



Integratie Waternood met modellering van de regionale hydrologie

ELLEN HERMANS, ALTERRA

JAN VAN BAKEL, ALTERRA

PAUL VAN WALSUM, ALTERRA

HAN RUNHAAR, ALTERRA

Eind 2002 en begin 2003 werd het Waternoodinstrumentarium onder grote belangstelling gepresenteerd. Toch ontbreekt nog iets dat het daadwerkelijke succes in de weg staat: de toepassing in combinatie met een geschikt hydrologisch model. Juist daarmee is ervaring opgedaan in het project Langbroekerwetering. In dit artikel wordt aan de hand van praktische ervaringen aangetoond dat integratie van de GIS-applicatie AlterraAqua en het model SIMGRO met het Waternoodinstrumentarium uitstekende mogelijkheden biedt.

Waterschappen hebben tot taak voor hun beheersgebied het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime (GGOR) op te stellen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de zogeheten Waternoodprocedure¹⁾. In de afgelopen jaren is onder auspiciën van STOWA veel werk verricht om de Waternoodfilosofie te operationaliseren^{2),3)}. Bij de ontwikkeling van het Waternoodinstrumentarium is gekozen voor een Arcview-applicatie. Het actuele of het verwachte grond- en oppervlaktewaterregime (AGOR resp. VGOR) worden als invoer verondersteld en doelrealisaties vormen de uitvoer. Vaak is het AGOR echter niet bekend en de VGOR's al helemaal niet. Bij toepassing in de praktijk ligt integratie met een regionaal hydrologisch model daarom voor de hand.

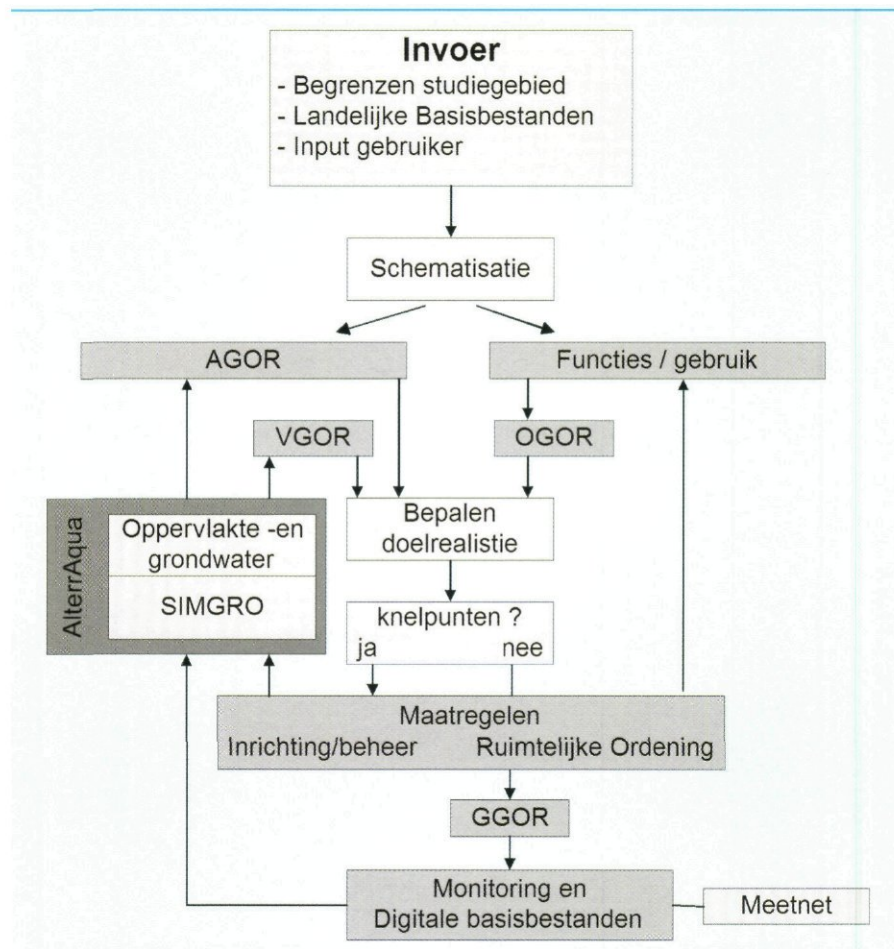
Het project Duurzaam Waterbeheer Langbroekerwetering is door het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden in samenwerking met de provincie Utrecht en de Dienst Landelijk Gebied opgestart als pilotproject voor de vaststelling van de GGOR. De ervaringen die met dit project opgedaan worden, zowel methodisch als procesmatig, zullen gebruikt worden voor het opstarten van vervolgprojecten om uiteindelijk gebiedsdekkend de GGOR te kunnen vaststellen.

