
Kwetsbaarheid Flevolands grondwater

Marc Vissers, Frans Kwadijk, Peter Schipper en Christoffel Klepper¹

Naar aanleiding van een definitiestudie voor de provincie Flevoland (Grontmij, 2006) is voorgesteld twee studies uit te voeren: één gericht op effecten van onttrekkingen op een duurzaam grondwaterbeheer en één gericht op de kwetsbaarheid van het grondwatersysteem voor verontreinigingen. Dit artikel betreft de kwetsbaarheidsstudie. Hierin wordt de vraag beantwoord in welke gebieden en op welke manier het grondwater in de provincie Flevoland kwetsbaar is voor kwaliteitsverslechtering, met name voor bestrijdingsmiddelen. Het gaat daarbij vooral om het grondwater tot een diepte van 10 meter onder maaiveld en voor zoete grondwatervoorkomens ook om grotere diepten. Kennis van de kwetsbaarheid van de ondergrond voor verontreiniging helpt om maatregelen in het juiste gebied in te zetten en is daarnaast van belang om in te kunnen spelen op kansen en knelpunten die door toekomstige ingrepen en ontwikkelingen, zoals veranderingen in landgebruik, gebruik van grondwater, en kwaliteits- en kwantiteitsbeheer van het oppervlaktewater, kunnen ontstaan.

Aanpak

Eerst wordt een geochemische beschrijving van het grondwater gegeven, met de nadruk op genese en aanvulling van het zoete grondwater in Flevoland. Vervolgens wordt de kwetsbaarheid voor bestrijdingsmiddelen beschreven. De kwetsbaarheid van het grondwater in Flevoland wordt bepaald door het optreden van infiltratie, vanuit zowel het maaiveld als vanuit het oppervlaktewater in wateraanvoergebieden en de omringende Rijkswateren, gecombineerd met de slechte afbraak in de bodem door de vaak lage organische stofgehaltes. De deklaag, maar ook de dieper gelegen scheidende lagen bepalen in belangrijke mate de bescherming van het zoete grondwater in Flevoland.

De kwaliteit van het grondwater in Flevoland

Omdat de kwetsbaarheid afhankelijk is van de kwaliteit van het grondwater (de 'gebruikswaarde') is gestart met het in beeld brengen van de huidige kwaliteit. Het voornaamste gebruik van grondwater in de provincie Flevoland is ten behoeve van de landbouw. Hiervoor zijn chloride (beregening, veedrenking), ammonium (veedrenking) en ijzer (beregening, veedrenking) de belangrijkste parameters. Daarnaast vormen de drinkwaternorm voor bestrijdingsmiddelen / chloride en de nitraatnorm mogelijke knelpunten. In een analyse van de grondwaterkwaliteit zijn de belangrijkste processen en patronen van deze stoffen in het grondwater geïdentificeerd. Door middel van scatterplots zijn watertypen geïdentificeerd aan de hand waarvan meer over de herkomst van het grondwater kan worden gezegd en met behulp van kaarten is een verbeterd inzicht gecreëerd in de gebruikswaarden in verschillende delen van de provincie. Dit

¹ De auteurs, Marc Vissers, Frans Kwadijk, Peter Schipper en Christoffel Klepper, zijn werkzaam bij Grontmij.

inzicht in de gebruikswaarde kan als basis dienen voor beleid ten aanzien van grondwaterbescherming.

Macrokwaliteit

De regionale grondwaterstroming en de verschillende bronnen van grondwater in de provincie kunnen tot op zekere hoogte aan de hand van de grondwaterkwaliteit worden herleid. In de kaarten in figuur 1 is een onderverdeling in chloridegehalten gemaakt die duidelijke aanwijzingen geven over de herkomst van het grondwater. De volgende bronnen kunnen worden onderscheiden op basis van chloride:

- Veluwewater: gemiddeld 12 mg/l chloride (0-20 mg/l in figuur 1).
- Water met chloridegehalten vergelijkbaar met randmeer/IJsselmeerwater: 170 mg/l chloride (100-250 mg/l in figuur 1).
- Zout water met mariene invloeden (chloride >500 mg/l)
- De klassen daar tussenin, bijvoorbeeld ontstaan door menging. De klasse 100-250 mg/l kan uiteraard ook een mengwater betreffen.

Infiltratie vanuit de randmeren laat zich aan de hand van het chloridegehalte zeer goed onderscheiden van water dat afkomstig is van de Veluwe. Het wordt in het ondiepe grondwater op diverse meetlocaties aangetroffen die zeer dicht bij de dijk liggen.

In figuur 1 zijn de zoetwatervoorkomens aan de randen en onder het kleilichaam in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland op beide diepteniveaus met arceringen afgeperkt als 'Veluwesysteem' en als 'Overgangssysteem'. In het Veluwesysteem wordt alleen onder een dikke scheidende laag die doorloopt tot in de Veluwe zoet water aangetroffen. De grenzen met andere lichamen zijn vrij scherp, en worden bepaald door de bovenliggende kleipakketten. Aan de randen van deze kleipakketten kwelt het zoete water (Figuur 1 links). Hier ontstaan enkele zoutere 'mengwaters'.

