

## Vorraadvorming van water in de Stippelberg (Noord-Brabant)

*Arnaut van Loon (KWR), Rimbaud Lapperre (waterschap Aa en Maas, Landslide), Jon Mensink (Avallo Advies), Marcel Paalman (KWR)*

**Met een infiltratieproef en modelsimulaties is onderzocht of voorraadvorming van water in natuurgebied de Stippelberg bij kan dragen aan een duurzame watervoorziening van oostelijk Brabant. Het onderzoek is een vervolg op een veldproef met wateraanvoer naar de Bakelse Plassen. De resultaten geven aan dat de Stippelberg water langer vast kan houden dan de Bakelse Plassen dat kunnen. Echter, ook nu beperkt de snelheid waarmee het water naar de omgeving wegzakt de effectiviteit van deze maatregel. Het natuurgebied kan alleen een zinvolle bijdrage aan de watervoorziening van de omgeving leveren indien regionale conserveringsmaatregelen worden getroffen.**

Het verhogen van de regionale zelfvoorziening van watergebruikers is een belangrijk onderdeel van de zoetwaterstrategie voor de hoge zandgronden [1]. Dit houdt in dat lokale waterbronnen, zoals hemelwater en afvalwater, optimaal benut worden, zodat watergebrek wordt voorkomen. Probleem is echter, dat de vraag naar water vaak hoog is juist als het wateraanbod laag is. Om de regio zelfvoorzienend te maken is dus een overbrugging nodig van het faseverschil tussen een hoog wateraanbod en een hoge watervraag. Een oplossing is wateropslag, ofwel voorraadvorming van water. Waterschap Aa en Maas verricht al sinds 2010 onderzoek naar de mogelijkheden voor wateropslag in de Stippelberg, een bosgebied in het oosten van Brabant.

In een eerdere uitgave van H<sub>2</sub>O werd eerder al beschreven dat de Bakelse Plassen weinig geschikt zijn voor voorraadvorming van water op de hoge zandgronden van oost-Brabant [2]. De oorzaken:

- 1) te grote lekverliezen naar de omgeving,
- 2) kans op natschade aan omliggende landbouwpercelen en
- 3) kans op verslechtering van de waterkwaliteit van de Bakelse Plassen.

Lapperre et al. [2] opperden daarom om het zoekgebied voor voorraadvorming uit te breiden naar de Stippelberg als geheel. De Stippelberg werd vanwege zijn grote omvang van 1.800 ha en de aanwezigheid van isolerende geologische breuken als een kansrijke locatie voor voorraadvorming gezien. Door deze eigenschappen is het wellicht mogelijk om wel een groter volume water tot aan het begin van de zomer vast te houden.