Voor het gebied Langbroekerwetering voert Alterra in opdracht van het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden een project uit met de volgende doelstellingen: het bepalen van de meest geschikte ligging van 400 ha nieuwe natuur en het bepalen van de GGOR en maatregelen om deze te realiseren. Met eigen middelen is deze studie verder uitgewerkt als een voorbeeldproject voor de toepassing van Waternood.

Het Waternoodinstrumentarium is geïntegreerd met de productielijn voor regionale hydrologie van Alterra (AlterraAqua⁴⁾) in het model SIMGRO. Het concrete doel is het realiseren van een goed voorbeeld voor het gebruik van een regionaal hydrologisch model om te komen tot het AGOR en VGOR's waarmee het Waternoodinstrumentarium wordt gevoed. In afbeelding 1 is de plaats van een model als SIMGRO in de Waternoodcyclus weergegeven.

Een tweede aspect in dit voorbeeldproject is de keuze van efficiënte maatregelen die leiden tot kansrijke VGOR's. In een volgende fase van het project wordt gedemonstreerd dat het planningsinstrument Waterwijs⁵⁾ bij deze optimalisatie een belangrijke rol kan spelen.

Afb. 1: Integratieschema van Waternood met de productielijn voor de regionale hydrologie van Alterra (AlterraAqua) en het model SIMGRO.



Langbroekerwetering

Het studiegebied heeft een oppervlakte van 6800 ha en vormt een overgangsgebied tussen de droge zandgronden van de Utrechtse Heuvelrug en de oeverwallen en natte komgronden langs de Kromme Rijn (afbeelding 2). De maaiveldhoogte varieert van 66 m +NAP op de Heuvelrug tot 1,5 m +NAP in het zuidwestelijke deel. Landbouw, natuur en recreatie zijn belangrijke, sterk verweven functies.

