgeving van Fort 't Hemeltje.



Afbeelding 6.07: Uitsnede uit de Algemene Rivierkaart van Nederland schaal 1:10.000 (1846).

tegenwoordig geen exact vierkant meer is (afbeelding 6.05). Het is daarom niet mogelijk de exacte positie van een object te bepalen.

Het doel waarmee kaarten zijn vervaardigd is eveneens een belangrijke factor bij de interpretatie van een kaart. Veel kaarten die door archeologen worden gebruikt, zoals de Bonnekaart, de Tranchot kaart, de Hottinger kaart en de Topografisch Militaire Kaart (TMK) zijn vervaardigd vanuit militair oogpunt. Bij de Bonnekaarten springt bijvoorbeeld de onderverdeling in wegen in het oog. Verhard en onverhard, maar ook de vraag of wagens elkaar wel of niet kunnen passeren spelen een belangrijke rol in de kaart. Verder zijn heggen, een veel voorkomende perceelsscheiding, sterk vergroot weergegeven, want deze zijn van strategisch belang. Een mooi voorbeeld van het systematisch weglaten van informatie is de wijze waarop het Fort 't Hemeltje (onderdeel van de Hollandse waterlinie) op kaarten is weergegeven. Het fort is eind 19e eeuw aangelegd. Pas sinds het verlies

van haar militaire functie eind jaren '80 van de 20^e eeuw wordt het fort weergegeven op topografische kaarten (afbeelding 6.06).

Een ander mooi voorbeeld is de rivierenkaart. Deze kaart geeft onder andere alle gebouwde objecten in het stroomgebied van de rivieren weer. De gedachte hierachter was dat de toenmalige overheid grip wilde krijgen op alle illegale bouwsels, overlaatjes, dammen en dergelijk in het stroomgebied van de grote rivieren. Deze bouwsels vormden namelijk een risico voor de scheepvaart en bij overstromingen tijdens perioden met hoog water. Een mooi voorbeeld van een dergelijk object is de scheepswerf tegenover Deventer die in 2010 is opgegraven. Deze scheepswerf was al jaren buiten gebruik op het moment dat de kaart werd opgenomen. Kennelijk was de helling nog gedeeltelijk intact tijdens het vervaardigen van de kaart (afbeelding 6.07).

6.2.6 Paleogeografische reconstructies

In 2011 is een atlas met paleogeografische overzichtskaarten van Nederland verschenen (Vos, 2011). Naast deze kleinschalige reconstructie bestaat een groot aantal grootschalige reconstructies. Deze zijn vaak opgenomen in de zogenaamde “grijze” literatuur. In tabel 6.02 is een overzicht opgenomen van reconstructies die bruikbaar zijn op archeologisch schaalniveau.

Een paleogeografische reconstructie geeft een beeld van een landschap weer, zoals dat er mogelijk op een bepaald tijdstip heeft uitgezien. Voor het samenstellen van een paleogeografisch beeld wordt een veelheid aan informatiebronnen gebruikt. Hierbij dienen de bronnen altijd verantwoord te worden. De keuze van de informatiebronnen bepaalt mede de uitkomst van het paleogeografisch beeld. Bij veel paleogeografische reconstructies is het moeilijk om te achterhalen op basis van welke informatie de reconstructie tot stand is gekomen. Een positieve uitzondering hierop vormt het boek *Nederland in het Holoceen* van Zagwijn. Een voorbeeld van een regionale reconstructie met een eenduidige verantwoording is de reconstructie van het landschap rondom het westelijk deel van de limes door Van Dinter.

Bij paleogeografische reconstructies kunnen drie belangrijke bronnen worden onderscheiden: aardkundige informatie (boringen, kaarten, enz.), dateringen en modellen over landschapsvorming. Resultaten van archeologisch onderzoek worden bij dit soort reconstructies vaak gebruikt als een daterend element. Paleogeografische reconstructies vormen binnen archeologisch onderzoek een belangrijke bron om inzicht te krijgen in de aard van het landschap en de mogelijkheden die dat landschap biedt voor exploitatie op een bepaald moment.

Het gebruik van verschillende landschappelijke ontwikkelingsmodellen leidt tot verschillende kaartbeelden. In de reconstructies tot circa 1990 speelden gelijktijdige trans- en regressies als gevolg van kleine fluctuaties in de relatieve zeespiegelstijging een belangrijke rol in het openen en sluiten van de West-Nederlandse kust. De nieuwe paleogeografische kaartenserie van Nederland is getekend vanuit een nieuw kustontwikkelingsmodel, waarbij de gelijktijdigheid van trans- en regressies is verlaten en de morfologie van het getijdenbekken een veel belangrijkere rol speelt in het ontstaan van trans- en regressies. Een ander voorbeeld vormt de nieuwe datering van de beginfase van de Gelderse IJssel. Deze werd tot begin jaren

Grootschalige reconstructies	
Zeeland	Fischer, M.M., 1997: Holocene evolution of Zeeland (SW Netherlands), Mededelingen NITG, 59.
Rijn Maas delta	Berendsen H.J.A., & E. Stouthamer, 2001: Palaeogeographic development of the Rhine-Meuse delta, The Netherlands, Van Gorcum, Assen.
Gelderse IJssel	Cohen, K.M., <i>et al.</i> , 2010: Zand in banen: zanddiepte kaarten van het Rivierengebied en het IJsseldal in de provincies Gelderland en Overijssel, Provincie Gelderland, Arnhem.
Estuarium Oude Rijn	Pruissers, A.P., & W. de Gans, 1988: De bodem van Leidschendam, RGD, Haarlem.
Noord-Holland	Mulder, E. de & J.H.A. Bosch, 1982: Holocene stratigraphy, radiocarbon datings and palaeogeography of central and northern North-Holland (The Netherlands), Mededelingen Rijks Geologische Dienst, 36-3, pp. 111-160.
Kustgebied Friesland en Groningen	Knol, E., <i>et al.</i> (red.), 2005: Professor van Giffen en het geheim van de wierden, Heveskes, Groningen.
Fries Drents plateau	Fokkens, H., 1995: Drowned landscape: the occupation of the Western part of the Frisian-Drentian Plateau, 4400 BC-AD 500, ROB, Amersfoort.
Oer-IJ estuarium	Kok, M.S.M., 2008: The homecoming of religious practice, an analysis of offering sites in the wet low-lying parts of the landscape in the Oer-IJ area 2500 BC-AD 450, dissertatie, Amsterdam.
Kop van Noord-Holland en wadden-eilanden	Schoorl, H., 1999: De convexe kustboog: deel 1 t/m 4, Pirola, Schoorl.
Overijsselse Vecht	Wolfert, H.P. & G.J. Maas, 2007: Downstream changes of meandering styles in the lower reaches of the River Vecht, the Netherlands, Netherlands Journal of Geosciences, 86-3, p. 257-271.
Oude Rijn	Dinter, M. van, 2013: The Roman Limes in the Netherlands: how a delta landscape determined the location of the military structures, Netherlands Journal of Geosciences, 92-1, p. 11-32.
Kleinschalige reconstructies Nederland	
	Zagwijn, W.H., 1986: Nederland in het Holoceen, RGD, Haarlem.
	Mulder, F.J. de, <i>et al.</i> , 2003: De ondergrond van Nederland, Wolters-Noordhoff, Groningen.
	Vos, P.C., 2006: Toelichting bij de nieuwe paleogeografische kaarten van Nederland, NOaA hoofdstuk 25 (versie 1.0), (www.noaa.nl).
	Vos, P.C., 2011: Atlas van Nederland in het Holoceen: landschap en bewoning vanaf de laatste IJstijd tot nu, Bert Bakker, Amsterdam.
	Vos, P. & S. de Vries, 2013: 2e generatie paleogeografische kaarten van Nederland (versie 2.0). Deltares, Utrecht, (www.archeologieinnederland.nl).

Tabel 6.02: Overzicht van enkele belangrijke paleogeografische reconstructies.

'90 geplaatst in de Late IJzertijd, in de nieuwe reconstructies wordt deze geplaatst in de Vroege Middeleeuwen. Dit leidt tot een geheel ander beeld voor het IJsseldal. Het type data dat wordt gebruikt levert eveneens verschillende kaartbeelden op. De reconstructie van Fokkens van het Fries-Drents plateau is grotendeels gebaseerd op de verspreiding van archeologische vondsten en de daarbij behorende maaiveldhoogte. De reconstructie van Knol *et al.* voor dit gebied is grotendeels gebaseerd op de ontwikkeling van de relatieve zeespiegelstijging. Deze twee benaderingen leveren een zeer verschillend beeld op. Bij het lezen van een paleogeografische kaart is het dan ook van groot belang om kennis te hebben over de wijze waarop de betreffende kaart is samengesteld. Het is dan ook een gemis dat bij veel paleogeografisch kaartmateriaal een degelijke verantwoording van de bronnen waarop het kaartbeeld is gebaseerd ontbreekt.

6.3 Enkele voorbeelden

Wanneer informatie uit verschillende kaarten wordt gecombineerd, is het mogelijk een gedetailleerde gespecificeerde archeologische verwachting op te stellen conform de KNA. In deze paragraaf wordt voor twee verschillende gebieden, Winssen (Gelders rivierengebied) en Vessem (De Kempen, Noord-Brabant) een dergelijke verwachting opgesteld op basis van beschikbaar kaartmateriaal. Volgens de KNA dient op basis van de geraadpleegde aardkundige gegevens een *“helder en consistent verhaal te worden opgesteld, aan de hand waarvan uitspraken kunnen worden gedaan over de gebruiksmogelijkheden van het landschap door de mens in verschillende relevante perioden en voor verschillende relevante activiteiten.”* De bronnen die volgens de KNA altijd dienen te worden gebruikt zijn:

- Indicatieve Kaart Archeologische Waarden (IKAW) of meer gedetailleerde kaart (indien voorhanden);
- Geologische kaart van Nederland;
- Bodemkaart van Nederland;
- Geomorfologische kaart van Nederland, schaal minimaal 1:50:000.

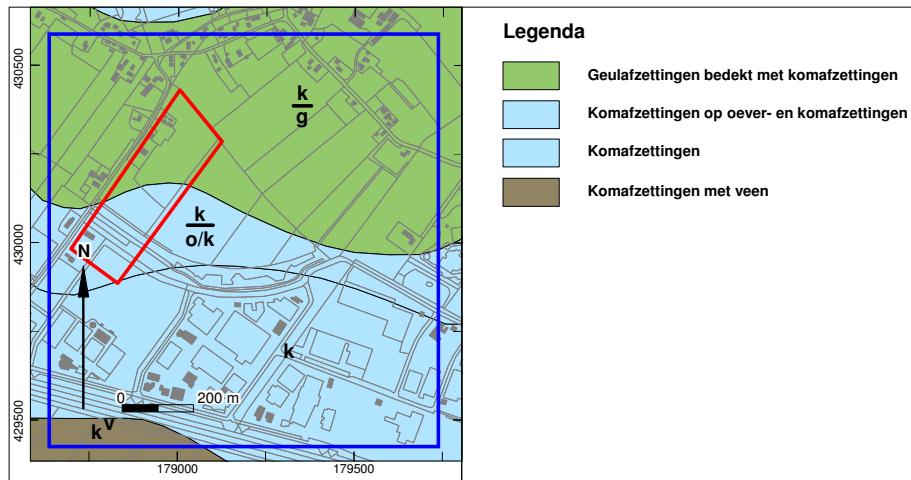
Daarnaast dient een beredeneerde keuze gemaakt te worden uit:

- Beschikbare lucht- en satellietfoto's;
- Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN);
- Hoogtekaarten en -bestanden;
- Gebiedsgerichte aardwetenschappelijke artikelen;
- Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond (DINO)

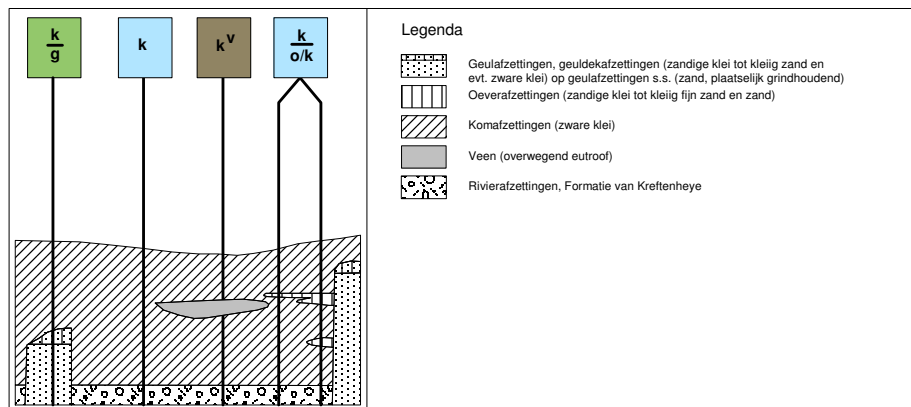
Bij het samenstellen van beide casussen is alleen gebruik gemaakt van de geologische kaart, bodemkaart en geomorfologische kaart. Steeds wordt aangegeven welke informatie is gebruikt. Naast de hierboven beschreven bronnen is gebruik gemaakt van de toelichting op de legenda van de geomorfologische kaart en de algemene toelichting op de legenda van de bodemkaart.

6.3.1 Casus Winssen (Holoceen)

In onderstaande beelden is in rood een fictief plangebied aangegeven. Binnen het plangebied wil de opdrachtgever een industrieterrein realiseren. De opdrachtgever wil het terrein bouwrijp maken om vervolgens kavels van variabele grootte te verkopen. Op dit moment is dus nog niet bekend tot op welke diepte verstoring plaats zal vinden. Uitgegaan mag worden van de volgende gegevens: voorafgaand aan de bouw zal de teelaarde worden verwijderd en een cunet worden uitgegraven tot ca. 1 meter onder maaiveld. Daarnaast worden riool, ontsluitingswegen en de noodzakelijke kabels en leidingen aangelegd. Het riool wordt aangelegd op circa 2 meter onder het huidige maaiveld. Het onderzoeksgebied (in blauw weergegeven) is conform de KNA een voor het onderzoek relevante uitsnede. In dit geval is het onderzoeksgebied zodanig gekozen dat tenminste één AMK-terrein en één ARCHIS-waarneming binnen het onderzoeksgebied aanwezig is.



Afbeelding 6.08: Uitsnede uit de geologische kaart blad 39O (naar: Verbraeck, 1984).



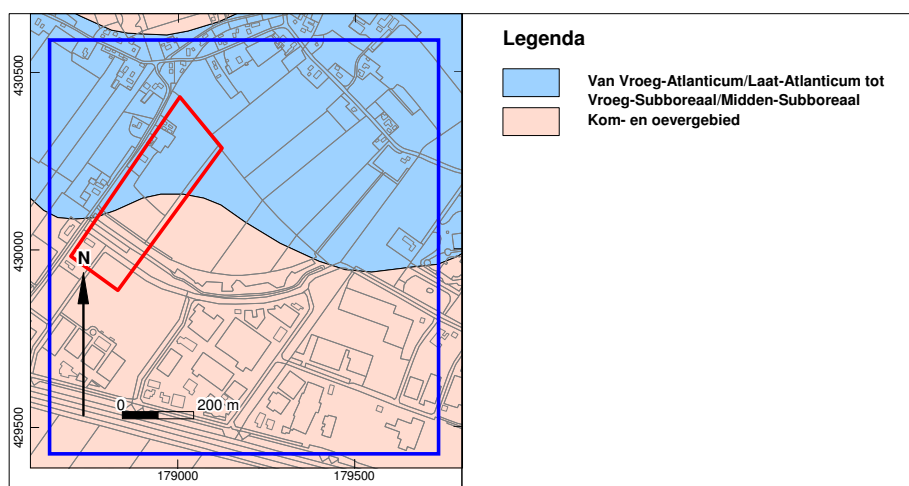
Afbeelding 6.09: Uitsnede uit het schematisch profiel bij de geologische kaart blad 39O (naar: Verbraeck, 1984).

De geologische kaart (afbeelding 6.08) geeft binnen het plangebied twee eenheden weer die beide worden gerekend tot de Betuwe Formatie. Dit wil zeggen dat de afzettingen van Holocene ouderdom zijn en gevormd in een fluviatiel milieu. In het noordelijk deel van het plangebied is sprake van de eenheid k/g , geulafzettingen bedekt met komafzettingen. Het begrip geulafzettingen wordt in deze kaart gebruikt in de betekenis van beddingafzettingen, zoals gedefinieerd in hoofdstuk 4. In het schematisch profiel (afbeelding 6.09) is goed te zien dat binnen de eerste eenheid sprake is van een met komafzettingen afgedekte meandergordel. De komafzettingen bestaan uit overwegend zware klei en de beddingafzettingen bestaan uit zand dat plaatselijk grindhoudend is. In het zuidelijk deel van het plangebied is sprake van de eenheid $k/o/k$, kom- op oever- en komafzettingen. Deze tweede eenheid bevindt zich volgens het schematisch profiel net naast de meandergordel en

doorsnijdt één of meerdere pakketten oeverafzettingen die in komafzettingen zijn ingebed. De komafzettingen bestaan ook hier overwegend uit zware klei, de oeverafzettingen uit zandige klei tot kleiig fijn zand en zand. Voor een goed begrip van de geologische kaart is het van belang om te weten dat in de legenda van deze kaart crevasseafzettingen niet apart worden onderscheiden. Indien crevasseafzettingen zijn gekarteerd, zijn deze opgenomen als oeverafzettingen of geulafzettingen.

De geologische kaart bevat verschillende bijkarten met een toelichting. In een eerste bijkart wordt een overzicht gegeven van de ouderdom van de verschillende Holocene stroomgordels (afbeelding 6.10). Hierbij moet worden opgemerkt dat het begrip stroomgordel in deze kaart wordt gebruikt in de betekenis van meandergordel, zoals gedefinieerd in hoofdstuk 4. In deze bijkart wordt de meandergordel gedateerd in de periode Vroeg-/Laat Atlanticum en Vroeg-/Midden Subborea, globaal tussen 8000 en 3800 jaar voor heden. Let op, het betreft hier dus ongekalibreerde ^{14}C -jaren. In de korte toelichting wordt ook in archeologische perioden een datering voor de actieve periode gegeven, namelijk Mesolithicum tot Bronstijd. Dit impliceert dat de mens de actieve rivier kon exploiteren vanaf de tweede helft van het Mesolithicum tot aan de Bronstijd. Voor deze periode kan dan bijvoorbeeld gedacht worden aan seizoensgebonden vis- en jachtkampementen. Vanaf de Bronstijd was het mogelijk permanente nederzettingsterreinen in te richten op en langs de meandergordel. In een tweede bijkart wordt de top van het voorkomen van zand aangegeven (afbeelding 6.11). Binnen vrijwel het gehele plangebied bevindt de top van het zand zich binnen 1-2 meter onder het huidige maaiveld.

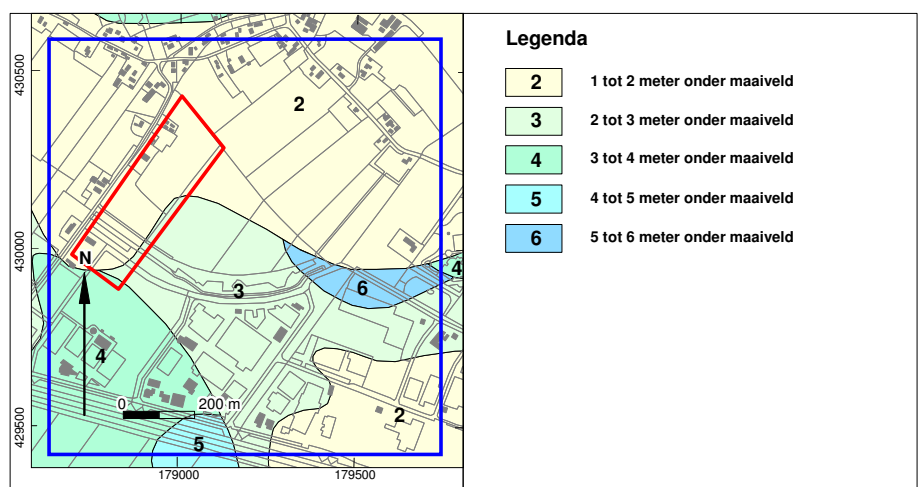
Het beeld van de bodemkaart is sterk vergelijkbaar met het beeld van de geologische kaart (afbeelding 6.12). Ook op basis van de bodemkaart is een tweedeling te maken binnen het plangebied. In het noordelijke deel is een Rn95C met grondwatertrap VI aangegeven. Deze eenheid wordt in de legenda omschreven als een poldervaaggrond ontwikkeld in zware zavel en lichte klei met een profielverloop 5. In het zuidelijke deel is een Rn67C met grondwatertrap V/VI aangegeven. Deze



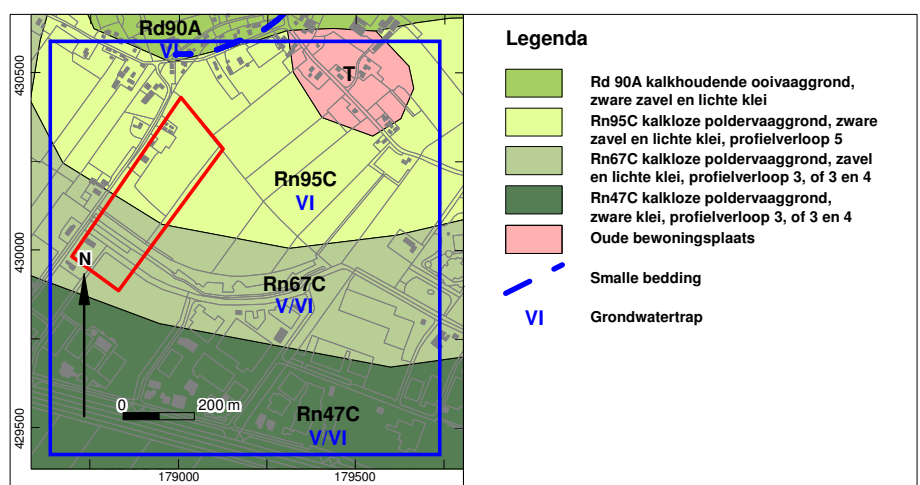
Afbeelding 6.10: Uitsnede uit de bijkart “ouderdom van Holocene stroomgordels” van de geologische kaart blad 390 (naar: Verbraeck, 1984).

eenheid wordt in de legenda omschreven als een poldervaaggrond ontwikkeld in zavel en lichte klei met een profielverloop 3 of 3 en 4.

De codes zijn opgebouwd volgens tabel 6.03 die is opgenomen in de algemene legenda van de bodemkaart. De hoofddeling van de rivierkleigronden (R) is gebaseerd op de diepte waarop hydromorfe kenmerken zichtbaar worden. Poldervaaggronden zijn relatief natte (n) gerijpte rivierkleigronden waarin oxidatievlekken (roestvlekken) of reductievlekken (grijze vlekken) zichtbaar worden binnen 50 cm onder het huidige maaiveld. In de tweede plaats worden deze gronden ingedeeld op basis van het koolzure kalkgehalte. Gronden die kalkloos zijn worden aangeduid met een C. Gronden die kalkhoudend zijn worden aangeduid met een A. In dit geval is binnen het plangebied dus sprake van een gerijpte en ontkalkte,



Afbeelding 6.11: Uitsnede uit de bijkart “zanddieptekaart” van de geologische kaart blad 39O (naar: Verbraeck, 1984).



Afbeelding 6.12: Uitsnede uit de bodemkaart blad 39O (naar: STIBOKA, 1973).

Hydromorfe kenmerken	Kalkverloop		Bouwvoorwaarte (% < 2µm)								Profielverloop						
	Kalkhoudend	Kalkloos	geen	lichte zavel (0-17,5)	Zware klei (>35)	Zavel (8-25)	Zavel en lichte klei (8-35)	klei (>25)	Zware zavel en lichte klei (17, 5-35)	geen indeling	op veen	op zand	met zware ondergrond	met zware laag of ondergrond	met zware laag, soms zware ondergrond	Overige	
code	A	C	.0	1.	4.	5.	6.	8.	9.	.0	.1	.2	.4	.6	.7	.5	
moerig materiaal beginnend tussen 40 en 80 cm DRECHTVAAGGRONDEN Rv..	Rv0.A		Rv0.A								Rv01A						
		Rv..C	Rv0.C								Rv01C						
niet-gerijpte minerale ondergrond NESVAAGGRONDEN Ro..	Ro..A				Ro4.A		Ro6.A			Ro40A Ro60A							
					Ro4.C		Ro6.C			Ro40C Ro60C							
roest en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm POLDERVAAGGRONDEN Rn..	Rn..A			Rn1.A	Rn4.A	Rn5.A	Rn6.A	Rn8.A	Rn9.A			Rn52A Rn82A		Rn46A Rn66A		Rn15A Rn45A	
																Rn95A	
		Rn..C		Rn1.C	Rn4.C		Rn6.C		Rn9.C			Rn42C Rn62C	Rn14C Rn44C Rn94C	bRn46C	Rn47C Rn57C	Rn15C Rn45C Rn95C	
geen roest en geen grijze vlekken beginnend binnen 50 cm OOIVAAGGRONDEN Rd..	Rd..A			Rd1.A	Rd4.A				Rd9.A	Rd10A Rd40A Rd90A							
		Rd..C		Rd1.C	Rd4.C				Rd9.C	Rd10C Rd40C Rd90C							

relatief natte rivierkleigrond waarin oxidatie en reductieverschijnselen binnen 50 cm onder het maaiveld zichtbaar zijn.

Het eerste cijfer in de code geeft het percentage lutum in de bouwvoor weer. Bij beide eenheden is sprake van zware zavel en lichte klei. De eenheid 6 omvat iets lichtere gronden (lager percentage lutum) dan eenheid 9, maar het ontloopt elkaar niet veel. Het tweede cijfer geeft het zogenaamde profielverloop aan. Het profielverloop geeft de opbouw van de ondergrond tot 120 cm onder het maaiveld schematisch weer (zie afbeelding 6.13). In de tabel is een hele korte omschrijving weergegeven. De verschillende profielverlopen worden in de toelichting op de legenda echter uitgebreid en als volgt beschreven:

Profielverloop 3: *“zavel of klei op een tussenlaag van niet-kalkrijke zware klei”*

Zavel of kleigronden met een niet-kalkrijke, zware kleilaag (>35% lutum) die

- Of begint binnen 25 cm en doorloopt tot ten minste 40 cm.
- Of begint tussen 25 en 80 cm en ten minste 15 cm dik is, in beide gevallen rustend op een lichtere of kalkrijke ondergrond die
- Of binnen 80 cm begint en ten minste 40 cm dik is
- Of dieper dan 80 cm begint en doorloopt tot dieper dan 120 cm.

Profielverloop 4: *“zavel of klei op een ondergrond van niet-kalkrijke zware klei”*

Zavel- en kleigronden met een niet-kalkrijke zware kleilaag (>35% lutum) die binnen 80 cm begint en die

- Of doorloopt tot dieper dan 120 cm
- Of ten minste 15 cm dik is en aansluitend tussen 80 en 120 cm diepte overgaat in moerig materiaal dat doorloopt tot dieper dan 120 cm.

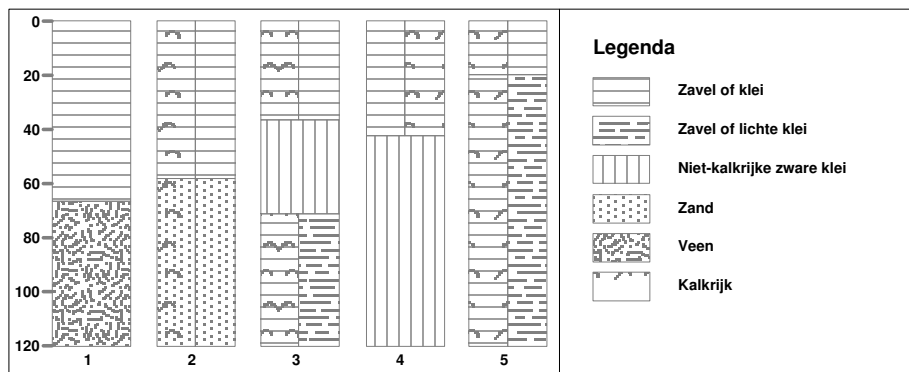
Profielverloop 5: *“overige zavel of klei met homogene, aflopende en oplopende profielen”*

Zavel en kleigronden met een niet-kalkrijke, zware kleilaag die niet vallen onder de definities van de profielverlopen 1 tot en met 4. Hiertoe behoren onder andere:

- Homogene profielen: tot 80 cm met weinig variatie in textuur (NB. profielen die geheel uit niet-kalkrijke, zware klei bestaan behoren tot profielverloop 4).
- Aflopende profielen; tussen 0 en 80 cm diepte neemt het lutumgehalte af zonder de textuurklasse zand te bereiken; binnen 80 cm mag wel kleilig uiterst fijn zand voorkomen (zie profielverloop 2)
- Oplopende profielen; tussen 0 en 80 cm diepte neemt het lutumgehalte toe; binnen 80 cm komt echter geen kalkloze of kalkarme, zware klei voor.
- Alle profielen met dunne moerige lagen, zandlagen of niet-kalkrijke, zware kleilagen e.d. binnen 80 cm.

Wanneer de informatie van de geologische kaart en de bodemkaart aan elkaar worden gekoppeld, lijkt het voor de hand te liggen dat in Rn95C in dit geval sprake is van een aflopend profiel (profiel 5). In het zuidelijk deel kan rekening

Tabel 6.03 (vorige pagina): Indeling, benaming en codering van de rivierkleigronden zonder minerale eerdlaag (naar: Steur et al., 1991).



Afbeelding 6.13: Voorbeelden van de profielverlopen 1 tot en met 5, schematisch voorgesteld (naar: Steur et al., 1991).

Gt	GHG (cm –mv)	GLG (cm –mv)	Tijdsduurklasse van de grondwaterstand
I	-	<50	Meer dan 10 maanden ondieper dan 40 cm
II ¹⁾	-	50-80	Meer dan 10 maanden ondieper dan 80 cm en minder dan 10 maanden ondieper dan 40 cm
III ¹⁾	<40	80-120	Meer dan 10 maanden ondieper dan 120 cm, minder dan 10 maanden ondieper dan 80 cm en meer dan 1 maand ondieper dan 40 cm
IV	>40	80-120	Meer dan 10 maanden ondieper dan 120 cm, minder dan 10 maanden ondieper dan 80 cm en minder dan 1 maand ondieper dan 40 cm
V ²⁾	<40	>120	5-10 maanden ondieper dan 120 cm en meer dan 1 maand ondieper dan 40 cm
VI	40-80	>120	5-10 maanden ondieper dan 120 cm en minder dan 1 maand ondieper dan 40 cm
VII ²⁾	>80	-	Minder dan 5 maanden ondieper dan 120 cm

¹⁾Van het 'droger deel' is de grondwaterstand minder dan 1 maand ondieper dan 25 cm.

²⁾Van het 'zeer droge deel' is de grondwaterstand minder dan 1 maand ondieper dan 120 cm.

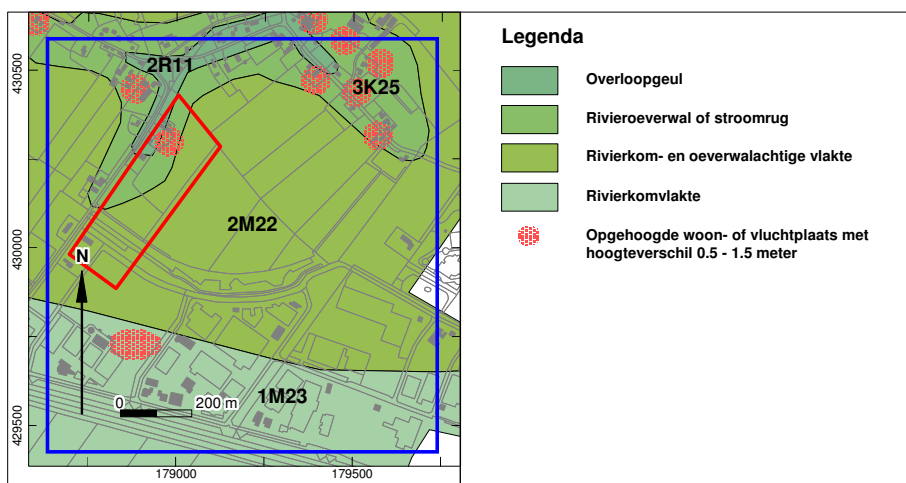
Tabel 6.04: Omzetting van grondwatertrappen in tijdsduurklassen (naar: Steur et al., 1991).

worden gehouden met één (profiel 4) of meer (profiel 3) pakketten oever- en of crevasseafzettingen binnen de eerste 120 cm onder maaiveld.

De grondwatertrap geeft informatie over de gemiddelde schommelingen van het grondwater door het jaar heen. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) is de waarde van de laagste grondwaterstand die onder gemiddelde weersomstandigheden in de zomer wordt bereikt. De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) is de waarde van de hoogste grondwaterstand die onder gemiddelde weersomstandigheden in de winter wordt bereikt. Een grondwatertrap V geeft een GHG van meer dan 40 cm onder maaiveld. In de toelichting op de legenda is aangegeven dat de gemiddelde grondwaterstand in het voorjaar, aan het begin van het groeiseizoen, zich bij deze Gt gemiddeld 25 cm boven de GHG bevindt. In principe kan de archeoloog dus gedurende het gehele jaar tot 40 cm –mv putjes graven zonder grondwateroverlast, maar moet hij in het voorjaar rekening houden met een iets

hogere grondwaterstand van rond de 15 cm –mv. Deze GHG wordt maar gedurende maximaal 1 maand per jaar bereikt. Daarnaast geldt voor deze grondwatertrap dat het grondwater gedurende 10 maanden per jaar tussen circa 80 en 120 cm –mv staat (zie tabel 6.04). Bij Gt V staat het grondwater gedurende 5 tot 10 maanden ondieper dan 120 cm –mv en meer dan 1 maand ondieper dan 40 cm –mv. Met andere woorden, er is sprake van een grotere grondwaterfluctuatie in Gt V dan in Gt IV.

De geomorfologische kaart geeft op het eerste gezicht een geheel ander beeld voor het plangebied (afbeelding 6.14). In het noordwestelijk deel is een 2R12 aanwezig. Deze wordt gedefinieerd als een overloopgeul. Een overloopgeul wordt in de toelichting op de legenda als volgt omschreven: *“Een overloopgeul is een geul die een oeverwal doorsnijdt en in de richting van de komvlakte loopt. Dergelijke geulen zijn bij hoge waterstanden van de rivier ontstaan”*. In hoofdstuk 4 worden de afzettingen die op deze wijze zijn gevormd aangeduid met het begrip crevasseafzettingen. De overloopgeul wordt geflankeerd door een 3K25, een rivieroeverwal of stroomrug. De ontstaanswijze van deze eenheid wordt in de toelichting op de legenda als volgt omschreven: *“Als een rivier bij hoge waterstanden buiten haar oevers treedt, vindt door vermindering van de stroomsnelheid afzetting van zandig materiaal plaats. Hierdoor ontstaan langs een rivier terreinvormen met flauwe hellingen, de oeverwallen. Het zijn de plekken die bij voorkeur voor bewoning hebben gediend.”* In de rest van het plangebied is sprake van een 2M22, een rivierkom en oeverwalachtige vlakte. In de toelichting wordt het ontstaan van deze eenheid als volgt omschreven: *“De rivierkomvlakte is een zeer vlak gebied waarin de fijnste bestanddelen tot bezinking zijn gekomen. De grovere materialen worden dicht bij de rivier afgezet en vormen de oeverwal (eenheid K25). De overgangszone tussen de oeverwal en de kom wordt aangeduid met het begrip kom- en oeverwalvormige vlakte (eenheid M22).”* Voor een uitgebreide beschrijving van dit proces wordt verwezen naar hoofdstuk 4.



Afbeelding 6.14: Uitsnede uit de geomorfologische kaart blad 39 (naar: STIBOKA, 1986).

Samenvattend:

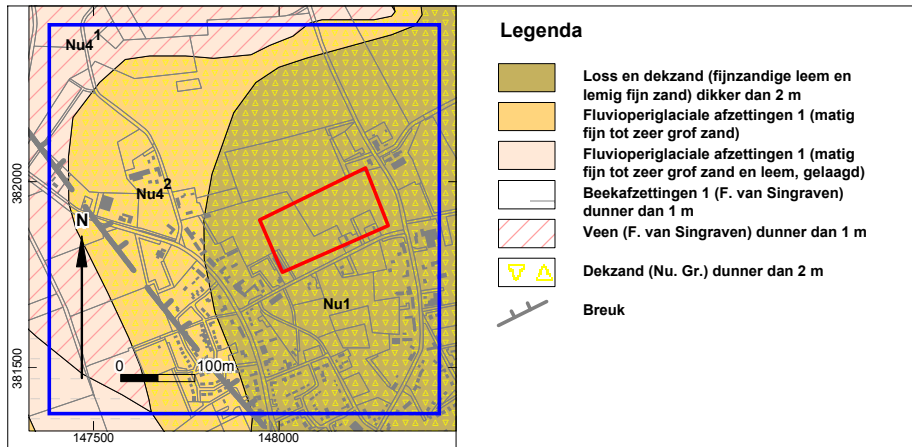
De basis van het plangebied bestaat uit zand. Dit zand bevindt zich in vrijwel het gehele plangebied binnen 2 meter onder het huidige maaiveld. Het zand is van fluviatile oorsprong en is gevormd in het Holocene tussen 8000 en 3800 BP. In het terrein kan een tweedeling worden gemaakt. In het noordelijke deel is sprake van geul- en oeverafzettingen of van afzettingen behorende bij een overloopgeul (crevasse). Omdat in de geologische kaart geen crevasseafzettingen worden onderscheiden, mag ervan worden uitgegaan dat in het noordelijke deel sprake is van crevasseafzettingen en in het zuidelijke deel van het plangebied sprake is van oever- en/of crevasseafzettingen ingebed in komafzettingen. Gezien de te verwachten profielopbouw in het zuidelijke deel van het plangebied (profielverloop 3) moet rekening worden gehouden met het voorkomen van meerdere vondstniveaus. In dit deel van het plangebied kunnen vindplaatsen voorkomen die dateren uit de actieve periode van de rivier en/of crevasse en later. In het noordelijke deel van het plangebied wordt een eventueel relevant archeologisch niveau aan of dicht onder het maaiveld verwacht. In dit deel van het plangebied moet rekening worden gehouden met het feit dat afzettingen door latere rivier- en/of crevasseactiviteit zijn opgeruimd. In het noordelijke deel worden dan ook vindplaatsen daterend uit de Bronstijd en later verwacht. Indien hier een archeologisch niveau aanwezig is, is dit opgenomen in de huidige bouwvoor.

Het gehele profiel is ontkalkt als gevolg van bodemvormende processen of het sediment is kalkloos afgezet. Wanneer archeologische resten aanwezig zijn heeft dit effect op de conserveringsomstandigheden van onder andere bot, aardewerk en steen. De ondiepe grondwaterstand is gunstig voor de conserveringsomstandigheden. Onverkoelde botanische resten mogen worden verwacht vanaf in ieder geval 120 cm onder het huidige maaiveld. Bij het uitvoeren van gravend veldwerk moet in het voorjaar rekening worden gehouden met een grondwaterdiepte van 25 cm –mv. Doorgaans zal het grondwater zich rond 80 cm –mv of dieper bevinden.

