



ALTERRA

WAGENINGEN UR

Een statistische analyse van de invloed van het mestbeleid op de oppervlaktewaterkwaliteit

M. Knotters
D.J.J. Walvoort
T.P. Leenders

Alterra-rapport 1540, ISSN 1566-7197
Reeks Monitoring Stroomgebieden 11

Een statistische analyse van de invloed van het mestbeleid op de oppervlaktewater-
kwaliteit

In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Directie
Kennis

Een statistische analyse van de invloed van het mestbeleid op de oppervlaktewaterkwaliteit

M. Knotters, D.J.J. Walvoort, T.P. Leenders

Alterra-Rapport 1540

Reeks Monitoring Stroomgebieden 11

Alterra, Wageningen, 2007

REFERAAT

Martin Knotters, Dennis Walvoort, Dorothée Leenders, 2007. *Een statistische analyse van de invloed van het mestbeleid op de oppervlaktewaterkwaliteit; ; Reeks Monitoring Stroomgebieden 11*. Wageningen, Alterra–Rapport 1540. 114 blz. 51 fig.; 32 tab.; 5 ref.

Het effect van het mestbeleid op vrachten van N-totaal, N-mineraal, P-totaal en orthofosfaat werd geanalyseerd voor drie stroomgebieden: de Drentse Aa, de Schuitenbeek en de Krimpenerwaard. Met behulp van statistische interventieanalyse werd beoordeeld of de dynamiek van nutriëntenvrachten bij de invoering (1984) of wijziging (1992) van het mestbeleid een verandering te zien geeft die niet kan worden verklaard uit het neerslagoverschot. De analyses geven aan dat in de Drentse Aa de vrachten van alle beschouwde stikstof- en fosforcomponenten significant daalden sinds de invoering van het mestbeleid in 1984. Deze trends kunnen niet worden verklaard door het neerslagoverschot. Voor de Schuitenbeek konden op basis van de beschikbare gegevens geen trends worden aangetoond. Bij de Krimpenerwaard werden op één van de drie locaties voor totaal fosfor en orthofosfaat stijgende lineaire trends aangetoond die niet door het neerslagoverschot konden worden verklaard. Deze trends zijn echter slechts zwak significant en gebaseerd op relatief korte tijdreeksen. Voor mineraal stikstof werd op deze locatie echter een afnemende lineaire trend gevonden die niet door het neerslagoverschot kon worden verklaard.

Trefwoorden: tijdreeksanalyse, transfer-ruismodel, interventiemodel, fosfor, stikstof, stroomgebied, mestbeleid

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar op www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales in Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en de snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2007 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond en probleemstelling	13
1.2 Doel van het onderzoek	13
1.3 Opbouw van het rapport	14
2 Materialen en methode	15
2.1 Gegevens	15
2.2 Interventiemodellen	15
2.3 Procedure van interventiemodellering	18
2.4 Berekening van nutriëntenvrachten	18
2.5 Berekening van het neerslagoverschot	19
2.6 Interpretatie van de resultaten	19
3 Resultaten	21
3.1 Inleiding	21
3.2 De Drentse Aa	21
3.2.1 Exploratieve analyse vrachten van N-totaal	21
3.2.2 Interventiemodellen voor vrachten van N-totaal	22
3.2.3 Exploratieve analyse vrachten van N-mineraal	23
3.2.4 Interventiemodellen voor vrachten van N-mineraal	23
3.2.5 Exploratieve analyse vrachten van P-totaal	24
3.2.6 Interventiemodellen voor vrachten van P-totaal	24
3.2.7 Exploratieve analyse vrachten van orthofosfaat	25
3.2.8 Interventiemodellen voor vrachten van orthofosfaat	26
3.3 De Schuitenbeek	26
3.3.1 Exploratieve analyse vrachten van N-totaal	26
3.3.2 Interventiemodellen voor vrachten van N-totaal	27
3.3.3 Exploratieve analyse vrachten van N-mineraal	27
3.3.4 Interventiemodellen voor vrachten van N-mineraal	27
3.3.5 Exploratieve analyse vrachten van P-totaal	28
3.3.6 Interventiemodellen voor vrachten van P-totaal	28
3.3.7 Exploratieve analyse vrachten van orthofosfaat	28
3.3.8 Interventiemodellen voor vrachten van orthofosfaat	29
3.4 Krimpenerwaard	29
3.4.1 Exploratieve analyse van vrachten van N-totaal	29
3.4.2 Interventiemodellen voor vrachten van N-totaal	29
3.4.3 Exploratieve analyse van vrachten van N-mineraal	30

3.4.4	Interventiemodellen voor vrachten van N-mineraal	30
3.4.5	Exploratieve analyse van vrachten van P-totaal	30
3.4.6	Interventiemodellen voor vrachten van P-totaal	30
3.4.7	Exploratieve analyse van vrachten van orthofosfaat	31
3.4.8	Interventiemodellen voor vrachten van orthofosfaat	31
4	Conclusies	33
5	Aanbevelingen voor het project Monitoring Stroomgebieden	35
	Bibliografie	37
	Bijlagen	39
A	Ligging van de meetpunten	39
B	Resultaten Drentse Aa	43
C	Resultaten Schuitenbeek	73
D	Resultaten Krimpenerwaard	95

Woord vooraf

Deze rapportage ‘Een statistische analyse van de invloed van het mestbeleid op de oppervlaktewaterkwaliteit’ vormt een onderdeel van het project ‘Meerjarig monitoringprogramma naar de uit- en afspoeling van nutriënten vanuit landbouwgronden in stroomgebieden en polders’, of kortweg ‘Monitoring stroomgebieden’. Het primaire doel van het project is het leveren van een bijdrage aan de evaluatie van het mestbeleid door het kwantificeren van het aandeel van de landbouw in de belasting van het oppervlaktewater en de verandering van dit aandeel van de landbouw als gevolg van (mest)beleid in een aantal representatieve stroomgebieden in karakteristieke landschappelijke regio’s. Hiervoor wordt een aantal analysestrategieën ontwikkeld: statistische modellen, (fysisch-deterministische) procesmodellen, en een combinatie van statistische modellen en procesmodellen. Dit rapport geeft de resultaten van een statistische interventieanalyse.

Het project wordt aangestuurd door een stuurgroep, waarin de Ministeries LNV, VROM en V&W als opdrachtgevers en de Unie van Waterschappen als vertegenwoordiger van de participerende waterschappen zitting hebben. De STOWA en LTO zijn agendalid. Daarnaast is een klankbordgroep geformeerd met vertegenwoordigers van de instituten RIZA, RIVM en TNO. Deze klankbordgroep denkt kritisch mee bij de opzet van het monitoringprogramma en de methodiekontwikkeling. Het project wordt uitgevoerd door Alterra, onderdeel van Wageningen Universiteit en Researchcentrum.

Voor dit project zijn vier pilotgebieden geselecteerd: Drentse Aa, Schuitenbeek, Krimpenerwaard en Quarles van Ufford. De waterbeheerders; Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, Waterschap Veluwe, Waterschap Rivierenland, Waterschap Hunze en Aa’s en Waterlaboratorium Noord participeren actief in dit project.

Voor informatie over het project ‘Monitoring stroomgebieden’ kunt u terecht op www.monitoringstroomgebieden.nl of bij:

Dorothee Leenders
0317 – 48 42 79
dorothee.leenders@wur.nl

Frank van der Bolt
0317 – 48 64 44
frank.vanderbolt@wur.nl

Wageningen, juni 2007

Samenvatting

Inleiding

De vraag of het Nederlandse mestbeleid invloed heeft gehad op de kwaliteit van het oppervlaktewater staat in deze studie centraal. Met name is het van belang om te weten of de nutriëntenvrachten in de oppervlaktewatersystemen sinds de invoering van het mestbeleid zijn afgenomen. Om deze vraag te kunnen beantwoorden vindt in vier stroomgebieden trendmonitoring plaats, waarbij tijdreeksen worden verzameld van concentraties en afvoeren. De vier stroomgebieden zijn de Drentse Aa, de Schuitenbeek, de Krimpenerwaard en 'Quarles van Ufford' in het Land van Maas en Waal.

Het doel van het onderzoek is om te beoordelen of het Nederlandse mestbeleid effect heeft gehad op de nutriëntenvrachten in het oppervlaktewater van stroomgebieden. Op basis van statistische interventieanalyse zal worden beoordeeld of vanaf twee belangrijke momenten in het mestbeleid, namelijk januari 1984 (invoering) en januari 1992 (verplicht injecteren), er een verandering in de nutriëntenvrachten is opgetreden, die niet kan worden verklaard uit het neerslagoverschot. Tijdreeksen van 'Quarles van Ufford' konden niet worden geanalyseerd door het ontbreken van meetgegevens ten tijde van dit onderzoek. De analyses hebben betrekking op vrachten van N-totaal, N-mineraal, P-totaal en orthofosfaat.

Methode

Interventieanalyse bestaat uit het exploratief analyseren en het modelleren van effecten van ingrepen. Een interventiemodel kan worden gezien als een bijzondere vorm van een transfer-ruismodel. Het model heeft dynamische component(en) die één of meer interventies beschrijven, en een ruiscomponent die alle overige invloeden beschrijft. Invloeden zoals neerslag en verdamping kunnen ook als dynamische componenten in het model worden opgenomen, teneinde de respons zo goed mogelijk te kunnen verklaren en de ruisterm te reduceren.

De interventie wordt in deze studie beschreven als een plotselinge wijziging van het gemiddelde niveau (staptrend), of als een geleidelijke lineaire verandering (lineaire trend).

De interventiemodellering begint in deze studie met logaritmische transformatie van de tijdreeksen van vrachten, teneinde een normale verdeling beter te benaderen. Vervolgens worden de tijdreeksen exploratief geanalyseerd, op basis van tijdreeksgrafieken, geschatte autocorrelatiefuncties en residuële cross-correlatiefuncties (RCCF's), partiële *sample* autocorrelatiefuncties (SPACF's) en een *sample* spectrum. Tenslotte wordt een interventiemodel geïdentificeerd, gekalibreerd en geverifieerd. Dit model bevat naast de interventie het neerslagoverschot als belangrijkste verklaring voor de dynamiek van de vrachten. Op basis

van de significantie van de parameters van het interventiemodel wordt beoordeeld of het aannemelijk is dat het mestbeleid effect heeft gehad op de nutriëntenvrachten.

Nutriëntenvrachten worden berekend uit metingen van concentraties en debieten. Omdat de frequenties en waarnemingstijdstippen niet samenvallen zijn reeksen van maandgemiddelde nutriëntenvrachten samengesteld door middel van exacte interpolatie. Het potentiële neerslagoverschot wordt berekend uit dagwaarnemingen van neerslag en verdamping van KNMI-stations uit de omgeving. De analyses worden uitgevoerd op logaritmische schaal. Op de oorspronkelijke schaal zijn de effecten proportioneel, en hebben betrekking op de *mediaan*.

Resultaten

Drentse Aa

De seizoensaliteit die in de reeksen van vrachten van N-totaal, N-mineraal, P-totaal en orthofosfaat aanwezig is kan worden verklaard uit het neerslagoverschot. Voor het lineaire interventiemodel vanaf 1984 vinden we voor vrachten N-totaal een significante parameter. Voor het stapmodel en het lineaire model vanaf 1992 vinden we significante parameters, wat duidt op een verandering in de vrachten van N-totaal sinds 1992. Het niveau van de mediane vracht is na 1992 volgens een staptrend gedaald tot 0.696 maal het niveau van voor 1992. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval van dit proportionele effect is (0.489,0.989). De parameter van de lineaire trend vanaf 1992 is gelijk aan -0.00713. Het niveau van de mediane vracht is in januari 1992 gedaald tot $e^{-0.00713} = 0.993$ maal het niveau tot januari 1992. In februari 1992 is het niveau gedaald tot $e^{2 \times -0.00713} = 0.986$ maal de mediaan van de vrachten tot 1992, in maart tot $e^{3 \times -0.00713} = 0.979$ maal de mediaan van de vrachten tot 1992, enzovoort. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor januari 1992 is gelijk aan ($e^{-0.01165} = 0.988$, $e^{-0.00261} = 0.997$), voor februari 1992 aan (0.981,0.991), enzovoort. Uit deze resultaten blijkt dat sinds de invoering van het mestbeleid in 1984 en vooral vanaf de verplichting om mest te injecteren in 1992 de vrachten van N-totaal in de Drentse Aa zijn gedaald. Deze daling wordt veroorzaakt door andere invloeden dan het neerslagoverschot. Voor N-mineraal worden overeenkomstige resultaten gevonden.

Voor vrachten van P-totaal blijkt dat een staptrend en een lineaire trend vanaf 1984 significant zijn. Trends vanaf 1992 zijn niet significant, wat erop duidt dat systematische veranderingen in de vrachten van P-totaal voor een belangrijk deel vóór 1992 hebben plaatsgehad. Voor orthofosfaat worden overeenkomstige resultaten gevonden.

Schuitenbeek

De reeksen in het gebied van de Schuitenbeek beginnen in januari 1989, 1988 en 1992, als het mestbeleid al een aantal jaren is ingevoerd. Het effect van het mestbeleid zou in de vorm van een dalende trend in de reeksen zichtbaar kunnen zijn. Deze dalende trend zou de vorm van een lineaire trend kunnen hebben. Er zijn geen aanwijzingen voor een dalende lineaire trend in vrachten van N-totaal, N-mineraal, P-totaal en orthofosfaat sinds de invoering van het mestbeleid gevonden.

Krimpenerwaard

Omdat de reeksen pas in januari 1996 beginnen, kan slechts een lineaire verandering van de vrachten van N-totaal worden gemodelleerd vanaf januari 1996. Omdat het

neerslagoverschot een belangrijke verklarende factor is wordt deze ook in het model opgenomen. Er zijn geen aanwijzingen gevonden voor een lineaire trend in de vrachten van N-totaal door andere invloeden dan het neerslagoverschot.

Bij één van de drie locaties in de Krimpenerwaard (KOP1001, Ouderkerk aan de IJssel, IJsseldijk) is er een aanwijzing dat de vrachten van N-mineraal sinds 1996 een lineaire daling vertonen die niet kan worden verklaard uit het neerslagoverschot. Opmerkelijk is dat er bij deze locatie een significante lineaire stijging van de vrachten van P-totaal en orthofosfaat wordt gevonden die niet kan worden verklaard uit het neerslagoverschot.

Conclusies

Voor de Drentse Aa werden significante dalende trends aangetroffen voor alle beschouwde stikstof- en fosforcomponenten sinds de invoering van het mestbeleid in 1984. Deze trends kunnen niet worden verklaard door het neerslagoverschot. Voor de Schuitenbeek konden op basis van de beschikbare gegevens geen trends worden aangetoond. Bij de Krimpenerwaard werden op één van de drie locaties voor totaal fosfor en orthofosfaat stijgende lineaire trends aangetoond die niet door het neerslagoverschot konden worden verklaard. Deze trends zijn echter slechts zwak significant en gebaseerd op relatief korte tijdreeksen. Voor mineraal stikstof werd op deze locatie echter een afnemende lineaire trend gevonden die niet door het neerslagoverschot kon worden verklaard.

Aanbevelingen voor het project Monitoring Stroomgebieden

Voor de Drentse Aa werden trends aangetoond die niet konden worden verklaard uit het neerslagoverschot en mogelijk het gevolg zijn van de invoering van het mestbeleid. Er kunnen echter ook andere oorzaken voor een dalende trend zijn, die in dit onderzoek niet zijn onderzocht. Daarom moet worden nagegaan of er naast het mestbeleid nog andere factoren zijn geweest die konden leiden tot een daling van de nutriëntenvrachten sinds 1984 in de Drentse Aa. Na deze analyse kan met meer zekerheid worden gezegd of de trends uit het mestbeleid zijn te verklaren. Opmerkelijk is dat er geen trends werden gevonden in de nutriëntenvrachten van de Schuitenbeek. Dit stroomgebied is immers een zandgebied met een hoge belasting met nutriënten. Verdere analyses op basis van langere meetreeksen of op basis van meetreeksen die zijn waargenomen op andere locaties geven mogelijk meer inzicht in veranderingen in de nutriëntenvrachten sinds de invoering van het mestbeleid. Hoewel er voor de Krimpenerwaard enkele trends werden aangetoond, kon geen verband worden gelegd met het mestbeleid vanwege de beperkte lengte van de tijdreeksen. Mochten er langere tijdreeksen voor andere locaties in de Krimpenerwaard beschikbaar zijn, dan verdient het aanbeveling deze alsnog te analyseren.

Hoofdstuk 1

Inleiding

1.1 Achtergrond en probleemstelling

Door de intensivering van de landbouw sinds de jaren vijftig van de vorige eeuw zijn grond- en oppervlaktewater meer en meer belast geraakt met nutriënten. Om drinkwater, zwemwater en kwetsbare ecosystemen te beschermen voert de Nederlandse overheid sinds 1984 een mestbeleid dat erop gericht is de concentraties nutriënten in grond- en oppervlaktewater tot aanvaardbare niveaus terug te brengen. Deze niveaus zijn vastgelegd in nationale en Europese normen (Europese Kaderrichtlijn Water).

Om te kunnen beoordelen of de waterkwaliteit voldoet aan de voorgeschreven normen worden monitoringprogramma's ontwikkeld, waarbij de waargenomen concentraties worden getoetst tegen de normen. Daarnaast vindt monitoring van toestand en trends plaats, om de ontwikkeling van de waterkwaliteit te kunnen volgen, om meer inzicht te krijgen in processen, en om te kunnen beoordelen of ingrepen veranderingen in de waterkwaliteit teweegbrengen. De vraag of het Nederlandse mestbeleid invloed heeft gehad op de kwaliteit van het oppervlaktewater staat in deze studie centraal. Met name is het van belang om te weten of de nutriëntenvrachten in de oppervlaktewatersystemen sinds de invoering van het mestbeleid zijn afgenomen. Om deze vraag te kunnen beantwoorden vindt in vier stroomgebieden trendmonitoring plaats, waarbij tijdreeksen worden verzameld van concentraties en afvoeren. Het stroomgebied is hét aangewezen schaalniveau waarvoor afspraken worden gemaakt en maatregelen worden genomen. De volgende vier verschillende stroomgebieden zijn onderzocht: het laagbelaste zandgebied van de Drentse Aa, de hoogbelaste zandgebied van de Schuitenbeek, het veenweidegebied van de Krimpenerwaard en het bemalingsgebied 'Quarles van Ufford' in het rivierkleilandschap van het Land van Maas en Waal.

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is om te beoordelen of het Nederlandse mestbeleid effect heeft gehad op de nutriëntenvrachten in het oppervlaktewater van stroomgebieden.

Hiertoe zullen de verzamelde tijdreeksen door middel van interventieanalyse (Hipel et al., 1975, 1978) worden geanalyseerd. Beoordeeld zal worden of vanaf twee belangrijke momenten in het mestbeleid, namelijk januari 1984 (invoering) en januari 1992 (verplicht injecteren, Anonymus (1991)), er een verandering in de nutriëntenvrachten is opgetreden, die niet kan worden verklaard uit het neerslagoverschot.

1.3 Opbouw van het rapport

Hoofdstuk 2 bevat een beschrijving van de geanalyseerde gegevens en de methode van interventiemodellering die in dit onderzoek is gevolgd. Bijzondere aandacht zal worden besteed aan het effect van logaritmische transformatie en de betekenis hiervan voor de interpretatie van de resultaten. De resultaten worden gepresenteerd in hoofdstuk 3 voor achtereenvolgens de Drentse Aa (paragraaf 3.2), de Schuitenbeek (paragraaf 3.3) en de Krimpenerwaard (paragraaf 3.4). De resultaten hebben betrekking op vrachten van de nutriënten N-totaal, N-mineraal, P-totaal en orthofosfaat. Telkens worden eerst de resultaten van de exploratieve data-analyse gepresenteerd en vervolgens die van de interventiemodellering. In hoofdstuk 4 volgen de conclusies van het onderzoek. Het rapport wordt afgesloten met aanbevelingen voor het project Monitoring Stroomgebieden in hoofdstuk 5.

Hoofdstuk 2

Materialen en methode

2.1 Gegevens

Tijdreeksen zijn geanalyseerd van de stroomgebieden van de Drentse Aa en de Schuitenbeek en van het poldergebied de Krimpenerwaard. De tijdreeksen van de Drentse Aa en de Schuitenbeek liggen vlakbij het uitstroompunt. Voor de Krimpenerwaard zijn drie uitlaatpunten geanalyseerd. De tijdreeksen van het bemalingsgebied Quarles van Ufford (Land van Maas en Waal) konden niet worden geanalyseerd door het ontbreken van gegevens ten tijde van dit onderzoek. De analyses hebben betrekking op vrachten van N-totaal, N-mineraal, P-totaal en orthofosfaat. Nutriëntenvrachten worden niet gemeten, maar berekend op basis van concentraties en debietmetingen (zie paragraaf 2.4). Tabel 2.1 geeft een overzicht van de waarnemingslocaties voor concentraties en debieten. Bijlage A bevat kaartjes van het stroomgebied van de Drentse Aa en de Schuitenbeek en van de Krimpenerwaard met daarop de ligging van de meetpunten.

