

GRONDWATER

1 INLEIDING

Deze procedure vervangt de procedure CMA/1/A.2 van mei 2002.

Het grondwateronderzoek is een buitengewoon belangrijk element binnen het bodemonderzoek. Dit onderzoek zal toelaten om na te gaan of een aanwezige bodemverontreiniging zich bevindt tot in de verzadigde zone en aldaar verspreidt. Om een dergelijk onderzoek te kunnen uitvoeren is monsternaming van grondwater nodig. Dit dient te gebeuren uit putten waarin zich grondwater bevindt of op plaatsen waar er grondwater aan de oppervlakte komt (bronnen). Het gebruik van peilbuizen heeft het mogelijk gemaakt om op willekeurig gekozen locaties grondwateronderzoek uit te voeren.

De richtlijnen voor de plaatsing van peilbuizen worden teruggevonden in de code van goede praktijk voor het uitvoeren van milieuboringen (OVAM, 2001).

Het belang van een correcte bemonstering van peilputten kan niet genoeg benadrukt worden. Eerst en vooral dient de juiste plaats (bodemiaag) geselecteerd te worden en moet de plaatsing van de peilput zo nauwkeurig mogelijk gebeuren. Om de representativiteit van het watermonster op de gekozen plaats te waarborgen en om wijzigingen of contaminaties van het genomen monster tijdens de monsterneming te voorkomen dienen speciale voorzorgen te worden genomen, deze worden verder besproken.

In tegenstelling tot oppervlaktewater- en drinkwaterbemonstering waar de monsternaming op een relatief eenvoudige wijze kan gebeuren is dit voor het grondwater meestal niet mogelijk.

Peilbuizen bestaan uit een kunststof of INOX buis waarvan de onderste meters geperforeerd zijn. Dit gedeelte, de filter, laat toe dat grondwater in de buis kan instromen. Er dient onderscheid gemaakt te worden tussen een definitieve en een tijdelijke peilbuis.

Een tijdelijke peilbuis is een peilbuis die slechts voor een beperkte tijd op het terrein aanwezig is, meestal slechts enkele uren. Bij de plaatsing van dergelijke peilbuizen worden roestvrijstalen filters gebruikt die mechanisch ingebracht worden, en die een onderdeel van het boorgereedschap vormen.

Een definitieve peilbuis kan omschreven worden als een peilbuis die geplaatst wordt met als doel langdurige monitoring mogelijk te maken en dit over langere periodes (tot meerdere jaren).

De aard van het materiaal waaruit peilbuizen gemaakt worden heeft invloed op de kwaliteit van het bemonsterde grondwater. Een overzicht van de effecten in functie van de aard van het materiaal wordt gegeven in **tabel 1**.

Tabel 1: Niet-limitatief overzicht van peilbuismaterialen en hun eigenschappen

Materiaal	Voordelen	Nadelen
PVC	<ul style="list-style-type: none"> - licht gewicht - hoge resistentie tegen abrasie, elektrochemische en galvanische corrosie - toepasbaar bij zuren, oxiderende middelen, zouten, alkaliën, olie, brandstoffen en vluchtige aromaten - zeer goed bestand tegen zwakke basen, alcoholen, alifatische koolwaterstoffen en olie - goed bestand tegen sterke minerale zuren, geconcentreerde oxidantia en sterke basen - gemakkelijk verkrijgbaar - kostprijs 	<ul style="list-style-type: none"> - zwakker, buigzamer en meer temperatuurgevoelig dan metallische materialen - weinig bestand tegen (lichtgewicht) ketonen, aldehyden, amines, gechloreerde alkenen en alkanen en aromatische koolwaterstoffen (de kritische concentraties zijn echter onbekend) - kan componenten uit het grondwater adsorberen (tetrachlooretheen, lood, bepaalde gechloreerde ethanen, bromoform) - kan met componenten uit het grondwater reageren - uitloog van lood, cadmium en bepaalde additieven mogelijk
Polypropyleen	<ul style="list-style-type: none"> - licht gewicht - hogere chemische resistentie dan PVC - zeer goed bestand tegen minerale zuren - goed tot zeer goed bestand tegen basen, alcoholen, ketonen en esters - goed bestand tegen olie - redelijk goed bestand tegen oxidantia, alifatische en aromatische koolwaterstoffen - afwezigheid sporen zware metalen, inkt, glijwas, weekmakers - kostprijs 	<ul style="list-style-type: none"> - zwakker, buigzamer en meer temperatuurgevoelig dan metallische materialen - kan met componenten in het grondwater reageren - mogelijkheid tot uitloog van bepaalde componenten - mogelijkheid tot adsorptie zink - mogelijkheid tot permeatie/diffusie van vluchtige aromaten en vluchtige gechloreerde solventen - moeilijk machinaal te bewerken omdat het gemakkelijk smelt en moeilijk te snijden is
Teflon	<ul style="list-style-type: none"> - licht gewicht - hoge schokbestendigheid - temperatuurbestendig - uitzonderlijk goede resistentie - onoplosbaar in alle organische stoffen behalve in enkele weinig voorkomende gefluoreerde solventen - minimale adsorptie en absorptie - inert voor metalen 	<ul style="list-style-type: none"> - lage spankracht - onderhevig aan snelle slijtage in vergelijking met andere plastics; - mogelijkheid tot adsorptie lood en cadmium - mogelijke adsorptie vluchtige bestanddelen - kostprijs
Kynar	<ul style="list-style-type: none"> - meer spankracht en meer slijtagevast dan teflon - bestand tegen de meeste chemicaliën - goedkoper dan teflon 	<ul style="list-style-type: none"> - vaak niet onmiddellijk verkrijgbaar - chemisch slecht bestand tegen ketonen en aceton - kostprijs
Inox	<ul style="list-style-type: none"> - zeer sterk binnen een ruim temperatuursbereik - zeer goede corrosiebestendigheid - mogelijke uitloog en sorptie van bepaalde zware metalen - gemakkelijk verkrijgbaar 	<ul style="list-style-type: none"> - zwaarder dan plastics - kan in een zeer zuur milieu metalen afgeven - kan als katalysator optreden bij organische reacties - kostprijs

2 FACTOREN DIE DE PEILPUTWATERKWALITEIT BEÏNVLOEDEN

2.1 Geohydrologische factoren

Algemeen gezien is de "in situ" samenstelling van het grondwater functie van:

- het medium waardoor het water stroomt (mineralogie/gedeponeerde materialen),
- de menging en oorsprong van de grondwaters,
- de verblijftijd van het water in de verschillende lithologische eenheden,
- de aanwezigheid en mogelijke verspreiding van verontreiniging.

