



Joachim Hunink, Tauw

Marcel Boerefijn, Tauw

Joost Heijkers, Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden

Effecten van klimaatverandering op het grondwatersysteem in Utrecht

Water op straat en lage rivierwaterstanden. Dat zijn enkele van de zichtbare effecten van het grillige klimaat op de riolering en het oppervlaktewater. Maar hoe ligt de relatie tussen het klimaat en het veel minder zichtbare grondwatersysteem? En is dit grondwatersysteem ook gevoelig voor klimaatverandering? Hebben de gebruiksfuncties, zoals landbouw en natuur, baat of last van deze veranderingen? En hoe kunnen we beleidsmatig inspelen op deze veranderingen? Op deze vragen is een antwoord te geven door de vier KNMI-klimaatscenario's door te rekenen met een grondwatermodel van het beheergebied van het Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden. Het gaat om een gevarieerd studiegebied dat zowel de Utrechtse Heuvelrug als veenweidegebieden bevat.

In 2006 heeft het KNMI vier klimaat-scenario's ontwikkeld die een voorspelling geven van het klimaat voor halverwege deze eeuw¹⁾. Ze vervangen de scenario's die in 2000 zijn opgesteld door de Commissie Waterbeheer 21e eeuw. Voor de winterperiode voorspellen alle vier de scenario's een toename van de totale neerslag (met vier tot 14 procent) en een toename van het neerslagoverschot. Voor de zomerperiode is de ontwikkeling van de neerslaghoeveelheid minder eenduidig. Twee van de vier scenario's voorspellen een

toename (van drie tot zes procent) en de andere twee een afname (van tien tot 19 procent). Voor alle vier de scenario's geldt wel dat het aantal zomerse regendagen afneemt en dat de hevigheid van extreme regenbuien in zowel de winter als de zomer toeneemt. En ook de potentiële verdamping neemt in alle vier de scenario's toe (drie tot 15 procent). Het potentiële neerslagtekort in de zomerperiode blijft in twee scenario's bijna gelijk. In de twee andere scenario's is sprake van een toename van 42 tot 80 millimeter.

