
Opinie: Fouten bij grondwaterstand- waarnemingen

Recentelijk is door Alterra onderdeel van Wageningen UR een rapport geschreven over het meten en interpreteren van grondwaterstanden. Het onderzoek heeft een sterke statistische inslag waarbij gebruik is gemaakt van het onderscheid tussen systematische en toevallige fouten. Door het aspect tijd buiten beschouwing te laten is het echter de vraag in welke mate de onderzoeksopzet van invloed is op het eindresultaat.

Grondwaterstand

Onder invloed van de bodemopbouw, geohydrologische situatie, de relatieve hoogteligging en het waterbeheer verschilt de grondwaterstand en de hierin optredende fluctuatie in zowel ruimte als tijd. Een belangrijk aspect hierbij zijn de variaties in de grondwateraanvulling, veroorzaakt door verschillen in neerslag, verdamping en wegzijging of kwel. Hieruit komt tevens naar voren dat, gezien de variatie van de grondwateraanvulling in de tijd, naast het ruimtelijke aspect ook het tijdsaspect bij het meten van grondwaterstanden een belangrijke rol speelt.

Typen van fouten

Bij de analyse van fouten en onzekerheden bij puntmetingen van de grondwaterstand in het rapport 'meten en interpreteren van grondwaterstanden' zijn twee typen van fouten onderscheiden. Een systematische fout die de eigenschap heeft dat hij constant is voor een serie waarnemingen en een toevallige fout die varieert en evenveel kans heeft om positief als om negatief te zijn¹. Hierbij is het aspect tijd onderbelicht. Indien de factor tijd wel zou worden meegenomen kunnen meer typen van fouten worden onderscheiden (tabel 1).

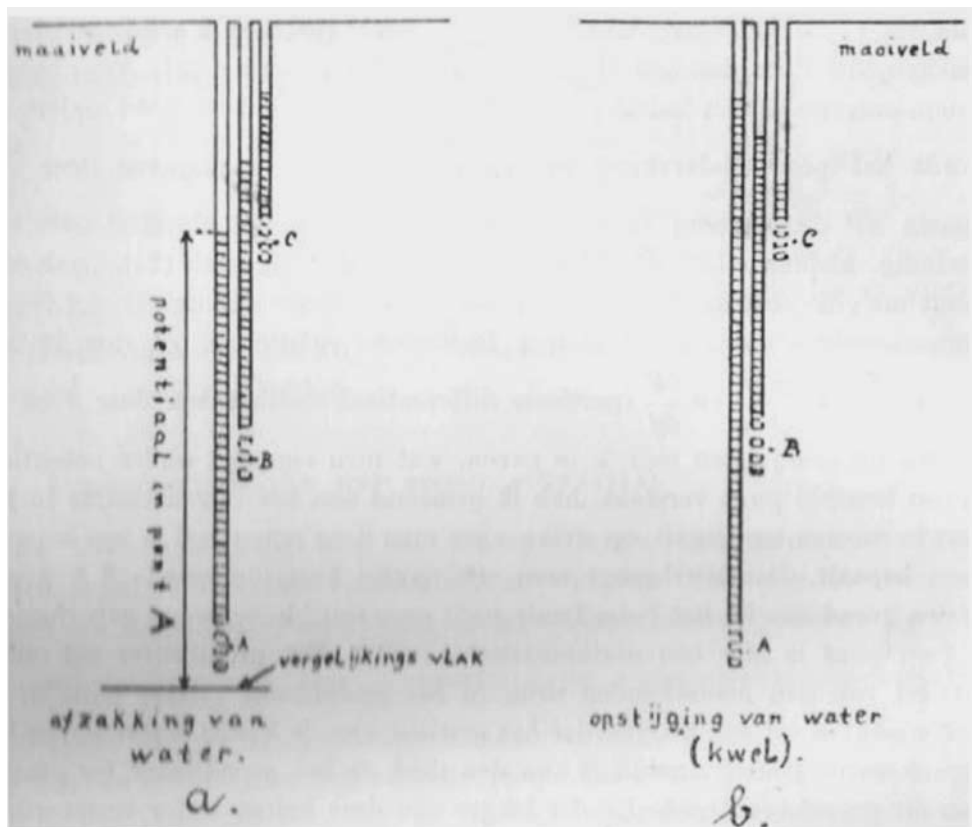
Constant in de tijd	Variabel in de tijd	
Vaste waarde	Systematische	Temporeel systematisch
Variabele waarde (pos/neg)	Toevallig	Temporeel toevallig

Juist deze temporele fouten zijn van groot belang bij waarnemingen van de grondwaterstand, hetgeen ook uit het navolgende aan de hand van enkele voorbeelden duidelijk wordt gemaakt.

