



Het invloedsgebied van grondwateronttrekkingen voor droogteschade

Utrecht, juni 2019

Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	2
2. Droogteschade in perspectief	4
3. Procedure voor vaststelling gewasschade	6
3.1 Foutenbronnen bij het vaststellen van het invloedsgebied	7
4. Nauwkeurigheid meten van grondwaterstanden	9
4.1 De lokale grondwaterstand	9
4.2 De gemiddelde hoogste en laagste grondwaterstand.....	10
4.3 De grondwaterstanden van gebieden	11
4.4 De hoogte van het maaiveld	11
5. Nauwkeurigheid modellering van grondwaterstands­daling door onttrekking	12
5.1 Grondwatermodellering	12
5.2 Landelijke grondwatermodellen LHM en STONE	12
5.3 Regionale grondwatermodellen	14
5.4 Tijdreeksanalyse	16
5.5 Betrouwbaarheid en onderscheidend vermogen.....	19
6. Conclusies	20
Referenties	21
Bijlage A Relevante artikelen van de Waterwet.....	23
Bijlage B Jurisprudentie invloedsgebied droogteschade.....	25

1. Inleiding

Grondwater vormt in Nederland een belangrijke bron 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 onttrekkingen groter dan 150.000 m³ per jaar een vergunning worden aangevraagd. De aanvraag moet een analyse bevatten van het effect op stijghoogten en grondwaterstanden tot een daling van 5 cm ([indieningsvereisten](#)). In de jurisprudentie over het invloedsgebied van grondwateronttrekkingen wordt deze 5 cm grens algemeen gehanteerd. In het najaar van 2018 is een discussie ontstaan over de wenselijkheid van deze 5 cm grens, en met name of deze grens verlegd dient te worden naar 2 cm. Namens de provincies heeft het Interprovinciaal Overleg aan de ACSG gevraagd de keuze voor het gebruik van de 5 cm grens nader te toetsen en te onderbouwen. Dit document is geschreven naar aanleiding van dit verzoek.

Hierna volgt een korte introductie over het effect van grondwateronttrekkingen op grondwaterstanden. In het volgende hoofdstuk zetten we droogteschade bij een grondwaterstands­daling van 2, 5 en 10 cm in het perspectief van weersinvloeden en onderzoekskosten. In hoofdstuk 3 beschrijven we beknopt de ACSG procedure voor het vaststellen van droogteschade. Vervolgens gaan we in op de vraag hoe nauwkeurig de 2 en 5 cm contour van grondwaterstands­daling vastgesteld kunnen worden. De nauwkeurigheid van grondwaterstandsmetingen vormt het onderwerp van hoofdstuk 4. Bij het analyseren van grondwaterstands­daling spelen grondwatermodellen en tijdreeksanalyse een belangrijke rol. In hoofdstuk 5 gaan we in op de vraag hoe betrouwbaar grondwatermodellen en tijdreeksanalyse grondwaterdaling door onttrekkingen kunnen berekenen. In hoofdstuk 6 sluit we af met samenvattende conclusies.

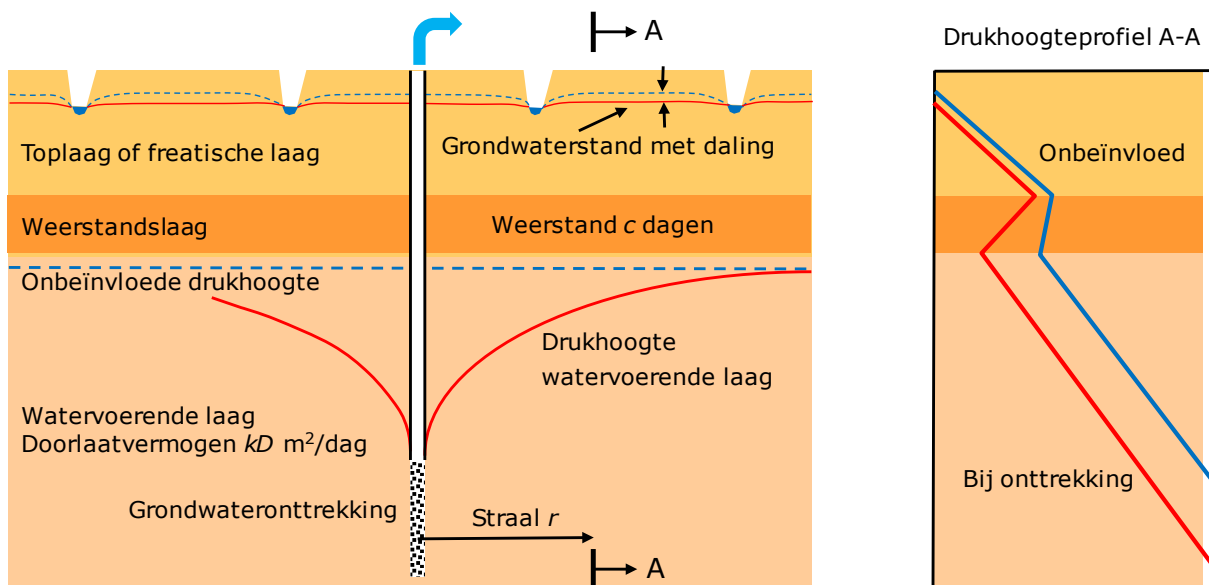
Er is waarschijnlijk geen land ter wereld waar zoveel wordt gemeten en gemodelleerd aan grondwater als in Nederland. Dit hangt onder andere samen met de ligging van ons land in een delta met grote watervoerende pakketten en ondiepe grondwaterstanden. Andere factoren die grondwateranalyse stimuleren zijn de intensieve landbouw, de hoge bevolkingsdichtheid, ons klimaat met afwisselend neerslagoverschot en neerslagtekort, en een groeiend milieubewustzijn. Van belang is hier ook het heersende Nederlandse rechtsgevoel dat droogteschade die wordt veroorzaakt door het onttrekken van grondwater voor drinkwater of de industrie moet worden vergoed. Een en ander heeft dan ook zijn neerslag gevonden in de Waterwet (Bijlage A) en jurisprudentie (Bijlage B).

Figuur 1 toont een typische onttrekkings situatie met het filter in een watervoerende laag onder een weerstandslaag. Onder invloed van de onttrekking dalen de drukhoogten in de watervoerende laag. De grootste dalingen vinden we bij de onttrekking. Op grotere afstand dempt de daling geleidelijk uit. Voor de berekening van het invloedsgebied waarin de drukhoogte is afgenomen wordt vaak gebruik gemaakt van de spreidingslengte λ (m):

$$\lambda = \sqrt{kD * c}$$

waarin kD het doorlaatvermogen van de watervoerende laag is (m^2/d) en c de hydraulische weerstand van de weerstandslaag (d). De daling van de drukhoogte is te verwaarlozen op afstanden groter dan 3 keer de spreidingslengte (Bot, 2016).

Bij droogteschade gaat het echter om de grondwaterstands daling in de toplaag of freatische laag. Deze daling wordt naast de drukhoogte daling in de watervoerende laag ook bepaald door de hydraulische weerstand van de weerstandslaag, de ontwateringssituatie van de freatische laag, de fysische eigenschappen van de bovenste bodemlagen, het gewas en het weer. Zo blijkt dat in de provincie Noord-Brabant alleen al als gevolg van verstedelijking, bebossing en toegenomen gewasverdamping de grondwaterstanden 20-30 cm gedaald zijn in de periode 1950-2010 (Witte et al., 2019). De dynamische interactie tussen al deze factoren maakt een goede analyse van grondwaterstands daling door een onttrekking al snel complex, tijdrovend en kostbaar.



Figuur 1. Het effect van een grondwateronttrekking in een diepe watervoerende laag op de drukhoogte in deze laag en de grondwaterstand in de toplaag.

2. Droogteschade in perspectief

Bij de vaststellen van het invloedsgebied van een onttrekking, zijn zowel de grootte van de droogteschade als de nauwkeurigheid waarmee zij vastgesteld kan worden van belang. In dit hoofdstuk beschrijven we de grootte van de droogteschade in verhouding tot weersinvloeden en tot de onderzoekskosten die nodig zijn om de schade vast te stellen.

In de periode 2012-2018 is door de agrohydrologische kennisinstituten in Nederland, in nauw overleg met de belanghebbende partijen, het instrumentarium Waterwijzer Landbouw ontwikkeld (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018). Dit instrumentarium berekent de droogteschade van gewassen voor allerlei combinaties van bodem, gewas, weer en grondwaterstand. De grondwaterstand wordt hierbij gekarakteriseerd door de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG).

Met Waterwijzer Landbouw is de droogteschade van gras en maïs berekend voor de drie belangrijkste bodemsoorten bij twee GHG-GLG combinaties en voor verlagingen van 10, 5 en 2 cm. Tabel 1 geeft de gemiddelde procentuele verandering van de gewasopbrengst weer voor een periode van 30 jaar. In Tabel 2 is de gemiddelde verandering van de gewasopbrengst uitgedrukt in euro's per ha per jaar. De grootste opbrengstreductie (2 %) vindt plaats bij gras op zand bij de GHG-GLG combinatie 60-120 cm en een daling van 10 cm. Bij klei met gras is de vermindering van natschade groter dan de toename van droogteschade, zodat de grondwaterstands dalingen leiden tot toename van de gewasopbrengst. Bij een grondwaterstands daling van 2 cm is de droogteschade in alle gevallen minder dan 0,4% of 10 € per ha per jaar. Bij een jaarlijkse uitkering van 10 € over 30 jaar en een gemiddeld rentepercentage van 3% bedraagt de contante waarde 196 € per ha.

Tabel 1. Opbrengstverandering (%) berekend met Waterwijzer Landbouw voor gras en maïs, drie bodemsoorten, twee combinaties GHG-GLG en grondwaterstands dalingen van 10, 5 en 2 cm.

Gewas	Gras						Maïs					
	60-120			80-150			60-120			80-150		
Daling	10	5	2	10	5	2	10	5	2	10	5	2
Zand	-2.00	-1.00	-0.40	-1.70	-0.85	-0.34	-1.80	-0.90	-0.36	-1.90	-0.95	-0.38
Zavel	1.50	0.75	0.30	-0.30	-0.15	-0.06	5.40	2.70	1.08	-0.30	-0.15	-0.06
Klei	0.40	0.20	0.08	0.10	0.05	0.02	-0.20	-0.10	-0.04	-0.10	-0.05	-0.02

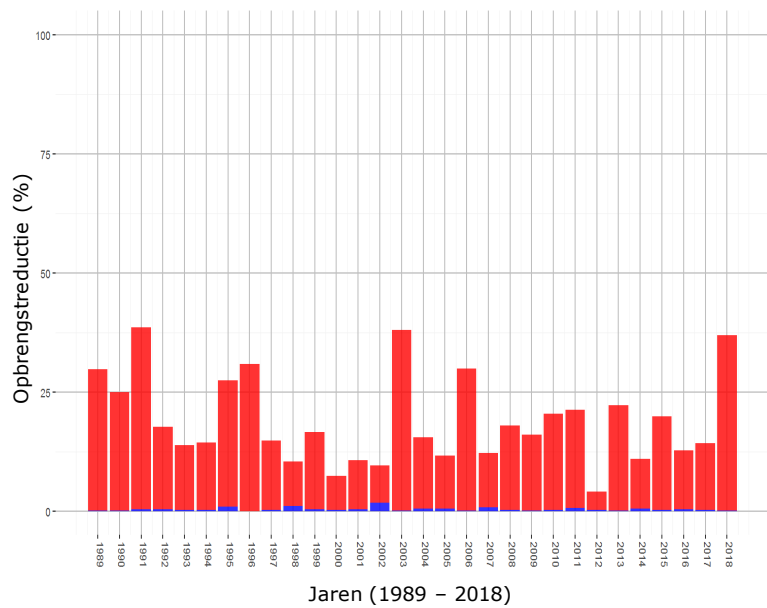
Tabel 2. Opbrengstverandering (€ /ha /jaar) berekend met Waterwijzer Landbouw voor gras en maïs, drie bodemsoorten, twee combinaties GHG-GLG en grondwaterstands dalingen van 10, 5 en 2 cm.

