

Problemen met het gebruik van kunststof peilbuizen voor onderzoek van de kwaliteit van het grondwater

Inleiding

Kunststof peilbuizen voor het bemonsteren van het grondwater kunnen in bepaalde gevallen aanleiding geven tot onjuiste gegevens, ook al worden de Voorlopige Praktijkrichtlijnen [1] of de normvoorschriften gevolgd [2]. Dit probleem wordt veroorzaakt door het feit dat kunststof buizen permeabel zijn voor organische stoffen.



DR. IR. C. VREEKEN
BMS Bodem Milieu Systemen
Berkel en Rodenrijs



DR. J. H. A. DRIESSEN
Grondmechanica Delft
Delft

Wanneer een stijgbuis voor bemonstering van het diepe grondwater een sterk verontreinigde laag doorsnijdt, kan het water binnen in de buis ter plaatse van deze laag als gevolg van permeatie door de buiswand verontreinigd raken. Deze situatie is geïllustreerd in afb. 1. In dit artikel wordt theoretisch bepaald in welke mate permeatie door een stijgbuis op kan treden en wat het effect kan zijn op de resultaten van het grondwateronderzoek.

Aanleiding tot dit onderzoek zijn onverklaarbare analyseresultaten voor gechloreerde koolwaterstoffen van grondwater uit diepe peilbuizen. In de bovenliggende pakketten komen op de bewuste lokatie hoge concentraties gechloreerde koolwaterstoffen voor. Deze resultaten kunnen achteraf worden toegeschreven aan permeatie door de stijgbuis.

Voor de berekeningen naar het effect van permeatie is gebruik gemaakt van de resultaten van een onderzoek van het KIWA naar de permeatie van verontreinigingen door drinkwaterleidingen [3].

Peilbuizen voor de bemonstering van grondwater

Voor de bemonstering van grondwater in het kader van een onderzoek naar bodemverontreiniging worden veelal peilbuizen gebruikt, vooral als het gaat om het bepalen van zowel de stijghoogte als de kwaliteit van het grondwater (voor eenmalige bemonstering is het ook mogelijk een monster te nemen met een sonde). Er zijn zowel stalen als kunststof

Samenvatting

HDPE-peilbuizen worden veelal toegepast op verontreinigde lokaties omdat ze bestand zijn tegen aromatische en gechloreerde oplosmiddelen. Ze zijn echter wel permeabel voor deze stoffen. Dit kan een probleem opleveren in die gevallen waarin de kwaliteit van het grondwater in een diep gelegen watervoerende laag moet worden bepaald terwijl de bodem daarboven sterk verontreinigd is.

Met behulp van bekende gegevens van de permeatie-constante van het materiaal is de concentratie-ontwikkeling in de peilbuis berekend. Het blijkt dat binnen één of enkele weken het water in de stijgbuis door permeatie sterk kan zijn verontreinigd.

Het verwijderen van deze verontreinigingen door het spoelen van de buis kan bemoeilijkt worden door visceuze effecten en desorptie van verontreinigingen van de binnenzijde van de buis. Met berekeningen is aangetoond dat na de gangbare spoelprocedure er nog verontreinigingen kunnen worden aangetroffen die het gevolg zijn van permeatie.

Om voor dergelijke gevallen contaminatie te voorkomen, worden aanbevelingen gedaan.

