WIM WESTERHOFF
Geologsiche Dienst Nederland - TNO
wim.westerhoff@tno.nl

WAT DOET DE GEOLOGISCHE DIENST NEDERLAND MET SEDIMENTMONSTERS?

Voor het onderzoek en de karakterisering van de Nederlandse ondergrond - die voor een flink deel uit zand bestaat - beschrijft, analyseert en verwerkt de Geologische Dienst Nederland jaarlijks een grote hoeveelheid boormonsters. Hoe gaat dat in zijn werk? Hoe classificeer je een grondmonster en waar blijft het opgeboorde materiaal?

Geroerde en ongeroerde grondmonsters

Observeren en noteren van waarnemingen is in het geologisch onderzoek de noodzakelijke eerste stap die voorafgaat aan de interpretatie en analyse van ondergrondgegevens. Primair daarbij zijn de veldwaarnemingen: welke terreinvormen zijn te onderscheiden, hoe en waar gaan ze in elkaar over en wat is de aard van de bovengrond? Daarna volgen de waarnemingen in ontsluitingen die informatie geven over de gesteentesamenstelling, sedimentaire structuren en het milieu van afzetting. Echter, in een vlak land als Nederland zijn ontsluitingen relatief ondiep en er zijn er ook te weinig om landsdekkend een goed beeld van de ondergrond te krijgen. Het uitvoeren van grondboringen is daarom een belangrijk hulpmiddel om de opbouw en samenstelling van de ondergrond te verkennen. Door het opboren van grondmonsters kunnen we de kenmerken van de verschillende afzettingen in de ondergrond observeren en analyseren. Er zijn talloze soorten boorsystemen. Handboorgereedschap is eenvoudig te bedienen en wordt gebruikt om grondmonsters tot enkele meters diepte te verkrijgen. Voor de uitvoer van diepere boringen wordt gebruik gemaakt van mechanische boorapparatuur (Afb. 1). Naarmate er dieper geboord moet worden, neemt de grootte en de technische complexiteit van dergelijke boorapparatuur toe.

Afbeelding 1. Lucht-lift-rotary boorstelling aan het werk voor de inrichting van een grondwaterwaarnemingsput tot een diepte van ca. 600 m. (Foto: Geologische Dienst Nederland).

In het merendeel van de boorsystemen, die toegepast worden voor het bemonsteren van de ongeconsolideerde (onverkit materiaal) Tertiaire en Kwartaire afzettingen in de Nederlandse ondergrond, wordt de grond (meter voor meter) losgewoeld en met een waterstroom, of via een pulssysteem, naar het maaiveld gebracht. De snelheid waarmee geboord wordt en de methode van monsteropvang bepalen in belangrijke mate de kwaliteit van de grondmonsters. We beschikken dan over zogenaamde *geroerde* grondmonsters, die gebruikt worden om de lithologische samenstelling van het doorboorde sediment te beschrijven (Afb. 2). Het gaat dan om kenmerken zoals de korrelgrootteverdeling van zand- en grindlagen, het gehalte aan klei en organische stof. Dit zijn karakteristieken die inzicht geven in bijvoorbeeld: de doorlatendheid voor grondwater, of de geschiktheid van het materiaal voor toepassing als bouwgrondstof. Wel moet men in geroerde boormonsters rekening houden met een ondervertegenwoordiging van de fijnere korrelgroottefractie (< ca. 100 µm) omdat deze voor een deel blijft zweven in de waterstroom waarmee

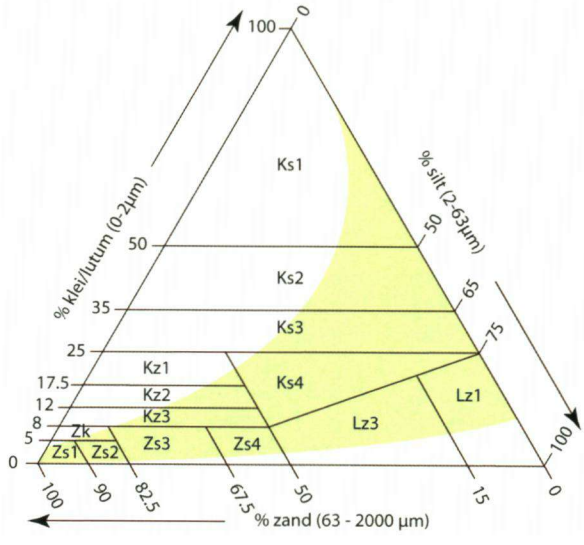
de grond naar boven wordt gepompt. Klei komt vaak in samenhangende brokken naar boven en is geschikt om te onderzoeken op het voorkomen van microfossielen zoals, pollen of dinocysten (de resistente sporen van de eencellige zweephaardiertjes). Uit de grovere zandfracties worden vaak de zware mineralen gescheiden omdat die belangrijke informatie over de herkomst van het sediment geven.