Gewas	Gras						Maïs					
	60-120			80-150			60-120			80-150		
Daling	10	5	2	10	5	2	10	5	2	10	5	2
Zand	-50.00	-25.00	-10.00	-42.50	-21.25	-8.50	-45.00	-22.50	-9.00	-47.50	-23.75	-9.50
Zavel	37.50	18.75	7.50	-7.50	-3.75	-1.50	135.00	67.50	27.00	-7.50	-3.75	-1.50
Klei	10.00	5.00	2.00	2.50	1.25	0.50	-5.00	-2.50	-1.00	-2.50	-1.25	-0.50

De kosten voor verzameling, analyse en rapportage van gegevens voor het vaststellen van droogteschade bedragen in 2019 circa 200 € per ha. De onderzoekskosten liggen dus in dezelfde orde van grootte als de maximale droogteschade bij 2 cm daling over een periode van 30 jaar.

Om de droogteschade door deze grondwaterstands­daling verder in perspectief te zetten, maken we een vergelijking met de droogteschade door de natuurlijke fluctuaties in het neerslagtekort tijdens het groeiseizoen. Figuur 2 geeft de opbrengst­reductie weer zoals berekend met Waterwijzer Landbouw voor een grasland op een zwak lemige zandbodem voor de jaren 1989-2018.

De droogteschade door het weer varieert van 4,1% in het natte jaar 2012 tot 36,7% in het droge jaar 2003 (Figuur 2). Het ondernemersrisico door het weer is voor deze droogtegevoelige grond dus circa 50 keer groter dan de droogteschade van 0 - 0,4% door 2 cm grondwaterstands­daling!



Figuur 2. Opbrengstreductie van grasland op een zwak lemige zandbodem berekend met Waterwijzer Landbouw voor de periode 1989-2018. Rood geeft de reductie door te droog aan, en blauw reductie door te nat. Bron: Martin Mulder, WENR, 2019.

3. Procedure voor vaststelling gewasschade

Bij het vaststellen van landbouwschade door wijziging in de grondwaterstanden neemt ACSG de volgende stappen:

1. Analyse grondwaterstandsverlaging
2. Analyse bodem en huidige grondwaterstand
3. Inventarisatie grondgebruik
4. Berekening schade
5. Advies

1. Analyse grondwaterstandsverlaging

De eerste stap is het vaststellen van de grondwaterstandsverlaging door de onttrekking voor de percelen waarvoor een verzoek om onderzoek is ingediend. Direct meten van deze verlaging is helaas niet mogelijk. Bij iedere grondwaterstandsmeting zijn er naast de invloed van de onttrekking tal van andere invloeden die de actuele hoogte van de grondwaterstand bepalen: de neerslag en verdamping in de voorgaande periode, de groei van het gewas, ontwatering naar drains en sloten, andere grondwateronttrekkingen en regionale grondwaterstroming. Daarom worden voor het vaststellen van de verlaging hydrologische modellen gebruikt. In het algemeen zijn er twee typen modellen: fysische grondwatermodellen en tijdreeksmodellen. Beide modeltypen worden gedetailleerd beschreven in hoofdstuk 5. Vaak zijn reeds gekalibreerde grondwatermodellen of tijdreeksanalyses van meetpunten in de omgeving van de percelen bekend. Als dit niet het geval is, of de kwaliteit van de grondwatermodellen en tijdreeksanalyses is onvoldoende, wordt door ACSG opdracht gegeven een grondwatermodel kalibratie of tijdreeksanalyse uit te voeren. Met deze analyses moet duidelijk worden of de grondwaterstandsverlaging bij de percelen meer of minder is dan 5 cm.

Als de verlaging minder is dan 5 cm, adviseert de ACSG de partij die het verzoek tot onderzoek heeft ingediend dat er geen reden is voor het instellen van een vordering tot vergoeding van droogteschade. Als de verlaging meer is dan 5 cm, wordt met het gekalibreerde regionale grondwatermodel voor ieder perceel de grondwaterstandsverlaging berekend. Vervolgens worden de stappen 2-5 doorlopen.

2. Analyse bodem en huidige grondwaterstand

Bij droogteschade spelen de fysische eigenschappen van de bodemlagen, met name vocht karakteristiek en doorlatendheidscurve, en de GxG, aanduiding voor Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG), een belangrijke rol. Knotters en Vroon (2015a, 2015b) hebben aangetoond dat de algemene bodemkaart 1:50.000 voor de bodemfysische eigenschappen en GxG te weinig informatie bevat. Daarom wordt vaak aanvullend bodemkundig-hydrologisch onderzoek uitgevoerd om de bodemopbouw en GxG meer gedetailleerd vast te stellen.

3. Inventarisatie grondgebruik

Voor alle percelen met een grondwaterverlaging groter dan 5 cm worden de gegevens van eigendom en landgebruik verzameld voor de periode waarin droogteschade relevant is. Daarnaast wordt per perceel de exacte oppervlakte vastgesteld.

4. Berekening schade

Tot en met heden gebruikte ACSG de TCGB tabellen (Bouwmans, 1990) om de droogteschade te berekenen in de beïnvloede en onbeïnvloede situatie. Recent is de Waterwijzer Landbouw gereedgekomen (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018). De ACSG gaat overstappen op dit instrumentarium. Waterwijzer Landbouw is ontwikkeld door de kennisinstituten in Nederland om bij veranderingen in hydrologische omstandigheden de effecten op landbouwproductie te berekenen. Het modelinstrumentarium biedt duidelijke voordelen ten opzichte van eerdere methoden, zoals TCGB, HELP (Van Bakel et al., 2005) en Agricom (Van Bakel et al., 2009). Zo is Waterwijzer Landbouw gebaseerd op de huidige proceskennis en modelleerervaring van bodemvochtstroming en gewasgroei en gebruikt zij actuele bodem-, gewas- en weergegevens. Verder zijn alle resultaten reproduceerbaar en voor iedereen toegankelijk.

Belangrijke invoer voor Waterwijzer Landbouw vormen de bodemeigenschappen, de GxG, het landgebruik en het weer. Met Waterwijzer Landbouw wordt de gemiddelde droogteschade berekend in het huidige klimaat (1980-2010) voor zowel de beïnvloede als onbeïnvloede situatie. Het verschil in droogteschade vormt de basis voor de vergoeding waar de landeigenaar recht op heeft. De vergoeding kan door de schadeveroorzakende partij jaarlijks opnieuw worden vastgesteld afhankelijk van de grootte van de grondwateronttrekking, of eenmalig worden afgekocht.

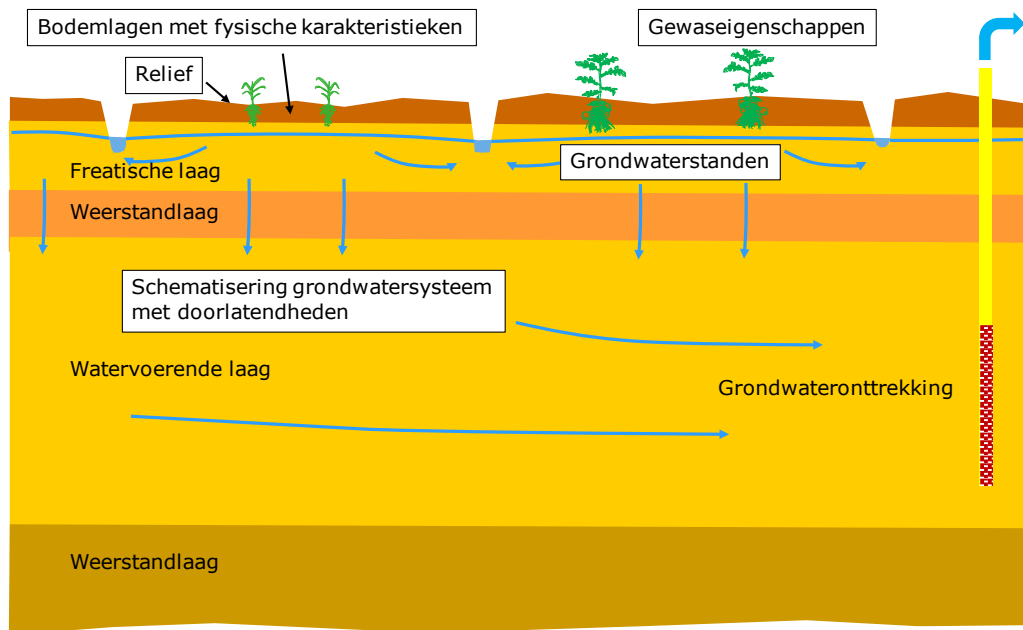
5. Advies

Op grond van voorgaande stappen wordt een ontwerpadvies opgesteld, dat wordt verstuurd naar de schadeveroorzakende partij en schadelijdende partij. De ACSG stelt beide partijen in de gelegenheid schriftelijke zienswijzen in te dienen, met de mogelijkheid de zienswijze mondeling toe te lichten op een hoorzitting. Het ontwerpadvies, en eventueel de zienswijze, hoorzitting en schriftelijke reactie van ACSG, vormen de basis van het definitieve ACSG advies. De ACSG zendt het (ontwerp)advies uitsluitend ter kennisneming aan Gedeputeerde Staten op wiens verzoek het is opgesteld.

3.1 Foutenbronnen bij het vaststellen van het invloedsgebied

De grens van het invloedsgebied hangt samen met de grootte van de droogteschade en de nauwkeurigheid waarmee we de droogteschade kunnen vaststellen. Figuur 3 geeft een algemene geohydrologische situatie weer met een grondwateronttrekking. De grondwaterstanden spelen een sleutelrol als het gaat om droogteschade door grondwateronttrekking. Daarom is het belangrijk te weten hoe nauwkeurig grondwaterstanden worden gemeten.

Grondwatermetingen zijn altijd lokaal, en gelden voor de beïnvloede of onbeïnvloede situatie. Om de invloed van de grondwateronttrekking op alle percelen in een gebied vast te stellen, worden grondwatermodellen gebruikt. De resultaten van deze modellen zijn sterk afhankelijk van informatie over de opbouw van de ondergrond en de hydraulische eigenschappen van de voorkomende lagen.



Figuur 3. Een geohydrologische dwarsdoorsnede met een grondwateronttrekking. De omliggende rechthoeken geven foutenbronnen aan in de berekening van droogteschade.