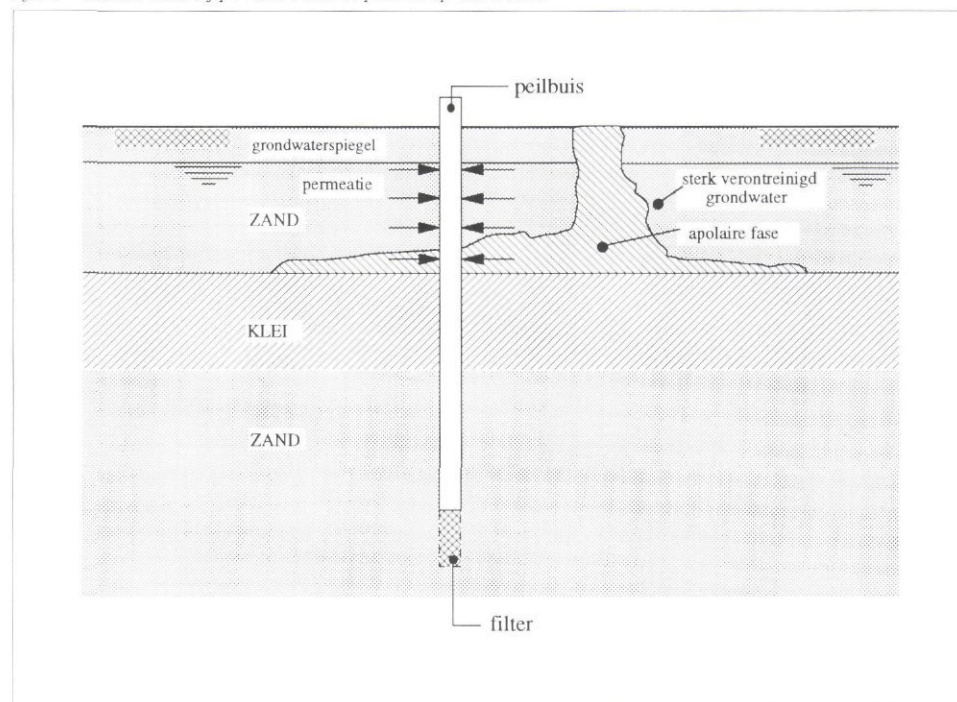
peilbuizen in gebruik. Stalen peilbuizen kunnen direct met een ballastwagen worden weggedrukt. Kunststof peilbuizen worden in een boorgat geplaatst. Voor het onderzoek naar de kwaliteit van het grondwater zijn stalen buizen minder geschikt omdat ze kunnen roesten. Roestvorming kan invloed hebben op vooral het gehalte zware metalen. Verder bevatten stalen peilbuizen vaak spoortjes olie die zeer moeilijk zijn te verwijderen. Kunststof peilbuizen hebben dit nadeel niet en worden voor een onderzoek naar bodemverontreiniging algemeen gebruikt. Er worden twee materialen toegepast: polyvinylchloride (PVC) en hoge dichtheid polyethyleen (HDPE). PVC heeft het nadeel dat het aangetast

kan worden door koolwaterstoffen, vooral vluchtige aromaten en vluchtige gechloreerde verbindingen zijn agressief voor PVC. Op plaatsen waar dergelijke verontreinigingen in hoge concentraties zijn te verwachten worden in het algemeen HDPE-buizen toegepast. Een veel gebruikte buismaat voor deze peilbuizen is: inwendige diameter 25 mm, wanddikte 2 mm. De berekeningen in dit artikel beperken zich tot peilbuizen van HDPE met voornoemde buismaat.

Het mechanisme van permeatie

Permeatie is het doordringen van stoffen door een scheidingsmedium. Bij permeatie van koolwaterstoffen door een buiswand spelen twee verschijnselen een

Afb. 1 - Situatie waarbij permeatie van de peilbuis op kan treden.



rol, te weten het verdelingsevenwicht van de verontreiniging (permeant) over de waterfase en het HDPE-materiaal en de diffusie van het permeant door het HDPE. In tabel I zijn de evenwichtsverdelingen van verschillende stoffen aan het grensvlak HDPE/grondwater weer-gegeven.

Voor gechloreerde koolwaterstoffen geldt dat aan het grensvlak grondwater/HDPE deze componenten in veel hogere concentraties in het HDPE voorkomen dan in het grondwater. Van andere verbindingen zijn voor diffusie vanuit de opgeloste fase door HDPE geen experimentele gegevens bekend, maar op grond van de gegevens van het verdelingsevenwicht van LDPE/water [3] en het verdelingsevenwicht HDPE/gas [3], mag worden aangenomen dat ook vluchtige aromaten een sterke voorkeur hebben voor het HDPE, vergelijkbaar met die van gechloreerde koolwaterstoffen. Diffusie van verontreinigingen in HDPE treedt op in de amorfe gebieden van het materiaal. Het blijkt dat hier het diffusieproces kan worden beschreven met de theorie van Fick (de massaflux door diffusie is evenredig met de concentratie-gradiënt).

De diffusiecoëfficiënten die hierbij kunnen worden gebruikt zijn weergegeven in tabel II.