De bemonsteringsdichtheid van geroerde boormonsters is meestal niet groter dan één monster per meter dieptebereik. Voor een hogere bemonsteringsdichtheid, die nodig is voor hoge resolutie analyse of het uitvoeren van proeven zoals het testen van de samendrukbaarheid of de permeabiliteit, zijn *ongeroerde* boormonsters van hoge kwaliteit nodig. Over het algemeen worden daarvoor zogenaamde steekboringen gebruikt (Afb. 2).

Technisch gezien vereist dat een complexer boorsysteem dat minder snel werkt dan de spoelsystemen en dus ook hogere kosten met zich meebrengt. Goede steekmonsters laten de grond in ongestoorde toestand zien en dat betekent dat ze geschikt zijn voor vrijwel alle soorten van laboratoriumonderzoek. In gestoken boormonsters blijven ook de sedimentaire structuren onaangetast en de analyse daarvan is heel geschikt om de afzettingsomstandigheden van het sediment te bepalen.

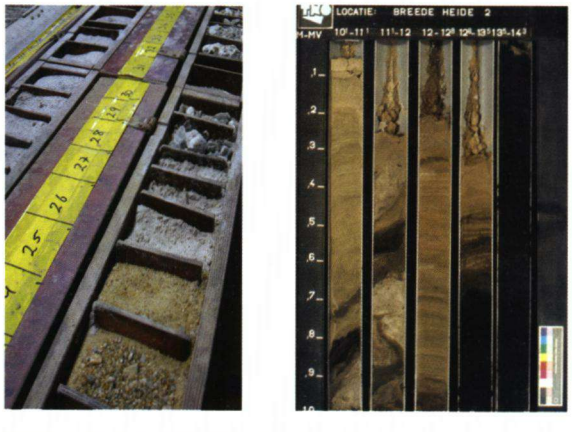
Beschrijven en classificeren van sedimentmonsters

Het startpunt voor de beschrijving van sedimentmonsters is het vaststellen van de korrelgroottesamenstelling. Als basis daarvoor wordt de *Classificatie voor beschrijving van onverharde sedimenten (NEN-*

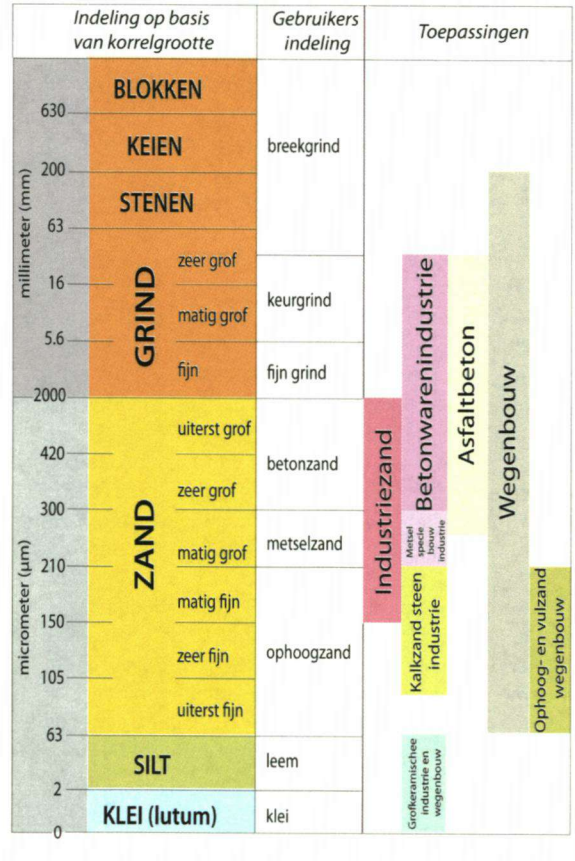


Ks1	Klei zwak siltig
Ks2	Klei matig siltig
Ks3	Klei sterk siltig
Ks4	Klei uiterst siltig
Kz1	Klei zwak zandig
Kz2	Klei matig zandig
Kz3	Klei sterk zandig
Lz1	Leem zwak zandig
Lz3	Leem sterk zandig
Zk	Zand Kleiig
Zs1	Zandzwak siltig
Zs2	Zand zwak siltig
Zs3	Zand sterk siltig
Zs4	Zand uiterst siltig