Het SIMGRO-model

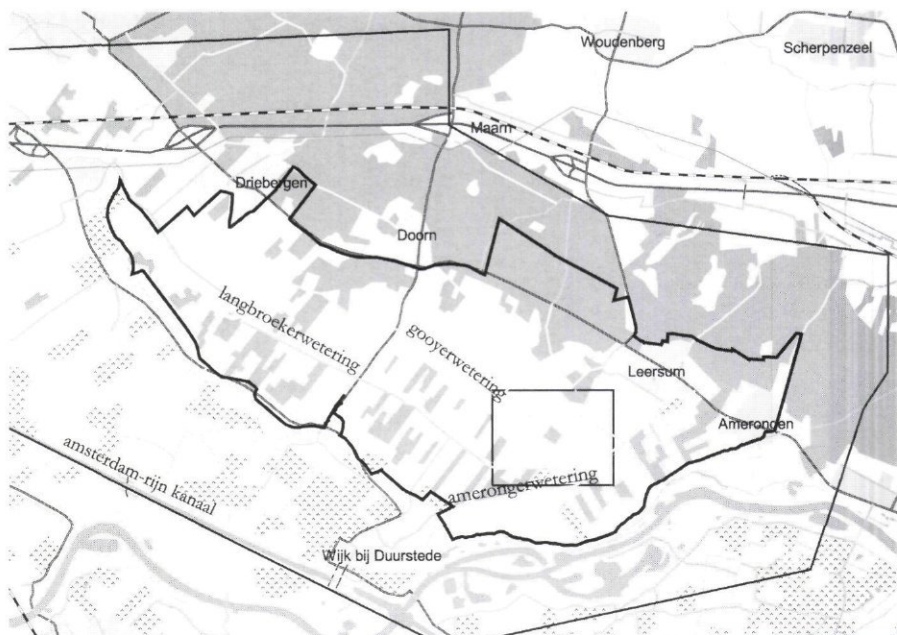
Om het AGOR en VGOR's goed te kunnen bepalen is het interessegebied en wijde omgeving (zie afbeelding 2) gemodelleerd met behulp van het geïntegreerde regionale hydrologisch model SIMGRO⁶. Digitale bestanden zoals leggergegevens, hoogtekaart, bodemkaart en landgebruikkaart zijn met behulp van de ArcView-applicatie AlterraAqua omgezet tot een gedistribueerd numeriek hydrologisch model. Randvoorwaarden zijn toegevoegd in de vorm van stijghoogten op de zijranden die afkomstig zijn van een grootschaliger SIMGRO-model⁷, permanente grondwateronttrekkingen én neerslag en verdamping. De randvoorwaarde berekening uit grond- en oppervlaktewater wordt door het model zelf opgelegd indien de actuele hydrologische situatie daar aanleiding toe geeft.

Na uitvoering van een gevoeligheidsanaly-

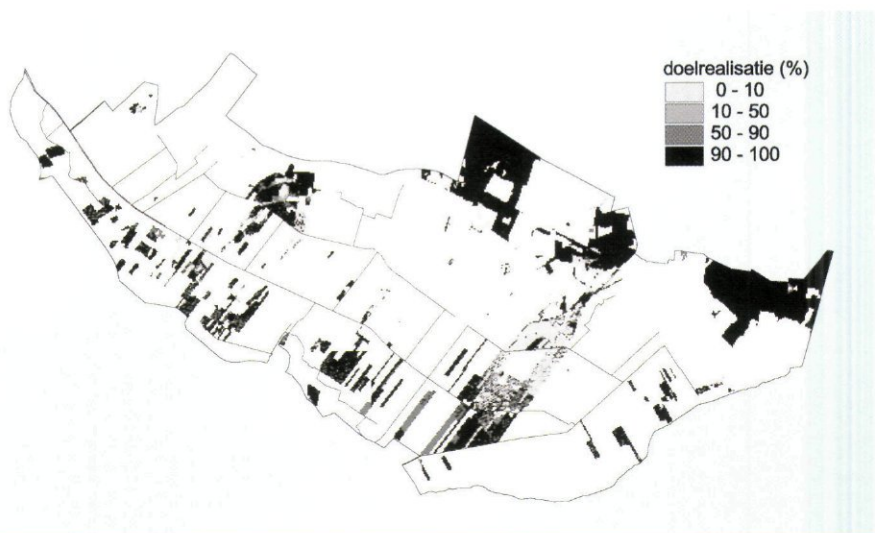
SIMGRO is een geïntegreerd regionaal hydrologisch model. Het omvat interacties tussen bodem, plant en atmosfeer, bodemwater, grondwater en oppervlaktewater. De kracht van SIMGRO ligt in een op juiste tijd- en ruimteschaal simuleren van de stromingsprocessen tussen deze deelsystemen. Dit komt vooral tot uiting in de effectberekeningen van maatregelen en bij extreme situaties.

Als een maatregel de grondwaterstanden respectievelijk verlaagt of verhoogt, neemt de capillaire opstijging respectievelijk af of toe en wordt de grondwaterstandverandering 'teggengewerkt'. Bij wateroverlast stremt de afvoer en stijgt de oppervlaktewaterstand; de drainage wordt geremd. Ontbreekt dit mechanisme in het model, dan worden afvoerpieken overschat. Tevens is het dan niet mogelijk om het effect van allerlei wateroverlastbeperkende maatregelen ('water vasthouden') op een adequate manier te berekenen.