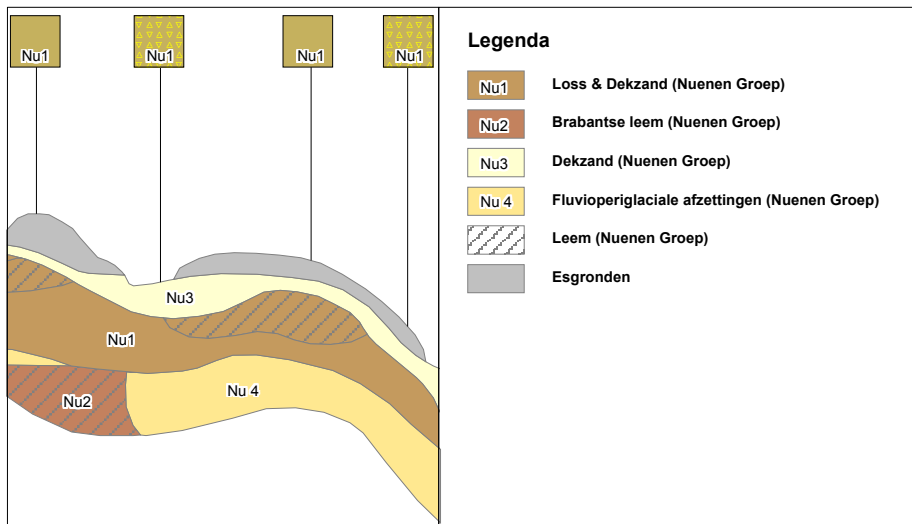
Bij eventueel vervolgonderzoek is het raadzaam extra aandacht te besteden aan de opgehoogde woon- of vluchtplaats die is aangegeven op de geomorfologische kaart. Veel vliedbergen en terpen in het rivierengebied zijn ontstaan na de bedding en worden veelal gedateerd in de periode Late Middeleeuwen - Nieuwe Tijd A.

6.3.2 *Casus Vessem (Pleistoceen)*

In onderstaande beelden is in rood een fictief plangebied aangegeven. Binnen het plangebied wil de opdrachtgever enkele woningen bouwen. De woningen worden gefundeerd op staal. Voorafgaand aan de bouw zal de teelaarde worden verwijderd en zal een cunet worden uitgegraven tot ca. 1 meter onder maaiveld. Daarnaast wordt het bestaande riool vervangen en uitgebreid. Dit riool wordt aangelegd op circa 2 meter onder maaiveld. Het onderzoeksgebied (blauw omlijnd) is conform de KNA een voor het onderzoek relevante uitsnede. In dit geval is het onderzoeksgebied zodanig gekozen dat tenminste één AMK-terrein en één ARCHIS-waarneming binnen het onderzoeksgebied aanwezig is.

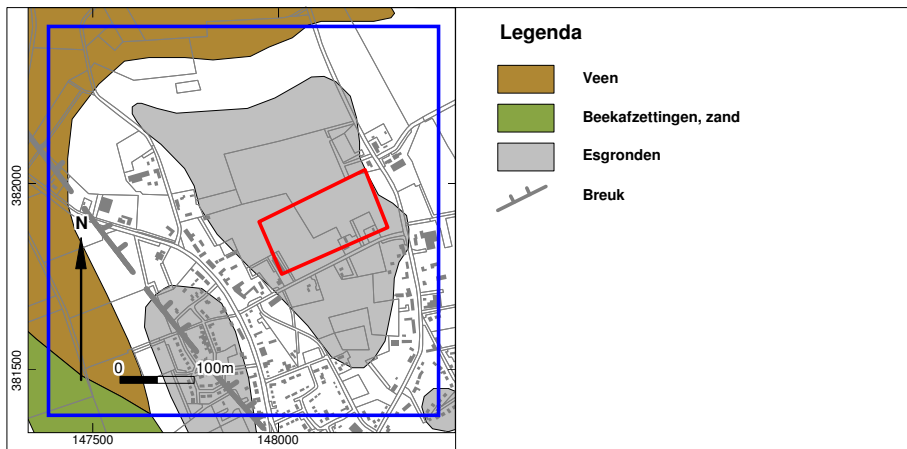


Afbeelding 6.15: Uitsnede uit de geologische kaart blad 51 W Eindhoven (naar: Bisschops et al., 1985).

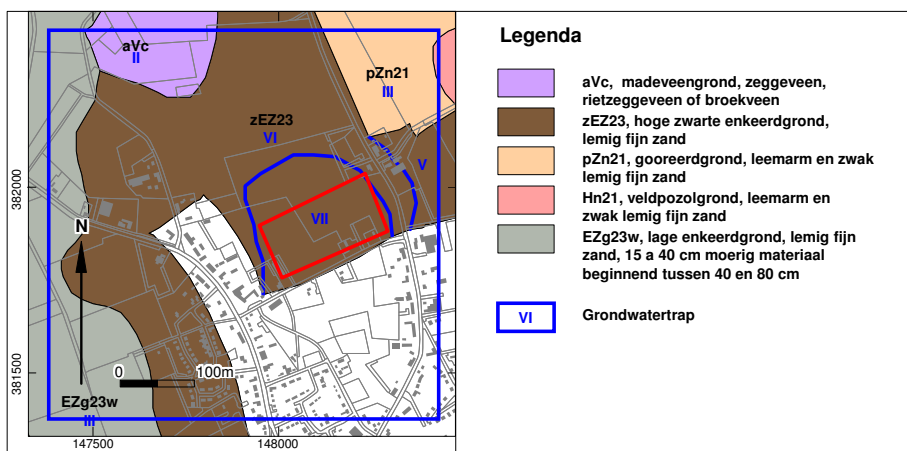


Afbeelding 6.16: Uitsnede uit de bijlage "Ondiepe profielen" van de geologische kaart blad 51 W Eindhoven (naar: Bisschops et al., 1985).

Op de geologische kaart is aangegeven dat het plangebied is gelegen in de eenheid Nu1 (zie afbeelding 6.15). Nuenen 1 bestaat uit fijnzandige leem en lemig fijn zand en wordt geïnterpreteerd als een pakket löss en/of fijnzandig dekzand. De dikte van het pakket is minder dan 2 meter. In de korte toelichting op de geologische kaart wordt gesteld dat de eenheid is ontstaan in het Boven Pleniglaciaal vóór 13.000 BP. De eenheid Nu1 is afgedekt met de eenheid Nu3 (zie afbeelding 6.16). Nuenen 3 wordt in de legenda omschreven als fijn zand en lemig fijn zand en is geïnterpreteerd als dekzand. Nuenen 3 is volgens de korte toelichting op de geologische kaart gevormd in het Laat-Glaciaal tussen 13.000 en 10.000 BP. In



Afbeelding 6.17: Uitsnede uit de bijkaart "Holoceen" van de geologische kaart blad 51 W Eindhoven (naar: Bisschops et al., 1985).



Afbeelding 6.18: Uitsnede uit de bodemkaart blad 51 west Eindhoven (naar: STIBOKA, 1984).

deze toelichting is aangegeven dat in het Holoceen plaatselijk verstuiwing van het dekzand is opgetreden. Dit stuifzand kan worden gerekend tot de Formatie van Kootwijk. Het geheel is afgedekt met een esgrond zoals weergegeven op de bijkaart bij de geologische kaart (afbeelding 6.17). In het ondiepe profiel dat bij de kaart is afgebeeld is de globale profielopbouw te zien. In dit profiel komt de eenheid Nu1 verschillende keren voor. In het geval van de casus gaat het om de profielopbouw zoals weergegeven aan de rechterzijde, immers op de kaart is het gele ruitjesraster aangegeven en in de bijkaart is binnen het plangebied een esdek weergegeven.

Op de bodemkaart is het plangebied gelegen op de eenheid zEZ23 met grondwatertrap VII, een hoge zwarte enkeerdgrond ontwikkeld in lemig fijn zand (zie afbeelding 6.18). De code is opgebouwd volgens de tabel die is opgenomen in de algemene legenda van de bodemkaart (tabel 6.05).

Het begrip hoge, in hoge zwarte enkeerdgrond, heeft betrekking op de gemiddelde grondwaterstand. Bij een hoge enkeerdgrond is sprake van een Gt IV of hoger, bij een lage enkeerdgrond is sprake van een Gt III of lager. De grondwatertrap geeft informatie over de gemiddelde schommelingen van het grondwater door het jaar heen. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) is de waarde van de laagste grondwaterstand die onder gemiddelde weersomstandigheden in de zomer wordt bereikt. De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) is de waarde van de hoogste grondwaterstand die onder gemiddelde weersomstandigheden in de winter wordt bereikt. Een grondwaterstand VII geeft een GHG van meer dan 80 cm onder maaiveld. In de toelichting op de legenda is aangegeven dat de gemiddelde grondwaterstand in het voorjaar (aan het begin van het groeiseizoen) zich bij deze Gt gemiddeld 25 cm boven de GHG bevindt. In principe kan de archeoloog dus gedurende het gehele jaar tot 80 cm –mv putjes graven zonder grondwateroverlast maar moet hij in het voorjaar rekening houden met een iets hogere grondwaterstand van rond de 55 cm –mv. Daarnaast geldt voor deze eenheid dat het grondwater gedurende meer dan 5 maanden per jaar dieper staat dan 120 cm –mv (zie tabel 6.03). Voor deze locatie mogen goede conserveringscondities voor onverkoelde resten dus pas worden verwacht vanaf 120 cm –mv of dieper.

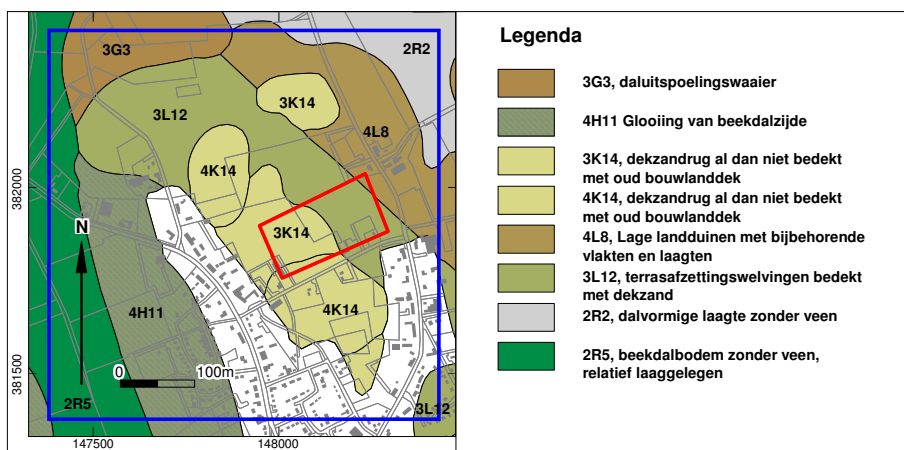
Het begrip zwarte in de eenheid hoge zwarte enkeerdgrond wordt in de code aangegeven met een kleine z. Dit begrip heeft betrekking op de kleur van de eerdlaag. De kleur van de eerdlaag zegt iets over de aard van de humus die in de eerdlaag aanwezig is. Zwarte humus heeft een hogere koolstof-stikstof verhouding (C/N-verhouding) in vergelijking met bruine humus. Vanuit landbouwkundig oogpunt is deze hogere C/N-verhouding minder gunstig. Voor het plangebied mag worden verwacht dat deze slechte humus afkomstig is van plaggen, die in het nabijgelegen beekdal zijn gestoken. Meestal, maar zeker niet altijd, zijn deze zwarte eedrlagen relatief jong, 16^e-17^e eeuw of later.

De cijfers in de code hebben betrekking op de korrelgrootteverdeling van het zand en het siltgehalte van het zand. In dit geval gaat het om fijn zand, zand met een korrelgrootteverdeling kleiner dan 120 µm. Het siltgehalte ligt tussen de 10 en 50 %. Dit betekent dat het gaat om een ondergrond met gunstige hydrologische eigenschappen. Dat wil zeggen dat de grond relatief goed doorlaatbaar is en dat de bodem het vocht “goed vasthoudt”. In de bodemkundige literatuur wordt dan gesproken van een goed vochtleverend vermogen. In gewoon Nederlands betekent het dat bij gewone regenval de grond veel water op kan nemen en de kans op rot in gewassen door langdurige plasvorming klein is. Daarnaast betekent het dat de grond niet snel uitdroogt waardoor het gewas bij een langere drogere periode niet snel zal verdorren.

De geomorfologische kaart geeft voor het plangebied twee eenheden aan, 4K14 en 3L12a (zie afbeelding 6.19). Het cijfer voor de code geeft de reliëfklasse weer. De reliëfklasse geeft aan wat de gemiddelde hoogteverschillen binnen de eenheid zijn. Bij eenheid 4 is sprake van hoogteverschillen tussen 1,5 en 5 meter binnen de eenheid. De rug is ontstaan als gevolg van het opwaaien van zand onder koude (periglaciale) omstandigheden. Op de rug kan een oud bouwlanddek aanwezig

Aard van het moedermateriaal	Ligging t.o.v. het grondwater	Kleur van de eerdlaag	Grofheid van het zand (M50)		Leemgehalte van het zand (% < 50 µm)			Bouwvoorwaarte (% < 2 µm)			Profielverloop	
			fijn (< 210 µm)	grof (> 210 µm)	leemarm en zwak leemig (0-17,5)	lemig (10-50)	geen indeling	lichte zavel (8-17,5)	zware zavel en klei (>17,5)	zandige leem (50-85)	met zware laag of ondergrond	op zand of aflopend
Code			2.	3.	.1	.3	.0	1.	7.	5	.6	.9
zand Enkeerd- gronden .EZ...	laag GT III en lager Lage enkeerd- gronden EZg..	geen indeling	EZg2.	EZg3.	EZg21	EZg23	EZg30					
	hoog GT IV en hoger gronden EZ..	zwart Hoge zwarte enkeerd- gronden zEZ..	zEZ2.	zEZ3.	zEZ21	zEZ23	zEZ30					
		bruin Hoge bruine enkeerdgronden bEZ..	bEZ2.	bEZ3.	bEZ21	bEZ23	bEZ30					
leem Tuineerd- gronden EL	geen indeling	geen indeling								EL5		
zavel en klei Tuineerd- gronden EK..	geen indeling	geen indeling						EK1.	EK7.		EK16 EK76	EK19 EK79

Tabel 6.05: Indeling, benaming en codering van de dikke eerdgronden (naar: Steur et al., 1991).



Afbeelding 6.19: Uitsnede uit de geomorfologische kaart blad 51 Eindhoven (naar: STIBOKA, 1977).

zijn, maar dat hoeft niet. In het westelijk deel van het plangebied zijn de reliëfverschillen kleiner, 1-1,5 meter. De ondergrond bestaat uit afzettingen die zijn gevormd in een rivier.

Samenvattend:

De basis van het plangebied bestaat uit sterk siltige afzettingen die zijn gevormd in het Weichselien. In de top van deze afzettingen kunnen vindplaatsen uit het Laat-Paleolithicum aanwezig zijn. Deze afzettingen kunnen voorkomen binnen de eerste 2 meter onder maaiveld. Deze afzettingen zijn afgedekt met een dun pakket dekzand. Dit dekzand heeft gunstige hydrologische eigenschappen vanuit een landbouwkundig oogpunt. Verwacht mag worden dat in de top van het dekzand vindplaatsen voorkomen die dateren vanaf het Laat-Paleolithicum tot in de Nieuwe Tijd. Binnen het plangebied is het mogelijk dat tijdens het Holoceen plaatselijk verstuiving van het dekzand is opgetreden. Binnen het plangebied moet er dan ook rekening mee worden gehouden dat het Pleistocene oppervlak kan zijn afgedekt met stuifzand. Binnen het plangebied is sprake van een eerdlaag. Deze eerdlaag is waarschijnlijk relatief laat (16^e of 17^e eeuw) ontstaan. Het is aannemelijk dat de top van de oorspronkelijke bodem is opgenomen in deze eerdlaag. Verwacht wordt dan ook dat in het gebied een vondstlaag ontbreekt. De conserveringsomstandigheden voor onverkoelde botanische resten zijn als gevolg van de diepe natuurlijke ontwatering slecht. Bij het uitvoeren van gravend veldwerk moet in het voorjaar rekening worden gehouden met een grondwaterdiepte van 55 cm –mv. Doorgaans zal het grondwater zich dieper dan 120 cm –mv bevinden.

De ASB uitgelegd

Zowel binnen de aardwetenschappelijke als de archeologische wereld in Nederland bestaan er verschillende visies op de optimale methode voor het systematisch documenteren van de lithologie. In de Kwaliteitsnorm voor de Nederlandse Archeologie (KNA) heeft men gekozen voor een laagbeschrijvingsstelsel, de Archeologische Standaard Boorbeschrijvingsmethode (ASB: Bosch, 2008). Binnen deze beschrijvingsmethode wordt de textuur beschreven volgens NEN5104 (Nederlandse Norm: NNI, 1989). Binnen het archeologisch werkveld wordt daarnaast door enkele bedrijven en overheden het textuurbeschrijvingsstelsel van de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA) gebruikt. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de wijze waarop de ASB is opgezet en hoe deze in het veld is toe te passen. Eerst wordt de achtergrond van de ASB beschreven, vervolgens komen de textuurbeschrijvingsstelsels NEN5104 en STIBOKA aan bod. Vervolgens worden de invoervelden van de ASB behandeld. Daarbij wordt stilgestaan waarom de te verzamelen gegevens relevant zijn binnen het archeologisch onderzoek. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een kritische beschouwing over het gekozen laagbeschrijvingsstelsel. Als bijlage bij deze paragraaf is een beknopte omzettingstabel opgenomen van STIBOKA-textuurbeschrijvingen naar NEN5104-textuurbeschrijvingen en vice versa (bijlage 7.01).

7.1 ASB: de basics

De Archeologische Sediment Beschrijvingsmethode ofwel ASB kent een lange historie. Binnen de aardwetenschappelijke wereld is veel en vooral lang gediscussieerd, hoe en welke bodemdata het beste systematisch kunnen worden verzameld. Al in de jaren '30 van de vorige eeuw kwam er een NN-norm uit waarin de beschrijving van de korrelgrootteverdeling werd vastgelegd. In 1966 publiceerde de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA) een textuurbeschrijvingsstelsel. Dit stelsel is opgezet om textuurverschillen in het veld vast te leggen. Daarbij wordt een onderscheid gemaakt tussen sedimenten die door de wind zijn gevormd en sedimenten die niet door de wind zijn gevormd. In het veld werd deze scheiding als een grote belemmering ervaren. Om dit probleem op te lossen introduceerde Verbraeck in 1984 de zogeheten combinatiedriehoek. Deze driehoek vond binnen STIBOKA geen ingang, maar bijvoorbeeld wel binnen de Interfaculteit der Aardrijkskunde en Prehistorie in Utrecht (tegenwoordig Faculteit voor Geowetenschappen).

Uiteindelijk besloot een commissie van wijze heren een nieuw systeem in te voeren, de NEN5104. Deze werd in 1989 gepubliceerd, gelijktijdig met een herziene versie van het systeem van STIBOKA.

Ten behoeve van de automatisering van het centrale archief voor bodemdata, het huidige DINO (Digitaal Informatiesysteem van de Nederlandse Ondergrond), diende een uniform coderingssysteem te worden aangelegd. Dit mondde uit in de zogenaamde SBB (Standaard Boor Beschrijvingsmethode). Hierin werd de NEN5104 opgenomen als een textuurbeschrijvingsysteem. Alle bestaande gegevens moesten binnen dit SBB kunnen worden opgenomen. SBB heeft daardoor een veelheid aan mogelijkheden voor het invoeren van kenmerken die binnen het archeologisch werkveld eigenlijk nooit gebruikt worden. Een volgende commissie van wijze heren heeft daarom een uittreksel van de SBB gemaakt en aangevuld met door het archeologisch werkveld gewenste archeologisch relevante informatie, het uiteindelijke ASB. Deze aanvullende archeologische kenmerken zijn ook opgenomen in de SBB.

In de ASB worden de gegevens in twee tabellen aangeleverd, de zogenaamde kopgegevens en de zogenaamde laaggegevens. De kopgegevens worden onderverdeeld in algemene kopgegevens en kopgegevens met betrekking tot de lithologie. De laaggegevens en kopgegevens worden gekoppeld middels een uniek identificatienummer. In de ASB is een aantal velden verplicht. Deze velden zijn in de ASB gemarkeerd met een asterix. Sommige velden zijn voorwaardelijk verplicht, deze zijn aangegeven met een dubbele asterix. Voorwaardelijk wil zeggen dat deze alleen verplicht zijn als er een ander kenmerk is ingevuld. Wanneer bijvoorbeeld zand is ingevuld als textuur is het verplicht de mediane waarde van de korrelgrootte van het zand op te geven. Omdat de gegevens worden ingevoerd in een computer kennen de meeste velden de codes *1* tot en met *3*, *spoor*, *weinig*, *veel*.

Voor het invoeren van boorgegevens bestaan diverse programma's. Binnen het archeologisch werkveld zijn er drie programma's die veel gebruikt worden: TerraIndex (IT-Works), Deborah (RAAP) en BORIS (Deltares). De uitvoer van deze programma's voldoet aan de eisen die in de ASB worden gesteld. Daarnaast zijn er verschillende bedrijven die een eigen invoermodule hebben ontwikkeld.

7.2 NEN5104

De NEN5104 is zoals hierboven beschreven een textuurbeschrijvingsysteem, de ASB is een sedimentbeschrijvingsysteem. Het eerste beschrijft feitelijk alleen de korrelgrootteverdeling, het tweede geeft allerlei andere informatie weer over het sediment zoals de sedimentaire gelaagdheid, het koolzure kalkgehalte, aard van het veen (bosveen, veenmosveen, etc.), nieuwvormingen (ijzer-, mangaanoxiden, etc.), enzovoorts.

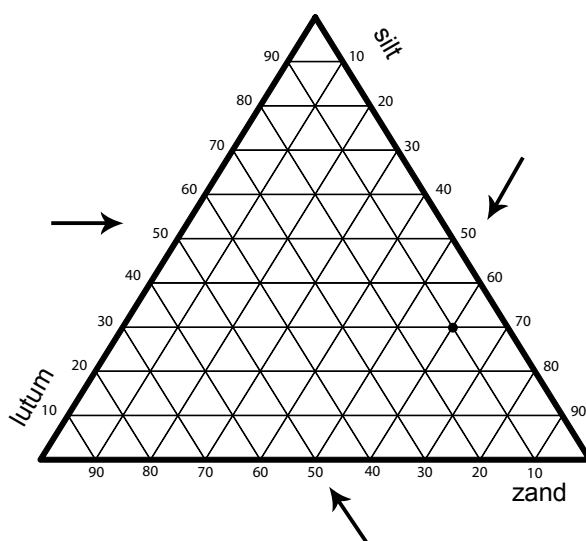
Binnen de NEN5104 wordt een onderscheid gemaakt in organische stof, koolzure kalk (CaCO_3) en deeltjes die op basis van hun korrelgrootte kunnen worden onderverdeeld. Op basis van korrelgrootteverdeling worden de volgende fracties onderscheiden:

Lutum: deeltjes tot 2 μm (0,002 mm).
 Silt: deeltjes van 2 tot 63 μm (0,002 - 0,063 mm)
 Zand: deeltjes van 63 tot 2000 μm (0,063 - 2 mm)
 Grind: deeltjes van 2 mm tot 63 mm

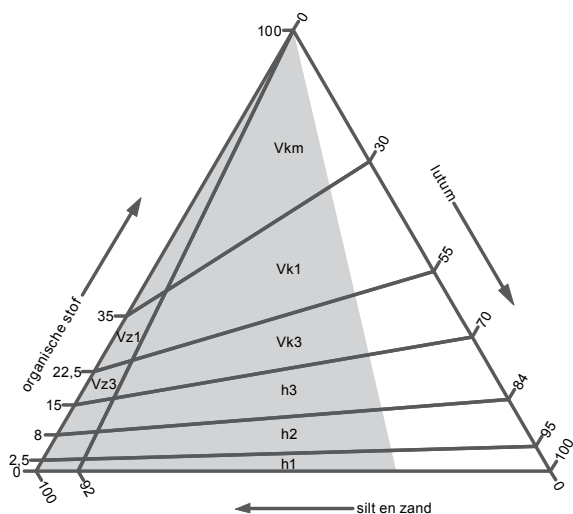
De NEN5104 maakt voor de indeling in textuurklassen gebruik van zogenaamde textuurdriehoeken. Dit zijn diagrammen waarin drie kenmerken zijn uitgezet. Het lezen van zo'n driehoek wordt vaak als lastig ervaren. Afbeelding 7.01 is een voorbeeld van een dergelijk driehoeksdiagram waarin de fracties lutum, silt en zand tegen elkaar zijn uitgezet. De waarde langs de drie assen is aangegeven in gewichtspersentages. De pijlen geven aan in welke richting de waarde wordt afgelezen. Ter plekke van de stip is sprake van 30% lutum, 10% zand en 60% silt.

Binnen de NEN5104 wordt een onderscheid gemaakt in hoofdgrondsoorten en bijmengingen. De hoofdgrondsoort wordt aangegeven met een hoofdletter, de bijmengingen met een kleine letter. In de natuur komen vrijwel geen grondsoorten voor die bestaan uit korrels van één fractie. Een hoofdgrondsoort is dan ook bijna altijd een mengsel van korrels uit de verschillende korrelgroottefracties. Als hoofdgrondsoorten worden onderscheiden: veen (V), grind (G), zand (Z), klei (K) en leem (L). Bij het begrip hoofdgrondsoort zand wordt een mengsel van de korrelgroottefracties zand (z), silt (s) en lutum (k) bedoeld. Het is verwarrend dat hier opnieuw het begrip zand wordt gehanteerd.

Met de bijmenging kun je aangeven in welke mate de andere fracties voorkomen in het te beschrijven grondmonster. De bijmenging wordt aangegeven met een kleine letter en een cijfer. Het cijfer geeft de grootte van de bijmenging aan, zwak (1), matig (2), sterk (3) en uiterst (4). Bij één hoofdgrondsoort is het mogelijk dat verschillende bijmengingen aanwezig zijn. Een zandmonster dat een klein beetje silt, enige organische stof en enkele grindjes bevat wordt genoteerd als Zs1h1g1, zwak siltig, zwak humeus, zwak grindig zand.

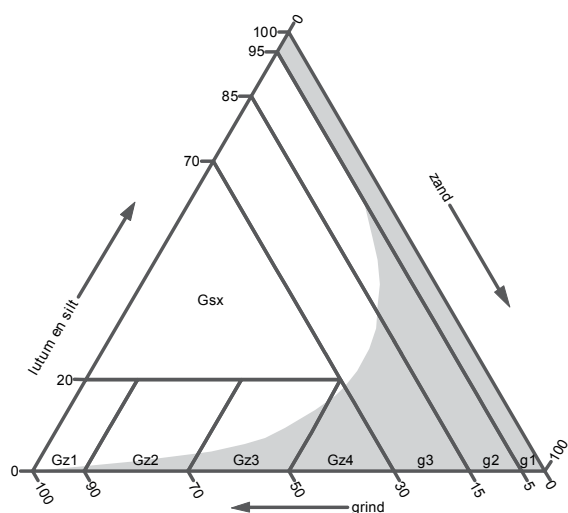


Afbeelding 7.01: Voorbeeld van een driehoeksdiagram. De pijlen geven aan in welke richting het diagram per as gelezen moet worden.



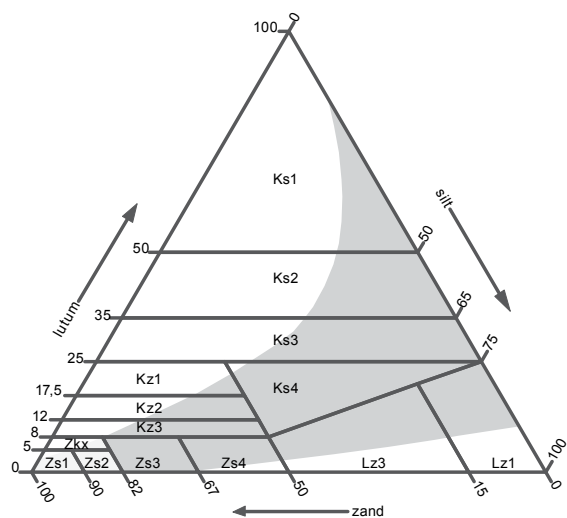
- Vkm Veen mineraalarm
- Vk1 Veen zwak kleiig
- Vk3 Veen sterk kleiig
- Vz1 Veen zwak zandig
- Vz3 Veen sterk zandig
- h1 Zwak humeus
- h2 Matig humeus
- h3 Sterk humeus

Afbeelding 7.02:
Organische stof driehoek
(naar: NNI, 1989).



- Gsx Grind siltig
- Gz1 Grind zwak zandig
- Gz2 Grind matig zandig
- Gz3 Grind sterk zandig
- Gz4 Grind uiterst zandig
- g1 zwak grindig
- g2 matig grindig
- g3 sterk grindig

Afbeelding 7.03: Grind
driehoek (naar: NNI,
1989).



- Ks1 Klei zwak siltig
- Ks2 Klei matig siltig
- Ks3 Klei sterk siltig
- Ks4 Klei uiterst siltig
- Kz1 Klei zwak zandig
- Kz2 Klei matig zandig
- Kz3 Klei sterk zandig
- Lz1 Leem zwak zandig
- Lz3 Leem sterk zandig
- Zkx Zand kleiig
- Zs1 Zand zwak siltig
- Zs2 Zand matig siltig
- Zs3 Zand sterk siltig
- Zs4 Zand uiterst siltig

Afbeelding 7.04: Zand-
klei driehoek (naar: NNI,
1989).

De NEN5104 kent 3 textuurdriehoeken, de organische stof driehoek, de grind-driehoek en de zand-klei-driehoek. In de organische stof driehoek staat het gewichtspercentage organische stof afgezet tegen het gewichtspercentage lutum en het gezamenlijke gewichtspercentage van zand en silt. In de grind-driehoek is het gewichtspercentage grind uitgezet tegen het gewichtspercentage zand en het gezamenlijke gewichtspercentage silt en lutum. In de zand-klei-driehoek is tenslotte het gewichtspercentage zand uitgezet tegen het gewichtspercentage lutum en het gewichtspercentage silt.

Bij elke textuurbepaling wordt eerst het organisch stofgehalte geschat (afbeelding 7.02). Indien de hoofdgrondsoort veen is, wordt geen gebruik meer gemaakt van de grind-driehoek en de zand-klei-driehoek. Als wordt vastgesteld dat er geen sprake is van de hoofdgrondsoort veen wordt vervolgens het grindgehalte bepaald (afbeelding 7.03). Bij de bepaling van het grindgehalte wordt het eerder bepaalde gehalte organische stof buiten beschouwing gelaten. Als de hoofdgrondsoort grind is wordt geen gebruik meer gemaakt van de zand-klei-driehoek. Als grind afwezig is of sprake is van een bijmenging grind wordt gebruik gemaakt van de zand-klei-driehoek (afbeelding 7.04). Bij de bepaling van de textuur worden de eerder geschatte volumes organische stof en grind buiten beschouwing gelaten.

Een voorbeeld:

Een monster bevat 4% organische stof, 5% grind, 11% lutum, 20% silt en 60% zand. In de organische stof driehoek wordt 4% organische stof uitgezet tegen 11% lutum en 85% zand, silt en grind. Op basis van de organische stof driehoek wordt vastgesteld dat er sprake is van een bijmenging organische stof (h2). Vervolgens wordt het percentage grind uitgezet, daarbij wordt het percentage organische stof buiten beschouwing gelaten. In de driehoek wordt dan 5% grind uitgezet tegen 22% lutum en silt en 63% zand. Op basis van de grind-driehoek kan worden vastgesteld dat sprake is van een grindbijmenging (g2). Vervolgens worden de percentages lutum, silt en zand tegen elkaar uitgezet in de zand-klei-driehoek. Daarbij worden de eerder geschatte percentages organische stof en grind buiten beschouwing gelaten. In de driehoek wordt dan 66% zand uitgezet tegen 12% lutum en 22% silt. De hoofdgrondsoort is klei met een zandbijmenging (z2). Uitgeschreven wordt de textuur als volgt Kz2h2g2 ofwel matig humeuze, matig grindige, matig zandige klei.

Wanneer sprake is van een hoofdgrondsoort zand of grind is het verplicht de mediane waarde van respectievelijk de zandfractie of grindfractie weer te geven. De mediane fractie is de waarde waarboven en waarbeneden 50% van het gewicht van de zandfractie ligt. Het is dus iets anders dan het gemiddelde. De korrelgrootteverdeling is onder andere van belang voor de doorlaatbaarheid en het vochtleverend vermogen. Dit laatste is van belang voor archeologen, omdat het iets zegt over het teeltrisico (de kans op misoogsten) op bepaalde gronden en de potentiële conservering van archeologische resten. Daarnaast geeft het de mogelijkheid om windafzettingen te onderscheiden van fluviatiele afzettingen. De mediane waarde kan worden geschat met behulp van een zandlineaal. In de NEN5104 worden de volgende mediane klassen gehanteerd.

Code	Klasse	Mediaan
UFZ	Uiterst fijn zand:	$\geq 63 - < 105 \mu\text{m}$
ZFZ	Zeer fijn zand:	$\geq 105 - < 150 \mu\text{m}$
FZ	Matig fijn zand:	$\geq 150 - < 210 \mu\text{m}$
GZ	Matig grof zand:	$\geq 210 - < 300 \mu\text{m}$
ZGZ	Zeer grof zand:	$\geq 300 - < 420 \mu\text{m}$
UGZ	Uiterst grof zand:	$\geq 420 - < 2000 \mu\text{m}$
FG	Fijn grind:	$\geq 2 - < 5.6 \text{ mm}$
GG	Matig grof grind:	$\geq 5.6 - < 16 \text{ mm}$
ZGG	Zeer grof grind:	$\geq 16 - < 63 \text{ mm}$

Een laatste verplichting in de NEN5104 is de beschrijving van het koolzure kalkgehalte (CaCO_3 of calciumcarbonaat). Het gehalte calciumcarbonaat in het sediment kan eenvoudig worden geschat door enkele druppels 10% zoutzuuroplossing op het monster te druppelen. Deze oplossing is in elke bouwmarkt verkrijgbaar. Wanneer het sediment zowel hoorbaar als zichtbaar opbruist is sprake van een kalkgehalte van meer dan 1 a 2%. Het sediment wordt dan kalkrijk genoemd. Wanneer het sediment hoorbaar maar niet zichtbaar opbruist varieert het kalkgehalte tussen 0,5 en 1 a 2%. Het sediment wordt dan kalkhoudend genoemd. Als het sediment zowel niet hoorbaar als zichtbaar opbruist dan is het kalkgehalte kleiner dan 0,5%. Het sediment wordt dan kalkloos genoemd.

Een textuur schatten op de hand is lastig en vereist veel ervaring. Hieronder is een aantal veldkenmerken voor veel voorkomende lithologieën opgenomen, die behulpzaam kunnen zijn bij het determineren in het veld.

- Ks1: Je kan goed balletjes draaien en rolletjes draaien. Je voelt geen zandkorrels, het voelt als “boter” of als het droger is “chocolade”.
- Ks2: Ook hiervan kan je goed balletjes draaien en rolletjes draaien. Je voelt wel zandkorrels maar je ziet ze niet.
- Ks3: Balletjes draaien gaat nog steeds goed maar rolletjes scheuren. Je voelt en ziet zandkorrels.
- Ks4: Als het nat is kan je er nog een balletje van draaien. Je ziet veel zand, bevat ook vaak veel silt, dit geeft een witte stoffige aanslag op je handen als het opdroogt.
- Kz2: Je kan hier geen balletjes meer van draaien maar er zit nog een duidelijke component lutum in (het plakt).
- Kz3: Het lijkt op zand maar als je het tussen je vingers wrijft plakt (lutum) het nog steeds een beetje.
- Zs1-4: Bevat vrijwel geen lutum meer en plakt dan ook niet aan de vingers als je het uitwrijft. Het onderscheid in verschillende siltigheidsklassen is moeilijk te maken. Uiterst siltig zand geeft een witte, stoffige aanslag op de handen als je het droog wrijft. Verder is het “stoffig” als je je handen in elkaar slaat.

- Lz1-2 Leem voelt vetzig aan (kledingkrijt), daarnaast heeft leem vaak een prismatische structuur (brokkelig). Als leem uitdroogt slaat het wit uit en vormt het brokjes. In sterk zandige leem zijn de zandkorrels duidelijk herkenbaar, bij zwak zandige leem zit er nog wel wat zand in maar dit valt doorgaans in een zeer fijne fractie. Dit type sediment vind je overwegend in Limburg (denk aan löss) en soms op enige diepte in Pleistocene afzettingen (bijvoorbeeld Laag van Wijchen) of op enige diepte in het dekzand.
- Vkm: Als je het veen tussen je vingers wrijft blijft er niets aan je vingers achter.
- Vk1: Als je het tussen je vingers wrijft blijft er plak (lutum) op je vingers achter.
- Vk3: Het lijkt zware klei als je het uitsmeert maar het veert als spekkies als je er in knijpt.

7.3 STIBOKA (combinatiedriehoek Verbraeck)

Binnen de STIBOKA-classificatie wordt net als bij de NEN5104 een onderscheid gemaakt in organische stof, koolzure kalk (CaCO_3) en deeltjes die op basis van hun korrelgrootte kunnen worden onderverdeeld. De grenzen van de korrelgroottefracties wijken licht af van de NEN5104:

Lutum: deeltjes tot 2 μm (0,002 mm).

Silt: deeltjes van 2 tot 50 μm (0,002 - 0,050 mm)

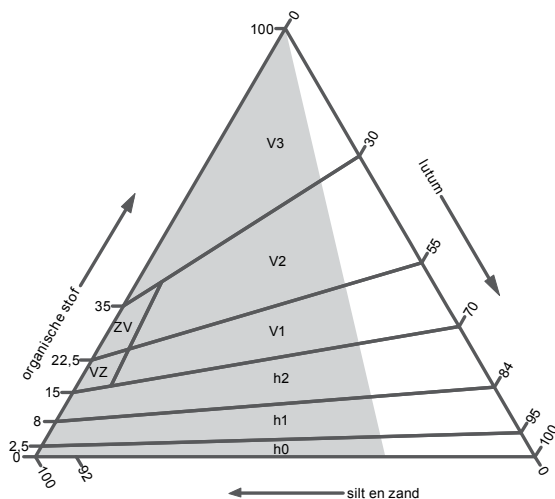
Zand: deeltjes van 50 tot 2000 μm (0,05 - 2 mm)

Grind: deeltjes van 2 mm tot 63 mm

Net zoals bij de NEN5104 wordt binnen de STIBOKA gewerkt met textuurdriehoeken. Zoals in paragraaf 7.1 is aangegeven wordt binnen de STIBOKA een onderscheid gemaakt tussen eolische en niet-eolische sedimenten. Dit onderscheid is in het veld vaak niet te maken. De combinatiedriehoek van Verbraeck biedt hierin een oplossing. De bedrijven in het archeologisch werkveld die gebruik maken van STIBOKA maken zonder uitzondering gebruik van deze combinatiedriehoek. Om die reden wordt deze driehoek hier gepresenteerd.

