



Het invloedsgebied van grondwateronttrekkingen voor droogteschade

Utrecht, mei 2023

Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	3
2. Het effect van grondwateronttrekking op grondwaterstanden.....	5
3. De maatgevende parameters voor het bepalen van droogteschade	9
4. Droogteschade in perspectief	11
5. Procedure voor vaststelling gewasschade	13
6. Nauwkeurigheid van meten van grondwaterstanden en stijghoogtes.....	15
7. Methoden voor de berekening van de effecten van een onttrekking	18
8. De nauwkeurigheid van berekening van grondwaterstands­daling door onttrekking .	21
8.1 Nauwkeurigheid volgend uit tijdreeksanalyse	21
8.2 Nauwkeurigheid van GXG-verandering berekend met een grondwatermodel	23
9. Betrouwbaarheid en onderscheidend vermogen.....	25
10. Conclusies	27
Referenties	29
Bijlage A Relevante artikelen van de Waterwet.....	31
Bijlage B Jurisprudentie invloedsgebied droogteschade.....	33

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 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 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. In het najaar van 2018 zijn echter vragen ontstaan 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 AdviesCommissie Schade Grondwater (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. Het doel van deze studie is om op basis van de huidige kennis, data en modellen na te gaan of er aanleiding is om de huidige grens van 5 cm aan te passen met oog op de impact op de bepaling van schades. Een eerste document versie is uitgebracht in 2019. Dit is de tweede versie van het document, waarin met name de werking van onttrekkingen in het verzadigde grondwatersysteem en de modellering ervan uitgebreider wordt beschreven.

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 gevuld met zoet grondwater en de sterke beheersing van ondiepe grondwaterstanden. Andere factoren die grondwaterstudie 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, industrie of infrastructuur, moet worden vergoed. Een en ander heeft dan ook zijn weerslag gevonden in de Waterwet (Bijlage A) en jurisprudentie (Bijlage B). Daarin heeft de 5 cm grens een vaste plaats gekregen.

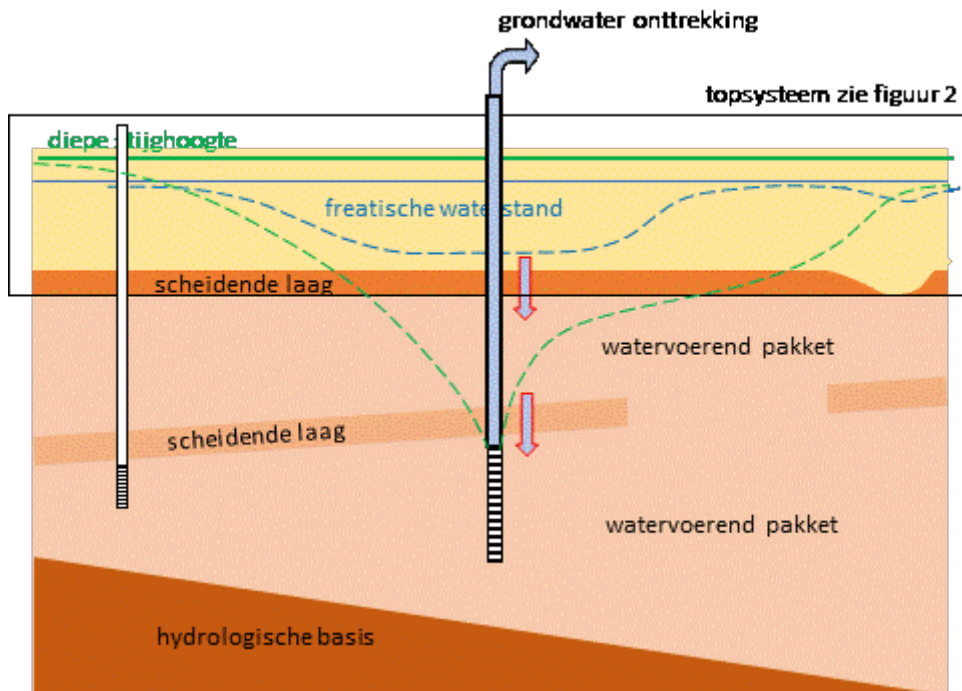
In hoofdstukken 2 tot en met 5 worden de achtergrond van het gebruik, door de ACSG, van de 5 cm contour beschreven. In hoofdstuk 2 leggen we uit hoe ondiepe grondwaterstanden worden beïnvloed door grondwateronttrekkingen in diepe lagen. In hoofdstuk 3 beschrijven we de maatgevende parameters voor het bepalen van droogteschade. In hoofdstuk 4 zetten we droogteschade door grondwaterstandsverlagingen van rond de 5 cm in het perspectief van weersinvloeden. In hoofdstuk 5 beschrijven we de ACSG procedure voor het vaststellen van droogteschade.

In hoofdstukken 6 tot en met 8 gaan we in op de vraag hoe betrouwbaar de 2 of 5 cm contour van grondwaterstandsverlaging vastgesteld kan worden. In hoofdstuk 6 evalueren we hoe goed grondwaterstanden kunnen worden gemeten, aangezien die metingen de basis vormen voor het vaststellen en simuleren van verlagingen. In hoofdstuk 7 leggen we uit hoe de rekenmethoden werken waarmee grondwaterstandsverlagingen kunnen worden

bepaald. In hoofdstuk 8 gaan we in op de vraag hoe goed deze rekenmethoden de grondwaterstandsaling door onttrekkingen kunnen berekenen. In hoofdstuk 9 schenken we aandacht aan de betrouwbaarheid en het onderscheidend vermogen, gegeven een zekere meetfout en grondwaterstandsaling. Tot slot sluiten we in hoofdstuk 10 af met samenvattende conclusies.

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



Figuur 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 onttrekking waar de diepste stijghoogte / grondwaterstand wordt gegenereerd. Daardoor treden nabij de winning de grootste verlagingen op en neemt het effect van verlaging van de grondwaterstand af met de afstand tot de winning. In een ideaal geval waarin de lagen in de ondergrond continue zijn, zoals in Figuur 1 links van de onttrekking, is de grondwaterstandsverlaging gerelateerd aan de verhouding van de afstand tot de onttrekking en de zogeheten spreidingslengte. De spreidingslengte wordt bepaald uit de combinatie van de weerstanden van de scheidende lagen en de doorlaatvermogens van de watervoerend pakketten. De verlaging in het watervoerend pakket geeft een verlaging in het topsysteem, waarin de spreidingslengte meestal kleiner is dan die in diepere lagen. De verlaging van de grondwaterstand in het bovenste watervoerend pakket, het zogeheten topsysteem, wordt gedempt door de aanwezigheid van waterlopen. Deze demping is afhankelijk van hoe dat

topsysteem reageert met de waterlopen en drainage en varieert door de tijd bijvoorbeeld tijdens natte en droge perioden, zie hierna.

In veel gevallen zijn de lagen in de ondergrond niet continu en varieert de dikte en samenstelling, zie Figuur 1 rechts van de onttrekking. Bij het lokaal ontbreken van scheidende lagen kan de verlaging in het watervoerend pakket leiden tot verlagingen in de freatische grondwaterstand op afstanden groter dan bij een ideaal gelaagd systeem, zie Figuur 1, rechts van de onttrekking.

