



Jan-Philipp Witte, KWR Watercycle Research Institute / Vrije Universiteit Amsterdam

Han Runhaar, KWR Watercycle Research Institute

Remco van Ek, Deltares

Dirk-Jan van der Hoek, Planbureau voor de Leefomgeving

Eerste landelijke schets van de ecohydrologische effecten van een warmer en grilliger klimaat

Een warmer en grilliger klimaat zal via de waterhuishouding doorwerken op de natuur van Nederland. In een verkennende studie zijn de gevolgen voor binnendijkse ecosystemen in kaart gebracht. Verschillende ecosystemen, zoals hoogvenen en vennen, kunnen in de problemen komen, maar er zijn ook ecosystemen, zoals sprengebeken en droge duinen, die mogelijk profiteren van soms meer neerslag en verdamping, soms langdurige droogte. De uitkomsten zijn echter hoogst onzeker. Dat komt zowel door een aantal fundamentele tekortkomingen in de huidige generatie hydrologische modellen, als door een gebrek aan kennis over de sturende ecohydrologische processen. Nieuw onderzoek moet soelaas bieden.

Bijna niemand twijfelt er meer aan: het klimaat verandert in rap tempo. Nederland is de afgelopen eeuw 1,7 C warmer geworden¹⁾ en de neerslag is significant toegenomen, vooral in de wintermaanden (zie afbeelding 1). Om via het beleid te kunnen inspelen op de gevolgen van klimaatverandering voor de natuur van Nederland, is in opdracht van Deltares en het Planbureau voor de Leefomgeving een verkennende studie uitgevoerd²⁾. De studie richtte zich vooral op de vegetatie van verschillende binnendijkse ecosystemen die indirect, via wijzigingen in de waterhuishouding, door klimaatverandering kunnen worden

beïnvloed. Onderzocht zijn de effecten van klimaatscenario's W en W+ in 2050. Qua jaarlijks neerslagoverschot zijn dit respectievelijk het natste en het droogste van de vier door het KNMI in 2006 gepubliceerde scenario's³⁾. Beide scenario's hebben gemeen dat de winters natter worden en dat de verschillen tussen de jaren toenemen. Onder scenario W+ wordt de zomer veel droger, terwijl de droogte onder scenario W gelijk blijft of iets gaat toenemen, afhankelijk van de locatie in Nederland. Kijken we bijvoorbeeld naar het neerslagtekort in de drie zomermaanden in de Amsterdamse Waterleidingduinen, dan zal dat onder scenario W+

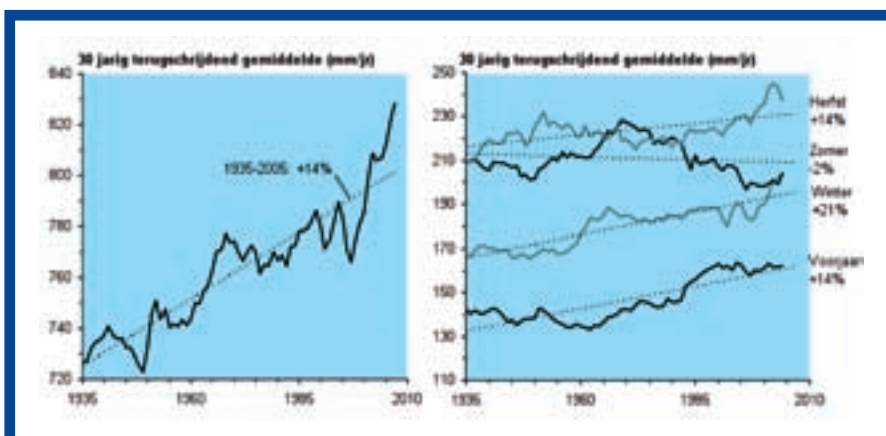
gemiddeld twee keer zo groot worden en onder scenario W met elf procent stijgen⁴⁾.