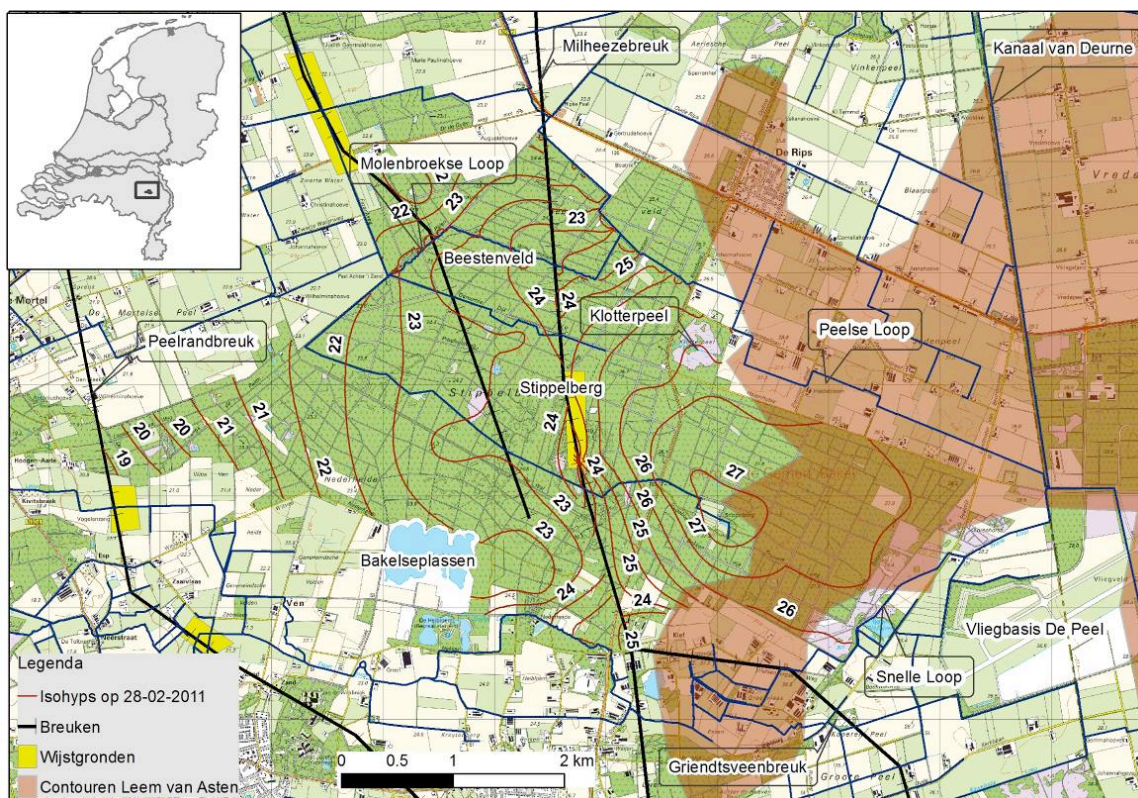
De effectiviteit van watervorraadvorming in de Stippelberg is geverifieerd met eenvoudige modelsimulaties die geënt zijn op de resultaten van een infiltratieproef. Deze infiltratieproef is in tweevoud uitgevoerd. In dit artikel worden de resultaten van deze studie gepresenteerd en vergeleken met de eerdere studie naar de effectiviteit van wateropslag in de Bakelse Plassen. Uitgangspunt van dit artikel is, dat gedurende het winterseizoen voldoende water beschikbaar

is en dat de noodzakelijke waterinfrastructuur (transportleidingen, zuivering, infiltratievoorziening) gerealiseerd kan worden.

### De Stippelberg

Natuurgebied De Stippelberg ligt in het oosten van de provincie Noord-Brabant en wordt omringd door een intensief ontwaterd agrarisch gebied. Er is één watervoerend pakket, dat bestaat uit goed waterdoorlatende, grove en grindrijke zanden. Daarboven liggen matig doorlatende dekzanden en stuifduinen met een dikte van één tot enkele meters. In de Stippelberg-regio komt een aantal geologische breuken voor, waarvan de Peelrandbreuk de bekendste is (afbeelding 1). Deze breuken zijn tot op grote diepte slecht waterdoorlatend als gevolg van versmering en de afzetting van ijzeroer. Hierdoor wordt horizontale grondwaterstroming in westelijke richting belemmerd, zodat een deel van het grondwater zijn weg omhoog zoekt en over of door de breuk wegstroomt.

Onder invloed van het neerslagoverschot ontwikkelt zich gedurende het winterseizoen een waterbult in de Stippelberg (afbeelding 1). Deze waterbult slinkt vanaf de start van het groeiseizoen onder invloed van verdamping en regionale drainage. Hierdoor zakt de grondwaterstand gedurende het zomerseizoen vrijwel overal dieper dan 1,5 m – maaiveld weg.



