



Transfer-ruismodellering van neerslagoverschot  
en grondwaterstand voor negen reeksen in  
Shell Pernis en Shell Europoort

M. Knotters

$$\sum_{k=1}^p \phi_k (N_{t-k} - c) + a_t$$

$$H_t^* = \sum_{i=1}^r \delta_i H_{t-i}^* + \omega_0 P_{t-b}^{(m)} - \sum_{j=1}^s \omega_j P_{t-j-b}^{(m)}$$

$$\widehat{H} = \widehat{c} + \frac{\widehat{\omega}_0 - \widehat{\omega}_1 - \dots - \widehat{\omega}_s}{1 - \widehat{\delta}_1 - \dots - \widehat{\delta}_r} \widehat{P}$$

Alterra-rapport 203, ISSN 1566-7197



Transfer-ruismodellering van neerslagoverschot en grondwaterstand voor  
negen reeksen in Shell Pernis en Shell Europoort



**Transfer-ruismodellering van neerslagoverschot en  
grondwaterstand voor negen reeksen in Shell Pernis en  
Shell Europoort**

**M. Knotters**

**Rapport 203  
Alterra, 2000**

## REFERAAT

M. Knotters, 2000. *Transfer-ruismodellering van neerslagoverschot en grondwaterstand voor negen reeksen in Shell Pernis en Shell Europoort*; Wageningen, Alterra, Rapport 203 23 pp.; 0 figuren; 5 tabellen; 0 bijlagen; 4 referenties.

De relatie tussen het potentiële dagelijkse neerslagoverschot en de gemiddelde dagelijkse grondwaterstand is geanalyseerd met behulp van transfer-ruismodellering. Het doel van de analyse is om de gemiddelde grondwaterstand te schatten, gegeven de huidige hydrologische en klimatologische condities. De huidige klimatologische condities zijn benaderd met de gemiddelde dagnerslagsom voor de periode 1970-1999 voor de stations Oostvoorne en Poortugaal en de gemiddelde etmaalverdamping voor een referentiegewas voor de periode 1991-1999 voor het station Rotterdam.

Trefwoorden: transfer-ruismodel, neerslagoverschot, grondwaterstand

ISSN 0927-4499

©2000 Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte  
Postbus 47, 6700 AA Wageningen  
Telefoon: 0317 474200; fax: 0317 419000; internet: [www.alterra.wageningen-ur.nl](http://www.alterra.wageningen-ur.nl)

No part of this publication may be reproduced or published in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the permission of Alterra.

Alterra assumes no liability for any losses resulting from the use of this report.

Project 010-50010-02

# Contents

Voorwoord	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Materialen	13
3 Methode	15
4 Resultaten	17
5 Conclusies	21
Literatuur	23





## Voorwoord

De groene ruimte is natuurlijk ver te zoeken tussen de olietanks van Shell in Pernis en Europoort, maar de dynamiek van de grondwaterstand in deze terreinen enerzijds en onze expertise om deze dynamiek te modelleren anderzijds boden voldoende basis voor Shell om een opdracht aan Alterra te verstrekken. Naast de voor ons toch wat ongewone omgeving, waren er nog andere aspecten die deze opdracht voor Alterra bijzonder maakten. Zo hadden wij voor het eerst met reeksen van doen die met een uur- of zelfs een kwartierfrequentie waren geregistreerd, en moesten wij dus serieus nadenken over zomer- en wintertijd. Verder is de samenhang tussen neerslagoverschot en grondwaterstand tussen de olietanks toch een beetje anders dan tussen de grazige weiden, golvende velden en wuivende wouden waar normaliter onze reeksen van afkomstig zijn. Kortom, een boeiende, zij het beperkte opdracht waar wij met plezier aan hebben gewerkt.

Marc Bierkens bedank ik hartelijk voor het kritisch doornemen van het manuscript. John Wiltink tekende voor de omslag, en die mag er zijn. Vanwege het aantal formules is het rapport geschreven in  $\text{\LaTeX}$  (Lamport, 1994). Omdat de Nederlandstalige versie niet beschikbaar was zal de lezer plaatselijk helaas met Engelse termen zoals 'Contents' en 'Table' genoeg moeten nemen, waarvoor mijn verontschuldiging. Ik ben er zeker van dat dit mogelijke ongemak ruimschoots wordt gecompenseerd door de fraaie formules.