In de watervoerende lagen vinden er verschillende processen plaats die de fysico chemische samenstelling van het grondwater in belangrijke mate kunnen wijzigen, zoals onder andere:

- biochemische processen,
- complexvorming,
- zuur-base reacties,
- oxidatie-reductieprocessen,
- neerslag- oplossingsreacties,
- adsorptie- en desorptieprocessen.

Bovenvermelde processen die de "in situ" samenstelling bepalen worden beïnvloed door de constructie van de peilbuis, door de bemonsteringsmethode en door de conservering van het watermonster.

2.2 Invloed van opgeloste gassen

Het grondwater kan veranderingen ondergaan wanneer het uit zijn "in situ" toestand gehaald wordt en blootgesteld wordt aan atmosferische omstandigheden waarbij de temperatuur, druk, zuurstof en CO₂-gehalte verschillend zijn van de toestand in de watervoerende laag.

Grondwater bevat opgeloste gassen, ingebracht door infiltratie of door chemische of biochemische gasproductie beneden de watertafel, minerale, organische stoffen en bacteriële activiteit. Het is bekend dat voor de meeste grondwaters het dominante anion HCO₃⁻ is.

Voor de reactie CO₂ (g) <---> CO₂ (aq) wordt de evenwichtsconstante bij 25°C:

$$K = \frac{(CO_2) (aq)}{P CO_2} = 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ (moles/l atm)}$$

De concentratie van HCO₃⁻ in grondwater wordt bepaald door de oplosbaarheid van carbonaat (meestal calciet) onder invloed van opgeloste CO₂ volgens onderstaande reactie:



Wanneer grondwater, in evenwicht met carbonaat-mineralen, blootgesteld wordt aan de lucht dan ontstaat een onstabiele situatie, omdat de partiële druk van het atmosferische CO₂ in het algemeen lager is dan die van het grondwater.

Het watermonster zal beginnen te ontgassen en in evenwicht komen met de atmosfeer. Het verlies aan CO₂ vermindert de H⁺ activiteit en verhoogt de pH. Door precipitatie van CaCO₃, kan er een verlies optreden aan carbonaat.

In de praktijk is de invloed van opgeloste gassen voornamelijk belangrijk voor geochemische karakterisering van grondwater. In het geval van bemonstering in het kader van het onderzoek van bodemverontreiniging is de relevantie beperkt zodat er slechts beperkt rekening mee moet gehouden worden.

2.3 Invloed van oxido-reductie en precipitatie reacties

Grondwater bevindt zich vanaf een zekere diepte in reducerende toestand. Als deze grondwatermonsters aan de lucht worden blootgesteld zullen zij verschillende reacties ondergaan zoals:

- oxidatie van organische bestanddelen,
- oxidatie van sulfiden tot sulfaat,
- oxidatie van Fe^{++} naar Fe^{+++} en precipitatie als $Fe(OH)_3$,
- oxidatie van NH_4^+ tot NO_3^- .

In de meeste gevallen zullen deze redox processen de conductiviteit beïnvloeden. Door complexvorming, bijvoorbeeld, worden Mn- en Fe-ionen gebonden tot een niet-oxideerbare vorm.

Neerslagen van Fe- en Mn-oxiden vormen dan weer andere problemen bij de bemonstering. Als gevolg van adsorptie of coprecipitatie met Fe-hydroxiden kunnen bijvoorbeeld zware metalen, orthofosfaat of SiO_2 aan de waterige oplossing onttrokken worden.

3 MONSTERNEMINGSAPPARATUUR

3.1 Algemeen

In de eerste plaats is het nodig pompapparatuur uit te zoeken die kan voldoen aan de fysische vereisten zoals putdiepte, diameter en waterstand en die tevens zo weinig mogelijk de fysico-chemische samenstelling van het te bemonsteren water beïnvloedt.

Om de fysico chemische karakteristieken van het grondwater minimaal te wijzigen is het een noodzakelijke voorwaarde dat er gedurende de monstername geen zuurstoftoetreding mogelijk is. Air-lift systemen zijn dus principieel af te raden, temeer daar zij door de plaatselijke hoge drukken in de stijgbuis oorzaak kunnen zijn van blijvende schade en lekkage. Voor dompelpompen, waarvan het mechanisme aangedreven wordt door een gas, mag onder geen beding een vermenging optreden van dit drijfgas met het grondwater.

Het pomphuis moet uit inox of zo mogelijk uit teflon of ander inert materiaal vervaardigd zijn om chemische reacties met het grondwater zoveel mogelijk te vermijden, hetgeen belangrijk is bij de geleidsbaarheidsbepaling en bij de bepaling van sommige sporelementen.

Voor zover de diameter van de stijgbuis het toelaat, verdient de dompelpomp alle voorkeur. De dompelpomp biedt daarenboven het voordeel dat men de pomp altijd tot op filterhoogte kan laten zakken, waardoor een gerichte monstername mogelijk wordt. In die gevallen waar de kenmerken van de peilbuis het gebruik van de dompelpomp onmogelijk maken, zijn andere pompsystemen toelaatbaar. Ook bij deze systemen geldt dat er bij het pompen geen zuurstoftoetreding mag gebeuren.

3.2 Pompapparatuur

Verschiede pompmethodes kunnen in aanmerking komen om grondwater te bemonsteren. Een overzicht van de meest gebruikte pomptechnieken wordt hieronder gegeven.

3.2.1 waterbemonsteringstechnieken door opzuigen van water

3.2.1.1 monstername door gebruik van een vacuümpomp

Het monster wordt opgezogen door het creëren van een onderdruk. Deze methode wordt echter afgeraden daar de opgelegde onderdruk ontgassing bevordert. Bovendien is contact met lucht mogelijk zodat oxidatie optreedt.

3.2.1.2 slangenpomp of peristaltische pomp

De slangenpomp kan manueel of elektrisch aangedreven worden. De slang in het pomphuis is in "silicone" uitgevoerd. De zuigzijde van deze slang wordt verbonden met een teflonslang die in de

peilbuis steekt. Door een kortdurende onderdruk heeft men geen contact met de lucht zodat men een goed monster bekomt. Daar de slangen eenvoudig te vervangen zijn is de kans voor kruisbesmetting klein. Eén van de meest gebruikte pompen is de elektronische slangenpomp met ingebouwde accu en aansluitmogelijkheid voor andere pompjes, niveausensor en schakelklok.

