

BTO 2007.035
Juli 2007

Veilige waterwingebieden

Verslag van een workshop over de implementatie
van BTO-resultaten

BTO 2007.035
Juli 2007

Veilige waterwingebieden

Verslag van een workshop over de implementatie
van BTO-resultaten

© 2007 Kiwa N.V.
Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag
worden verveelvoudigd,
opgeslagen in een
geautomatiseerd
gegevensbestand, of
openbaar gemaakt, in enige
vorm of op enige wijze,
hetzij elektronisch,
mechanisch, door
fotokopieën, opnamen, of
enig andere manier, zonder
voorafgaande schriftelijke
toestemming van de
uitgever.

Kiwa Water Research
Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Tel. 030 606 95 11
Fax 030 606 11 65
www.kiwawaterresearch.eu

Colofon

Titel

Veilige waterwingebieden. Verslag van een workshop over de implementatie van BTO-resultaten.

Projectnummers

11.1516.050; 11.1517.400; 11.1518.050; 11.1519.400;
11.1520.030; 11.1521.100; 11.1522.100; 11.1601.400

Projectmanagers

Wiel Senden, Corina de Hoogh

Opdrachtgever

BTO

Kwaliteitsborger(s)

Gertjan Medema

Auteur(s)

Gertjan Medema, Gertjan Zwolsman

Dit rapport is selectief verspreid onder medewerkers van BTO-participanten en is verder niet openbaar.

Samenvatting

De bodem is voor meer dan 80% van het Nederlands drinkwater een belangrijke barrière tegen microbiologische en chemische verontreinigingen. Het beschermingsbeleid is een kwart eeuw geleden gedefinieerd door de Commissie Bescherming Waterwingebieden. Nieuwe ontwikkelingen in de maatschappij (nieuwe eisen voor microbiologische veiligheid, de opkomst van het Water Safety Plan en het bekendworden van nieuwe chemische verontreinigingen), in de drinkwaterpraktijk (begrazing) en in de wetenschap (GIS, modellering, risicoanalyse, moleculaire methoden) stellen nieuwe vragen over de veiligheid van waterwingebieden.

Samen met de PBC's Risicobeheer bronnen, Microbiologie en Chemische Waterkwaliteit is in 2004 in het BTO een onderzoeksprogramma Veilige Waterwingebieden opgesteld, met 7 onderzoeksprojecten. De centrale doelstelling van dit programma was kennis te genereren, te verzamelen en te aggregeren om waterleidingbedrijven de veiligheid van hun waterwinning te kunnen laten vaststellen en waar nodig te optimaliseren.

De meeste projecten zijn nu afgerond of bevinden zich in de afrondingsfase. Daarom werd op 12 april 2007 een workshop georganiseerd met de PBC Risicobeheer bronnen en de PBC Microbiologie. Tijdens de workshop werden de resultaten van de projecten uit het onderzoeksprogramma Veilige Waterwingebieden gepresenteerd en werd gezamenlijk vastgesteld hoe de resultaten van het onderzoek bij de waterbedrijven kunnen/moeten worden geïmplementeerd.

De algemene indruk uit het onderzoek is dat het met de microbiologische en chemische kwaliteit van het gewonnen grondwater in Nederland goed is gesteld. Op een aantal plaatsen is (extra) aandacht nodig voor de bescherming van de goede kwaliteit:

- Bij anoxische (en mogelijk suboxische), freatische winningen met een dunne onverzadigde zone (voor virussen);
- Bij kwetsbare, bedreigde (oever)grondwaterwinningen (voor polaire chemische verontreinigingen)
- Als recreanten of grazers in de directe nabijheid van winmiddelen kunnen komen (voor ziekteverwekkers, (dier)medicatie);
- Bij het waarborgen van de integriteit van de winmiddelen met de hygiëncode (voor microbiologische en chemische verontreinigingen);

De kennis en modelinstrumenten (Respond ST, Expermodelbodempassage) helpen waterleidingbedrijven bij het inventariseren en evalueren van de microbiologische en chemische veiligheid van hun winningen.

Inhoud

	Samenvatting	1
	Inhoud	3
1	Veilige waterwingebieden?	5
2	Onderzoeksprogramma Veilige Waterwingebieden	9
3	Samenvatting van de presentaties	13
3.1	Veilige Waterwingebieden – Evaluatie mate van bescherming waterwingebieden tegen nieuwe chemische verontreinigingen	13
3.2	Veilige Waterwingebieden – Risico’s begrazing en recreatie	15
3.3	Veilige Waterwingebieden – De microbiologische veiligheid van de 60-dagenzone rond grondwaterwinningen	18
3.4	Veilige Waterwingebieden – Expertmodel Bodempassage	20
3.5	Veilige Waterwingebieden – Bacteriofagen in grondwater.	21
3.6	Veilige Waterwingebieden – Hygiëne bij winmiddelen	22
3.7	Veilige Waterwingebieden – Hygiëncode grondwaterbescherming	23
4	Workshop conclusies	25
4.1	Chemische verontreinigingen	25
4.2	Risico’s recreatie en begrazing	25
4.3	Veiligheid 60 dagenzone	26
4.4	Expertmodel bodempassage	26
4.5	Wettelijk meetnet bacteriofagen	26
4.6	Hygienecode winningen	27
4.7	Respond ST	27
4.8	Algemeen	27
5	Bijlagen: presentaties workshop 12 april 2007	29

1 Veilige waterwingebieden?

De bodem als barrière voor ziekteverwekkers

Het grootste deel van het drinkwater in Nederland wordt gewonnen uit grondwater. Ook bij de behandeling van oppervlaktewater tot drinkwater speelt passage door de bodem (oeverfiltratie en infiltratie) een belangrijke rol. De bodem is voor meer dan 80% van het Nederlands drinkwater een belangrijke barrière tegen microbiologische en chemische verontreinigingen. Voor de microbiologische veiligheid wordt algemeen de 60-dagen zone gehanteerd, die is gebaseerd op Duits onderzoek uit 1937! Dit onderzoek richtte zich op de afsterving van bacteriën in grondwater als belangrijkste proces van eliminatie van micro-organismen in de bodem. In 1980 heeft de Commissie Bescherming Waterwingebieden (CBW) een richtlijn opgesteld voor de bescherming van waterwingebieden en daarbij dit Duitse onderzoek overgenomen. Toen was al duidelijk dat dit onvoldoende basis was voor bescherming tegen virussen (die toen net aandacht kregen in de drinkwaterwereld). De CBW gaf aan dat de 60-dagenzone afdoende bescherming bood tegen bacteriën en in ieder geval ook een zekere mate van bescherming tegen virussen, maar dat nader onderzoek nodig was om vast te stellen of de mate van bescherming afdoende was.

De winning van diep, goed beschermd grondwater is vanouds beschouwd als zeer veilig. Freatische winningen en kalksteenwinningen zijn minder goed beschermd tegen verontreinigingen vanwege het ontbreken van beschermende (klei/leem)lagen. In Nederland wordt in dergelijke (m.n. kalksteen) systemen incidenteel een indicatie voor een microbiologische verontreiniging gevonden. Bij sommige winningen kwam dat vaker voor en was dat reden tot sluiting of het installeren van UV. In het buitenland is grondwater (onder invloed van verontreinigingsbronnen) wel aangemerkt als oorzaak voor *outbreaks* van infectieziekten. De *outbreak* van *E.coli* O157 in het Canadese Walkerton na hevige regenval is daar een recent voorbeeld van. De grondwaterwinning in Nederland is beter toegerust dan in dergelijke gevallen, maar deze voorbeelden illustreren wel dat het mis kan gaan als er onvoldoende kennis en aandacht is voor deze materie.

Nieuwe eisen voor virussen

In de jaren negentig ontwikkelde zich de risicobenadering in de beoordeling van de microbiologische veiligheid van drinkwater. Die is nu vastgelegd in het Waterleidingbesluit in de vorm van een toelaatbaar infectierisiconiveau van 10^{-4} per persoon per jaar. Dit niveau betekent dat de concentratie micro-organismen in drinkwater zeer laag moeten zijn ($1,2 \times 10^{-6}$ per liter).

Onderzoek naar virusverwijdering door de bodem

De ontwikkeling van de risicobenadering en het ontbreken van kennis over de verwijdering van m.n. virussen bij bodempassage leidde vooral bij de oppervlaktewaterbedrijven tot onderzoek om vast te stellen of met (oever)infiltratiesystemen drinkwater kon worden gemaakt dat aan de nieuwe eis voldoet. Er heeft eind jaren negentig en begin jaren tweeduizend onderzoek plaatsgevonden op de locaties Castricum, DIZON, Roosteren en Weerseloseweg. Een aantal hoofdbevindingen uit dit onderzoek zijn:

- de oxische bodem is een effectieve barrière tegen alle micro-organismen (bacteriën, virussen en protozoa);
- niet de afsterving van micro-organismen in grondwater (uitgangspunt Duitse onderzoek) is het bepalende proces voor de eliminatie van micro-organismen, maar een combinatie van ad- en desorptie aan bodemdeeltjes, zeefwerking en overleving van gehechte en in grondwater gesuspendeerde micro-organismen, wat betekent dat de eliminatie sterk wordt bepaald door de bodemsamenstelling en het transport van water door de bodem;
- bij infiltratie en oeverfiltratie zijn de eerste meters van de bodempassage het meest effectief, de daaropvolgende meters zijn minder of zelfs heel weinig (bij diepinfiltratie) effectief; dit is waarschijnlijk het gevolg van verschillen in de samenstelling van bodem en grondwater in de eerste meters;
- de nadere aandacht voor de microbiologische veiligheid resulteert in inzicht in relatief kwetsbare punten en in nadere aandacht voor de winmiddelen bij de waterleidingbedrijven. Op meerdere locaties werden ongewenste situaties aangetroffen die met relatief eenvoudige maatregelen verholpen/voorkomen kunnen worden (onvolkomenheden in putafdichting, kortsluiting in put door foutieve aanleg monsterpunten, boring putten in waterwingebied waarbij slootwater voor de boring werd gebruikt) of inzicht in relatief kwetsbare punten.

Is virusverwijdering in de bodem te voorspellen?

Om de resultaten van de veldexperimenten bij Castricum en Someren te vertalen naar andere grondwaterwinningen heeft het RIVM een virustransportmodel ontwikkeld. Met het model werd bepaald wat de lengte van de beschermingszone rond grondwaterwinningen zou moeten zijn, ervan uitgaande dat virussen uit een lekkend riool in het watervoerende pakket terecht komen en een infectierisico van 1 op 10.000 mensen per jaar. De modelresultaten lieten zien dat om met 95% zekerheid onder het infectierisico van 1 op 10.000 mensen te blijven, verblijftijden van 1 tot 2 jaar nodig zijn. Deze verblijftijden wijken sterk af van de verblijftijden in de twee eerder genoemde veldstudies. Dit verschil wordt veroorzaakt doordat het model als belangrijkste aannames heeft dat het aantal hechtingsplaatsen in het watervoerende pakket minimaal zijn en dat de inactivatieconstante van virussen in grondwater zeer laag is. Deze aannames lijken conservatief, maar er is geen harde informatie om deze analyse voor de Nederlandse waterwinningen te nuanceren.

Bescherming infrastructuur

Een goed beschermde grondstof vraagt om een goede bescherming van de winmiddelen. In veel *outbreaks* in het buitenland vindt besmetting plaats via lekke putten/putkoppen/deksels, boorgaten of open verbindingen. Ook bij ondiepe drains kan (her)besmetting van infiltratiewater optreden, met name bij hoge grondwaterstanden en hevige regenval (plassenvorming).

De bescherming van de winmiddelen is ook vanuit het oogpunt van dreiging van (bio)terroristische aanslagen actueel.

Onderzoeksvragen

In 2002 heeft de VEWIN een inventarisatie van de state-of-the-art over de veiligheid van waterwingebieden laten uitvoeren en een workshop door Kiwa laten organiseren waar dit onderwerp met de experts van de waterleidingbedrijven tegen het licht is gehouden. De volgende conclusies van deze workshop vormen de basis voor een onderzoeksprogramma naar veilige waterwingebieden:

1. De veiligheid van de 60-dagenzone is onvoldoende bekend. Nader onderzoek is nodig naar de veilige afstand tussen lekkende riolen en winmiddelen, vooral in anoxische en suboxische freatische winningen.
2. Begrazing met grootvee (en recreatie) in de nabijheid van winmiddelen vormt mogelijk een bedreiging op plaatsen waar het bodempakket weinig bescherming biedt.
3. Voor het wegnemen van risicosituaties in de infrastructuur is in het algemeen geen onderzoek, maar aandacht voor de hygiëne in constructie en bedrijfsvoering nodig. De HACCP-systematiek lijkt een zeer bruikbaar instrument om deze situaties te identificeren, correctieve maatregelen op te stellen en deze te prioriteren. Daarnaast is er behoefte aan een *update* van de richtlijn van de CBW over wat wel en wat niet te doen in een waterwingebied.

2 Onderzoeksprogramma Veilige Waterwingebieden

Samen met de PBC's Risicobeheer bronnen, Microbiologie en Chemische Waterkwaliteit is in 2004 in het BTO een onderzoeksprogramma Veilige Waterwingebieden opgesteld. De centrale doelstelling van dit programma was kennis te genereren, te verzamelen en te aggregeren om waterleidingbedrijven de veiligheid van hun waterwinning te kunnen laten vaststellen en waar nodig te optimaliseren.

Het programma bevat zeven projecten.

1. GIS - Inventarisatie veiligheid waterwingebieden

Dit project richt zich op het ontwikkelen van een werkwijze voor het vaststellen van de kwetsbaarheid van waterwingebieden op basis van combinatie van GIS informatie over de wingebieden en verontreinigingsbronnen en van de opbouw van het bodempakket. Dit instrument wordt toegepast om de waterwingebieden in Nederland te rubriceren naar mate van bescherming.

2. 60 dagen zone voldoende veilig?

In dit project wordt met veldonderzoek vastgesteld welke minimum reisafstand en -tijd vereist is tussen verontreinigingsbronnen zoals een lekkend riool, septic tank of opslag van mest of rioolslib, en de winmiddelen voor de drinkwatervoorziening. Het onderzoek wordt uitgevoerd in een freatische aquifer die zo gunstig mogelijk is voor virustransport. Als de 60- dagen verblijftijd hier voldoende is, is zij voor alle winningen voldoende.

3. Risico's recreatie en begrazing

In dit project wordt de verwijdering van micro-organismen bij transport door de onverzadigde zone bepaald in een gebied met een ondiepe freatische winning waar in de omgeving begrazing en recreatie plaatsvindt. Op basis van de resultaten wordt bepaald of en zo ja waar afrastering rondom winmiddelen nodig is.

4. Expertmodel bodempassage

In dit project wordt een *second opinion* gegeven van het virustransportmodel van het RIVM dat aangeeft dat 1-2 jaar verblijftijd nodig is voor voldoende bescherming. Voor een verdere professionalisering van virustransportmodellering wordt dit gekoppeld aan geochemische informatie, waardoor een instrument ontstaat waarmee de huidige kennis over transport van micro-organismen wordt gebundeld en kan worden geëxtrapolerd naar andere waterwinningen.

5. Evaluatie mate van bescherming tegen nieuwe chemische verontreinigingen

Telkens duiken nieuwe (polaire) stoffen in het milieu op die door de bodempassage afdoende moeten worden verwijderd. In dit project wordt geëvalueerd welke mate van bescherming in de waterwingebieden aanwezig is tegen nieuwe chemische verontreinigingen, door veldmetingen en door bestaande kennis over het gedrag van de stoffen te evalueren.

6. HACCP en Hygiëncode waterwinning

In dit project wordt de toepassing van Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP, Water Safety Plan) ontwikkeld voor winmiddelen. Hiermee krijgen de waterleidingbedrijven een instrument voor het inventariseren (van de ernst) van bedreigingen van de winmiddelen in constructie en bedrijfsvoering, het evalueren van de bestaande infrastructuur en maatregelen en prioriteren van eventueel te nemen additionele maatregelen.

Ook wordt een update van de CBW-aanbevelingen uit 1980 gemaakt voor de bescherming van waterwingebieden (Hygiëncode winning) op basis van nieuwe inzichten in Nederland en Duitsland.

7. Interpretatie wettelijk meetnet bacteriofagen in ruw grondwater.

In het nieuwe Waterleidingbesluit is een meetverplichting voor bacteriofagen in ruw grondwater opgenomen. Deze fagen zijn een enkele keer aangetroffen bij een aantal winningen, ook goed beschermde winningen. Dit project poogt vast te stellen wat de betekenis is van de huidige resultaten van de bacteriofagenmetingen in ruw grondwater. Ook wordt een meetprogramma opgesteld om in geval van het aantreffen van fagen in ruw grondwater de situatie nader te karakteriseren.

Workshop

De meeste projecten zijn nu afgerond of bevinden zich in de afrondingsfase. Daarom werd op 12 april 2007 een workshop georganiseerd met de PBC Risicobeheer bronnen en de PBC Microbiologie, onder voorzitterschap van Rian Kloosterman. Tijdens de workshop werden de resultaten van de projecten uit het onderzoeksprogramma Veilige Waterwingebieden gepresenteerd en werd gezamenlijk vastgesteld hoe de resultaten van het onderzoek bij de waterbedrijven kunnen/moeten worden geïmplementeerd.

Het programma van de workshop zag er als volgt uit:

9.30-10.00	Ontvangst, koffie
10.00-10.10	Opening, welkom
10.10-10.35	Leo Puijker: Emerging substances in grondwater
10.35-11.00	Gijsbert Cirkel: Risico's begrazing en recreatie
11.00-11.20	Pauze
11.20-11.45	Paul van der Wielen: Veiligheid 60-dagen zone
11.45-12.10	Klaas-Jan Raat: Expertmodel bodempassage
12.10-12.25	Paul van der Wielen: Meetnet bacteriofagen in ruw grondwater
12.25-12.30	Sluiting ochtendsessie
12.30-13.30	Lunch/wandeling
13.30-13.55	Marc Balemans/Inke Leunk: Hygiëncode winningen

13.55-14.20	Kees Vink: Toepassing Respond ST in discussies over grondwaterbescherming
14.20-15.00	plenaire discussie over o.a. implementatie en nieuwe onderzoeksvragen
15.00	Sluiting

In dit rapport staan de samenvattingen van de presentaties en een samenvatting van de discussie tijdens de workshop over de betekenis en implementatie van de ontwikkelde kennis en over nog uitstaande vragen van de waterbedrijven. In de bijlagen zijn de gepresenteerde sheets opgenomen.

3 Samenvatting van de presentaties

3.1 Veilige Waterwingebieden – Evaluatie mate van bescherming waterwingebieden tegen nieuwe chemische verontreinigingen

Doelstelling

In het kader van het bedrijfstakonderzoek (BTO) van de gezamenlijke waterbedrijven is onderzoek uitgevoerd naar de bedreiging van het grondwater door organische microverontreinigingen. Het onderzoek richtte zich speciaal op polaire stoffen. Juist deze stoffen kunnen het grondwater bedreigen door hun relatief hoge mobiliteit in de bodem, waarmee ze mogelijk een bedreiging vormen voor het drinkwater. Bovendien zijn deze stoffen moeilijk te verwijderen met de voor grondwater gebruikelijke zuiveringsstappen zoals beluchting en filtratie.

Aanpak

Het onderzoek is uitgevoerd op 25 geselecteerde kwetsbare, bedreigde grondwaterwinningen. Het betrof grondwater van individuele putten, het gemengde ruwwater en drinkwater. Bij het onderzoek is een nieuwe brede screeningstechniek, gebaseerd op een isolatie van stoffen uit het water met een vaste fase (SPE), een vloeistofchromatografische scheiding en detectie van stoffen met een 2-tal detectoren (gebaseerd op UV absorptie en massaspectrometrie) toegepast waarmee vooral ook polaire stoffen kunnen worden aangetoond. Tevens is onderzoek uitgevoerd naar de betekenis van aangetroffen stoffen door een screening van genotoxische effecten door meting van de mutageniteit en van de oestrogene activiteit.

Resultaten

In de meeste voor het onderzoek geselecteerde bedreigde winningen zijn onbekende stoffen aangetroffen. Het aantal aangetroffen stoffen in grondwatermonsters bedroeg in een 6-tal winningen meer dan 10 stoffen, tot meer dan 30, terwijl de geschatte totale concentratie op enkele locaties meer dan 25 µg/l bedroeg. Ook in het gemengde ruwe water en drinkwater zijn een groot aantal stoffen aangetroffen, in beduidend lagere concentraties. Het betreft zeer waarschijnlijk verontreinigingen gezien het feit dat in vergelijkbare grondwatermonsters van onverdachte locaties geen stoffen worden aangetroffen. *De vermelde concentraties betreffen slechts zeer ruwe schattingen! De werkelijke concentraties van de aangetroffen stoffen kunnen aanzienlijk afwijken van de geschatte concentraties doordat de gevoeligheid of respons van de twee toegepaste detectiemethoden voor de aangetroffen onbekende stoffen niet bekend is.*

Bij het onderzoek naar de mogelijke betekenis van de aangetroffen stoffen met screeningstechnieken voor respectievelijk genotoxische effecten en hormoonversturende effecten (oestrogene activiteit) is *geen of een verwaarloosbaar effect in drinkwater vastgesteld.*

Implicaties

De resultaten van het onderzoek kunnen worden gebruikt bij het opstellen van een monitoringstrategie voor de screening van (de ontwikkeling van) de kwaliteit van ruwwater en drinkwater bereid uit diverse bronnen. De toegepaste brede

screeningsmethode vormt een zeer krachtig hulpmiddel voor het maken van waterkwaliteitsprofielen. Indien nodig kunnen op basis van monitoringresultaten preventieve of curatieve maatregelen genomen worden.

Vervolgonderzoek

In de vervolgfase zal het onderzoek zich volgens plan vooral richten op het vaststellen van de aard (identificatie) en de concentratie van de aangetroffen stoffen. Daarbij zal voor geïdentificeerde stoffen een toxicologische evaluatie van de betekenis van deze stoffen voor de kwaliteit van het drinkwater plaatsvinden. Het onderzoek zal uitgebreid worden naar andere kwetsbare grondwaterwinningen en locaties waar oevergrondwater en oppervlaktewater als grondstof worden gebruikt.

① Leo Puijker, 030-60 69 633 of leo.puijker@kiwa.nl

3.2 Veilige Waterwingebieden – Risico's begrazing en recreatie

Omschrijving van de problematiek

Vanuit oogpunt van natuurbeheer wordt in een aantal waterwingebieden begrazing met grootvee toegepast. Het vanwege de mogelijke risico's van besmetting uitrasteren van individuele winputten of gebieden met winputten, geeft duidelijk zichtbare, onnatuurlijke overgangen in de begroeiing. Daarnaast vormen deze rasters een barrière voor de natuurlijke fauna en zijn ze een voortdurende kostenpost vanwege het benodigde onderhoud. Ook recreanten kunnen in veel waterwingebieden komen, soms tot in de directe nabijheid van de winputten. In beide gevallen is de problematiek vergelijkbaar: de grazers of recreanten kunnen bewerkstelligen dat feces met ziekteverwekkers (virussen, bacteriën en protozoën) in de nabijheid van winmiddelen op het maaiveld worden gedeponeerd. Bij hevige regenval kunnen de ziekteverwekkers uit de feces worden uitgespoeld en via de onverzadigde zone naar het grondwater worden getransporteerd. Daarbij zal een deel van de ziekteverwekkers in de onverzadigde zone worden verwijderd. De dikte van de onverzadigde zone bij de verschillende winputten varieert, waardoor de verwijdering plaatselijk zal verschillen. De vraag is in hoeverre de microbiologische kwaliteit van het gewonnen ruwwater, met name in worst-case condities, aan de gestelde eisen zal kunnen voldoen. Indien de microbiologische veiligheid van het ruwwater niet kan worden gegarandeerd, dan kunnen de bedrijven, met de verkregen kennis over risicofactoren beargumenteerd maatregelen nemen, met een optimum tussen natuurbeheer en microbiologisch veilige waterkwaliteit.