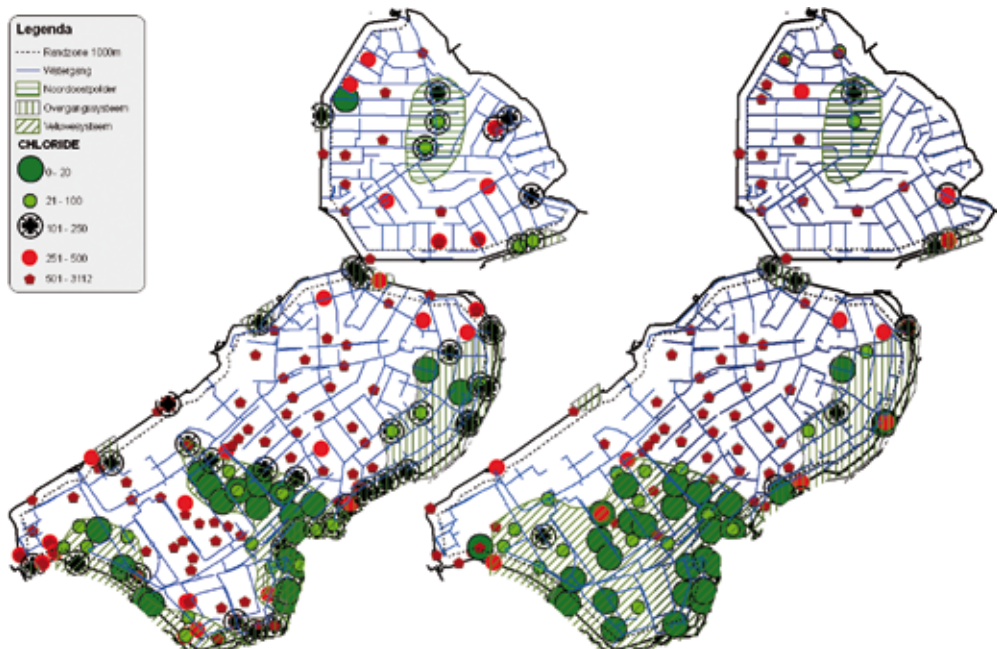
In het overgangssysteem kan zowel recent Veluwewater, randmeerwater, als water uit de laatste ijstijd de bron zijn van het zoete water. Onder andere gezien gevonden onregelmatige patronen en verziltende eigenschappen van het grondwater blijkt dat het oude resten zijn. In het centrum van de Noordoostpolder wordt in het gehele dieptetraject zoet grondwater aangetroffen.

Uit TNO (2008), waarvoor ook freatische grondwatergegevens zijn gebruikt, blijkt dat tot 9 meter onder maaiveld relatief zoet grondwater aanwezig is door verzoeting vanuit het maaiveld. Op 10-15 meter diepte bevindt zich de overgang tussen zoet water en het oorspronkelijk door de invloed van de Zuiderzee aanwezige zoute water.

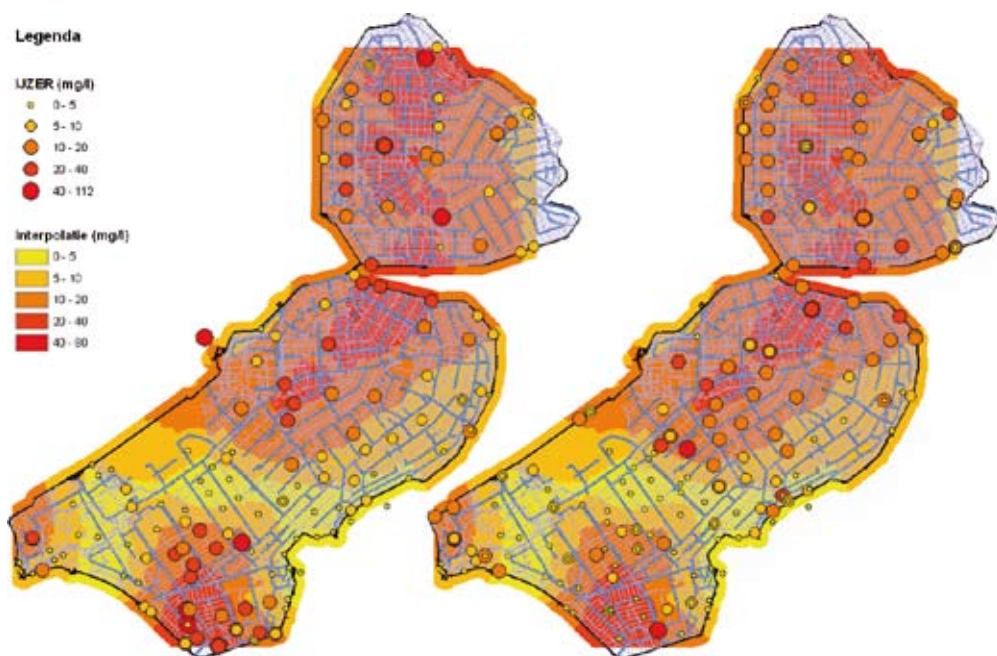
Figuur 2 geeft de ijzerconcentraties weer in ondiep en dieper grondwater. De ijzerconcentratie blijkt sterk samen te hangen met het zoutgehalte van het grondwater: zout grondwater bevat hogere ijzerconcentraties dan zoet grondwater.

Geochemische indicatie van infiltratie

Op grond van opgetreden geochemische processen is een indicatie verkregen over het al dan niet infiltreren van water in de ondergrond. Dit is gedaan door de locaties weer te geven waarin pyrietoxidatie is opgetreden en die onder te verdelen op zoutgehalte (Grontmij, 2008). Het optreden van pyrietoxidatie is een aanwijzing dat oxidatoren zijn aangevoerd in pakketten waar dat eerder niet het geval was. Dit gebeurt in sedimenten