¹ H. Ritzema e.a., 2012. Meten en interpreteren van grondwaterstanden. Alterra-rapport 2345

Temporele systematische fout

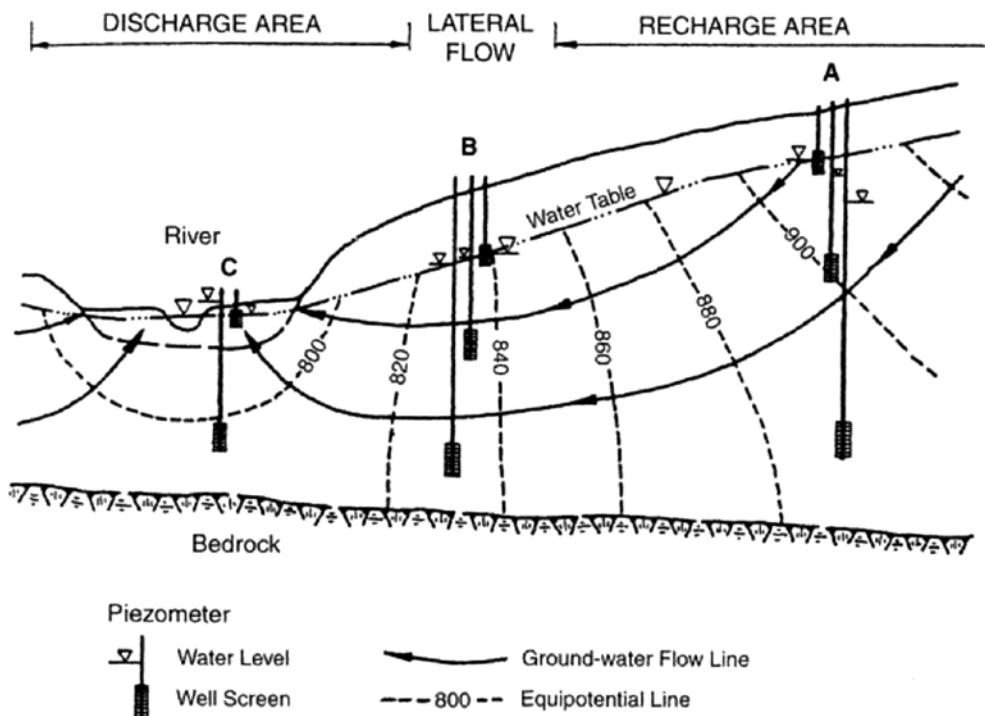
Als gevolg van verschillen in stijghoogte zal er grondwaterstroming plaatsvinden. Grondwaterstroming vindt plaats in drie dimensies en kan daarom een horizontale en een verticale (naar beneden of naar boven gerichte) component bevatten. De stromingssterkte en -richting is afhankelijk van een aantal factoren. Gebieden met een grondwateraanvulling (wegzijgingsgebieden) worden gekenmerkt door een afname van de stijghoogte met de diepte en een hiermee samenhangende neerwaartse stroming (Afbeelding 1)². Deze neerwaartse verticale stromingscomponent en de hiermee samenhangende verticale stijghoogteverschillen nemen af naarmate de afstand tot de grondwaterscheiding toeneemt³.



Afbeelding 1: Geschematiseerde aanduiding van de wijze, waarop men de verandering van de potentiaal in verticale richting kan aantonen, resp. kan meten a: wegzijgingsgebied, b: kwelgebied (naar: Hooghoudt, 1940).

² Hooghoudt, S.B. 1940. Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond; no. 7. Algemeene beschouwing van het probleem van de detailontwatering en de infiltratie door middel van parallel loopende drains, greppels, slooten en kanalen. In: Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen der rijkslandbouwproefstations. No. 46 's-Gravenhage

³ Hubbert, M.K., 1940. The theory of ground-water motion Journal of Geology v. 48 no. 8 pag. 785- 944



Afbeelding 1: Stroomingspatroon in een uniform doorlatend materiaal waarin het laterale stromingsgebied tussen het wegzijgings- en kwelgebied tot uiting komt (naar: Saines, 1981; Dalton et al., 2007).

Afvoergebieden (kwelgebieden) worden gekenmerkt door een toename van de stijghoogte met de diepte en een hiermee samenhangende opwaartse verticale stroming. In een kwelgebied stroomt grondwater naar het oppervlak en kan uittreden in de vorm van een bron, basisafvoer in ontwateringsmiddelen of verdamping⁴. Tussen het wegzijgings- en het kwelgebied is er een relatief smalle zone met hoofdzakelijk laterale (horizontale) stroming⁵. Deze zone wordt gekenmerkt door vrijwel verticale equipotentiaalijnen en min of meer horizontale stroomlijnen (Afbeelding 2).