Het onderzoek bestond uit twee delen. In het eerste deel werd een kaart van al aanwezige natuurdoeltypen⁵⁾ vergeleken met de uitkomsten van hydrologische modellen⁶⁾, beide beschikbaar voor heel Nederland in een ruimtelijke resolutie van 25 bij 25 meter. Zo kon ieder natuurdoeltype worden gerelateerd aan hydrologische grootheden als de grondwaterstand, het vochttekort en het percentage systeemvreemd water. Vervolgens werd voor ieder type onderzocht welke verschuivingen in deze grootheden optreden wanneer het klimaat verandert. In het tweede deel werden de uitkomsten uit het eerste deel gecombineerd met literatuurgegevens en proceskennis om een beeld te schetsen van de gevolgen van klimaatverandering voor de natuur. Die schets bestaat uit een voorlopige kaart (zie afbeelding 2) met een begeleidende tekst. Het doel van deze kaart is niet alleen om de voorziene verschuivingen in de natuur van Nederland grafisch weer te geven, maar ook om discussie uit te lokken en zo de kennis over de ecohydrologische effecten van klimaatverandering te vergroten.

Effecten per ecosysteem

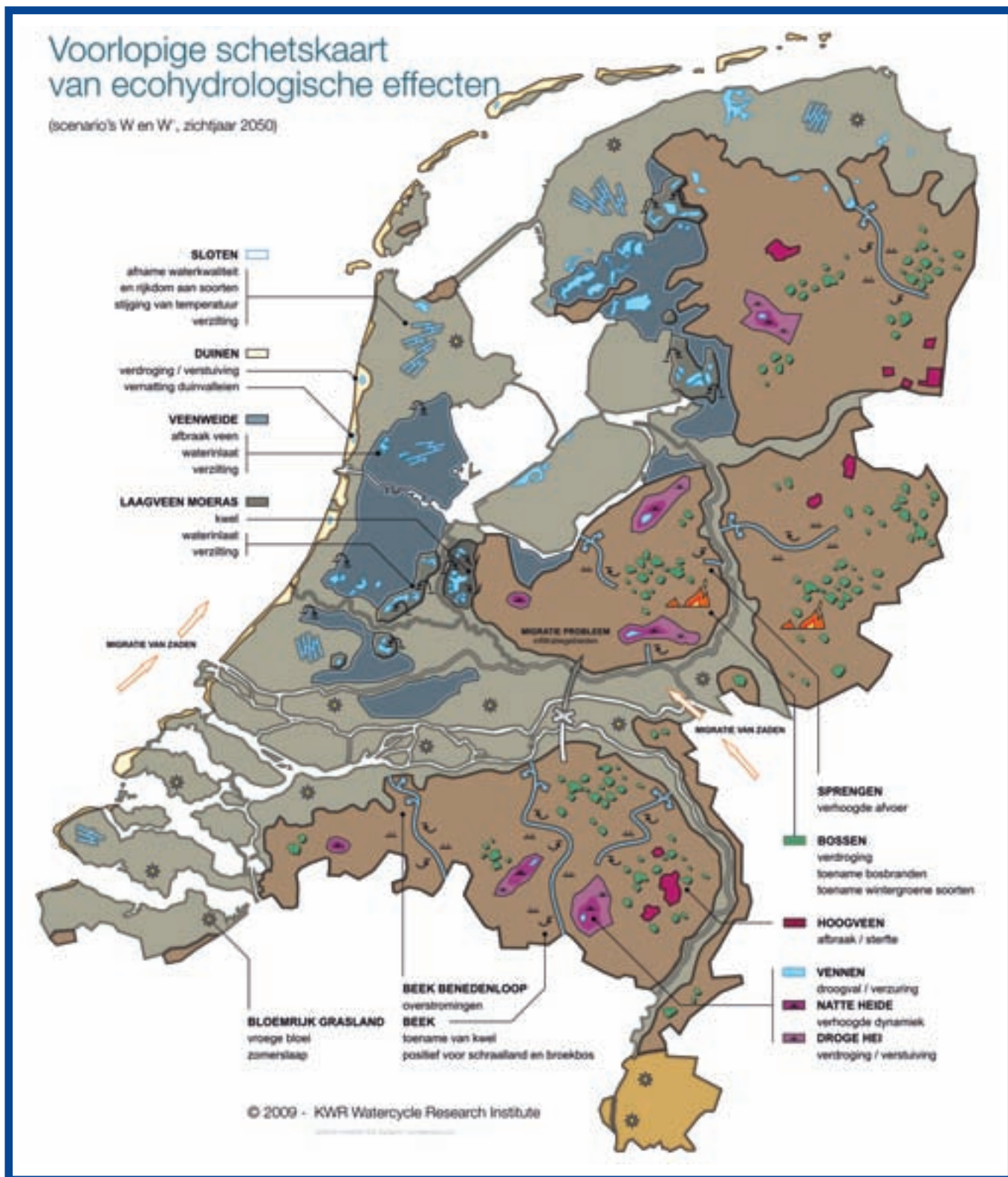
Klimaatverandering zal vooral gevolgen hebben voor vegetaties die voor hun watervoorziening geheel zijn aangewezen op de atmosfeer. Grondwateronafhankelijke