Het grootste deel van het neerslagtekort tijdens een groeiseizoen zal gecompenseerd worden door het vochtbergend vermogen in en direct onder de wortelzone. Het resterende vochttekort kan voor een groter of kleiner deel worden gedekt via capillaire opstijging uit het grondwater. Daarom wordt droogteschade, naast grondwaterstanden, ook sterk beïnvloed door de eigenschappen van de bovenste bodemlagen, de kenmerken van het gewas, en de weersomstandigheden. Voor het berekenen van droogteschade wordt het model Waterwijzer Landbouw of één van haar voorlopers gebruikt. Bij de ontwikkeling van Waterwijzer Landbouw is een plausibiliteitstoets uitgevoerd (Kroes et al., 2015). De nauwkeurigheid van dit instrument hangt sterk af van de bodem-plant-ontwatering combinatie. Zij speelt echter geen rol bij het vaststellen van de grootte van het invloedsgebied van een grondwateronttrekking, die bepaald wordt door de daling van de grondwaterstand. We zullen ons daarom in dit document beperken tot de nauwkeurigheid waarmee met de beschikbare grondwaterinformatie en grondwatermodellen de 2 en 5 cm contour van onttrekkingen kunnen worden vastgesteld.

4. Nauwkeurigheid meten van grondwaterstanden

In de periode 2006-2010 is in Nederland een discussie gevoerd rond 'numerieke verdroging'. Dit was aanleiding voor een uitgebreide studie door ervaren bodemkundigen, hydrologen en statistici rond het meten en interpreteren van grondwaterstanden (Ritzema et al., 2012a,b). De belangrijkste bevindingen van de studie worden hierna beschreven.

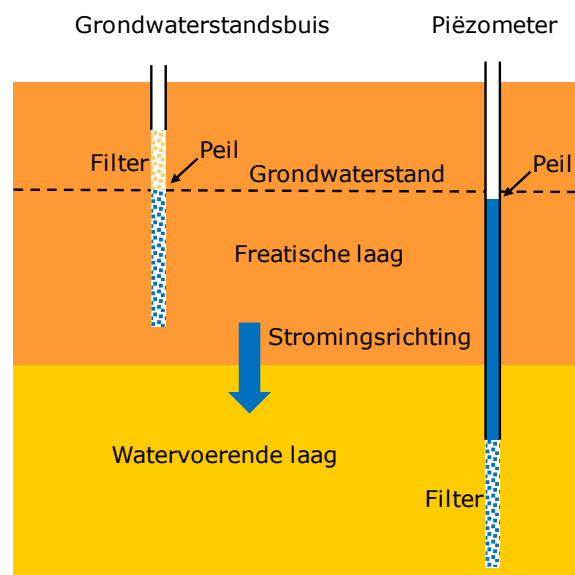
4.1 De lokale grondwaterstand

Er worden 4 meetmethoden gebruikt om de freatische grondwaterstand te meten: (i) grondwaterstandsbuizen; (ii) piëzometers; (iii) open boorgaten en (iv) veldschattingen. Het verschil tussen grondwaterstandsbuizen en piëzometers is weergegeven in Figuur 4.

Bij grondwaterstandsbuizen wordt direct de freatische grondwaterstand gemeten. Bij piëzometers wordt de stijghoogte gemeten bij het filter in een watervoerend pakket. De grondwaterstand wordt indirect afgeleid rekening houdend met de waterflux en doorlatendheden in de lagen tussen het filter en de grondwaterstand. In Figuur 4, waarin de stroming omlaag is, zal het peil van de grondwaterstandsbuis hoger zijn dan die van de piëzometer. In de praktijk worden stijghoogten van piëzometers soms ten onrechte geïnterpreteerd als grondwaterstanden.

Verwarrend is verder dat grondwater-spiegels zowel gedefinieerd kunnen worden als de hoogte waarop de drukhoogte in het grondwater gelijk is aan nul (geohydrologische grondwaterstand), als de bovenste grondwaterspiegel vanaf het bodemoppervlak (agrohydrologische grondwaterstand). In bodemprofielen met slecht doorlatende lagen kan water stagneren boven de slecht doorlatende lagen (zgn. schijngrondwaterstanden). In dat geval zijn de agrohydrologische grondwaterstand (van belang voor droogteschade) en geohydrologische grondwaterstand verschillend.

Hoewel grondwaterstandsbuizen direct de freatische grondwaterstand meten, kunnen interpretatieverschillen ontstaan afhankelijk van locatie, diepte, filterlengte, moment van opname en relatie met grondsoort. Bijvoorbeeld als een grondwaterstandsbuis door een slecht doorlatende laag is geplaatst, weet je niet precies wat je meet. Tegenwoordig worden in toenemende mate automatische druksensoren gebruikt. 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 et al.



Figuur 4. Een grondwaterstandsbuis meet de grondwaterstand, en een piëzometer meet de stijghoogte in een watervoerende laag.

(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. De verschillende foutenbronnen bij grondwaterstandsbuizen en piëzometers leiden tot afwijkingen in de gemeten grondwaterstand die variëren van enkele centimeters tot tientallen centimeters (Ritzema et al., 2012a).

4.2 De gemiddelde hoogste en laagste grondwaterstand

Voor droogteschade worden geen momentane grondwaterstanden gebruikt, maar veranderingen in de gemiddelde hoogste en laagste grondwaterstand van een tijdreeks. Daarbij wordt uitgegaan van metingen met intervallen van 2 weken. De gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) is gelijk aan het gemiddelde van de 3 hoogste grondwaterstanden in een jaar, en dit gemiddeld over een periode van minimaal 8 jaar. Op dezelfde wijze is de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) gedefiniëerd. De GHG en GLG gezamenlijk worden kortweg aangeduid als GxG.

Er bestaan 5 methoden voor het afleiden van de GxG: (i) directe berekening uit een tijdreeks; (ii) statistische modellen; (iii) procesmodellen; (iv) open boorgatenmethode en (v) expertkennis. Temporele aggregatie van een tijdreeks van grondwaterstanden tot GxG is eenvoudig wanneer de tijdreeks voldoende lang is en een voldoende hoge meetfrequentie heeft. Bij directe berekening van de GxG op een te korte tijdreeks worden fouten geïntroduceerd. Als de tijdreeks niet voldoende lang is kan uitbreiding van de tijdreeks met statistische modellen en/of procesmodellen zinvol zijn. Als er geen tijdreeks is maar slechts enkele opnames op gericht gekozen tijdstippen dan kan stambuisregressie worden ingezet om voor deze locaties de GxG te schatten. Bij tijdreeksmodellering met statistische modellen poneert men een model waarin de grondwaterstand op een zeker tijdstip een functie is van de grondwaterstand op het vorige tijdstip en andere relevante informatie, zoals het neerslagoverschot of een grondwateronttrekking in het tussenliggende tijdsinterval. Procesmodellen hebben als voordeel dat fysische wetten expliciet onderdeel zijn van het model. Nadelen van procesmodellering zijn dat modelbouw en modelkalibratie bewerkelijker zijn dan bij tijdreeksmodellen en dat meer invoergegevens nodig zijn. Een aandachtspunt is dat door kalibratie afvlakking van GxG's kan optreden. De vierde methode is gerichte opname met open boorgaten. Daarbij wordt tijdens een GHG- en GLG-moment de grondwaterstand in heel veel boorgaten opgenomen. Het GHG- of GLG-moment wordt bepaald (of later gecorrigeerd) aan de hand van de actuele grondwaterstand in peilbuizen met langjarige reeksen. Ten slotte kan temporele opschaling ook met expertkennis. Voorwaarde voor een betrouwbare inschatting van de GxG op basis van profiel- en veldkenmerken is een goed inzicht in de regionale hydrologie en bodemgesteldheid.

Bij temporele aggregatie middelen de fouten in grondwaterstandsmetingen deels uit maar worden ook nieuwe foutenbronnen geïntroduceerd, waardoor de fout in de GxG op buislocaties kan oplopen tot enkele decimeters en in bepaalde gevallen tot zelfs meer dan een meter. Over het algemeen zijn de fouten groter op locaties waar korte tijdreeksen beschikbaar zijn (Ritzema et al., 2012a).

4.3 De grondwaterstanden van gebieden

Bij droogteschade moeten we uitspraken doen over gebieden. De gemeten grondwaterstanden of afgeleide GxG moeten daarom ruimtelijk geïnterpoleerd worden. Hiervoor worden in de praktijk 4 methoden gebruikt: (i) expertkennis; (ii) steekproeftheorie; (iii) statistische modellen, en (iv) procesmodellen. Experts kunnen op basis van kennis van een gebied een inschatting maken van de gemiddelde GxG. Hierbij zullen ze niet alleen gebruik maken van de vastgestelde GxG op meetlocaties binnen het gebied en aan de rand ervan, maar ook van aanvullende informatie zoals de hoogtekaart, de bodemkaart en waterpeilen van oppervlaktewater. Bij de steekproeftheorie wordt de gemiddelde GxG berekend als een lineaire combinatie van vastgestelde GxG op locaties in het gebied. In deze methode worden de locaties waarop de GxG is vastgesteld geloot volgens een bepaald lotingsmechanisme. Bij statistische modellen geldt een minimum aantal waarnemingen. Zo is semi-variogram schatting alleen mogelijk bij ten minste 100 waarnemingen. De uitkomsten van de statistische modellen gelden onder bepaalde modelveronderstellingen (bijv. lineaire relaties, constante variantie van regressieresiduen, stationariteit van het semi-variogram). Procesmodellen hebben het voordeel dat allerlei fysische relaties mee kunnen worden genomen die in de eerder beschreven methoden niet kunnen worden gebruikt. Omdat procesmodellen deterministisch van aard zijn is het mogelijk om te extrapoleren naar andere situaties (in ruimte en tijd) en om maatregelen en/of scenario's door te rekenen. Een nadeel is dat vaak veel invoergegevens en procesparameters niet bekend zijn en berusten op aannames of dienen als kalibratieparameters. Kwantificering van de modelfout blijkt lastig en wordt daarom vaak buiten beschouwing gelaten. Onzekerheidsanalyses en validatiestudies zijn op dit gebied nog maar weinig uitgevoerd.

Bij ruimtelijke interpolatie neemt de fout alleen maar toe en is, afhankelijk van het gebied en de gebruikte methode, gemiddeld zo'n 20 tot 50 cm groot. Anderzijds verkleint ruimtelijke aggregatie de fout weer omdat het toevallige deel van de fout grotendeels wordt uitgemiddeld. Afleiden van de exacte fout is alleen mogelijk als voldoende onafhankelijke waarnemingen van de GxG met verwaarloosbare meetfout beschikbaar zijn. In de praktijk zijn validatiewaarnemingen niet foutloos en worden bovendien vaak via selectieve bemonstering verkregen. Daarnaast komen de locaties van de validatiewaarnemingen vaak niet exact overeen met de locaties waarvoor een voorspelling is gedaan, zodat een deel van de verschillen feitelijk wordt veroorzaakt door ruimtelijke variabiliteit (Ritzema et al., 2012a).

