



Inke Leunk, KWR Watercycle Research Institute
 Gert van den Houten, Waterschap Rijn en IJssel
 Kees Maas, KWR Watercycle Research Institute

Trendanalyse grondwaterstanden Waterschap Rijn en IJssel toont na vroegere verdroging nu stabilisering

KWR Watercycle Research Institute voerde in opdracht van Waterschap Rijn en IJssel samen met VitenS en de Provincie Gelderland een trendanalyse uit van grondwaterstanden uit de periode 1950-2010. De analyse toont vooral dalende trends, met name in de jaren 1970-1990. Sinds 1995 is de dalende trend gestopt. De oorzaken voor de gevonden trends zijn vaak niet aantoonbaar, omdat gegevens ontbreken over ingrepen in de waterhuishouding.

In het beheergebied van Waterschap Rijn en IJssel zijn sinds de jaren '50 veel ingrepen in de waterhuishouding verricht, zoals verbetering van de ontwatering, een toename van grondwateronttrekkingen en verandering van het landgebruik. In 1993 voerde de Provincie Gelderland een studie uit naar de mate van verdroging. Oost-Gelderland kwam er uit als het meest verdroogde deel van de provincie, met een daling van de grondwaterstand met 10 tot 40 centimeter sinds 1950. De meeste veranderingen vonden plaats in de periode 1970-1980. Naar aanleiding van deze studie is verdroging op de politieke agenda gekomen en zijn projecten begonnen om de nadelige effecten van verdroging tegen te gaan.

Verdroging is nog steeds een actueel onderwerp. Daarom onderzocht KWR Watercycle Research Institute in opdracht van het waterschap in 2011 opnieuw de grondwaterstanden in het beheergebied. Hierbij is gekeken naar een langere periode, namelijk 1950 tot 2010. Voor het eerst zijn op deze gegevens modernere methoden van tijdreeksanalyse toegepast. Het waterschap gebruikt de resultaten van de studie als basis voor beleid voor verdrogingsbestrijding. Deze nieuwe kennis over de vroegere grondwaterregimes maakt het mogelijk realistische doelen te stellen voor anti-verdrogingsmaatregelen.

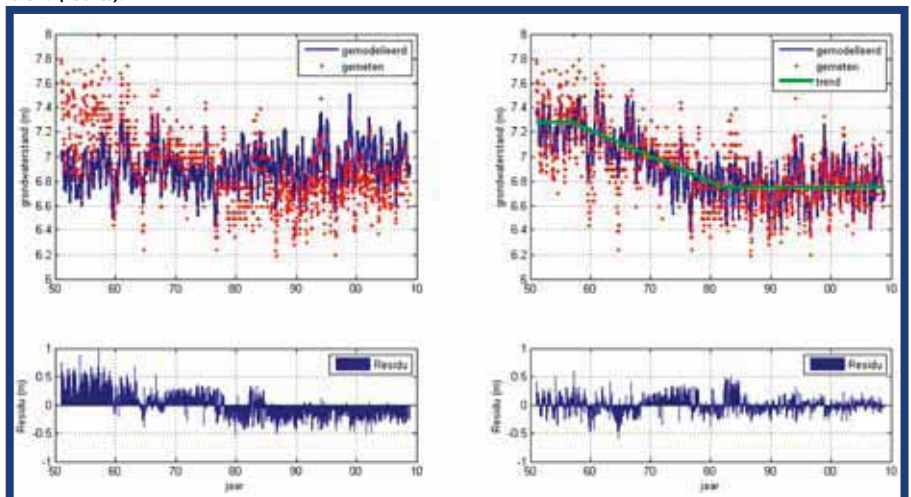
Aanpak

In 2011 onderzocht KWR Watercycle Research Institute of en waar grondwaterstanden in het beheergebied van Waterschap Rijn en IJssel trendmatig daalden of stegen. Het bleek niet altijd mogelijk om het verloop van de grondwaterstand helemaal te verklaren. Daarom is een trendanalyse uitgevoerd, die zich richt op de algemene trend zonder oorzaken mee te nemen. Pas daarna is gezocht naar ingrepen in de waterhuishouding die deze trend kunnen verklaren.

