



Ebbing van Tuinen, Witteveen+Bos
 Ton Drost, Waterschap Rivierenland
 Leo Joosten, ORG-ID

Verkenning zoetwatervoorziening rivierengebied

Het rivierengebied is één van de zeven regio's in Nederland waar in het kader van het Deltaprogramma Zoetwater een regionale verkenning zoet water wordt uitgevoerd. Het rivierengebied lijkt goed gepositioneerd voor aanvoer van zoet water vanwege de nabijheid van de rivieren. Met name bij het W+-klimaatsscenario komen hier in droge perioden echter diverse knelpunten naar voren.

In het kader van het Deltaprogramma wordt gewerkt aan het deelprogramma Zoetwater. Daarin bereidt het Rijk in nauwe samenwerking met zeven zoetwaterregio's de kabinetsbesluiten voor over de zoetwatervoorziening in Nederland. Zowel het Rijk als de zeven regio's voeren knelpuntenanalyses uit, die afgelopen april op elkaar zijn afgestemd. Voor het rivierengebied, als één van de zeven regio's, is een eigen knelpuntenanalyse uitgevoerd.

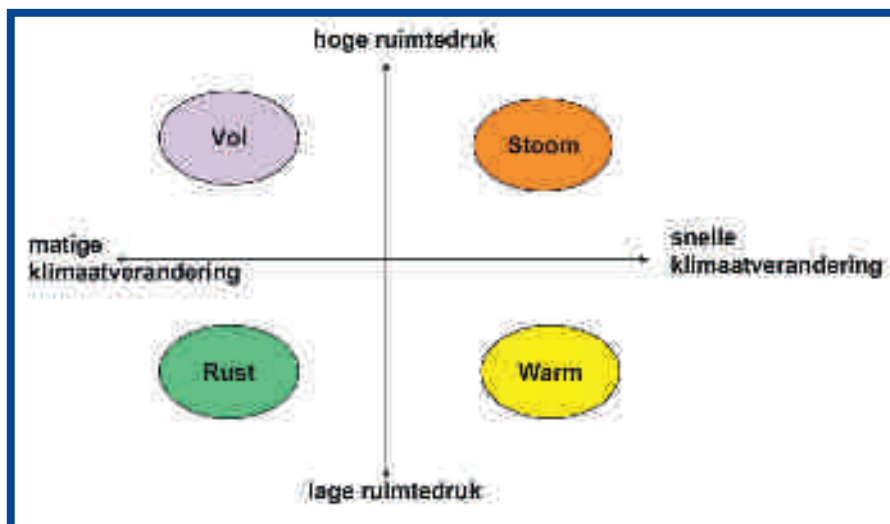
Onderzocht zijn twee belangrijke kwesties: hoe verhouden de behoefte en het aanbod van zoet water zich in de toekomst (2050) ten opzichte van de huidige situatie (2010) en welke knelpunten vloeien daar uit voort voor de watergebruikfuncties?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden is een onderzoek met het model MORIA uitgevoerd, waarin verschillende scenario's voor het rivierengebied zijn doorgerekend. Onzekerheidsmarges in de gehanteerde randvoorwaarden en uitgangspunten voor de modellen werken door in de modeluitkomsten. De uitkomsten kunnen in de praktijk binnen bepaalde bandbreedtes variëren.

Scenario's

Naast de huidige referentiesituatie zijn vier deltasenario's voor 2050 onderzocht, die bestaan uit combinaties van klimaatveranderingen en wijzigingen in ruimtedruk, die samen de bandbreedte voor de toekomstige situatie weergeven (zie afbeelding 1).

Matige klimaatverandering staat voor het G-scenario van het KNMI, **snelle klimaatverandering** voor het W+-scenario. **Hoge ruimtedruk** staat voor het *Global Economy*-scenario (GE) van het Planbureau voor de Leefomgeving, **lage ruimtedruk** voor het



Afb. 1: De deltasenario's.

Regional Communities-scenario (RC). De combinatie resulteert in de vier weergegeven scenario's: Rust, Vol, Warm en Stoom.