Afb. 1: De in twaalf hoofdstations van het KNMI gemeten neerslag is de afgelopen eeuw aanzienlijk gestegen.



Voorlopige schetskaart van ecohydrologische effecten

(scenario's W en W', zichtjaar 2050)



Afb. 2: Voorlopige schetskaart van ecologische effecten van een warmer en qua neerslag grilliger klimaat.

vegetaties op hogere zandgronden - zoals stuwwallen, duinen en hogere dekzandruggen - zullen te maken krijgen met een groter vochttekort in het groeiseizoen. Onder scenario W+ is de toename van dat tekort aanzienlijk, wat zal leiden tot een openere vegetatie en een toename van het aandeel vroege bloeiers en soorten die in zomerslaap gaan. Vele bomen zullen de grotere droogte niet overleven. In beide scenario's zal het aantal wintergroene soorten in bossen toenemen en zal sprake zijn van een verhoogd risico op bosbranden.

Ook in natte en alleen door regenwater worden gevoede ecosystemen kunnen grote veranderingen optreden. Door de toegenomen vochtdynamiek en temperatuur zullen karakteristieke vegetaties van hoogveen, vennen en natte heiden het moeilijker krijgen. De ontwikkeling van levend hoogveen in Nederland is onder scenario W+ waarschijnlijk kritiek.

De kwel naar lage gebieden als beekdalen, duinvalleien en de randen van grote infiltratiegebieden zal toenemen onder

het relatief natte scenario W. Dat gebeurt mogelijk ook onder het droge scenario W+. Dat komt doordat de bodem in hoger gelegen infiltratiegebieden in dit scenario 's zomers zo ver uitdroogt dat de werkelijke verdamping door de vegetatie sterk wordt gereduceerd en dientengevolge de jaarlijkse grondwateraanvulling stijgt. De toename van de grondwateraanvulling en kwel onder W+ zijn echter hoogst onzeker, omdat de toekomstige verdampingseigenschappen van de vegetatie in het voedende infiltratiegebied nu nog niet bekend zijn (zie volgende



Is er nog toekomst voor natte door regenwater gevoede ecosystemen met onder andere veenmos en ronde zonnedauw als het droge en warme W+-scenario werkelijkheid wordt? (foto: Remco van Ek).

paragraaf). De kweltoename zou gunstig zijn voor de biodiversiteit van sprengen, beken, natte duinvalleien en door kwelwater gevoede schraallanden, zoals die voorkomen in het laagveenmoeras net aan de westelijke voet van de Utrechtse heuvelrug. Daar staat bij scenario W+ een ongunstige verandering tegenover, namelijk dat als de kweltoename onvoldoende is, de grondwaterstand in de loop van de drogere zomer dieper kan wegzakken (onder scenario W verandert de laagste grondwaterstand nauwelijks). Voor een dergelijk kweltoename moet het infiltratiegebied voldoende groot zijn.

Benedenlopen van beken krijgen vaker te maken met overstromingen, wat bij de huidige kwaliteit van het beekwater voor verschillende vegetaties ongunstig zal zijn.