Tabel 2.1. Waarnemingslocaties van concentraties en debieten

stroomgebied	waarnemingsstation	
	concentraties	debieten
Drentse Aa	2101	Schipborg
Krimpenerwaard	KOP0427, KOP0801, KOP1001	KOP0427, KOP0801, KOP1001
Schuitenbeek	25200, 25210	25210, 25200

Voor de Drentse Aa zijn maandcijfers over de periode van januari 1981 tot en met december 2000 gebruikt. Voor de Schuitenbeek zijn maandcijfers gebruikt voor de periode van januari 1989 tot en met december 2000. Voor de Krimpenerwaard werden maandcijfers gebruikt voor de periode van januari 1996 tot en met december 2000.

2.2 Interventiemodellen

Een interventie is een gebeurtenis zoals een ingreep, die kan leiden tot een plotselinge of geleidelijke wijziging van het gemiddelde niveau van een bepaalde tijdreeks.

Interventieanalyse bestaat uit het exploratief analyseren en het modelleren van effecten van ingrepen. Een interventiemodel kan worden gezien als een bijzondere vorm van een transfer-ruismodel (Box and Jenkins, 1976; Hipel and McLeod, 1994). In principe heeft een interventiemodel de volgende structuur:

$$\text{responsvariabele} = \text{dynamische component(en)} + \text{ruiscomponent},$$

waarbij de dynamische component(en) uit één of meer interventies bestaan, en de ruiscomponent uit alle overige invloeden. Invloeden zoals neerslag en verdamping kunnen ook als dynamische componenten in het model worden opgenomen, teneinde de respons zo goed mogelijk te kunnen verklaren en de ruisterm te reduceren.

Een interventiemodel voor één interventie, zonder andere invloeden, heeft de volgende algemene vorm:

$$\begin{aligned} y_t &= I_t + n_t \\ I_t &= \nu(B)S_t^{(T)} \\ \phi(B)\Phi(B^s) \left\{ \nabla^d \nabla_s^D n_t^{(\lambda)} - c \right\} &= \theta(B)\Theta(B^s)a_t. \end{aligned} \quad (2.1)$$

Hierin is y_t de responsvariabele, bijvoorbeeld de vracht van een bepaalde nutriënt. I_t is de dynamische component dat het deel van de respons beschrijft dat kan worden verklaard door de interventie, en n_t is de ruiscomponent die alle overige invloeden bevat. $S_t^{(T)}$ is een variabele met waarde 0 tot het moment van de ingreep, T , en waarde 1 vanaf het moment van de ingreep. $\nu(B)$ is een impuls-responsfunctie, die de reeks S_t transformeert in een effect op de responsvariabele, I_t . B is een operator voor de verschuiving in de tijd: $B^p x_t = x_{t-p}$. De impuls-responsfunctie kan verschillende effecten op de responsvariabele beschrijven. In figuur 2.1 zijn de belangrijkste effecten samengevat.

Het model voor de ruis, n_t , in vergelijking (2.1) is in zijn meest uitgebreide vorm een zogenaamd *Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average* (SARIMA-)model. Het model beschrijft de temporele autocorrelatiestructuur van de som van alle invloeden op de respons die niet aan de interventie of andere invloeden zoals het neerslagoverschot zijn toe te schrijven. Het model heeft een seizoenscomponent. De seizoensafstand wordt aangegeven met s . Bij maandcijfers bijvoorbeeld geldt $s = 12$. De parameters die bij de seizoenscomponent behoren worden in hoofdletters aangegeven. De parameters van het ruismodel zijn als volgt gedefinieerd:

λ is een transformatieparameter voor eventuele transformatie van de responsvariabele, bijvoorbeeld logtransformatie ($\lambda = 0$);

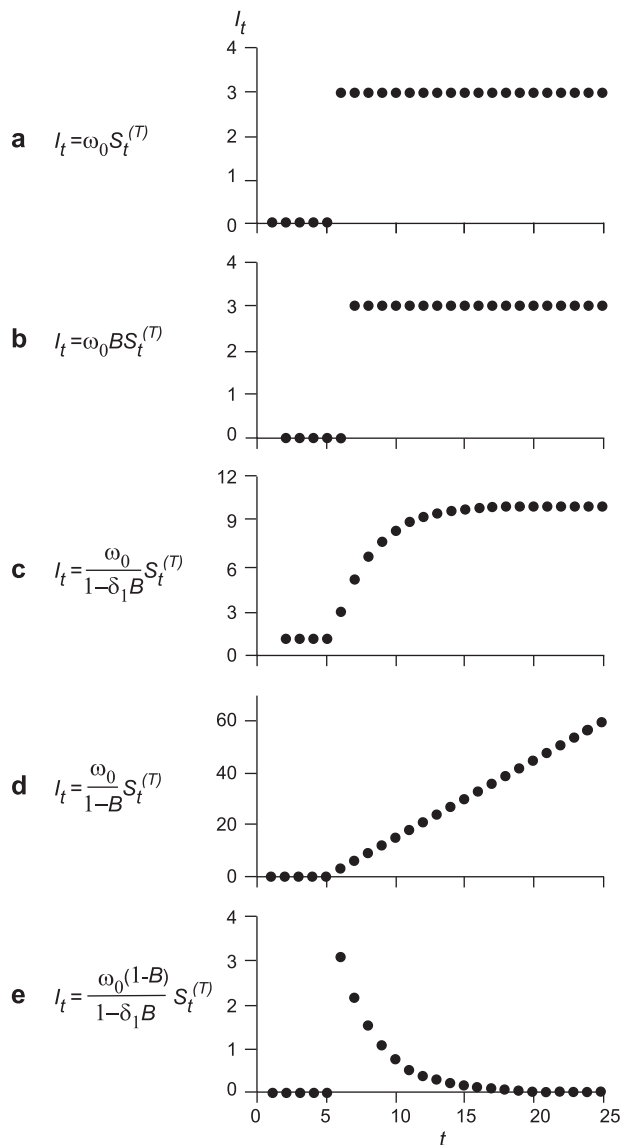
a_t is een reeks van onafhankelijke, gelijk verdeelde fouten (witte ruis), met gemiddelde 0 en constante variantie σ_a^2 ;

c is een constante;

∇^d geeft de orde d van differentiatie van de reeks aan. Dit kan bijvoorbeeld nodig zijn om een trend weg te filteren. Bij $d = 1$ wordt bijvoorbeeld een lineaire trend weggefilterd;

∇_s^D geeft de orde D van seizoensdifferentiatie aan. Als de seizoensafstand s bijvoorbeeld gelijk is aan 12 maanden en $D = 1$, dan worden de verschilwaarden $y_t - y_{t-12}$ berekend;

$\phi(B) = 1 - \phi_1 B^1 - \dots - \phi_p B^p$, de autoregressieve component van het SARIMA-model met orde p ;



Figuur 2.1. Effecten van stap-interventies. $T = 5$, $S_t^{(T)} = 0$ voor $t < T$, $S_t^{(T)} = 1$ voor $t \geq T$, $\omega_0 = 3$, $\delta_1 = 0.7$, $b = 1$ (vertraging). **a:** stapmodel, **b:** vertraagd stapmodel, **c:** exponentieel model, **d:** lineair model, **e:** exponentieel uitputtingsmodel

$\theta(B) = 1 - \theta_1 B^{m_1} - \dots - \theta_p B^{m_p}$, de moving-averagecomponent van het SARIMA-model met orde q ;

$\Phi(B^s) = 1 - \Phi_1 B^s - \dots - \Phi_P B^{Ps}$, de seizoen-autoregressieve component van het SARIMA-model met orde P ;

$\Theta(B^s) = 1 - \Theta_1 B^s - \dots - \Theta_Q B^{Qs}$, de seizoen-moving-averagecomponent van het SARIMA-model met orde Q .

De ordes van een SARIMA-model worden als volgt samengevat:

SARIMA- (p, d, q, P, D, Q, s) -model. Als het interventiemodel een transfercomponent bevat dat de seizoenaliteit verklaart, zoals bijvoorbeeld een component voor het neer-

slagoverschot, dan zal het ruismodel beperkt blijven tot een ARIMA- (p, d, q) -model:

$$\phi(B) \left\{ \nabla^d n_t^{(\lambda)} - c \right\} = \theta(B) a_t .$$

2.3 Procedure van interventiemodellering

De interventiemodellering wordt in deze studie uitgevoerd met de volgende stappen:

1. logaritmische transformatie (logtransformatie) van de tijdreeksen van vrachten, teneinde een normale verdeling beter te benaderen:

$$y_t = \log(z_t + 1) , \quad (2.2)$$

waarin z_t de vracht is en 1 wordt opgeteld om te voorkomen dat vrachten gelijk aan 0 zijn;

2. exploratieve analyse van de tijdreeksen, op basis van tijdreeksgrafieken, geschatte (*sample*) autocorrelatiefuncties (SACF's) en residuële cross-correlatiefuncties (RCCF's), partiële *sample* autocorrelatiefuncties (SPACF's) en een *sample* spectrum;
3. identificeren, kalibreren en verifiëren van een interventiemodel, dat naast de interventie het neerslagoverschot bevat als belangrijkste verklaring voor de dynamiek van de vrachten;
4. beoordelen van de significantie van de parameters van het interventiemodel.

2.4 Berekening van nutriëntenvrachten

Als respons y_t in vergelijking (2.1) worden de volgende stikstof en fosforvrachten (kg/dag) beschouwd:

- totaal stikstof (N-totaal). N-totaal is berekend als de som van Kjeldahl-N, nitraat-N en nitriet-N;
- mineraal stikstof (N-mineraal). Mineraal stikstof is berekend als de som van nitraat-N, ammonium-N en nitriet-N;
- totaal fosfor (P-totaal);
- en orthofosfaat.

Nutriëntenvrachten worden niet gemeten, maar berekend op basis van concentratie- en debietmetingen. Een complicatie die zich daarbij voordoet is dat locaties waar concentratie- en debietmetingen worden verricht gewoonlijk niet samenvallen. Er zullen daarom alleen vrachten kunnen worden berekend voor locaties waarvoor concentratiemetingen beschikbaar zijn, en waarvoor mag worden aangenomen dat het debiet bij benadering gelijk is aan het debiet dat gemeten is op een naburige locatie. Een tweede complicatie is dat niet voor elke dag debiet- en concentratiemetingen

beschikbaar zijn. Concentratieingen zijn beschikbaar met een meetfrequentie variërend van één maal per week tot één maal per maand. Debietingen zijn in de regel frequenter verricht dan concentratieingen. Ook deze reeksen zijn echter niet altijd compleet. Een derde complicatie is dat er waarnemingen voorkomen die kleiner zijn dan de detectielimiet (gecensoreerde waarnemingen). Om pragmatische redenen zijn deze gelijk gesteld aan de helft van de detectielimiet. Voor het berekenen van de vrachten is daarom de volgende procedure gevolgd:

1. Eerst is voor elke dag een concentratie en debiet berekend met behulp van lineaire interpolatie. Dit is een eenvoudige interpolatiemethode die de waarnemingen respecteert (exacte interpolator);
2. Vervolgens worden de geïnterpoleerde debieten en concentraties op dagbasis met elkaar vermenigvuldigd zodat vrachten worden verkregen (kg/dag);
3. Deze vrachten worden tot slot geaggregeerd ('opgeschaald') naar maandelijkse gemiddelden (kg/dag). Maanden waarvoor geen waarnemingen beschikbaar zijn worden buiten beschouwing gelaten.

2.5 Berekening van het neerslagoverschot

Eén van de verklarende dynamische componenten in het interventiemodel is het neerslagoverschot (mm). Deze is berekend als het verschil van de totale dagelijkse neerslaghoeveelheid (mm) en de totale dagelijkse grasreferentieverdamping (mm) berekend volgens Makkink. De resulterende dagwaarden zijn vervolgens geaggregeerd tot maandtotalen. Tabel 2.2 geeft een overzicht van de waarnemingslocaties voor neerslag en verdamping.

Tabel 2.2. Overzicht van de waarnemingslocaties van neerslag en verdamping

stroomgebied	waarnemingsstation	
	neerslag	verdamping
Drentse Aa	Eelde	Eelde
Krimpenerwaard	Gouda	De Bilt
Schuitenbeek	Putten	De Bilt

2.6 Interpretatie van de resultaten

De analyses worden uitgevoerd op logaritmische schaal, zie vergelijking (2.2). Op de oorspronkelijke schaal zijn de effecten proportioneel, en hebben betrekking op de *mediaan*. Na terugtransformatie is het proportionele effect e als volgt:

$$\text{mediaan}_{\text{na}} = e \times \text{mediaan}_{\text{voor}} + e - 1. \quad (2.3)$$

De term $e - 1$ is geïntroduceerd om vrachten gelijk aan nul bij logtransformatie te voorkomen, zie vergelijking (2.2). Als ze klein is ten opzichte van de mediane vrachten kan deze term worden verwaarloosd. Een effect $e = 1.5$ wil zeggen dat de vracht na de ingreep gelijk is aan 0.5 maal de vracht voor de ingreep, min 0.5. Dat laatste doet er op een vracht van bijvoorbeeld ca. 600 kg/dag nauwelijks toe. Een en ander zal in Hoofdstuk 3 nog worden toegelicht met diverse voorbeelden.

Hoofdstuk 3

Resultaten

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd voor achtereenvolgens de Drentse Aa (paragraaf 3.2), de Schuitenbeek (paragraaf 3.3) en de Krimpenerwaard (paragraaf 3.4). De resultaten hebben betrekking op vrachten van de nutriënten N-totaal, N-mineraal, P-totaal en orthofosfaat. Telkens worden eerst de resultaten van de exploratieve data-analyse gepresenteerd en vervolgens van de interventiemodellering. Figuren en tabellen zijn opgenomen in Bijlage B, C en D voor respectievelijk de Drentse Aa, de Schuitenbeek en de Krimpenerwaard.

3.2 De Drentse Aa

3.2.1 Exploratieve analyse vrachten van N-totaal

Figuur B.1 geeft een tijdreeksplot, een sample autocorrelatiefunctie (SACF), een sample partiële autocorrelatiefunctie (SPACF) en een sample spectrum van de vrachten van N-totaal. De reeks van maandcijfers begint in januari 1981 en eindigt in december 2000. Figuur B.2 geeft een histogram van de vrachten van N-totaal. De gemiddelde vracht van N-totaal is gelijk aan 744.5 kg/dag, de variantie is 469788 kg²/dag². De mediaan van de vrachten is gelijk aan 540.7 kg/dag. De vrachten kunnen geen negatieve waarnemingen aannemen en zijn scheef verdeeld. Bovendien variëren de vrachten van N-totaal meer bij hogere dan bij lagere waarden, zoals ook uit figuur B.1 blijkt. Bij tijdreeksmodellering gaan we uit van onafhankelijke, symmetrisch verdeelde modelresiduen a_t (zie paragraaf 2.2 met constante variantie (Hipel and McLeod, 1994)). Daarom passen we op de vrachten van N-totaal een logtransformatie toe volgens vergelijking (2.2).

Figuur B.3 geeft een tijdreeksplot, een SACF, een SPACF en een sample spectrum van de vrachten van N-totaal na logtransformatie. Uit figuur B.3 blijkt dat er een sterke seizoensaliteit in de vrachten van N-totaal aanwezig is, met grote vrachten in de winter en het voorjaar en kleine vrachten in de zomer en de herfst.

3.2.2 Interventiemodellen voor vrachten van N-totaal

De seizoentaliteit in de vrachten van N-totaal blijkt voor een belangrijk deel te kunnen worden verklaard uit het neerslagoverschot. Bij de analyse van de relatie tussen het neerslagoverschot en de vrachten N-totaal volgen we de procedure van identificatie van een transfer-ruismodel van Box and Jenkins (1976). Deze procedure begint met het identificeren en kalibreren van een SARIMA-model op de neerslagoverschotreeks. In deze studie werd een neerslagoverschotreeks berekend uit neerslagsommen van het KNMI-station Eelde en potentiële referentiegewasverdamping (Makkink) van hetzelfde station (maandsommen in m). De neerslagoverschotreeks $\{p_e\}$ kan worden beschreven met het volgende SARIMA-(0,0,1, 0,1,0,12)-model:

$$p_{e,t} - p_{e,t-12} = \begin{matrix} 0.0 & +a_t & +0.0935a_{t-1} \\ (0.0) & & (0.0678) \end{matrix}, \quad (3.1)$$

(standaardfouten tussen haakjes), met $\hat{\sigma}_a^2 = 2934. \times 10^{-6}$. Met het model in (3.1) werden de reeks van neerslagoverschotten en loggetransformeerde vrachten van N-totaal getransformeerd tot residuele reeksen waaruit de belangrijkste seizoentaliteit verwijderd is (*prewhitening*). De structuur wordt voornamelijk uit de reeks verwijderd door de seizoensdifferentiatie, de MA-parameter is immers niet significant. Vervolgens werd uit deze reeksen de residuele cross-correlatiefunctie (RCCF) geschat, zie figuur B.4. Deze functie geeft de mate van samenhang tussen neerslagoverschot en vracht van N-totaal weer bij verschillende afstanden in de tijd. Uit het exponentiële verloop van de RCCF leiden we af dat een transfermodel met een autoregressieve term de samenhang tussen het neerslagoverschot en de vracht van N-totaal het beste beschrijft. Daarnaast blijkt uit analyse van de autocorrelatiefunctie van de residuen een eerste-orde autoregressief of AR(1)-model de structuur van het ruisproces goed te beschrijven. Het interventiemodel heeft nu de volgende vorm:

$$\begin{aligned} y_t &= y_t^* + I_t + n_t \\ y_t^* &= \delta_1 y_{t-1}^* + \omega_0 p_{e,t} \\ I_t &= \nu(B) S_t^{(T)} \\ n_t - c &= \phi_1(n_{t-1} - c) + a_t. \end{aligned} \quad (3.2)$$

Hierin is y_t^* de component als gevolg van het neerslagoverschot, is n_t de ruiscomponent, en heeft de interventiecomponent I_t een van de structuren die in figuur 2.1 zijn beschreven.

De resultaten van de interventieanalyse met het neerslagoverschot als verklarende variabele staan voor vrachten van N-totaal vermeld in tabel B.1 en B.2, met als interventiemoment respectievelijk januari 1984 en januari 1992. Een exponentieel interventiemodel kon niet worden gekalibreerd. Voor het lineaire interventiemodel vanaf 1984 vinden we een significante parameter. De tijdreeksgrafiek in figuur B.5 geeft de componenten weer waaruit de loggetransformeerde vrachten zijn opgebouwd: de component als gevolg van het neerslagoverschot, de interventiecomponent en de component van overige invloeden (noise).

Voor het stapmodel en het lineaire model vanaf 1992 vinden we significante parameters, wat duidt op een verandering in de vrachten van N-totaal sinds 1992. Dit is grafisch weergegeven in figuur B.6 en B.7. Omdat de vrachten loggetransformeerd zijn moeten de effecten worden teruggetransformeerd, zie vergelijking (2.3). De laatste term van deze vergelijking, $e - 1$, zullen we verwaarlozen omdat deze ten opzichte van de vrachten zeer gering is. Het effect e van de staptrend is $e^{-0.363} = 0.696$.

Voorts moet in aanmerking worden genomen dat de effecten betrekking hebben op de *mediaan* van de vrachten op de oorspronkelijke schaal en multiplicatief zijn. Het niveau van de mediane vracht is na 1992 dus volgens een staptrend gedaald tot 0.696 maal het niveau van voor 1992. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het effect is $(e^{-0.363-2.\times 0.176}, e^{-0.363+2.\times 0.176})$ ofwel (0.489,0.989).

De parameter van de lineaire trend vanaf 1992 is gelijk aan -0.00713. Het niveau van de mediane vracht is in januari 1992 gedaald tot $e^{-0.00713} = 0.993$ maal het niveau tot januari 1992. In februari 1992 is het niveau gedaald tot $e^{2\times -0.00713} = 0.986$ maal de mediaan van de vrachten tot 1992, in maart tot $e^{3\times -0.00713} = 0.979$ maal de mediaan van de vrachten tot 1992, enzovoort. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor januari 1992 is gelijk aan $(e^{-0.01165} = 0.988, e^{-0.00261} = 0.997)$, voor februari 1992 aan (0.981,0.991), enzovoort. Op analoge wijze kan de lineaire trend vanaf 1984 worden geïnterpreteerd. Samenvattend kan worden gesteld dat er een aanwijzing is dat sinds de invoering van het mestbeleid in 1984 en vooral vanaf de verplichting om mest te injecteren in 1992 de vrachten van N-totaal in de Drentse Aa zijn gedaald. Deze daling wordt veroorzaakt door andere invloeden dan het neerslagoverschot.