Per scenario zijn steeds drie kenmerkende droogtejaren doorgerekend, die door het Rijk zijn geselecteerd. Uit de studie volgt dat de frequentie van het voorkomen van deze droogtejaren in verschillende klimaatscenario's verschuift. Bij matige klimaatverandering (G) is deze verschuiving beperkt. Bij snelle klimaatverandering (W+) treedt een verschuiving op (zie de tabel op pagina 45).

Uit het modelonderzoek volgt dat voor het rivierengebied het W+-klimaatsscenario veruit de grootste gevolgen heeft voor de toekomstige zoetwatervoorziening. In dit scenario worden de zomers namelijk veel droger (minder neerslag én meer verdamping) en dalen de rivierwaterstanden

in grote delen van het rivierengebied in de zomer één tot enkele meters door lagere afvoeren van Rijn en Maas. Hierdoor zakken ook de binnendijkse grondwaterstanden verder weg.

De gevolgen van het klimaatsscenario G verschillen slechts beperkt van het huidige klimaat. Ook de gevolgen van veranderingen in het ruimtegebruik volgens de scenario's *Global Economy* en *Regional Communities* leiden op het niveau van het rivierengebied maar beperkt tot veranderingen in de zoetwaterbehoefte. Ruimtelijke ontwikkelingen kunnen lokaal wel tot grote veranderingen in de zoetwaterbehoefte leiden.

De deltasenario's Stoom en Warm (waarin het W+-klimaatsscenario is opgenomen) hebben de grootste gevolgen voor de toekomstige zoetwatervoorziening van het

type droogtejaar	frequentie bij huidig klimaat	frequentie bij klimaatscenario W+ in 2050
een gemiddeld droog jaar	eens per twee jaar	vaker dan eens per twee jaar
een gematigd droog jaar	eens per tien jaar	eens per twee jaar
een extreem droog jaar	eens per circa 100 jaar	eens per tien jaar

Tabel 1. Verschuiving frequenties droogtejaren.

rivierengebied. De onderlinge verschillen tussen 'Stoom' en 'Warm' zijn klein. 'Stoom' leidt tot een net iets grotere watervraag en is daarom gebruikt om de knelpunten in beeld te brengen.

Drie typen knelpunten bij toenemende droogte

De berekende knelpunten zijn onder te verdelen in drie hoofdelementen.

Toenemende watertekorten oppervlaktewatersysteem

De directe watervraag vanuit het oppervlaktewatersysteem neemt in droge perioden toe, door de toename van wegzijging uit de watergangen, berekening en openwaterverdamping. In de droogste decade in een extreem droog jaar, waarbij de bodemvochttekorten fors toenemen, stijgt deze watervraag van 27,6 kubieke meter per seconde in de huidige situatie naar 29,5 kubieke meter per seconde in het scenario Stoom. De toenemende watervraag leidt in combinatie met een lagere inlaatcapaciteit door lagere rivierwaterstanden tot een toename van watertekorten. In het scenario Stoom neemt het maximale watertekort in de droogste decade toe tot 7,3 kubieke meter per seconde. Voor deze decade betekent dat een tekort van 6,3 miljoen kubieke meter water.

Uit de door het Rijk uitgevoerde scenarioberekeningen voor de rivierwaterstanden volgt dat bij het W+ klimaatscenario de rivierwaterstanden reeds in gemiddelde droogtejaren wegzakken in zowel ongestuwde als gestuwde panden van de Rijn en de Maas.

In extreme droogtejaren zakken de rivierstanden nog verder uit. Dit wegzakken heeft tot gevolg dat zeven van de 26 hoofd-inlaatpunten voor het regionale oppervlaktewatersysteem van het rivierengebied dan geheel of gedeeltelijk droogvallen gedurende het grootste deel van de zomer. In de achterliggende watervoorzieningsgebieden kan dan geheel of gedeeltelijk geen water meer worden ingelaten, waardoor ernstige knelpunten kunnen ontstaan voor de watergebruikfuncties in deze gebieden. Deze gevolgen doen zich voor in de stroomgebieden Land van Maas en Waal, Betuwe, Linge en Alm en Biesbosch (zie afbeelding 2).

Toenemende vochttekorten in de bodem

In het groeiseizoen (april tot oktober) nemen de vochttekorten in de wortelzone van de bodem sterk toe. In gemiddelde en matig droge jaren treedt ongeveer een verdubbeling van het vochttekort op. In afbeelding 3 is de toename van het vochttekort weergegeven in een matig droog jaar, dat bij 'Stoom' eens per twee jaar voorkomt. Een toename van het vochttekort leidt tot een lagere opbrengst van landbouwgewassen in kg/hectare.