De diffusiecoëfficiënten in HDPE zijn een orde 4 kleiner dan die in water. Voor vluchtige aromaten mag, op grond van de gegevens van de diffusiecoëfficiënt van deze verbindingen in LDPE [3] en de diffusiecoëfficiënt die door permeatie in de gasfase zijn bepaald [3], worden aangenomen dat vluchtige aromaten een diffusiecoëfficiënt hebben die sterk met die van gechloreerde koolwaterstoffen overeenstemt.

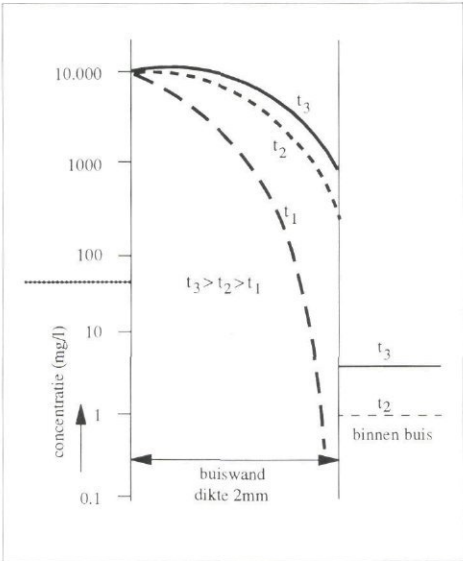
Het permeatieproces is een adsorptie-, diffusie- en desorptieproces. De volgende

TABEL I – Verdelingscoëfficiënten tussen HDPE en water.

Component	Verdelingscoëfficiënt HDPE/water
chloorbenzeen	42
1,3 dichloorbenzeen	79
trichlooretheen	38
tetrachlooretheen	27
methyl-ethylketon	0,36

TABEL II – Diffusiecoëfficiënten in HDPE.

Component	Diffusiecoëfficiënt in HDPE (m ² /dag)
chloorbenzeen	4,6 · 10 ⁽⁻⁸⁾
1,3 dichloorbenzeen	1,4 · 10 ⁽⁻⁸⁾
trichlooretheen	1,9 · 10 ⁽⁻⁸⁾
tetrachlooretheen	1,4 · 10 ⁽⁻⁸⁾
methyl-ethylketon	0,8 · 10 ⁽⁻⁸⁾



Afb. 2 - Het verloop van de concentratie aan de binnenzijde van de buis in de tijd.

5 stappen kunnen worden onderscheiden:

1. transport vanuit de 'bulk' van het grondwater naar de buitenwand van de HDPE-buis
2. instelling van het verdelingsevenwicht water/HDPE aan de buitenwand van de buis
3. transport door de buiswand
4. instelling van het verdelingsevenwicht water/HDPE aan de binnenwand van de buis
5. transport vanaf de binnenwand van de buis naar de 'bulk'

Van stap 2 en 4 mag worden aangenomen dat ze zich momentaan instellen.

Op grond van het feit dat de diffusiecoëfficiënten in water veel groter zijn dan in HDPE en omdat bovendien transport in de waterfase voor het grootste deel wordt gerealiseerd door convector (dat een veel sneller proces is dan diffusie) zijn stap 1 en 5 te verwaarlozen ten opzichte van stap 3. De flux door de wand kan worden bepaald door uitsluitend het diffusieproces door de buiswand te beschouwen.

In afb. 2 is het concentratieverloop in de verschillende fasen van het permeatieproces schematisch weergegeven.

Berekening van de permeatie

De concentratie die binnen een kunststof buis kan ontstaan door contact met verontreinigd grondwater kan theoretisch worden afgeleid [3].

Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de concentratie binnen de buis veel kleiner is dan daar buiten. Er geldt dan:

$$Q(t) = d \cdot K \cdot C \left[\frac{Dt}{d^2} - \frac{1}{6} - \frac{2}{\pi^2} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n^2} \exp \left(\frac{-Dn^2\pi^2t}{d^2} \right) \right] \tag{1}$$

waarin

- Q(t) – cumulatieve hoeveelheid gediffundeerd permeant per oppervlakte-eenheid van de buiswand (kg/m²)
d – dikte van de buiswand (m)
K – verdelingscoëfficiënt (-)
C – concentratie permeant in de waterfase aan de buitenzijde van de buis (kg/m³)
D – diffusiecoëfficiënt (m²/dag)
t – tijd (dagen)

Met deze gegevens is voor verschillende permeanten (chloorbenzeen, trichlooretheen en tetrachlooretheen) de concentratie in de stijgbuis als functie van de tijd berekend.