Door zijn vrij laag debiet (orde van liters per minuut) is deze pomp echter niet bruikbaar voor het schoonspoelen van diepere peilbuizen. Dit is ook het geval indien de opvoerhoogte te groot wordt. Bij het plaatsen van de tijdelijke peilbuis wordt meestal ook gebruik gemaakt van de slangenpomp.

3.2.2 waterbemonsterstechnieken door opdrukken van water

3.2.2.1 centrifugaalpomp

Voor het "schoonpompen" van grotere en diepere peilbuizen is men aangewezen op centrifugaal-dompelpompen. Deze zijn te verkrijgen voor afpomping uit buizen met diameters vanaf 45 mm en het debiet is regelbaar. Centrifugaalpompen zijn echter niet geschikt voor bemonstering van monsters voor analyse. Door de hoge snelheid van de schoepen treedt er immers cavitatie en een sterke turbulentie op. Bovendien wordt er ook warmte ontwikkeld wat ook niet gunstig is voor monstername.

Deze pompen worden dus gebruikt bij het schoonpompen van peilputten. Na verwijdering van de pomp wordt door middel van een ander type pomp de grondwaterbemonstering uitgevoerd.

3.2.2.2 balgpomp

Afhankelijk van de diepte varieert het maximum debiet tussen 2,5 en 4 l/min. De maximum bemonsteringsdiepte bedraagt ca. 60 m. Tevens kan er on-line worden gefiltreerd en kunnen de vereiste metingen worden uitgevoerd. De pomp werkt op luchtdruk, zonder dat de lucht in contact komt met het watermonster. Hiervoor zorgt een teflon balg die in het pomphuis is gemonteerd. Het is een pulserende pomp. In een eerste fase wordt het water aangezogen door samentrekken van de balg. Tijdens de tweede fase wordt het water naar boven geperst door uitzetten van de balg. De balgpomp is voorzien van de nodige terugslagkleppen zodanig dat er geen terugstroming kan ontstaan.

Voor niet al te grote peilbuizen kan deze pomp ook worden gebruikt voor het "schoonpompen". Er dient echter opgelet te worden voor kruisbesmetting daar men steeds met dezelfde slangen werkt.

3.2.2.3 kogelkleppompjes

De kogelkleppompjes kunnen manueel of machinaal aangedreven worden. Deze pompjes bestaan in verschillende diameters en zijn vervaardigd uit roestvrij staal. Zij worden aan een darm in de peilbuis neergelaten en door een pulsende beweging wordt het grondwater langs de buis naar boven gedrukt. Het pulsen kan zowel manueel als mechanisch gebeuren.

Kruiscontaminatie kan men vermijden door slangen te vervangen en door nieuwe pompjes te gebruiken.

3.2.2.4 dompelpomp

De dompelpomp is meestal vervaardigd uit roestvrijstaal en teflon, en is toepasbaar in peilbuizen vanaf 50 mm diameter. Door zijn hoog en regelbaar debiet is dit type pomp zeer goed geschikt voor monstername uit diepe peilbuizen. Daar men meestal dezelfde slang gebruikt moet men opletten voor kruiscontaminatie.

3.2.2.5 12 V dompelpompjes (DC-pompjes)

Indien dergelijke 12V dompelpompjes gebruikt worden kunnen zij, om kruiscontaminatie te verhinderen, slechts eenmaal gebruikt worden waardoor zij niet zo goed geschikt zijn om watermonsters te nemen. Door het redelijk debiet dat zij halen zijn ze echter goed geschikt om peilputten proper te pompen. Meestal worden DC-pompjes gebruikt in combinatie met de elektronische peristaltische pomp.

3.2.3 andere methoden

3.2.3.1 kogelklepmonsternemer of bailer

Dit is geen echte pomp maar een soort bailer die meestal vervaardigd is uit teflon of roestvrij staal. Deze methode laat toe om beperkte volumes monster te nemen. De kogelklepmonsternemer mag niet gebruikt worden wanneer vluchtige bestanddelen moeten geanalyseerd worden. Het is echter een goede techniek indien het monster geanalyseerd moet worden naar stabielere parameters.

3.2.3.2 vloeistoflagenmonsternemer

Dit is geen pomp maar een open teflon buis die aan de onderzijde kan afgesloten worden. Dit afsluiten gebeurt door een afsluitsysteem aan de onderkant van de buis dat bediend wordt door een stang of een kabel. Door dit systeem is het mogelijk om op gewenste dieptes een monster te nemen. Deze methode is geschikt om drijf- en zinklagen te karakteriseren.

4 RICHTLIJNEN BIJ MONSTERNAME VAN GRONDWATER

Grondwatermonsters worden best genomen uit peilbuizen waarvan men de karakteristieken goed kent.

Hoewel de watermonsters niet altijd representatief zijn, is monstername ook mogelijk uit productieputten. Bij interpretatie van analyseresultaten moet men echter rekening houden met een mogelijke verlaging van het pollutengehalte door toestroming vanuit meer dan een watervoerende laag of vanuit verafgelegen plaatsen (in functie van hydraulische karakteristieken en afpompingskegel) ofwel een mogelijke verhoging van het pollutengehalte door oplossingsreacties in de onmiddellijke omgeving van de put.

Het verdient daarom de voorkeur de grondwaterbemonstering uit te voeren op peilbuizen die niet in gebruik zijn voor productie.

Waarschijnlijk vormen contaminaties door de monsternameapparatuur de belangrijkste nadelen met betrekking tot bemonstering van peilbuizen.