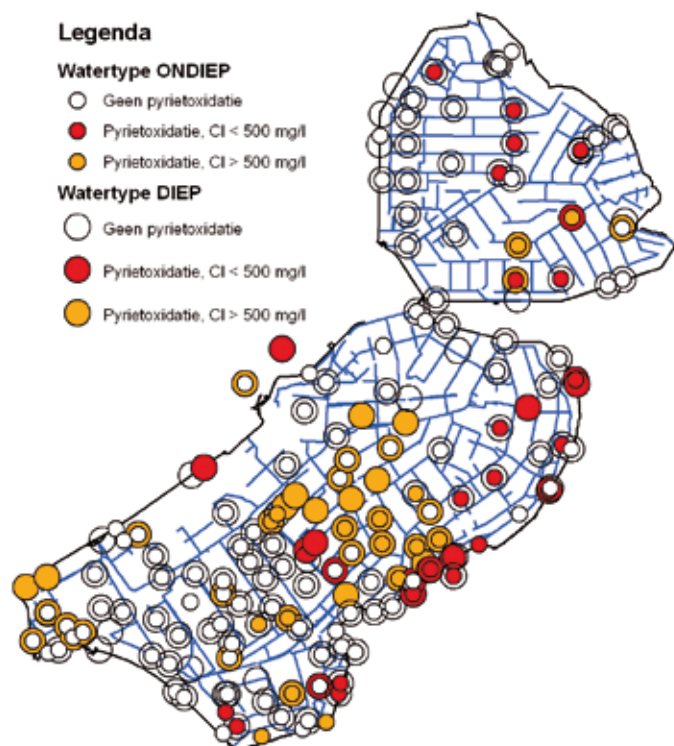


Figuur 1: Chloridegehalten in ondiep grondwater. Links betreft 20 meter onder maaiveld en rechts dieper dan 20 meter onder maaiveld.



Figuur 2: IJzerconcentraties in grondwater. Links betreft 20 meter onder maaiveld en rechts dieper dan 20 meter onder maaiveld. De interpolatie geldt voor het gehele dieptetraject.

met sulfaatgereduceerd grondwater die pyriethoudend zijn. In dergelijke pakketten zorgt nieuwe aanvoer van oxidatoren voor pyrietoxidatie. Vooral in het oostelijk deel van de Noordoostpolder en in aan de randmeren gelegen delen van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland zijn op basis van geochemie sporen van infiltratie te vinden. In het centrale deel van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland komt pyrietoxidatie dieper en in zout water voor. Typische sulfaatgehalten voor dit type grondwater liggen boven de 70 mg SO₄/ liter.

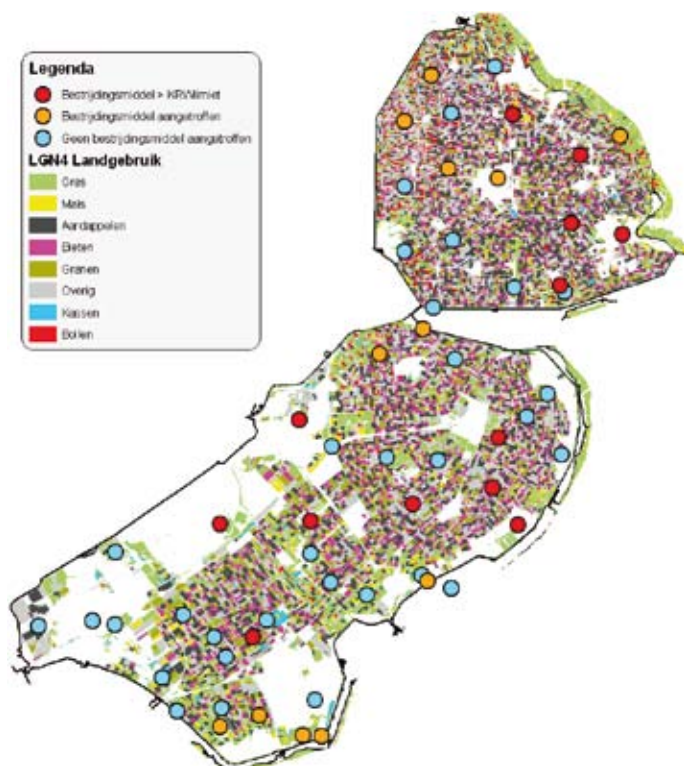


Figuur 3: Geochemische indicatie voor infiltratie. Ondiep, <20 m-mv, in kleine stippen, diep, >20 m-mv, in grote stippen. In rood is aangegeven dat infiltratie van zoet water plaatsvindt, oranje geeft aan dat sprake is van enigszins zout water met oudere oorsprong.

Grondwaterkwaliteit ten aanzien van bestrijdingsmiddelen

Gezien het hoofdzakelijk agrarische landgebruik in de provincie Flevoland is het niet verrassend dat op diverse meetlocaties bestrijdingsmiddelen worden aangetroffen (Figuur 4). In de meeste gevallen komen bestrijdingsmiddelen door infiltratie vanuit het maaiveld in het grondwater terecht. De algemeen bekende slecht afbreekbare middelen Mecoprop, Bentazon, en de metaboliet BAM worden in 15% tot 25% van de grondwatermonsters aangetroffen. In een kwart tot een derde van de gevallen waarin de middelen worden aangetroffen liggen concentraties boven de drinkwaternorm. Een tweede bron van bestrijdingsmiddelen in grondwater is infiltratie vanuit het oppervlaktewater. Nabij de randmeren in het uiterste zuiden van Flevoland worden patronen gevonden die daarop wijzen. Ook in de wateraanvoergebieden, die slechts een klein deel van het

oppervlak beslaan, vindt infiltratie van oppervlaktewater plaats. In deze gebieden zijn tot op grote diepte bestrijdingsmiddelen aangetroffen. Middelen als Bentazon, MCPA, Carbindazim en Mecoprop wordt in meer dan 50% van de metingen aangetroffen in het oppervlaktewater (Waterschap Zuiderzeeland, 2001-2005).