Verder is voor alle meetlocaties de reactiesnelheid van het grondwatersysteem bepaald, uitgedrukt als een halfwaardetijd. Met deze karakteristiek is het mogelijk verschillende grondwaterregimes te onderscheiden.

Voor het onderzoek zijn 130 meetreeksen geselecteerd. Ze zijn gekozen op zo groot mogelijke lengte, optimale verspreiding in

Afb. 1: Modelleren van een meetreeks met alleen neerslag en verdamping (links) en neerslag, verdamping en trend (rechts).



het beheergebied en grootste dekking van de onderzoeksperiode. De bijbehorende peilfilters staan voor het grootste deel in het eerste watervoerend pakket.

Trends

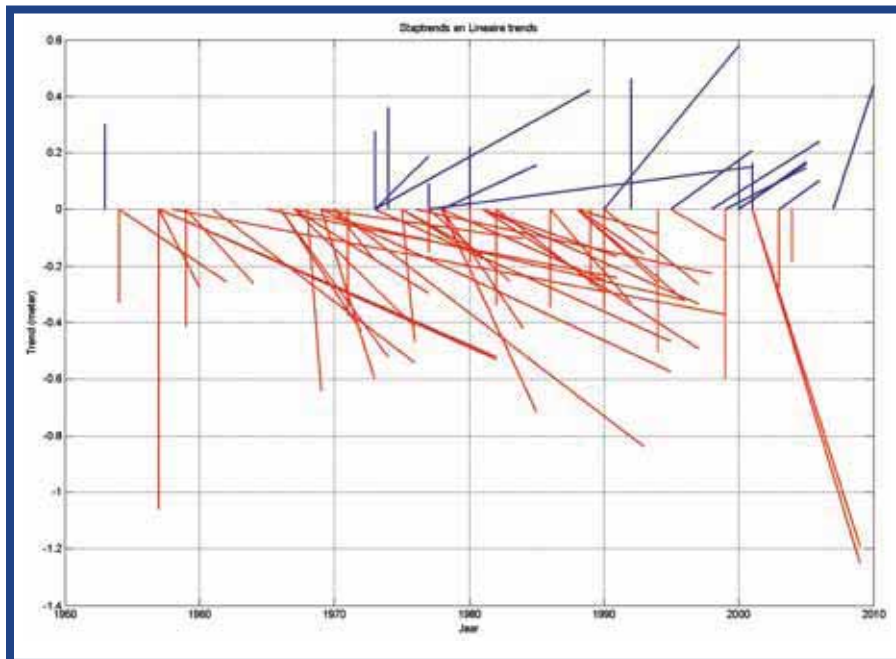
Eerst zijn alle reeksen gemodelleerd met neerslag en verdamping als verklarende variabelen. Van 28 reeksen is zo een betrouwbaar model gemaakt, wat betekent dat het verloop van de grondwaterstand goed verklaard wordt door alleen neerslag en verdamping. In de meeste overige gevallen geeft het residu (het verschil tussen de gemeten en de gemodelleerde waarden) echter een lineaire trend of een staptrend (sprong) te zien. Voor iedere residureeks is gekeken wanneer dit optrad en vervolgens is opnieuw gemodelleerd met de lineaire trend of sprong als extra invoer.

In het voorbeeld (zie afbeelding 1) is links de modellering met alleen neerslag en verdamping te zien. In het residu is duidelijk een dalende trend te zien. In de rechterfiguur is een nieuwe modellering te zien, met toevoeging van een trend voor de periode 1957-1982. Alleen de periode waarin een trend optreedt, wordt opgegeven; het programma bepaalt zelf de grootte ervan. Het model is duidelijk beter, maar er is nog steeds een verschil tussen de gemeten en berekende waarden. In de buurt van de plaats waar de meting is verricht, ligt een industriële winning. Waarschijnlijk is deze onttrekking de oorzaak van de daling. Een onttrekking gaat echter niet volgens een simpele lineaire trend; in werkelijkheid zijn er variaties door het jaar heen en neemt de totale onttrekking per jaar toe. De lineaire benadering is een versimpelde weergave, die de werkelijkheid dus niet helemaal goed kan modelleren.

