

BOR NOTITIE over `Het meten van grondwaterstanden` (literatuurstudie)

Inleiding

Tijdens de procedurevergadering van 25 juni 2013 heeft de vaste commissie voor Economische Zaken besloten het Bureau Onderzoek en Rijksuitgaven (BOR) te vragen een literatuurstudie te doen naar het meten van grondwaterstanden.¹ De commissie heeft verzocht de volgende vragen te onderzoeken:

1. Welke literatuur uit de afgelopen vijf jaren is relevant en beschikbaar?
Wat zijn de belangrijkste discussiepunten?
2. In hoeverre zijn deze publicaties aan een (peer)review onderworpen?
3. Welk vervolgonderzoek hebben wetenschappers gevraagd?
Welk onderzoek wordt nu uitgevoerd?
4. Wat zijn de beleidsmatige implicaties van het meten van grondwaterstanden en bijbehorende discussiepunten?

Hierbij treft u de notitie aan.

Verantwoording vooraf

In deze notitie geeft het BOR weer welke discussies het in de literatuur gevonden heeft. De analyse blijft daarbij beperkt tot de hoofdlijnen. Omdat het BOR niet beschikt over hydrologische kennis, waren niet alle wetenschappelijke artikelen volledig te doorgronden. Het is daarom mogelijk dat er – naast de gevonden discussiepunten – nog andere relevante onderwerpen zijn die betrekking hebben op het meten van grondwaterstanden. Ten behoeve van de leesbaarheid is de wetenschappelijke discussie in deze notitie vereenvoudigd weergegeven.

Samenvatting

Ad 1) Literatuur en belangrijkste discussiepunten over het `meten van grondwaterstanden`

a) `Anisotropie` en de invloed ervan op de mate van verdroging

- In de wetenschap wordt gediscussieerd over de vraag hoe grondwaterstanden technisch gezien gemeten moeten worden, en welke invloed deze standen hebben op de mate waarin Nederland verdroogd is.
- Hoogland et al. (2008, Alterra) trekken de conclusie dat de grondwaterstand in gebieden met grondwaterafhankelijke natuurdoeltypen in 55 tot 70% van het areaal te droog is, en dat de grondwaterstand gemiddeld 45 tot 62 cm lager is dan voor de grondwaterafhankelijke natuur gewenst is.
- Van der Gaast et al. (2009, Alterra) stellen daarentegen dat er in grote delen van Nederland bodemlagen bestaan die slecht vocht doorlaten, en dat de aanwezigheid van deze bodemlagen ertoe leidt dat de grondwaterstand anders is dan velen denken. Dit verschijnsel wordt in de literatuur 'anisotropie' genoemd. Doordat geen rekening gehouden wordt met deze 'anisotrope' bodemlagen, wordt volgens hen in 50% van het landelijk gebied een verkeerde grondwaterstand gemeten, oplopend tot gemiddeld 26 cm. Volgens Van der Gaast et al. is het verdrogingsprobleem door deze meetfouten minder

¹ Het initiatief hiertoe werd genomen door de leden Dijkgraaf (SGP) en Geurts (CDA).

groot dan gedacht, en is de oplossing in termen van hydrologisch herstel dichterbij dan tot dan toe werd aangenomen.

- Andere wetenschappers beargumenteren dat deze 'anisotrope' (slecht vocht doorlatende) bodemlagen weliswaar kunnen bestaan, maar dat het effect ervan op de verdroging nog niet vastligt. Weer anderen stellen dat de mate van verdroging niet alleen bepaald wordt door de stand van het grondwater, maar bijvoorbeeld ook door waargenomen veranderingen in de vegetatie.

b) Overige discussiepunten: modellen en potentiële meetfouten

- In de wetenschap wordt eveneens gediscussieerd over de vraag of modellen voor het meten van grondwaterstanden überhaupt wel iets kunnen zeggen over de grondwaterstand in verschillende typen natuur- of landbouwgebieden. Volgens Van der Gaast et al. leidt de toenemende aandacht voor modellen ertoe dat deze vereenvoudigde concepten voor veel modelleers een afspiegeling geworden zijn van de werkelijkheid. Andere wetenschappers zijn juist nieuwe grondwaterstandmodellen aan het ontwikkelen.
- Tevens wordt gediscussieerd over andere fouten (naast 'anisotropie') die bij het meten van grondwaterstanden gemaakt kunnen worden. In 2012 heeft Alterra hierover bijvoorbeeld een overkoepelend onderzoek gepubliceerd (in Ritzema et al., 2012).

Ad 2) Peer reviews en een onderzoek van de Nationale Ombudsman

- In de wetenschap is het gebruikelijk dat onderzoeksresultaten een review ondergaan voordat zij gepubliceerd worden. Ook het eerder genoemde rapport van Van der Gaast et al. (2009) heeft binnen Alterra een interne review ondergaan, met een positief oordeel.
- Ondanks de goedkeurende review liet de Universiteit Wageningen² (naar aanleiding van een brief van opdrachtgever Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)) aan van der Gaast weten dat de conclusies van zijn onderzoek moesten worden aangepast. Het PBL bleek namelijk bezwaar te hebben tegen de – naar hun oordeel – specifieke, sterk veralgemeniseerde conclusie dat de verdroging van natuurgebieden veelal wordt onderschat.
- Dit verzoek van de Universiteit Wageningen aan Van der Gaast leidde uiteindelijk tot een conflict. Omdat Van der Gaast weigerde zijn conclusies aan te passen, koos de Universiteit Wageningen ervoor verschillende, aanvullende reviewronden te houden. Ondanks deze reviews (die de Dienst Informatievoorziening van de Tweede Kamer niet in openbare bronnen heeft kunnen terugvinden) bleef de impasse tussen Van der Gaast en de Universiteit Wageningen bestaan.
- Uiteindelijk heeft Van der Gaast het conflict aan de Nationale Ombudsman voorgelegd. Na onderzoek concludeert de Nationale Ombudsman dat de wetenschappelijke discussie over de meting van grondwaterstanden niet in alle vrijheid heeft kunnen plaatsvinden. Volgens de Nationale Ombudsman is door het bovenstaande niet vast komen te staan dat de Universiteit Wageningen en het PBL doelbewust uit waren op 'wetenschap op bestelling', maar is de indruk van 'wetenschap op bestelling' wel gewekt.

Ad 3) Vervolgonderzoek over het meten van grondwaterstanden

- Het BOR is uitsluitend voorstellen voor vervolgonderzoek tegengekomen in rapporten van Alterra. In vier rapporten wordt voorgesteld nader onderzoek te doen naar de ef-

² Alterra maakt deel uit van de Wageningen University & Research Centre.

fecten van de 'anisotrope' (slecht vocht doorlatende) bodemlagen en de consequenties daarvan voor de verdroging.

- Navraag bij Alterra heeft geleerd dat er op dit moment geen onderzoek plaatsvindt naar dit onderwerp. Een overzicht van binnenkort te verschijnen titels van vervolgonderzoek bij andere organisaties heeft het BOR niet kunnen opstellen. Wel heeft het BOR een netwerkverkenning uitgevoerd naar op het onderwerp deskundige topwetenschappers.