Bij de monstername uit peilbuizen zijn de volgende aspecten belangrijk:

- opmeting van de grondwaterstanden en verversing van het grondwater
- on-site metingen
- filtratie
- slecht te bemonsteren peilbuizen
- meten van drijf- en zinklagen
- andere richtlijnen

4.1 Opmeten van de grondwaterstanden en verversing van de peilputten

Opmeting waterstanden

Alvorens enige verversing op te starten is het noodzakelijk om de opmeting van de grondwaterstand uit te voeren. Tijdens deze opmeting worden best ook een aantal andere karakteristieken opgemeten: mogelijke aanwezigheid van een drijf- en zinklaag (zie 4.5)

- meting grondwaterstand: diepte van het grondwater ten opzichte van een vast punt
- meting diepte van de peilbuis (ten opzichte van vast punt)
- meting en opnemen van andere nuttige variaties met betrekking tot de peilbuis die kunnen optreden, bijvoorbeeld verandering van de hoogte van de peilbuis (door beschadiging) en dit telkens ten opzichte van eenzelfde referentiepunt

Het "vast punt" ten opzichte van waar de niveaumetingen moeten uitgevoerd worden is meestal de rand van de peilbuis (afhankelijk van de topografische opmetingen kan dit variëren van locatie tot locatie) maar het is noodzakelijk dat dit per site op dezelfde wijze uitgevoerd wordt. Best gebeurt de

nivellering in m TAW (tweede algemene waterpassing) zodat een correcte interpretatie van waterstanden mogelijk is (dit zeker als er verschillende terreinen in het onderzoek opgenomen worden).

Verversing van de peilputten

Wanneer fysico chemische grondwateraspecten moeten worden onderzocht dan moeten peilputten worden "zuiver gepompt" zodanig dat vers grondwater van de watervoerende laag ter beschikking komt voor de eigenlijke bemonstering.

Voor de monsternames (de spoeling van de peilbuis na plaatsing is reeds eerder gebeurd) is het verversen van vijfmaal het peilbuisvolume als minimale vereiste aan te houden.

Voor het eigenlijk "schoonpompen" is het aangewezen na te gaan of er eventuele drijfslagen aanwezig zijn. Door het schoonpompen kunnen de langzaam toegestroomde drijfslagen weggepompt worden. De aanwezigheid van drijfslagen kan bijvoorbeeld gecontroleerd worden met een kogelklepmonsternemer (met doorzichtig reservoir) of met een drijfslagdetector.

Tijdens het verversen is het aan te bevelen een korte tijd voor de eigenlijke bemonstering op een pompdebiet over te schakelen dat overeenkomt met het pompdebiet tijdens de bemonstering.

Om de verversingen uit te voeren dienen de geohydrologische omstandigheden, het putvolume alsook de constructie van de put gekend te zijn om overpompings en preferentiële onttrekkingen te vermijden. Het droogpompen van de peilbuis moet vermeden worden. Het best wordt het afpompsdebiet op een dergelijke wijze bepaald dat het filtergedeelte van de peilbuis nooit aan de lucht blootgesteld wordt.

Vooraf dient men uit de putconstructie en uit lithologische profielen of diagraphieën, na te gaan wat de representativiteit van het watermonster betekent ter attentie van de geplaatste filter. Indien bijvoorbeeld blijkt dat men verschillende waterlagen doorkruist met de filtereenheid dan is het nodig een afpomping uit te voeren tussen "packers" (afsluiters), op een voor de te bemonsteren waterlaag, specifieke diepte.

Bij diepe peilbuizen kan het schoonpompen verkort worden door "micro-purging" toe te passen. Bij deze methode wordt met een zeer laag debiet water onttrokken ter hoogte van het filtergedeelte van de peilbuis (op de diepte waar men een monster wenst te nemen). De bovenliggende waterkolom wordt op deze wijze niet "ververst". Als er ter hoogte van het filtergedeelte voldoende spoeling is gebeurd (in dit geval 5 maal het volume van het filtergedeelte) kan er een monster genomen worden. Het gebruik van packers kan hier nut hebben daar er dan zeker minder watervolume dient verwijderd te worden tijdens de spoeling.

4.2 Metingen en analyse tijdens de monstername

Tijdens de monstername is het noodzakelijk dat er in een gesloten kring (metingen zonder zuurstoftoetreding) minimaal volgende parameters opgemeten worden: pH, temperatuur, zuurstof en geleidbaarheid.

In specifieke gevallen kan het opmeten van: Eh, H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{--} , Fe^{++} , S^- ook gewenst zijn.

pH metingen worden genoteerd in het begin en op het einde van de bemonstering. Doorgaans voert men, indien mogelijk, een complete monitoring uit van de pH, geleidbaarheid en temperatuur tijdens het pompen. O_2 (en eventueel Eh) metingen dienen uitgevoerd te worden na een stabilisatie.

Een grondwatermonster kan pas genomen worden na stabilisatie van de opgemeten parameters.

4.3 Filtratie grondwatermonsters

4.3.1 belangrijke overwegingen

- De bodemsaneringsnormen voor grondwater (VLAREBO) werden afgeleid op basis van de opgeloste fractie. In het toegepaste blootstellingsmodel, gebruikt bij de bepaling van de normering, werden een aantal fysische constanten gebruikt die gebaseerd zijn op de opgeloste fractie (oplosbaarheid, K_d , fugaciteit, Henry-coëfficiënt, ...) zodat een toetsing aan de grondwatersaneringsnorm bij voorkeur gebeurt op basis van de opgeloste fractie (dus niet aan de fractie die op bodemdeeltjes kleeft).
- Voor grondwater moet men zich realiseren dat voor heel wat pollutanten per volumeeenheid aquifer de vracht in oplossing meestal veel kleiner is dan de vracht geadsorbeerd op de vaste fase. Een gedeelte van deze vaste fase kan in het grondwater gesuspendeerd zijn maar deze hoeveelheid kan sterk variëren in functie van de kwaliteit van de peilbuisfilter, de monsternemingsprocedure en van de bodemtextuur. Indien men de gesuspendeerde fractie mee zou analyseren geeft dit dus meer een maat van de kwaliteit van de filter en/of de wijze van bemonstering en van de bodemtextuur (makkelijk suspenseerbare leem of kleipartikels) dan voor de verontreiniging. De vergelijkbaarheid tussen laboratoria en tussen sequentiële monsters op één plaats (bijvoorbeeld in geval van monitoring) zal dus beter zijn in geval van filtratie.
- Alleen het gedeelte dat in oplossing is zal worden verspreid via de grondwaterstroming (abstractie te maken voor drijf- en zinklagen en van transport in karstgebieden). De geadsorbeerde of uitgewisselde (voor kationen) pollutanten kunnen uiteraard in functie van de K_d ook in oplossing gaan naarmate evenwichten veranderen. Men zal dus nooit de "totale" verontreiniging op grondwaterniveau kunnen meten omdat dit sterk samenhangt met allerlei uitwisselingsprocessen en met de totale "reserveverontreiniging" die op het vaste materiaal tijdelijk is vastgelegd. Zelfs voor "wateroplosbare" componenten zoals bijvoorbeeld BTEX is de totale vracht die op de bodem is geadsorbeerd nog altijd minimaal 5 à 10 keer groter dan hetgeen in oplossing is in het grondwater.
- De situatie voor afvalwater (meestal niet te filtreren) is totaal anders omdat de vracht die via de afvalwaterlozing in het oppervlaktewater terechtkomt uiteraard de som is van de opgeloste en gesuspendeerde fractie.
- Vanuit analytisch oogpunt zijn er zowel bezwaren tegen filtreren als tegen niet filtreren. Bij filtratie kan vervluchtiging optreden van vluchtige componenten (bijvoorbeeld BTEX, VOCl, H_2S , ...). Bovendien kan adsorptie optreden aan de wand van het recipiënt (het aangeboden monster zal slechts gedeeltelijk worden geanalyseerd in tegenstelling met de gangbare praktijk om bij niet filtreren het volledig monster te extraheren en het recipiënt na te spoelen) of aan de filter zelf. Bij niet filtreren daarentegen zal in de meeste gevallen geen volledige extractie van de betreffende pollutant uit de gesuspendeerde fase mogelijk zijn (vooral voor organische parameters) en is de reproduceerbaarheid van het analyseresultaat zeker veel kleiner (zie hoger).
- Bij het filtreren kunnen door toetreding van zuurstof diverse uitvlokkingsreacties (vooral Fe) optreden waardoor bepaalde andere (relevante) pollutanten gaan adsorberen op de gevormde Fe-(hydr)oxidevlokken en op die manier worden onderschat.

