



Dimmie Hendriks, Deltares  
 Hans Peter Broers, TNO  
 Remco van Ek, Deltares  
 Jacco Hoogewoud, Deltares

# Dynamiek van uitwisseling grond- en oppervlaktewater in Nederland

**De uitwisseling van grond- en oppervlaktewater is cruciaal in het Nederlandse waterbeheer. In dit artikel wordt de seizoensafhankelijke interactie tussen grond- en oppervlaktewater voor heel Nederland in beeld gebracht voor een nat, een gemiddeld en een droog jaar. Uit deze studie, waarbij gebruik gemaakt is van versie 2.1 van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI), blijkt die interactie overal een rol te spelen. Wel zijn er sterke ruimtelijke verschillen in de hoeveelheid en de aard ervan. Ook in de tijd bestaat een sterke variatie in de interactie tussen grond- en oppervlaktewater: zowel de verschillen tussen de jaren als de variaties van maand tot maand zijn in veel gebieden groot. De uitgevoerde studie biedt goede perspectieven voor toepassing. Zo kunnen de kaarten en de methodiek door waterbeheerders ingezet worden in het KRW-proces.**

**D**e uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater speelt in allerlei vraagstukken van bodem- en waterbeheer een belangrijke rol.

Om meerdere redenen bestaat behoefte aan een methode om de fysisch-chemische interactie op nationale en regionale schaal te karakteriseren:

- bij het bepalen van een toekomstrobuuste zoetwatervoorziening, omdat het met het oog op waterverdelingvraagstukken relevant is om inzicht te hebben in welke gebieden in welke mate en gedurende welke perioden inlaat van water aan de orde is;
- bij het inschatten van effectieve waterbeheermaatregelen, omdat de aard van de interactie immers van invloed is op de kwantitatieve en kwalitatieve aspecten van veel oppervlaktewateren. Via de ondergrond kan de toestroom van schoon grondwater een buffer vormen tegen watertekorten en droogval. Indien vervuild kan het grondwater echter een hardnekkige milieubelasting zijn voor het oppervlaktewater. Te denken valt aan de intensiteit van kwel of wegzijging via waterlopen en -plassen of aan de diffuse belasting van het oppervlaktewater-systeem vanuit de landbouwgronden;

- bij karakterisering en toestandsbeoordeling van waterlichamen voor de KRW;
  - voor grondwaterafhankelijke natuurgebieden waarbij waterlopen met een ecologische functie in verbinding staan met regionaal toestromend grondwater.
- De uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater is nog zelden op een reproduceerbare manier in landelijke beelden vertaald<sup>1)</sup>. Ook is veelal onbekend wat de verschillen zijn in de tijd en via welke orde van waterlopen de interactie voornamelijk plaatsvindt. In dit artikel tonen we een deel van de resultaten van onze studie naar het dynamische landelijke beeld van de interactie tussen grond- en oppervlaktewater en wordt de onderliggende methodiek beschreven. Een volledig overzicht van de resultaten is beschikbaar via het Dinoloket ([www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl)) of het NHI ([www.nhi.nu](http://www.nhi.nu)).

## Methoden: inzet waterbalansen NHI

Voor het in beeld brengen van de interactie tussen grond- en oppervlaktewater is het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (versie 2.1) gebruikt. Het NHI is een geïntegreerd landsdekkend grond- en oppervlaktewatermodel van Nederland (zie ook de vorige uitgave van H<sub>2</sub>O). Het grondwater, de onverzadigde zone en het regionale en landelijke oppervlaktewater zijn gekoppeld

doorgerekend met een resolutie van 250 x 250 m<sup>2</sup> om hydrologische ondersteuning te bieden aan studies op landelijk en regionaal niveau<sup>2)</sup>.