Ad 4) Beleidsmatige implicaties

- Grondwaterstanden worden betrokken bij de discussies over de mate van de verdroging in Nederland (zie ad 1) en de gevolgen die dit heeft voor de biodiversiteit. De voormalige bewindspersonen Verburg, Atsma en Bleker hebben overigens in 2008, 2011 en 2012 aan de Kamer geschreven dat bij het bepalen van de mate van verdroging vooral wordt gekeken naar de stand van grondwaterafhankelijke vegetatie, en dat grondwaterstandmetingen soms worden gebruikt om te toetsen of de veranderingen in vegetatie daadwerkelijk zijn veroorzaakt door een daling van de grondwaterstand.
- Een *te hoge* grondwaterstand kan er volgens sommigen verder toe leiden dat landbouwgronden te drassig worden, en dat deze gronden hierdoor te nat worden om te bewerken. Door te drassige gronden kunnen agrariërs schade ondervinden.
- Winning van water, bijvoorbeeld door waterbedrijven, kan daarentegen leiden tot *te lage* waterstanden, waardoor agrariërs eveneens schade kunnen ondervinden. Er wordt vanuit verschillende hoeken kritiek geuit op de Adviescommissie Schade Grondwater die de provincies adviseert over de afhandeling van deze schade.
- Grondwaterstanden zijn verder van invloed op de waterkwaliteit, en zijn daarom bijvoorbeeld van belang bij het bestrijdingsmiddelenbeleid en het mestbeleid. Ook worden grondwaterstanden gebruikt om te bepalen of de grond geschikt is voor bouwprojecten.

Leeswijzer

- §1 gaat in op de belangrijkste wetenschappelijke discussies die de afgelopen vijf jaar zijn gevoerd over het meten van grondwaterstanden;
- §2 bespreekt de wetenschappelijke impasse die over dit onderwerp is ontstaan, de rol die de Nationale Ombudsman heeft gespeeld en reviews die zijn gedaan;
- §3 gaat in op de vraag welk vervolgonderzoek volgens wetenschappers nodig is, en welk onderzoek over het meten van grondwaterstanden nu wordt uitgevoerd;
- §4 behandelt de beleidsmatige implicaties van het meten van grondwaterstanden;
- Bijlage 1 geeft een overzicht van vragen die sinds 2008 vanuit de Kamer over dit onderwerp zijn gesteld (incl. antwoorden van verschillende bewindspersonen);
- Bijlage 2 bevat een zogenoemde 'netwerkverkenning': een overzicht van op het onderwerp deskundige topwetenschappers in Nederland.

Deze notitie is opgesteld in samenwerking met de Dienst Informatievoorziening (DIV).

NADERE TOELICHTING

§1. Wetenschappelijke discussie over grondwaterstanden

In de wetenschap is discussie gaande over de manier waarop grondwaterstanden gemeten worden. De volgende vragen zijn onder meer aan de orde:

- 1) Bestaan er aan het bodemoppervlak lagen die slecht vocht doorlaten (anisotropie) en welke invloed hebben deze bodemlagen op het meten van grondwaterstanden? In hoeverre zijn deze bodemlagen bepalend voor de mate waarin Nederland verdroogd is? (§1.1)
- 2) Welke rol spelen de metingen van grondwaterstanden bij het verdrogingsbeleid? (§1.2)
- 3) In hoeverre kunnen modellen de grondwaterstand in een specifiek gebied vaststellen? Welke modellen worden op dit moment ontwikkeld? (§1.3)
- 4) Welke fouten (kunnen) worden gemaakt bij het meten van grondwaterstanden? (§1.4)

Een overzicht van de gebruikte wetenschappelijke literatuur vindt u in de literatuurlijst.

§1.1. 'Anisotropie' en de mate van verdroging

Wetenschappers discussiëren over de vraag hoe de gebiedsgerichte (freatische) grondwaterstand gemeten moet worden, en welke invloed deze grondwaterstanden hebben op de vraag of Nederland verdroogd is. We lopen de verschillende visies langs.

§1.1.1. Visie 1: De grondwaterstand is te laag, gebieden zijn verdroogd

Hoogland et al. (2008) van kennisinstituut Alterra publiceren in 2008 het rapport '*De seizoensfluctuatie van de grondwaterstand in natuurgebieden vanaf 1985 in kaart gebracht*'. Aanleiding van het onderzoek was onder meer dat de informatie over grondwaterstanden tot dan toe ontoereikend en achterhaald was. Hoogland et al. (2008) trekken de conclusie dat de grondwaterstand in gebieden met grondwaterafhankelijke natuurdoeltypen in 55 tot 70% van het areaal te droog is, en dat de grondwaterstand gemiddeld 45 tot 62 cm lager is dan voor de grondwaterafhankelijke natuur gewenst is.³ Het PBL heeft deze conclusies overgenomen in de Natuurbalans 2008⁴.

§1.1.2. Visie 2: De verdroging wordt overschat

Van der Gaast et al. (2009), eveneens werkzaam bij Alterra, publiceren in 2009 de studie '*Actuele grondwaterstandsituatie in natuurgebieden*'. Deze studie wordt in 2008 voorafgegaan door een aantal artikelen in het tijdschrift H₂O, een tijdschrift voor watervoorziening en waterbeheer. Van der Gaast et al. (2008, 2009) beschrijven dat er in grote delen

³ Hoogland, T. et al. (2008), pag. 45.

⁴ Natuurbalans 2008, pag. 34.

van Nederland bodemlagen bestaan die slecht vocht doorlaten. Dit fenomeen wordt in de literatuur aangeduid met 'anisotropie'. Ze beargumenteren dat in minimaal 50% van het landelijk gebied een verkeerde grondwaterstand wordt gemeten.

De verkeerde metingen ontstaan volgens Van der Gaast et al. (2008, 2009) doordat bij het meten van de grondwaterstanden te weinig rekening wordt gehouden met deze anisotrope lagen in de bodem (die slecht vocht doorlaten). Zo wordt 80% van de peilbuizen volgens hen te diep geplaatst, waardoor ze het effect van de bodemlagen niet meenemen. Aangezien er binnen natuurgebieden veelal een grote verscheidenheid aan hydrologische condities voorkomt, is het volgens hen essentieel te beschikken over een methode die rekening houdt met deze verscheidenheid.

Anisotropie kan er volgens Van der Gaast et al. (2008, 2009) toe leiden dat de verkeerde metingen van het grondwater kunnen oplopen tot gemiddeld 26 cm. De verschillen kunnen sterk variëren van plaats tot plaats, en in de tijd. Zij beschrijven dat de grondwatersituatie in Nederland als gevolg van anisotropie veelal te droog wordt voorgesteld.