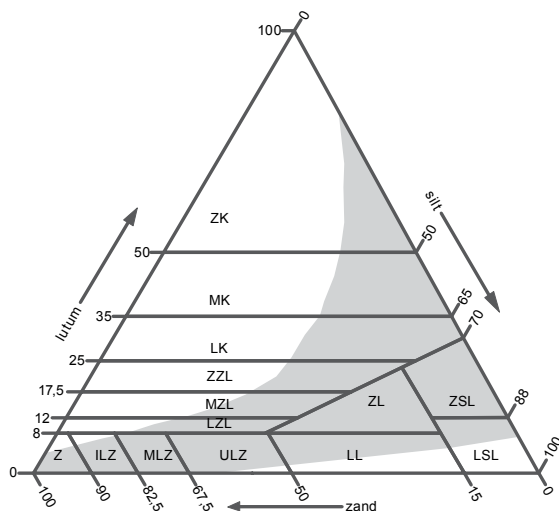
Voor het organisch stofgehalte wordt binnen STIBOKA gebruik gemaakt van een organische stof driehoek (zie afbeelding 7.05). Bij het beschrijven in het veld begin je altijd eerst met het beschrijven van het gehalte organisch stof. De indeling berust op het gewichtspercentage organische stof en op het lutumgehalte. De klassen venig en veen (VZ, ZV, V1, V2 en V3) worden samen moerig genoemd. De overige klassen worden mineraal genoemd.

Indien de hoofdgrondsoort veen is, wordt geen gebruik meer gemaakt van de zand-klei-driehoek. Als wordt vastgesteld dat er geen sprake is van de hoofdgrondsoort veen wordt vervolgens gebruik gemaakt van de zand-klei-driehoek (zie afbeelding 7.06). Bij de bepaling van de textuur wordt het eerder geschatte percentage organische stof buiten beschouwing gelaten. Wanneer sprake is van zand of grind (zie afbeelding 7.06) is het verplicht de mediane waarde van het zand of grind te



V3	Veen	Moerig
V2	kleiig veen	
V1	Venige klei	
ZV	Zandig veen	
VZ	Venig zand	Mineraal
h2	Humusrijk	
h1	Humeus	
h0	Humusarm	

Afbeelding 7.05: Organische stof driehoek (naar: De Bakker & Schelling, 1989).



ZK	zeer zware klei	Klei
MK	matig zware klei	
LK	lichte klei	
ZZL	zeer zware zavel	Zavel
MZL	matig lichte zavel	
LZL	zeer lichte zavel	
ULZ	zeer sterk lemig zand	Zand
MLZ	sterk lemig zand	
ILZ	zwak lemig zand	
Z	leemarm zand	
ZSL	zware siltige leem	Leem
LSL	lichte siltige leem	
ZL	zware zandige leem	
LL	lichte zandige leem	

Afbeelding 7.06: Zand-klei driehoek (naar: Verbraeck, 1984).

schatten. De klasse-indeling voor het zand wijkt slechts licht af van de NEN5104. Wanneer sprake is van leemarm zand of grind komt de korrelgrootte-verdeling in de naamgeving terug.

Code	Klasse	Mediaan
UFZ	Uiterst fijn zand:	$\geq 50 - < 105 \mu\text{m}$
ZFZ	Zeer fijn zand:	$\geq 105 - < 150 \mu\text{m}$
FZ	Fijn zand:	$\geq 150 - < 210 \mu\text{m}$
MZ	Matig grof zand:	$\geq 210 - < 420 \mu\text{m}$
GZ	Grof tot zeer grof zand:	$\geq 420 - < 2000 \mu\text{m}$
ZFG	Zeer fijn grind:	$\geq 2 - < 5 \text{ mm}$
FG	Fijn grind:	$\geq 5 - < 16 \text{ mm}$
GG	Grof grind:	$\geq 16 - < 64 \text{ mm}$

In tegenstelling tot de NEN5104 kent STIBOKA geen grind-driehoek. Een bijmenging met grind of de textuur grind wordt alleen aangegeven als sprake is van zand. Voor de indeling naar de grofheid van het grind is de kleinste diameter bepalend. De volgende eenheden worden onderscheiden op basis van de hieronder aangegeven criteria:

Code	Klasse	Percentage
IGHZ	Iets grindhoudend zand	0 - 10
MGHZ	Matig grindhoudend zand	10 - 20
SGHZ	Sterk grindhoudend zand	20 - 50
SZHG	Sterk zandhoudend grind	50 - 80
MZHG	Matig zandhoudend grind	80 - 90
IZHG	Iets zandhoudend grind	90 - 100

De grijze zone in de afbeelding markeert het traject waarbinnen de meeste grondmonsters in Nederland vallen. Gronden die links van deze zone vallen hebben een bijzonder hoog zandgehalte. In dat geval wordt de naam zandig toegevoegd aan de naam van de textuurklasse, bijvoorbeeld Z-LK voor zandige lichte klei. Het voorkomen van een abnormaal hoog zandpercentage kan verschillende oorzaken hebben. Twee oorzaken worden hier met name genoemd:

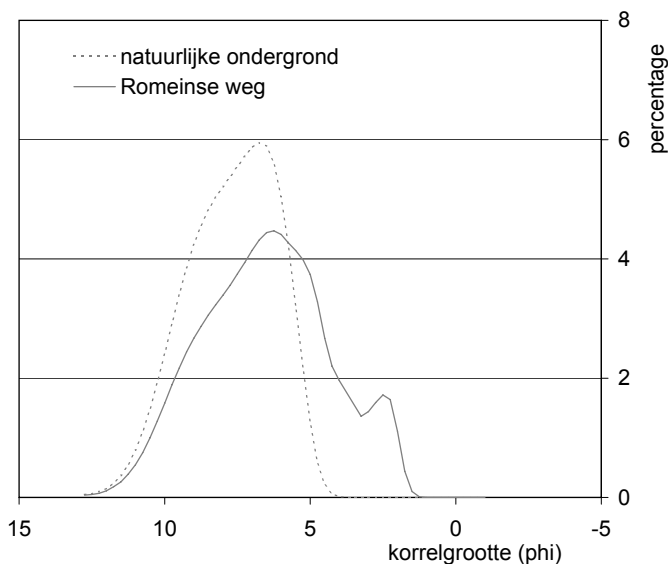
- Antropogene activiteiten
- Twee sedimentatieprocessen

De eerste is natuurlijk van belang voor de archeoloog. Wanneer mensen langere tijd op een plaats verblijven wordt het oppervlak vertrapt. Met een kleiige ondergrond wordt de bodem vaak iets blubberig. Vaak wordt zand gebruikt om het erf droger te krijgen. Daarnaast wordt zand aan de voeten meegevoerd van de akkers en raakt het meest betreden gebied op en rond het huis aangerijkt met zand. In opgeworpen grondlichamen zoals dijken, grafheuvels en weglichamen komt zand en klei in een niet natuurlijke menging naast elkaar voor (zie afbeelding 7.07). Tenslotte kan bij het ploegen van akkers zand worden opgenomen in een van oorsprong kleiige laag.

De tweede kan ook van belang zijn voor de archeoloog. Als gevolg van het openen van het landschap (boskap, ploegen enzovoorts) kan zandig materiaal verwaaien. Wanneer dit zandige materiaal wordt ingevangen in kleiigere fluviatiele of mariene afzettingen ontstaat een zogenaamde tweetoppige afzetting. Een afzetting met een smalle piek voor de door wind gevormde afzettingen en een brede verdeling voor door water getransporteerd sediment. Dit kan ook ontstaan in een natuurlijke situatie denk bijvoorbeeld aan het opwaaien van beddingzand bij laagwater of het opwaaien van zand uit een boomval.

Twee voorbeelden:

Een monster bevat 4% organische stof, 5% grind, 11% lutum, 20% silt en 60% zand. In de organische stof driehoek wordt 4% organische stof uitgezet tegen 11% lutum en 85% zand, silt en grind. Op basis van de organische stof driehoek wordt



Afbeelding 7.07: Korrelgrootteverdeling van het weglichaam van een Romeinse weg en de natuurlijke ondergrond.

vastgesteld dat er sprake is van een bijmenging organische stof (h1). Vervolgens worden de percentages lutum, silt en zand (en grind) tegen elkaar uitgezet in de zand-klei-driehoek. Daarbij wordt het eerder geschatte percentage organische stof buiten beschouwing gelaten. In de driehoek wordt dan 68% zand (en grind) uitgezet tegen 11% lutum en 21% silt. De grondsoort is dan een lichte zavel. Uitgeschreven wordt de textuur als volgt LZLh1 ofwel humeuze lichte zavel.

Een monster bevat 5% grind, 5% lutum, 5 % silt en 85% zand, organische stof ontbreekt. De percentages lutum, silt en zand (en grind) worden tegen elkaar uitgezet in de zand-klei-driehoek. De grondsoort is leemarm zand. Omdat sprake is van 5% grind wordt de grondsoort iets grindhoudend zand (IGHZ).

7.4 De ASB

De ASB stelt een groot aantal voorwaarden aan de beschrijving van een boring. Voor een uitgebreide toelichting wordt verwezen naar de betreffende Leidraad (Bosch, 2008). In de ASB wordt de te verzamelen informatie in drie groepen ingedeeld:

- Algemene kopgegevens
- Kopgegevens met betrekking tot de lithologie
- Laaggegevens

In de algemene kopgegevens dienen de in tabel 7.01 met een asterix gemarkeerde eenheden verplicht te worden opgenomen. Bij de verschillende eenheden is aangegeven op welke wijze deze dienen te worden ingevoerd. Let goed op de volgende inconsistentie: de Z-coördinaat wordt aangegeven in centimeter terwijl de X en Y coördinaat worden aangegeven in hele meters. Daarnaast zijn de eisen

Code	Omschrijving	Toelichting	Type	Verplicht
ABM	Beschrijvingsmethode	ASB	Code	*
SB	soort boring	BAR	Code	*
KBL	kaartblad	Kaartblad volgens topografische kaart 1:25.000 (1961)	Code	*
BNR	boornummer	Uniek nummer per project	vrije tekst 30 karakters	*
PNR	projectnummer	Uniek nummer	vrije tekst 30 karakters	
PNM	projectnaam	Naam	vrije tekst 30 karakters	
ORG	organisatie	De uitvoerende organisatie	vrije tekst 30 karakters	
OMN	onderzoeksmeldingsnummer	ARCHIS-meldingsnummer	vrije tekst 20 karakters	*
CS	coördinaatsysteem	RD (Rijksdriehoeksstelsel)	code	*
CSD	coördinaatsysteemdatum	ETRS89	code	
XCO	X-coördinaat	6 karakters	numeriek in m	*
YCO	Y-coördinaat	6 karakters	numeriek in m	*
LOB	locatie bepaling	Wijze waarop X en Y coördinaat zijn bepaald	code	*
RV	referentievlak	NAP	code	*
MA	maaielveldhoogte	Hoogte van het maaiveld	numeriek in cm	*
AMA	nauwkeurigheid maaiveld	Schatting van de nauwkeurigheid van de maaiveldhoogte	numeriek in cm	
MAB	bepaling maaiveldhoogte	Wijze waarop de maaiveldhoogte is bepaald	code	*
ED	einddiepte	Diepte waarop de boring is beëindigd	numeriek in cm	
DB	datum boring	De datum waarop de boring is uitgevoerd	datum	*
UIT	uitvoerder	De firma die verantwoordelijk is voor de uitvoering van de boring	vrije tekst 30 karakters	
LDO	onderzijde	Onderzijde van een boortraject aangegeven per boormethode	numeriek in cm	
BM	boormethode	De gebruikte boormethode	code	*
BDM	boordiameter	De binnendiameter van de gebruikte boormethode	numeriek in mm	
OPD	opdrachtgever	De opdrachtgever	vrije tekst 30 karakters	*
VTW	vertrouwelijkheid	Hier wordt aangegeven of de gegevens al of niet openbaar zijn	code	*
GT	geheim tot datum	Als gegevens vertrouwelijk zijn datum aangeven	code	*
DO	doel van het onderzoek	Korte omschrijving van het doel van het onderzoek	vrije tekst 120 karakters	
OPM	opmerkingen kopgegevens	Vrij veld	vrije tekst 120 karakters	

Tabel 7.01: Algemene kopgegevens conform ASB 5.2.

die verschillende overheden stellen aan de aanlevering van data strijdig met de mogelijkheden die de ASB biedt. Het is bijvoorbeeld niet mogelijk om het Fries Zomerpeil (FZP) aan te geven als referentievlak voor de maaiveldhoogte. In veel Friese gemeenten is dit een verplichting.

Code	Omschrijving	Toelichting	Type	Verplicht
OBL	organisatie beschrijver	Organisatie waar de beschrijver in dienst is	vrije tekst 30 karakters	*
BL	beschrijver lithologie	Naam van de beschrijver	vrije tekst 30 karakters	*
ND	nat of droog beschreven	In het veld beschreven is nat beschreven	code	*
GWB	grondwater	Grondwaterstand na beëindiging boring	numeriek in cm	
GHG	gemiddeld hoogste grondwaterstand	Voorkomen van eerste reductieplekken	numeriek in cm	
GLG	gemiddeld laagste grondwaterstand	Voorkomen van laatste oxidatieplekken	numeriek in cm	
OXR	oxidatie-reductiegrens	Overgang oxidatie-reductiezone naar reductiezone	numeriek in cm	

Tabel 7.02: Kopgegevens lithologie conform ASB 5.2.

Code	Omschrijving	Type	Verplicht
LDO	onderdiepte	centimeter	*
GD	grondsoort	K/Z/V	*
BK/BS/BZ/BG/BH	bijmenging	s/h/m	*
ZM	zandmediaan	numeriek 63-2000	*
ZMK	zandmediaan	ZZF/ZMF/ZMG/ZZG	*
GMK	grindmediaan	GFN/GMG/GZG	*
HK	hoofdkleur	BL/BR/GE/GN/GR/OL/OR/PA/RO/RZ/WI/ZW	*
CA	kalkgehalte	CA 1-3	*

Tabel 7.03: Verplicht in te vullen laaggegevens lithologie conform ASB 5.2.

In de kopgegevens kunnen naast de hierboven genoemde verplichte gegevens nog een aantal andere relevante gegevens worden opgenomen. Vanuit het oogpunt van archeologisch onderzoek zijn met name de diepte van de oxidatie-reductiegrens en de verschillende grondwaterstanden zeer relevant. Beide zijn van grote invloed op de conservering van archeologische resten en de leesbaarheid van een opgravingvlak. Daarnaast is kennis over de diepte van de grondwaterstand van belang bij het plannen van een opgraving in verband met eventuele bemaling. Het aangeven van de boordiameter is daarnaast ook zeer relevant. De diameter van de gebruikte boormethode is namelijk van grote invloed op de trefkans voor archeologica. Het is dan ook aan te bevelen gebruik te maken van de mogelijkheid om de boordiameter van verschillende trajecten aan te geven (LDO). De boormethode (BM) en boordiameter (BDM) kunnen om die reden dan ook meermalen in de algemene kopgegevens van één boring worden opgenomen.

Binnen de ASB is het mogelijk een groot aantal laaggegevens in te vullen. In de bovenstaande tabel (tabel 7.03) zijn de verplicht te beschrijven eenheden opgenomen. Zowel de zandmediaan als de grindmediaan zijn voorwaardelijk verplicht. Dat wil zeggen dat je deze alleen hoeft in te vullen als sprake is van zand of grind.

blauw	BL
bruin	BR
geel	GE
groen	GN
grijs	GR
olijf	OL
oranje	OR
paars	PA
rood	RO
roze	RZ
wit	WI
zwart	ZW

*Tabel 7.04:
Mogelijkheden voor
kleurbeschrijving
conform ASB 5.2.*

Naast de verplichte laaggegevens is het mogelijk een groot aantal andere gegevens in te vullen. Hieronder wordt ingegaan op enkele voor de archeologie belangrijke gegevens en op enkele merkwaardige keuzes die zijn gemaakt in de ASB.

Kleurbeschrijving

Kleuren in de ASB worden beschreven volgens het principe tint-bijkleur-hoofdkleur. Dat wil zeggen dat een kleur die wordt omschreven als donkerbruingrijs vooral grijs is, een beetje bruinig met een donkere tint. Het is niet mogelijk meer dan twee kleuren op te geven en slechts één tint. Binnen de ASB is het ook mogelijk kleuren te beschrijven conform Munsell. Munsell is een objectieve kleurbeschrijvingmethode. Wanneer kleurbeschrijving van groot belang wordt geacht is het aan te raden gebruik te maken van deze methode. Bij de beschrijving van bodemkenmerken kan de kleur conform Munsell een discriminerend kenmerk zijn (zie hoofdstuk 5). In tabel 7.04 zijn de kleuren opgenomen die in de ASB kunnen worden onderscheiden.

Afwijkingen ten opzichte van de NEN5104 in de ASB

In afwijking op de NEN5104 kent de ASB de volgende extra grondsoorten: detritus (DET), dy (DY), gyttja (GY), bagger (BG), hout (HO) en gliede (GLI). In principe vallen binnen de NEN5104 deze eenheden onder de grondsoort veen. Deze keuze is in de ASB gemaakt omdat veen in geologische zin een sedentaat is (zie hoofdstuk 1). De keuze binnen de ASB is theoretisch gezien onjuist, immers de grondsoort veen binnen de NEN5104 slaat uitsluitend op de verhouding organische stof ten opzichte van de overige bestanddelen en niet op de genese. Een groter bezwaar van deze indeling is dat de ASB geen sluitende beschrijving geeft met betrekking tot veldkenmerken van deze extra grondsoorten. Deze grondsoorten worden in de Leidraad ASB als volgt omschreven:

- Veen: bruin tot zwart ‘sedentaat’ voor een groot deel bestaand uit plantenresten die door rottingsprocessen onder zuurstofarme omstandigheden gedeeltelijk zijn afgebroken op de plaats waar de planten groeiden. Om te worden geclassificeerd als veen moet een grondsoort volgens de NEN5104 organische stof driehoek (zie afbeelding 7.02) een aandeel organische stof hebben, variërend van minimaal 15% in zandig veen tot minimaal 30% in kleiig veen.
- Gliede: pikzwart materiaal (schoensmeerachtig) opgebouwd uit vervloeide humus, aangetroffen in een overgangshorizont aan de basis van een veenpakket.

- Gyttja: bruin-groen ('leverkleurig') sterk amorf modderig sediment met veel organische stof, afgezet op de bodem van voedselrijk water, opgebouwd uit microscopisch fijne delen van micro-organismen (zoals diatomeeën), plantenresten en excrementen en resten van waterdieren.
- Detritus: bruin tot zwart sediment, opgebouwd uit fijnere of grovere resten van planten (verslagen veen) en dieren.
- Dy: zwart, amorf sediment dat bestaat uit in voedselarm water neergeslagen humuszuren.
- Bagger: bruingrijs sediment (opgebouwd uit zand, silt en/of lutum) met een hoog percentage organische stof, ontstaan ten gevolge van menselijke activiteit. Meestal zal geen hoog percentage humus worden aangetroffen, omdat de vorming onder zuurstofrijke omstandigheden plaatsvindt (i.c. loopvlak, cultuurlaag). Alleen in een nat milieu kan de afzetting plaatselijk zoveel organische stof bevatten dat de grondsoort in het 'Veen' gedeelte van de desbetreffende driehoek valt, met name in een slootvulling.

Naast deze afwijkingen met betrekking tot organisch rijke afzettingen biedt de ASB de mogelijkheid om de textuur schelpen (SHE) aan te geven als een monster uit meer dan 30% schelpen bestaat. Wanneer geen monster aanwezig is in de boor, als bijvoorbeeld de guts is leeggelopen, kan het grondmonster worden benoemd als GM (geen monster). Een vreemde inconsistentie in de ASB is de mogelijkheid om aan te geven dat de grondsoort niet is beschreven (NBE) terwijl dit een verplicht en ook essentieel element is in de ASB.

Veen en plantenresten

Wanneer sprake is van de grondsoort veen kan een aantal aanvullende kenmerken worden beschreven. Op basis van de samenstelling van de veenvormende planten is het mogelijk het veentype te bepalen. Voor archeologisch onderzoek kan dit relevant zijn. Voedselarme venen (oligotroof) kunnen toegankelijk zijn geweest voor mensen. Wanneer de top van een dergelijk veenpakket is geoxideerd (veraard) dan is het zelfs mogelijk om op een dergelijk veen te wonen. Bij een voedselrijk veen (eutroof) maakt het voor de toegankelijkheid veel uit wat de veenvormende planten zijn geweest. Een rietveen is bijvoorbeeld zo goed als ontoegankelijk terwijl een elzenbroekbos in enige mate toegankelijk is. Het is moeilijk om in het veld het veentype vast te stellen. Het is aan te bevelen hiervoor een cursus te volgen of een specialist te raadplegen. Binnen de ASB kunnen de volgende veentypen worden onderscheiden: bosveen(BSV), heideveen (HEV), mosveen (MOV), rietveen (RIV), veenmosveen (VMV), wollegrasveen (WOV) en zeggeveen (ZEV).

De mate waarin het veen is vergaan wordt aangeduid met het begrip amorfiteit. In het veld wordt amorf veen doorgaans aangeduid als veraard of geoxideerd. Binnen de ASB worden drie amorfiteitsklassen onderscheiden:

- Zwak amorf veen (AV1), het veen bevat niet tot zwak vergane plantenresten.
- Matig amorf veen (AV2), het veen bevat matig vergane plantenresten. De structuur van de veenvormende planten is nog zichtbaar.
- Sterk amorf veen (AV3), het veen bevat zeer sterk vergane plantenresten. De structuur van de veenvormende planten ontbreekt geheel.

Voor archeologisch onderzoek is het van groot belang om bij veen aan te geven in welke amorfiteitsklasse het veen valt. Het zegt namelijk aan de ene kant iets over de mogelijke conserveringsgraad van aanwezige artefacten, aan de andere kant is amorf veen in principe bewoonbaar.

Naast de amorfiteit is het ook van belang de consistentie aan te geven. In het veld wordt dit begrip ook wel aangeduid als rijping of stevigheid. Niet alleen bij veen maar ook bij klei en leem is dit van belang. Slap tot matig slap sediment of sedentaat heeft namelijk onvoldoende draagkracht voor betreding. Let goed op: rijping is een onomkeerbaar (irreversibel) proces! Eenmaal gerijpt is dus altijd gerijpt. De mate van consistentie van het materiaal kan met de hand worden bepaald en wordt in de volgende klassen ingedeeld:

- Zeer slap (CZSL), loopt spontaan tussen de vingers door.
- Slap (CSLA), loopt bij knijpen zeer gemakkelijk tussen de vingers door.
- Matig slap (CMSL), loopt bij knijpen nog goed tussen de vingers door.
- Matig stevig (CMST), is met stevig knijpen nog juist tussen de vingers door te krijgen.
- Stevig (CSTV), is niet tussen de vingers door te krijgen.

Archeologische indicatoren, bodemhorizonten en monsternamen

Over het begrip archeologische indicator worden in het veld zo nu en dan verhitte discussies gevoerd. Elementen als houtskool en fosfaat kunnen, wanneer deze in samenhang met aardewerk of vuursteen voorkomen, worden beschouwd als archeologische indicator. Wanneer houtskool of fosfaat zonder artefacten worden aangetroffen kan dit als archeologische indicator, maar ook als een natuurlijk fenomeen worden beschouwd. Binnen de ASB wordt houtskool als een archeologische indicator beschouwd. Fosfaat wordt genoteerd als nieuwvorming. De hoeveelheden worden aangegeven volgens de indeling 1 (spoor), 2 (weinig) en 3 (veel). In tabel 7.05 is aangegeven welke archeologische indicatoren zijn opgenomen in de ASB.

Het beschrijven van bodemhorizonten is een vak apart. In dit boek is hieraan een apart hoofdstuk gewijd (zie hoofdstuk 5). Voor archeologen is het van groot belang om inzicht te krijgen in de bodemgenese. Kennis van bodems kan inzicht geven in de potentiële conservering van vindplaatsen (denk ook aan de leesbaarheid van het sporenveld) en artefacten. In de ASB is het mogelijk de hoofdhorizonten en alle mogelijke overgangshorizonten conform het bodemclassificatiesysteem van De Bakker & Schelling (1989) in te voeren. Daarnaast kunnen ook de kleine lettertoevoegingen, zoals deze worden gebruikt binnen dit bodemclassificatiesysteem, worden ingevoerd. Zie hoofdstuk 5 voor een uitgebreide toelichting op het gebruik van dit classificatiesysteem. Naast dit objectieve beschrijvingsysteem

aardewerkfragmenten	AWF
baksteen	BST
glas	GLS
houtschoolbrokken	HKB
houtschoolspikkels	HKS
metaal	MXX
onverbrand bot	OXBO
verbrand bot	OXBV
gebroken kwarts	SGK
slakken / sintels	SLA
vuursteen	SVU
natuursteen	SXX
verbrande klei	VKL
visresten	VSR

Tabel 7.05: Archeologische indicatoren conform ASB 5.2.

Archeologica	MA
Bot	MBOT
C14	MC14
Fosfaat	MFF
houtdeterminatie	MHD
pollen	MP
mollusken	MSCH
slijpplaat	MSL
macroresten	MZ

Tabel 7.06: Type onderzoek (monster doel) waarvoor het monster is verzameld conform ASB 5.2.

is het mogelijk een groot aantal interpretatieve termen die betrekking hebben op de bodemkunde in te vullen. Deze verzameling termen bestaat uit een ratjetoe van onduidelijke dan wel niet eenduidig gedefinieerde begrippen zoals vegetatieniveau en gelaagd vegetatieniveau. Daarnaast bevat de lijst begrippen die al worden gedekt door de hoofdhorizonten en kleine lettertoevoegingen, zoals moedermateriaal, uitspoelingshorizont, etc. Tenslotte zijn in deze lijst termen opgenomen die al elders dienen te worden aangegeven, zoals de oxidatie-reductiegrens. Het is af te raden van deze begrippenlijst gebruik te maken.

Zowel tijdens booronderzoeken als in profielkolommen worden binnen het archeologisch onderzoek regelmatig monsters genomen. De informatie uit profielkolommen wordt meestal op tekening gezet. Steeds vaker worden profielkolommen, net als boorkolommen, digitaal opgenomen. De ASB geeft de mogelijkheid een beperkt aantal gegevens van monsters vast te leggen zoals: monstercode (MNR), diepte bovenkant monster (MBD), diepte onderkant monster (MOD), diameter monstersteekapparaat (MDS) en het doel van het monster (MDO). Met het MDO wordt bedoeld welke analyse dient te worden uitgevoerd op het monster (zie tabel 7.06). Wanneer het monster voor meerdere doeleinden wordt gestoken is het van belang rekening te houden met de opslagcondities. Wanneer bijvoorbeeld zowel micromorfologisch onderzoek als ouderdomsonderzoek aan een kern dient te worden uitgevoerd is het van belang de juiste code, in dit geval MSL, aan te geven (zie voor een uitgebreide toelichting hoofdstuk 8). Daarnaast is het mogelijk aan te geven welke monsterbehandeling gewenst is: nat zeven (MNA), droog zeven (MDG) of niet zeven (MNG). De gewenste maaswijdte (MBW) kan worden aangegeven in millimeter.

Overige kenmerken

Wanneer onverkoalde plantenresten aanwezig zijn in een laag zegt dit iets over de mate van conservering. Verwacht mag worden dat in een laag waarin herkenbare plantenresten aanwezig zijn, andere organische resten (bijvoorbeeld pollen, sporen, hout, enzovoorts) eveneens goed geconserveerd zijn. Het noteren van de mate waarin onverkoalde plantenresten aanwezig zijn is dan ook van belang voor archeologisch onderzoek. De hoeveelheid plantenresten wordt gemeten in volumeaandeel van het plantenmateriaal. Het wordt op basis van een schatting ingedeeld in vier klassen.

- Geen plantenresten (PL0).
- Spoor plantenresten (PL1), minder dan 1%.
- Weinig plantenresten (PL2), 1 tot 10%.
- Veel plantenresten (PL3), meer dan 10%.

De aanwezigheid van schelpmateriaal in een monster is ook indicatief voor de mate van conservering. Met name botmateriaal, maar ook aardewerk, glas en tefriet hebben baat bij een hoog kalkgehalte in het sediment. De individuele schelpen zeggen daarnaast iets over de aard van het milieu waarin de afzettingen zijn gevormd of dat sprake is van consumptieafval (zie hoofdstuk 8). Met de totale hoeveelheid schelpmateriaal wordt het volumeaandeel van zowel hele schelpen als ook van schelpgruis in het grondmonster bedoeld. De totale hoeveelheid schelpmateriaal wordt op basis van een schatting ingedeeld in één van de volgende klassen. Een grondmonster dat meer dan 30% schelpen bevat wordt zoals eerder aangegeven in afwijking op de NEN 5104 beschreven als grondsoort SHE.

- Geen schelpmateriaal (SCH0).
- Spoor schelpmateriaal (SCH1), minder dan 1%.
- Weinig schelpmateriaal (SCH2), 1 tot 10%.
- Veel schelpmateriaal (SCH3), 10 tot 30%.

Het koolzure kalkgehalte (CaCO_3) van een grondmonster wordt in het veld bepaald door een 10% zoutzuuroplossing op het monster te druppelen. Wanneer calciumcarbonaten en zoutzuur met elkaar in contact komen ontstaat het gas kooldioxide dat hoorbaar en soms zichtbaar bruist (frisdrank effect). De mate waarin het monster opbruist is een indicatie voor de hoeveelheid CaCO_3 in het monster.

- Kalkloos (CA1), geen opbruisen.
- Kalkarm (CA2), hoorbaar opbruisen.
- Kalkrijk (CA3), zichtbaar opbruisen.

Het kalkgehalte is van groot belang voor de mate van conservering van een groot aantal archeologische vondstgroepen. Het koolzure kalkgehalte is om die reden dan ook één van de weinige verplicht te verzamelen laaggegevens. Het gehalte calciumcarbonaat is mede afhankelijk van de lithologie. Verschillen tussen lagen kunnen worden veroorzaakt doordat de verschillende lagen al bij afzetting een verschillend gehalte calciumcarbonaat bevatten. Grove sedimenten hebben over het algemeen een lager calciumcarbonaat gehalte. Het is echter ook mogelijk dat

sprake is van ontkalking na afzetting. Vaak is dit het geval als sprake is geweest van bodemvorming. Onder invloed van menselijk handelen wordt het ontkalkingproces versterkt. Vindplaatsen kenmerken zich ten opzichte van hun omgeving dan ook vaak door een lager calciumcarbonaat gehalte ten opzichte van hun omgeving. In het algemeen kan het volgende worden gesteld met betrekking tot het koolzure kalkgehalte:

- Komklei heeft een lager kalkgehalte dan oeverafzettingen.
- Maasafzettingen ten noorden van de Peel zijn kalkloos.
- Rijnafzettingen zijn kalkrijk.
- Dekzand is in het algemeen kalkloos.
- Gestuwde en glaciofluviale afzettingen zijn altijd kalkloos.
- Rivierduinzand is in het algemeen kalkloos.
- Löss is van nature kalkhoudend. Door bodemvorming is de bovenste 2 tot 3 meter over het algemeen ontkalkt.
- Ter plaatse van nederzettingen en akkers is de bovengrond sterker ontkalkt.

Nieuwvormingen zijn mineralen of concreties van mineralen die ter plaatse na de afzetting van het sediment zijn ontstaan. Onder de nieuwvormingen worden ook fosfaatvlekken en fosfaatconcreties gevat. Fosfaatvlekken worden vaak gezien als indicator voor bewoning in het verleden. Fosfaat is echter niet altijd zichtbaar, eigenlijk vaker niet dan wel. Fosfaatvlekken komen voor in een groengele vorm maar ook in een rode vorm. Daarnaast komt fosfaat ook voor in een felblauwe vorm en wordt dan vivianiet genoemd. Deze laatste vorm komt van nature voor in organisch rijke afzettingen en zijn dus geen indicatie voor antropogene activiteiten. Fosfaatvlekken zijn uitsluitend zichtbaar wanneer sprake is van een (gedeeltelijk) geoxideerde situatie. De groengele en rode fosfaatvlekken zijn fosfaatijzercarbonaten. Dat wil zeggen dat deze zichtbare fosfaatverbindingen uitsluitend gevormd worden in kalkhoudende afzettingen. In sedimenten met een lutumgehalte kleiner dan ca. 8% zijn zelden fosfaatvlekken zichtbaar. Geelgroene vlekken in de bodem worden ook gevormd als eerder gevormde roestvlekken overgaan van een geoxideerde vorm naar een gereduceerde vorm. De plaats van de vlekken ten opzichte van het grondwater zijn hierbij een belangrijke aanwijzing dat het niet gaat om fosfaatvlekken.

Nieuwvormingen worden aangegeven in de klassen 1 (spoor), 2 (weinig) en 3 (veel). De volgende nieuwvormingen zijn opgenomen in de ASB: ijzerconcreties (FEC), fosfaatconcreties (FFC), mangaanconcreties (MNC), roestvlekken (ROV), verkiezelings (VKZ), vivianiet (VIV) en zandverkittingen (ZAV).

Het waarnemen van sedimentaire structuren (tabel 7.07) is van belang om inzicht te krijgen in de genese van een laag. De aard van de sedimentaire structuren kan daarnaast inzicht geven in de vraag of sprake is geweest van bijvoorbeeld erosie. Sedimentaire structuren zijn tijdens en na de vorming van een sedimentpakket ontstaan als gevolg van fysische, biologische en chemische processen. De overgangen tussen lagen (tabel 7.08) zijn indicatief voor veranderingen in het afzettingsmilieu. Daarnaast zijn geleidelijke veranderingen (trends) binnen een laag (tabel 7.09) indicatief voor het milieu waarin afzettingen zijn gevormd. De bekendste

bioturbatie	BIO		
doorworteling	DWO		
grootschalig scheef gelaagd	GSC	naar boven toe fijner	FUA
homogeen	HOM	naar boven toe grover	CUA
kronkelige zandlagen	ZLK	aan de basis amorf	BAA
grindlagen	STGLX	aan de basis grof	BAG
kleilagen	STKLX	aan de basis humeus	BAH
leemlagen	STLLX	aan de basis kleiig	BAK
stenenlagen	STSLX	aan de basis zandig	BAZ
veenlagen	STVLX	aan de top amorf	TOA
zandlagen	STZLX	aan de top grof	TOG
detrituslagen	STDEX	aan de top humeus	TOH
gyttjalagen	STGYX	aan de top kleiig	TOK
schelpenlagen	STSCX	aan de top zandig	TOZ

Tabel 7.07: Sedimentaire structuren conform ASB 5.2.

Tabel 7.08: Trends in de laag conform ASB 5.2.

< 0,3 cm	basis scherp	BSE
≥ 0,3 - < 3,0 cm	basis geleidelijk	BGE
≥ 3,0 - < 10,0 cm	basis diffuus	BDI

Tabel 7.09: Laaggrens conform ASB 5.2.

zijn de *fining upwards* sequentie en de *coarsening upwards* sequentie. Bij de eerste wordt het sediment naar boven toe steeds fijner. De dynamiek in het afzettingsmilieu wordt dan steeds lager. Bij de tweede wordt het sediment naar boven toe steeds grover van samenstelling en neemt de dynamiek in het afzettingsmilieu juist toe in de loop van de tijd.

Tenslotte biedt de ASB de mogelijkheid om enkele “geologische interpretaties” aan te geven. Op deze plaats kunnen de volgende termen worden ingevoerd: dekzand (DEZ), erosieve basis (ERB), ingestoven zand (IZD), keileem (KEL), keizand (KEZ), löss (LSS), oplichtingslaag (OPL) en potklei (POK).

7.5 Laagsgewijs of op discrete afstanden

De ASB gaat in principe uit van het laagsgewijs beschrijven van sedimenten. Het is echter wel mogelijk om te kiezen voor het beschrijven op vaste (discrete) afstanden, bijvoorbeeld 5 of 10 cm. Gevoelsmatig is het beschrijven van lagen een betere methode dan het beschrijven op discrete afstanden. Elke archeoloog is immers bekend met het laagje van een enkele centimeter waarin aardewerk, houtskool of iets anders voorkomt dat archeologisch relevant is. Binnen een beschrijving op discrete

Boorpuntnr: 2002.23.187.		Door: T. Kees		Jaar: 2002	Groep:23	Datum: 24-06		
x	y	z	Diepte	GEOM	GEOL	BOD	BEGR	GT
125.750	453.320	+0.8	300	Fo1/Fc2	Bd/Bb4		Gwe	6
Opmerkingen: Smalle rug in het terrein, wsl crevasserug M1: monster t.b.v. korrelgrootteanalyse								

diepte	textuur	org.	plr	kleur	or	grind	M50	Ca	Fe	GW	M	lkl	strat	bijzonderheden
10	Z-LK			GRBR	O			0	0				Bd	Ger
20	Z-LK			GRBR	O			0	0				Bd	Ger
30	Z-LK			GRBR	O			0	1				Bd	Ger
40	Z-ZZL			GRBR	O			2	1				Bd	AV potscherf
50	Z-LK			GRBR	O			2	2				Bd	Mn, Fe-c, hk, P
60	Z-LK			GRBR	O			1	2		1		Bd	
70	MK			BR	O			0	1				Bk	^
80	MK			BR	O			0	1				Bk	
90	MK			BR	OR			0	2	GHG			Bk	Wor II
100	LK			BR	OR			1	2				Bc	

Afbeelding 7.08: Voorbeeld van een ingevuld boorformulier waarbij is beschreven op discrete afstanden.

afstanden kan je deze informatie niet of minder goed kwijt. Daar staat tegenover dat een indeling in lagen mogelijk is op basis van een groot aantal parameters. Een simpele boorstaat zoals deze wordt gebruikt voor het in kaart brengen van landschappen door de Universiteit Utrecht laat zien dat je doorgaans een indeling maakt op tenminste 13 relevante kenmerken (afbeelding 7.08). In deze beschrijving zijn bodemhorizonten en archeologica, die je als archeoloog ook nog wilt beschrijven, niet eens meegenomen. Een laagbeschrijving is voor een gevorderde beschrijver al een hele klus, voor een beginnend beschrijver is het gewoonweg onbegonnen werk.

Een tweede reden waarom het beschrijven op discrete afstanden de voorkeur verdient boven een laagsgewijze beschrijving, is het feit dat je bij een beschrijving op discrete afstand de relevante lagen achteraf definieert. Bij een laagsgewijze beschrijving deel je de lagen direct in het veld in. Een herinterpretatie van een laagsgewijs beschreven boring is dan ook niet goed mogelijk.