4.4 De hoogte van het maaiveld

De grondwaterstand moet worden vertaald in een grondwaterstandsdiepte ten opzichte van het maaiveld. De nauwkeurigheid waarmee de maaiveldhoogte is vastgesteld, heeft dus ook invloed op de nauwkeurigheid van de GxG. De meest gebruikte bron voor maaiveldhoogte is het online Actueel Hoogtebestand Nederland (<http://www.ahn.nl/>). De hoogte is afgeleid uit 6-10 lasermetingen per m² vanuit helikopters en vliegtuigen. De nauwkeurigheid van het huidige AHN3 is 5 cm systematisch en 5 cm stochastisch, volgens de kwaliteitseis van de inwinning (de daadwerkelijke datasets kunnen nauwkeuriger zijn). Toegestane afwijkingen kunnen hiermee 15 cm zijn voor 95% van de gevallen. Naast de onzekerheid van de maaiveldhoogte bij de peilbuis, zijn ook verschillen in maaiveldhoogte

op een perceel van belang. Als de hoogte ter plaatse van de peilbuis afwijkt van de gemiddelde maaiveldhoogte van het perceel, werkt dit door in een afwijkende GxG. Tenslotte kan maaiveld daling de nauwkeurigheid van grondwaterstandsmetingen significant beïnvloeden. Satellietmetingen geven aan dat de maaiveld daling in Nederlandse veengebieden kan oplopen tot 5-15 mm per jaar (<https://bodemdalingskaart.nl/>). Deze daling is niet constant maar per veld sterk afhankelijk van de neerslag, de temperatuur en het waterbeheer in de zomerperiode.

5. Nauwkeurigheid modellering van grondwaterstands daling door onttrekking

Droogteschade is sterk afhankelijk van de hoogte van de grondwaterstand. Het ligt daarom voor de hand de grondwaterstand te meten voor en na het starten of eindigen van de grondwateronttrekking. Er zit echter een flinke vertraging tussen het starten/eindigen van de grondwateronttrekking en het tijdstip waarop de daling of stijging van de grondwaterstand zich manifesteert, vooral op grotere afstand van de onttrekking. Nog belangrijker is dat de grondwaterstand continue fluctueert onder invloed van weer, landgebruik, bodemvochtstroming, waterbeheer en grondwaterstroming, waardoor het effect van een grondwateronttrekking niet rechtstreeks te meten is. In plaats van direct meten moeten modellen gebruikt worden om het effect van een grondwateronttrekking op de grondwaterstand van een specifieke locatie te bepalen. In de praktijk worden hiervoor twee methoden gebruikt: (i) grondwatermodellering en (ii) tijdreeksanalyse. De nauwkeurigheid van beide methoden is het onderwerp van dit hoofdstuk.

5.1 Grondwatermodellering

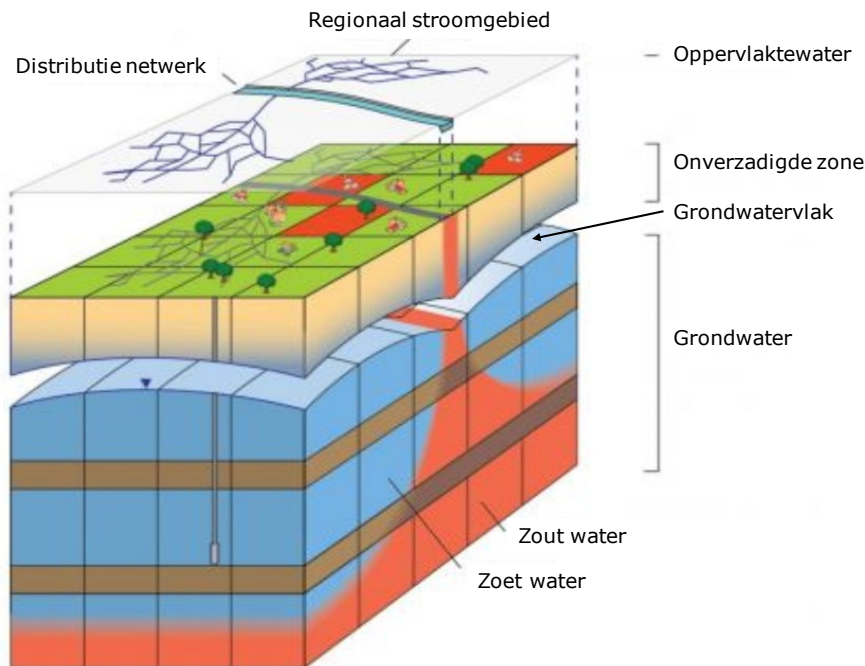
De meeste grondwatermodellen zijn gebaseerd op de stromingswet van Darcy. De stromingswet zelf is lineair, waardoor zij goed oplosbaar is met numerieke modellen. Het knelpunt van het toepassen van grondwatermodellen zit in de invoer: de schematisatie van watervoerende- en weerstandslagen en de eigenschappen (doorlatendheden en weerstanden) van die lagen. Metingen van bodemeigenschappen in de ondergrond zijn tijdrovend en kostbaar, vooral op grotere diepte, en daardoor beperkt beschikbaar. Daarom moeten grondwatermodellen altijd gekalibreerd worden. Hiervoor worden in het algemeen stijghoogten of grondwaterstanden gebruikt. Deze metingen hebben de nodige onzekerheid (zie voorgaande hoofdstuk). Fluxmetingen zijn in het algemeen niet of heel beperkt beschikbaar, wat de kalibratie van doorlatendheden minder nauwkeurig maakt.

In Nederland worden op nationale schaal het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) en STONE gebruikt en op regionale schaal diverse hydrologische modellen. Voor specifieke projecten zijn van deze modellen in de literatuur kalibratiegegevens beschikbaar. Hierna volgt een overzicht van de resultaten.

5.2 Landelijke grondwatermodellen LHM en STONE

Het LHM is een geïntegreerd landsdekkend grond- en oppervlaktewatermodel van Nederland (Figuur 5). De stromingen in de verschillende domeinen worden door specifieke modellen gesimuleerd. Grondwaterstroming wordt met MODFLOW berekend,

bodemvochtstroming met MetaSWAP en het oppervlaktewater met MOZART of DM. De ruimtelijke horizontale resolutie van het LHM is 250×250 m (www.nhi.nu).



Figuur 5. Opbouw van het Landelijk Hydrologisch Model (www.nhi.nu).

Hoogewoud et al. (2011) beschrijven de toetsing van het LHM 2.1 aan onder andere grondwaterstandsgegevens. Uit de DINO grondwater database zijn 3500 puntmetingen geselecteerd, welke voor verschillende variabelen (GxG en twee parameters die de grondwaterstands daling tijdens droge zomers beschrijven) zijn vergeleken met dezelfde variabelen zoals berekend met LHM in de corresponderende 250×250 m gridcel. Gemiddeld simuleert het LHM de GHG 16 cm droger, en de GLG 7 cm droger. De standaardafwijking van het verschil tussen gemeten en gesimuleerde GLG is echter aanzienlijk: 59 cm. Voor een volgende versie (LHM 3.0) heeft Knotters et al. (2013) een validatiestudie uitgevoerd met onafhankelijke waarnemingen uit de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK). Dit bestand bevat schattingen van de GHG en GLG voor 1193 locaties, die volgens een aselechte steekproef zijn geselecteerd waarbij gezorgd is voor een goede spreiding over in Nederland voorkomende bodemkundige en hydrologische situaties. De GxG's van deze locaties zijn geschat op basis van gerichte opnamen en stambuisregressie gedurende de periode 1988-2001. De standaardafwijking van de fout in GxG varieert van 10 tot 25 cm. Knotters et al. (2013) concluderen dat de LHM-voorspellingen van GxG's gemiddeld dieper zijn dan de LSK-schattingen: voor de GHG is het gemiddelde verschil tussen LSK-schatting en LHM-voorspelling -22 cm, en voor de GLG is dit -17 cm. Diepe voorspellingen komen vooral voor onder stuwwallen, de Hondsrug, de Brabantse Wal en de Maasterrassen. De meest recent validatie met LHM versie 3.5.1 (Knotters en Massop, 2018) laat slechts een lichte verbetering zien: voor de GHG is het gemiddelde verschil tussen LSK-schatting en LHM-voorspelling -18 cm, en voor de GLG is dit -14 cm. Nog steeds zijn LHM voorspellingen van GxG's gemiddeld dieper dan de LSK-schattingen.

Voor het nationale waterkwaliteits- en meststoffenbeleid wordt gebruik gemaakt van het landelijke nutriëntenemissiemodel STONE. Bij het transport van stikstof en fosfaat in de bodem en het grondwater, speelt de grondwaterdynamiek een belangrijke rol. Van Bakel et al. (2008) toetsten STONE 2.3 aan de grondwaterdynamiek van een aantal regio's. In vergelijking met gerichte grondwateropnamen is de door STONE geschatte GxG gemiddeld genomen tussen 6 en 14 cm droger. De variatie tussen de meetlocaties is aanzienlijk, met een standaardafwijking van de verschillen van circa 80 cm.

5.3 Regionale grondwatermodellen

In Nederland worden diverse regionale grondwatermodellen toegepast. Hierna volgt een korte beschrijving van een aantal studies die verspreid over Nederland door verschillende kennisinstituten zijn uitgevoerd.

Hermans et al. (2004) pasten het regionale grondwatermodel SIMGRO toe op het gebied ten zuiden van Utrecht. Dit gebied vormt de overgang tussen de droge zandgronden van de Utrechtse heuvelrug en de oeverwallen en natte komkleigronden langs de Kromme Rijn. Na kalibratie is het gemiddelde verschil in gemeten en berekende grondwaterstand 5 cm, en bedraagt de standaardafwijking van het verschil 22 cm. De hoge standaardafwijking wordt vooral toegeschreven aan een verkeerde timing van pieken en dalen.

SIMGRO is ook gebruikt door Hoogland et al. (2006) om het gebruik van procesmodellen voor verbetering van de grondwatertrapkartering te analyseren. Zij pasten SIMGRO toe in het gebied Beerze-Reusel, een dekzandgebied doorsneden door beekdalen met een oppervlakte van circa 400 km². Uit een vergelijking tussen de bestaande GxG uit de bodemkaart en de voorspellingen met SIMGRO bleek dat de voorspelfout (standaardafwijking) van de GHG 30 cm bedroeg, en die voor de GLG 31 cm.

Het grondwatermodel MIPWA is opgesteld voor Noord-Nederland. Aangezien uit eerdere analyses was gebleken dat MIPWA lagere grondwaterstanden berekende dan verwacht op grond van voorkomende vegetatie, heeft Hoogewoud (2009) een nadere analyse uitgevoerd in het gebied van de Drentse Aa. Daaruit bleek dat eerder gebruikte geohydrologische gegevens voor het topsysteem niet geschikt waren en dat in hellende gebieden de peilen van tertiaire waterlopen te laag waren. Na het ondervangen van een aantal hiaten in de geohydrologische gegevens en het opnieuw bepalen van de waterlooppeilen steeg de berekende grondwaterstand aanzienlijk, soms met wel een meter. De verschillen tussen de gesimuleerde grondwaterstanden met het gekalibreerde MIPWA en metingen van peilbuizen varieerde tussen -50 en +50 cm.

Voor de ontwikkeling van de Zuidas van Amsterdam is een goede voorspelling van de grondwaterstanden bij onttrekkingen evident. Steenbergen en Timmermans (2010) hebben het grondwatermodel MicroFEM uitgebreid gekalibreerd, en vervolgens gekeken naar de nauwkeurigheid waarmee gemeten grondwaterstanden voorspeld konden worden. De standaardafwijking van de verschillen tussen gemodelleerde grondwaterstanden en de metingen in de peilbuizen bedroeg circa 20 cm.

De Rijksweg A4 is tussen Delft en Schiedam deels verdiept aangelegd. Binnen de waterremmende wanden wordt de grondwaterstand permanent verlaagd. Deltares heeft met het Grondwatermodel A4 het effect van deze verlaging op de grondwaterstanden in de omgeving geanalyseerd (Sman et al., 2015). Na de modelkalibratie is een analyse gemaakt van de verschillen tussen het berekende verloop van de freatische

grondwaterstand en het gemeten verloop bij een aantal peilbuizen. Deze verschillen variëren van 0 tot 40 cm.