Van der Gaast et al. (2008, 2009) zeggen dus dat het verdrogingsprobleem minder groot is. De consequentie hiervan is volgens hen dat de oplossing in termen van hydrologisch herstel daarom ook dichterbij is dan tot dan toe werd aangenomen. Volgens Van der Gaast et al. (2008, 2009) houden waterschappen op basis van deze 'te droge' metingen het waterpeil hoger dan voor de natuur noodzakelijk is, waardoor grondgebruikers en terreinbeheerder (in de omliggende gebieden) de grondwatersituatie vaak als te nat ervaren.

In het Alterra-rapport '*Stijghoogteverschillen en verdichting: een eerste Twentse verkenning in de praktijk*' onderschrijven **Van den Akker et al. (2009)** de bevindingen over het bestaan van anisotropie.

§1.1.3. Visie 3: Anisotropie kan bestaan, maar niet met gemiddeld 25 cm

Verskillende wetenschappers bestrijden (een deel van) de conclusies van Van der Gaast et al. (2008, 2009) over het bestaan van slecht doorlatende bodemlagen (anisotropie).

H. Boukes (2008) van waterleidingsbedrijf Brabant Water schrijft in het tijdschrift H₂O dat 'te droge' metingen als gevolg van te diepe meetlocaties weliswaar kunnen voorkomen, maar dat dit fenomeen gemiddeld gezien de orde van grootte van centimeters niet kan ontstijgen. "Dat daar wel eens verschillen in de orde van grootte van 25 cm in voorkomen, kan ik me voorstellen, maar afwijkingen in deze orde van grootte verwacht ik eerder als uitzondering dan als regel". De onderbouwing van H. Boukes is dermate complex dat het BOR deze niet versimpeld kan weergeven.

Maas et al. (2008) van KiWa Water Research⁵ en de Technische Universiteit Delft zien geen reden om aan te nemen dat er systematisch iets is misgegaan bij het inschatten van de verdroging, en beschrijven waarom sommige punten van Van der Gaast et al. technisch gezien niet kunnen kloppen. Volgens hen verdient het verschijnsel anisotropie zeker

⁵ KiWa Water Research is een zelfstandig onderzoeksinstituut voor de hele watercyclus.

wetenschappelijke aandacht, maar zijn de ernst en de omvang nog onbekend. Ook de onderbouwing van Maas et al. is te complex om versimpeld weer te geven.

Ook **Van Ek et al. (2008)** van Deltares⁶ beargumenteren in H₂O dat Van der Gaast et al. het effect van anisotropie niet goed hebben onderbouwd. Zij vragen zich bijvoorbeeld af in welke mate de analyse betrekking heeft op natuurterreinen, of dat het toch vooral gaat om een analyse van peilbuizen in landbouwpercelen. "Het mechanisme hoe [de] verdroging kan ontstaan, is duidelijk uitgelegd door Van der Gaast et al., maar hoe zij aan hun conclusie komen dat dit gemiddeld voor Nederland 25 centimeter bedraagt niet".

Querner en Van Bakel (2010), werkzaam bij Alterra, constateren in het artikel '*Op zoek naar de vergeten verticale weerstand hoog in het bodemprofiel*' dat de 'te droge metingen' uit fysisch oogpunt niet plausibel zijn, maar ze zeggen eveneens dat Van der Gaast et al. een punt hebben met het uit de vergetelheid halen van anisotropie. Volgens Querner en Van Bakel heeft Van der Gaast de 'te droge metingen' van 25 cm ingeschat op basis van oude grondwaterstandinformatie die komt uit de zogenoemde grondwaterkaarten, en heeft hij de 25 cm bepaald door deze gegevens te vergelijken met recente meetgegevens uit peilbuizen. De vergelijking loopt volgens hen mank doordat de onderling vergeleken grondwaterstanden (grondwaterkaarten versus peilbuizen) niet op één en dezelfde locatie zijn gemeten. Bij analyses over verdroging moeten veranderingen op basis van een homogene reeks worden vastgesteld.

§1.1.4. Nader onderzoek bij Alterra over anisotropie?

Sinds 2010 lijkt er binnen Alterra meer consensus te bestaan dat het fenomeen anisotropie nader onderzocht moet worden (zie ook §3).

Van der Bolt et al. (2010) schrijven in H₂O dat de verschillende analyses over anisotropie binnen de Universiteit van Wageningen zijn besproken. "Geconcludeerd werd dat sprake kan zijn van systematische meetfouten in de grondwaterstand, die kunnen optreden doordat filters in de loop van de tijd steeds dieper werden geplaatst, maar dat we op dit moment niet in staat zijn om de grootte ervan goed te onderbouwen".

Een dergelijke conclusie wordt ook getrokken in het Alterra-rapport '*Metten en interpreteren van grondwaterstanden. Analyse van methodieken en nauwkeurigheid*' door **Ritzema et al. (2012)**. Zij concluderen dat de gelaagdheid in de bodem weliswaar invloed kan hebben op het gemeten waterpeil, maar dat de invloed van de bodemlagen op het grondwaterniveau verschilt van studie tot studie en daarom niet vastligt. Ze stellen dat niet duidelijk is wat een grondwaterstandbuis precies meet als deze in een slecht doorlatende bodemlaag is geplaatst, en dat het noodzakelijk is de gemeten waarde niet alleen af te meten, maar ook te interpreteren. "Kennis over de opbouw van de bodem en vooral het voorkomen van slecht doorlatende lagen is essentieel bij de interpretatie van meetgegevens. De digitale bodemkaart van Nederland (...) geeft slechts beperkt ruimtelijke informatie ten aanzien van het voorkomen van lagen (...)".⁷

⁶ Deltares is een groot technologisch instituut op het gebied van water, ondergrond en infrastructuur.

⁷ Ritzema et al. (2012), pag. 31 en 61.

§1.2. In hoeverre heeft grondwaterstand invloed op verdroging?

De door Van der Gaast et al. (2008, 2009) aangezwengelde discussie over anisotropie roept niet alleen vragen op over de mate waarin dit fenomeen voorkomt, maar leidt ook tot discussie in hoeverre de grondwaterstand bepalend is voor het verdrogingsbeleid.

Van Ek et al. (2008) van Deltares vinden dat de mate van verdroging door meer factoren dan alleen de grondwaterstand wordt bepaald. In H₂O schrijven ze: "De lezer zou op basis van deze artikelen de indruk kunnen krijgen dat [we er] in termen van hydrologisch herstel, voor wat betreft de grondwaterstand, al bijna zijn". Ze geven aan dat we in Nederland sinds de evaluatie Nota Water uit 1994 een definitie voor verdroging gebruiken die gekoppeld is aan natuurwaarden die zich niet beperkt tot grondwaterstanden alleen. "Verdroging is daarbij niet alleen gerelateerd aan gemiddelde grondwaterstanden, maar ook aan wanneer het water beschikbaar is (...), de bodem- en grondwaterkwaliteit en aan effecten gerelateerd aan inlaat van systeemvreemd water".

