

Document peilbuizengebruik
CO-379600/98
oktober 1999

Document peilbuizengebruik

CO-379600/98

oktober 1999

Opgesteld in opdracht van:

GeoDelft

Postbus 69

2600 AB DELFT

oktober 1999

AFDELING Milieu

Projectleider : Ir. X.I. Kolkman

Projectbegeleider: Drs.ing. E. Schurink

GeoDelft

Stieltjesweg 2, 2628 CK DELFT

Postbus 69, 2600 AB DELFT

Telefoon (015) 269 35 00

Telefax (015) 261 08 21

Postbank 234342

Bank MeesPierson NV

Rek.nr. 25.92.35.911

rapportnr: CO-379600/98	datum rapport: oktober 1999				
titel en subtitel: Document peilbuisgebruik	behandelende afdeling: Milieu				
	projectnaam:				
projectleider(s): Ir. X.I. Kolkman	projectbegeleider(s): Drs.ing. E. Schurink				
naam en adres opdrachtgever: GeoDelft Stieltjesweg 2 2600 AB Delft	referentie opdrachtgever:				
	verzenden in:				
	type rapport:				
<p>samenvatting rapport:</p> <p>Een kritiek punt in het milieutechnisch veldonderzoek naar bodemverontreiniging is de monstername van grondwater. De kwaliteit van grondwater kan beïnvloed worden door het analyseren van monsters uit onder andere peilbuizen. Het blijkt dat de gemeten concentraties van het grondwatermonster, genomen uit een peilbuis, kunnen afwijken van de gemiddelde concentratie in het watervoerende pakket zelf. De afwijkingen worden onder andere veroorzaakt door lekkages en/of permeatie van stoffen vanuit een bovenliggend watervoerend pakket naar het peilbuisfilter of door aantasting van de cement/bentoniet spoeling waarmee het sondeergat wordt afgedicht (bij toepassing van een grondwatermonstersonde of milieufilter).</p> <p>Onderzoek van de mogelijke invloed van lekkages en/of permeatie kan leiden tot een methodiek voor herkenning van voor bemonstering ongeschikte peilbuizen. Doel van dit document is het geven van een overzicht van de fouten welke kunnen worden gemaakt bij het gebruik van de 'traditionele' peilbuizen.</p> <p>Het rapport is opgesteld op basis van bij GeoDelft beschikbare literatuur, en publicaties. Het rapport is voorgelegd aan een tiental deskundigen uit de praktijk. Hun opmerkingen zijn in de tekst verwerkt. Tevens zijn de resultaten van een op 1998-07-01 gehouden 'workshop' in de tekst verwerkt.</p>					
opmerkingen:					
trefwoorden: peilbuizen, grondwaterbemonstering	verspreiding: deelnemers workshop				
opgeslagen op: onder titel: n:\nsecr.afd\379600\rapport\379600-74				aantal blz.: 48	
versie:	datum:	opgesteld door:	paraaf:	Gecontroleerd door:	paraaf:
1	mei 1998	Ir. X.I. Kolkman		Drs.ing. E. Schurink	
2	juli 1998	Ir. X.I. Kolkman		Drs.ing. E. Schurink	
3	oktober	Ir. X.I. Kolkman		Drs.ing. E. Schurink	

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	1
2	Probleem- en doelstelling	3
	2.1 Probleemstelling	3
	2.2 Doelstelling	3
3	Foutenbronnen bij gebruik peilbuis	5
	3.1 Foutenbronnen	5
	3.2 Doeleinden grondwaterbemonstering	5
	3.3 Type foutenbronnen; een leeswijzer	6
4	Wijze van plaatsen en technische afwerking van de peilbuizen	9
	4.1 Verstoring bodemmilieu en kruisverontreinigingen	9
	4.2 Boortechnieken	9
	4.3 Wijze van plaatsen	9
	4.3.1 Locatie van de peilbuis	10
	4.3.2 Vertoeringsdiepte	10
	4.3.3 Verbuizingsdiameter	10
	4.3.4 Verloren casing	11
	4.3.5 Cement-bentonietmengsel	11
	4.3.6 Peilbuismateriaal	11
5	Gebruikte materialen	13
	5.1 Permeatie, adsorptie en desorptie	13
	5.1.1 Permeatie van stoffen door de peilbuis/het bemonsteringsmateriaal heen	13
	5.1.2 Adsorptie aan en desorptie van de stijgbuis	14
	5.1.3 Effect van concentratieniveaus op de sorptie aan een peilbuis	16
	5.1.4 Conclusie permeatie, adsorptie, desorptie	16
	5.2 Afgifte van stoffen door apparatuur en hulpmiddelen	17
	5.3 Permeabiliteit voor zuurstof	18
	5.4 Aard verontreiniging in relatie tot materiaalkeuze	19
6	Bemonstering zelf	21
	6.1 Duur periode tussen twee bemonsteringsronden	21
	6.2 Bemonsteringsapparatuur	21
	6.3 Voorpompen	22
	6.4 Verschil in aanzuigsnelheid	23
	6.5 Bepaling verticale concentratie gradiënt	23
	6.6 Aanzuigen van water uit verschillende stratigrafische lagen	23
	6.7 Bemonstering en detectie van drijf- en zinklagen	24

6.7.1	Peilbuisonderzoek naar drijf- en zinklagen	24
6.7.2	Geofysisch onderzoek naar drijf- en zinklagen	26
7	Chemische analyse	27
7.1	Conservering en behandeling van monsters	27
7.2	Chemische analyse in een laboratorium	27
7.3	Perforatiestof	27
8	Omgevingsfactoren	29
8.1	Codering	29
8.2	Levensduur van de peilbuis	29
8.3	Schaal van monsternamen	29
9	Gevolgen van onbetrouwbaar peilbuisgebruik	31
9.1	Omvangsbepaling	31
9.1.1	Nazorg (monitoring)	31
10	Leemten in kennis, aanbevelingen	33
	Literatuur	35

BIJLAGEN

Bijlage 1: Eigenschappen van de toegepaste materialen bij bemonstering van grondwater

Bijlage 2: Risicofactoren bij peilbuisgebruik en aanbevelingen voor grondwaterbemonstering

Bijlage 3: Type foutenbronnen bij peilbuisgebruik, gevolg en oplossingsrichtingen

1 Inleiding

Bij het werken met peilbuizen worden veel knelpunten ervaren. Deze knelpunten hebben tot gevolg dat onzekerheden optreden bij de uitvoering van nazorg. Het concept van Flexibele Emissie Beheersing beoogt om door middel van een versterking van monitoring (een onderdeel van nazorg) te komen tot een goedkopere aanpak van bodemverontreiniging zonder dat dit ten koste gaat van risico's voor de volksgezondheid en het milieu.

Het geven van een overzicht van knelpunten en eventuele oplossingen daarvoor kan extra bijdragen, zodat nazorg effectiever kan worden uitgevoerd. Voorliggend rapport is een inventarisatie van de mogelijke oorzaken van niet representatieve grondwatermonsters. Het rapport is opgesteld op basis van bij GeoDelft beschikbare literatuur en publicaties en vormt onderdeel van het Nobis-onderzoek Flexibele Emissie Beheersing optreden. Het rapport is voorgelegd aan een tiental deskundigen uit de praktijk. Hun opmerkingen zijn in de tekst verwerkt. Tevens zijn de resultaten van een op 1998-07-01 gehouden 'workshop' in de tekst verwerkt.

2 Probleem- en doelstelling

2.1 Probleemstelling

De kwaliteit van grondwater kan bepaald worden door het analyseren van monsters uit onder andere peilbuizen. Er is gebleken dat de gemeten concentraties in het grondwatermonster, genomen uit een peilbuis, kunnen afwijken van de gemiddelde concentratie in het watervoerende pakket zelf (zoals bijvoorbeeld gemeten in monsters welke zijn genomen met de grondwatermonstersonde). Onderzoek van de mogelijke invloed van lekkages en/of permeatie kan leiden tot een methodiek voor herkenning van voor bemonstering ongeschikte peilbuizen [Grondmechanica Delft, mei 1997].

2.2 Doelstelling

Doel van dit document is het geven van een overzicht van de knelpunten welke kunnen optreden bij het gebruik van de 'traditionele' peilbuizen. Wat betekenen de gevolgen van (ondeskundig) peilbuisgebruik voor:

- omvangsbepaling van de verontreiniging
- verspreidingsrisico's en dus de urgentie van een geval
- de keuze van een saneringstechniek- en variant
- ontwerp van een sanering
- nazorg (monitoring).

Vaststellen:

- foutenbronnen bij gebruik peilbuis, orde van fouten (met name die parameters die van belang zijn bij FEB; Flexibele Emissie Beheersing)
- overzicht van omstandigheden waaronder de fouten zich kunnen voordoen (type apparatuur, omgevingsfactoren, verontreinigende stoffen, geologie, wijze van plaatsen, gebruik materialen, afdichtingen bemonsteringsmaterialen)
- wat is er aan te doen (hoe omgaan met peilbuisgegevens, hoe omgaan met de peilbuis, welke nieuwe technieken zijn een verbetering).

3 Foutenbronnen bij gebruik peilbuis

3.1 Foutenbronnen

De kwaliteit van grondwater kan bepaald worden door het analyseren van monsters uit onder andere peilbuizen. Het blijkt dat de gemeten concentraties van het grondwatermonster, genomen uit een peilbuis, kunnen afwijken van de gemiddelde concentratie in het watervoerende pakket zelf. Binnen GeoDelft is veel onderzoek verricht naar de problemen die bij peilbuizen optreden. Er is zowel literatuuronderzoek als experimenteel onderzoek verricht. Uit de resultaten blijkt dat verschillende foutenbronnen de oorzaak kunnen zijn van deze afwijkingen.

- lekkage bij toepassing van meerdere peilbuizen in een 'nest' (lekkage door peilbuis zelf of door onvoldoende afdichting)
- permeatie van verontreinigende stoffen door de peilbuis heen
- nalevering van verontreinigende stoffen, door bodemmateriaal dat bij het maken van het boorgat verspreid wordt over de lengte van het boorgat (crosscontaminatie)
- bemonstering zelf
- chemische analyse van de watermonsters in een laboratorium.