Om het effect van de drinkwaterwinningen in de Overbetuwe in kaart te brengen, is recent het regionale grondwatermodel MORIA 3.2 uitgebreid gekalibreerd (Van Dooren et al, 2018). Voor deze kalibratie is een tijdreeksanalyse uitgevoerd om het verloop van de gemeten stijghoogten in 320 peilbuizen te verklaren met hydrologische omgevingsfactoren en om een selectie ("ijkset") te maken van waarnemingen die geschikt zijn om het grondwatermodel te verbeteren. Het idee achter deze ijkset is dat een grondwatermodel alleen geijkt kan worden met stijghoogtemetingen die reproduceerbaar zijn met een tijdreeksmodel. Na kalibratie van MORIA 3.2 met de gegevens van de ijkset, liggen de verschillen tussen de grondwaterstandsdingen door onttrekkingen voorspeld met MORIA en die met de ijkset in het algemeen tussen 0 en 6 cm (Van Dooren et al, 2018).

Tabel 3. Gemiddelde en (tussen haakjes) de standaardafwijking van het verschil tussen gemeten en gemodelleerde grondwaterstandskarakteristiek. Negatieve waarden voor het gemiddelde geven aan dat het model 'droger' is dan de metingen.

Model	Verschil meting en model				Bron
	GW tijdreeks	GHG	GLG	Validatie	
LHM 2.1		-15 (61)	-7 (59)	Nee	Hoogewoud et al. (2011)
LHM 3.0		-22 (117)	-17 (106)	Ja	Knotters et al. (2013)
LHM 3.5.1		-18 (113)	-14 (105)	Ja	Knotters en Massop (2018)
STONE 2.3		-6 (89)	-14 (78)	Nee	Van Bakel et al. (2008)
SIMGRO	5 (22)			Nee	Hermans et al. (2004)
SIMGRO		(30)	(31)	Nee	Hoogland et al. (2006)
MIPWA	(~ 25)			Nee	Hoogewoud (2009)
MicroFEM	(~ 20)			Nee	Steenbergen en Timmermans (2010)
Gmodel A4	(~ 20)			Nee	Sman et al. (2015)
MORIA 3.2	(~ 3) ⁽¹⁾			Nee	Van Dooren et al. (2018)

(1) Standaardafwijking van verschil tussen MORIA en ijkset van tijdreeksen met Menyanthes

De verschillen tussen modelresultaten en metingen zijn samengevat in Tabel 3. Het gaat hier om gekalibreerde modellen. De verschillen ontstaan zowel door fouten in de grondwaterstandsmetingen als in het model. Met uitzondering van de toetsing van LHM 3.0 en 3.5.1, zijn er helaas nauwelijks validatie toetsen met onafhankelijke grondwaterstandgegevens. In het algemeen zijn de verschillen tussen modelresultaten en metingen bij validatie groter dan bij kalibratie. Alleen met validatietoetsen kan de werkelijke nauwkeurigheid van de modellen voor simulatie van grondwaterstanden worden vastgesteld. De gegevens in Tabel 3 geven daarom slechts een indicatie voor het werkelijke verschil tussen de werkelijke en gesimuleerde grondwaterstand.

Bij droogteschade is de verlaging van grondwaterstanden van belang. Omdat de simulaties met en zonder grondwateronttrekking behept zijn met dezelfde fouten, zijn de standaardafwijkingen van de berekende verlaging vrijwel zeker kleiner dan de in Tabel 3 genoemde waarden. Tot nu toe bieden grondwatermodellen helaas niet de mogelijkheid de standaardafwijking af te leiden van de berekende verlaging op een bepaalde afstand van een onttrekking. Daarvoor zijn de grondwaterstandsmetingen zelf en de invoer, schematisatie en parameterisatie van de grondwatermodellen niet nauwkeurig. Een methode die zich wel specifiek richt op de nauwkeurigheid waarmee

grondwaterstandsverlaging door een onttrekking gesimuleerd kan worden, is tijdreeksanalyse.

5.4 Tijdreeksanalyse

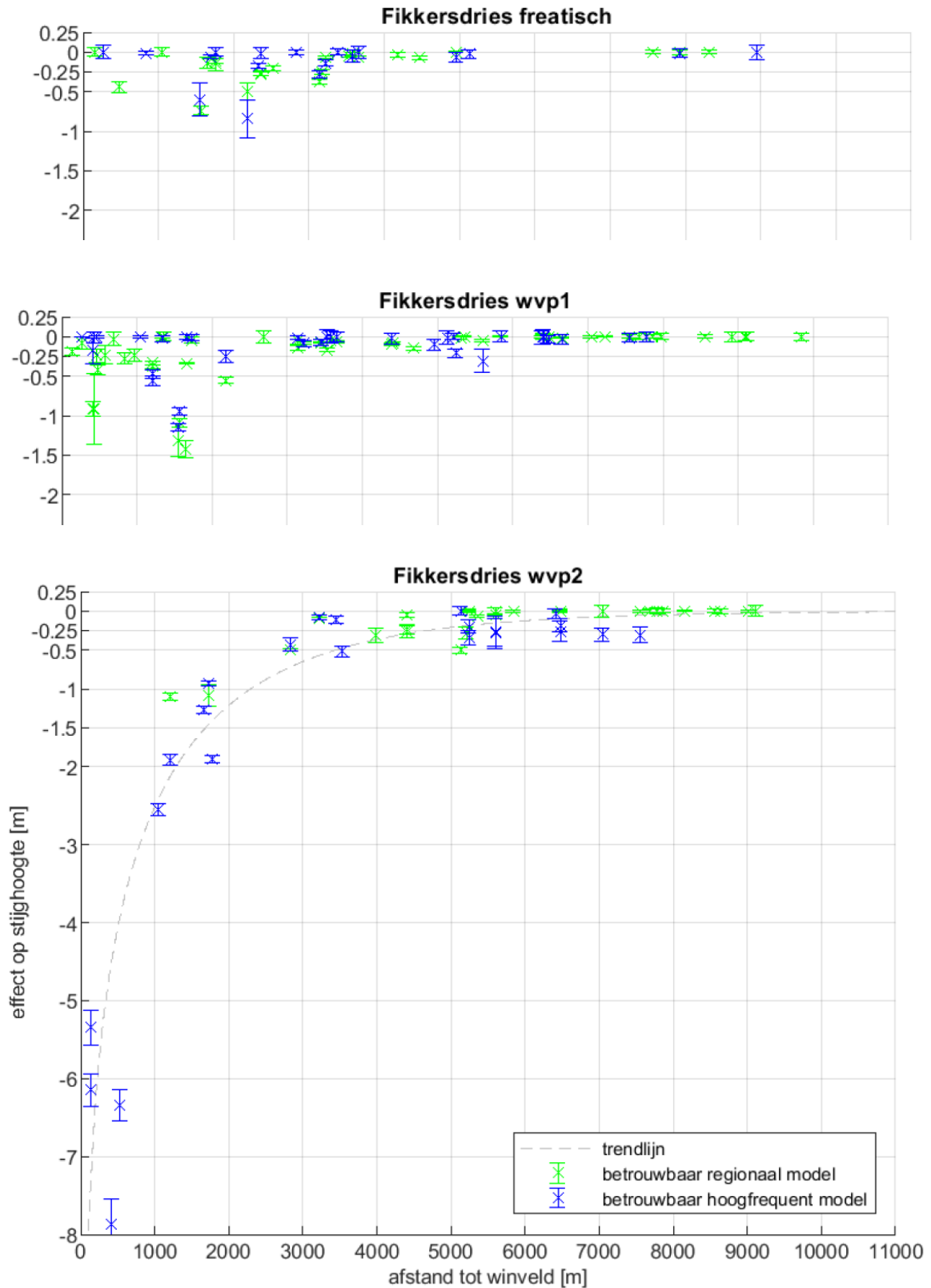
Bij hydrologische tijdreeksanalyse wordt getracht het verloop van de grondwaterstand of stijghoogte te verklaren aan de hand van hydrologische omgevingsfactoren, bijvoorbeeld neerslag, verdamping, oppervlaktewaterstanden en grondwateronttrekkingen. Hierbij wordt bepaald hoe de tijdreeks van grondwaterstanden statistisch afhangt van één of meerdere verklarende variabelen. Tijdreeksanalyse kan dus onder andere gebruikt worden om het effect van onttrekkingen te bepalen, door veranderingen van het onttrekkingsdebiet te relateren aan verandering van de grondwaterstand. Hierbij is het van belang dat de effecten van verschillende verklarende variabelen van elkaar onderscheiden kunnen worden. Dit lukt over het algemeen beter naarmate de grondwaterstanden en verklarende variabelen langer en frequenter gemeten zijn. Daarnaast is het noodzakelijk dat de verklarende reeksen sprongen of fluctuaties bevatten die niet onderling gecorreleerd zijn (Van Dooren et al., 2018).

Een belangrijk verschil met grondwatermodellen is dat tijdreeksanalyse toegepast wordt per waarnemingsfilter, dus per locatie. In Nederland wordt Menyanthes (Von Asmuth et al., 2012) veel gebruikt voor tijdreeksanalyse. De modelresultaten geven naast het gemiddelde effect van een grondwaterwinning op de stijghoogten of freatische grondwaterstanden ook de standaardafwijking van dit effect.

In de eerder genoemde geohydrologische studie van de Overbetuwe is Menyanthes uitgebreid gebruikt door het team dat Menyanthes heeft ontwikkeld. Voor de Overbetuwe zijn twee typen analyses uitgevoerd (Van Dooren et al., 2018):

- Regionale tijdreeksanalyse. Hierbij is de totale onttrekking per winning gebruikt als verklarende variabele. Deze analyse is geschikt wanneer de peilbuis op voldoende afstand van de winning gelegen is zodat de effecten van de afzonderlijke winputten gezien kunnen worden als één gezamenlijk effect. Hoe groot deze afstand moet zijn hangt af van de eigenschappen van het geohydrologische systeem.
- Hoogfrequente tijdreeksanalyse. Voor peilbuizen die dichtbij een winning liggen kunnen de onttrekkingen van de afzonderlijke winputten soms als afzonderlijke effecten geïdentificeerd worden in de meetreeks. Een voorwaarde hiervoor is dat de stijghoogte in de peilbuis snel reageert op veranderingen in de onttrekkingen. Om deze reden zijn voor peilbuizen rondom een winveld aanvullende analyses verricht met hoogfrequente data indien deze beschikbaar waren. Voor de hoogfrequente tijdreeksmodellen zijn stijghoogten en putdebieten op uurbasis gebruikt.

Het grootste winveld in de Overbetuwe is Fickersdries, met een gemiddelde winhoeveelheid van 11.3 miljoen m³/j in de periode 2007-2014. Voor 106 peilbuisfilters was regionale tijdreeksanalyse bruikbaar en voor 76 peilbuisfilters hoogfrequente tijdreeksanalyse.



Figuur 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 et al. (2018).

Figuur 6 geeft het effect weer van winning Fikkerdries op de stijghoogten en grondwaterstanden. Uit de tijdreeksanalyses blijkt dat Fikkersdries in het tweede watervoerende pakket voor een flinke verlaging zorgt van circa 7–8 meter vlakbij 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 Fikkersdries 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 Fikkerdries (Van Dooren et al., 2018).