Modelberekeningen

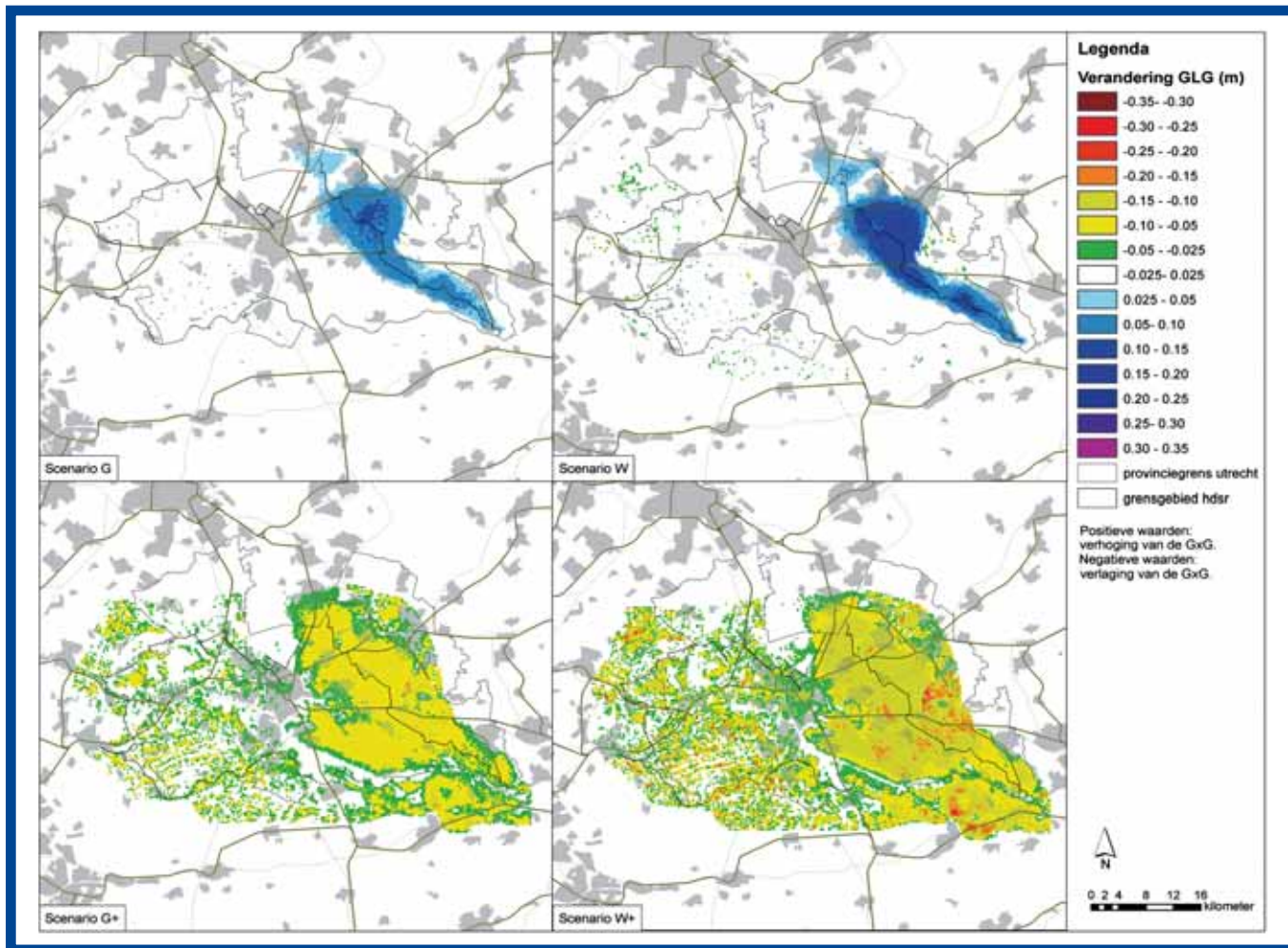
Voor het bepalen van de effecten van klimaatverandering op het grondwatersysteem is gebruik gemaakt van een niet-stationair grondwatermodel van het beheergebied van het Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden. Het is opgezet als een koppeling tussen Modflow en CapSim. Vanwege het regionale karakter van de studie is gebruik gemaakt van de versie met rekencellen van 250 bij 250 meter. Het model is ook ontwikkeld als stationair model én met rekencellen van 25 bij 25 meter.

Watertoren Overvecht



Tabel 1: Overzicht van de verschillende KNMI-scenario's voor het jaar 2050. Onder 'winter' wordt hier verstaan december, januari en februari; 'zomer' staat gelijk aan juni, juli en augustus¹⁾.

KNMI 2006-scenario	huidig	G	G+	W	W+
zomer					
gemiddelde temperatuur (°C)		+ 0,9	+ 1,4	+ 1,7	+ 2,8
gemiddelde neerslag (%)	100%	+ 2,8	- 9,5	+ 5,5	- 19,0
neerslag op een natte dag (%)	100%	+ 4,6	+ 0,1	+ 9,1	+ 0,3
potentiële verdamping (%)	100%	+ 3,4	+ 7,6	+ 6,8	+ 15,2
gemiddeld neerslagtekort (mm)	65mm	+ 3 mm	+ 42 mm	+ 7 mm	+ 80 mm
winter					
gemiddelde temperatuur (°C)		+ 0,9	+ 1,1	+ 1,8	+ 2,3
gemiddelde neerslag (%)	100%	+ 3,6	+ 7,0	+ 7,3	+ 14,2
neerslag op een natte dag (%)	100%	+ 3,6	+ 6,0	+ 7,1	+ 12,1
gemiddeld neerslagoverschot (%)	184 mm	+ 8 mm	+ 14 mm	+ 15 mm	+ 37 mm



Berekende verandering in de gemiddelde laagste grondwaterstanden voor alle vier de KNMI-scenarios.

Alle vier de KNMI-scenario's zijn met het model doorgerekend. Dit is gebeurd door de meteorologische modelinvoer (potentiële verdamping en neerslag) aan te passen en door te rekenen. Naast de vier KNMI-scenario's is ook een scenario doorgerekend dat rekening houdt met een reductie van de verdamping als gevolg van een toename van het kooldioxidegehalte in de lucht²⁾.