De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in afb. 3.

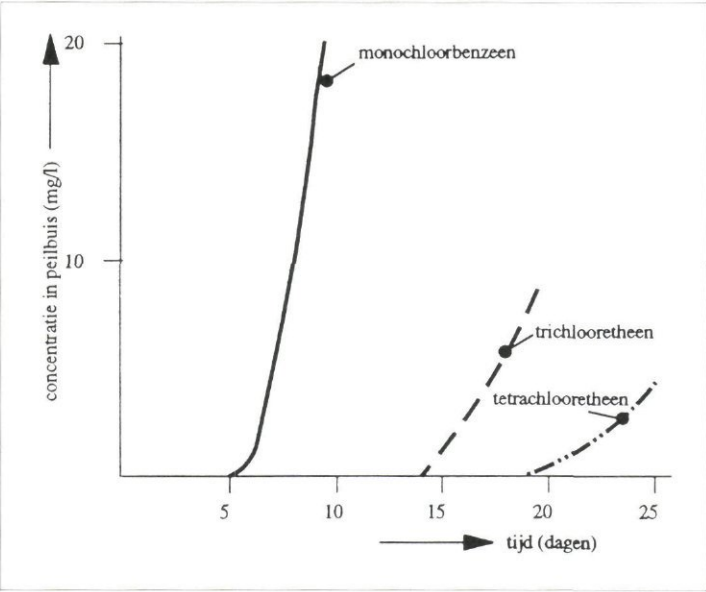
Voor deze berekeningen is aangenomen dat de stijgbuis het brongebied van de verontreiniging doorsnijdt. In het grondwater wordt de concentratie gelijk gesteld aan 150 mg/l.

Het blijkt dat na een periode van 1 tot 3 weken de concentratie in de peilbuis snel gaat stijgen. De concentratietoename in de stijgbuis heeft de orde van grootte van 1% van de concentratie buiten de buis per dag.

Het effect van schoonpompen

Bij het plaatsen van peilbuizen wordt door het gebruik van 'werkwater' en het opvullen van het boorgat met onder meer filtergrind het heersende evenwicht verstoord. Daarom wordt niet onmiddellijk na plaatsing het grondwater bemonsterd maar wordt enkele weken na plaatsing het filter eerst voorgepompt. Vervolgens wordt weer een periode gewacht, waarna opnieuw wordt voorgepompt en vervolgens wordt bemonsterd. Op het moment dat een diepe peilbuis wordt bemonsterd, staat de peilbuis meestal al een maand of langer in de grond, een peilbuis die als monitoringpunt wordt gebruikt veelal nog langer. Als de stijgbuis een bodemlaag doorsnijdt die hoge concentraties gechloreerde koolwaterstoffen of vluchtige aromaten bevat, zal op het tijdstip van bemonstering er permeatie hebben plaatsgevonden.

Bij het schoonspelen van de peilbuis voorafgaand aan de bemonstering wordt een slang in de peilbuis gebracht en wordt het water onttrokken. Dit water komt via



Afb. 3 - Het concentratieverloop op verschillende tijdstippen (schematisch).

het filter uit de grond toestromen. De meest effectieve manier om de buis schoon te spoelen is de slang zo hoog mogelijk in de buis te hangen zodat de gehele buis wordt doorspoeld. Volgens de NEN 5745 moet minimaal driemaal de peilbuisinhoud worden doorgestroomd. Hiermee kan echter het effect van permeatie maar gedeeltelijk worden opgeheven.

Dit wordt veroorzaakt door twee verschijnselen: het visceuze effect en het desorptie-effect.

Het visceuze effect

Bij het leegpompen is dicht aan de wand van de stijgbuis de stroming zeer traag. Ook nadat de peilbuisinhoud gemiddeld enkele malen is ververst, blijft hiervan nog een deel achter.