Voor onze studie is het NHI op dagbasis doorgerekend voor een periode van tien jaar (1996-2006). Vervolgens zijn de resultaten geaggregeerd naar het niveau van afwateringseenheden. Het NHI onderscheidt 8.347 afwateringseenheden waarvoor een waterbalans van het oppervlaktewater wordt bijgehouden. Het NHI kent twee typen afwateringseenheden: peilbeheer en vrij afwaterend. Peilbeheerste afwateringseenheden worden gekenmerkt door een streefpeil dat wordt gehandhaafd door het vasthouden van water, het inlaten van gebiedsvreemd water of juist door het uitmalen van een teveel aan water (diepe polders). Peilbeheerste afwateringseenheden zijn vooral te vinden in het holocene deel van Nederland. Vrij afwaterende afwateringseenheden representeren het oppervlaktewater in hellend Nederland. Deze worden gekenmerkt door afvoerafhankelijke waterstandvariatie; met een toenemende afvoer neemt ook de waterstand toe. Vrij afwaterende afwateringseenheden kennen geen streefpeil, peilopzet of wateraanvoer. Tijdens de studie zijn voor alle afwateringseenheden waterbalansen berekend op

dagbasis, waarin alle waterfluxen tussen grondwater en oppervlaktewater worden bepaald. Het gaat hierbij om het opkwellen van grondwater in primaire, secundaire en tertiaire waterlopen, afvoer via buisdrainage, en afvoer via oppervlakkige afstroming (grondwaterstand boven maaiveld), maar ook om infiltratie van oppervlaktewater via primaire, secundaire en tertiaire waterlopen. Algemeen kan worden gesteld dat hoe meer afvoer van grondwater wordt gegenereerd vanuit primaire en secundaire waterlopen, des te dieper de herkomst van dit grondwater. Afvoer via buisdrainage en oppervlakkige afstroming betreft meestal ondiep grondwater.

Om de dynamiek van de uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater op landelijke schaal te belichten, zijn de waterfluxen tussen grond- en oppervlaktewater berekend voor drie kalenderjaren, waarvan de weersomstandigheden jaargemiddeld te kenmerken zijn als zeer nat (1998: 1.238 mm neerslag te De Bilt en 492 mm verdamping), gemiddeld (2004: 860 mm neerslag en 568 mm verdamping) en zeer droog (2003: 614 mm neerslag en 635 mm verdamping), conform de analyse van Hakvoort<sup>3)</sup>. Belangrijk bij het interpreteren van de resultaten is dat de afzonderlijke maanden van deze jaren niet per definitie deze eigenschap hebben. Zo is januari 2004 veel natter dan januari 1998 en zijn mei 1998 en 2004 beide droger dan mei 2003.

### Dynamisch landelijk beeld

Afbeelding 1 toont een landsdekkend beeld

van de interactie tussen grond- en oppervlaktewater aan het begin van het groeiseizoen (april), in de zomer (augustus) en aan het einde van het jaar (november) van 1998 (zeer nat) en 2003 (zeer droog). Een eerste blik op de kaarten maakt de verschillen tussen de jaren direct duidelijk. Zowel in april als in november kwelt in 1998 (nat jaar) in het hele land grondwater op via waterlopen, terwijl in april 2003 in grote delen van het land infiltratie via waterlopen plaatsvindt en ook in november 2003 aanzienlijk minder grondwater opkwelt dan in een nat of een gemiddeld jaar. Zichtbaar is ook dat in augustus 2003 in veel grotere gebieden infiltratie plaatsvindt dan in 1998 en dat in de overige gebieden de kwel naar het oppervlaktewater zeer beperkt is.

De verschillen tussen de jaren zijn het sterkste in de peilgestuurde gebieden (behalve diepe polders). Dit komt doordat in deze gebieden water aangevoerd wordt om het streefpeil te handhaven, waardoor bij droogte veel oppervlaktewater naar het grondwater infiltreert. In de vrij afwaterende gebieden treedt in deze periode droogval op of wordt het laatste (grond)water wat zich nog in het gebied bevindt, afgevoerd via drainage en waterlopen.