Uitvoering van het onderzoek

Het veldonderzoek naar de verwijdering van micro-organismen in de onverzadigde zone is uitgevoerd in het wingebied Solleveld van DZH. In het kort komt het erop neer dat micro-organismen met een speciaal ontwikkelde beregeningsinstallatie op het maaiveld rondom een ondiepe winput zijn gebracht. Met de kunstmatige beregening met micro-organismen is de situatie van inspoelen van ziekteverwekkers uit mest bij een regenbui onder worst-case condities nagebootst. Doormiddel van een vast peil in een ringsloot rond de proeflocatie is de grondwaterstand en daarmee de dikte van de onverzadigde zone constant gehouden op 50 cm. Om de hydrologische condities op de proeflocatie te toetsen is voorafgaand aan de doseringen een tracerproef uitgevoerd. Uit deze proef bleek dat al het gedoseerde water met tracer in de put terecht kwam (gesloten massabalans) zodat negatieve beïnvloeding door horizontale grondwaterstromingen bij de navolgende doseerproeven met micro-organismen kon worden uitgesloten. De verwijdering van de opgebrachte micro-organismen tijdens passage door de bodem is berekend uit het verschil tussen gemeten concentraties van micro-organismen in het gedoseerde en in het gewonnen water.

Resultaten doseerproeven

De gemeten verwijdering van micro-organismen in 50 cm onverzadigde zone bleek het laagst voor virussen. Voor de twee testorganismen (de bacteriofagen MS2 en ΦX174) werden gemiddelde verwijderingen gemeten van respectievelijk 1,1 en 2,7 log-eenheden. Voor bacteriën (*E. coli*, *Campylobacter* en sporen van *Clostridium*) werden gemiddelde verwijderingen gemeten van resp. 3,5, 4,0 en 2,8 log-eenheden.

Protozoën (*Cryptosporidium*) werden het beste verwijderd, met 7,4 log-eenheden.

Vertaling meetresultaten naar de evt. risico's voor gewonnen water

De volgende stap in het onderzoek was, om deze kennis over verwijdering in de bodem aan te vullen met relevante informatie uit de literatuur (indien beschikbaar) over voorkomen van ziekteverwekkers in feces van mens en dier. Hiermee is voor de locatie Solleveld een schatting gemaakt van de concentraties ziekteverwekkers in het gewonnen ruwwater onder worst-case condities. De laatste stap was dan om deze concentraties te toetsen aan de eisen die zijn afgeleid van het 10^{-4} infectierisico, zoals geformuleerd in de komende Inspectierichtlijn.

Schatting ziekteverwekkers in humane feces en dierlijke mest

Betrouwbare gegevens over concentraties ziekteverwekkers in humane feces en in dierlijke mest bleken, met name voor humane virussen, schaars. Voor de depositie van ziekteverwekkers in de directe nabijheid van de winputten is op grond van de beschikbare gegevens uitgegaan van een schatting van 10^{10} humane virussen, $3 \cdot 10^6$ *Campylobacter* en $5 \cdot 10^7$ *Cryptosporidium*. (Nadere studie naar de mogelijke range voor deze getallen is echter gewenst.)

Berekening risico en resultaat toetsing

Combinatie van deze gegevens over input van ziekteverwekkers en verwijdering met informatie over de winputten in Solleveld (totaal aantal putten en diktes van de onverzadigde zones, wat een verdunning geeft van ziekteverwekkers in het ruwwater van alle putten gezamenlijk) leidde tot de conclusie dat voor het gezamenlijk ruwwater onder worst-case condities voor virussen en *Campylobacter* niet kan worden voldaan aan de gestelde eisen. Voor *Cryptosporidium* wordt wel aan de eisen voldaan dankzij de hoge mate van verwijdering in de onverzadigde zone.

Conclusie

Vertaling van bovengenoemde resultaten naar de risico's door aanwezigheid van recreanten en grazers in het wingebed Solleveld levert het volgende beeld:

- Toelaten van recreanten in het gebied levert door de kans op humaan-pathogene virussen een reëel risico op voor de kwaliteit van het gewonnen ruwwater. Dit geldt ook voor de kwaliteit van het geproduceerde drinkwater omdat de nazuivering niet in staat is om dit risico in voldoende mate te reduceren.
- Toelaten van grazers in de directe nabijheid van de winputten levert bij een beperkt aantal putten met een relatief geringe dikte (< circa 70 cm) van de onverzadigde zone een risico op voor de microbiologische waterkwaliteit. Overigens levert ook de natuurlijke fauna een risico op in dezelfde orde van grootte.

Globale vertaling van de resultaten naar wingebeden van PWN (m.n. Castricum en Kieftenvlak, waar geen begrazing wordt toegepast), laat zien dat de risico's daar vergelijkbaar zijn met die in Solleveld. Een fluctuerende grondwaterstand, soms tot aan het maaiveld, brengt een verhoogd risico op besmetting van het gewonnen water met zich mee.

Aanbevelingen voor maatregelen

- Ten aanzien van recreanten:

De belangrijkste maatregel om het risico te reduceren is het weren van recreanten uit de wingebieden. De minimaal vereiste afstand (indicatief) tussen gebieden waar recreanten komen en de winmiddelen is ruim 13 m. Daardoor zal het risico door (humaan-pathogene) virussen in voldoende mate verminderen.

- Extra veiligheid ten aanzien van humaan-pathogene virussen kan worden verkregen door het toevoegen van een substantiële desinfectiestap aan de nazuivering.

- Ten aanzien van begrazing:

- Vergroten van de onverzadigde zone tot tenminste 0,72 m bij het beperkte aantal winputten waar deze afstand nu geringer is. Hiermee zal de kwaliteit van het gezamenlijke ruwwater aan de eisen voldoen, waardoor begrazing niet zal kunnen leiden tot onacceptabele risico's.

- Omdat de kans op uitscheiding van hoge aantallen *Cryptosporidium* het grootst is bij jonge dieren, is het uit oogpunt van preventie raadzaam om de jonge dieren uit de omgeving van de winputten weg te houden.

Onzekerheden in uitgevoerde schattingen

De diverse aannames in dit onderzoek (zoals voor de input van ziekteverwekkers aan maaiveld, doorvertaling meetresultaten naar dikkere onverzadigde zones e.d.) leiden tot een zekere mate van onzekerheid bij doorvertaling van de meetresultaten naar de risico's voor begrazing en recreatie. Daarom wordt aanbevolen om vervolgonderzoek uit te voeren (gevoeligheidsanalyse) naar de invloed van variatie/onzekerheid in elk van de factoren waarvoor aannames zijn gedaan.

① Gijsbert Cirkel, 030-60 69 734 of gijsbert.cirkel@kiwa.nl en Pieter Nobel, 0306069628 of pieter.nobel@kiwa.nl

3.3 Veilige Waterwingebieden – De microbiologische veiligheid van de 60-dagenzone rond grondwaterwinningen

Omschrijving van doelstellingen onderzoek

Het waterwingebied of de 60-dagenzone beschermt de winmiddelen van grondwaterwinningen tegen doorbraak met micro-organismen. De 60-dagenzone is gebaseerd op onderzoek uit de jaren '30 uitgevoerd met de bacterie *Escherichia coli*. Onduidelijk is echter of de 60-dagenzone de winmiddelen ook voldoende beschermt tegen doorbraak van virussen. Het doel van de studie is om de virusverwijdering in een kwetsbaar watervoerend pakket te bepalen en met de resultaten een uitspraak te doen over de veiligheid van de 60-dagenzone bij grondwaterwinningen met een kwetsbaar watervoerend pakket. Daarnaast worden de resultaten ook gebruikt om een virustransportmodel, dat in het verleden is gebruikt om de lengte van de beschermingszone rond grondwaterwinningen uit te rekenen, te valideren.

Uitvoering van het onderzoek

Het veldonderzoek naar de verwijdering van virussen in een kwetsbare bodem werd uitgevoerd in de tuin op het Kiwa-terrein. Het watervoerende pakket op het Kiwa-terrein is kwetsbaar omdat het anoxisch grondwater bevat met een pH van 7,54. Een pompput, twee waarnemingputten en een doseerput werden in het watervoerende pakket geplaatst. Bromide (tracer) en bacteriofaag MS2 en ΦX174 (surrogaat voor humaanpathogene virussen) werden onder anoxische condities direct in het watervoerende pakket gedoseerd via de doseerput en in de tijd werd de doorbraak van bromide en bacteriofagen bij de twee waarnemingsputten en de pompput gevolgd.

Resultaten

Bacteriofaag MS2 werd tijdens 62 dagen bodemtransport met 3,5 logeenheden verwijderd door inactivatie en hechting, waarbij 2,3 logeenheden door inactivatie en 1,2 logeenheden door hechting. De gemeten verwijdering door inactivatie en hechting van bacteriofaag ΦX174 tijdens 62 dagen bodemtransport was 4,9 logeenheden en dus hoger dan de verwijdering van MS2. Voor ΦX174 was de verwijdering 0,8 logeenheden door inactivatie en 4,1 logeenheden door hechting.

De verwijdering van bacteriofaag MS2 werd gebruikt om te bepalen hoe groot de beschermingszone rond kwetsbare grondwaterwinningen zou moeten zijn. Om aan het infectierisico van 1 op 10.000 mensen per jaar te voldoen zou, in het geval van een lekkend riool, een verwijdering van 9,3 logeenheden aan virussen nodig zijn. Aangenomen wordt dat het lekkende rioolwater 1000 keer verdund raakt bij de pompput, waardoor 6,3 logeenheden aan virussen moeten worden verwijderd door inactivatie en hechting. Een 6,3 logverwijdering van virussen wordt door transport in een kwetsbare bodem verkregen wanneer de lengte van de beschermingszone 109 dagen is. We concluderen daarom dat, in het geval van een lekkend riool, de 60-dagenzone niet voldoende bescherming biedt rond grondwaterwinningen met een kwetsbaar watervoerend pakket. In Nederland zijn er in totaal elf grondwaterwinningen die een vergelijkbare kwetsbare bodem hebben als de bodem

waar de veldproef is uitgevoerd. Rond deze winningen zou de microbiologische beschermingszone verlengd moeten worden naar 109 dagen.

Uit de validatie van het virustransportmodel bleek dat het model de verwijdering van MS2 en Φ X174 tijdens 62 dagen bodemtransport met respectievelijk 8,0 en 9,7 logeenheden overschatte. We concluderen daarom dat het virustransportmodel een onbetrouwbare voorspelling geeft van de werkelijke virusverwijdering tijdens bodemtransport.

Conclusie

Samenvattend concluderen we dat, in het geval van een lekkend riool, de 60-dagenzone rond freatische grondwaterwinningen met een kwetsbare bodem (anoxisch watervoerend pakket, relatief hoge pH en korte onverzadigde zone) niet voldoende veiligheid biedt tegen virusdoorbraak bij de pompput. We doen daarom de aanbeveling dat bij freatische grondwaterwinningen met een kwetsbare bodem de lengte van de beschermingszone wordt verlengd van 60 naar 110 dagen.

① Paul van der Wielen, 030-60 69 642 of paul.van.der.wielen@kiwa.nl

3.4 Veilige Waterwingebieden – Expertmodel Bodempassage

Het project Expertmodel Bodempassage (EB) heeft als doel een model te ontwikkelen waarmee transport van macrochemie en chemische en microbiologisch verontreinigingen kan worden gesimuleerd. EB bouwt voort op het RESPOND-model en het EB zal dan ook rekenen met stroombanen (quasie 3D) in plaats van volledig 3D. Aan de hand van variaties in geochemie (organische stof, klei, (hydr)oxiden, mineralen), hydrochemie (pH, redox, stofconcentraties) en stroomsnelheid worden stroombanen opgeknipt; ieder deelstukje stroombaan wordt doorgerekend met het geochemische 1D model PHREEQC. Met PHREEQC is het al mogelijk transport van macrochemie en chemische contaminanten te modelleren, om ook het transport van virussen te simuleren wordt in PHREEQC een virusmodule gebouwd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de kennis opgedaan binnen het 60-dagen zone onderzoek.

① Klaas Jan Raat, 030-60 69 555 of klaasjan.raat@kiwa.nl

3.5 Veilige Waterwingebieden – Bacteriofagen in grondwater.

Achtergrond

F-specifieke RNA colifagen en somatische colifagen worden gebruikt als indicatie voor de aanwezigheid van fecale pathogene virussen. Sinds 2001 moeten grondwaterbedrijven volgens het Waterleidingbesluit het ruwwater controleren op de aanwezigheid van F-specifieke RNA colifagen en somatische colifagen.

Doelstellingen

Het doel van deze studie is om de ruwwaterresultaten voor beide colifagen van de pompstations in Brabant en Limburg nader te analyseren. Tevens is het doel om een moleculaire methode te ontwikkelen waarmee F-specifieke RNA colifagen genetisch kunnen worden getypeerd.

Voorkomen fagen in grondwater

De gemiddelde concentratie F-specifieke RNA colifagen en somatische colifagen over de periode 2002 tot 2004 in ruwwatermonsters van de pompstations in Brabant en Limburg was 1.07 pve 10 ml⁻¹ en 1.05 pve 10 ml⁻¹, respectievelijk. De meeste pompstations waren slechts incidenteel positief voor F-specifieke RNA en/of somatische colifagen en de meeste positieve monsters werden gevonden in de zomer- en herfstmaanden van 2002. In die periode waren bijna alle geteste pompstations positief voor colifagen. In 2003 nam het aantal positieve monsters af en in 2004 was het ruwwater van alle pompstations negatief voor somatische colifagen en slechts twee pompstations waren éénmalig positief voor F-specifieke RNA colifagen. Het is niet duidelijk geworden wat de oorzaak is van de grote aantallen positieve monsters in de zomer/herfstmaanden van 2002.

Typering fagen in grondwater

Van 12 F-specifieke RNA colifaagisolaten is een PCR-product verkregen van het gen dat codeert voor replicase, een enzym dat dient voor de vermenigvuldiging en transcriptie van het virale genoom. De DNA sequentievolverde van het PCR-product is vervolgens succesvol bepaald. Uit de analyse van de sequentieresultaten blijkt dat de 12 isolaten tot 3 genotypen behoorden. Colifagen geïsoleerd uit de zuivering bij een oppervlaktewaterbedrijf bleken genetisch identiek te zijn met colifagen geïsoleerd uit ruwwatermonsters van grondwaterbedrijven. Dit duidt op een lage genetische diversiteit van F-specifieke RNA colifagen en dat lijkt in tegenspraak met de hoge diversiteit die werd waargenomen in grondwatermonsters in de Verenigde Staten. Een uitgebreide studie is echter noodzakelijk om meer inzicht te krijgen in de genetische diversiteit van F-specifieke RNA colifagen in watermilieu's in Nederland. Alle getypeerde F-specifieke RNA colifagen behoorden tot serogroep I, een groep die vrijwel alleen colifagen bevat die uit dierlijke fecaliën zijn geïsoleerd.

① Paul van der Wielen, 030-60 69 642 of paul.van.der.wielen@kiwa.nl

3.6 Veilige Waterwingebieden – Hygiëne bij winmiddelen

Doelstellingen

Het inventariseren van risico's op verontreiniging bij het werken met winmiddelen. Het geven van richtlijnen voor het werken met winmiddelen om verontreiniging te voorkomen.

Aanpak

In samenwerking met de bedrijfstak is geïnventariseerd welke risico's op verontreiniging er zijn bij het werken met winmiddelen. Vervolgens is gekeken hoe deze risico's zo klein mogelijk gehouden kunnen worden.

Dit alles is beschreven in een praktisch boekje, dat geschreven is voor de mensen die met winmiddelen werken, zoals de medewerkers op de pompstations en medewerkers van boorbedrijven.

Onder winmiddelen worden verstaan: horizontale en verticale pompputten, drains, peilbuizen, pompen, putkelders en ruwwaterleidingen.

Belangrijkste resultaten

Bij het ontwerp en de aanleg van winmiddelen zijn een aantal maatregelen te nemen om de kans op verontreinigingen klein te houden. Zo moet een putkelder bijvoorbeeld aangelegd worden boven het hoogste grondwaterniveau en een peilfilter met overdruk moet voorzien worden van een kogelkraan.

Voor de exploitatie zijn ook richtlijnen gegeven, bijvoorbeeld voor het beheer van een waterwingebied, peilen, maar ook voor regeneratie.

Implicaties voor beleid en beheer

De medewerkers op de pompstations zullen bij het werk rekening moeten houden met de richtlijnen die zijn vastgesteld. Hiervoor wordt nog een korte samenvatting van de richtlijnen gemaakt.

Onderzoeksvragen

Er zijn een aantal risico's geïnventariseerd waarvoor geen afdoende maatregelen zijn. Voor deze risico's is aanvullend onderzoek nodig. Zo is bijvoorbeeld onderzoek nodig naar efficiënte inspectietechnieken voor het opsporen van lekkages in stijgbuizen.

① Inke Leunk, 030-60 69 527 of inke.leunk@kiwa.nl
en Marc Balemans, 030 – 60 69 761 of marc.balemans@kiwa.nl

3.7 Veilige Waterwingebieden – Hygiëncode grondwaterbescherming

Doelstelling

De hygiëncode grondwaterbescherming heeft als doel om na te gaan of de HACCP-methodiek waarde heeft voor grondwaterbescherming, hoe zo'n methodiek er uit ziet (uitgewerkt in een case study) en sluit af met aanbevelingen voor bescherming van waterwingebieden tegen microbiologische en chemische verontreinigingen.

Aanpak

In eerste instantie is de HACCP-methodiek zoals toegepast in Mariska gekozen, analoog aan de methode die op verzoek van drinkwaterbedrijven veelvuldig is toegepast op zuivering en transportprocessen. Deze methode bestaat uit het uitputtend inventariseren van de verschillende stappen in het proces, waarbij voor elke stap m.b.v. een panel van deskundigen wordt geanalyseerd welke risico's elke stap met zich meebrengt en welke risicoreducerende maatregelen mogelijk zijn. Uit deze analyse wordt vervolgens een rangorde van risico's gedestilleerd en ook een prioritering van risicoreducerende maatregelen.

De toepassing van deze techniek op riskante activiteiten in grondwaterbeschermingsgebieden bleek niet goed hanteerbaar omdat er teveel mogelijk dreigingen bestaan. Het aantal mogelijke activiteiten en daarbij behorende stoffen bleek te groot om deze uitputtend te beschrijven. In overleg met de projectgroep is een alternatieve aanpak vastgesteld, bestaande uit een simpel instrument waarmee de risico's van activiteiten kunnen worden geschat. Dit product is RST, (Respond Single Tube) waarvan op dit moment een bètaversie gereed is.

Afstudeeronderwerp

Het beschermingsbeleid van de overheid is uiteraard ook van belang voor het interne beschermingsbeleid van de drinkwaterbedrijven. Dit beleid is in beweging. Om dit complexe onderdeel voldoende aandacht te geven is een stageopdracht geformuleerd. Er is een student bereid gevonden om hier zijn afstudeeronderwerp van te maken: Piebe Hoeksma (Milieuwetenschappen, Universiteit Utrecht). De inhoud van de studie is:

- Inventarisatie welke risicoanalysemethodieken momenteel worden toegepast door overheden en drinkwaterbedrijven om puntverontreinigingen te categoriseren
- Medewerkers van waterbedrijven interviewen over het belang en de aard van puntverontreinigingen die relevant zijn voor drinkwaterbedrijven
- Doorrekenen historische puntverontreinigingen met het rekenmodel Respond ST, analyse van de resultaten van de berekeningen en vergelijking met waarnemingen
- Analyse van de systematieken waarmee momenteel de ernst van (potentiële en manifeste) puntverontreinigingen wordt gecategoriseerd en beoordelen of deze systematieken voldoen voor de drinkwaterbedrijven

RST

Met RST kan een verkennende berekening worden uitgevoerd van het potentiële effect van een lozing op de grondwaterkwaliteit. De dreiging wordt indicatief gekwantificeerd op basis van de volgende aspecten:

- Totale hoeveelheid verontreinigde stof die wordt geloosd
- Duur van de lozing
- Naam van de stof (selectie uit geïntegreerde databank)
- Typering van de ondergrond (selectie uit geïntegreerde databank)

Het resultaat van een berekening wordt vertaald in een drietal “stoplichten”, elk met kleurcodes rood-oranje-geel. Rood is onacceptabel en urgent, oranje is te hoog, geel is acceptabel. De stoplichten hebben betrekking op een criterium waarmee de grootte van een risico dat de grondstof verontreinigd kan worden uitgedrukt. Deze criteria zijn:

- Reactietijd (reistijd tussen loosmoment en moment van aankomst bij de winput)
- Duur van de aanwezigheid van de verontreiniging in het grondwater (zonder ingrepen)
- Hoogste concentratie gemeten ter plaatse van het bedreigde object (c.q. de stroombaan ter hoogte van de winput)

De scriptie is bijna klaar. Het conceptrapport ligt momenteel bij de beoordelende docent.

Enkele conclusies:

- Huidig beschermingsbeleid overheid is complex en functioneert niet optimaal
- PMV's zijn te ingewikkeld en zeggingskracht neemt af
- Bestuurlijke decentralisatie stimuleert verdere verwatering van het drinkwaterbelang
- Gebiedsspecifiek en stofspecifiek beleid gewenst
- Verbeterde registratie bedrijfsactiviteiten en gebruikte stoffen gewenst

Implicaties voor beleid en beheer

Drinkwaterbedrijven/ Vewin kunnen overwegen om instrumenten als RST in te zetten om het gebiedsspecifiek en stofspecifiek beschermingsbeleid van m.n. gemeenten en waterschappen te faciliteren. Met een expert systeem of een beslissing ondersteunend systeem kan toepassing van het beschermingsbeleid eenvoudiger worden voor minder ter zake kundige ambtenaren.

① Kees Vink, 030-60 69 556 of kees.vink@kiwa.nl

4 Workshop conclusies

Naar aanleiding van de gepresenteerde resultaten van het onderzoek is gediscussieerd in de beide PBC's gezamenlijk over de belangrijkste conclusies van het onderzoek, de betekenis voor de waterleidingbedrijven, de wijze waarop de kennis kan worden geïmplementeerd bij de waterleidingbedrijven en de belangrijkste resterende vragen van de waterleidingbedrijven over veilige waterwingebieden. Deze zijn hier per project weergegeven.

4.1 Chemische verontreinigingen

Conclusies

- ✘ Polaire stoffen zijn aanwezig in kwetsbare drinkwaterbronnen en soms ook in drinkwater, in een enkel geval boven de streefwaarden voor onberispelijk drinkwater.
- ✘ Genotoxiciteitstest laat geen effect zien; oestrogeniteitstest geeft soms licht effect te zien, maar de concentraties liggen <7 ng/l.

Implementatie

- ✘ Kennis gebruiken bij beleidsvoorbereiding, b.v. over bodemsanering.
- ✘ Er zijn nog geen maatregelen (zoals uitzetten van putten) nodig, wel moet de vinger aan de pols gehouden worden over wat er aankomt.
- ✘ Traceren vervuiler en overleg over preventieve maatregelen aan de bron.

Vragen

- ✘ Komen deze stoffen voor op meer locaties? Welke stoffen zijn het? Wat is hun toxicologische betekenis?
- ✘ Welke zuiveringstechnieken zijn in staat deze stoffen te verwijderen?