De hoeveelheid, die door het visceuze effect in de stijgbuis achterblijft, hangt af van het al of niet laminair zijn van de stroming. Met het Reynolds-getal kan berekend worden dat voor een peilbuis met een inwendige diameter van 0,025 meter de stroming laminair is voor een onttrekkingsdebiet tot 2,5 liter/minuut. Boven de 5 liter/minuut is de stroming turbulent. In de praktijk hangt het af van de snelheid van toestroming met welk debiet kan worden onttrokken. In zowel de VPR als de NEN-normen zijn geen debieten genoemd waarmee de peilbuis moet worden voorgepompt. Het kan voorkomen dat met laminair debiet wordt onttrokken.

Voor laminaire stroming kan de hoeveelheid die in de peilbuis achterblijft worden berekend [4] met vergelijking 2.

f = (alpha^2) / (4 * t^2) (2)

- waarin
- f - fractie van de oorspronkelijke vloeistof die na t seconden door-spoelen in de buis achterblijft
- alpha - gemiddelde tijd nodig voor éénmaal doorspoelen
- t - doorspoeltijd

Wanneer de buis 3 maal met laminaire stroming wordt doorspoeld dan is f = 0,028

Er kan dan in een peilbuis, waarin over de gehele lengte gemiddeld concentraties van 100 mg/l aanwezig zijn, na onttrekking van driemaal de peilbuisinhoud nog 2,80 mg/l (2800 µg/l) achterblijven.

Desorptie-effect

Als de buis wordt voorgespoeld wordt het verdelingsevenwicht tussen het grondwater in de buis en het HDPE plotseling verstoord. Als het water is ververst, blijft in het HDPE bij het grensvlak aan de binnenzijde van de stijgbuis de verontreiniging in hoge concentraties aanwezig. Daarom kan na het schoonspoelen het water in de buis opnieuw verontreinigd raken.

Als wordt aangenomen dat concentratievereffening in het water in de buis zeer snel plaatsvindt door convectie en diffusie, zodat de concentratie aan het grensvlak relatief laag is, kan de hoeveelheid die door desorptie tijdens en na het schoonspoelen uit de buiswand vrijkomt, worden berekend met de penetratietheorie [4]. De stofoverdracht in geïntegreerde vorm is weergegeven in vergelijking 3.

Q(t) = 2 * C1 * sqrt((D * t) / pi) (3)

- waarin
- Q(t) - cumulatieve hoeveelheid gedesorbeerd permeant per oppervlakte-eenheid (kg/m²)
- D - diffusiecoëfficiënt (m²/dag)
- t - contacttijd (dagen)
- C' - concentratie permeant in HDPE (kg/m³)

De concentratiepermeant in HDPE bedraagt in voornoemd voorbeeld (concentratie in de buis 100 mg/l) bij een verdelingscoëfficiënt HDPE/water van 50: 50 · 100 = 5000 mg/l

Stel dat eerst gedurende 6 minuten wordt schoongespoeld en dat het vervolgens nog 24 minuten duurt voordat wordt bemonsterd. Bij een diffusiecoëfficiënt van 2 · 10(-8) m²/dag en een contacttijd van 6 minuten is Q(t) = 5,1 · 10(-5) kg/m². Bij een contacttijd van 30 minuten is Q(t) = 11,5 · 10(-5) kg/m². Dit betekent dat na het schoonpompen door desorptie er weer een concentratie van in de stijgbuis van 10,2 mg/l (10.200 µg/l) kan ontstaan.

Uit de berekeningen blijkt dat het visceuze effect dezelfde orde van grootte heeft als het desorptie-effect; in dit voorbeeld in de ordegrootte van 1-10 mg/l (1.000-10.000 µg/l). Opgemerkt moet worden dat de berekeningen alleen betrekking hebben op het deel van de de stijgbuis waarover permeatie optreedt. Dit is slechts een deel van de totale lengte van de stijgbuis.

Contaminatie van de bemonstering Wanneer na het schoonspoelen van drie-maal de peilbuisinhoud de bemonstering ter hoogte van het gepermeëerde deel van de peilbuis plaats zou vinden dan kan dit monster zoals blijkt uit bovenstaande berekeningen sterk gecontamineerd zijn.