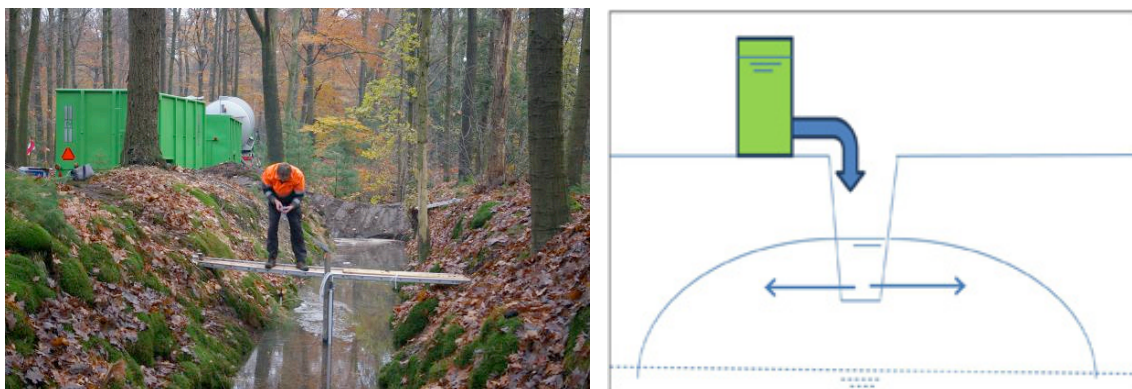
**Afbeelding 1. Topografische kaart van de Stippelbergregio en isohypsen op 28 februari 2011 (droog voorjaar)** Isohypsen zijn hoogtelijnen met een gelijke grondwaterstand. Vliegbasis de Peel en het Kanaal van Deurne zijn twee waterbronnen die in aanmerking komen voor benutting ten behoeve van voorraadvorming.

De waterbult onder de Stippelberg stroomt onder invloed van regionale drainage hoofdzakelijk in noordelijke en zuidelijke richting af. Dit is te wijten aan lage winterstanden in de flankerende lopen, de verder weg gelegen agrarische drainagemiddelen en de drainage van Vliegbasis De Peel. Vanwege de lage grondwaterstand biedt de ondergrond van de Stippelberg in potentie 2 miljoen m<sup>3</sup> ruimte voor voorraadvorming [3].

Op de flanken van de Stippelberg bestaan twee waterbronnen die mogelijk geschikt zijn om te benutten voor ondergrondse opslag. De eerste bron is het Kanaal van Deurne, ten oosten van de Stippelberg. Via dit kanaal kan gedurende het winterseizoen 4,5 miljoen m<sup>3</sup> water uit de Maas worden aangevoerd [4]. Vanwege de voedselrijkdom en de hoge zuurgraad en alkaliniteit van dit water is er voor het benutten van deze waterbron echter geen draagvlak onder terreinbeheerders. De tweede bron is het grondwater dat onder de laaggelegen vliegbasis De Peel wordt weggepompt. Op basis van het neerslagoverschot is de minimale omvang van deze waterbron op 0,3 miljoen m<sup>3</sup> geschat. Omdat dit systeemeigen water is, is er onder de terreinbeheerders voldoende draagvlak voor benutting van deze waterbron.

### Infiltratieproef

Midden op de Stippelberg liggen diepe ontwateringsgrachten, die vroeger gegraven zijn voor een betere ontwatering van het bos. Door voortschrijdende verdroging staan deze 'grachten' tegenwoordig een groot deel van het jaar droog. Een infiltratieproef is in duplo uitgevoerd om te bezien of de grachten nu ingezet kunnen worden voor het tegenovergestelde doel: infiltratie van water (afbeelding 2). Hiertoe is water aangevoerd vanuit de Bakelse Plassen. Na opslag van dit water in voorraadtanks werd het gecontroleerd in een afgedamd stuk van de gracht ingelaten, over een lengte van 28 m.