3.2.3 Exploratieve analyse vrachten van N-mineraal

Figuur B.8 geeft een tijdreeksplot, een sample autocorrelatiefunctie (SACF), een sample partiële autocorrelatiefunctie (SPACF) en een sample spectrum van de vrachten van N-mineraal. De reeks van maandcijfers begint in januari 1981 en eindigt in december 2000. Figuur B.9 geeft een histogram van de vrachten van N-mineraal. De gemiddelde vracht van N-mineraal is gelijk aan 527.7 kg/dag, de variantie is 272420 kg²/dag². De mediaan van de vrachten is gelijk aan 331.3 kg/dag. De vrachten kunnen geen negatieve waarnemingen aannemen en zijn scheef verdeeld. Bovendien variëren de vrachten van N-mineraal meer bij hogere dan bij lagere waarden, zoals ook uit figuur B.8 blijkt. Daarom passen we op de vrachten van N-mineraal een logtransformatie toe volgens vergelijking (2.2).

Figuur B.10 geeft een tijdreeksplot, een SACF, een SPACF en een sample spectrum van de vrachten van N-mineraal na logtransformatie. Uit figuur B.10 blijkt dat er een sterke seizoentaliteit in de vrachten van N-mineraal aanwezig is, met grote vrachten in de winter en het voorjaar en kleine vrachten in de zomer en de herfst.

3.2.4 Interventiemodellen voor vrachten van N-mineraal

Ook in de vrachten van N-mineraal komt seizoentaliteit voor die voor een belangrijk deel kan worden verklaard uit het neerslagoverschot. Met behulp van vergelijking (3.1) is de residuele cross-correlatiefunctie (RCCF) geschat, zie figuur B.11. Uit het verloop van de RCCF leiden we af dat een transfermodel met een autoregressieve term de samenhang tussen het neerslagoverschot en de vracht van N-mineraal het beste beschrijft. Daarnaast blijkt een eerste-orde autoregressief of AR(1)-model de structuur van het ruisproces goed te beschrijven. Het interventiemodel heeft dezelfde vorm als bij N-totaal, zie vergelijking (3.2).

De resultaten van de interventieanalyse met het neerslagoverschot als verklarende variabele staan voor vrachten van N-totaal vermeld in tabel B.3 en B.4, met als interventiemoment respectievelijk januari 1984 en januari 1992. Een exponentieel

interventiemodel kon niet worden gekalibreerd. Evenals bij N-totaal (tabel B.1 en B.2) vinden we voor het lineaire interventiemodel vanaf 1984 vinden we een significante parameter, als ook voor het stapmodel en het lineaire model vanaf 1992, wat duidt op een verandering in de vrachten van N-mineraal sinds 1992. Omdat de vrachten loggetransformeerd zijn moeten de effecten worden teruggetransformeerd, zie vergelijking (2.3). De laatste term van deze vergelijking, $e - 1$, zullen we verwaarlozen. Het effect van de staptrend is $e^{-0.480} = 0.62$. Voorts moet in aanmerking worden genomen dat de effecten betrekking hebben op de *mediaan* van de vrachten op de oorspronkelijke schaal en multiplicatief zijn. De mediane vrachten vanaf 1992 zijn dus volgens een staptrend gedaald tot 0.62 maal het niveau van de mediaan van vóór 1992. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het effect is $(e^{-0.480-2 \times 0.211}, e^{-0.480+2 \times 0.211})$ ofwel (0.406, 0.944).

De lineaire interventiecomponent vanaf januari 1984 is grafisch weergegeven in figuur B.12. De component van een interventie in januari 1992 is weergegeven in figuur B.13 en B.14 voor respectievelijk een stapsgewijze en een lineaire daling.

De parameter van de lineaire trend vanaf 1992 is gelijk aan -0.009. In januari 1992 is het niveau van de mediane vracht gedaald tot $e^{-0.009} = 0.991$ maal de mediane vracht tot 1992, in februari 1992 tot 0.982 maal de mediane vracht tot 1992, enzovoort. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor januari 1992 is gelijk aan $(e^{-0.015} = 0.985, e^{-0.003} = 0.997)$, voor februari 1992 aan (0.985, 0.997), enzovoort. Op analoge wijze kan de lineaire trend vanaf 1984 worden geïnterpreteerd. Samenvattend kan worden gesteld dat er een aanwijzing is dat sinds de invoering van het mestbeleid in 1984 en vooral vanaf de verplichting om mest te injecteren in 1992 de vrachten van N-mineraal in de Drentse Aa zijn gedaald. Deze daling wordt veroorzaakt door andere invloeden dan het neerslagoverschot.

3.2.5 Exploratieve analyse vrachten van P-totaal

Figuur B.15 geeft een tijdreeksplot, een sample autocorrelatiefunctie (SACF), een sample partiële autocorrelatiefunctie (SPACF) en een sample spectrum van de vrachten van P-totaal. De reeks van maandcijfers begint in januari 1981 en eindigt in december 2000. Figuur B.16 geeft een histogram van de vrachten van P-totaal. Het gemiddelde van de reeks is 27.2 kg/dag, de variantie is 670 kg²/dag². De mediaan van de vrachten is gelijk aan 18.45 kg/dag. De vrachten kunnen geen negatieve waarnemingen aannemen en zijn scheef verdeeld. Bovendien variëren de vrachten van P-totaal meer bij hogere dan bij lagere waarden, zoals ook uit figuur B.15 blijkt. Daarom passen we op de vrachten van P-totaal een logtransformatie toe volgens vergelijking (2.2).

Figuur B.17 geeft een tijdreeksplot, een SACF, een SPACF en een sample spectrum van de vrachten van P-totaal na logtransformatie. Uit figuur B.17 blijkt dat er een sterke seizoenaliteit in de vrachten van P-totaal aanwezig is, met grote vrachten in de winter en het voorjaar en kleine vrachten in de zomer en de herfst.

3.2.6 Interventiemodellen voor vrachten van P-totaal

Evenals bij N-totaal blijkt de seizoenaliteit in de vrachten van P-totaal voor een belangrijk deel te kunnen worden verklaard uit het neerslagoverschot. De procedu-

re van identificatie van het transfermodel is gelijk aan die gevolgd is bij N-totaal. Figuur B.18 geeft de RCCF voor neerslagoverschot en vracht van P-totaal. Uit het verloop van de RCCF leiden we af dat een transfermodel met een autoregressieve term de samenhang tussen het neerslagoverschot en de vracht van P-totaal het beste beschrijft. Daarnaast blijkt een eerste-orde autoregressief of AR(1)-model de structuur van het ruisproces goed te beschrijven. De vorm van het interventiemodel is gelijk aan die voor de vrachten van N-totaal, zie vergelijking (3.2).

De resultaten van de interventieanalyse met het neerslagoverschot als verklarende variabele staan voor vrachten van P-totaal vermeld in tabel B.5 en B.6. Uit de resultaten blijkt dat het effect van een staptrend en een lineaire trend vanaf 1984 significant is (tabel B.5). De tijdreeksgrafieken in figuur B.19 en B.20 geven de invloeden van neerslagoverschot, interventie en overige invloeden weer voor respectievelijk een stapsgewijze en een lineaire daling.

Trends vanaf 1992 zijn niet significant, wat erop duidt dat systematische veranderingen in de vrachten van P-totaal voor een belangrijk deel vóór 1992 hebben plaatsgehad.

Omdat de vrachten loggetransformeerd zijn moeten de effecten worden teruggetransformeerd, zie vergelijking (2.3). De laatste term van deze vergelijking, $e - 1$, zullen we verwaarlozen. Het effect e van de staptrend in januari 1984 is $e^{-0.46} = 0.63$. Voorts moet in aanmerking worden genomen dat de effecten betrekking hebben op de *mediaan* van de vrachten op de oorspronkelijke schaal en multiplicatief zijn. De mediane vrachten vanaf 1984 zijn dus volgens een staptrend gedaald tot 0.63 maal de mediane vracht tot 1984. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het effect is $(e^{-0.46-0.36}, e^{-0.46+0.36})$ ofwel (0.44, 0.90).

De parameter van de lineaire trend vanaf 1984 is gelijk aan -0.002. In januari 1984 is het effect op de mediane vrachten gelijk aan $e^{-0.002} = 0.998$ maal de mediane vracht tot 1984, in februari 1984 aan 0.996 maal de mediane vracht tot 1984, enzovoort. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor januari 1984 is gelijk aan $(e^{-0.004} = 0.996, e^{-0.000} = 1.000)$, voor februari 1984 aan (0.994, 0.998), enzovoort.

3.2.7 Exploratieve analyse vrachten van orthofosfaat

Figuur B.21 geeft een tijdreeksplot, een sample autocorrelatiefunctie (SACF), een sample partiële autocorrelatiefunctie (SPACF) en een sample spectrum van de vrachten van orthofosfaat. De reeks van maandcijfers begint in januari 1981 en eindigt in december 2000. Figuur B.22 geeft een histogram van de vrachten van orthofosfaat. Het gemiddelde van de reeks is 7.5 kg/dag, de variantie is 126.3 kg²/dag². De mediaan van de vrachten is gelijk aan 3.7 kg/dag. De vrachten kunnen geen negatieve waarnemingen aannemen en zijn scheef verdeeld. Bovendien variëren de vrachten van orthofosfaat meer bij hogere dan bij lagere waarden, zoals ook uit figuur B.21 blijkt. Daarom passen we op de vrachten van orthofosfaat een logtransformatie toe volgens vergelijking (2.2).

Figuur B.23 geeft een tijdreeksplot, een SACF, een SPACF en een sample spectrum van de vrachten van orthofosfaat na logtransformatie. Uit figuur B.23 blijkt dat er een sterke seizoentaliteit in de vrachten van orthofosfaat aanwezig is, met grote vrachten in de winter en het voorjaar en kleine vrachten in de zomer en de herfst.

Bovendien indiceert de voortdurende daling van de autocorrelatie-coëfficiënten een trendmatige verandering.

3.2.8 Interventiemodellen voor vrachten van orthofosfaat

De seizoenaliteit in de vrachten van orthofosfaat kan slechts voor een beperkt deel worden verklaard uit het neerslagoverschot. De procedure van identificatie van het transfermodel is gelijk aan die gevolgd is bij N- en P-totaal. Figuur B.24 geeft de RCCF voor neerslagoverschot en vracht van orthofosfaat. Uit het verloop van de RCCF leiden we af dat een transfermodel met een autoregressieve term de samenhang tussen het neerslagoverschot en de vracht van P-totaal het beste beschrijft. Daarnaast blijkt een eerste-orde autoregressief of AR(1)-model de structuur van het ruisproces goed te beschrijven. De vorm van het interventiemodel is gelijk aan die voor de vrachten van N-totaal, zie vergelijking (3.2).

De resultaten van de interventieanalyse met het neerslagoverschot als verklarende variabele staan voor vrachten van orthofosfaat vermeld in tabel B.7 en B.8. Uit de resultaten blijkt dat het effect van een staptrend vanaf 1984 significant is (tabel B.7 en figuur B.25). Trends vanaf 1992 zijn echter niet significant, wat erop duidt dat systematische veranderingen in de vrachten van orthofosfaat voor een belangrijk deel al vóór 1992 hebben plaatsgehad, en dat het effect vrij plotseling is opgetreden.

Omdat de vrachten loggetransformeerd zijn moeten de effecten worden teruggetransformeerd, zie vergelijking (2.3). De laatste term van deze vergelijking, $e - 1$, zullen we verwaarlozen. Het effect e van de staptrend in januari 1984 is $e^{-0.813} = 0.444$. Voorts moet in aanmerking worden genomen dat de effecten betrekking hebben op de *mediaan* van de vrachten op de oorspronkelijke schaal en multiplicatief zijn. De mediane vrachten vanaf 1984 zijn dus volgens een staptrend gedaald tot 0.444 maal de mediane vracht tot 1984. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het effect is $(e^{-0.813-2 \times 0.340}, e^{-0.813+2 \times 0.340})$ ofwel (0.225, 0.875).

3.3 De Schuitenbeek

3.3.1 Exploratieve analyse vrachten van N-totaal

Tabel C.1 vat de gegevens over vrachten van N-totaal in het gebied van de Schuitenbeek samen. Figuur C.1 geeft een tijdreeksplot, een sample autocorrelatiefunctie (SACF), een sample partiële autocorrelatiefunctie (SPACF) en een sample spectrum van de vrachten van N-totaal op locatie 25200. Uit het histogram in figuur C.2 blijkt dat de vrachten van N-totaal scheef verdeeld zijn. Figuur C.3 laat een tijdreeksplot, een SACF, een SPACF en een sample spectrum zien van de loggetransformeerde vrachten van N-totaal. Er blijkt een duidelijke seizoenaliteit in de reeks aanwezig te zijn. Deze seizoenaliteit kan voor een belangrijk deel worden verklaard uit het maandelijks neerslagoverschot dat is berekend uit dagwaarnemingen van neerslag bij Putten en van verdamping (Makkink, referentiegewas) bij De Bilt. De neerslagoverschotreeks kan worden beschreven met het volgende SARIMA-(0,0,1,0,1,0,12)-model:

$$p_{e,t} - p_{e,t-12} = \begin{matrix} -0.0 & +a_t & +0.0544a_{t-1} \\ (0.0) & & (0.0841) \end{matrix}, \quad (3.3)$$

Met behulp van vergelijking (3.3) is een residuele cross-correlatiefunctie (RCCF) geschat, die de relatie weergeeft tussen het neerslagoverschot en de vrachten van N-totaal, zie figuur C.4. Vergelijking (3.3) wordt gebruikt voor *prewhitening* van zowel de invoer- als de uitvoerreeks. De structuur wordt voornamelijk uit de reeks verwijderd door de seizoensdifferentiatie, de MA-parameter is immers niet significant.

3.3.2 Interventiemodellen voor vrachten van N-totaal

Als moment van interventie is januari 1992 aangehouden. Op dat moment werd het mestbeleid aangescherpt. De reeksen op locatie 25200 en 25210 beginnen enkele jaren voor 1992, zodat voor deze reeksen een interventieanalyse kan worden uitgevoerd. Tabel C.2 en C.3 laten de resultaten zien voor de verschillende interventiemodellen voor respectievelijk locatie 25200 en 25210. Er zijn geen aanwijzingen voor een effect van een aanscherping van het mestbeleid in januari 1992 gevonden.

De reeksen in het gebied van de Schuitenbeek beginnen in januari 1989, 1988 en 1992, als het mestbeleid al een aantal jaren is ingevoerd. Het effect van het mestbeleid zou in de vorm van een dalende trend in de reeksen zichtbaar kunnen zijn. Deze dalende trend zou de vorm van een lineaire trend (\mathbf{d} uit figuur 2.1) kunnen hebben. De lineaire trend kan worden gezien als een invoerreeks met waarden $1, 2, 3, \dots$. Tabel C.13 en C.14 geven de resultaten van de kalibratie van een lineaire trend. Er zijn geen aanwijzingen voor een dalende lineaire trend in vrachten van N-totaal sinds de invoering van het mestbeleid gevonden.

3.3.3 Exploratieve analyse vrachten van N-mineraal

Tabel C.4 vat de gegevens over vrachten van N-mineraal in het gebied van de Schuitenbeek samen. Figuur C.5 geeft een tijdreeksplot, een sample autocorrelatiefunctie (SACF), een sample partiële autocorrelatiefunctie (SPACF) en een sample spectrum van de vrachten van N-mineraal op locatie 25200. Uit het histogram in figuur C.6 blijkt dat de vrachten van N-mineraal scheef verdeeld zijn. Figuur C.7 laat een tijdreeksplot, een SACF, een SPACF en een sample spectrum zien van de loggetransformeerde vrachten van N-mineraal. Er blijkt een duidelijke seizoenaliteit in de reeks aanwezig te zijn. Deze seizoenaliteit kan voor een belangrijk deel worden verklaard uit het maandelijks neerslagoverschot dat is berekend uit dagwaarnemingen van neerslag bij Putten en van verdamping (Makkink, referentiegewas) bij De Bilt. Met behulp van vergelijking (3.3) is een residuele cross-correlatiefunctie (RCCF) geschat, die de relatie weergeeft tussen het neerslagoverschot en de vrachten van N-mineraal, zie figuur C.8.

3.3.4 Interventiemodellen voor vrachten van N-mineraal

Als moment van interventie is januari 1992 aangehouden. Op dat moment werd het mestbeleid aangescherpt. De reeksen op locatie 25200 en 25210 beginnen enkele jaren voor 1992, zodat voor deze reeksen een interventieanalyse kan worden uitgevoerd. Tabel C.5 en C.6 laten de resultaten zien voor de verschillende interventiemodellen voor respectievelijk locatie 25200 en 25210. Er zijn geen aanwijzingen voor een effect van een aanscherping van het mestbeleid in januari 1992 gevonden.

Tabel C.13 en C.14 geven de resultaten van de kalibratie van een lineaire trend. Er zijn geen aanwijzingen voor een dalende trend in vrachten van N-mineraal sinds de invoering van het mestbeleid gevonden.

3.3.5 Exploratieve analyse vrachten van P-totaal

Tabel C.7 vat de gegevens over vrachten van P-totaal in het gebied van de Schuitenbeek samen. Figuur C.9 geeft een tijdreeksplot, een sample autocorrelatiefunctie (SACF), een sample partiële autocorrelatiefunctie (SPACF) en een sample spectrum van de vrachten van P-totaal op locatie 25200. Uit het histogram in figuur C.10 blijkt dat de vrachten van P-totaal scheef verdeeld zijn. Figuur C.11 laat een tijdreeksplot, een SACF, een SPACF en een sample spectrum zien van de loggetransformeerde vrachten van P-totaal. Er blijkt een duidelijke seizoentaliteit in de reeks aanwezig te zijn. Deze seizoentaliteit kan voor een belangrijk deel worden verklaard uit het maandelijks neerslagoverschot dat is berekend uit dagwaarnemingen van neerslag bij Putten en van verdamping (Makkink, referentiegewas) bij De Bilt. Met behulp van vergelijking (3.3) is een residuele cross-correlatiefunctie (RCCF) geschat, die de relatie weergeeft tussen het neerslagoverschot en de vrachten van P-totaal, zie figuur C.12.

3.3.6 Interventiemodellen voor vrachten van P-totaal

Als moment van interventie is januari 1992 aangehouden. Op dat moment werd het mestbeleid aangescherpt. De reeksen op locatie 25200 en 25210 beginnen enkele jaren voor 1992, zodat voor deze reeksen een interventieanalyse kan worden uitgevoerd. Tabel C.8 en C.9 laten de resultaten zien voor de verschillende interventiemodellen voor respectievelijk locatie 25200 en 25210. Er zijn geen aanwijzingen voor een effect van een aanscherping van het mestbeleid in januari 1992 gevonden.

Tabel C.13 en C.14 geven de resultaten van de kalibratie van een lineaire trend. Er zijn geen aanwijzingen voor een dalende trend in vrachten van P-totaal sinds de invoering van het mestbeleid gevonden.

3.3.7 Exploratieve analyse vrachten van orthofosfaat

Tabel C.10 vat de gegevens over vrachten van orthofosfaat in het gebied van de Schuitenbeek samen. Figuur C.13 geeft een tijdreeksplot, een sample autocorrelatiefunctie (SACF), een sample partiële autocorrelatiefunctie (SPACF) en een sample spectrum van de vrachten van orthofosfaat op locatie 25200. Uit het histogram in figuur C.14 blijkt dat de vrachten van orthofosfaat scheef verdeeld zijn. Figuur C.15 laat een tijdreeksplot, een SACF, een SPACF en een sample spectrum zien van de loggetransformeerde vrachten van orthofosfaat. Er blijkt een duidelijke seizoentaliteit in de reeks aanwezig te zijn. Deze seizoentaliteit kan voor een belangrijk deel worden verklaard uit het maandelijks neerslagoverschot dat is berekend uit dagwaarnemingen van neerslag bij Putten en van verdamping (Makkink, referentiegewas) bij De Bilt. Met behulp van vergelijking (3.3) is een residuele cross-correlatiefunctie (RCCF) geschat, die de relatie weergeeft tussen het neerslagoverschot en de vrachten van orthofosfaat, zie figuur C.16.

3.3.8 Interventiemodellen voor vrachten van orthofosfaat

Als moment van interventie is januari 1992 aangehouden. Op dat moment werd het mestbeleid aangescherpt. De reeksen op locatie 25200 en 25210 beginnen enkele jaren voor 1992, zodat voor deze reeksen een interventieanalyse kan worden uitgevoerd. Tabel C.11 en C.12 laten de resultaten zien voor de verschillende interventiemodellen voor respectievelijk locatie 25200 en 25210. Er zijn geen aanwijzingen voor een effect van een aanscherping van het mestbeleid in januari 1992 gevonden.

Tabel C.13 en C.14 geven de resultaten van de kalibratie van een lineaire trend. Er zijn geen aanwijzingen voor een dalende trend in vrachten van orthofosfaat sinds de invoering van het mestbeleid gevonden.

3.4 Krimpenerwaard

3.4.1 Exploratieve analyse van vrachten van N-totaal

Tabel D.1 geeft een overzicht van de gegevens over de vrachten van N-totaal in de Krimpenerwaard. Zoals uit figuur D.1 blijkt zijn de vrachten van N-totaal scheef verdeeld. De vrachten kunnen niet kleiner dan nul zijn, en kleine vrachten variëren minder dan grote vrachten. Om een constante variantie te bereiken zijn de vrachten logaritmisch getransformeerd met vergelijking (2.2). Figuur D.2 t/m D.4 vatten de exploratieve analyse van de loggetransformeerde vrachten van N-totaal samen. Opmerkelijk is de verandering in het patroon die na circa twee jaar optreedt: het gemiddelde niveau van de vrachten lijkt vrij plotseling te stijgen.

