

Het gebruik van de grondkolomcilinder bij onderzoek naar het transport van water en opgeloste stoffen in de bodem

Inleiding

In veel veldstudies naar het gedrag van water en opgeloste stoffen in de bodem worden monsters genomen voor het meten van dichtheid en volumetrisch vochtgehalte van de grond en concentraties van opgeloste stoffen. Er zijn vier gangbare methoden om dergelijke monsters te nemen.

bepalen zijn. Deze methode is echter tijdrovend en destructief, met name wanneer op veldlocaties gedurende langere tijd het transport van water en opgeloste stoffen bestudeerd moet worden.

2. Meer gebruikelijk is het om op een proefveld geregeld grondmonsters van de diverse bodemlagen te nemen met een

Samenvatting

Bij het onderzoek naar het transport van water en opgeloste stoffen in de bodem worden in het veld veelvuldig monsters genomen. Deze monsters dienen om het vochtgehalte van de grond en de concentraties van opgeloste stoffen te bepalen. Dergelijke monsters moeten zo min mogelijk verstoord zijn. Een grondkolomcilinder die pneumatisch in de grond wordt gedreven is in dit verband getest op zijn bruikbaarheid. De test is in het veld uitgevoerd op een zand-, een zware zavel- en een kleiige veengrond. Daarbij zijn zowel met de grondkolomcilinder als met de hand monsters genomen met ringen van 205 kubieke centimeter. Bemonstering met de hand heeft plaatsgevonden in zijwanden van profielkuilen. De aan de monsters gemeten dichtheid en volumetrische vochtgehalten zijn statistisch met elkaar vergeleken om eventuele significante verschillen tussen beide bemonsteringsmethodieken te achterhalen. Grondbemonstering door pneumatisch indrijven van de grondkolomcilinder blijkt een uitstekend alternatief te zijn voor de tijdrovende en sterk verstovende grondbemonstering met de hand in profielkuilen. Aan de hand van resultaten van een veldexperiment wordt ten slotte aangetoond dat het gebruik van de grondkolomcilinder speciaal aan te bevelen is in studies waarbij het transport van water en opgeloste stoffen via preferente banen verloopt.