Om bovenstaande foutenbronnen zoveel mogelijk te voorkomen dient men bij het plaatsen van peilbuizen in een verontreinigde locatie kritisch naar een aantal factoren te kijken:

- de geohydrologische situatie en de bodemopbouw van de locatie
- de technische afwerking van de peilbuizen: koppeling, zandvang, verlijming
- de benodigde afdichting van het boorgat ter plaatse van de slecht doorlatende lagen in het bodemprofiel
- gebruikte materialen: welk materiaal is het meest geschikt voor de benodigde gegevens gelet op de aantasting van het materiaal of de mogelijkheid van afgifte van stoffen door het materiaal zelf
- de aard en het concentratieniveau van de verontreinigingen
- de wijze van plaatsen (boren/wegdrukken).

3.2 Doeleinden grondwaterbemonstering

Het doel van de bemonstering bepaalt welke bemonsteringsmethode toegepast wordt. Voor verschillende bemonsteringsdoeleinden zijn verschillende bemonsteringsmethoden voorhanden. Indien voor elke situatie kritisch naar de in voorgaande paragraaf genoemde aspecten gekeken wordt, kunnen specifiek voor die situatie geschikte methoden en technieken gebruikt worden waarbij de kans op fouten vermindert.

Indien bijvoorbeeld bemonstering ten behoeve van kartering plaatsvindt zijn andere factoren van belang dan wanneer bemonstering in het kader van monitoring plaatsvindt. Bij kartering is het bemonsteringsdoel veelal het afperken van de verontreinigingsbron (korte bemonsteringstermijn, hoge concentraties), bij monitoring hebben we veelal te maken met het tegenovergestelde (langere bemonsteringstermijn en lage(re) concentraties).

Naast onderscheid tussen verschillende bemonsteringsdoeleinden, blijkt ook dat er onderscheid gemaakt moet worden tussen bemonstering van het diepe en ondiepe grondwater. Bij ondiepe peilbuizen treden foutenbronnen veel minder op dan bij diepe peilbuizen. Daarnaast hebben niet of verkeerd functionerende diepe peilbuizen veel groter (financiële) gevolgen dan ondiepe peilbuizen. Bij het lezen van voorliggende rapportage moet deze nuancering in gedachten gehouden worden.

3.3 Type foutenbronnen; een leeswijzer

Omwille van de leesbaarheid van dit rapport is getracht genoemde foutenbronnen in een viertal categorieën onder te brengen. De elkaar in het onderzoeksproces opvolgende categorieën zijn: 'wijze van plaatsen en technische afwerking', 'aard van de gebruikte materialen', 'monstername' en 'chemische analyse'. In deze rapportage worden de foutenbronnen in genoemde volgorde behandeld. In Tabel 3.1 zijn de verschillende foutenbronnen en hun categorie-indeling weergegeven. De tabel kan als leeswijzer van dit rapport gebruikt worden.

De categorie-indeling is geen strikte indeling; sommige foutenbronnen kunnen in verschillende categorieën ondergebracht worden. Zo noemt Stuyfzand, (1983) [Grondmechanica Delft, juli 1996] kortsluitstroming (lekkage) als één van de foutbronnen bij peilbuisgebruik. Hij identificeert een aantal situaties waarbij kortsluitstroming kan optreden: lekkage via het boorgat, lekkage via het peilfilter, preferente onttrekking aan permeabele lagen en lekkage van de stijgbuis.

De foutenbron 'kortsluitstroming' speelt derhalve in meerdere categorieën een rol:

lekkage via het boorgat → wijze van plaatsen

- lekkage via het peilfilter → toegepast materiaal
- preferente onttrekking aan permeabele lagen → monstername, wijze van plaatsen
- lekkage van de stijgbuis → wijze van plaatsen/toegepaste materialen.

De wijze van plaatsen en de technische afwerking van de peilbuizen zijn aspecten die samenhangen met de geohydrologische situatie en de bodemopbouw van de locatie. In hoofdstuk 4 wordt hieraan aandacht besteed.

Uit de inventarisatie van de literatuur [Grondmechanica Delft, juli 1996] blijkt dat de problematiek van permeatie van verontreinigingen door slangen en peilbuis materiaal bij grondwaterbemonstering vooral is terug te voeren op een aantal factoren:

- de aard van het toegepaste materiaal, waarvan de leidingen, peilbuizen, monsterslangen, grondwatermonstersonde en het milieufilter gemaakt zijn
- de aard en het concentratieniveau van de verontreiniging in het grondwater.

Beide aspecten zijn van belang bij de keuze van het toegepaste materiaal. In hoofdstuk 5 worden ze behandeld.

De monstername zelf komt in hoofdstuk 6 aan de orde. In hoofdstuk 7 wordt aandacht besteedt aan foutenbronnen bij de chemische analyse.

Type foutenbronnen	Primaire foutenbronnen bij peilbuisgebruik	hoofdstuk
Wijze van plaatsen en technische afwerking	<ul style="list-style-type: none"> - effect verstoren bodemmilieu bij plaatsing; - verstoring hydrochemisch en fysisch/chemisch evenwicht door plaatsen van de peilbuis - kortsluitstroming (lekkage): - lekkage via boorgat - lekkage via peilfilter - optreden kruisverontreiniging bij plaatsen peilbuis - slechte afdichting boorgaten - invloed filterlengte - slecht lopende peilbuizen - probleem van niet-uniforme grondwaterstroming - variatie in concentratie binnen de peilbuis ten gevolge van het uitzakken van de verontreiniging in de peilbuis 	H 4
Toegepaste materiaal	<ul style="list-style-type: none"> - permeatie van verontreinigende stoffen door de stijgbuis heen - intrede 'vreemd water' door ontstaan van lekkage door aantasting van peilbuis door VOCL's - adsorptie aan de stijgbuis (een deel van de verontreinigende stoffen wordt geïmmobiliseerd) - desorptie vanaf de stijgbuis (komen snel te veel geadsorbeerde stoffen vrij afgifte van stoffen door apparatuur 	H 5
Monstername	<ul style="list-style-type: none"> - duur van de periode tussen twee bemonsteringsronden - Monstername apparatuur - onreinheid in monstername materiaal - voorpompen - verschil in aanzuigsnelheid - vervluchtiging/verdampingsproblemen bij monstername - ontgassing - variatie in contaminatie tijdens bemonsteren - bemonstering van drijfslagen 	H 6
Opslag en chemische analyse	<ul style="list-style-type: none"> - variatie in verpakkings- en conserveringsmethode - chemische en biologische omzetting 	H 7

Tabel 3.1

Foutenbronnen bij peilbuisgebruik

4 Wijze van plaatsen en technische afwerking van de peilbuizen

4.1 Verstoring bodemmilieu en kruisverontreinigingen

Een slecht afgedicht boor- of sondeergat is veelal ongewenst, bijvoorbeeld bij milieutechnisch onderzoek kan het sonderen lekwegen voor vervuiling veroorzaken. Lekkage van verontreinigende stoffen als gevolg van slecht afgedichte boorgaten kunnen verschillende gevolgen hebben voor het bodemmilieu en de bemonstering:

- *verstoring bodemmilieu*: indien de benodigde afdichting van het boorgat ter plaatse van de slecht doorlatende lagen in het bodemprofiel ontbreekt, kunnen verontreinigingen van hogere bodemlagen (gemakkelijk) doordringen tot lagere bodemlagen
- *kruisverontreiniging*: ook kan lekkage ontstaan bij toepassing van meerdere peilbuizen in een 'nest' (lekkage door peilbuis zelf of door onvoldoende afdichting).

Om verstoring van het bodemmilieu en kruisverontreinigingen tegen te gaan is de manier van boren en de wijze van plaatsen van groot belang.

4.2 Boortechnieken

Voor het plaatsen van diepe peilbuizen worden voornamelijk pulsboringen uitgevoerd.

De 'Hol avegaar' methode wordt ook toegepast, zij het selectief en in beperkte mate. Voordeel van deze doorschroeftechniek is dat geen verontreiniging mee naar boven genomen wordt. Nadeel van deze verbuisde boring is de hoge prijs en de geringe te bereiken diepte.

Voor het verkennen van de bodemopbouw en het meten van fysische of chemische eigenschappen in-situ wordt eveneens veelvuldig gebruik gemaakt van wegdrukkare sondes. De elektrische sondering is hiervan het meest bekende voorbeeld. Bij zo'n sondering wordt de aanwezige grond verdrongen, zodat er een gat ontstaat ter grootte van de sondebuisdiameter. Voordeel van sonderen is de uitvoeringssnelheid en de prijs. Nadeel is dat, mits de bodemopbouw (middels een piezoconus sondering) onderzocht is, onbekend is in welke bodemlaag het filter geplaatst wordt.

Wegens mogelijk optreden van lekkage van verontreiniging bij spoelboren en zuigboren, worden deze boortechnieken vrijwel nooit gebruikt.

4.3 Wijze van plaatsen

Door verkeerd materiaalgebruik en onnauwkeurige plaatsing van peilbuizen kunnen grote foutenbronnen optreden. Van groot belang is dan ook dat met de juiste materialen gewerkt wordt en dat de boorfirma nauwkeurig te werk gaat. Aangezien er grote verschillen bestaan tussen de kwaliteit van boorfirma's en leveranciers, is een juiste afweging van de partners van belang.

Vooraf bij diepe peilbuizen kunnen de gevolgen van verkeerde plaatsing enorm zijn. Een verscherpte controle bij de plaatsing van diepe peilbuizen loont de moeite om nadelige gevolgen zo goed als mogelijk tegen te gaan. Om de kwaliteit van de plaatsing van peilbuizen te waarborgen, kan een steekproefsgewijze controle uitgevoerd worden.

Een aantal factoren waar bij de plaatsing van peilbuizen op gelet moet worden om verstoring van het bodemmilieu en kruisverontreinigingen tegen te gaan, zijn:

- locatie van de peilbuis
- verbuizingsdiameter
- vertoeringsdiepte
- toepassing verloren casing
- toepassing cement-bentoniet mengsel
- peilbuis materiaal.