### **Afbeelding 2. Foto en schematische weergave van de infiltratieproef**

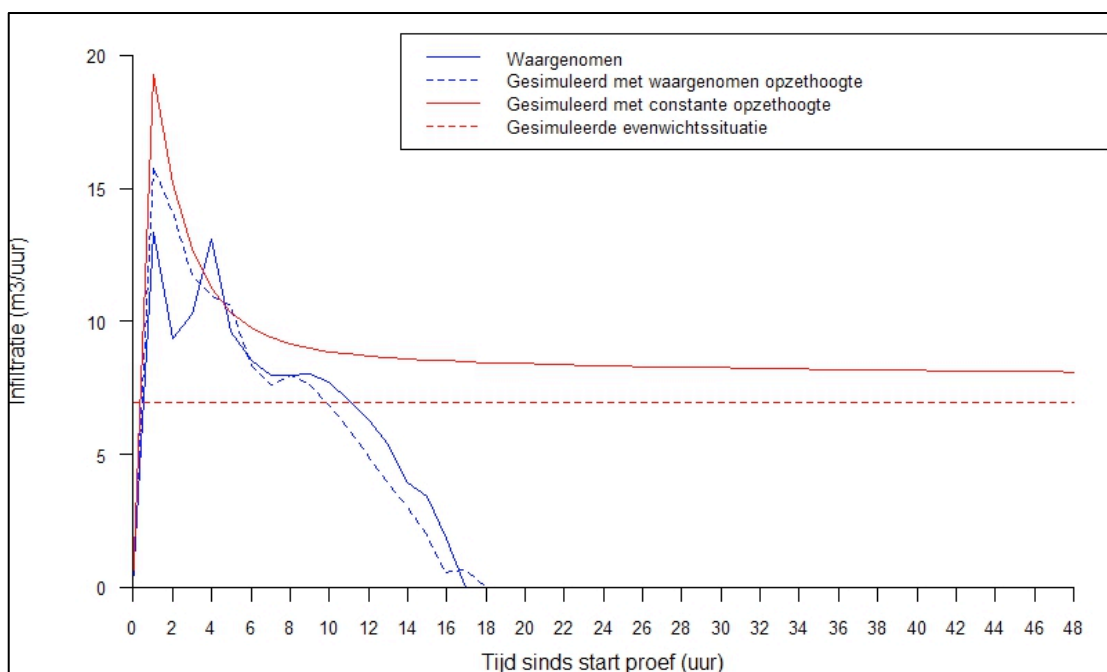
*Water uit de Bakelse Plassen is met vrachtwagens aangevoerd en opgeslagen in voorraadtanks. De voorraadtanks zijn gecontroleerd leeggelopen in een geprepareerde zaksloot. Tijdens de infiltratieproef zijn grond- en oppervlaktewaterstanden gemeten.*

De snelheid waarmee dit gebeurde, werd continue bijgestuurd zodat het waterpeil in de gracht vrijwel constant bleef. Op deze manier werd tijdens de eerste proef 118 m<sup>3</sup> water in 17 uur tijd geïnfiltrerd, en tijdens de tweede proef 232 m<sup>3</sup> water in 28 uur tijd. Tijdens de proeven

werden waterbalansen van de proefopstelling bijgehouden, zodat het infiltratiedebiet kon worden teruggerekend, en werd elke 10 minuten de grondwaterstand op 17 locaties gemeten.

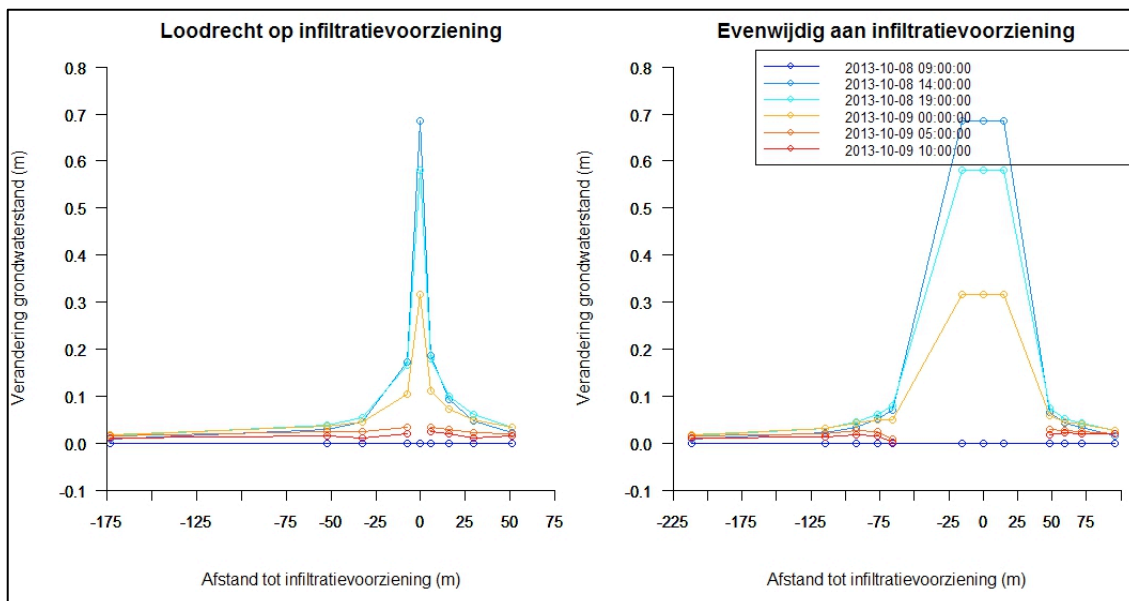
Afbeelding 3 geeft het verloop van de infiltratie tijdens de eerste proef weer. Gedurende de wateraanvoer (10 uur) varieerde het infiltratiedebiet tussen 7 en 11 m/d. Na 10 uur infiltreren raakten de voorraadtanks leeg en nam het infiltratiedebiet langzaam af. Na 17 uur was al het water in de bodem verdwenen (afbeelding 3). Uit analyse van de gegevens bleek dat het infiltratiedebiet, conform de Wet van Darcy, lineair samenhangt met het stijghoogteverval over de slootbodem ( $R^2=0,93$ ). Deze helling bedroeg 20 m/d en is te interpreteren als de infiltratiesnelheid bij een stijghoogteverval van 1 m over de slootbodem. De resultaten van de tweede proef, die twee maanden later werd uitgevoerd met een dubbele hoeveelheid water, komen hier goed mee overeen.

