

# Reacties



## Reactie op het artikel: 'Een alternatieve GHG analyse' van Drs. D.H. Edelman en Ir. A.S. Burger.

Ik klim niet zo snel in de pen om te reageren op zaken die in Stromingen staan. Maar ter voorkoming van overspannen verwachtingen en statistische ongelukken als mogelijk gevolg van het artikel van Edelman en Burger (E&B; Stromingen 15(3), 29-30), voel ik me geroepen dit nu toch te doen. In hun artikel breken E&B een lans voor het gebruik van de cumulatieve frequentieverdeling en de kwantielen (of percentielen) daarvan voor de karakterisering van grondwaterdynamiek, dit als alternatief voor de klassieke manier om de GHG uit de HG3 te halen. Laat ik beginnen met te melden dat ik veel sympathie heb voor het voorgestelde idee achter de methode. Deze geeft je een completere beschrijving van de grondwaterdynamiek, is veel minder gevoelig voor variaties in meetfrequentie en sluit beter aan bij de gebruikelijke manier om datasets te beschrijven. Het probleem dat ik heb met dit artikel is het gebrek aan referenties naar werk uit het recente verleden, de te hoge verwachtingen die worden gewekt en het onjuist gebruik van statistiek.

### Resultaten uit het verleden

In 1994 publiceerden Knotters en van Walsum een rapport waarin in essentie Figuur 1-1 van E&B al staat. Voor wie dat te grijs vindt refereer ik ook naar Knotters en van Walsum (1997). Daarin wordt ook opgemerkt dat in te korte tijdreeksen de toevallige weersomstandigheden tijdens de opnameperiode teveel de waarde van de GHG en GLG (GxG) bepalen. Zij losten dit op door een tijdreeksmodel, dat de relatie tussen neerslagoverschot en grondwaterstand beschrijft, te ijken op de korte tijdreeks en die dan tot 30 jaar te verlengen om een "klimaatrepresentatieve" GxG te bepalen. De oude definitie van GxG spreekt over tenminste 8, maar liever 10 jaar. Dat betekent dus niet maximaal 10 jaar. Dus in het geval van de tijdreeks in Figuur 1-1 van E&B, zou men normaal 1 GHG voor de hele periode 1976-2006 schatten. Dus de vergelijking van een range aan GHGs uit de klassieke methode met een zogenaamde robuuste waarde uit de nieuwe methode is gebaseerd op het feit dat de eerste met delen van de tijdreeks is berekend en de tweede op de hele tijdreeks. Dit zegt niets over de berekeningsmethoden zelf. Overigens zegt de oude definitie ook dat de reeks statistisch homogeen moet zijn en er dus geen structurele veranderingen in het hydrologisch systeem moeten hebben plaatsgevonden of in de wijze waarop de data zijn verzameld. De tijdreeks in Figuur 1-1 beschouwend, zou ik waarschijnlijk de GHG alleen berekend hebben over de periode 1986-2006. Sinds het werk van Knotters en Van Walsum (1994) zijn er vele artikelen verschenen, ook in Stromingen, over dit onderwerp. Als E&B die al hebben gelezen, blijkt dat in ieder geval niet uit deze analyse.

### Hoge verwachtingen

E&B introduceren het begrip "geharmoniseerde duurlijn". Met een duurlijn bedoelen ze een cumulatieve frequentieverdeling (CFV hierna). In de beschrijvende statistiek wordt die bepaald door een reeks getallen van laag naar hoog te ordenen en de waarden te plotten tegen het

rangnummer gedeeld door het aantal waarnemingen + 1. Als we de onderliggende tijdreeks zien als de uitkomst van een kansproces is de CFV een schatter van de onderliggende cumulatieve kansverdelingsfunctie. Hieruit kan men dan de verwachte duur berekenen dat de variabele (de grondwaterstand in dit geval) boven of onder een bepaald niveau zit. Vaak wordt er een bekende parametrische continue functie door de CFV gefit, zoals een Normale, log-normale, Gumbel of exponentiele verdeling. Zo'n gefitte functie door de CFV is wat E&B een geharmoniseerde duurlijn noemen. Ik heb op de website [www.waterlog.info](http://www.waterlog.info) gekeken naar het programma CumFreq, en dat is precies wat dat programma doet: fitten van een bekende kansverdelingsfunctie door een CFV. E&B beweren vervolgens dat het resultaat de CFV is die men verkregen zou hebben als men een oneindige tijdreeks zou hebben. En hier gaat het dus jammerlijk mis. De parameters van de gefitte kansverdelingsfunctie hangen natuurlijk ook af van de lengte van de tijdreeks. Als E&B op voortschrijdende 10-jaarlijkse perioden CFVs zouden hebben geschat (20 in totaal) en daar kansverdelingsfuncties op zouden hebben gefit, dan zouden dat 20 verschillende kansverdelingsfuncties hebben opgeleverd en dus ook 20 verschillende GHGs geschat uit het 84.1 percentiel. De methode levert dus helemaal geen eenduidige GHG op als de tijdreeks kort is, maar heeft te lijden onder dezelfde bemonsteringsonzekerheid als de klassieke methode. De reden dat men vaak kansverdelingsfuncties fit op CFVs is om te extrapoleren en zo kansen op hele hoge of lage waarden die niet in de dataset zitten te berekenen. Deze geëxtrapoleerde waarden zijn zoals gezegd wel afhankelijk van de lengte van de tijdreeks waarop de kansverdelingsfunctie is gefit. In die zin is zo'n gefitte kansverdelingsfunctie een model.

## Grondwaterstand = statistiek: juist!

Een opmerkelijke toevoeging is het berekenen van herhalingstijden bij de verschillende parameters: AHG, MHG, GHG etc. Het is mij volstrekt onduidelijk hoe die hier berekend zijn, maar ik weet wel dat ze niet kunnen kloppen. Herhalingstijden hebben namelijk te maken met extremen. Het geeft de gemiddelde tijdsduur (met nadruk op gemiddelde) tussen twee extreme gebeurtenissen, in dit geval een zeer extreme grondwaterstand. De duurlijnen van E&B hebben echter betrekking op alle data, en niet op extremen. Je kunt daar nooit zo een herhalingstijd aanhangen. Om dit te illustreren zal ik de herhalingstijd berekenen van de waarde die hoort bij de AHG, het 99.85 percentiel. Bij het berekenen van herhalingstijden zijn er ruwweg twee methoden voor handen: de Peak over Threshold methode (ook wel partial duration series genoemd) en de methode van maxima (zie <http://www.geog.uu.nl/fg/mbierkens/stochhyd.html> hoofdstukken 2 en 4 voor informatie over kansverdelingen en herhalingstijden). Bij de methode van maxima neemt men (als men herhalingstijden in jaren wenst) voor elk jaar de hoogste grondwaterstand. Vervolgens worden deze maxima geordend van klein naar groot. In het geval van Figuur 1-1 zijn dat dus 30 waarden. De geordende waarden krijgen een rangnummer van  $i=1$  tot  $i=30$ . De herhalingstijd  $T$  wordt dan berekend als:  $T = (n+1)/(n+1-i)$ , met  $n$  het aantal waarnemingen (i.c. 30). Uit een serie van dertig waarnemingen heeft dus de grootse waarde van de jaarlijkse maxima, in dit geval gelijk aan de AHG

(26.67 + NAP), een herhalingstijd van 31 jaar, en niet 125 jaar! Om grondwaterstanden met grotere herhalingstijden te verkrijgen moet er geëxtrapoleerd worden. Dit betekent dat een parametrische functie gefit wordt op de cumulatieve frequentieverdeling van de jaarmaxima (30 stuks) en daarmee de herhalingstijden voor grondwaterstanden worden geschat die niet

in de meetreeks zitten. Typische verdelingen die hiervoor gebruikt worden zijn de Gumbel-verdeling, de gegeneraliseerde extreme-waardeverdeling, de log-normale verdeling en de Log Pearson type III verdeling.

## Conclusie

Ik vind het idee van E&B om grondwaterdynamiek te beschrijven aan de hand van de kwantielen van de cumulatieve frequentieverdeling (CFV) uitstekend. Dit maakt de parameters die de grondwaterdynamiek beschrijven minder gevoelig voor de meetfrequentie en ook beter geschikt voor hoogfrequente metingen met divers, omdat zo alle data gebruikt kunnen worden en niet alleen die op de 14e en de 28e. Het lost echter niet, zoals E&H beweren, het probleem van te korte reeksen op, ook al fit je een continue functie door de CFV. Ook kun je uit CFVs van de originele data niet direct herhalingstijden schatten. Dat moet toch echt uit jaarmaxima.

## Literatuur

**Edelman, D.H. en A.S. Burger (2009)** Een alternatieve GHG analyse. *Stromingen* 15(3), 29-34.

**Knotters, M. en P.E.V. van Walsum (1994)** Uitschakeling van weersinvloeden bij de karakterisering van het grondwaterstandsverloop. Rapport 350 DL0 Staring Centrum, Wageningen.

**Knotters, M. en P.E.V. van Walsum (1997)** Estimating fluctuation quantities from time series of water-table depths using models with a stochastic component. *Journal of Hydrology* 197, 25-46.

### Marc Bierkens

Departement Fysische Geografie, Universiteit Utrecht  
Deltares, Unit Bodem en Grondwater

## Reactie

De insteek van ons artikel was een benadering te geven vanuit de praktijk. Voor het grondwater geldt vaak: de praktijk wijkt af van de theorie. Dit betekent dat het regelmatig fout gaat met bemalingen, maar ook is gebleken dat veel woonwijken de laatste jaren te laag zijn aangelegd.

De belangrijkste reden hiervoor is dat er weinig actuele gegevens zijn. Hiernaast ligt een van de grote foutbronnen in een foutief gebruik van grondwaterstanden (en bodemverschijnselen!). En, jazeker, analyse van grondwaterstanden, zoals de tijdreeksanalyse, heeft al vaak in Stromingen gestaan, maar daarmee lijken grondwaterproblemen nog niet opgelost. Stromingen bereikt helaas een beperkt publiek. Door een in de praktijk reproduceerbare methode te ontwikkelen en deze vervolgens breed uit te dragen kan het de hydrologie mogelijk weer een stapje vooruit doen.

Met het artikel wilden we drie zaken bereiken:

- Opnieuw aangeven dat de GHG varieert met de tijd, zie figuur 1-1. Dit is een open deur - waarbij geen literatuur verwijzingen zijn gebruikt naar artikelen en publicaties uit het recente verleden - maar in de praktijk blijkt nog vaak dat verschillende definities van GHG's van meetreeksen over verschillende perioden worden gebruikt. Met deze figuur, waarin de fluctuatie van de GHG en de GLG goed duidelijk is, wilden wij de gevolgen van een keuze van de lengte van de meetreeks nog eens benadrukken.
- Een eenduidige methode aanreiken zodat methoden met verschillende meetfrequenties zonder verlies van data op de zelfde manier kunnen worden geanalyseerd. Basis onder dit idee is het feit dat DINOloket steeds meer meetreeksen bevat die verschillende meetfrequenties hebben.
- Een raamwerk geven waarbij ook duidelijk wordt dat de GHG geen maximale grondwaterstand is. Hiernaast geeft deze methode de opdrachtgever de mogelijkheid te kiezen voor, bijvoorbeeld, een extremere grondwaterstand dan de GHG. In ons artikel hebben we gekozen voor :
  - Gemiddelde grondwaterstand (GG) + 1 standaard deviatie (GHG)
  - GG + 2 standaard deviaties (MHG)
  - GG + 3 standaard deviaties (AHG) boven de gemiddelde grondwaterstand

Maar andere keuzes zijn vanzelfsprekend eveneens mogelijk.

Dat wij op het gebied van de statistiek een misrekening hebben begaan, is iets wat helder is.

Goed dat Marc Bierkens ons hierop heeft gewezen.

## Ja, we vergeten de luchtdruk! Reactie op artikel van Hans Leenen en Kees Maas 'Het eigen gewicht van freatisch grondwater of nogmaals: vergeten we iets?'

### Gewichtstoename door neerslag en luchtdruk

Leenen en Maas snijden een zeer interessant onderwerp aan wat ons ook al jaren bezig houdt: het effect van mechanische belasting op grondwaterstroming. Ze leggen de nadruk in hun artikel op het effect van extra gewicht door de toename van de freatische grondwaterstand door neerslag. In feite maakt het niet uit of deze neerslag freatisch water wordt of in de bodem blijft hangen, het gaat om de toename van het gewicht door de gevallen neerslag (of afname door verdamping). Zoals wij bij de bespreking van Rare reeks 4 al aangaven, regent het in Nederland vaak maar niet zo veel zodat je intuïtief kan aanvoelen dat het effect van het extra

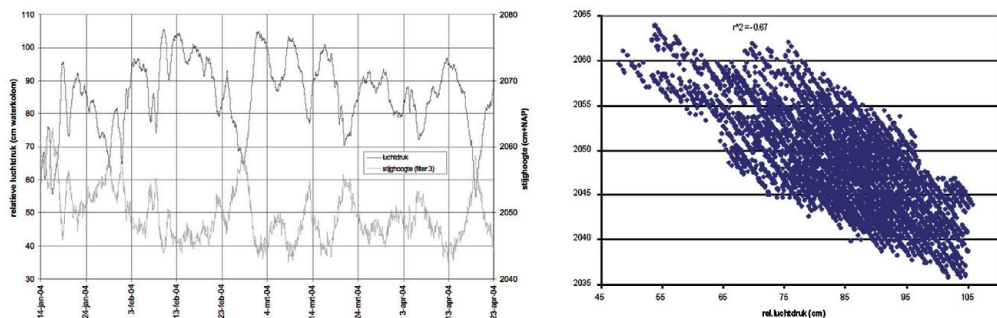
gewicht van de gevallen neerslag niet veel kan zijn. Zeker ook omdat het effect tijdelijk van aard is. Bijvoorbeeld een bui van 50 mm per dag leidt slechts tot een extra gewichtstoename van 5 cm waterkolom, niet veel, en buien van 50 mm per dag komen niet eens veel voor. Tot dezelfde conclusie komen Leenen en Maas, gedegen bewezen met formules. Zij geven verder de condities aan waaronder grondmechanische effecten wél een rol kunnen spelen.

Vergeleken met extreme regenbuien, zijn luchtdrukvariaties wel van alledag en leiden tot veel grotere veranderingen in gewicht. Ze hebben dan ook een veel groter grondmechanisch effect dan de door Leenen en Maas uitgewerkte voorbeelden. Immers, luchtdrukvariaties tot 40 mbar binnen enkele dagen, overeenkomend met ongeveer 40 cm waterkolom ofwel een regenbui van 400 mm, komen regelmatig voor (zie bijv. figuur 1). Grondmechanische effecten door luchtdrukvariaties zijn in Nederland dus doorgaans veel groter (ongeveer 10 tot 20 keer) dan effecten door neerslag. Welke consequenties dit voor grondwaterstroming zou kunnen hebben, behandelen we verder op in dit artikel, eerst pakken we nog even Rare reeks nr. 4 aan.

### Rare reeks 4

In figuur 3 van Rare Reeks 4 staat het stijghoogte-verloop van meetpunt 56FP0007 te Reusel geplot, samen met het verloop van de luchtdruk, nogmaals hieronder weergegeven in Figuur 1. Er zijn geen statistische analyses voor nodig om de sterke correlatie tussen beiden parameters te zien. Echter, Leenen en Maas stellen dit in hun laatste alinea nog ter discussie en suggereren dat de fluctuatie mogelijk toch door veranderingen van het eigen gewicht van freatisch grondwater zou kunnen zijn. Om de correlatie tussen de stijghoogte en de luchtdruk nog overtuigender aan te tonen, is een correlatie scatterplot gemaakt (zie Figuur 1) en behoeft verder geen toelichting.

Het effect van de atmosferische luchtdruk op stijghoogtemetingen is een algemeen bekend fenomeen, reeds besproken in Rare reeks 4, veel beschreven in de literatuur en ook nog eens duidelijk uitgelegd door Leenen en Maas. Het punt dat we hierna willen maken, namelijk dat luchtdrukvariaties grondwaterstroming mogelijk significant zouden kunnen beïnvloeden, laat zich hierdoor mooi illustreren en zullen het daarom nogmaals kort toelichten.



FIGUUR 1: LINKS DE DIEPE STIJGHOOGTE VAN MEETPUNT 56FP0007 EN DE RELATIEVE LUCHTDRIJK (UIT: RARE REEKS 4, STROMINGEN 11, 2005-NR 2) EN RECHTS EEN SCATTERPLOT VAN DE RELATIEVE LUCHTDRIJK EN DE DIEPE STIJGHOOGTE.

DEZE STIJGHOOGTE VARIËERT HOOFDZAKELIJK ALS GEVOLG VAN DE LUCHTDRIJK, BIJ EEN STIJGING OF DALING VAN DE LUCHTDRIJK DAALT OF STIJGT DE STIJGHOOGTE MET ONGEVEER 40%. DE LUCHTDRIJK WERKT DUS 40% MINDER GOED DOOR IN HET WATERVOEREND PAKKET DAN DIRECT OP HET WATERNIVEAU IN HET MEETPUNT. BIJ EEN VERHOOGDE ATMOSFERISCHE DRIJK WORDT ALS HET WARE WATER VANUIT HET MEETPUNT HET PAKKET INGEDRUK ZOAT ER WEER EEN EVENWICHT ONTSTAAT.

## Luchtdrukvariaties beïnvloeden grondwaterstroming?

Een verandering van de luchtdruk leidt tot een verandering van de belasting van de ondergrond. De freatische grondwaterstand staat direct in contact met de atmosfeer en de gewichtstoename (vanaf nu voor het gemak druktoename genoemd) is dan ook gelijk aan de luchtdruktoename. Iedereen die met drukopnemers (bijv. 'Divers') werkt om grondwaterstanden te meten, meet deze luchtdruktoename in het grondwatermeetpunt en weet dat de gemeten waterdruk altijd nog moet worden gecorrigeerd voor de luchtdruk om de werkelijke (te meten) grondwaterstand of stijghoogte te verkrijgen. Na correctie zien we geen zichtbare effecten van de luchtdruk op de freatische grondwaterstand. De luchtdruk werkt namelijk net zoveel door op de freatische grondwaterstand als op de waterkolom in de peilbuis waardoor er evenwicht is en er geen stroming in of uit het meetpunt plaatsvindt.

Voor meetpunten met hun filters onder slechtdoorlatende lagen (zoals de reeksen uit Rare reeks 4 en Figuur 1) is het verhaal anders. De luchtdruk werkt één op één door op de waterkolom in het meetpunt maar niet op de stijghoogte in het watervoerend pakket waarin het filter staat. Zoals Leenen en Maas hebben aangetoond, neemt het effect van een gewichtstoename aan het oppervlak met de diepte af, afhankelijk van de (geohydrologische) eigenschappen van de ondergrond. Waterdrukveranderingen als gevolg van luchtdrukveranderingen zijn daardoor altijd minder in (half) afgesloten watervoerend pakketten dan in het bovenliggende freatische pakket of oppervlaktewater. Dit uit zich in gemeten stijghoogtes zoals bijvoorbeeld figuur 1 laat te zien. De relatie is tegengesteld. Bij een luchtdruktoename neemt de stijghoogte af en vice versa. De stijghoogteverandering ten opzichte van de luchtdrukverandering wordt ook wel barometrische efficiëntie genoemd.

We hebben dus te maken met het feit dat luchtdrukvariaties (veel) sterker doorwerken op de freatische water dan op water in het onderliggende afgesloten watervoerende pakket. Dit heeft direct consequenties voor de stroming tussen het ondergelegen watervoerend pakket en het freatische pakket (of oppervlaktewatersysteem). Het duidelijkst is dit zichtbaar in open verbindingen met het diepere grondwatersysteem. In de literatuur zijn voorbeelden bekend waarin bronnen die gevoed worden door grondwaterkwel meer water afvoeren tijdens perioden met een lagere atmosferische druk (bijv. Rush en Johnson, 2006). Het is bekend dat gasbronnen in onze diepe polders meer water en gas leverden tijdens lage drukperioden. We hebben veel boeren gesproken die aan hun wellen kunnen zien wat voor weer het wordt. Wellen gaan volgens de boeren zichtbaar sneller stromen tijdens lage drukperioden en werken dus als een soort barometer. Bovenstaande voorbeelden van open verbindingen zijn duidelijk. Hetzelfde proces, hetzij in mindere mate, zou ook moeten gelden voor diffuse kwel (en infiltratie).

Dit wordt geïllustreerd met een eenvoudige voorbeeldje (Tabel 1). We veronderstellen een deklaag met een hydraulische weerstand ( $c$ ) van 1000 dagen en een initieel stijghoogteverschil ( $\Delta h$ ) van 50 cm bij een referentie barometrische druk van 980 mbar ofwel 980 cm waterkolom. De barometrische efficiëntie van het eerste watervoerende pakket ( $wvp1$ ) is  $2/3$ , d.w.z. luchtdrukvariaties leiden tot een stijghoogteverandering in het watervoerende pakket van ongeveer 67% door in het watervoerende pakket. In de referentiesituatie treedt er bij een stijghoogteverschil van 50 cm, 0.5 mm/d kwel op (zie tabel 1). Een atmosferische druktoename of -afname binnen een dag van 30 cm waterkolom of mbar, leidt tot een stijghoogte ( $h_{wvp1}$ ) af- of



toename van 20 cm. Het stijghoogteverschil ( $\Delta h$ ) verandert daardoor met 40% en daarmee ook de kwelintensiteit (zie Tabel 1). Barometrische effecten op kwel- en infiltratiefluxen zullen het grootst zijn in gebieden die met relatief kleine stijghoogteverschillen, grote fluxen voortbrengen en dus in feite lage hydraulische weerstanden hebben (zo ook de wellen en de gasbronnen).

TABEL 1: BEREKENING VAN DE KWELFLUX VOOR DE REFERENTIE-SITUATIE (A) EN BIJ EEN TOENAME (B) EN AFNAME (C) VAN DE ATMOSFERISCHE LUCHTDRIJK VAN 30 CM WATERKOLOM.

	atm. druk [cm waterkolom]	$h_{\text{freat}}$ [cm + ref]	$h_{\text{wvp1}}$ [cm + ref]	$\Delta h$ [cm]	c [dagen]	kwelflux [mm/d]
A	980	0	50	50	1000	0.5
B	+30	0	30	30	1000	0.3
C	-30	0	70	70	1000	0.7

Vergeten we dan iets? Zoals Leenen en Maas zich eerder ook al afvroegen. Ja, is het antwoord, we vergeten de luchtdruk. Het is namelijk de eerste aanname die we bij het afleiden van alle grondwaterstromingsvergelijkingen doen, we verwaarlozen luchtdrukvariatiëen en drukken stijghoogtedrukken uit ten opzichte van de atmosferische druk. Doen we het dan altijd fout? In feite wel maar bij grondwaterstromingsberekeningen en -modellen doen we wel meer aannames. Maar is de aanname - luchtdrukvariatiëen te verwaarlozen - dan altijd gerechtvaardigd? Wij denken van niet. Door luchtdrukvariatiëen te verwaarlozen maken we in bepaalde situatiëen continu fouten in het berekenen van fluxen. Op maand of jaarbasis zal het niet significant zijn maar tegenwoordig modelleren we op steeds kleinere tijdsbasis, zelfs op dag- of uurbasis. Hoe erg is het dan dat we continu fouten in kwel- en infiltratiefluxen maken door de luchtdruk te verwaarlozen? Dat ligt eraan waarin we geïnteresseerd zijn. Kwel heeft vaak een andere samenstelling dan het oppervlaktewater, neem bijv zoute, nutriëerrijke kwel in laag-Nederland. De bijdrage van zoute of nutriëerrijke kwel zal dan ook in sommige situatiëen per dag kunnen verschillen als gevolg van atmosferische luchtdrukvariatiëen.

Sinds enkele jaren zijn we op zoek naar metingen waarin effecten van luchtdrukvariatiëen op kwelfluxen of op de kwaliteit van het oppervlaktewater zichtbaar zijn. Tot op heden hebben we die nog niet gevonden waaruit je zou kunnen concluderen dat de effecten niet significant zijn. Als iemand wel dergelijke metingen heeft dan zijn we daar erg in geïnteresseerd. Daarnaast is het voorbeeld dat hierboven is geschetst (Tabel 1) wellicht te simpel als bewijs dat dergelijke effecten significant kunnen zijn. Voor een correct antwoord dient het te worden uitgewerkt op een manier zoals Leenen en Maas in hun artikel hebben gedaan. We zijn daarom van plan om dit onderwerp met hen verder uit te werken om te bepalen hoe relevant het eigenlijk is.

## Referentiest

- Leenen, Hans en Kees Maas. (2009) 'Het eigen gewicht van freatisch grondwater of nogmaals: vergeten we iets? Stromingen 15, nr. 2.
- Louw, Perry de en Roelof Stuurman. (2005) Rare reeks 4. Fluctuatielozest stijghoogte. Stromingen 11, nr. 2.
- Rush, J.D., Johnson, G.S. (2006) Response of well-water elevations and spring discharge to changes in barometric pressure, Eastern Snake River Plain Aquifer, Hagerman, Idaho. Report Idaho Water Resources Institute. University of Idaho.

## Reactie van Hans Leenen en Kees Maas op de reactie van Perry de Louw en Roelof Stuurman.

De auteurs hebben ons wel overtuigd dat de stijghoogtevariatiën in de diepe buis te Reusel aan luchtdrukvariatiën toegeschreven kunnen worden. Dat luchtdrukvariatiën doorwerken in (half)afgesloten lagen is inderdaad algemeen bekend. Wij noemden al het voorbeeld van pompproeven in (semi)spanningswater, waarbij het voor een correcte interpretatie nodig is om de waarnemingen te corrigeren voor luchtdruk. (Waarom doen we dat eigenlijk niet bij het ijken van grondwatermodellen?) Het voorbeeld van de wellen die als barometer fungeren kenden we niet, maar het klinkt ook tamelijk overtuigend. Waarom zouden we nog lang speculeren over de vraag of het echt nodig is om rekening te houden met loading (hetzij door neerslag, hetzij door luchtdruk)? Het inbouwen van het effect in een modelcode is een fluitje van een cent en onze modellen zullen er zeker niet slechter van worden. We willen er met plezier verder over van gedachten wisselen.