4.2 Risico's recreatie en begrazing

Conclusies

- ✘ Bij een dunne (0,5-enkele m) onverzadigde zone is er een risico op doorslag van ziekteverwekkers uit mest van grazers en van recreanten naar winputten.

Implementatie

- ✘ Afrastering om putten/winmiddelen met dunne onverzadigde zone houden, ook voor recreanten.
- ✘ Zoneren recreatie/begrazing rondom winmiddelen.
- ✘ Zorgen voor voldoende dikke onverzadigde zone.

Vragen

- ✘ Hoe kunnen de meetgegevens van 0,5 m onverzadigde zone worden vertaald naar dikkere zones?
- ✘ Kan diermedicatie leiden tot verontreiniging van het water?

4.3 Veiligheid 60 dagenzone

Conclusies

- ✘ Bij anoxische, freatische (<30m diep) winningen is 110 (155) dagen nodig voor voldoende virusverwijdering uit lekkend riool.

Implementatie

- ✘ Voor het gros van de winningen is de 60 dagenzone voldoende.
- ✘ Bij 11 winningen is 60 dagen horizontaal transport onvoldoende, nu gericht kijken naar deze winningen en meewegen verticaal transport. Bij deze winningen risico's inventariseren en beschermingsbeleid implementeren.
- ✘ Integriteit (eigen) riool borgen (dubbelwandig uitvoeren; regelmatige inspectie).

Vragen

- ✘ De 11 winningen nader onderzoeken, inventarisatie verontreinigingsbronnen, wat is de aanvullende bescherming door verticaal transport?
- ✘ Kloppen de aannames over het lekkend riool?
- ✘ Is de 60 dagen voldoende bij suboxische winning?

4.4 Expertmodel bodempassage

Conclusies

- ✘ Virustransport lijkt te modelleren door bestaande modellen te integreren.

Implementatie

- ✘ Als het model werkt is het een hulpmiddel voor de extrapolatie van kennis over virustransport naar andere winningen.

Vragen

- ✘ Onderzoek loopt nog, aandacht wordt gevraagd voor onafhankelijke validatie van het model.

4.5 Wettelijk meetnet bacteriofagen

Conclusies

- ✘ "Faag". De aanwezigheid van bacteriofagen in ruw grondwater lijkt onvoldoende aanwijzing om een fecale besmetting aan te duiden.

Implementatie

- ✘ Als opnieuw fagen in grondwater worden aangetroffen: aanvullend onderzoek (grote volumes, bevestiging, onderzoek oorzaak, als nodig correctie).
- ✘ Meenemen bij implementatie Inspectierichtlijn Analyse Microbiologische Veiligheid Drinkwater.
- ✘ Inbrengen in discussie over Waterleidingbesluit.

Vragen

- ✘ Wat betekent aanwezigheid van bacteriofagen in ruw grondwater nu echt?

4.6 Hygienecode winningen

Conclusies

- ✘ Project geeft een inventarisatie van “Beste Waterwin Praktijk”.

Implementatie

- ✘ Implementeren hygienecode in eigen praktijk.

Vragen

- ✘ Hoe kan een lekkage in een stijgbuis eenvoudig geconstateerd worden?

4.7 Respond ST

Conclusies

- ✘ Respond ST is een instrument voor screening van waterwinstsystemen op maat in het kader van de microbiologische en chemische veiligheid van het opgepompte water.

Implementatie

- ✘ Gebruik in specifieke wingebieden voor risicoschatting en daarmee beleids(beslissings)ondersteuning over veilige waterwingebieden.

Vragen

- ✘ Kan de output in de vorm van een beslissingsondersteuningssysteem?
- ✘ Hoe moet de risicoclassificatie/prioritering plaatsvinden?

4.8 Algemeen

Er werden tijdens de workshop ook een aantal algemene conclusies getrokken: Integratie van onderzoek in een multidisciplinair onderzoeksprogramma zoals gebeurt, is in het onderzoeksprogramma Veilige Waterwingebieden heeft een duidelijke meerwaarde. Datzelfde geldt voor een workshop over dit onderwerp met meerdere PBC's, waarbij de PBC Chemische Waterkwaliteit op deze workshop ook een rol had kunnen spelen. Gezamenlijke presentatie geeft voor de PBC-leden een goed overzicht over de bevindingen en de mogelijkheid om integraal na te denken over de betekenis en implementatie. Een vorm van integrale rapportage van het onderzoeksprogramma Veilige Waterwingebieden wordt aanbevolen. Ook de thematische integratie van projecten wordt van harte aanbevolen.

5 Bijlagen: presentaties workshop 12 april 2007

1. Emerging substances in grondwater

Leo Puijker

2. Risico's begrazing en recreatie

Gijsbert Cirkel

3. Veiligheid 60-dagen zone

Paul van der Wielen

4. Expertmodel bodempassage

Klaas-Jan Raat

5. Meetnet bacteriofagen in ruw grondwater

Paul van der Wielen

6. Hygiëncode winningen

Inke Leunk

7. Toepassing Respond ST in discussies over grondwaterbescherming

Kees Vink

1. Emerging substances in grondwater
Leo Puijker

Leo Puijker, april 2007

kiwa 
Partner for progress




Veilige waterwingebieden

Screening van organische microverontreinigingen

Workshop PBC's , 12 april 2007

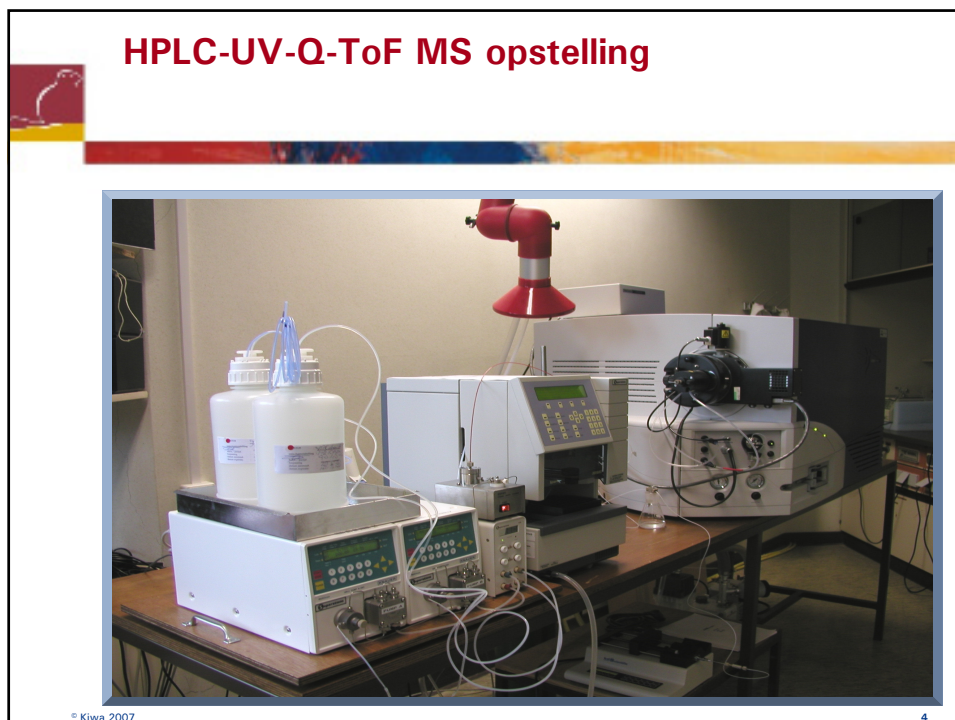
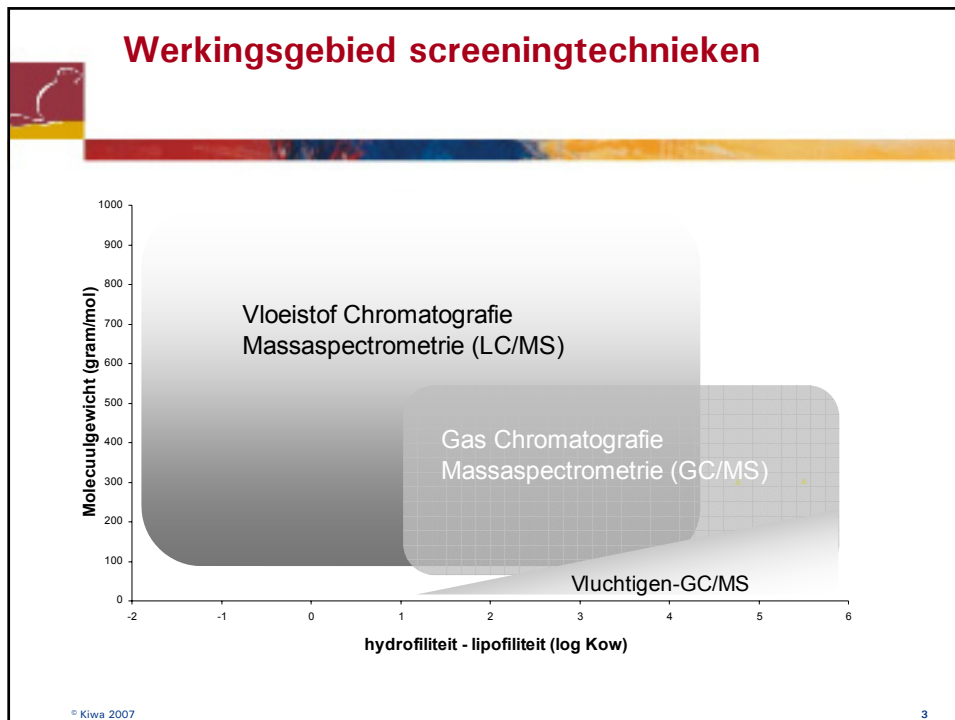
Doelstelling onderzoek



- **Onderzoek naar 'nieuwe' bedreigingen van het grondwater**
 - Gericht op met name meer polaire organische verbindingen met behulp van een nieuwe screeningstechniek gebaseerd op de combinatie SPE-HPLC-UV-DAD / Q-ToF-MS of Orbitrap-MS (gevoelig en nauwkeurig)
 - Aanvullend op GC/MS-screening van vluchtige en apolaire verbindingen
 - Chloorhoudende oplosmiddelen: tri, tetra
 - Vluchtige aromaten: benzeen, toluen, xyleen
 - Overigen zoals MtBE

© Kiwa 2007

2



LTO-Orbitrap



The image shows a Thermo LTO Orbitrap mass spectrometer, a high-resolution mass spectrometer used for precise molecular weight determination and structural analysis.



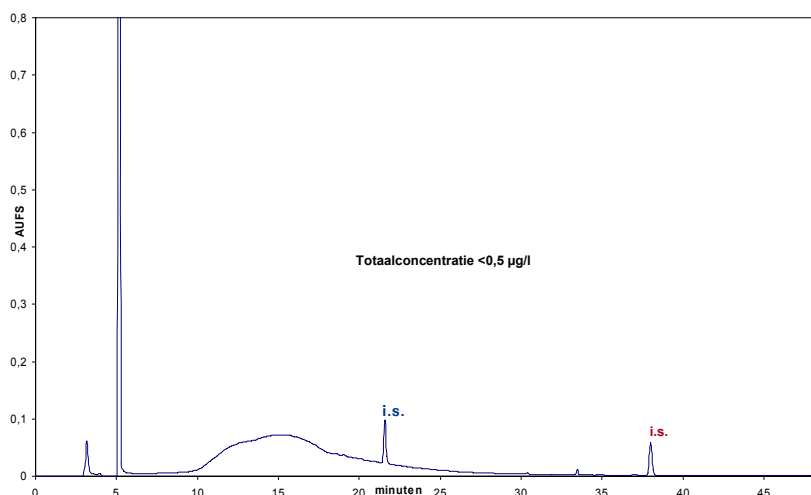
The figure displays three chromatograms illustrating the performance of the LTO-Orbitrap. The y-axis represents relative intensity, and the x-axis represents time in minutes. The chromatograms are labeled 1, 2, and 3, corresponding to different resolution levels:

- 1 Ultra High Resolution Full Scan:** Shows a single sharp peak at approximately 15.5 minutes, indicating high resolution.
- 2 High Resolution MS/MS:** Shows a peak at approximately 15.5 minutes with a clear MS/MS spectrum overlaid, identifying the precursor ion and its fragments.
- 3 High Resolution MS/MS:** Shows a peak at approximately 38.5 minutes with a clear MS/MS spectrum overlaid, identifying the precursor ion and its fragments.

© Kiwa 2007

5

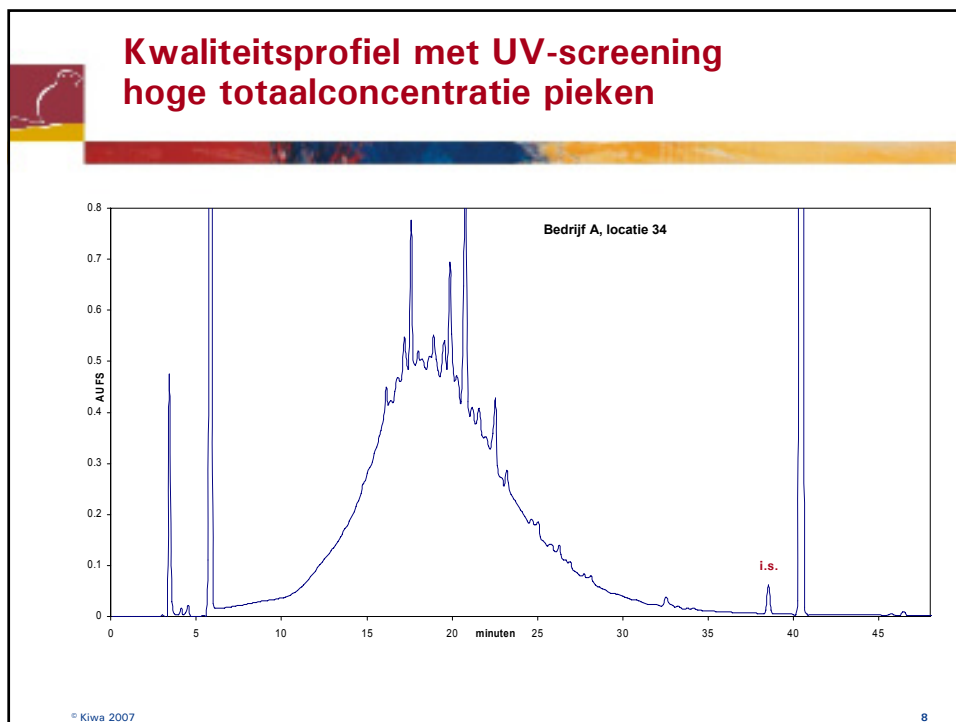
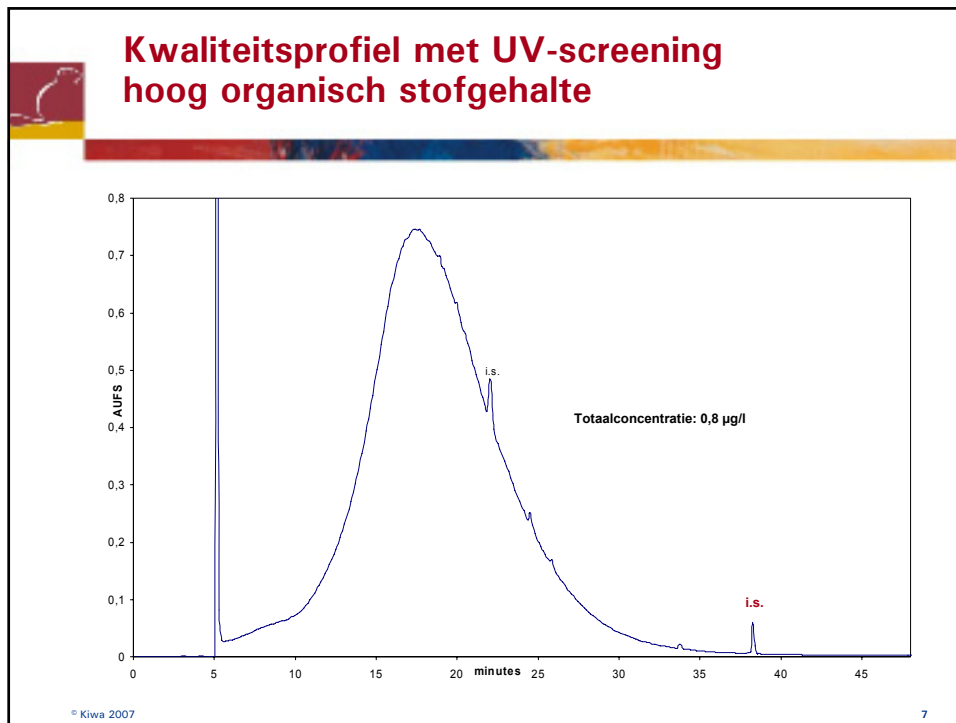
Kwaliteitsprofiel met UV-screening Schoon monster

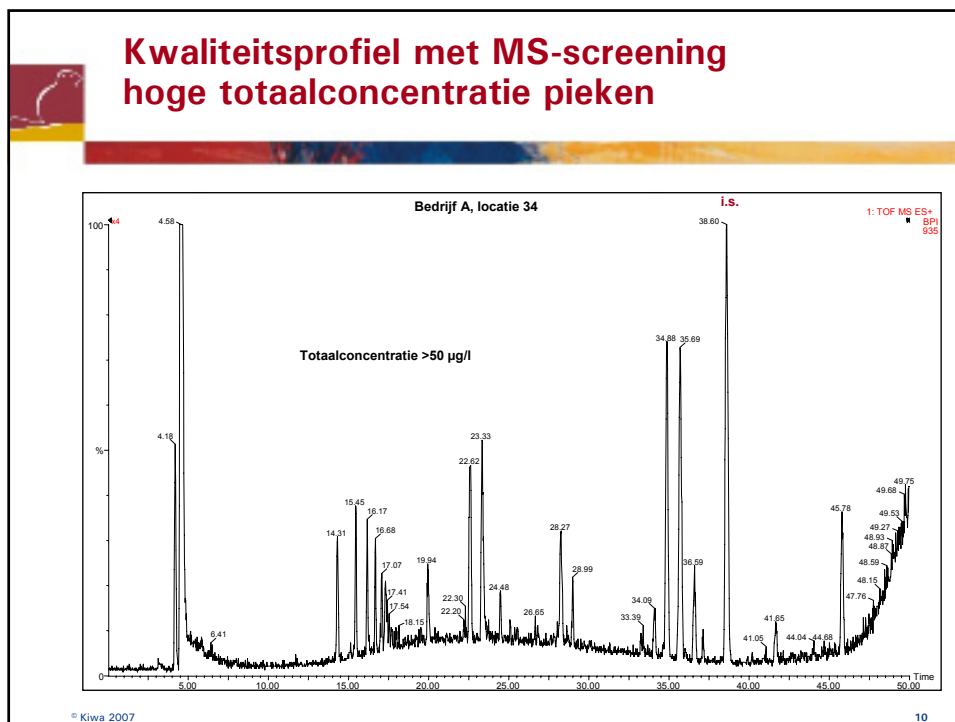
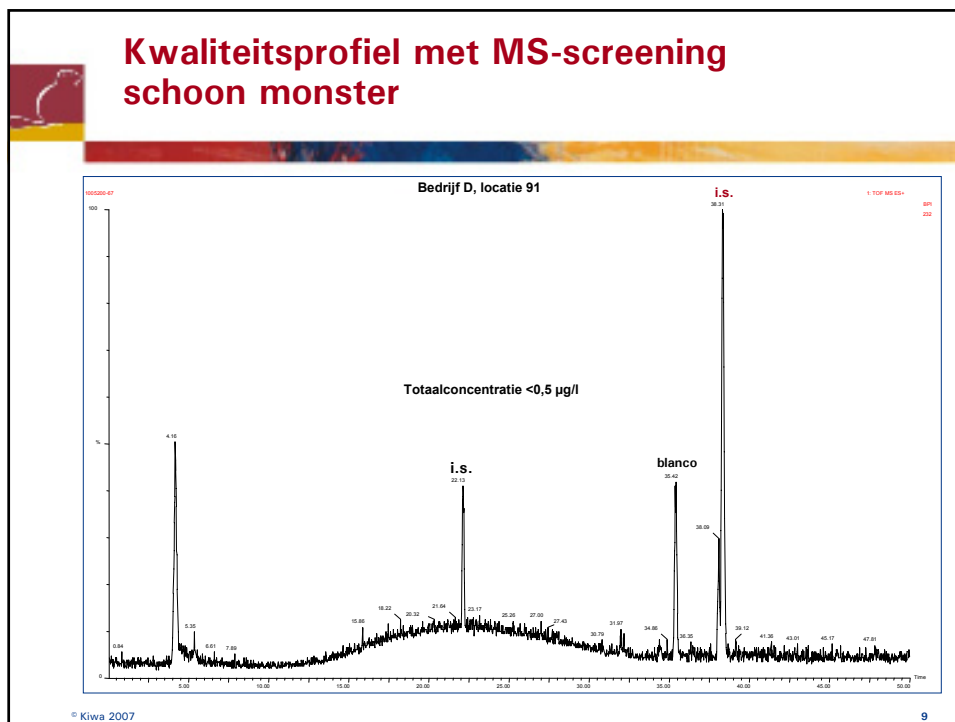


The chromatogram displays the UV-screening results for a 'Schoon monster' (clean sample). The y-axis is labeled 'AUFS' (Absorbance Units) and ranges from 0 to 0.8. The x-axis is labeled 'minuten' (minutes) and ranges from 0 to 45. A major peak is observed at approximately 5 minutes, reaching an absorbance of 0.8. The baseline is stable and low throughout the run. Two small peaks are labeled 'i.S.' (intermediate standard) at approximately 21 and 38 minutes. The text 'Totaalconcentratie <0,5 µg/l' is displayed on the plot, indicating a very low total concentration.