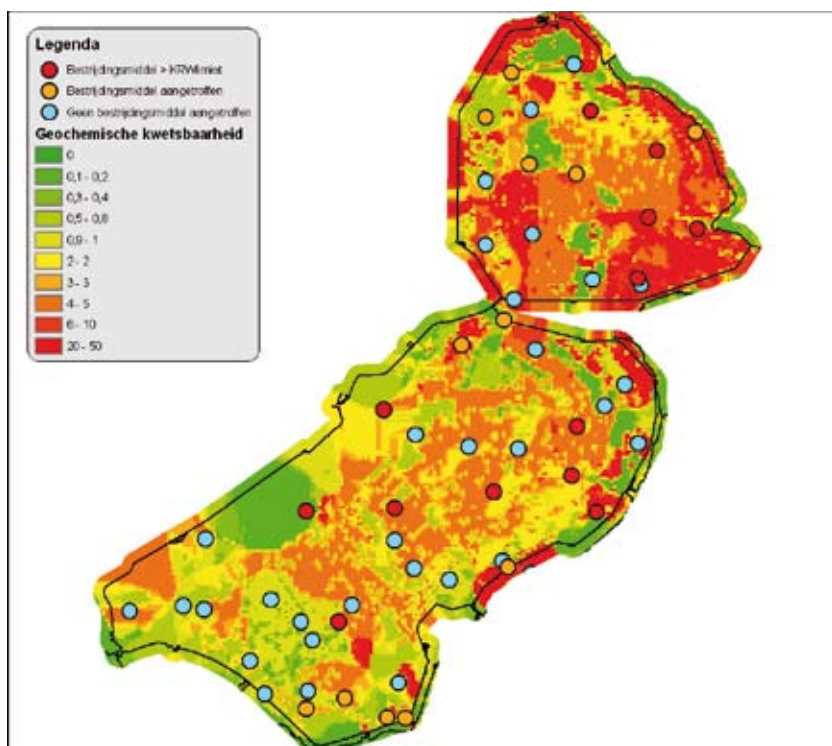


Figuur 4: Bestrijdingsmiddelen in het grondwater met als achtergrond het agrarisch landgebruik in de provincie Flevoland. Stedelijk gebied en natuurgebied zijn weggelaten (bron: LGN 4).

Kwetsbaarheid Flevolands grondwater voor bestrijdingsmiddelen

In bijna de gehele Noordoostpolder vindt akkerbouw en tuinbouw plaats, evenals in grote delen van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland (Figuur 4). Oostelijk en Zuidelijk Flevoland kennen daarnaast gebieden met grasland en natuur, waardoor niet alle meetfilters in het zogenaamde gebruiksareaal van bestrijdingsmiddelen zijn geplaatst. De waarnemingen zijn echter slecht te verklaren met het landgebruik. In de hele provincie zijn namelijk op diverse plaatsen geen bestrijdingsmiddelen aangetroffen waar dit op grond van het landgebruik wel te verwachten is (zie figuur 4).

De matige overeenkomst tussen landgebruik en het aantreffen van bestrijdingsmiddelen wordt veroorzaakt doordat de grondwaterstroming en de natuurlijke afbraak van bestrijdingsmiddelen het patroon sterk beïnvloeden. Het patroon van bestrijdingsmiddelen is mogelijk te verklaren met een kwetsbaarheidskaart die de geochemische en hydrologische kwetsbaarheid combineert.



Figuur 5: Waarnemingen van bestrijdingsmiddelen in grondwater en relatieve doorbraakconcentraties freatisch grondwater voor bestrijdingsmiddelen, uitgedrukt ten opzichte van de drinkwaternorm van 0.1 µg/l

Geochemische kwetsbaarheid grondwater

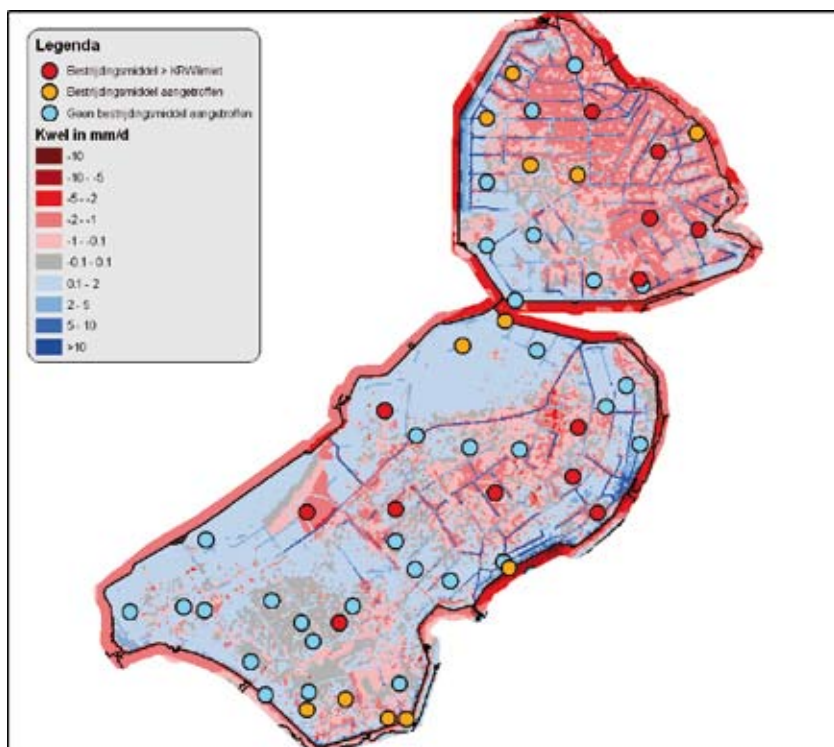
In Nederland wordt voor de modellering en in de procedure van toelating van bestrijdingsmiddelen gebruik gemaakt van het model Geoparl (RIVM, 2003). Hierin worden de belangrijkste processen doorgerekend die de uitspoeling van bestrijdingsmiddelen naar grondwater bepalen. De chemische eigenschappen van de middelen en het organische stofgehalte van de bodem zijn daarin de gevoeligste parameters. Afwijkend van normale Geoparl-berekeningen is in deze studie kwetsbaarheid beschouwd als een systeemeigenschap van de ondergrond en dus onafhankelijk van de belasting aan het maaiveld. Door ook in stedelijke gebieden en natuurgebieden de berekeningen uit te voeren ontstaat een vlakdekkend beeld. De geochemische processen zijn doorgerekend met de RESPOND rekenmethodiek (Raterman e.a., 2006), uitgaande van een uniforme belasting.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor de onverzadigde zone, omdat de mate van uitspoeling naar het grondwater bepalend is voor de concentraties die in het grondwater worden aangetroffen. Eenmaal in het grondwater is de afbraak en retardatie van bestrijdingsmiddelen veel lager dan in de onverzadigde zone. Een groot scala aan bestrijdingsmiddelen is op deze wijze doorgerekend. Om een geochemische kwetsbaarheidskaart te maken is een berekening van een slecht afbreekbaar, relatief mobiel middel met retar-