4.3.1 Locatie van de peilbuis

De locatie van de te plaatsen peilbuis is van belang voor zowel het bodemmilieu, het functioneren van de peilbuis, de levensduur van de peilbuis en de interpretatie van de resultaten.

Ten aanzien van verstoring van het bodemmilieu als het optreden van kruisverontreinigingen en levensduur van de peilbuis moet het plaatsen van peilbuizen in *verontreinigingsbronnen* (drijf-/ en zinklagen) zoveel mogelijk vermeden worden.

Ten aanzien van het functioneren van de peilbuis is het van belang dat de peilbuis op de juiste diepte in een doorlatende laag geplaatst wordt. Met de *(storende) invloed van klei- en zandlagen* moet derhalve rekening gehouden worden. Slecht lopende peilbuizen als gevolg van plaatsing in een ondoorlatende laag zijn waardeloos. Slecht lopende peilbuizen als gevolg van verstopping kunnen eventueel geregenereerd worden middels 'doorspoeling'.

Ten aanzien van de interpretatie van de resultaten moet rekening gehouden worden met *niet-uniforme grondwaterstroming*. Indien de peilbuis zich nabij een waterloop bevindt, of er intermitterend grondwateronttrekkingen plaatsvinden, kan de grondwaterstroming veranderen, zodat afwijkende concentraties gemeten kunnen worden.

4.3.2 Vertoeringsdiepte

Het bodemprofiel is bepalend voor de vertoeringsdiepte. Getracht moet worden de vertoeringsdiepte bij voorkeur in een ondoorlatende laag te laten plaatsvinden en *nooit* in een drijf- en/of zinklaag van de verontreiniging.

4.3.3 Verbuisingsdiameter

Om kruisverontreiniging tegen te gaan moet voldoende zwelklei toegepast kunnen worden. Om deze wordt aanbevolen altijd een grote verbuisingsdiameter toe te passen [Hartemink, 1998].

Vooraf bij gebruik van meerdere filters in één boorgat ('peilbuisnest') is een grote verbuizingsdiameter essentieel.

4.3.4 Verloren casing

Indien gevaar bestaat voor optreden van kruisverontreiniging als gevolg van permeatie van hoger gelegen verontreinigingen door de peilbuiswand, dan moet toepassing van een verloren casing overwogen worden. Met name bij peilfilters op grote diepte is een verloren casing essentieel (zie Hoofdstuk 5).

4.3.5 Cement-bentonietmengsel

Wanneer als afdichtmiddel standaard een cement-bentonietmengsel wordt gebruikt bij het terugtrekken van de sondeerstang, kan het ontstaan van slecht afgedichte boorgaten voorkomen worden. Vooraf bij inzijsituaties en sterk verontreinigd freatisch grondwater is het van belang om de kans op lekpaden naar dieper gelegen watervoerende zandpakketten en permeatie zo minimaal mogelijk te maken door een opstijvend cement-bentonietmengsel als afdichtmateriaal toe te passen [Grondmechanica Delft, mei 1997].

Uit intern onderzoek bij GD naar de invloed van de verschillende organische oplossingen op cement-bentoniet blijkt dat tetrachloormonobenzeen de cement-bentonietstructuur sterk aantast. Na drie dagen is de invloed van tetrachloormonobenzeen al zichtbaar. Na vier dagen is er een scheur in het cement-bentoniet aanwezig. Monochloorbenzeen (als puur product) tast de cement-bentoniet nauwelijks aan. Tetrachloormonobenzeen en in veel mindere mate monochloorbenzeen zullen het cement-bentoniet aantasten wanneer er in het veld een drijfslag aanwezig is [Grondmechanica Delft, mei 1997].

4.3.6 Peilbuismateriaal

Omdat gebruik van verkeerd peilbuismateriaal ook voor grote foutenbronnen kan zorgen, moet het materiaal van gecertificeerde leveringsbedrijven afkomstig zijn. Factoren waaraf bij peilbuismateriaal op gelet moet worden zijn:

- *aanhechting* van de verschillende peilbuis-delen; de aanhechting van peilbuisonderdelen is een bottle neck waar veel aandacht aan besteed moet worden. Aanhechting kan plaatsvinden middels een schroefdraad of met behulp van zogenaamde 'lassen' die aan elkaar gesmolten worden. Omdat bij aanhechtingen middels schroefdraad geen zekerheid omtrent de vloeistofdichtheid kan worden gegeven, worden deze peilbuizen bij bemonstering op grote diepte door GeoDelft niet gebruikt.
- *duurzaamheid en gevoeligheid van het materiaal in relatie tot de verontreinigingssituatie*; sommige materialen zijn gevoelig voor permeatie, adsorptie en desorptie (zie hoofdstuk 5).

Omdat de aard van het toegepaste materiaal van groot belang voor een juiste grondwaterbemonstering is hoofdstuk 5 volledig aan dit onderwerp gewijd.

5 Gebruikte materialen

De aard van het toegepaste materiaal is van groot belang voor een juiste grondwaterbemonstering van de verontreinigingen die op de verontreinigde locatie kunnen worden aangetroffen. Tussen de verschillende materialen bestaat een groot verschil in permeabiliteit, de mate van nalevering van stoffen, duurzaamheid, etc., die de analyse kunnen beïnvloeden. Verschillende problemen kunnen ontstaan als niet het goede materiaal gebruikt wordt:

- zo kan intrede van 'vreemd water' ontstaan als gevolg van lekkage door aantasting van peilbuizen door verontreinigende stoffen (bijvoorbeeld VOCL's)
- verontreinigingen kunnen aan het peilbuis- (en bemonsterings-)materiaal adsorberen
- stoffen kunnen uit het peilbuis materiaal desorberen
- stoffen kunnen door het (peilbuis)materiaal afgegeven worden.

Permeatie, adsorptie en nalevering van stoffen van de verschillende bemonsteringsmaterialen zijn de processen die voor de bovenbeschreven problemen verantwoordelijk zijn en de bemonsteringskwaliteit beïnvloeden. In paragraaf 5.1 en 5.2 wordt op deze processen ingegaan. In de laatste paragraaf van dit hoofdstuk is vervolgens aangegeven welke peilbuis materialen het meest geschikt zijn voor de analyse van de meest voorkomende verontreinigingen.

5.1 Permeatie, adsorptie en desorptie

Wanneer een stijgbuis voor bemonstering van het diepe grondwater een sterk verontreinigde laag doorsnijdt, kan het water binnenin de buis ter plaatse van deze laag als gevolg van permeatie door de buiswand verontreinigd raken. Permeatie is een adsorptie-, diffusie- en desorptieproces. Adsorptie (= opnemen in het materiaal) en daarna afgifte van geadsorbeerde organische verbindingen (desorptie) aan schoon water binnenin de peilbuis kan leiden tot 'verontreiniging' van het grondwatermonster, waardoor een onjuiste weergave van de grondwaterkwaliteit kan worden verkregen. Een overschatting van de verontreinigingssituatie is het gevolg. In deze paragraaf worden de afzonderlijke processen behandeld. In een spreadsheet zijn de voor- en nadelen met betrekking tot toepassing van verschillende materialen aangegeven.

5.1.1 Permeatie van stoffen door de peilbuis/het bemonsteringsmateriaal heen

Peilbuis materiaal

Bij de permeatieproeven van verschillende VOCL's door verschillende kunststofbuizen blijkt dat de permeatie door de PE-buis aanzienlijk groter is dan door Teflon. Uit experimenten blijkt dat de permeabiliteit van de verschillende kunststofbuizen voor VOCL's als monochloorbenzeen, tetrachloormethaan, vinylchloride, trans 1,2-dichlooretheen, cis 1,2-dichlooretheen, trichlooretheen (tri) en tetrachlooretheen (tetra) in de volgorde van hoog naar laag is:

LDPE > HDPE > teflon > viton

Deze resultaten stemmen overeen met het algemene beeld dat uit de literatuur is verkregen [Grondmechanica Delft, juli 1996].

Viton heeft de laagste permeatiecoëfficiënten voor de verschillende onderzochte organische verbindingen. Er is sprake van onderlinge beïnvloeding met betrekking tot de permeatiesnelheid bij het mengsel van monochloorbenzeen en tetrachloormethaan. Uit het onderzoek met LDPE en HDPE blijkt dat de permeatiecoëfficiënt van de organische verbindingen in een mengsel van beide stoffen hoger wordt, dan wanneer ze afzonderlijk aanwezig zijn [Grondmechanica Delft, mei 1997].

Bemonsteringsmateriaal

Verder blijkt uit de literatuurstudie [Grondmechanica Delft, juli 1996] dat het gebruik van PVC en – siliconenslangen is af te raden. PVC heeft het nadeel dat het aangetast kan worden door koolwaterstoffen, vooral vluchtige aromaten en vluchtige gechlloreerde verbindingen zijn agressief voor PVC [Vreeken, 1992]. Siliconenslang absorbeert grote hoeveelheden vluchtige gechlloreerde koolwaterstoffen [Du Floo, 1994] [Grondmechanica Delft, mei 1997]. Organische verontreinigingen kunnen door PVC en siliconenmateriaal aanzienlijk permeëren. HDPE, teflon, en viton materiaal zijn beter omdat deze materialen minder permeabel zijn. Nadeel van viton is dat het nogal vervormbaar is en zelf een spectrum aan stoffen afgeeft. Teflon wordt door bijna geen enkele verbinding aangetast, met uitzondering van SF₆ (zwavelhexafluoride), chloortrifluoride, vloeibaar natrium en fluor [Grondmechanica Delft, mei 1997]. Teflon biedt in het algemeen de beste oplossing, maar is duur. Er is weinig gepubliceerd over het optreden van lekkages door de peilbuizen (verbindingen) zelf [Grondmechanica Delft, juli 1996].

De aanbeveling zou zijn om een teflon slang door een viton slang te omgeven. Of de viton slang te tefloniseren. Dit is in de praktijk echter te kostbaar. Daarom is het aan te bevelen om zo veel mogelijk teflonmateriaal te gebruiken in plaats van LDPE- en HDPE materiaal, één en ander afhankelijk van de soort verontreiniging. Wanneer een peilbuis voor een monitoringonderzoek een maand of langer in de grond staat en deze een bodemlaag doorsnijdt met hoge concentraties aan organische verbindingen maakt het niet meer uit of die peilbuis van LDPE- of HDPE materiaal is. Door beide materialen heeft er al permeatie plaatsgevonden. Het is te overwegen om de wanddikte van het materiaal te wijzigen.