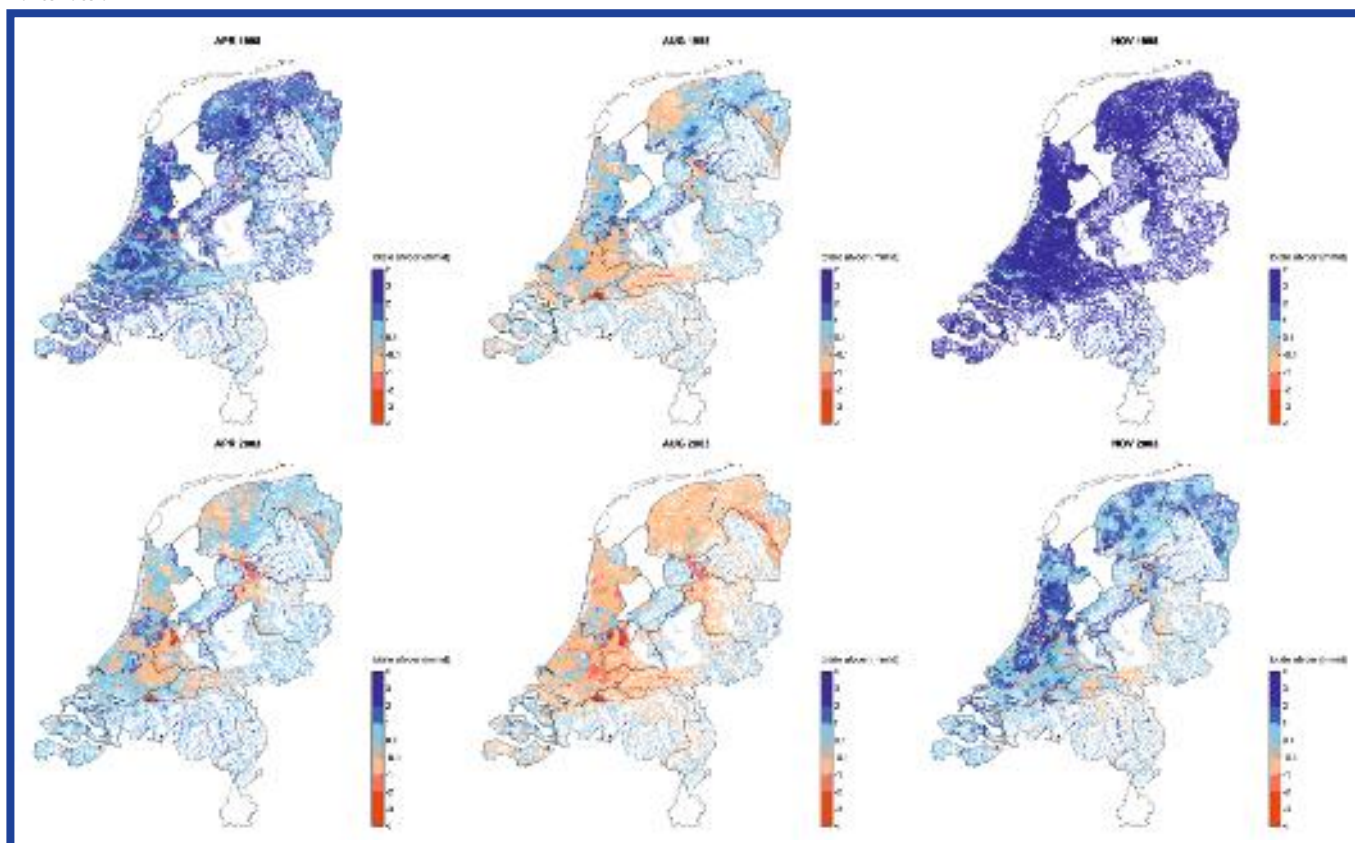
De verschillen tussen jaren en gebieden worden zeer duidelijk wanneer we het aantal maanden waarin grondwaterexfiltratie overheerst (ofwel maanden zonder infiltratie) in beeld wordt gebracht (zie afbeelding 2). In het natte jaar (1998) is in de meeste gebieden acht tot tien maanden per jaar sprake van een kwelsituatie. Uitzonderingen worden