De freatische grondwaterstand wordt bepaald door de grondwaterstroming in de bovenste lagen ofwel in het topsysteem (zie Figuur 1 omkadering). In het topsysteem wordt de verlaging door de diepe winning gedempt door de weerstand van de scheidende laag (d) en de verdeling van de stroming (flux) naar en van het oppervlakte water en/of het drainage systeem, zie Figuur 2 en 3. De ruimtelijk variatie in de freatische grondwaterstand wordt lokaal bepaald door de aanwezigheid van waterlopen en drainage middelen. De freatische waterstand varieert sterker in de tijd dan de stijghoogte in het watervoerend pakket onder scheidende lagen (zie Figuur 1) doordat neerslag en verdamping van boven komen. Omgekeerd geldt ook dat de dynamiek in de freatische waterstand door natte en droge perioden in meer of mindere mate gedempt wordt doorgeven naar de diepere lagen.

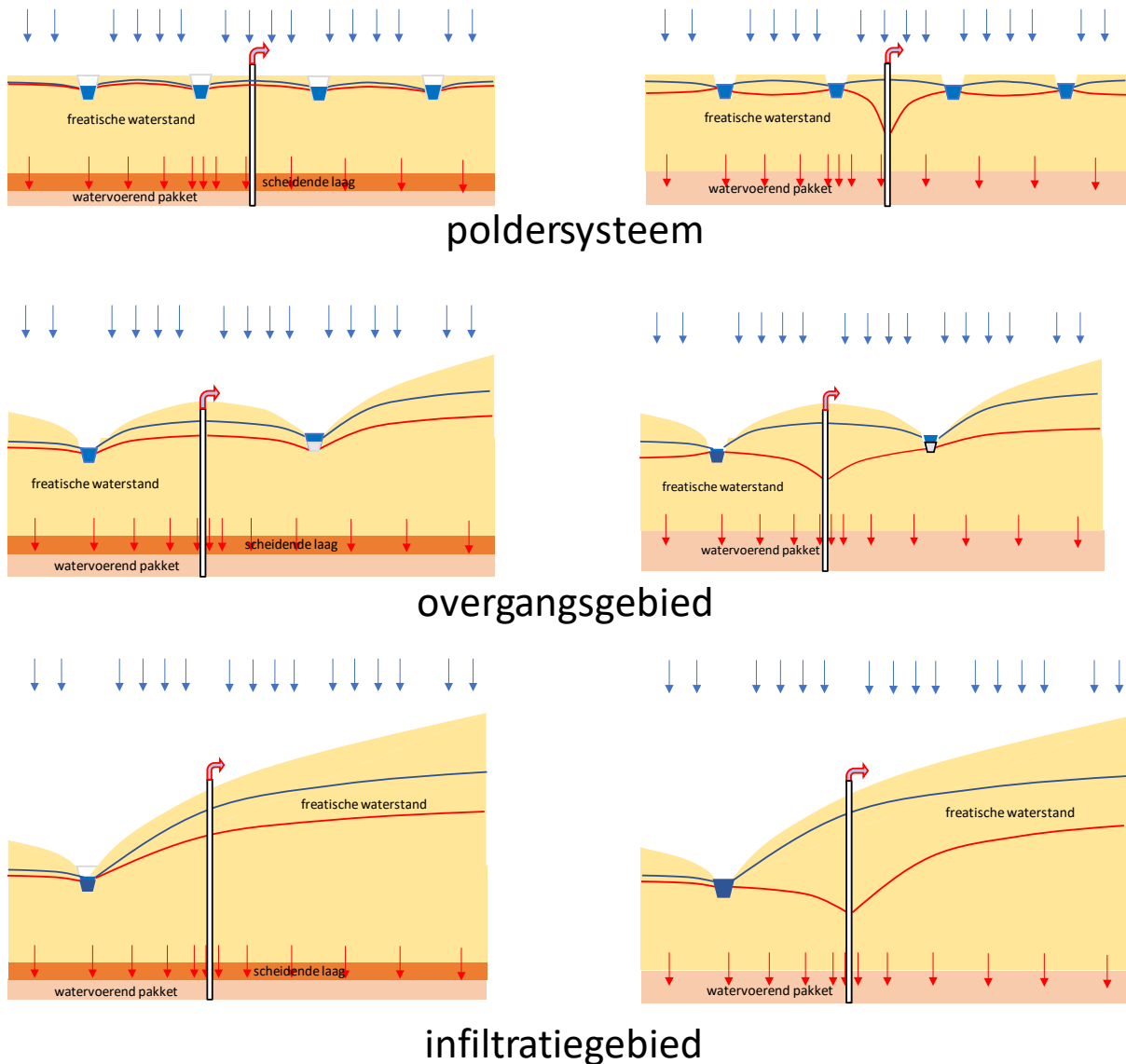
Samengevat: de variatie in de freatische grondwaterstand wordt hoofdzakelijk bepaald door invloeden op en aan maaiveld. De invloed van de winning komt van onderen en heeft een ander karakter wat betreft het verloop in tijd en plaats.

Voor de droogteschade van landbouw is vooral de verandering in de freatische grondwaterstand tijdens de overgang van nat naar droog van belang, die zich vertaalt in verandering van het vochttekort in het groeiseizoen. Figuur 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 (Figuur 2, boven) zijn waterlopen permanent watervoerend en is de demping constant. In een (natuurlijk) infiltratiegebied (Figuur 2, onder) is oppervlaktewater afwezig en is er geen demping. In zowel poldersysteem als infiltratiegebied verandert het doorstroomde systeem van grondwaterafvoer niet met de grondwaterstand. Dan is sprake een lineaire relatie tussen de grondwaterafvoer (naar waterlopen of omlaag naar de winning) en de grondwaterstand.

In een overgangsgebied (Figuur 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, is de grondwaterafvoer naar oppervlaktewater er niet meer en wordt de demping van de verlaging nihil. Door dit droogvallen is de demping (van de

