

# Het invloedsgebied van grondwateronttrekkingen voor droogteschade

JOS VAN DAM EN WIM DE LANGE

*Grondwateronttrekkingen kunnen droogteschade veroorzaken aan landbouwgewassen. In Nederland wordt droogteschade vastgesteld binnen het invloedsgebied van grondwateronttrekkingen. Daarvoor hanteert de AdviesCommissie Schade Grondwater (ACSG) een grondwaterstanddaling van 5 cm als grens. Gezien de ontwikkelingen in grondwatermodellen en databeschikbaarheid rees de vraag of de grens verlegd kan worden van 5 naar 2 cm. Dit artikel beschrijft de hydrologische aspecten van het vaststellen van verlagingen door grondwaterwinning. De conclusie is dat 5 cm grondwaterstanddaling nog steeds een verantwoorde grenswaarde is.*

Artikel

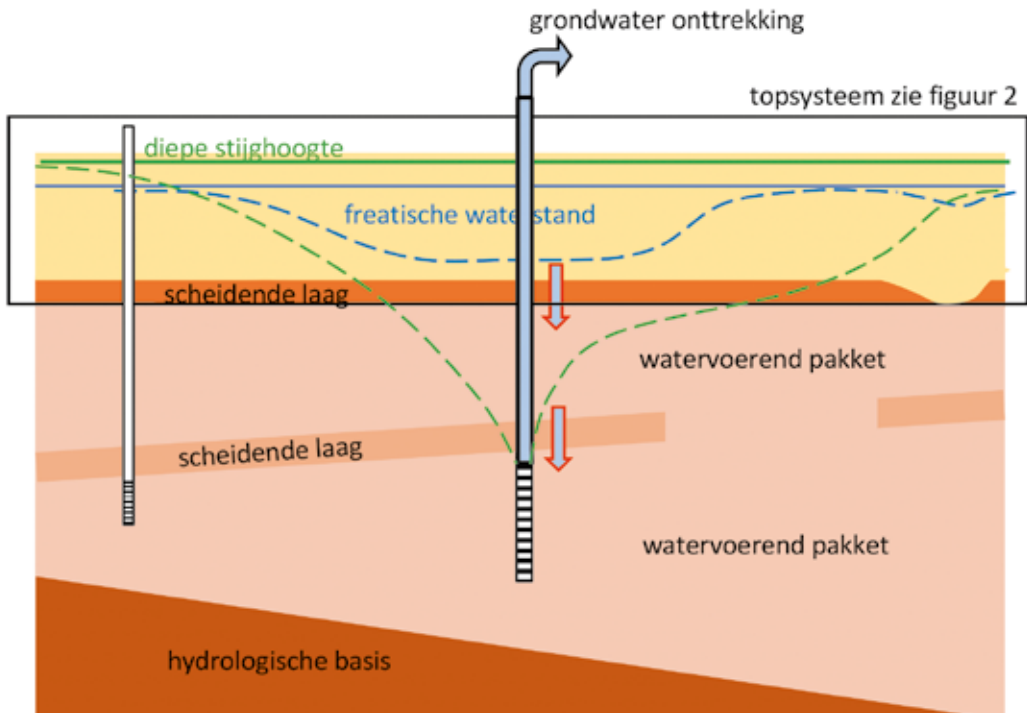
## Inleiding

Grondwater vormt in Nederland een belangrijke hulpbron voor drinkwater en industrie. Daarnaast wordt grondwater onttrokken voor beregening in de landbouw, het drooghouden van bouwputten en voor het leggen van kabels en leidingen. Grote onttrekkingen kunnen leiden tot droogteschade in de landbouw als gevolg van verminderde gewasopbrengst bij lagere grondwaterstanden. Daarom moet voor grotere onttrekkingen bij de provincie of het waterschap een vergunning worden aangevraagd. De aanvraag moet een analyse bevatten van de mogelijk negatieve omgevingseffecten als gevolg van de daling van de grondwaterstand en/of stijghoogten tot 5 cm. In de jurisprudentie over het invloedsgebied van grondwateronttrekkingen wordt deze 5 cm grens algemeen gehanteerd. Er zijn echter vragen gerezen over de wenselijkheid van deze 5 cm grens, en met name of deze grens verlegd kan worden naar 2 cm. Namens de provincies heeft het Interprovinciaal Overleg (IPO) aan de ACSG gevraagd de keuze voor het gebruik van de 5 cm grens nader te toetsen en te onderbouwen. De ACSG heeft haar analyse beschreven in het rapport 'Het invloedsgebied van grondwateronttrekkingen voor droogteschade' (ACSG, 2023). Dit artikel beschrijft de belangrijkste bevindingen uit dit rapport. Ondanks onze ruime ervaring, hebben we tijdens de samenwerking gemerkt dat niet alle basiskennis van de één ook bekend is bij de ander. Dat verwachten we ook bij de lezers van Stromingen aan te treffen. Daarom hebben we in dit artikel korte inleidingen toegevoegd over die onderwerpen. We beperken dit verhaal tot de argumentatie op basis van de hydrologie en gaan niet in op economische aspecten.

## Het effect van grondwateronttrekking op grondwaterstanden

Bij droogteschade gaat het om de daling van de freatische grondwaterstand en de gevolgen daarvan op het vochtgehalte in de bodem. De daling treedt op in

de bovenste bodemlagen, het zogeheten topsysteem (zie omkadering in afbeelding 1), waarin de interactie met het oppervlaktewater en de onverzadigde zone plaatsvindt. Grootschalige onttrekking van grondwater vindt meestal plaats in diepere lagen, in een watervoerend pakket dat onderdeel kan zijn van een geïsoleerd systeem, zie afbeelding 1. Tussen het watervoerend pakket van waaruit wordt onttrokken en het topsysteem is vaak een scheidende laag aanwezig.