Maas et al. (2008) van KiWa Water Research en de TU Delft delen deze mening. Zij schrijven in H₂O: "Deze conclusie [van Van der Gaast et al.] is gebaseerd op de aanname dat de omvang van het verdrogingsprobleem in natuurgebieden is vastgesteld op basis van grondwaterstandsmetingen. Dat is niet of slechts zeer ten dele het geval. In het onderzoek dat de basis vormt voor de landelijke anti-verdrogingsdoelstellingen, zijn de conclusies over de omvang van het verdrogingsprobleem in natuurgebieden voornamelijk gebaseerd op waargenomen veranderingen in vegetatie, die te herleiden zijn tot veranderingen in grondwaterstanden of aanvoer van grondwater".

Ook **Boukes (2008)** van Brabant Water schrijft in H₂O: "In alle publiciteit lonken de auteurs nadrukkelijk met het milieuprobleem verdroging, zoals we dat in het rijtje vermessing, verzuring en vervuiling hadden geplaatst, terwijl bedoeld wordt op "verdroging van de grondwaterstand ongeacht de toegekende functie".

De **Natuurbalans 2008** hanteert voor verdroging de volgende definitie: "Een natuurgebied wordt als verdroogd beschouwd als de grondwaterstand te laag is, als er te weinig kwelwater is of het ingelaten water van onvoldoende kwaliteit is om karakteristieke ecologische waarden van dat gebied te garanderen".

§1.3. In hoeverre zijn grondwatermodellen bruikbaar?

In de literatuur wordt eveneens gediscussieerd over de vraag of modellen voor het meten van grondwaterstanden iets kunnen zeggen over de stand van het grondwater in verschillende typen gebieden. Enerzijds is er discussie over het nut en de noodzaak van modellen. Anderzijds wordt zichtbaar dat organisaties en wetenschappers modellen aan het ontwerpen zijn om het meten van grondwaterstanden te verbeteren.

§1.3.1. De rol van grondwaterstandmodellen

Van der Gaast (2012a) schrijft in het artikel '*De werkelijke weerstand*' dat de toenemende aandacht voor modellen ertoe leidt dat voor veel modelleers deze vereenvoudigde concepten een afspiegeling geworden zijn van de werkelijkheid. Zo wordt de bodemkundige gesteldheid volgens hem geschematiseerd in een te beperkt aantal bodemprofielen waaraan gemiddelde bodemkarakteristieken worden toegekend. Van der Gaast illustreert dit in H₂O (2012) door in te gaan op het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI).

Het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) is een geïntegreerd landsdekkend grond- en wateroppervlaktewatermodel voor Nederland. De resultaten van het hydrologisch model worden ingezet voor beleid en voor operationele ondersteuning voor de waterverdeling tijdens droogte. Daarnaast is het NHI een instrumentarium met data en tools voor hydrologen. Het NHI moet zorgdragen voor een landelijke consistentie bij landelijke en regionale analyses.

Doordat hydrologisch Nederland besluiten gaat baseren op, en kennis gaat ontlenen aan een model met slechts 21 bodemprofielen, zal de werkelijkheid volgens Van der Gaast onvoldoende worden beschreven. Overigens blijkt uit De Lange (H₂O, 2012) dat het aantal bodemprofielen bij het NHI in 2012 inmiddels is uitgebreid van 21 naar 70.⁸

§1.3.2. De ontwikkeling van nieuwe grondwaterstandmodellen

Los van bovenstaande discussie (§ 1.3.1.) ontwikkelen wetenschappers en organisaties verschillende nieuwe modellen om grondwaterstanden beter te kunnen meten.

Zo promoveert **J. von Asmuth, J. (2012)** op het onderwerp 'Groundwater system identification'. Alhoewel het Engelstalige promotieonderzoek en de Nederlandse samenvatting daarbij voor het BOR te complex zijn, maakt de website van het KWR Watercycle Research Institute duidelijk dat J. von Asmuth heeft gewerkt aan een model waarmee onder meer veranderingen in de grondwaterspiegel verklaard kunnen worden. Von Asmuth zegt in een interview: "Het grote voordeel [ervan] is dat je niet langer ingewikkelde modellen van de ondergrond nodig hebt. Het gedrag van de grondwaterspiegel blijkt eenvoudig te zijn, ook al is de bodem complex. Een paar meetreeksen zijn (...) voldoende. En: "[Het model] bewees zijn nut bijvoorbeeld in een arbitragezaak tussen Friese agrariërs en een waterleidingbedrijf. Mede op basis van het programma is vastgesteld in hoeverre de droogteschade van de boeren het gevolg is van waterwinning".⁹ Of Von Asmuth hier een relatie legt met het fenomeen 'anisotropie' is voor het BOR niet duidelijk.

Ook op regionaal niveau wordt gewerkt aan verbeterde modellen om het peil van het grondwater te bepalen. Zo beschrijven **Hendriks et al. (2012)** in H₂O hoe het Waterschap Regge en Dinkel samen met Deltares het grondwatermeetnet (dat grotendeels

⁸ Van Bakel, J. et al. (2012) hebben het rapport '*Onderzoek naar de grondwaterstanddynamiek*' gepubliceerd. Verder hebben Knotters, M. et al. (2013) onlangs het rapport '*Validatie van grondwaterstandskarten met de Landelijke Steekproef Kaartenheden*' gepubliceerd. Hierin valideren zij de grondwaterstanden die het NHI genereert. Beide publicaties zijn dermate technisch dat het BOR ze niet versimpeld kan samenvatten.

⁹ Zie ook §4.

bestaat uit een verzameling van reeds bestaande meetnetten) heeft geoptimaliseerd. Na een analyse van de ondergrond hebben ze op basis van tijdreeksanalyses allereerst onderscheid gemaakt tussen homogene gebieden (waarin weinig verschillen optreden in de gemeten grondwaterstanden) en heterogene gebieden (waar grote verschillen optreden). Per gebied is vervolgens bekeken wat de optimale meetdichtheid van het gebied is. Vervolgens konden in de homogene gebieden heel wat bestaande meetpunten vervallen (omdat ze alle dezelfde meetresultaten weergaven) en verplaatst worden naar de meer heterogene gebieden. In H₂O (2012) schrijven ze: "Hierbij is optimaal gebruik gemaakt van alle beschikbare gegevens en technieken, zowel de bestaande gebiedskennis en meetgegevens als het grondwatermodel en een meervoudige tijdreeksanalyse van het bestaande meetnet". En: "Voor de optimalisatie van het grondwatermeetnet hoeft het meetnet van Waterschap Regge en Dinkel niet te worden uitgebreid, terwijl de representativiteit van het (...) grondwatermeetnet sterk toeneemt".

§1.4. Welke fouten (kunnen) worden gemaakt bij de metingen?