De effecten van de winning werken binnen een straal van 3.5 km sterk door naar het eerste watervoerende pakket (Figuur 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. De hoogfrequente tijdreeksmodellen laten een groter betrouwbaarheidsinterval zien dan de regionale tijdreeksmodellen. Op meer dan 4 kilometer van de winning bedraagt het 95% betrouwbaarheidsinterval van de voorspelde grondwaterstands daling van de regionale tijdreeksmodellen circa 7 cm (Figuur 6). De standaardafwijking bedraagt dus 3,5 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 gesimuleerde de verlaging door de onttrekking op de freatische grondwaterstand varieerde in die studie tussen 2,5 en 6,5 cm. Ook andere studies met Menyanthes op betrouwbare peilbuisgegevens geven aan dat de laagst haalbare standaardafwijking van voorspelde grondwaterstands daling door een onttrekking circa 3 cm bedraagt.

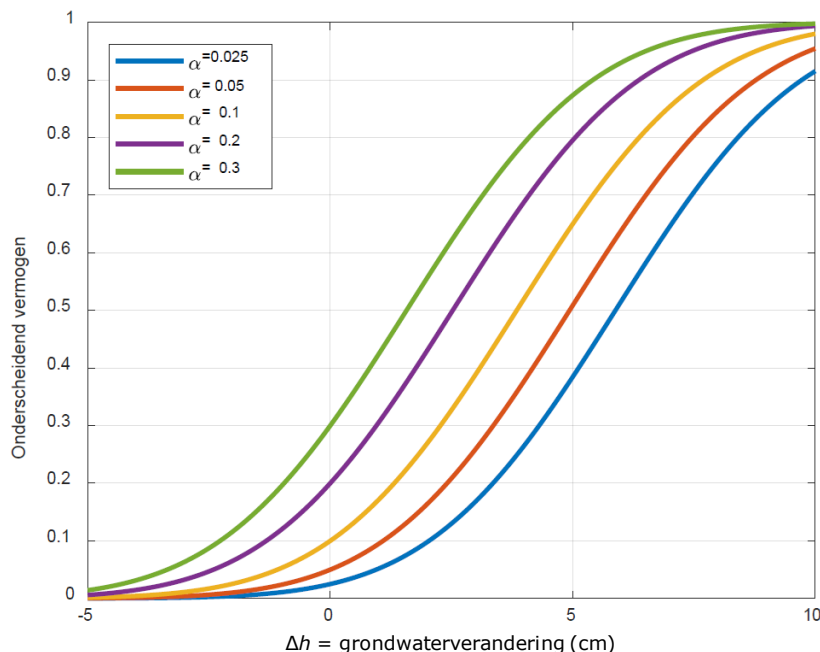
5.5 Betrouwbaarheid en onderscheidend vermogen

In het algemeen kunnen bij het statistische toetsen van hypothesen twee fouten worden gemaakt:

- Fout 1^e soort: een juiste hypothese wordt ten onrechte verworpen;
- Fout 2^e soort: een onjuiste hypothese wordt ten onrechte niet verworpen.

De waarde (1-fout 1^e soort) wordt vaak aangeduid als betrouwbaarheid, en de waarde (1-fout 2^e soort) 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. Voor de schadeveroorzakende partij is het onderscheidend vermogen belangrijk: 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.

Betrouwbaarheid en onderscheidend vermogen beïnvloeden elkaar. Figuur 7 laat het onderscheiden vermogen zien bij verschillende betrouwbaarheidsniveaus en verschillende veranderingen van de grondwaterstanden. Voor de standaardafwijking van de modelfout is 3 cm aangenomen, het hoogst haalbare bij de huidige praktijk. Bij een betrouwbaarheid van 95%, geldt voor $\Delta h = 2$ resp. 5 cm een onderscheidend vermogen van 15% resp. 50%. Bij een betrouwbaarheid van 70% en $\Delta h = 2$ resp. 5 cm is het onderscheidend vermogen 55% resp. 87% (Knotters et al., 2019). Voor de 5 cm contour geldt dat bij een betrouwbaarheid van 80% het onderscheidend vermogen 80% bedraagt (Figuur 7).



Figuur 7. Onderscheidend vermogen als functie van een plotselinge grondwaterverandering en betrouwbaarheid (1- α). De standaardafwijking van de modelfout bedraagt 3 cm. Bron: Knotters et al. (2019).

In het licht van bovenstaande betrouwbaarheid en onderscheidend vermogen is het duidelijk dat het afleiden van 2 cm verlaging door een drinkwateronttrekking te onzeker is. Het is nog niet mogelijk de 2 cm contour met voldoende betrouwbaarheid en onderscheidend vermogen aan te tonen, zoals dat wel het geval is voor de 5 cm contour.

6. Conclusies

De voorgaande hoofdstukken beschrijven de grootte van de droogteschade bij 2-10 cm grondwaterstands­daling, de ACSG procedure voor het vaststellen van de droogteschade, de nauwkeurigheid van grondwaterstandsmetingen en de nauwkeurigheid waarmee grondwaterstands­dalingen gemodelleerd kunnen worden. Op grond van deze informatie concludeert de ACSG:

1. De gemiddelde droogteschade bij 2 cm verlaging van de GxG varieert van 0,0 tot 0,4% en bedraagt een fractie van het normale ondernemersrisico door het weer, welk risico op kan lopen tot meer dan 35%.
2. Per locatie vertonen grondwaterstandsmetingen een onnauwkeurigheid die varieert van enkele centimeters tot tientallen centimeters.
3. Na interpolatie in tijd en ruimte en rekening houdend met de onzekerheid in maaiveldhoogte, wordt de standaardafwijking van de GxG geschat op 5 tot 30 cm.
4. Uit kalibratie van nationale grondwatermodellen met gemeten GxG blijkt dat de standaardafwijking van berekende GxG varieert tussen 80 en 110 cm.
5. Uit kalibratie van regionale grondwatermodellen met gemeten GxG blijkt dat de standaardafwijking van berekende GxG varieert tussen 20 en 30 cm.
6. In verband met de relatief grote onnauwkeurigheid van grondwaterstandsmetingen, de beperkte hydraulische informatie van het grondwatersysteem, en de modelvereenvoudigingen van het topsysteem, zijn er geen validatiestudies beschikbaar waarmee de nauwkeurigheid van gesimuleerde grondwaterdalingscontouren door onttrekkingen met grondwatermodellen betrouwbaar kan worden vastgesteld.
7. Tijdreeksanalyse van individuele grondwaterstands­buizen laat zien dat onder bepaalde statistische aannamen bij betrouwbare meetreeksen een minimale standaardafwijking voor het voorspellen van grondwaterstands­dalingen bereikt kan worden van 3 cm.
8. Bij een standaardafwijking van 3 cm voor de invloed van de onttrekking is de betrouwbaarheid en het onderscheidend vermogen voor het afleiden van de 2 cm contour te gering. Bij een betrouwbaarheid van 70%, bedraagt het onderscheidend vermogen nog slechts 55%.
9. Voor de 5 cm contour met een standaardafwijking van 3 cm voor de invloed van de onttrekking geldt dat bij een betrouwbaarheid van 80% het onderscheidend vermogen op peil is met 80%.

Deze evaluatie leidt tot de eindconclusie dat er voor ACSG geen aanleiding bestaat om de in brede kring aanvaarde en gebruikte grens van 5-cm grondwater­spiegeldaling aan te passen als grens voor de afbakening van het gebied waarbinnen schade kan ontstaan door grondwateronttrekkingen.

Referenties

- Baggelaar, P.K., en E.C.J. van der Meulen, 2019. Kenmerken meetfout bij automatisch meten grondwaterstand door Provincie Overijssel. Rapport Adviesbureau Modelling en Optimalisatie, Hengelo.
- Bot, B., 2016. Grondwaterzakboekje. Bot Raadgevend Ingenieur, Rotterdam.
- Bouwmans, J., 1990. Achtergrond en toepassing van de TCGB-tabel: een methode voor het bepalen van de opbrengstdepressie van grasland op zandgrond als gevolg van een grondwaterstandsverlaging; Technische Commissie Grondwater Beheer, Utrecht.
- Grontmij, 2010. Aandachtspunten bij nulmeting pompstation Woudenberg-zuid. Addendum. Houten.
- Hermans, A.G.M., P.E.V. van Walsum, J. Runhaar en P.J.T. van Bakel, 2004. Duurzame waterbeheer Landbroekerwetering. Fase 1: Modelbouw, kalibratie en bepaling van het Actueel Grond- en Oppervlaktewaterregime. Alterra rapport 914, Wageningen.
- Hoogewoud, J.C., 2009. GW Natura2000. Verbeteringen aan het regionale grondwatermodel MIPWA ten behoeve van Natura2000 toepassingen - deel 1: aanpassing van de grondwaterstanden in de Drentsche Aa. Deltares rapport 2009, Delft/Utrecht.
- Hoogewoud, J.C., A.A. Veldhuizen en G. Prinsen, 2011. NHI toetsing: Ontwikkeling en toepassing van methode voor toetsing van NHI 2.1, inclusief vergelijking met NHI 2.0. Deltares memo, kenmerk 1203516-000.
- Hoogland, T., G.B.M. Heuvelink, J.W.J. van der Gaast, A.A. Veldhuizen & D.J.J. Walvoort, 2006. Data assimilatie voor kartering van de grondwaterstandsdynamiek. Alterra-rapport 1384, Alterra, Wageningen.
- Knotters, M., T. Hoogland en D.J. Brus, 2013. Validatie van grondwaterstandskarten met de Landelijke Steekproef Kaartenheden. Wageningen, Alterra, Rapport 2440.
- Knotters, M., and H.R.J. Vroon, 2015a. The economic value of detailed soil survey in a drinking water collection area in the Netherlands. Geoderma Regional 5, 44-53.
- Knotters, M., en H.R.J. Vroon, 2015b. De waarde van een gedetailleerde bodemkaart van een waterwingebied. Stromingen 22, 29-40.
- Knotters, M. en H.T.L. Massop, 2018. Validatie grondwaterstandsvoorspellingen LHM 3.5.1 (2018). Validatie van de berekende grondwaterstanden met de Landelijke Steekproef Kaartenheden ten behoeve van de landelijke waterkwaliteitsmodellering. Rapport Wageningen Environmental Research.
- Knotters, M., P. Baggelaar en E. van der Meulen, 2019. Toetsen en beslissen met tijdreeksen. Publicatie in voorbereiding.
- Kroes, J., R. Bartholomeus, J. van Dam, M. Hack-ten Broeke, I. Supit, R. Hendriks, A. de Wit, F. van der Bolt, D. Walvoort, I. Hoving, en J. van Bakel, 2015. Waterwijzer Landbouw, fase 2. Modellering van het bodem-water-plantsysteem met het gekoppelde instrumentarium SWAP-WOFOST. STOWA rapport 2015-16, Amersfoort.
- Kroes, J.G., J.C. van Dam, R.P. Bartholomeus, P. Groenendijk, M. Heinen, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder, I. Supit, P.E.V. van Walsum, 2017. SWAP version 4; Theory description and user manual. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Report 2780.
- 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. Wageningen, Alterra, rapport 2345.
- 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 14, e00182.
- Sman, H.T., 2015. Grondwatermodellering A4 Delft – Schiedam. Scenarioberekeningen. Rapport Deltares project 1208001-000, Utrecht.