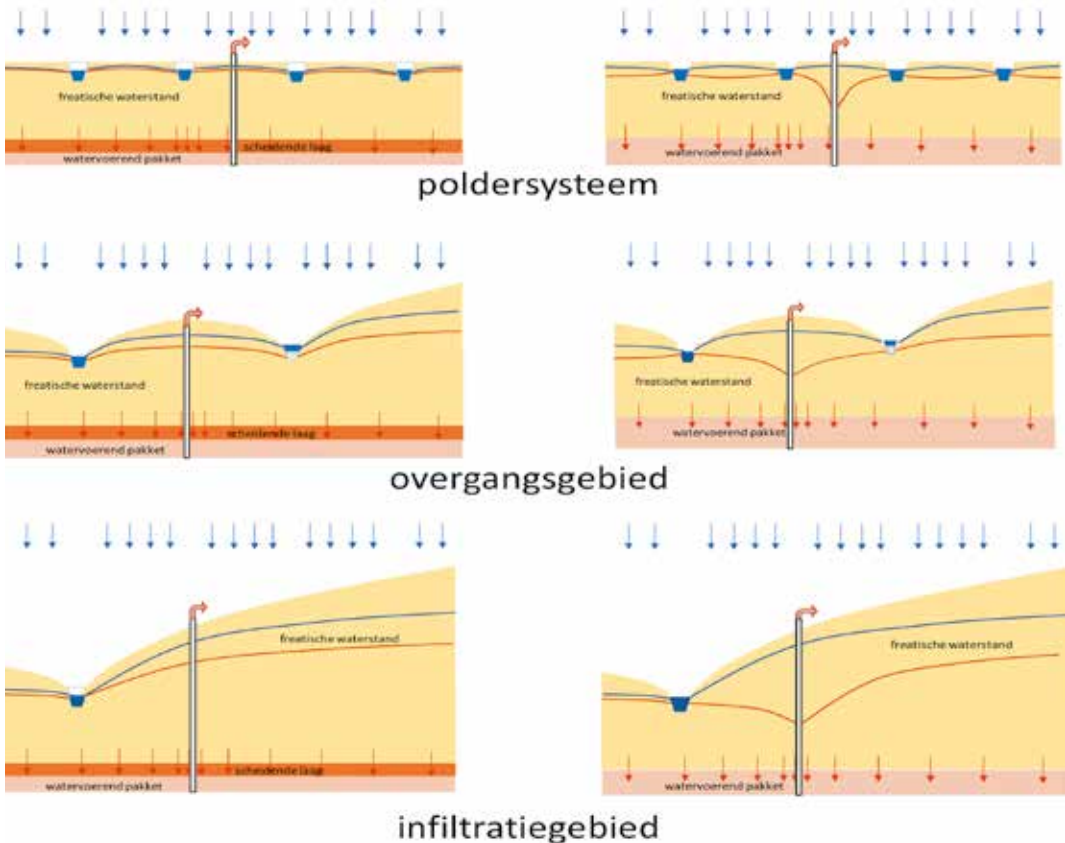


**Afbeelding 1** Typering van een diepe ondergrond met effecten van een onttrekking. De groene en blauwe horizontale lijn geven de diepe stijghoogte en freatische grondwaterstand weer vòòr de onttrekking. De groene en blauwe onderbroken lijn geven de diepe stijghoogte en freatische grondwaterstand weer na de onttrekking.

Het grondwater stroomt uit de omgeving naar de diepe onttrekking. De daling in stijghoogte onder de deklaag neemt af met de afstand tot de winning. In een ideaal geval waarin de lagen in de ondergrond continu zijn, zoals in afbeelding 1 links van de onttrekking, is de stijghoogteverlaging min of meer continu met de afstand tot de onttrekking. In veel gevallen zijn de lagen in de ondergrond niet continu en varieert de dikte en samenstelling, zie afbeelding 1 rechts van de onttrekking. Bij het lokaal ontbreken van scheidende lagen kan de verlaging in het watervoerend pakket leiden tot verlagingen op afstanden groter dan bij een ideaal geïsoleerd systeem, zie afbeelding 1 rechts van de onttrekking.

De freatische grondwaterstand wordt bepaald door de grondwaterstroming in de bovenste lagen ofwel in het topsysteem (zie afbeelding 1 omkadering). In het topsysteem wordt de verlaging door de diepe winning gedempt door de weerstand van de scheidende laag en de verdeling van de stroming (flux) naar

en van het oppervlaktewater en/of het drainagesysteem, zie afbeelding 2 en 3. De ruimtelijk variatie in de freatische grondwaterstand wordt lokaal bepaald door de aanwezigheid van waterlopen en drainagemiddelen. De freatische waterstand wordt meestal overheerst door de variatie van neerslag en verdamping. De dynamiek in de freatische waterstand wordt in meer of mindere mate gedempt doorgegeven naar de diepere lagen.



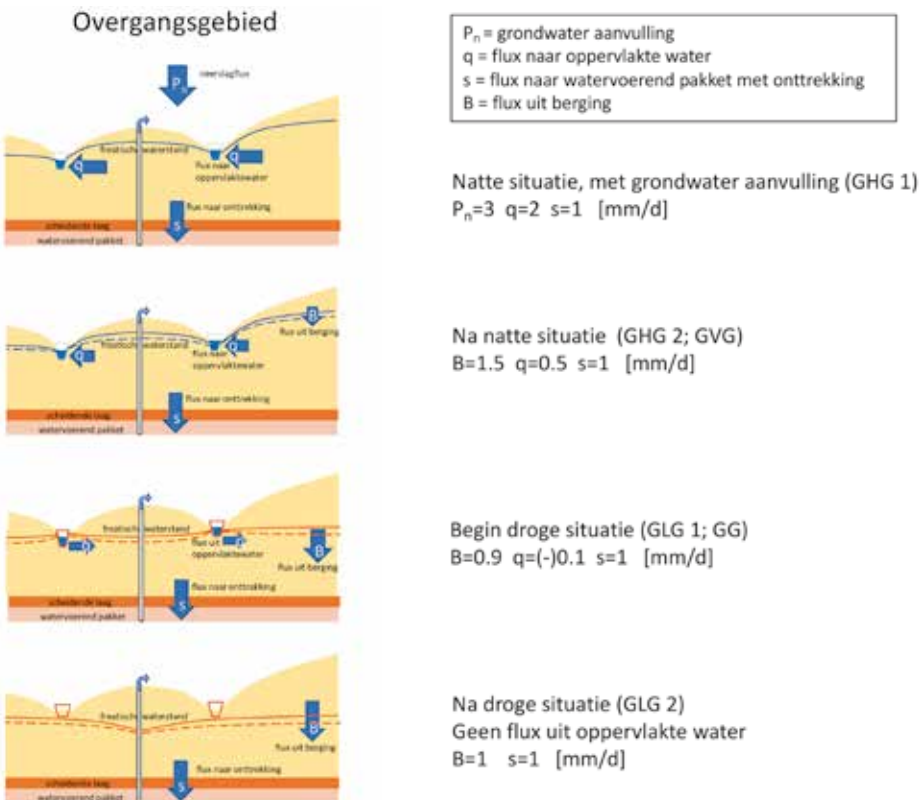
**Afbeelding 2** Schema van topsystemen (zie afbeelding 1) met wegstroming (rode pijltjes) naar onttrekking in onderliggend wervoerend pakket. Freatische grondwaterspiegel in situaties met neerslagoverschot voor drie typen topsystemen bij afwezigheid (blauwe lijn) en aanwezigheid (rode lijn) van een grondwateronttrekking en met aanwezige (links) en afwezige (rechts) scheidende laag.