Alleen met een model voorzien van deze essentiële tegenkoppelingen kan de reactie van een systeem op veranderingen juist gesimuleerd worden. Met andere woorden: SIMGRO is uitermate geschikt ter bepaling van het VGOR.



Afb. 2: Overzichtskaart van het studiegebied Langbroekerwetering en het modelgebied (het rechthoekige venster in het studiegebied vormt de begrenzing voor afbeeldingen 7a en 7b).



Afb. 3: Doelrealisatie Natuur berekend met het Watemoodinstrumentarium uitgaande van de huidige natuurdoelen met het berekende AGOR als invoer.

se is het model gekalibreerd. Voor de periode 1 april 1989 tot 1 april 2001 zijn de uitkomsten van dit gekalibreerde model vergeleken met aanwezige meetgegevens. Verschillen tussen gemeten en berekende grondwaterstanden zijn met een gemiddelde standaardfout van 22 cm acceptabel te noemen. Ook voor locaties waar geen metingen voorhanden zijn oordeelde een klankbordgroep uit de regio positief over het realiteitsgehalte van de berekeningen. Vergelijking van gemeten en berekende gebiedsafvoer via de Langbroekerwetering laat eveneens een goede overeenkomst zien.

Het resultaat van de kalibratie is het AGOR. Als eerste stap bij het zoeken naar geschikte nieuwe natuurgebieden is met het model tevens een variant doorerekend die maximaal op natuur is afgestemd. Hiertoe is de modelinvoer in het gehele modelgebied,

met uitzondering van bestaande dorpskernen, als volgt gewijzigd: landgebruik natuurlijk grasland, geen beregening, ondiepere en minder watergangen en greppels. De aldus berekende hydrologische situatie wordt in het vervolg aangeduid als het VGOR-max_{natuur}. Zowel het AGOR als het VGOR-max_{natuur} is bepaald voor de als representatief te beschouwen meteorologische periode 1989-2001.

Doelrealisatie Natuur

Voor de bepaling van de Doelrealisatie Natuur is uitgegaan van de Utrechtse natuuroeltypenkaart⁸. De provinciale doeltypen zijn nogal breed gedefinieerd. In overleg zijn ze aangescherpt tot die vegetaties relevant voor het Langbroekerwetering-gebied. Met de applicatie 'Hydrologische Randvoorwaarden Natuur' zijn vervolgens de doelrealisatie-

functies⁹⁾ berekend die gebruikt worden in het Waternoodinstrumentarium. Voor het AGOR en het VGOR-max_{natuur} is de Doelrealisatie Natuur berekend met als invoer de berekende GVG, GLG en de ecologisch relevante kwel.

Opmerkelijk is dat de doelrealisatie bij het AGOR (zie afbeelding 3) hoger is dan bij het VGOR-max_{natuur} (81% versus 67%). Dit komt doordat in een groot deel van het gebied de natuurdoeltypen gebaseerd zijn op de huidige, goed ontwaterde situatie. Door vernatting neemt de realisatie van deze 'droge' doeltypen af van 88 naar 68 procent, terwijl bij de 'natte' doeltypen juist een toename te zien is van één procent naar 65 procent.

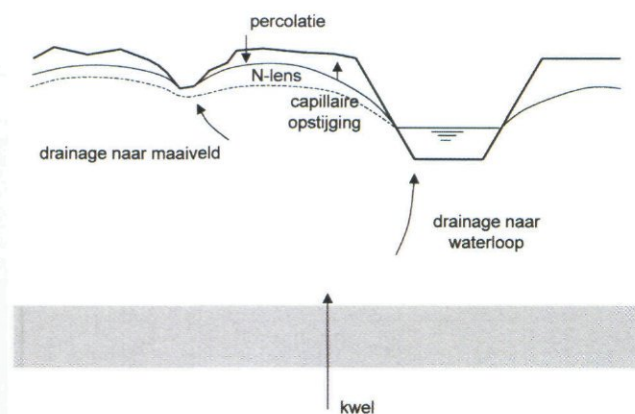
Om geen kansen te missen tot het realiseren van waardevolle grondwaterafhankelijke

Afb. 4: Doelrealisatie voor het Utrechtse natuurdoeltype schraalgrasland berekend met het Waternoodinstrumentarium met het berekende VGOR-max_{natuur} als invoer.