De waterkwaliteit van sloten en meren zal vermoedelijk achteruitgaan, doordat in de zomer de watertemperatuur stijgt, de peilen dalen, de verzilting toeneemt en de invloed van sulfatrijk water uit de grote rivieren toeneemt. Laagveenmoerassen, zoals de Nieuwkoopse plassen en de Weerribben, waaruit veel water wegzijgt naar een diep ontwaterde omgeving, zullen zonder aanvullende maatregelen (denk aan een ander peilbeheer) in de zomer meer oppervlaktewater moeten aanvoeren. Door de slechtere kwaliteit van dit oppervlaktewater moet voor een achteruitgang van de biodiversiteit worden gevreesd. Dat geldt ook voor de biodiversiteit van het veenweidegebied, niet alleen wegens de grotere invloed van kwalitatief slecht oppervlaktewater, maar ook doordat een lagere grondwaterstand en een hogere temperatuur in de zomer zullen leiden tot een versnelde afbraak van het veen.

Onzekerheden en benodigd onderzoek

In welke richting het klimaat gaat veranderen is nog zeer onzeker. Bovendien is het voorspellen van de ecohydrologische

gevolgen van klimaatverandering met minstens zo grote onzekerheden omgeven. Een juiste analyse van deze gevolgen valt of staat met een op maat gesneden modellering van de waterhuishouding. Dit betekent dat de ruimtelijke resolutie en de nauwkeurigheid van de hydrologische modeluitvoer moeten aansluiten bij de habitateisen van de te bestuderen ecosystemen. Het in deze studie gebruikte hydrologische modelinstrumentarium sloot in deze toepassing onvoldoende aan op deze voorwaarden; het in ontwikkeling zijnde Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) zal dat ongetwijfeld beter doen. De uitkomsten van het NHI en andere hydrologische modellen dienen echter ruimtelijk te worden neergeschaald naar het niveau waarop ecosystemen functioneren. Hiermee is hier enige ervaring mee opgedaan⁷⁾, maar de verdere ontwikkeling van slimme neerschalingstechnieken blijft nodig.

Door klimaatverandering zullen meer weersextremen voorkomen, zoals piekbuien en periodes van droogte. Dit heeft gevolgen voor de verdamping. Een ander verbeterpunt ligt daarom in de modellering van de verdamping en dus van de grondwateraanvulling: die moet klimaatbestendig worden gemaakt (NB: een fout in de verdampingspost tikt in het Nederlandse klimaat twee tot drie keer zo hard door in de grondwateraanvulling!). In de huidige hydrologische modellen is de vegetatie geschematiseerd als een laag met vaste verdampings-eigenschappen. Onvolkomenheden in de schematisering en parametrisering van deze groene laag worden door modelbouwers meestal vereffend door bijvoorbeeld een hydraulische weerstand in de ondergrond bij te stellen. Fouten worden daardoor niet opgemerkt, wat ernstige gevolgen kan hebben voor de simulatie van klimaateffecten. Uit onze studie bleek bijvoorbeeld, dat het ene model onder het droge scenario W+ een verhoging van de grondwateraanvulling onder de Veluwe berekende (en dus

een toename van de kwel naar de Gelderse vallei), terwijl een ander model juist op een verlaging uitkwam.

Voor een juiste simulatie van de grondwateraanvulling is het op de eerste plaats nodig dat alle verdampingstermen afzonderlijk (interceptie, transpiratie, evaporatie) nauwkeurig worden gemodelleerd. De interceptiepost bijvoorbeeld, verandert onder invloed van een andere temporele neerslagverdeling: naarmate de neerslag meer in de vorm van piekbuien valt, in plaats van gelijkmatig verdeeld over het jaar, zal de interceptiepost dalen en meer water de bodem bereiken. Dit klimaateffect wordt natuurlijk pas dan zichtbaar als de interceptieterm goed wordt gesimuleerd. Op de tweede plaats moet rekening worden gehouden met enkele structurele aanpassingen van de vegetatie aan het klimaat: het waterverbruik van planten daalt bij een toename van het kooldioxidegehalte^{8), 9)} en het aandeel kale grond en het aandeel weinig verdampende mossen en korstmossen in de vegetatie van hogere zandgronden stijgt in drogere zomers (volgens een recente studie⁴⁾ tot wel 80 procent op de zuidhelling van duinen onder W+). Zolang deze aanpassingen niet zijn gekwantificeerd, zijn hydrologische modellen waarschijnlijk niet zo geschikt voor het simuleren van een extreem (maar waarschijnlijk) scenario als W+.