datiefactor $K=10$ en halfwaardetijd van $\lambda=240$ dagen gebruikt. Figuur 5 toont de kaart met de resultaten, uitgedrukt ten opzichte van de drinkwaternorm van $0.1 \mu\text{g/l}$ bij een constantingangssignaal van 1 kg/ha/j actieve stof. Daarmee is deze kaart een maatstaf voor de in freatisch grondwater en in drainagewater aangetroffen hoeveelheden bestrijdingsmiddelen. In de figuur zijn ook de door de provincie uitgevoerde metingen in het grondwater weergegeven. Er wordt een matige tot redelijke overeenkomst tussen de berekende en gemeten patronen gevonden. Vooral de Noordoostpolder blijkt kwetsbare bodems te bevatten.

Hydrologische kwetsbaarheid grondwater

De kwetsbaarheid van de ondergrond wordt mede bepaald door de geochemische en hydraulische eigenschappen van de ondergrond. De sorptiecapaciteit van klei is weliswaar enkele malen hoger dan die van zand, maar zal minder van belang zijn omdat de doorlaatbaarheid van klei enige ordegrottes kleiner is dan die van zand (Grontmij, 2006). De grondwaterstroming zal voornamelijk door de zandige delen van de deklaag plaatsvinden. Daarom zijn sorptie en afbraak in deze zandige delen sterk bepalend voor de hoeveelheid bestrijdingsmiddelen die uiteindelijk de deklaag passeren.



Figuur 6: Waarnemingen van bestrijdingsmiddelen in grondwater en kwel-infiltratiepatroon aan de basis van de deklaag, zoals berekend met Triwaco (Haskoning, 2004).

Als een stof de verzadigde zone bereikt is daarom de lokale grondwaterstroming van belang. In een kwelgebied zal het grondwater alsnog als weinig kwetsbaar worden aan-

gemerkt, omdat uitspoelende stoffen voor een groot deel zullen worden afgevoerd naar het oppervlaktewater. Daarom is de kwel-infiltratiekaart weergegeven, in combinatie met een overzicht van het aantreffen van bestrijdingsmiddelen (Figuur 6). Uit de figuur blijkt dat het aantreffen van bestrijdingsmiddelen voor een belangrijk deel samen lijkt te hangen met de kwel-infiltratiepatronen in de provincie Flevoland: waar infiltratie plaatsvindt worden bestrijdingsmiddelen aangetroffen.

Vooral het al dan niet boven de limiet aantreffen van middelen blijkt samen te hangen met de infiltratiesnelheid. Het aantal middelen dat wordt aangetroffen lijkt mede met de geochemische kwetsbaarheid samen te hangen. Dit is niet in een kaart weergegeven.

Gecombineerde kwetsbaarheid voor bestrijdingsmiddelen

De kwetsbaarheid voor bestrijdingsmiddelen van het grondwater aan de basis van de deklaag wordt bepaald door twee onafhankelijke componenten: een geochemische component en een grondwaterstromingscomponent. In geochemisch opzicht betekent een twee maal hogere uitspoelingsconcentratie ook een twee maal hogere kwetsbaarheid. Dit geldt ook voor de infiltratiesnelheid. Een twee maal hogere infiltratiesnelheid betekent dat twee maal meer grondwater beïnvloed zal worden. Om tot een gecombineerde kwetsbaarheidskaart van het grondwater te komen zijn de kaarten van de geochemische en hydrologische kwetsbaarheid met elkaar vermenigvuldigd. In kwelgebieden, waar sprake is van negatieve infiltratiesnelheden, is een zeer lage waarde van 0,1 mm/dag voor infiltratie aangenomen.

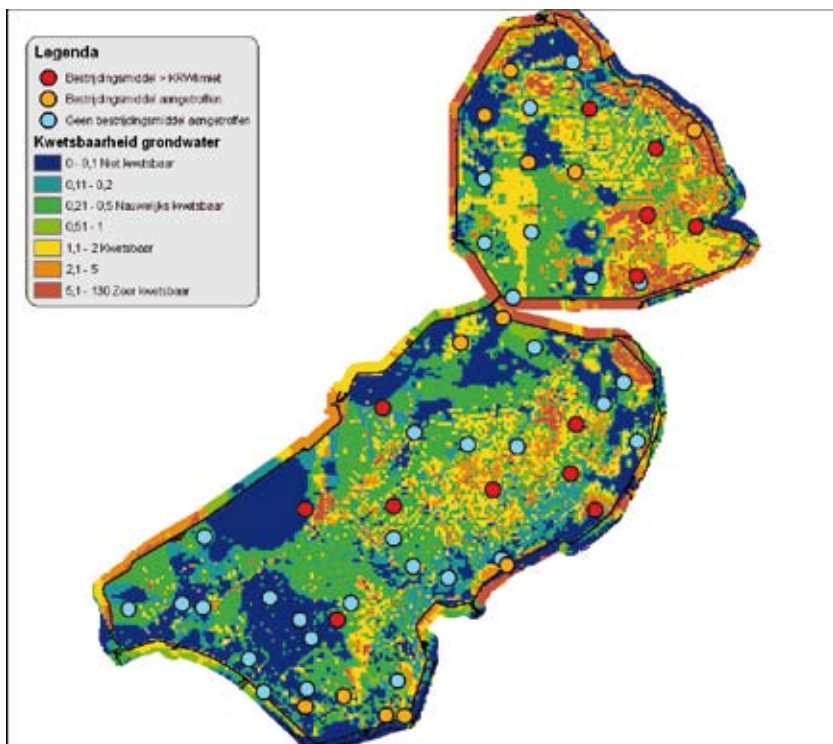
Het beeld dat voortkomt uit deze berekening komt redelijk overeen met de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen (Figuur 7). Het is niet altijd mogelijk aan te geven in welk gebied welk proces dominant is voor de kwetsbaarheid. Dit komt mede doordat de processen die aan de kwetsbaarheid ten grondslag liggen met elkaar samenhangen. Zandige gebieden hebben bijvoorbeeld zowel een hogere doorlatendheid als een laag organisch-stofgehalte. Beide dragen bij aan een hogere kwetsbaarheid.