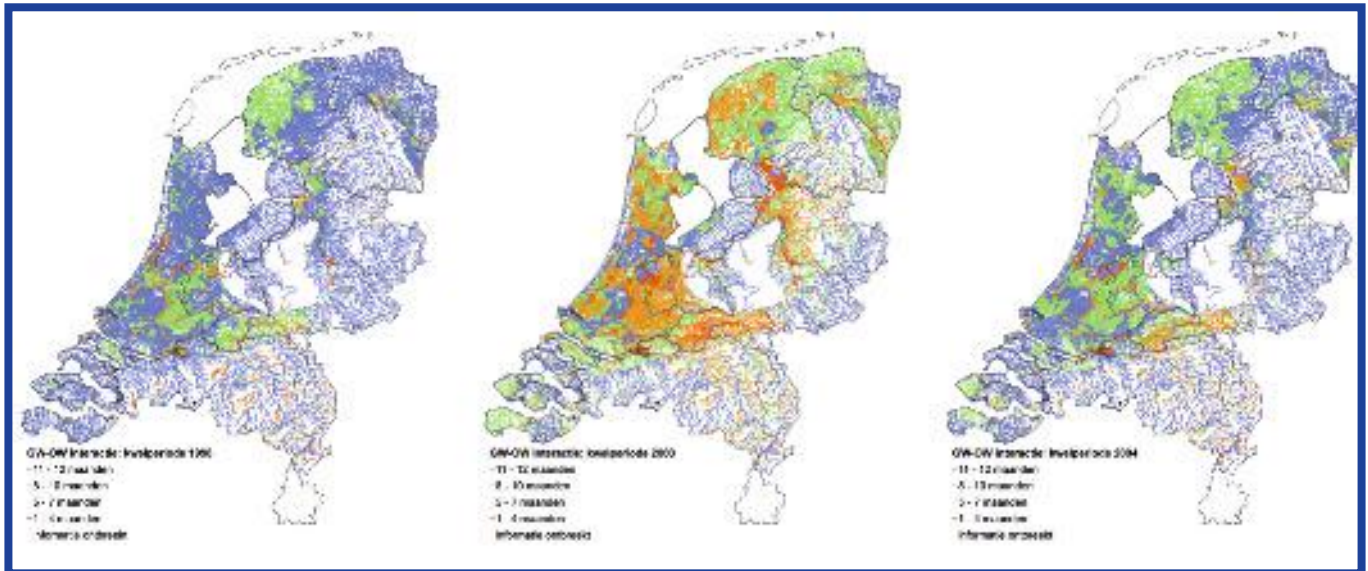
gevormd door gebieden langs grote rivieren en de veengebieden langs diepe polders, waar ook in een nat jaar veel infiltratie via waterlopen optreedt. In het droge jaar (2003) is in grote delen van het land slechts twee tot zeven maanden per jaar sprake van een kwelsituatie. Alleen in diepe polders en in delen van het vrij afwaterende gebied vindt nauwelijks infiltratie van oppervlaktewater plaats. In diepe polders wordt dit veroorzaakt door de constante aanvoer van diepe kwel en het constant uitmalen van water om het peil te handhaven. In vrij afwaterende gebieden wordt in droge perioden geen infiltratie van oppervlaktewater naar grondwater aangenomen in NHI 2.1. In werkelijkheid treedt in vrij afwaterende gebieden mogelijk wel infiltratie op, bijvoorbeeld als gevolg van lozingen van rwzi-effluent<sup>4)</sup>.

Als we wat verder inzoomen, kan onderscheid gemaakt worden tussen grofweg vijf hydrotypen wat de uitwisseling betreft tussen grond- en oppervlaktewater: diepe polders, veenweidegebied, rivierengebied, sterk ontwaterd vrij afwaterend gebied met dun watervoerend pakket én relatief natuurlijk vrij afwaterend gebied met dik watervoerend pakket. Alle gebieden vertonen sterke variatie, zowel over het jaar als in de verdeling van de waterflux over de afvoercomponenten.

Deze verschillen tussen de hydrotypen worden in beeld gebracht in afbeelding 3, waarin voor 2003 voor vijf deelstroomgebieden de interactie tussen grond- en oppervlaktewater per maand wordt getoond.

**Afb. 1. Landelijk beeld van de maandelijkse interactie tussen grond- en oppervlaktewater (totale afvoer flux in mm/d) op schaalniveau van afwateringseenheden voor april, augustus en november van een zeer nat jaar (1998, boven) en een zeer droog jaar (2003, onder). De flux per afwateringseenheid is hierbij geprojecteerd op de hoofdwaterringen binnen deze afwateringseenheid. Blauwe kleuren zijn stroomgebieden met opkwellend grondwater; rode kleuren zijn gebieden met infiltrerend oppervlaktewater.**





**Afb. 2:** Landelijk beeld van de kwelperiode voor 1998, 2003 en 2004. Dit is de periode waarin op schaalniveau van afwateringseenheden geen infiltratie van oppervlaktewater naar het grondwater optreedt.