Naast verbetering van de hydrologische modellen dienen relaties, zoals opgenomen in diverse ecohydrologische modellen, klimaatbestendig te worden gemaakt. De huidige ecohydrologische modellen zijn onvoldoende bruikbaar in een nieuw klimaat, omdat ze gebaseerd zijn op zeer indirecte verbanden tussen gemiddelde grondwaterstanden en vegetatiesamenstelling, ontleend aan het klimaat van de twintigste eeuw. Daarom zijn op fysiologisch gebaseerde relaties nodig, waarin de invloed van het klimaat is verwerkt. Een voorbeeld is het vervangen van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand, als voorspellende variabele voor de vegetatie, door grootheden die direct op de vegetatie inwerken: de beschikbaarheid in het wortelmilieu van zuurstof om te respireren en van water om te transpireren^{10), 11)}. Bovendien is nog weinig bekend over de effecten van extremen op de vegetatie, terwijl ecologen de grote betekenis van extremen benadrukken en die extremen naar verwachting zullen gaan toenemen, bijvoorbeeld in de vorm van zeer droge zomers en hevige neerslagbuien. Omdat het beleid vraagt om voorspellingen voor de langere termijn (2050 of 2100 bijvoorbeeld), is het ten slotte noodzakelijk dat rekening gehouden wordt met de successie van het systeem van bodem, water en vegetatie in een veranderend klimaat¹²⁾. KWR werkt samen met de Vrije Universiteit Amsterdam aan het ontwikkelen van dergelijke klimaatbestendige modellen.

Het natuurbeleid is de afgelopen 20 jaar behoorlijk 'SMART' gedefinieerd in de vorm van natuur(doel)typen, doelsoorten en bijbehorende milieu- en beheermaatregelen.



Natte kwelgevoede schraallanden zouden kunnen profiteren van klimaatverandering, mits inundatie met verontreinigd beekwater achterwege blijft (foto: Flip Witte).

Monitorings- en modelonderzoek kunnen behulpzaam zijn bij het signaleren van mogelijke klimaateffecten. Dit zou er toe kunnen leiden, dat natuurdoelen regelmatig moeten worden bijgesteld.

Adaptieve maatregelen

Gezien de onzekerheden mogen op basis van deze studie beslist geen conclusies worden getrokken die vergaande consequenties kunnen hebben, zoals het opgeven van bepaalde natuurdoelen omdat die toch niet meer haalbaar zouden zijn. Wel kan alvast op de mogelijke negatieve gevolgen van klimaatverandering worden geanticipeerd met het nemen van een aantal mitigerende maatregelen, gericht op het verbeteren en meer robuust maken van de kwaliteit van natuurgebieden. Verdroging van natte heiden en vennen kan onder andere worden bestreden door het omzetten van veel verdampend donker naalddhout in loofbos, grasland of hei, en door het afdammen van greppels, voor zover die nog aanwezig zijn. Externe maatregelen zijn het aanleggen van hydrologische bufferzones, het opzetten van peilen in landbouwgebieden, een beregeningsverbod in droge tijden en het verplaatsen

of sluiten van grondwaterwinningen. Vergroten van de oppervlakte van aaneengesloten natuurterrein maakt het eenvoudiger een hoog grond- en oppervlaktewaterpeil ten opzichte van de omgeving te handhaven. Bovendien biedt oppervlaktevergroting soorten de mogelijkheid te migreren naar locaties die in de toekomst gunstige groeiomstandigheden bieden. In peilbeheerste gebieden, zoals laagvenen, kan een flexibeler peilbeheer aanzienlijk helpen om de aanvoer van oppervlaktewater van een slechte kwaliteit zo lang mogelijk buiten de deur te houden. De inlaatbehoefte van laagvenen kan voorts worden verminderd door de wegzijging te reduceren via een aantal externe maatregelen: het onder water zetten van aangrenzende diepe polders, het verplaatsen van grondwaterwinningen en het bevorderen van de grondwateraanvulling in infiltratiegebieden, zoals de Utrechtse heuvelrug.