Als reactie op de extra grondwateraanvulling stegen de grondwaterstanden in de omgeving van de infiltratieproef. Ruimtelijk verliep de stijging van de grondwaterstand in de vorm van een omgekeerde onttrekkingskegel (afbeelding 2). Direct naast de gracht was de stijging het grootst, verder weg steeg de grondwaterstand geleidelijk minder ver. De grondwaterstanden reageerden opmerkelijk snel. Binnen 1 uur begon de grondwaterstand zelfs op een afstand van 150 m al te stijgen. Na 15 uur werd op die afstand een stijging van 2 centimeter waargenomen. Deze snelle reactie van de grondwaterstanden op de infiltratie geven al een eerste aanwijzing dat het aangevoerde water zich zeer snel ruimtelijk verspreidt en dus snel aan de omgeving wordt geleverd.



**Afbeelding 3. Waargenomen en gesimuleerde infiltratie van aangevoerd water**





**Afbeelding 4. Tijdsopnamen van de stijging van de grondwaterstand langs 2 transecten ten opzichte van de grondwaterstand bij aanvang van de infiltratieproef**

Het nulpunt op de x-as bevindt zich in het centrum van de infiltratievoorziening. De maximale stijging van de waterstand in de infiltratievoorziening bedroeg 0,7 m en is waargenomen om 14:00 uur (5 uur na het begin van de infiltratie).

### Scenarioanalyse

De infiltratieproef was van te kleine omvang om direct conclusies te kunnen trekken over de effectiviteit van een omvangrijke praktijktoepassing. Daarom is de informatie die met de proef is verzameld, gebruikt om een eenvoudig, tijdsafhankelijk grondwatermodel te parametriseren. Dit grondwatermodel is gebruikt om het effect van twee aanvoerscenario's op grondwaterstanden en de waterbalans van de Stippelberg te simuleren. Hierbij is een reële omvang van de infiltratievoorziening van 400 m aangenomen. In bijgaand kader wordt het grondwatermodel op hoofdlijnen beschreven. Voor een gedetailleerdere beschrijving wordt verwezen naar [5].

Volgens simulaties met permanente wateraanvoer neemt de infiltratiesnelheid, na aanvankelijk hoog te zijn, geleidelijk af tot 1.000 m<sup>3</sup>/d. Als gevolg van de verhoogde grondwateraanvulling neemt de grondwateraanvoorraad toe. Dit uit zich in een stijging van de grondwaterstand in de vorm van een omgekeerde onttrekkingskegel. Al na 2 weken begint de Stippelberg extra water aan zijn omgeving te leveren. Deze levering neemt alsnog toe, met als gevolg dat na 6 maanden 20-25% van het aangevoerde water al weer uit de Stippelberg is verdwenen. Na ongeveer 1 jaar ontstaat evenwicht tussen aan- en afvoer en stijgen de grondwaterstand en de wateraanvoorraad niet meer verder.