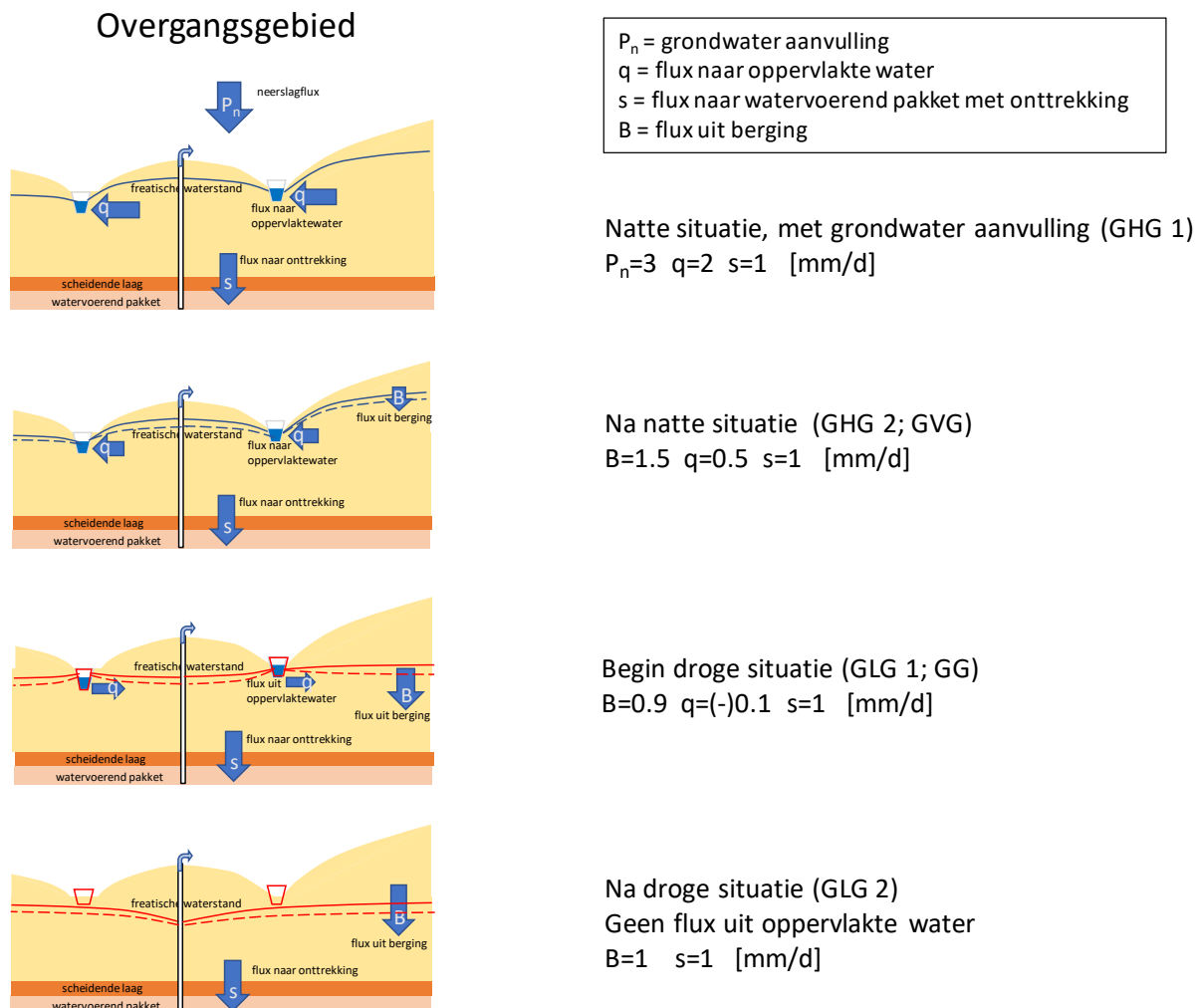
grondwaterstandsverlaging) dus variabel met de grondwaterstand en dus niet-lineair in plaats en tijd. In Figuur 3 is dit schematisch uitgewerkt met getal voorbeelden.



Figuur 2. Schema van topsystemen (zie figuur 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.

Figuur 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 (Figuur 3, boven). Zolang de afvoer van het grondwater naar het oppervlaktewater in stand blijft, wordt de verlaging in het freatisch vlak daardoor sterk gedempt (Figuur 3, midden boven). Neemt die afvoer af (Figuur 3, midden onder), zelfs tot nihil bij droogvallende sloten (Figuur 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.



Figuur 3. Verandering van grondwaterstand (van doorgaande naar gestippelde 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.

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. Dit niet-lineaire gedrag heeft een significante invloed op droogteschade en speelt een belangrijke rol in de keuze van de methode van bepaling van de grens van beïnvloeding.

3. De maatgevende parameters voor het bepalen van droogteschade

De grens van het invloedsgebied voor het bepalen van de droogteschade hangt mede af van de grootte en de nauwkeurigheid waarmee we de droogteschade kunnen vaststellen. 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 door grondwaterstanden, ook sterk beïnvloed door de eigenschappen van de bovenste bodemlagen, de kenmerken van het gewas (zoals verdamping en beworteling), en de weersomstandigheden.

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), kortweg GxG, van een tijdreeks. Met deze twee grondwaterstanden wordt (de verandering in) het verloop van de grondwaterstand tijdens het groeiseizoen al decennia lang gekarakteriseerd voor het bepalen van de droogteschade. Het gebruik van GxG is gebaseerd op de ervaring van een grote groep agrohydrologen (Ritzema et al., 2012a,b). De GHG en GLG worden bepaald op basis van metingen met intervallen van 2 weken. De GHG is gelijk aan het gemiddelde van de 3 hoogste grondwaterstanden in een jaar (rond de 14^{de} en 28^{ste} gemeten), en dit gemiddeld over een periode van minimaal 8 jaar (Ten Cate et al., 1995). Op dezelfde wijze is de GLG gedefinieerd.

De verandering van de GLG en GHG door een waterwinning volgt uit het verschil van twee waarden en is daarom op zich niet afhankelijk van maaiveld of enige referentie niveau. De begrenzing van de invloed van een onttrekking wordt daarom in dit document bepaald in termen van de verandering van de GxG. In de tabelversie van de nieuwe Waterwijzer Landbouw (WWL), zie hoofdstuk 4, wordt de GxG op dezelfde wijze gebruikt, dat wil zeggen als verschil waarde. In de regionale en lokale versie van de WWL worden veranderingen in dynamische grondwaterstanden gekoppeld aan dieptes ten opzichte van maaiveld.

Er bestaan 5 methoden voor het afleiden van de GxG: (i) berekening uit een tijdreeks van grondwaterstandsmetingen; (ii) statistische modellen; (iii) procesmodellen; (iv) open boorgatenmethode en (v) expertkennis. Hierbij is (i) volgens de definitie de formele berekeningsmethode, terwijl de methoden (ii) tot (v) worden gebruikt als praktische representatie en in feite niet een formele GxG zijn. Hieronder worden de vijf methoden beschreven.

(1) 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 (zie onder). 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.

(2) 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. Op basis van de zo verkregen tijdreeks kan de GxG waarde worden bepaald.

(3) Grondwatermodellen geven een ruimtelijke en tijdsafhankelijke verdeling van de grondwaterstand gebaseerd op kennis over de ondergrond, het oppervlakte watersysteem en de netto grondwater aanvulling vanuit de onverzadigde zone. Het is op dit moment in sommige gevallen nog niet mogelijk om de werkelijke GHG en GLG goed na te bootsen in deze modellen. Het gebruik van de modeluitkomsten vergt in die gevallen berekening van GxG met inachtneming van metingen.

(4) Bij gerichte opname met open boorgaten 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. Bij deze methode met goed gelet worden op representatieve locaties van de peilbuizen.

(5) Ten slotte kan temporele opschaling ook met expertkennis waarbij gebruik wordt gemaakt van de aanwezige hydromorfe kenmerken en wordt vastgesteld in hoeverre deze passen bij de huidige ontwateringssituatie. Voorwaarde voor een betrouwbare inschatting van de GxG op basis van profiel- en veldkenmerken is een goed inzicht in de regionale hydrologie en bodemgesteldheid.

Van alle methoden leidt alleen het gebruik van grondwatermodellen ook tot een continue ruimtelijke verdeling (op de rekenpunten) die nodig is om een contour te bepalen. In de meeste gevallen wordt de 5 cm contour voor gebruik bij de ACSG dan ook afgeleid op basis van een grondwatermodel en wordt GxG informatie in latere proces-stadia aangevuld en verbeterd op basis van additionele (veld-)informatie (zie hoofdstuk 7 en 8).

4. Droogteschade in perspectief

Voor het vaststellen van de verlagingsgrens binnen het invloedsgebied van een onttrekking is zowel de grootte van de droogteschade als de nauwkeurigheid waarmee zij vastgesteld kan worden van belang. Aangezien de discussie over het invloedsgebied vanuit de landbouwsector is ontstaan, zijn de schadevoorbeelden ontleend aan de landbouw.

Droogteschade wordt berekend ten opzichte van de optimale groeiomstandigheden. Door de natuurlijke variatie in neerslag en verdamping treedt zogeheten natuurlijke opbrengstreductie op. In dit hoofdstuk vergelijken we de grootte van opbrengstreductie door verschillende verlagingen rond een grondwaterwinning met de natuurlijke opbrengstreductie door de seizoensinvloeden over de jaren heen.