De toenemende vochttekorten in de bodem zullen ook leiden tot een grotere beregeningsbehoefte en daardoor tot een grotere watervraag vanuit het oppervlaktewatersysteem. Daarom is in de verkenning een aanvullend scenario doorgerekend, waarin de huidige vochttekorten worden gehandhaafd. Hiervoor bleek het nodig in het model op alle landbouwgronden berekening mogelijk te maken, zodat

gedurende het gehele groeiseizoen overal kan worden berekend. Uit de berekening volgt dat de maximale watervraag vanuit het oppervlaktewater dan toeneemt van 29,5 naar 45 kubieke meter per seconde.

Wegzakken grondwaterstanden

Door de lagere rivierwaterstanden en het grotere verdampingsoverschot zakken de grondwaterstanden in droge zomers verder weg dan in de huidige situatie (zie afbeelding 4).

De dalingen zijn het sterkst in het oostelijk deel van het rivierengebied en met name aan weerszijden van de Waal. Omdat de Waal niet gestuwd is, zakken de rivierwaterstanden hier verder weg, wat doorwerkt in de binnendijkse grondwaterstanden. Een risico daarbij vormen extra zettingen van slappe bodems, zoals de veengronden in het westen van het rivierengebied, maar mogelijk ook diepere kleilagen in het overige deel van het rivierengebied, die nog niet eerder boven de grondwaterstand zijn uitgekomen. Dergelijke zettingen kunnen leiden tot dalingen van maaiveld, dijken en kaden en tot schade aan gebouwen.