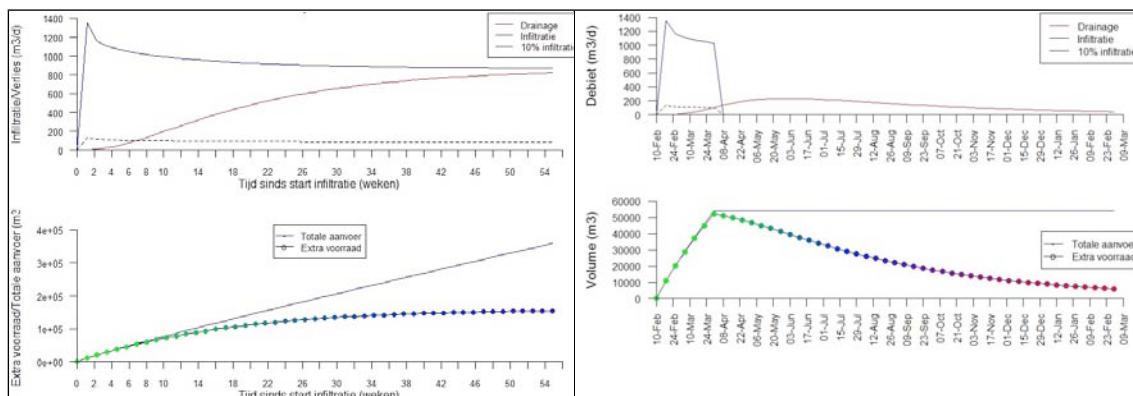
Om het rendementsverlies van aanvoer van extern water te beperken, kan het tijdsvenster van aanvoer verkleind worden. Indien een waterverlies van 10% van de infiltratiesnelheid acceptabel wordt gevonden, dan bedraagt dit tijdsvenster volgens afbeelding 5 ongeveer 7 weken.

### Beschrijving van het grondwatermodel

Het grondwatermodel is gebaseerd op de MODFLOW-code [6] en bestaat uit twee homogene lagen. Het model is aan de noordoostelijke en zuidoostelijke zijde begrensd door de flankerende lopen. Deze zijn gemodelleerd als drainerende waterlopen met een constant waterpeil. Het model is aan de westzijde begrensd door de Milheezebreuk die is geschematiseerd als een vernauwing van de watervoerende lagen [7]. De stijghoogtesprong over deze breuk is geschematiseerd als een drainerende waterloop met een waterstand die gelijk is aan de drainagebasis. De drainagebasis is vastgesteld voor grondwatermeetpunten op basis van tijdreeksanalyse en ruimtelijk geïnterpoleerd met een Kriging-interpolatie. Infiltratie via de 'gracht' is gemodelleerd als een infiltrerend oppervlaktewaterelement met een opgegeven waterstand en een infiltratieweerstand die is gebaseerd op de lineaire relatie tussen infiltratiedebiet en stijghoogteverval over de slootbodem.

Het grondwatermodel is gekalibreerd op grondwaterstanden voor gemiddelde meteorologische omstandigheden en op veranderingen van de grondwaterstand en het infiltratiedebiet tijdens de infiltratieproeven. De gekalibreerde parameters zijn het doorlaatvermogen en de bergingscoëfficiënten. Na kalibratie kon het waargenomen infiltratiedebiet zeer goed gesimuleerd worden (afbeelding 3). De zeer snelle stijging van de grondwaterstand kon niet nauwkeurig gesimuleerd worden. Waarschijnlijk komt dit doordat de invloed van de onverzadigde zone gedurende de korte duur van de proeven niet goed met een constante bergingscoëfficiënt kan worden beschreven.