## Samenvatting

Bij Shell in Europoort en Pernis wordt de grondwaterstand automatisch geregistreerd door middel van *divers* in een aantal filters. Ten behoeve van een hydrologische studie die voor deze terreinen wordt uitgevoerd is de gemiddelde grondwaterstand gewenst, gegeven de huidige hydrologische en klimatologische omstandigheden. Hiertoe wordt de relatie tussen neerslagoverschot en grondwaterstand gemodelleerd met een transfer-ruismodel. Met dit model kan vervolgens de langjarig gemiddelde, klimaatsrepresentatieve, grondwaterstand worden geschat (Knotters en Van Walsum, 1997). Indien er geen samenhang is tussen neerslagoverschot en grondwaterstand en andere invloeden tijdens de waarnemingsperiode representatief voor het gemiddelde van het heersende regime kunnen worden verondersteld, kan de gemiddelde grondwaterstand worden geschat met het rekenkundig gemiddelde van de reeks.

Het **doel** van dit onderzoek is om de gemiddelde grondwaterstand te schatten voor negen filterlocaties in Europoort en Pernis, gegeven het actuele hydrologische regime en het heersende klimaat.

Er zijn vijf grondwaterstandsreeksen uit het Europoortgebied beschikbaar met een kwartierfrequentie. Deze reeksen beginnen op 21 juni 2000. Uit het terrein te Pernis zijn vier grondwaterstandsreeksen beschikbaar, die uurwaarnemingen bevatten vanaf medio 1999. Voor het Europoortgebied zijn dagneerslagsommen gebruikt van het KNMI-station Oostvoorne, voor Pernis was Poortugaal het dichtstbijzijnde neerslagstation.

Referentiegewasverdamping volgens Makkink is gebruikt van het KNMI-station Rotterdam.

Neerslag-, verdampings- en grondwaterstandsdata zijn geconverteerd naar dagcijfers, waarbij gestreefd is naar zoveel mogelijk overlap gegeven de tijdstippen van registratie. Vervolgens is de relatie tussen het dagelijkse neerslagoverschot en de daggemiddelde grondwaterstand onderzocht. Hierbij is de procedure van modelidentificatie, modelcalibratie en *diagnostic checking* (of verificatie) gevolgd zoals deze is beschreven door Box en Jenkins (1976). Hipel en McLeod (1994) beschrijven toepassingen van transfer-ruismodellering in de hydrologie. Een eerste stap is het modelleren van de neerslagoverschotreeks met een univariaat tijdreeksmodel. Naast het dagelijkse neerslagoverschot zijn ook voortschrijdende gemiddelde neerslagoverschotten gebruikt als verklarende reeks. In sommige gevallen bleek een voortschrijdend gemiddeld neerslagoverschot de grondwaterstand beter te verklaren dan het dagelijkse neerslagoverschot. Er zijn voortschrijdende gemiddelden berekend voor twee tot en met zeven dagen.

De gemiddelde grondwaterstand gegeven de huidige hydrologische en

klimatologische condities is geschat met het geschatte langjarig gemiddelde neerslagoverschot met behulp van het geschatte transfermodel te transformeren in een langjarig gemiddelde grondwaterstand. Het langjarig gemiddelde neerslagoverschot is geschat uit de neerslagreeksen voor Poortugaal en Oostvoorne van 1970 t/m 1999 en de verdampingsreeks voor Rotterdam van 1991 t/m 1999.

Uit de resultaten blijkt dat voor de buizen in het Europoortgebied de schatting van de gemiddelde grondwaterstand gegeven de huidige hydrologische en klimatologische condities hoger ligt t.o.v. NAP dan het rekenkundig gemiddelde van de waargenomen grondwaterstand, bij vier van de vijf buizen. Dit is te verklaren uit het feit dat de waarnemingsperiode voornamelijk de zomerperiode beslaat. Verder blijkt dat bij de buizen in het Pernis-terrein geen grote verschillen zijn tussen de gemiddelde grondwaterstand gegeven de huidige hydrologische en klimatologische condities en het rekenkundige gemiddelde van de gehele monitoringperiode. Ten opzichte van het rekenkundig gemiddelde voor de calibratieperiode die is gebruikt in hydrologische berekeningen, 20-7-1999 t/m 16-9-1999, kunnen de verschillen echter oplopen tot ca. 10 à 15 cm.