Voor de droogteschade van landbouw is vooral de verandering in de freatische grondwaterstand tijdens de overgang van nat naar droog van belang, aangezien dit zich vertaalt in verandering van het vochttekort in het groeiseizoen. Afbeelding 2 geeft zes voorbeelden van verandering van de vorm van de freatische grondwaterspiegel door een grondwateronttrekking aan het eind van de natte periode.

In het topsysteem wordt de verlaging in de freatische grondwaterstand door een onttrekking gedempt door vermindering van grondwaterafvoer naar waterlopen

en drainage. Deze demping is sterker in het topsysteem dan in de watervoerende pakketten onder een scheidende laag. In veel poldersystemen (afbeelding 2, boven) zijn waterlopen permanent watervoerend en is de demping constant. In een (natuurlijk) infiltratiegebied (afbeelding 2, onder) is drainerend oppervlaktewater afwezig en is er geen demping. In zowel poldersysteem als infiltratiegebied verandert het systeem van afvoer - naar waterlopen of omlaag naar de winning - niet met de grondwaterstand. Dan is sprake een lineaire relatie tussen de grondwaterafvoer en de grondwaterstand.

In een overgangsgebied (afbeelding 2, midden) daarentegen bestaat bij hoge grondwaterstand een afvoer naar de waterlopen en drainage. Als de grondwaterstand daalt ten opzichte van het drainagesysteem neemt de grondwaterafvoer af. Dit dempt de verlaging van de grondwaterstand. Bij nog lagere grondwaterstand, dat wil zeggen onder de bodem van de waterloop, verdwijnt de grondwaterafvoer naar oppervlaktewater en wordt de demping van de verlaging nihil. Door dit droogvallen is de demping (van de grondwaterstandsverlaging) dus variabel met de grondwaterstand en daarmee niet-lineair in plaats en tijd. In afbeelding 3 is dit schematisch uitgewerkt met getalvoorbeelden



**Afbeelding 3** Verandering van grondwaterstand (van doorgetrokken naar onderbroken lijn) boven een onttrekking tussen de natte periode (bovenste twee systemen met blauwe lijnen) en het einde van de droge periode (onderste twee systemen met rode lijnen) in een overgangsgebied met droogvallende waterlopen.

Afbeelding 3 geeft de verandering weer van de grondwaterstand boven een onttrekking tussen het einde van de natte periode en het einde van de droge periode in een overgangsgebied. Het water dat door de winning wordt onttrokken, zorgt dat er minder water afstroomt naar het oppervlaktewater en dat de verdamping vermindert (afbeelding 3, boven). Zolang de afvoer van het grondwater naar het oppervlaktewater in stand blijft, wordt de verlaging in het freatisch vlak daardoor sterk gedempt (afbeelding 3, midden boven). Neemt die afvoer af (afbeelding 3, midden onder), zelfs tot nihil bij droogvallende sloten (afbeelding 3, onder), dan vermindert de demping (van de verlaging) en wordt de verlaging van de freatische grondwaterstand groter doordat water uit de berging in de bodem wordt onttrokken. Dit laatste effect laat zich vooral zien in droge perioden, dus meestal aan het einde van de zomerperiode.

De verlaging van de freatische grondwaterstand door een grondwaterwinning is daarom in natte perioden significant kleiner dan in droge perioden. Het grondwatersysteem gedraagt zich zogenaamd niet-lineair: hoe dieper de grondwaterstand, hoe groter de effecten van een onttrekking in termen van verlaging.

### **Nauwkeurigheid van grondwaterstand- en stijghoogtemetingen**

In de periode 2006-2010 is in Nederland een discussie gevoerd rond het meten en interpreteren van grondwaterstanden. Dit was aanleiding voor een uitgebreide studie door ervaren bodemkundigen, hydrologen en statistici over dit onderwerp (Ritzema e.a., 2012a, b). Er zijn 3 gangbare methoden om de freatische grondwaterstand te meten: (1) grondwaterstandsbuizen; (2) open boorgaten en (3) veldschattingen. De stijghoogte wordt gemeten met peilbuizen, aangeduid als piëzometers, in verzadigde watervoerende pakketten.

Tegenwoordig worden in toenemende mate automatische druksensoren gebruikt voor het bepalen van de waterstand in grondwaterstandsbuizen en piëzometers. Volgens leveranciers van druksensoren bedraagt de meetfout circa 5 cm. De gangbare praktijk is dat druksensoren halfjaarlijks worden uitgelezen en gecorrigeerd met handmetingen. Daarmee wordt de zogenaamde 'drift' van de sensoren gecompenseerd. Volgens onderzoek door Baggelaar en Van der Meulen (2019) neemt de standaardafwijking van de gemeten grondwaterstand af door validatie met handwaarnemingen van 3,5 naar 0,5 cm. Die nauwkeurigheid wordt in de praktijk lang niet altijd gehaald. Zo vonden Van Dooren e.a. (2018) in een uitgebreide studie een gemiddeld absoluut verschil van 13 cm tussen automatisch en handmatig gemeten grondwaterstanden.

Deskundigen zijn het erover eens dat metingen met grondwaterstandsbuizen en piëzometers nauwkeuriger zijn dan metingen met open boorgaten en veldschattingen. Toch kunnen ook bij peilbuizen aanzienlijke fouten voorkomen. Post en Von Asmuth (2013) geven een uitgebreid overzicht van de verschillende foutenbronnen bij het meten van stijghoogte. Naast fouten van het meetinstrument (diver of meetlint), kunnen fouten ontstaan bij het inmeten van de peilbuis hoogte of veranderingen daarvan, de conversie van waterdruk naar stijghoogte, door vertraging in de peilbuis of door defecten aan het filter. Ritzema e.a. (2012a) concluderen dat de verschillende foutenbronnen bij

grondwaterstandsbuizen en piëzometers leiden tot afwijkingen in de gemeten grondwaterstand die variëren van enkele centimeters tot tientallen centimeters.

Droogteschade treedt op door minder-dan-optimale beschikbaarheid van vocht voor gewasgroei, met andere woorden door het optreden van vochttekort. Voor het bepalen van de verandering van vochttekort worden geen momentane grondwaterstanden gebruikt, maar veranderingen in de gemiddelde hoogste (GHG) en laagste grondwaterstand (GLG) van een tijdreeks, kortweg GxG. Met deze twee grondwaterstanden wordt (de verandering in) het verloop van de grondwaterstand tijdens het groeiseizoen al decennialang gekarakteriseerd voor het bepalen van de droogteschade. Bij temporele aggregatie middelen de fouten in grondwaterstandsmetingen deels uit maar worden ook nieuwe foutbronnen geïntroduceerd, waardoor de fout in de GxG op buislocaties kan oplopen tot enkele decimeters en soms tot zelfs meer dan een meter. In het algemeen zijn de fouten groter op locaties waar korte tijdreeksen beschikbaar zijn (Ritzema e.a., 2012a).