Bijlage 7.01 Omzettabel NEN5104 – STIBOKA

	VERDELING		NEN5104			COMBINATIEDRIEHOEK VERBRAECK		
	%GRIND	%SILT EN LUTUM	CODE	HOOFDNAAM	NAAAMGEVING	CODE	HOOFDNAAM	NAAAMGEVING
grindbijmenging	0-10					IGHZ	zand	iets grindhoudend zand
	10-20					MGHZ	zand	matig grindhoudend zand
	20-50					SGHZ	zand	sterk grindhoudend zand
	0-5		g1	nvt	zwak grindig			
	5-15		g2	nvt	matig grindig			
	15-30		g3	nvt	sterk grindig			
grind	50-80					SZHG	grind	sterk zandhoudend grind
	80-90					MZHG	grind	matig zandhoudend grind
	90-100					IZHG	grind	iets zandhoudend grind
	30-80	20-70	Gs	grind	siltig grind			
	90-100	<20	Gz1	grind	zwak zandig grind			
	70-90	<20	Gz2	grind	matig zandig grind			
	50-70	<20	Gz3	grind	sterk zandig grind			
	30-50	<20	Gz4	grind	uiterst zandig grind			

	VERDELING			NEN5104			COMBINATIEDRIEHOEK VERBRAECK		
	%ORG. STOF	%ZAND	%LUTUM	CODE	HOOFDNAAM	NAAMGEVING	CODE	HOOF DNAAM	NAAMGEVING
organische stof bijmenging	8-15		70-84				h0	nvt	humusarm
	2,5-8		84-95				h1	nvt	humeus
	0-2,5		95-100				h2	nvt	humusrijk
	8-15		70-84	h1	nvt	zwak humeus			
	2,5-8		84-95	h2	nvt	matig humeus			
	0-2,5		95-100	h3	nvt	sterk humeus			
organisch stof	35-100		0-30				V3	veen	veen
	22,5-35		30-55				V2	veen	kleig veen
	15-22,5		55-70				V1	veen	venige klei
	15-22,5	>92					ZV	veen	zandig veen
	22,5-35	>92					VZ	veen	venig zand
	35-100		0-30	Vm	veen	mineraalarm			
	22,5-35		30-55	Vk1	veen	zwak kleig			
	15-22,5		55-70	Vk3	veen	sterk kleig			
	15-22,5	>92		Vz1	veen	zwak zandig			
	22,5-35	>92		Vz3	veen	sterk zandig			

	VERDELING			NEN5104			COMBINATIEDRIEHOEK VERBRAECK		
	%LUTUM	%SILT	%ZAND	CODE	HOOFDNAAM	NAAMGEVING	CODE	HOOFDNAAM	NAAMGEVING
zand silt en lutum	>50						ZK	klei	zware klei
	35-50						MK	klei	matig zware klei
	25-35						LK	klei	lichte klei
	17,5-25	<50	>15				ZZL	zavel	zware zavel
	12-17,5	<50	>30				MZL	zavel	matig lichte zavel
	8-12	<50	>40				LZL	zavel	zeer lichte zavel
	0-8		50-67,5				ULZ	zand	zeer sterk lemig zand
	0-8		67,5-82,5				MLZ	zand	sterk lemig zand
	0-8		82,5-90				ILZ	zand	zwak lemig zand
	0-8		90-100				Z	zand	leemarm zand
	0-8	>50	15-50				SL	leem	siltige leem
	0-8	>65	0-15				L	leem	zandige leem
	>50			Ks1	klei	zwak siltig			
	35-50			Ks2	klei	matig siltig			
	25-35			Ks3	klei	sterk siltig			
	8-25		15-50	Ks4	klei	uiterst siltig			
	17,5-25		>50	Kz1	klei	zwak zandig			
	12-17,5		>50	Kz2	klei	matig zandig			
	8-12		>50	Kz3	klei	sterk zandig			
	5-8		>82,5	Zk	zand	kleilig			
	0-8		50-67,5	Zs4	zand	uiterst siltig			
	0-8		67,5-82,5	Zs3	zand	sterk siltig			
	0-5		82,5-90	Zs2	zand	matig siltig			
	0-5		90-100	Zs1	zand	zwak siltig			
	0-8	>50	15-50	Lz3	leem	sterk zandig			
	0-8	>65	0-15	Lz1	leem	zwak zandig			

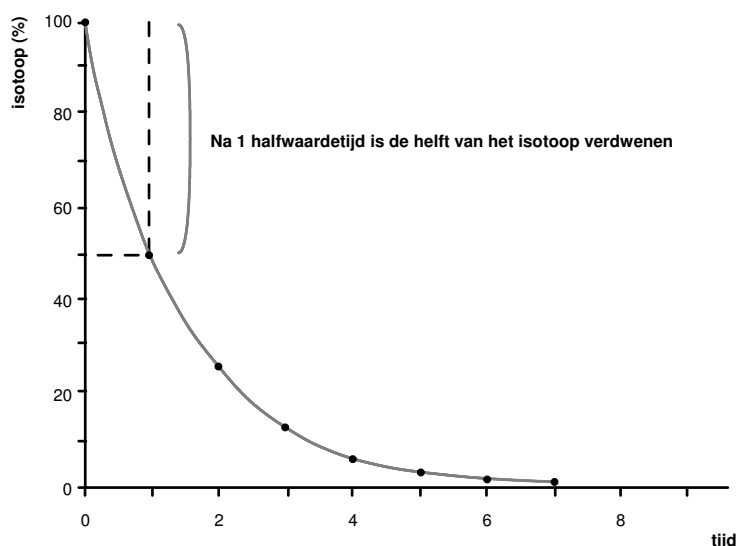
Monsternamen en -behandeling in het veld

Dit hoofdstuk is voor een deel ontleend aan de informatiebladen met betrekking tot monsternamen die zijn geschreven voor ADC ArcheoProjecten. Daarnaast zijn teksten ontleend aan de reader monsternamen van de opleiding Archeologie van Saxion Hogescholen te Deventer.

8.1 Ouderdomsbepalingen

8.1.1 Koolstofdatering

Ouderdomsbepaling met behulp van koolstof is gebaseerd op het bestaan van drie koolstofisotopen, te weten: ^{12}C , ^{13}C en ^{14}C . ^{12}C en ^{13}C zijn stabiele isotopen, terwijl ^{14}C een instabiel, ofwel radioactief, atoom is. Een ^{14}C atoom vervalt na enige tijd tot een ander element, namelijk stikstof (N). Door het verval verdwijnen de ^{14}C atomen en wordt de toch al geringe radioactiviteit in de loop van de tijd dus steeds minder. Het kenmerkende van radioactieve stoffen is dat de verval kans van



Afbeelding 8.01: Halfwaarde tijd, de afname van een isotoop uitgezet tegen het verloop van de tijd.

de atomen constant is (afbeelding 8.01). Dit betekent dat het altijd even lang duurt totdat de helft van de radioactieve atomen vervallen is. De tijd waarin de radioactiviteit met de helft is afgenomen wordt de halveringstijd genoemd. Voor ^{14}C is deze halveringstijd vastgesteld op 5730 ± 40 jaar. Na ongeveer 5730 jaar is dus nog de helft van de oorspronkelijke concentratie ^{14}C in koolstofhoudende materialen aanwezig, na 11.460 nog een kwart, na 17.190 nog een achtste, enzovoorts. Hierdoor is het mogelijk de ouderdom van dit soort materialen tot circa 50.000 jaar te meten. Wanneer het monster nog ouder is, dan is het nog aanwezige radioactieve ^{14}C zo gering dat een nauwkeurige meting niet meer mogelijk is.

In de atmosfeer komt het koolstof voor als koolzuurgas, CO_2 . Via koolzuur-opname komt het CO_2 , en dus ook ^{14}C , in planten terecht en vervolgens ook in mensen en dieren. Zodra een organisme sterft houdt de opname van CO_2 en dus ook van ^{14}C op. Door radioactief verval wordt het percentage ^{14}C in het organisme vanaf dat moment steeds kleiner. Wanneer de hoeveelheid ^{14}C ten opzichte van de hoeveelheid ^{12}C en ^{13}C bekend is, kan met behulp van de halfwaardetijd vervolgens de ouderdom worden berekend. In principe kunnen dus alle koolstofhoudende materialen worden gedateerd met de ^{14}C methode. Een aantal voorbeelden van dergelijke materialen is:

hout	huiden
houtskool	kleding
botanische macroresten	leer
organisch bodemmateriaal (o.a. humus)	bot (collageen)
veen	schelpen
aankoeksel op aardewerk	

Deze materialen kunnen niet zonder meer voor datering worden ingestuurd. Ten eerste moeten ze goed worden schoongemaakt. Recent(er) koolstofhoudend materiaal zorgt namelijk voor vervuiling en leidt tot een te jonge datering. Dit kan natuurlijke vervuiling zijn, zoals jongere wortelresten en ingespoelde organische stof, maar ook bemonsteringstechnische zoals een paar kruimels tabak of draadjes van een doekje. Daarnaast geldt een aantal beperkingen voor de verschillende materialen.

Er bestaan twee methoden om de hoeveelheid koolstof in een monster te meten. De eerste en oudste methode is de radiometrie, beter bekend als de **conventionele methode**. Hierbij wordt de radioactiviteit van het nog aanwezige ^{14}C in het monster gemeten. Hiervoor wordt in het laboratorium het monster vergast, waardoor het ^{14}C in CO_2 -gas wordt omgezet. Vervolgens wordt elk ^{14}C atoom dat verval geregistreerd in hooggevoelige telbuizen. Deze metingen moeten heel zorgvuldig worden uitgevoerd, omdat de radioactiviteit van ^{14}C heel gering is. Hierdoor is de

meettijd lang (1 á 2 dagen) en is een relatief grote hoeveelheid monster vereist (enkele grammen koolstof). Tegenwoordig wordt de conventionele methode weinig meer gebruikt binnen archeologisch onderzoek.

De tweede methode is de massaspectrometrie, beter bekend als de **AMS-methode**. Bij deze methode wordt gebruik gemaakt van het verschil in massa van de drie koolstofisotopen. Een ^{14}C -atoom is het zwaarste en een ^{12}C -atoom het lichtste. De massa van een ^{13}C -atoom ligt daar tussenin. In een massaspectrometer wordt dit verschil in massa gebruikt om de isotopen van elkaar te scheiden. In de massaspectrometer worden alle in het monster aanwezige ^{12}C , ^{13}C en ^{14}C -deeltjes afzonderlijk gemeten. Hierdoor is de meettijd kort (circa 1 uur) en kunnen zeer kleine monsters worden geanalyseerd (enkele milligrammen koolstof).

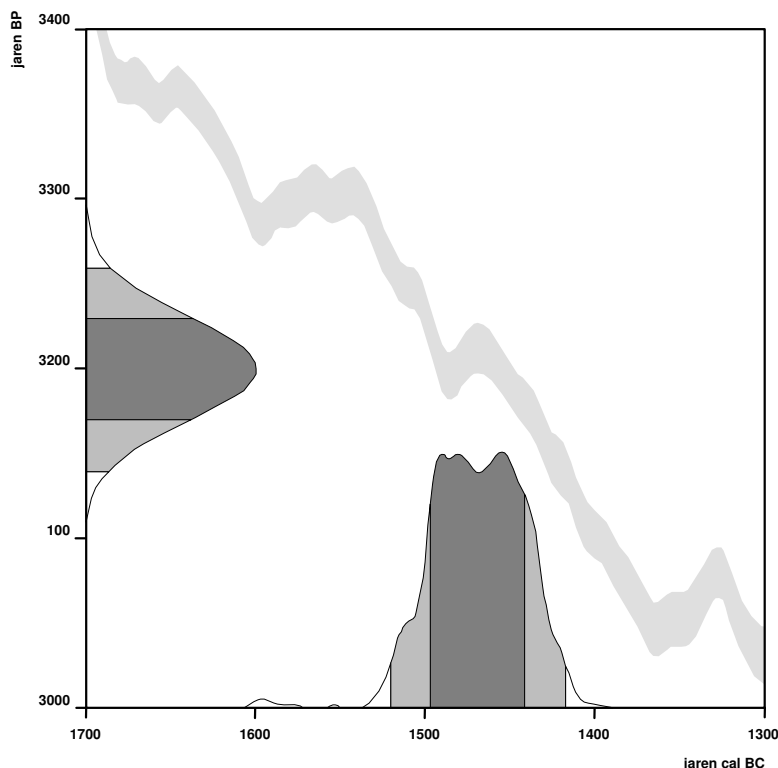
Bij beide methoden treedt een meetfout op. Deze meetfout, ofwel standaarddeviatie, geeft het verschil aan tussen de gemeten waarde en de ‘werkelijke’ waarde. Bij de conventionele methode is de meetfout afhankelijk van de volgende factoren:

- De hoeveelheid monstermateriaal. Hoe groter de hoeveelheid materiaal, hoe kleiner de meetfout. (Een verdubbeling van de hoeveelheid monstermateriaal levert een reductiefactor van $\sqrt{2}$ van de meetfout).
- De leeftijd van het monster. Hoe ouder het monster, hoe groter de meetfout.
- De duur van de meting. Bij een langere meetperiode wordt de datering nauwkeuriger.

Bij AMS-dateringen is de meetfout onafhankelijk van de hoeveelheid monstermateriaal en de duur van de meting. De meetfout hangt bij deze methode onder andere af van de stabiliteit van de meetapparatuur zelf.

Een ^{14}C -datering levert dus altijd twee getallen op, de gemeten waarde en de meetfout. Dit wordt als volgt weergegeven 3810 ± 35 jaar BP. BP zijn hierbij het aantal jaren voor heden (Before Present). Heden is vastgesteld op 1950 na Christus. ^{14}C -jaren zijn echter niet gelijk aan kalenderjaren maar kunnen wel worden omgerekend naar kalenderjaren middels een ijkgrafiek of calibratiecurve.

Eén van de belangrijkste aannames voor de ^{14}C -methode is dat de hoeveelheid ^{14}C in de atmosfeer constant is. Dit is echter niet helemaal waar. De concentratie ^{14}C in de atmosfeer varieert onder andere onder invloed in variaties in zonneactiviteit en variaties in uitwisseling van CO_2 dat is opgeslagen in het oceaanwater en de atmosfeer. Met behulp van dendrochronologisch onderzoek (ouderdomsonderzoek aan de hand van jaarringen) is voor de periode tot ongeveer 12.000 jaar geleden een ijkgrafiek opgesteld. In deze grafiek is de ouderdom in ^{14}C -jaren uitgezet tegen de ouderdom in kalenderjaren. Deze ijkgrafiek wordt doorlopend aangepast op basis van nieuwe ouderdomsbepalingen. Als gevolg van de grillige vorm van de ijkgrafiek en de meetfout leidt een koolstofdatering niet tot één enkel jaartal maar een tijdsinterval (afbeelding 8.02).

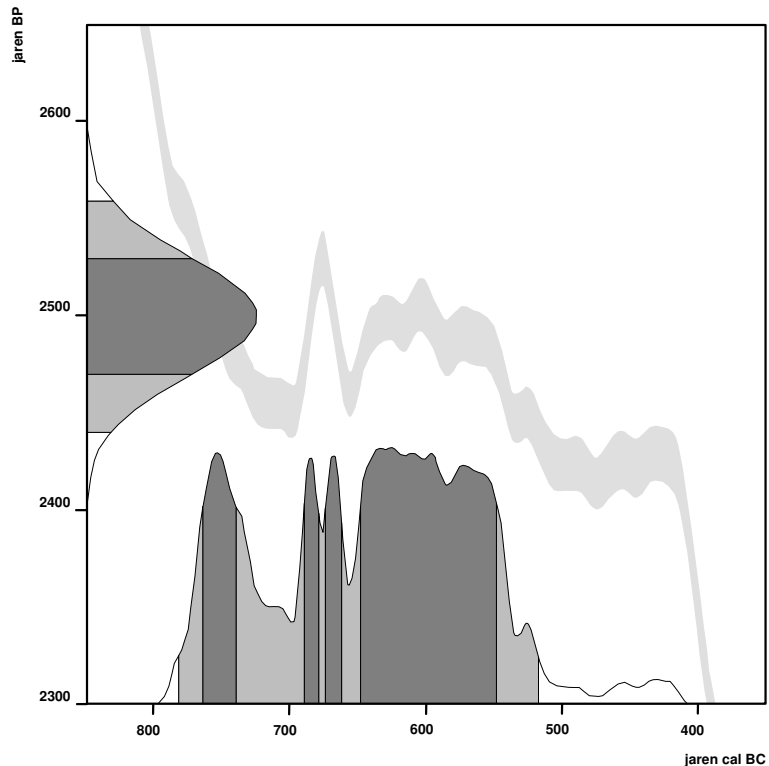


Afbeelding 8.02: Calibratiediagram voor 3200 ± 30 BP. Op de y-as is de datering in ^{14}C -jaren BP uitgezet. Op de x-as is de gecalibreerde datering in jaren voor Christus uitgezet. De gebruikte calibratiecurve (ijkgrafiek) is in grijs weergegeven. De 1, 2 en 3 σ waarden zijn weergegeven in verschillende tinten.

Het calibratieprogramma geeft de resultaten weer in de vorm van 1 σ en 2 σ intervallen.¹ Op een aantal plaatsen is een vlak stuk in de ijkgrafiek aanwezig (afbeelding 8.03). Dergelijke vlakke stukken worden ^{14}C -plateaus genoemd. Hierdoor komt één ^{14}C -datering overeen met vele kalenderjaren, soms wel vier eeuwen. Een datering in zo'n plateau is niet echt bruikbaar. Beruchte perioden zijn het Hallstatt-plateau in de Vroege en Midden IJzertijd (750-400 BC) en de plateaus in het Midden en Laat Neolithicum (3300-2950 BC en 2850-2500 BC).

De bemonstering ten behoeve van ^{14}C onderzoek in het veld is relatief eenvoudig. De keuze voor de plaats van het monster en het monstervolume is minder eenvoudig (zie monstersselectie). De onderstaande voorzorgsmaatregelen moeten bij monsternamen ten behoeve van ^{14}C onderzoek in acht worden genomen:

¹ σ (spreek uit als sigma) is de zogenaamde standaardafwijking, een begrip dat bij kansberekeningen binnen de statistiek wordt gebruikt. Een 1 σ standaardafwijking betekent dat de kans dat de werkelijke waarde overeenkomt met de berekende waarde ongeveer 68 % is. Binnen het 2 σ interval is deze kans ongeveer 95 %. Binnen het archeologisch werkveld wordt met betrekking tot ^{14}C -ouderdommen doorgaans met het 2 σ interval gewerkt.



Afbeelding 8.03: Calibratiediagram voor 2500 ± 30 BP. Op de y-as is de datering in ^{14}C -jaren BP uitgezet. Op de x-as is de gecalibreerde datering in jaren voor Christus uitgezet. De gebruikte calibratiecurve (ijkgrafiek) is in grijs weergegeven. De 1, 2 en 3 σ waarden zijn weergegeven in verschillende tinten.

- Gebruik schoon gereedschap.
- Rook niet.
- Wanneer je een monsterbak gebruikt voor monsternamen gebruik dan een bak met een breedte en diepte van tenminste 10 cm.
- Als je meerdere bakken slaat in één profiel zorg dan voor een overlap van tenminste 4 cm.
- Geef op de bakken de bovenkant van de bak (Top en pijl naar boven) en de overlap aan.
- Meet de NAP-hoogte van de top van de monsterbak(ken) en geef deze ook nauwkeurig aan op de profieltekening.
- Maak een detailopname van het bemonsterde profiel (vergeet niet een schaalbalk te gebruiken).
- Maak een lithologische én een bodemkundige beschrijving van het bemonsterde profiel.
- Haal de bak er meteen uit i.v.m. uitdrogen.

De bakken moeten zodanig verpakt, getransporteerd en opgeslagen worden dat het monster niet kan uitdrogen, lekken of beschadigen. Dus:

- Omwikkel de bakken met huishoudfolie (géén magnetronfolie!), aluminiumfolie of plastic zakken (géén hergebruikte plastic zakken!).
- Voeg daarna pas een vondstkaartje toe en zorg dan voor een tweede lucht afsluitende laag (dichtgeplakte zak). Zorg dat het vondstkaartje door de verpakking heen goed leesbaar is.

Een voorbeeld:

Tijdens een opgraving in het duingebied in Noordwijk is een waterput aangetroffen. Onder in de waterput is een pakket veen aanwezig. Midden in dat veenpakket bevinden zich enkele grote houtskoolbrokken en 1 fragment aardewerk dat getypeerd kan worden als Ruinen-Wommels II. De houten constructie van de put is nog gedeeltelijk aanwezig. Het hout is afkomstig van een eikenboom.

Ik wil weten wanneer de put in gebruik is geweest.

Een datering van de houten constructie levert in het gunstigste geval de kapdatum van de eik op. Daarbij moet je dan wel zeker weten dat je spinhout (buitenste jaarringen) hebt en geen kernhout (binnenste jaarringen). Dit kan je laten vaststellen door een houtspecialist. Een tweede vraag die je jezelf moet stellen is: is er mogelijk sprake van hergebruikt hout? Dit komt namelijk regelmatig voor bij waterputten (zie afbeelding 8.04). De tweede mogelijkheid is het dateren van botanische macroresten, zoals zaden en knoppen uit het veen. Deze zaden en knoppen kun je



Afbeelding 8.04: Hergebruikt scheepshout en een ton in een waterput bij Katwijk (foto: A. Veenhof, ADC ArcheoProjecten).

laten selecteren door een botanisch specialist. Het moment dat je dateert is het moment dat de zaden en knoppen zijn afgestorven en dus geen CO₂ meer opnemen. Een derde mogelijkheid is het dateren van de houtskoolresten. Hierbij moet je je afvragen of sprake is van eenjarig hout of meerjarig hout, kernhout, spinthout of sprokkelhout. Een houtspecialist kan hierover uitsluitsel geven.

Zo op het oog lijkt in dit geval een datering van botanische macroresten het meest gunstig. In de put is echter ook aardewerk aangetroffen. Dat aardewerk indiceert een datering in de Midden-IJzertijd. Het aardewerktype valt dus midden in het Halstatt-plateau. Een datering van de verschillende elementen (hout, houtskool en veen) zal weliswaar een verschillende ¹⁴C-datering opleveren, maar allemaal min of meer dezelfde datering in kalenderjaren. De kans dat een datering meer informatie oplevert dan “Midden-IJzertijd” is in deze situatie erg klein.

Als monsters niet uit een profiel worden genomen, kan het monster in folie, een goed afsluitbare plastic zak of een glazen pot met schroefdeksel worden meegenomen. Zorg voor zo min mogelijk lucht bij het monster. Neem dus een passende zak of vul een pot zo goed mogelijk af. Let er bij het gebruik van glazen potten op dat de binnenkant van het deksel niet van organische stof is. Omdat metalen deksels snel roesten, is het beter een plastic deksel te gebruiken.

Deze maatregelen zijn van groot belang, ze dienen te voorkomen dat het monster tijdens de monstername wordt vervuild met materiaal van andere lagen. Denk hierbij aan een toevoeging van enkele grassprietten of ander organisch materiaal van de huidige bodem, grond die aan de schop, troffel of het mes hangt en afkomstig is van een andere bodemhorizont, maar bijvoorbeeld ook een sliertje tabak en vezels van een kledingstuk, doek of zakdoek. Al deze materialen bevatten een bepaalde hoeveelheid koolstof. Door de toevoeging van recent organisch materiaal zal de datering te jong uitvallen. Hoe ouder het monster, hoe groter de invloed van vervuiling. Door toevoeging van ouder materiaal, bijvoorbeeld grond aan de schep van een dieperliggende laag, kan de datering echter ook te oud uitvallen.

Na de monstername dienen de monsters donker en koel te worden bewaard (< 6 °C). Wanneer schimmelvorming optreedt, is dateren niet meer mogelijk. De schimmelvorming heeft namelijk een verjongend effect. Het verjongend effect op een AMS-monster is veel groter dan op een conventioneel monster, omdat de schimmels een veel groter percentage van de massa innemen. Het is daarom van groot belang monsters op de juiste manier te bewaren. Zorg ervoor dat deze monsters zo snel mogelijk op de juiste wijze worden opgeslagen en laat deze niet een maand in tijdelijke opslag staan in een container. Zeker in de zomermaanden kunnen de temperaturen in een container snel oplopen.

Voordat je een monster instuurt naar een laboratorium ter datering, is het van belang dat je goed bedenkt wat je eigenlijk wilt dateren. De tweede vraag die je jezelf moet stellen is de vraag welk moment het monster dat je hebt genomen dateert.

Enkele algemeenheden zijn verstandig om in acht te nemen voor een zinvolle datering:

- Dateerbaar materiaal uit een gesloten context is te verkiezen boven materiaal uit een open context. Dus in aflopende volgorde, een grafcontext, een afvalkuil, een paalgat.
- Voeg nooit monsters van verschillende met elkaar geassocieerde contexten bij elkaar om meer materiaal te verkrijgen voor een datering. Voeg dus geen houtskool uit meerde paalsporen van een boerderij bij elkaar. Je mag er sowieso van uitgaan dat het houtskool secundair is. Daarnaast kunnen de paalsporen alleen maar op interpretatief niveau aan elkaar gerelateerd worden. Ze hoeven niet per se bij elkaar te horen.

Hieronder volgt een opsomming van aandachtspunten bij de monsterselectie van enkele veel voorkomende materiaalcategorieën.

Houtskool

Over het algemeen zijn andere materiaalgroepen te verkiezen boven houtskool. Alleen als andere koolstof bronnen ontbreken, is het zinvol deze materiaalgroep te benutten. Als wordt besloten tot een ^{14}C -datering van houtskool, dient altijd rekening te worden gehouden met een aantal valkuilen:

- De mogelijkheid dat de kern van duurzame hardhoutsoorten (bv. eik) wel eens enkele honderden jaren oud kan zijn.
- De mogelijkheid van hergebruik van hout.
- Gebruik uitsluitend hout van kortlevende, weinig duurzame boom- en houtsoorten (berk, els, wilg).
- Gebruik alleen die stukjes van het houtskool die de laatst gevormde jaarring bevatten (geen schors!).
- Gebruik geen houtskool met meeverkoolde schimmeldraden, dit is zeker oud sprokkelhout. Dit hout lag dus al enige tijd in het bos voordat het verzameld werd en is dus niet zo geschikt voor een datering.
- Gebruik het liefst houtskool uit een haardkuil en niet uit een houtskoolstrooiing of paalkuil. Houtskool uit de laatste twee contexten kan van natuurlijke oorsprong zijn of door bioturbatie in de bodem terecht zijn gekomen. Het houtskool hoeft dus geen relatie te hebben met de vindplaats en kan zowel een te oude als een te jonge datering opleveren.

Het vaststellen van de houtsoort kan alleen worden uitgevoerd door een houtspecialist. Dit betekent dat bij selectie van houtskool voor ouderdomsdatering in principe een specialist dient te worden ingezet.

Hout

Houten palen, planken en stammen zijn ideaal voor een ^{14}C datering. Echter, evenals bij een houtskoolmonster, is het mogelijk dat oud hout is hergebruikt. Daardoor kan het hout ouder dateren dan de context waarin het is gevonden.

Verkoolde organische resten

Zaden en aankoeksel aan aardewerk kunnen worden gebruikt voor archeologische dateringen. Ze hebben een verwaarloosbare eigen leeftijd. Enkele kanttekeningen:

- Materiaal van waterplanten is zeer riskant in verband met het ‘hard water effect’. Door opname van koolstof door planten uit oude carbonaten die zich in de bodem bevinden of in het water zijn opgelost, verkrijgt men een te oude datering.
- Aankoeksel kan roetresten bevatten waarin een verrijking van ^{14}C heeft plaatsgevonden.
- Met name in kustgebieden, maar ook in zoetwatergebieden, moet men rekening houden met de aanwezigheid van organismen zoals vis en schelpdieren die een ouder ^{14}C signaal bevatten als gevolg van het zogenaamde ‘reservoir effect’.

Veen en humushoudende grondmonsters

Het liefst worden bodemmonsters gedateerd die sterk humeus zijn of uit puur veen bestaan. Hoe “humeuzer” het monster, hoe natter de omstandigheden waren waarin het monster is gevormd. Door de (permanente) aanwezigheid van water wordt het afgezette materiaal afgesloten van lucht en blijven plantenresten bewaard. Als zuurstof bij het afgezette materiaal komt, vindt oxidatie van organische stof plaats en verdwijnt het organisch stof als CO_2 in de atmosfeer. Een ^{14}C -datering heeft dan geen zin meer.

Bij monsternamen voor een datering dient te worden gelet op:

- Verticale doorworteling. De jonge wortels zorgen voor een te jonge datering. Let op: rietstengels kunnen enkele meters diep wortelen. In situ gegroeide rietstengels zijn ook niet van jongere doorworteling te onderscheiden. Verwijdering van wortels dient daarom altijd plaats te vinden.
- In bodems kunnen geïnfiltreerde humuszuren ook een verjongend effect hebben op de datering. Het ^{14}C -laboratorium kan hiertoe een voorbewerking met NaOH uitvoeren. Bij een aantal laboratoria gebeurt dit alleen op aanvraag.
- In kalkrijke milieus speelt zoals eerder gezegd het ‘hard water effect’ een rol. Dit geldt met name voor gyttja’s.
- In het monster bevinden zich ook waterplanten die oud koolstof hebben opgenomen en voor een te oude datering zorgen. In de meeste gevallen is het daarom noodzakelijk macroresten (zaden) uit het genomen monster te halen. Indien voldoende materiaal aanwezig is dienen alleen de zaden van landplanten te worden ingestuurd.

Met behulp van stratigrafische monsters kunnen vragen worden opgelost als:

- Wanneer begon de bodem van een restgeul/beek te verlanden?
- Wanneer was de restgeul/beek geheel verland?
- Wanneer was een duin door het oprukkende veengebied niet meer bewoonbaar?

Botmateriaal (incl. schelpen)

De dateerbare fractie van bot wordt gevormd door het eiwit collageen. Bot bestaat voor circa 20-30% uit dit collageen. Verbrand bot is moeilijk of niet dateerbaar, omdat het weinig of geen collageen bevat. Van onverbrand bot moet eerst de hoeveelheid collageen die nog in het bot aanwezig is worden bepaald alvorens datering plaatsvindt. Bij een resterend gehalte van minder dan 5% van de oorspronkelijke 200 mg collageen per gram bot is een zinvolle datering niet meer mogelijk zonder uitgebreide voorbehandeling (uit te voeren in een ^{14}C laboratorium). Als botten zo weinig collageen bevatten dat dateren geen zin heeft, leveren met het bot geassocieerde gebits-elementen doorgaans ook een onbetrouwbare datering op.

Voor de monsternamen gelden in elk geval enkele vuistregels:

- Selecteer botten die onder de GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) zijn gelegen en liefst (permanent) onder de grondwaterspiegel liggen.
- Het uiterlijk van het bot zegt niet noodzakelijkerwijs iets over de conserveringsgraad van het collageen. Een 'mooi' bot gelegen boven de grondwaterspiegel in een kalkrijk milieu bevat meestal geen collageen meer. Een 'slecht uitziend' bot onder de grondwaterspiegel bevat vaak wel collageen.
- Voor een AMS-datering van onverbrand bot is ca. 200 mg bot nodig, voor een conventionele datering is ca. 500 gr bot nodig.

Voordat je een datering van bot laat uitvoeren is er een aantal punten die je in overweging moet nemen. Bot van zeeorganismen dateert doorgaans ouder door de langzame koolstofcirculatie in zeewater (reservoir effect). Het is tegenwoordig mogelijk dateringen van mariene organismen voor dit effect te corrigeren. Kustbewoners die een gedeeltelijk land- en gedeeltelijk marien menu hebben (vis en mollusken), hebben een onbekend verouderingseffect. Dit is niet te corrigeren. Hetzelfde geldt voor organismen die in een mengzone van zoet en zout water leven. Bij datering van zoetwater schelpen treedt evenals bij waterplanten het zogenaamde 'hard water' effect op, waardoor een te oude datering kan ontstaan. Wanneer toch wordt gekozen voor het dateren van schelpen, let er dan op dat je - indien mogelijk - jonge (juvenile) schelpen selecteert die in levenspositie aanwezig zijn in het sediment. De voorkeur gaat uit naar mollusken met een intacte opperhuid. Dit laatste verkleint de kans op herverwerkt materiaal. Indien tweekleppige mollusken aanwezig, zijn kies dan altijd voor een intact exemplaar. Vermijdt de monsternamen van mollusken uit samengespoelde contexten zoals *channel lags*.

Bij dierlijk bot wordt de voorkeur gegeven aan botmateriaal van gedomesticeerde dieren en jachtbuit. Dierlijk bot van gravers zoals mollen en muizen, dient zoveel mogelijk te worden vermeden. Wanneer voor één datering verschillende botten worden gebruikt, moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat de botten van verschillende ouderdom kunnen zijn. Het is nog steeds onduidelijk wat de invloed is van modern landgebruik op het koolstof in botmateriaal. Vermijd daarom botmonsters die dicht onder de bouwvoor zijn genomen.

Het is mogelijk gecremeerd bot te dateren. Doordat dit bot boven de 600°C wordt verbrand, worden stabiele structuren in het bot gecreëerd die carbonaten bevatten. Hoewel het meeste carbonaat verdwijnt tijdens de crematie, blijkt voldoende materiaal over te blijven voor een AMS-datering. Hiervoor is wel minimaal 2 gram monster nodig. Overig verbrand bot is meestal bij temperaturen tussen 200 en 300°C verbrand. Deze temperaturen zijn te laag om carbonaten vast te leggen.

Bodems

Bij de datering van bodems moet je jezelf goed afvragen wat je precies wilt dateren: de periode van afzetting, de periode van bodemvorming of de periode van afdekking/begraving? De periode van bodemvorming is niet altijd even gemakkelijk te bepalen. Bodemvormende factoren zijn namelijk afhankelijk van de aard van het moedermateriaal, de topografie en de tijdsduur van bodemvormende processen (zie ook hoofdstuk 5). Met name de tijd die de bodemvormende processen nodig hebben om te leiden tot (gedifferentieerde) bodemhorizonten is van belang om mee te nemen in de afweging of een datering zinvol is. Voor de vorming van een bodem zijn al gauw honderd tot enkele honderden jaren nodig. Dit geldt voor zowel podzolen in Pleistoceen dekzand als vegetatiehorizonten in Holocene sedimenten. Gebruik bodems dus alleen voor datering als dit de enige mogelijkheid is en houd er rekening mee dat de datering in de orde van minimaal 200 jaar uitvalt.

Wanneer je dan toch een bodem dateert, dateer dan bij voorkeur in Holocene context aquatische bodems en geen terrestrische bodems. Aquatische bodems zijn bodems die grotendeels onder water worden gevormd bijvoorbeeld in kommen in het rivierengebied. Terrestrische bodems zijn bodems die zijn gevormd in min of meer droge omstandigheden. Gezien de doorgaans lange tijdsspanne voor het ontstaan van een gedifferentieerde podzol wordt afgeraden dit type bodem op deze wijze te dateren. Mocht je desondanks toch een dergelijke bodem willen dateren doe dit dan niet op een plaats waar inspoeling van jongere humuszuren kan zijn opgetreden (bijvoorbeeld onder een veenlaag of direct onder een bouwvoor).

Binnen archeologisch onderzoek wordt vaak de vraag gesteld op welk moment een bodem is afgedekt. De nauwkeurigheid waarmee de periode van begraving kan worden bepaald is afhankelijk van de materiaalsoort waarmee de bodem is afgedekt. Wanneer een bodem wordt bedekt met eolische afzettingen (bijvoorbeeld stuifzand of duinzand) ontbreekt organische stof en biedt een ¹⁴C-datering geen uitkomst. Hierbij geldt dat de afzetting van het sediment met bijvoorbeeld de OSL dateringsmethode kan worden bepaald. Wanneer een bodem begraven ligt onder veen (verdrongen dekzandrug of (rivier)duin) kan een ¹⁴C-datering worden uitgevoerd op organisch materiaal. Let bij een dergelijke monsternamen wel op dat

de grens tussen zand en het daarboven gelegen veen alleen te bepalen is in een slijpplaatje onder de microscoop (micromorfologie). Het bovenste deel van het zand bestaat vaak uit verspoeld materiaal. Dit is soms af te leiden uit de macroresten die zich in dit veen bevinden. Dergelijk verspoeld materiaal levert een te jonge datering voor het moment van afdekking.

Het is erg belangrijk dat je op de juiste manier verslag legt van een ^{14}C -datering. Je dient altijd de labcode, het monsternummer, de datering in ongekalibreerde jaren BP en de meetfout weer te geven. Het is prettig als je ook de x-, y- en z-coördinaat van het betreffende monster weergeeft. Geef daarnaast exact aan wat je hebt gedateerd. Wanneer je bijvoorbeeld 1 graankorrel hebt laten dateren door middel van een AMS-datering, geef dan niet alleen aan dat het 1 graankorrel was, maar geef ook aan welk soort graan en het gewicht. Hierdoor kan men later altijd zien op basis van welke zaden de datering is verricht. Zoals eerder is vermeld geven bepaalde zaden een verouderingseffect. Daarnaast kunnen nieuwe inzichten ontstaan over het effect van bepaalde zaden op de datering. Wanneer je de jaren in kalenderjaren laat omrekenen geef dan aan met welk programma je dit hebt gedaan (bijvoorbeeld Calib, Oxcal of WinCal). Verschillende (versies van) programma's leveren een verschillende datering op. Wanneer je een AMS datering laat doen krijg je doorgaans ook een $\delta^{13}\text{C}$ -waarde aangeleverd. De grootte van deze waarde is een indicatie voor de mate waarin sprake is van het hard water effect. Het is dan ook aan te bevelen deze waarde op te nemen in de rapportage.

8.1.2 OSL en TL

OSL staat voor *Optically Stimulated Luminescence dating* en TL staat voor *Thermo Luminescence dating*. Met behulp van deze dateringsmethoden kan worden bepaald hoe lang geleden afzettingen zijn gevormd of hoe lang geleden een voorwerp is verhit. Voor klei en zand dat in het Laat-Pleistoceen of Holoceen is gevormd wordt in Nederland vaak de OSL-methode toegepast. Deze methode kan dienen als dateringsmethode wanneer andere dateringsmethoden zoals ^{14}C -analyse of dendrochronologie niet toepasbaar zijn, de onnauwkeurigheid ervan te groot is (bij ouderdommen van meer dan circa 20.000 jaar) of als aanvulling op genoemde methoden.

Bij deze methode gaat men uit van de laatste blootstelling van het sediment of een voorwerp aan licht of hitte. Door de blootstelling aan zonlicht wordt het zogenaamde luminescentie signaal op nul gezet. Dit op nul zetten van de klok vindt plaats binnen enkele seconden nadat het monster volledig wordt blootgesteld aan (zon-)licht of boven 350°C wordt verhit. Na begraving of verhitting wordt het luminescentie signaal door natuurlijke radioactieve straling opnieuw opgeladen. Hoe langer een voorwerp begraven is geweest of hoe langer het geleden is dat het voorwerp is verhit, hoe groter het luminescentie signaal wordt.

Bij de berekening van de ouderdom moet rekening worden gehouden met de radioactiviteit van de omgeving: hoe groter de radioactiviteit, hoe meer straling het monster per jaar ontvangt (dosis tempo) en hoe sneller het luminescentie signaal wordt opgeladen. Daarnaast is het watergehalte van het monster van belang, omdat water een deel van de radioactieve straling absorbeert en daarmee het dosis tempo

beïnvloedt. Tenslotte kan een fluctuerende grondwaterstand problemen opleveren doordat radioactieve deeltjes inspoelen en uitspoelen. Het beste is als het monster of altijd boven of altijd onder de grondwaterstand heeft gezeten.

De nauwkeurigheid in optimale omstandigheden bedraagt ongeveer 5% van de ouderdom van het monster. Dit betekent onder ideale omstandigheden:

Paleolithicum	10.000 jaar	→	± 500 jaar
Bronstijd	3.700 jaar	→	± 170 jaar
Romeinse Tijd	1.750 jaar	→	± 85 jaar

De onnauwkeurigheid wordt echter groter als het monster zeer jong is. Sediment dat niet volledig blootgesteld is geweest aan licht, leidt tot een te oude datering. Wanneer het monster in het bereik van een fluctuerende grondwaterstand heeft gelegen, nu of in het verleden, kan dit eveneens leiden tot een verkeerde datering als gevolg van in- en uitspoeling van radioactieve deeltjes.

De “OSL-klok” wordt op nul gezet als het monster volledig wordt blootgesteld aan licht. Voor een geologisch monster geldt dus dat hoe meer het monster blootgesteld wordt aan licht tijdens transport (voor sedimentatie) hoe beter het is voor het ‘resetten’ van de klok. Met andere woorden, een lange transportafstand en/of meerdere transportcycli is positief voor een succesvolle datering. Filtering van licht door bijvoorbeeld water kan een datering negatief beïnvloeden.