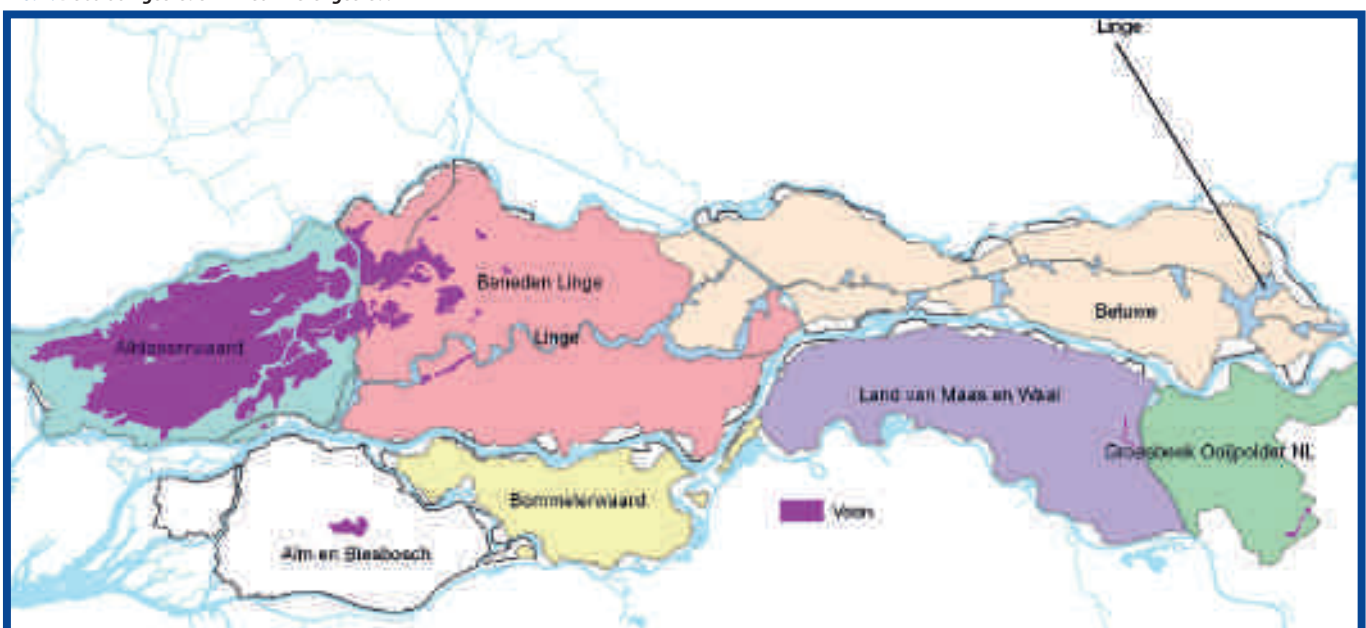
Gevolgen voor functies

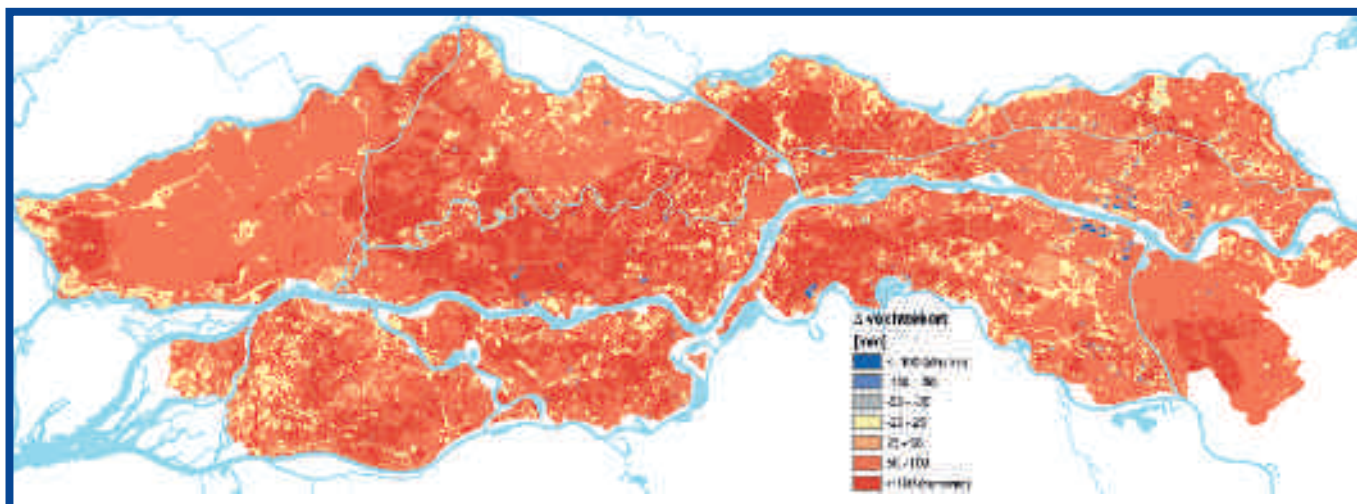
Voor alle scenario's is per type droogtejaar en per watergebruikfunctie de watervraag in de maatgevende droogste decade berekend. Hierna worden de belangrijkste gevolgen beschreven.

Stabiliteit waterkeringen

De stabiliteit van veenkaden in het westelijk deel van het rivierengebied wordt negatief

Afb. 2: De stroomgebieden in het rivierengebied.





Afb. 3: Toename cumulatieve vochttekorten in de bodem in een matig droog jaar (1989) in scenario Stoom.

beïnvloed door het toenemende vochttekort en het uitzakken van de grondwaterstanden. Dit kan leiden tot ernstige risico's. Lokaal kunnen langs de Waal en de Maas de grondwaterstanden tot 75 cm uitzakken. Dit kan leiden tot krimp en zettingen, wat weer een mogelijk risico vormt voor de hoogte en stabiliteit van rivierdijken.

Klink en zetting van veen

Het voorkomen van klink en zetting van veen heeft een hoge prioriteit in de landelijke verdringingsreeks bij waterschaarste. De drie hoofdelementen van de watervraag hebben alle gevolgen voor deze functie en vergroten de kans op oxidatie van veenbodems. De in het gebied aanwezige bodemdaling zal hierdoor versterkt doorzettingen als geen maatregelen worden genomen.

Bluswater Betuwelijn

De watergangen langs de Betuwelijn dienen te allen tijde op peil te worden gehouden, zodat in geval van een calamiteit voldoende bluswater beschikbaar is. Uit analyse van de minimale rivierwaterstanden volgt dat zich in een extreem droog jaar watertekorten kunnen voordoen en onvoldoende bluswater kan worden aangevoerd.