Gevoeligheid van de grondwaterstroming

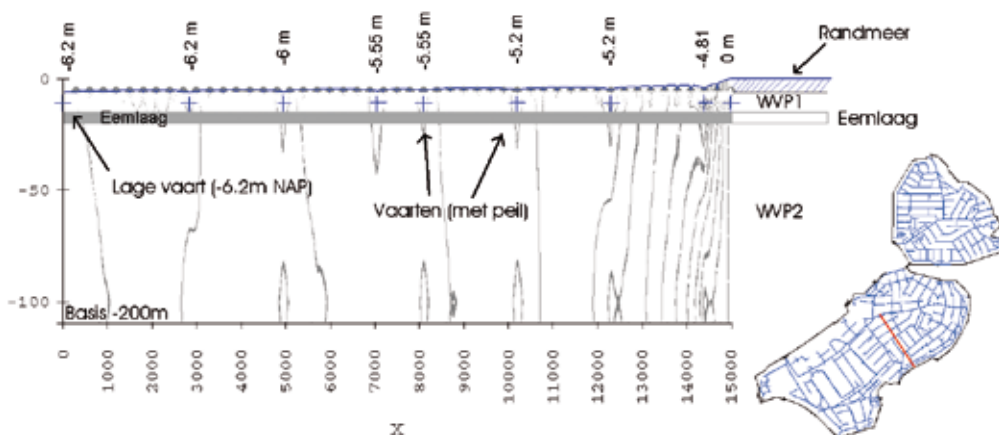
De gevoeligheid van het stromingsbeeld is met behulp van een profielmodel nader onderzocht voor veranderingen in de deklaagweerstand, de intreeweerstand van de vaarten, de weerstand van de Eemlaag en gaten in de Eemlaag. Immers, een verstoring die een verandering van de stroming teweegbrengt zou het beeld van de kwetsbaarheid kunnen wijzigen, ook voor het diepe grondwater.

Met behulp van een profielmodel (Figuur 8, Gronmij, 2008) zijn stroomlijnen 100 jaar doorgerekend, zodat de penetratiediepte van infiltrerend water kan worden afgelezen en vergeleken voor diverse situaties. Het profielmodel is als volgt opgebouwd:

- Twee watervoerende pakketten, met basis op -200m, en tussenkleilaag (Eemlaag) en deklaag.
- Tochten en vaarten (grote waterlopen) in contact met WVP1, met werkelijke locatie en peil.
- Drainage door sloten in de deklaag op niveau peilvakken.



Figuur 7: Waarnemingen van bestrijdingsmiddelen in grondwater en kwetsbaarheid van het grondwater voor bestrijdingsmiddelen tot 10 meter onder maaiveld, op basis van zowel geochemische kenmerken als lokale grondwaterstroming.



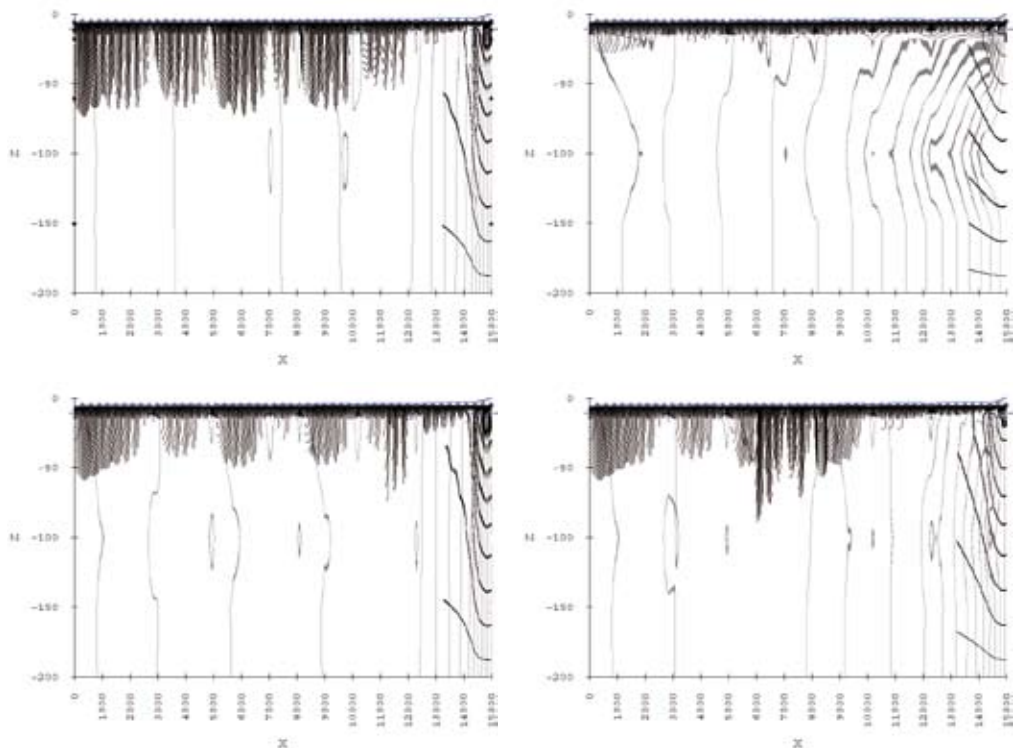
Figuur 8: Schematische weergave bovenste 100m profielmodel