Al deze maatregelen zijn gericht op de bestrijding van de verdroging en de vergroting van aaneengesloten oppervlakten natuur, en als zodanig niet nieuw. Ze zijn van groot belang als scenario W+ bewaarheid wordt, en mogelijk van belang onder

Aansichtkaart van rond 1900, weergevend een romantisch grothuisje in een sprengbeek bij Oosterbeek. De afvoer op deze locatie bedraagt tegenwoordig ongeveer vijf liter per seconde, terwijl deze prent een veelvoud daarvan laat zien. Zullen door klimaatverandering oude tijden gaan herleven?



scenario W, dat op jaarbasis weliswaar natter is dan het huidige klimaat, maar dat een iets drogere zomer kent en meer meteorologische variatie tussen de jaren. Klimaatverandering zou al met al een stimulans moeten zijn het anti-verdrogingbeleid en de uitbreiding van de ecologische hoofdstructuur met grotere voortvarendheid uit te voeren.

Het rapport kan besteld worden bij KWR Watercycle Research Institute, t.a.v. Flip Witte, Postbus 1072, 3430 BB Nieuwegein of per e-mail: flip.witte@kwrwater.nl.

LITERATUUR

- 1) Planbureau voor de Leefomgeving (2009). Wegen naar een klimaatbestendig Nederland.
- 2) Witte J-P, J. Runhaar en R. Van Ek (2009). Ecohydrologisch effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland. Kiwa Water Research. Rapport 2009.032.
- 3) Van den Hurk B., A. Tank, G. Lenderink, A. van Ulden, G. van Oldenborgh, C. Katsman, H. van den Brink, F. Keller, J. Bessembinder, G. Burgers, G. Komen, W. Hazeleger en S. Drijfhout (2006). KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. KNMI. Rapport WR-2006-01.
- 4) Witte J-P, R. Bartholomeus, D. Cirkel en P. Kamps (2008). Ecohydrologische gevolgen van klimaatverandering voor de kustduinen van Nederland. Kiwa Water Research. Rapport KWR 08.006.
- 5) Bal D., H. Beije, M. Felliger, R. Haveman, A. van Opstal en F. van Zadelhoff (2001). Handboek natuurdoeltypen. Expertisecentrum LNV. Rapport 2001/020.
- 6) Van Beek E., M. Haasnoot, K. Meijer, J. Delsman, J. Snepvangers, G. Baarse, R. van Ek, G. Prinsen, J. Kwadijk en J. van Zetten (2008). Verkenning kosteneffectiviteit van grootschalige maatregelen tegen droogteschade als gevolg van de G+ en W+ klimaatscenario's. Deltares. Rapport T2498.
- 7) Hoogewoud J. en R. van Ek (2002). Regionale standplaatsmodellering voor terrestrische vegetatie: naar een generieke methode voor het neerschalen van hydrologische modeluitkomsten ten behoeve van ecohydrologische toepassingen. RIZA. Rapport 2002.035.
- 8) Kruijt B., J-P. Witte, C. Jacobs en T. Kroon (2008). Effects of rising atmospheric CO2 on evapotranspiration and soil moisture: a practical approach for the Netherlands. Journal of Hydrology 349, pag. 257-267.
- 9) Witte J-P, B. Kruijt, T. Kroon en C. Maas (2006). Verdamping planten daalt door toename atmosferische kooldioxide. H₂O nr. 5, pag. 29-31.
- 10) Bartholomeus R., J-P. Witte, P. van Bodegom, J. van Dam en R. Aerts (2008). Critical soil conditions for oxygen stress to plant roots: substituting the Feddes-function by a process-based model. Journal of Hydrology 360, pag. 147-165.
- 11) Bartholomeus R., J-P. Witte, P. van Bodegom, J. van Dam en R. Aerts (2009). Towards a climate-proof relationship between soil moisture conditions and vegetation composition. Plant, Cell & Environment. In voorbereiding.
- 12) Van Bodegom P., S. Dekker, M. Wassen en J-P. Witte (2009). Geen adaptiestrategie zonder een klimaatbestendige ecohydrologie. Een verkennend onderzoek naar de mogelijkheden om de biodiversiteit in Nederland onder een ander klimaat te voorspellen. Stichting Kennis voor Klimaat. Rapport 005/09.