De VPR schrijft voor dat bij de bemonstering het grondwater ter hoogte van het filter moet worden onttrokken. Het is essentieel dat dit voorschrift wordt gevolgd ook bij hele diepe filterstellingen. Bij het op diepte brengen van de bemonsteringsslang zal er menging in de peilbuis optreden. Als aangenomen wordt dat de menging volledig is, er over een hoogte van 2 meter permeatie is opgetreden en de stijgbuis met het filter een waterkolom van 20 meter bevat, dan zal de concentratie met een factor 10 worden verdund. Voor bovengenoemd voorbeeld betekent dit dat ondanks het feit dat er is voorgepompt een gemiddelde concentratie in de peilbuis 1 mg/l (1000µg/l) kan worden berekend.

Wanneer ter hoogte van het filter wordt bemonsterd zal niet alleen water dat via het filter uit de bodem toestroomt maar ook water dat oorspronkelijk in de peilbuis stond worden bemonsterd. Dit treedt vooral op bij minder goed doorlatende bodems. Het monster kan dan aanzienlijk gecontamineerd zijn.

Conclusies en aanbevelingen

Uit het theoretisch onderzoek naar het effect van permeatie door kunststof peilbuizen op de resultaten van een grondwateronderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het grondwater in een HDPE stijgbuis die in contact staat met verontreinigd grondwater kan binnen een maand door permeatie zeer sterk verontreinigd raken.
- Schoonspoelen van de buis kan de verontreiniging niet volledig verwijderen. Door de viscositeit stroomt het water langs de wand zeer traag en blijft hier verontreiniging achter. Ook kan de verontreiniging desorberen. Bij schoonspoelen volgens de procedure van de VPR kan 1-10% van de verontreiniging in de buis achterblijven.

- Bemonstering ter hoogte van het filter is zeer belangrijk. Maar ook in dit geval is contaminatie niet volledig uit te sluiten. Bij het op diepte brengen van de bemonsteringsslang treedt er menging op en kan er ook ter hoogte van het filter contaminatie optreden.

Als de kans bestaat dat een peilbuis door permeatie is gecontamineerd wordt geadviseerd de buis met een hoog debiet schoon te spoelen, zodanig dat het water ook bovenin de buis wordt ververst. De tijd tussen het schoonspoelen en het bemonsteren moet zo kort mogelijk worden gehouden. Het is van groot belang dat de bemonsteringsslang ter hoogte van het filter wordt gehangen en dat bij hoge snelheid een ruime hoeveelheid grondwater wordt voorgepompt. Aanbevolen wordt de feitelijke bemonstering bij veel lagere snelheid uit te voeren.

Voor nieuw te plaatsen peilbuizen op lokaties waar de kans bestaat op permeatie van de stijgbuis wordt geadviseerd de stijgbuis ter plaatse van de sterk gecontamineerde zone te omwikkelen met aluminiumfolie. Ook zouden hier RVS-peilbuizen kunnen worden gebruikt.

Literatuur

1. Overleggroep kwaliteitsstandaard bodemonderzoek (1988). 'Aangepaste Voorlopige Praktijkrichtlijnen (VPR) voor bemonstering en analyse van bodemverontreiniging'. September 1988.
2. NEN 5744: *Monsterneming van grondwater ten behoeve van de bepaling van metalen, anorganische*

verbindingen, matig vluchtige organische verbindingen en fysisch-chemische bodemkenmerken

NEN 5745: *Monsterneming van grondwater ten behoeve van de bepaling van vluchtige verbindingen*
3. Vonk, M. W. (1985). 'Permeatie van organische verbindingen door leidingmaterialen', mededeling nr. 85. KJWA, Rijswijk, mei 1985.

4. Beek, W. J. (1968). 'Fysische transportverschijnselen 1'. VSSD, Delft.

• • •

TK: Geen gevaar voor drinkwater door proefboring

De vergunning voor proefboringen van Mobil Oil in het gebied tussen Velsen en Zandvoort en in de gemeente Haarlemmermeer brengen de drinkwatervoorziening niet in gevaar. Dat antwoordt minister Andriessen (EZ) op kamervragen van Van Hoof (VVD), die erop wees dat de gemeente Noord-Holland negatief adviseerde over de vergunningen.