- Steenbergen, J.J.M., en T.P. Timmermans, 2010. Groeiend grondwatermodel Zuidas. Rapport ingenieursbureau Gemeente Amsterdam.
- Van Bakel, P.J.T., J. Huinink, H. Prak, en F. van der Bolt, 2005. HELP-2005. Uitbreiding en actualisering van de HELP-tabellen ten behoeve van het Waterlood-instrumentarium. STOWA rapport 2005-16, Amersfoort.
- Van Bakel, P.J.T., H.Th.L. Massop, J.G. Kroes, J. Hoogewoud, M.J.H. Pastoors & T. Kroon, 2008. Actualisatie hydrologie voor STONE 2.3; Aanpassing randvoorwaarden en parameters, koppeling tussen NAGROM en SWAP, en plausibiliteitstoets. WOT-rapport 57, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen.
- Van Bakel, P.J.T., V. Linderhof, C.E. van 't Klooster, A.A. Veldhuizen, D. Goense, H.M. Mulder en H.T.L. Massop, 2009. Definitiestudie AGRICOM. Alterra rapport 1934, Wageningen.
- 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 hydro-geologic time series analysis, interfacing data with physical insight: Environmental Modelling & Software, v. 38, p. 178-190.
- Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018. Waterwijzer Landbouw: instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op landbouwproductie. STOWA rapport 2018-48, Amersfoort.
- Witte, J.P.M., W.J. Zaadnoordijk, and J.J. Buyse, 2019. Forensic hydrology reveals why groundwater tables in the province of Noord Brabant dropped more than expected. Water 11, 478, 1-14.

Bijlage A Relevante artikelen van de Waterwet

Artikel 7.18 Waterwet

- 1 De schade aan een onroerende zaak, veroorzaakt door het onttrekken van grondwater of het infiltreren van water krachtens een watervergunning, wordt, voorzover dit redelijkerwijze kan worden geveegd, door de vergunninghouder ondervangen.
- 2 Voorzover de schade niet is ondervangen, is de vergunninghouder desgevorderd verplicht jegens ieder die enig recht op het gebruik of het genot van de onroerende zaak heeft, **die schade te vergoeden.**
- 3 Niettemin kan een eigenaar van de onroerende zaak, indien door de aard of de omvang van de schade de eigendom van die zaak voor hem van te geringe betekenis is geworden, vorderen dat de vergunninghouder de onroerende zaak in eigendom overneemt. De vordering kan worden gedaan zowel bij niet-aanvaarding van een als schadevergoeding aangeboden som als na aanvaarding daarvan.
- 4 Vorderingen, op grond van dit artikel staan ter kennisneming van de rechtbank binnen wier rechtsgebied de onroerende zaak of het grootste gedeelte daarvan is gelegen.

Artikel 7.19 Waterwet

- 1 Hij, die op grond van [artikel 7.18, eerste, tweede of derde lid](#), een vordering kan doen met betrekking tot schade in verband met een watervergunning voor het onttrekken van grondwater of het infiltreren van water als bedoeld in [artikel 6.4](#) of [6.5, onderdeel b](#), dan wel krachtens een verordening van een waterschap, **kan eerst aan gedeputeerde staten van de provincie waarin de in artikel 7.18 bedoelde onroerende zaak geheel of grotendeels is gelegen verzoeken een onderzoek in te stellen.**
- 2 Indien een onroerende zaak is gelegen in een gebied waarin de grondwaterstand invloed ondergaat van meer dan één onttrekking en blijkens het onderzoek niet of niet binnen redelijke termijn is vast te stellen door welke onttrekking de schade die de onroerende zaak ondervindt wordt veroorzaakt, kennen gedeputeerde staten de rechthebbende ten aanzien van die onroerende zaak op zijn verzoek een vergoeding van de kosten van ondervanging van de schade dan wel een schadevergoeding toe. De rechthebbende is in dat geval gehouden tot overdracht van de rechten welke hij tegenover derden mocht kunnen doen gelden.

Artikel 7.20 Waterwet

- 1 Ingeval de rechtbank de vordering, bedoeld in [artikel 7.18, derde lid](#), gegrond acht, veroordeelt zij de vergunninghouder tot overneming en tot betaling van de overnemingsom. Tegen het vonnis staat geen ander rechtsmiddel open dan beroep in cassatie. Het beroep in cassatie moet op straffe van niet-ontvankelijkheid binnen acht dagen na het instellen ervan worden ingeschreven in de registers, bedoeld in [artikel 433 van het Wetboek van Burgerlijke Rechtsvordering](#).
- 2 Op de vaststelling van de overnemingsom zijn de [artikelen 27, eerste en tweede lid, 28, eerste, tweede en derde lid, 29 tot en met 35](#) en [37, eerste lid, van de Ontheffingswet](#) van overeenkomstige toepassing, met dien verstande, dat de rechtbank in plaats van één of een oneven aantal deskundigen ook twee deskundigen kan benoemen.
- 3 Het vonnis waarbij de vergunninghouder tot overneming is veroordeeld, kan worden ingeschreven in de openbare registers, bedoeld in [afdeling 2 van titel 1 van Boek 3 van het Burgerlijk Wetboek](#), nadat het in kracht van gewijsde is gegaan. Door inschrijving van het vonnis gaat de eigendom op de vergunninghouder over.

Schadevergoeding bij grondwateronttrekkingen

In [artikel 7.18 Waterwet](#) en verder is de oude regeling van de Grondwaterwet voor schadevergoeding bij grondwateronttrekkingen overgenomen. Volgens deze artikelen is de houder van een watervergunning voor het onttrekken van grondwater verplicht om schadelijke gevolgen van de onttrekking zoveel mogelijk te voorkomen en zo nodig te compenseren, voor zover dit redelijkerwijs van hem gevergd kan worden. De algemene regeling van schadevergoeding voor rechtmatig overheidshandelen in paragraaf 3 van hoofdstuk 7 Waterwet is hierop dus niet van toepassing.

De schadevergoeding wordt uitgekeerd aan een ieder die enig recht heeft op het gebruik of het genot van de onroerende zaak, zoals een huurder of eigenaar. Als de eigenaar meent dat het belang van de onroerende zaak voor hem door de grondwateronttrekking te gering is geworden, kan hij van de vergunninghouder eisen dat deze de zaak van hem koopt. Dit kan hij ook eisen nadat hij schadevergoeding van de vergunninghouders heeft ontvangen, al zal het ontvangen van schadevergoeding wel van invloed zijn op de verkoopprijs. Vorderingen op grond van artikel 7.18 Waterwet staan ter kennisneming bij rechtbank binnen wier rechtsgebied de onroerende zaak of het grootste gedeelte daarvan ligt.

[Artikel 7.19 Waterwet](#) biedt benadeelden de mogelijkheid om Gedeputeerde Staten te verzoeken een onderzoek in te stellen naar de vraag of schade is veroorzaakt door één of meer vergunde onttrekkingen. Indien niet duidelijk is door welke onttrekking de schade is veroorzaakt, besluiten Gedeputeerde Staten over de toe te kennen schadevergoeding. In dit geval dient de benadeelde afstand te doen van de rechten die hij op derden mocht kunnen doen gelden.

Bijlage B Jurisprudentie invloedsg gebied droogteschade

AB 1988/238: ABRvS 10 april 1986

“De beschikbare gegevens vormden voor de deskundigen kennelijk een verantwoorde basis voor het maken van de nodige berekeningen. **Op grond van die berekeningen verwachten de deskundigen voor het Leikeven dalingen van de bovenste grondwaterstand van maximaal 3 cm tot 5 cm, voor het Plakkeven maximaal 2 cm tot 3 cm.** Bij die berekeningen is nog niet verwerkt een aantal mogelijke gunstige factoren, vermeld in onze bestreden beschikking. **Onafhankelijk van die gunstige factoren zullen de te verwachten grondwaterstandverlagingen slechts zeer beperkte gevolgen hebben op de waterhuishouding ter plekke.** Wij achten op grond van de ons uitgebrachte adviezen meer gegevens dan de reeds beschikbare niet nodig. Wij achten het hier behandelde bezwaar ongegrond.”

“De Afd. overweegt daarnaast dat van de kant van appellante onvoldoende aannemelijk is gemaakt dat verweerders niet mochten afgaan op de tevens uitgebrachte ambtelijke adviezen, **waaruit naar voren is gekomen dat hoewel een geringe beïnvloeding van de "stijghoogte" van het grondwater ter plaatse van het natuurgebied het Leikeven en het Plakkeven niet is uit te sluiten een eventuele doorwerking slechts zeer beperkt zal optreden en naar verwachting ook zeer beperkte gevolgen met zich zal brengen.** Daarbij acht de Afd. van belang dat verweerders aan de vergunning een aantal voorwaarden hebben verbonden ten einde deze gevolgen zoveel mogelijk te beperken. Een van deze voorwaarden is dat binnen vijf jaar na het in werking treden van de vergunning de opgetreden veranderingen van de waargenomen stijghoogten van het grondwater in de onderscheiden watervoerende pakketten moeten worden geanalyseerd en het daarover uit te brengen rapport in overleg met de provinciale waterstaat moet worden opgesteld. Niet zonder gewicht is voorts dat verweerders ter zitting hebben verklaard dat de situatie ter plaatse voortdurend in het oog wordt gehouden.

Gelet hierop is de Afd. van oordeel dat niet met vrucht kan worden gesteld dat verweerders zich bij afweging van de belangen betrokken bij een goed grondwaterbeheer niet in redelijkheid op het standpunt hebben kunnen stellen dat verlening van de onderhavige vergunning strookt met een goed beheer van het grondwater.”

AB 1988/515: ABRvS 1 september 1988

“dat uit de berekeningen blijkt, dat er bij een onttrekking van 700 000 m³ per jaar **een maximale verlaging van 5 cm optreedt** in een gebied rond de winningsmiddelen tot aan de bebouwing van Bellingwolde, en dat er bij een onttrekking van 1 200 000 m³ per jaar een maximale verlaging van 9 cm kan optreden;

dat deze uitkomsten de reeds op grond van de waarnemingen gegeven analyse bevestigen, dat van een invloed op de bovenste grondwaterstand, zeker bij een onttrekking van 700 000 m³ per jaar, waarschijnlijk **nauwelijks sprake is**;

dat naar mag worden aangenomen, eventuele grondwaterstands dalingen in de hierboven berekende orde van grootte **geen schade zullen veroorzaken**;

“Voorts hebben verweerders, ten einde meer zekerheid te verkrijgen omtrent eventuele dalingen van de grondwaterstand ten gevolge van de waterwinning door "Okto" BV, aanvullende berekeningen laten verrichten door het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, uit welke berekeningen blijkt dat onttrekkingen van 700 000 m³, c.q. 1 200 000 m³, kunnen leiden tot een daling van de grondwaterstand **van ten hoogste 5, resp. 9 cm in** een gebied rond de waterwinningsmiddelen tot aan de bebouwing van Bellingwolde.

Naar het oordeel van de Afd. kan in redelijkheid niet worden staande gehouden dat verweerders over onvoldoende gegevens beschikten om tot een verantwoorde besluitvorming te kunnen komen.