Piezometers die in deze gebieden op verschillende dieptes worden geplaatst geven nauwelijks een verschil in stijghoogte te zien. In deze zone stroomt water van het wegzijgingsgebied naar het kwelgebied en komt er weinig of geen water van boven of onderaf bij en verliest het systeem weinig of geen water. Hierdoor is de overgang van kwel naar wegzijging in theorie een lijn en in de praktijk een zone van geringe omvang. Alleen voor deze zone geldt, dat de informatie van peilbuizen met verschillende filterdieptes en lengten door elkaar gebruikt kunnen worden om bijvoorbeeld freatische grondwaterstandskarten te kunnen maken zonder dat deze kaarten onderhevig zijn aan serieuze fouten⁶.

⁴ Fetter, C.W., 1980. Applied hydrogeology. Columbus, Charles E. Merrill Publishing Company

⁵ Dalton M.G., B.E. Huntsman and K. Bradbury, 2007. Acquisition and interpretation of water-level data. In: The essential handbook of ground-water sampling. D.M. Nielsen and G.L. Nielsen. CRC Press, New York

In het voorgaande is uitgegaan van uniforme geologische omstandigheden met homogene isotrope doorlatendheid. Onregelmatigheden in stratigrafie, structuur en doorlatendheid zorgen ervoor, dat de complexiteit van de gemeten stijghoogte en zijn relatie met de diepte waarop binnen het hydrologisch systeem gemeten wordt toeneemt. Samenvattend komt het er op neer dat de grondwaterstand een functie is van de filterstelling (zowel voor de filterdiepte als voor de filterlengte) en de ruimtelijke positie ten opzichte van de grondwaterequipotentiaallijnen⁷.

Als gevolg van ruimtelijke en temporele variaties in neerslag en verdamping zal op een locatie ook de grondwateraanvulling in de tijd variëren. Dit heeft tevens tot gevolg dat de eerdergenoemde stijghoogteverschillen in de verticaal niet constant zullen zijn in de tijd, waardoor niet voldaan wordt aan de gehanteerde definitie van een systematische fout. Indien echter rekening wordt gehouden met het aspect tijd kunnen wel meer uitspraken worden gedaan. Het merendeel van Nederland bestaat uit wegzijgingsgebieden met een neerwaartse grondwaterstroming. In wegzijgingsgebieden is sprake van een temporeel systematische fout. Deze systematische fout varieert in de tijd als gevolg van een variatie in de grondwateraanvulling maar zal altijd dezelfde kant uitwerken, waardoor een ondiep gemeten stijghoogte altijd hoger is dan een dieper gemeten stijghoogte. In kwelgebieden is de situatie iets complexer. In deze gebieden is sprake van een opwaartse stroming waardoor eveneens sprake kan zijn van een temporeel systematische fout.

Als gevolg van een neerslagoverschot in natte perioden, in combinatie met de aanwezigheid van lokale laagten en/of ont- en afwateringsmiddelen, kan in tegenstelling tot de verwachting ook in kwelgebieden een neerwaartse grondwatergradiënt aanwezig zijn^{5,7,8}. Hierdoor kan in een kwelgebied tegelijk en/of afwisselend een opwaartse dan wel neerwaartse grondwaterstroming plaatsvinden. Dit wordt in hoge mate bepaald door de laagopbouw in de bodem en de verhouding tussen de kwelintensiteit en de hoogte van de grondwateraanvulling. Uit het voorgaande blijkt dat de situatie in kwelgebieden complexer is.

Temporeel toevallig fout

In het rapport 'Meten en interpreteren van grondwaterstanden'¹ is veel aandacht besteed aan meetfouten. Van veel van deze meetfouten wordt verondersteld dat het toevallige fouten betreft. Indien rekening wordt gehouden met de factor tijd kunnen toevallige fouten tijdsafhankelijk blijken te zijn. In natte situaties is het grondwaterstandverloop als gevolg van een relatief geringe berging in de bodem piekeriger

⁶ Saines, M., 1981. Errors in interpretation of ground-water level data. Ground-Water Monitoring Review, 1(1) pag. 56-61

⁷ Van der Gaast, J.W.J., H.Th.L. Massop & H.R.J. Vroon, 2009. Actuele grondwaterstandsituatie in natuurgebieden - een pilotstudie. WOt rapport 94, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen

⁸ Gaast, J.W.J. van der, H. Vroon & H.Th.L. Massop, 2006c. Verdroging veelal systematisch overschat. H2O, nr 21., blz 39-43

⁹ Gaast, J.W.J. van der en H.Th.L. Massop, 2005c. Hoe nauwkeurig is de grondwatertrap op buislocaties te bepalen? Stromingen, jaargang 11, no 4, blz 5-17

dan in droge situaties. Bij eenzelfde neerslagimpuls reageert de grondwaterstand hierdoor onder natte omstandigheden heftiger⁹. Dit heeft tot gevolg dat de grondwaterstand op veel locaties wordt gekenmerkt door een piekerig verloop in de natte winterperiode en een daaropvolgende veel geleidelijkere daling in de vaak relatief droge zomerperiode. De invloed van het meettijdstip ten opzichte van een regenbui zal hierdoor in de nattere winterperioden van grotere invloed zijn op de gemeten grondwaterstand dan in de drogere zomerperioden. Hierdoor kan ook een verschil in toevallige meetfouten in de tijd ontstaan, waardoor in werkelijkheid sprake is van een temporele toevallige fout.

Indien gebruik wordt gemaakt van tijdreeksanalyse kan hierdoor een systematische fout gaan ontstaan. Een tijdreeksmodel bestaat uit 2 componenten, nl. een deterministisch deel en een stochastisch deel. Bij tijdreeksmodellering wordt getracht de grondwaterstandsfluctuatie zo goed mogelijk te voorspellen met het deterministisch deel. Het is echter niet voldoende om alleen gebruik te maken van het deterministische deel van het tijdreeksmodel aangezien deze een afgevlakte representatie van de werkelijkheid geeft en de pieken in de grondwaterstand mist, welke essentieel zijn bij de berekening van grondwaterkarakteristieken¹.

De niet verklaarde variantie wordt daarom gemodelleerd in de vorm van witte ruis, het stochastische deel van tijdreeksmodellen. In natte situaties is het grondwaterstandverloop zoals eerder aangegeven als gevolg van een relatief geringe berging in de bodem piekeriger dan in droge situaties. Het piekerige gedrag van de grondwaterstand heeft tot gevolg dat de toevallige fout groter is. Dit piekerige verloop zal met name door de stochastische component van het tijdreeksmodel worden beschreven. In de drogere zomerperiode zal de grondwaterstand op veel locaties geleidelijk dalen en zal er in veel gevallen geen piekerig verloop vertonen. Uit het voorgaande blijkt dat bij het conditioneren van een tijdreeksmodel op meetgegevens kan worden verwacht dat de variantie van de witte ruis waarschijnlijk voor een groot deel bepaald wordt door de nattere omstandigheden. Wordt vervolgens de piekerigheid, het stochastische deel van het tijdreeksmodel, ook toegepast onder droge omstandigheden dan is het goed mogelijk dat de GLG systematisch lager uitkomt⁹. Dit kan worden verklaard doordat voor de GLG gebruik wordt gemaakt van de 3 laagste grondwaterstanden in een hydrologisch jaar.

Bij de berekening zullen hiervoor gesimuleerde grondwaterstanden worden gebruikt die in veel gevallen als gevolg van het stochastische deel van het tijdreeksmodel een relatief lage piek hebben, terwijl in werkelijkheid de grondwaterstand in droge perioden in veel gevallen een geleidelijke daling zonder piekerig verloop laat zien. Uit het voorgaande blijkt dat indien geen rekening gehouden wordt met het tijdsaspect bij toevallige fouten het gebruik van tijdreeksmodellen tot gevolg kan hebben dat systematische fouten worden geïntroduceerd.

Bij een analyse van fouten bij het meten, interpreteren en modelleren van grondwaterstanden is de factor tijd van belang. Door het aspect tijd buiten beschouwing te laten wordt de mogelijkheid gecreëerd om tot de conclusie te komen dat niet eenduidig kan worden beantwoord of de veranderingen in het meten en interpreteren van de freatische grondwaterstand in de afgelopen 60 jaar heeft geleid tot systematische

verschillen in de grondwaterkarakteristieken¹. Hiermee is de onderzoeksopzet van invloed op conclusies en blijven de gevolgen van fouten die in bepaalde periodes voorkomen onderbelicht. Indien de tijdsafhankelijkheid van zowel systematische als toevallige fouten wel zou worden meegenomen kunnen andere conclusies worden getrokken. Daarnaast geeft de kennis die naar voren komt indien rekening gehouden wordt met tijdsafhankelijke aspecten veel meer richting aan oplossingen, hetgeen nog belangrijker is.

Jaco van der Gaast