In 2011 schrijft H. Boukes van Brabant Water: "Bij het meten van een grondwaterstand is vaak te gemakkelijk aangenomen dat de meetwaarden representatief zijn voor een grotere omgeving en een langere tijd. (...) Een grondwaterstand zegt (...) niks zonder kennis van het hydrologisch systeem. Een hydroloog moet kunnen beoordelen wat de plaats van de betreffende meting is in het systeem, en dan gaat het zowel om ruimte als tijd. Andersom kan die systeemkennis niet alleen verkregen worden zonder metingen. Zo wordt de opbouw van systeemkennis een interactief proces tussen meten, interpreteren en opnieuw meten".¹⁰

§1.4.1 Studie van Alterra

Dat het meten van grondwaterstanden vele nuances en onzekerheden kent, wordt omschreven in het in §1.1.4 reeds aangehaalde Alterra-rapport van **Ritzema et al. (2012)**, 'Meten en interpreteren van grondwaterstanden'. In dit rapport staat welke fouten gemaakt kunnen worden bij metingen op één punt, bij metingen in een groter gebied en bij metingen in een langere tijdsperiode. Ter illustratie van de discussie volgen hieronder enkele voorbeelden.

Ritzema et al. (2012) beschrijven dat de locaties van peilbuizen bij grondwatermetingen op één punt vaak willekeurig bepaald worden. Soms zijn ze neergezet op gemakkelijk toegankelijke plaatsen, terwijl de locatie van het meetpunt juist invloed kan hebben op de gemeten grondwaterstand. Zo kan de aanwezigheid van een sloot, een weg of een boom van invloed zijn op deze stand. De verschillende methoden en instrumenten om grondwaterstanden te meten zijn weliswaar gestandaardiseerd, maar er blijft ruimte voor een eigen invulling.¹¹

Een meting van de grondwaterstand op één punt kan worden geëxtrapolerd om iets te zeggen over metingen in een heel gebied. Zo kunnen experts een inschatting maken van

¹⁰ Boukes, H. (2011), pag. 1, 12-13.

¹¹ Ritzema et al. (2012), pag. 10 en 28.

de grondwaterstand in een heel gebied door gebruik te maken vastgestelde hoogtekarten, bodemkaarten en waterpeilen van oppervlaktewater. Maar tegelijkertijd kan de inzet van experts leiden tot fouten omdat hun uitkomsten niet goed reproduceerbaar zijn en omdat experts ook verschillende conclusies kunnen trekken.¹²

Ook is het niet eenvoudig grondwaterstanden over een lange periode te bepalen. Volgens Ritzema et al. (2012) komen metingen (tijdreeksen) van tien jaar of langer niet vaak voor en zijn tijdreeksen van dertig jaar of langer zeldzaam. Als dergelijke reeksen al beschikbaar zijn, dan hebben er tussentijds vaak ingrepen plaatsgevonden, is de buis inmiddels verplaatst of heeft men de lengte of diepteligging veranderd. Ook zitten er vaak 'gaten' in lange tijdreeksen vanwege bijvoorbeeld het tijdelijk disfunctioneren van een apparaat.¹³

Ritzema et al. (2012) concluderen dat er weinig bekend is over de mogelijkheid van stapeling van bovenstaande fouten. Hierdoor is het volgens hen lastig algemene uitspraken te doen over fouten die kunnen optreden.

§1.4.2. Handboek van de stichting STOWA

Vanuit de waterschappen bleek er behoefte te zijn aan praktische richtlijnen voor het goed meten van grondwaterstanden. De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA)¹⁴ heeft in 2012 een (met Ritzema et al.) vergelijkbaar onderzoek gedaan en heeft het '*Handboek meten van grondwaterstanden in peilbuizen*' uitgebracht, opgesteld door **Bouma et al. (2012)** van Wareco Ingenieurs¹⁵. Het handboek gaat vooral in op de voor- en nadelen van verschillende meetmethodes en automatische meetapparatuur, gericht op ontwerpers en beheerders van grondwatermeetnetten in Nederland (waterschappen, gemeenten, waterleidingmaatschappijen, adviesbureaus en natuurorganisaties).

§2. Onderzoek Nationale Ombudsman en reviews

§2.1 Conflict over de conclusies omtrent verdroging¹⁶

In §1.1 van deze notitie staat dat wetenschappers discussiëren over 'verdroging' en 'anisotropie'. Binnen Alterra, dat deel uitmaakt van de 'Wageningen University & Research Centre', bleken de meningen over deze onderwerpen uiteen te lopen. Vooral de tegenstrijdige

¹² Ritzema et al. (2012), pag. 49.

¹³ Ritzema et al. (2012), pag. 40-41.

¹⁴ De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) is een onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties.

¹⁵ Wareco is een ingenieursbureau, gespecialiseerd in bodem, water en funderingen.

¹⁶ De volgende paragrafen zijn gebaseerd op de Nationale Ombudsman (2013). '*Een afweging op drassige gronden*'.

conclusies van Hoogland et al. (2008) enerzijds en Van der Gaast et al. anderzijds (2009) leidden uiteindelijk tot een conflict.

In de wetenschap is het gebruikelijk dat de onderzoeksresultaten een review ondergaan voordat zij gepubliceerd worden. Een review beoordeelt of de resultaten van het onderzoek de conclusies voldoende onderbouwen; in beginsel volstaat één reviewronde. Ook het rapport '*Actuele grondwaterstandsituatie in natuurgebieden*' van Van der Gaast et al. (2009) heeft een interne review ondergaan, met een positief oordeel.

Ondanks de goedkeurende review liet de Universiteit Wageningen (naar aanleiding van een brief van het PBL, de opdrachtgever van de twee bovengenoemde rapporten) aan Van der Gaast¹⁷ weten dat de conclusies van zijn onderzoek moesten worden aangepast. Het PBL bleek namelijk bezwaar te hebben tegen de – naar hun oordeel – specifieke, sterk veralgemeniseerde conclusie dat de verdroging van natuurgebieden veelal wordt overschat. Volgens het PBL was deze conclusie speculatief en niet onderbouwd door onderzoek.

Omdat zijn onderzoek reeds een (positieve) review had ondergaan, weigerde Van der Gaast zijn conclusies aan te passen. Tegelijkertijd bleef het PBL bezwaar houden tegen de gewraakte conclusie. Om uit de impasse te komen koos de Universiteit Wageningen ervoor verschillende aanvullende reviewronden te houden. Uiteindelijk zijn er drie gehouden, één interne en twee externe (die de Dienst Informatievoorziening van de Tweede Kamer niet heeft kunnen terugvinden in openbare bronnen). Deze reviews brachten Van der Gaast en PBL (de opdrachtgever) niet op andere gedachten; de impasse bleef bestaan.

§2.2 Uitstel publicatie Van der Gaast; wel publicatie vervolgonderzoek

Het rapport '*Actuele grondwaterstandsituatie in natuurgebieden*' werd voorlopig niet gepubliceerd. Terwijl de conclusies nog ter discussie stonden, keurde het PBL een projectplan voor het vervolgonderzoek al wel goed. De resultaten van het vervolgonderzoek (eveneens uitgevoerd door Alterra) verschenen in het al vaker genoemde rapport '*De seizoensfluctuatie van de grondwaterstand in natuurgebieden vanaf 1985 in kaart gebracht*' door Hoogland et al., 2008.¹⁸ Dit vervolgonderzoek, waarin staat dat de grondwaterstand gemiddeld 45 tot 62 cm lager is dan voor de grondwaterafhankelijke natuur wenselijk is, onderging slechts één review.