© Kiwa 2007

6





Onderzoekslocaties

■ Selectie van kwetsbare winningen

- 21 grondwaterwinningen van 5 waterbedrijven
- Per winning enkele pompputten en/of gemengd ruw en rein

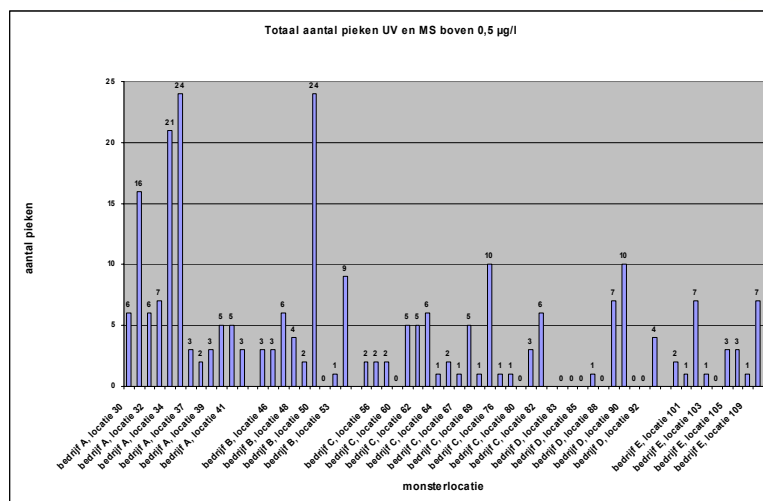
■ Selectiecriteria

- Verschillend bodemgebruik
 - stedelijk gebied
 - landbouw
- Verschillende bodemtypen
 - kalkrijk, kalkloos, keileem
 - aëroob, anaëroob
 - stuwwal, polder

© Kiwa 2007

11

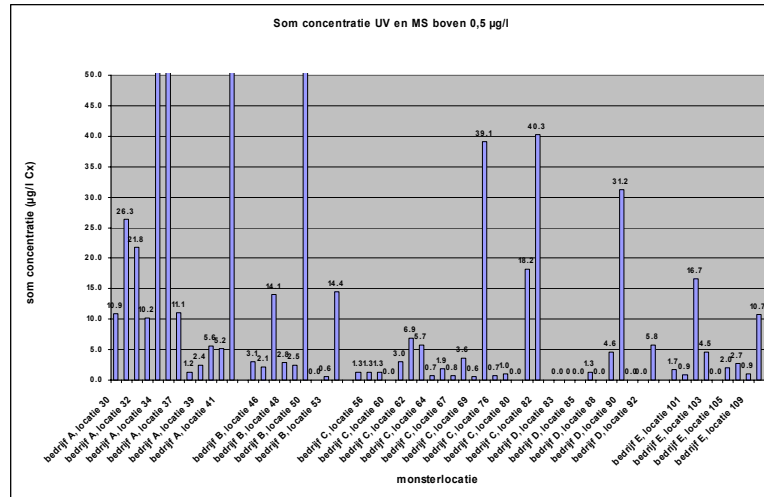
Samenvatting resultaten aantal aangetroffen stoffen > 0,5 µg/l



© Kiwa 2007

12

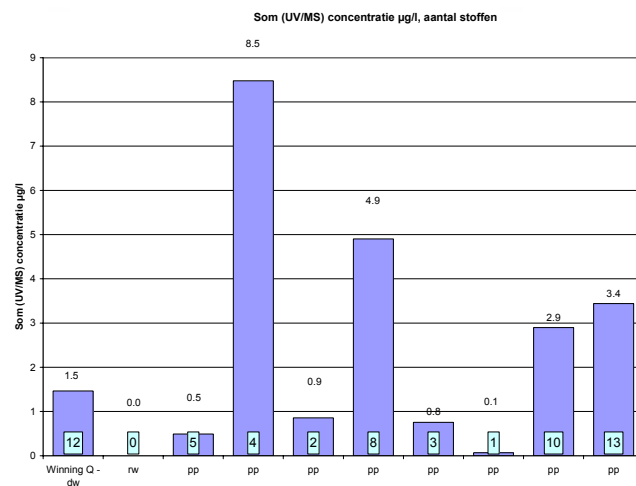
Samenvatting resultaten, geschatte somconcentraties van UV-MS-screening



© Kiwa 2007

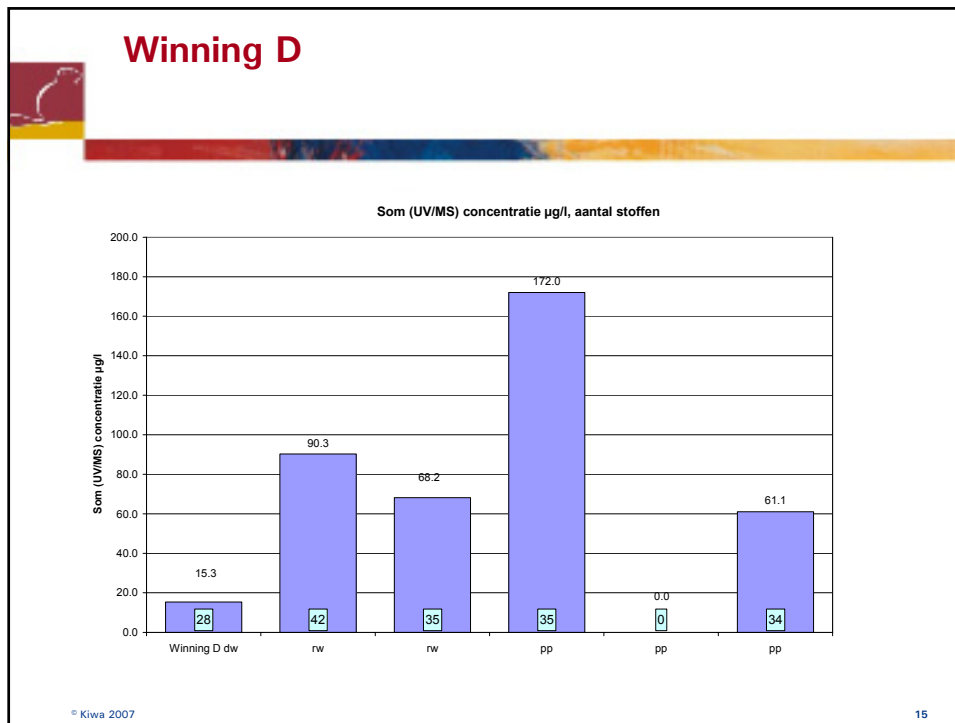
13

Aangetroffen stoffen in een grondwaterwinning



© Kiwa 2007

14



- ### Herkomst verontreinigingen
- Oude vuilstorten
 - Bedrijventerreinen
 - Stedelijk gebied
 - Verontreinigd oppervlaktewater
 - Landbouw
- © Kiwa 2007 16

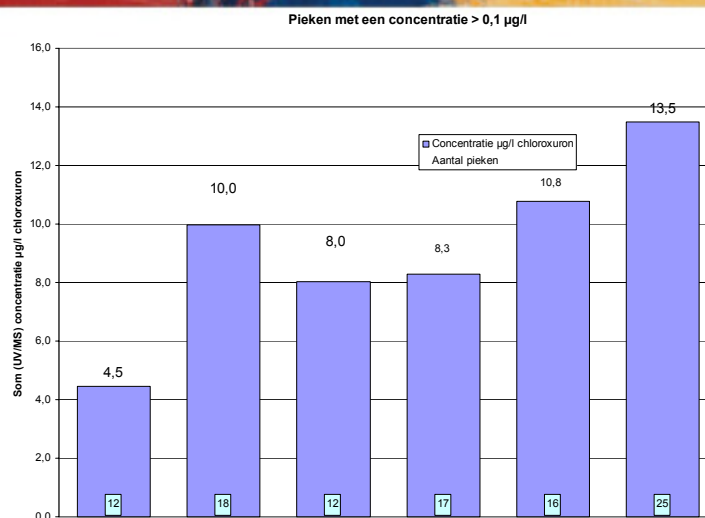
Geïdentificeerde stoffen, in grondwater

- **bestrijdingsmiddelen:**
- bentazon*, metolachloor*, metazachloor, carbendazim, DEET*, BAM* (= 2,6-dichloorbenzamide),
- **basischemicaliën voor productie kunststoffen:**
- triethylfosfaat*, tributylfosfaat*, trifenylfosfineoxide, bis(chloor-isopropyl)ether, bis(chloor-n-propyl)ether,
- **Geneesmiddelen:**
- phenazone*, propyphenazone*, barbital*, phenobarbital*, meprobamate*, amfetamine-derivaat, oxymetazoline,
- **sulfonamides:**
- 4-methylbenzeensulfonamide, N-methylsulfonamide, N-butylbenzeensulfonamide, andere alkylbenzeensulfonamides,
- **vertakte lagere carbonzuren, aromatische ethers en fenolen:**
- diverse carbonzuren, ethers, tertiairbutylfenol, bisfenol-A,
- **overige stoffen:**
- 3-cyclohexyl-1,1-dimethylureum, dicyclohexylureum, 2,3-dimethylfenylisocyaan, benzothiazolinon
- *: **tevens in drinkwater aangetroffen stoffen**

© Kiwa 2007

17

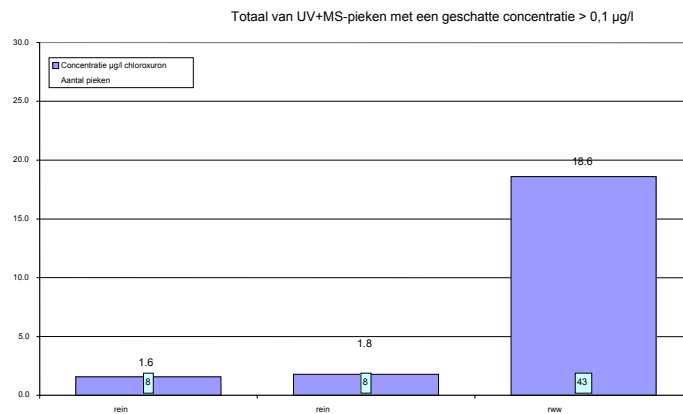
Onbekende stoffen in oevergrondwater en drinkwater



© Kiwa 2007

18

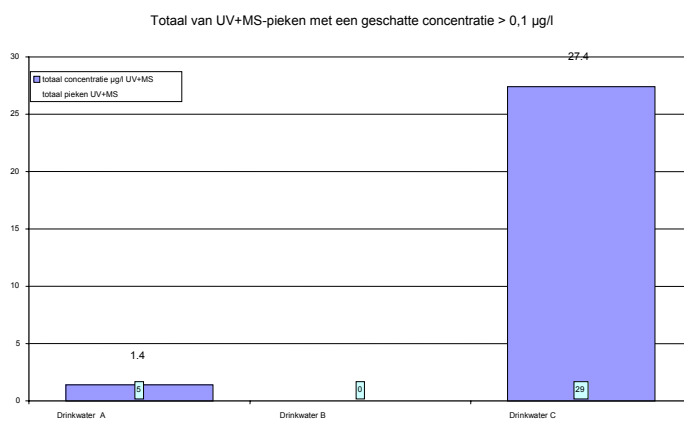
Onbekende polaire stoffen



© Kiwa 2007

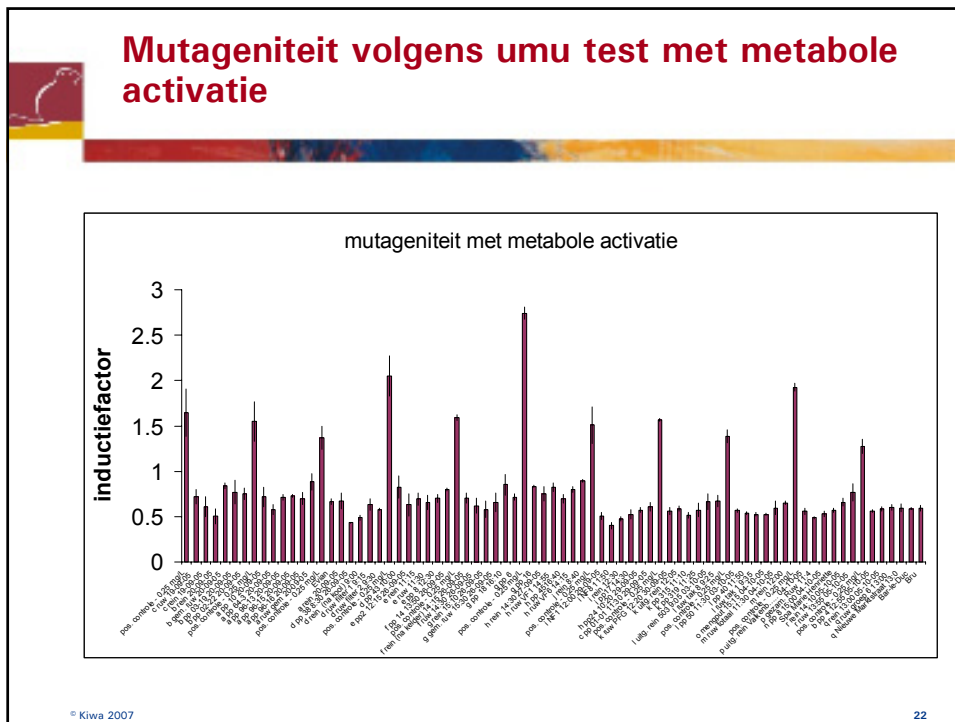
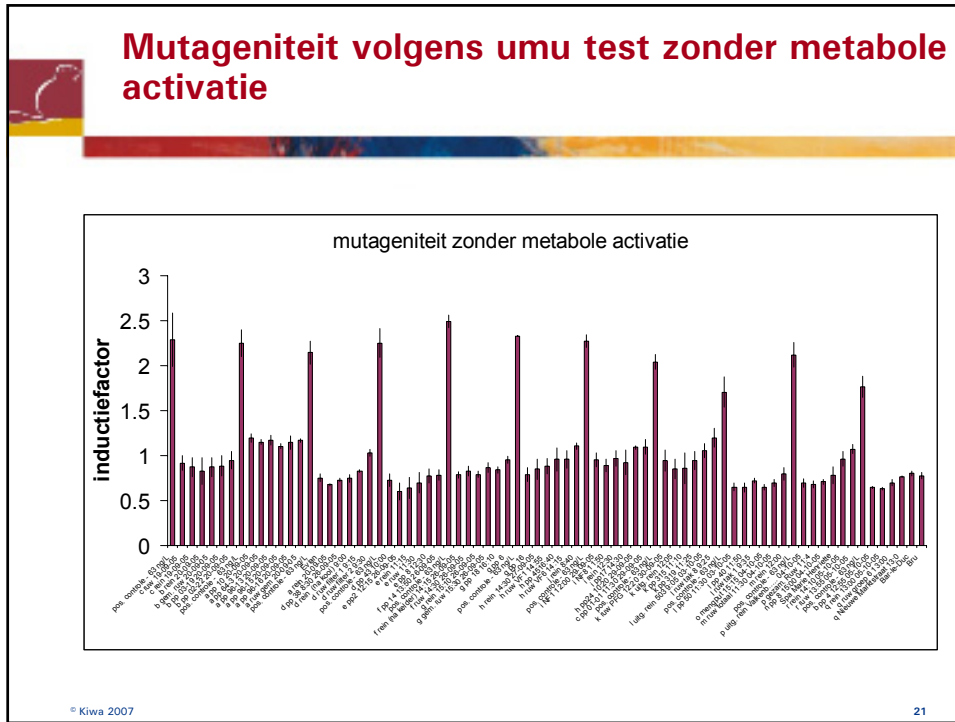
19

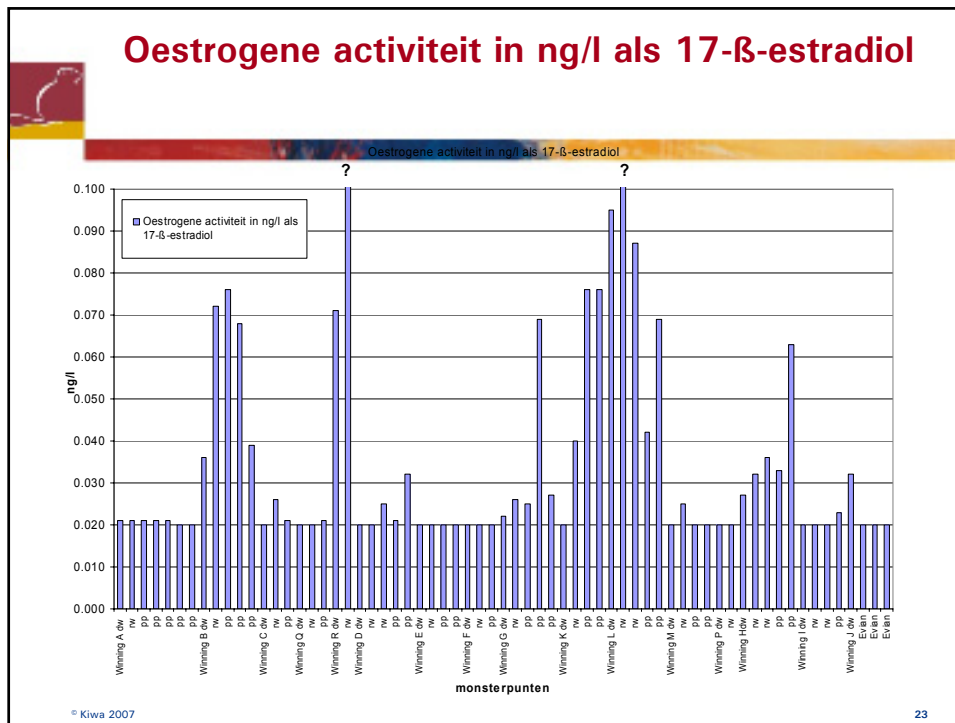
Onbekende polaire stoffen in drinkwater uit oppervlaktewater



© Kiwa 2007

20





- ### Gezondheidskundige beoordeling van stoffen
- **Beoordelingsmethoden**
 - Acceptable Daily Intake
 - risico op overlijden (genotoxische stoffen)
 - indien geen data: QSARs en TTC toepassen
 - **TTC: Threshold of Toxicological Concern**
 - grens waaronder geen effect te verwachten is
 - omgerekend naar water:
 - 0,1 $\mu\text{g/l}$ (niet-genotoxisch)
 - 10 ng/l (genotoxisch)
 - **enkele uitzonderingsgroepen**
 - (o.a. bij structural alerts, eiwitten, niet-essentiele metalen etc.)
- © Kiwa 2007
- 24

Chemisch-toxicologische kwaliteitsdoelen voor onberispelijk water

- **Wettelijke eisen als randvoorwaarde**
 - Verontreinigingen mogen niet aanwezig zijn in concentraties boven grenswaarden
 - **Aanvullende kwaliteitsdoelen**
 - Niet-genotoxische stoffen: streefwaarde 0,1 µg/l
 - Streefwaarde som: 1 µg/l
 - Genotoxische stoffen: streefwaarde 10 ng/l
 - Streefwaarde som: 50 ng/l
 - **Geen effecten in effectgerichte testen**
- ** Ook voor verontreinigingen Waterleidingbesluit**

© Kiwa 2007

25

Samenvatting, conclusies

- **Aanwezigheid van verontreinigingen in verschillende typen (kwetsbare) drinkwaterbronnen bevestigd**
- **Soms geringe sporen in drinkwater aangetoond**
- **Op grond van de uitgevoerde toxicologische screeningstesten zijn er geen nadelige effecten te verwachten van aangetroffen stoffen in drinkwater**
- **Beter beeld van belangrijkste bedreigingen van het grondwater**

© Kiwa 2007

26

Vervolgonderzoek

- **Identificatie aangetroffen stoffen**
 - HPLC/UV-DAD/Orbi-trap-MS/MS
 - Bestaande gegevens van laboratoria
 - Aanvullend GC/MS-onderzoek
 - Landgebruik, bodemkenmerken
- **Evaluatie van toxicologische betekenis**
- **Verbreding naar overige kwetsbare winningen en oevergrondwater en oppervlaktewater**

© Kiwa 2007

27

Leo Puijker, april 2007

kiwa 
Partner for progress

Veilige waterwingebieden

Screening van organische microverontreinigingen

Workshop PBC's , 12 april 2007

2. Risico's begrazing en recreatie
Gijsbert Cirkel

Gijsbert Cirkel/Pieter Nobel, 12 april 2007

kiwa 
Partner for progress



Microbiologische risico's door begrazing en recreatie

BTO Veilige waterwingebieden
DPW bronnen

Aanleiding onderzoek

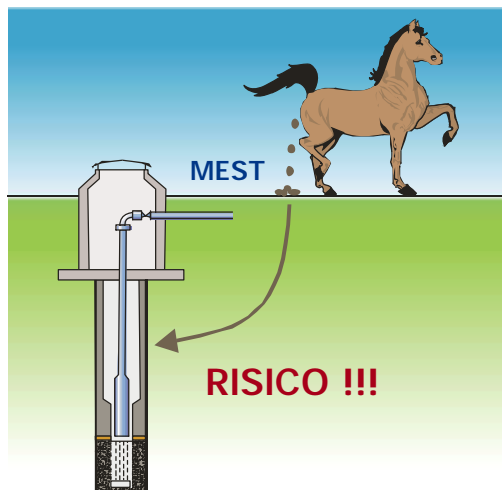
- Wat is (microbiologisch) risico wanneer grazers bij winputten kunnen komen?



© Kiwa 2005 2

Risico bepalende factoren

- aanwezigheid pathogenen in feces
- Inspoeling in bodem (extreme buien)
- Verwijdering in onverzadigde zone
- Verwijdering op verzadigde zone
- Verwijdering in navolgende zuivering



© Kiwa 2005

Aanleg proefput

- Optimale hydrologische omstandigheden
 - Proeflocatie omgeven door een ringsloot ('hydrologisch eiland')
 - Peil in de sloot instelbaar (en hiermee de grondwaterstand)
 - Onderkant van het filter op een veenlaag



© Kiwa 2005

Aanleg proefput



© Kiwa 2005

5

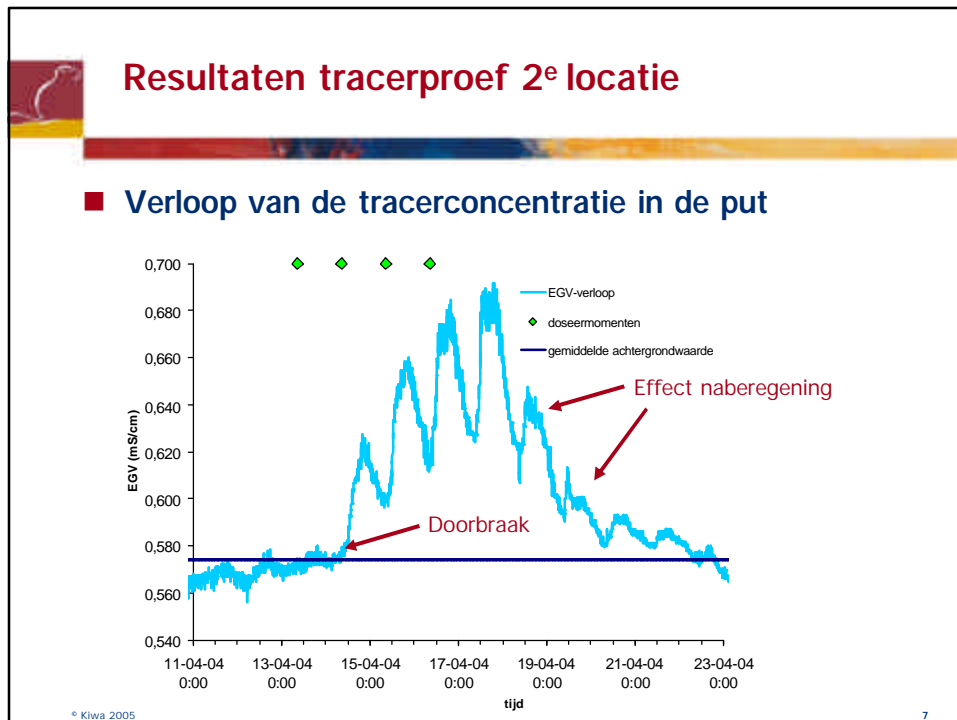
Proefopstelling

- **Conditie:**
 - Berekening met 50 mm water in 4 uur
 - Tracerconcentratie van 1000 mg/l
 - Pompdebiet van 5 m³/d
 - Dikte onverzadigde zone 50 cm



© Kiwa 2005

6



- ### Resultaten tracerproef 2^e locatie
- Doorbraak tracer op ongeveer 25,5 uur na een dosering
 - Top van de piekjes op ongeveer 34 uur na elke dosering
 - Gemiddelde stijging van het EGV bedraagt 0.035 mS/cm, dit komt overeen met 20,3 mg/l NaCl
 - Uit een massabalansberekening blijkt dat alle gedoseerde tracer (totaal 1000 g) weer in de put is teruggevonden
- © Kiwa 2005

Preferente stroming

- Preferente stroming veel voorkomend fenomeen in duinzand
- Jodideproef geeft aan dat dit ook bij Solleveld voorkomt
- Kolomproeven zijn dus riskant



© Kiwa 2005

9

Doseerproeven met micro-organismen

- Uitvoering in koude periode
 - geringe natuurlijke afsterving
- Rondom proefput beregend met hoge concentratie micro-organismen
- Frequente bemonstering van opgepompt water
- Analyse op concentratie micro-organismen
- Uit verschil 'in – uit' is afname berekend

© Kiwa 2005

10

Welke micro-organismen?