## Methoden voor de berekening van de effecten van een onttrekking

Bij droogteschade voor landbouw moeten we uitspraken doen over de grootte van het gebied waarin de schade optreedt. De verandering in grondwaterstanden moet daarom ruimtelijk bepaald worden. Deze paragraaf gaat over de daarvoor beschikbare methoden en hoe die worden toegepast.

### *Tijdreeksmodellen*

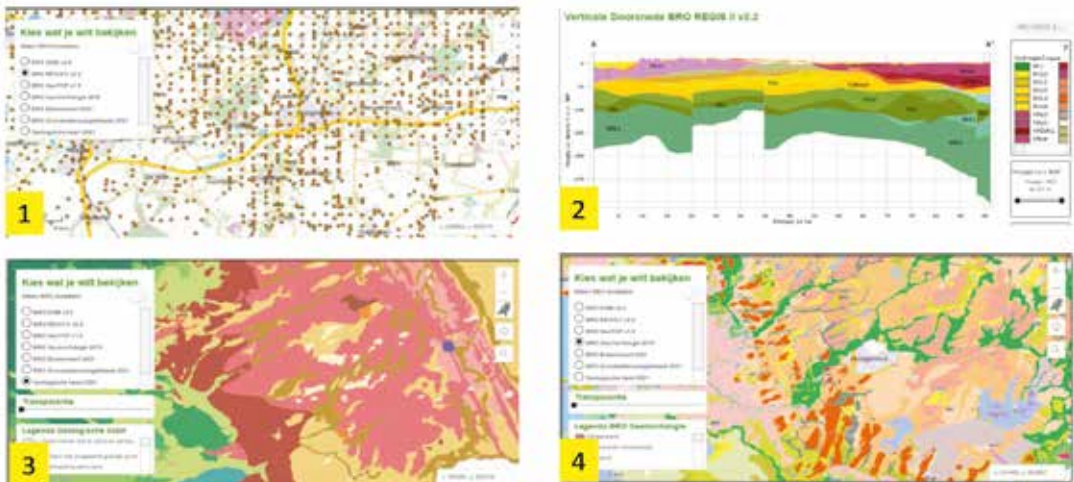
Bij hydrologische tijdreeksanalyse wordt bepaald hoe de tijdreeksen van grondwaterstanden statistisch afhangen van één of meerdere verklarende hydrologische variabelen, zoals tijdreeksen van neerslag, verdamping, oppervlaktewaterstanden en grondwateronttrekkingen. Het onderscheiden van de effecten van verschillende verklarende variabelen lukt over het algemeen beter naarmate langer en frequenter gemeten is en wanneer sprongen of fluctuaties in de reeksen niet onderling gecorreleerd zijn (Van Dooren e.a., 2018).

Tijdreeksanalyse wordt toegepast per waarnemingsfilter, dus per locatie. In Nederland worden de softwarepakketten Menyanthes (Von Asmuth e.a., 2012) en Pastas (Collenteur e.a., 2019) veel gebruikt voor tijdreeksanalyse. De opvolger van Menyanthes is Hydromonitor. Voor stijghoogten en/of freatische grondwaterstanden berekent Menyanthes het gemiddelde effect en de standaardafwijking van een grondwaterwinning maar ook van een peilverlaging of andere significante invloed (bijvoorbeeld neerslag en/of verdamping). Voor een ruimtelijke verdeling moet peilbuisanalyse worden gecombineerd met een grondwatermodel.

### *Numerieke modellen*

Numerieke grondwatermodellen geven een fysische onderbouwing van de relatie tussen de onttrekking en de verandering van de freatische waterstand in de omgeving. Hierbij wordt de niet-lineair reactie (op veranderende neerslag en onttrekking) van het freatisch vlak bij tijdelijk droogvallende waterlopen meegenomen.

De ACSG gebruikt voor de berekening van veranderingen van de freatische waterstand door winningen meestal een lokaal model dat is uitgesneden uit een regionaal model. Voor het grondwater zijn in vrijwel heel Nederland regionale modellen beschikbaar, bijvoorbeeld MIPWA (Noord-Nederland), AZURE (Centraal-Nederland) en MORIA (Rivierengebied). Deze modellen zijn gebaseerd op de kennis van de opbouw van de ondergrond van de Geologische Dienst Nederland (TNO-GDN) die (hydro-)geologische modellen aanbiedt ([www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl)) van de diepere lagen waarin de onttrekking plaatsvindt (REGIS - landsdekkend) en van de bovenste lagen waarin infiltratie, drainage, stroming van en naar waterlopen plaatsvindt (GeoTOP - alleen Laag-Nederland).



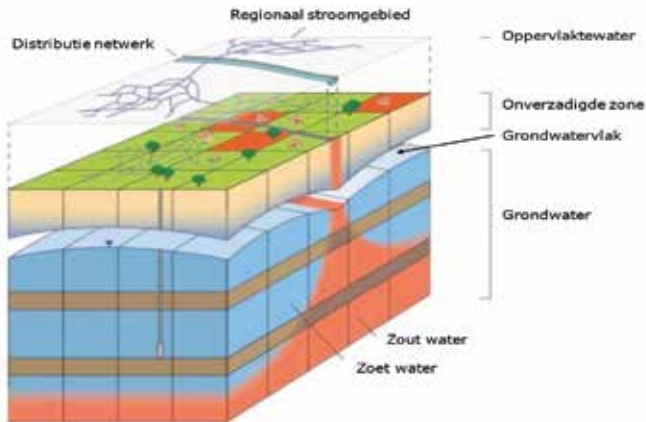
**Afbeelding 4** Info DINO, Zuid-Drenthe: boringen (1), profiel (2), lagen diep (3) en ondiep (4).

De opbouw van diepere lagen volgt uit boringen (afbeelding 4-1), waartussen wordt geïnterpoleerd (afbeelding 4-2) op basis van de geologische wordingsgeschiedenis. In het algemeen zijn diepere afzettingen grootschaliger (afbeelding 4-3) dan ondiepe, (afbeelding 4-4) en zijn mariene (zee) afzettingen meer continue dan fluviatiele (rivier) afzettingen. Glaciale (ijstijd) afzettingen zijn soms zeer heterogeen (grind nabij keileem) en met scheve structuur (Veluwezoom). Eolische (wind) afzettingen zijn zeer fijn gelaagd en meestal redelijk homogeen.