Volgens Van der Gaast wilde zijn werkgever (Universiteit Wageningen) in navolging van het PBL willens en wetens onjuiste informatie naar buiten brengen. Om dit aan de kaak te stellen gebruikte hij hiertoe de klokkenluidersregeling van de Universiteit Wageningen. Van der Gaast was het uiteindelijk niet eens met de wijze waarop zijn klokkenluidersmelding binnen de Universiteit Wageningen behandeld was en heeft zijn klacht daarom voorgelegd aan de Nationale Ombudsman.

¹⁷ In het rapport van de Nationale Ombudsman (2013) wordt Van der Gaast 'X' genoemd.

¹⁸ De resultaten van het vervolgonderzoek (door Hoogland et al., 2008) werden dus eerder gepubliceerd dan het onderzoek door Van der Gaast et al. dat in 2008 reeds gereed was, maar pas in 2009 werd gepubliceerd.

§2.3. Oordeel Nationale Ombudsman¹⁹

De Nationale Ombudsman (2013) oordeelt in het rapport *'Een afweging op drassige gronden. Rapport over de wetenschappelijke discussie over de meting van de grondwaterstanden in Nederland'* dat "het wetenschappelijke debat over de wijze van meten en interpreteren van [de] metingen van grondwaterstanden (...) niet in alle vrijheid en op basis van alle informatie [kon] worden gevoerd".

Ten aanzien van PBL schrijft de Nationale Ombudsman onder meer: "[Van der Gaast heeft] als wetenschappelijk onderzoeker op basis van de normen en waarden (...) in de wetenschappelijke wereld, de eindverantwoordelijkheid voor het te publiceren resultaat. Als opdrachtgever zou het PBL zich niet inhoudelijk met de totstandkoming van conclusies van een onderzoek moeten bemoeien." (...) "Pas na totstandkoming van het rapport zou PBL zijn eventuele kritiek op de conclusies van het rapport moeten bekendmaken". (...) Omdat PBL "zich niet als opdrachtgever bekend [wilde] maken, geeft PBL te kennen dat zij enkel publicaties wil laten uitgaan die qua conclusies aansluiten bij de eigen visie".

De Ombudsman stelt verder dat de Universiteit Wageningen "meer belang hechtte aan een resultaat dat de goedkeuring van de opdrachtgever PBL had, dan aan de academische vrijheid van [Van der Gaast] en zijn laatste woord over de inhoud van de wetenschappelijke publicatie". Volgens de Nationale Ombudsman is "niet vast komen te staan dat de [Universiteit Wageningen] en het PBL doelbewust uit waren op wetenschap op bestelling", (...) maar "is de indruk van wetenschap op bestelling wel gewekt".

§2.4 Brief Van der Gaast aan de Tweede Kamer

Op 5 september jl. heeft Van der Gaast een brief aan de Tweede Kamer gestuurd. Hierin stelt hij onder meer dat rapporten rond het onderwerp 'het meten van grondwaterstanden' binnen Universiteit Wageningen "nog steeds niet conform de wetenschappelijke richtlijnen en gedragscodes tot stand komen dan wel worden achtergehouden".

§3. Vervolgonderzoek

§3.1. Welk vervolgonderzoek is gevraagd?

Het BOR heeft bekeken welk vervolgonderzoek door wetenschappers is gevraagd, en is uitsluitend voorstellen tegengekomen in rapporten van Alterra.

- 1) Hoogland et al. (2008) geven in het rapport *'De seizoensfluctuatie van de grondwaterstand in natuurgebieden vanaf 1985 in kaart gebracht'* aan dat "een onderzoek naar de geschiktheid van peilbuizen wenselijk is om de (...) grondwaterstand te bepalen in relatie tot de filterdiepte en de profielopbouw ter plaatse [anisotropie]".²⁰

¹⁹ Zie De Nationale Ombudsman (2013), pag. 30 t/m 32.

²⁰ Hoogland et al. (2012), pag. 47.

- 2) Van den Akker et al. (2009) beschrijven in het rapport '*Stijghoogteverschillen en verdichting: een eerste Twentse verkenning in de praktijk*' dat "nader onderzoek naar goede meetmethoden voor het meten van de correcte (...) grondwaterstand wenselijk is".²¹ Ze vragen hierbij aandacht voor het maken van bodemkundige profielbeschrijvingen, "om het effect van de weerstandbiedende lagen [anisotropie] op de grondwaterstand op een correcte manier te kunnen kwantificeren".
- 3) Ook Van der Gaast et al. (2009) stellen in het rapport '*Actuele grondwaterstandsituatie in natuurgebieden*' vervolgonderzoek voor. "Voor nieuw in te richten (...) meetpunten is het opstellen van een protocol aan te bevelen. Hiervoor dient wellicht naast een literatuurstudie voor specifieke bodemgroepen nog aanvullend onderzoek te worden gedaan" (...) "Daarnaast zal aanvullend onderzoek noodzakelijk zijn om een eventuele vertaalslag te kunnen maken tussen de reeds beschikbare meetgegevens en de (...) grondwaterstand." (...) Voor het bepalen van de anisotropie is een 'verdieping' van de bodemfysische informatie noodzakelijk".²²
- 4) In het onderzoek van Ritzema et al. (2012) '*Metten en interpreteren van grondwaterstanden*' wordt een vervolgonderzoek voorgesteld naar de grondwaterstandsdeling in natuurgebieden. Het onderzoek moet wetenschappelijk gefundeerd antwoord kunnen geven op de vraag of de verdrogingsproblematiek juist wordt ingeschat op basis van informatie over grondwaterstanden. In het onderzoek zou objectief vastgesteld moeten worden of een diepe filterstelling bij peilbuizen heeft bijgedragen aan de overschatting van de verdrogingsproblematiek. Een dergelijk onderzoek is volgens Alterra noodzakelijk om helderheid te verschaffen in de discussie rond (...) 'verdroging'.²³

§3.2. Welk onderzoek wordt nu uitgevoerd

Navraag bij Alterra heeft geleerd dat er op dit moment geen onderzoek plaatsvindt naar dit onderwerp. Een overzicht van binnenkort te verschijnen titels van vervolgonderzoek bij andere organisaties heeft het BOR niet kunnen opstellen. Wel heeft het BOR een netwerkverkenning uitgevoerd naar op het onderwerp deskundige topwetenschappers (zie bijlage 2). Dit overzicht is opgesteld door de KNAW (Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen).

§4. Beleidsmatige implicaties

Grondwaterstanden worden bij verschillende beleidsterreinen gebruikt. Het BOR is de volgende beleidsmatige implicaties tegengekomen.