4.3.2 procedure voor filtratie

- metalen: afzonderlijk grondwatermonster in het veld filtreren en onmiddellijk aanzuren (zie hoofdstuk III). Er wordt bij voorkeur een teflonfilter gebruikt ($0.45 \mu m$). Een glasvezelfilter bevat namelijk zelf een hele reeks metalen die in functie van pH en geochemische condities van het grondwater in oplossing kunnen gaan en aanleiding geven tot contaminatie. Er wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van een filter die in serie is geplaatst tussen de peilbuis en het monstervat. Vermijd hierbij echter het toetreden van buitenlucht.
- vluchtige stoffen (i.e. BTEX en VOCL): GEEN filtratie in het veld. Onmiddellijk na aankomst in het labo suspensie laten bezinken en deelmonstername voor "purge & trap" of "head space" analyse (filtratie niet toegestaan).
- minerale olie: onmiddellijk na aankomst in het labo filtreren over een glasvezelfilter met maximale poriëndiameter van $1 \mu m$. De watermonsters worden na filtratie aangezuurd tot pH 2 met zoutzuur. Extraheren binnen 7 dagen. In bepaalde gevallen (bijvoorbeeld benzineverontreiniging) kan een belangrijk deel van de minerale olie verontreiniging bestaan uit eerder vluchtige

verbindingen en kan een supplementaire analyse op een niet gefiltreerd monster aangewezen zijn.

- PAK's: er wordt een gelijkaardige filtratie in het labo voorgesteld als voor minerale olie.
- Andere niet expliciet genoemde parameters: worden eveneens gefiltreerd op gelijkaardige wijze als voorgeschreven voor minerale olie (tenzij het vluchtige verbindingen betreft).
- Indien filtratie op het veld uitgevoerd wordt is dit bij voorkeur uitgevoerd onder lichte overdruk.

4.4 “Slecht” te bemonsteren peilbuizen

Daar er in Vlaanderen veel lemige en siltige bodems voorkomen is het niet altijd mogelijk om peilbuizen te plaatsen waaruit grote hoeveelheden grondwater kunnen onttrokken worden. Anderzijds is het “niet goed water geven” van peilbuizen niet altijd het gevolg van de bodemopbouw maar kunnen er een hele reeks redenen teruggevonden worden. De deskundige moet altijd nagaan welk de reden is voor een slecht functionerende peilbuis. Een overzicht van een reeks elementen waarmee er rekening moet gehouden worden wordt hieronder gegeven.

- Indien de geologische karakteristieken een “normale” monstername zouden toelaten (K groot genoeg) dan kan er besloten worden dat er een probleem is met de betrokken peilbuis. Bijvoorbeeld de filter is niet goed geplaatst of de boven het filtergrind geplaatste kleistop verstopt de filter. In dit geval wordt een nieuwe peilbuis geplaatst en kan het grondwatermonster afkomstig van de “slechte peilbuis” niet aanvaard worden.
- Indien de bovenvermelde reden niet geldt voor de betreffende peilbuis kan overwogen worden om een peilbuis met een grotere diameter te plaatsen en of een langere filter in dezelfde laag te plaatsen. Indien de toestroming niet verbetert zal toch een monster genomen worden. In dit geval dient er duidelijk in het rapport vermeld te worden dat de standaardprocedure voor monstername niet kon gevolgd worden. Tevens moet ook duidelijk vermeld worden waarom de monstername afgeweken werd van de standaardprocedure. Indien er voor dit monster een overschrijding van de normen teruggevonden wordt duidt dit zeker op een verontreiniging.
- De monstername dient (na verversing) binnen de 24 uur te gebeuren.
- Voor het geval dat de peilbuis niet goed kan bemonsterd worden (te weinig water) is het aan te raden om een bodemmonster te nemen op dezelfde diepte als de filterlocatie waar er zich een probleem met betrekking tot de watertoevoer voordoet. Analyse op dezelfde reeks parameters moet uitsluitsel geven over de aanwezigheid van verontreiniging.
- Indien er geen duidelijkheid bestaat, moeten er meerdere monsters genomen worden van zowel bodem als grondwater en dit verspreid over het terrein.
- Voor het geval dat de peilbuis niet goed kan bemonsterd worden (te weinig water) is de “on-site” bepaling van parameters zoals O₂, pH, conductiviteit en temperatuur zinloos. Meting van deze parameters gebeurt dan best in het labo op de genomen monsters en dient met de nodige omzichtigheid geïnterpreteerd worden.