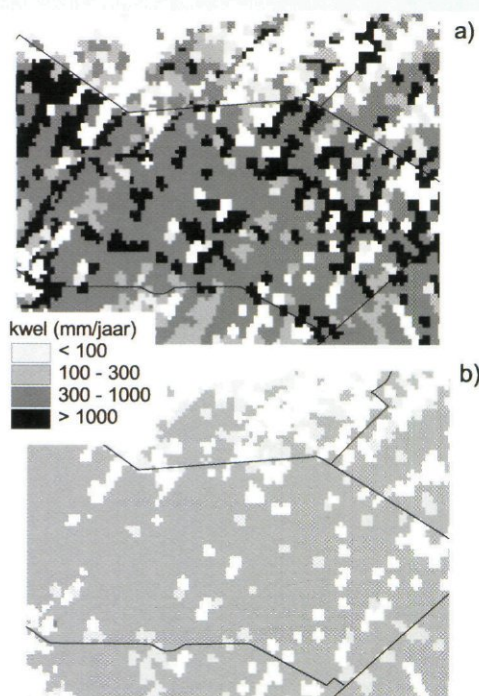
Kwel speelt een sleutelrol in de berekening van doelrealisaties van kwelafhankelijke natuurdoelen¹²⁾. Ecologische achtergrond is dat het kwelwater aangevuld is met calcium(bi-)carbonaat, zodat verzuring van de wortelzone wordt tegengegaan. Dit wordt ook wel pH-buffering genoemd. Voorwaarde is wel dat het kwelwater tijdens stroming in de ondergrond voldoende lang in aanraking is geweest met kalkhoudend sediment. Bovendien moet het kwelwater daadwerkelijk in de wortelzone en niet in de sloot terechtkomen. In afbeelding 6 is een schematisch dwarsprofiel getekend van de situatie in een natuurgebied met een slootsysteem en maaivelddepressies. Bij hoge grondwaterstanden ontstaat een plas-dras situatie, waarbij het kwelwater op een diffuse wijze via het maaiveld tot ontwatering komt. Het is aannemelijk dat dit water voldoende in aanraking komt met de wortelzone om bij te dragen aan de pH-buffering. In veel modelstudies wordt deze vorm van 'maaiveldskwel' als enige vorm van ecologisch relevante kwel gezien. Daarmee wordt echter over het hoofd gezien dat kwelwater ook de wortelzone kan bereiken in de vorm van capillaire opstijging. Deze omissie vloeit meestal voort uit het gebruik van een model dat dit voor het regionale watersysteem essentiële proces niet goed kan simuleren. SIMGRO kan dit wel.

Om na te gaan welk deel van de kwel daadwerkelijk als maaivelddrainage of als capillaire opstijging de wortelzone bereikt, wordt in een nabewerking van het model een balans bijgehouden van de neerslag-