Afbeelding 2 geeft in één oogopslag een overzicht van de dalingen en stijgingen die in de 130 meetreeksen gevonden zijn. De lijnen in dit diagram geven aan over welke periode een trend geconstateerd is en hoe groot hij was. Er komen veel dalende trends in de grondwaterstanden voor, vooral in de periode 1970-1990. Bij 63 meetreeksen is een daling gevonden. Op acht locaties bleek bij controle dat de grondwaterstand waarschijnlijk niet daalde maar dat de buishoogte is aangepast. Hierdoor zit er een fout in de metingen. Op 27 locaties is een stijging te zien en op 40 locaties is geen duidelijke stijging of daling gevonden. De stijgingen en dalingen concentreren zich niet in specifieke gebieden, maar komen verspreid over het beheergebied voor, zoals in afbeelding 3 te zien is.

Rol van het klimaat

Bij een tijdreeksanalyse wordt gekeken naar het effect van de neerslag en de verdamping op het verloop van de grondwaterstand. In dit onderzoek was één van de vragen of eventuele trends mede veroorzaakt worden door verandering van het neerslag- of verdampingspatroon. Om dit te onderzoeken, is iedere reeks twee keer gemodelleerd; eerst met alleen een trend (grafiek links in afbeelding 4) en daarna met een trend in combinatie met neerslag en



Afb. 2: Alle trends bepaald op basis van beoordeling van het residu.

verdamping (grafiek rechts in afbeelding 4). Links is de grondwaterstand in de loop van de tijd 32 cm gestegen. Rechts is een stijging van 22 cm te zien. Blijkbaar leiden neerslag en verdamping tot een stijging van tien centimeter. Bij 82 van de 104 beschikbare reeksen vinden we in de periode 1960-2000 op deze manier een grondwaterstijging van meer dan vijf centimeter als gevolg van een verandering van neerslag- en verdampingspatroon.

Oorzaken trends

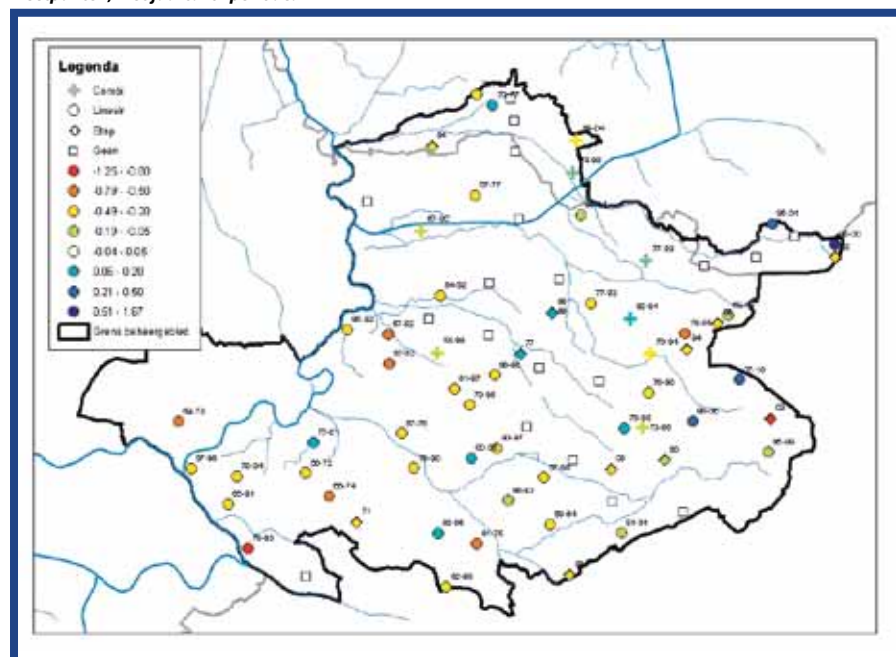
Met tijdreeksanalyse worden op veel locaties duidelijke trends gevonden die niet aan neerslag en verdamping zijn toe te schrijven. De methode geeft echter geen informatie over de oorzaak van de lineaire trend of sprong. In een aantal gevallen bestaat het vermoeden dat de gevonden