3.4.2 Interventiemodellen voor vrachten van N-totaal

Omdat de reeksen pas in januari 1996 beginnen, kan slechts een lineaire verandering van de vrachten van N-totaal worden gemodelleerd vanaf januari 1996. Omdat het neerslagoverschot een belangrijke verklarende factor is wordt deze ook in het model opgenomen. In deze studie werd een neerslagoverschotreeks berekend uit neerslag-sommen en referentiegewasverdamping voor het KNMI-station Gouda (maandsommen). Het SARIMA-model voor het neerslagoverschot heeft de volgende vorm:

$$p_{e,t} - p_{e,t-12} = \begin{matrix} 0.0 & +a_t & +0.09a_{t-1} \\ (0.0) & & (0.07) \end{matrix}, \quad (3.4)$$

met $\hat{\sigma}_a^2 = 2935. \times 10^{-6}$. Met behulp van vergelijking (3.4) zijn RCCF's geconstrueerd, waaruit een model is afgeleid dat vergelijkbaar is met vergelijking (3.2). Vergelijking 3.4 wordt gebruikt voor *prewhitening* van zowel de invoer- als de uitvoerreeks. De structuur wordt voornamelijk verwijderd door seizoensdifferentiatie, omdat de MA-parameter immers niet significant is. Tabel D.2 geeft de resultaten van de analyse. Er zijn geen aanwijzingen voor een lineaire trend in de vrachten door andere invloeden dan het neerslagoverschot.

3.4.3 Exploratieve analyse van vrachten van N-mineraal

Tabel D.3 geeft een overzicht van de gegevens over de vrachten van N-mineraal in de Krimpenerwaard. Zoals uit figuur D.5 blijkt zijn de vrachten van N-mineraal scheef verdeeld. De vrachten kunnen niet kleiner dan nul zijn, en kleine vrachten variëren minder dan grote vrachten. Om een constante variantie te bereiken zijn de vrachten logaritmisch getransformeerd met vergelijking (2.2). Figuur D.6 t/m D.8 vatten de exploratieve analyse van de loggetransformeerde vrachten van N-mineraal samen. Opmerkelijk is de verandering in het patroon die na circa twee jaar optreedt: het gemiddelde niveau van de vrachten lijkt vrij plotseling te stijgen.

3.4.4 Interventiemodellen voor vrachten van N-mineraal

De analyses zijn uitgevoerd op basis van vergelijking (3.4) en (3.2). Tabel D.4 geeft de resultaten van de analyse, met als interventiecomponent een lineaire trend vanaf januari 1996. Bij locatie KOP1001 is er een aanwijzing dat de vrachten van N-mineraal een lineaire daling bevatten die niet kan worden verklaard uit het neerslagoverschot. Het niveau van de mediaan daalt in de eerste maand met $e^{-0.03}(e^{-0.05}, e^{-0.01})$ maal het effect van het neerslagoverschot maal de overige effecten (ruis), ofwel met 0.970(0.951, 0.990). In de tweede maand is het effect op de mediaan $e^{-0.06}(e^{-0.08}, e^{-0.04})$, enzovoort. De lineaire daling is weergegeven in de tijdreeksgrafiek van figuur D.9.

3.4.5 Exploratieve analyse van vrachten van P-totaal

Tabel D.5 geeft een overzicht van de gegevens over de vrachten van P-totaal in de Krimpenerwaard. Zoals uit figuur D.10 blijkt zijn de vrachten van P-totaal scheef verdeeld. De vrachten kunnen niet kleiner dan nul zijn, en kleine vrachten variëren minder dan grote vrachten. Om een constante variantie te bereiken zijn de vrachten logaritmisch getransformeerd met vergelijking (2.2). Figuur D.11 t/m D.13 vatten de exploratieve analyse van de loggetransformeerde vrachten van N-totaal samen. Opmerkelijk is de verandering in het patroon die na circa twee jaar optreedt: het gemiddelde niveau van de vrachten lijkt vrij plotseling te stijgen.

3.4.6 Interventiemodellen voor vrachten van P-totaal

De analyses zijn uitgevoerd op basis van vergelijking (3.4) en (3.2). Omdat de reeksen pas in januari 1996 beginnen, kan slechts een lineaire verandering van de vrachten van P-totaal worden gemodelleerd. Omdat het neerslagoverschot een belangrijke verklarende factor is wordt deze ook in het model opgenomen. Tabel D.6 geeft de resultaten. Opmerkelijk is dat er bij KOP1001 een significante lineaire stijging wordt gevonden die niet kan worden verklaard uit het neerslagoverschot. Figuur D.14 geeft deze stijging grafisch weer.

3.4.7 Exploratieve analyse van vrachten van orthofosfaat

Tabel D.7 geeft een overzicht van de gegevens over de vrachten van orthofosfaat in de Krimpenerwaard. Zoals uit figuur D.15 blijkt zijn de vrachten van orthofosfaat scheef verdeeld. De vrachten kunnen niet kleiner dan nul zijn, en kleine vrachten variëren minder dan grote vrachten. Om een constante variantie te bereiken zijn de vrachten logaritmisch getransformeerd met vergelijking (2.2). Figuur D.16 t/m D.18 vatten de exploratieve analyse van de loggetransformeerde vrachten van orthofosfaat samen. Opmerkelijk is de verandering in het patroon die na circa twee jaar optreedt: het gemiddelde niveau van de vrachten lijkt vrij plotseling te stijgen.

3.4.8 Interventiemodellen voor vrachten van orthofosfaat

De analyses zijn uitgevoerd op basis van vergelijking (3.4) en (3.2). Omdat de reeksen pas in januari 1996 beginnen, kan slechts een lineaire verandering van de vrachten van orthofosfaat worden gemodelleerd. Omdat het neerslagoverschot een belangrijke verklarende factor is wordt deze ook in het model opgenomen. Tabel D.8 geeft de resultaten. Opmerkelijk is dat er bij KOP1001 een significante lineaire stijging wordt gevonden die niet kan worden verklaard uit het neerslagoverschot. Ook bij P-totaal vinden we dit effect. Figuur D.19 geeft de lineaire, stijgende trend grafisch weer.

Hoofdstuk 4

Conclusies

Uit de interventieanalyses blijkt dat de vrachten N-totaal en N-mineraal bij het uitstroompunt van de Drentse Aa zijn afgenomen sinds 1992, en dat sinds 1984 de vrachten van P-totaal en orthofosfaat zijn afgenomen. Deze afnames kunnen niet worden verklaard uit het neerslagoverschot en houden mogelijk verband met de invoering van het mestbeleid.

Voor het stroomgebied van de Schuitenbeek konden op basis van de beschikbare gegevens geen effecten van interventies worden aangetoond.

Voor locatie KOP1001 in de Krimpenerwaard (Reinier Blok/Johan Veurink, Ouderkerk aan den IJssel, IJsseldijk) werd een significante daling vanaf januari 1996 van de vracht van N-mineraal gevonden, die niet uit het neerslagoverschot kon worden verklaard. Door de relatief korte tijdreeksen kan geen verband worden gelegd met het mestbeleid. Voor dezelfde locatie werd een significante lineaire stijging vanaf januari 1996 van P-totaal en orthofosfaat gevonden, die niet kon worden verklaard uit het neerslagoverschot. Deze trends zijn echter zwak significant en gebaseerd op relatief korte tijdreeksen (januari 1996 tot en met december 2000).

Hoofdstuk 5

Aanbevelingen voor het project Monitoring Stroomgebieden

De kwaliteit van het oppervlaktewater wordt beïnvloed door veel factoren, waarvan het mestbeleid er mogelijk één is. In deze statistische analyse is onderzocht of het aannemelijk is dat het mestbeleid van invloed is geweest op de nutriëntenvrachten in het oppervlaktewater. Voor het stroomgebied van de Drentse Aa werden trends aangetoond die optraden sinds de invoering van het mestbeleid in 1984. Deze trends konden niet worden verklaard uit het neerslagoverschot en kunnen mogelijk het gevolg zijn van de invoering van het mestbeleid. Er kunnen echter ook andere oorzaken voor een dalende trend zijn, die in dit onderzoek niet zijn onderzocht. Daarom moet worden nagegaan of er naast het mestbeleid nog andere factoren zijn geweest die konden leiden tot een daling van de nutriëntenvrachten sinds 1984 in de Drentse Aa. Na deze analyse kan met meer zekerheid worden gezegd of de trends uit het mestbeleid zijn te verklaren.

Opmerkelijk is dat er geen trends werden gevonden in de nutriëntenvrachten van de Schuitenbeek. Dit stroomgebied is immers een zandgebied met een hoge belasting met nutriënten. Het is aan te bevelen om verdere analyses te baseren op langere meetreeksen of op basis van meetreeksen die zijn waargenomen op andere locaties. Mogelijk geven deze analyses meer inzicht in veranderingen in de nutriëntenvrachten sinds de invoering van het mestbeleid.

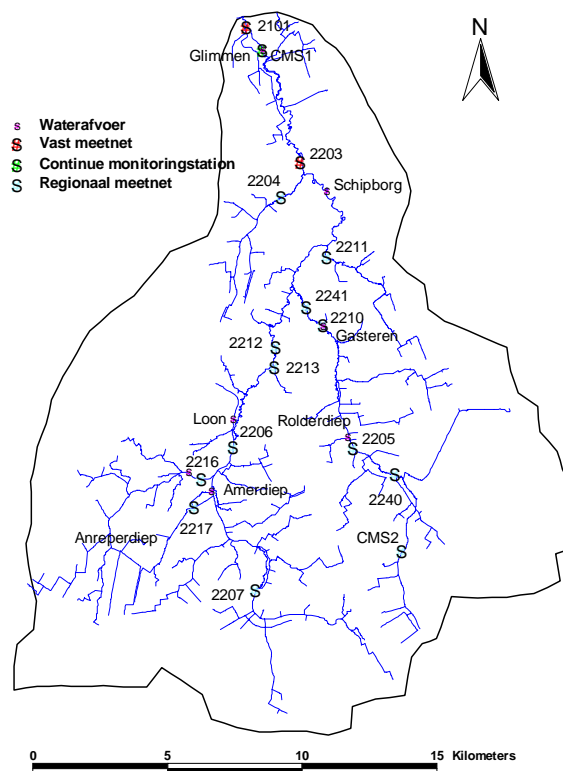
Hoewel er voor de Krimpenerwaard enkele trends werden aangetoond, kon geen verband worden gelegd met het mestbeleid vanwege de beperkte lengte van de tijdreeksen. Mochten er langere tijdreeksen voor andere locaties in de Krimpenerwaard beschikbaar zijn, dan verdient het aanbeveling deze alsnog te analyseren.

Bibliografie

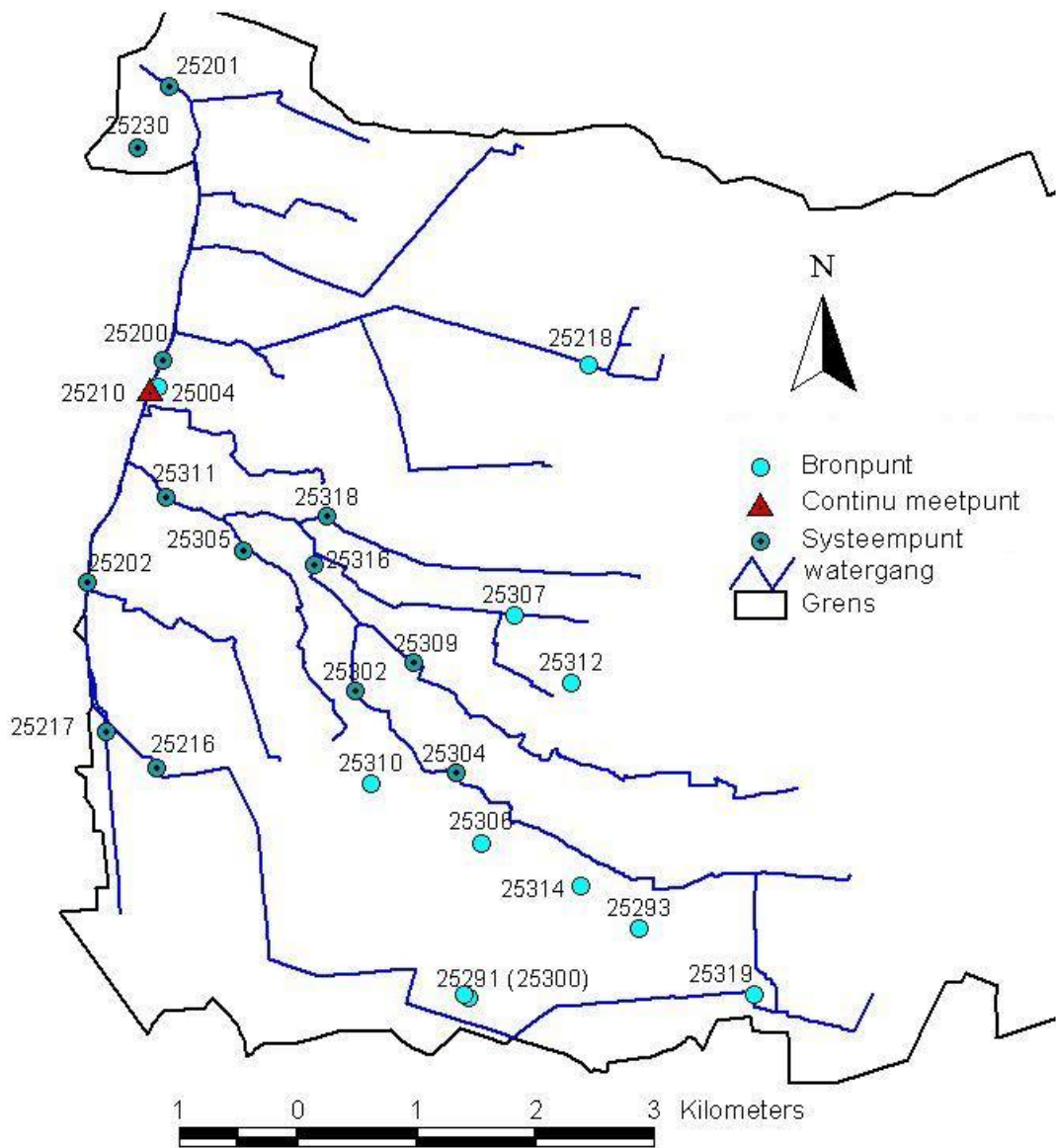
- Anonymus (1991). *Besluit van 13 juli 1991, houdende wijziging van het Besluit dierlijke meststoffen*. Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden (385), 's-Gravenhage.
- Box, G. and Jenkins, G. (1976). *Time series analysis, forecasting and control*. Holden-Day, San Francisco.
- Hipel, K., Lennox, W., Unny, T., and McLeod, A. (1975). Intervention analysis in water resources. *Water Resources Research*, 11(6):855–861.
- Hipel, K., Lettenmaier, D., and McLeod, A. (1978). Assessment of environmental impacts, part one: intervention analysis. *Environmental Management*, 2(6):529–535.
- Hipel, K. and McLeod, A. (1994). *Time series modelling of water resources and environmental systems*. Elsevier, Amsterdam.

Bijlage A

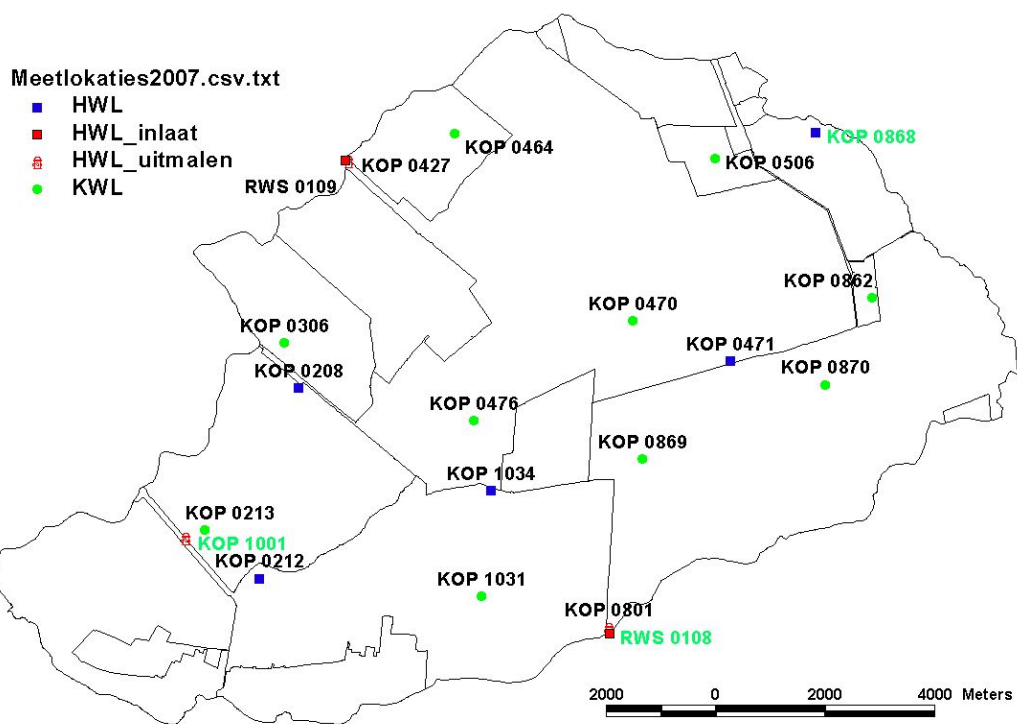
Ligging van de meetpunten



Figuur A.1. Ligging van de meetpunten in het stroomgebied van de Drentse Aa. In deze studie zijn de gegevens van 2101 geanalyseerd.



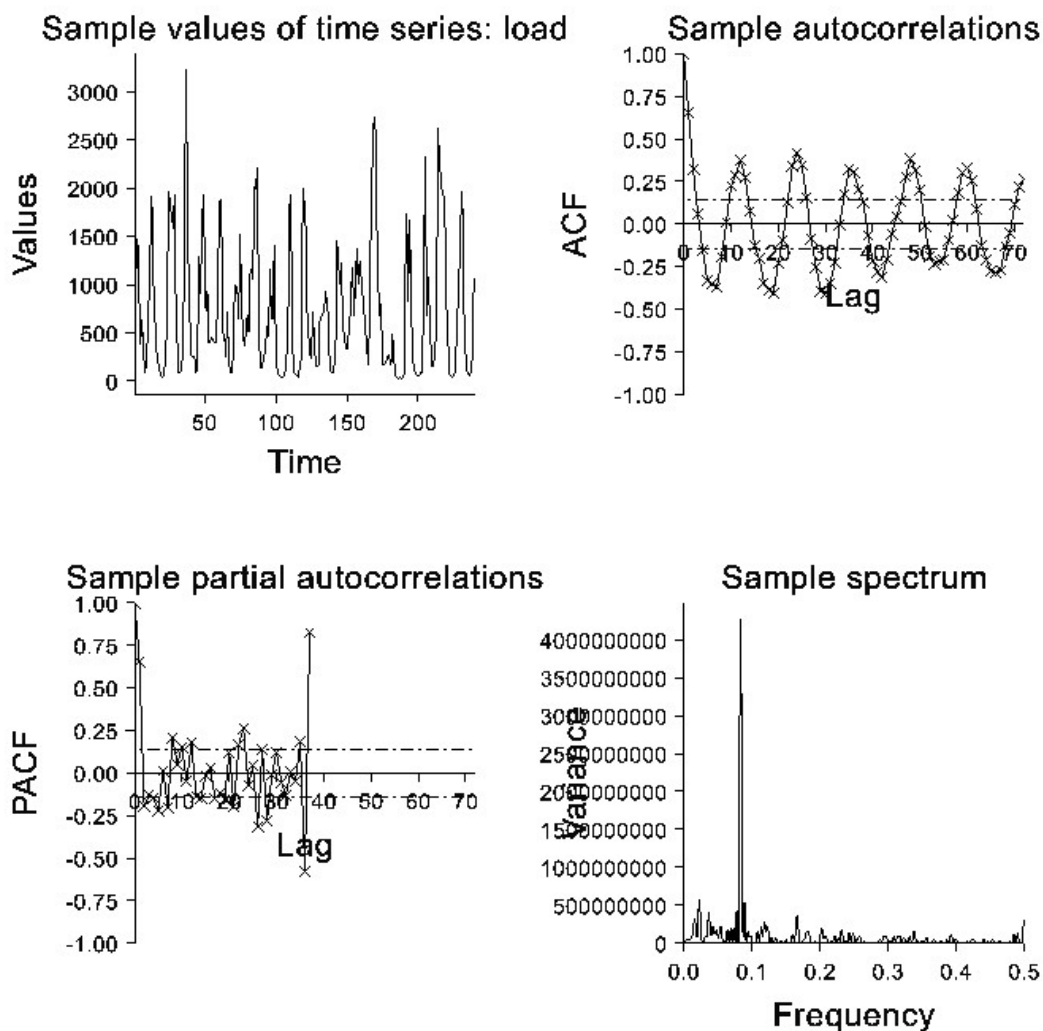
Figuur A.2. Ligging van de meetpunten in het stroomgebied van de Schuitenbeek. In deze studie zijn de gegevens van 25200 en 25210 geanalyseerd.