Voor heel Nederland is door GDN-TNO de laagopbouw opgesteld met behulp van geavanceerde statistische methoden en interpolatietechnieken. Daarmee kan ook iets over de onzekerheid van de continuïteit en samenstelling van lagen worden gezegd. De belangrijkste onzekerheid voor grondwatermodellering hierbij is de begrenzing van de weerstandbiedende lagen. De ondiepe ondergrond (in het topsysteem) heeft een sterke lokale variatie in weerstandbiedende lagen, die zo goed mogelijk wordt vastgesteld met relatief grote aantallen ondiepe boringen en sonderingen.

De niet-lineaire relatie tussen grondwaterstand en afvoer naar de waterlopen in overgangsgebieden is van belang voor de verandering van de lage grondwaterstand (GLG). De afvoer van het grondwater naar het oppervlaktewater wordt

bepaald door het peil en dus de aanwezigheid van water in de waterlopen. Aanwezigheid van oppervlaktewater in droge tijden is afhankelijk van regionale en landelijke waterbeschikbaarheid. Met name in de tussengebieden (zie afbeelding 2 en 3) kan het oppervlaktewater een significante invloed hebben op de veranderingen in de grondwaterstand en in de berging.



**Afbeelding 5** Impressie van het Landelijk Hydrologisch Model ([www.nhi.nu](http://www.nhi.nu)).

Het modelmatig bijhouden van de tijdsafhankelijke situatie in waterlopen vergt een waterbalansmodel van het oppervlaktewatersysteem, zoals dat gebeurt in het toonaangevende model voor integraal beleid en beheer op landelijk niveau, het LHM (De Lange e.a., 2014), zie afbeelding 5. In het LHM wordt de samenhang van het totale (Nederlandse) watersysteem meegenomen. Hoewel dat model voor landelijke toepassingen geschikt is, is het oppervlaktewaterverdelingsdeel (nog) niet operationeel op regionale schaal en (nog) niet geschikt voor gebruik door de ACSG.

## De nauwkeurigheid van berekening van grondwaterstandsaling

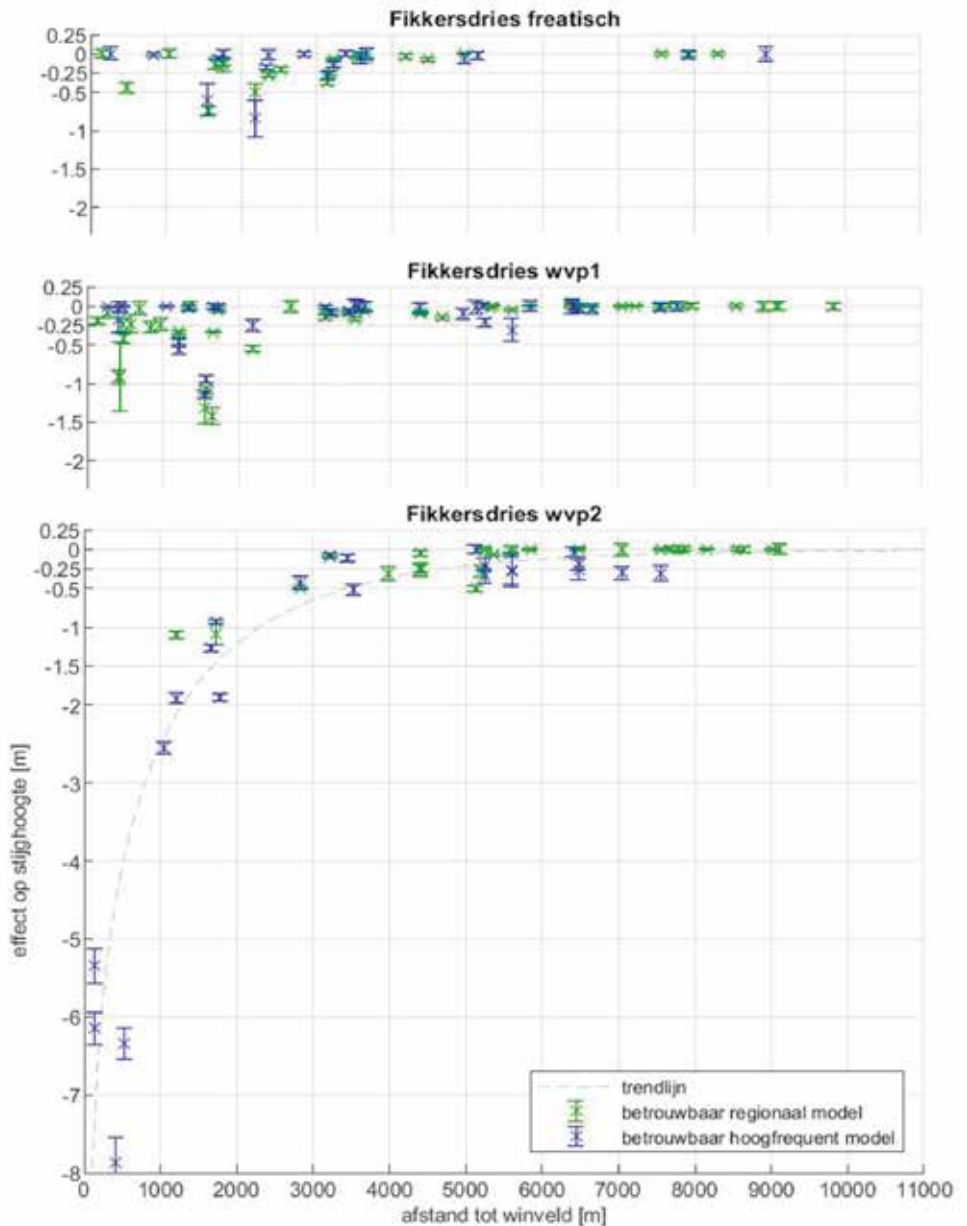
Droogteschade is sterk afhankelijk van de verandering van de grondwaterstand door de grondwateronttrekking. In de praktijk worden hiervoor twee methoden gebruikt: (i) tijdreeksanalyse en (ii) grondwatermodellering. De nauwkeurigheid van beide methoden is het onderwerp van deze paragraaf.