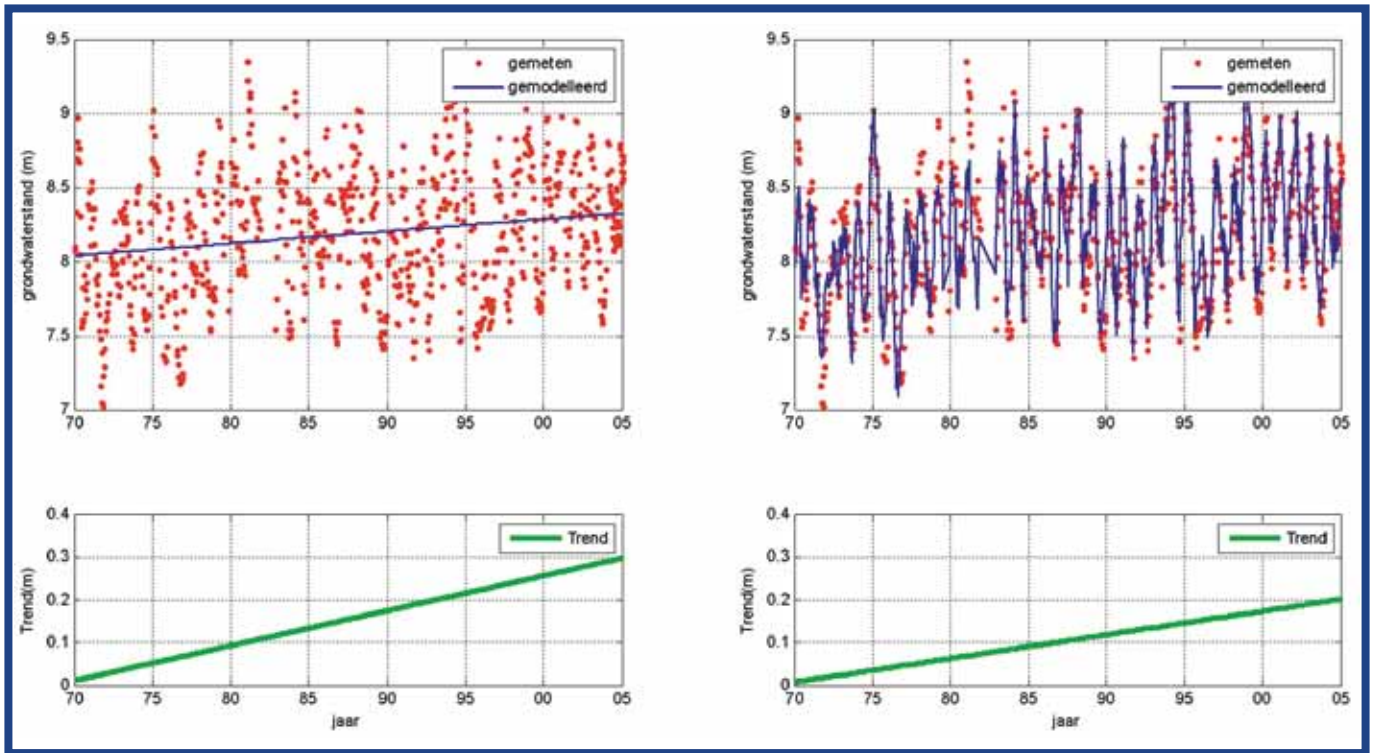
trend een artefact is. Bijvoorbeeld doordat het meetpunt is opgehoogd, terwijl deze wijziging niet is doorgevoerd in de metadata. Dit resulteert in een dalende sprong in de meetreeksen.

Voor het beheergebied waren onttrekkingsgegevens van drinkwaterwinningen en peilen van de grote rivieren beschikbaar. Op 15 locaties werd de verandering van de grondwaterstand statistisch/hydrologisch betrouwbaar gemodelleerd met een drinkwaterwinning als extra verklarende reeks en op zes locaties is betrouwbaar de invloed van peilverandering op de grote rivieren teruggevonden.

In veel gevallen kan de oorzaak van een trend niet met zekerheid worden bepaald; of omdat (gedetailleerde) informatie over

Afb. 3: Ruimtelijke weergave van stijgingen en dalingen (lineaire trends en staptrends) in de ondiepe meetpunten, met jaartal of periode.