1) Aanpak verdroging in natuurgebieden

In §1.1 van deze notitie is reeds beschreven dat grondwaterstanden betrokken worden bij discussies over verdroging, en dat er discussie gaande is over de mate waarin grondwaterstanden daarvoor bepalend zijn. Enerzijds schrijven Van der Gaast et al. in H₂O (2008) dat "de oorzaak van verdroging ongeacht de definitie een daling van de grondwaterstand is en

²¹ Van den Akker et al. (2009), pag. 45-46.

²² Van der Gaast et al. (2009), pag. 91.

²³ Ritzema et al. (2012), pag. 91 en 121.

blijft". Anderzijds stellen wetenschappers als Maas et al. (2008) dat dit "niet of slechts zeer ten dele het geval is" (zie §1.2).

Ook verschillende bewindspersonen hebben de afgelopen jaren geschreven dat grondwatermetingen niet de basis vormen voor de omvang van het verdrogingsprobleem. Zo schrijft voormalig minister Verburg van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit in 2008 : "In de praktijk is de schatting over de omvang en mate van verdroging van natuurgebieden vooral bepaald aan de hand van de reactie van de grondwaterafhankelijke vegetatie. Grondwaterstandmetingen worden daarbij soms gebruikt om te toetsen of de geconstateerde veranderingen in vegetatie daadwerkelijk zijn veroorzaakt door grondwaterstanddaling, maar vormen geen basis voor de bepaling van de omvang van het verdrogingsprobleem. Bij verdroging van natuurgebieden gaat het om een complexe problematiek waarbij naast de grondwaterstand ook veranderingen in grondwaterdynamiek en grondwaterkwaliteit en een beperkte beschikbaarheid van oppervlaktewater van goede kwaliteit aan de orde zijn". Deze insteek is in 2011 bevestigd door voormalig staatssecretaris Atsma van Infrastructuur en Milieu, en in 2011/2012 door voormalig staatssecretaris Bleker van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (zie bijlage 1).

2) Een te hoog waterpeil kan leiden tot te drassige landbouwgronden

Doordat waterschappen de grondwaterstand in natuurgebieden volgens sommige wetenschappers te hoog houden, kunnen landbouwgronden in de omgeving te drassig worden. In 'Boerderij Vandaag' ('een nieuwskrant voor de ondernemende boer') van 3 juli 2013 vinden we terug dat de landbouwgronden hierdoor te nat worden om te bewerken, en dat agrariërs hierdoor schade kunnen ondervinden.

3) Bepaling van schade als gevolg van grondwaterwinning

Winning van water, bijvoorbeeld door waterbedrijven, kan daarentegen leiden tot *te lage* waterstanden, waardoor agrariërs eveneens schade kunnen ondervinden. Ook kan door grondwateronttrekking schade aan gebouwen ontstaan.²⁴ Wettelijk is bepaald dat schade aan gewassen van derden, natuur en gebouwen als gevolg van grondwateronttrekking door de veroorzaker volledig vergoed moet worden.²⁵ Sinds 2009 is in de Waterwet geregeld dat provincies verantwoordelijk zijn voor de afwikkeling van droogteschade van grondwaterwinningen.

In 'Boerderij Vandaag' van 25 september 2012 staat dat de vergoeding van deze schade aan boeren volgens enkele deskundigen van onder meer Alterra 'miljoenen te laag' is. En in 'Boerderij Vandaag' van 19 februari 2013 wordt gerefereerd aan felle kritiek die door Harry Langman (minister van Economische Zaken in de jaren zeventig) zou zijn geuit aan het adres van de Adviescommissie Schade Grondwater (ACSG). Deze commissie is ingesteld om te adviseren bij de afhandeling van de schade. "De commissie werkte in 2010 allerm minst naar behoren en het schortte aan controle", zo blijkt uit een vertrouwelijke brief van Langman die onlangs via een Wob-procedure in de openbaarheid is gebracht. En: "Binnen de commissie kon niemand beoordelen of de programma's die werden gebruikt voor de

²⁴ <http://www.grondwater-cdg.nl/pages/schade.aspx>.

²⁵ Handreiking Juridische Helderheid Grondwaterbeheer: Deel A, de theorie uiteengezet, Sterk Consulting en Colibri Advies, Leiden 2012, pag. 81-83.

berekening van schade aan landbouwgewassen door grondwateronttrekking wel zodanig waren opgesteld dat landbouwschade daarmee correct te berekenen was".

5) *Waterkwaliteit*

Verder is terug te vinden dat grondwaterstanden ook invloed hebben op de waterkwaliteit. Hierdoor zijn grondwaterstanden ook relevant voor het bestrijdingsmiddelenbeleid en het mestbeleid. "Water is voor veel stoffen de drager, waardoor de stroming van water door de grond bepalend is voor de verplaatsing van veel stoffen".²⁶

6) *Ruimtelijke ordening en waterhuishoudkundige maatregelen*

Ook om te bepalen of de grond geschikt is voor bouwprojecten kan het tot slot van belang zijn de juiste grondwaterstand te bepalen. Het kan voorkomen dat de grondwaterstand tijdelijk moet worden gewijzigd om een bouwproject te kunnen starten. Grondwaterstanden worden verder gebruikt voor het aanleggen van riolering, kabels en leidingen, het uitvoeren van bodemsanering, voor productieprocessen in industrieën, bij drinkwaterwinning voor vee en voor warme/koude-opslag in de bodem.²⁷

§5. Verantwoording

De wetenschappelijke discussies over het meten van grondwaterstanden zijn vaak technisch van aard. Omdat het BOR niet beschikt over hydrologische kennis, waren niet alle wetenschappelijke artikelen volledig te doorgronden. Daar waar de inhoud van de literatuur niet volledig geduid kon worden, is dat aangegeven. Verder heeft het BOR de wetenschappelijke discussie ten behoeve van de leesbaarheid vereenvoudigd weergegeven. Gezien de complexiteit van de materie is alleen Nederlandstalige literatuur gebruikt.

²⁶ Van der Gaast (2009), pag. 90.

²⁷ Handreiking Juridische Helderheid Grondwaterbeheer: Deel A, de theorie uiteengezet, Sterk Consulting en Colibri Advies, Leiden 2012, pag. 49-55.