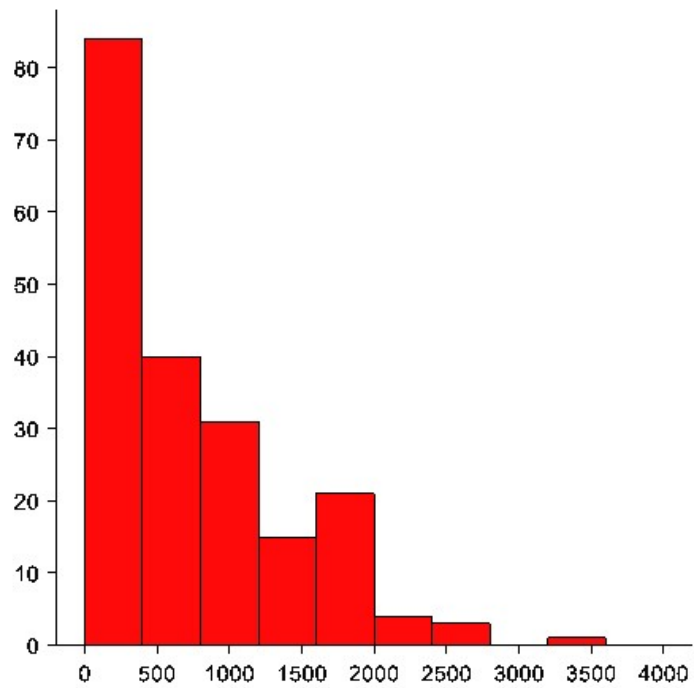
Figuur A.3. Ligging van de meetpunten in de Krimpenerwaard. In deze studie zijn de gegevens van KOP0427, KOP0801 en KOP1001 geanalyseerd.

Bijlage B

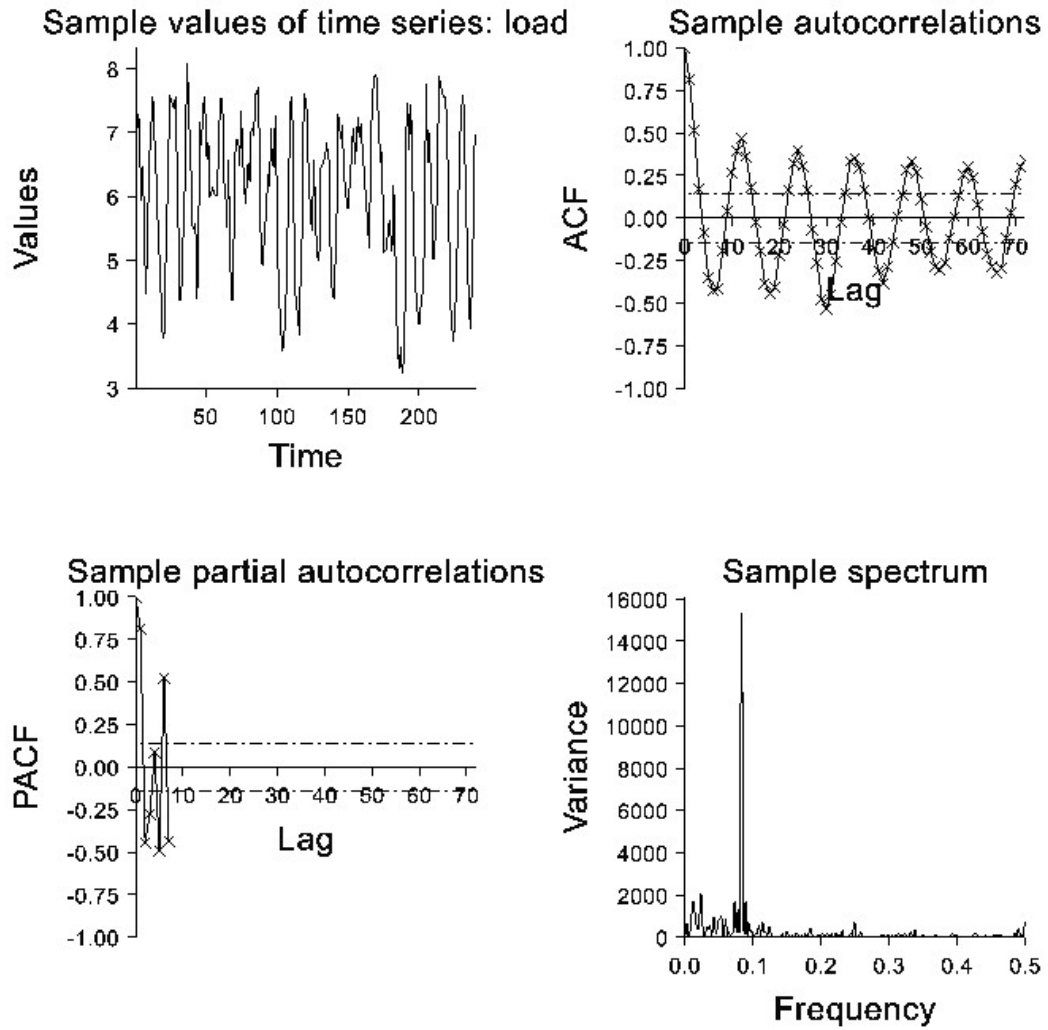
Resultaten Drentse Aa



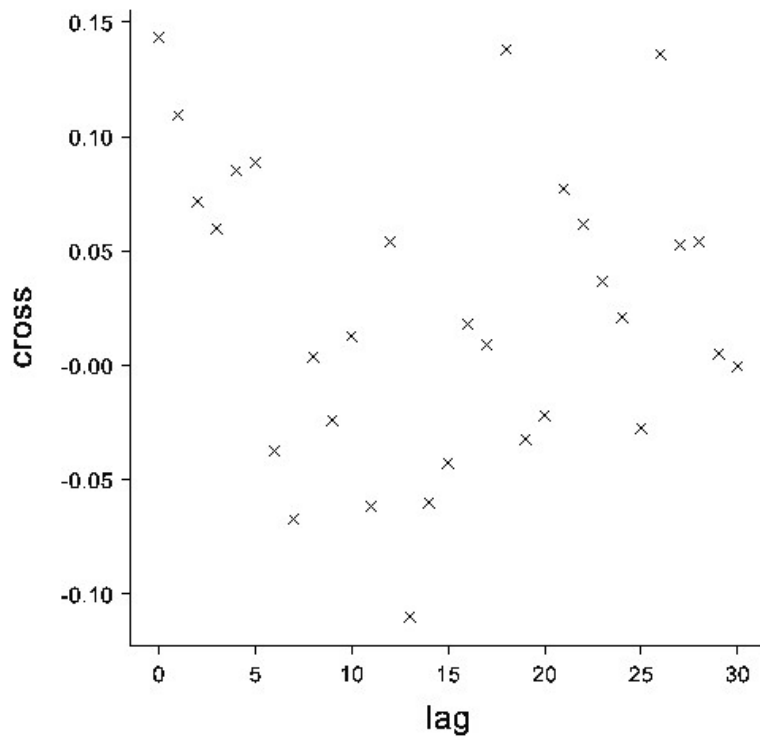
Figuur B.1. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks vrachten van N-totaal in de Drentse Aa. Maandcijfers vanaf januari 1981 tot en met december 2000



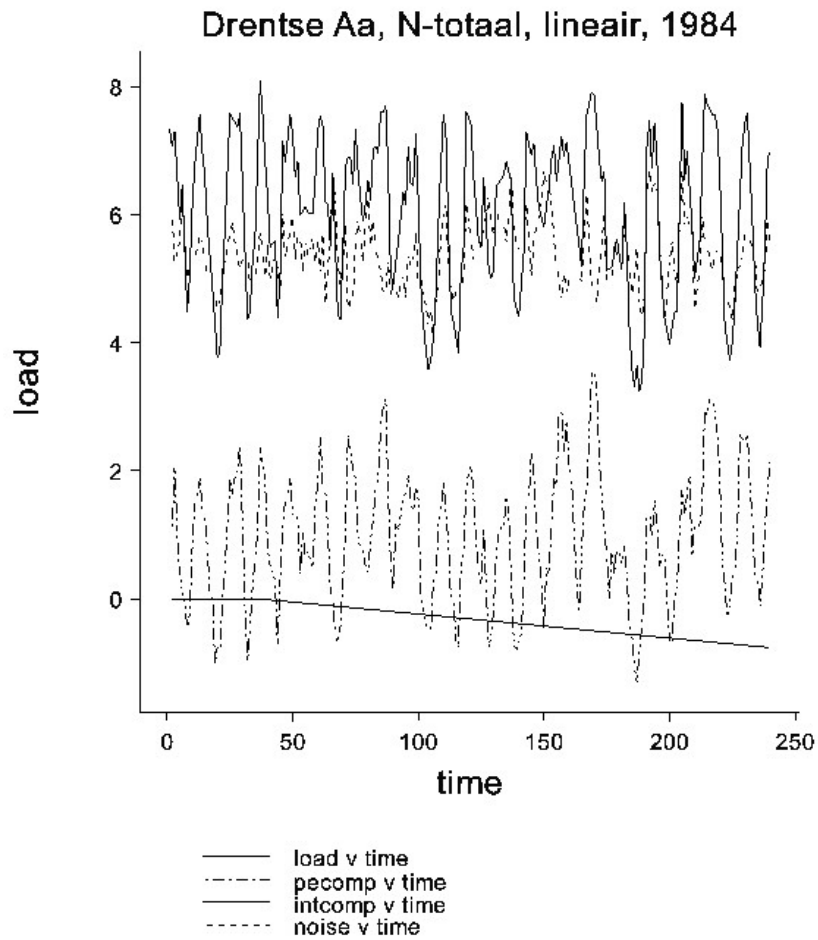
Figuur B.2. Histogram van de vrachten van N-totaal in de Drentse Aa



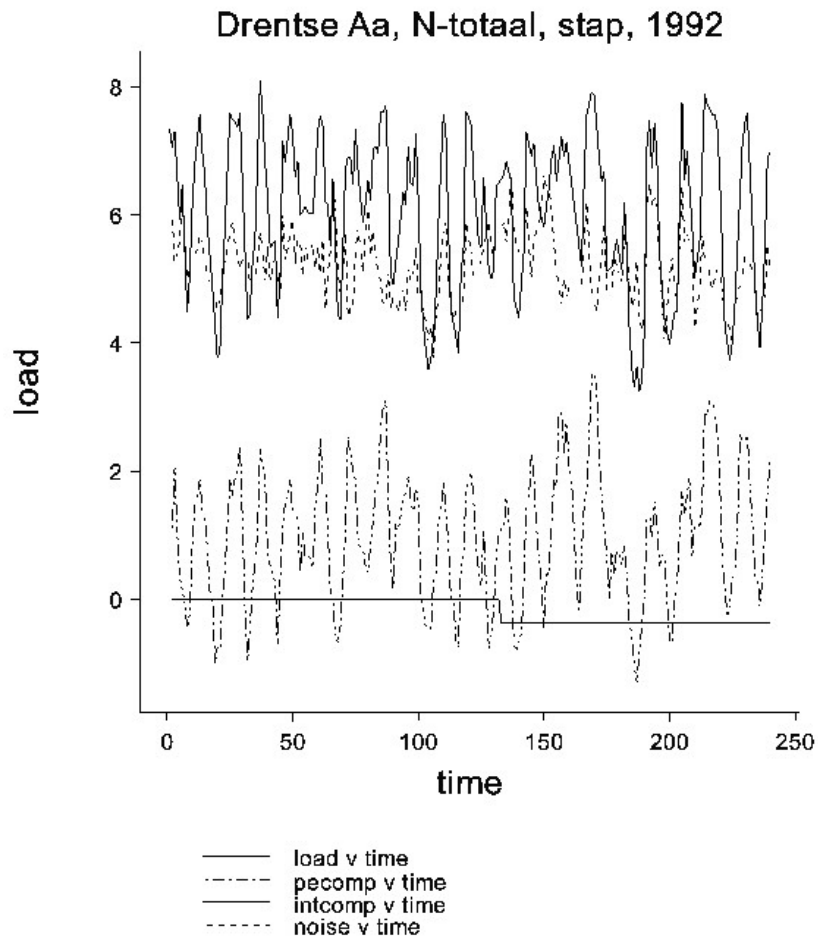
Figuur B.3. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks vrachten van N-totaal in de Drentse Aa, na logtransformatie. Maandcijfers vanaf januari 1981 tot en met december 2000



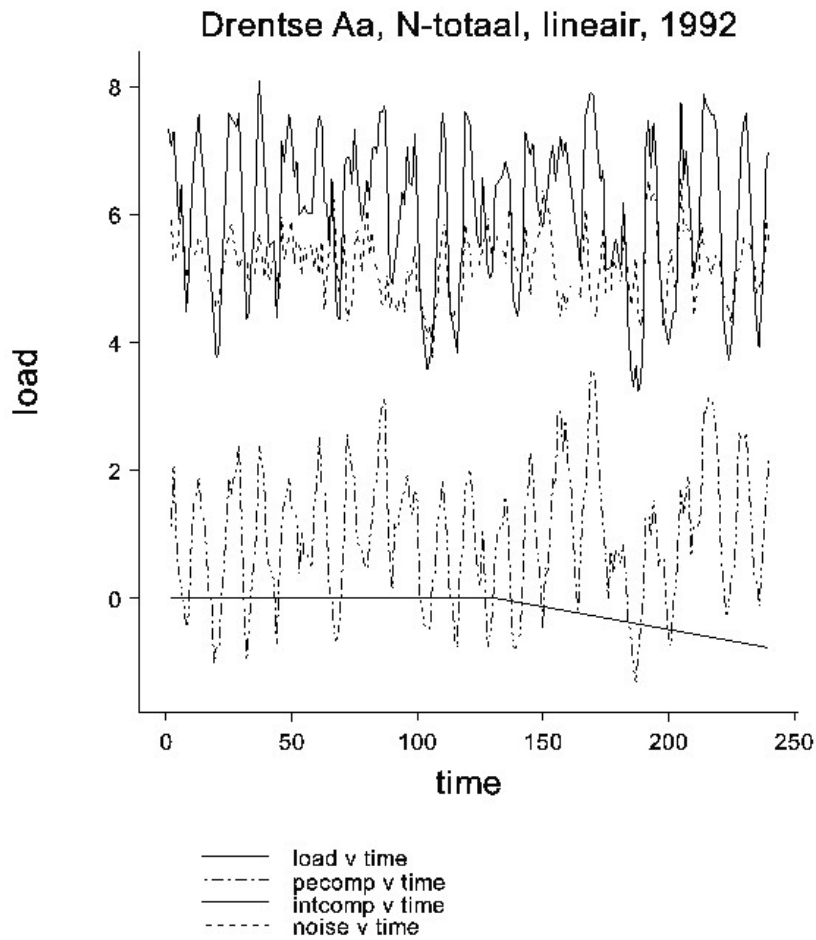
Figuur B.4. Residuele cross-correlatiefunctie voor maandsommen van potentieel neerslagoverschot en vracht N-totaal



Figuur B.5. Tijdreeksgrafiek van loggetransformeerde vrachten van N-totaal, met de component van het neerslagoverschot (pecomp), de component van de interventie (intcomp) en de component van overige invloeden (noise). De interventiecomponent is een lineaire daling vanaf januari 1984. Periode januari 1981-december 2000, maandcijfers.



Figuur B.6. Tijdreeksgrafiek van loggetransformeerde vrachten van N-totaal, met de component van het neerslagoverschot (pecomp), de component van de interventie (intcomp) en de component van overige invloeden (noise). De interventiecomponent is een stapsgewijze daling vanaf januari 1992. Periode januari 1981-december 2000, maandcijfers.



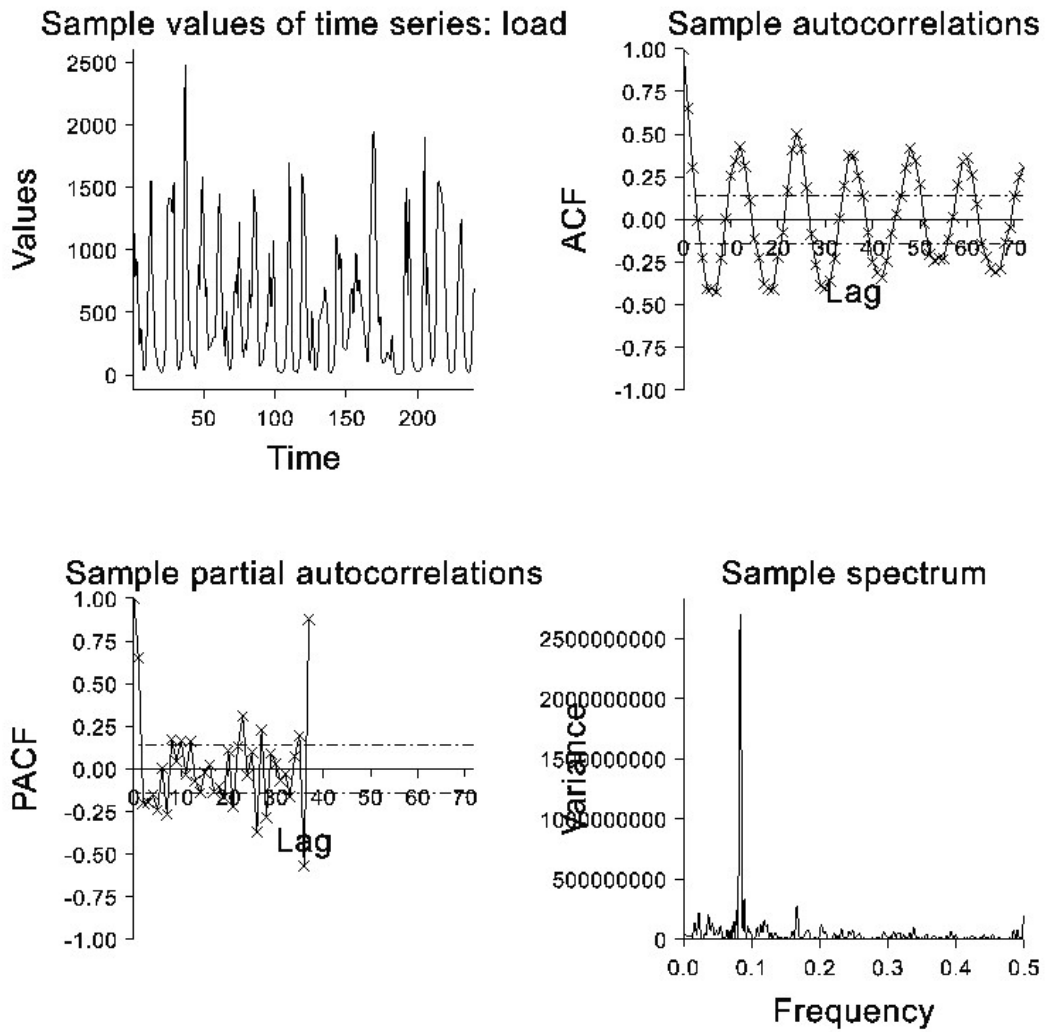
Figuur B.7. Tijdreeksgrafiek van loggetransformeerde vrachten van N-totaal, met de component van het neerslagoverschot (pecomp), de component van de interventie (intcomp) en de component van overige invloeden (noise). De interventiecomponent is een lineaire daling vanaf januari 1992. Periode januari 1981-december 2000, maandcijfers.