Scheepvaart

Scheepvaart kan op de meeste vaarwegen blijven plaatsvinden. Het enige

aandachtspunt vormt de rivier de Korne, omdat de waterinlaat in het geding komt als de waterstand van het Amsterdam-Rijnkanaal uitzakt. Daarnaast vormen voor het Merwedekanaal de toenemende schutverliezen via de sluizen te Gorinchem en Vianen een aandachtspunt.

Landbouw

De grootste gevolgen voor de landbouw komen voort uit de toename van de vochttekorten in de wortelzone bij de scenario's Stoom en Warm. Die vochttekorten leiden tot opbrengstderving. Bij een tekort aan beregeningswater vanuit oppervlaktewater nemen de vochttekorten verder toe. Overigens leidt opbrengstderving niet automatisch tot een lager saldo in euro's per hectare. Dat is namelijk ook afhankelijk van vraag en aanbod. Een goede zoetwatervoorziening kan in droge zomers een belangrijk concurrentievoordeel bieden aan de landbouwsector ten opzichte van regio's elders in Europa met een slechtere zoetwatervoorziening.

Natuur

Voor zowel TOP-lijst- als gewone natuurgebieden zullen de vochttekorten in de bodem toenemen. In hoeverre dit leidt tot schade aan de natuur, is nog onzeker en kan van gebied tot gebied verschillen. Dit dient nader te worden onderzocht. Ten behoeve

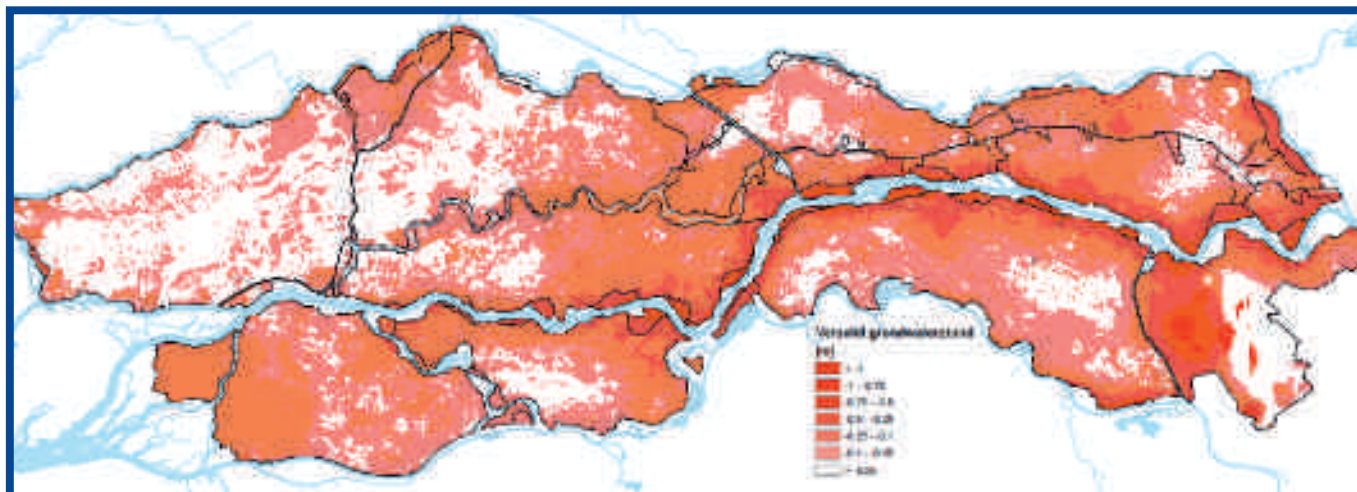
van peilhandhaving zal in de meeste TOP-lijst-gebieden extra oppervlaktewater moeten worden aangevoerd, naar het natuurgebied zelf of naar aangrenzende buffergebieden. Afhankelijk van de kwaliteit van dit aanvoerwater kan dit leiden tot een achteruitgang van de (aquatische) natuurwaarden. Ook dit aspect dient nader te worden onderzocht.