### *Nauwkeurigheid volgend uit tijdreeksanalyse*

Een uitgebreide studie naar de nauwkeurigheid van tijdreeksanalyse is recent uitgevoerd in de Overbetuwe met Menyanthes door het ontwikkelteam van Menyanthes (Van Dooren e.a., 2018). Het grootste winveld in de Overbetuwe is Fikkersdries, met een gemiddelde winhoeveelheid van 11,3 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Afbeelding 6 geeft het effect weer van winning Fikkersdries op de stijghoogten en grondwaterstanden gebaseerd op een groot aantal peilbuisfilters. Uit de tijdreeksanalyses blijkt dat Fikkersdries in het tweede watervoerende pakket voor een flinke verlaging zorgt van circa 7–8 meter vlak bij de winning. De 5 cm contour ligt in deze laag op circa 7–8 km afstand van de winning. Tot 2 km afstand van de winning komen relatief grote afwijkingen voor van de geschatte



effecten van Fickersdries ten opzichte van de theoretische trendlijn. Waarschijnlijk heeft dit te maken met heterogeniteit in de ondergrond. Ook kan een rol spelen dat de verlaging is uitgezet ten opzichte van het zwaartepunt van de winning. Daardoor is niet goed zichtbaar dat bepaalde peilbuizen zich op betrekkelijk korte afstand bevinden van individuele winputten uit het winveld Fickersdries (Van Dooren e.a., 2018)



**Afbeelding 6** Effect van pompstation Fickersdries op de stijghoogte in 3 watervoerende pakketten zoals geschat met tijdreeksanalyse. De symbolen geven het gemiddelde en het 95% betrouwbaarheidsinterval aan. Bron: Van Dooren e.a. (2018).

De effecten van de winning werken binnen een straal van 3,5 km sterk door naar het eerste watervoerende pakket (afbeelding 6). De effecten van Fikkersdries zijn verder gedempt in het freatisch pakket. Deze demping hangt sterk samen met de lokale ontwatering, de bodemopbouw en het specifieke landgebruik. Op meer dan 4 kilometer van de winning bedraagt het 95% betrouwbaarheidsinterval van de voorspelde grondwaterstands daling door de regionale tijdreeksmodellen circa 12 cm (afbeelding 6). De standaardafwijking is  $\frac{1}{4}$  van het 95% betrouwbaarheidsinterval en bedraagt dus 3 cm. Dit komt goed overeen met de standaardafwijking die Grontmij (2010) vond bij een gedetailleerde analyse van onttrekking door pompstation Woudeberg-Zuid. De standaardafwijking van de gesimuleerde freatische grondwaterstandverlaging door de onttrekking varieerde in die studie tussen 2,5 en 6,5 cm. Ook andere studies met Menyanthes op relatief betrouwbare peilbuisgegevens geven aan dat de laagst haalbare standaardafwijking van de voorspelde grondwaterstands daling door een onttrekking circa 3 cm bedraagt (Hauw, 2012; Leunk, 2016).

### ***Nauwkeurigheid van GXG-verandering berekend met een grondwatermodel***

Een model geeft een antwoord op een vraag. De oorzaak-gevolgrelatie beschreven in een grondwatermodel is zo goed als de gehanteerde parameters, concepten, schaal en laag- en gebiedsindeling.

In het algemeen is de nauwkeurigheid van een lokaal en gekalibreerd grondwatermodel dat is opgezet voor een specifiek doel aanzienlijk groter dan dat van een regionaal of landelijk model met algemene toepassing. Lokale modellen worden in de huidige adviespraktijk dan ook gebruikt om effecten van ingrepen te bepalen. De verlaging van de grondwaterstand door grondwateronttrekking wordt in het model per cel gepresenteerd in grondwaterstandsreeksen. Hoewel theoretisch met parameteroptimalisatie een 'perfecte' match met metingen kan worden bereikt, leidt dit niet tot het gewenste resultaat; deze fit wordt bereikt door een grote vrijheid in toegestane waarden van vele parameters, maar voor de uiteindelijke waarden ontbreekt de geohydrologische onderbouwing. Het is voorgekomen dat door een dergelijke aanpak fouten in de pre-processing van data niet zijn opgemerkt. Een goede hydrologische en geologisch onderbouwing van de gehanteerde parameters en schematisatie is een voorwaarde voor de betrouwbaarheid van een model in de praktijk en voor het gebruik door de ACSG.

De onzekerheden in een op juiste wijze gekalibreerd, lokaal model liggen over het algemeen niet op het vlak van numeriek rekenen, te weinig cellen of te grote tijdstappen. Bepalend voor de nauwkeurigheid van de berekende effecten van een winning in het model voor de verzadigde grondwaterstroming zijn:

- de continuïteit en de begrenzing van weerstandbiedende lagen
  - de opbouw van de ondiepe ondergrond en waterbodempweerstand
  - de (tijdsafhankelijke) stroming van en naar de waterlopen
  - de ruimtelijke en temporele variatie in de grondwateraanvulling
- De grondwateraanvulling komt uit het bovenliggend model voor de onverzadigde zone. In een dergelijk model komen de onzekerheden met name uit:
- de tijdsafhankelijke neerslag en verdamping

- de bodemopbouw en de bodemfysische eigenschappen
- de gewaseigenschappen (beworteling, bladoppervlakte)

Bij het gebruik van grondwaterstanden, dat wil zeggen met en zonder winning ten opzichte van maaiveld, komen de onzekerheden over het historische watersysteem en landgebruik expliciet terecht in de berekende opbrengstverandering. In de situatie met winning in overgangsgebieden (afbeelding 2) luistert het nauw hoe goed de tijdsafhankelijk berekende grondwaterstand de waarde in het veld benadert in verband met het moment in het groeiseizoen van droogvallende waterlopen.

Het gebruik van deze grondwaterstanden in Waterwijzer Landbouw (WWL) leidt mogelijk tot grotere onzekerheid dan wat zou volgen uit de verschilwaarden (met en zonder winning) in termen van GXG zoals die in TCGB-tabellen worden gebruikt. Dit leidt tot de conclusie dat het gebruik van voortschrijdende kennis en methoden, zoals bij invoering van de WWL, geen aanleiding geeft om kleinere onzekerheid te veronderstellen in de vertaling van modeluitkomsten naar landbouwschade.

*Tabel 1 Voorbeelden 5 cm effect grens in de adviespraktijk van civieltechnische werken.*

Referentie	Projectdoel	Doel van 5 cm grenswaarde
Gehrels e.a., 2005	Gekoppeld ow-gw model	Modelvergelijking
Royal Haskoning DHV, 2014	Effecten zandsuppletie	Maximaal effect
Springer en Van Dusseldorp, 2019	MER rivierverruiming	Grenswaarde effect
Roelofsen e.a., 2018	Beëindiging diepe winning	Verhoging freatisch peil
Arcadis, 2016	Bemaling in Rotterdam	Freatisch peil
Witteveen en Bos + Arcadis, 2021	MER hoogwatergeul Maas	Verdroging
Royal Haskoning DHV, 2015	Verlaging zomerbed IJssel	Verlaging

In de civieltechnische adviespraktijk, met gebruik van specifiek voor het doel gebouwde modellen, wordt als grens van het invloedsgebied in het algemeen de verschilwaarde van 5 cm gehanteerd voor de verandering van de grondwaterstand, zie tabel 1.