The slide displays three microscopic images of microorganisms. The top-left image shows several spherical viruses with a 100nm scale bar. The top-right image shows a cluster of yellowish, leaf-like protozoa. The bottom-center image shows numerous pink, rod-shaped bacteria.

Virussen

Protozoën

Bacteriën

© Kiwa 2005 11

Fasering doseerproeven

<i>type micro-org.</i>	<i>soort</i>	<i>periode</i>
<i>Virussen</i>	Bacteriofagen MS2 en F x174	febr. 2004
<i>Bacteriën</i>	<i>E. coli</i> en <i>Campylobacter lari</i>	mrt. 2004
<i>Protozoën + 'surroaat'</i>	<i>Cryptosporidium</i> <i>Clostridium biferm.</i>	nov. 2004

© Kiwa 2005 12

Voorzorgen

- Selectie van micro-organismen met geringe pathogeniteit (fagen, *E. coli*, *Campylobacter lari*, *Clostridium bifermentans*) of
- UV-inactivatie van *Cryptosporidium*
- Instructies aan medewerkers
- Monsternamen ('laag-besmet') gescheiden van dosering ('hoog-besmet')
- VROM-Inspectie is geïnformeerd

© Kiwa 2005

13

Aanmaak doseersuspensies



© Kiwa 2005

14

Berekening suspensie



© Kiwa 2005

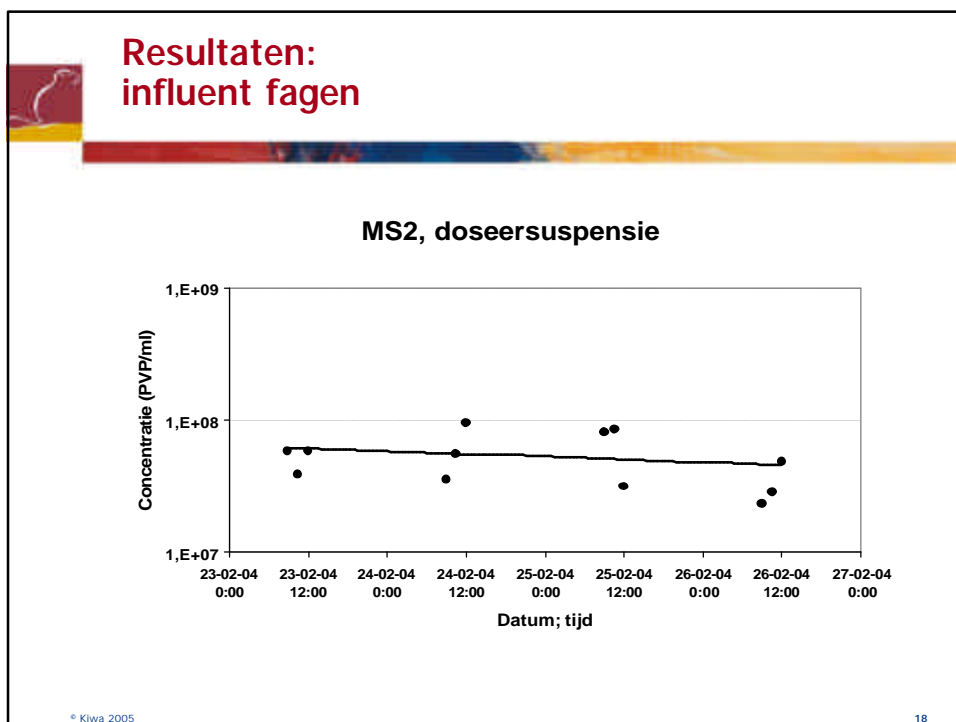
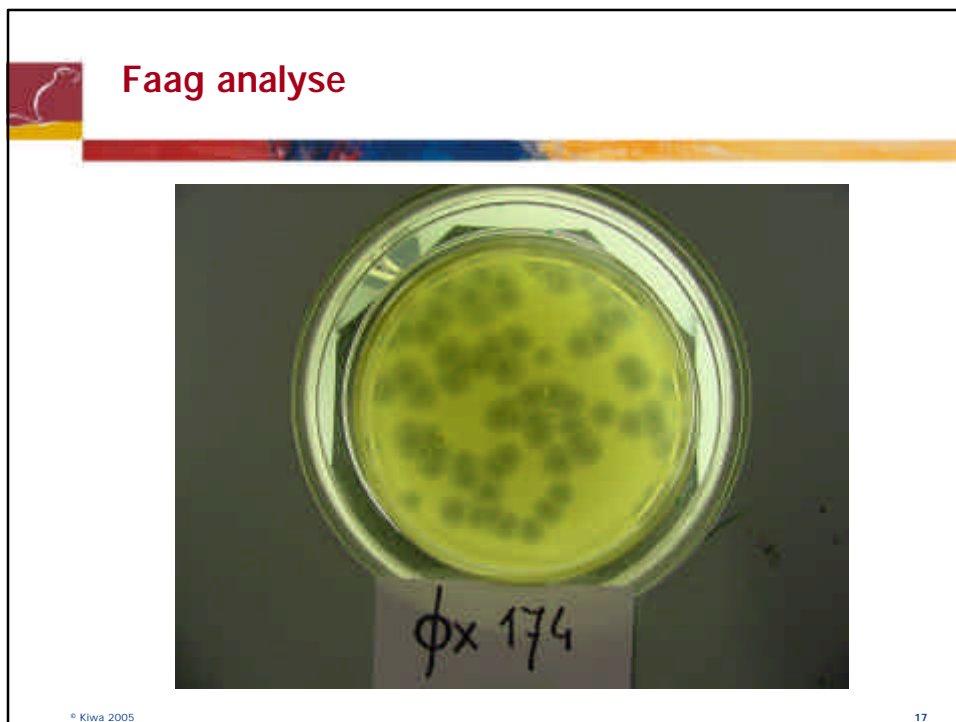
15

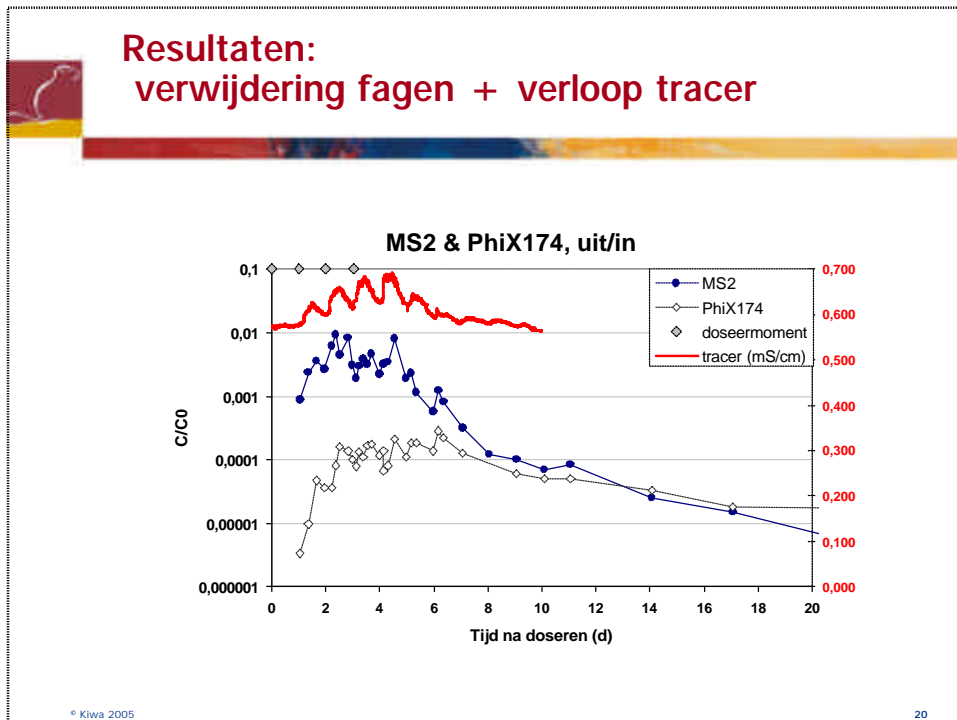
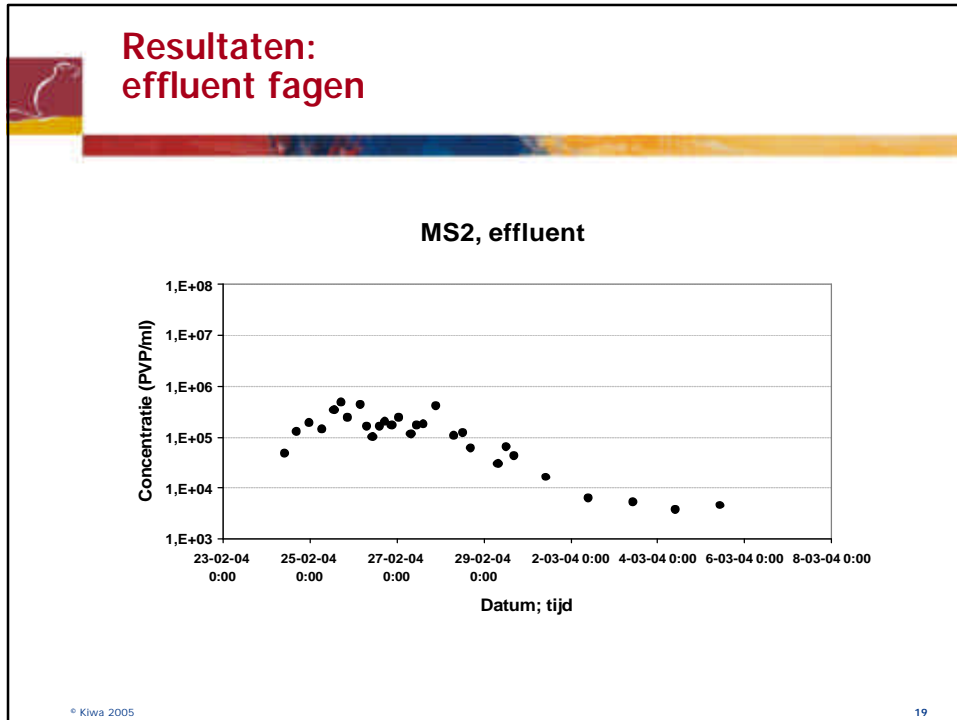
Bemonstering en analyse

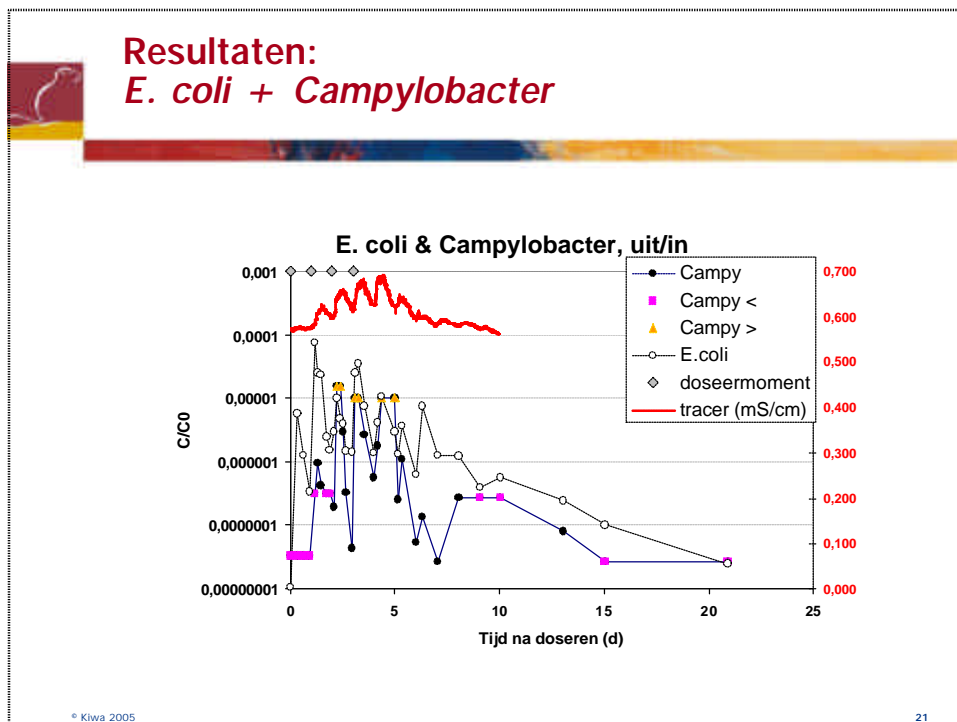


© Kiwa 2005

16







Monsterpunt



© Kiwa 2005

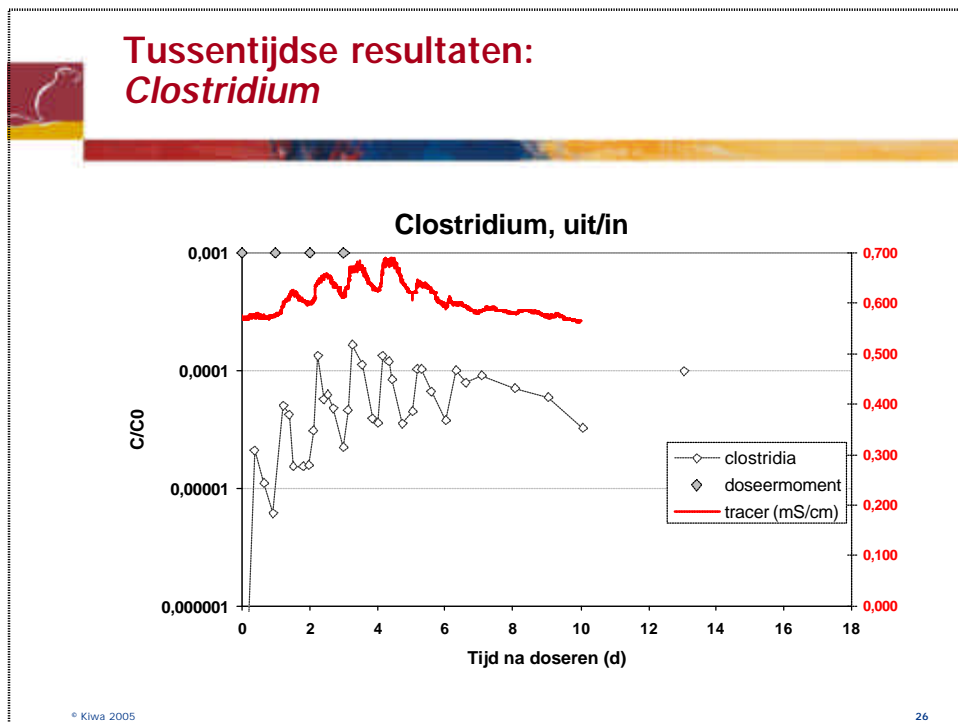
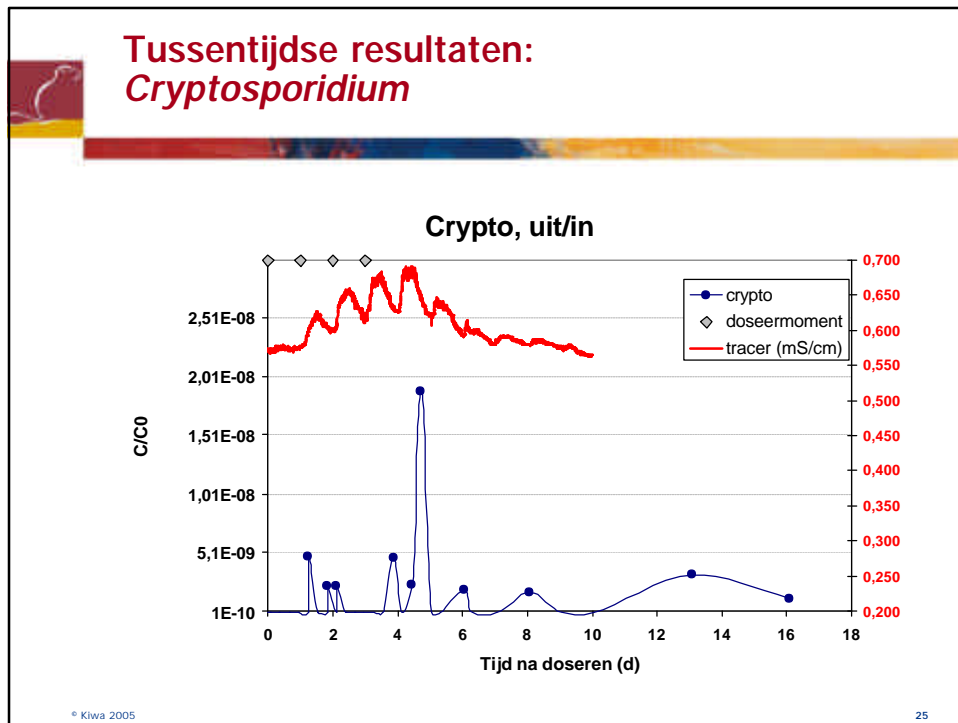
23

Detail Crypto-bemonstering



© Kiwa 2005

24



Waar bleven de Crypto's ?



© Kiwa 2005

27

Bemonstering zandprofiel



© Kiwa 2005

28

Crypto's in zand

- Gemeten in toplaag (2 cm): 14000 Crypto/ml (natte deel) en 610 Crypto/ml in droge deel
- Totale toplaag (5 m²) bevat ca. $0,7 \cdot 10^9$ Crypto van de gedoseerde hoeveelheid van ca. 10^9 Crypto
- Dus: ca. 70% is achtergebleven in bovenste 2 cm

© Kiwa 2005

29

Gemeten log-verwijderingen in kolomproef en praktijkproef

Type micro-org	Kolomproef PWN, DZH, gemidd.	Praktijkproef Solleveld
Faag MS2	3,1	0,7
Faag phiX174	n.b.	2,4
<i>E. coli</i>	5,8	2,7
enterococcen	4,4	n.b.
<i>Campylobacter</i>	n.b.	4 à 5
Clostridia	5,6	3
<i>Cryptosporidium</i>	3,6	7

© Kiwa 2005

30

Risico?

- **Uit combinatie van:**
 - Inschatting concentraties pathogenen die via feces rond de putten worden opgebracht
 - Gemeten verwijdering voor onderzochte typen micro-organismen (zie tabel)
 - Info over aantal putten en dikte deklaag rond putten
 - Schatting verwijdering in resterende zuivering

- **Kan concentratie in drinkwater worden geschat en worden getoetst aan norm 10⁻⁴ infectierisico**

© Kiwa 2005

31

Globale inschatting risico

- **Aanname: onverzadigde zone 50 cm à 1 m**
- **virussen: wanneer humaan-pathogene virussen in dierlijke mest voorkomen: mogelijk RISICO**
- **Campylobacter: hoge concentraties in mest mogelijk + matige verwijdering, dus RISICO**
- **Cryptosporidium: vooral in mest van jonge dieren aanwezig, dus: deze op stal of elders houden. + Verwijdering in deklaag hoog. LAAG RISICO**

© Kiwa 2005

32

CONCLUSIE:

- Bij samenloop van ongunstige factoren (dunne onverzadigde zone, pathogenen in mest, regenval) is risico voor geproduceerd drinkwater niet te verwaarlozen



© Kiwa 2005

33

Vervolg?

- Uitkomsten zijn van belang voor heel Nederland!
Echter:
 - Andere dikte onverzadigde zone dan 50 cm
 - Andere bodems
- Voor vertaling naar andere diktes is modellering noodzakelijk
- Effect andere bodemtypen kan wellicht met kolomproeven worden vastgesteld

© Kiwa 2005

34

Gijsbert Cirkel, Pieter Nobel



**Microbiologische risico's door
begrazing en recreatie**

Dank voor uw aandacht

3. Veiligheid 60-dagen zone
Paul van der Wielen

Nieuwegein, 16/4/07

Paul van der Wielen, Wiel Senden en Gertjan Medema



kiwa 
Partner for progress



De microbiologische veiligheid van de 60-dagenzone rond grondwaterwinningen

Special Veilige Waterwingebieden
PBC Risicobeheer Bronnen
PBC Microbiologie
12 april 2007



Introductie



- Grondwater hoge hygiënische kwaliteit
- Om kwaliteit te waarborgen zijn er beschermingszones rond grondwaterwinningen aangebracht
- Oudste beschermingsrichtlijn opgesteld in 1953 in Duitsland
- Opgesteld door Knorr die op basis van onderzoek en ervaring ontdekte dat een zone van 50 tot 60 dagen de winmiddelen voldoende beschermd tegen fecale bacteriën

© Kiwa Water Research 2006 2

Introductie



- **Nederland Commissie Bescherming Waterwingebieden (1980): De 60-dagenzone**
- **Zowel Knorr als de Nederlandse Commissie geven aan dat onduidelijk is of deze zone ook toereikend is voor virussen**
- **Veldstudie Castricum: 26 dagen bodempassage 8,1 logverwijdering van virussen**
- **Veldstudie 'DIZON': 38 dagen bodempassage 8,4 logverwijdering van virussen**
- **In beide gevallen is verblijftijd van 60 dagen dus voldoende**

© Kiwa Water Research 2006

3

Introductie



- **Schijven et al.: virustransportmodel waarmee de lengte van de beschermingszone kan worden voorspeld**
- **Resultaten modelstudie: Bij lekkend riool en 10^{-4} infectierisico moet de lengte van beschermingszone 1 tot 2 jaar zijn**
- **Kiwa modelstudie herhaald en onderverdeling gemaakt tussen oxisch en anoxisch**
- **Resultaten van deze modelstudie:**
 - Rond oxische winningen lengte zone 43 tot 117 dagen
 - Rond anoxische winningen lengte zone 1,5 tot 2,5 jaar
- **Dit roept de vraag op of de 60-dagenzone anoxische grondwaterwinningen voldoende beschermt tegen virusdoorbraak**

© Kiwa Water Research 2006

4


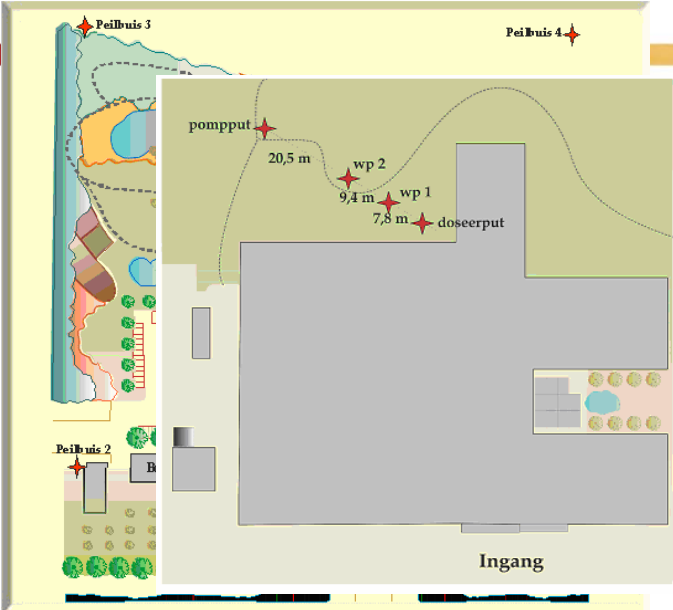
Doel van het onderzoek



- Bepalen wat de verwijdering van virussen is in een kwetsbaar watervoerend pakket (anoxisch, relatief hoge pH en korte onverzadigde zone)
- Resultaten worden gebruikt om
 - Uitspraak te doen of de huidige richtlijn van 60 dagen verblijftijd grondwaterwinningen in kwetsbaar wvp voldoende beschermd
 - Virustransportmodel te valideren, zodat voorspellende waarde van model bekend wordt