Drinkwaterwinning

In het hoofdwatersysteem bevinden zich enkele oevergrondwaterwinningen en rechtstreekse winningen van oppervlaktewater, zoals de winning van Dunea uit de afgedamde Maas. Deze winningen zijn afhankelijk van voldoende water met een voldoende waterkwaliteit vanuit de rivieren. Eventuele knelpunten op dit gebied worden door het Rijk met het NHI in beeld gebracht. Binnen de (binnendijkse) stroomgebieden in het rivierengebied bevinden zich alleen diepe grondwaterwinningen, die in verbinding staan met het grondwatersysteem van het Veluwemassief. De relatie met het oppervlaktewatersysteem van het rivierengebied is beperkt. Kwantitatief worden voor deze winningen geen knelpunten verwacht.

Omgekeerd zijn van deze winningen hoogstens lokale effecten te verwachten op het oppervlaktewatersysteem van het rivierengebied.

Afb. 4: Daling laagste grondwaterstand in een gemiddeld droogtejaar.



Stedelijk gebied

Relevante gevolgen voor stedelijk gebied zijn mogelijke zettingen van de bodem en secundaire gevolgen daarvan voor bebouwing en infrastructuur. Daarnaast kunnen waterkwaliteitsproblemen optreden indien niet meer voldoende kan worden doorgespoeld in stedelijke kernen waar 's zomers problemen optreden als gevolg van blauwalgen, botulisme of stankoverlast.

Vergelijking met de landelijke knelpuntanalyse

De resultaten van de Regionale verkenning zoetwater Rivierengebied zijn vergeleken met de landelijke verkenning met het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium. In de regionale verkenning is met een hoger detailniveau gerekend dan in het nationaal instrumentarium. Uit de vergelijking volgt dat voor de watervragen door toenemende vochttekorten in de wortelzone en verder wegzakken van grondwaterstanden beide modellen vergelijkbare uitkomsten opleveren. Verschillen doen zich vooral voor in de berekende watervraag en -tekorten vanuit het oppervlaktewatersysteem. In de regionale verkenning is daarbij meer in detail op het rivierengebied ingezoomd. Met name het inlaten van water en de watervraag

voor doorspoelen zijn daarbij beter in beeld gebracht.

Verder onderzoek

Naar aanleiding van het onderzoek wordt aanbevolen de volgende onderwerpen en leemten in kennis nader te onderzoeken:

- Wat betekent het verder uitzakken van de laagste grondwaterstanden in zeer droge zomers voor extra zettingen van slappe bodems, zoals de veengronden in het westen van het rivierengebied, maar mogelijk ook kleigronden in het oostelijke deel van het rivierengebied, die nog nooit boven de grondwaterstand zijn uitgekomen?
- In hoeverre nemen de capaciteiten van de inlaatgemalen af bij lagere rivierwaterstanden, in verband met de grotere opvoerhoogte?
- Wat is het effect van klimaatontwikkeling en ontwikkelingen in het ruimte- en watergebruik op de toekomstige waterkwaliteit in droge zomers en in het verlengde daarvan op de doorspoelbehoefte?

Conclusies

Uit de regionale verkenning volgt dat met name bij het KNMI-klimaatscenario W+ de frequenties van voorkomen van zeer droge situaties in combinatie met lage rivierwaterstanden toenemen. Voor het rivierengebied

leidt dit tot een toename van drie typen knelpunten:

- Toename van watertekorten in het oppervlaktewatersysteem, met diverse negatieve consequenties voor de watergebruikfuncties;
- Toename van vochttekorten in de wortelzone, waardoor opbrengstderving in de landbouw toeneemt. Bij handhaving van de vochttekorten in de bodem op het huidige niveau bedraagt de maximale watervraag vanuit het oppervlaktewater 45 kubieke meter per seconde;
- Daling van de laagste grondwaterstanden, waardoor risico's op zettingen van dijken en overige infrastructuur ontstaan.

2014

In het Deltaprogramma Zoetwater wordt nog tot en met 2013 zowel landelijk als in het rivierengebied nader onderzocht hoe met de knelpunten om kan worden gegaan. Daarbij worden verschillende strategieën uitgewerkt. De landelijke voorkeursstrategie voor de zoetwatervoorziening wordt in 2014 in het Deltaprogramma opgenomen.

LITERATUUR

Witteveen+Bos (2011). Regionale verkenning zoetwater Rivierengebied. Knelpuntenanalyse. Rapport TL222-1/kolm/011.