Kleinere verschilwaarden worden in het algemeen niet gehanteerd omdat daarin de invloed van onzekerheden in het model en van andere invloeden op de dynamische grondwaterstand te groot wordt geacht.

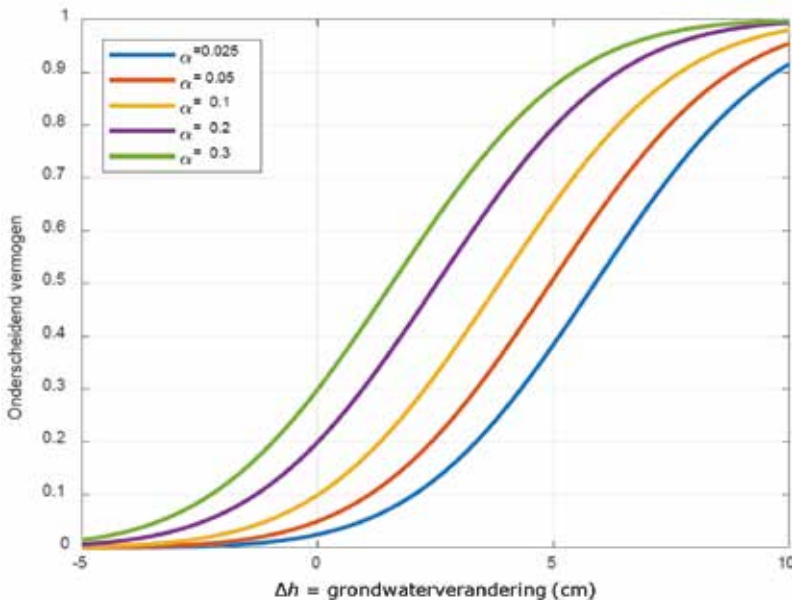
## Betrouwbaarheid en onderscheidend vermogen

In dit hoofdstuk beschrijven we wat het criterium van 2 en 5 cm grondwaterverlaging (aangeduid als  $\Delta h$ ) betekent voor betrouwbaarheid en onderscheidend vermogen in statistische zin.

In het algemeen kunnen bij het statistische toetsen van hypothesen twee fouten worden gemaakt (Knotters e.a., 2020):

- Fout 1<sup>e</sup> soort: de hoofdhypothese wordt ten onrechte verworpen (de alternatieve hypothese wordt ten onrechte geaccepteerd);
- Fout 2<sup>e</sup> soort: de hoofdhypothese wordt ten onrechte niet verworpen.

De waarde  $(1,0 \text{ min fout 1e soort}) \times 100\%$  wordt vaak aangeduid als betrouwbaarheid, en de waarde  $(1,0 \text{ min fout 2e soort}) \times 100\%$  als onderscheidend vermogen. In het geval van grondwateronttrekkingen is het voor de schadelijgende partij belangrijk dat de betrouwbaarheid van de hypothese 'De grondwaterstand is met  $x$  cm gedaald' voldoende is. Je wilt vermijden dat de schadelijder niet krijgt uitbetaald als het waar is. Voor de schadeveroorzakende partij is het onderscheidend vermogen belangrijk, want de hypothese 'De grondwaterstand is met  $x$  cm gedaald' mag niet ten onrechte aangenomen worden op locaties waar de grondwaterstand minder dan  $x$  cm is gedaald. Je wilt vermijden dat de schadebetaler moet uitbetalen als het niet waar is. Om aan zowel schadelijder als schadebetaler recht te doen, gaan we uit van een minimale betrouwbaarheid en onderscheidend vermogen van 80%.



**Afbeelding 7** Onderscheidend vermogen als functie van een plotselinge grondwaterverandering en betrouwbaarheid  $(1-\Delta)$ . De standaardafwijking van de modelfout bedraagt 3 cm. Bron: Knotters e.a. (2020).

Bij een gegeven grondwaterstandsverandering  $\Delta h$ , beïnvloeden betrouwbaarheid en onderscheidend vermogen elkaar: een hogere betrouwbaarheid leidt tot een lager onderscheidend vermogen. Afbeelding 7 laat het onderscheidend vermogen zien bij verschillende betrouwbaarheidsniveaus en verschillende veranderingen van de grondwaterstand. De afbeelding is gebaseerd op een standaardafwijking van de berekende grondwaterstandsverlaging van 3 cm (Knotters e.a., 2020). Dit is de hoogst haalbare nauwkeurigheid in de huidige praktijk.

De paarse lijn in afbeelding 7 ( $\alpha = 0.2$ ) geldt voor een betrouwbaarheid van 80%. Als we hiervoor ook een onderscheidend vermogen van 80% willen hebben, komen we uit op een grondwaterstandsverandering van  $\Delta h = 5$  cm. Voor een grondwaterstandsverandering van  $\Delta h = 2$  cm bedraagt het onderscheidend vermogen slechts 43%.

Met andere woorden, als we de grens van het invloedsgebied bij 5 cm daling leggen, zijn zowel betrouwbaarheid als onderscheidend vermogen gelijk aan 80%. Bij deze grens is de onzekerheid van 20% gelijk verdeeld over schadelij-dende en schadeveroorzakende partij.

## Conclusies

De voorgaande paragrafen beschrijven de effecten van grondwateronttrekkingen op het grondwatersysteem en de nauwkeurigheid waarmee grondwaterstands-veranderingen en GXG gemeten en gemodelleerd kunnen worden. Deze infor-matie leidt tot de volgende conclusies:

- 1 Per locatie vertonen grondwaterstandsmetingen een onnauwkeurigheid die varieert van enkele centimeters tot tientallen centimeters.
- 2 Na interpolatie in tijd en ruimte en rekening houdend met de onzekerheid in maaiveldhoogte, wordt de standaardafwijking van de GxG uit metingen ge-schat op 5 tot 30 cm.
- 3 In een grondwatermodel zijn de volgende onzekerheden belangrijk voor de nauwkeurigheid van de berekende grondwaterstanden:
  - de continuïteit en de begrenzing van weerstandbiedende lagen;
  - de opbouw van de ondiepe ondergrond en waterbodeweerstand;
  - de stroming van of naar de waterlopen (niet-lineair gedrag);
  - de ruimtelijke en temporele variatie in de grondwateraanvulling.
- 4 In de recente praktijk van grondwatermodellering van effecten van civieltech-nische ingrepen wordt 5 cm als grens voor beïnvloeding gehanteerd.
- 5 Tijdreeksanalyse van individuele grondwaterstandsbuizen laat zien dat onder bepaalde statistische aannamen bij betrouwbare meetreeksen een minimale standaardafwijking voor het voorspellen van grondwaterstandsdalingen be-reikt kan worden van 3 cm. Bij deze standaardafwijking geldt voor de 5 cm contour van grondwaterstandsdaling een betrouwbaarheid van 80% en een onderscheidend vermogen van 80%.