Met het model zijn grondwaterstanden op dagbasis berekend en de daarvan afgeleide gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG), gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Hieruit blijkt dat een traag reagerend grondwatersysteem, zoals de Utrechtse Heuvelrug, heel anders op de klimaatveranderingen reageert dan snel reagerende grondwatersystemen, zoals het veenweidegebied. En dat geldt ook voor de afgeleide effecten op landbouw en natuur, in termen van doelrealisaties, die met Waternood zijn berekend.

Veenweidegebied

In het veenweidegebied bevindt zich een intensief slotenstelsel met grondwaterstanden dicht bij maaiveld. De grondwaterstand reageert er dan ook relatief snel op veranderingen in neerslag en verdamping. Omdat de grondwaterstand in de winterperiode al vrijwel aan maaiveld staat, leidt de toename van het winterse neerslagoverschot alleen lokaal tot een verhoging van de GHG met meer dan vijf tot tien centimeter.

Een indicatieve berekening laat zien dat de hoeveelheid waterafvoer in dit systeem kan toenemen met circa 15 procent. In de zomerperiode is in alle scenario's sprake van een daling van de GLG. De subinfiltratie vanuit de watergangen is te gering om deze daling tegen te gaan. Met name midden in de percelen kan de GLG hierdoor tot 25

centimeter meer uitzakken dan met het huidige klimaat. Door de (geringe) stijging van de GHG en de daling van de GLG is sprake van een toename van de dynamiek van grondwaterstand.

Bovengenoemde veranderingen kunnen met name in de zomer leiden tot een verslechtering van de waterkwaliteit. Dit heeft

De Utrechtse Heuvelrug.



allereerst te maken met de hogere temperaturen en de lagere grondwaterstanden in de zomer. Hierdoor neemt de veenoxidatie en daarmee de uit- en afspoeling van nutriënten toe. Daarnaast is er een toename van de inlaat van (gebiedsvreemd) water nodig om de watergangen zomers op peil te houden. Voor bebouwing met houten paalfundering leiden de lagere grondwaterstanden in de zomer mogelijk lokaal tot problemen (risico op paalrot). Voor landbouw worden op regionale schaal geen veranderingen verwacht in gewasopbrengst. Voor de natuur in de veenweidegebieden wordt overwegend een afname van de natuurwaarden voorspeld.

Utrechtse Heuvelrug

De Utrechtse Heuvelrug is een traag reagerend grondwatersysteem door het voorkomen van een dikke onverzadigde zone. De grondwaterstanden worden bepaald door het neerslagoverschot van de afgelopen maanden tot jaren. Het seizoensafhankelijke beeld voor de veenweidegebieden (stijging GHG en daling GLG) wordt nabij de Utrechtse Heuvelrug dan ook niet aangehouden door uitmiddeling van de seizoensvariatie. Bij twee van de vier scenario's is sprake van een stijging van zowel de GHG als de GLG met circa 25 centimeter. Voor de flanken van de Heuvelrug resulteert dit in een toename van de natuurwaarden en een grotere kans op grondwateroverlast. Bij de andere twee scenario's is juist sprake van een daling van zowel de GHG als de GLG met 20 tot 30 centimeter. Voor deze scenario's wordt een afname van de natuurwaarden voorspeld. Voor de landbouw verandert de gewasopbrengst op regionale schaal vrijwel niet bij elk van de vier scenario's. Lokaal zijn wel grote veranderingen mogelijk.

CO₂-effect

Bij bovenstaande berekeningen is geen rekening gehouden met een verandering van de referentie-gewasverdamping bij een toename van de atmosferische concentratie

kooldioxide. Uit een onderzoek van Witte *et al.*²⁾ blijkt dat deze toename leidt tot de productie van meer biomassa. Het bladoppervlak neemt hierdoor toe en daarmee het verdampingsoppervlak (het LAI-effect). Anderzijds kunnen planten bij hogere concentraties kooldioxide makkelijker voldoen aan hun koolstofbehoefte, zodat zij hun huidmondjes minder hoeven te openen of minder huidmondjes hoeven aan te maken en hun transpiratie wordt gereduceerd: het Water Use Efficiency effect oftewel WUE-effect). Experimenteel onderzoek lijkt aan te tonen dat het WUE-effect groter is dan het LAI-effect en dat planten uiteindelijk dus minder water transpireren²⁾. Het LAI- en het WUE-effect gecombineerd vormen het CO₂-effect van klimaatverandering op de verdamping. Dit effect is niet meegenomen in de berekeningen van het KNMI. In dit onderzoek is daarom een scenario ontwikkeld die wel corrigeert voor dit effect.