Afbeelding 3. Zanddriehoek voor de classificatie van zandmonsters (uitleg in de tekst). Nagenoeg alle in Nederland aanwezige grondsoorten komen voor binnen het gekleurde gedeelte van de driehoek.



Afbeelding 2.
Geroerde boormonsters (links) verzameld met behulp van een lucht-lift-rotary boorsysteem. De diepte aanduiding is in meters. Houten schotjes vormen de scheiding tussen de monsters.
Ongeroerde boormonsters (rechts). Deze monsters zijn één meter lang en gestoken in pvc-pijpen met een diameter van 10 cm. Op de foto is één helft van de boorkernen zichtbaar. In het ongestoorde sediment zijn sedimentaire gelaagdheden te zien. De vervormingen in de twee linker kernhelften zijn ontstaan als gevolg van kryoturbatie in een permafrost situatie. Het donkere materiaal in de rechter kernhelft is veen. (Foto: Geologische Dienst Nederland).



Afbeelding 4. Benaming van grondsoorten op basis van de korrelgrootteverdeling en de relatie met begrippen uit het toegepast gebruik van oppervlaktedelfstoffen.

Afbeelding 5. Micro-opname van sterk glauconiet houdend (groene korrels) zand.

Afbeelding 6. Micro-opname van een mariene afzetting uit het Eemien.

5104) gebruikt. Dit normblad schrijft de indeling en benaming van grondsoorten voor op basis van de korrelgrootteverdeling, het organische stofgehalte en het kalkgehalte ($CaCO_3$). Ze wordt toegepast door geologen, bodemkundigen en technisch georiënteerde bodemonderzoekers.

De eerste stap is het vaststellen van de hoofdgrondsoort Bevat een monster meer dan 30% deeltjes die groter zijn dan 2 mm dan wordt de hoofdgrondsoort als *grind* geclassificeerd. Vervolgens wordt naar de hoeveelheid organische stof gekeken. Een zandig monster met meer dan 15% organische stof wordt als *veen* geclassificeerd. Bij *kleiige* monsters geldt dat voor organische-stofgehalten van meer dan 30%.

Daarna wordt de korrelgrootteverdeling in de zandfractie (dat zijn alle deeltjes kleiner dan 2 mm = 2.000 µm) bepaald. Voor die indeling wordt de zogenoemde zanddriehoek gebruikt (Afb. 3). Dat is een belangrijk hulpmiddel om in een grondmonster, op basis van de verhouding tussen de componenten zand, klei en silt, de naam van de grondsoort te bepalen. *Zand* is de korrelfractie tussen 63 - 2.000 µm, *silt* is de fractie tussen 2 - 63 µm en *klei* is de fractie kleiner dan 2 µm (Afb. 4). In de zanddriehoek staat de linker onderhoek voor 100% zand, de bovenhoek voor 100% klei en de rechter onderhoek voor 100% silt. De verhouding tussen deze drie componenten bepaalt de naam van de hoofdgrondsoort van een grondmonster. Bijvoorbeeld: alle monsters met meer dan 50% zand en minder dan 8% klei hebben de hoofdgrondsoort *zand* (de eenheden Zs1, Zs2, Zs3 en Zs4). Voor monsters met meer dan 8% klei is de hoofdgrondsoort *klei* (alle eenheden waarvan de code met een K begint). Monsters met een hoog percentage silt worden als *leem* aangeduid (de code begint met een L) en betreft vooral de lössgronden.