Literatuurlijst

1) Literatuur

- Akker, J. van den, et al. (2009). *Stijghoogteverschillen en verdichting: een eerste Twentse verkenning in de praktijk*. Alterra-Wageningen UR.
- Asmuth, J. von (2012). *Groundwater System Identification through Time Series Analysis*. Technische Universiteit Delft.
- Bakel, J. van, et al. (2012). *Onderzoek naar de grondwaterstandsdynamiek..* In NHI v2.1. Hoofdrapport.
- Boukes, H. (2011). *Een grondwaterstand, wat zegt dat nou?* Stromingen 17/2011, nr. 2.
- Bouma, J. et al. (2012). *Handboek meten van grondwaterstanden in peilbuizen*. STOWA, rapport 50/2012.
- Gaast, J. van der, et al. (2009). *Actuele grondwatersituatie in natuurgebieden. Een pilotstudie*. Alterra-Wageningen UR.
- Gaast, J. van der (2012a). *De werkelijke weerstand*. Stromingen 18/2012, nr. 1.
- Gaast, J. van der (2012b). *Numerieke verdroging en schadeonderzoek voor grondwateronttrekkingen*. Stromingen 18/2012, nr. 1.
- Hoogland, T. et al. (2008). *De seizoensfluctuatie van de grondwaterstand in natuurgebieden van 1985 in kaart gebracht. Een pilotstudie*. Alterra-Wageningen UR.
- Knotters, M. et al. (2013). *Validatie van grondwaterstandskarten met de Landelijke Steekproef Kaarteenheden*. Alterra-Wageningen UR & STOWA.
- Nationale Ombudsman (2013). *Een afweging op drassige gronden. Rapport over de wetenschappelijke discussie over de meting van grondwaterstanden in Nederland*. Rapportnummer 2013/028.
- PBL (2008). *Natuurbalans 2008*. Planbureau voor de Leefomgeving.
- Querner, E. en Bakel, J. van (2010). *Op zoek naar de 'vergeten' verticale weerstand hoog in het bodemprofiel*. Stromingen 16/2010, nr. 1.
- Ritzema, H.P. et al. (2012). *Meten en interpreteren van grondwaterstanden. Analyse van methodieken en nauwkeurigheid*. Alterra-Wageningen UR.

2) Vakblad H₂O

- Bolt, F. van der, et al. (2010). *Hoe goed meten we grondwaterstanden?* H₂O, nr. 11/2010.
- Boukes, H. (2008). *Vertroebeling verdrogingsdiscussie*. H₂O, nr. 11/2008.
- Ek, R. van, et al. (2008). *Numerieke verdroging*. H₂O, nr. 11/2008.
- Gaast, J. van der, et al. (2008). *Oorzaak en gevolg van numerieke verdroging*. H₂O, nr. 5/2008.
- Gaast, J. van der, et al. (2008). *Weerwoord op het artikel "Kanttekeningen bij Oorzaak en gevolg van numerieke verdroging"* door Maas, K. en Von Asmuth, J. (2008). H₂O, nr. 9/2008.
- Gaast, J. van der, et al. (2008). *Weerwoord op het artikel "Vertroebeling verdrogingsdiscussie"* door Boukes, H. (2008). H₂O, nr. 11/2008.
- Gaast, J. van der (2012). *Beschouwing rond het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium*. H₂O, nr. 11/2012.
- Hendriks, H. (2012). *Integrale en innovatieve optimalisatie van het grondwatermeetnet*. H₂O, nr. 13/2012.
- Lange, W. de (2012). *Weerwoord op het artikel "Beschouwing rond het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium"* door Van der Gaast, J. H₂O, nr. 11/2012.
- Maas, K. en Asmuth, J. von (2008). *Kanttekeningen bij 'Oorzaak en gevolg van numerieke verdroging'*. H₂O, nr. 9/2008.

3) Overige artikelen

- Boerderij Vandaag d.d. 25 september 2012. *'Berekening schade als gevolg van grondwaterwinning rammelt flink'*.
- Boerderij Vandaag d.d. 3 juli 2013. *'Ammoniakbeleid gebaseerd op drijfzand'*. Interview met E. Dijkgraaf.
- Boerderij d.d. 19 februari 2013. *'Arbiters kraken grondwatercomité.'*

Bijlage 1. Eerdere vragen vanuit de Kamer

Sinds 2008 zijn er vanuit de Kamer verschillende vragen gesteld over het meten van grondwaterstanden. Voor de volledigheid vindt u in het onderstaande schema de bijbehorende Kamerstukken.

18 maart 2008	Vragen van het voormalig lid Koppejan (CDA) aan voormalig minister Verburg (Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit) Vergaderjaar 2007-2008, Aangangsel van de Handelingen, nr. 2001.
4 juli 2011	Vragen van het voormalig lid Koppejan (CDA) aan voormalig staatssecretaris Atsma (Infrastructuur en Milieu) Vergaderjaar 2010-2011, Aangangsel van de Handelingen, nr. 3419.
25 november 2011	Brief van staatssecretaris Bleker (EL&I) Kamerstuk 30825, nr. 120.
20 februari 2012	Lijst van Vragen van de vaste commissie Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (ELI) aan voormalig staatssecretaris Bleker (EL&I), Kamerstuk 30825, nr. 171.
29 mei 2012	Vragen van de voormalige leden Koppejan en Holtackers(CDA) aan voormalig staatssecretaris Bleker (EL&I) Vergaderjaar 2011-2012, Aangangsel van de Handelingen, nr. 3402.

Bijlage 2. Netwerkverkenning

Deze 'netwerkverkenning' bevat een overzicht van op het onderwerp deskundige topwetenschappers. Het overzicht is opgesteld door de KNAW, die samen met NWO, VSNU en de Tweede Kamer participeert in de pilot parlement en wetenschap²⁸.

Indien u zich verder in het onderwerp wilt verdiepen kunt u contact opnemen met deze wetenschappers.

Naam (alfabetische volgorde)	Organisatie	Expertise	Contactinformatie
Marc Bierkens (prof. dr. ir.)	Universiteit Utrecht	Hydrologie en waterbeheer. Analyse en modellering van bodemvocht en ondiep grondwater in relatie tot bodem, oppervlaktewater, vegetatie en klimaat.	m.f.p.bierkens@uu.nl 030 253 2777
Han Dolman (prof. dr.)	Vrije Universiteit	Ecohydrologie. Interactie van de aardse biosfeer met de hydrologische cyclus en de atmosfeer.	han.dolman@vu.nl 020 598 7358
Nick van de Giesen (prof. dr. ir.)	TU Delft	Waterbeheer: modellering van complexe waterbeheerssystemen en de ontwikkeling van wetenschappelijk onderbouwde beslissingsondersteunende systemen; de interactie tussen watersystemen en hun gebruikers.	n.c.vandegiesen@tudelft.nl 015 278 7180
Majid Hassanizadeh (prof. dr. ir.)	Universiteit Utrecht	Milieugeohydrologie. Modelleren van bodem- en grondwatersanering. Modelleren van neerslagafvoer.	s.m.hassanizadeh@uu.nl 020 253 7464
Huub Savenije (prof. dr. ir.)	TU Delft	Hydrologie van oppervlaktewater, waterhuishouding.	h.h.g.savenije@tudelft.nl 015 278 1433
Esther Stouthamer (dr.)	Universiteit Utrecht	Bodemdaling.	e.stouthamer@geo.uu.nl 030 253 5772
Remko Uijlenhoet (prof. dr. ir.)	Wageningen UR	Hydrologie en kwantitatief waterbeheer	remko.uijlenhoet@wur.nl 031 748 5760

²⁸ <http://jaarverslagtweedekamer.nl/samenwerken/pilot-parlement-en-wetenschap>.