In figuur 9 is een deel van de resultaten weergegeven. Boven is het effect zichtbaar van een verhoging en verlaging van de weerstand van de Eemlaag. Het blijkt dat deze kleilaag bepalend is voor het grondwaterstromingspatroon en bepaalt op welke plaatsen

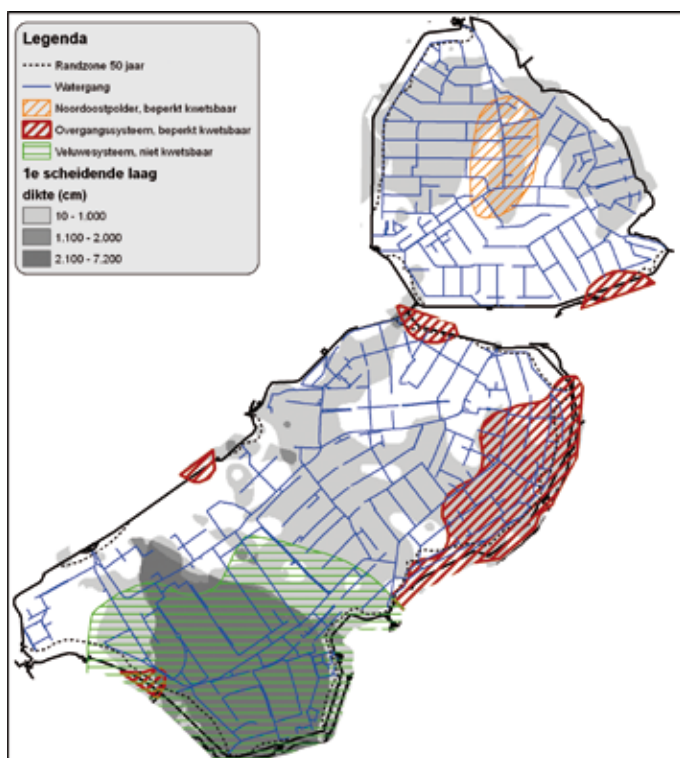
zoet Veluwewater en randmeerwater is te vinden. Daarnaast is de Eemlaag de voornaamste barrière tussen het diepe en het ondiepe grondwater, vooral doordat als gevolg van de vele doorsnijdingen van de deklaag al sprake is van contact tussen het eerste watervoerende pakket en het maaiveld.

Ontbreekt langs het Veluwemeer de Eemlaag (Figuur 9 linksonder), dan heeft dit een versterkte kwelstroom tot gevolg bij de randzone. Bijna alle stroombanen komen in dat geval binnen één kilometer aan de oppervlakte. Aan de rand van de meer landinwaarts liggende Eemkleilaag treedt vervolgens versterkte infiltratie op, waarna het beeld normaliseert, en lijkt op de uitgangssituatie. Als verderop binnen de Flevopolder een gat in de Eemlaag zit, zie Figuur 9 rechtsonder, heeft dat daar een sterke verhoging van de infiltratiesnelheden tot gevolg.

Voor het ondiepe grondwater (<20 m-mv) blijkt aan de hand van de uitgevoerde berekeningen dat de kenmerken van de deklaag bepalend zijn. De kenmerken van de deklaag zijn dikte, continuïteit en de mate van doorsnijding. Bij een hoge weerstand van de deklaag wordt meer water ondiep via het drainagestelsel afgevoerd. Bij een lagere weerstand van de deklaag neemt infiltratie sterk toe en zal meer grondwater via grotere systemen ondergronds naar de vaarten worden afgevoerd.



Figuur 9: Invloed op de grondwaterstroming van 10x verhoging (lb) en 10x verlaging (rb) van de weerstand van de Eemlaag, en van de afwezigheid van de Eemlaag nabij Veluwemeer rechts van $x = 10000$ (lo) en de aanwezigheid van een gat in de Eemlaag bij $x = 6000 - 8000$ (ro)



Figuur 10: De kwetsbaarheid van het diepe grondwater voor verzilting door uitputting van grondwatervoorraden op basis van chlorideconcentraties. In niet gearceerde gebieden is geen diepe zoetwatervoorraad aanwezig

Nog belangrijker voor de hydrologische kwetsbaarheid is op dit moment de onzekerheid die voortkomt uit de verschillende gebruikte modellen van de ondergrond. Er blijken grote verschillen tussen methoden van deklaagkartering te zijn. Voor diepere lagen waarvan op grond van de genese een grote mate van heterogeniteit is te verwachten zijn bovendien onvoldoende boringen aanwezig.

Kwetsbaarheid diep zoet grondwater voor kwaliteitsverslechtering

Voor het diepe grondwater is alleen de kwetsbaarheid van het zoete grondwater bepaald. Het voorkomen van diep zoet grondwater is op diverse manieren gekoppeld aan de aanwezigheid van een goed ontwikkelde Eemlaag. De Eemlaag is niet alleen de oorzaak voor het bestaan/ontstaan van zoet water, maar ook de belangrijkste beschermende factor van het diepe zoete grondwater. In de kaart zijn vier gebieden onderscheiden en naar gelang hun kwetsbaarheid als volgt ingedeeld:

- Zeer zoet grondwater van hoge kwaliteit afkomstig van de Veluwe kan onder de dik ontwikkelde Eemlaag door Zuidelijk Flevoland bereiken. Het Veluwsysteem is een goed beschermde zoetwatervoorraad die ook nu nog actief vanuit de Veluwe wordt gevoed, en is daarom weinig kwetsbaar.
- Het overgangssysteem in Oostelijk Flevoland is kwetsbaar. Dit systeem wordt door een dunne Eemlaag beschermd, en kent naast bedreigingen vanuit maaiveld ook

bedreigingen vanuit de randmeren. Hoewel hydrologische analyse (DHV/Artesia, 2003 en Iwaco, 1995) laat zien dat op dit moment de ondergrondse aanvoer vanuit de randmeren en het vasteland voldoende is om het huidige en toekomstige gebruik te waarborgen, is het grondwater in het overgangssysteem wel kwetsbaar voor kwaliteitsverslechtering. Door infiltratie vanaf het maaiveld en vanuit de randmeren zijn met name gebieden kwetsbaar waarin de Eemlaag doorboord of discontinu is.