C. J. RITSEMA
Staring Centrum
Wageningen



O. H. BOERSMA
Staring Centrum
Wageningen



L. W. DEKKER
Staring Centrum
Wageningen

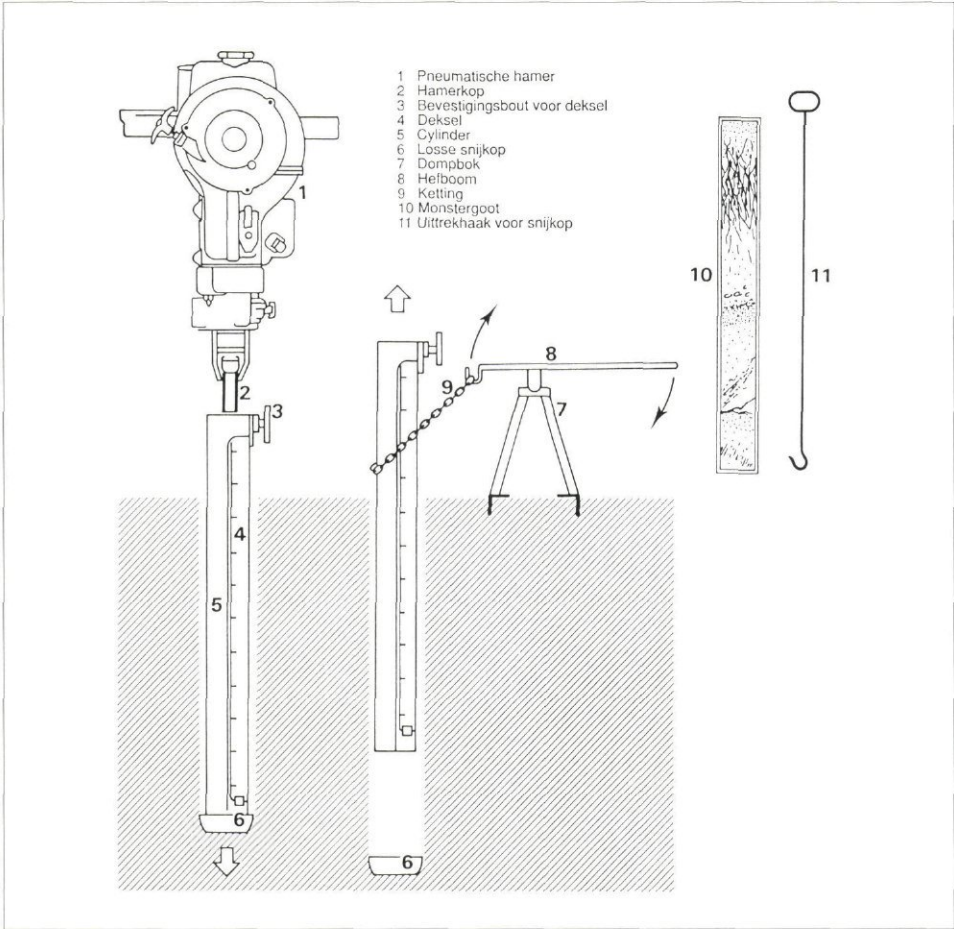


W. HAMMINGA
Staring Centrum
Wageningen

1. Soms wordt een kuil gegraven waarbij elke gewenste diepte achtereenvolgens bemonsterd kan worden met ringen zodat hieruit het volumetrisch vochtgehalte, concentraties van opgeloste stoffen en de dichtheid van de grond eenvoudig te

handboor. Om de verkregen resultaten om te zetten in volumetrische waarden wordt eenmaal op het onderzoeksveld een kuil gegraven om met behulp van ringen monsters te nemen voor bepaling van de dichtheid van de diverse bodemlagen

Afb. 1 - Schematische weergave van de grondkolomcilinder.



[Van Ommen and Thunnissen, 1987]. Wanneer deze waarden echter gebruikt worden voor de berekening van volumetrische vochtgehalten en concentraties van opgeloste stoffen van met de handboor genomen monsters, kunnen fouten ontstaan omdat de dichtheid op korte afstand nogal kan variëren [C. J. Ritsema *et al.*, publikatie i.v., Staring Centrum, Wageningen].

3. Met een neutronen-sonde wordt het volumetrisch vochtgehalte bepaald, en met behulp van vochtextractiecups worden concentraties van opgeloste stoffen gemeten [Bowman and Rice, 1986; Jury *et al.*, 1982; Van de Pol *et al.*, 1977]. De neutronen-sonde meet het gemiddelde bodemvochtgehalte van een

bolvormig lichaam met een diameter van ongeveer zestien centimeter in natte grond en van circa zeventig centimeter in droge grond. Bij gebruik van de neutronensonde in combinatie met vochtextractiecups is omrekening van bromide-concentraties naar totale hoeveelheden bromide per volume-eenheid grond in het algemeen niet goed mogelijk. Met name wanneer preferent vochttransport optreedt, waardoor grote verschillen in vochtgehalte in de grond op zeer korte afstand kunnen optreden [Hendrickx *et al.*, 1988a, 1988b; Starr *et al.*, 1988].

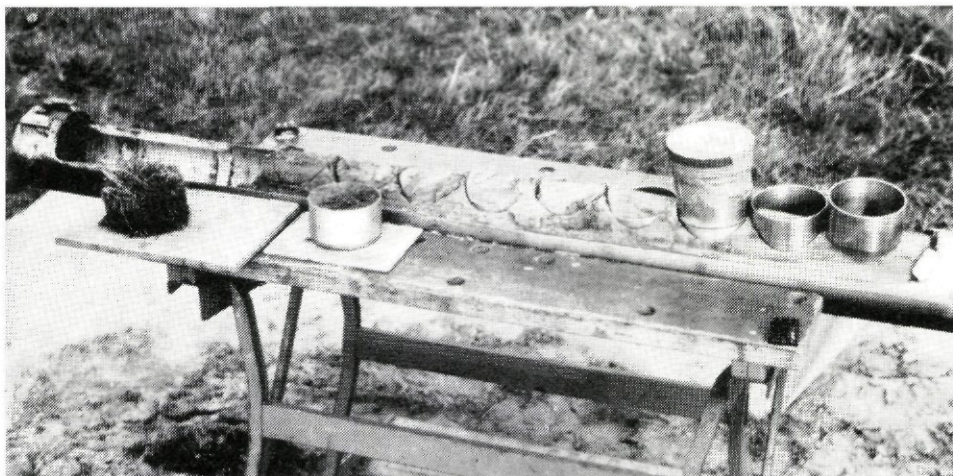
4. Een vierde methode om monsters te nemen is met de grondkolomcilinder [Domhof en Van Soesbergen, 1982; Ruark, 1985; Blake and Hartge, 1986].

Hierbij wordt de cilinder in het algemeen in de grond gedrukt of geheid, en met behulp van handkracht of mechanische hulpmiddelen naar de oppervlakte gehaald. De cilinder kan langs zij geopend worden, onder andere ter controle en/of subbemonstering van de gestoken grondkolom [Ruark, 1985].

De methode waarbij de cilinder in de grond wordt gedrukt of geheid heeft nogal wat nadelen. Bij drukken is het in het algemeen niet mogelijk het profiel diep te bemonsteren, terwijl heien tijdrovend en inspannend is.

De vier gangbare bemonsteringsmethoden zijn dus niet probleemloos te hanteren. Wij hebben daarom onderzocht of de door Domhof en Van Soesbergen [1982] ontwikkelde grondkolomcilinder wel goede bemonsteringsresultaten oplevert

Afb. 2 - De grondkolomcilinder wordt met de pneumatische hamer in de grond gedreven.



Afb. 3 - Bemonstering van de grondkolom met stalen ringen van 205 kubieke centimeter voor het meten van de dichtheid, het vochtgehalte en concentraties van opgeloste stoffen in de grond.

wanneer voor het indrijven een pneumatische hamer wordt gebruikt. Hiertoe zijn zowel met de grondkolomcilinder als met de hand een serie grondmonsters genomen. Deze monsters zijn geanalyseerd op dichtheid en volumetrisch vochtgehalte en vervolgens statistisch getoetst om eventuele significante verschillen tussen beide bemonsteringsmethodieken te achterhalen. Dit artikel gaat uitgebreid in op dit onderzoek. Vervolgens is een praktische toepassing van het gebruik van de grondkolomcilinder geïllustreerd aan de hand van een veldexperiment waarin het transport van water en opgeloste stoffen bestudeerd is.

Uitvoering

De verbeterde grondkolomcilinder (afb. 1) is ontwikkeld door het Staring Centrum en in productie genomen door de firma Eijkelkamp. De cilinder (5) heeft een lengte van 1,2 of 2,2 meter (afhankelijk van de gewenste bemonsteringsdiepte), en een binnendiameter van 0,1 meter. De buitendiameter van de snijkop (6) is 0,006 meter groter dan de buitendiameter van de cilinder en de binnendiameter van de snijkop is 0,005 meter kleiner dan de binnendiameter van de cilinder. Dit vergemakkelijkt een soepel binnendringen in de grond.

Gebruik

Bij gebruik van de grondkolomcilinder wordt de hardstalen snijkop met de cilinder in verticale positie op het bodemoppervlak geplaatst. Met behulp van de benzine-aangedreven pneumatische hamer (1) wordt de cilinder met constante snelheid de grond ingedreven, waarbij er op gelet dient te worden dat de cilinder zijn verticale positie behoudt (afb. 2). De cilinder wordt vervolgens met behulp

van een ketting (9) en een hefboom (8) uit de grond getrokken, terwijl de losse snijkop met behulp van een ijzeren haak (11) naar boven wordt gehaald. Nadat de grondkolomcilinder aan de oppervlakte is gebracht, wordt deze horizontaal gelegd, bijvoorbeeld op een workmate. De afneembare zijde (4) kan nu gedemonteerd worden door deze los te schroeven (3). Op die manier wordt de gehele grondkolom zichtbaar. De grondkolom ligt in het algemeen enigszins los in de cilinder als gevolg van de iets ruimere binnendiameter van de cilinder ten opzichte van die van de snijkop. Hierdoor is het mogelijk om de grondkolom vanuit de cilinder in een PVC-goot (10) over te brengen voor transport naar het laboratorium. Dit kan bijvoorbeeld nodig zijn bij het verrichten van gedetailleerd structuuronderzoek of voor het maken van slijpplaten. Ook is het mogelijk de grondkolom direct in de cilinder te bemonsteren met behulp van stalen ringen met een inhoud van 205 kubieke centimeter. Er wordt min of meer een continu beeld naar de diepte verkregen door de monsters aaneensluitend te nemen (afb. 3).

Proefopzet

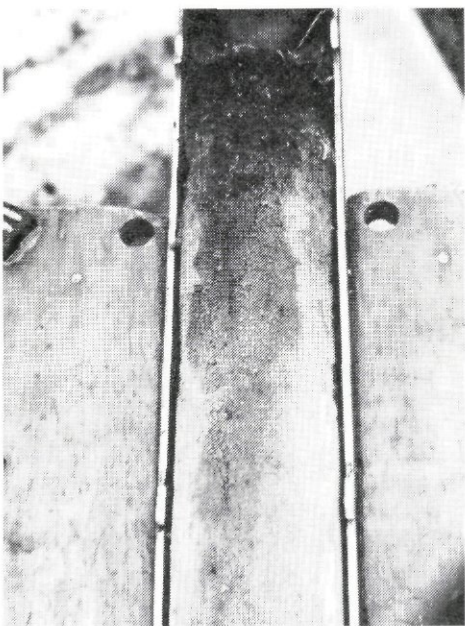
Het volumetrisch vochtgehalte en de dichtheid van de monsters verzameld met de grondkolomcilinder zijn vergeleken met die van de monsters die met de hand zijn genomen. Hiertoe is er bemonsterd op drie verschillende bodemtypen: een zand-, een zware zavel- en een kleiige veengrond. Eerst zijn er monsters genomen met behulp van de verbeterde grondkolomcilinder. Van ieder bodemtype zijn vijf grondkolommen genomen op een afstand van dertig centimeter van elkaar. Elke kolom is daarna aaneensluitend bemonsterd met ringen van 205 kubieke

centimeter inhoud. Vervolgens werd er een kuil gegraven om op een afstand van ongeveer tien centimeter van elke grondkolom met de hand op dezelfde dieptes identieke ringmonsters te nemen. Tijdens de bemonstering bevond de grondwaterstand zich op alle proeflocaties op meer dan 120 centimeter beneden maaiveld. De monsters werden vanuit de ringen direct in plastic zakken gedaan en afgesloten naar het laboratorium gebracht. Na weging werden de monsters tenminste drie dagen in een oven gedroogd bij een temperatuur van 60 °C en nogmaals gewogen. Alle monsters werden geanalyseerd op volumetrisch vochtgehalte en dichtheid van de grond en vervolgens statistisch getoetst om te kijken of er significante verschillen tussen de twee bemonsteringsmethoden bestaan.

Resultaten en discussie

Uit tabel I blijkt dat de gemiddelde dichtheid en het volumetrische vochtgehalte van de met de grondkolomcilinder

verzamelde monsters goed overeenkomen met die van de monsters die met de hand verzameld zijn. In afb. 4 zijn verschillen in dichtheid en volumetrisch vochtgehalte tussen de twee bemonsteringstechnieken weergegeven. Om te testen of er significante verschillen zijn is er met de verzamelde dataparen een Wilcoxon-test [Siegel, 1956] uitgevoerd met een vastgesteld betrouwbaarheidsinterval van 95%. Uit deze test is naar voren gekomen dat er geen significante verschillen optreden bij de bepalingen van de volumetrische vochtgehalten. Verder blijkt dat er een verschil is tussen de twee bemonsteringsmethoden wat betreft de gemeten dichtheid van het profiel. Uit de tabel blijkt dat de gemiddelde dichtheid van de grond in alle gevallen waarbij de grondkolomcilinder is toegepast lager uitvalt dan in het geval van bemonstering met de hand. Dit komt omdat de binnendiameter van de cilinder iets groter is dan de binnendiameter van de snijkop. De in de cilinder binnentredende grond kan dus

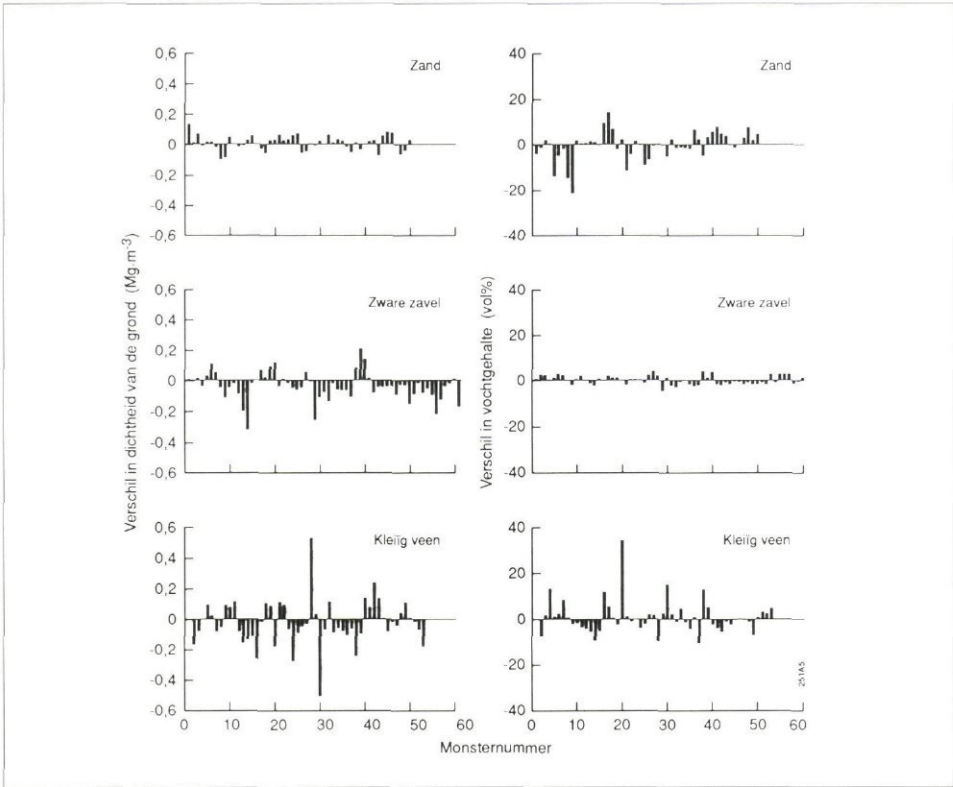


Afb. 5 - Grondkolom met preferente stroombaan (donker getinte grond is nat, licht getinte grond is droog).

TABEL I – Vergelijking van twee bemonsteringsmethoden bij het bepalen van de gemiddelde dichtheid en het gemiddelde vochtgehalte (vol. %) voor drie verschillende profielen.

Profiel	Gemiddelde dichtheid (Mg. m ⁻³)		Gemiddeld vochtgehalte (vol. %)	
	Grondkolom	Hand	Grondkolom	Hand
Zand	1,563	1,599	20,06	20,39
Zware zavel	1,380	1,416	33,30	33,09
Kleilig veen	0,913	0,936	54,50	53,97

Afb. 4 - Verschillen in dichtheid (links) en vochtgehalte (rechts) van de grond tussen monsters genomen met de grondkolomcilinder en monsters die met de hand genomen zijn.

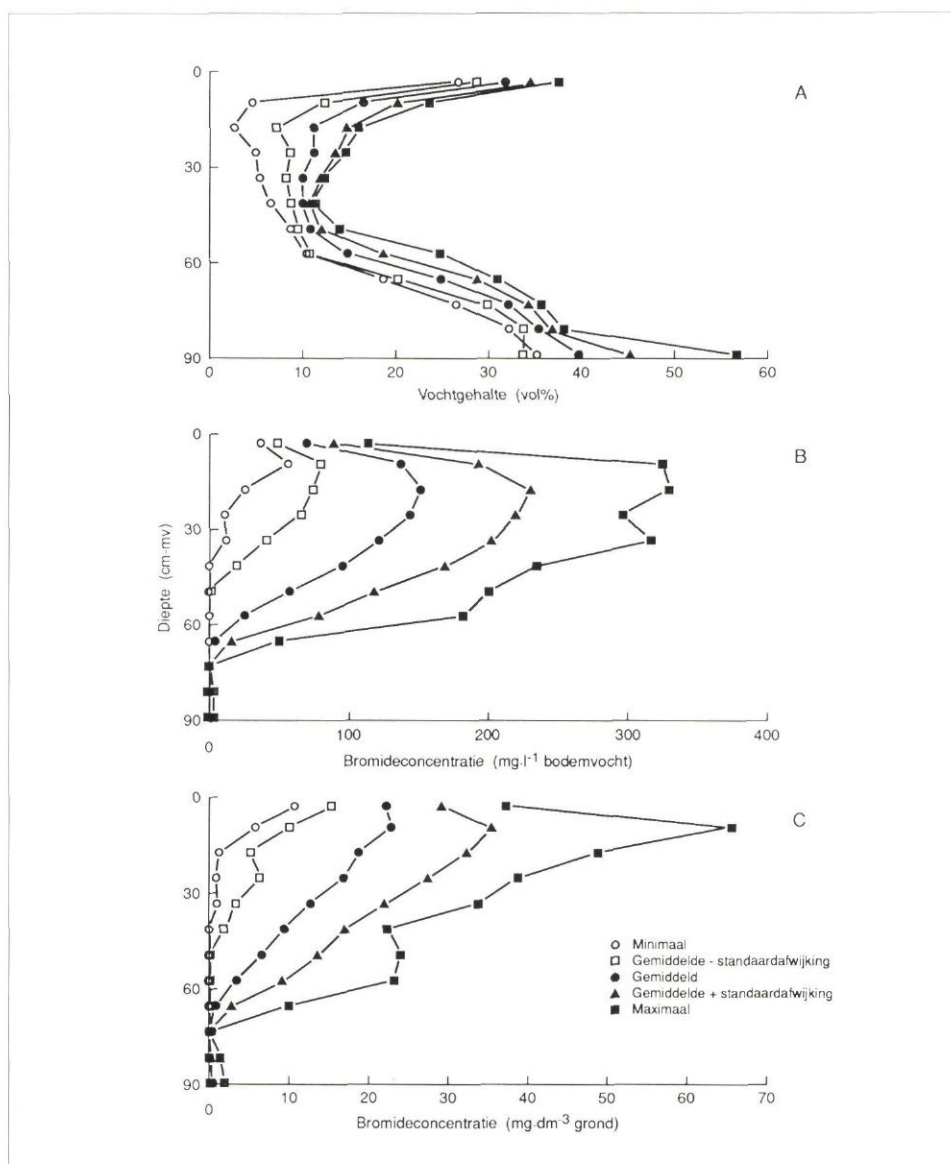


enigszins expanderen. Deze expansie heeft een gemiddeld geringere dichtheid van de grond tot gevolg. Bij gebruik van de grondkolomcilinder is soms waargenomen dat het bodemoppervlak in de cilinder enkele centimeters gezakt was ten opzichte van de oorspronkelijke maaiveldhoogte. Dit bleek met name veroorzaakt te zijn door het licht uitzakken van de vochtige ondergrond in radiale richting in de cilinder, wat een daling van het gehele bodemprofiel in de cilinder tot gevolg heeft. Oorspronkelijk is de grondkolomcilinder ontwikkeld voor snelle inspectie van het bodemprofiel [Domhof en Van Soesbergen, 1982]. Uit ons onderzoek bleek echter dat het apparaat ook een uitstekend hulpmiddel is voor het uitvoeren van onderzoek naar het stromingsgedrag van water en opgeloste stoffen in bijvoorbeeld gronden waar preferent vochttransport optreedt. In afb. 5 is de open grondkolomcilinder afgebeeld met daarin een bemonsterde waterafstotende zandgrond waarin zich een preferente stroombaan bevindt. De diameter van deze stroombaan bedraagt bovenin het profiel circa acht centimeter, onderin afnemend tot geringe afmetingen. Preferente stroombanen kunnen afmetingen hebben van enkele millimeters tot enkele decimeters [Hendrickx *et al.*, 1988a, 1988b; Van Ommen *et al.*, 1988, 1989]. Bij aanwezigheid van dergelijke discontinue vochtpatronen is men bij bemonstering gediend van gebruik van kleine monsters, zodat lokaal natte en droge plaatsen goed bemonsterd kunnen worden. Gebruik van

de grondkolomcilinder heeft in dit opzicht grote voordelen ten opzichte van het gebruik van bijvoorbeeld de neutronen-sonde, omdat met dit laatste apparaat het gemiddelde vochtgehalte van relatief grote bodemvolumes wordt bepaald. Ook heeft gebruik van de grondkolomcilinder in dit geval voordelen ten opzichte van de handbemonstering, omdat monsternamen met behulp van de grondkolomcilinder minder verstorend is en eveneens goede informatie verschaft over vochtgehalten en concentraties van opgeloste stoffen in langlopende veldstudies.

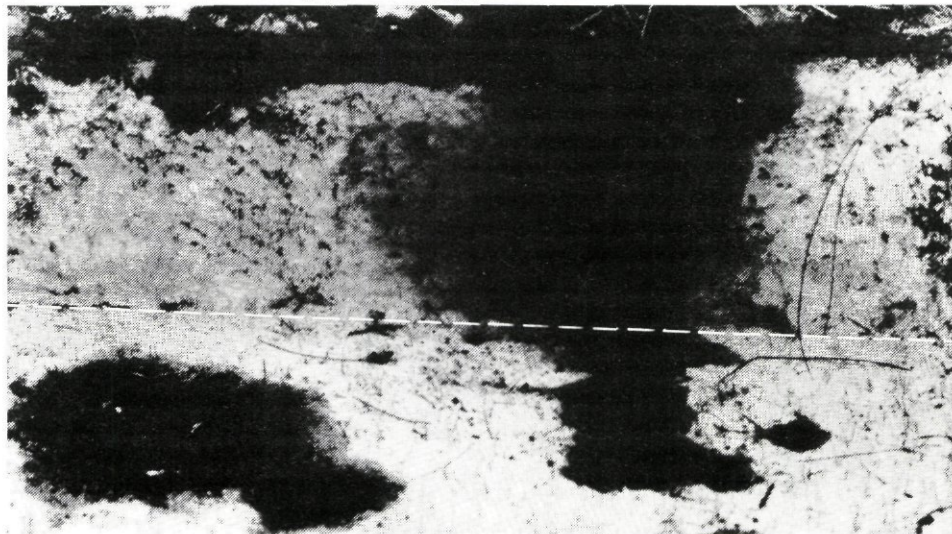
Een praktische toepassing

De grondkolomcilinder is in een langlopend veldexperiment toegepast [C. J. Ritsema *et al.*, publikatie i.v., Staring Centrum, Wageningen]. In dit veldexperiment heeft onderzoek plaatsgevonden naar het transport van water en bromide (tracer) in een duinzandgrond onder gras. Gedurende het experiment is de veldplot (vier bij dertig meter) verscheidene malen bemonsterd met de grondkolomcilinder. Hiertoe werden per keer twintig plekken random uitgekozen. In afb. 6 zijn de meetresultaten van zo'n bemonstering weergegeven. Uit de afbeelding blijkt dat het vochtgehalte behoorlijke variatie vertoont evenals de bromideconcentraties in het bodemvocht (afb. 6a en 6b). Uit nadere analyses blijkt dat ook de totale hoeveelheid bromide in de verschillende profielen niet gelijk is (afb. 6c). Bij het sproeien van de tracer is gemiddeld 85 (plus of min 7) milligram bromide aan elke vierkante decimeter bodemoppervlak toegevoegd. Elf dagen na de bromidetoediening bleek dat in vijf grondkolommen een dergelijke hoeveelheid ook werkelijk werd aangetroffen, terwijl er in zes significant meer (tot 147 milligram per vierkante decimeter) en in negen grondkolommen significant minder (tot 34 milligram per vierkante decimeter) bromide werd teruggevonden. Profielen met een relatief droge laag in de bovenste twintig centimeter van het profiel blijken geringere totale hoeveelheden bromide te bevatten, wat erop wijst dat er op deze locaties een laterale afvoer van de bromide-oplossing heeft plaatsgevonden naar relatief natte locaties. Dit transport vindt met name plaats door de toplaag van het profiel. Door de laterale aanvoer van bromide op de nattere locaties zal het op deze plaats optredende preferente (verticale) transport van bromide naar de ondergrond extra versterkt worden (afb. 7). In afb. 7 zijn de preferente stroombanen in zowel het horizontale als verticale vlak zichtbaar gemaakt door het bepoedderen



Afb. 6 - Resultaten van analyses aan monsters die genomen zijn met de grondkolomcilinder in een studie naar het gedrag van water en opgeloste stoffen in een duinzandgrond. De weergegeven resultaten zijn gemiddelden (en hun standaardafwijkingen), en minimale en maximale waarden van twintig grondkolommen. De monsters zijn elf dagen na toediening van een bromidetracer random in de veldplot genomen.

Afb. 7 - Preferente banen zichtbaar gemaakt met behulp van kaoliniet.



van de oppervlakte met hygroscopisch kaoliniet waaraan de kleurstof rodamine-B is toegevoegd. Duidelijk is te zien dat de natte toplaag plaatselijk overgaat in verticale preferente banen. Door gebruik te maken van de grondkolomcilinder is de wijze waarop het transport van water en opgeloste stoffen gedurende de eerste elf dagen na de tracertoeiening heeft plaatsgevonden, goed te reconstrueren. Dit is een groot voordeel ten opzichte van het gebruik van andere bemonsteringstechnieken, waarbij in het algemeen geen goede aanesluitende volumetrische bodemonsters te verkrijgen zijn zonder grote verstoringen in het veld aan te richten.

Conclusies

De grondkolomcilinder is in combinatie met het gebruik van de pneumatische hamer een uitstekend apparaat om doeltreffend, eenvoudig en betrouwbaar volumetrische grondmonsters te verzamelen tot een diepte van 1,2 of 2,2 meter ter bepaling van vochtgehalten en/of concentraties van opgeloste stoffen. Met name in gronden waarin het gedrag van water en opgeloste stoffen sterk bepaald wordt door de aanwezigheid van preferente stroombanen, is gebruik van de grondkolomcilinder aanbevelenswaardig.

Literatuur

- Blake, G. R. and Hartge, K. H. (1986). *Bulk density*. In: A. Klute (Ed.), *Methods of soil analysis. Part I, Physical and mineralogical methods*. Sec. ed., Agronomy 9: 363-376.
- Bowman, R. S. and Rice, R. C. (1986). *Transport of conservative tracers in the field under intermittent flood irrigation*. Water Resources Research 22: 1531-1536.
- Domhof, J. en Soesbergen, G. A. van (1982). *De grondkolomcilinder*. Cultuurtechnisch Tijdschrift 22: 187-190.
- Hendrickx, J. M. H., Dekker, L. W., Bannink, M. H. and Ommen, H. C. van (1988a). *Significance of soil survey for agrohydrological studies*. Agricultural Water Management 14: 195-208.
- Hendrickx, J. M. H., Dekker, L. W., Zuilen, E. J. van and Boersma, O. H. (1988b). *Water and solute transport through a water repellent sand soil with grasscover*. In: Wieringa, P. J. and Bachelet, D. (Eds.), *Validation of flow and transport models for the unsaturated zone*. Conference Proceedings, May 23-26, 1988, Ruidoso, New Mexico. Research Report 88-SS-04, Dept. of Agronomy and Horticulture, New Mexico State University, Las Cruces, N.M., 131-146.
- Hendrickx, J. M. H., Ritsema, C. J., Boersma, O. H., Dekker, L. W., Hamminga, W. and Kolk, J. W. H. van der (1991). *Volumetric sampling with an improved soil core sampler*. Submitted to Soil Science Society of America Journal.
- Jamison, V. C., Weaver, H. A. and Reed, I. F. (1959). *A hammer-driven soil core sampler*. Soil Science 69: 487-496.
- Jury, W. A., Stolzy, L. H. and Shouse, P. (1982). *A field test of the transfer function model for predicting solute transport*. Water Resources Research 18: 369-375.
- Lutz, J. F. (1947). *Apparatus for collecting undisturbed soil samples*. Soil Science 64: 339-401.
- Ommen, H. C. van and Thunnissen, H. A. M.

- (1987). *Transport from a diffuse source of contamination - a field experiment*. In: *Vulnerability of soil and groundwater to pollutants*. Proceedings and Information TNO Committee on Hydrological Research 38: 1057-1068.
- Ommen, H. C. van, Dekker, L. W., Dijkema, R., Hulshof, J. and Molen, W. H. van der (1988). *A new technique for evaluating the presence of preferential flow paths in non-structured soils*. Soil Science Society of America Journal 52: 1192-1193.
- Ommen, H. C. van, Dijkema, R., Hendrickx, J. M. H., Dekker, L. W., Hulshof, J. and Heuvel, M. van den (1989). *Experimental assessment of preferential flow paths in a field soil*. Journal of Hydrology 105: 253-262.
- Pol, R. M. van de, Wieringa, P. J. and Nielsen, D. R. (1977). *Solute movement in a field soil*. Soil Science Society of America Journal 41: 10-13.
- Ruark, G. A. (1985). *A refined soil coring system*. Soil Science Society of America Journal 49: 278-281.
- Siegel, S. (1956). *Non-parametric statistics for the behavioral sciences*. International Student Edition, 79-83.
- Starr, J. L., Parlange, J. Y. and Frink, C. R. (1988). *Water and chloride movement through a layered field soil*. Soil Science Society of America Journal 50: 1084-1090.
- Veihmeyer, F. J. (1929). *An improved soil sampling tube*. Soil Science 27: 147-157.



Congres 'Waterbodemsanering'

Het Nederlands Studie Centrum organiseert in samenwerking met Heijdemij Adviesbureau een congres 'Waterbodemsanering'. Het congres vindt plaats op 25 april 1991 in het Nederlands Congrescentrum, Churchillplein 10 in Den Haag. Waterbeheerders hebben te maken met de problematiek van verontreinigde waterbodems. Door de aanwezigheid van verontreinigingen in de waterbodem worden waterkwaliteitsdoelstellingen niet gerealiseerd en moeten onderhoudswerkzaamheden vaak worden uitgesteld omdat de bagger niet afgezet kan worden. De afgelopen jaren is er intensief onderzoek verricht naar technisch en financieel haalbare oplossingen. Op het congres wordt de stand van zaken over de praktijk van en het onderzoek naar waterbodemsanering weergegeven. Nadere inlichtingen: Nederlands Studie Centrum, Postbus 330, 3130 AH Vlaardingen, tel. 010 - 434 99 66/434 90 28.

Bijeenkomst stikstof-eutrofiëring

De Nederlandse Vereniging voor Aquatische Ecologie en de Vereniging voor Milieuwetenschappen houden een wetenschappelijke bijeenkomst over het thema stikstofeutrofiëring. De bijeenkomst 'Biologische en chemische aspecten van de stikstofcyclus in mariene en zoetwater systemen' vindt plaats op 3 mei 1991 bij de KNAW, Kloveniersburgwal 29 in Amsterdam.

Het programma bevat lezingen over: 'Stikstofovermaat schaadst?', door dr. W. Zevenboom (ministerie V & W); 'Bijdrage van de landbouw aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater', door ir. E. J. Jansen (Staring Centrum-DLO); 'De stikstofcyclus in Waddenzee sedimenten', door dr. W. Helder (NIOZ); 'Is denitrificatie in de bodem van meren belangrijk voor de stikstofcyclus?', door dr. J. P. R. A. Sweerts (WL); 'Limiterende factoren voor fytoplankton in de Noordzee', door drs. J. C. H. Peeters (RWS, DGW); 'De bijdrage van stikstoffixatie aan de stikstofkringloop', door drs. T. Burger-Wiersma (UvA); 'Hogere waterplanten, source of sink voor stikstof?', door dr. P. H. Best (Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek-DLO); 'Stikstoflimitatie bij macrofyten en fytoplankton in Zwemlust', door dr. J. T. Meulemans (Aquasense BV); 'Stikstofovermaat schaadst!', door drs. P. C. M. Boers (RWS, RIZA). Nadere informatie: Nederlandse Vereniging voor Aquatische Ecologie, drs. V. N. de Jonge, DGW, Postbus 207, 9750 AE Haren.

Gelderse Staten akkoord met heffing op grondwateronttrekkingen

Op 27 maart 1991 hebben Provinciale Staten de Grondwaterheffingsverordening vastgesteld. Dit betekent dat iedereen die per jaar 100.000 m³ en meer grondwater oppompt vanaf 1 april 1991 een heffing van 0,6 cent per m³ grondwater gaat betalen.

De nu vastgestelde hoogte van de heffing geldt in ieder geval tot 1993. In dat jaar zal het provinciale Grondwaterkwantiteitsbeheersplan worden vastgesteld. Hierin wordt het beleid voor de verdrogingsproblematiek uiteengezet; de financiële gevolgen die hieraan verbonden zijn kunnen effect hebben op de hoogte van het tarief.

(Persbericht prov. Gelderland)