lens (zie afbeelding 6). Daarbij wordt rekening gehouden met de volgende balanstermen: afvoer via maaivelddepressies en sloten, percolatie vanuit wortelzone of juist capillaire opstijging naar de wortelzone. Aanname is dat de neerslaglens als 'olie' op het kalkhoudende grondwater drijft en met voorrang draineert naar het oppervlaktewater (in werkelijkheid kan onder de waterloop sprake zijn van een grondwateropduiking waardoor kwelwater eerder draineert). Vanaf het moment dat volgens de balans de neerslaglens 'op' is, wordt bijgehouden hoeveel kwelwater via maaivelddrainage of via capillaire opstijging de wortelzone bereikt. Zodra er weer neerslag valt en de neerslaglens enige vorm aanneemt, wordt de 'kwelteller' stopgezet en gewacht totdat de balans weer op nul uitkomt. Op deze manier wordt de 'bruto' kwel naar de wortelzone geschat. Eerdergenoemde aanname maakt het een bovenwaardeschatting. Desalniettemin werkt de methode als een zwaar filter tussen de kwel vanuit de ondergrond en de kwel naar de wortelzone. Afbeelding 7 illustreert dit voor het berekende AGOR.



Afb. 6: Geschemiseerd dwarsprofiel van de situatie in een natuurgebied met kwel. N-lens = neerslaglens.



Afb. 7: Netto kwel naar de deklaag (a) en ecologisch relevante kwel (b) voor het AGOR, weergegeven voor het venster aangegeven in afbeelding 2.



Afb. 5: Natschade voor de landbouw berekend met het Waternoodinstrumentarium met het berekende AGOR als invoer.

natuur, is voor het gehele onderzoeksgebied tevens de doelrealisatie voor schraalgrasland bepaald. Volgens de definities van de provincie Utrecht omvat dit doeltype overigens zowel natte schrale als natte wat productievere graslanden. Met de AGOR is dit natuurdoel nauwelijks realiseerbaar, terwijl de VGOR-max_{natuur} hiertoe wel kansen biedt, vooral aan weerszijden van de Langbroekerwetering (zie afbeelding 4).

Doelrealisatie Landbouw

Voor het met SIMGRO berekende AGOR uitgedrukt als GHG en GLG is met behulp van

het Waternoodinstrumentarium de nat- en droogteschade voor de landbouw¹⁰⁾ berekend. De landbouwschade is aanzienlijk. Op de flanken van de Utrechtse Heuvelrug en op de onberegende zware kleigronden komen droogteschades voor tot 30 procent. In een strook evenwijdig aan de heuvelrug vinden we natschade tot ongeveer 20 procent met enkele uitschieters tot 50 procent (zie afbeelding 5). Op sommige locaties komt zowel droogte- als natschade voor. Hydrologische maatregelen kunnen landbouwpbrengsten verder verhogen. In bepaalde gevallen kan overwogen worden landbouwgrond om te zetten in natuur.

De doelrealisatieberekening voor natuur is in het Waternoodinstrumentarium deels gebaseerd op het ecohydrologische voorspellingsmodel NATLES¹³⁾ met echter twee belangrijke verschillen:

- In NATLES is naast de stuurvariabelen GVG, GLG en kwel tevens de stuurvariabele bodem onderscheiden.
- NATLES voorspelt welke vegetatie zich zal ontwikkelen. Met het Waternoodinstrumentarium is dit zonder uitgebreide nabewerking niet mogelijk.

Voor het verkennen van natuurpotenties is NATLES daarom het betere instrument. Een dergelijke verkenning heeft bij aanvang van de modelstudie plaatsgevonden voor de AGOR, de VGOR-max_{natuur} en de historische referentiesituatie (RGOR). Deze laatste is afgeleid uit de bodemkaart volgens een eerder beschreven methode^{14),15)}.

In de historische referentiesituatie vinden we op de flanken van de Utrechtse Heuvelrug hoge natuurwaarden met schraal blauwgrasland dat overgaat naar vochtig heischraal grasland en natte en vochtige heide. Herstel van de kwel in deze randzone is echter niet mogelijk met alleen maatregelen binnen het Langbroekerwetering-gebied: bij de VGOR-max_{natuur} wordt nog nauwelijks blauwgrasland voorspeld. In het centrum van het studiegebied komt bij deze variant wel op grote schaal kwel voor. Op deze kalkarme kleigronden zijn echter geen schrale blauwgraslanden te verwachten, maar wel relatief productieve en bloemrijke graslanden die naar verwachting veel zullen lijken op de komkleigraslanden die nu voorkomen in natuurreervaten in de Tielerwaard en de Neder-Betuwe. Dit type grasland valt in de Utrechtse natuurdoeltype-typologie nog wel onder de term 'nat schraalgrasland'. In deze studie is de aandacht gericht op het creëren van gunstige omstandigheden voor de ontwikkeling van dergelijke wat productievere natte schraalgraslanden.