OSL kan worden toegepast op kwarts, veldspaat en zircon. Kwarts komt voor in zand, silt, aardewerk en vuursteen. Voor een goede datering zijn 50-100 mg kwartskorrels van een bepaalde korrelgrootte nodig. Daarnaast is voor een succesvolle datering bodemmateriaal rondom het OSL-monster noodzakelijk. Met behulp van dit materiaal kan namelijk het dosis tempo worden berekend.

Met behulp van deze dateringsmethode kan worden vastgesteld wanneer aardewerk, baksteen en andere gebakken materialen zijn vervaardigd. Hiervoor worden zand- en siltkorrels die in het materiaal aanwezig zijn gedateerd. De methode is dus destructief. Wanneer het te dateren materiaal afkomstig is uit een uniforme laag kan op basis van een monster van deze laag het dosis tempo worden bepaald. Wanneer sprake is van een gelaagd pakket en/of fluctuerende grondwaterstanden, dient een monster van het omringende sediment te worden genomen om het resterende deel van het dosis tempo te bepalen. Van vuursteen en andere natuurstenen die verbrand zijn kan op dezelfde wijze als voor aardewerk het moment van verbranden worden bepaald. Ook hiervoor geldt dat de methode destructief is. Ook cement en specie komen in aanmerking voor datering. OSL kan tenslotte ook worden gebruikt in geoarcheologische toepassingen zoals het moment van afzetting of afdekking van een sediment.

Uitsluitend sediment dat silt en/of zand bevat is geschikt voor een OSL-datering. Veen en zware klei zijn dus in principe niet geschikt om te bemonsteren. De belangrijkste voorwaarde bij de monsternamen is uiteraard dat het monster niet wordt blootgesteld aan licht. Gebruik een zwarte of grijze PVC-buis die aan beide zijden kan worden afgesloten met een PVC-dop. Voor een succesvolle datering is een monsterbuis met een doorsnede van 6 cm en een lengte van 20 cm voldoende.

Sla de buis in de te bemonsteren laag. Let goed op dat tijdens het inslaan van de buis geen scheuren ontstaan. Wanneer de buis is ingeslagen vul je de buis af met omliggend sediment en sluit je de buis af met een plastic dop. Geef op de dop aan dat het de buitenzijde van het monster betreft. Geef ook aan of de buis is afgevuld met ander materiaal. Om tot een zo nauwkeurig mogelijke datering te komen is het van belang dat de plaats ten opzichte van de grondwaterspiegel bekend is. Daarnaast is de afstand tot aan het oppervlak noodzakelijk in verband met de mate waarin kosmische straling de datering beïnvloedt.

Als het mogelijk is, vermijd dan monsters op of dichtbij een lithologische overgang. Komt binnen 30 cm onder of boven het monster een andere lithologische laag voor dan is het noodzakelijk een grondmonster te nemen van deze andere laag voor een bepaling van de achtergrondstraling. Een dergelijk monster kan eenvoudig worden genomen met behulp van een smalle (4x4x50 cm) monsterbak. Een dergelijk monster ten behoeve van de bepaling van de natuurlijke achtergrondstraling behoeft geen speciale behandeling.

Wanneer de buis is uitgegraven wordt de achterzijde eveneens afgevuld indien nodig en afgesloten met een dop. Op de dop geef je aan of de buis al of niet is afgevuld. Plak of tape beide doppen stevig vast. Zorg dat de monsterbuis met het sediment goed vol is zodat het materiaal dat aan het licht blootgesteld is geweest aan de uiteinden niet kan mengen tijdens transport. De monsters zijn jaren houdbaar mits deze goed zijn afgesloten. Bij voorkeur bewaar je de monsters op een donkere koele plaats. Laat de monsterbuizen nooit in de zon staan voor het geval er toch wat licht door de buis komt. Vermijd hoge temperaturen ($> 50^{\circ}\text{C}$) tijdens opslag en transport.

Neem altijd een dubbel OSL monster. Het tweede monster dient dan als backup in het geval dat iets mis is met het eerste monster of aanvullend materiaal nodig is in het laboratorium. De laboratoria adviseren om altijd meerdere monsters te nemen en te laten analyseren. Dit kan uit één laag of uit verschillende monsters in een stratigrafische opeenvolging. Op deze manier kan een grotere datering nauwkeurigheid worden verkregen. Dit laatste geldt overigens voor elke dateringsmethode.

Een voorbeeld:

Tijdens een opgraving van een nederzetting uit de Bronstijd in het kader van de aanleg van de woonwijk Enkhuizen Kadijken is op enige diepte onder het loopniveau uit de Bronstijd een donkergrijze bodemhorizont aangetroffen. Op basis van micromorfologisch onderzoek kon worden vastgesteld dat de grijskleuring werd veroorzaakt door de aanwezigheid van een grote hoeveelheid houtskoolstof. Dit houtskoolstof is in de bodem terecht gekomen door het herhaaldelijk afbranden van de aanwezige vegetatie. Het houtskool was echter dermate fijn dat het niet kon worden verzameld voor een ^{14}C -datering. De afzettingen waren in een marien milieu gevormd en bestonden grotendeels uit siltrijk sediment. Op basis van een OSL datering kon worden vastgesteld dat de afzettingen dateerden uit de periode 2360 ± 335 v. Chr. Op enige afstand van deze opgravinglocatie zijn eerder in de jaren '80



Afbeelding 8.05: OSL-monster en referentiemonster ten behoeve van de bepaling van het dosistempo op vindplaats IJsselstijn Lage Dijk (foto A.Veenhof, ADC ArcheoProjecten).

op twee plaatsen concentraties klokbekeraardewerk aangetroffen. Mogelijk mag in de directe omgeving van de vindplaats Enkhuizen Kadijken eveneens rekening worden gehouden met vindplaatsen uit deze archeologische periode.

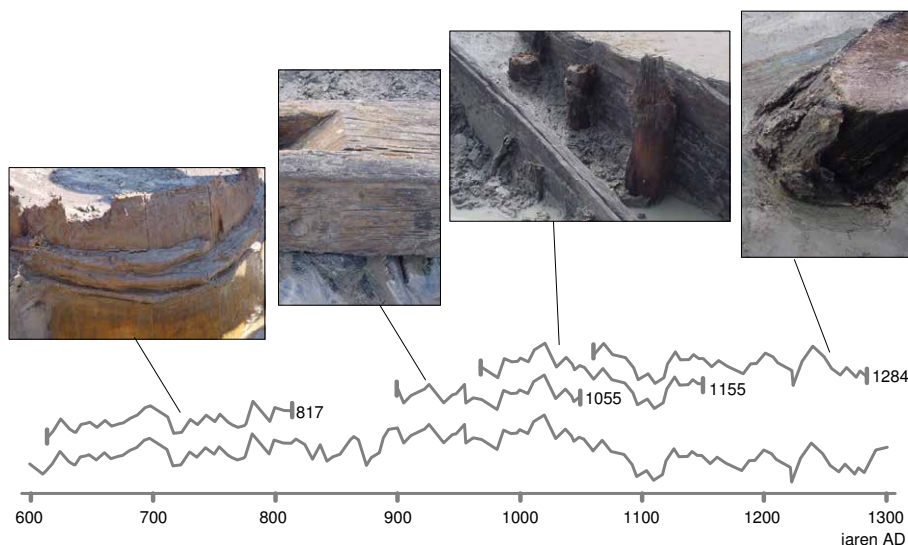
Aardewerk kan direct na monsternamen het best worden bewaard in zwart plastic. Vergeet niet dat ook bij het bemonsteren van aardewerk een omgevingsmonster van het sediment noodzakelijk is voor het meten van de achtergrondstraling. Ook voor monsters van aardewerk geldt dat bij voorkeur geen monster genomen moet worden op of nabij een lithologische overgang. Indien dat wel het geval is, is het ook hier noodzakelijk een referentiemonster te nemen van het omringende sediment en/of de afwijkende lithologische lagen.

Geef bij de verslaglegging altijd aan door welk laboratorium en in welk jaar het monster is gedateerd. Geef daarnaast alle dateringsgegevens zoals dosistempo, watergehalte en dergelijke zoals deze zijn opgenomen in het dateringsrapport van het laboratorium, weer in het verslag.

8.1.3 Dendrochronologie

Dendrochronologisch onderzoek is bruikbaar voor het beantwoorden van vragen met betrekking tot de ouderdom van hout. Daarnaast kan dendrochronologisch onderzoek worden gebruikt voor het beantwoorden van vragen over de herkomst van hout, het historische landschap (vegetatie) en klimatologische omstandigheden. In ons klimaat leggen bomen in elk groeiseizoen (in Nederland tussen maart en oktober) een nieuwe houtring aan onder de bast. Dendrochronologische ouderdomsbepalingen worden gebaseerd op de variaties in breedte van deze 'jaarringen'. Wanneer de omstandigheden gunstig zijn, vormt een boom een brede jaarring. Bij ongunstige omstandigheden wordt een smalle jaarring gevormd. De afwisselend smalle en brede ringen in een stuk hout geven een beeld van de groeiomstandigheden tijdens het leven van een boom. Naarmate meer ringen aanwezig zijn in een stuk hout is het makkelijker om een stuk hout te dateren. In de dendrochronologie wordt daarom graag met eikenhout gewerkt, omdat dit vaak veel ringen bevat. Daarnaast is eikenhout in onze regio veel gebruikt als constructiehout. Verder geeft eikenhout over grotere afstanden een vergelijkbaar jaarringpatroon en is onder andere daardoor goed te dateren. Andere dateerbare loofhoutsoorten zijn beuk, iep en es. De naaldhoutsoorten fijnspar, zilverspar en grove den zijn eveneens geschikt voor een dendrochronologische datering.

Hout kan worden gedateerd door het jaarringpatroon te vergelijken met de gemiddelde groeikalenders van bomen in Europa. Deze groeikalenders zijn soms duizenden jaren lang. Wanneer in het hout voldoende jaarringen aanwezig zijn kan de variatie in dikte van het jaarringenpatroon worden vergeleken met deze gemiddelde groeikalenders. Gezocht wordt waar in de groeikalender het jaarringpatroon van het te onderzoeken hout het beste past. Als de dendrochronoloog het te onderzoeken hout heeft geplaatst in een groeikalender is van elke jaarring in het hout de kalenderdatum bekend. Wanneer in het hout de laatst gevormde ring aanwezig is (de ring direct onder de boomschors), is bekend in welk kalenderjaar de boom werd omgehakt. Dit is de zogenaamde kapdatum.



Afbeelding 8.06: Principe van dendrochronologisch onderzoek (foto's A. Veenhof, ADC ArcheoProjecten).

Een houtmonster kan worden gedateerd met behulp van dendrochronologie als het aan de volgende voorwaarden voldoet:

- de boom heeft een regelmatig groeipatroon,
- het betreft geen wortelhout,
- wondweefsel, noesten of zijtakken ontbreken,
- de houtsoort is dateerbaar,
- het houtmonster bevat voldoende jaarringen (zie hieronder).

Archeologische dendrochronologische monsters worden in het veld verzameld door een plak hout van het te dateren voorwerp te zagen met behulp van een motorkettingzaag. Hout uit archeologische context bevat weinig cellulose waardoor het niet erg stevig is. Voorafgaand aan het zagen is het aan te raden het voorwerp te omwikkelen met tape. Deze manier van bemonsteren is destructief. Wanneer dit niet gewenst is, kan met behulp van een speciale holle boor een monster worden genomen. Tijdens bouwhistorisch onderzoek is deze laatste wijze van monstername gebruikelijk. In het geval van bijzondere houten voorwerpen kan langs het voorwerp of langs een breukvlak in het te dateren voorwerp worden gemeten.

Hoewel het hout uit archeologische context doorgaans niet erg stevig is, kan het jaarringpatroon nog wel goed worden afgelezen. Als het hout uitdroogt of bevroert klappen de cellen als het ware in elkaar. Het is dan ook van het grootste belang dat het hout vochtig blijft voor, tijdens en na de monstername. Met name het spinthout is zeer kwetsbaar voor uitdroging. Zoals hierboven uitgelegd, is dit spinthout van belang voor het bepalen van de kapdatum. Tijdens een opgraving waarin veel hout wordt aangetroffen is het zinvol een besproeiingsinstallatie aan te leggen en een tent over de opgraving te plaatsen. Hout waaraan niet wordt gewerkt kan het beste worden afgedekt.

Het is belangrijk dat de monsternamen steeds zo wordt ingericht, dat de kansen voor een succesvolle datering zo groot mogelijk zijn. Over het algemeen geldt dat de kans op een succesvolle datering toeneemt naarmate er meer houtmonsters kunnen worden onderzocht. Vooral bij monsters met relatief weinig jaarringen is dit van belang. In de regel zijn alleen jaarringpatronen met meer dan 70 ringen dateerbaar. Bij losse houtvondsten en individuele houtmonsters geldt zelfs een minimum van ca. 100 jaarringen. Wanneer meer dan circa 30 houtmonsters van één locatie beschikbaar zijn, kan soms met minder (ca. 50) jaarringen worden volstaan. Bij houten constructies is het aan te raden indien mogelijk alle onderdelen te bemonsteren.

In de dendrochronologie wordt onderscheid gemaakt tussen absolute en relatieve dateringen. Een datering is absoluut in dendrochronologische zin wanneer elke jaarring in het hout met een bepaalde mate van zekerheid aan een kalenderjaar is toe te schrijven. Het jaarringpatroon is dan absoluut in de tijd geplaatst. Een datering is relatief in dendrochronologische zin wanneer de kapdatum van houtmonster A wel gedateerd is ten opzichte van een ander, niet-absoluut gedateerd houtmonster B, maar niet ten opzichte van een bestaande absoluut gedateerde kalender. In dit geval is wel bekend hoeveel jaren er zijn verstreken tussen het kappen van A en B, maar kunnen deze gebeurtenissen niet absoluut op de tijdschaal geplaatst worden. Een dendrochronologische datering is absoluut in archeologische zin wanneer deze dendrochronologisch absoluut is én de laatst gevormde jaarring in het houtmonster aanwezig is (d.w.z. de ring direct onder de boomschors), waardoor ook de exacte kap/sterfdatum van de boom kan worden bepaald. Een datering is dendrochronologisch wel, maar archeologisch en chronologisch niet absoluut, indien de schors en (een deel van) het spinhout in het verleden is verwijderd tijdens de bewerking. Dit levert een zogenaamde *terminus post quem*-datering op van het kalenderjaar waarin de boom stierf. Met andere woorden een datering waarna de boom gekapt/gestorven is.

Een voorbeeld:

Tijdens een opgraving van een vroegmiddeleeuwse nederzetting in Katwijk zijn verschillende waterputten met goed geconserveerd houtwerk aangetroffen. Bij het couperen van de waterputten en het bergen van het houtwerk bleek dat de waterputten gedeeltelijk van hergebruikt scheepshout waren vervaardigd. Het hout bleek van voldoende kwaliteit voor dendrochronologisch onderzoek. In de onderstaande tabel zijn de resultaten van het dendrochronologisch onderzoek weergegeven.

Vondstnummer 9 en 7 bestaan uit eik, vondstnummer 8 uit es. Alle objecten hebben meer dan 70 jaarringen. Kernhout ontbreekt in vondstnummer 7 en 9. Alleen in vondstnummer 9 zijn de buitenste jaarringen aanwezig. Om die reden kon alleen van dit vondstnummer de kapdatum worden bepaald. De kapdatum is bepaald aan de hand van een Nederlandse referentiekalender (NLVLAA01) en betreft dus zeer waarschijnlijk Nederlands eikenhout. Het %PV geeft het percentage aan van de ringbreedten die gelijk toe of afnemen met de gebruikte referentiekalender. Bij een waarde van 50% wordt aangenomen dat de gemeten ringbreedten niet overeenkomen met de referentiekalender. De vraag of de aangetroffen mate

Beschrijving	Houtsoort	RING code	n	Kern	Spint	Wankant	1e jaar	ne jaar	Kapdatum	t	%PV	α	Kalender
Plank LSH 1 VNR 7	Eik	KAT00160	80	?	-	-	553	623	na 635 na Chr.	6,04	80,3	0,0001	DESUDE02
Plank LSH 8 VNR 9	Eik	KAT00171	168	?	7+1	+1+?	613	780	798 na Chr. $\pm$ 8	8,63	70,5	0,0001	NLVLA01
Plank LSH 7 VNR 8	Es	KAT00180	77	ca. 5	n.v.t.	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 8.01: Dateringsrapport van 3 houtfragmenten uit de opgraving Katwijk Zanderij (Van der Velde, 2010).

van overeenkomst significant is, is onder andere afhankelijk van de lengte van het overlappende gedeelte. Wanneer de significantie (α) kleiner is dan 1:1000 (0,001) wordt aangenomen dat inderdaad sprake is van een overeenkomst die niet op toeval berust.

Natte houtmonsters kunnen het best in plastic worden verpakt. Nat hout is doorgaans zeer zacht (met uitzondering van eikenhout). Het is dus van belang verpakte houtmonsters niet op elkaar te stapelen; dit voorkomt dat de monsters in elkaar geperst worden. Nat hout wordt ook na verpakking aangetast door bacteriën, insecten en oxidatie. Het is daarom aan te raden houtmonsters zo snel mogelijk naar een laboratorium te brengen voor onderzoek. Dendrochronologische houtmonsters die om financiële of andere redenen niet direct onderzocht kunnen worden, kunnen chemisch geconserveerd worden. Hierdoor blijft de dendrochronologische informatie (jaarringbreedten) intact. Chemisch onderzoek op basis van bijvoorbeeld de isotopensamenstelling is dan echter niet meer mogelijk.

Tot slot: conclusies op basis van één datering moeten met de nodige voorzichtigheid worden gedaan.

8.2 Micromorfologie

Bodemmicromorfologisch onderzoek wordt in het archeologische werkveld in het algemeen aangeduid als slijpplaatonderzoek. Dit onderzoek vindt plaats in een laboratorium met behulp van een microscoop. Bij een bodemmicromorfologisch onderzoek wordt het te onderzoeken deel van de bodem eerst luchtgedroogd. Wanneer het materiaal krimpgevoelig is zoals veen, wordt het aanwezige water vervangen door aceton. Daarna wordt het monster geïmpregneerd met een kleurloze polyesteroplossing. Zodra alle holten en poriën zijn opgevuld met polyester, laat men het monster uitharden. Het uitgeharde monster wordt vervolgens bevestigd op een glasplaat en geslepen tot een dikte van ongeveer 0,025 mm. Deze slijpplaatjes kunnen onder een microscoop met doorvallend licht worden bestudeerd. Verschillende bodemmateriële kunnen daardoor worden geïdentificeerd aan de hand van de brekingseigenschappen onder gepolariseerd licht. Het hele proces om een slijpplaat te vervaardigen kent vaak een doorlooptijd van enkele maanden, deze tijd is nodig om kwalitatief goede slijpplaten te kunnen vervaardigen.

In slijpplaatjes zijn zowel de verschillende bodemonderdelen (bodemmateriaal, holt en archeologische indicatoren) duidelijk zichtbaar, als verschijnselen die in de grondmassa aanwezig zijn. Onder de microscoop kunnen bodemlagen tot in het kleinste detail worden bestudeerd. De sedimentaire gelaagdheid kan in een slijpplaat tot op tienden van een millimeter worden bestudeerd. Afwijkingen in deze gelaagdheid als gevolg van menselijk handelen of door natuurlijke verstoringen kunnen worden geïdentificeerd. Bodemprocessen, zoals in- en uitspoeling, transport van materiaal, bioturbatie, vorming van humus, enzovoorts zijn doorgaans goed zichtbaar in een slijpplaat. Bodemmicromorfologisch onderzoek kan daarvoor antwoord geven op een breed spectrum aan vragen, zowel van archeologische als landschappelijke aard, die met het blote oog in het veld doorgaans niet zijn te beantwoorden.

Archeologische vragen:

- Is sprake van een haardkuil/stookplaats en is deze éénmalig of meerdere keren gebruikt?
- Welke materialen heeft men gestookt (bijvoorbeeld naaldhout/loofhout/kruidachtigen)?
- Heeft bodembewerking plaatsgevonden (ploegen, betreding, bemesting, ophoging)?
- Liggen de artefacten in primaire of secundaire context?
- Op welke manier is een grondspoor opgevuld?
- Heeft tijdens de exploitatie sedimentatie plaatsgevonden (overstromingen)?
- Is de archeologische laag in één keer of in verschillende fasen gevormd?

Landschappelijke vragen:

- Op welke wijze en/of in welk milieu is het sediment gevormd?
- Welke bodemvormende processen zijn opgetreden?
- Heeft erosie plaatsgevonden?
- Zijn afwijkende lagen van natuurlijke of antropogene oorsprong?

Tijdens de bemonstering in het veld, opslag en transport is het van groot belang dat steeds wordt getracht de bodemstructuur zo goed mogelijk intact te houden. Bemonstering in het veld kan op twee manieren plaatsvinden, een bemonstering uit een profielwand of bemonstering van een boorkern van een steekboring. Bemonstering van een profielwand kan je eigenlijk het beste overlaten aan een specialist. Helaas is het vaak moeilijk of niet mogelijk een micromorfologisch specialist in het veld te raadplegen. Gebruik in het laatste geval voor het nemen van een micromorfologisch monster een brede monsterbak (tenminste 10 cm). Let op dat je de gehele laag die je wilt laten onderzoeken ruim bemonstert. Plaats de monsterbak altijd op zo'n manier dat je zowel een gedeelte van de afdekkende als de onderliggende laag bemonstert. Zorg voor een goede foto van de monsterbak in het profiel en maak een duidelijke profielbeschrijving en profieltekening. Voor de specialist is het handig als je de lagen op de achterkant van de monsterbak weergeeft.

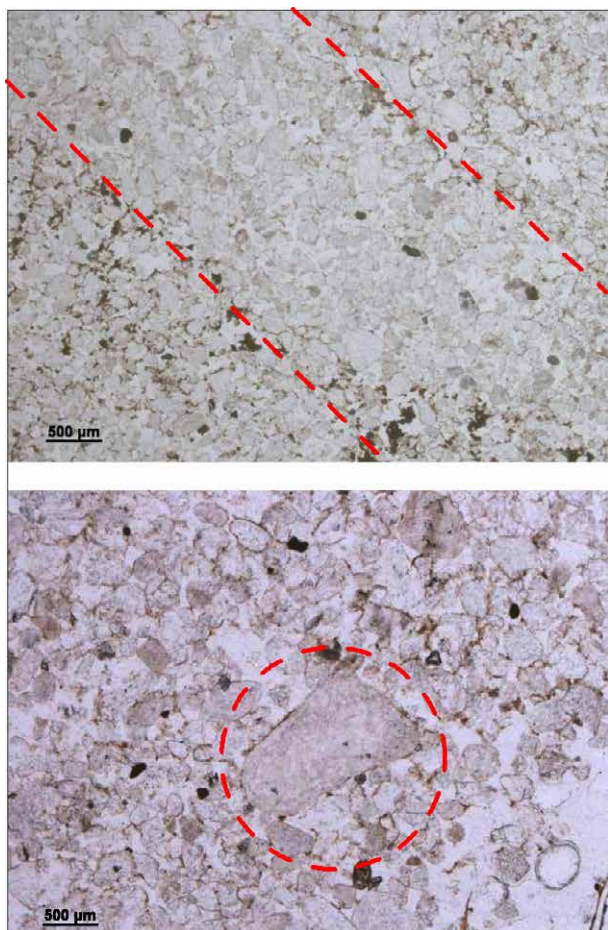
Boorkernen van steekboringen kunnen ook worden gebruikt voor bodemmicromorfologisch onderzoek. De boorkernen dienen dan wel zo ongestoord mogelijk te worden aangeleverd. Bijvoorbeeld kernen gestoken met een sonic boorsysteem waarbij gebruik is gemaakt van een 'liner', een Begemann-steekapparaat of een mechanische ramguts zijn in principe geschikt. Voor bodemmicromorfologisch onderzoek wordt aangeraden gebruik te maken van een steekapparaat met een binnendiameter van tenminste 66 mm. Kernen gestoken met een Begemann-steekapparaat leveren doorgaans de beste kwaliteit. Kernen gestoken met een Begemann breken en vervormen zo goed als niet, hetgeen bij de andere twee methoden niet het geval is. Daarnaast kent de Begemann in tegenstelling tot de andere twee methoden een miniem steekverlies (zie ook hoofdstuk 9).

Om uitdroging van een micromorfologisch monster te voorkomen wordt dit zo goed mogelijk verpakt door het te omwikkelen met folie. De monsters worden bij voorkeur koel ($< 6^{\circ}\text{C}$) bewaard. Dieren als wormen en andere gravers die mogelijk in het monster aanwezig zijn worden doorgaans inactief bij deze lage temperaturen. Daarnaast is ook de kans op verstoring door schimmelvorming, wortelgroei en dergelijke kleiner. Plaats het monster nooit in een vriezer, door uitzetting tijdens bevroering kunnen namelijk veranderingen in de bodemstructuur ontstaan. Tijdens het transport is het belangrijk dat de monsters zodanig zijn verpakt dat schokken niet tot verstoring van het bemonsterde materiaal kunnen leiden. Goed opgeslagen monsters kunnen lang bewaard blijven, toch verdient het aanbeveling om de monsters zo snel mogelijk te laten impregneren. Geïmpregneerde monsters zijn jarenlang houdbaar en blijven geschikt om slijpplaten van te vervaardigen.

Een voorbeeld:

Voorafgaand aan de aanleg van een tunnel onder het kanaal Gent-Terneuzen is een vindplaats aangetroffen. Uit enkele boorkernen zijn monsters genomen om met behulp van een bodemmicromorfologisch onderzoek vast te stellen in welke mate de vindplaats intact is. Onder andere op basis van het micromorfologisch onderzoek kon worden vastgesteld dat de top van het Pleistocene oppervlak niet meer intact is als gevolg van verspoeling. In de bovenste foto van afbeelding 8.17 zijn de scheve gelaagdheid en het verschil in sortering goed zichtbaar (geaccentueerd met een rode lijn). Beide zijn typerend voor transport door water.

Tijdens het onderzoek viel op dat niet alleen op de locatie van de vindplaats maar ook daarbuiten in de top van het Pleistocene oppervlak steeds fijn verdeeld vuursteen aanwezig is dat groter is dan het omringende sediment en niet is afgerond. In afbeelding 8.07 is het fragment vuursteen zichtbaar in de rode cirkel. Op basis van deze kenmerken is het zeer aannemelijk dat het vuursteen een antropogene oorsprong heeft. Omdat vergelijkingsmateriaal ontbreekt is het moeilijk om betekenis te geven aan de verspreiding van dit fijn verdeelde vuursteen. Mogelijk betreft het vuursteenstof dat is ontstaan bij het bewerken van vuursteen.



Afbeelding 8.07: Sterk vergrote uitsneden van een slijpplaat (bron: De Moor et al., 2011).

8.3 Macroresten

Binnen het archeologisch werkveld wordt bij de naam macroresten vaak direct gedacht aan botanische macroresten. Onder macroresten worden al die delen verstaan die zonder hulpmiddel anders dan het “ongewapende oog” herkend kunnen worden. Voor een analyse van macroresten wordt vaak gebruik gemaakt van een binoculair of stereomicroscop. Naast botanische macroresten kan je ook denken aan resten van insecten, botresten van kleine zoogdieren, amfibieën en vissen, molusken, etcetera. Elk van deze organismen kan bijdragen aan kennis over het milieu in het verleden en de wijze waarop de mens daar in het verleden gebruik van heeft gemaakt. In deze paragraaf worden verschillende macroresten, die een bijdrage kunnen leveren aan het begrip van ons verleden, kort besproken.

8.3.1 Botanische macroresten

Bij de analyse van botanische macroresten wordt op basis van vergelijking van fossiele plantenresten (vruchten, zaden en andere plantdelen) met moderne plantenresten onderzoek gedaan naar plantengemeenschappen uit het verleden. Dit

onderzoek vindt plaats in een laboratorium met behulp van een binoculair (stereomicroscoop). De plantenresten worden voorafgaand aan de analyse gezeefd over een zevenzet met maaswijdten van (4), 2, 1, ½ en ¼ mm. Voor het zeven mag uitsluitend water met een lage druk worden gebruikt. Wanneer met water onder hoge druk wordt gespoeld worden veel organische resten kapot gespoeld, waardoor deze niet meer te determineren zijn. De zeefresidu's kunnen langere tijd worden bewaard in water dat is aangevuld met een conserveringsmiddel, bijvoorbeeld zoutzuur.

Binnen het archeologisch werkveld worden plantenresten onderzocht die op en rondom een vindplaats bewaard zijn gebleven. Het gaat daarbij om verkoolde en onverkoolde resten. In natuurlijke omstandigheden worden zaden en andere plantendelen over een korte afstand getransporteerd. Een uitzondering hierop vormen kleine lichte zaden, zoals de zaden van de populier die door wind of water over enige afstand kunnen worden getransporteerd. Botanische macroresten geven daarom een goed beeld van de planten die ter plaatse van het genomen monster hebben gegroeid of in de nabije omgeving. Daarnaast komen op vindplaatsen plantenresten voor die door de mens uit zijn omgeving zijn verzameld. Botanische macroresten geven dus ook inzicht in de planten die werden verbouwd en/of verzameld in de omgeving van de bemonsterde locatie. Bij de reconstructie van een plantengemeenschap op basis van een analyse van botanische macroresten is het belangrijk te onthouden dat moderne plantengemeenschappen sterk zijn beïnvloed door de mens. Natuurlijke plantengemeenschappen uit het verleden hoeven dus niet per se vergelijkbaar te zijn met moderne gemeenschappen. Analyse van botanische macroresten kan antwoord geven op vragen die betrekking hebben op economische aspecten en milieuomstandigheden.

Economische aspecten:

- Welke voedselplanten werden lokaal verbouwd?
- Welke voedselplanten werden verzameld (fruit, noten, etc.)?
- Welke vezelproducerende planten werden gebruikt?
- Is sprake geweest van misoogsten?
- Werd gebruik gemaakt van braakperioden?
- Werd gebruik gemaakt van wisselbouw?

Milieuomstandigheden:

- Was sprake van stromend of stilstaand water in de omgeving?
- Wat was het zoutgehalte van het water in de omgeving?
- Wat was de voedselrijkdom van het akkerland?
- Wat voor weidegronden waren aanwezig in de omgeving?

De lokale vegetatiegeschiedenis die wordt gereconstrueerd op basis van botanische macroresten kan verschillen van een reconstructie op basis van de analyse van pollen. Pollen wordt veel verder getransporteerd dan botanische macroresten. Een analyse van botanische macroresten van een monster uit een restgeul zal bijvoorbeeld vooral waterplanten en een enkele oeverplant laten zien. Een pollenanalyse van dezelfde locatie kan een beeld geven van de bredere omgeving en levert bij-

voorbeeld informatie over de plantenfamilies op die op de oeverafzettingen aanwezig zijn geweest. Pollen zijn meestal alleen te determineren op familieniveau. Botanische macroresten kunnen meestal worden gedetermineerd op soortniveau. Op basis van een pollenonderzoek kan bijvoorbeeld uitsluitend worden aangegeven dat in de omgeving granen werden verbouwd. Daarbij kan een onderscheid worden gemaakt in rogge, haver en andere granen. Bij een analyse van botanische macroresten kan bijvoorbeeld onderscheid worden gemaakt in zomer- en wintertarwe, emmer, eenkoorn, broodtarwe, gerst, enzovoorts. Het is daarom aan te raden om voor een compleet inzicht in de vegetatie op en rondom een vindplaats zowel pollen als botanische macroresten te laten analyseren.

De bodemeigenschappen en de vraagstelling bepalen de omvang van het monster dat in het veld wordt genomen. Voor vrijwel elke analyse kan worden volstaan met een monster van circa 5 liter. Wanneer een stratigrafische analyse gewenst is, is het aan te bevelen gebruik te maken van een brede en diepe monsterbak (tenminste 10x10 cm). Niet-stratigrafische monsters kunnen het beste worden opgeslagen in een goed gesloten monsterzak in een emmer op een donkere locatie en bij een lage temperatuur ($< 6^{\circ}\text{C}$). Op deze manier krijgen schimmels en oxidatie minder kans en is de kans op secundaire breuk van verkoolde resten gering.

Een voorbeeld:

Tijdens een opgraving bij Veere werden de resten van een akker aangetroffen. In de afbeelding zijn duidelijk de ploegsporen te zien die in de Midden-IJzertijd zijn achtergelaten. Op basis van een micromorfologisch onderzoek werd verondersteld dat de akker ten tijde van het gebruik zo nu en dan overspoelde en systematisch



*Afbeelding 8.08:
Ploegsporen in een profiel te
Veere (foto: J.Dijkstra, ADC
ArcheoProjecten).*

werd afgebrand. Gezien de ligging van Veere dicht bij de zee werd aangenomen dat het mariene afzettingen betrof. Weinig gewassen zijn bestand tegen brakwater. Op basis van een onderzoek naar botanische macroresten uit de ploegsporen kon worden vastgesteld dat waarschijnlijk vlas is verbouwd op deze akker.

8.3.2 Visresten

Schubben, graten, wervels en andere resten van vis worden regelmatig aangetroffen tijdens opgravingen in het Holocene deel van Nederland. Zelden vindt doelbewuste bemonstering plaats voor het verzamelen van visresten. In het gunstigste geval wordt in de deelrapportage met betrekking tot het botmateriaal een tellijst met visresten gepresenteerd. Visresten worden meestal aangetroffen als consumptieafval. De samenstelling van een complex is dus het resultaat van selectie door de mens en wordt daardoor niet snel gezien als een informatieve bron over de natuurlijke omgeving en de exploitatie daarvan. Maar juist die selectie zegt heel veel over de ruimere omgeving en de wijze van exploitatie van die omgeving. Op basis van visresten kunnen uitspraken worden gedaan over de aanwezigheid van meren, rivieren, de waterkwaliteit, waterdiepte, helderheid en of al of niet sprake was van een open verbinding met de zee. Daarnaast zegt de samenstelling van een viscomplex iets over vangsttechnieken en seizoensactiviteiten. Tenslotte kan op basis van visresten ook worden aangegeven of sprake is geweest van verduurzaming door middel van roken, drogen en/of zouten. Bij de interpretatie van een complex met visresten moet je rekening houden met het feit dat het skeletmateriaal van verschillende soorten geen gelijke overlevingskansen heeft in de bodem. Bijvoorbeeld



Afbeelding 8.09: Wervel van een schol met een snijspoor mogelijk als gevolg van het "steken" van de vis (bron: Lohof & Vaars, 2005).

bij “vette” vis wordt het vet omgezet in vetzuren die na depositie de skeletdelen aantasten. Om deze reden wordt bijvoorbeeld skeletmateriaal van zalm niet vaak aangetroffen tijdens opgravingen.

Grondmonsters ten behoeve van de analyse van visresten kunnen net als botanische macroresten het beste worden verzameld in monsteremmers met een volume van 5 liter. De monsters kunnen het beste met een lage waterdruk worden gezeefd over een zeef met een maaswijdte van ½ mm. Visresten zijn zonder verdere bewerkingen lang houdbaar nadat ze zijn gedroogd.

Een voorbeeld

In West-Friesland heeft in de Midden- en Late Bronstijd intensieve bewoning plaatsgevonden. Met name in oostelijk West-Friesland hebben in de jaren ‘70 en ‘80 van de vorige eeuw grootschalige opgravingen plaatsgevonden. Op basis van deze opgravingen is vastgesteld dat de bewoning plaatsvond in een zeer open landschap met een volledig zoetwater milieu dat wordt gekenmerkt door meren. Opgravingen in deze regio uit de laatste 10 jaar geven een iets genuanceerder beeld. In de Midden-Bronstijd worden in westelijk West-Friesland mariene landschappen geëxploiteerd naast zoetwater landschappen. Onder andere de wervel van een schol uit Hoogwoud in afbeelding 8.09 laat zien dat schol werd gevangen met een vispeer. Deze manier van “bot steken” of “bot trappen” werd tot in de 20e eeuw gedaan.

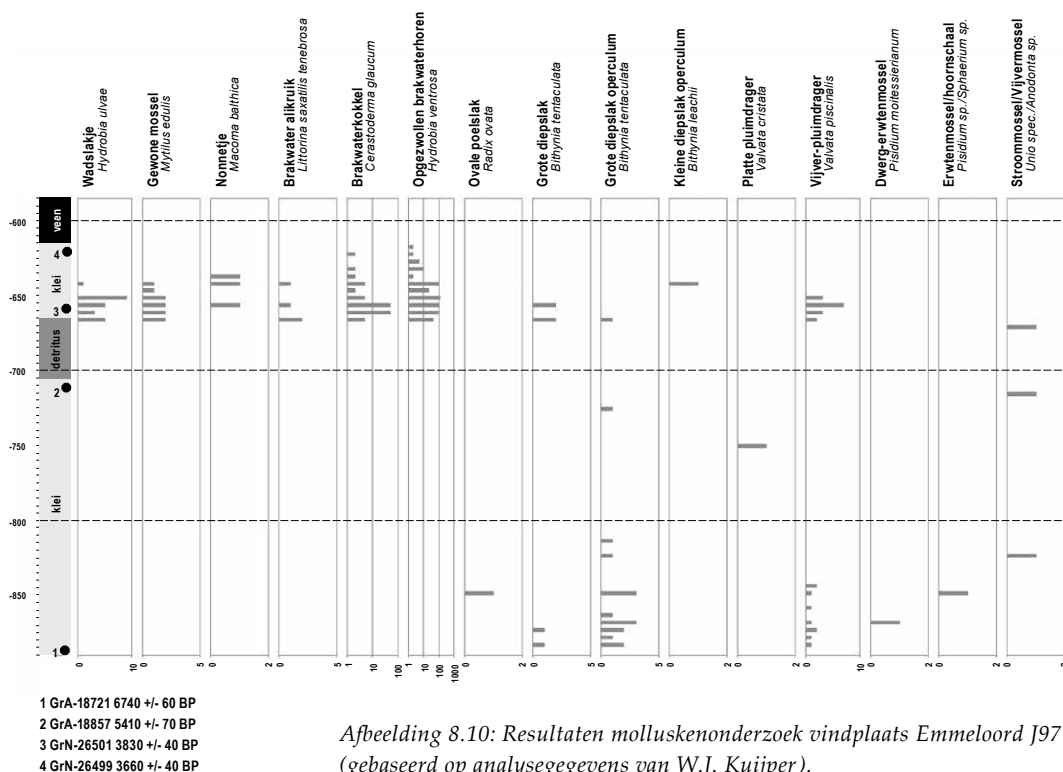
8.3.3 *Mollusken*

Mollusken zijn weekdieren met een uitwendige schelp, de bekendste klassen zijn de slakken (*Gastropoda*), de tweekleppigen (*Bivalvia*) en de inktvissen (*Cephalopoda*). Mollusken komen zeer algemeen voor, zowel in terrestrische (droge) als aquatische (natte) milieus. De verspreiding van mollusken in moderne milieus is zeer goed bekend. Omdat mollusken zeer gevoelig zijn voor specifieke milieuomstandigheden kunnen zij informatie verschaffen over het paleomilieu en kleine veranderingen daarin. Mollusken kunnen bijvoorbeeld informatie geven over zoet, zout of brak water, waterdiepte, (water)temperatuur, stroomsnelheid, overstromingsfrequentie, mate van bodembedekking, schaduwrijkdom, enzovoorts. Tenslotte zijn sommige mollusken specifiek gebonden aan het voorkomen van een specifieke plantensoort. Een belangrijk voordeel van mollusken ten opzichte van andere macroresten is dat deze vrijwel altijd tot op soortniveau te determineren zijn en dat deze niet gevoelig zijn voor oxidatie. Waar het voor andere macroresten soms niet eenvoudig is om te herkennen of deze aanwezig zijn in het sediment zijn resten van mollusken in het veld eenvoudig herkenbaar. Een nadeel van mollusken is dat deze slecht overleven in zure omstandigheden. In kalkrijke afzettingen komen mollusken zeer algemeen voor. Met betrekking tot slakken is het van belang te weten dat naast een slakkenhuis deze ook vaak een “sluitklepje” (*operculum*) bevatten. Opercula zijn soms kleiner dan 1 mm en komen zeer algemeen voor. Deze opercula zijn veelal ook op soort terug te brengen.