Tabel B.1. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van N-totaal in de Drentse Aa, met neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1984. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

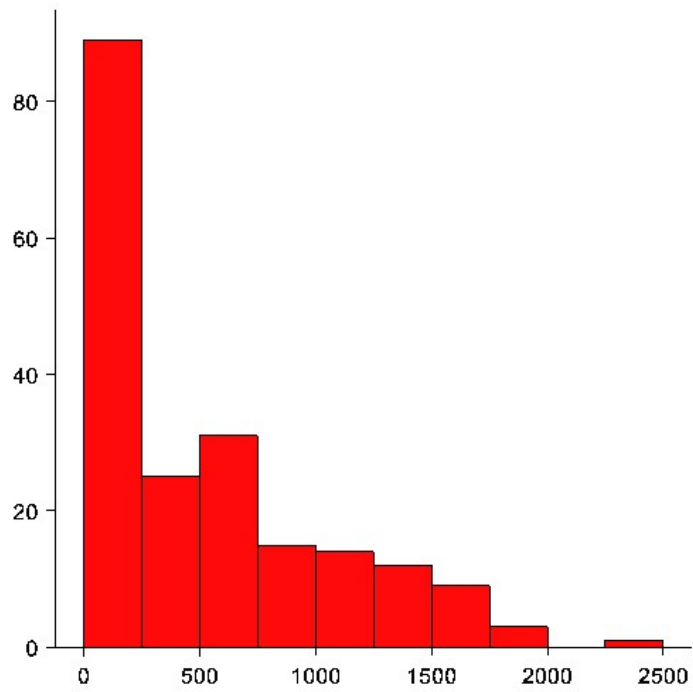
I_t	y_t^*		n_t					% v.v.
	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$		
a: stap	-0.30(0.25)	-	0.74(0.03)	11.7(0.6)	5.3(0.2)	0.67(0.06)	0.2193	73
c: exp.	-	-	-	-	-	-	-	-
d: lineair	-0.004 (0.001)	-	0.74(0.03)	11.8(0.6)	5.4(0.2)	0.62(0.06)	0.2118	77

Tabel B.2. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van N-totaal in de Drentse Aa, met neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1992. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

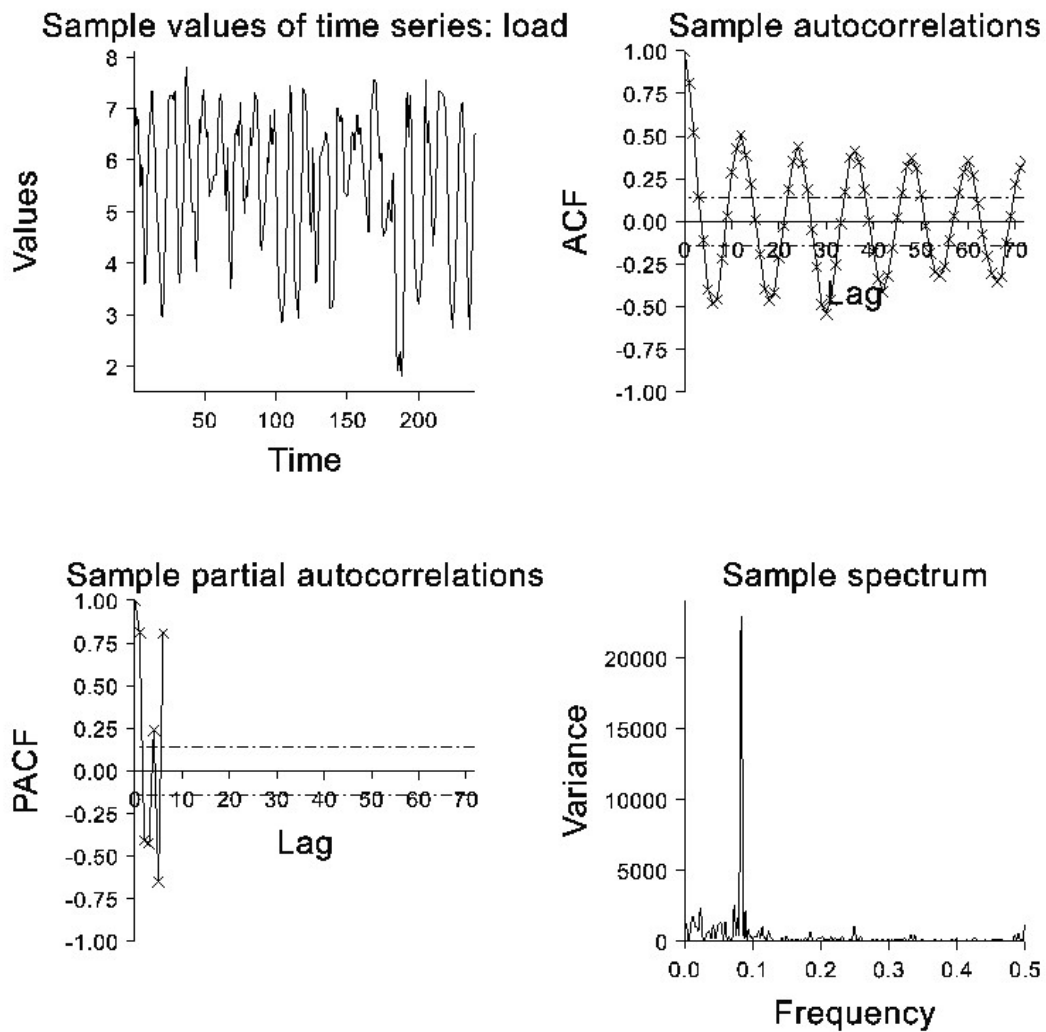
I_t	y_t^*		n_t					% v.v.
	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$		
a: stap	-0.363 (0.176)	-	0.74(0.03)	11.7(0.6)	5.2(0.2)	0.66(0.06)	0.2165	74
c: exp.	-	-	-	-	-	-	-	-
d: lineair	-0.07 (0.02)	-	0.74(0.03)	11.8(0.6)	5.2(0.1)	0.61(0.06)	0.2119	77



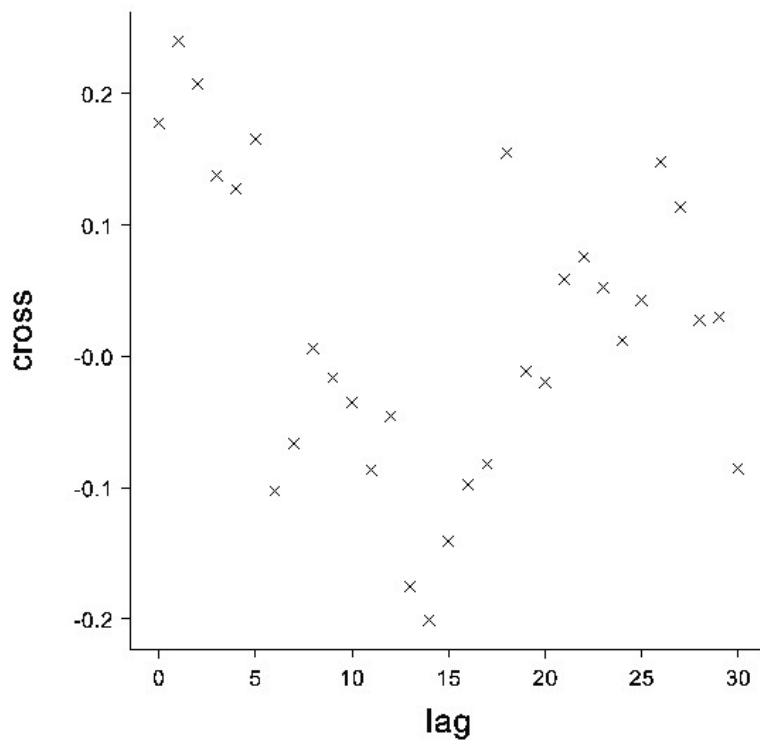
Figuur B.8. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks vrachten van N-mineraal in de Drentse Aa. Maandcijfers vanaf januari 1981 tot en met december 2000



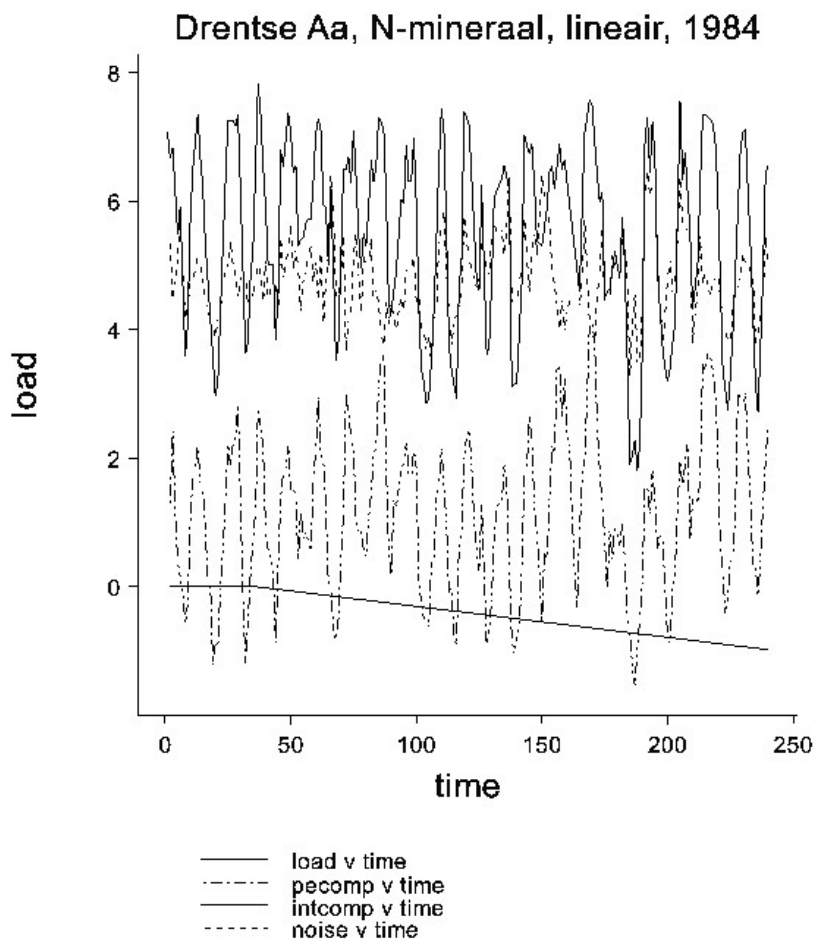
Figuur B.9. Histogram van de vrachten van N-mineraal in de Drentse Aa



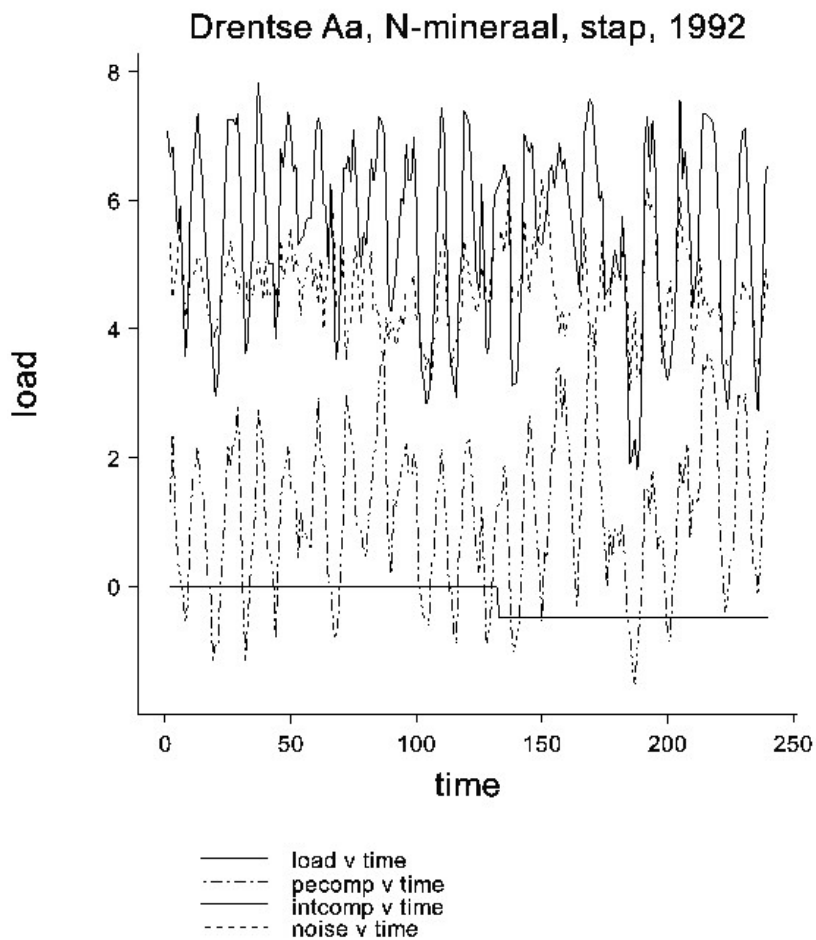
Figuur B.10. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks loggetransformeerde vrachten van N-mineraal in de Drentse Aa. Maandcijfers vanaf januari 1981 tot en met december 2000



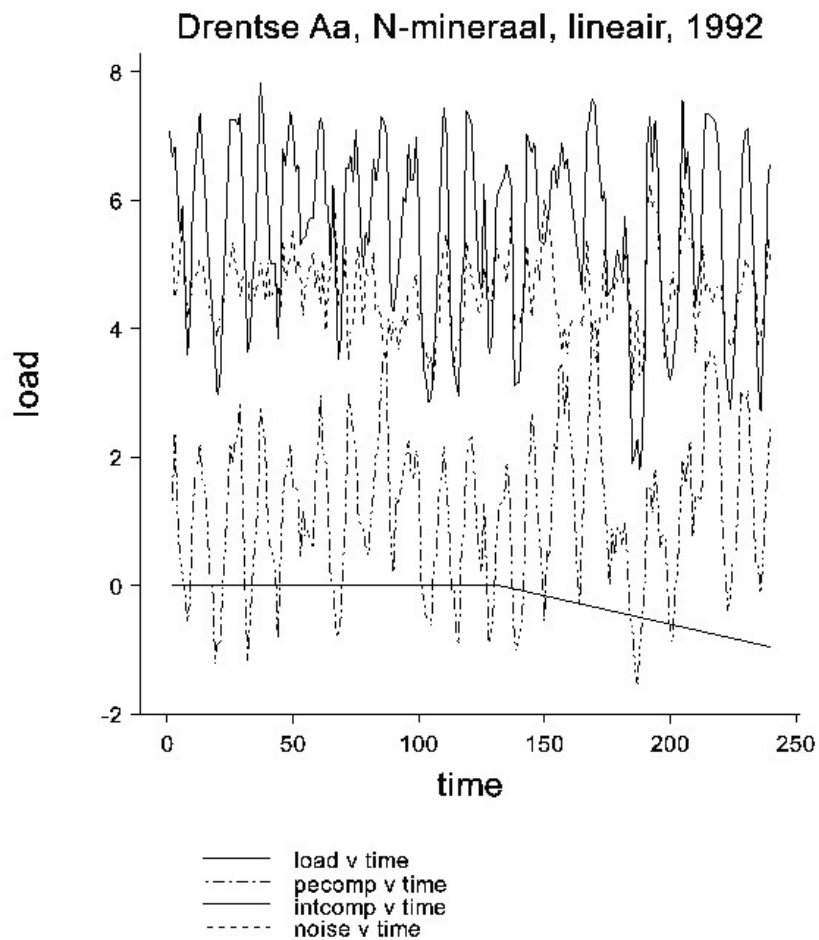
Figuur B.11. Residuele cross-correlatiefunctie voor maandsommen van potentieel neerslagoverschot en vracht N-mineraal



Figuur B.12. Tijdreeksgrafiek van loggetransformeerde vrachten van N-mineraal, met de component van het neerslagoverschot (pecomp), de component van de interventie (intcomp) en de component van overige invloeden (noise). De interventiecomponent is een lineaire daling vanaf januari 1984. Periode januari 1981-december 2000, maandcijfers.



Figuur B.13. Tijdreeksgrafiek van loggetransformeerde vrachten van N-mineraal, met de component van het neerslagoverschot (pecomp), de component van de interventie (intcomp) en de component van overige invloeden (noise). De interventiecomponent is een stapsgewijze daling vanaf januari 1992. Periode januari 1981-december 2000, maandcijfers.



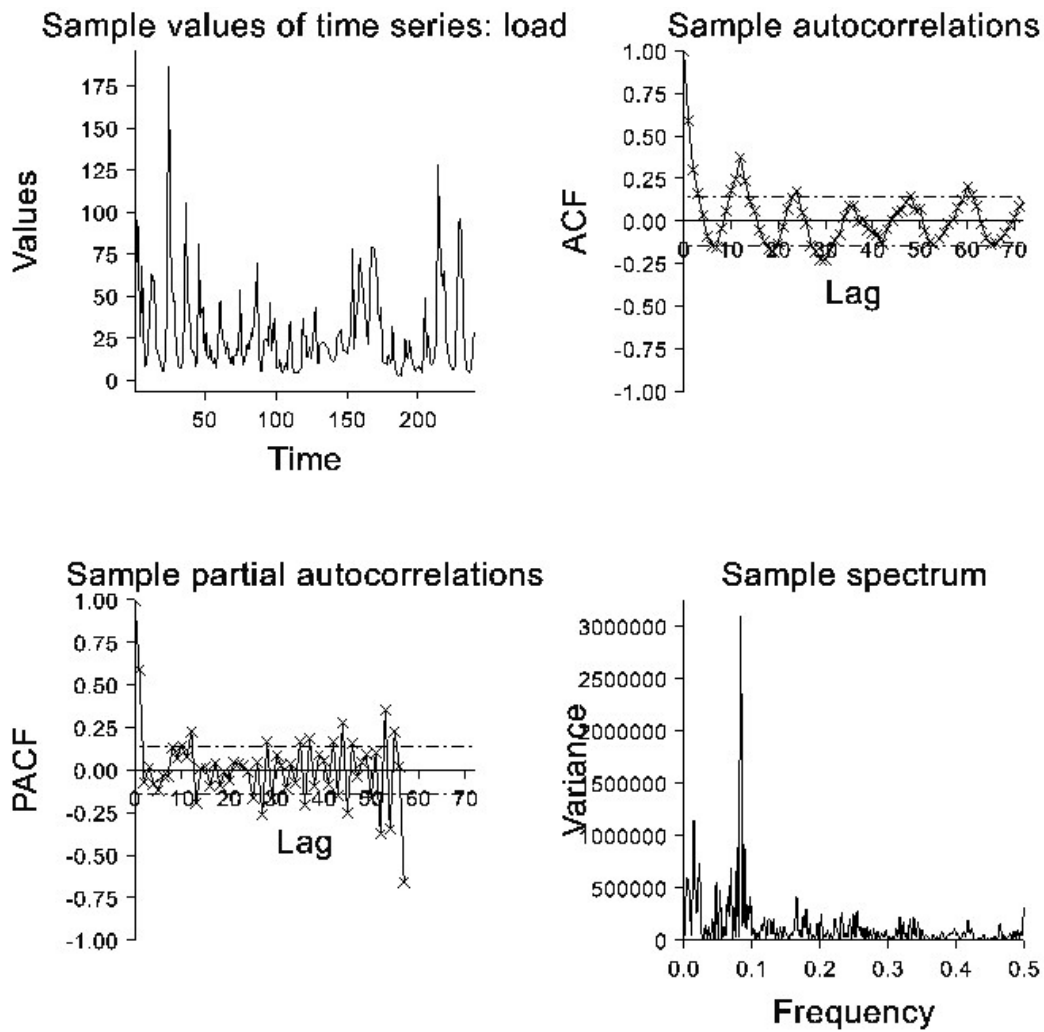
Figuur B.14. Tijdreeksgrafiek van loggetransformeerde vrachten van N-mineraal, met de component van het neerslagoverschot (pcomp), de component van de interventie (intcomp) en de component van overige invloeden (noise). De interventiecomponent is een lineaire daling vanaf januari 1992. Periode januari 1981-december 2000, maandcijfers.