# 1 Inleiding

Op de terreinen van Shell in Europoort en Pernis wordt sinds ca. een half tot anderhalf jaar elk uur of elk kwartier de grondwaterstand automatisch geregistreerd door middel van *divers* in een aantal filters. Ten behoeve van een hydrologische studie die voor deze terreinen wordt uitgevoerd is de gemiddelde grondwaterstand gewenst, gegeven de huidige hydrologische en klimatologische omstandigheden. Onder invloed van het neerslagoverschot vertoont de grondwaterstand een seizoenmatige fluctuatie. Een rekenkundig gemiddelde van de waarnemingen zou voldoende zijn, als verondersteld zou mogen worden dat het gemiddelde neerslagoverschot tijdens de waarnemingsperiode gelijk zou zijn aan het gemiddelde neerslagoverschot over een klimaatsrepresentatieve periode (dertig jaar), of als verondersteld zou mogen worden dat er geen samenhang is tussen neerslagoverschot en grondwaterstand. Omdat de eerste veronderstelling waarschijnlijk niet opgaat vanwege de lengte van de reeksen, dient de samenhang tussen neerslagoverschot en grondwaterstand te worden gemodelleerd met bijvoorbeeld een transfer-ruismodel. Met dit model kan vervolgens de langjarig gemiddelde, klimaatsrepresentatieve, grondwaterstand worden geschat (Knotters en Van Walsum, 1997). Of de tweede veronderstelling opgaat blijkt tijdens de transfer-ruismodellering. Indien er geen samenhang is tussen neerslagoverschot en grondwaterstand en andere invloeden tijdens de waarnemingsperiode representatief voor het gemiddelde van het heersende regime kunnen worden verondersteld, kan de gemiddelde grondwaterstand worden geschat met het rekenkundig gemiddelde van de reeks.

Het **doel** van dit onderzoek is om de gemiddelde grondwaterstand te schatten voor negen filterlocaties in Europoort en Pernis, gegeven het actuele hydrologische regime en het heersende klimaat.

In hoofdstuk 2 worden de grondwaterstands- en meteorologische gegevens beschreven. In hoofdstuk 3 wordt de methode van transfer-ruismodellering uitgelegd, en wordt beschreven hoe met behulp van transfer-ruismodellen en langjarige neerslag- en verdampingsgegevens de gemiddelde grondwaterstand is geschat. In hoofdstuk 4 worden de resultaten gepresenteerd. Het rapport eindigt met enkele concluderende opmerkingen in hoofdstuk 5.

$$H_t = H_t^* + N_t, \quad (4)$$

waarin

$H_t^*$  de dynamische component van de grondwaterstand op tijdstip  $t$  is die verklaard kan worden uit het neerslagoverschot  $P_t^{(m)}$ ;

$N_t$  de ruiscomponent op tijdstip  $t$  is, die alle andere invloeden dan  $P_t^{(m)}$  bevat;

$c$  een constante is, het gemiddelde van  $N_t$ ;

$a_t$  de met een discrete tijdsindex  $t$ , en wordt verondersteld een witte-ruisproces te volgen;

$\delta_1, \dots, \delta_r$  autoregressieve parameters zijn van het transfermodel, tot orde  $r$ ;

$\omega_0, \dots, \omega_s$  *moving average* parameters zijn van het transfermodel, tot orde  $s$ ;

$\phi_1, \dots, \phi_p$  autoregressieve parameters zijn van het ruismodel, tot orde  $p$ ;

$\theta_1, \dots, \theta_q$  *moving average* parameters zijn van het ruismodel, tot orde  $q$ ;

$b$  de pure vertraging is tussen neerslagoverschot en grondwaterstand.

Het gecalibreerde transfer-ruismodel is geverifieerd op basis van de gefitte residuen,  $\hat{a}_t$ . Hierbij is gekeken naar de autocorrelatiefunctie en de kruiscorrelaties tussen residuen en neerslagoverschotreeks. In beide mogen geen coëfficiënten die significant van 0 afwijken voorkomen. De procedure is voor verschillende ordes van het transfer-ruismodel en voor verschillende waarden van  $m$  net zolang herhaald totdat een model met èn een kleine ruiscomponent èn residuen die voldoen aan de modelveronderstellingen was gevonden.