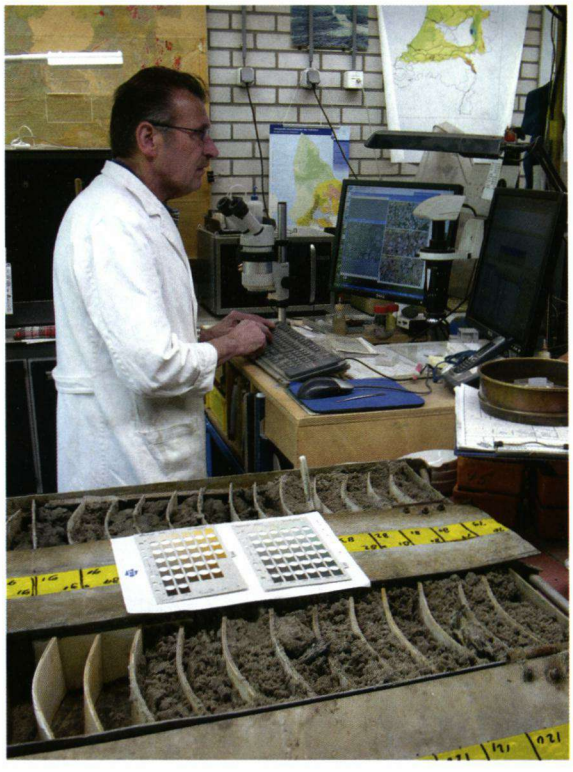
Naast de korrelgrootteverdeling worden bij de Geologische Dienst Nederland sedimentmonsters ook nog op een groot aantal andere geologische kenmerken beschreven. Daarvoor is de *Standaard Boor Beschrijvingsmethode* (SBB) ontwikkeld. Deze methode, die gebaseerd is de NEN-5104, normeert naast de korrelgrootteverdeling alle andere kenmerken van een grondmonster. Dat zijn bijvoorbeeld de aard van de laaggrenzen, de sedimentaire structuren, gesteentesamenstelling (Afb. 4), aanwezigheid van schelpen (Afb. 6) of andere fossielen, graafsporen, type gelaagdheden (afwisseling van dunne zand- en kleilaagjes) en dergelijke.

Het opstellen van een boormonsterbeschrijving is altijd gebaseerd op met het blote oog (macroscopisch) waarneembare kenmerken (Afb. 7 & 8). Omdat het ondoenlijk is alle monsters via laboratoriumtechnieken te onderzoeken worden de hoeveelheden van de samenstellende componenten van een sedimentmonster geschat. Bij de Geologische Dienst Nederland gebruiken we verschillende hulpmiddelen om die schattingen zo consistent mogelijk uit te voeren. Voor de schatting van de korrelgroottesamenstelling wordt gebruik gemaakt van een *zandlineaal* of een *vergelijkingsmicroscoop*. De vergelijkingmicroscoop beschikt over een verzameling zandmonsters met een standaard, in het laboratorium bepaalde, korrelgrootteverdeling. Optische vergelijking van die standaarden met een grondmonster is een manier om een betrouwbare schatting te maken van de korrelgrootteverdeling van het betreffende monster. Het kalkgehalte wordt geschat door enkele druppels van een tot 10% verdunde zoutzuur (HCl) oplossing aan het sedimentmonster toe te voegen en de mate van opbruisen te noteren. Voor de samenstelling van grind en schelpen staan vergelijkingscollecties ter beschikking. Toch is er veel praktijkervaring nodig om een goede boormonsterbeschrijving te kunnen op stellen. Alle waarneembare kenmerken worden met behulp van éénduidig gedefinieerde coderingen in een database ingevoerd en vormen voor ieder boorpunt de boormonsterbeschrijving.

Zodra een boormonsterbeschrijving gereed is, wordt aan de beschreven boring een lithostratigrafische interpretatie toegevoegd. Het gaat er dan om vast te stellen welke formaties, laagpakketten of lagen in een boring aanwezig zijn. Alle lithostratigrafische eenheden zijn gedefinieerd op basis van de macroscopisch waarneembare kenmerken (zie ook de lithostratigrafische nomenclator op www.dinoloket.nl). Ze vormen als het ware de eerste ordening van de gevarieerde opbouw van de ondergrond in overzichtelijke eenheden. De boormonsterbeschrijvingen en de lithostratigrafische informatie worden vervolgens opgeslagen in de DINO-boringen-database (Data en Informatie Nederlandse Ondergrond). Vanuit die database kan de informatie weer worden opgevraagd voor het maken van modellen, kaarten of schematisaties van de ondergrond.