Bij de monsternamen ten behoeve van mollusken zijn enkele aandachtspunten van belang. Het is belangrijk dat het bemonsterde materiaal stevig wordt verpakt zodat de schelpen niet breken. Het beste gaat dit door een bodemonster in een plastic zak in een monsteremmer te verpakken. Voor de specialist is het belangrijk om te kunnen zien op welke manier de mollusken in het sediment aanwezig zijn. Het is daarom beter om een blok sediment in zijn geheel te bemonsteren dan los sediment in een emmer te scheppen. Om deze reden wordt ook aangeraden monsters ongezeefd aan te leveren aan de specialist. Het verzamelen van losse schelpen wordt ten zeerste afgeraden. De hoeveelheid mollusken die aanwezig is in het sediment, is bepalend voor het noodzakelijke monstervolume. In het algemeen wordt een standaard monstervolume van 5 liter gehanteerd. De specialist bepaalt bij de uitwerking welk monstervolume noodzakelijk is voor een zinvolle analyse en neemt een voor de analyse geschikt deelmonster.

Een voorbeeld:

Tijdens een opgraving in de Noordoostpolder werd een profiel aangelegd door een restgeul. Deze restgeul is in het Laat-Neolithicum tot aan de Midden-Bronstijd in gebruik geweest als locatie om te vissen. Onder andere 11 visseren, ruim 40 fuiken, netverzwaringen, vishaken en ander visgerei werden op deze vindplaats geborgen. De restgeul is vanaf de basis tot aan de top bemonsterd ten behoeve van een botanisch macroresten- en molluskenonderzoek. Op basis van het mol-



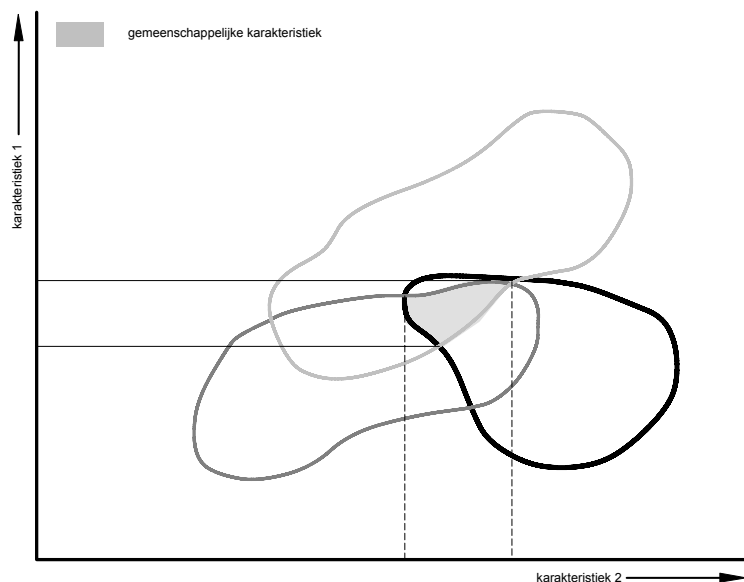
luskenonderzoek is duidelijk dat op de bemonsterde locatie kortstondig sprake is geweest van een marien milieu (wadslak, mossel, nonnetje), waarna het milieu zich weer heeft hersteld via een brakwatermilieu (alijkruik, brakwaterkokkel, opgezwollen brakwaterhoorn) in een volledig zoetwatermilieu (overige soorten). Uiteraard is deze verandering van invloed geweest op de vissoorten die gevangen konden worden op deze locatie.

8.3.4 Kevers, mijten en andere kriebeldiertjes

Welke dieren stonden op stal? Wat werd opgeslagen in deze structuur? Zomaar twee vragen die regelmatig worden gesteld tijdens opgravingen. Vragen die niet eenvoudig te beantwoorden zijn aan de hand van archeologische vondsten alleen. Binnen Nederland wordt weinig gebruik gemaakt van de mogelijkheden die het onderzoek van insecten biedt bij het oplossen van dit type vraag. Sommige insecten zijn typerend voor één specifiek door mensen gecreëerd micromilieu. Een voorbeeld van een dergelijk insect is de graanklander of korenworm (*Sitophilus granarius*). Deze snuitkever leeft op de zaden van graan en komt om die reden relatief veel voor op plaatsen waar graan ligt opgeslagen. Kevers (*Coleoptera*) en andere geleedpotigen (*Arthropoda*) hebben een uitwendig skelet dat bestaat uit chitine. Chitine heeft goede overlevingskansen in zowel zuurstofrijke als zuurstofarme milieus. Uitsluitend in bodems met sterk wisselende grondwaterstanden blijft chitine niet goed bewaard.

Mijten (*Acari*) hebben ook een uitwendig chitine skelet. Mijten komen zeer algemeen voor in kwartaire afzettingen. Mijten zijn waardevol voor archeologisch onderzoek, omdat deze doorgaans maar een kleine actieradius hebben en vaak gebonden zijn aan een zeer specifiek micromilieu. Hoewel vaak wordt gedacht dat alle mijten parasieten zijn, is dit zeker niet het geval. Mijten reageren wel snel op veranderingen in hun omgeving. Wanneer veranderingen plaatsvinden in het landschap, zoals verzilting, ontbossing, teelt van andere gewassen of andere ingrepen in het landschap door de mens, dan is dit vaak direct terug te zien in de samenstelling van de mijtenpopulatie. In eerste instantie geeft onderzoek naar mijten dan ook een aanvulling op andere paleoecologische onderzoeksmethoden. Mijten voeden zich met organisch materiaal. Op plaatsen waar zich dergelijk materiaal ophoopt zijn dan ook veel mijten te vinden, bijvoorbeeld op plaatsen waar mest is opgehoopt. Veel mijten hebben zich gespecialiseerd in een bepaald soort voedsel. Op basis van deze eigenschap kunnen soms uitspraken worden gedaan over het soort dieren dat op een bepaalde plaats op stal heeft gestaan, of een akker al of niet bemest is geweest, enzovoorts.

De gedachte achter het onderzoek naar mijten, kevers en andere kriebeldiertjes is dat elke soort zijn eigen specifieke behoeften heeft. Wanneer de gemeenschappelijke behoefte van deze organismen kan worden bepaald dan is het mogelijk iets te zeggen over de oorspronkelijke leefomgeving en eventuele veranderingen daarin (afbeelding 8.11). Uiteraard wordt hierbij uitgegaan van de hedendaagse verspreiding van deze organismen.



Afbeelding 8.11 Gemeenschappelijke eisen aan de leefomgeving.

Veel onderzoek aan insectenresten binnen het Nederlandse archeologisch onderzoek vindt plaats naar aanleiding van het toevallig aantreffen van enkele skeletdelen van insecten tijdens het botanisch onderzoek. Soms worden ook wel eens spontaan enkele monsters genomen ten behoeve van dit type onderzoek. Beide leveren doorgaans maar weinig aanvullende informatie op. Het is aan te raden voorafgaand aan een onderzoek te overleggen met een specialist of jouw onderzoek met jouw specifieke vragen mogelijkheden biedt voor dit type onderzoek. Voorafgaand aan een opgraving dient dan een bemonsteringsprogramma te worden afgesproken. Voor onderzoek naar kevers en mijten kan doorgaans worden volstaan met één liter monster. Het wordt aangeraden om ruim te bemonsteren (5 liter). Aan het transport en de wijze van opslag van deze monsters zijn geen specifieke voorwaarden verbonden.

Een voorbeeld:

Tijdens een opgraving in Gouda werd in een aantal kuilen mest gevonden. Met behulp van een zogenaamd entomologisch onderzoek is geprobeerd te achterhalen van wat voor dieren deze mest afkomstig was en of deze dieren op stal werden gehouden of niet. In de monsters waren maar liefst resten van 35 verschillende soorten aanwezig. Op basis van het voorkomen van de luis *Bovicola caprae* kon worden vastgesteld dat het vermoedelijk mest van geiten betreft. Deze luis leeft namelijk uitsluitend op geiten. Parasieten die indicatief zijn voor andere diersoorten m.u.v. de zeer algemeen voorkomende mensenvlo ontbreken. Op basis van het voorkomen van vier verschillende soorten watertorren en een kortschildkever die

allen indicatief zijn voor stalmest in combinatie met de houtwormkever is geconcludeerd dat het stalmest betrof. Met andere woorden waarschijnlijk betreft het de inhoud van een uitgemeste geitenstal.

8.4 Microfossielen

In tegenstelling tot de macroresten kun je microfossielen niet zonder hulpmiddel zien. Deze microfossielen kunnen alleen worden bestudeerd met behulp van een microscoop. In deze paragraaf wordt uitgebreid stilgestaan bij pollenonderzoek. Daarnaast worden enkele andere microfossielen besproken die binnen het archeologisch werkveld zo nu en dan worden gebruikt voor het beantwoorden van specifieke onderzoeksvragen.

8.4.1 Pollen

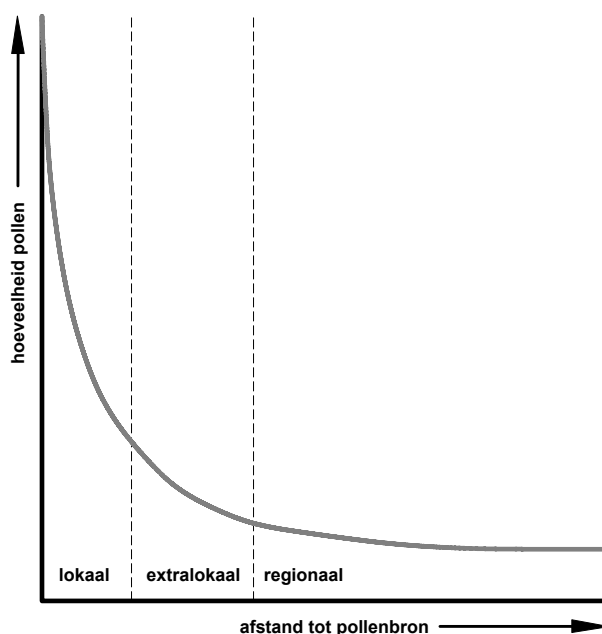
Pollenanalyse is het onderzoek naar stuifmeel van zaadplanten en sporen van sporenplanten. Stuifmeel wordt door insecten of de wind meegevoerd. Als het stuifmeel na afzetting niet meer aan de lucht wordt blootgesteld kan het duizenden tot miljoenen jaren bewaard blijven. Het stuifmeel moet dan wel op een plaats terecht komen waar het goed geconserveerd blijft, bijvoorbeeld in moerassen, meren, restgeulen of waterputten. In bijvoorbeeld een moeras wordt samen met het sediment jaar op jaar een nieuw laagje pollen gevormd. Op deze manier worden de veranderingen in de vegetatie in het moeras en haar omgeving in de loop van de tijd vastgelegd. Pollen kan daarnaast goed bewaard blijven in zure bodems met geen tot weinig biologische activiteit, zoals veld- en laarpodzolen en bodems die zijn afgedekt met sediment.

Grondmonsters voor pollenonderzoek worden in het laboratorium zo bewerkt dat vrijwel alleen het stuifmeel overblijft. Dit stuifmeel wordt vervolgens met siliconolie tussen dunne glasplaatjes ingesloten. Dit noemt men een pollenpreparaat. Onder de microscoop worden de individuele stuifmeelkorrels in het pollenpreparaat zichtbaar. Elke stuifmeelkorrel kan op basis van de vorm op soort worden geïdentificeerd. Nadat een pollenpreparaat is geteld worden de stuifmeelkorrels per soort tegen elkaar uitgezet in procenten, het zogenaamde pollenspectrum. Wanneer meer pollenspectra zijn geteld van een stratigrafisch monster kunnen de verschillende pollenspectra worden uitgezet ten opzichte van de diepte in een zogenaamd pollendiagram (afbeelding 8.13). In het pollendiagram wordt elk pollenspectrum weergegeven met een horizontale lijn. Met behulp van dateringen van bijvoorbeeld botanische macroresten uit het sediment waaruit de pollenspectra zijn bereid kan de absolute ouderdom worden bepaald. Op deze manier wordt inzicht verkregen in veranderingen van de vegetatie in de loop van de tijd.

Het interpreteren van een pollendiagram is niet eenvoudig. De pollenpercentages in het diagram komen namelijk niet overeen met het aantal planten dat in de omgeving van de bemonsterde locatie aanwezig is geweest. Tussen planten bestaan namelijk grote verschillen in de hoeveelheid pollen dat wordt geproduceerd, de verspreiding van het pollen en de mate waarin het pollen wordt geconserveerd.

De stuifmeelproductie van een plant is afhankelijk van de manier waarop verspreiding van het pollen van die plant plaatsvindt. Plantensoorten die door insecten worden bestoven produceren relatief weinig stuifmeelkorrels, plantensoorten die door de wind worden bestoven produceren relatief veel stuifmeelkorrels. De verspreiding van het pollen is afhankelijk van de hoeveelheid stuifmeelkorrels dat vrijkomt, de vorm van de stuifmeelkorrels, de windsnelheid en de hoogte van de bron. De concentratie van stuifmeelkorrels is altijd het hoogste bij de pollenbron. Bij een toenemende afstand tot de bron neemt de pollenconcentratie zeer snel af (afbeelding 8.12). Op een bepaalde afstand van de bron bereiken de waarden echter een constante, lage waarde. Het pollen dat in de directe nabijheid van de pollenbron neerslaat, noemt men de lokale pollenneerslag. Pollen afkomstig van windbestuivende planten die binnen een tien tot enkele honderden meters afstand van de monsterlocatie groeien, wordt de extralokale pollenneerslag genoemd. De geringe, constante waarde op grote afstand van de bron wordt de regionale pollenneerslag genoemd. Dit regionale pollen geeft een beeld van de algemene plantengemeenschappen rondom de bemonsterde locatie weer. Sommige stuifmeelkorrels zijn voorzien van luchtzakken (o.a. den (*Pinus*), spar (*Abies*) en zilverspar (*Picea*)) en kunnen tot wel honderden kilometers vanaf de pollenbron worden verspreid. Dit pollen wordt de extra regionale pollenneerslag genoemd. In het algemeen geldt dat 50 - 75% van de stuifmeelkorrels binnen 100 - 250 m neerslaat, 75 - 90% binnen 5 km en slecht 5% op meer dan 5 km afstand van de pollenbron terecht komt. Een pollendiagram geeft dus een indruk van de lokale en regionale vegetatieontwikkeling.

De percentages in een pollendiagram zijn gebaseerd op de zogenaamde pollensom. Dit is meestal de som van de stuifmeelkorrels die tot de regionale pollenneerslag worden gerekend. Een pollensom die alleen gebaseerd is op de regionale pol-



Afbeelding 8.12:
Geïdealiseerde curve van de
verspreiding van het pollen
bij een toenemende afstand
tot de pollenbron (naar:
Janssen, 1966).

lentyten is de zogenaamde Iversen-pollensom. De meeste pollendiagrammen zijn op deze pollensom gebaseerd. Om een representatief beeld van de pollenneerslag in een monster te krijgen wordt gestreefd naar een pollensom van minimaal 300 stuifmeelkorrels. Op basis van de grootte en de samenstelling van de pollensom kan uitspraak worden gedaan over de betrouwbaarheid van het pollenspectrum. Het is daarom van belang de grootte en samenstelling van de pollensom te vermelden in de verslaglegging.

Een Iversen-pollendiagram bestaat meestal uit drie delen. Het eerste deel van het diagram, het zogenaamde overzichtsdigram, geeft de verhouding weer tussen de hoeveelheid bomen (arboreal pollen = AP) en struiken (non arboreal pollen = NAP). De verhouding tussen het AP en NAP geeft inzicht in de mate van openheid van het landschap. Hierbij moet echter worden opgemerkt dat deze verhouding niets zegt over de verdeling van bos- en kruidenvegetaties in de ruimte! Bomen die in een grotendeels aaneengesloten bos hebben gestaan maar ook in een groot aantal kleine patches kunnen een vergelijkbaar pollendiagram opleveren. Het tweede deel van het diagram geeft voor elke regionale soort het percentage stuifmeelkorrels ten opzichte van de pollensom weer. In het derde deel van het diagram worden de percentages van de lokale stuifmeelkorrels weergegeven. De stuifmeelkorrels uit deze laatste groep worden meestal gegroepeerd per plantengezelschap, zoals bos, struweel, heide, droge en natte graslanden, akkers, enzovoorts, zodat een goed beeld wordt verkregen in de lokale ontwikkeling van het landschap.

Bij de interpretatie van een pollendiagram is het belangrijk om met de volgende punten rekening te houden:

- Wanneer lokaal weinig pollen is gevormd bereiken regionale soorten relatief hoge waarden, ook al komen deze soorten in het geheel niet voor in de vegetatie in de omgeving van de bemonsterde locatie.
- Stuifmeelkorrels van soorten die door insecten worden bestoven zijn vaak ondergerepresenteerd.
- Stuifmeelkorrels met een relatief grote massa zijn vaak ondergerepresenteerd.
- Sommige stuifmeelkorrels zijn zeer gevoelig voor corrosie (bijvoorbeeld de populier (*Populus*) en zijn daardoor ondergerepresenteerd in pollendiagrammen.
- Sommige plantenfamilies hebben éénzelfde type stuifmeelkorrel. Hierdoor is het niet mogelijk vochtminnende soorten van droogteminnende soorten te onderscheiden of soorten die gebonden zijn aan een voedselrijke omgeving van soorten die gebonden zijn aan een voedselarme omgeving.

Ondanks al deze bezwaren is aan de hand van een pollenanalyse veel informatie te verkrijgen over de ontwikkeling van de vegetatie in de omgeving van de bemonsterde locatie. Op basis van een pollenanalyse is het mogelijk inzicht te verkrijgen over de vochtuishouding, voedselrijkdom, zuurgraad, structuur van de vegetatie, het successiestadium, zoutgehalte, temperatuur en veranderingen in deze elementen in de loop van de tijd. Ook de invloed van de mens op het omringende landschap is vaak te herleiden op basis van een pollenanalyse. Verschillende

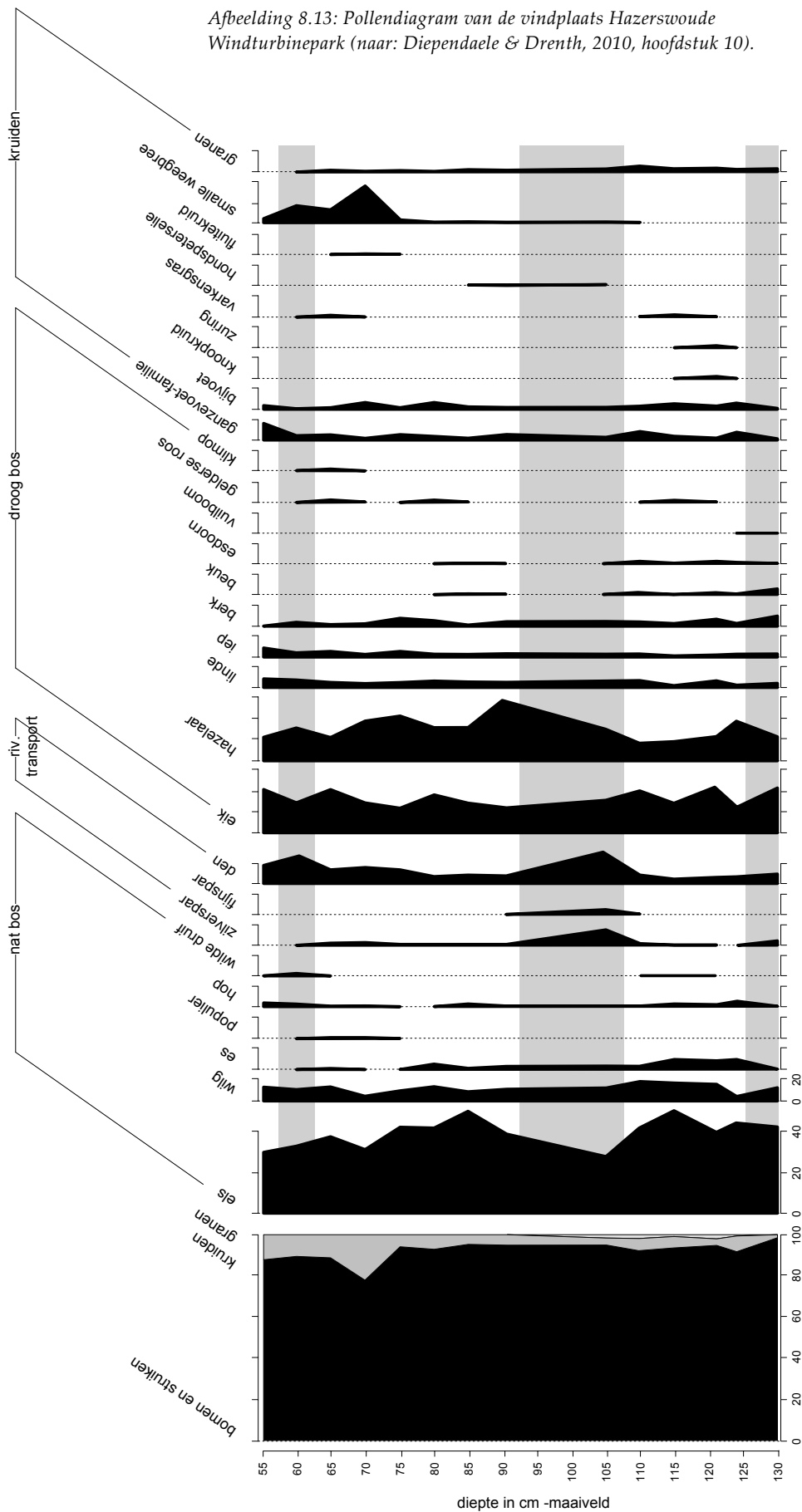
(combinaties van) soorten zijn bijvoorbeeld indicatief voor beweiding, bemesting, afbranden van vegetatie, beakkering, boskap, enzovoorts.

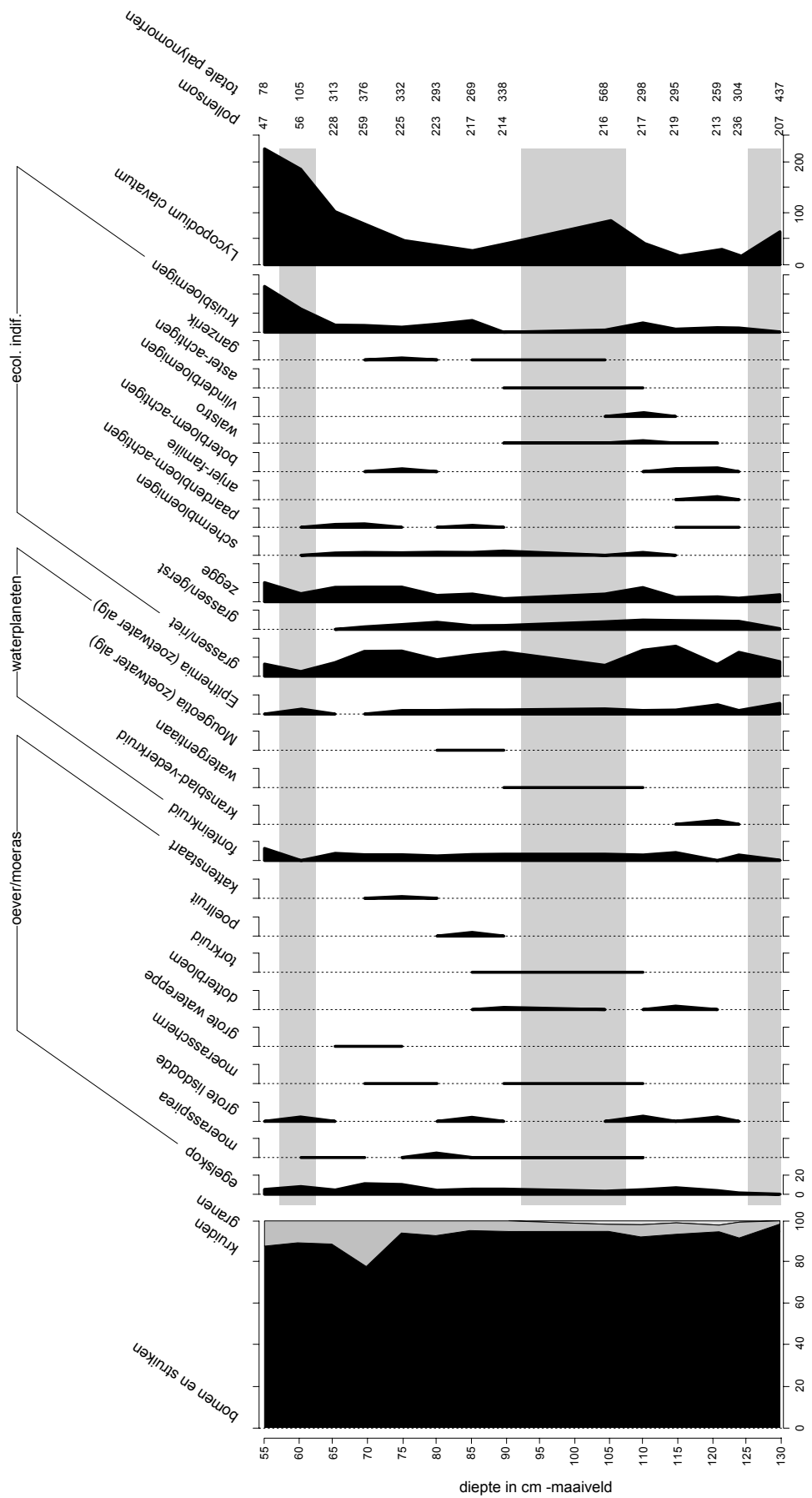
Voor een pollenanalyse kan in principe worden volstaan met een bodemonster van één cm³. Het is echter aan te raden in het veld ruim te bemonsteren. Belangrijk is dat het bodemonster zo goed mogelijk wordt afgesloten van lucht en koel (< 6 °C) en donker wordt bewaard. Voor stratigrafische monsters wordt geadviseerd gebruik te maken van een smalle monsterbak van 4x4 cm. Wanneer naast pollenanalyse een analyse op botanische macroresten wordt verricht, is het noodzakelijk gebruik te maken van een grotere monsterbak (tenminste 10x10 cm). Voor het verkrijgen van een ¹⁴C-datering op basis van macroresten om het polendiagram absoluut te kunnen dateren is het noodzakelijk met een brede bak te bemonsteren. In een pollenmonster dat te lang aan de lucht blootgesteld is geweest treedt schimmelvorming op en vindt oxidatie van het pollen plaats. Deze oxidatie is afhankelijk van de oxidatiegevoeligheid van de pollensoort. Sommige pollensoorten zijn zeer gevoelig voor oxidatie, andere in geringe mate en sommige nauwelijks. Hetzelfde geldt voor de gevoeligheid van pollen voor schimmels. Als gevolg van oxidatie en schimmels verandert dus de verhouding van soorten ten opzichte van de oorspronkelijke aanwezigheid. In een bodemonster dat te lang aan de lucht is blootgesteld, treedt vervuiling met modern pollen op. In een pollenanalyse kan geen onderscheid worden gemaakt tussen nieuw en oud pollen. Het is dus van groot belang om tijdens de monsternamen gebruik te maken van een vers bodemprofiel en schoon en netjes te werken.

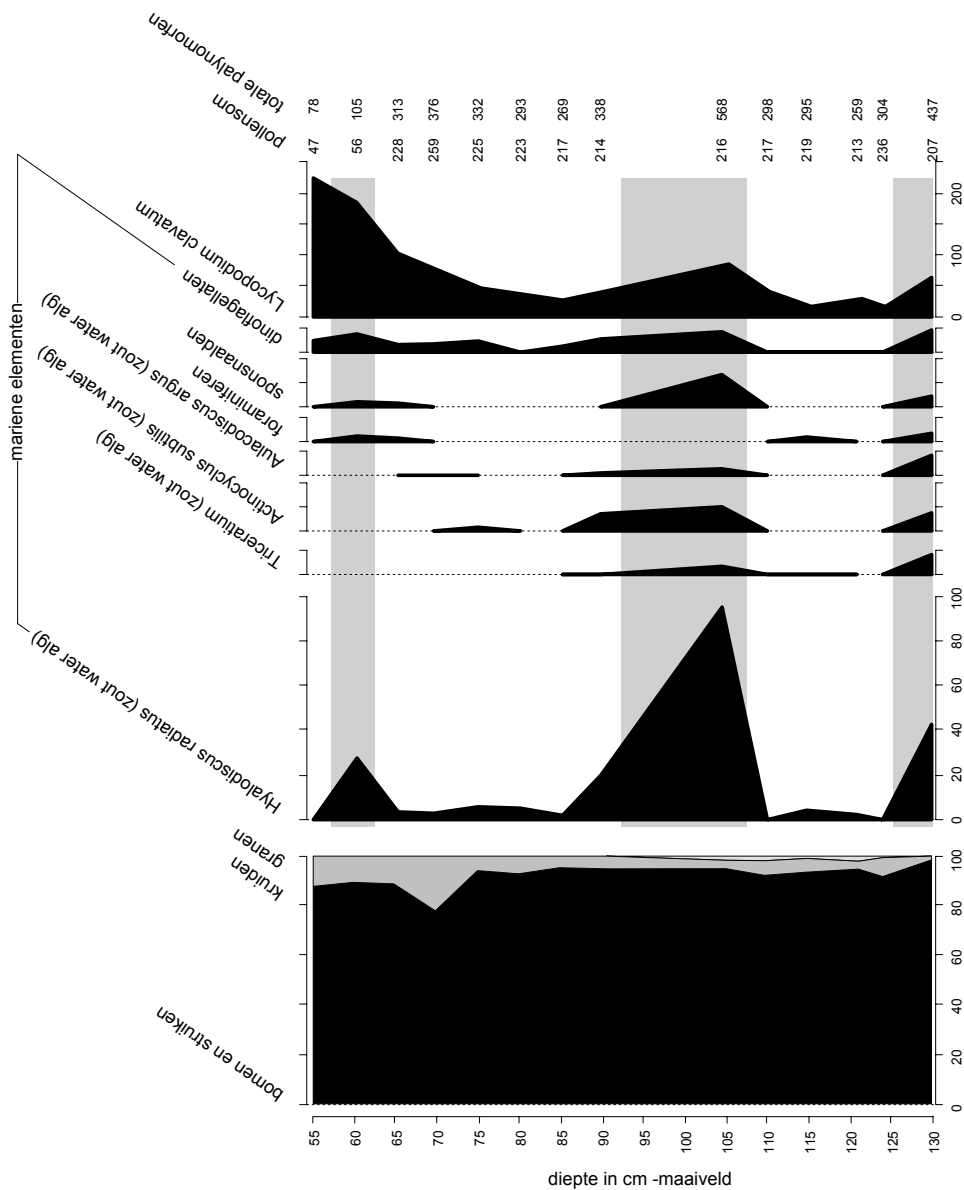
Bij de monsternamen is het van belang dat je een goed idee hebt van de vraag die je wilt oplossen. Niet elke locatie die geschikt is voor het nemen van een pollenmonster is ook geschikt voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag. In het veld wordt bijvoorbeeld vaak de keuze gemaakt voor het monster dat het rijkst is aan organische stof. Wanneer je tijdens de opgraving bijvoorbeeld inzicht wilt verkrijgen in de vegetatie in de omgeving van de nederzetting en je hebt de keuze tussen een veenlaagje onderin een waterput en een humeuze laag in een drenkkuil, wordt vaak gekozen voor de veenlaag onderin de waterput. Ondanks het feit dat de laag in de waterput rijker is aan organische stof en de conserveringscondities voor pollen in principe beter zijn, is de zeggingskracht van een pollenmonster uit een drenkkuil vaak groter. Waterputten kennen vaak een bovengrondse opbouw en zijn over het algemeen afgesloten met een deksel of een dakje. Staat een waterput tenslotte ook nog eens op een schaduwrijke plaats onder of nabij een boom dan is het goed voor te stellen dat de polleninhoud van een waterput weinig representatief is voor de vegetatie in de omgeving van een vindplaats. Immers boompollen en waterplanten zijn in dit voorbeeld sterk overgerepresenteerd terwijl lage vegetatie is ondergerepresenteerd. Een drenkkuil vormt in principe een veel betere monsterlocatie, deze is immers niet afgedekt en kent geen opbouw. Planten met een geringe hoogte hebben dus een betere kans om in een drenkkuil terecht te komen.

Afhankelijk van de kwaliteit van de bodemonsters en de bemonsterde locaties kan een veelheid aan vragen worden beantwoord op basis van een pollenanalyse. Hieronder enkele voorbeelden:

Afbeelding 8.13: Pollendiagram van de vindplaats Hazerswoude
Windturbinepark (naar: Diependaele & Drenth, 2010, hoofdstuk 10).







- Hoe zag de vegetatie in de omgeving van de vindplaats eruit voor tijdens en na de bewoning?
- Welke gewassen werden in de omgeving verbouwd?
- Welke land- en tuinbouw methoden zijn toegepast?
- Wat was de aard van de ondergrond waarop de gewassen werden verbouwd?
- Op wat voor locatie werd het vee geweid?
- Wat was de waterkwaliteit?
- Was sprake van stromend of stilstaand water?

In het verslag van een pollenanalyse dient altijd de bewerkingswijze van het pollenpreparaat te worden vermeld. De bewerkingsmethode kan namelijk van invloed zijn op de uitkomst het pollenonderzoek. Daarnaast dient de omvang van de pollensom te worden vermeld en welke soorten in de pollensom zijn opgenomen. Op basis van deze gegevens kan een uitspraak worden gedaan over de betrouwbaarheid van de pollenanalyse.

Een voorbeeld:

Tijdens de opgraving van de vindplaats Hazerswoude Windturbinepark is een vindplaats blootgelegd uit het Midden- en Laat-Neolithicum. De vindplaats is gelegen op 15 meter afstand van een restgeul van een crevasse van de Oude Rijn. In de restgeul heeft men ten tijde van de bewoning veel afval gedumpt. Bij het zeven van de monsters voor de analyse van macroresten en mollusken zijn naast aardewerk, visresten, bot, verkoolde en onverkoolde graankorrels onder andere nagels van een beer aangetroffen. Op basis van het aangetroffen aardewerk kunnen drie fases worden onderscheiden, Enkelgraf-cultuur (55-75 cm), Overgangsperiode Enkelgraf- en Vlaardingen-cultuur (75-90 cm) en Vlaardingen-cultuur (90-115 cm). Uit de restgeul is een monster genomen ten behoeve van een pollenanalyse om inzicht te krijgen in de aard en ontwikkeling van de natuurlijke omgeving.

Bij de voorbereiding van de pollenpreparaten zijn sporen van de wolfsklauw (*Lycopodium clavatum*) in een bekende hoeveelheid toegevoegd. Naar boven toe neemt het percentage *Lycopodium clavatum* geleidelijk toe. Een toenemend percentage betekent dat het aantal pollen uit de pollensom steeds kleiner wordt. Dit kan worden veroorzaakt door een toenemende sedimentatiesnelheid maar ook door een afnemende mate van conservering. Omdat tijdens de opname van het profiel al was geconstateerd dat in de top van de restgeul ijzervlekken voorkwamen en dus sprake was van enige mate van oxidatie wordt aangenomen dat naar boven toe sprake is van een afnemende conserveringskwaliteit. De pieken op 105 en 130 cm worden waarschijnlijk wel veroorzaakt door een hogere sedimentatiesnelheid.

De pollensoorten die deel uitmaken van de pollensom zijn weergegeven in de groepen “bomen en struiken”, “kruiden” en “granen”. De overige pollensoorten zijn uitgedrukt in percentages ten opzichte van de pollensom. Deze kunnen dus percentages bereiken van meer dan 100%. De pollensoorten zijn gegroepeerd in ecologische groepen, deze zijn boven het diagram weergegeven.

In de pollenspectra valt op dat wanneer de mariene indicatoren toenemen de soorten die indicatief zijn voor transport door de rivier eveneens toenemen. Deze zones zijn in het diagram weergegeven op een grijze achtergrond. Op deze dieptes is ook het percentage *Lycopodium clavatum* hoger. Opvallend is ook de toename van de smalle weegbree (*Plantago lanceolata*) op 70 cm. In het gehele pollenspectrum vindt verder geen enkele opmerkelijke verandering plaats.

De zilverspar (*Abies*) en fijnspar (*Picea*) zijn geen inheemse soorten in Nederland en dus extraregionaal. Het voorkomen van pollen van deze soorten duidt dus op rivieraanvoer van deze soorten vanuit het achterland (bijvoorbeeld Vogezen en Zwarte Woud). De relatief hoge percentages van deze pollentypes tijdens de mariene perioden geeft dan ook aan dat ze hoofdzakelijk vanuit het achterland naar

de Noordzee zijn getransporteerd, waarna ze ten tijde van stormvloeden met het mariene materiaal zijn meegestroomd.

Gezien het hoge percentage elsen (*Alnus*) kan het regionale milieu wordt gekenmerkt door een elzenbroekbos. De aanwezigheid van eik (*Quercus*) en hazelaar (*Corylus*) betekent dat in de omgeving naast het elzenbroekbos ook hogere, drogere landschapselementen zoals oeverwallen aanwezig zijn. Langs de oevers groeide waarschijnlijk riet (*Poaceae*) en zegge (*Cyperaceae*). De vindplaats bevond zich dus in een zoetwatergebied dat door de getijden werd beïnvloed. Bij stormvloeden werd zoutwater met (kustnabij) marien materiaal ingespoeld. Het landschap kan goed worden vergeleken met de hedendaagse Biesbosch, een zoetwatergetijdenmilieu.

In het pollendiagram is een aantal indicatoren te zien die duiden op veranderingen in het landschap door de mens. De toename van pollen van de hazelaar (*Corylus*) wijst op een meer open landschap op de droge gronden. De hazelaar is namelijk een struik die vaak voorkomt in de ondergroei van dicht beboste gebieden, maar uitsluitend bij voldoende licht veel pollen produceert. De smalle weegbree (*Plantago lanceolata*) komt vooral veel voor in een open landschap met geroerde, braakliggende of begraasde grond. Ook de toename van het pollen van fluitekruid (*Anthriscus sylvestris*) en sporen van adelaarsvaren (*Pteridium aquilinum*) wijzen op het ontstaan van een meer open landschap. Mogelijk zijn delen van het bos gekapt. De aanwezigheid van akkerbouw is niet helemaal uitgesloten ondanks de lage percentages van pollen van granen (*Cerealia* type, tarwe en/of haver) en gerst (*Hordeum*) tijdens deze periode. Deze pollen kunnen echter ook vrijkomen bij het dorsen van graan en hoeven dus niet per se te wijzen op de aanwezigheid van akkers.