De gemiddelde grondwaterstand gegeven de huidige hydrologische en klimatologische condities,  $\widehat{H}$  is geschat met het geschatte langjarig gemiddelde neerslagoverschot met behulp van het geschatte transfermodel te transformeren in een langjarig gemiddelde grondwaterstand. Het langjarig gemiddelde neerslagoverschot,  $\widehat{P}$ , is geschat uit de neerslagreeksen voor Poortugaal en Oostvoorne van 1970 t/m 1999 en de verdampingsreeksen voor Rotterdam van 1991 t/m 1999. De transformatie is als volgt:

$$\widehat{H} = \hat{c} + \frac{\hat{\omega}_0 - \hat{\omega}_1 - \dots - \hat{\omega}_s}{1 - \hat{\delta}_1 - \dots - \hat{\delta}_r} \widehat{P} \quad (5)$$

## 4 Resultaten

De gecalibreerde parameterwaarden voor de AR(1)-modellen van de neerslagoverschotreeksen (formule (1)) zijn weergegeven in Tabel 2.

Table 2: Gecalibreerde AR(1)-modellen voor de neerslagoverschotreeksen. Tussen haakjes: standaardfouten

buisnummer	$m$ (-)	$\hat{c}$ (mm/d)	$\hat{\phi}_1$ (-)	$\hat{\sigma}_a^2$ (mm <sup>2</sup> /d <sup>2</sup> )
232	1	-0.724(0.516)	0.3391(0.0941)	11.96
234	2	-0.648(0.686)	0.6935(0.0729)	4.703
R07022	1	-0.724(0.516)	0.3391(0.0941)	11.96
R08022	1	-0.724(0.516)	0.3391(0.0941)	11.96
R08038	1	-0.724(0.516)	0.3391(0.0941)	11.96
D03076	1	0.927(0.350)	0.2929(0.0458)	26.76
J03101	3	1.099(0.556)	0.8009(0.0307)	4.745
K02068	1	0.927(0.350)	0.2929(0.0458)	26.76
N13031	2	1.098(0.553)	0.6916(0.0388)	10.22

De geselecteerde transfer-ruismodellen met hun gecalibreerde parameterwaarden zijn weergegeven in Tabel 3 en Tabel 4. In enkele gevallen is geconstateerd dat er geen relatie is tussen neerslagoverschot en grondwaterstand, nl. voor buis R08022 en J03101. De reden hiervan is moeilijk te achterhalen zonder nadere informatie over de hydrologische omstandigheden. Het zou kunnen dat door verharde oppervlakken geen duidelijke relatie tussen neerslagoverschot en grondwaterstand aanwezig is. Een andere mogelijkheid is dat er een andere invloed is die het effect van neerslagoverschot teniet doet; het grondwaterniveau zou bijvoorbeeld bepaald kunnen worden door een oppervlaktewaterpeil in de omgeving. Opmerkelijk is dat voor buis 234 een relatie met het neerslagoverschot is gevonden; het filter bevindt zich bij deze buis nl. 20 m beneden maaiveld. De samenhang is overigens zwak.

Voor het Europoort-terrein is een langjarig gemiddeld neerslagoverschot geschat van  $\hat{P} = 0.607$  mm/d, voor het Pernis-terrein  $\hat{P} = 0.729$  mm/d. In Tabel 5 zijn de schattingen van de gemiddelde grondwaterstand gegeven de huidige hydrologische en klimatologische condities gegeven. Uit Tabel 5 blijkt dat voor de buizen in het Europoortgebied de schatting van de gemiddelde grondwaterstand gegeven de huidige hydrologische en klimatologische condities ( $\hat{H}$ ) hoger ligt t.o.v. NAP dan het rekenkundig gemiddelde van de waargenomen grondwaterstand,  $\bar{h}$  (232, 234, R07022, R08038). Dit is goed te verklaren uit het feit dat de waarnemingsperiode voornamelijk de

Table 3: Transfer-modellen voor de relatie tussen neerslagoverschot en grondwaterstand. Tussen haakjes: standaardfouten

buisnummer	$m$	$\hat{\delta}_1$ (-)	$\hat{\omega}_0$ (cm d/mm)	$\hat{\omega}_1$ (cm d/mm)	$\hat{\omega}_2$ (cm d/mm)
232	1	0.98231(0.00617)	0.1842(0.0302)		
234	2	0.477(0.106)	1.256(0.200)		
R07022	1	0.9653(0.0117)	1.065(0.103)		0.685(0.119)
R08022	1				
R08038	1	0.98173(0.00550)	0.8401(0.0774)		
D03076	1	0.6089(0.0304)	0.8119(0.0418)	-0.3812(0.0548)	
J03101	3				
K02068	1	0.8566(0.0171)	0.3650(0.0242)	-0.2044(0.0263)	
N13031	2	0.9495(0.0163)	0.4197(0.0557)		