Tabel B.3. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van N-mineraal in de Drentse Aa, met neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1984. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

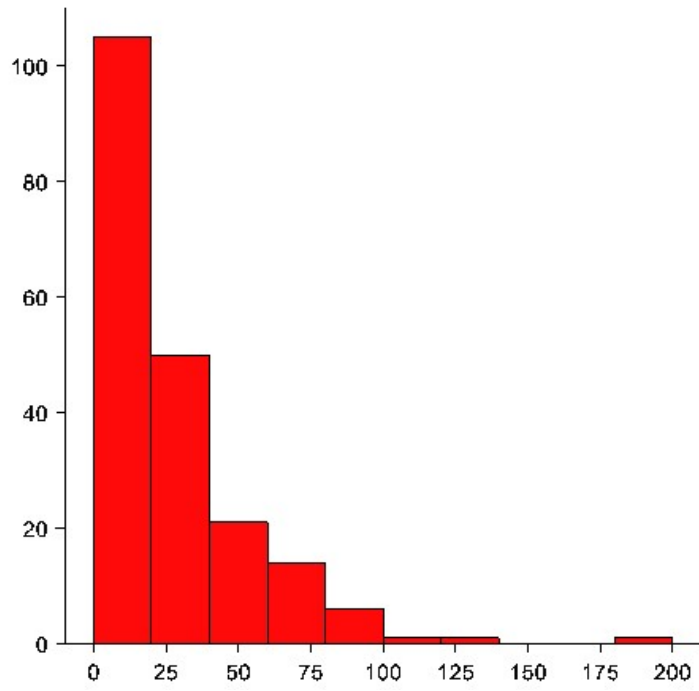
I_t	y_t^*		n_t					
model	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
a: stap	-0.41(0.30)	-	0.74(0.03)	13.7(0.8)	4.7(0.3)	0.68(0.03)	0.3108	73
c: exp.	-	-	-	-	-	-	-	-
d: lineair	-0.005 (0.001)	-	0.73(0.03)	13.9(0.7)	4.8(0.2)	0.61(0.06)	0.2988	77

Tabel B.4. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van N-mineraal in de Drentse Aa, met neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1992. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

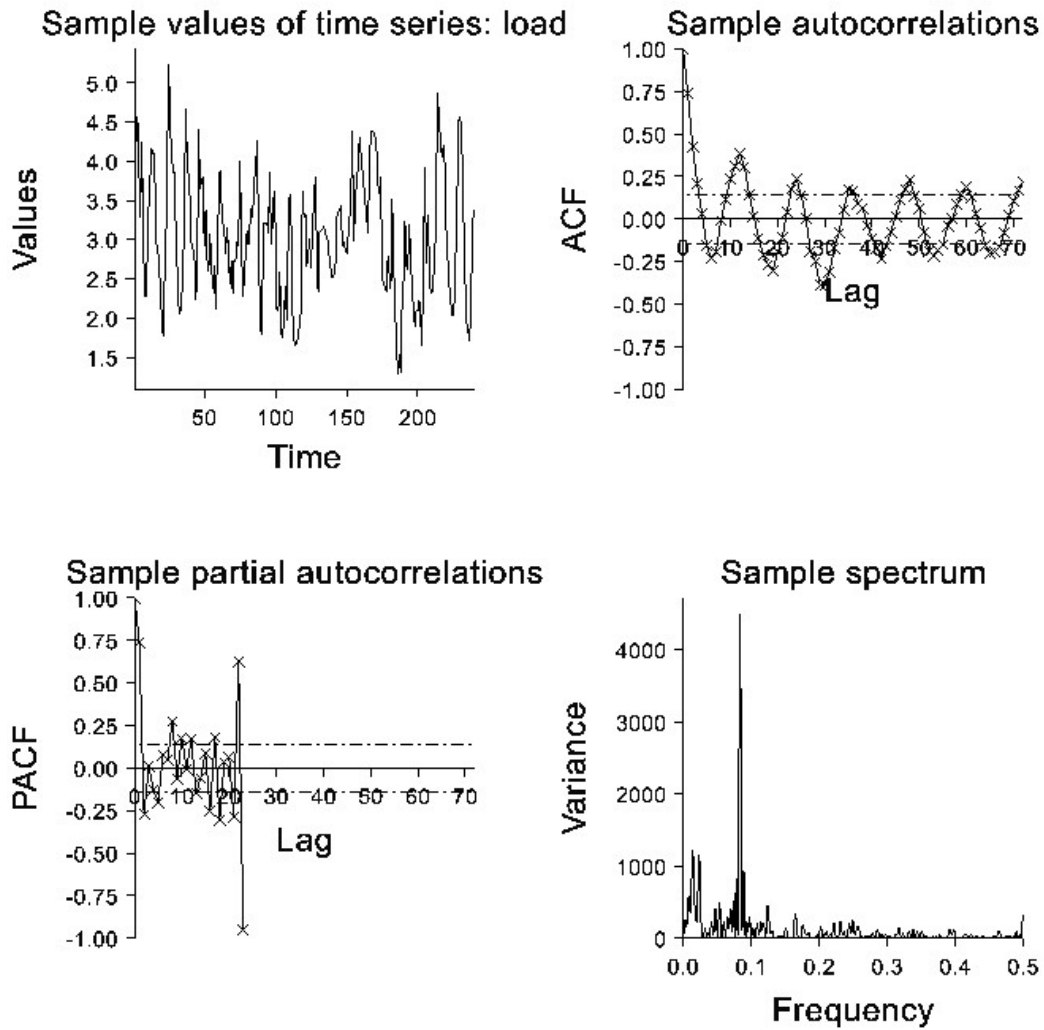
I_t	y_t^*		n_t					
model	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
a: stap	-0.48 (0.21)	-	0.73(0.03)	13.8(0.8)	4.6(0.2)	0.66(0.05)	0.3062	74
c: exp.	-0.0122(0.0128)	0.99(0.03)	0.73(0.03)	13.9(0.7)	4.6(0.2)	0.62(0.06)	0.3016	77
d: lineair	-0.009 (0.003)	-	0.73(0.03)	13.9(0.7)	4.6(0.2)	0.62(0.06)	0.3002	77



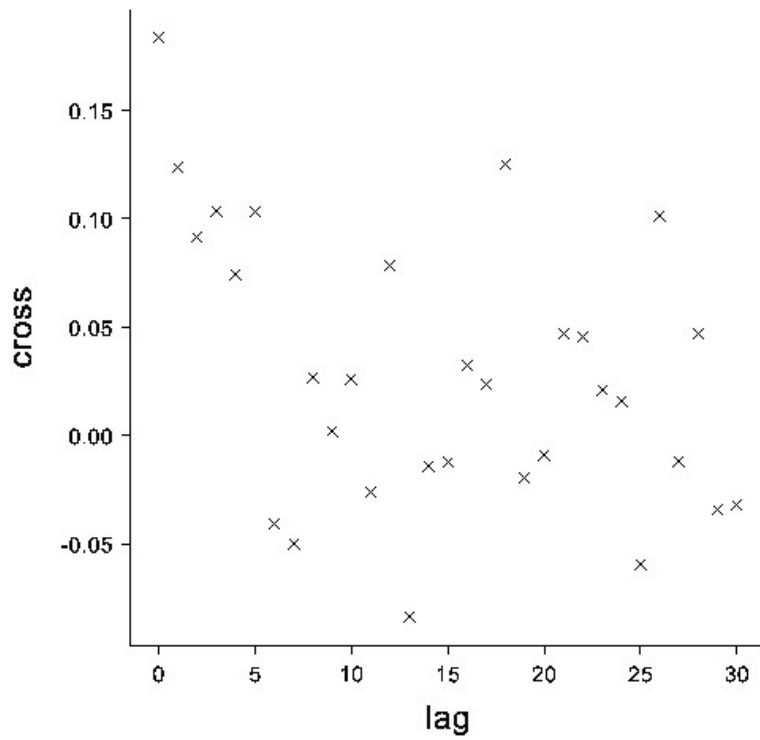
Figuur B.15. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks vrachten van P-totaal voor de Drentse Aa. Maandcijfers vanaf januari 1981 tot en met december 2000



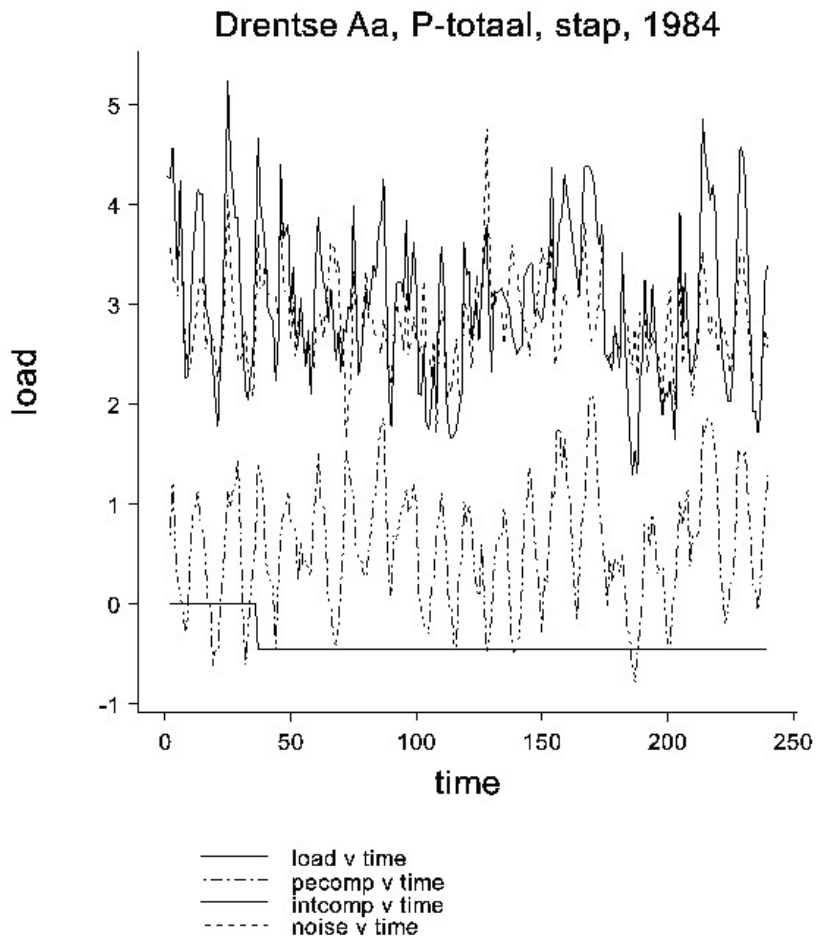
Figuur B.16. Histogram van vrachten van P-totaal voor de Drentse Aa. Maandcijfers vanaf januari 1981 tot en met december 2000



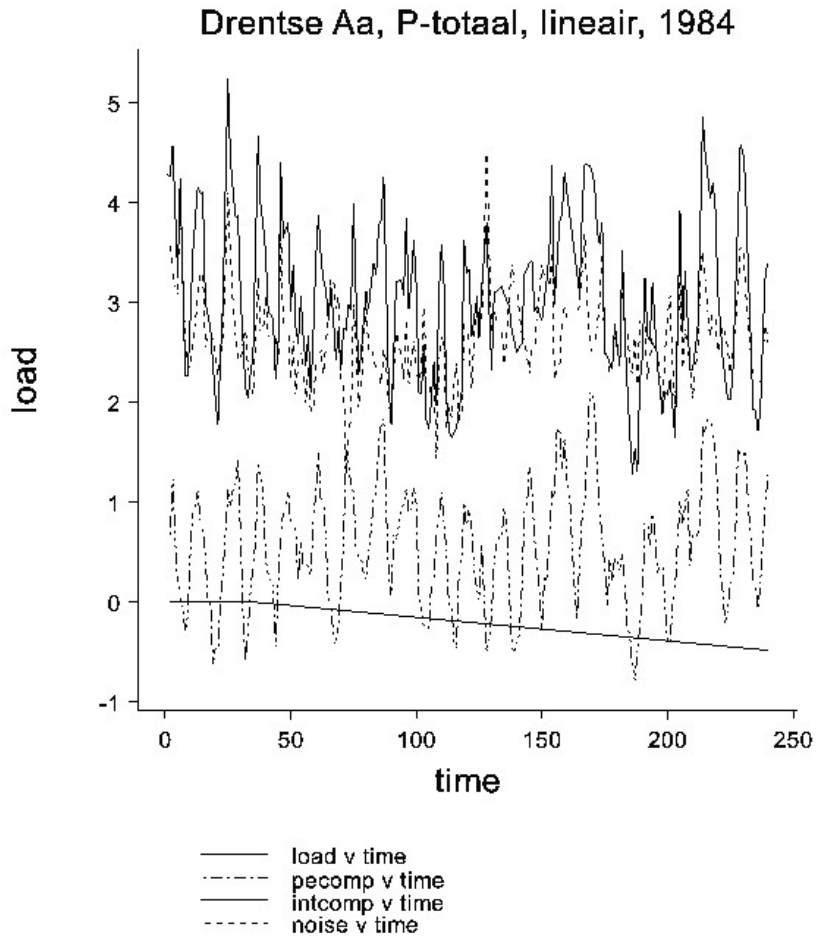
Figuur B.17. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks vrachten van P-totaal voor de Drentse Aa, na logtransformatie. Maandcijfers vanaf januari 1981 tot en met december 2000



Figuur B.18. Residuele cross-correlatiefunctie voor maandsommen van potentieel neerslagoverschot en vracht P-totaal



Figuur B.19. Tijdreeksgrafiek van loggetransformeerde vrachten van P-totaal, met de component van het neerslagoverschot (pecomp), de component van de interventie (intcomp) en de component van overige invloeden (noise). De interventiecomponent is een stapsgewijze daling vanaf januari 1984. Periode januari 1981-december 2000, maandcijfers.



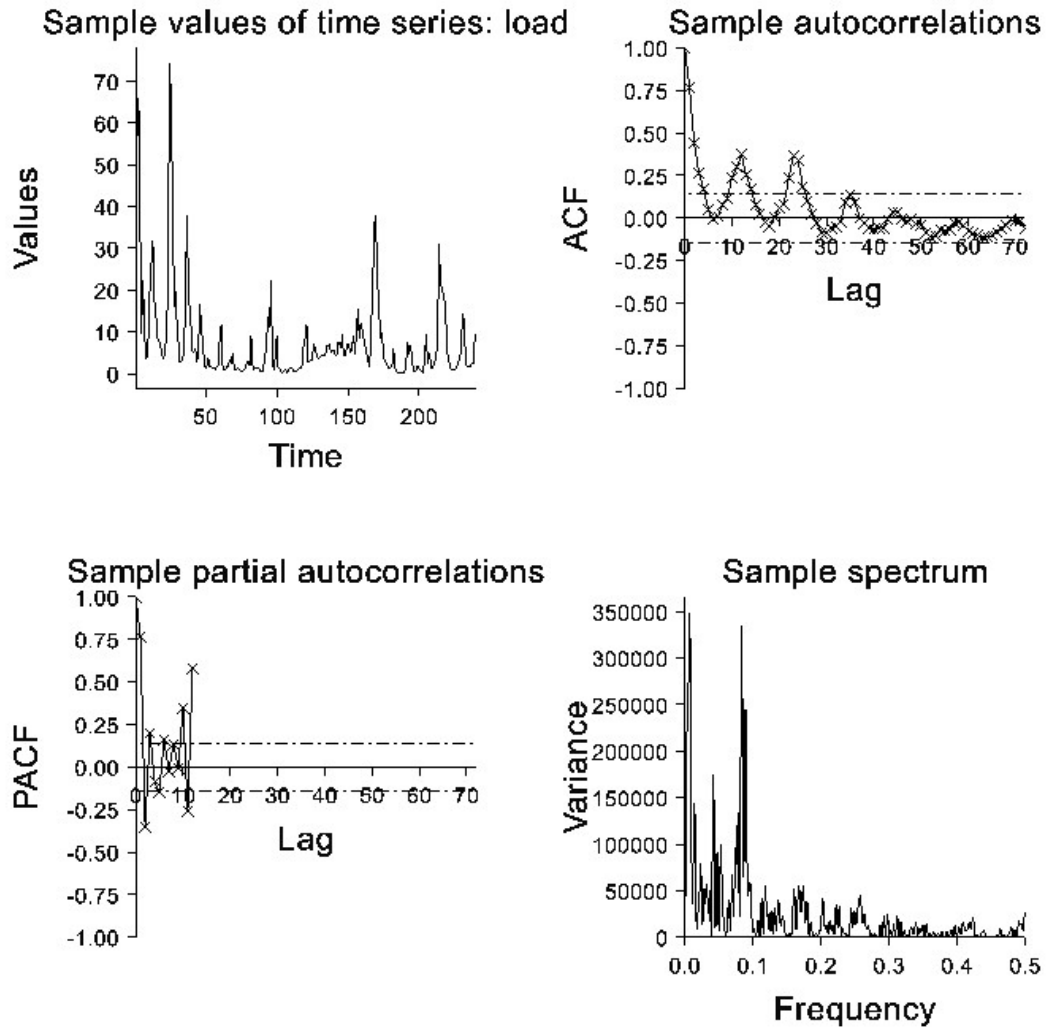
Figuur B.20. Tijdreeksgrafiek van loggetransformeerde vrachten van P-totaal, met de component van het neerslagoverschot (pecomp), de component van de interventie (intcomp) en de component van overige invloeden (noise). De interventiecomponent is een lineaire daling vanaf januari 1984. Periode januari 1981-december 2000, maandcijfers.

Tabel B.5. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van P-totaal in de Drentse Aa, met het neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1984. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

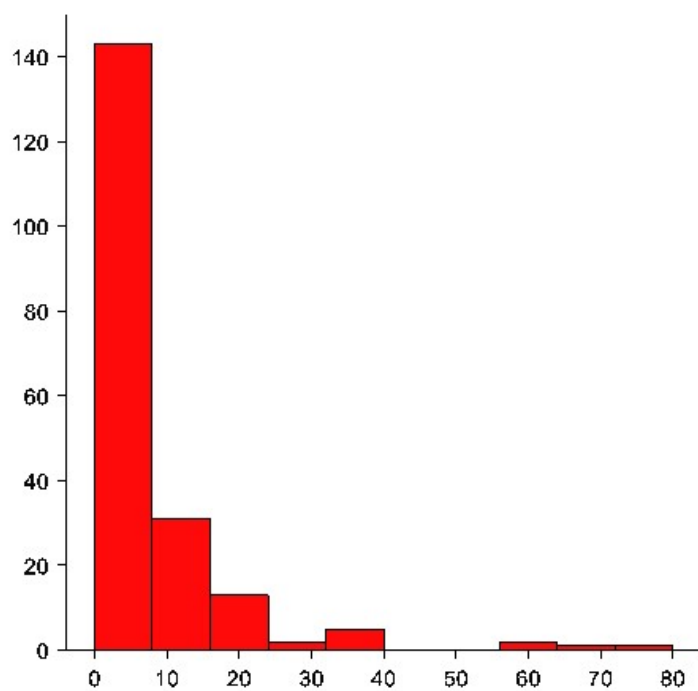
I_t	y_t^*		n_t					
model	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
a: stap	-0.46 (0.18)	-	0.73(0.04)	7.1(0.6)	2.7(0.1)	0.63(0.06)	0.1769	59
c: exp.	-0.05(0.05)	0.91(0.09)	0.74(0.04)	7.1(0.5)	2.9(0.2)	0.56(0.06)	0.1738	61
d: lineair	-0.002 (0.001)	-	0.73(0.04)	7.1(0.6)	2.7(0.1)	0.60(0.06)	0.1775	57

Tabel B.6. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van P-totaal in de Drentse Aa, met het neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1992. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

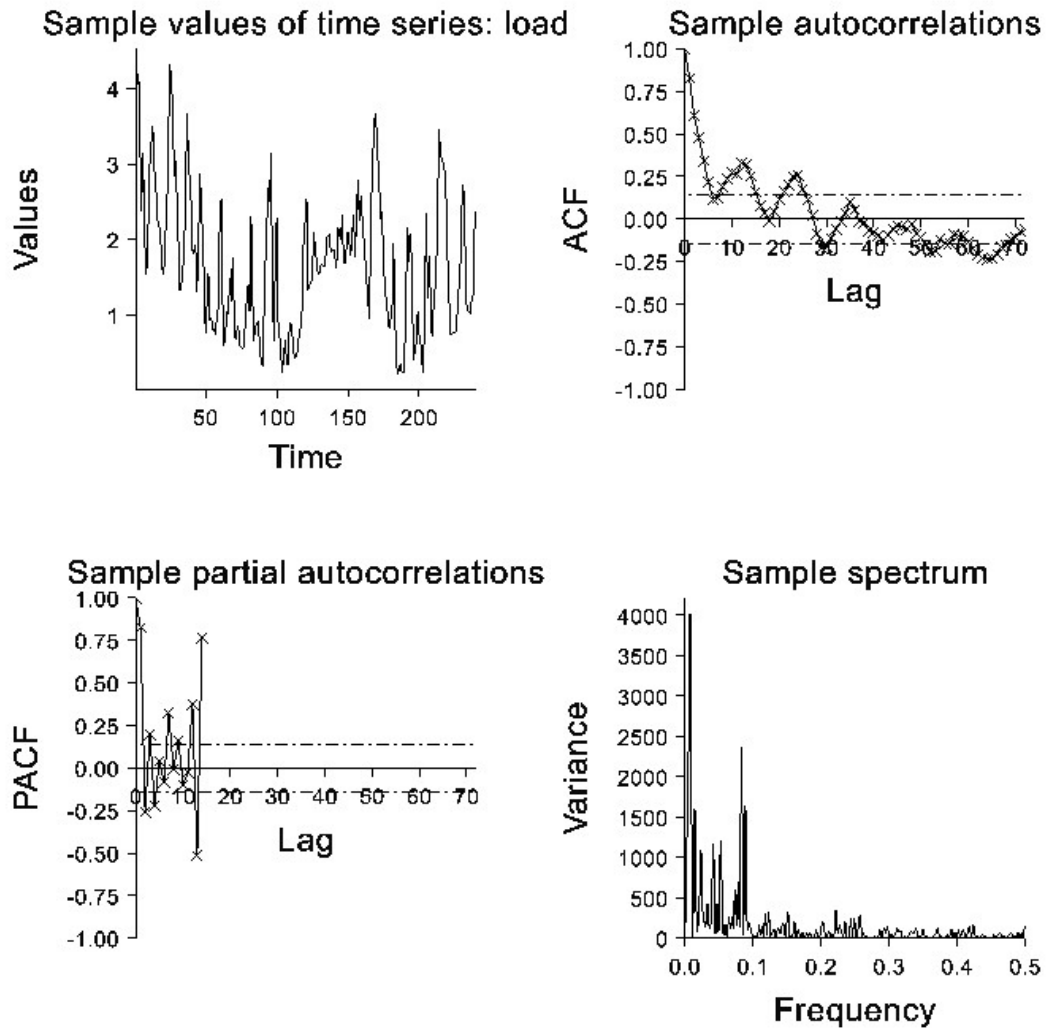
I_t	y_t^*		n_t					
model	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
a: stap	-0.16(0.15)	-	0.72(0.04)	7.1(0.6)	2.5(0.1)	0.63(0.06)	0.1807	54
c: exp.	-	-	-	-	-	-	-	-
d: lineair	-0.00(0.00)	-	0.73(0.04)	7.1(0.6)	2.5(0.1)	0.62(0.06)	0.1791	56



