

Box-Jenkins trendanalyse niet altijd toepasbaar

M.H. ZWAMBORN, KIWA N.V. ONDERZOEK EN ADVIES

C. MAAS, KIWA N.V. ONDERZOEK EN ADVIES

P.K. BAGGELAAR, KIWA N.V. ONDERZOEK EN ADVIES

Box-Jenkins trendanalyse is een veel toegepaste methode om de effecten van hydrologische ingrepen op de grondwaterstand te evalueren. Op verzoek van de provincie Limburg heeft Kiwa een Box-Jenkins trendanalyse uitgevoerd om het effect van het provinciale anti-verdrogingsbeleid van 1989 te bepalen. De resultaten leken een pessimistisch beeld te geven over de effecten van het anti-verdrogingsbeleid: op meer dan de helft van de onderzochte locaties zou het beleid geen effect hebben gehad.

Bij deze trendanalyse kwamen we echter een lastig verschijnsel tegen, waardoor de getrokken conclusies wellicht verworpen moeten worden. Een van de uitgangspunten van Box-Jenkins analyse is de veronderstelling dat het grondwatersysteem lineair reageert. In de trendanalyse voor de provincie Limburg bleek echter het grondwatersysteem op de meeste locaties sterk niet-lineair te zijn. In die gevallen mag de Box-Jenkins methode niet toegepast worden.

In dit artikel wordt de uitgevoerde trendanalyse besproken. Vervolgens wordt ingegaan op niet-lineariteit, waarbij een methode wordt besproken om de niet-lineariteit van grondwaterstandsreeksen te bepalen. Met deze methode kan beoordeeld worden in welke situaties Box-Jenkins trendanalyse toepasbaar is en wanneer niet.

Trendanalyse provincie Limburg

Sinds 1989 voert de provincie Limburg een anti-verdrogingsbeleid. Volgens dit beleid worden geen ingrepen in de (grond)waterhuishouding meer toegestaan die verdroging kunnen veroorzaken, of de effecten moeten worden gecompenseerd. Het effect van dit zogenaamde 'stand-still' beleid zou tot uiting moeten komen in het verloop van de grondwaterstand: een voorheen dalende trend zou tot stilstand moeten zijn gekomen. Vijf jaar na invoering van het stand-still beleid is een trendanalyse uitgevoerd om het effect van het nieuwe beleid te bepalen [Maas et al., 1996]. In deze trendanalyse is het grondwaterstandsverloop in twaalf peilbuislocaties verspreid over Noord-

en Midden-Limburg onderzocht. In de afbeeldingen 1a en 1b is het potentieel neerslagoverschot en het grondwaterstandsverloop van één van de peilbuizen (52BP151) weergegeven. De reeksen lopen van 1985 tot en met 1994. De eerste vijf jaren zijn relatief natte jaren, gevolgd door vijf relatief droge jaren.

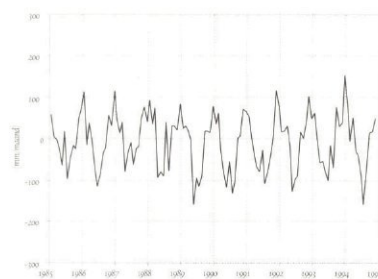
De trendanalyse is in twee stappen uitgevoerd. Eerst zijn de grondwaterstandsreeksen gecorrigeerd voor het neerslagoverschot met behulp van de Box-Jenkins methode [Box & Jenkins, 1976; Van Geer et al., 1988; Baggelaar, 1988]. Als voorbeeld geeft afbeelding 1c de gecorrigeerde grondwaterstand van peilbuis 52BP151 weer. Vervolgens zijn deze gecorrigeerde reeksen getoetst op het voorkomen van trends sinds de invoering van het stand-still beleid. Het resultaat leverde een pessimistisch beeld: na de start van het nieuwe beleid trad in zeven van de twaalf buizen een verlaging van de gecorrigeerde grondwaterstand op.