In de jaren 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. Met Waterwijzer Landbouw (WWL-tabel 4.0.4) is de droogteschade van gras en maïs berekend voor de drie meest voorkomende bodemsoorten bij twee GxG combinaties en GHG/GLG verlagingen van 1/3, 3/7 en 5/15 cm, waarbij rekening wordt gehouden met dat de GHG minder verlaagd dan de GLG (zie hoofdstuk 2, figuur 2 en 3). Hoewel de tabeltoepassing van Waterwijzer Landbouw minder nauwkeurig is dan de regionaal- of maatwerk toepassing, is de tabeltoepassing voldoende nauwkeurig voor indicatieve berekeningen. 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 (1.5 %) vindt plaats bij gras op zand bij de GxG combinatie 80/150 cm en GHG/GLG dalingen van 5/15 cm. Bij maïs op zavel zijn de verminderingen van natschade groter dan de toename van droogteschade, zodat de grondwaterstandsdingen leiden tot toename van de gewasopbrengst. Bij een GHG/GLG daling van 1/3 cm is de droogteschade in alle gevallen minder dan 0,4% of 15 € per ha per jaar. Bij een jaarlijkse uitkering van 15 € over 30 jaar en een gemiddeld rentepercentage van 3% bedraagt de contante waarde 294 € per ha.

Tabel 1. Indicatieve opbrengstverandering (%) berekend met Waterwijzer Landbouw Tabel voor gras en maïs, drie bodemsoorten, twee combinaties GxG en GHG/GLG van 1/3, 3/7 en 5/15 cm.

Gewas	Gras						Maïs					
	80/150			100/170			80/150			100/170		
Daling (cm)	1/3	3/7	5/15	1/3	3/7	5/15	1/3	3/7	5/15	1/3	3/7	5/15
Zand (3015)	-0.4	-0.9	-1.5	-0.1	-0.4	-0.7	-0.4	-1.0	-1.7	-0.2	-0.4	-1.0
Zavel (4018)	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.2	0.5	0.9	0.4	0.9	1.6
Klei (4001)	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1

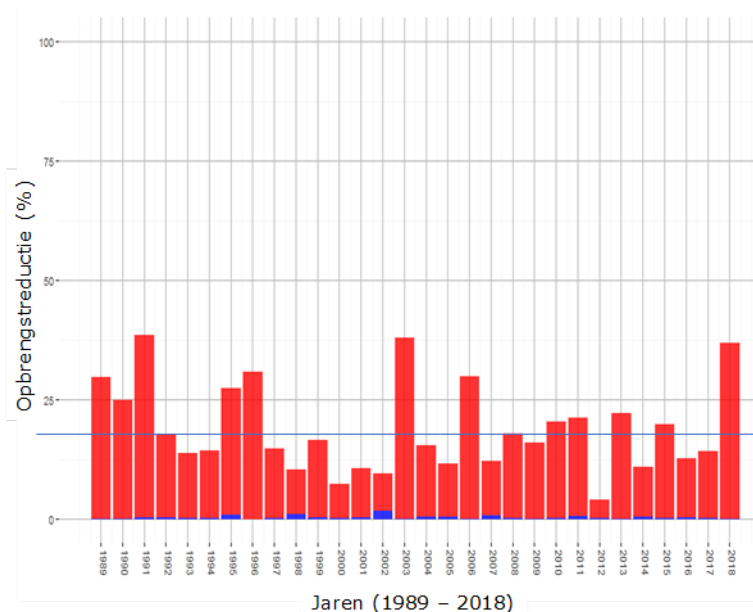
Tabel 2. Indicatieve opbrengstverandering (€ /ha /jaar)⁽¹⁾ berekend met Waterwijzer Landbouw Tabel voor gras en maïs, drie bodemsoorten, twee combinaties GxG en GHG/GLG dalingen van 1/3, 3/7 en 5/15 cm.

Gewas	Gras						Maïs					
	80/150			100/170			80/150			100/170		
GHG/GLG (cm)	1/3	3/7	5/15	1/3	3/7	5/15	1/3	3/7	5/15	1/3	3/7	5/15
Zand (3015)	-14.25	-32.06	-53.43	-3.56	-14.25	-24.93	-16.40	-40.99	-69.68	-8.20	-16.40	-40.99
Zavel (4018)	0.00	-3.55	0.00	0.00	-3.55	-3.55	8.19	20.48	36.86	16.38	36.86	65.54
Klei (4001)	0.00	0.00	-3.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.93	-3.93

(1) De kosten zijn uitgedrukt in aankoop van veevoer, zoals beschreven voor WWL-tabel 4.0.4.

De kosten voor verzameling, analyse en rapportage van gegevens voor het vaststellen van droogteschade bedragen in 2022 circa 275 € per ha. De onderzoekskosten liggen dus in dezelfde orde van grootte als de maximale droogteschade bij 1/3 cm GHG/GLG 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 jaarlijkse fluctuaties in het neerslagtekort tijdens het groeiseizoen. Figuur 4 geeft de opbrengstreductie weer zoals berekend met Waterwijzer Landbouw Maatwerk voor een grasland op een zwak lemige zandbodem met GHG/GLG 100/200 cm onder maaiveld en voor de jaren 1989-2018. Om de natuurlijke droogtestress te berekenen, is geen berekening toegepast. De berekende droogteschade



Figuur 4. Opbrengstreductie van grasland op een zwak lemige zandbodem berekend met Waterwijzer Landbouw Maatwerk voor de periode 1989-2018. Rood geeft de reductie door te droog aan, en blauw reductie door te nat. Bron: Martin Mulder, WENR, 2019.

door het weer varieert van 4,1% in het natte jaar 2012 tot 36,7% in het droge jaar 2003. Langjarig gemiddeld is de droogteschade circa 20% (zie figuur 4). We kunnen deze gemiddelde droogteschade door het weer vergelijken met de berekende opbrengstverandering bij 1/3 cm GHG/GLG daling door een onttrekking in Tabel 1. Deze opbrengstdepressie bedragen voor een zandgrond 0 - 0,4% (gemiddeld circa 0.2%) en zijn een factor 100 kleiner dan de natuurlijke droogteschade.

Uit bovenstaande kan worden geconcludeerd dat de afname van gewasopbrengst door GHG/GLG dalingen kleiner dan 3/7 cm wegvalt tegen het effect van het weer en daarom veel kleiner is dan het normale ondernemersrisico.

5. 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. Het direct bepalen uit metingen van deze verlaging is meestal niet mogelijk omdat de winning al lange tijd in bedrijf is. Slechts in een enkel geval is een pompproef uitgevoerd, of zijn metingen vanaf het begin van de onttrekking beschikbaar. Doordat de hydrologische situatie van het af- en ontwateringssysteem in de tweede helft van de vorige eeuw sterk is veranderd zijn ook lange meetreeksen vaak niet eenduidig te interpreteren op de effecten van de onttrekking. In iedere meetreeks zijn er naast de invloed van de onttrekking tal van andere invloeden die de actuele 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 vaak hydrologische modellen gebruikt, zoals dat wordt beschreven in hoofdstuk 6. Als de kwaliteit van de grondwatermodellen en / of tijdreeksanalyses onvoldoende is voor het bepalen van de grondwaterstandsverlaging door de onttrekking, wordt door ACSG opdracht gegeven voor een bruikbaar grondwatermodel en/of passende tijdreeksanalyse. Uit de resultaten daarvan moet duidelijk worden of de grondwaterstandsverlaging bij de beschouwde percelen meer of minder is dan 5 cm. Over deze grens gaat het in dit rapport. 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 grondwatermodel voor ieder perceel de gebiedsgemiddelde grondwaterstandsverlaging berekend. Vervolgens worden de stappen 2-5 doorlopen.