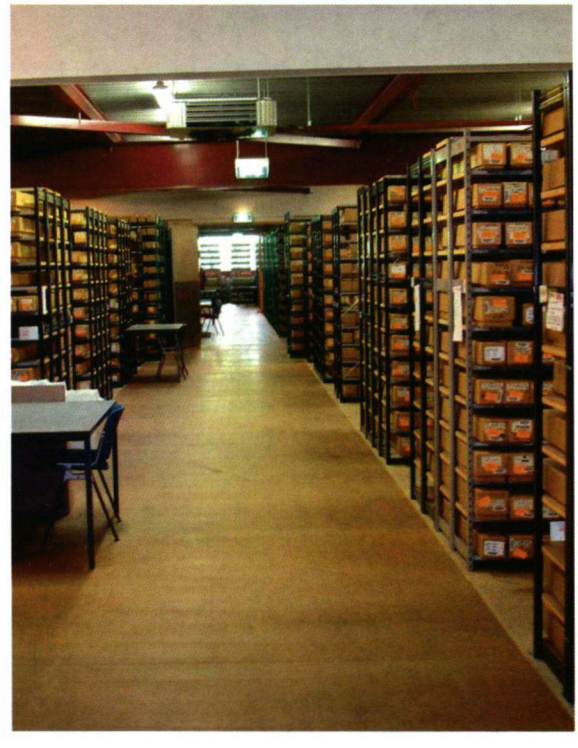
Aanvullend laboratoriumonderzoek

Omdat de boormonsterbeschrijvingen op macroscopisch herkenbare kenmerken en schattingen gebaseerd zijn, wordt vaak aanvullend onderzoek in het laboratorium uitgevoerd. We maken daarbij onderscheid tussen de bepaling van fysische en chemische kenmerken en biogeologische of biostratigrafische analysen. Laatstgenoemde groep betreft vooral onderzoek



Afbeelding 7.
Beschrijven van kisten met geroerde boormonsters in de beschrijfruimte van de Geologische Dienst. Het computerscherm op de achtergrond is onderdeel van de vergelijkingmiscrocoop die gebruikt wordt om de korrelgrootteverdelingen te bepalen. (Foto: Geologische Dienst Nederland).

Afbeelding 8.
Bemonstering van een steekboring in de beschrijfruimte van de Geologische Dienst.



Afbeelding 9.
Opslag van boorkernen in het Centraal Kernhuis van de Geologische Dienst Nederland. (Foto: Geologische Dienst Nederland).

aan microfossielen, zoals stuifmeel, dinocysten, foraminiferen, diatomeeën en dergelijke. Doel van het biogeologische onderzoek is om meer inzicht over de ouderdom, klimaatvariaties en het milieu van afzetting te verkrijgen.

Fysische bepalingen zijn gericht op een nauwkeurig inzicht van de korrelgrootteverdeling, doorlatendheid, porositeit, samendrukbaarheid en dergelijke. Chemische bepalingen worden uitgevoerd om inzicht te verkrijgen in de chemische samenstelling van de grond. Dat is onder meer van belang voor onderzoek naar de kwaliteit van de bodem en de mogelijke reactiviteit tussen de grond en het grondwater.