Ervaringen relevant voor Waternood

Voor uitgebreidere informatie over bovenbeschreven methode en resultaten wordt verwezen naar de rapportage van dit onderzoek¹¹⁾. Hieronder volgen enkele conclusies en ervaringen rond het werken met het Waternoodinstrumentarium in combinatie met hydrologische modellering:

- 'Meten is weten' is onveranderd waar. Toch is een aantal argumenten aan te dragen om uit te gaan van een berekende AGOR in plaats van een gemeten AGOR: Het maken van een adequaat model van het studiegebied dwingt tot nadenken over het watersysteem (model als denkpartner). Met hetzelfde model kunnen ook VGOR's worden berekend (model als simulator). De verschilberekening tussen het AGOR en VGOR's is consistent (model als consistentiebewaker). Met een model is naar behoefte in ruimte en tijd te detailleren. De bestaande Gt-kaarten zijn voor een belangrijk deel verouderd, geven geen directe informatie over de GVG en geven geen informatie over de kwel en over het oppervlaktewaterregime. Essentieel is wel dat beschikbare metingen gebruikt worden om de resultaten van het model te verifiëren.
- Een juiste simulering van processen tussen de hydrologische deelsystemen maakt SIMGRO uitermate geschikt ter bepaling van de VGOR.
- Het Waternoodinstrumentarium versie 1.0 is in eerste instantie geïntegreerd met de productielijn AlterraAqua. Voordeel is dat per scenario of variant modelinvoer, modeluitvoer en resultaten in de vorm van doelrealisaties met een overzichtelijke bestandsstructuur bijeen worden gehouden. Ook beperkt een dergelijke productielijn het aantal handelingen om te komen tot doelrealisaties. Wegens fouten in versie 1.0 van het Waternoodinstrumentarium is noodgedwongen overgegaan op het 'stand-alone' draaien van een verbeterde versie 1.0. Momenteel is versie 1.1 van het Waternoodinstrumentarium beschikbaar. De intentie is deze of een volgende versie opnieuw te integreren met AlterraAqua.
- De Doelrealisatie Natuur staat of valt met de toekenning van natuurdoeltypen. Een kritische beschouwing en waar nodig aanscherping van natuurdoelen is een noodzakelijke eerste stap om het Waternoodinstrumentarium te mogen toepassen. Natuurdoeltypen zijn immers nooit met het oog op deze toepassing opgesteld. Onoplettendheid kan hier leiden tot het

missen van kansen voor het realiseren van waardevolle grondwaterafhankelijke natuur.

- Het Waternoodinstrumentarium biedt in vergelijking met NATLES, mede wegens het ontbreken van de stuurvariabele bodem, minder mogelijkheden als ecologisch voorspellingsmodel.
- Het Waternoodinstrumentarium verlangt bij de berekening van de doelrealisatie van kwelafhankelijke natuur een specificatie van de kwelintensiteit: Een nadere beschrijving van het begrip kwel ontbreekt. Het moet duidelijk zijn dat de meest gehanteerde definitie van kwel (verticale stroming door eerste scheidende laag) niet gelijk is aan de ecologisch relevante kwel (kwel tot in de wortelzone). Met SIMGRO kan de ecologisch relevante kwel geschat worden. De berekening van de Doelrealisatie Kwel verloopt voor kwelafhankelijke vegetaties zeer eenvoudig: is de kwel respectievelijk hoger of lager dan 100 mm/jaar dan is de Doelrealisatie Kwel respectievelijk 100 of 0 procent. Vegetaties met een intermediaire kwelafhankelijkheid worden gezien als kwelonafhankelijk: De Doelrealisatie Kwel bedraagt altijd 100 procent. Dit vraagt om aanpassing.
- Met het Waternoodinstrumentarium wordt de droogteschade bij berekening zeer eenvoudig vastgesteld op 20 procent van de standaard berekende droogteschade zonder berekening. Bovendien is het niet mogelijk

op te geven welke percelen beregend worden, zodat een nabewerking van de droogteschade in een GIS noodzakelijk is.