2. Analyse bodem en huidige GxG

Bij droogteschade spelen de fysische eigenschappen van de bodemlagen, met name vocht karakteristiek, doorlatendheidsverdeling en de GHG en 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 detailniveau 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 teelbare oppervlakte vastgesteld.

4. Berekening schade

Tot en met heden gebruikte ACSG de TCGB tabellen (Bouwman, 1990) om de droogteschade te berekenen in de beïnvloede en onbeïnvloede situatie. In 2018 is de Waterwijzer Landbouw (WWL) gereedgekomen (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018). De ACSG gaat overstappen op dit instrumentarium. De ACSG heeft nog niet besloten in welke situaties welk type van de WWL (Tabel/Regionaal/Maatwerk) wordt gebruikt. WWL is ontwikkeld door de kennisinstellingen 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 de TCGB-tabel, de HELP-tabel (Van Bakel et al., 2005) en het programma Agricom (Van Bakel et al., 2009). Zo is WWL 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 is de tabelversie voor iedereen toegankelijk.

Belangrijke invoer voor WWL Tabel vormen de bodemeigenschappen, de GxG, het landgebruik en het weer. Bij WWL Regionaal wordt de drainagesituatie niet beschreven door GxG, maar met gesimuleerde grondwaterstanden uit regionale grondwatermodellen, die zo nodig zijn gecorrigeerd op veldwaarnemingen. Met WWL Tabel en WWL Regionaal wordt de gemiddelde droogteschade berekend in het huidige klimaat (1990-2020) 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 en het weer, 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 ter kennisgeving aan Gedeputeerde Staten op wiens verzoek het is opgesteld.

6. Nauwkeurigheid van meten van grondwaterstanden en stijghoogtes

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 et al., 2012a,b). De belangrijkste bevindingen van de studie worden hierna beschreven.

6.1 De lokale grondwaterstand

Fouten en onnauwkeurigheden in grondwaterstanden kunnen ontstaan door verkeerde interpretatie afhankelijk van locatie, diepte, filterlengte, moment van opname en relatie met grondsoort, etc. Hierna geven we mogelijke momenten in het opnemen en interpreteren van de grondwaterstand aan.

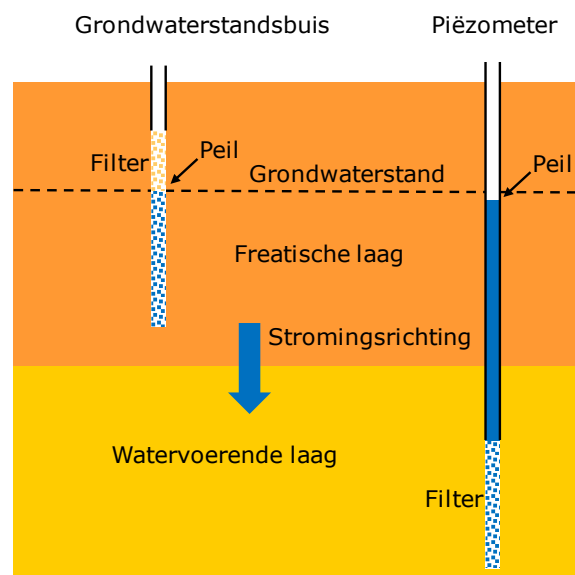
Er zijn 4 gangbare methoden om de freatische grondwaterstand te meten op basis van het waterniveau: (i) in grondwaterstandsbuizen; (ii) in piëzometers; (iii) in open boorgaten en (iv) en veldschattingen. Het verschil tussen grondwaterstandsbuizen en piëzometers is weergegeven in Figuur 5.

Bij grondwaterstandsbuizen wordt direct de freatische grondwaterstand gemeten.

Bij piëzometers wordt de stijghoogte gemeten bij het filter in een watervoerend pakket, waarbij veelal de stijghoogte hoger is dan de bovenkant van het pakket. In Figuur 5 zal, bij een stroming omlaag en significante hydraulische weerstand, het peil in de grondwaterstandsbuis hoger zijn dan die in de piëzometer. In de praktijk worden stijghoogten van piëzometers soms ten onrechte geïnterpreteerd als grondwaterstanden.

Aanleiding tot misinterpretatie kan ook zijn dat de grondwaterstand is gemeten in een bodemprofiel met slecht doorlatende lagen, waarboven water stagneert een zogeheten schijnspiegel. Het diepste niveau, de geohydrologische grondwaterspiegel, is dan lager dan de bovenste agrohydrologische grondwaterspiegel, die wordt bepaald vanaf het bodemoppervlak.

Bij de interpretatie van metingen voor het gebruik in GxG moet daarom de filterdiepte (waar gemeten wordt) worden vergeleken met de laagopbouw erboven. Daarnaast geldt dat als een grondwaterstandsbuis onder een slecht doorlatende laag is geplaatst, ook ter plaatse boven die laag gemeten moet worden. Bij het bepalen van het waterniveau uit open boorgaten en veldschattingen geldt hetzelfde: de waterstand die onder maaiveld



Figuur 5. Een grondwaterstandsbuis meet de grondwaterstand, en een piëzometer meet de stijghoogte in een watervoerende laag.

wordt dan opgenomen kan een schijnspiegel zijn en hoeft niet per se de waarde voor de freatische grondwaterstand in het topsysteem in een grondwatermodel te zijn.

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. (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).

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. In het algemeen zijn de fouten groter op locaties waar korte tijdreeksen beschikbaar zijn (Ritzema et al., 2012a).

6.2 De hoogte van het maaiveld

Voor het gebruik van de WWL-regionaal moet de grondwaterstand worden vertaald in een grondwaterstandsdiepte ten opzichte van het maaiveld. De nauwkeurigheid van de maaiveldhoogte heeft, bij gebruik van WWL-regionaal, direct invloed op de nauwkeurigheid van de grondwaterstandsdiepte, die direct doorwerkt in de schadeberekening.

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 voor de vertaling van de GXG ten behoeve van schadebepaling. Als de hoogte ter plaatse van de peilbuis afwijkt van de gemiddelde maaiveldhoogte van het perceel, werkt dit door in de GxG.

Tenslotte kan maaivelddaling de nauwkeurigheid van grondwaterstandsmetingen significant beïnvloeden. Dat is afhankelijk van bijvoorbeeld het bodemtype, het peilbeheer, de onttrekking van grondwater, zout of aardgas, de beweging van de aardkorst, etc.

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. Voor de meeste zandgronden in Nederland geldt dat de bodem niet of nauwelijks beweegt.

7. Methoden voor de berekening van de effecten van een onttrekking

Bij droogteschade voor landbouw moeten we uitspraken doen over gebieden. De verandering in grondwaterstanden moet daarom ruimtelijk bepaald worden. Dit hoofdstuk gaat over de daarvoor beschikbare methoden en hun gebruik.

7.1 Tijdreeksmodellen

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).