© Kiwa Water Research 2006 5

Locatie



© Kiwa Water Research ZUOB 6

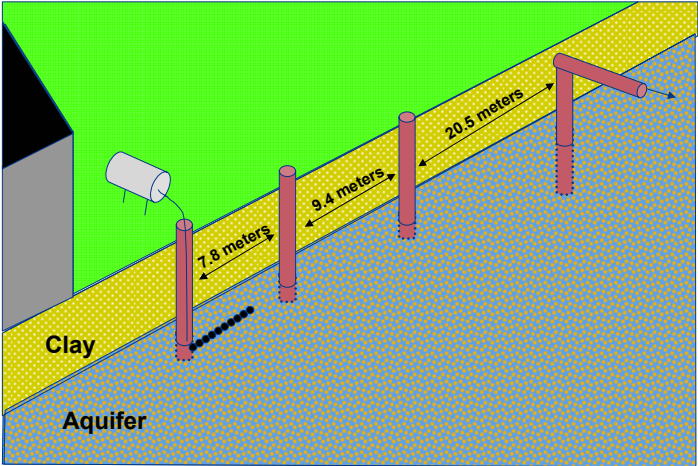

Doseringen



- **Bromide als conservatieve tracer**
 - Conservatief; in lage concentraties te meten
 - ~ 800 mg/l; ~ 1950 liter in 96 uur gedoseerd
 - Bepalen doorbraaktijd waarnemingsputten en pompput
- **Bacteriofaag MS2 en PhiX174**
 - Modelvirussen voor verwijdering humaanpathogene virussen
 - MS2 laag iso-elektrisch punt, conservatief transport
 - PhiX174 hydrofiel, conservatief transport in bodems met org. mat.
 - MS2: 9.7×10^9 pve ml⁻¹ en $\Phi X174$: 2.5×10^6 pve ml⁻¹ gedoseerd
 - ~ 1950 liter in 96 uur gedoseerd
- **Beide doseringen onder anoxische condities**

© Kiwa Water Research 2006

Doseringen



Clay

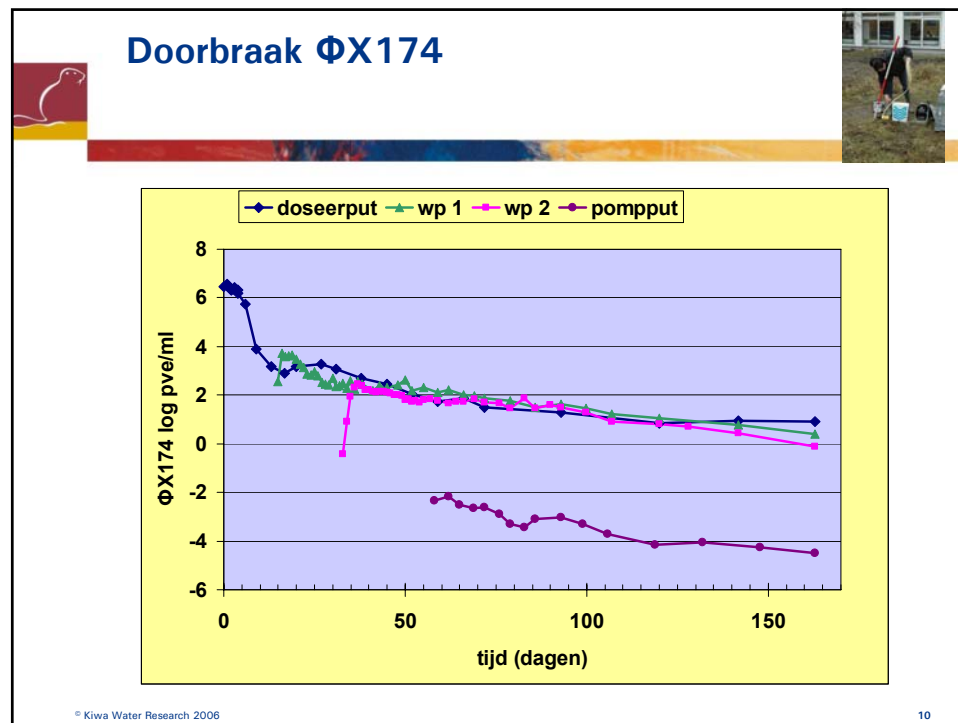
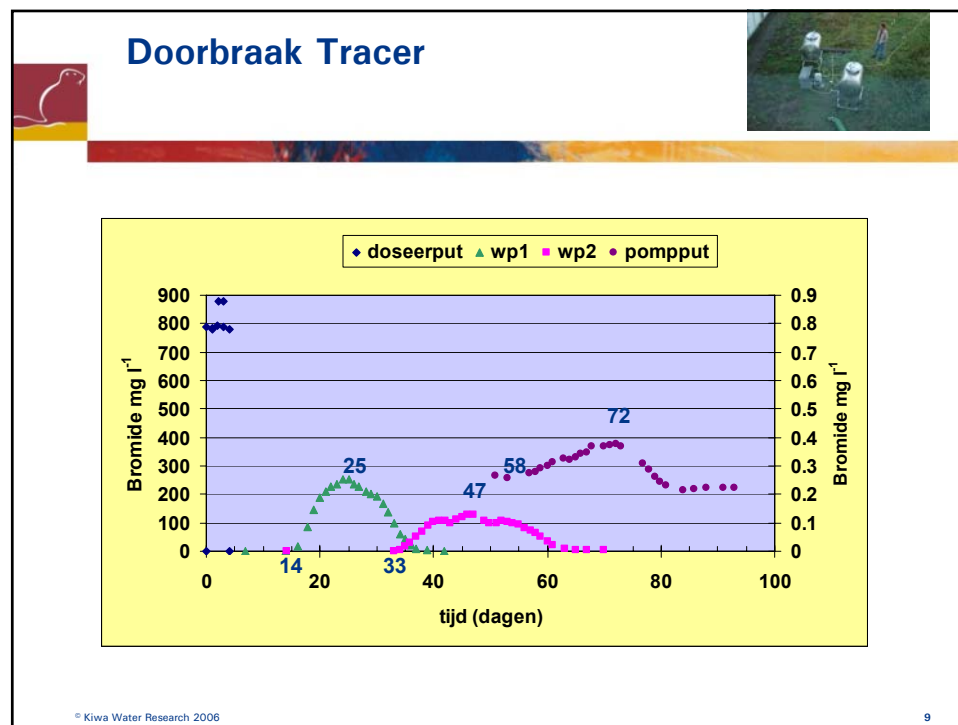
Aquifer

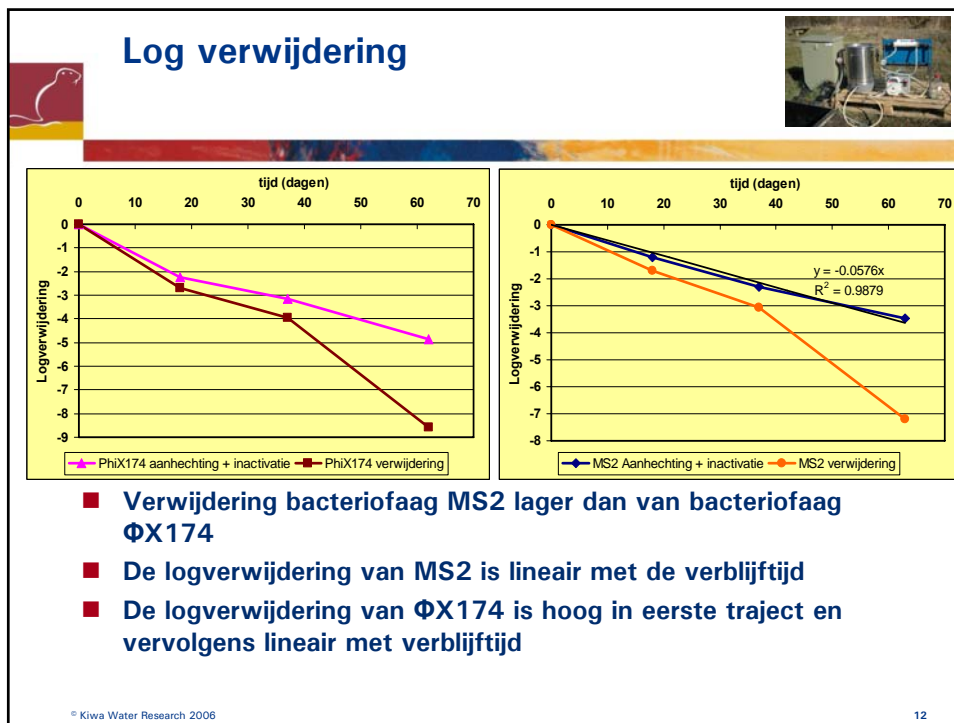
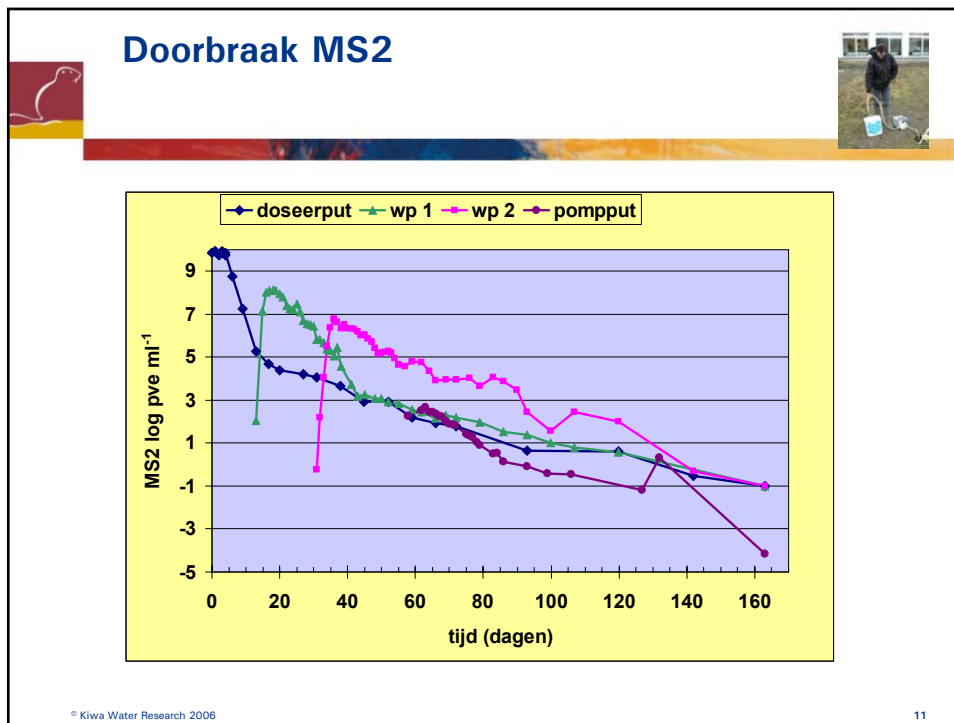
7.8 meters

9.4 meters

20.5 meters

© Kiwa Water Research 2006







Nieuwegein, 16/4/07



Lengte beschermingszone






Enterovirussen			Reovirussen	
Verdunding (log N l ⁻¹)	Verwijdering (log N l ⁻¹)	Lengte zone (dagen)	Verwijdering (log N l ⁻¹)	Lengte zone (dagen)
1,0	7,8	135	8,3	144
1,5	7,3	127	7,8	135
2,0	6,8	118	7,3	127
2,5	6,3	109	6,8	118
3,0	5,8	101	6,3	109
3,5	5,3	92	5,8	101
4,0	4,8	83	5,3	92
4,5	4,3	75	4,8	83
5,0	3,8	66	4,3	75

Norovirussen			Rotavirussen	
Verdunding (log N l ⁻¹)	Verwijdering (log N l ⁻¹)	Lengte zone (dagen)	Verwijdering (log N l ⁻¹)	Lengte zone (dagen)
1,0	10,9	189	9,6	167
1,5	10,4	181	9,1	158
2,0	9,9	172	8,6	149
2,5	9,4	163	8,1	141
3,0	8,9	155	7,6	132
3,5	8,4	146	7,1	123
4,0	7,9	137	6,6	115
4,5	7,4	128	6,1	106
5,0	6,9	120	5,6	97

© Kiwa Water Research 2006 15

Kwetsbare winningen (anoxisch en onverzadigde zone korter dan 5 meter)






Winning	pH	Lengte onverz. zone (m)	Lengte 60-dagenzone (m)	Afstand filter tot wvp (m) ^a
Kruidhaars	6,7	2,5	24,9	47,5
Ruinerwold	6,8	2,0	48,6	32,5
Boxmeer	6,9	1,5	97,4	6,9
Budel	6,6	0,6	76,7	31,4
Nuland	7,3	3,0	88,2	32,0
Waalwijk	6,8	2,2	86,9	12,8
Buren (Ameland)	8,0	< 1,0	12,8	16,7
Hollum (Ameland)	8,0	< 1,0	17,9	9,7
Schiermonnikoog	7,8	1,5	9,5	18,5
Schierm.oog-wl-plas	7,8	< 1,0	9,3	17,1
Appelscha	7,1	1,5	57,6	38,5
Boerhaar	7,1	1,0	< 75,0	22,8
Espelo	7,3	1,0	34,5	39,0
Weerselo	7,4	2,0	32,2	28,0
Noordijkerveld	7,3	2,0	87,2	13,0
Olden Eibergen	7,1	4,0	142,2	10,0
't Loohuis	7,3	0,8	42,7	27,0

■ Elf winningen in Nederland vergelijkbaar met veldlocatie. De beschermingszone zou daar naar 110 dagen moeten.

© Kiwa Water Research 2006 16



Conclusies



- De waargenomen verwijdering in onze studie is lager dan in andere veldstudies: De Kiwa-locatie is dus een worstcase locatie voor virusverwijdering
- De huidige richtlijn van 60 dagen bodemtransport rond grondwaterwinningen beschermt freatische winningen met een kwetsbaar wvp (anoxisch, korte onverzadigde zone) onvoldoende tegen virussen uit een lekkend riool
- Bij freatische winningen met een dergelijk kwetsbaar wvp moet de beschermingszone verruimt worden naar 110 dagen
- Er zijn in Nederland elf freatische grondwaterwinningen die een dergelijk kwetsbaar wvp pakket hebben

© Kiwa Water Research 2006 17

Conclusies



- Het virustransportmodel van Schijven et al. voorspelde de verwijdering van MS2 en ΦX174 slecht, wanneer de verwijdering door aanhechting en inactivatie met de afstand werd uitgerekend
- Het virustransportmodel voorspelde de verwijdering van MS2 redelijk goed wanneer aanhechting met afstand, maar inactivatie met verblijftijd werd uitgerekend
- Het virustransportmodel is daardoor niet geschikt om de lengte van de beschermingszone rond grondwaterwinningen uit te rekenen, tenzij de winning een homogeen wvp heeft
- Het virustransportmodel kan gebruikt worden om de logverwijdering tussen contaminatiebron en winput uit te rekenen, mits de afstand en verblijftijd tussen bron en winput bekend is

© Kiwa Water Research 2006 18


Aanbevelingen



- Rond de elf freatische grondwaterwinningen met een kwetsbaar wvp moet de zone verlengd worden naar 110 dagen om de winmiddelen voldoende te beschermen tegen virusdoorbraak
- Rond oxische winningen volstaat de 60-dagenzone (gegevens uit andere veldstudies, o.a. Castricum)
- Nader onderzoek is nodig om een uitspraak te doen over de veiligheid van de 60-dagenzone rond grondwaterwinningen met suboxisch grondwater

© Kiwa Water Research 2006 19

Aanbevelingen

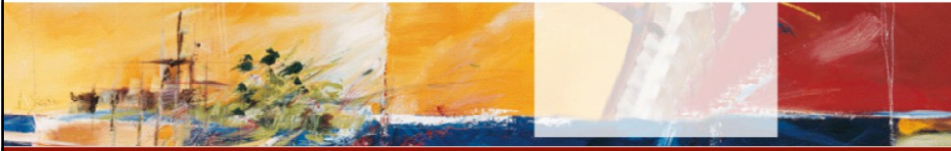


- Riolering die binnen de 110-dagenzone (anoxische kwetsbare winningen) of binnen de 60-dagenzone (overige winningen) ligt, zou dubbelwandig moeten zijn en de integriteit van de rioolbuis zou regelmatig gecontroleerd moeten worden
- Het model dat de lengte van de beschermingszone uitrekent is niet bruikbaar als voorspellend instrument
- Het virustransportmodel kan wel worden toegepast om de virusverwijdering tussen bron en winput te berekenen (Expertmodel volgende presentatie)

© Kiwa Water Research 2006 20

4. Expertmodel bodempassage
Klaas-Jan Raat

Klaasjan Raat, Pieter Stuyfzand, Kees Vink, Paul van der Wielen



Expertmodel Bodempassage



Klaasjan Raat

- **Bodemchemie, hydrochemie**
- **Modellen**
- **Kiwa WR sinds 1 januari 2007**


2



Programma Expertmodel Bodempassage

- Kader Expertmodel
- (Technische) Opzet Expertmodel
- Modelleren virustransport
- Kick off

3



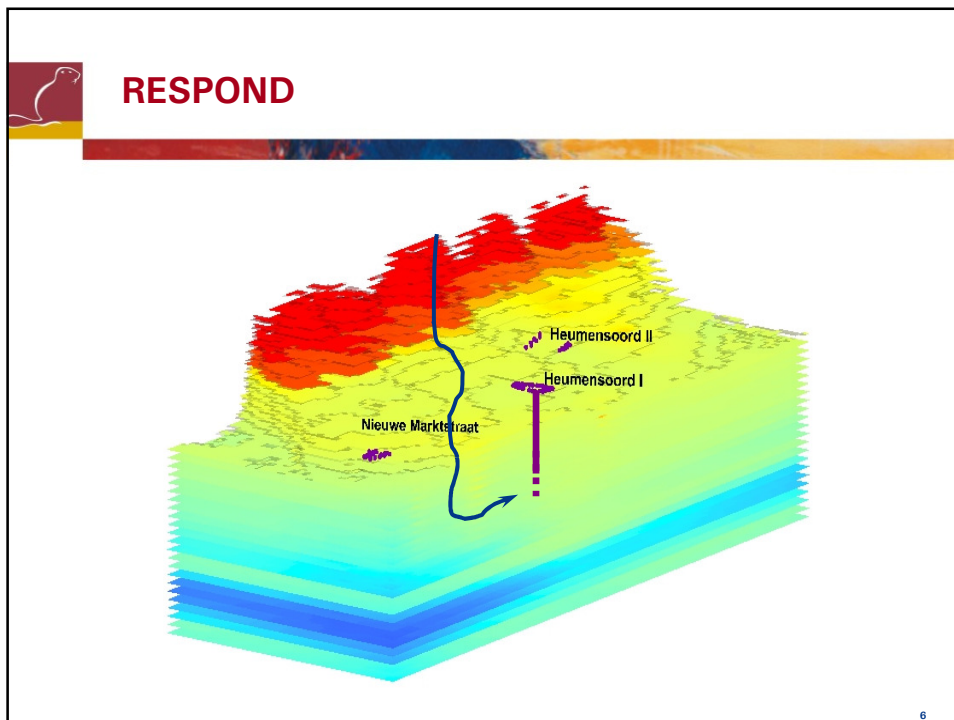
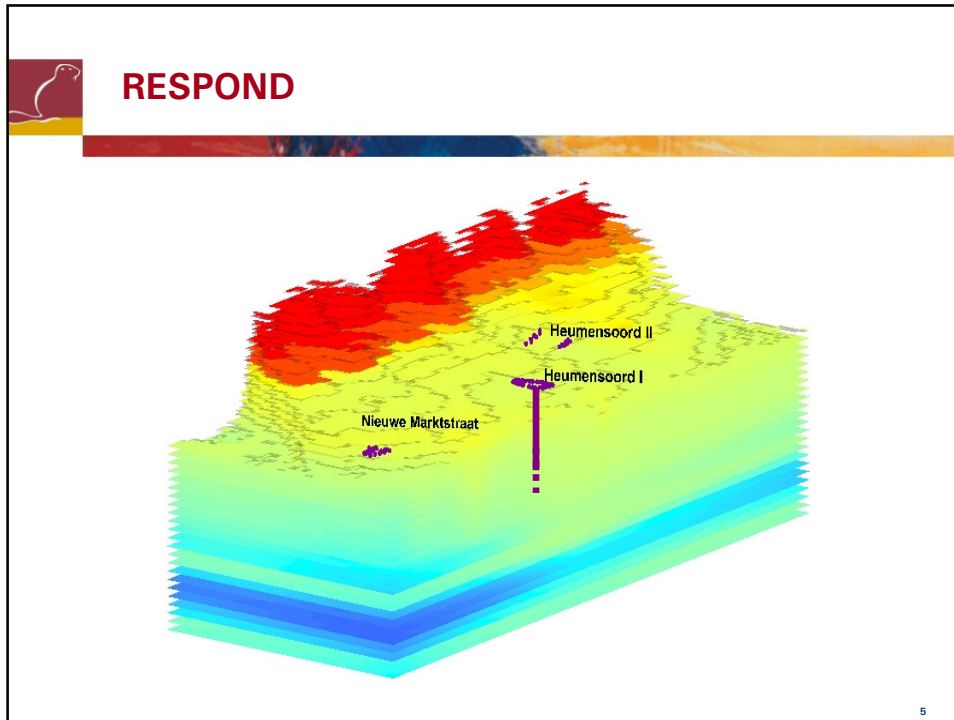
Expertmodel bodempassage (EB)


- een model waarmee transport van macrochemie en chemische en microbiologisch verontreinigingen kan worden gesimuleerd
- REFLECT
- RESPOND – Single Tube
- RESPOND
- Easy Leacher
- Expertmodel Bodempassage
- MT3D

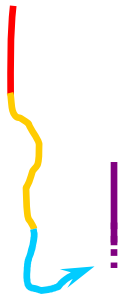
↓ complexiteit

↓ detail

4



 **RESPOND**



7

 **RESPOND**

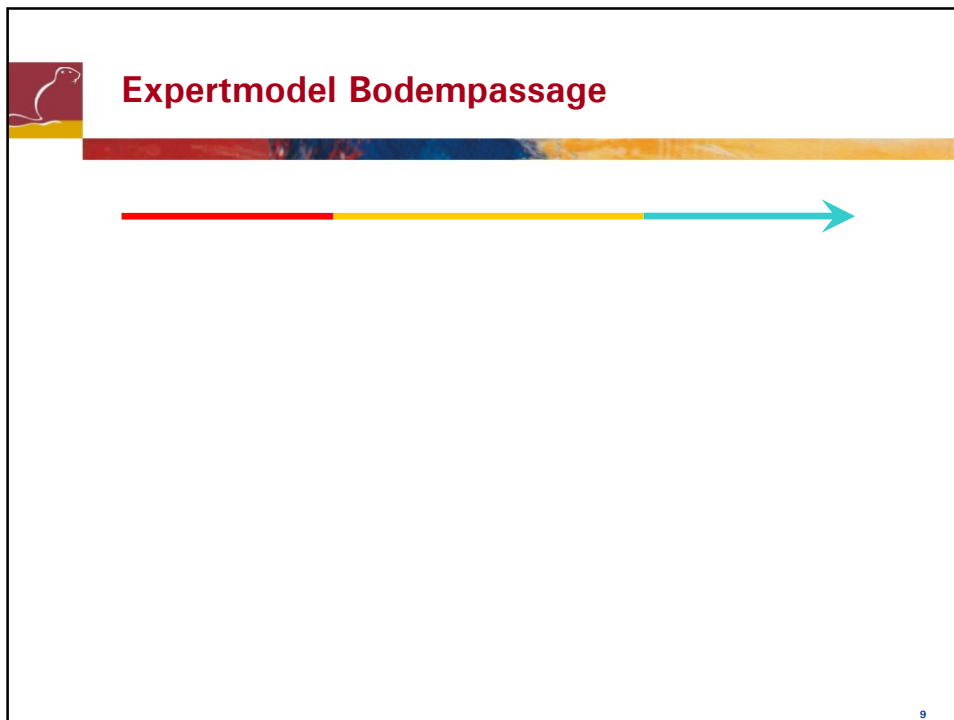


- %rood, %geel, %blauw
- Beslisregels
- Input + Beslisregels → Output

- Snel & makkelijk implementeerbaar
- Rekent snel → Optimalisatie! Onzekerheid!