Andriessen stelt dat hij voor wat betreft het boren op land het advies van de provincie 'nagenoeg geheel' heeft overgenomen om het duingebied te vrijwaren van boringen. Dat geldt niet voor het stedelijke gebied en een direct bij Zandvoort gelegen camping, omdat daar een bestemmingsplan-procedure moet worden doorlopen voordat met boren begonnen kan worden. Andriessen vindt dat dat voldoende waarborg biedt voor een afgewogen beslissing en wijst erop dat dit 'gangbare praktijk' is bij het verlenen van opsporingsvergunningen en concessies. Hetzelfde standpunt neemt de minister in met betrekking tot Haarlemmermeer. Met eventuele plannen voor woningbouw na 1995 is in de vergunning geen rekening gehouden.

Over het boren op zee schrijft Andriessen dat een strook van 500 meter langs de kust gevrijwaard blijft van boringen. Daarbuiten zijn alleen booractiviteiten mogelijk nadat de vergunninghouder overleg heeft gevoerd met de planologische werkcommissie. (ANP)

CML-rapport verschenen

Het Centrum voor Milieukunde heeft een methode ontwikkeld waarmee waterbeheerders de natuurontwikkeling van oever doelgericht kunnen aanpakken. Het rapport 'Met oever meer natuur' levert bouwstenen voor het opstellen van concrete doelstellingen, die de waterbeheerder tevens de mogelijkheid geven ontwerp, uitvoering en eindresultaat te evalueren. Het onderzoek is verricht in opdracht van het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) en de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW).

Nadere inlichtingen: Centrum voor Milieukunde, Postbus 9518, 2300 RA Leiden, telefoon 071 - 27 74 86.

Summaries

• End of page 547

H₂O (25) 1992, nr. 20; 560

C. VREEKEN and J. H. A. DRIESSEN:

Problems with the use of synthetic materials for inspection wells for determination of the quality of groundwater

Inspection wells, consisting of high density polyethylene (HDPE), are frequently used at contaminated locations because they are resistant for aromatic and chlorinated hydrocarbons. However this material is permeable for these chemicals.

This can be a problem if these pipes are used for the determination of the quality of the groundwater of a deep aquifer, while the upper layer are strongly contaminated with these chemicals.

In this paper the concentration development in the standpipe is calculated based on known data. It appears that as result of permeation the water inside the standpipe can be strongly contaminated within one or some weeks.

The removal of the contaminants, by flushing before sampling, can be incomplete because of viscous effects and desorption of contaminants from the inner surface of the pipe. Calculation show, that even if the Dutch guidelines for flushing and sampling are applied, the effect of permeation can occur.

To prevent sampling failures as result of permeation a new procedure is suggested for these cases.

H₂O (25) 1992, nr. 20; 564

J. F. M. VERSTEEGH, P. J. M. BERGERS and A. C. DE GROOT:

Fabric softeners: also a threat for the drinking water supply?

Cationic quaternary ammonium compounds are used as fabric softeners. DTDMAC, a technical product with an ecotoxicological risk for aquatic organisms, is the most well known. Ecotoxicological risk values have been determined, followed by an agreement to ban the product from fabric softeners. The quaternary ammonium compounds are highly adsorptive for anionic surfactants, particles and sediment in watersystems.

This paper describes research on occurrence and behaviour of DTDMAC during drinking water production and gives possible risks for public health.

DTDMAC occurs in raw surface water (maximum 20 µg/l), in bankfiltrate (maximum 5 µg/l) and in finished drinking water (maximum 4.3 µg/l; median 1.7 µg/l). The measured concentrations in drinking water do not give risks for public health. The maximum acceptable value, calculated on the basis of literature data is 0.8 mg/kg food or water. On every sampling point only two measurements were carried out, and therefore effects due to the purification processes can only be interpreted qualitatively. In general, a relatively high concentration of DTDMAC can be decreased easily (bottom passage, conventional purification steps) to a few µg's, but the compound cannot be removed completely even by ozone or activated carbon filtration. In surface water the concentrations are much higher than the negligible risk value (0.5 µg/l) for aquatic ecosystems. The actual concentrations given in this report give no reason to continue the research into the meaning of DTDMAC for drinking water supplies.