Gevolgen

Het meenemen van het CO₂-effect resulteert in een afname van de potentiële verdamping. Dit resulteert in een toename van het jaarlijks potentiële neerslagoverschot en een afname van het neerslagtekort in de zomer (zie tabel 1). De GHG en de GLG laten bij het CO₂-effect gecorrigeerde scenario beiden een stijging zien in vergelijking met het KNMI-scenario zonder CO₂-effect. Deze toename is vooral zichtbaar nabij de Utrechtse Heuvelrug. De voorspelde stijging van 30 centimeter op de Utrechtse Heuvelrug in het KNMI-scenario W+ wordt met acht centimeter vergroot tot 38 centimeter, wanneer rekening wordt gehouden met het CO₂-effect. Dit betekent dat de stijging van de grondwaterstanden als gevolg van het kooldioxideproces kan oplopen tot 25 procent. Ook in het veenweidegebied en het westelijk en oostelijk rivierkleigebied resulteert het verdisconteren van het CO₂-effect in een stijging (of minder omvangrijke daling) van de GLG.

Inpassing in beleid en planvorming

Er is sprake van een vrij grote bandbreedte in uitkomsten tussen de verschillende scenario's. Zekerheid over de exacte verandering van het grondwatersysteem als gevolg van de klimaatverandering bestaat op dit moment dus nog niet. Wel kunnen we nu alvast inspelen op deze onzekerheid. Om problemen met het grondwater te voorkomen, dienen gebruiksfuncties en de grondwaterhuishouding goed op elkaar aan te sluiten: geen te hoge en te lage grondwaterstanden. Het verdient daarom aanbeveling bij nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen rekening te houden met de bandbreedte in te verwachte grondwatereffecten als gevolg van de klimaatverandering, bijvoorbeeld door in een procedure voor milieu-effectrapportage of watertoets ook de klimaatverandering te beschouwen.

Conclusies en aanbevelingen

De te verwachten effecten van klimaatverandering op het grondwatersysteem blijken sterk afhankelijk van het gekozen KNMI-klimaatscenario, de meegenomen processen (bijvoorbeeld het CO₂-effect) en de reactiesnelheid van het grondwatersysteem. De grootste effecten doen zich voor in het veenweidegebied en aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug.

In het veenweidegebied leidt de verlaging van de zomergrondwaterstand tot een toename van veenoxidatie en daarmee tot een toename van de bodemdaling. Tevens leidt de veenoxidatie tot een toename van de eutrofiëring van het oppervlaktewatersysteem. Deze verslechtering kan worden versterkt door de extra benodigde waterinlaat. Aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug neemt het risico op grondwateroverlast toe bij de twee gematigde scenario's (W en G).

Gelet op bovenstaande bevelen we aan om onderzoek uit te (blijven) voeren naar de verwachte klimaatverandering en naar de klimaatprocessen die relevant zijn voor het grondwatersysteem. Daarnaast wordt aanbevolen om bij het plannen, ontwerpen en vergunnen van ruimtelijke ontwikkelingen rekening te houden met de verwachte (bandbreedte in) veranderingen in het grondwatersysteem als gevolg van klimaatverandering. Voor specifieke situaties dienen de regionale uitkomsten, zoals hier gepresenteerd, te worden doorgerekend met een kleinschaliger model.

LITERATUUR

- 1) Van den Hurk B., A. Klein 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.
- 2) Witte J., B. Kruijt en C. Maas (2006). Effecten van CO₂-toename op verdamping. Kiwa Water Research.
- 3) Tauw (2007). Effecten van klimaatverandering op het grondwatersysteem in de provincie Utrecht. Stageonderzoek in opdracht van Tauw. Universiteit Utrecht en Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden.

Het veenweidegebied.