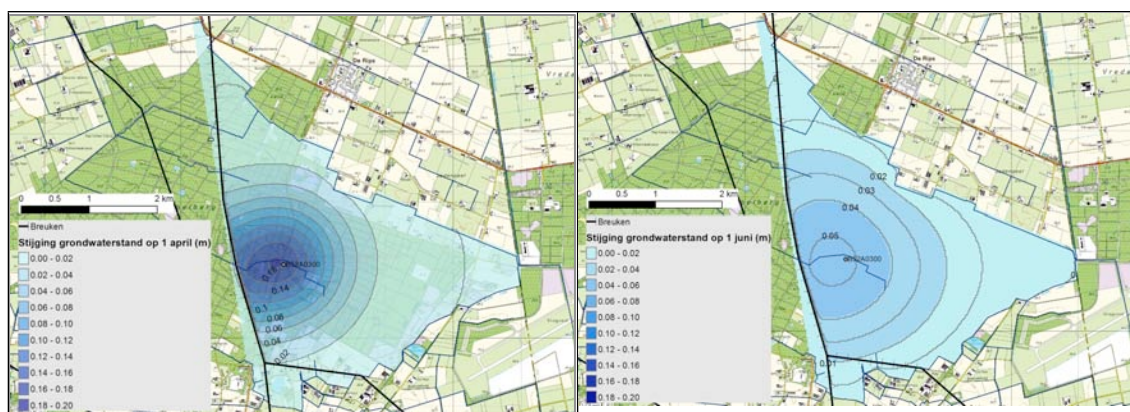
De consequentie is natuurlijk, dat de watervoorraad bij aanvang van het groeiseizoen minder ver is toegenomen. Volgens afbeelding 5 kan in dit geval ongeveer 60.000 m<sup>3</sup> water extra worden vastgehouden. Dit is ruim 1/3 deel van de 160.000 m<sup>3</sup> extra water die permanente aanvoer op kan leveren. De Stippelberg levert dit water langzaam na aan de omgeving, waarbij de levering nog tot 7 weken na het einde van de aanvoer toeneemt. Daarna neemt de levering langzaam af als gevolg van uitputting van de extra watervoorraad die met infiltratie is opgebouwd (afbeelding 5). Op deze manier bedraagt de levering ongeveer 1,2 l/s op 1 april (direct na het beëindigen van de aanvoer) en 2,5 l/s op 1 juni.



**Afbeelding 5. Gesimuleerde levering van grondwater bij permanente (links) en tijdelijke (rechts) infiltratie van aangevoerd water**

Lapperre et al. [2] beschrijven de effectiviteit van voorraadvorming in het gebied van de Stippelberg door waterconservering in de Bakelse Plassen. De auteurs baseren zich op de resultaten van een veldproef, waarbij 66.000 m<sup>3</sup> water van een laaggelegen plas naar een hooggelegen plas werd verpompt. Dit resulteerde in een stijging van de waterstand in de hooggelegen plas van 16 cm. Na 11 dagen was daar nog 50% (8 cm) van over. Dit betekende voor het meest realistische inlaatscenario (scenario 3) dat de waterbeschikbaarheid tijdens de zomerperiode met maximaal 19 dagen toe kan nemen, indien voorafgaand aan het groeiseizoen gedurende 4,5 maand water werd ingelaten. Uit nadere analyse van de resultaten blijkt dat dit overeenkomt met een waterverlies van 50% over de periode 1 april tot 1 juni. Dit artikel geeft aanwijzingen dat bij wateraanvoer naar het centrum van de Stippelberg het rendement ongeveer 65% bedraagt. Een toename van 15% ten opzichte van waterconservering in de Bakelse Plassen. Van de 60.000 m<sup>3</sup> ondergronds opgeslagen water blijft per 1 april 40.000 behouden.

Volgens de modelsimulaties vindt voorraadvorming vooral plaats in het centrum van de Stippelberg (afbeelding 6). De grondwaterstand zakt daar het langzaamst terug naar het oorspronkelijke niveau, doordat de afstand tot de drainagemiddelen daar het grootste is. Deze vorm van voorraadvorming heeft vooral invloed op de voorjaarsgrondwaterstand en slechts een beperkte invloed op de zomergrondwaterstand. Voorraadvorming door aanvoeren en infiltreren draagt daarom nauwelijks bij aan het vergroten van de droogtebestendigheid van de grondwaterafhankelijke natuurtypen in de Stippelberg (bijvoorbeeld in de Klotterpeel), aangezien de zomergrondwaterstand diep weg blijft zakken.