- Waterkwaliteit op specifiek punt
- Op-een-volging diverse geochemische milieus

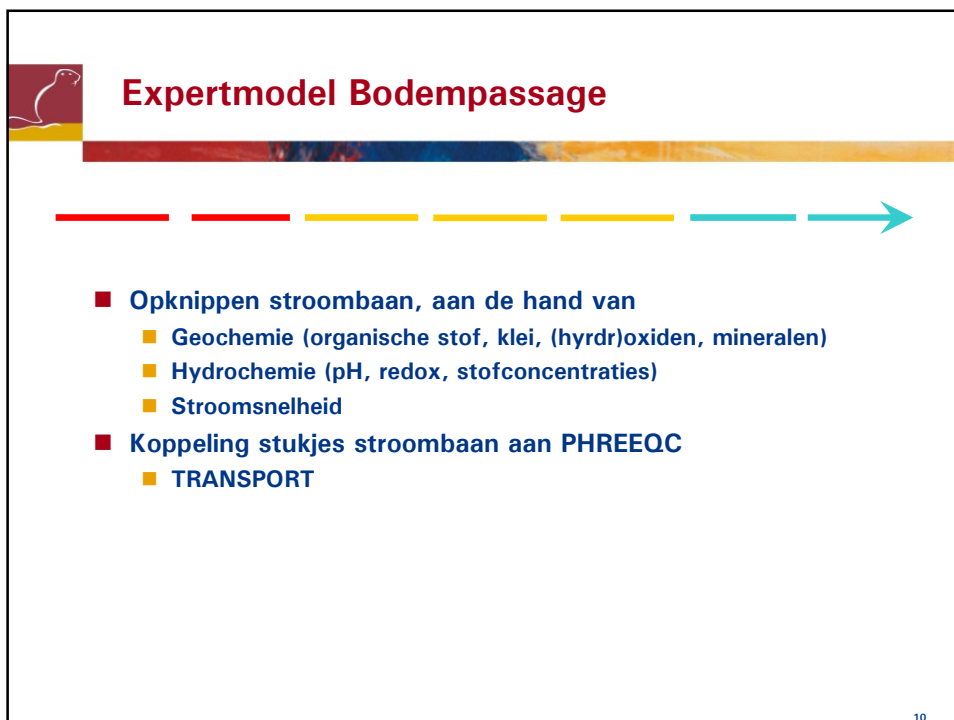
8



Expertmodel Bodempassage

9

This slide features a title 'Expertmodel Bodempassage' in red text at the top left. Below the title is a horizontal bar with a red-to-yellow gradient. A dashed arrow below the bar is divided into three segments: red, yellow, and cyan, pointing to the right. A small number '9' is located in the bottom right corner.




Expertmodel Bodempassage



- Opknippen stroombaan, aan de hand van
 - Geochemie (organische stof, klei, (hydr)oxiden, mineralen)
 - Hydrochemie (pH, redox, stofconcentraties)
 - Stroomsnelheid
- Koppeling stukjes stroombaan aan PHREEQC
 - TRANSPORT

10

This slide features a title 'Expertmodel Bodempassage' in red text at the top left. Below the title is a horizontal bar with a red-to-yellow gradient. A dashed arrow below the bar is divided into three segments: red, yellow, and cyan, pointing to the right. Below the arrow is a bulleted list in blue text. A small number '10' is located in the bottom right corner.




PHREEQC




- Geochemisch speciatie programma
- Open code, goed contact ontwikkelaars
- 1-D transport
- Reactie kinetiek
- Sorptie en afbraak organische contaminanten
- Ook virussen te modelleren!

11

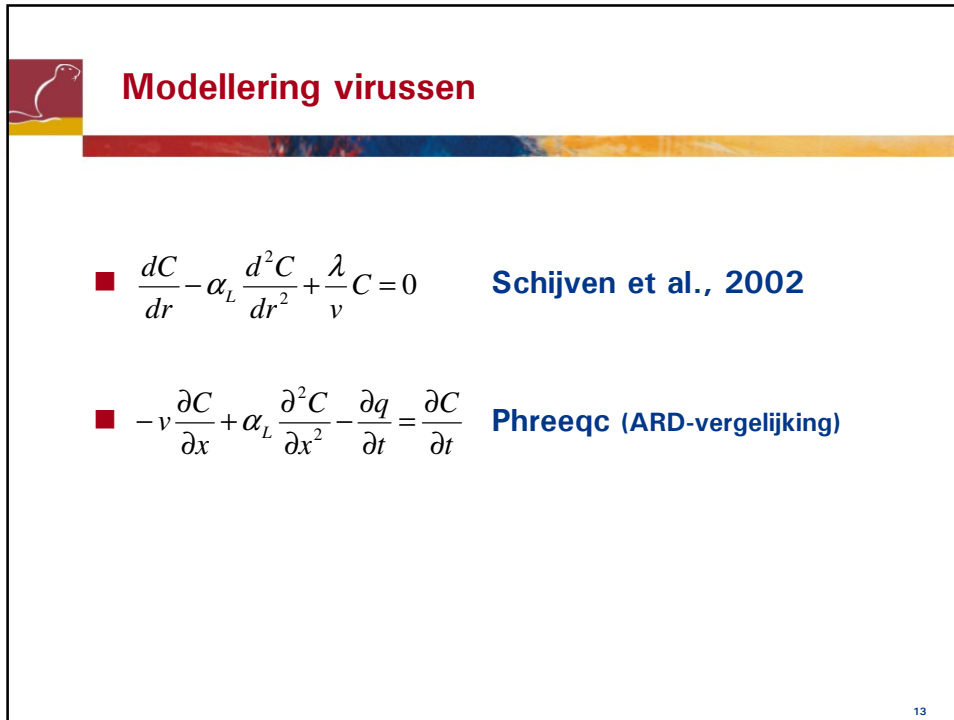


Modellering virussen



- $\frac{dC}{dr} - \alpha_L \frac{d^2C}{dr^2} + \frac{\lambda}{v} C = 0$ Schijven et al., 2002

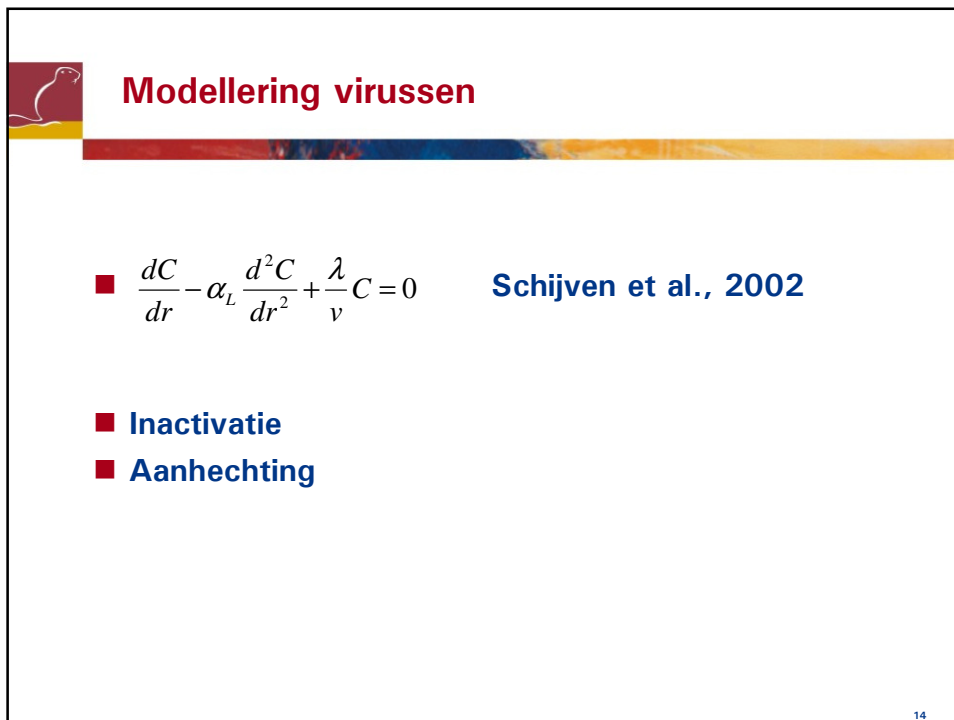
12



Modelling virussen

- $\frac{dC}{dr} - \alpha_L \frac{d^2C}{dr^2} + \frac{\lambda}{v} C = 0$ **Schijven et al., 2002**
- $-v \frac{\partial C}{\partial x} + \alpha_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \frac{\partial q}{\partial t} = \frac{\partial C}{\partial t}$ **Phreeqc (ARD-vergelijking)**

13



Modelling virussen

- $\frac{dC}{dr} - \alpha_L \frac{d^2C}{dr^2} + \frac{\lambda}{v} C = 0$ **Schijven et al., 2002**
- **Inactivatie**
- **Aanhechting**

14

Modellering virussen

MS2						
Afstand (m)	Gemodelleerde verwijdering			Gemeten verwijdering		
	Totaal (log N)	Aanhechting (log N)	Inactivatie (log N)	Totaal (log N)	Aanhechting (log N)	Inactivatie (log N)
37,7	15,2	3,0	9,5	7,2	1,2	2,3
29,9	10,7	2,0	6,0	5,5	0,7	1,6
20,5	6,6	1,1	2,8	4,1	0,3	0,9

ΦX174						
Afstand (m)	Gemodelleerde verwijdering			Gemeten verwijdering		
	Totaal (log N)	Aanhechting (log N)	Inactivatie (log N)	Totaal (log N)	Aanhechting (log N)	Inactivatie (log N)
37,7	18,3	12,2	3,4	8,6	4,1	0,8
29,9	13,2	8,3	2,1	5,9	2,6	0,6
20,5	8,2	4,4	1,0	4,6	1,9	0,3

15

Modellering virussen

MS2						
Afstand (m)	Gemodelleerde verwijdering			Gemeten verwijdering		
	Totaal (log N)	Aanhechting (log N)	Inactivatie (log N)	Totaal (log N)	Aanhechting (log N)	Inactivatie (log N)
37,7	8,0	3,0	2,3	7,2	1,2	2,3
29,9	6,4	2,0	1,6	5,5	0,7	1,6
20,5	4,8	1,1	0,9	4,1	0,3	0,9

ΦX174						
Afstand (m)	Gemodelleerde verwijdering			Gemeten verwijdering		
	Totaal (log N)	Aanhechting (log N)	Inactivatie (log N)	Totaal (log N)	Aanhechting (log N)	Inactivatie (log N)
37,7	15,7	12,2	0,8	8,6	4,1	0,8
29,9	11,6	8,3	0,6	5,9	2,6	0,6
20,5	7,5	4,4	0,3	4,6	1,9	0,3

16

Modellering virussen

- $\frac{dC}{dr} - \alpha_L \frac{d^2C}{dr^2} + \frac{\lambda}{v} C = 0$ Schijven et al., 2002
- $-v \frac{\partial C}{\partial x} + \alpha_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \frac{\partial q}{\partial t} = \frac{\partial C}{\partial t}$ Phreeqc


17

Modellering virussen

T [°C]	Inactivatie constante [log d ⁻¹]	Referentie
7	0.000369	Yahya et al.
7	0.0469	Yahya et al.
10	0.0489	Blanc & Nasser
12	0.030	Yates et al.
12	0.0942	Yates et al.
12	0.0104	Schijven et al.
12	0.0434	Schijven et al.
11	0.0359	Van der Wielen

- Constantes onzeker
- Chemie belangrijk!


18



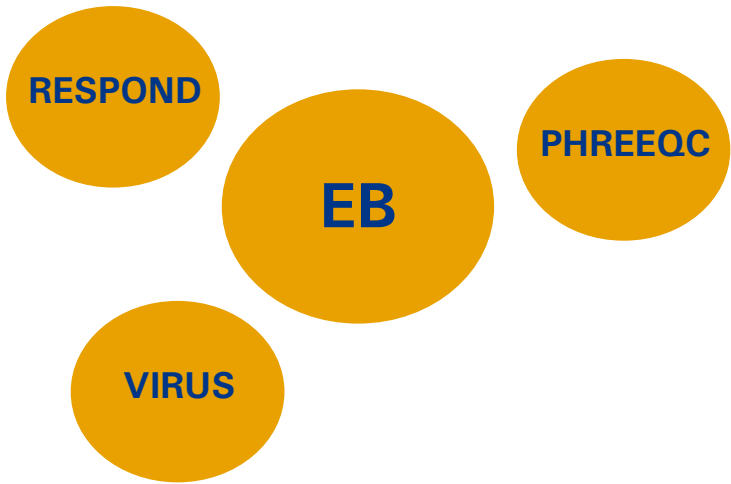
Expertmodel bodempassage (EB)

- een model waarmee transport van macrochemie en chemische en microbiologisch verontreinigingen kan worden gesimuleerd

19



Expertmodel bodempassage (EB)



RESPOND

PHREEQC

EB


VIRUS

20



Einde Presentatie

Dank voor uw aandacht



Expertmodel bodempassage (EB)

- een model waarmee transport van macrochemie en chemische en microbiologisch verontreinigingen kan worden gesimuleerd
- REFLECT
- RESPOND – Single Tube
- RESPOND
- Easy Leacher
- Expertmodel Bodempassage
- MT3D

↓ complexiteit

↓ detail

22

5. Meetnet bacteriofagen in ruw grondwater
Paul van der Wielen

Paul van der Wielen en Gertjan Medema

kiwa 
Partner for progress





Bacteriofagen in Grondwater

Voorkomen en Genotypering

Special Veilige Waterwingebieden
PBC Risicobeheer Bronnen
PBC Microbiologie
12 april 2007



Introductie



- **Indicatororganismen**
 - **Fecale pathogene micro-organismen in water**
 - **Opsporen fecale verontreiniging met indicatororganismen**
 - ***Escherichia coli*, Enterococcen, sporen *Clostridium***
 - **Maar gedrag van deze bacteriën in water niet overeen met gedrag humaanpathogene virussen**
 - **Daarom meten van bacteriofagen als indicatie voor fecale humaanpathogene virussen.**

© Kiwa Water Research 2006 2



Introductie

- **Bacteriofagen**
 - Virussen die bacteriën infecteren
 - Meestal gastheerspecifiek
 - **Fecaal gerelateerd:**
 - F-specifieke RNA colifagen (infecteren *E. coli*)
 - Somatische colifagen (infecteren *E. coli*)
 - Bacteriofagen die *Bacteriodes fragilis* infecteren
 - **Alle drie gebruikt als indicatororganisme**

© Kiwa Water Research 2006 3


Introductie


- **Bacteriofagen in watermilieus:**

Watertype	Somatische (pve l ⁻¹)	F-specifieke (pve l ⁻¹)	<i>B. fragilis</i> fagen (pve l ⁻¹)
Rioolwater	$2,9 \times 10^6 - 7,3 \times 10^6$	$600 - 1,3 \times 10^8$	$70 - 1,1 \times 10^6$
Oppervlaktewater	$1,1 \times 10^3 - 8,5 \times 10^4$	$18 - 5,2 \times 10^4$	10-150
Grondwater	20	1,4 -70	< 10

© Kiwa Water Research 2006 4



Introductie



- **Waterleidingbesluit 2001**
 - Periodiek ruwwater grondwaterwinningen testen op somatische colifagen en F-specifieke RNA colifagen (volume van 10 ml)
 - Echter geen normen beschreven
- **Gezien de lage gepubliceerde hoeveelheden in grondwater is de verwachting dat monsters negatief zijn**
- **In 2002 echter veel pompstations in Brabant en Limburg positief**

© Kiwa Water Research 2006

5



Doel van het onderzoek





- **Nadere analyse van voorkomen bacteriofagen in ruwwater pompstations Brabant en Limburg van 1-1-2002 t/m 1-1-2005**
- **Ontwikkelen moleculaire methode zodat F-specifieke RNA colifagen tot genotypeniveau kunnen worden gekarakteriseerd**
- **Vaststellen of voorkomen van colifagen gerelateerd kan worden aan andere parameters**

© Kiwa Water Research 2006

6

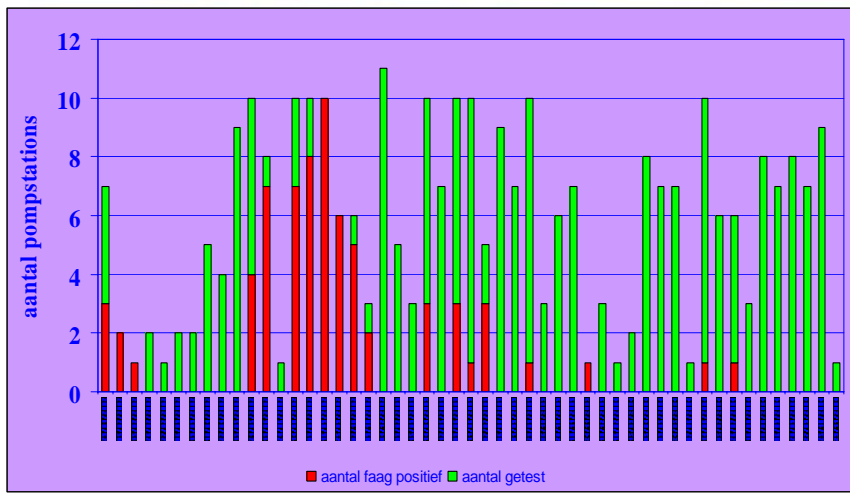


Resultaten



- 38 van de 64 pompstations testte ten minste één keer positief op F-specifieke RNA colifagen
- 31 van de 64 pompstation testte ten minste één keer positief op somatische colifagen
- Meeste pompstation zijn slechts incidenteel positief voor colifagen
- Uitzondering hierop Veghel, Genderen en Waterval
- Veghel en Genderen diepe winningen (B2)

© Kiwa Water Research 2006 7

Resultaten



© Kiwa Water Research 2006 8

Resultaten

- Hoog percentage van de pompstations positief voor F-specifieke RNA en/of somatische colifagen in periode mei t/m oktober 2002
- Daarna aantal positieve pompstations sterk afgenomen
- In 2004 slechts twee pompstations één keer positief voor F-specifieke RNA colifagen en alle pompstations negatief voor somatische colifagen

© Kiwa Water Research 2006 9

Resultaten

Correlatie F-specifieke colifagen en somatische colifagen

F-specifieke colifagen	Somatische colifagen
0.5	1
0.5	2
0.5	3
0.5	4
0.5	5
0.5	6
0.5	7
0.5	8
0.5	9
0.5	10
0.5	11
0.5	12
0.5	13
0.5	14
0.5	15
0.5	16
0.5	17
0.5	18
0.5	19
0.5	20
0.5	21
0.5	22
0.5	23
0.5	24
0.5	25
0.5	26
0.5	27
0.5	28
0.5	29
0.5	30
0.5	31
0.5	32
0.5	33
0.5	34
0.5	35
0.5	36
0.5	37
0.5	38
0.5	39
0.5	40
0.5	41
0.5	42
0.5	43
0.5	44
0.5	45
0.5	46
0.5	47
0.5	48
0.5	49
0.5	50
0.5	51
0.5	52
0.5	53
0.5	54
0.5	55
0.5	56
0.5	57
0.5	58
0.5	59
0.5	60
0.5	61
0.5	62
0.5	63
0.5	64
0.5	65
0.5	66
0.5	67
0.5	68
0.5	69
0.5	70
1	1
1	2
1	3
1	4
1	5
1	6
1	7
1	8
1	9
1	10
1	11
1	12
1	13
1	14
1	15
1	16
1	17
1	18
1	19
1	20
1	21
1	22
1	23
1	24
1	25
1	26
1	27
1	28
1	29
1	30
1	31
1	32
1	33
1	34
1	35
1	36
1	37
1	38
1	39
1	40
1	41
1	42
1	43
1	44
1	45
1	46
1	47
1	48
1	49
1	50
1	51
1	52
1	53
1	54
1	55
1	56
1	57
1	58
1	59
1	60
1	61
1	62
1	63
1	64
1	65
1	66
1	67
1	68
1	69
1	70
1	71
1	72
1	73
1	74
1	75
1	76
1	77
1	78
1	79
1	80
1	81
1	82
1	83
1	84
1	85
1	86
1	87
1	88
1	89
1	90

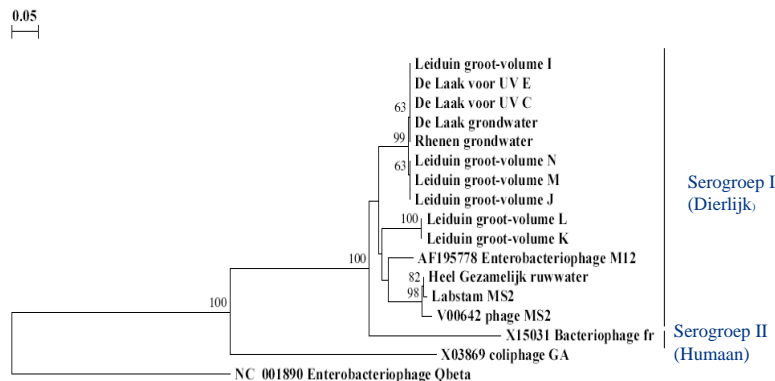
© Kiwa Water Research 2006 10

Moleculaire Methode



- Vanaf 2004 F-specifieke RNA colifagen isoleren voor verdere karakterisering
- Alleen Heel positief geweest
- Daarom ook colifagen geïsoleerd na snelfiltratie winlocatie Leiduin (oppervlaktewater) en uit ruwwater pompstations Laak en Rhenen (grondwater)
- Amplificatie replicasegen F-specifieke RNA colifagen in PCR-reactie
- Bepalen van sequentievolgorde DNA PCR-product
- Fylogenetische boom maken met nauwe verwante colifagen

Fylogenetische boom



Relatie met andere parameters

- **Situatie 2002 is onduidelijk. Pas achteraf vastgesteld dat er veel positieve pompstations waren**
- **Er lijkt geen relatie te zijn tussen neerslaghoeveelheid in de Bilt en positieve monsters 2002**
- **Na besluit om intensief te monitoren bij positieve pompstations (begin 2004) zijn er vrijwel geen positieve pompstations meer aangetroffen**
- **Daardoor is het niet mogelijk om een verklaring te geven voor het hoge aantal positieve pompstations in Brabant en Limburg in 2002**

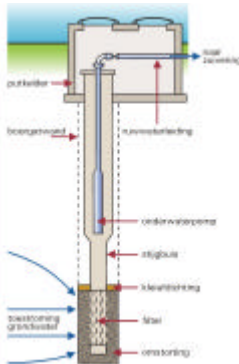
Conclusies

- **Vrijwel alle Brabantse en Limburgse pompstations waren incidenteel positief voor één van twee typen colifagen**
- **Het grootste gedeelte van de Brabantse en Limburgse pompstations die in de zomer/najaar van 2002 zijn getest waren positief voor één van de twee colifagen, terwijl in 2004 vrijwel alle pompstations negatief waren.**
- **Het is onbekend wat de hoge aantallen colifaag-positieve pompstations in 2002 veroorzaakte**

Conclusies

- De geteste moleculaire methode kan worden gebruikt om geïsoleerde F-specifieke RNA colifagen te genotyperen
- De genetische diversiteit van de geïsoleerde F-specifieke RNA colifagen was zeer laag. De reden hiervoor is onbekend
- Alle getypeerde colifagen behoorden tot serogroep I, een groep voornamelijk geassocieerd met fagen van dierlijke oorsprong

6. Hygiëncode winningen
Inke Leunk



Hygiënecode winmiddelen

Workshop veilige waterwingebieden, 12 april 2007



Aanleiding en achtergrond

- Bij werken met winmiddelen bestaat risico op verontreiniging



Aanleiding en achtergrond

- Risico's zijn in kaart gebracht in overleg met werkgroep
- Richtlijnen voor hygiënisch werken met winmiddelen
- Praktisch boekje, bedoeld voor medewerkers op pompstations en boorbedrijven
- Samenvatting op een A4



3

Wat zijn winmiddelen?