In de Haarlemmermeerpolder (diepe polder) valt vooral de sterke variatie van maand tot maand en de overheersende bijdrage van de drainage op. De veenpolder Ronde Hoep (veenweidegebied) en de Lingewaard (rivierengebied) worden gekenmerkt door een lange periode van infiltratie van oppervlaktewater naar het grondwater via de primaire en secundaire waterlopen. In deze gebieden wordt veel water ingelaten om het oppervlaktewaterpeil in stand te houden. In de vrij afwaterende gebieden (Middensloot en Drentsche Aa) vindt op maandbasis geen infiltratie van oppervlaktewater naar het grondwater plaats. Wel is te zien dat in het relatief natuurlijke systeem met een dik watervoerend pakket van de Drentsche Aa de kwelflux veel groter is dan het sterk ontwaterde stroomgebied Middensloot met een dun watervoerend pakket.

### Conclusies en discussie

De belangrijkste conclusie van onze studie is dat in alle gebieden in Nederland sprake is van uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater en dat deze sterk dynamisch is. Er zijn grote verschillen waarneembaar tussen een nat, droog en een gemiddeld jaar, maar de variaties van maand tot maand zijn in veel gebieden minstens zo groot. In een nat jaar (1998) is in de meeste gebieden acht tot tien maanden per jaar sprake van een kwelsituatie (geen infiltratie van oppervlaktewater naar grondwater), terwijl dit in een droog jaar (2003) slechts voor twee tot zeven maanden per jaar geldt en in veel gebieden een groot deel van het jaar infiltratie optreedt.

De ruimtelijke patronen van die dynamiek zijn voor het eerst op landelijke schaal in beeld gebracht. Snel reagerende gebieden (dun watervoerend pakket, sterk ontwaterd) laten een sterke variatie in de interactie tussen grond- en oppervlaktewater over de tijd zien, in tegenstelling tot langzamer reagerende gebieden (dik watervoerend pakket, beperkt ontwaterd). Erg belangrijk is ook het verschil tussen wel- en niet peilgestuurde gebieden: door waterinlaat gedurende droge maanden

treedt in de peilgestuurde gebieden infiltratie van oppervlaktewater naar het grondwater op. Een onderscheid kan worden gemaakt tussen grofweg vijf hydrotypen: diepe polders, veenweidegebied, rivierengebied, sterk ontwaterd vrij afwaterend gebied met dun watervoerend pakket en relatief natuurlijk vrij afwaterend gebied met dik watervoerend gebied.

De verschillen tussen de gebieden hebben niet alleen betrekking op de totale uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater, maar ook op de verdeling van de afvoercomponenten: in sterk ontwaterde, gecultiveerde gebieden zonder waterinlaat is de invloed van buisdrainage sterk, terwijl in gebieden met waterinlaat interactie via de waterlopen belangrijk is. In vrij afwaterende gebieden met een dik watervoerend pakket spelen alle grondwater-oppervlaktewaterfluxen een rol. Onderzoek<sup>5)</sup> wijst uit dat de verdeling van de uitwisseling over deze fluxen sterk varieert in de tijd. Dat dit niet zichtbaar is in deze studie, is waarschijnlijk het gevolg van de schaal (250 meter) van de NHI-schematisatie.

Bij het interpreteren van de resultaten moet rekening gehouden worden met het feit dat het een modelstudie betreft. De resultaten zijn dus handvatten om de interactie tussen grond- en oppervlaktewater op landelijke schaal inzichtelijk te maken, maar kunnen lokaal afwijken van de werkelijke situatie. De waterbalansen per afwateringseenheid zijn tijdens deze studie niet gevalideerd. Het NHI 2.1 is wel gevalideerd maar op landelijke schaal en voor grote stroomgebieden. De informatie die nodig is voor validatie van de waterbalansen op het niveau van afwateringseenheden, ligt erg verspreid en is moeilijk te achterhalen, waardoor het uitvoeren van een complete validatie zeer tijdrend is.