- Het Waternoodinstrumentarium berekent de landbouwschade met een op vijf centimeter afgeronde GHG en GLG. Gezien het betrouwbaarheidsinterval is dit geen punt bij de interpretatie van absolute schades. Interpretatie van schadeverschillen tussen varianten of scenario's wordt als gevolg hiervan echter wel onnodig verstoord.

Eindconclusie

Het gebruik van een geïntegreerd regionaal hydrologisch model als SIMGRO is noodzakelijk voor toepassing van Waternood in de praktijk.

Het Waternoodinstrumentarium is op een aantal punten voor verbetering vatbaar. ➡

LITERATUUR

- 1) Projectgroep Waternood (1998). Oppervlaktewater: grondwater als leidraad. Unie van Waterschappen/DLG.
- 2) STOWA (2002). Instrumentarium Waternood handleiding versie 1.0. Rapporten Waternood 2002-35.
- 3) STOWA (2002). Naar grondwatergestuurde oppervlaktewatersystemen. Samenvatting van het STOWA-programma Waternood. Rapporten Waternood 2002-36.
- 4) www.alterraqua.alterra.nl
- 5) Van Walsum P., J. Helming, E. Schouwenberg, L. Stuyt, P. Groenendijk, C. de Bont, P. Vereijken, C. Kwakernaak, J. van Bakel, L. van Staaldunen en K. Ypma (2002). Waterwijs: Plannen met water op regionale schaal. Rapport 433. Alterra.

- 6) Van Walsum P., A. Veldhuizen, P. van Bakel, F. van der Bolt, P. Dik, P. Groenendijk, E. Querner en M. Smit (in voorbereiding). SIMGRO: Theory and model implementation. Rapport 913. Alterra.
- 7) Wendt T. (1998). Water Rijk Utrecht; Effecten van toekomstscenario's op het grondwater in Utrecht.
- 8) Provincie Utrecht (2001). Natuurgebiedsplan Kromme Rijngebied.
- 9) STOWA (2002). Doelrealisatie natuur. Rapporten Waternood 2002-26.
- 10) STOWA (2002). Help-tabellen landbouw. Rapporten Waternood 2002-40.
- 11) Hermans A, en P. van Walsum en J. Runhaar en P. van Bakel (2004). Duurzaam waterbeheer Langbroekerwetering. Fase 1: Modelbouw, kalibratie en bepaling van het actuele grond- en oppervlaktewaterregime. Rapport 914. Alterra.
- 12) Van Walsum P., P. Verdonshot en J. Runhaar (2001). Effects of climate and land-use change on low-land stream ecosystems. Rapport 523. Alterra.
- 13) Runhaar J., H. Kuijpers, H. Boogaard, P. Jansen en E. Schouwenberg (2003). Natuurgericht Landevaluatie-systeem (NATLES) versie 2.1. Rapport 550. Alterra.
- 14) Ek R. van, F. Klijn, J. Runhaar, R. Stuurman, W. Tamis en J. Reckman (1997). Gewenste grondwatersituatie Noord-Brabant. Deelrapport 1: Methodeontwikkeling voor het bepalen van de optimale sectorale grondwatersituatie voor de natuur. RIZA.
- 15) Runhaar J., R. van Ek, F. Klijn, R. Ruijtenberg en R. Stuurman (1998). Gewenste grondwatersituatie natuur. Bepaling van de optimale grondwatersituatie op provinciale schaal. Landschap nr. 15, pag. 181-194.