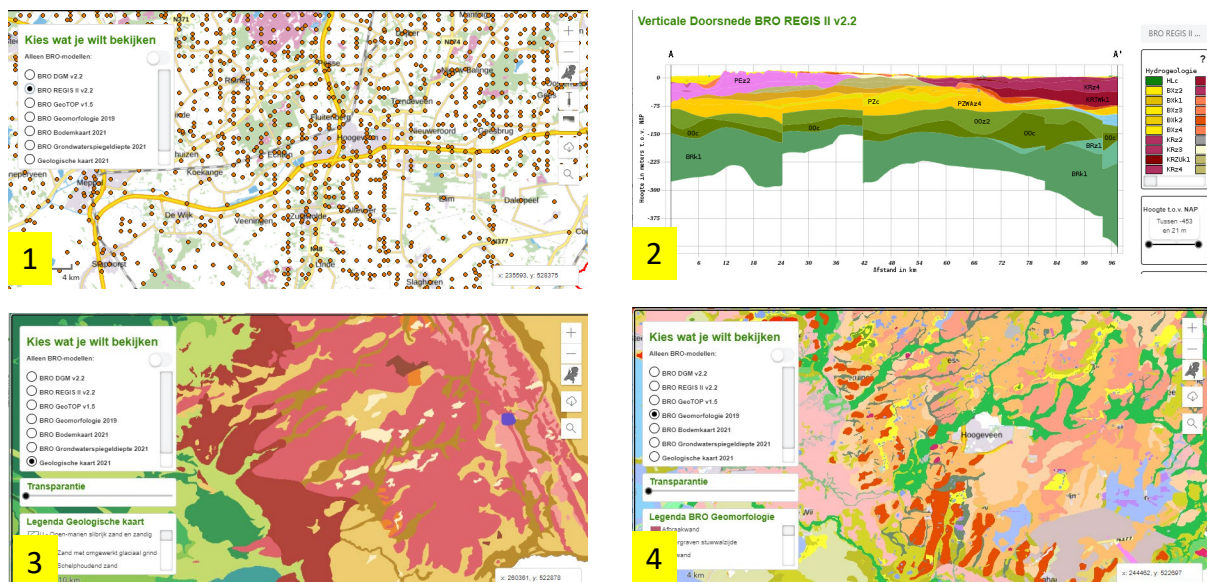
Tijdreeksanalyse wordt toegepast per waarnemingsfilter, dus per locatie. In Nederland worden de softwarepakketten Menyanthes (Von Asmuth et al., 2012) en Pastas (Collenteur et al., 2019) veel gebruikt voor tijdreeksanalyse. De opvolger van Menyanthes is Hydromonitor. Voor stijghoogten en/of freatische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

Bij tijdreeksmodellen geldt een minimum aantal waarnemingen. De uitkomsten van de tijdreeksmodellen gelden onder bepaalde modelveronderstellingen (bijv. lineaire relaties, constante variantie van regressieresiduen, stationariteit van het semi-variogram). Omdat tijdreeksmodellen uitgaan van lineaire relaties zijn ze vooral geschikt voor "lineair met de grondwaterstand reagerende" systemen (zie hoofdstuk 2 en Figuur 2) zoals poldergebieden en infiltratie gebieden. Het is van belang dat alle verklarende parameters voldoende zijn gemeten. Als peilbuizen dicht bij een onttrekkingsput staan, moet het verloop van het debiet in de tijd meegenomen zijn als invoerparameter. Van peilbuizen dicht bij watergangen, moet de interactie met de watergang correct meegenomen worden. Bij veel grondwaterwinningen vormt het geringe aantal geschikte tijdreeksen van freatische grondwaterstandsbuizen een knelpunt.

7.2 Numerieke modellen

Numerieke grondwatermodellen beschrijven het fysische proces van veranderingen in grondwaterstanden en -stroming door variaties in de waterbalans. De modellen bevatten fysische parameters in een driedimensionaal systeem van cellen terwijl randvoorwaarden en sommige fysische parameters kunnen variëren in de tijd. Daardoor geven deze modellen een fysische onderbouwing van de relatie tussen de onttrekking en de verandering van de freatische waterstand in de omgeving.

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) 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).



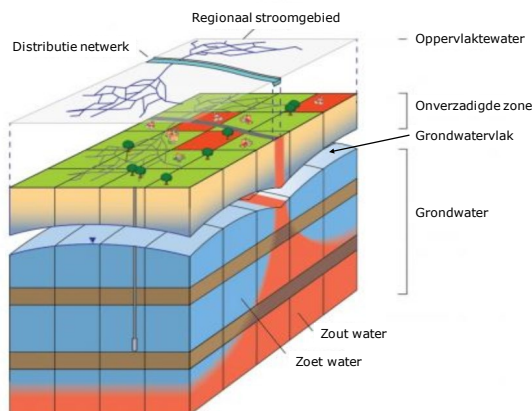
Figuur 6. (DINO) Zuid-Drenthe: boringen (1), profiel (2), lagen diep (3) en ondiep (4).

De opbouw van diepere lagen volgt uit boringen, figuur 6(1), waartussen wordt geïnterpoleerd, figuur 6(2) op basis van de geologische wordingsgeschiedenis. In het algemeen zijn diepere afzettingen grootschaliger, figuur 6(3) dan ondiepe, figuur 6(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.

Op basis van deze kenmerken kan de expert hydrogeoloog (TNO-GDN) inschatten wat er in de ondergrond is gebeurd en hoe het meest logische systeem er uitziet voor grondwaterstroming. Voor heel Nederland is de laagopbouw opgesteld met behulp van geavanceerde statistische methoden en interpolatie technieken. De toegekende

parameterwaarden per laag wordt daarbij zoveel mogelijk gebaseerd op statistische waarden uit doorlatendheden van veldmonsters en geologische kennis van het verloop van de samenstelling van de laag in horizontale en verticale richting. Daarmee kan ook iets over de onzekerheid van de continuïteit en samenstelling van lagen worden gezegd, die leidt tot mogelijke vrijheidsgraden in de kalibratie van een grondwater model. 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.

Grondwatermodellen kunnen rekenen met een niet-lineaire variatie tussen grondwaterstand en afvoer naar de waterlopen door het jaar heen, dus in overgangsgebieden (zie Hoofdstuk 2). Deze niet-lineaire variatie 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 figuur 2 en 3) kan het oppervlaktewater een significante invloed hebben op de veranderingen in de grondwaterstand en in de berging.



Figuur 7. Impressie van het Landelijk Hydrologisch Model (www.nhi.nu).

Het modelmatig bijhouden van de tijdsafhankelijke situatie in waterlopen vergt een waterbalans model van het oppervlaktewatersysteem, zoals dat gebeurt in het "state of the art" model voor integraal beleid en beheer op landelijk niveau, zie figuur 7, het LHM (De Lange et al., 2014). 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.

8. De nauwkeurigheid van berekening van grondwaterstandsaling door onttrekking

Droogteschade is sterk afhankelijk van de verandering van de grondwaterstand in termen van de GHG en GLG. In de praktijk worden hiervoor twee methoden gebruikt: (i) tijdreeksanalyse en (ii) grondwatermodellering. De nauwkeurigheid van beide methoden is het onderwerp van dit hoofdstuk.