### Vooruitblik

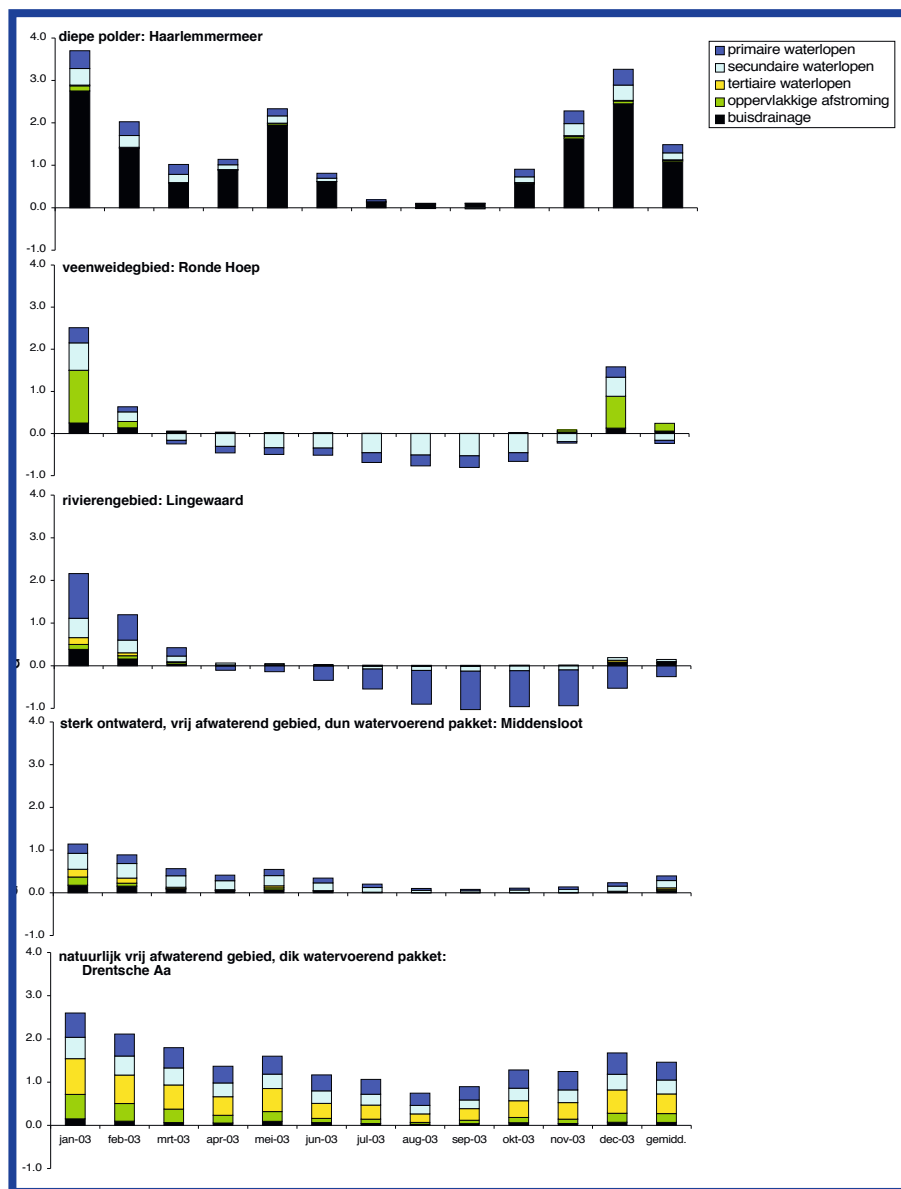
De uitgevoerde studie biedt mogelijkheden voor toepassing én vervolgonderzoek. Zo is het de bedoeling om de resultaten te gebruiken bij verkennende, landelijke

scenarioanalyses. Bijvoorbeeld: hoe verandert de uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater bij aanpassingen van het beregeningsbeleid of de detailontwatering? Of: neemt droogval van waterlopen toe als gevolg van toekomstige klimaatverandering en, zo ja, in welke gebieden?

De landelijke kaarten kunnen door waterbeheerders ingezet worden bij de Kaderrichtlijn Water. Hierbij is het volgens ons wel van belang om eerst tot een verfijning te komen van de nu gemaakte onderverdeling in vijf hydrotypen. Waterbeheerders kunnen op basis van de karakteristieken van de hydrotypen op snelle en heldere wijze inzicht krijgen in het aandeel van de uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater in de waterbalansen van een bepaald (deel) stroomgebied en het effect hiervan op de waterkwaliteit.