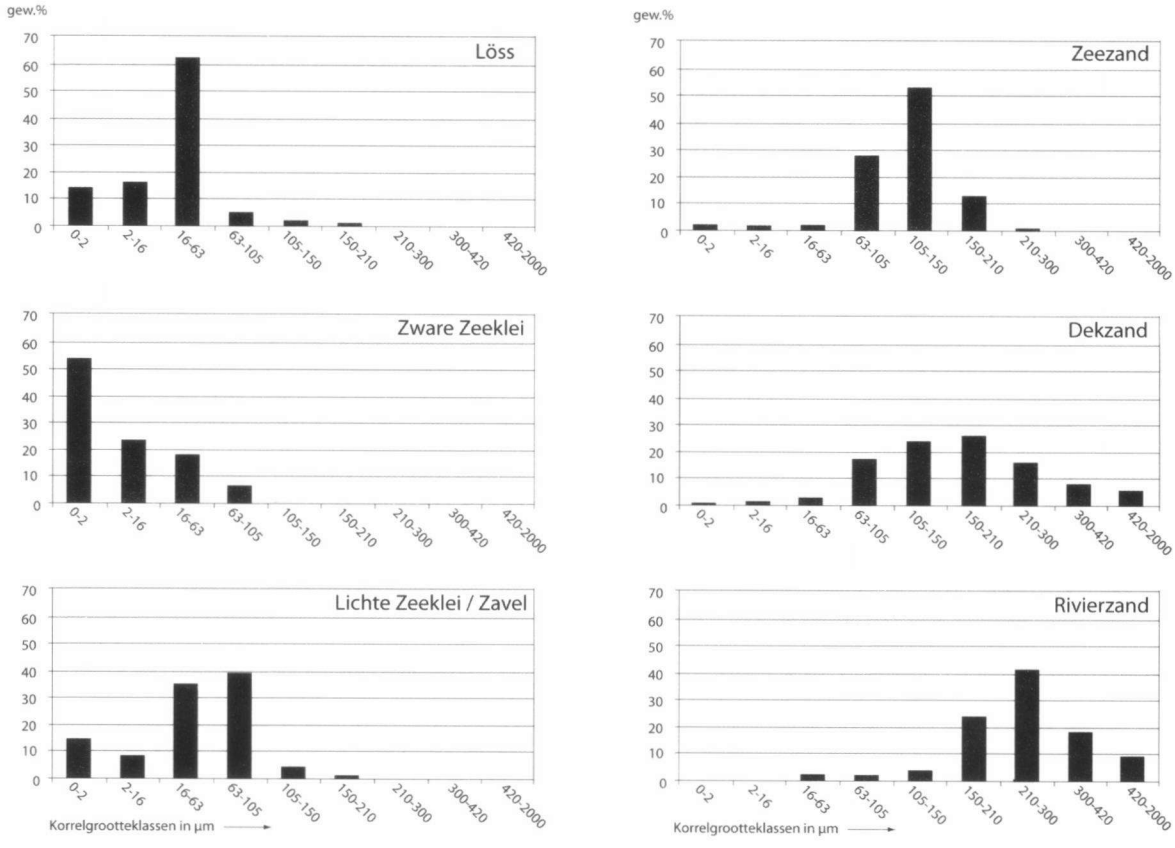
Analyse van de korrelgrootteverdelingen in het laboratorium is van belang om grondsoorten nauwkeurig in te delen naar de wijze van ontstaan, maar meer nog om de eigenschappen voor praktische toepassingen te bepalen. Het gebruik van zand en grind in de bouw- en wegenbouw vraagt voor elke toepassing een specifieke samenstelling van de korrelgrootte (Afb. 4). Grondmengsels geschikt voor specifieke toepassingen kennen vaak een eigen (gebruiks)naam. Sommige mengsels komen van nature voor, maar vaak wordt tijdens de zand- en grindwinning een scheiding toegepast in bepaalde korrelgrootteklassen. Bij aflevering worden dan mengsels op maat gemaakt die geschikt zijn voor een specifiek gebruik.

De natuurlijke korrelgrootteverdeling is vaak zeer kenmerkend voor het sedimentaire milieu waarin de afzetting gevormd is. Zo heeft elke grondsoort een eigen karakteristieke korrelgrootteverdeling. In grafieken waarbij het gewichtspercentage per korrelgroottefractie in histogrammen is uitgezet wordt dat vaak in één oogopslag duidelijk (Afb. 10). Bijvoorbeeld: een lössmonster wordt gekenmerkt door hoge percentages in de siltfracties tussen 2 - 63 µm. Een zware zeeklei heeft een hoog percentage deeltjes kleiner dan 2 µm. Zandmonsters hebben lage waarden in de fractie kleiner dan 63 µm en naarmate de gemiddelde korrelgrootte toeneemt, verschuiven de histogrammen op de X-as naar rechts. Door de wind afgezette dekzanden vertonen meestal een gelijkmatige verdeling over de diverse korrelgroottefracties. Daarentegen is in grovere rivierafzettingen de verdeling over de diverse fracties vaak onregelmatig.