Uit de formule van het time-lag proces van Barrer¹ blijkt dat wanneer de wanddikte twee maal zo groot wordt, de T_L (permeatietijd) vier maal zo groot wordt [Grondmechanica Delft, mei 1997].

5.1.2 Adsorptie aan en desorptie van de stijgbuis

Omdat verondersteld mag worden dat adsorptie en daarna afgifte van geadsorbeerde organische verbindingen (desorptie) aan schoon water binnenin de peilbuis of monsterslang, zal leiden tot permeatie, is het van belang dat de adsorptie zo veel mogelijk geëlimineerd wordt. Barcelona (1985) [Grondmechanica Delft, juli 1996] heeft onderzocht dat:

- in de eerste 30 minuten meer dan 50% van de adsorptie-effecten plaatsvindt
- na de eerste 10 minuten de adsorptie per minuut drastisch af neemt.

$$^1 D = \frac{d^2}{6T_L}$$

waarbij: T_L = time lag van Barrer (dagen), d = wanddikte van de buis (m), D = diffusiecoëfficiënt (m²/dag)

Verder blijkt dat de aanwezigheid van achtergrondconcentratie organische stof in het medium de adsorptie reduceert; met 5 mg/l organische stof in het medium, werd de maximale adsorptie van trichloormethaan, trichloorethaan, trichlooretheen en tetrachlooretheen door PE, PP en PFTE-slangen met 20 tot 25 % gereduceerd (Barcelona, 1985) [Grondmechanica Delft, juli 1996].

Ook bij GD is uitgebreid onderzoek verricht naar de adsorptie-effecten van diverse kunststof materialen [Grondmechanica Delft, mei 1997]. De gegevens tonen aan dat teflon (PTFE) geen significante adsorptie vertoont in tegenstelling tot polyethyleen (LDPE). Voor de meeste onderzochte stoffen, met uitzondering van tetrachlooretheen, is de volgorde in bindingsactiviteiten gelijk aan:

SIL > PVC > PE > PP > PTFE.

Tetrachlooretheen vertoont ander adsorptiegedrag: het adsorbeert aanzienlijk meer aan PE dan aan het overige materiaal. Onder de condities van het experiment bleken PVC- en siliconenslangen significant meer gechlorideerde koolwaterstoffen te adsorberen dan PE, PP (polypropyleen) en PFTE. Daarom verdient de installatie van bijvoorbeeld teflonmateriaal de voorkeur boven LDPE en HDPE materiaal. Een alternatief voor het voorkómen van adsorptie van verontreinigingen aan de peilbuis is het omgeven van de kunststof peilbuizen met een cement-bentonietschil [Grondmechanica Delft, mei 1997].

Desorptie

Zoals hierboven beschreven kunnen organische verbindingen aan kunststofmaterialen (bijvoorbeeld peilbuizen en monsterslangen) geadsorbeerd of gedesorbeerd worden. Als een kunststof peilbuis wordt voorgespoeld, wordt het verdelingsevenwicht tussen het grondwater in de peilbuis en het buismateriaal plotseling verstoort. Als het water ververst is blijft in het buismateriaal bij het grensvlak aan de binnenzijde van de peilbuis de verontreiniging in hoge concentraties aanwezig. Daarom kan na het schoonspoelen het water in de peilbuis opnieuw verontreinigd raken. Uit experimenten binnen GD [Grondmechanica Delft, mei 1997] blijkt dat de desorptie hoeveelheid van de verschillende kunststof materialen voor monochloorbenzeen en tetrachloormethaan in de volgorde van hoog naar laag is:

LDPE > viton > teflon.

Teflon desorbeert dus het minst.

Uit Barcelona (1981), Du Floo (1994), Schoevaars (1995) en Van Seventer (1996), is een reeks voor de adsorptie- en desorptie-effecten te maken van meest naar minst inert materiaal [Grondmechanica Delft, mei 1997]:

teflon > viton > HDPE > vyon > LDPE > PVC > SIL.

Op locaties waar de kans op permeatie bestaat doet Vreeken (1992) de aanbeveling om de stijgbuis ter plaatse van de sterk verontreinigde zone te omwikkelen met aluminiumfolie of RVS-peilbuizen toe te passen.

Hoewel teflon geen contaminerende stoffen aflevert, en er inderdaad geen adsorptie aan RVS-peilbuizen optreedt, concludeert Parker uit compilatie van gegevens dat indien geen biologische activiteiten plaatsvinden, wel adsorptie van organische stoffen aan PVC en PTFE kan optreden (Parker et al, 1990) [Grondmechanica Delft, juli 1996]. Dat wil zeggen dat nalevering van 'materiaal-eigen stoffen' niet plaatsvindt, maar dat afgifte van stoffen die geadsorbeerd zijn, wel mogelijk is.

Ten aanzien van het gebruik van peilbuizen met een ingebouwde folie, bestaat bij GeoDelft enige scepsis. Aangezien de betreffende peilbuizen met schroefdraad aan elkaar bevestigd worden, kan permeatie van verontreiniging ter plaatse van de aanhechtingen niet gegarandeerd worden.

5.1.3 Effect van concentratieniveaus op de sorptie aan een peilbuis

Parker (1994) heeft het effect onderzocht van de concentratie van organische oplossingen op de sorptie door PVC, teflon en roestvaststalen stijgbuizen ('well casings'). Uit dat onderzoek blijkt dat er geen verschil in sorptie aan de peilbuis optreedt bij verschillende concentratieniveaus (ppm of ppb) van de verontreiniging.

Volgens Parker zijn er echter verbindingen die zo snel door teflon kunnen worden geabsorbeerd dat bij de monitoring van grondwater enige oplettendheid geboden is. In gevallen waar absorptieverliezen van organische stoffen door teflon kunnen optreden, kunnen beter PVC of roestvrij stalen casings gebruikt worden. Een alternatief is om een bepaalde tijdsbestek in acht te nemen voor het instellen van een evenwicht tussen PFTE en het putwater. Parker suggereert dat een tijdsbestek van twee weken voldoende wordt geacht.

Als eindconclusie van zijn bevindingen geeft Parker aan dat bij monitoring van lage concentratieniveaus koolwaterstoffen, er geen reden is om bij voorkeur PFTE- of roestvaststalen buizen in plaats van PVC-buizen toe te passen. De keuze van het materiaal voor de peilbuizen is afhankelijk van de aard en concentratie van de aanwezige verontreinigingen en specifieke omstandigheden van de locatie. Indien hoge concentraties aan organische stoffen worden verwacht zodat de PVC buis kan worden aangetast, wordt geadviseerd dit materiaal niet te gebruiken. Roestvaststaal zal alleen niet toegepast moeten worden wanneer zware metalen worden geanalyseerd [Parker, 1994].

5.1.4 Conclusie permeatie, adsorptie, desorptie

Wanneer permeatie van koolwaterstoffen door kunststof materialen zoveel mogelijk geëlimineerd moet worden, blijkt dat teflon en viton de meest geschikte materialen ten behoeve van bemonstering van grondwater zijn. Want ten opzichte van de andere veel gebruikte materialen is:

1. de permeatie gering
2. de opname (oplosbaarheid) van organische verbindingen gering
3. de desorptie van organische verbindingen gering
4. inert.

Wanneer bepaalde halogenen, de redoxpotentiaal of het gehalte aan opgelost zuurstof wordt gemeten, moet het gebruik van teflon echter vermeden worden.

Hoewel viton de laagste permeatie coëfficiënten voor de verschillende organische verbindingen heeft is dit materiaal gezien zijn mechanische kwetsbaarheid, viton is elastisch en kwetsbaar voor scheuren, minder geschikt dan bemonsteringsmateriaal.

Een ander nadeel van viton is dat het veel onbekende componenten bevat waardoor in het gaschromatogram veel storingspieken aanwezig zijn zodat de gechloroerde koolwaterstoffen (VOCL) en vluchtige aromaten (BTEXSCN) niet of moeilijk te identificeren zijn [Barcelona et al 1985].

Het gebruik van PVC- en siliconenslang als bemonsteringsslang is niet toegelaten in verband met sorptie-effecten. Uitzondering hierop is het toepassen van een korte lengte siliconenslang als pompslang in de slangenpomp. Indien niet ten minste 3 maal de natte peilbuisinhoud tijdens het voorpompen wordt opgevoerd, kunnen bij de monsterneming sorptie-effecten optreden [NWN 5745: 1997].

5.2 Afgifte van stoffen door apparatuur en hulpmiddelen

Afgifte van stoffen kan optreden door apparatuur en hulpmiddelen die worden toegepast. Uit onderzoek is gebleken dat peilbuizen en slangenmateriaal het water kunnen verontreinigen met verschillende componenten. Bij de productie van hard-PVC buizen worden naast weekmakers, stabilisatoren en metalen, 2% lood, zink of tin toegevoegd ter versteviging en verduurzaming van het PVC.

Barcelona (1985) heeft de afgifte van stoffen door peilbuismaterialen onderzocht. Uit zijn onderzoek blijkt dat vooral PVC organische stoffen afgeeft: 33,2 mg/m² totaal organische verbindingen waarvan 20% van het totaal aan vluchtige organische stoffen. In mindere mate wordt achtereenvolgens door siliconen-, PE-, en PP-peilbuizen organische stoffen afgegeven [Grondmechanica Delft, juli 1996]. De mate van afgifte van deze contaminanten wordt bepaald door de stroomsnelheid. Bij een hoger doorspoelingsdebiet zullen meer contaminerende stoffen worden afgegeven.