- In de Noordoostpolder wordt water van redelijke kwaliteit aangetroffen. Dit water is als beperkt kwetsbaar geclassificeerd. Het water is immers nauwelijks geschikt voor de bereiding van drinkwater door hoge zoutgehaltes. De aanwezigheid duidt op een goede intrinsieke bescherming door de aanwezige kleilagen in de ondergrond.
- In een smalle zone langs de buitendijken komt zoet grondwater voor dat geïnfilteerd is uit het randmeer of het IJsselmeer. Infiltratiewater uit de randmeren is sinds de inpoldering van Flevoland slechts enkele tientallen tot honderden meters Flevoland binnengedrongen. Op grotere tijdschalen zal dit gebied groter zijn, en moet voor een duurzaam schone waterkwaliteit in de randzone de oppervlaktewaterkwaliteit voldoen aan de soms strengere normen die gelden voor grondwater. Dit laatste is uiteraard vooral van belang in gebieden waar ‘drinkwaterkwaliteit grondwater’ aanwezig is aan de oostzijde van Flevoland. Door infiltratie van verontreinigd oppervlaktewater is een verhoogde zuiveringsinspanning nodig, dit tast dus de gebruikswaarde van drinkwater aan.

Doen en laten

Vanuit de vormen van kwetsbaarheid die in figuur 7 en 10 zijn uitgewerkt is nagegaan wat wel en wat geen verstandige maatregelen / ontwikkelingen zijn. Een aantal aanwijzingen om de natuurlijke bescherming van grondwater in stand te houden en maatregelen die positieve effecten op de grondwaterkwaliteit hebben worden hieronder opgesomd. Voor de meest kwetsbare gebieden gelden uiteraard de meest strenge eisen, terwijl voor niet kwetsbare gebieden nauwelijks ‘aanbevelingen’ gemaakt hoeven worden.

Doen

Omdat het verlagen van de kwetsbaarheid niet of nauwelijks mogelijk is, kunnen ten aanzien van verbetering alleen bronmaatregelen worden genomen. Voorbeelden hiervan zijn:

- Gebruik van bestrijdingsmiddelen beperken en duurzame landbouw stimuleren.
- Aanvoer van oppervlaktewater aanpassen, zodat alleen oppervlaktewater wordt aangevoerd en infiltreert dat aan de KRW-norm voor grondwater voldoet.
- Intensiveren van de handhaving van verboden middelen, gezien het veelvuldig ondiep aantreffen hiervan.

Laten

De volgende instandhoudingsmaatregelen kunnen als kansrijk worden aangemerkt:

- Bij voorkeur ingrepen zoals KWO (Koude- en WarmteOpslag) en agrarische onttrekkingen in ondiep grondwater doen. Dit grondwater is immers beter te monitoren en vooral ook beter controleerbaar en hernieuwbaar.
- Diepploegen en doorgravingen/doorboringen op grote schaal voorkomen in de voor bestrijdingsmiddelen meest kwetsbare gebieden.

- Geen grote onttrekkingen inrichten zonder rekening te houden met de kwetsbaarheid van grondwater.
- De beschermende werking van de Eemlaag in stand houden, met name in gebieden waar deze relatief dun is en het zoete grondwater beschermt.

Tot slot

Het aantreffen van bestrijdingsmiddelen wordt uiteindelijk bepaald door het gebruik ervan. Het gebruik van bestrijdingsmiddelen wordt voor het allergrootste deel bepaald door het toelatingsbeleid. Op basis van meetgegevens lijken een aantal middelen echter niet te voldoen aan de uitgangspunten van het toelatingsbeleid, namelijk dat uitspoeling van middelen in minder dan 10% van de gevallen tot overschrijdingen van de norm zou mogen leiden. De in deze rapportage gemaakte analyse van de kwetsbaarheid kan als basis dienen voor een nadere invulling van monitoring van grondwater. Als belangrijkste aanbeveling wordt het vergroten van het inzicht genoemd. Om toestand en trends te achterhalen dient monitoring op ondiepe niveaus, van bijvoorbeeld 2, 5 en 10 meter, te worden uitgevoerd. De resultaten daarvan worden teruggekoppeld naar nieuw beleid. Vervolgens kan de monitoring worden gebruikt om de effecten van het beleid vast te stellen.

Literatuur

- Artesia & DHV (2004)** *Winning van zoet grondwater in Zuidelijk en Oostelijk Flevoland, Onderbouwing voor onttrekkingsplafonds voor de openbare drinkwatervoorziening; pnW8570-01-001*
- Grontmij (2006)** *Definitiestudie onderbouwing grondwaterbeleid provincie Flevoland; pn210172*
- Grontmij (2007)** *Grondwaterkwaliteitskaarten provincie Utrecht; pn196052*
- Grontmij (2008)** *Kwetsbaarheid Flevolands Grondwater; pn232546*
- Haskoning (2003)** *Rapportage meetnet grondwaterkwaliteit provincie Flevoland 1937-2003; 9M6053/R0003/AV/vh*
- IWACO (1995)** *Geohydrologisch onderzoek Zuidelijk en Oostelijk Flevoland, Fase 2: Triwaco-model; Nr10.5179.0*
- Raterman, B, K. Vink, en G. Cirkel.(2006)** *Assessment of Groundwater Pollution Risks in Production Wells with RESPOND; in: ESRI International User Conference proceedings 2006, paper 1273*
- RIVM (2003)** *The GeoPEARL model, model description, applications, and manual; Report 716601007/2003*
- TNO (2008)** *Zoet-zout studie Provincie Flevoland; Deltares-rapport 2008-U-R0546/A*
- Waterschap Zuiderzeeland (2001-2005)** *Bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater*