

Als ik het stijghoogteverval in het lek zelf verwaarloos, zijn $\Delta\varphi_1$ en $\Delta\varphi_2$ samen gelijk aan het stijghoogteverschil $\Delta\varphi$ tussen de kortgesloten aquifers, dus

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 \quad (17)$$

Uit(14) , (16) en (17) volgt dan dat

$$Q = \frac{1}{2} \pi \Delta\varphi \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} \phi \quad (18)$$

De factor π vervalt weer, om te corrigeren voor anisotropie.

Dit onderbouwt de tweede vuistregel. In het algemeen zal een gat in een kleilaag wel een grotere lekkende doorsnede hebben dan een lek in een peilbuis, dus de aanname van een oneindig 3D-medium is twijfelachtiger. Laat de straal van het hypothetische bolvormige filter bijvoorbeeld 10 centimeter zijn in plaats van 1, terwijl het stijghoogteverschil weer een meter is. Dan is de stijghoogte pas op 10 meter afstand van het lek gereduceerd tot 1 centimeter. 10 meter is al in de grootte-orde van de diktes van aquifers... Maar goed, het is maar een vuistregel.

Verslag van het NHV-symposium 29 april 2010: 'Meten is weten, en weet wat je moet meten'

■ Matthijs Bonte (KWR Watercycle Research Institute)

Op 29 april 2010 werd op het provinciehuis van Overijssel de NHV-voorjaarsbijeenkomst gehouden met als thema 'hydrologische monitoring'. Het was een druk bezochte dag met een volledig volgeboekt symposium. Monitoring in hydrologie is blijkbaar een onderwerp dat leeft. Het symposium bestond uit een ochtend- en middagdeel met elk twee parallelle sessies. De sessies gingen in op a) hoogfrequent meten, b) meten voor de kaderrichtlijn water, c) meten van de freatische grondwaterstand, en d) verdrogingsmonitoring.

Hoogfrequente monitoring

De sessie over hoogfrequente monitoring werd ingeleid door Frans van Geer (Universiteit Utrecht) die terugkeek naar het begin van de grondwatermonitoring in Nederland. Eind negentiende eeuw werd in toenemende mate het belang van een goede waterhuishouding voor de landbouw en een veilige drinkwatervoorziening ingezien. Een leger vrijwilligers trok op (of rond) de 14^e en 28^{ste} van de maand ten velde om de grondwaterstand te meten zodat het hydrologische systeem gekarakteriseerd kon worden. Het handmatig tweemaandelijks meten was in vrijwel de gehele 20^{ste} eeuw

dé standaard methode, maar de laatste jaren worden steeds vaker drukopnemers en dataloggers gebruikt om hoogfrequent grondwaterstanden te meten.

De eerste spreker, Mark Emke (Royal Haskoning), ging in op wat hoogfrequente data aan meerwaarde bieden ten opzichte van de traditionele tweemaandelijks serie. Aan de hand van voorbeelden van Groot Zandbrink, de uiterwaarden van de IJssel, de Bethunepolder en de provincie Utrecht illustreerde hij dat je informatie mist als je 14-daags meet. Een vraag die Mark hierbij stelt is hoe we deze data moeten verwerken en interpreteren. Moet er niet een nieuwe standaardwijze van data-interpretatie komen, analoog aan de GxG benadering, voor hoogfrequente reeksen?

Jos von Asmuth (KWR Watercycle Research Institute) ging in zijn presentatie in op de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van drukopnemers. Aanleiding van zijn onderzoek was een te hoog ingehangen (dus droge) drukopnemer. Jos vroeg zichzelf af hoe nauwkeurig drukopnemers nou eigenlijk zijn en vergeleek de meetreeks van de 'droge' drukopnemer met een barometrische drukopnemer op dezelfde locatie én luchtdrukdata van het KNMI. Hieruit bleek het verschil tussen de door het KNMI gemeten luchtdruk en de beide drukopnemers met de tijd toe te nemen. Naast dit verloop blijken er maar liefst zeven andere typen fouten in de drukmeting op te kunnen treden, die samen op kunnen lopen tot enkele decimeters. Peter Westerhuis, algemeen directeur van Schlumberger Water Services Nederland en leverancier van de Diver, gaf aan dat hij graag samen met de NHV de problemen verder in beeld wil brengen en op zoek wil gaan naar oplossingen. Uitgebreide informatie over deze materie te vinden in het recent verschenen rapport 'Over de kwaliteit, frequentie en validatie van druksensorreeksen'. Uitgebreide informatie over deze materie is te vinden in het recent verschenen rapport is te vinden op www.menyanthes.nl onder 'publications'.

Monitoring voor de Kaderrichtlijn Water (KRW)

De eerste spreker, Esther Wattel (RIVM), ging in op het monitoringsprogramma grondwaterkwaliteit ten behoeve van de KRW. Esther liet in haar presentatie zien dat voor een goede toestand van oppervlaktewateren juist de kwaliteit van het ondiepe grondwater cruciaal is. Dit terwijl het huidige KRW-meetnet peilbuizen bevat die op 10 en 25 meter onder maaiveld meten. Haar eerste conclusie was dan ook dat het freatische grondwater moet worden meegenomen in KRW-monitoring. Vervolgens liet ze zien dat meer meetpunten nodig zijn dan nu worden gebruikt om een betrouwbare uitspraak te doen over de grondwaterkwaliteit.

De volgende presentatie, door Martin Knotters (Alterra), ging in op de verschillen tussen de Monitoring Clean Water Act (USA) en de KRW (EU). Als je deze twee meetprogramma's naast elkaar zet, valt op dat het KRW-monitoringsprogramma niet is opgezet volgens een kanssteekproef. Dit betekent dat je geen zuivere schatting kan geven over de toestand van het grondwatersysteem. Om een statistisch onderbouwde schatting van de toestand van een watersysteem te kunnen geven die een bekende nauwkeurigheid heeft, moet een meetprogramma opgezet worden aan de hand van een kanssteekproef.

De discussie na de presentaties bevestigde de noodzaak om meer statistiek in te bouwen in monitoringsprogramma's dan nu vaak het geval is. Wanneer de actuele toestand en trend uit waterkwaliteitsvariabelen bepaald moet worden, is een kanssteekproef een vereiste.

Monitoring van de freatische grondwaterstand

In 2008, 2009 en 2010 vond in H₂O en Stromingen een interessante discussie plaats over het meten van de freatische grondwaterstand. Het leek erop dat verdroging in veel gevallen verkeerd berekend was doordat peilbuizen te diep waren geplaatst. Bas Worm (Waterschap Regge en Dinkel) illustreerde de impact van deze discussie, die leidde tot Kamervragen. Jan van Bakel (de Bakelse Stroom) ging in zijn presentatie in op het effect van variaties in de bodemopbouw en verticale gelaagdheid op het potentiaalverloop in de ondiepe ondergrond. Hieruit leidde hij af wat het effect is van de plaatsingsdiepte van een freatische peilbuis op de meetwaarde en het verschil tussen de waarde die met deze peilbuis wordt gemeten en de werkelijke freatische grondwaterstand. Significante verschillen (>0,05 m) zijn volgens Jan te verwachten in gebieden waar de drainageweerstand boven de ontwateringsbasis groter is dan 25 dagen en waar sprake is van een aanzienlijke flux. Bram de Vos gaf een overzicht van een interessant project dat bij Alterra is gestart waarin de juiste meting van freatische grondwaterstanden onder de loep wordt genomen.

Wiebe Borren (Deltares) beschreef in zijn presentatie mogelijke alternatieven voor 'harde' metingen van de freatische grondwaterstand. Hij pleitte voor het meer gebruik maken van 'zachtere' data van de freatische grondwaterstanden in combinatie met peilbuismetingen. Een voorbeeld hiervan zijn vlakdekkende GxG kaarten, gebaseerd op een GxGs geschat uit hydromorfe kenmerken (roest- en reductievlekken) in boringen gecombineerd met de lokale maaiveldhoogte en intensiteit van sloten of begreppeling.

Monitoring van verdroging

Dick Brus (Alterra) en Han Runhaar (KWR Watercycle Research Institute) gaven presentaties over het ontwerp van monitoringsnetwerken. Beide heren beschreven hun eigen aanpak bij het ontwerp van een meetprogramma: Dick Brus gebruikt statistiek om een meetnet te ontwerpen middels een kanssteekproef terwijl Han Runhaar de processen probeert te begrijpen die verdroging veroorzaken en gericht bepaalde parameters wil meten. Uit de discussie achteraf kan worden geconcludeerd dat er geen sprake is van een 'scholenstrijd', en dat de keuze voor een bepaalde benadering mede afhangt van de situatie en meetvraag. Als je het areaal van een bepaald natuurdoeltype wilt karteren of de chemische staat van het grondwater wilt karakteriseren, is een statistisch onderbouwd meetnetontwerp geschikt. Maar als je wilt weten waarom een bepaald gebied verdroogt, kun je meestal niet volstaan met een ruimtelijke steekproef van metingen aan één relevante variabele. Je zult dan rekening moeten houden met meerdere variabelen die elkaar onderling beïnvloeden (stijghoogte, freatische grondwaterstanden, waterkwaliteit, standplaatscondities, vegetatiesamenstelling).

Uit de discussie na de presentaties kwam verder naar voren dat provinciale bestuurders vaak een onrealistische verwachting hebben van verdrogingsmonitoring. Het liefst zien zij van hun natuurgebieden ieder jaar een vlakdekkende verdrogingskaart, met schaal 1:10.000 en gebaseerd op peilbuismetingen. Gezien de complexiteit van het verdrogingsprobleem is dat echter niet haalbaar en zal ofwel de ambitie verlaagd moeten worden ofwel de meetinspanning moeten worden vergroot.

Samenvattend

Uit de presentaties komt duidelijk naar voren dat zowel proceskennis als statistiek moet worden meegenomen bij het ontwerp van een meetnet. Proceskennis is nodig om te weten welke parameters je moet meten (bijvoorbeeld bij verdroging) of hoe diep je een peilbuis moet plaatsen (freatische grondwaterstand of kwaliteit). Statistiek is nodig om te zorgen dat je meetnet voldoende meetpunten bevat om een betrouwbare uitspraak te doen en om de betrouwbaarheid te kwantificeren. Verder worden nieuwe meetvormen zoals drukopnemers tegenwoordig massaal ingezet. Ondanks dat in principe veel meer informatie uit hoogfrequente dan uit tweemaandelijks reeksen te halen valt, blijkt de nauwkeurigheid van de verzamelde data in de praktijk soms nog flink tegen te vallen.

U wordt vriendelijk uitgenodigd om op onze LinkedIn-groep over dit onderwerp verder te discussiëren.

Mandelbrot en Darcy

■ Harry Boukes

Als we over 2010 een lijstje opmaken van belangrijke personen die ons dat jaar zijn ontvallen, mag de naam van de wiskundige Benoît Mandelbrot daarin niet ontbreken.

De naam Mandelbrot zal in ons collectief geheugen vooral verbonden worden met de door hem benoemde fractals. Het denken over fractals begon met de vraag hoe groot de omtrek van Groot-Brittannië was. Het blijkt dat het antwoord afhankelijk is van de lengte van de maatlat. Wie grofweg vanaf een kaart meet met een maatlat die tientallen kilometers groot is, meet een kleinere omtrek dan degene die elk inhammetje bij de meting betreft. Hoe gedetailleerder men kijkt, des te groter de omtrek. Mandelbrot vroeg zich af waar dat eindigde. Uiteindelijk kan de kustlijn om de randen van alle zandkorrels heen worden getrokken en opgemeten, met als praktische beperking dat die kustlijn met de golfslag elke seconde een andere vorm heeft.

Mandelbrot heeft processen bestudeerd en wiskundig benaderd waarbij het (meet)resultaat afhankelijk is van de schaal waarop er naar gekeken wordt. Hij kwam tot formuleringen waarbij vormen zich oneindig herhalen: als een bloemkool, op het eerste gezicht een witte bol, maar bij nadere beschouwing opgebouwd uit stronken die zelf ook weer uit soortgelijke substronken zijn opgebouwd.

In de jaren tachtig was Mandelbrot wetenschappelijk hot. Computers konden zijn berekeningen niet alleen uitvoeren, maar ook nog eens prachtig grafisch weergeven. Met mijn toenmalige KIWA-collega's hebben we ook eerst zitten spelen met plaatjes en vervolgens lopen filosoferen in hoeverre een k -waarde een fractale parameter is.

De k -waarde is uitgevonden door Darcy. Bij zijn stromingsproeven beschouwde hij een kolom grond, waarover hij een potentiaalverschil aanbracht. Door de stroming te meten, kon er een