8.1 Nauwkeurigheid volgend uit tijdreeksanalyse

Een uitgebreide en eigentijdse casestudie naar nauwkeurigheid van tijdreeksanalyse is uitgevoerd in de Overbetuwe met Menyanthes door het team dat Menyanthes heeft ontwikkeld. Voor de Overbetuwe zijn twee typen analyses uitgevoerd (Van Dooren et al., 2018):

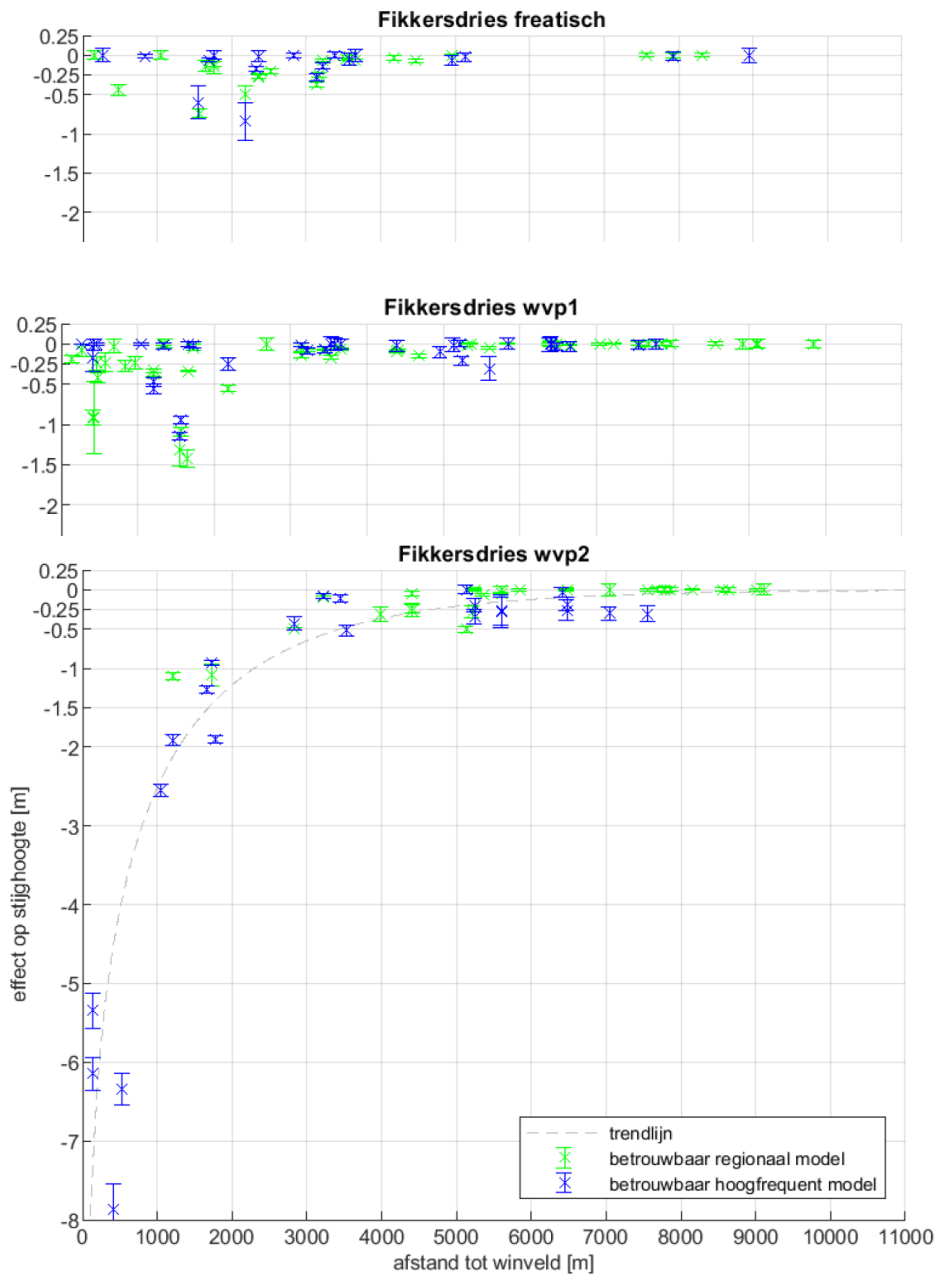
- Regionale tijdreeksanalyse. Hierbij is de totale onttrekking per winning gebruikt als verklarende variabele. Deze analyse is geschikt wanneer de peilbuis op voldoende afstand van de winning gelegen is zodat de effecten van de afzonderlijke winputten gezien kunnen worden als één gezamenlijk effect. Hoe groot deze afstand moet zijn hangt af van de eigenschappen van het geohydrologische systeem.
- Hoogfrequente tijdreeksanalyse. Voor peilbuizen die dicht bij 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 8 geeft het effect weer van winning Fickersdries op de stijghoogten en grondwaterstanden. Uit de tijdreeksanalyses blijkt dat Fickersdries 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 et al., 2018).

De effecten van de winning werken binnen een straal van 3.5 km sterk door naar het eerste watervoerende pakket (Figuur 8). De effecten van Fickersdries 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 grondwaterstandsaling van de regionale tijdreeksmodellen circa 7 cm (Figuur 8). 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 grondwaterstandsdeling door een onttrekking circa 3 cm bedraagt (Hauw, 2012; Leunk, 2016).



Figuur 8. 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).

8.2 Nauwkeurigheid van GXG-verandering berekend met een grondwatermodel

Een model is niet de werkelijkheid, kan dat nooit zijn en mag ook niet als zodanig worden gebruikt. Een model geeft een antwoord op een vraag. Een grondwatermodel is zo goed als de parameters waarmee de oorzaak-gevolg relatie wordt beschreven. De vraag voor bepaling van landbouwschade is: hoe groot is de verandering in de grondwaterstand geweest in situaties die we nu niet meer kunnen meten en tussen de punten waar we meten. Het gaat er dan ook om hoe goed we een schatting kunnen geven van de werkelijk opgetreden verandering op basis van een fysisch, numeriek grondwatermodel.

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, is het resultaat daarvan toch niet wat nodig is: deze fit wordt bereikt door een grote vrijheid in toegestane waarden van vele parameters, maar voor de uiteindelijke waarden ontbreekt dan de geohydrologische onderbouwing. Het is voorgekomen dat door een dergelijke aanpak ook 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 (zie paragraaf 7.2)
- de opbouw van de ondiepe ondergrond en waterbodempweerstand (zie paragraaf 7.2)
- de (tijdsafhankelijke) stroming van of naar de waterlopen (paragraaf 2.2 en 7.2)
- de ruimtelijke en temporele variatie in de grondwateraanvulling

Die laatste parameter komt vaak 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 eigenschappen (beworteling, bladoppervlakte) van het gewas

Het verschil tussen grondwatermodellen met en zonder onttrekking geeft een ruimtelijke verdeling van de grondwaterstandsverlaging in de rekencellen. Bij toepassing van de GXG als sleutelparameter voor de bepaling van landbouwschade (WWL tabel / landelijk) is het hele tijdsafhankelijke gedrag van de grondwaterstand per rekencel geaggregeerd tot de twee parameters GLG en GHG. Bij de bepaling van de GXG verandering uit twee berekende grondwaterstandreeksen (met en zonder onttrekking) per cel kan het zijn dat de 3 hoogste

en laagste grondwaterstanden op verschillende momenten in het jaar vallen. De verschil GXG's volgen dus niet één op één uit de (verschil) grondwaterstanden per rekencel en per tijdstip.

Bij het gebruik van grondwaterstanden in WWL-regionaal telt de onzekerheid van de absolute waarde van de berekende grondwaterstanden per cel voor de situaties zonder en met winning (en niet een relatieve verschil waarde). Bij het gebruik in de WWL-regionaal van de grondwaterstand als diepte ten opzichte van maaiveld komt daarbij de onzekerheid in het lokale maaiveld, zie paragraaf 6.2.