4.5 Andere richtlijnen

Periode tussen peilbuis plaatsing en monstername:

Het plaatsen van een peilbuis veroorzaakt verstoring van de geochemische gesteldheid van de ondergrond. Vlak na het plaatsen van een peilbuis kan de samenstelling door oplossing, complexvorming en dergelijke, veranderd zijn. Ook de aangebrachte kleistoppen hebben 24 uur nodig om volledig uit te zwellen. Om deze reden zal steeds minimaal 1 week gelaten worden tussen het moment van de peilbuisplaatsing en de bemonstering. Deze regel is niet van toepassing bij het gebruik van de zogenaamde tijdelijke peilbuis waarbij het mogelijk is om dadelijk, na plaatsing van de filter, een monster te nemen.

Monstername van grondwater verontreinigd met VOC:

Bij monstername voor VOC-analyse moet men al het nodige doen om contact met zuurstof te vermijden. Verlies van vluchtige componenten ten gevolge van oxidatie (tot 20% van het VOC-gehalte) gebeurt reeds in de monsternamedarm. Bij de monstername mag het waterpeil dan ook nooit onder de bovenkant van de filter komen te staan. Een snijdende peilbuis is in principe niet geschikt voor VOC-bemonstering.

In sommige gevallen kan het gebruik van packers (afsluiters) een betere monstername garanderen.

Bij langdurige monitoring (bijvoorbeeld bij sanering en in de nazorgfase) moet er op gewezen worden dat het peilbuismateriaal aanleiding kan geven tot contaminatie met VOC's en dat de resultaten van de grondwateranalyses tot verkeerde conclusies kunnen leiden. Bijvoorbeeld bij de beslissing of een grondwatersanering al dan niet kan beëindigd worden. Een nieuwe peilbuis moet in dit geval geplaatst worden.

Staalname van grondwater verontreinigd met VOCl's:

Aan de hand van een uitgebreide staalnamecampagne van grondwater (verontreinigd met VOCl's) door middel van verschillende pompen is algemeen gebleken dat er met de volgende pompen gelijke resultaten bekomen werden: de slangpomp; de centrifugale; de dompelpomp; de pulsknikker en de balgpomp. Voor grondwaterstalen genomen met de kogelklepmonsternemer of bailer worden afwijkende resultaten bekomen voor de analyse naar VOCl's. De resultaten (analyses) bekomen voor deze staalname techniek zijn significant lager dan deze teruggevonden voor de andere pompen. De kogelklepmonsternemer mag niet gebruikt worden voor de staalname van grondwater verontreinigd met VOCl's.

Vervanging van monsternamedarm:

Voor elke monstername moet de monsternamedarm vervangen worden. Het achterlaten van darm in de peilbuis is niet toegestaan, dit geldt eveneens voor hergebruik in dezelfde peilbuis.

4.6 Opmeten van drijfslagen en zinklagen

Drijfslagen

In het geval er een drijfslag aanwezig is in de peilbuis, is het nemen van grondwatermonsters niet van toepassing. Grondwatermonsters afkomstig van filters waarin een drijfslag aanwezig is, kunnen niet worden gebruikt voor de bepaling van de grondwaterkwaliteit.

Met drijfslag wordt bedoeld: de aanwezigheid van puur product ter hoogte van de grondwatertafel. Het gaat normaal om producten die een kleinere dichtheid hebben dan water, waardoor ze op het grondwater blijven drijven. Er dient echter een duidelijk onderscheid gemaakt te worden tussen "puur" product en drijfslag.

Puur product: (vloeibare) verontreiniging die voorkomt in de bodem als afzonderlijke fase. Al dan niet mobiel. Met het begrip puur product hangt de term **retentiecapaciteit** van de bodem samen. Het puur product is mobiel (met andere woorden het blijft niet op dezelfde plaats en verspreidt zich bijvoorbeeld met het grondwater) indien de retentiecapaciteit van die bepaalde bodem wordt overschreden.

Drijfslag: puur product (slecht wateroplosbaar) dat voorkomt op het grondwaterniveau (ter hoogte van de grondwatertafel en in de water-capillaire zone) en daar aanleiding geeft tot een puur-product spiegel. Het puur product is in dit geval mobiel. Indien er geen vloeistofspiegel wordt gevormd is het puur product capillair aanwezig.

Het onderscheid tussen "puur product" en "drijfslag" ligt in de al dan niet mobiliteit van het product ter hoogte van het grondwaterniveau. Dit is dus ook functie van bijvoorbeeld seizoens effecten, waardoor het ontstaan van drijfslagen, gevormd door stijging van de grondwatertafel, kan voorkomen.

In de onderstaande figuur wordt het voorkomen van een puur productzone van *oliecomponenten* rond het grondwaterniveau weergegeven.

Van boven naar beneden onderscheidt men:

- de water onverzadigde zone (lucht in de bodemporiën)
- de olie verontreinigde zone (olie/lucht in de poriën; "competitie" tussen lucht en olie)
- de olie verontreinigde zone (olie/water in de poriën; "competitie" tussen water en olie)
- de water verzadigde zone (water in de poriën)

erg belangrijk zijn ten gevolge van de seizoenale variaties. Het is daarom ook aan te raden om meerdere malen de dikte van drijfslagen op te meten.

Indien er geen drijfslagen aangetroffen werd op een terrein waarvoor er sterke vermoedens zijn dat dit wel het geval zou zijn is het eveneens aangeraden om meerdere malen opmetingen uit te voeren op tijdstippen langer dan 1 week na de plaatsing van de peilbuizen.

Door de aanwezigheid van een drijfslag (puur product) wordt de waterkolom in de peilbuis naar beneden gedrukt. Als men echter de dichtheid van het product waaruit de drijfslag bestaat kent en de dikte van de drijfslag gemeten heeft kan men ook de werkelijke waterstand berekenen (zie verder).

De dikte van de drijfslag bestaande uit LNAPL (light nonaqueous phase liquids) in een peilbuis is meestal groter dan de dikte van de drijfslag in de omringende watervoerende laag. In de literatuur wordt een factor tussen 2 tot 10 maal teruggevonden (bron: EPA). De in de peilbuis opgemeten dikte wordt ook wel de apparante dikte van de drijfslag genoemd.

De dikte van de drijfslag kan, afhankelijk van de aard van het puur product, echter ook kleiner zijn dan de zone waarover het product aangetroffen wordt in de waterlaag. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij goed wateroplosbare stoffen zoals benzeen. Dus de vuistregel alsof de dikte van de drijfslag in de peilbuizen 2 tot 10 maal groter zou zijn in vergelijking met de dikte in de watervoerende laag gaat niet altijd op.