**Afbeelding 6. Gesimuleerde stijging van de grondwaterstand bij permanente infiltratie (links) en 3 maanden na het beëindigen van een tijdelijke infiltratiegebeurtenis (rechts)**

## Conclusie

In de Stippelbergregio is jaarrond een overvloedige hoeveelheid water beschikbaar uit de onderbemaling van de vliegbasis en aanvoer (via het Kanaal van Deurne) uit de Maas. De omvang van deze bronnen is echter klein in perioden met een hoge watervraag en groot in perioden met een lage watervraag. Tijdelijke opslag van wateroverschotten kan daarom mogelijk een bijdrage leveren aan het overbruggen van dit faseverschil tussen een hoog wateraanbod en hoge waterwatervraag in deze regio. Droge natuurgebieden zoals de Stippelberg

kunnen daar een rol in vervullen, mits het wateroverschot van voldoende kwaliteit is om natuurdoelen te ondersteunen.

Als gevolg van de lage grondwaterstand biedt de ondergrond van de Stippelberg volop ruimte voor tijdelijke opslag van wateroverschotten. Hoewel de potentiële bergingscapaciteit groot is, blijkt het rendement waarmee deze capaciteit benut kan worden voor voorraadvorming beperkt. Met de verschuiving van het zoekgebied, van de Bakelse Plassen op de flanken van de Stippelberg naar de 'infiltratiegrachten' in het centrum, stijgt de effectiviteit van 50 naar 65%. Dat is een toename van 15%. De levering van het extra water aan de omgeving vindt echter nog steeds voor een groot deel plaats in perioden met een lage watervraag. Bovendien is de levering met enkele liters per seconde klein ten opzichte van de aanvoer via het oppervlaktewatersysteem en is het lokale vernattingseffect beperkt.

Omdat infiltreren van water tijdens het winterseizoen slechts beperkt leidt tot levering van water op het juiste moment, ligt het voor de hand om maatregelen die bijdragen aan het ondergronds vasthouden van regenwater met prioriteit te nemen. Dergelijke 'conserveringsmaatregelen' bestaan bijvoorbeeld uit het beperken van de onderbemaling van de vliegbasis, het intensiveren van het bosbeheer om verdampingverliezen te beperken en het verhogen van winterpeilen en van de bodems van de waterlopen op de flanken van de Stippelberg. Bijkomend voordeel is dat de waterkwaliteit past bij natuurdoelen van de Stippelberg. Eventueel kunnen daarna maatregelen genomen worden die leiden tot extra grondwateraanvulling.

Met deze combinatie van maatregelen wordt optimaal gebruik gemaakt van het neerslagoverschot en worden de omstandigheden voor het vasthouden van aangevoerd water verbeterd. Gelet op het berekende rendement heeft ondergronds opslaan in de Stippelberg de voorkeur boven waterconservering in de Bakelse Plassen. Ondergronds opslaan kan echter niet als einddoel op zich beschouwd worden. Voorraadvorming van water in droge natuurgebieden zoals de Stippelberg vereist namelijk een breed pakket aan maatregelen, dat ontworpen is op basis van kennis over de geohydrologische interacties met de omgeving. Maatwerk en kansen benutten zijn daarbij het credo.

#### **Literatuur**

1. Deltaprogramma Zoetwater (2013). Kansrijke strategieën voor zoetwater: water voor economie en leefbaarheid, ook in de toekomst. Bestuurlijke rapportagefase 3, deel 1.
2. Lapperre, R., Kerkhoff, M. & Van Wee, L. (2011). Bakelse plassen geschikt voor waterconservering? *H<sub>2</sub>O* (25/26), p 35-38.
3. Van Loon, A.H., Jalink, M. & Paalman, M. (2013). Voorraadvorming door vernatten: De Stippelberg. *Landschap*(4): 181-189.
4. Peters, J., Stroet, R. & Paas, M. (2012). Voorraadvorming door ondergrondse waterberging. WA-LW20120285, DHV.



5. Van Loon, A.H., Paalman, M. & Jalink, M. (2014). Voorraadvorming van water door vernatten van de Stippelberg. KWR, Nieuwegein, in review.
6. McDonald, M.G., & Harbaugh, A.W. (1988). A modular three-dimensional finite-difference groundwater flow model. Techniques of water-resources investigations of the United States Geological Survey. United States Government Printing Office, Washington.
7. Van Wee, L., Bonte, M., Kerkhoff, M., & Graafsma, Y. (2006). Het nut van geohydrologische onderzoek in de Peel: Noodzaak voor watertoets en haalbaarheid integraal gebiedsplan. H2O (14/15), p. 13-16.