HDPE en Teflon zijn nagenoeg inert en zullen geen verontreinigende stoffen afgeven. Roestvaststalen buizen bevatten nikkel en chroom. Wanneer men zware metalen onderzoekt, zijn deze buizen niet geschikt voor bemonstering [Grondmechanica Delft, mei 1997]. Wanneer sprake is van een hoog doorspoelingsdebiet kan bij de detectie van zware metalen eveneens beter geen PVC worden gebruikt. De nagenoeg inerte HDPE en Teflon zullen geen verontreinigende stoffen afgeven, en zijn beter geschikt. Zelfs onder dynamische omstandigheden wordt het gebruik van roestvaststalen buizen bij bemonstering van zware metalen ontraden [Parker et al., 1994].

Omdat voorbedrukte peilbuizen inkt aan het te bemonsteren water kunnen afgeven, wordt het gebruik van voorbedrukte peilbuizen door Arcadis ontraden [Nakken, 1998].

5.3 Permeabiliteit voor zuurstof

Redoxpotentiaal

Tijdens het bemonsteren van grondwater wordt gewoonlijk voor de analyse van vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen met doorstroomcellen gemeten. Voor dergelijke bemonsteringen wordt gebruik gemaakt van een bemonsteringsslang van teflonmateriaal. De reden hiervan is dat teflon minder gevoelig is voor sorptieprocessen dan PE-materiaal. Echter, uit laboratoriumproeven is naar voren gekomen dat teflon 3 tot 7 maal meer permeabel is voor zuurstof dan PE [Grondmechanica Delft, december 1997]. Daarom moet bij meting van de redoxpotentiaal, onder andere afhankelijk van het zuurstofgehalte, het gebruik van teflonmateriaal vermeden worden.

Gehalte opgelost zuurstof

Hetzelfde probleem geldt bij de analyse op zuurstof. Tijdens de bemonstering met flexibele kunststof slangen vindt permeatie plaats van zuurstof uit de buitenlucht naar het grondwater. Dit beïnvloedt de meting van zuurstof in anaëroob grondwater dusdanig dat gesproken kan worden van niet-representatieve meetresultaten. De toename van zuurstof kan bij gebruik van teflon slangen bij een bemonsteringsdiepte van meer dan mv – 30 m oplopen tot circa 5 % (0,6 mg/l).

De hoeveelheid zuurstof die door de slang permeëert is afhankelijk van de volgende factoren:

- soort slang (het permeatie gedrag van zuurstof is afhankelijk van het slangmateriaal)
- lengte van de slang (hoe langer de slang, hoe meer permeatie: dit is een lineair verband)
- bemonsteringssnelheid (hoe sneller bemonsterd wordt, hoe korter de verblijftijd in de slang en hoe minder permeatie; er is sprake van een lineair verband)
- wanddikte van de slang (hoe dikker de wand van de slang, hoe minder zuurstofpermeatie door de wand; dit is geen lineair verband omdat in het geval de dikte toeneemt, de diffusiesnelheid afneemt en de weglengte toeneemt)
- de concentratiegradiënt (hoe groter het verschil is tussen de concentratie zuurstof aan de binnenzijde en de concentratie zuurstof aan de buitenzijde van de slang, hoe meer zuurstof er in het grondwater permeëert; er is sprake van een lineair verband)
- inwendige diameter van de slang (hoe groter de inwendige diameter, hoe langer de verblijftijd van het monster in de slang en hoe meer permeatie van zuurstof). Dit verband is ingewikkelder, omdat met de toename van de inwendige diameter van de slang het permeatieoppervlak ten opzichte van het inwendige volume afneemt.

Uit intern onderzoek bij GeoDelft [Grondmechanica Delft, december 1997] blijkt dat de permeatie van zuurstof door Teflon circa 3,5 maal groter is dan de permeatie van zuurstof door (LD)PE. Verder blijkt dat:

- de toetreding van zuurstof met behulp van een rekenprogramma is te kwantificeren. (NB: Voor de kortere slangen (tot 10 m) is bij een normale bemonsteringsflow van 200 ml/min een correctie voor zuurstofpermeatie overbodig. De toename van zuurstof is dan kleiner dan de meetfout. Het is theoretisch mogelijk om voor de langere slangen achteraf de gemeten gehalten te corrigeren voor het zuurstoftransport. Voorwaarde is wel dat slangmaat (wanddikte, diameter en lengte) naast type (LD)PE of Teflon nauwkeurig bekend zijn. Verder moet bekend zijn dat het grondwater niet met zuurstof reageert waardoor de meetwaarde te laag uitkomt.

Echter, omdat van geen enkel grondwatermonster vooraf de gevolgen van toetreding van zuurstof bekend zijn, is het beter om door middel van ommanteling en flushen met stikstof de toetreding van zuurstof tijdens bemonstering en meting uit te sluiten.)

- de beste methode voor het voorkomen van toetreding van zuurstof tijdens de bemonstering en meting is, door het ommantelen van de bemonsteringsslang met een overmaatse slang en het flushen van de tussengelegen ruimte met stikstofgas
- bij een gelijke bemonsteringssnelheid (ml/min) de toetreding van zuurstof naar het monsterwater geringer is wanneer met kleinere slangdiameters wordt gewerkt. Dit wordt veroorzaakt door de veel kortere verblijftijd van het water in de slang. De slangmaat 4 x 6 mm lijkt het meest ideaal.

5.4 Aard verontreiniging in relatie tot materiaalkeuze

In deze paragraaf wordt kort beschreven welke (peilbuis)materialen het meest geschikt zijn voor de analyse van de meest voorkomende verontreinigingen. In Bijlage 1 is in tabelvorm een samenvatting weergegeven van de eigenschappen van verschillende (peilbuis)materialen. In Bijlage 2 zijn de meest voorkomende verontreinigingen weergegeven met de daarbij behorende beste bemonsteringsmethode(n) en materiaalkeuze.

Organische stoffen

Vanaf 1985 worden voornamelijk kunststof materialen gebruikt zoals bijvoorbeeld: HDPE, LDPE, teflon en PVC. Al deze materialen zijn in meer of mindere mate permeabel voor organische verbindingen [Grondmechanica Delft, mei 1997].

Organische stoffen adsorberen aan LDPE-materiaal. Om de kwaliteit van het te nemen grondwatermonster niet aan te tasten, wordt een monsterslang van het meer inerte teflonmateriaal aanbevolen. Intern onderzoek bij GeoDelft [Schoevaars, 1995] heeft aangetoond dat teflon geen significante adsorptie vertoont. Bij bemonstering met een 25 meter lange teflonslang werden voor alle (V)VOCL's na 1 liter al representatieve concentraties gevonden [Grondmechanica Delft, mei 1997]. Omdat PVC organische stoffen afgeeft ([Barcelona et al, 1985]), zijn PVC peilbuizen niet geschikt voor bemonstering van grondwater dat met organische verbindingen verontreinigd is. In mindere mate wordt achtereenvolgens door siliconen-, PE-, en PP-peilbuizen organische stoffen afgegeven [Grondmechanica Delft, juli 1996].

VOCL's

VOCL's zijn gechlloreerde oplosmiddelen die een grote invloed kunnen hebben op bepaalde materialen. Vluchtige aromaten en vluchtige gechlloreerde verbindingen zijn agressief voor PVC en kunnen het materiaal aantasten (Vreeken, 1992). Ook worden vluchtige gechlloreerde koolwaterstoffen in grote hoeveelheden geabsorbeerd door siliconen (Du Floo, 1994) [Grondmechanica Delft, mei 1997]. Verder kunnen organische verontreinigingen aanzienlijk door PVC en siliconenmateriaal permeëren. Om deze redenen moet het gebruik van PVC en siliconenmateriaal in situaties waar VOCL's worden verwacht, zoveel mogelijk worden vermeden. HDPE, teflon, en viton materiaal zijn beter omdat deze materialen minder permeabel zijn [Grondmechanica Delft, juli 1996].

Een gedetailleerde beschrijving van vluchtige organische chloorverbindingen in de bodem en de problemen bij de sanering optreden wordt beschreven in IWACO-rapport 1058770 [IWACO, 1996].

Halogeenverbindingen

Halogeenverbindingen bezitten de eigenschap het vrijwel inerte teflon aan te kunnen tasten. Teflon wordt door bijna geen enkele verbinding aangetast, met uitzondering van de volgende halogeenverbindingen: SF₆ (zwavelhexafluoride), chloortrifluoride, vloeibaar natrium en fluor [Grondmechanica Delft, mei 1997]. Wanneer bovenstaande verbindingen in het grondwater worden verwacht, of wanneer de tracer SF₆ in respiratietesten wordt gebruikt, moet het gebruik van Teflonmateriaal vermeden worden.

Zware metalen

Omdat PVC en roestvrij stalen peilbuizen (zware) metalen kunnen afgeven, moet het gebruik van deze peilbuizen bij bemonstering op zware metalen ontraden worden.

6 Bemonstering zelf

Dat de bemonstering zelf ook een bron van fouten kan zijn, wordt in dit hoofdstuk duidelijk. Aan de verschillende facetten van de bemonstering wordt aandacht besteedt. Opgemerkt moet worden dat hoewel de bemonstering zelf vele foutenbronnen kan opleveren, er wel uniformiteit heerst omdat er conform de NPR-richtlijnen gehandeld wordt. Dit is van groot belang voor het vergelijken van bemonsteringsresultaten (van bijvoorbeeld verschillende bureaus).

6.1 Duur periode tussen twee bemonsteringsronden

De duur van de periode na het plaatsen en tussen twee bemonsteringsronden is van belang voor de grondwateranalyse. Duidelijk moet zijn wanneer het oorspronkelijke evenwicht zich weer hersteld heeft, en in geval van herbemonstering of dit evenwicht hetzelfde is als voor de eerste monsterneming.

6.2 Bemonsteringsapparatuur

Voor het nemen van een grondwatermonster kan gebruik worden gemaakt van de volgende bemonsteringsapparatuur:

- slangenpomp
- knikkerpuls
- onderwaterpomp
- bailer.

Volgens IWACO [Huurman en Koopman, 1998] geeft de knikkerpuls pomp slib, hetgeen de bemonstering nadelig beïnvloedt.

Bemonstering vluchtige verbindingen

Bij het bemonsteren van grondwater voor de bepaling van vluchtige verbindingen moet de voorkeur worden gegeven aan methoden waarbij de kans op vervluchtiging minimaal is. Grote drukverschillen, turbulentie en grote grensvlakken tussen lucht (stikstof) en water bevorderen de vervluchtiging.