Gezien de mogelijke variaties in dikte van de drijfslag in de peilbuis is het zelden mogelijk om aan de hand van de dikte van de drijfslag een "exacte" dikte van de zone in de bodem te berekenen. Enkel een benaderende schatting kan. Dit is slechts mogelijk als er een reeks veld- en bodemkarakteristieken gekend zijn. Gezien de complexiteit van het probleem is er tot nu toe geen methode voorhanden waarmee dit op een eenvoudige wijze kan bepaald worden.

In de literatuur is er informatie terug te vinden betreffende de omrekening van de opgemeten dikte naar de overeenkomstige dikte in het watervoerend pakket (EPA, Fetter, 1999, de Marsily, 1981). Het toepassen van deze methoden dient altijd met de nodige voorzichtigheid te gebeuren. Daarnaast is het toepassen van berekeningsmethoden gebaseerd op empirische vergelijkingen af te raden.

In de volgende twee hoofdstukken wordt een methode van omrekening van het waterpeil en een voor het berekenen van de dikte van drijfslag in de watervoerende laag beschreven.

Omrekening van het waterpeil

De berekening van de waterhoogte in een peilbuis waar er een drijfslag aanwezig is, gebeurt als volgt:

$$h_c = h_m + (H_0 * (\rho_o / \rho_w))$$

Waarbij:

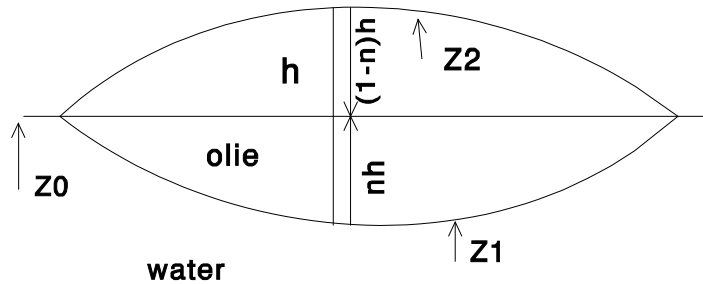
- h_c = gecorrigeerde waterhoogte^(*) (m)
- h_m = gemeten hoogte van het water – drijfslag scheidingsvlak^(*) (m)
- H_0 = dikte van de drijfslag (m)
- ρ_o = dichtheid drijfslagproduct (kg/m³)
- ρ_w = dichtheid van water (kg/m³)

^(*) al de hoogtes worden gemeten ten opzichte van een vast referentiepeil bijvoorbeeld in mTAW

Schatting van de zone, in de watervoerende laag, waar puur product aanwezig is

Vloeistoffen met een specifiek volumegewicht ρ_o kleiner dan het volumegewicht van water, en die zich niet met water vermengen, blijven op het grondwater drijven. De relatieve densiteit η is de verhouding: $\eta = \rho_o/\rho_w < 1$.

Indien in een poreuze horizontale watervoerende laag met een positie z_0 een olielaag aangebracht wordt met een dikte h , die voorkomt tussen z_2 (contact olie-lucht) en z_1 (contact olie-water) dan kan het vertikaal evenwicht beschreven worden zoals in de hieronder gegeven figuur.



Waarbij:

$$n \text{ in de figuur} = \eta$$

$$z_1 = z_0 - \eta h$$

$$z_2 = z_0 + (1-\eta)h$$

Deze voorstelling is te vergelijken met de verhouding zout/zoet water die voorkomt in bijvoorbeeld kustgebieden (intrusie van zoutwater).

In de weergave hierboven wordt er echter geen rekening gehouden met adsorptie en adhesiekrachten van het poreus midden. Die maken dat de plaats van de olielaag niet (altijd) overeenkomt met het niveau bepaald in een piëzometer. Deze capillaire effecten spelen ook voor het grondwater zelf: de positie van de watertafel z_0 is gedefinieerd als het oppervlak waar de hydrostatische druk gelijk is aan 0. Maar door de capillaire werking (zoals het geval met vloeipapier dat vocht opzuigt) stijgt het water boven de watertafel; in de capillaire zone is de druk bijgevolg kleiner dan de atmosferische druk. De capillaire stijghoogte van water (h_{wl}) wordt bepaald door de poriënstraal r , de oppervlaktespanning tussen water en lucht (σ_{wl}) en het specifiek volumegewicht (ρ_w) van water: $h_{wl} = 2\sigma_{wl}/rg\rho_w$.

Capillaire krachten bepalen op gelijkaardige wijze de positie van de olielaag. De opstijging van olie in lucht is analoog: $h_{ol} = 2\sigma_{ol}/rg\rho_o$. Dat geldt voor de positie van de olielaag ten opzichte van de lucht (bovenkant).

Aan de onderkant van de olievlek, is er zoals bij het contact olie-lucht of water-lucht ook een capillaire opstijging van water in olie (h_{wo}), die bepaald wordt door de oppervlaktespanning tussen water en olie (σ_{wo}): $h_{wo} = 2\sigma_{wo}/rg(\rho_w - \rho_o)$.

Met andere woorden er is een relatie tussen de verschillende stijghoogten in functie van de verhouding tussen de specifieke volumegewichten en de oppervlaktespanningen en deze kan als volgt gegeven worden:

$$h_{wo}/h_{wl} = \tau_1/(1-\eta) \quad \text{en} \quad h_{ol}/h_{wl} = \tau_2/\eta$$

waarbij $\tau_1 = \sigma_{wo} / \sigma_{wl}$ en $\tau_2 = \sigma_{ol}/\sigma_{wl}$.