Op grond van deze bevindingen bestaat er voor ACSG geen aanleiding om de grens van 5 cm grondwaterspiegeldaling aan te passen als grens voor de afba-kening van het gebied waarbinnen schade wordt berekend door grondwateront-trekkingen.

## Literatuurlijst

**ACSG** (2023) Het invloedsgebied van grondwateronttrekkingen voor droogte-schade; Algemeen document, Utrecht. <https://www.bij12.nl/onderwerpen/adviescommissie-schade-grondwater/documenten/>

**Arcadis en Witteveen+Bos** (2016) Verkennende geohydrologische analyse A16; Rapport 078705889-1-definitief, Rotterdam.

**Baggelaar, P.K. en E.C.J. van der Meulen** (2019) Kenmerken meetfout bij automatisch meten grondwaterstand door Provincie Overijssel; Rapport Advies-bureau Modellering en Optimalisatie, Hengelo.

**Collenteur, R.A., M. Bakker, R. Caljé, S.A. Klop en F. Schaars** (2019) Pastas: open source software for the analysis of groundwater time series; *Groundwater*, vol 57(6), pag 877-885.

**De Lange, W.J., G.F. Prinsen, J.C. Hoogewoud, A.A. Veldhuizen, J. Verkaik, G.H.P. Oude Essink, P.E.V. van Walsum, J.R. Delsman, J.C. Hunink, H.Th.L. Massop en T. Kroon** (2014) An operational, multi-scale, multi-model system for consensus-based, integrated water management and policy analysis: The Netherlands Hydrological Instrument; <https://nhi.nu/>

**Gehrels, H., H. Hakvoort, Y. van der Velde, S. Hummel, A. Lourens, J. Snepvangers en N. Goorden** (2005) Gekoppeld Modflow-Sobek waterstromen-model toegepast op waterwinning Wierden; TNO-rapport NITG 05-087-B.

**Grontmij** (2010) Aandachtspunten bij nulmeting pompstation Woudenberg-zuid; Addendum, Houten.

**Hauw, K. van der** (2012) Evaluatie Waterproject Ruinen - een praktijktoepassing van interventieanalyse met Menyanthes; *Stromingen*, vol 18, pag 15-30.

**Knotters, M., P. Baggelaar en E. van der Meulen** (2020) Hoezo significant? Over het effect van een ingreep op de grondwaterstand; *Stromingen*, vol 26, pag 37-49.

**Leunk, I.** (2016) Analyse grondwaterstanden Onlanden; KWR rapport 2016.046, Nieuwegein.

**Post, V.E.A. en J.R. von Asmuth** (2013) Review: Hydraulic head measurements—new technologies, classic pitfalls; *Hydrogeology Journal*, vol 21, pag 737-750.

**Ritzema, H.P., G.B.M. Heuvelink, M. Heinen, P.W. Bogaart, F.J.E. van der Bolt, M.J.D. Hack-ten Broeke, T. Hoogland, M. Knotters, H.T.L. Massop, H.R.J. Vroon**, (2012a) Meten en interpreteren van grondwaterstanden. Analyse van methodieken en nauwkeurigheid; Alterra, rapport 2345, Wageningen.

**Ritzema, H.P., G.B.M. Heuvelink, M. Heinen, P.W. Bogaart, F.J.E. van der Bolt, M.J.D. Hack-ten Broeke, T. Hoogland, M. Knotters, H.T.L. Massop, H.R.J. Vroon**, (2012b) Review of the methodologies used to derive groundwater characteristics for a specific area in The Netherlands; *Geoderma Regional*, vol 14, e00182.

**Roelofsen, F., N Goorden, J. Buma, S. van Kesse, B. Goes, G. de Lange, H. van Meerten, N. van Oostrom, G. Oude Essink, F. Sperna Weiland, H. Veldkamp, T. Vergroesen, J. Verkaik en H Gehrels** (2008) Grondwater-effecten aan de oppervlakte (gebracht); Deltares-rapport 2008-U-R0960/A.

**Royal Haskoning DHV**, 2014. Effecten zandsuppleties 2012/2011 Rijkswaterstaat; definitief rapport.

**Royal Haskoning DHV**, 2015. Effecten Zomerbedverlaging Beneden IJssel op grondwater; Programmabureau Ruimte voor de Rivier.

**Springer, M., M. van Dusseldorp, A. Voorwinden en J. Rademakers** (2019, update 2020) Milieueffectrapport MeerMaas, kleiwinning als drager voor natuurontwikkeling en rivierverruiming; Natuurmonumenten en Rijkswaterstaat.

**Van Dooren, T.C.G.W., W. Engel, S. Stofberg, J. Jansen, A. van Doorn, B. van der Wal, B. Hillebrand, en M. van der Schans** (2018) Hydrologische analyse Overbetuwe en aanpassing grondwatermodel MORIA; KWR rapport 2018.082, Nieuwegein.

**Von Asmuth, J. R., K. Maas, M. Knotters, M.F.P. Bierkens, M. Bakker, T.N. Olsthoorn, D.G. Cirkel, I. Leunk, F. Schaars, en D.C. von Asmuth** (2012) Software for hydrogeologic time series analysis, interfacing data with physical insight. *Environmental Modelling and Software*, vol 38, pag 178-190.

**Witteveen en Bos + Arcadis** (2021) PP.48.002 Plan MER Baarlo\_Hout-Blerick, Hoogwater-beschermingsprogramma Noordelijke Maasvallei.

## **Summary The Area of Influence of Groundwater Extractions for Drought Damage Compensation**

*Groundwater extractions may cause drought damage to agricultural crops. In the Netherlands, drought damage is determined within the influence area of groundwater extractions. The AdviesCommissie Schade Grondwater (ACSG) uses a groundwater decline of 5 cm as boundary value of the influence area. Considering the developments of groundwater models and data, the question came up whether the boundary value could be moved from 5 to 2 cm. This article describes the hydrological aspects of determining groundwater decline due to groundwater extractions. The conclusion is that a 5 cm groundwater level decline is still a sound boundary value.*

### **Auteurs**

JOS VAN DAM

Wageningen University & Research / AdviesCommissie Schade Grondwater  
[jos.vandam@wur.nl](mailto:jos.vandam@wur.nl)

WIM DE LANGE

Deltares / AdviesCommissie Schade Grondwater  
[wim.delange@deltares.nl](mailto:wim.delange@deltares.nl)