8.4.2 Diatomeeën, foraminiferen en ostracoden

Diatomeeën zijn algen en komen voor in natte milieus zoals de zee, rivieren en meren maar ook op kwelders en in sommige veensoorten. Diatomeeën hebben een pantser, opgebouwd uit kiezel. Ze worden daarom ook wel kiezelwieren genoemd. Het pantser is omgeven door een slijm laag. Ze worden tot enkele tienden van millimeters groot. Binnen de diatomeeën wordt een onderscheid gemaakt tussen in de bodem levende soorten (bentonisch), drijvende soorten (planktonisch), aan planten gehechte soorten (epiphytisch) en aan stenen gehechte soorten (epilitisch). Diatomeeën zijn uitstekende indicatoren voor de bepaling van de condities van water-ecosystemen (bijvoorbeeld zoet, zout of brak water, stroomsnelheid, waterdiepte, watertemperatuur, overstromingsfrequentie, zuurstofgehalte, zuurgraad, enzovoorts).

De wijze van bewerking van diatomeeënmonsters om te komen tot een diatomeeëndiagram is goed te vergelijken met de bewerking van pollenmonsters tot een pollendiagram. Ook hiervoor worden preparaten gemaakt die onder de microscoop geanalyseerd worden, waarbij de diatomeeën op basis van de specifieke vorm worden geïdentificeerd. In het algemeen worden om een diagram te vervaardigen tussen de 500 en 1000 individuen per spectrum geteld. De presentatie in een diatomeeëndiagram is vergelijkbaar met die in een pollendiagram. De diatomeeën worden bij elkaar geplaatst in groepen die voorkomen in een vergelijkbaar milieu.

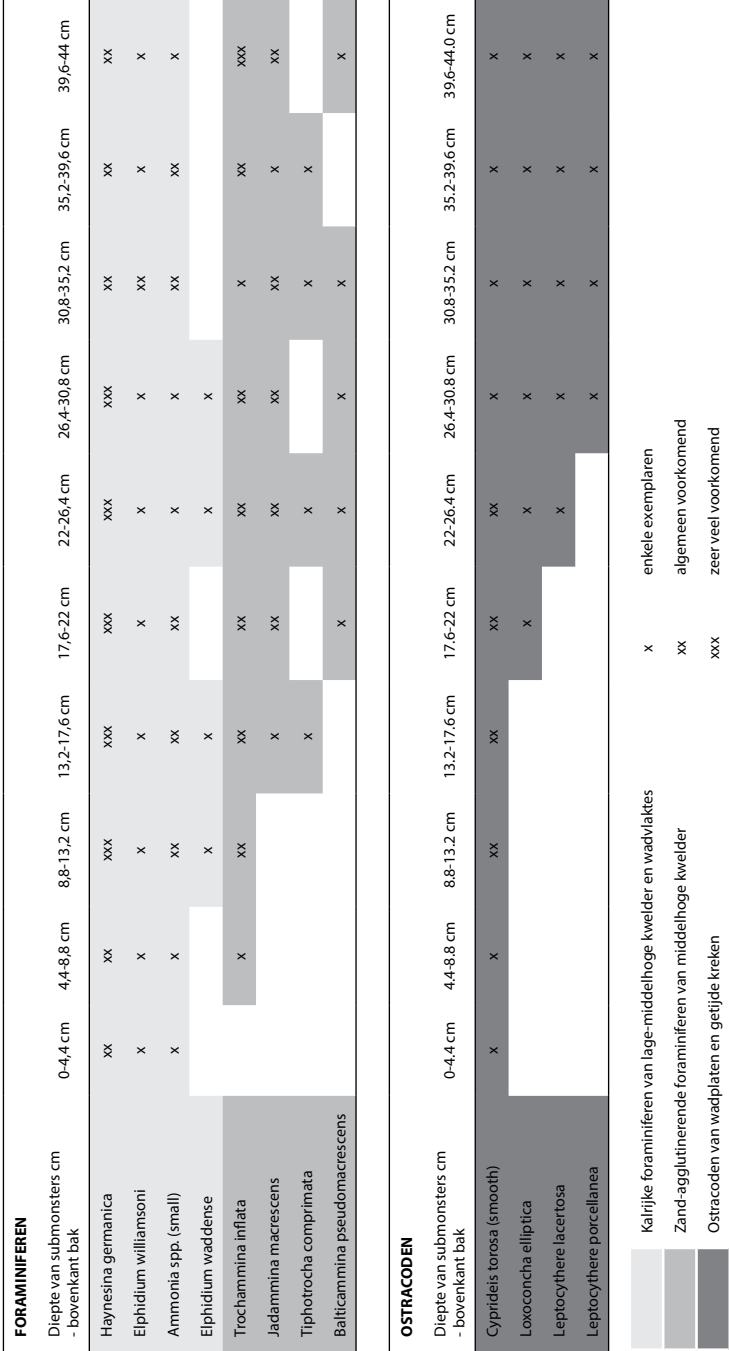
Bij diatomeeën wordt een onderscheid gemaakt tussen lokaal (autochtoon) materiaal en van elders aangevoerd (allochtoon) materiaal. Dit onderscheid wordt vooral gemaakt op basis van de bentonische soorten omdat de kans dat deze over een grote afstand getransporteerd zijn relatief gering is.

Diatomeeën blijven het beste bewaard in fijnkorrelige sedimenten zoals lutum- en siltrijke afzettingen. In principe is een eetlepel sediment voldoende voor een analyse. Het is belangrijk dat monsters ten behoeve van diatomeeënanalyse stevig verpakt worden in verband met het risico op breuk. Wanneer tijdens een archeologisch onderzoek diatomeeënmonsters worden genomen om inzicht te verkrijgen in veranderingen in het lokale milieu kan worden volstaan met een smalle monsterbak (4x4 cm). Wanneer de afzettingscondities van een pakket sediment worden bestudeerd kan worden volstaan met een enkel monster dat stevig wordt verpakt, bij voorkeur in een afsluitbare pot zodat de kans op breuk zo klein mogelijk is. Voor diatomeeënmonsters gelden geen aanvullende specifieke opslagcondities. Ten opzichte van botanische resten hebben diatomeeën het voordeel dat deze niet gevoelig zijn voor oxidatie. Wel zijn diatomeeën gevoelig voor ontkiezeling. Grasachtige gewassen zoals riet en zeggen nemen kiezel op uit de onderliggende bodem. Tijdens de monsternamen is het dan ook van belang om vast te stellen of het te onderzoeken pakket is afgedekt met een riet of zeggeveen.

Foraminiferen (ook wel gaatjesdragers genoemd) zijn eencelligen met een kalkskelet dat meestal is opgebouwd uit kamers. Door gaatjes in de tussenwanden van de kamers komen uitstulpingen naar buiten. Hiermee kunnen ze zich verplaatsen en voeden. Foraminiferen zijn meestal microscopisch klein maar kunnen ook enkele centimeters groot worden. Sommige foraminiferen leven op de zeebodem (bentonisch), anderen zweven in het water (planktonisch). Vrijwel alle foraminiferen leven in zout of brak water. In zoet water komen slechts enkele soorten voor. Foraminiferen zijn zeer gevoelig voor variaties in watertemperatuur, waterkwaliteit, waterdiepte, enzovoorts.

De wijze van bewerking van monsters om te komen tot een foraminiferendiagram is goed te vergelijken met de bewerking van pollenmonsters tot een polendiagram. In het algemeen worden om een diagram te vervaardigen tussen de 300 en 400 individuen per spectrum geteld. Voor de interpretatie van een foraminiferenspectrum is het van belang dat van één locatie meer spectra geanalyseerd zijn. Het onderscheid tussen lokaal en allochtoon materiaal is moeilijk te maken. Foraminiferen zijn net als diatomeeën ongevoelig voor oxidatie. In tegenstelling tot diatomeeën zijn foraminiferen wel gevoelig voor ontkalking en worden dus niet aangetroffen in ontkalkte (zure) milieus. De instructies voor monsternamen zijn gelijk aan die van diatomeeën.

Ostracoden of mosselkreeftjes hebben een tweekleppige schaal die op soortniveau te determineren is. De schaal, het uitwendige skelet, bestaat uit chitine met een hoog kalkgehalte. Ostracoden komen voor in zoet, brak en zoutwater milieus. De verschillende soorten zijn indicatief voor overstromingsfrequentie, stroomsnelheid, watertemperatuur, waterkwaliteit, waterdiepte, enzovoorts. De schalen blijven doorgaans goed bewaard, zowel in zuurstofrijke als zuurstofarme milieus. In tegenstelling tot foraminiferen en diatomeeën kunnen ostracoden onder een



Afbeelding 8.14: Foraminiferen en ostracoden uit een grondmonster te Veere (naar: Dijkstra & Zuidhof, 2011, 471).

binoculair worden bekeken. Ostracoden zijn net als foraminiferen ongevoelig voor oxidatie en gevoelig voor ontkalking. De instructies voor monsternamen van ostracoden zijn gelijk aan die van diatomeeën. In archeologische context vindt onderzoek naar ostracoden eigenlijk alleen plaats in samenhang met onderzoek naar diatomeeën en foraminiferen.

Een voorbeeld:

Tijdens een opgraving in het kader van de aanleg van de rondweg bij Veere is een stratigrafisch monster genomen ten behoeve van een foraminiferen en een ostracoden onderzoek. Doel van het onderzoek is inzicht te verkrijgen in de mate waarin het landschap veranderde tijdens de periode van bewoning. In afbeelding 8.14 zijn de resultaten te zien van een deel van de analyse. De bovenkant van het monster is weergegeven in de kolom 0 - 4,4 cm. In grijs zijn de foraminiferen weergegeven die een kalkskelet hebben. Deze soorten leven op wadvlakten en in getijdekreken. Deze soorten kunnen echter ook voorkomen op lage en hoge kwelders als ze met het sediment zijn ingevangen door planten. In blauw zijn de foraminiferen weergegeven zonder kalkskelet. Deze zogenaamde zand-agglutinerende foraminiferen hebben een hoornachtig omhulsel waaraan met slijm zandkorrels zijn vastgekit. De aangetroffen soorten leven op de middelhoge kwelder. De ostracoden die zijn aangetroffen horen allemaal thuis in brakwatermilieus en leven bijvoorbeeld op wadplaten en in krekken.

De verschillende onderscheiden soorten zijn indicatief voor specifieke delen van een marien milieu. De soort *Balticammina pseudomacrescens* is bijvoorbeeld typerend voor een hoge kwelder in een brakwater milieu met een laag zoutgehalte. In de tabel komen de soorten die indicatief zijn voor een hoge kwelder met name voor in het dieper gelegen deel. In het bovenste gedeelte van het monster komen voornamelijk soorten voor die indicatief zijn voor een wadmilieu. In het monster is dus een geleidelijke verandering zichtbaar van een hoge kwelder naar een brakwater wad. Met andere woorden, het land veranderde geleidelijk aan in zee.

8.5 Slot

Dit hoofdstuk geeft slechts een beperkt inzicht in de mogelijkheden van specialistisch onderzoek. Het hoofdstuk is vooral gericht op methoden en technieken die inzicht geven in de aard en ontwikkeling van het paleomilieu en ouderdomsonderzoek. Bewust is een deel van de mogelijkheden hier weggelaten, zo worden ancient DNA, isotopenanalyse, X-ray diffractie en talloze andere toepassingen niet besproken. Een mooi overzicht van dergelijke methoden wordt gegeven in het boek “*natuurwetenschappen en archeologie*” van Anton Eryvynck en anderen. Het boek “*reconstructing quaternary environments*” van Lowe & Walker geeft een helder en degelijk overzicht van methoden en technieken uit de natuurwetenschappen die geschikt zijn voor het reconstrueren van het paleomilieu.

Een goede reconstructie van het paleomilieu en de invloed van de mens op dit milieu is alleen mogelijk op basis van meerdere indicatoren (multiproxy). In bijvoorbeeld het pollenonderzoek bij de locatie Hazerswoude Windturbinepark is op nog geen steenworp afstand van een intensief gebruikte vindplaats al nauwelijks enige invloed van de mens zichtbaar in het pollendiagram. In hetzelfde monster is naast aardewerk een breed assortiment aan archeologisch vondstmateriaal aanwezig. Het pollenmonster geeft voor deze locatie goed de ontwikkelingen in de ruimere omgeving weer, terwijl de botanische macroresten en zoologische resten een beeld geven van de lokale ontwikkeling. Juist door combinatie van

verschillende methoden en technieken kan een compleet beeld van de omgeving van een vindplaats worden geschetst. Belangrijk bij het lezen van reconstructies is dat voor elke reconstructie steeds wordt uitgegaan van het actualiteitsbeginsel of het uniformitarianisme. Het kan echter niet voldoende worden benadrukt dat de wijze waarop planten en dieren in combinatie met elkaar voorkomen in de huidige landschappen niet overeen hoeft te komen met de wijze waarop deze vroeger in samenhang met elkaar zijn voorgekomen. De samenstelling van plant- en diergemeenschappen is in het verleden namelijk níet constant geweest. Vooral tijdens het Holoceen heeft de mens in toenemende mate het landschap veranderd. Daardoor zijn nieuwe habitats gecreëerd en zijn veranderingen in de samenstelling van de dier- en plantengemeenschappen ontstaan.

Binnen het archeologisch werkveld kunnen twee manieren van monsternamen worden onderscheiden, de stratigrafische en de niet-stratigrafische. Bij de niet-stratigrafische strategie wordt getracht inzicht te verkrijgen in veranderingen die in de loop van de tijd plaatsvinden door monsters uit de ene structuur te vergelijken met monsters uit de andere structuur, waarbij de structuren elkaar in tijd opvolgen. Hierbij worden doorgaans de (post-)depositionele processen volledig buiten beschouwing gelaten. Bij de niet-stratigrafische monsternamen wordt doorgaans gebruik gemaakt van een monsteremmer. Bij de stratigrafische monsternamen wordt geprobeerd een monsterlocatie te vinden op basis waarvan zowel de situatie voor, tijdens als na het gebruik van de vindplaats kan worden gereconstrueerd, bijvoorbeeld op basis van de vulling van een restgeul. Helaas is een geschikte monsternameloctie niet altijd voor handen. Bij een stratigrafische opname wordt doorgaans gebruik gemaakt van een monsterbak of een boorkern.

Lopende een opgraving worden steeds monsters genomen. Elk monster kan het kwalitatief beste monster van de opgraving zijn. Bij grotere opgravingen lopen de aantallen monsters al snel in de honderden. Het te besteden budget voor de analyse van de monsters is echter gelimiteerd. Veel geld gaat vaak verloren aan het “waarderen” van monsters. Op basis van zeven simpele veldkenmerken is echter vooraf al goed te voorspellen wat de uitkomst zal zijn van de waardering. Door deze kenmerken systematisch op te nemen in de vondstdatabase kan achteraf een snellere en betere monsterselectie worden gedaan.

De 7 kwaliteitskenmerken zijn:

- textuur van de afdekkende laag,
- textuur van de bemonsterde laag,
- positie t.o.v. actuele grondwaterstand,
- positie t.o.v. GLG,
- monster context,
- monster bevat houtskool,
- kalkhoudend of kalkloos.

Bij de beschrijving van de textuur kan in principe worden volstaan met de hoofdklassen dus: Ks, Kz, Lz, Zs, G of V. De aard van de laag waarmee de te bemonsteren laag is afgedekt zegt iets over de conserveringscondities van de af-

gedekte te bemonsteren laag. Is de afdekkende laag ondoorlatend, dan komt dat doorgaans ten goede aan de conserveringsomstandigheden van de afgedekte laag. Naarmate het poriënvolume van de te bemonsteren laag kleiner is, is de kans op goede conserveringsomstandigheden groter. Een siltige klei is in principe slechter doorlaatbaar dan zandige klei die slechter doorlaatbaar is dan zandige leem dat slechter doorlaatbaar is dan siltig zand dat slechter doorlaatbaar is dan grind. Wanneer de afdekkende laag bestaat uit veen geeft dit aan dat de afgedekte te bemonsteren laag mogelijk is ontkalkt of ontkiezeld. Als de te bemonsteren laag uit veen bestaat, geeft dit aan dat de kans op conservering van organische resten m.u.v. kalkhoudende resten bijzonder goed is.

De actuele grondwaterstand (GW) geeft samen met de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) inzicht in de fluctuaties van het grondwater. Onder de GLG is de te bemonsteren laag volledig afgesloten van zuurstof. Voor veel monstertypen is dit zeer gunstig met betrekking tot de conservering, bijvoorbeeld voor botanische macroresten. Voor monsters zoals OSL is een positie tussen GW en GLG ongunstig voor een goed analyseresultaat. Een positie boven de GW is juist voor organismen die worden gedetermineerd op basis van skeletdelen van chitine positief, net als een positie onder de GLG. Met andere woorden, met kennis van de grondwaterfluctuatie is het mogelijk een uitspraak te doen welk monster het meest kansrijk is voor een bepaalde analyse.

Afhankelijk van de vraagstelling voor de analyse kan een keuze worden gemaakt voor monsters uit een open of gesloten context. Voor een paleomilieureconstructie kan een mijtenonderzoek van een beerput (gesloten context) zeer informatief zijn, terwijl een pollenonderzoek van een dergelijke context relatief weinig informatie oplevert.

In het veld is het eenvoudig om vast te stellen of een monster houtskool bevat. Wanneer geen onverkoolde resten aanwezig blijken te zijn bij een eerste scan, kan met deze kennis een snelle selectie worden gemaakt van kansrijke monsters op basis van verkoolde resten.

In het veld kan eenvoudig worden vastgesteld of een monster kalrijk of kalkarm is door enkele druppels zoutzuur (10% HCl-oplossing) te druppelen. In kalkarme monsters komen meestal geen resten van mollusken en andere kleine organismen met een kalkskelet meer voor. Op basis van deze kennis is snel een inschatting te maken van de geschiktheid van het monster voor bijvoorbeeld ostracoden- of molluskenonderzoek.

Tenslotte enkele algemene richtlijnen voor het nemen van een monster met een monsterbak:

- Het profiel wordt conform de aanwijzingen in de KNA gedocumenteerd (profieltekening en profielfoto met alle KNA verplichte elementen).
- Allereerst wordt het te bemonsteren profiel netjes recht geschaafd.
- Vervolgens wordt bepaald waar de monsterbakken worden geplaatst. Dit kan gedaan worden door met een monsterbak lichte indrukken in het te bemonsteren materiaal te maken.

- De benodigde monsterbakken worden met een watervaste stift voorzien van een naar de top van het monster wijzende pijl. Daarnaast wordt het woord “Top” geschreven.
- De monsterbakken worden in de profielwand geslagen.
- Wanneer meer monsterbakken in een reeks worden geslagen, worden deze naast elkaar geplaatst met een overlap van tenminste 4 cm.
- Op de achterzijde van de bak worden met watervaste stift de relevante lagen getekend en indien noodzakelijk de overlap weergegeven.
- De bakken worden van onder naar boven genummerd.
- Zodra alle monsterbakken geplaatst zijn, worden deze gefotografeerd volgens de voorschriften in de KNA en ingetekend op de profieltekening. Voor de specialist is het prettig als de vondst- en fotonummers op de profieltekening worden gezet.
- De monsterbak wordt een tweede keer gefotografeerd zonder poespas zoals een maatbalk, fotobordje en noordpijl ten behoeve van een eventuele publicatie.
- De top van elke monsterbak wordt ingemeten in RD en ten opzichte van NAP. Voor de specialist is het prettig als ook deze informatie op de profieltekening wordt opgenomen.
- Vervolgens wordt een lithologische én een bodemkundige beschrijving van het bemonsterde profiel gemaakt.
- Uiteindelijk wordt de monsterbak voorzichtig verwijderd door deze rondom los te steken met een schop. Draai de monsterbak om en snij het overtollige materiaal weg. Denk erom dat je wel een kop op de monsterbak laat zitten. Uitstekende wortels kunnen eventueel worden afgeknipt.
- Omwikkel de monsterbak met plastic folie (géén magnetronfolie!). Voeg daarna pas een vondstkaartje toe en zorg dan voor een tweede luchtafsluitende laag, bijvoorbeeld een dichtgeplakte zak. Zorg dat het vondstkaartje van buitenaf goed leesbaar is.
- Gebruik altijd schoon gereedschap.
- Gebruik een monsterbak met een voor het monstertype geschikt monstervolume.
- Rook niet!
- Haal de bak er meteen uit i.v.m. uitdrogen.
- De bakken moeten zodanig worden verpakt, getransporteerd en opgeslagen, dat het monster niet kan uitdrogen, lekken of beschadigen.

Boormethoden en -technieken

9.1 Inleiding

Tijdens het inventariserend veldonderzoek worden veel grondboringen gezet. Aan de hand van de opgeboorde monsters kunnen uitspraken worden gedaan over de opbouw van de bodem en het landschap. Daarnaast kan vaak worden bepaald of in de onderscheiden landschappen in het verleden mensen aanwezig zijn geweest. De meeste van deze boringen worden gezet met behulp van handboorgereedschap. Het zetten van een handboring is lichamelijk zwaar en belastend werk. Met name de knieën, onderste rugwervels, schouders, ellebogen en polsen hebben het zwaar te verduren bij het zetten van boringen. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op verschillende boortechnieken. Een zwaar accent wordt gelegd op de fysieke belasting en de mogelijkheden die er zijn om deze belasting zo klein mogelijk te maken. Voor het schrijven van dit hoofdstuk is advies ingewonnen bij fysiotherapiepraktijk “Zeeburg” te Amsterdam.

9.2 Handboorgereedschap

9.2.1 Draai-, steek- en zuigboren

Bij het handboorgereedschap kan een onderscheid worden gemaakt tussen draaiboren, steekboren en zuigboren. Het meeste handboorgereedschap kan aan elkaar worden gekoppeld door middel van verlengstangen. De standaard in Nederland wordt gevormd door de producten van Eijkelkamp Agrisearch Equipment uit Groesbeek.

In archeologisch onderzoek wordt van de verschillende soorten handdraaiboren vrijwel uitsluitend de zogenaamde Edelmanboor gebruikt. De Edelmanboor is in diverse formaten en uitvoeringen leverbaar. De meest gangbare diameters die in de archeologie worden gebruikt zijn 6, 7, 12 en 15 cm. Een enkele keer wordt gebruik gemaakt van een Edelmanboor met een diameter van 20 cm. Tot een diameter van 10 cm worden Edelmanboren geleverd in een klei-, combi- of zanduitvoering (afbeelding 9.01). Het blad van een kleiboor is aanzienlijk smaller dan het blad van een zandboor. Uiteraard is de kleiboor optimaal voor het boren in klei en een zandboor voor het boren in zand. De combiboor is voor beide grondsoorten geschikt.

Steekboren zijn er in verschillende soorten en maten. De meest gebruikte steekboor is de zogenaamde gutsboor. Deze boren worden in verschillende lengtes geleverd. Binnen het archeologisch onderzoek wordt veel gebruik gemaakt van



Afbeelding 9.01: Van rechts naar links kleiboor, combiboor, zandboor en grof zandboor.

de 1 meter gutsboor. Daarnaast wordt de boor geleverd in verschillende doorsneden. De 3 cm gutsboor is het meest gangbaar. Voor onderzoek naar Neolithische vindplaatsen rondom donken wordt een gutsboor met een doorsnede van 4 cm geadviseerd. Monsters ten behoeve van archeobotanisch en ouderdomsonderzoek worden doorgaans met een 6 cm gutsboor gestoken. Gutsboren zijn zeer geschikt voor toepassingen in half- en ongerijpte klei- en veengronden en in kleigronden onder de grondwaterspiegel. Een gutsboor levert na het snijden van het monster een zeer goed leesbaar profiel op. In vochtige en/of losgepakte zandgronden kan gebruik worden gemaakt van een zogenaamde zandguts. Bij een zandguts is aan het steekeinde een ring gelast zodat het grondmonster niet uit de guts valt zoals bij een reguliere guts het geval is. Het wordt ten eerste afgeraden om in droge of dichtgepakte zandgronden gebruik te maken van een gutsboor. Bij gutsboringen in gerijpte kleigronden en veengronden bestaat het risico dat de grond bezwijkt door de druk die de gutsboor uitoefent op de grond. De grond vervloeit dan in de guts en het is dan niet mogelijk stratigrafisch juiste informatie te verzamelen. Daarnaast kost het boren in gerijpte gronden zeer veel kracht.

Naast de gutsboor bestaan er verschillende steekboren die speciaal zijn ontworpen voor het steken van monsters ten behoeve van botanisch onderzoek en ouderdomsonderzoek. De Dachnowski-sonde wordt binnen archeologisch onderzoek sporadisch toegepast. Dit steekapparaat is onder andere zeer geschikt voor het steken van veenmonsters en meerbodemaftzettingen. De Dachnowski-sonde

kan tot op de gewenste diepte worden geduwd, vervolgens wordt het steekapparaat geopend en kan een monster worden gestoken.

Een hulpmiddel om door een harde of stenige ondergrond te komen is de zogenaamde slag- of ramguts. Dit is een guts met een verstevigde wand en een speciale slagkop. Het is aan te bevelen gebruik te maken van een speciale terugstootloze hamer bij het inslaan van deze guts. Een terugstootloze hamer heeft twee polyesterkoppen en in het midden van de hamer is een gewicht gemonteerd. Aan weerszijden van het gewicht bevindt zich een veer. Wanneer wordt geslagen met deze hamer wordt de terugslag opgevangen door de veer zodat de belasting van pols, elleboog en schouder aanzienlijk kleiner is dan bij het gebruik van een gewone hamer.

Zuigboren zijn uitsluitend geschikt voor boringen in zand onder de grondwaterspiegel. Binnen Nederland wordt gebruik gemaakt van twee verschillende zuigboorsystemen, de Van der Staay en de Eijkelkamp zuigboor. Het Van der Staay systeem maakt gebruik van een flexibele PVC buis. Deze buis wordt in één of twee keer op de gewenste diepte gebracht. Het systeem bestaat uit een buitenbuis van 4 cm doorsnede en een binnenbuis waarop de zuiger is gemonteerd. Met deze boor kan tot maximaal ca. 15 meter diepte worden gestoken. Doordat het systeem bestaat uit een losse binnen- en buitenbuis kan, als de binnenbuis is verwijderd, de buitenbuis worden gebruikt als verbuizing. Op deze manier kunnen relatief eenvoudig monsters worden genomen ten behoeve van dateringen onder zandpakketten. De Eijkelkamp zuigerboor is een roestvrijstalen zuigbuis van één of twee meter lengte. De zuiger is gemonteerd aan een stang. De zuigbuis kan niet worden verlengd zoals wel het geval is met de Van der Staay. Wel kan gebruik worden gemaakt van verlengstangen. De buis kan door verschillende malen te steken op de gewenste diepte worden gebracht. Doordat het gat steeds dichtloopt met zand, is het noodzakelijk om bij diepere zuigboringen gebruik te maken van een losse verbuizing. Verbuizingen zijn verkrijgbaar in verschillende diameters en bestaan doorgaans uit PVC-buizen van 1 meter lengte met een schroefdraad aan de boven en onderzijde zodat ook de verbuizing tijdens de boring kan worden verlengd tot de gewenste diepte.

9.2.2 Hulpmiddelen

Voor het verlengen van de boor zijn twee koppelsystemen beschikbaar, de zogenaamde bajonetsluiting (ook wel aangeduid als koppelbus) en conische draadsluiting (afbeelding 9.02). Beide koppelmechanismen hebben hun voor- en nadelen. Vanuit ARBO-perspectief heeft werken met de conische draadverbinding de voorkeur boven de bajonetsluiting (zie paragraaf 9.4).

Voor het uittrekken van een gutsboor bestaan verschillende hulpmiddelen. Eén van de handigste hulpmiddelen voor het uittrekken van een gutsboor is de zogenaamde Kuster-T. De Kuster-T is een los T-stuk met een haak dat op de handvat van een tot aan de grond ingeduwde gutsboor kan worden geplaatst. Hierdoor ontstaat een ideale werkhoogte en hoeft de guts niet vanaf de grond te worden uitgetrokken. Zeker voor diepere boringen is dit een uitkomst. De Kuster-T is bedacht door Jan Bresser en Peter Kuster van ADC ArcheoProjecten. De laatste



Afbeelding 9.02: Boven bajonetsluiting; onder conische draadsluiting.



Afbeelding 9.03: Links Kuster-T, midden opzethandvat, rechts ergo-bovenstuk.

heeft voor dit bedrijf een aantal van deze “handige haakjes” gemaakt. Deze kunnen op bestelling worden gemaakt door VRM in Apeldoorn. Voor het uittrekken van een verlengde guts kunnen opzethandvatten worden gebruikt. Deze handvatten kunnen op elke gewenste hoogte op de boorstang worden geklemd. Daardoor kan steeds op de ideale werkhogte worden gewerkt (afbeelding 9.03).

In 2000 heeft archeologisch adviesbureau RAAP in samenwerking met Bakker & Elkhuzen en Eijkelkamp het zogenaamde ergo-bovenstuk ontwikkeld. Het ergo-bovenstuk heeft enkele voordelen ten opzichte van het conventionele T-stuk. De boor kan met dit bovenstuk bij het indraaien steeds op een ideale werkhogte worden geplaatst met behulp van een schuifstelsel. Hierdoor worden met name de onderste rugwervels en knieën ontlast (zie paragraaf 9.4). Daarnaast is in het bovenstuk een ratel opgenomen waardoor de boor met kleine slagen de grond in te draaien. Hiermee wordt vooral de schouder ontlast (zie paragraaf 9.4). Deze ratel is in twee richtingen in te stellen waardoor het mogelijk is de boor in twee richtingen de grond in te draaien. Het ergo-bovenstuk kan daardoor worden gebruikt met links en rechtsdraaiende boorkoppen. Het bovenstuk is voorzien van ronde knoppen. Bij het kracht zetten om de boor de grond in te draaien is het daardoor makkelijker de polsen gestrekt te houden in plaats van gebogen. Hierdoor wordt vooral de elleboog ontlast (zie paragraaf 9.4). Nadeel van het ergo-bovenstuk is dat deze in vergelijking met een conventioneel T-stuk zwaarder is.

Voor het vervoer van boormateriaal in het veld zijn er verschillende mogelijkheden. De firma Eijkelkamp produceert foudralen voor boormateriaal. Hiermee kan je eenvoudig je boor vervoeren in het veld. Wanneer monsters in het veld moeten worden genomen is het handig om een karretje mee te nemen in het veld. Eijkelkamp brengt hiervoor een opvouwbare aluminium veldkar op de markt met een eigen gewicht van 15 kilogram en een draagvermogen van 150 kilogram.

9.3 Mechanische boren

Een veel gebruikte mechanische steekboorteknik bij archeologisch onderzoek is de sonic boorteknik. Deze teknik wordt binnen het archeologisch werkveld ook wel aqualock genoemd. Het principe van een sonic boring is gebaseerd op een hoog frequente trilling van de boorbuis. Door de hoogfrequente trilling wordt de bodem op de rand van de steekbuis als het ware vloeibaar waardoor de steekbuis eenvoudig op diepte kan worden gebracht. Per keer kan, afhankelijk van de lengte van de steekbuis, twee, drie of vier meter sediment worden gestoken. Het is met behulp van deze teknik ook mogelijk om op een bepaalde diepte een monster te steken. Hiervoor wordt de steekbuis afgesloten met een zuiger. De zuiger wordt op zijn plaats gehouden door water in de steekbuis te laten lopen en deze aan de bovenzijde af te sluiten. Wanneer de steekbuis op de gewenste diepte is gebracht wordt het ventiel in de boorbuis geopend. Het water kan dan aan de bovenzijde uit de steekbuis ontsnappen terwijl deze van onderaf wordt gevuld met sediment. Tegenwoordig is het mogelijk monsters te laten steken in “liners” (polyester buizen). De boorkernen hoeven dan niet in het veld te worden beschreven en bemonsterd maar kunnen op een later moment binnen worden geopend, beschreven en zonnig bemonsterd. Sonic boorkernen kennen drie problemen. Veen- en niet volledig gerijpte kleigronden zijn gevoelig voor samendrukking en komen daardoor niet altijd ongestoord uit de steekbuis. Daarnaast treedt vaak een steekverlies op vooral in zandgronden. Het laatste deel van de boorkern valt dan terug in het boorgat. Steekverlies treedt vooral op bij discontinuïteiten in de ondergrond. Bijvoorbeeld de overgang van zand naar veen of zand naar klei. Juist deze discontinuïteiten zijn plekken die voor de archeoloog van belang zijn. Tenslotte vervloeit waterverzadigd siltarm zand bij het uitdrukken van de grondmonsters waardoor waarnemingen met betrekking tot bodemvorming en sedimentaire gelaagdheid niet meer mogelijk zijn. Dit laatste probleem kan worden voorkomen door te werken met “liners”. Sonic steekbuizen zijn er in diameters van 6 en 10 cm.

De Begemannboorteknik is net als de sonic een steekboorteknik. Met deze boorteknik worden continu (dus zonder steekverlies), ongeroerde boorkernen gestoken. De kernen hebben een diameter van 29 of 66 millimeter. Bij dit systeem worden twee buizen samen omlaag gedrukt. De buitenbuis (de eigenlijke steekbuis) en de binnenbuis (een PVC monsterhouder). Het monster wordt geleidelijk omgeven door een nylon kous die aanvankelijk in de kop van het steekapparaat is opgerold en geleidelijk wordt afgestroopt. Op deze wijze ontstaat een continu monster van grote lengte, omringd door een nylon kous in een iets ruimere plastic buis. Tussen kous en buis wordt tijdens de boring een dunne laag van een zware

steunvloeistof aangebracht. De volumieke massa van de steunvloeistof wordt afhankelijk van het type grond gekozen om de juiste horizontale druk op het monster te handhaven. Door de vloeistof is er praktisch geen wrijving tussen het monster en de omringende buis, zodat verticale schuifkrachten op het monster zoveel mogelijk beperkt blijven. Tijdens het uittrekken van het steekapparaat wordt het continue monster in delen van één meter afgesneden. De PVC monsterhouder wordt aan weerszijden met een dop afgesloten. Het gestoken sediment kan in een werkplaats worden geopend, beschreven en indien nodig bemonsterd.

Deze boorteknik levert ongeroerde monsters met een uitstekende diepteregistratie. De monsters zijn daarom zeer geschikt voor het vinden van bewoningslagen en bemonstering voor bijvoorbeeld palynologisch, botanisch en micromorfologisch onderzoek. Ouderdomsonderzoek op basis van ^{14}C maar ook OSL is mogelijk met sediment dat op deze wijze wordt gestoken. In vergelijking met andere technieken levert de Begemann-boorteknik de meest ongeroerde monsters vanwege het wrijvingsloze systeem waarmee de monsters gestoken worden. Door vervorming als gevolg van wrijving zijn andere boorsystemen in de meeste gevallen minder geschikt voor bemonstering ten behoeve van microscopisch onderzoek van de bodemstructuur (micromorfologie). Een belangrijke vraag die in het kader van steentijdonderzoek regelmatig wordt gesteld; *“is de top van het dekzand intact of niet?”*, kan op basis van micromorfologisch onderzoek van deze boorkernen worden beantwoord. Bij andere boorsystemen is dit niet of minder goed mogelijk waardoor vaak niet de juiste conclusies omtrent de intactheid van de bodems worden getrokken. Daarnaast kunnen door de minder nauwkeurige diepteregistraties van boorkernen bij andere boortekniken verkeerde conclusies ontstaan omtrent de verdrinking van het landschap. Nadeel van deze techniek zijn de hoge kosten en de geringe boorsnelheid.

Wanneer een groot monstervolume gewenst is, wordt door archeologen met een avegaar gewerkt. De avegaar is als het ware een kurketrekker die machinaal de grond wordt ingedraaid en vervolgens weer wordt uitgetrokken. Bij het uittrekken kan het sediment van het schroefblad worden verzameld. Avegaarkernen zijn ongeschikt voor het doen van stratigrafische waarnemingen, beschrijven van bodemhorizonten, sedimentaire kenmerken, enzovoorts. Ook de bepaling van de diepte van de herkomst van het sediment beperkt zich tot een nauwkeurigheid van een halve tot een hele meter. Wanneer het onderzoek zich richt op de vondstverspreiding en vondstdichtheid van bijvoorbeeld vuursteensites is het echter een snelle en goedkope methode, met name vanwege het grote monstervolume dat met deze techniek verkregen kan worden. Avegaarboren zijn in allerlei diameters te verkrijgen tot circa 80 cm doorsnee.

Slagboringen worden in het archeologisch werkveld sporadisch toegepast. Meestal betreft het boringen waarbij sprake is van een combinatie van milieukundig en archeologisch onderzoek. In principe zijn het verschillende variaties op het inslaan van een geheel of gedeeltelijk gesloten holle buis. Binnen de archeologie wordt onder andere gebruik gemaakt van de Ackermann en de mechanische ramguts. Beide worden meestal ingezet om monsters te nemen van min of meer ongestoorde grondmonsters voor bijvoorbeeld ^{14}C -dateringen en micromorfologisch

onderzoek. Het steekverlies bij deze technieken verschilt sterk. De Ackermann is wat dit betreft één van de meest betrouwbare slagboortechieken. Het steekverlies kan bij dit boortype oplopen tot 15%. Net als bij de sonic treedt steekverlies vooral op bij discontinuïteiten. Een relatief nieuwe boor op de Nederlandse markt is de Mostap. Deze boorteknik wordt vooral in Engeland toegepast binnen het archeologisch booronderzoek. De kwaliteit van deze boringen is vergelijkbaar met die van de sonic. De snelheid van de sonic is echter groter. Een voordeel van de Mostap is dat bij deze tekniek net als bij de sonic gebruik kan worden gemaakt van “liners”.

Spoelboorteknieken worden niet gebruikt bij archeologisch onderzoek. Toch is het belangrijk om kennis te hebben van deze tekniek. Spoelboringen worden namelijk veel gebruikt voor het plaatsen van bronneringen en verticale drainage. Spoelboringen worden met lucht of water uitgevoerd. Het water of de lucht wordt met grote kracht uit de boorkop geblazen waardoor een gat in de ondergrond ontstaat. In dit gat wordt vervolgens een filter of drain geplaatst. De gaten die op deze wijze worden gemaakt zijn doorgaans klein. Alleen in los gepakt zand kan rondom een dergelijke boring een grote verstoring ontstaan. Een groot probleem van dit type boringen is dan ook niet het gat maar het zuurstof dat in de grond wordt geïntroduceerd. Onder andere bij de aanleg van de Hanzelijn is gebruik gemaakt van spoelboringen voor het plaatsen van bronneringen. Na een klein jaar bleek zich een oxidatiering met een doorsnede van een kleine meter rondom de spoelboorgaten te hebben gevormd. Dit is uiteraard slecht voor de conservering van organische resten in de ondergrond.

9.4 Fysieke belasting

Zoals in de inleiding is aangegeven is het uitvoeren van boringen belastend voor de knieën, onderrug, schouder, elleboog en pols. Door te letten op de werkhouding en gebruik te maken van de beschikbare hulpmiddelen is het mogelijk de kans op blessures en slijtage te beperken.