Opslag in het kernhuis

Nadat sedimentmonsters beschreven en lithostratigrafisch geïnterpreteerd zijn, en nadat er deelmonsters voor laboratorium onderzoek zijn uitgenomen, wordt het restant van de monsters opgeslagen in het Centraal Kernhuis van de Geologische Dienst Nederland in Zeist (Afb. 9). Vanzelfsprekend is het ondoenlijk om alle boormonsters die beschreven worden te bewaren. Daarom wordt er voor een representatief deel van de verwerkte boringen een selectie gemaakt. Voor boormonsters afkomstig

Afbeelding 10. Karakteristieke korrelgrootte-verdelingen voor een aantal Nederlandse grondsoorten.



van zogenoemde ondiepe boringen (d.w.z. met een dieptebereik tot ca. 500 - 700 m) worden daarvoor onder meer de volgende criteria gehanteerd:

- boormonsters van boringen van vóór 1940 worden bewaard omdat ze bijvoorbeeld kunnen dienen als referentiemateriaal voor later opgetreden bodemvervuilingen;
- boormonsters van boringen die in het laboratorium zijn onderzocht, worden bewaard als referentie, voor aanvullend onderzoek en mogelijke contra-expertise;
- boormonsters van kwalitatief goede steekboringen worden vrijwel altijd opgeslagen i.v.m. de relatief hoge uitvoeringskosten van de boring en omdat ze mogelijkheden bieden voor later uit te voeren specialistisch laboratorium onderzoek;
- boormonsters van kwalitatief goed uitgevoerde boringen op thans slecht bereikbare plaatsen (bijvoorbeeld vanwege bebouwing op de originele boorplaats) worden bewaard;
- boormonsters van goed uitgevoerde boringen met een diepte van meer dan 150 m worden bewaard i.v.m. de kosten van opnieuw uitvoeren (er wordt wel een selectie gemaakt als boringen relatief dicht bijeen in clusters staan);
- boormonsters afkomstig van het Nederlands Continentaal Plat (Noordzee) worden altijd bewaard wegens de hoge kosten voor opnieuw boren.

Daarnaast wordt monstermateriaal van de diepe boringen, uitgevoerd voor exploratie van olie, gas, steenzout of steenkool, opgeslagen. Dit materiaal wordt, binnen de kaders van de mijnbouwwet, verplicht opgeslagen. Hier is materiaal bij dat afkomstig is van diepten tot enkele duizenden meters. De boormonsters van de diepe boringen zijn gedurende een periode van 5 jaar confidentieel, maar staan daarna, evenals het materiaal van de ondiepe boringen, ter beschikking voor eenieder (nationaal en internationaal) die er nader onderzoek aan wil verrichten. Zowel binnen als buiten de Geologische Dienst wordt daar in toenemende mate gebruik van gemaakt. Op dit moment is er ruim 4.400.000 m (= 4.400 km!) boormonster in het Centraal Kernhuis opgeslagen. Ongeveer de helft daarvan bestaat uit gekernde (onverstoorde) boormonsters. De andere helft betreft geroerde boormonsters. Ook de restmonsters van in het laboratorium onderzocht materiaal worden voor contra-expertise bewaard.

Met het Centraal Kernhuis heeft de Geologische Dienst Nederland, evenals de collega-instituten in het buitenland, een fantastische verzameling van uniek bodemmateriaal dat ter beschikking staat voor allerlei soorten van geologisch bodemonderzoek dat nu of in de toekomst kan worden uitgevoerd.

LITERATUUR

Bosch, J.H.A., 2000. Standaard Boor Beschrijvingsmethode (SBB), Versie 5.1. Rapport TNO-NITG 00-141-A. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen, Utrecht. (te downloaden via www.Dinoloket.nl)

De Mulder, E.F.J., Geluk, M.C., Ritsema, I., Westerhoff, W.E. & Wong, T.E. (red.), 2003. De ondergrond van Nederland. Geologie van Nederland, deel 7. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO (Utrecht).

Meulen, M.J. van der, de Lang, F.D., Maljers, D., Dubelaar & Westerhoff, W.E., 2002. Grondsoorten en delfstoffen bij naam. 2e licht gewijzigde druk. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft: Publikatiereeks grondstoffen 2003/6, ISBN 90-369-5549-1

NEN-5104, 1998. Classificatie van onverharde grondmonsters. Nederlands Normalisatie Instituut (www.nen.nl/normshop)