- Pompputten (horizontaal en verticaal)
- Drains
- Peilbuizen (in pompputten en in waarnemingsputten)
- Pompen
- Putkelders
- Ruwwaterleiding
- Niet voor oppervlaktewaterwinningen en infiltratie



4



Ontwerp

Door goed ontwerp kunnen problemen voorkomen worden

- Zorg voor een waterdichte en droge putkelder; putkelder bij voorkeur boven de hoogste grondwaterstand



5



Ontwerp

- Zorg voor voldoende hoge en afgesloten peilbuizen, voor als er toch water in de putkelder komt



6



Ontwerp

Denk verder aan:

- Goede en stevige materialen gebruiken
- Kogelkraan op peilfilters met overdruk
- Voorkom langdurige stilstand bij automatisch schakelsysteem
- Geen ruwwaterleiding langs bijvoorbeeld een persriool

7



Aanleg

- Gebruik in geen geval oppervlaktewater als werkwater, maar maak gebruik van drinkwater
- Gebruik hygiënisch betrouwbaar omstortingsmateriaal



8



Exploitatie

- Beheer van een wingebed, dieren en recreanten kunnen een bron van verontreiniging vormen door uitwerpselen en kadavers



9



Exploitatie

- Controleren van het putfilter



10



Exploitatie

Denk verder aan richtlijnen voor:

- Peilen en monstername
- Regeneratie
- Ontmantelen
- Controleren van de putkop en keerkleppen



11



Beoordeling waterkwaliteit

- Na werkzaamheden controle op verontreiniging
 - Aanleg van winmiddelen
 - Vervangen van een pomp
 - Regeneratie

Oplevering pompput na nieuwbouw	Bacteriën van de coligroep Kiemgetal 22° C E. coli Enterococcen
Regeneratie met waterstofperoxide of chloorbleekloog	Bacteriën van de coligroep Kiemgetal 22° C E. coli Enterococcen VGK's

12



Hoe verder?

- Twee weken geleden overleg en discussie over het concept
- Nu zijn de laatste wijzingen aangebracht en wordt de samenvatting gemaakt
- Nog een laatste controle door de werkgroep en dan wordt het boekje definitief gemaakt en verspreid.

13

kiwa 

Partner for progress



Einde Presentatie

Vragen


7. Toepassing Respond ST in discussies over grondwaterbescherming
Kees Vink



Kees Vink, Piebe Hoeksma

Partner for progress

RESPOND Single Tube Toepassing voor Grondwaterbescherming



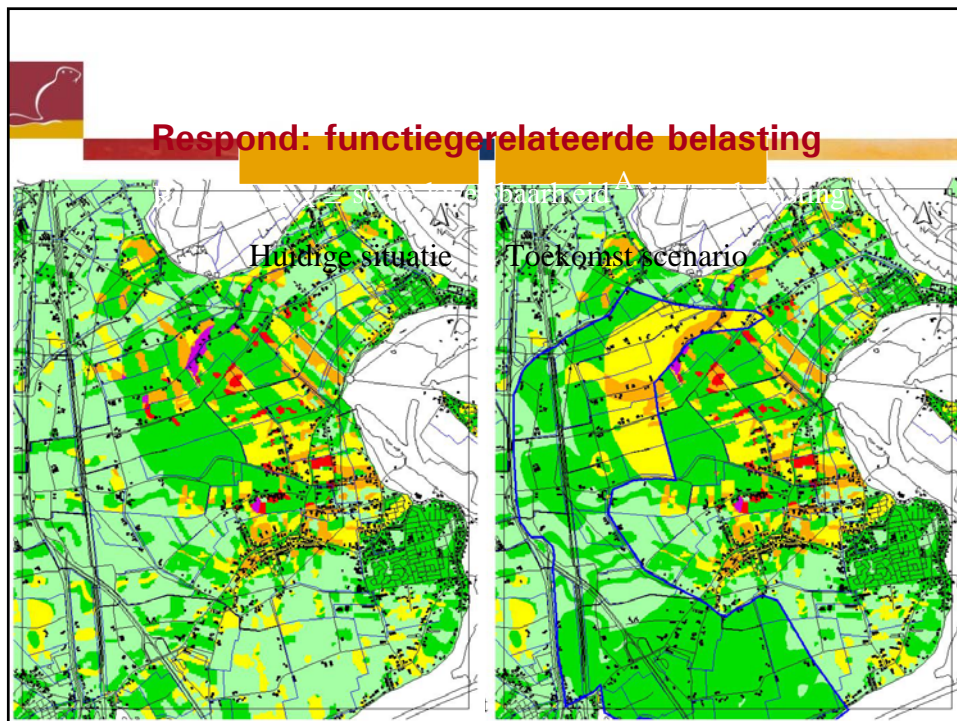
Programma

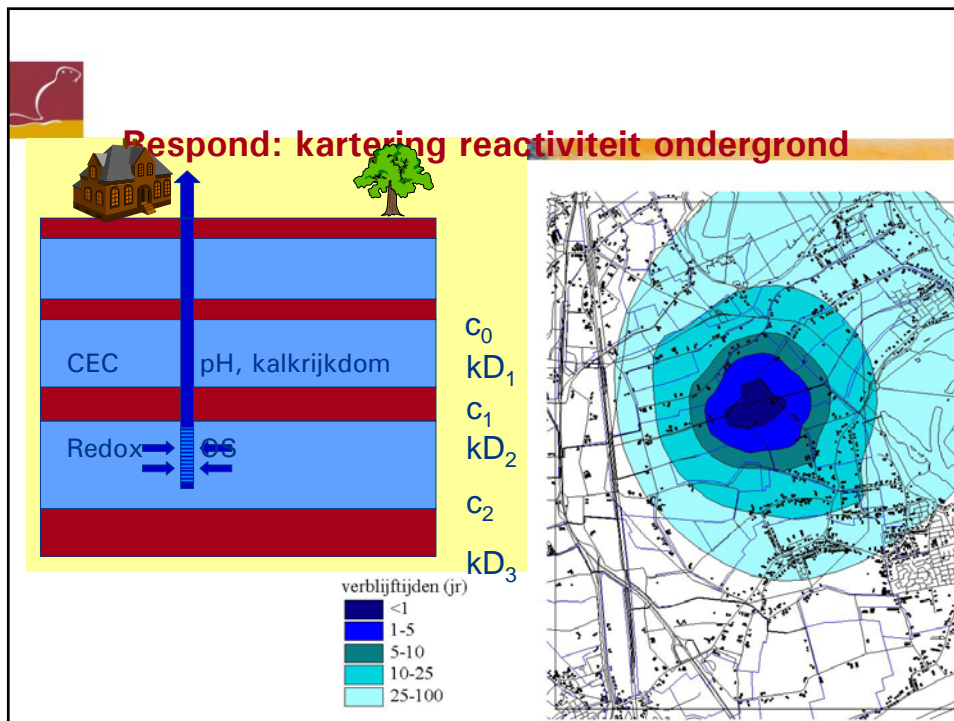
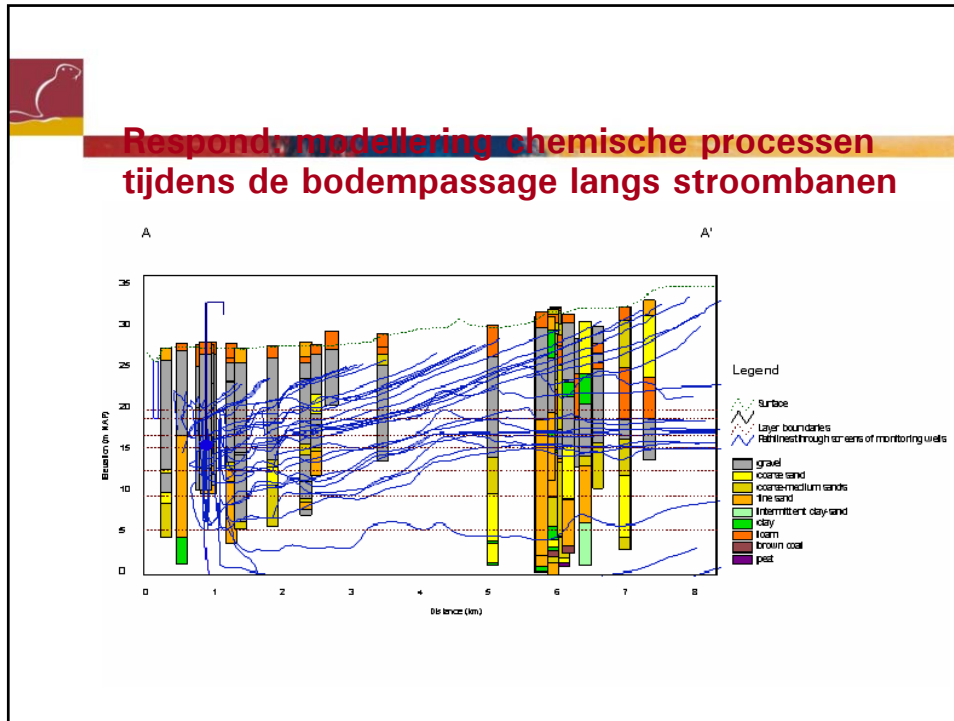
- Inleiding
- Respond en Respond 'single tube' (RST)
- Samenvatting huidig beleid
- Bevindingen afstudeerder Piebe Hoeksma
- Synthese beleid en instrumenten
- Vragen/discussie

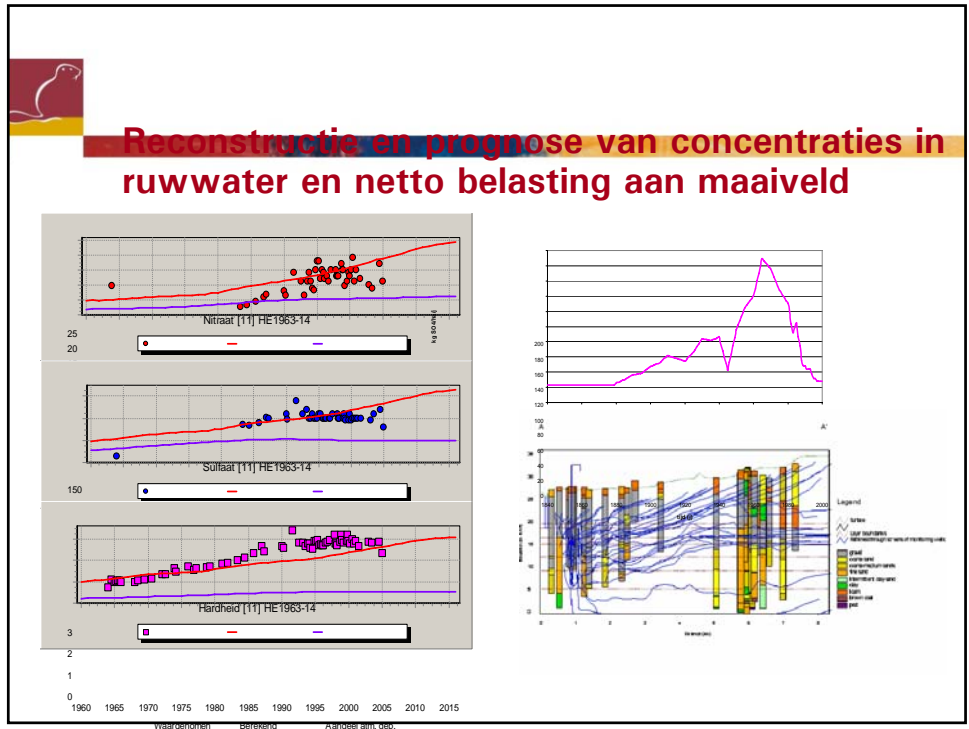


Inleiding

- VWW – HC “1e fase”: HACCP/Mariska benadering
- VWW – HC “2e fase”: instrument benadering
 - Respond Single Tube (RST)

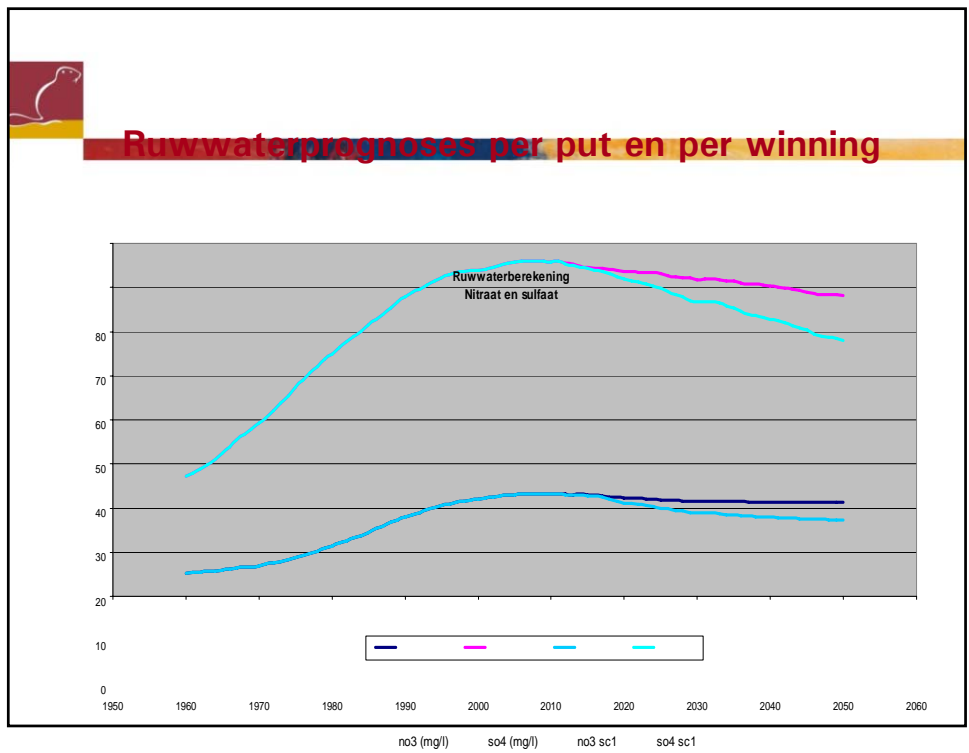






PBC bronnen en microbiologie 12-04-2007

8




PBC bronnen en microbiologie 12-04-2007

9


Respond Single Tube: Verkennende berekeningen nutriëntverontreiniging

Respond Single Tube: Verkennende berekeningen nutriëntverontreiniging




Implementatie

- Verankering Hygienecode in het beschermingsbeleid
- Idealiter zorgt de overheid voor bescherming van de grondwaterkwaliteit, maar het is zinnig dat wb's hun visie communiceren
- Hoe kunnen we RST integreren/afstemmen met het beschermingsbeleid?
- Intern WB / extern?




Afstudeeronderwerp Piëbe Hoeksma Universiteit Utrecht, Milieunatuurwetenschappen

- **Probleemstelling:**
- *Op welke wijze kunnen drinkwaterbedrijven en overheden de inschatting verbeteren van risico's van puntverontreinigingen voor de kwaliteit van het grondwater, dat is bestemd voor de drinkwaterbereiding?*
- **Aanpak:**
 - Interviews met medewerkers WB en overheid
 - Studie beschermingsbeleid overheid
 - Onderzoek methodieken risicoschatting
 - Toetsing Respond single tube



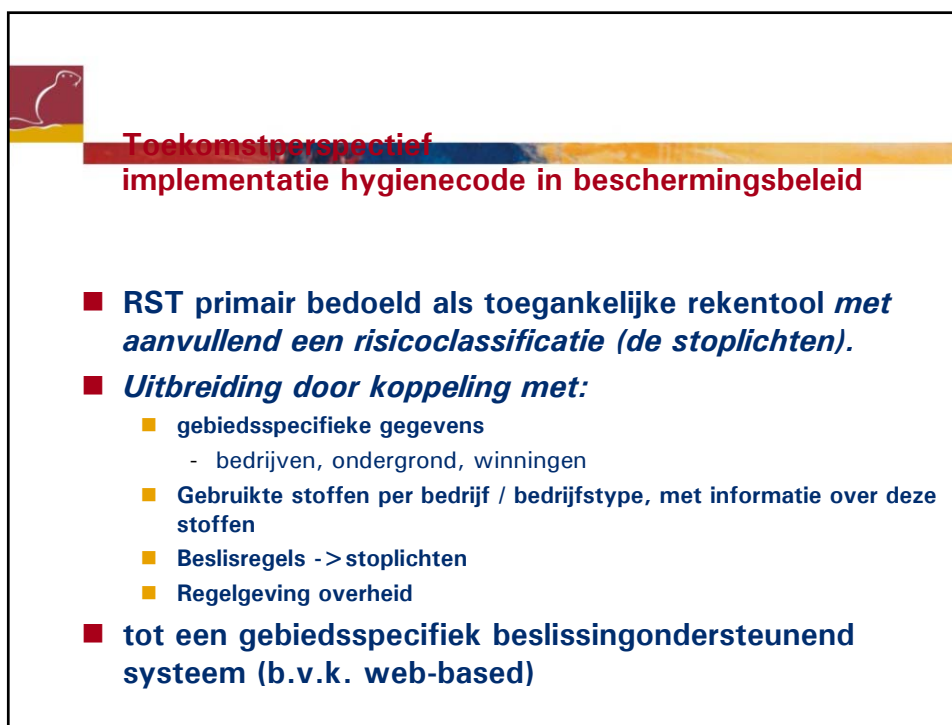
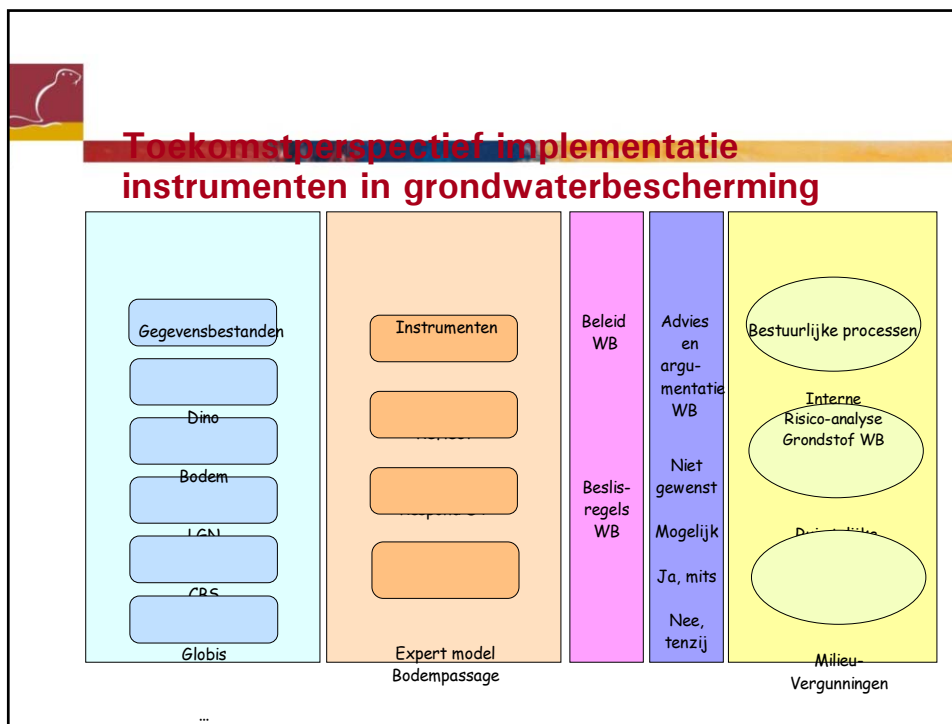
Interviews en workshop Gesignaleerde knelpunten

- **Geïnterviewden: Vitens, Oasen, Brabant Water, WML, Vewin en Provincie Overijssel.**
- **IPO Workshop 'Vernieuwing GW-beschermingsbeleid', (7 november 2006, Utrecht)**
- **Gesignaleerde knelpunten:**
 - Zwakke handhaving
 - Arbeidsintensief, complex, onduidelijke verantwoordelijkheden
 - Grote verschillen tussen provincies
 - Drinkwaterbelangen onder druk (concurrentie van andere belangen)
 - Decentralisatie: bescherming wordt steeds meer een gemeentelijke taak



Interviews en workshop Oplossingsrichtingen

- **Duidelijke en niet vrijblijvende kaders vanuit rijk nodig**
- **Instrumentarium provincie moet verbeterd/uitgebreid worden om daar waar lokale/regionale omstandigheden aanvullende bescherming vragen die ook te kunnen leveren.**
 - **Uitbreiding van de watertoets;**
 - **Afwegingsinstrumentarium moet transparanter en meer kwantitatief gemaakt worden om het grondwaterbelang adequaat te kunnen borgen.**
- **Het proces moet beter geborgd zijn**





Toekomstperspectief implementatie

- **Te gebruiken door wb's, later ook door provincies, gemeenten, waterschappen**
 - Kennisoverdracht risico's (informatie, argumentatie, bewustwording)
 - Gebiedsspecifieke risicoschatting
 - Consistente beoordeling risico's gestoeld op ervaring drinkwaterbedrijven en kennis van fysisch-chemische processen
- **Extra functie voor wb's:**
 - Risico's in intrekgebied gedetailleerd beschikbaar
 - Bedrijven, Stoffen die gebruikt worden/werden
 - Eigenschappen van die stoffen
 - Gebiedsspecifieke berekening kans op doorbraak
 - Accumulerend effect
 - Registratie van raadplegingen door overheden



Tot slot

- **Commentaar/aanvullingen op deze ideeën zeer welkom**
- **Vooralsnog wordt het project VWW-HC-GBG afgerond met:**
 - Rapport en handleiding RST
 - Rapport afstudeeronderwerp Piebe Hoeksma
 - Pilot RST bij bedrijfstak (intentie)
- **Bij gebleken interesse voor het geschetste beeld van een "beslissingondersteunend systeem grondwaterbescherming": BTO voorstel voor vervolg**



The slide features the Kiwa logo in the top right corner, consisting of the word "kiwa" in blue lowercase letters and a red square icon with a white seal. Below the logo is a horizontal banner with a colorful abstract background. The banner is divided into three sections: a yellow section on the left with a painting of a ship, a white section in the middle with the text "Partner for progress", and a red section on the right. A thick red horizontal bar runs below the banner.

**Einde presentatie,
dank voor uw aandacht**