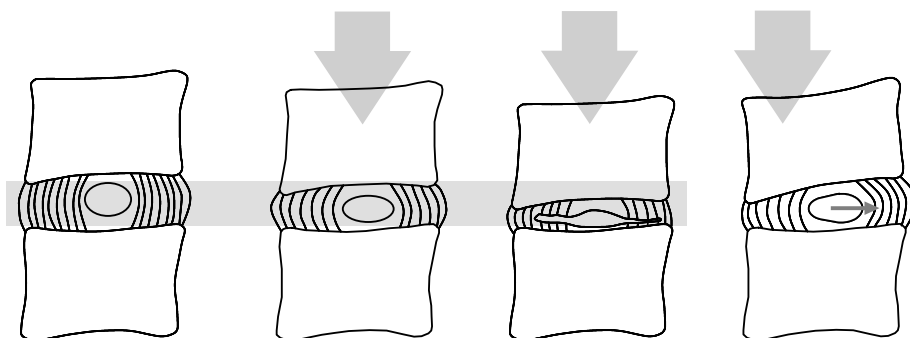
Een veel voorkomende blessure bij archeologen is een blessure aan de meniscus. De meniscus fungeert in het kniegewricht als geleider voor het buigen en strekken en als stabilisator van het kniegewricht. Bij het boren wordt op twee momenten veel kracht uitgeoefend op de meniscus, bij het uittrekken van de boor en op het moment dat de boormonsters worden beschreven en de beschrijver op zijn knieën zit. Op beide momenten is de kracht op de meniscus ongelijk verdeeld. Wanneer de meniscus veel wordt belast en weinig tijd krijgt voor herstel kan deze beschadigen. Dit kan uiteindelijk leiden tot blijvende schade aan het kniegewricht. Bij het langdurig zitten op de knieën wordt het vocht uit het achterste deel van de meniscus gedrukt. Wanneer dit bij herhaling plaatsvindt vermindert de kwaliteit van de meniscus. Daarnaast is het belangrijk om goed op te letten hoe je op de knieën zit. Wanneer je op de knieën gaat zitten, de voeten iets naar buiten gedraaid zijn en de knieën naar binnen neigen, wordt bij het weer strekken van de benen de meniscus klem gezet tussen het boven- en onderbeen. Hierdoor kan de meniscus scheuren. In de rechterafbeelding (afbeelding 9.04) zijn met groene pijlen de belangrijkste aandachtspunten aangegeven.



Afbeelding 9.04: Onjuiste werkhouding, de groene pijlen geven de belangrijkste aandachtspunten aan.

Twee simpele hulpmiddelen kunnen de kans op dergelijke blessures voorkomen. Het eerste is het dragen van een werkbroek met kniestukken. De kniestukken zorgen er aan de ene kant voor dat je altijd op een relatief zachte ondergrond zit, daarnaast zorgen de kniestukken ervoor dat je broek niet vochtig wordt zodat de knieën warm blijven. Bij warme knieën is de doorbloeding beter waardoor een belaste meniscus zich sneller herstelt. Het tweede is het gebruik van een klapstoeltje bij het beschrijven van de grondmonsters. Bij de betere dierenspecialzaak kunnen rugzakjes met een geïntegreerd klapstoeltje (visserstoeltje) worden aangeschaft. Tenslotte is het belangrijk om verdeeld over de werkdag voldoende te drinken zodat de vochtbalans in de meniscus zich weer kan herstellen.

Naast knieklachten komen rugklachten veel voor. Deze klachten hebben vooral betrekking op de onderrug. De vijf onderste wervels worden bij het uittrekken van de boor sterk belast. De wervelkolom bestaat uit wervels en tussenwervelschijven, de zogenaamde *disci*. Een *discus* bestaat uit een gelachtige kern (*nucleus*) en daaromheen een vezelige ring die uit verschillende lamellen is opgebouwd (*anulus fibrosus*). Aan de boven- en onderkant wordt de *nucleus* ingeklemd door de afsluitplaat van de wervel. De functie van de discus is het opvangen van drukkrachten en het geleiden van bewegingen van de wervelkolom. Onder invloed van langdurige of regelmatig terugkerende zware belasting wordt het vocht (meer dan normaal) uit de *nucleus* geperst en opgenomen door de sluitplaten, dit kan uiteindelijk resulteren in een verminderde veerkracht van de *discus*. Uiteindelijk kan dergelijke overbelasting leiden tot slijtage. Een gemiddeld mens is 's ochtends na een goede nachtrust 1 tot 2 cm langer dan 's avonds uitsluitend als gevolg van de aanvulling van het vocht dat gedurende de dag uit de *disci* geperst wordt.



Afbeelding 9.05: Links onbelaste discus, midden belaste discus, rechts belaste verzwakte discus, uiterst rechts onevenwichtig belaste discus (naar: Kapandji, 1984, figuur 1.39 en 1.48).



Afbeelding 9.06: Links en midden onjuiste werkhouding, rechts juiste werkhouding.

Wanneer de kracht langdurig of regelmatig ongelijkmatig wordt verdeeld, kan de *discus* worden beschadigd doordat de *nucleus* te sterk in één richting wordt geduwd (zie afbeelding 9.05 rechts). Onder invloed van deze druk en verplaatsing zullen de lamellen scheurtjes vertonen waardoor de *nucleus* uitstulpt. Wanneer de *nucleus* zover uitstulpt dat de zenuw bekneld raakt, wordt gesproken van een hernia. Voordat het zover is drukt de uitstulpende *discus* eerst tegen het bindweefsel (*ligament*) dat langs het ruggemerg ligt. Deze druk uit zich in lage rugklachten of spit.

Door tijdens de boring de wervelkolom zo recht mogelijk te houden is de kans op blessures aan de onderrug kleiner. In de praktijk wordt een goede houding benoemd als “uit de knieën trekken”. Let bij het uittrekken van de boor op de volgende punten. Zorg voor een goede balans door de voeten naast elkaar te plaatsen. Zorg ervoor dat de afstand tussen de buitenkant van de voeten iets breder is dan de heupen. Ga door de knieën, steek de borst vooruit, trek de kin in en steek de kont naar achteren. Span de buikspieren aan en houdt de handen in ondergreep.

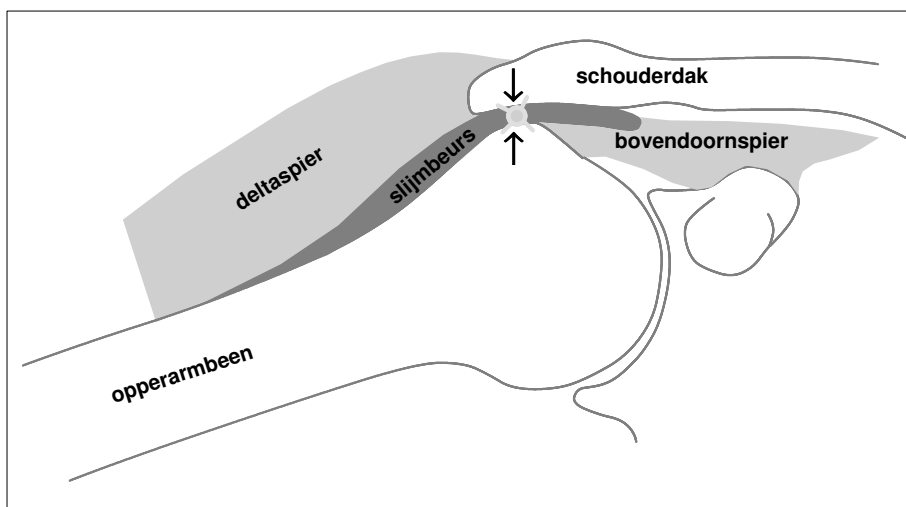
In de rechterafbeelding (afbeelding 9.06) zijn met groene pijlen de belangrijkste aandachtspunten aangegeven. In de linker afbeelding zijn de belangrijkste kritieke punten aangegeven. Daarnaast is het erg belangrijk dat je jezelf zo evenwichtig mogelijk probeert te belasten. Trek dus nooit een boor met één hand uit de grond zoals in de middelste afbeelding! Net als voor het herstel van de meniscus is het voor het herstel van de *disci* van groot belang dat je gedurende de werkdag voldoende drinkt.

Een derde veel voorkomende klacht is de tennisarm. Om een tennisarm te voorkomen is het belangrijk de polsen gestrekt te houden bij het uittrekken van de boor. Plaats daarom bij het uittrekken van de boor de handpalmen omhoog zodat er een zo klein mogelijke kracht wordt uitgeoefend op aanhechting van de pezen op de elleboog. Ook bij het indraaien van de boor is het van belang de polsen gestrekt te houden (afbeelding 9.07). Bij het gebruik van een ergoboer gaat dit van nature. Bij een conventionele handboor is het belangrijk hier goed op te letten, vooral wanneer niet op de ideale werkhoogte wordt gewerkt. Wanneer je werkt met een boor met een koppelbussysteem is kans op een hogere belasting van de elleboog extra groot. Bij een dergelijke boor is namelijk sprake van een kleine speelruimte waardoor je bij het aanzetten van de boor sneller je polsen knikt. Dit heeft hetzelfde effect als een tennisbal die hard tegen een racket komt tijdens het tennisen, vandaar de naam tenniselleboog. Het sluitsysteem met conische draad kent dit probleem niet.

Een laatste veel voorkomende klacht is de “schouderblessure”. Bij het draaien van de boor wordt bij het gebruik van een standaard Edelman of gutsboor een grote slag gedraaid (afbeelding 9.07, rechts). Dit is helemaal het geval bij een 15 of 20 cm boor met een verbreed T-stuk. Bij het draaien wordt veel kracht gezet op het schoudergewricht en het zogenaamde rotatorenmanchet, de vier spieren



Afbeelding 9.07: Het indraaien van de boor levert over het algemeen een ongelijke belasting.



Afbeelding 9.08: Doorsnede van een schouder.

die met elkaar voor de stabiliteit van de schouder zorgen. Eén van deze spieren, de bovendoornspier (*Musculus supraspinatus*), loopt over de bovenkant van het schouderblad en daarna onder het schouderdak door (afbeelding 9.08). Deze spier is relatief klein waardoor deze snel overbelast en daardoor geïrriteerd kan raken. Als gevolg van deze irritatie kan de spier enigszins verdikt raken waardoor hij bij het heffen van de arm bekneld raakt en de slijmbeurs ontstoken raakt. Als gevolg hiervan laat je vaak je schouder naar voren hangen wat weer als gevolg heeft dat de bloedtoevoer naar de arm wordt bemoeilijkt. Een dergelijke irritatie kan uiteindelijk leiden tot een tintelend gevoel in de vingers als gevolg van een verminderde bloedtoevoer.

Een simpele berekening leert dat je deze “verkeerde” beweging bij één boring tot 120 cm –mv maar liefst 72 keer maakt! Door af te wisselen met links- en rechtsdraaiende boren, is het mogelijk deze onevenwichtige belasting te voorkomen. Nog beter is gebruik te maken van een ergo-bovenstuk waarmee een veel kleinere slag kan worden gemaakt en overbelasting wordt voorkomen.

Wanneer de boor (bijna) tot aan het handvat in de grond wordt gedraaid is het lastig om deze op een verantwoorde wijze, dus met rechte rug, uit de grond te trekken. De Kuster-T biedt de mogelijkheid om een hiervoor een optimale werkhoogte te verkrijgen. Ook het ergo-bovenstuk geeft de mogelijkheid om vanaf een ideale werkhoogte de boor uit te trekken. Bij het gebruik van een verlengde gutsboor is het mogelijk op een ideale werkhoogte te werken door gebruik te maken van een opzethandvat.

Verantwoording van de illustraties

Hoofdstuk 1

Afbeelding 1.01	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 1.02	Naar: Berendsen, 2008 figuur 7.1 p.155 en Cohen & Gibbard, 2011
Afbeelding 1.03	Naar: Berendsen, 2008 figuur 8.3 p.186
Afbeelding 1.04	Naar: De Mulder <i>et al.</i> , 2003 figuur 135 p. 211
Afbeelding 1.05	Naar: De Mulder <i>et al.</i> , 2003 figuur 137 p. 215
Tabel 1.01	Van Zijverden & De Moor

Hoofdstuk 2

Afbeelding 2.01	Naar: Berendsen, 2005 ^a figuur 5.2., p. 65
Afbeelding 2.02	Foto's: ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 2.03	Naar: Verbraeck, 1984
Tabel 2.01	Van Zijverden & De Moor
Tabel 2.02	Van Zijverden & De Moor
Tabel 2.03	Van Zijverden & De Moor

Hoofdstuk 3

Afbeelding 3.01	Gewijzigd naar: De Gans, 2007
Afbeelding 3.02	Gewijzigd naar: De Gans, 2007
Afbeelding 3.03	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 3.04	Gewijzigd naar: Zagwijn <i>et al.</i> , 1985
Afbeelding 3.05	Foto: Dreamstime
Afbeelding 3.06	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 3.07 a	Gewijzigd naar: www.digischool.nl
Afbeelding 3.07 b	Gewijzigd naar: http://www.gov.ns.ca/natr/meb/field/vista2.asp
Afbeelding 3.07 c	Gewijzigd naar: http://geology.uprm.edu/MorelockSite/more-lockonline/7-morph.htm
Afbeelding 3.08	Dreamstime
Afbeelding 3.09	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 3.10	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 3.11	Gewijzigd naar http://akbrein.jouwweb.nl/veldwerk/de-peelrandbreuk-excursie en www.ivn.nl

Afbeelding 3.12	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 3.13	Foto: ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 3.14	Foto: ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 3.15	Foto: ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 3.16	Foto: ArchOL BV
Afbeelding 3.17	Foto: ArchOL BV
Afbeelding 3.18	Foto: ArchOL BV
Tabel 3.01	Van Zijverden & De Moor

Hoofdstuk 4

Afbeelding 4.01	Naar: Berendsen & Stouthamer, 2001
Afbeelding 4.02	Foto's: a: N. Spiers, b: Vladimir Melnikov, c: Photobulb
Afbeelding 4.03	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 4.04	Naar: Smith <i>et al.</i> , 1989
Afbeelding 4.05	Naar: Stouthamer, 2001
Afbeelding 4.06	Naar: Gouw, 2008
Afbeelding 4.07	Naar: Van der Spek 1994, p.14
Afbeelding 4.08	Foto: Joop van Houdt
Afbeelding 4.09	Naar: Vos & Van Heeringen, 1997
Afbeelding 4.10	Naar: Dijkstra & Nicolay, 2008, figuur 2.1
Afbeelding 4.11	Foto: P. Scholle
Afbeelding 4.12	Foto: ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 4.13	Foto: W. Metz
Afbeelding 4.14	Naar: Joosten, 1985
Afbeelding 4.15	Foto: ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 4.16	Foto: ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 4.17	Foto: Dienst Stadsontwikkeling, Stedenbouw en Monumenten Team Erfgoed, gemeente Utrecht
Afbeelding 4.18	Foto: A. Makaske
Afbeelding 4.19	Foto: A. Veenhof ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 4.20	Foto: L. van der Meij ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 4.21	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 4.22	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 4.23	Foto: E. Blom ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 4.24	Foto's: ADC ArcheoProjecten, A. Makaske en H. Weerts
Afbeelding 4.25	Foto: ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 4.26	Foto: ADC ArcheoProjecten

Afbeelding 4.27	Foto's: ADC ArcheoProjecten en A. de Boer
Afbeelding 4.28	Foto: E. Schrijer ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 4.29	Foto: S. Diependaele Archeomedia
Afbeelding 4.30	Foto's: ADC ArcheoProjecten en P. Vos
Afbeelding 4.31	Foto: A. Veenhof ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 4.32	Foto: A. Veenhof ADC ArcheoProjecten

Hoofdstuk 5

Afbeelding 5.01	Foto: D. Velthuisen Nieuwland Erfgoedcentrum
Afbeelding 5.02	Gewijzigd naar: Kasse & Aalbersberg
Afbeelding 5.03	Gewijzigd naar: Kasse & Aalbersberg
Afbeelding 5.04	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.05	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.06	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.07	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.08	Gewijzigd naar: Kasse & Aalbersberg
Afbeelding 5.09	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.10	Gewijzigd naar: Kasse & Aalbersberg
Afbeelding 5.11	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.12	Gewijzigd naar: Kasse
Afbeelding 5.13	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.14	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.15	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.16	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.17	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.18	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.19	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.20	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.21	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.22	Naar: Boerma, 2001
Afbeelding 5.23	Foto's: ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 5.24	Foto: W. Waldus ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 5.25	Van Zijverden & De Moor
Tabel 5.01	Van Zijverden & De Moor
Tabel 5.02	De Bakker & Schelling 1989

Hoofdstuk 6

Afbeelding 6.01	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 6.02	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 6.03	Naar: Vanden Borre 2007, afbeelding 7 p. 14
Afbeelding 6.04	Naar: Vanden Borre 2007, afbeelding 4 p. 12
Afbeelding 6.05	Naar: Vanden Borre 2007, afbeelding 3 p. 11
Afbeelding 6.06	Bron: Kadaster
Afbeelding 6.07	Bron: Archief RWS
Afbeelding 6.08	Naar: Verbraeck, 1984
Afbeelding 6.09	Naar: Verbraeck, 1984
Afbeelding 6.10	Naar: Verbraeck, 1984
Afbeelding 6.11	Naar: Verbraeck, 1984
Afbeelding 6.12	Naar: STIBOKA, 1973
Afbeelding 6.13	Naar: Steur <i>et al.</i> , 1991
Afbeelding 6.14	Naar: STIBOKA, 1986
Afbeelding 6.15	Naar: Bisschops <i>et al.</i> , 1985
Afbeelding 6.16	Naar: Bisschops <i>et al.</i> , 1985
Afbeelding 6.17	Naar: Bisschops <i>et al.</i> , 1985
Afbeelding 6.18	Naar: STIBOKA, 1984
Afbeelding 6.19	Naar: STIBOKA, 1977
Tabel 6.01	Naar: Deeben <i>et al.</i> , 2002
Tabel 6.02	Van Zijverden & De Moor
Tabel 6.03	Naar: Steur <i>et al.</i> , 1991
Tabel 6.04	Naar: Steur <i>et al.</i> , 1991
Tabel 6.05	Naar: Steur <i>et al.</i> , 1991

Hoofdstuk 7

Afbeelding 7.01	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 7.02	Naar: NNI, 1989
Afbeelding 7.03	Naar: NNI, 1989
Afbeelding 7.04	Naar: NNI, 1989
Afbeelding 7.05	Naar: De Bakker & Schelling, 1989
Afbeelding 7.06	Naar: Verbraeck, 1984
Afbeelding 7.07	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 7.08	Van Zijverden & De Moor
Tabel 7.01	Van Zijverden & De Moor

Tabel 7.02	Van Zijverden & De Moor
Tabel 7.03	Van Zijverden & De Moor
Tabel 7.04	Van Zijverden & De Moor
Tabel 7.05	Van Zijverden & De Moor
Tabel 7.06	Van Zijverden & De Moor
Tabel 7.07	Van Zijverden & De Moor
Tabel 7.08	Van Zijverden & De Moor
Tabel 7.09	Van Zijverden & De Moor
Bijlage 7.01	Van Zijverden & De Moor

Hoofdstuk 8

Afbeelding 8.01	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 8.02	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 8.03	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 8.04	Foto: A. Veenhof ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 8.05	Foto: A. Veenhof ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 8.06	Foto's: A. Veenhof ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 8.07	Bron: De Moor <i>et al.</i> , 2011
Afbeelding 8.08	Foto: J. Dijkstra ADC ArcheoProjecten
Afbeelding 8.09	Bron: Lohof & Vaars, 2005
Afbeelding 8.10	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 8.11	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 8.12	Naar: Janssen, 1966
Afbeelding 8.13	Naar: Diependaele & Drenth, 2010
Afbeelding 8.14	Naar: Dijkstra & Zuidhof, 2011, p. 471
Tabel 8.01	Naar: Van der Velde, 2010

Hoofdstuk 9

Afbeelding 9.01	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 9.02	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 9.03	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 9.04	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 9.05	Naar: Kapandji, 1984, figuur 1.39 en 1.48
Afbeelding 9.06	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 9.07	Van Zijverden & De Moor
Afbeelding 9.08	Van Zijverden & De Moor

Literatuur

- Anoniem, 1965: De periodisering van de Nederlandse prehistorie, Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, 15-16, 7-11.
- Arnoldussen, S., 2008: A Living Landscape. Bronze Age settlement sites in the Dutch river area (c. 2000-800 BC), dissertatie UL, Leiden.
- Bakker, H. de & J. Schelling, 1989 (2^e druk): Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. Pudoc, Wageningen.
- Berg, M.M., van den & E.A. Hatzmann, 2005: Water en archeologisch erfgoed, Nederlandse Archeologische Rapporten 30, Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, Amersfoort.
- Berendsen, H.J.A., 2008 (5^e druk): Fysische geografie van Nederland, de vorming van het land: inleiding in de geologie en de geomorfologie, Van Gorcum, Assen.
- Berendsen, H.J.A., 2005^a (4^e druk): Fysische geografie van Nederland, fysisch geografisch onderzoek, thema's en methoden, Van Gorcum, Assen.
- Berendsen, H.J.A., 2005^b (3^e druk): Fysische geografie van Nederland, landschap in delen, overzicht van de geofactoren, Van Gorcum, Assen.
- Berendsen H.J.A., & E. Stouthamer, 2001: Palaeogeographic development of the Rhine-Meuse delta, The Netherlands, Van Gorcum, Assen.
- Bisschops, J.H., Broertjes, J.P., Dobma, W., 1985: Geologische kaart van Nederland 1:50.000 Blad Eindhoven West (51 W), Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Boerma, J., 2001: Bodemkunde Digi-taal, CD-ROM, Baarn.
- Bosch, J.H.A., 2008: Archeologische Standaard Boorbeschrijvingsmethode versie 1.1, Op basis van de Standaard Boor Beschrijvingsmethode versie 5.2, Deltares-rapport 2008-U-R0881/A, Utrecht.
- Borre, Vanden, J., 2007: Gouda, Westergouwe deelgebied 2 fase 2, ADC rapport 797, Amersfoort.
- Bosman, J., 2010: Knegsel, De Spie, gemeente Eersel, Archeologisch bureauonderzoek, SRE Bureauonderzoek 2010-nr. 3, Eindhoven.
- Brandt, R.W., E. Drenth, M. Montforts, R.H.P. Proos, I.M. Roorda & R. Wiemer, 1992: Archeologisch basis register ARCHIS, Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, Amersfoort.
- Carmiggelt, A. & P.J.W.M. Schulten, 2002: Veldhandleiding archeologie, Archeologie Leidraad 1, SIKB, Amsterdam.
- Cate, J.A.M. ten & G.C. Maarleveld, 1977: Geomorfologische kaart van Nederland schaal 1:50.000, toelichting op de legenda, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer & J. Stolp, 1995: Handleiding bodemgeografisch onderzoek, Richtlijnen en voorschriften Deel A: Bodem, Technisch document 19A, Wageningen.
- Cohen K.M. & P. Gibbard, 2011: Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years. Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy), Cambridge.
- Cohen, K.M., E. Stouthamer, W.Z. Hoek, H.J.A. Berendsen & H.F.J. Kempen, 2010 (3^e druk): Zand in banen: zanddiepte kaarten van het Rivierengebied en het IJsseldal in de provincies Gelderland en Overijssel, Provincie Gelderland, Arnhem.
- Deeben, J., D.P. Hallewas & Th.J. Maarleveld, 2002: Predictive modelling in Archaeological Heritage Management of the Netherlands: the Indicative Map of Archaeological Values (2nd Generation), Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, 45, 9-56.
- Diependaele, S. & E. Drenth, 2010: Archeologisch onderzoek langs de rijksweg N11 (Spookverlaat) ten behoeve van de aanleg van het windturbinepark Rijnwoude te Hazerswoude-Rijndijk (gem. Rijnwoude, prov. Zuid-Holland), Archeo Media Rapport A06-286-R/A06-359-R, Capelle a/d IJssel.
- Dijkstra, J. & F.S. Zuidhoff (red.), 2011: Kansen op de kwelder, archeologisch onderzoek op en rond negen vindplaatsen in het nieuwe tracé van de Rijksweg 57 en de nieuwe rondweg ter hoogte van Serooskerke (Walcheren), ADC Monografie, 10, Amersfoort.
- Dijkstra, J. & J.A.W. Nicolay (red.), 2008: Een terp op de schop. Archeologisch onderzoek op het Oldehoofsterkerkhof te Leeuwarden, ADC Monografie 3, Amersfoort.
- Dinter, M. van, 2013: The Roman Limes in the Netherlands: how a delta landscape determined the location of the military structures, Netherlands Journal of Geosciences, 92-1, 11-32.
- Ervynck, A., P. Degryse, P. Vandenabeele & G. Verstraeten, 2009: Natuurwetenschappen en archeologie, methode en interpretatie, Acco, Leuven.
- Fischer, M.M. (red.), 1997: Holocene evolution of Zeeland (SW Netherlands), Mededelingen NITG, 59, Haarlem.
- Fokkens, H., 1995: Drowned landscape: the occupation of the Western part of the Frisian-Drentian Plateau, 4400 BC-AD 500, dissertatie UL, Leiden.
- Franq van Berkhey, J. Le, 1771: Natuurlycke historie van Holland, Amsterdam.
- Gans, W. de, 2007: Quaternary. In: Wong, T.E., D.A.J. Batjes & J. de Jager, 2007 (red.): Geology of the Netherlands, Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 173-195.
- Gouw, M.J.P., 2007: Alluvial architecture of the Holocene Rhine-Meuse delta (The Netherlands) and the Lower Mississippi Valley (U.S.A.), dissertatie UU, Utrecht.
- Hallewas, D.P., G.H. Scheepstra & P.J. Woltering (red.), 1997: Dynamisch landschap, archeologie en geologie van het Nederlandse kustgebied, Van Gorcum, Assen.
- Havinga, A.J., 1986: Op dwaalwegen met de theorie van de omkering van het bodemreliëf, Geografisch tijdschrift 20 (05), 393-400.

- Heeringen, R.M. van & E.M. Theunissen (red.), 2001: Kwaliteitsbepalend onderzoek ten behoeve van duurzaam behoud van neolithische terreinen in West-Friesland en de Kop van Noord-Holland, Nederlandse Archeologische Rapporten 21, Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, Amersfoort.
- Heeringen, R.M. van, G.V. Mauro & A. Smit (red.), 2004: A pilot study on the monitoring of the physical quality of three archaeological sites at the UNESCO world heritage site at Schokland, Province of Flevoland, the Netherlands, Nederlandse Archeologische Rapporten 26, Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, Amersfoort.
- Huisman, D.J. (red.), 2009: Degradation of archaeological remains, SdU uitgevers, Den Haag.
- Janssen, C. R., 1966: Recent pollen spectra from the deciduous and coniferous-deciduous forests of northeastern Minnesota: A study in pollen dispersal, *Ecology* 47(5), 804-825.
- Jong, J. de, 1970-1971: Pollen and ^{14}C Analysis of Holocene Deposits in Zijdeveld and Environs. Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek 20/21, 75-88.
- Joosten, H., 1985: De betekenis van de boerenkuilen in de Peel, *Natuurhistorisch Maandblad*, 74, 19-26.
- Kapandji, I.A., 1984: Bewegingsleer aan de hand van tekeningen van de werking van de menselijke gewrichten, deel III: De romp en de wervelkolom, Bohn Stafleu van Loghum, Houten.
- Kapandji, I.A., 1986: Bewegingsleer aan de hand van tekeningen van de werking van de werking van de menselijke gewrichten, deel II: De onderste extremiteit, Bohn Stafleu van Loghum, Houten/Diegem.
- Kars, H. & A. Smit (red.), 2003: Handleiding Fysiek Behoud Archeologisch Erfgoed Degradatiemechanismen in sporen en materialen, Monitoring van de conditie van het bodemarchief, Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies 1, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Kasse, K., z.j.: Bodemkunde 1995-1996 2^e-jaars-cursus, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Kasse, K. & G. Aalbersberg, z.j.: Inleiding in de bodemkunde van Nederland, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Knol, E., A.C. Bardet & W. Prummel (red.), 2005: Professor van Giffen en het geheim van de wierden, Heveskes, Groningen.
- Kok, M.S.M., 2008: The homecoming of religious practice, an analysis of offering sites in the wet low-lying parts of the landscape in the Oer-IJ area 2500 BC-AD 450, dissertatie UvA, Amsterdam.
- Leenders, K.A.H.W., 2007: Het middeleeuwse zoutwinningsproces. In: Kraker, A.M.J de & G.J. Borger (red.), 2007: Veen - Vis - Zout. Landschappelijke dynamiek in de zuid-westelijke delta van de Lage Landen. Geoarchaeologica and bioarchaeological studies, 8, Amsterdam, 113-129.
- Lohof, E. & J. Vaars, 2005: Een nederzetting uit de Bronstijd te Hoogwoud, gemeente Opmeer ADC Rapport 401, Amersfoort.

- Lowe, J.J. & M.J.C. Walker, 1997 (2^e druk): *Reconstructing Quaternary Environments*, Prentice Hall, Harlow.
- Moor, J.J.W. de, F.P. Weijdemans, W.K. van Zijverden, D. Fritzsche, E. Kirilova, S. Troelstra & J. Wallinga, 2011: Een interdisciplinair geo-archeologisch assessment van potentiële archeologische niveaus en begraven archeologische landschappen nabij Sluiskil, gemeente Terneuzen: aanvullend mechanisch booronderzoek en specialistische analyses Kanaalkruising Sluiskil - Zone 3, EARTH Integrated Archaeology rapporten, 32, Amersfoort.
- Moor, J.J.W. de, 2007: *Human impact on Holocene catchment development and fluvial processes - the Geul River catchment*, SE Netherlands, dissertatie VU, Amsterdam.
- Mulder, E.F.J. de, M.C. Geluk, I. Ritsema, W.E. Westerhoff & T.E. Wong (red.), 2003: *De Ondergrond van Nederland*, Wolters-Noordhoff, Groningen.
- Mulder, E. de & J.H.A. Bosch, 1982: Holocene stratigraphy, radiocarbon datings and palaeogeography of central and northern North-Holland (The Netherlands), *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, 36-3, pp. 111-160.
- Mulder, E.F.J. de, M.C. Geluk, I. Ritsema, W.E. Westerhoff & T.E. Wong, 2003, *De ondergrond van Nederland*. Wolters-Noordhoff, Groningen, 379 pp.
- Mulder, J.R. & L.W. Dekker 2009: Natte daliegaten en verdrogende daliebulten in (voormalige) veengebieden, *Stromingen*, 15-2, 3-15.
- NNI, 1989: *Geotechniek, classificatie van onverharde grondmonsters*, NEN 5104. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.
- Oudhof, J.W. M., J. Dijkstra & A.A.A. Verhoeven (red.), 2000: *Huis Malburg van spoor tot spoor, een middeleeuwse nederzetting in Kerk-Avezaath*, Rapportage Archeologische Monumentenzorg, 81, Amersfoort.
- Pruissers, A.P. & W. de Gans, 1988: *De bodem van Leidschendam*, Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Renes, J. 1999: *Landschappen van Maas en Peel: een toegepast historisch-geografisch onderzoek in het streekplangebied Noord- en Midden-Limburg*, dissertatie WUR, Wageningen.
- Renswoude J. van & J. van Kerckhove (red.), 2009: *Opgravingen in Geldermalsen-Hondsgemet. Een inheemse nederzetting uit de Late IJzertijd en Romeinse tijd*, Zuid-Nederlandse Archeologische Rapporten, 35, Amsterdam.
- Rummelen, F.F.F.E. van, 1972: *Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000, blad Walcheren*, Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Schokker, J., 2003: *Patterns and processes in a Pleistocene fluvio-aeolian environment*, dissertatie UU, Utrecht.
- Schoorl, H., 1999: *De convexe kustboog: deel 1 t/m 4*, Pirola, Schoorl.
- Sier, M.M. & C.W. Koot (red.), 2001: *Archeologie in de Betuweroute Kesteren- De Woerd. Bewoningsporen uit de IJzertijd en de Romeinse tijd*. Rapportage Archeologische Monumentenzorg 82, Amersfoort.

- SIKB, 2010: Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA) Landbodems, SIKB, Gouda.
- Smit, A., R.M. van Heeringen & E.M. Theunissen, 2006: Standaard Archeologische Monitoring (SAM), Richtlijnen voor het non-destructief beschrijven en volgen van de fysieke kwaliteit van archeologische vindplaatsen, SIKB, Gouda.
- Smith N.D., T.A. Cross, J.P. Dufficy, & R. Clough, 1989: Anatomy of an avulsion, *Sedimentology* 36, 1-23.
- Soil Survey Staff, 1999 (2^e druk): Soil taxonomy; A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys, United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, Washington.
- Spek, A.F.J. van der, 1994: Large scale evolution of Holocene tidal basins in the Netherlands, dissertatie UU, Utrecht.
- Steenbeek, R., 1990: On the balance between wet and dry; vegetation horizon development and prehistoric occupation; a palaeoecological - micromorphological study in the Dutch river area, dissertatie VU, Amsterdam.
- Steur, G.G.L. & W. Heijink, 1991 (4^e druk): Algemene begrippen en indelingen, STIBOKA, Wageningen.
- STIBOKA, 1986: Geomorfologische kaart van Nederland 1:50.000 blad 39/Tiel, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- STIBOKA, 1984: Bodemkaart van Nederland 1:50.000, Eindhoven, 51 West, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- STIBOKA, 1977: Geomorfologische kaart van Nederland 1:50.000 blad 51/Eindhoven, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- STIBOKA, 1973: Bodemkaart van Nederland 1:50.000, Rhenen, 39 Oost, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Stouthamer, E., 2001: Holocene avulsions in the Rhine-Meuse delta, The Netherlands, dissertatie UU, Utrecht.
- TNO, 2013: Lithostratigrafische Nomenclator van de Ondiepe Ondergrond, versie 2013. (<http://www.dinoloket.nl/nomenclator-ondiep>, geraadpleegd 27-01-2013).
- Uitgeverij Nieuwland, 2006: De Grote Historische Provincie Atlassen schaal 1:25.000, Uitgeverij Nieuwland, Utrecht.
- Velde, H.M. van der (red.), 2008: Cananefaten en Friezen aan de monding van de Rijn. Tien jaar archeologisch onderzoek op de Zanderij-Westerbaan te Katwijk. ADC Monografie 8, Amersfoort.
- Verbraeck, A., 1984: Geologische kaart van Nederland, schaal 1:50.000 Blad Tiel Oost (39 O), Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Versfelt, H.J., 2003: De Hottinger-atlas van Noord- en Oost-Nederland 1773-1794, Heveskes, Groningen.
- Versfelt, H.J. & M. Schroor, 2005: De atlas van Huguenin: militair-topografische kaarten van Noord-Nederland: 1819-1829, Heveskes, Groningen.

- Vos, P.C., 2011: Atlas van Nederland in het Holocene: landschap en bewoning vanaf de laatste IJstijd tot nu, Bert Bakker, Amsterdam.
- Vos, P.C., 2006: Toelichting bij de nieuwe paleogeografische kaarten van Nederland, NOaA hoofdstuk 25 (versie 1.0), (www.noaa.nl).
- Vos, P.C. & R.M. van Heeringen, 1997: Holocene geology and occupation history of the Province of Zeeland (SW Netherlands). In: M.M. Fischer (red.), Holocene evolution of Zeeland (SW Netherlands), Mededelingen NITG, 59, 3-109.
- Weerts, H., P. Cleveringa, W. Westerhoff en P. Vos, 2006: Nooit meer; Afzettingen van Duinkerke en Calais, Archeobrief, 10-2, 28-34.
- Wolfert, H.P. & G.J. Maas, 2007: Downstream changes of meandering styles in the lower reaches of the River Vecht, the Netherlands, Netherlands Journal of Geosciences, 86-3, 257-271.
- Wolters-Noordhoff, 1992: Grote historische provincie atlas 1:25000, Wolters-Noordhoff, Groningen.
- Zagwijn, W.H., 1986: Nederland in het Holocene, Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Zagwijn, W.H., Beets, D.J., Berg, M. van den, Montfrans, H.M. van & P. van Rooyen, 1985: Atlas van Nederland deel 13-Geologie, Stichting Wetenschappelijke Atlas van Nederland, Den Haag.
- Zagwijn, W.H. & C.J. van Staalduinen (red.), 1975: Toelichting bij de geologische overzichtskaarten van Nederland, Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

Over de auteurs

Wilko van Zijverden studeerde af in kwartairgeologie van Nederland aan de Universiteit Utrecht en prehistorie aan de Universiteit Leiden. In de periode 1995-2009 was Wilko werkzaam als fysisch geografisch specialist bij ADC Archeoprojecten (voorheen ROB-JWS). Wilko's interesse gaat vooral uit naar de bewoning en ontwikkeling van het Holocene landschap. Hij was onder andere betrokken bij landschappelijk onderzoek in het kader van grote infrastructuurle werken waaronder de Betuweroute, HSL, Hanzelijn, A73, A2 en Rijksweg 57. Walcheren, West-Friesland, het IJsseldal en het centrale deel van het rivierengebied vormen zijn aandachtsgebieden. Wilko was werkzaam binnen het NWO-project: *Living in a dynamic (cultural) landscape, the Bronze Age in the Dutch river area* van de Universiteit Leiden. Hij was betrokken bij de samenstelling van de Leidraad ASB en is mede-auteur van het NOaA-hoofdstuk paleogeografie. Sinds 2008 is Wilko als docent verbonden aan de opleiding tot archeoloog bij Saxion te Deventer en verzorgt verschillende cursussen waaronder Landschap & Bodem en Archeologisch Vooronderzoek. In november 2009 maakte hij de overstap naar EARTH Integrated Archaeology waar hij werkzaam is als geoarcheoloog. Sinds augustus 2011 is Wilko betrokken bij het NWO-project: *Farmers of the coast, coastal farming communities on the southern North Sea coast, 2000-800 BC* van de Universiteit Leiden.

Jos de Moor studeerde af in kwartairgeologie en fluviale geomorfologie aan de Vrije Universiteit te Amsterdam. Hij werkte vervolgens voor ADC Archeoprojecten en was onder meer betrokken bij opgravingen die zijn uitgevoerd in het kader van de aanleg van de HSL en de opgravingen van de villa Holzkuil in Kerkrade. Daarna promoveerde hij op een gedetailleerde reconstructie van de Geul (in het Zuidlimburgse lössgebied) in relatie tot menselijke en klimatologische invloeden. In de periode maart 2007-november 2008 was Jos werkzaam als fysisch geografisch specialist bij Archeospecialisten. Tegenwoordig is Jos in dezelfde functie werkzaam bij EARTH Integrated Archaeology. De aandachtsgebieden van Jos zijn vooral de Pleistocene landschappen van Nederland en de lösslandschappen in het bijzonder. Hij is onder meer betrokken geweest bij grootschalig nederzettingsonderzoek in Cuijk en Boxmeer. Afgedekte Pleistocene landschappen, zoals deze worden aangetroffen in en rond de IJsselmeerpolders en Zeeland, hebben zijn bijzondere aandacht.

HET GROOT PROFIELENBOEK

In de archeologische praktijk wordt veel van de archeoloog in het veld gevraagd. Hij/zij is het welbekende schaap met de vijf poten. Naast de dagelijkse bureaucratische rompslomp blijft helaas vaak te weinig tijd over voor de archeologische inhoudelijke kant van het werk en dan dient de veldarcheoloog zich ook nog eens bezig te houden met “het profiel”.

Dit boek beoogt de veldarcheoloog enig houvast te bieden bij de documentatie en interpretatie van “het profiel” en probeert een antwoord te geven op vragen die veel in het veld worden gesteld. Waarom is de bepaling van het koolzure kalkgehalte van een sediment zo belangrijk? Wat is het verschil tussen een rivierduin en een donk? Hoe en hoe snel ontstaat een podzol? Is een eerdlaag hetzelfde als een esdek? Bevat het profiel nog voldoende stuifmeelkorrels voor een zinvolle analyse? Wat zegt een EZ23 op de bodemkaart nu eigenlijk? In dit boek vind je het antwoord op bovenstaande en vele andere vragen.

De schrijvers van het boek zijn beiden werkzaam als fysisch geograaf bij EARTH Integrated Archaeology. Wilko van Zijverden begon zijn carrière in de archeologie in 1993 en verzorgt daarnaast sinds 2007 onderwijs in de aardwetenschappen bij de opleiding Archeologie van SAXION in Deventer. Jos de Moor werkt sinds 2001 als fysisch geograaf in het archeologisch werkveld.

Sidestone Press

ISBN: 978-90-8890-273-4



9 789088 902734 >