De Afd. overweegt daarnaast dat van de kant van appellanten onvoldoende aannemelijk is gemaakt dat verweerders niet mochten afgaan op de aan hen uitgebrachte adviezen **waaruit blijkt dat de vergunde waterwinning slechts zeer beperkte gevolgen heeft voor de grondwaterstand in het betrokken gebied.**"

AB 2003/263: ABRvS 13 mei 2003

"Niet in geschil is dat ter plaatse van het landgoed de grondwaterstanden relatief laag zijn en dat als gevolg van de bij het bestreden besluit vergunde onttrekking de grondwaterstand verder zal dalen. Deze verlaging bedraagt in het Landgoed Hiddink blijkens het voornoemde Arcadis-rapport van 16 mei 2002 **maximaal 5 à 7 centimeter na dertig jaar.** Weliswaar wordt in het voornoemde rapport van Hanhart Consult de verlaging van de gemiddeld laagste grondwaterstand in het landgoed als gevolg van grondwateronttrekking geschat op één tot enige decimeters, maar hierbij is geen onderscheid gemaakt in de onttrekking door vergunninghoudster en die door het Waterleidingbedrijf Gelderland, zodat op grond van dit rapport geen conclusies kunnen worden getrokken over de gevolgen van de in dit beroep aan de orde zijnde onttrekking. Evenmin is in geschil dat de grondwaterstand ter plaatse van het landgoed, afhankelijk van het seizoen, kan fluctueren tussen 0,50 en 2,50 meter onder maaiveld. **Met het oog op deze natuurlijke fluctuatie van de grondwaterstand stelt de Afdeling vast dat een verlaging van de grondwaterstand van 5 à 7 centimeter betrekkelijk gering is.**

De Afdeling is van oordeel dat verweerder zich in redelijkheid op het standpunt heeft kunnen stellen dat de door de vergunde onttrekking veroorzaakte verlaging van de grondwaterstand niet tot een zodanige verdroging van het landgoed zal leiden dat de vergunning om die reden had moeten worden geweigerd.

Gezien het vorenoverwogene kan hetgeen appellant heeft aangevoerd niet leiden tot het oordeel dat verweerder niet in redelijkheid de onderhavige vergunning heeft kunnen verlenen."

AB 1996/158: ABRvS 28 december 1995

"Ter zitting is door appellante sub 1 aangevoerd dat ook een zeer geringe daling in de orde van grootte van enkele centimeters desastreuze gevolgen zou kunnen hebben.

Te dien aanzien overweegt de Afdeling, dat dit gevolg niet aannemelijk is daar een daling als hier bedoeld zeer ruim binnen de natuurlijke schommelingen in de grondwaterstand ligt.

Gelet op het vorenstaande acht de Afdeling het bezwaar dat verweerders ten onrechte geen onderzoek hebben verricht naar de omvang van de negatieve gevolgen van de grondwateronttrekking voor de ter plaatse aanwezige natuurwaarden ongegrond; **er was geen aanleiding om dergelijke gevolgen te verwachten.**"

AB 2005/87: ABRvS 2 februari 2005

"2.4.1. Verweerder heeft in zijn besluit overwogen dat grondwateronttrekkingen ten behoeve van het drooghouden van een bouwput volgens het Waterhuishoudingsplan provincie Noord-Holland 1998-2002 (verlengd tot 2006) in beginsel zijn toegestaan. Wel dient schade aan belangen van derden door onder meer zettingen of verdroging van de bodem te worden voorkomen. **De vergunning voorziet in bemaling in het gebied waarin een grondwaterstandverlaging van meer dan 5 centimeter is te verwachten.** Volgens verweerder worden de nadelige gevolgen van de grondwateronttrekking in voldoende mate voorkomen dan wel beperkt."

ABRvS 4 november 2009, [ECLI:NL:RVS:2009:BK1986](#)

2.9. Bij haar uitspraak van 24 maart 2004 heeft de Afdeling het verzoek van appellanten aangemerkt als een verzoek om nadeelcompensatie. De Afdeling heeft overwogen dat uit het rapport van TNO blijkt dat de gestelde schade buiten een zone van 3,5 kilometer vanaf het Oosterkanaal redelijkerwijs niet kan worden toegerekend aan de besluiten van 18 februari 1992 en 6 juni 1995. Ten aanzien van het betoog van het college dat uit berekeningen is gebleken dat binnen het invloedsgebied in het algemeen geen grondwaterstandverhogingen van meer dan 1 centimeter zijn te verwachten en dat **slechts in incidentele gevallen een grondwaterstandverhoging van maximaal 5 centimeter zou kunnen optreden**, heeft de Afdeling in die uitspraak overwogen dat dit betoog betrekking had op het invloedsgebied van ongeveer 3,5 kilometer. De Afdeling oordeelde dat het college gelet hierop en in aanmerking genomen dat blijkens het TNO-rapport de optimale grondwaterstand voor bollengrond circa 55 centimeter onder het maaiveld ligt **en slechts zeer geringe afwijkingen van enkele centimeters acceptabel zijn**, onvoldoende heeft gemotiveerd en onderzocht waarom geen causaal verband kan worden aangenomen tussen de wijziging in het waterwinregime als gevolg van de besluiten van 18 februari 1992 en 6 juni 1995 en de gestelde schade.

2.10 In zijn rapport heeft Van den Akker bepaald wat de maximaal claimbare schade in het seizoen 1996/1997 als gevolg van de wijziging van het waterwinregime is geweest. Van den Akker heeft daartoe de voor de grondwaterstand bepalende factoren in beschouwing genomen, te weten de wijziging van het waterwinregime en de drooglegging van de percelen (het verschil tussen maaiveldhoogte en boezempeil). Wat betreft het waterwinregime heeft Van den Akker vastgesteld dat een stijghoogteverandering van 15 centimeter in het diepere watervoerende pakket slechts voor een deel doorwerkt in de grondwaterstanden in het bovenste watervoerende pakket. Dit als gevolg van de aanwezigheid van een kleilaag tussen deze watervoerende pakketten. Die doorwerking bedraagt volgens Van den Akker gemiddeld 5%. Zij bedraagt volgens Van den Akker 30% in een worst-case situatie. **Die doorwerking van 5% betekent volgens het deskundigenbericht voor de grondwaterstand op perceelsniveau een stijging van 1 centimeter. In een worst-case situatie bedraagt de stijging van de grondwaterstand volgens het deskundigenbericht 2 tot 3 centimeter.** Volgens Van den Akker bedraagt de optimale drooglegging 0,6 tot 0,7 meter. Een ongunstige drooglegging, van minder dan 0,6 meter, wordt volgens Van den Akker een omstandigheid geacht die voor rekening en risico van de betrokkenondernemer komt.

ABRvS 10 februari 2010, [ECLI:NL:RVS:2010:BL3331](#) (ontgrondingsactiviteit?)

2.9. Bij besluit van 30 januari 2007 heeft het college een vergunning krachtens artikel 16 van de Nbw 1998 verleend aan [vergunninghoudster] voor ontgrondingsactiviteiten in de omgeving van het beschermd natuurmonument de Brunssummerheide. De Afdeling heeft dit besluit bij uitspraak van 26 maart 2008 in zaak nr. [200701860/1](#) vernietigd. Hiertoe heeft de Afdeling overwogen:

"De Afdeling acht het, gelet op het deskundigenbericht, als uitgangspunt niet onredelijk dat het college bij de beoordeling van de gevolgen van de grondwaterstandverlagingen in Limburg uitgaat van de **zogenoemde 5 cm- norm**. **Dit uitgangspunt ontslaat het college echter niet van de plicht om te bezien of die norm van toepassing kan worden geacht op alle in het gebied aanwezige natuurlijke kenmerken.** In het bestreden besluit en in de passende beoordeling is geen blijk gegeven dat het college dit onder ogen heeft gezien, nu geen specifiek op de in het natuurgebied aanwezige hoogveenvegetatie toegesneden beoordeling van de gevolgen van de ontgrondingsactiviteiten, ook bij een mindere daling van de grondwaterstand, heeft plaatsgevonden. De Afdeling acht hierbij van belang dat in het deskundigenbericht is vermeld dat er vegetatietypen zijn waar een verlaging van 5 cm kritisch is, dat daarbij ook de droge delen van het jaar relevant zijn en dat er door het ontbreken van toegespitst onderzoek naar de hoogveenvegetatie, dat inzicht zou kunnen geven in onder meer de staat van instandhouding van bedoelde vegetatie, geen referentiekader (nul-situatie) is voor de beoordeling van de (kwalitatieve en kwantitatieve) effecten

van de activiteiten. Het ontbreken van een dergelijke specifieke beoordeling klemt te meer nu uit de stukken en het verhandelde ter zitting is gebleken dat de vegetatie "actief hoogveen" in het natuurgebied de Brunssummerheide (in Nederland) uniek is, aangezien het in tegenstelling tot andere hoogveenvegetaties afhankelijk is van grondwater. Gelet hierop is naar het oordeel van de Afdeling thans geen sprake van een volledige passende beoordeling op grond waarvan geoordeeld zou kunnen worden dat redelijkerwijs geen twijfel bestaat dat er geen aantasting van de natuurlijke kenmerken in het gebied plaatsvindt.

2.13.2. De resultaten van de metingen en berekeningen van het meet- en regelsysteem worden getoetst aan de grenswaarden die in bijlage 3 in samenhang gezien met voorschrift 5 van de vergunning zijn opgenomen. **Eén van de grenswaarden betreft de maximaal toelaatbare grondwaterstandverlaging van 5 centimeter die geldt zolang de grondwaterstand boven de zogenoemde alarmgrens blijft.** Anders dan de Stichting en Milieudefensie mogelijk veronderstellen is deze norm niet dezelfde norm als de 5 cm-norm uit de bij uitspraak van 26 maart 2008 vernietigde vergunning van 30 januari 2007. De norm is anders dan in het kader van de vernietigde vergunning niet uit provinciaal beleid overgenomen, maar tot stand gekomen door een vergelijking te maken tussen de grondwaterstanden van het droogste en het één na droogste jaar in de drie peilbuizen in dan wel nabij het brongebied. Naast een maximaal toelaatbare verlaging is thans in de vergunning een absolute norm vastgesteld waaronder geen verlagingen als gevolg van de zandwinning toegestaan worden. De norm verschilt voor het diepe en het ondiepe water in het brongebied. Voorts zijn in relatie tot de absolute norm per peilbuis twee afgeleide normen vastgesteld die als signaleringswaarde en alarmgrens dienen. Gelet op het voorgaande ziet de Afdeling geen aanknopingspunten voor het oordeel dat de grenswaarden onvoldoende zijn toegesneden op de verschillende natuurlijke kenmerken in het natuurgebied.

2.14.2. In rechtsoverweging 2.12.5. is overwogen dat naar het oordeel van de Afdeling geen aanleiding bestaat voor het oordeel dat aan het geohydrologisch model dusdanige gebreken kleven dat het college dit model niet had mogen toepassen. Gelet hierop heeft het college de voorspellingen van het geohydrologisch model tot uitgangspunt kunnen nemen. In het hydrologisch rapport zijn de met dit model doorgerekende effecten weergegeven. Uit dit rapport kan worden afgeleid dat in de slechtst denkbare situatie in een deel van het brongebied, waaronder de zuidoosthoek, **verlagingen optreden die groter zijn dan 5 centimeter**, maar dat deze verlagingen kunnen worden gecompenseerd door retourbemaling. Mochten de voorspellingen van het geohydrologisch model ongunstiger uitvallen, dan wordt dit door het meet- en regelsysteem onderkend en kunnen tijdig maatregelen worden genomen.