Niet-lineariteit

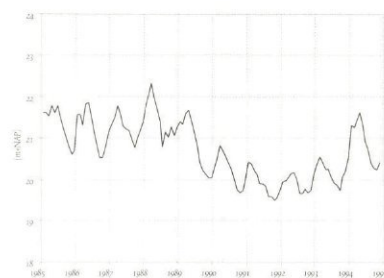
Wanneer we de gecorrigeerde grondwaterstandsreeks van afbeelding 1c nog eens bekijken, lijkt het alsof er nog steeds een seizoensfluctuatie in voorkomt. In de natte jaren 1985-1988 is de seizoensfluctuatie niet genoeg weggefilterd; in de droge jaren 1990-1993 wordt de fluctuatie juist overgecompenseerd (de hoogste gecorrigeerde grondwaterstanden vallen dan in de zomer). Dit wijst erop dat in natte jaren het grondwatersysteem anders reageert dan in droge jaren: het grondwatersysteem reageert niet-lineair.

We hebben een methode gevonden om de niet-lineariteit in een grondwaterstandsreeks te kunnen beoordelen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de seizoensfluctuaties van het neerslagoverschot en de grondwaterstand. De seizoensfluctuaties van het neerslagoverschot zijn gedempt en vertraagd terug te vinden in de fluctuaties van de grondwaterstand. In een lineair systeem zijn de demping en vertraging van seizoensfluctuaties constant, terwijl in een niet-lineair systeem de demping en vertraging juist

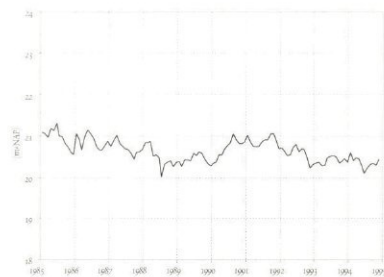
Afb. 1 Trendanalyse en frequentie-analyse van peilbuis 52BP151:



(a) potentieel neerslagoverschot



(b) grondwaterstand



(c) grondwaterstand gecorrigeerd voor het neerslagoverschot



(d) vertraging van de seizoensfluctuatie van het neerslagoverschot van in de grondwaterstand



(e) versterking van de seizoensfluctuatie van het neerslagoverschot in de grondwaterstand

variëren. Wanneer we het verloop van de demping en vertraging in de tijd kunnen uitrekenen, kan bepaald worden of het systeem lineair is of niet.

De vertraging en demping (we spreken liever van vertraging en versterking) kunnen worden uitgerekend met behulp van methoden uit de frequentie-analyse. Voor een beschrijving van de gebruikte methode wordt verwezen naar de appendix. We hebben de methode toegepast voor peilbuis 52BP151. In de afbeeldingen 1d en 1e is het verloop van de berekende vertraging en versterking weergegeven. Het blijkt dat zowel de vertraging als de versterking niet constant zijn; de versterking varieert met maar liefst een factor twee!

Het grondwatersysteem bij peilbuis 52BP151 is dus niet-lineair: in natte jaren reageert het grondwater twee keer zo sterk op de neerslag als in droge jaren. Om na te gaan of peilbuis 52BP151 hierbij een uitzondering is, hebben we de overige peilbuizen ook aan een frequentie-analyse onderworpen. Het blijkt dat alle buizen in mindere of meerdere mate niet-lineair reageren.

Niet-lineariteit tast één van de impliciete uitgangspunten van het onderzoek aan: bij trendanalyse wordt verondersteld dat de grondwaterstand lineair reageert op het neerslagoverschot. We moeten daarom de conclusies van de trendanalyse nuanceren: de uitkomsten geven wellicht geen reëel beeld van de effectiviteit van het stand-still beleid. Een methode voor trendanalyse van niet-lineaire tijdreeksen is bij ons weten (nog) niet beschikbaar. Om het effect van het beleid van de provincie Limburg te bepalen, zullen we daarom moeten wachten tot de meteorologische omstandigheden weer vergelijkbaar zijn met de jaren vóór invoering van het beleid.