Table 4: Ruismodellen behorende bij de transfer-modellen voor de relatie tussen neerslagoverschot en grondwaterstand. Tussen haakjes: standaardfouten

buisnummer	$\hat{c}$ (cm+NAP)	$\hat{\phi}_1$ (-)	$\hat{\theta}_1$ (-)	$\hat{\theta}_2$ (-)	$\hat{\sigma}_a^2$ (mm <sup>2</sup> /d <sup>2</sup> )
232	420.556(0.919)	-0.149(0.213)	-1.254(0.179)	-0.576(0.148)	5.739
234	40.400(0.992)	0.5009(0.0874)			23.10
R07022	448.47(1.64)	0.5911(0.0835)			19.18
R08022					
R08038	512.99(4.34)	0.9039(0.0494)			9.590
D03076	244.798(0.760)	0.8055(0.0450)	0.3182(0.0711)		19.62
J03101					
K02068	161.55(6.01)	0.98720(0.00893)	0.2450(0.0492)	0.0801(0.0496)	6.749
N13031	269.22(4.42)	0.9337 (0.0198)			19.44

zomerperiode beslaat. Omdat voor R08022 geen relatie tussen neerslagoverschot en grondwaterstand is gevonden, is hier het rekenkundige gemiddelde van de waarneming gebruikt voor  $\widehat{H}$ .

Uit Tabel 5 blijkt dat bij de buizen in het Pernis-terrein geen grote verschillen zijn tussen  $\widehat{H}$  en  $\bar{h}$  voor de monitoringperiode. Bij buis J03101 bleek er geen relatie te zijn tussen het neerslagoverschot en de grondwaterstand; hier is  $\bar{h}$  gebruikt als schatting voor  $\widehat{H}$ . Ten opzichte van het rekenkundig gemiddelde voor de calibratieperiode die is gebruikt in hydrologische berekeningen, 20-7-1999 t/m 16-9-1999, kunnen de verschillen echter oplopen tot ca. 10 à 15 cm, zie de laatste kolom in Tabel 5.



Table 5: Geschatte gemiddelde grondwaterstand, gegeven de huidige hydrologische en klimatologische condities,  $\widehat{H}$ .  $\bar{h}$  = het rekenkundig gemiddelde van de waargenomen grondwaterstand.

Buisnummer	$\widehat{H}$ (cm+NAP)	$\bar{h}$ (cm+NAP)
232	426.88	415.2
234	41.86	38.66
R07022	455.12	440.8
R08022	417.2	417.2
R08038	540.92	489.2
D03076	247.02	247.4(246.85*)
J03101	227.2	227.2(212.04*)
K02068	164.45	169.1(155.67*)
N13031	275.28	277.7(269.22)

\*) calibratieperiode 19990722-19990916. Bij buis J03101 start de monitoringperiode op 19990916 om 12.00 u.



## 5 Conclusies

De gemiddelde grondwaterstand, gegeven de huidige hydrologische en klimatologische condities, bevindt zich in het Europoortgebied hoger ten opzichte van NAP dan het rekenkundig gemiddelde van de waarnemingen. In het Pernis-terrein bedragen de verschillen echter hooguit enkele centimeters. Hieruit blijkt dat de waarnemingsperiode voor het Pernis-terrein redelijk goed overeenstemde met de langjarige klimatologische condities. Ten opzichte van het rekenkundig gemiddelde voor de calibratieperiode die is gebruikt in hydrologische berekeningen, 20-7-1999 t/m 16-9-1999, kunnen de verschillen echter oplopen tot ca. 10 à 15 cm. Omdat in het Europoort voornamelijk in de zomerperiode is waargenomen, traden daar wel grote verschillen op tussen rekenkundige gemiddelden en schattingen op basis van een tijdreeksmodel.



## Literatuur

Box, G.E.P. and G.M. Jenkins, 1976. Time series analysis, forecasting and control. Revised Edition. Holden-Day, San Francisco.

Hipel, K.W. and A.I. McLeod, 1994. *Time series modelling of water resources and environmental systems*. Elsevier, Amsterdam.

Knotters, M. and 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.

Lamport, L., 1994. *LATEX: a document preparation system: user's guide and reference manual*. Second Edition. Addison-Wesley, Reading.