Zo bestaat een rechtstreeks verband tussen de dynamiek van de uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater en de nutriëntenconcentraties in een stroomgebied<sup>5)</sup>. Dat blijkt bijvoorbeeld uit een eerdere analyse van nutriëntenconcentraties in door de landbouw gedomineerde regionale wateren, waarin hoge stikstof- en fosfaatvrachten vooral in de wintermaanden voorkomen<sup>6)</sup>. De landelijke kaarten kunnen helpen om een inschatting te maken van de effecten van maatregelen in gebieden met een verschillende grondwater-oppervlaktewatertypologie.

Een andere manier waarop de landelijke kaarten ingezet kunnen worden tijdens het KRW-proces, is bij onderzoek naar de mate waarin waterlopen voldoen aan ecologische eisen op het gebied van stroomsnelheid, waterdiepte en waterkwaliteit<sup>7)</sup>. Vooral op het gebied van minimale afvoer, waterdiepte en waterkwaliteit is de bijdrage van grondwater van groot belang. Tevens kan aan de hand van de landelijke kaarten globaal worden vastgesteld welke grondwaterafhankelijke natuurgebieden in gebieden liggen met opkwellend grondwater.



**Afb. 3: Maandelijkse variatie in de uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater voor vijf hydrotypen: een diepe polder (Haarlemmermeerpolder, Hoogheemraadschap van Rijnland), een veenweidegebied (Ronde Hoep, Watermet en Waterschap Amstel, Gooi en Vecht), een sterk ontwaterd, vrij afwaterend gebied (Middensloot, Waterschap Regge en Dinkel), het rivierengebied (Lingewaard, Waterschap Rivierenland) en een relatief natuurlijk vrij afwaterend gebied (Drentsche Aa, Waterschap Hunze en Aa's).**

De methode die in deze studie toegepast is, lijkt een goede basis voor verdere verfijning van de karakterisatie van de uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater. Hiervoor kunnen regionale of lokale grondwatermodellen en meetgegevens worden gebruikt. Een belangrijke voorwaarde is wel dat deze grondwatermodellen een realistische schematisatie van de uitwisseling bevatten. Een dergelijke verfijning biedt direct de mogelijkheid om de waterbalansen per afwateringseenheid en per stroomgebied van het NHI (versie 2.1) te valideren.

#### LITERATUUR

- 1) Stuijzand S., R. van Ek en H. Ruiter (2006). Handreiking afstemming KRW-monitoring: oppervlaktewater-grondwater en beschermde gebieden. Rapport Rijkswaterstaat-RIZA.
- 2) Hoogewoud J., A. Veldhuizen en G. Prinsen (2011). NHI-toetsing; ontwikkeling en toepassing van methode voor toetsing van NHI 2.1, inclusief vergelijking met NHI 2.0. Deltares.
- 3) Hakvoort H., M. Spijker en P. van Bakel (2011). Verkennende kwantificering grondwater-oppervlaktewater. Hydrologic.
- 4) Kuijper M., D. Hendriks, R. van Dongen, J. Waaijenberg en B. Worm (2012). Sturen op basisafvoer: een analyse van zomerafvoeren in het beheergebied van Waterschap Regge en Dinkel en hoe daar in de toekomst mee om te gaan. Deltares.
- 5) Rozemeijer J. en H. Broers (2007). The groundwater contribution to surface water contamination in a region with intensive agricultural land use (Noord-Brabant, The Netherlands). Environmental Pollution nr. 3, pag. 695-706.
- 6) Klein J, J. Rozemeijer, H. Broers en B. van der Grift (2011). Meetnet Nutriënten LandbouwSpecifiek Oppervlaktewater t.b.v. evaluatie mestbeleid. Deltares.
- 7) Hendriks D., P. de Louw en R. van Ek (2010). Effecten van drainage, beregning en klimaatverandering op basisafvoer van beken. H<sub>2</sub>O nr. 6, pag. 40-43.

advertentie

**Het laatste waternieuws dagelijks op:  
www.vakbladH2O.nl**

**H<sub>2</sub>O**  
TJDSCHRIFT VOOR WATERVOORZIENING EN WATERBEHEER

Informatiebron voor professionals in de waterbranche