Onderdrukmethoden waarbij ook direct mogelijkheden van ontgassing aanwezig zijn, zijn minder geschikt. Bij de slangenpomp wordt wel een onderdruk aangebracht, maar de mogelijkheden voor ontwijken van het gas doen zich voornamelijk voor als het water weer op atmosferische druk is, zodat mogelijkheden voor vervluchtiging beperkt zijn. Beter nog zijn in principe de overdrukmethoden zolang daarbij wordt voorkomen dat lucht (of stikstof) door het monster wordt gedrukt. Om deze reden is voorzichtigheid met druksystemen op zijn plaats bij het bemonsteren van vluchtige stoffen. De onderwaterpomp is geschikt, maar daarbij moet men er rekening mee houden dat deze pomp slechts na grondig schoonmaken opnieuw kan worden gebruikt en dat in het pomphuis relatief grote turbulentie kan optreden.

Het toepassen van een monsternemingsvat is theoretisch gezien het beste. Grondwater van dieptes waar de opvoerhoogte van de pompen niet meer toereikend is, kan gewoon worden bemonsterd.

Omdat water van grotere diepte ook een hogere druk heeft zijn de kansen op ontgassing van deze monsters ook groter, zodat daar een extra motief ligt om voor deze methode te kiezen. De praktische bruikbaarheid is vaak toch beperkt met het ledigen en de middellijn van de peilbuis [NEN 5745:1997].

Uit een evaluatie is gebleken dat de slangenpomp en de bailer een redelijk betrouwbaar resultaat leveren [IWACO, 1996].

Ontgassing

Het effect van ontgassing van zuurstof kan worden aangepakt met een combinatie van een monster protocol en een backpressure-kolom. GeoDelft gebruikt bij het meten van zuurstofconcentraties in water een backpressure-kolom: een kolom (met een hoogte van 10 cm en een diameter van 3 cm) gevuld met Wessemsand (200-630 μm). Achter de kolom is een drukventiel gemonteerd. Als gevolg van de opgebouwde druk achter het zandfilter (1,5 tot 3 bar), wordt het gas middels het zandfilter weer terug in de waterfase 'gedrukt'. In een achtergeschakelde flowcel kan zo de werkelijke concentratie zuurstof in het grondwater gemeten worden [Grondmechanica Delft, augustus 1997].

Hergebruik van bemonsteringsmateriaal

Belangrijk is dat bemonsteringsmateriaal als dompelpompen, packers, boorgereedschap en andere bemonsteringsapparatuur zorgvuldig schoongemaakt wordt alvorens (her-)gebruik plaatsvindt. Hergebruik van stijgbuis materiaal en bemonsteringsslangen is uit den boze en moet ten alle tijden vermeden worden. In de USA bestaan veel striktere voorschriften met betrekking tot het schoonmaken van bemonsteringsapparatuur. Het spoelwater van bemonsteringsapparatuur moet geanalyseerd worden en fungeert als een 'blanco' analyse.

6.3 Voorpompen

Te weinig of te veel voorpompen kan een foutenbron in de analyse zijn. Bij te weinig schoonpompen van de peilbuis kan werkwater meebemonsterd worden. Ook kunnen stoffen afkomstig van de filterbuis (als gevolg van desorptie of nalevering) of het filtergrind meebemonsterd worden. Wanneer het water voornamelijk door een dunne sterk waterdoorlatende laag naar de filterbuis stroomt, kan bij te veel schoonpompen die dunne laag reeds 'gesaneerd' zijn door vers water uit de niet vervuilde omgeving aan te trekken. Het onttrokken water zal dan niet representatief zijn voor de verontreinigingssituatie [Eikelkamp, 1990].

Omdat men er in de regel vanuit gaat dat het water ter hoogte van het filterdeel van de buis ververst wordt door natuurlijke stroming van het grondwater (indien die er is), moet het water in het blinde deel van de peilbuis ververst en weggepompt te worden. De hoeveelheid water die moet worden verwijderd bedraagt ten minste drie maal de natte stijgbuisinhoud of waterkolom bij een afpompedbiet van 0,5 l/min tot 1 l/min. Bij slecht lopende peilbuizen (debiet kleiner dan 0,5 l/min) kan met tenminste twee maal de natte stijgbuisinhoud of waterkolom worden volstaan.

Een indicatie van wanneer een representatief monster kan worden genomen wordt verkregen door regelmatige controle van de geleidbaarheid, pH, en temperatuur tijdens de bemonstering [Geleideblad bij NEN 5745]. Wanneer de EC en de pH stabiel worden kan met de monsternamen worden begonnen omdat we dan te maken hebben met echt grondwater.

Van belang is dat de doorpompprocedure gestandaardiseerd wordt. Voor het vergelijken van de analyseresultaten moet standaardisatie in ieder geval òf per peilbuis en/of per project plaatsvinden.

6.4 Verschil in aanzuigsnelheid

Verschil in aanzuigsnelheid (pompdebiet) levert verschillende resultaten op. Water wordt sneller aangezogen dan puur product waardoor er bij een groot onttrekkingsdebiet te lage concentraties kunnen worden gemeten ten opzichte van de werkelijkheid. Voor bemonstering zijn pompdebieten voorgeschreven; voor voorpompen niet.

6.5 Bepaling verticale concentratie gradiënt

De verticale concentratiegradiënten in (on)natuurlijke systemen kan zeer groot zijn. Nauwkeurige bepaling van de verticale concentratiegradiënt in aquifers is van belang voor grondwater verontreinigingsonderzoek en saneringsontwerpen. Informatie over verticale concentratiegradiënten wordt niet alleen gebruikt om te bepalen welk deel van het aquifer de normering overschrijdt, maar ook om het saneringsontwerp te optimaliseren [Cosler, 1997].

Cosler (1997) heeft onderzoek gedaan naar nauwkeurige bepaling van de verticale concentratiegradiënt in aquifers. Het blijkt dat zodra het onttrokken volume expandeert in drie dimensies, de buitenste perimeter van het betrokken volume naar de onttrekkingsfilter stroomt. De geïnduceerde verticale grondwatersnelheidscomponent veroorzaakt een convergerende stroming naar het binnenste van het betrokken volume. Dit resulteert in een tijds-afhankelijke variabiliteit van concentraties aan opgeloste stoffen die het onttrekkingsfilter bereiken. Variatie in onttrokken concentraties kan op kleine schaal dus veroorzaakt worden door de stroomsnelheid gedurende bemonstering. De stroomsnelheid is grotendeels een functie van de hydraulische conductiviteit nabij het onttrekkingsfilter, de putconstructie en de pompsnelheid. Wanneer bemonstering plaatsvindt bij lage onttrekkingsdebieten, zal de variabiliteit in concentraties grotendeels geëlimineerd worden. Aanbevolen wordt dan ook het water gedurende zowel het voorpompen als tijdens de bemonstering, met een lage uniforme snelheid te onttrekken van een gefixeerde positie in de peilbuis.

6.6 Aanzuigen van water uit verschillende stratigrafische lagen

Het aanzuigen van water uit verschillende stratigrafische lagen bij opeenvolgende metingen kan de analyse verstoren. Dit wordt veroorzaakt door verstoring van andere lagen door een eerdere bemonstering. Hierdoor wordt het fysisch/chemisch evenwicht verstoord [IWACO, 1996].

6.7 Bemonstering en detectie van drijf- en zinklagen

6.7.1 Peilbuisonderzoek naar drijf- en zinklagen

Puur product (in de Engelstalige literatuur aangeduid met NAPL) kan in de verzadigde zone voorkomen als geïsoleerde druppels, zinklagen (DNAPL, indien $\rho > 1$) en drijfzinken (LNAPL, indien $\rho < 1$). Veelal worden peilbuizen gebruikt voor onderzoek naar de omvang van drijfzinken. Het blijkt echter dat peilbuizen een onbetrouwbare informatiebron in het drijfzinkonderzoek vormen. Door verschillende auteurs is op basis van peilbuizen zowel een overschatting als een onderschatting van de drijfzinkdikte geconstateerd. Uit intern onderzoek bij GeoDelft [Grondmechanica Delft, juli 1997] blijkt dat er een verschil is tussen de 'schijnbare' en 'werkelijke' drijfzinkdikte. In genoemd onderzoek is getracht de relatie tussen de 'schijnbare' en 'werkelijke' drijfzinkdikte te bepalen.

'Schijnbare' en 'werkelijke' drijfzinkdikte

Een van de processen die verantwoordelijk wordt gesteld voor onjuiste weergave van de drijfzinksituatie is de stroming van puur product naar de peilbuis toe als gevolg van een gradiënt tussen de peilbuis en de omringende bodem. Volgens Marinelli (1996) kan algemeen worden gesteld dat bij toenemende grondwaterstand de drijfzinkdikte in een peilbuis afneemt (met name door insluiting van product in de bodem). Bij een dalende grondwaterstand neemt de drijfzinkdikte in een peilbuis toe omdat een deel van de opgesloten olie vrijkomt en mobiel wordt. De drijfzinkdikte in een peilbuis is dus sterk afhankelijk van de historie/ouderdom en is seizoensafhankelijk.

Andere oorzaken voor verschillen tussen de 'schijnbare' dikte en 'werkelijke' dikte zijn:

- het 'specifieke olievolume' in de bodem dat een kritische waarde moet overschrijden alvorens de olie vanuit de bodem in de peilbuis stroomt
- de sterke heterogene bodemopbouw, waardoor 'displacement pressures' zodanig laag kunnen worden dat geen olie meer in de peilbuis wordt waargenomen
- de korrelverdeling in de bodem, waarbij een hogere schijnbare dikte wordt gemeten bij fijnkorrelige bodems.

Niveaumeting in de peilbuis

Na het aantreffen van puur product in een peilbuis kan de eventuele aanwezigheid en daarmee de dikte van een drijf- en/of zinklaag ook worden bepaald. Er bestaan verschillende methoden en principes voor het meten van het niveau van de drijf- c.q. zinklaag. Zo kan de dikte van een drijfzink in een peilbuis kan worden gemeten door het berekenen van het hoogteverschil tussen de grensvlakken van lucht /LNAPL en LNAPL/water, door chemische sensoren, en optische sensoren. In Tabel 6.1 staan enige meetmethoden samengevat.

Methoden	Maximaal haalbare diepte	Omschrijving
Stijve slang met kogelklep		De kogelklep gaat drijven op de drijfslaag. Bij het optrekken van de slang wordt de duim op de slang gehouden zodat de diepte van de kogel, en dus de drijfslaag, kan worden gemeten.
Chemische sensor		Chemische sensor op basis van een optische vezel, die ingebouwd in een probe, de verandering van eigenschappen van uitgezonden licht kan bepalen. De probe reageert op aromatische en hoog moleculaire in water oplosbare koolwaterstoffen en kan in een peilbuis worden geplaatst zodat een eventuele drijfslaag kan worden gedetecteerd.
Interface probes	60 m	Deze methode kan het lucht-watergrensvlak en het koolwaterstoffen-watergrensvlak onderscheiden. De meter kan langzaam in een peilbuis worden neergelaten en vervolgens weer omhoog worden getrokken om de verdeling binnen de peilbuis te bepalen.
Hydrocarbon-detectionpaste	60 m	Deze pasta verandert van kleur in contact met koolwaterstoffen. Het materiaal kan tot de gewenste diepte in een peilbuis omlaag worden gebracht. Het nadeel is dat een drijfslaag niet van een zinklaag kan worden onderscheiden.
Transparant bailers	60 m	De bailer wordt in de peilbuis omlaag gebracht en daarna weer omhoog getrokken waarna de dikte van de zinklaag is af te lezen. Het nadeel is dat met de bailer exact op het water/koolwaterstof grensvlak moet worden bemonsterd.
Density sensor	90 m	Met deze methode wordt de dichtheid van verschillende producten (met variërende dichtheid) bepaald in één peilbuis. Deze methode is in vergelijking tot de andere zeer kostbaar.
Opto-electric indicators	450 m	De dikte van de laag wordt bepaald door het verschil in geleidbaarheid (door middel van optische refractie) te bepalen met een gekalibreerde meter. Deze methode wordt het meest toegepast en is nauwkeurig.

Tabel 6.1 Meetmethoden ter bepaling van een drijfslaag [IWACO, 1996]

Foutenbronnen bij bepaling drijf- en zinklagen

Verschillende factoren beïnvloeden de meting voor het bepalen van de dikte van een zinklaag (puur product verontreiniging) in een peilbuis ten opzichte van de formatie.

- als het filter van de peilbuis zich voor een gedeelte in een slecht doorlatende laag bevindt onder de zinklaag kan de gemeten dikte van het pure product hoger zijn dan werkelijk het geval is
- als het filter zich slechts voor een gedeelte in een zinklaag bevindt dan kan een kleinere dikte van het pure product worden gemeten dan in werkelijkheid
- als er concentraties VOCL worden gemeten in peilbuizen die slecht doorlatende laagjes doorsnijden en hierdoor zorgen voor een verticale verplaatsing van de verontreiniging kan de gemeten concentratie erg misleidend zijn voor de diepte waarop wordt gemeten
- omstortingen zullen altijd grover moeten zijn dan het omringende materiaal maar er moet wel voor gezorgd worden dat de verontreiniging in het filter terechtkomt. Te kleine filteropeningen en een te fijne omstorting werken als een capillaire barrière voor de puur product verontreiniging.
- als een peilbuis geheel geplaatst is in een zinklaag kan door pompen de VOCL omhoog komen om hydrostatisch evenwicht te handhaven waardoor de gemeten dikte van de zinklaag niet representatief is voor de werkelijke situatie.

6.7.2 Geofysisch onderzoek naar drijf- en zinklagen

Volgens meerdere schrijvers (in Ballestero 1994) bevatten peilbuizen met een grotere diameter minder olie dan peilbuizen met een kleine diameter. Door Shepard (in Ballestero 1994) wordt een 'screen slot size' van 0,002 inch aanbevolen om een goede intrede van olie mogelijk te maken. Echter, ondanks het gebruik van dit 'screen slot size' wordt het gebruik van peilbuizen bij onderzoek naar de omvang van drijf- en zinklagen afgeraden. Met name indien niet bekend is in welke mate de grondwaterspiegel in hoogte varieert. Alternatief voor peilbuisonderzoek is geofysisch onderzoek. Verschillende geofysische onderzoeksmethoden kunnen onderscheiden worden [Grondmechanica Delft, juli 1997]. Resultaten van de uitgevoerde veldwerkactiviteiten en bijbehorende meet- en analyseresultaten zullen voor een beter inzicht in de verontreinigingssituatie zorgen. In Tabel 6.2 zijn de geofysische onderzoeksmethoden samengevat.

Geofysische onderzoeksmethoden	Beschrijving
Geo-elektrisch onderzoek	Met behulp van elektromagnetisch onderzoek kan in globale zin de laterale extensie van de drijf- en zinklagen vastgesteld worden. Door Andres en Canace (1994) is vastgesteld dat de elektrische weerstand van olie veelal hoger is dan die van de meeste bodemtypen. Toepassing van de techniek is echter alleen zinvol als het contrast met de niet-verontreinigde bodem voldoende groot is. De bruikbaarheid van de methode is afhankelijk van de relatieve dikte van de niet-verontreinigde laag daarboven. Door DHV is geconcludeerd dat drijf- en zinklagen dunner dan 0,10 m zich niet lenen voor detectie met geo-elektrische onderzoeksmethoden (DHV, 1993). Toepassing van de methode wordt verder alleen zinvol geacht indien de overige bodemparameters min of meer constant zijn [Grondmechanica Delft, juli 1997].
Grondradar	Het bedrijf MAP beschikt over een radar welke zou kunnen worden gebruikt voor het detecteren van olie-drijf- en zinklagen. 'Harde' gegevens omtrent de resultaten van deze techniek zijn GD onbekend.
Oliesonde	Voor de detectie van gasolie, diesel, huisbrandolie, motorolie en teer kan de oliesonde gebruikt worden. De oliesonde is een wegdrukbaar instrument waarmee gedurende het wegdrukken UV-licht (250 nm) vanuit een lichtbron naar de bodem wordt uitgezonden. Polyaromatische bestanddelen van minerale olie zenden fluorescerend licht terug dat door een ingebouwde photo-multiplier ontvangen wordt. Er zijn verschillende typen oliesondes op de markt [Grondmechanica Delft, juli 1997].
Begemanscanner	Detectie van pure koolwaterstoffen kan ook met de Begemanscanner. Dit eveneens wegdrukbaar instrument werkt op detectie van door koolwaterstoffen teruggekaatst UV-licht [Grondmechanica Delft, juli 1997].
Begemann-boringen	Wegdrukbare meetinstrumenten als de begemann-boringen worden gebruikt om continu gestoken (en vrijwel ongestoorde) bodemmonsters te nemen. De boorkernen worden in het laboratorium uitgelegd waarna deze kunnen worden gescand. Tevens kan de grond worden bemonsterd t.b.v. een chemische analyse.

Tabel 6.2 Geofysische onderzoeksmethoden ter bepaling van een drijf-/zinklaag

Omdat over het algemeen negatieve ervaringen zijn opgedaan voor de bepaling van drijf- en zinklagen in peilbuizen, moeten de resultaten afkomstig van peilbuisbemonstering met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

Door Schmelling (Schmelling, 1992) wordt het aantonen van product in boorkernen als de meest effectieve methode beschouwd om de hoeveelheid NAPL (puur product) in een watervoerend pakket vast te stellen [Grondmechanica Delft, juli 1997].

7 Chemische analyse

7.1 Conservering en behandeling van monsters

Chemische analyse van watermonsters in een laboratorium vereist transport en opslag van de monsters. De analyses vinden op zijn vroegst de volgende dag (maar ook wel na het weekend) plaatst. De analyseresultaten komen gewoonlijk na circa 1 week beschikbaar.

Sommige parameters zijn alleen in-situ of on-line voldoende betrouwbaar te meten omdat de invloed van transport en opslag zo groot is, dat de analyseresultaten na transport en opslag significant afwijken van de werkelijkheid [Grondmechanica Delft, december 1996].

Variatie in verpakkings- en conserveringsmethode kan leiden tot verschillende analyseresultaten doordat chemische en/of biologische omzetting kan optreden. In de NEN en ISO 5667-3: 1996 (Water-bemonstering-, deel 3) staat de richtlijn voor conservering en behandeling van monsters beschreven.

7.2 Chemische analyse in een laboratorium

Voor de chemische analyse in een laboratorium bestaan eveneens verschillende NEN-normen.

7.3 Perforatiestof

Een andere bron van fouten die de analyse beïnvloedt is volgens de Grontmij [1998, Hartemink] de perforatiestof afkomstig van de peilbuizen.

8 Omgevingsfactoren

8.1 Codering

Onjuiste weergave van plaatsingsgegevens en bemonsteringsomstandigheden is wellicht de voornaamste foutenbron die in een bodemonderzoek kan plaatsvinden.

In het verleden zijn verschillende monitoringsputten gebruikt voor grondwaterbemonstering, waarbij verschillen in put-ontwerp, wateronttrekking en bemonsteringsprocedures inconsistenties in de gegevensverzamelingsproces introduceerden. Om bemonsteringsresultaten op de juiste manier te kunnen interpreteren is daarom een exacte weergave van de plaatsingsgegevens (bijvoorbeeld filterlengte, putdiameter en eigenschappen van het zandpakket) en bemonsteringsomstandigheden (is sprake is van extreme situaties als de verontreinigingsbron, of 'normale' situaties) van groot belang [Cosler, 1997].

Een grote(re) mate van uniformering van codering (zowel binnen als tussen verschillende adviesbureaus) zal de kwaliteit van monsterneming ten goede komen.

8.2 Levensduur van de peilbuis

Indien bemonsterd wordt in een 'oude' peilbuis dient de leeftijd van de gebruikte peilbuis in ogenschouw genomen te worden. Wellicht is de peilbuis met de jaren aangetast door reactie met de omgeving, of is de peilbuis verstopt als gevolg van dichtslibbing van de peilbuis of de omstorting.