De werkelijke positie van het grensvlak tussen water en olie z_{wo} is dus gegeven door:

$$z_{wo} = z_1 + h_{wo}$$

de positie van het grensvlak olie-lucht (z_{ol}), door:

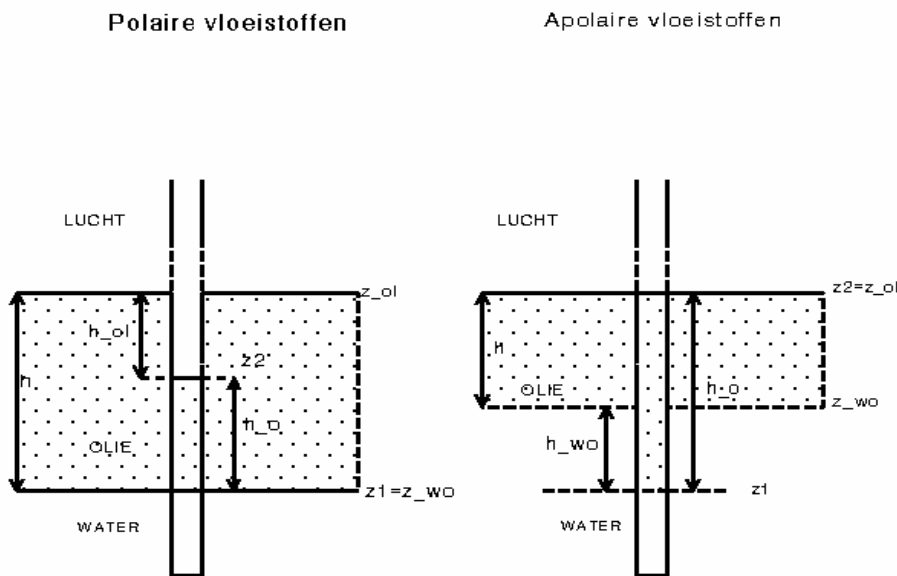
$$z_{ol} = z_2 + h_{ol}$$

De werkelijke dikte h van de olielaag in de bodem, kan verschillen van de dikte h_o die gemeten wordt in de peilbuis. De werkelijke dikte kan worden afgeleid door bovenstaande formules te combineren:

$$h = h_o + h_{ol} - h_{wo}$$

De positie van de olie is dus afhankelijk van de oppervlaktetensionen.

Een schematisch beeld van de theoretische verdeling van olieproducten in de peilbuis en in de waterlaag wordt gegeven in de onderstaande figuur. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen apolaire en niet-apolaire stoffen.



Er worden twee extreme situaties onderscheiden:

1. 'olie' gedraagt zich als water (polaire vloeistoffen als alcohol):

$$\tau_1 = 0 \text{ en } \tau_2 = 1$$

$$h_{wo} = 0 \quad (\sigma_{wo} = 0)$$

$$h_{ol} = h_w/\eta$$

$$\text{zodat: } h = h_o + h_w/\eta$$

De dikte van de olielaag in de watervoerende laag is dus groter dan de dikte die gemeten wordt in de peilbuis.

2. 'olie' gedraagt zich ten opzichte van water zoals lucht (apolaire vloeistoffen zoals minerale olie):

$$\tau_1 = 1 \text{ en } \tau_2 = 0$$

$$h_{wo} = h_w / (1 - \eta)$$

$$h_{ol} = 0 \quad (\sigma_{ol} = 0)$$

$$\text{zodat: } h = h_o + h_w / (1 - \eta)$$

De dikte van de olielaag in de watervoerende laag is nu kleiner dan de dikte die gemeten wordt in de peilbuis.

Aan de hand van de hierboven opgegeven vergelijkingen is het mogelijk om, rekening houdend met de aard van het product, een schatting te maken van de dikte van de zone waarin het puur product in de watervoerende laag aanwezig is.

Volgende parameters moeten gekend zijn:

- opgemeten dikte van de drijf laag in de peilbuis (h_o) [L]
- poriënstraal (r) [L]
- specifiek volumegewicht (ρ) [M] / [L³]
- oppervlaktespanning product – lucht (σ_{ol}) [M] [L] [T⁻²] [L⁻¹]
- oppervlaktespanning product – water (σ_{ow}) [M] [L] [T⁻²] [L⁻¹]
- oppervlaktespanning water – lucht (σ_{wl}) [M] [L] [T⁻²] [L⁻¹]

In de onderstaande tabellen 2 en 3 worden een aantal parameters gegeven die kunnen gebruikt worden. Afhankelijk van de terreinsituatie is het echter noodzakelijk om voor specifiek aangetroffen producten, die de drijf laag vormen, de noodzakelijke parameters te bepalen of op te zoeken.

Tabel 2: Overzicht parameters in functie van aard van het product

Stof	ρ Kg/m ³	σ_l dyne/cm	σ_w
Water	1000	73	-
Aceton	791	23	
Ethyl alcohol		22	
Glycerine		63	
Petroleum	850	26	
Benzine	750	20,2	12
Benzeen	879	28,9	35
Tolueen	867		

σ_l = oppervlaktespanning vloeistof – lucht

σ_w = oppervlaktespanning vloeistof – water

σ : 1 dyne/cm = 1e-03 N/m

Voor de ontbrekende waarden in tabel 2 moet de gebruiker zelf specifieke productinformatie opzoeken.

Tabel 3: Poriënstraal grondsoorten

Poriënstraal grondsoorten			
Grof zand	150	-	125 μ
Gemiddeld zand	75	-	40 μ
Fijn zand	25	-	20 μ
Lemig zand	15	-	10 μ
Leem	10	-	8 μ
Klei	8	-	μ

Afgeleid van de vergelijkingen hierboven gegeven kan in een rekenblad de volgende vergelijking ingebracht worden:

$$h = h_0 + [(2 * \sigma_{ol} * 0.001) / (r * 0.000001 * 9.81) * \rho_0] - [(2 * \sigma_{ow} * 0.001) / (r * 0.000001 * (\rho_w - \rho_0) * 9.81)]$$

Waarbij de volgende eenheden gehanteerd worden: h_0 (m); poriënstraal (μ), specifiek volumegewicht (kg/m^3); oppervlaktespanningen (dyne/cm).

Opmerking: er dient hierbij rekening gehouden te worden met de randvoorwaarden zoals bijvoorbeeld: $\rho_0 < \rho_w$

Zinklagen

In het geval er een zinklaag aanwezig is in de peilbuis is het nemen van grondwatermonsters niet van toepassing. Grondwatermonsters afkomstig van filters waarin een zinklaag aanwezig is, kunnen niet worden gebruikt voor bepaling van de grondwaterkwaliteit. Wel kan een monster van de zinklaag (puur product) genomen worden voor analyse. De opmeting van de dikte van de zinklaag kan eveneens gebeuren door middel van een specifieke sonde. Gezien de aard van de producten die zinklagen vormen (dichtheid groter dan water) is het niet mogelijk om een omrekening uit te voeren ter bepaling van de "dikte" van de zone waarin de zinklaag in de watervoerende laag aangetroffen wordt.