Tenslotte

In de hydrologie is niet-lineariteit een bekend verschijnsel; denk bijvoorbeeld aan grondwatersystemen met droogvallende sloten, en de stroming door de onverzadigde zone. Is toepassing van Box-Jenkins trendanalyse dan altijd onbetrouwbaar? Nee, niet in alle gevallen. Bedacht moet worden, dat de situatie bij de boven beschreven trendanalyse uitzonderlijk was: de invoering van het anti-verdrogingsbeleid van de provincie Limburg viel juist samen met de overgang tussen natte en droge jaren. Wanneer bij trendanalyse getwijfeld wordt aan de lineariteit van het grondwatersysteem, dan kan dit nu getoetst worden met behulp van de beschreven methode uit de frequentie-analyse. ■

APPENDIX

Berekening van het verloop van versterking en vertraging

Bij de berekening van de versterking en vertraging maken we gebruik van de seizoensfluctuatie in de reeksen. We beschrijven de seizoensfluctuatie van het neerslagoverschot door de complexe functie:

$$f_{NO}(t) = A_{NO}(t) \cos(\omega(t - F_{NO}(t))) + i A_{NO}(t) \sin(\omega(t - F_{NO}(t))) \quad \text{waarin:}$$

$f_{NO}(t)$ = seizoensfluctuatie van het neerslagoverschot (m/d)

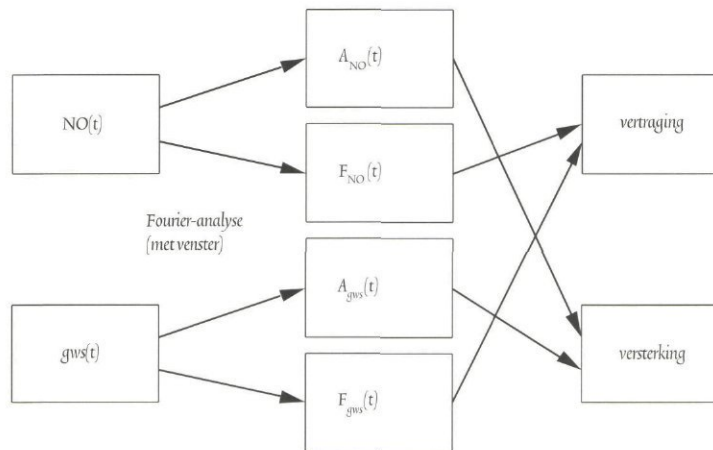
$A_{NO}(t)$ = amplitude van de seizoensfluctuatie van de neerslagoverschot, variërend in de tijd (m/d)

$F_{NO}(t)$ = faseverschuiving van de seizoensfluctuatie van de neerslagoverschot, variërend in de tijd (d)

ω = hoeksnelheid van de seizoensfluctuatie ($2\pi/365$ d)

De seizoensfluctuatie van de grondwaterstand wordt met eenzelfde functie beschreven. We beschouwen nu twee meetreeksen, één reeks met het verloop van het neerslagoverschot, $f_{NO}(t)$, en één reeks met het verloop van de grondwaterstand, $gws(t)$. De fase en de amplitude van de seizoensfluctuatie van beide meetreeksen kunnen bepaald worden met behulp van Fourier-analyse (schematisch weergegeven in afb. A). Omdat we het verloop van de amplitude en de faseverschuiving in de tijd willen weten, voeren we de Fourier-analyse met een venster uit (we gebruiken een venster met de vorm van een afgekapte normaalverdeling, lopend van -3σ tot 3σ , met σ = een half jaar).

Afb. A Schema voor de berekening van versterking en vertraging van het neerslagoverschot in de grondwaterstand.



Wanneer het verloop van de amplitude en faseverschuiving van het neerslagoverschot en van de grondwaterstand berekend is, kan het verloop van de versterking en de vertraging van het neerslagoverschot in de grondwaterstand worden berekend:

$$\text{vertraging}(t) = F_{gws}(t) - F_{NO}(t)$$

$$\text{versterking}(t) = \frac{A_{gws}(t)}{A_{NO}(t)}$$

LITERATUUR

- Geer, F.C. van, P.K. Baggelaar en P.R. Defize (1988). Toepassing van tijdreeksanalyse op meetreeksen van de grondwaterstand. *H₂O* (21), 1988, nr. 16, blz 438-442.
- Baggelaar, P.K. (1988). Tijdreeksanalyse bij verlagingsonderzoek: principe en voorbeeld. *H₂O* (21), 1988, nr. 16, blz 443-450.
- Maas, C., P.K. Baggelaar, M.H. Zwamborn en F. Lüers (1996). Trendanalyse grondwaterstanden Limburg 1985-1994. Rapport KOA 96.037, Kiwa N.V., Nieuwegein.
- Box, G.E.P and G.M. Jenkins (1976). *Time Series Analysis, Forecasting and Control*. Holden-Day, San Francisco.