Er moet eveneens rekening gehouden worden met het doel waarvoor de peilbuis in het verleden is geplaatst. Er kunnen, vooral voor in het verleden geplaatste peilbuizen, verschillen bestaan tussen peilbuizen voor milieukundig of hydrologisch gebruik. Voor peilbuizen voor hydrologisch gebruik bestaan andere materiaaleisen dan voor peilbuizen voor milieukundig gebruik. Daarnaast is bij gebruik van 'oude' peilbuizen van groot belang dat de plaatsingsgegevens bekend zijn (zie paragraaf 8.1).

8.3 Schaal van monstername

De schaal waarop bemonstering plaatsvindt is van belang voor de waarde die aan de resultaten toegekend kan worden. In verband met heterogeniteit van de bodem en de verontreiniging, geldt over het algemeen: hoe groter de bemonsteringsdichtheid, hoe beter het inzicht.

Voorzichtigheid bij plaatsing van peilbuizen en sonderingen is echter geboden opdat de bodem geen 'gatenkaas' wordt, waarin verspreiding van de verontreiniging over verschillende bodemlagen vrij spel heeft (goede afdichting boorgaten!).

9 Gevolgen van onbetrouwbaar peilbuisgebruik

Indien (ondeskundig) peilbuisgebruik tot onjuiste gegevens leidt, kan dit gevolgen hebben voor achtereenvolgens de:

- omvangsbepaling van de verontreiniging
- verspreidingsrisico's en dus de urgentie van een geval
- de keuze van een saneringstechniek- en variant
- ontwerp van een sanering
- nazorg (monitoring).

De omvangsbepaling van de verontreiniging heeft achtereenvolgens betrekking op de verspreidingsrisico's en de urgentie van een geval, de keuze van een saneringstechniek- en variant en het ontwerp van een sanering. In paragraaf 9.1 wordt nader op de omvangsbepaling ingegaan. Paragraaf 9.2 gaat in op de gevolgen voor monitoring. Omdat er bij monitoring sprake is van langdurig 'peilbuisgebruik', gelden er ten aanzien van monitoring andere eisen.

9.1 Omvangsbepaling

Als gevolg van lekkages en permeatie van verontreinigingen in bovenliggende watervoerende pakketten zal over het algemeen een overschatting van de verontreinigingsconcentraties optreden. Bij de bepaling van drijfslagen heerst nog onduidelijkheid over een over- of onderschatting van de verontreinigingssituatie.

9.1.1 Nazorg (monitoring)

Bij monitoring van een sanering moeten de peilbuizen (veel) langer dan één meetronde mee kunnen. Er moet daarom extra aandacht geschonken worden aan de levensduur van de peilbuis in een bepaald milieu. Bekend moet zijn wat de te verwachten verbindingen en concentraties in de bodem zijn, en in welke mate aantasting van de peilbuis en de cement/bentonietspoeling kan optreden. Omdat voor monitoringdoeleinden een peilbuis minimaal een maand of langer in de grond staat, maakt het voor de mate van permeatie veelal niet meer uit of die peilbuis van bijvoorbeeld LDPE- of HDPE materiaal vervaardigd is. Door beide materialen heeft er inmiddels toch wel permeatie plaatsgevonden.

10 Leemten in kennis, aanbevelingen

Leemten in kennis ten aanzien van peilbuisgebruik zijn aanwezig op het gebied van:

- lekkagepaden; wanneer ontstaan lekkagepaden en hoe kunnen lekkagepaden tegengegaan worden
- geologie; wat is de (storende) invloed van klei en zandlagen op de grondwaterbemonstering,
- technische afwerking
- geochemische correctheid van de peilbuis; functioneert de peilbuis(omstorting) als biologisch filter?
- levensduur van een peilbuis
- structurele manco's die wellicht nog onbekend zijn.

Onderzoek naar lekkagepaden bij de gangbare peilbuissystemen wordt aanbevolen. Mogelijke lekkagepaden dienen geïdentificeerd te worden en kunnen eventueel door middel van computermodellering nagebootst worden.

Koppeling met de huidige normen ontbreekt in deze rapportage. Aanbevolen wordt in vervolgonderzoek aandacht te besteden aan de relatie met de normen. Zo kan duidelijk worden of er, indien volgens de normering gewerkt wordt, veel kans op het optreden van fouten bestaat. Indien dit het geval is; is van belang te weten wanneer dit kan plaatsvinden, in welke mate aanwezig en hoe ze zo goed als mogelijk vermeden kunnen worden.

Uit de resultaten van een op 1998-07-01 gehouden 'workshop' kan geconcludeerd worden dat in algemene zin:

- er bij de bureaus de nodige ervaring aanwezig is, die ten dele via interne checklists en protocollen vastgelegd is
- er echter geen sprake is van een integraal en toegankelijk overzicht ten aanzien van de keuze van plaatsings- en bemonsteringstechnieken en materialen van peilbuizen. De kennis en ervaring van bureaus overlapt elkaar ten dele en is niet altijd en bij iedereen bekend.
- er een behoefte bestaat aan een categorisering en daarmee standaardisering naar plaatsings- en monsternemingstechniek, alsmede materiaalkeuze in relatie tot het onderzoeksdoel, de lokale bodemopbouw en de verontreinigingssituatie
- het ontbreken van een dergelijke systematiek de overdracht van informatie verkregen via peilbuizen tussen projecten en bureaus onderling belemmert.

Aanbevolen wordt om een dergelijke kennisbank te ontwikkelen, op basis waarvan een categorisering wordt vastgesteld.

Literatuur

- [1997, december, Grondmechanica Delft]
Innovatief meten, Meting van de redoxpotentiaal en opgelost zuurstof in water nader onderzocht, SE 53127/1
- [1997, december, Grondmechanica Delft]
Speerpunt Milieu en Milieuverkennen, Validatie multigrondwatermonstersonde, SE 53057/3
- [1997, november, Nederlands Normalisatie-instituut]
NEN 5745-Bodem-Monsterneming van grondwater ten behoeve van de bepaling van vluchtige verbindingen
- [1997, September/Oktober, Cosler, J.D.]
Ground-water sampling and time-series evaluation techniques to determine vertical concentration distributions, Groundwater, No.5, pag 825-841
- [1997, August, Grondmechanica Delft]
Technical report, In-situ respiration test, Final report, Phase I and II, CO-368790/189
- [1997, juli, Grondmechanica Delft]
State of the Art Drijfslaagonderzoek, Eindrapport SE 55026/1
- [1997, mei, Grondmechanica Delft]
Permeatie van gechloreerde koolwaterstoffen door kunststof materialen, SE 52515/2
- [1997, februari, Grondmechanica Delft]
Niches ontwikkeling Milieuverkennen 1996, SE 50426/1
- [1996, februari, Grondmechanica Delft]
Milieuverkennen, aanpassingen en verkenningen; Implementatie milieufilter grote diepte, SE 50595/2
- [1996, december, Grondmechanica Delft]
Verificatie Kwaliteit grondwatermonsters, SE 50416/11
- [1996, IWACO B.V.]
Vluchtige organische chloorverbindingen in de bodem, saneringspraktijk en onderzoeksbehoefte, 1058770
- [1996, Marinelli & Dunford]
LNAPL Thickness in Monitoring Wells Considering Hysteresis and Entrapment, Ground Water, volume 34, No.3, May-June 1996

- [1996, NEN en ISO]
NEN en ISO 5667-3: *Water -bemonstering-, deel 3*
- [1995, april, Grondmechanica Delft]
Operationaliseren BAT-sonde, SE 50515/1
- [1995, juli, Grondmechanica Delft]
Meetplan doorlatendheidssonde (validatie monopool), SE 50515/3
- [1995, oktober, Grondmechanica Delft]
Beknopte verslaglegging projecten Olie geboekt op SE 50054 sub 320, SE 50054/17
- [1995, Schoevaars]
Vluchtige tot zeer vluchtige organische halogeenverbindingen (VOX en VVOX) in de bodem: bemonstering, verspreiding en adsorptie, Grondmechanica Delft
- [1994, Ballestro et al]
An Investigation of the Relationship Between Actual and Apparent Gasoline Thickness in a Uniform Sand Aquifer, Ground Water, volume 32, No. 5, Sept-Oct 1994
- [1994, Du Floo]
Quality assurance of ground water sampling for volatile halogenated organics analyses, Vakgroep geochemie Universiteit Utrecht/Grondmechanica Delft
- [1994, summer, Parker, Louise V. and Thomas A. Ranney]
Effect of concentration on sorption of dissolved organics by PVC, PTFE, and Stainless steel well casings, Groundwater Monitoring Report
- [1994, Parker et al]
Modeling Free product Migration and Recovery at Hydrocarbon Spill Sites, Ground Water, volume 32, No.1, Jan-Feb
- [1993, januari, DHV]
Geo-elektrisch proefonderzoek naar drijfslagen
In opdracht van Nerefco
- [1992, Schmelling]
An overview of aquifer remediation: NAPL's, pump and treat, and bioremediation;. Contamination by immiscible fluids
- [1992, Vreeken]
Problemen met het gebruik van kunststof peilbuizen voor onderzoek van de kwaliteit van het grondwater, H₂O (25) 1992, No. 20., pp. 560-563
- [1990, november, Eikelkamp, Agrisearch equipment]
Kursus Milieubemonstering, Giesbeek
-

[1985, Barcelona et al]

A Practical guide for ground-water sampling, Illinois State Water Survey, Department of energy and natural sources Champaign, IL 61820 (1950)

[1983, Stuyfzand]

Belangrijke foutenbronnen bij bemonstering van grondwater via peil- en minifilters, H₂O (16) 1983, No. 4, pp. 87-90

BIJLAGEN

Bijlage 1
Eigenschappen van de toegepaste materialen bij bemonstering van grondwater

Bijlage 2

Risicofactoren bij peilbuisgebruik en aanbevelingen voor grondwaterbemonstering

Bijlage 3

Type foutenbronnen bij peilbuisgebruik, gevolg en oplossingsrichtingen