Bij het gebruik van absolute grondwaterstanden komen de onzekerheden over het historische watersysteem en landgebruik expliciet terecht in de berekening van de situatie zonder winning. In de situatie met winning in overgangsgebieden (hoofdstuk 2) luistert het nauw hoe goed de tijdsafhankelijk berekende grondwaterstand die in het veld benadert in verband met droogvallende waterlopen. In de meeste modellen bepaalt dit de onzekerheid in de berekende waarden.

Het gebruik van de absolute grondwaterstanden leidt dus mogelijk tot grotere onzekerheid dan wat zou volgen uit de opgeschaalde verschilwaarden in termen van GXG zoals die bijvoorbeeld uit historische veldwaarnemingen zijn afgeleid.

Dit leidt tot de conclusie dat het gebruik van voortschrijdende kennis en methoden bij invoering van de WWL geen aanleiding geeft om kleinere onzekerheid te veronderstellen in de berekende grondwaterstandsverandering voor de vertaling naar landbouwschade.

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 3.

Tabel 3 Voorbeelden 5 cm grens in de adviespraktijk inclusief civieltechnische werken.

Referentie	Onderdeel (figuur tabel)	Doel: effect van	GXG type	Betekenis 5 cm waarde
Gehrels, et al 2005	Figuur 5.13, 5.14, 5.15	Gekoppeld ow-gw model	GG	Modelvergelijking
Royal Haskoning DHV, 2014	Figuur 5, tabel 18	Effecten zandsuppletie	GG	Maximaal effect
Springer en Van Dusseldorp, 2019	Paragraaf 6.5.2	MER Rivierverruiming	GHG en GLG	Grenswaarde effect
Roelofsen et al 2008	Figuur 5.2	Beëindiging diepewinning	GG	Verhoging freatisch
Arcadis 2016	Figuur 4.9, 4.10	Bemaling in Rotterdam	GG	Freatisch na half jaar
Witteveen en Bos, Arcadis 2021	Figuur 4.2	PlanMER Maas hoogwatergeul	GG	Verdroging
Royal Haskoning DHV, 2015	Bijlage 7	Verlaging zomerbed Beneden IJssel	GG	Verlaging

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.

Gezien de hierboven beschreven onzekerheden en de gangbare praktijk bij civieltechnische werken ziet de ACSG de grens van de 5 cm voor de verandering van de grondwaterstand in termen van GXG als best practice. Bij gebruik door de ACSG wordt uit de verlaging van de GHG en GLG de grootste contour geselecteerd, waardoor wordt voorkomen dat ongewenst een te klein potentieel beïnvloedingsgebied wordt afgeleid.

9. Betrouwbaarheid en onderscheidend vermogen

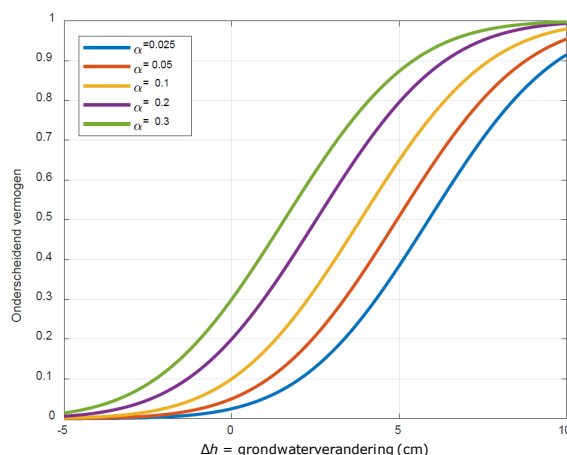
In dit hoofdstuk beschrijven we wat het criterium van 2 en 5 cm grondwaterverlaging (aangeduid als Δh) betekent voor betrouwbaarheid en onderscheidende vermogen in statistische zin.

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 schadelijkende 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 9 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, zie paragraaf 8.1. 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., 2020). Voor de 5 cm contour geldt dat bij een betrouwbaarheid van 80% het onderscheidend vermogen 80% bedraagt (Figuur 9).



Figuur 9. Onderscheidend vermogen als functie van een plotselinge grondwaterverandering en betrouwbaarheid ($1-\alpha$). De standaardafwijking van de modelfout bedraagt 3 cm. Bron: Knotters et al. (2020).

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 grens met voldoende betrouwbaarheid en onderscheidend vermogen aan te tonen, terwijl dat wel het geval is voor de 5 cm grens.

10. 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 1/3 cm verlaging van de GxG varieert van 0,0 tot 0,4% en bedraagt een fractie van het normale ondernemersrisico door het weer.
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 uit metingen geschat op 5 tot 30 cm, dus groter dan 5 cm.
4. 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.
5. Voor de 5 cm contour uit tijdsreeksanalyse 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%.
6. In een grondwatermodel voor de verzadigde stroming zijn de volgende onzekerheden significant voor de nauwkeurigheid van de berekende grondwaterstanden:
 - de continuïteit en de begrenzing van weerstand­biedende lagen
 - de opbouw van de ondiepe ondergrond en water­bodem­weerstand
 - de (tijdsafhankelijke) stroming van of naar de water­lopen (niet-lineair gedrag)
 - de ruimtelijke en temporele variatie in de grondwateraanvulling
7. In de recente praktijk van grondwatermodellering van effecten van civieltechnische ingrepen wordt 5 cm als grens voor beïnvloeding gehanteerd.
8. 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.
9. Het gebruik van voortschrijdende kennis en methoden bij invoering van de WWL geeft geen aanleiding om kleinere onzekerheid te veronderstellen in de berekende grondwaterstands­verandering voor de vertaling naar landbouwschade.
10. Bij gebruik door de ACSG wordt uit de verlaging van de GHG en GLG de grootste contour geselecteerd, waardoor het potentieel beïnvloedings­gebied maximaal is.

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

- Arcadis en Witteveen+Bos, 2016. Verkennende geohydrologische analyse A16 Rotterdam, 078705889-1-definitief.
- 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.
- 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.
- 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* 57, 6, 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.
- 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* 18, 15-30.
- Hemker, C.J. en C. Maas, 1987. Transient well flow in layered and fissured aquifer systems. *Journal of Hydrology*, 90, 231-249.
- 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., P. Baggelaar en E. van der Meulen, 2020. Hoezo significant? Over het effect van een ingreep op de grondwaterstand. *Stromingen*, 26, 37-49.
- Kruseman, G.P. and J.M. de Ridder, 1990. Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. ILRI Publication 47, 377 p
- Leunk, I., 2016. Analyse grondwaterstanden Onlanden. KWR rapport 2016.046, Nieuwegein.
- 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.
- 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. Grondwatereffecten aan de oppervlakte (gebracht), Delft cluster, Deltares-rapport 2008-U-R0960/A.
- RoyalHaskoningDHV, 2014. Definitieve rapportage Effecten zandsuppleties 2012/2011, Rijkswaterstaat.
- RoyalHaskoningDHV, 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.
- Ten Cate, J.A.M., A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel B: Grondwater. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19B.
- 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., 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.
- Verruijt, A., 1982. Theory of Groundwater Flow. 2nd edition, McMillan Press Ltd, London.
- 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, 38, 178-190.
- Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018. Waterwijzer Landbouw: instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op landbouwproductie. STOWA rapport 2018-48, Amersfoort.
- Witteveen+Bos, & Arcadis, 2021. PP.48.002 Plan MER Baarlo_Hout-Blerick, Hoogwaterbeschermingsprogramma Noordelijke Maasvallei.

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 Onteigeningswet 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 invloedsgebied 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 grondwaterstandsdingen 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 fluctuaties 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 bezien 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.