Afb 4: Effect van klimaat; links de trend in de meetreeks en rechts de trend minus het effect van neerslag en verdamping.

de locatie ontbreekt of omdat tijdreeksen van mogelijke invloeden ontbreken. Denk bijvoorbeeld aan ruilverkavelingen, die vooral lokale invloed hebben. De individuele ingrepen zijn vaak niet vastgelegd. Daarom is de invloed moeilijk te achterhalen.

Halfwaardetijd als karakteristiek

Het grondwaterregime is het gedrag van de grondwaterspiegel onder invloed van neerslag en verdamping. Sommige gebieden reageren snel en andere traag. Met een tijdreeksanalyse wordt een karakteristieke maat voor de reactiesnelheid van het grondwater ter plaatse van de peilbuis gevonden. Deze is ruwweg te vergelijken met de halfwaardetijd die wordt gehanteerd voor radioactief verval.

Afbeelding 5 geeft een voorbeeld van een reactie op neerslag op twee meetpunten. Links een meetpunt tussen Vorden en Ruurlo, in de buurt van de Baakse Beek. De grondwaterstand reageert hier heel snel; na een jaar is het effect van een willekeurige bui nagenoeg helemaal uitgewerkt. De 'halfwaardetijd' bedraagt 74 dagen. Het duurt ruwweg twee tot drie keer de halfwaardetijd voordat het effect van afwijkende weersomstandigheden uit de grondwaterstand is verdwenen. Rechts is een meetpunt ten noorden van

Arnhem. Hier is sprake van een heel traag systeem, waar het circa twee jaar duurt voor het effect van een willekeurige bui maximaal is. Na tien jaar is het nog niet uitgewerkt. De halfwaardetijd bedraagt 1.114 dagen. In nagenoeg het hele beheergebied ligt de halfwaardetijd tussen 30 en 140 dagen ofwel één tot vijf maanden. De oorzaak hiervoor kan zijn dat overall ongeveer even intensief wordt ontwaterd, waarmee de halfwaardetijd wordt 'geüniformeerd'. De Veluwe, Montferland en Markelo (stuwwallen) vormen een uitzondering hierop en reageren trager.

De karakterisering aan de hand van halfwaardetijden is vooral nuttig om grote verschillen tussen systemen inzichtelijk te maken. De halfwaardetijd kan ook gebruikt worden om de meetfrequentie af te stellen. In een traag systeem volstaat meestal een lage meetfrequentie, terwijl in een snel systeem een hoge meetfrequentie nodig is om het effect van neerslag en verdamping op de grondwaterstand goed te meten.

Conclusies

- Tussen 1950 en 2010 komen in het beheergebied van Rijn en IJssel dalende trends in de grondwaterstand ongeveer twee keer zo vaak voor als stijgende trends. Op 55

locaties (46 procent) vinden we een daling van de grondwaterstand en op 24 locaties (22 procent) een stijging, op 39 locaties (32 procent) is geen trend gevonden in de meetreeks;

- Vooral in de periode 1970-1990 trad op veel locaties een daling van de grondwaterstand op. In de periode 1995-2010 treden veel minder trends op en zien we zowel dalingen als stijgingen van de grondwaterstand;
- Er zijn geen duidelijk onderscheidende gebieden gevonden waar stijging of daling van de grondwaterstand overheerst. Dalingen en stijgingen komen naast elkaar voor. Kennelijk zijn veel trends lokaal van aard;
- In veel gevallen kunnen we niet met zekerheid bepalen wat de oorzaak is van een trend, omdat (gedetailleerde) informatie over de locatie ontbreekt of omdat tijdreeksen van mogelijke invloeden ontbreken. Voor een beperkt aantal meetreeksen is vastgesteld dat toename van onttrekkingen en rivierwaterstanden oorzaken zijn van de waargenomen trends;
- Het klimaat had een stijging van de gemiddelde grondwaterstand tot gevolg: op de meeste locaties tussen vijf en 20 cm. Deze stijging wordt echter overstemd door de verlagende invloeden, waardoor in totaal meer dalingen van de grondwaterstand gevonden worden.

Afb. 5: Effect van de neerslag op de grondwaterstand in een snel (links) en traag (rechts) systeem.