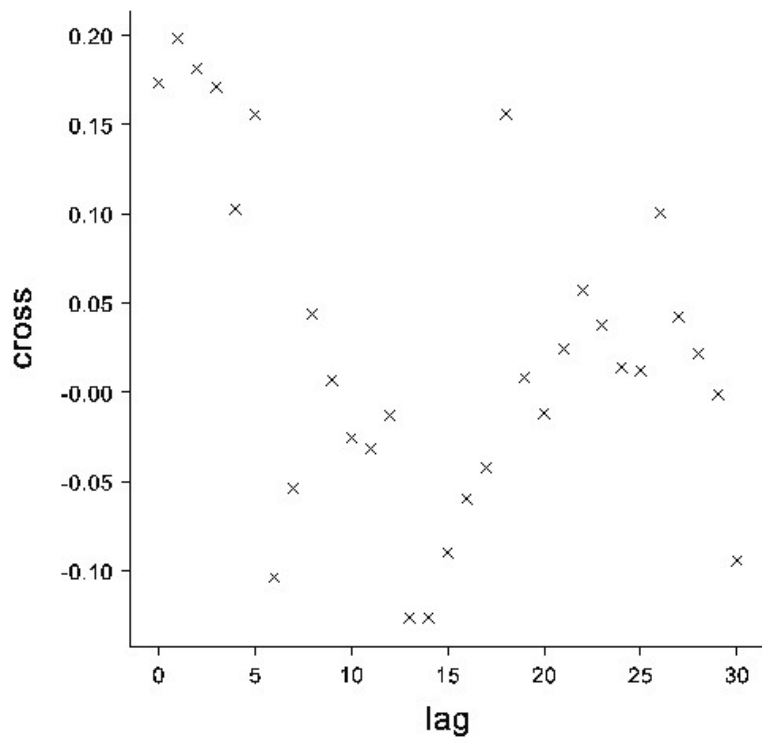
Figuur B.21. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks vrachten van orthofosfaat voor de Drentse Aa. Maandcijfers vanaf januari 1981 tot en met december 2000



Figuur B.22. Histogram van vrachten van orthofosfaat voor de Drentse Aa. Maandcijfers vanaf januari 1981 tot en met december 2000



Figuur B.23. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks vrachten van orthofosfaat voor de Drentse Aa, na logtransformatie. Maandcijfers vanaf januari 1981 tot en met december 2000



Figuur B.24. Residuele cross-correlatiefunctie voor maandsommen van potentieel neerslagoverschot en vracht orthofosfaat in de Drentse Aa (na logtransformatie)

Tabel B.7. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van orthofosfaat in de Drentse Aa, met het neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1984. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

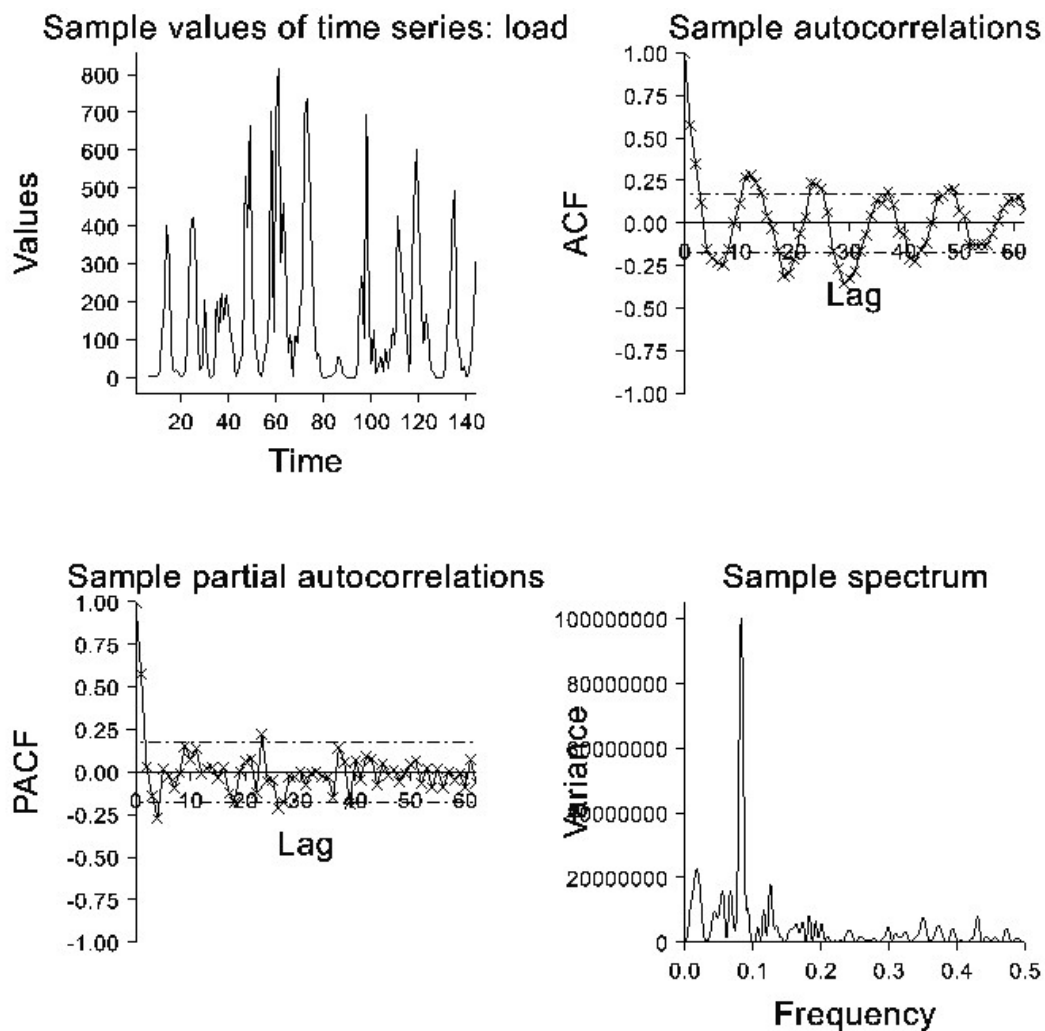
I_t	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	y_t^*	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	n_t	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
a: stap	-0.81 (0.34)	-	0.67(0.07)	6.1(0.6)	2.0(0.3)	0.79(0.05)	0.1953	40		
c: exp.	-0.169(0.161)	0.875(0.115)	0.68(0.06)	6.0(0.6)	2.4(0.3)	0.77(0.05)	0.1879	48		
d: lineair-0.004(0.003)	-	0.66(0.07)	6.0(0.6)	1.7(0.3)	0.85(0.04)	0.1958	20			

Tabel B.8. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van orthofosfaat in de Drentse Aa, met het neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1992. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

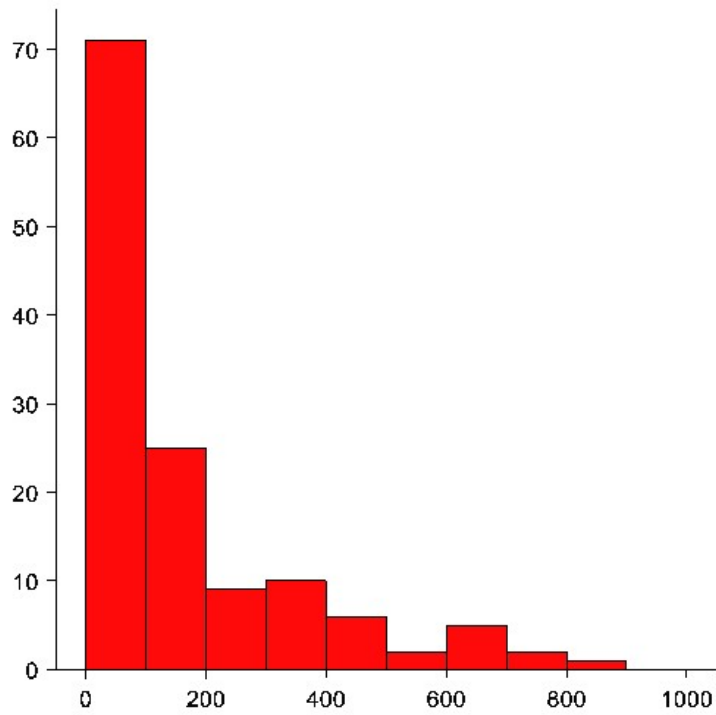
I_t	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	y_t^*	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	n_t	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
a: stap	-0.19(0.37)	-	0.66(0.07)	6.0(0.6)	1.4(0.3)	0.86(0.04)	0.1973	13		
c: exp.	-0.007(0.032)	0.985(0.129)	0.66(0.07)	6.0(0.6)	1.5(0.3)	0.86(0.04)	0.1980	15		
d: lineair-0.004(0.005)	-	0.66(0.07)	6.0(0.6)	1.4(0.3)	0.86(0.06)	0.1970	15			

Bijlage C

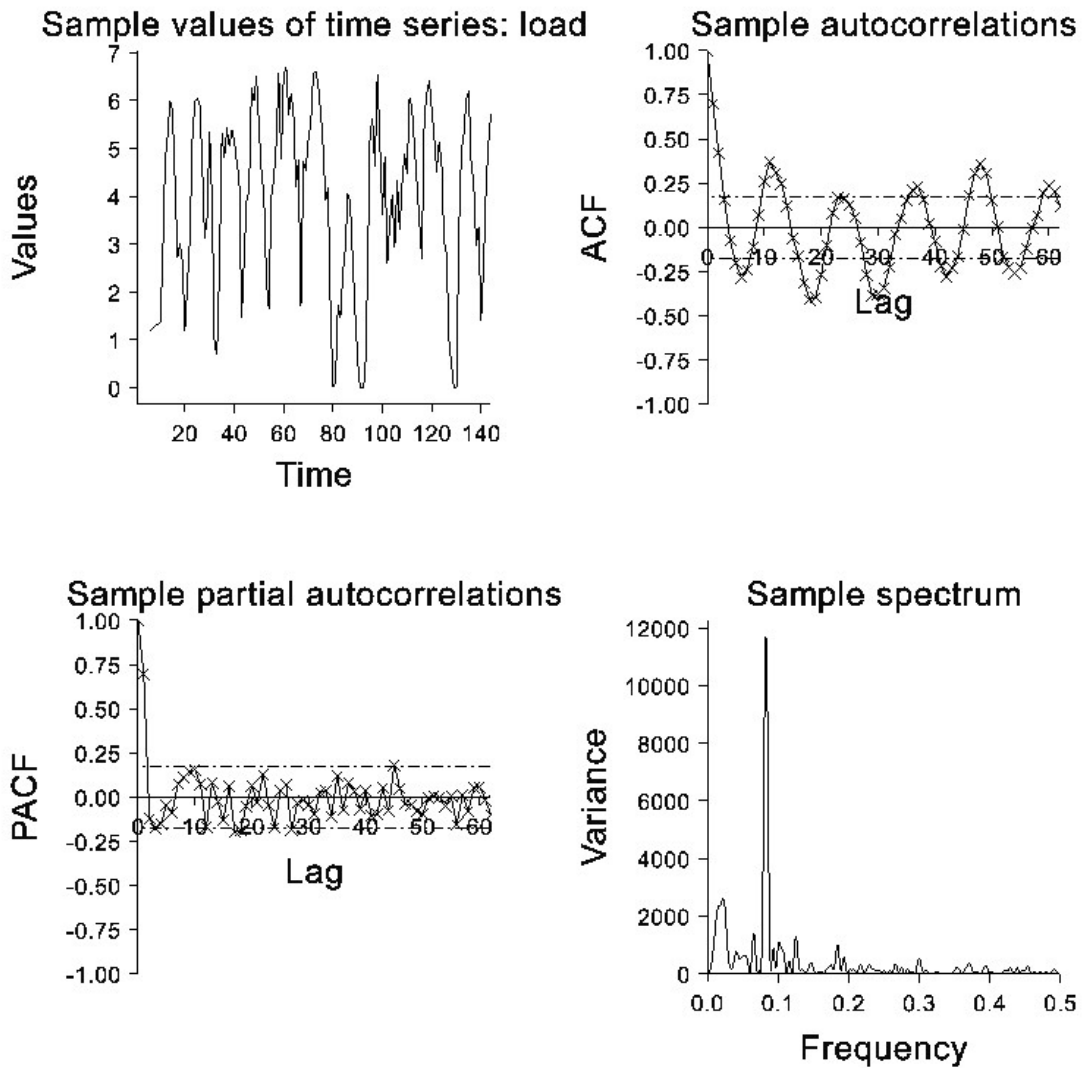
Resultaten Schuitenbeek



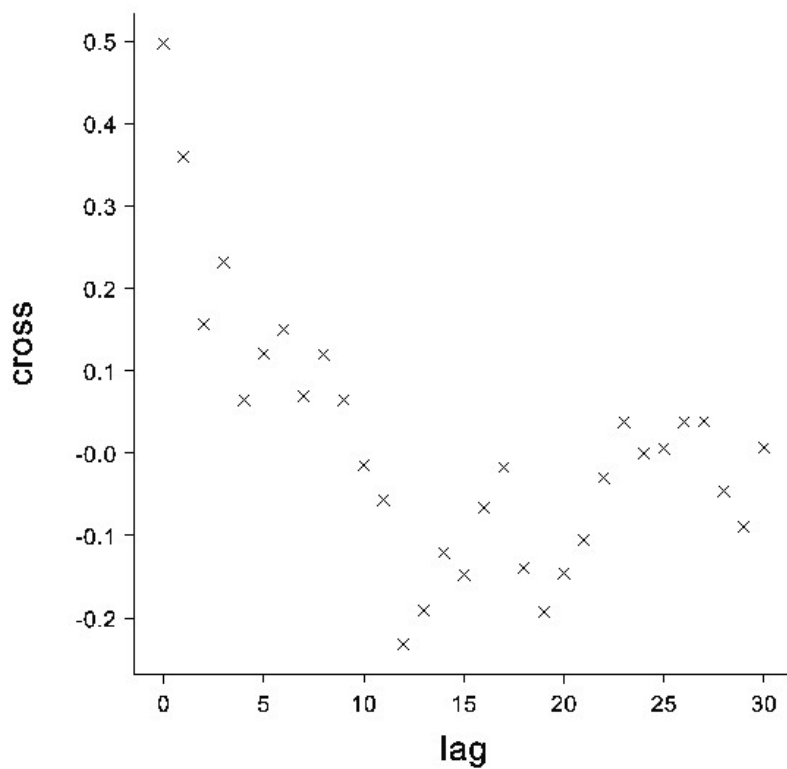
Figuur C.1. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks vrachten van N-totaal voor de Schuitenbeek, locatie 25200. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000



Figuur C.2. Histogram van vrachten van N-totaal voor de Schuitenbeek, locatie 25200. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000



Figuur C.3. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks vrachten van N-totaal voor de Schuitenbeek, locatie 25200, na logtransformatie. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000



Figuur C.4. Residuale cross-correlatiefunctie (RCCF) voor de relatie tussen neerslagoverschot en vrachten van N-totaal in de Schuitembeek, locatie 25200. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000

Tabel C.1. Samenvatting van de gegevens van vrachten N-totaal in de Schuitenbeek.

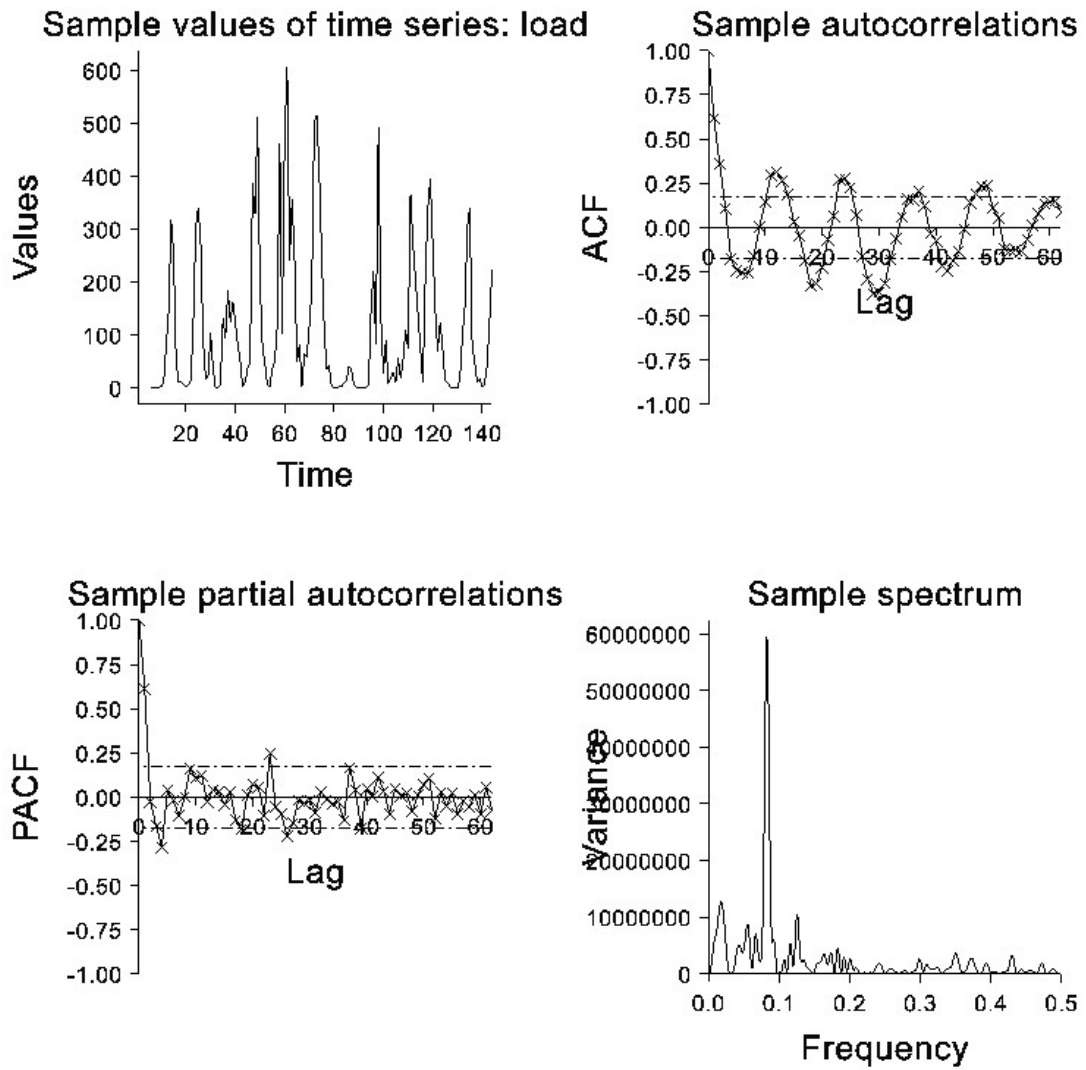
locatie	periode	gemiddelde	variantie	mediaan	minimum	maximum
25200	jan. 1989-dec. 2000	156.5	37639.	74.97	0.	818.4
25210	jan. 1988-dec. 2000	157.8	39534.	72.51	0.	859.0

Tabel C.2. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van N-totaal in de Schuitenbeek, meetpunt 25200, met neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1992. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

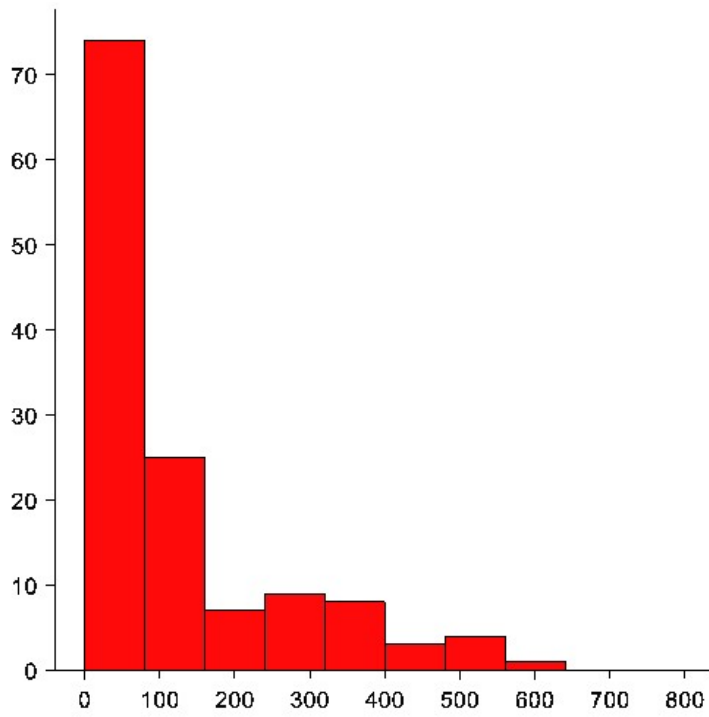
I_t	y_t^*		n_t		$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.	
model	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}			
a: stap	-0.197(0.322)	-	0.71(0.03)	16.9(1.1)	2.2(0.3)	0.54(0.08)	0.540	77
c: exp.	-0.03(0.06)	0.946(0.155)	0.71(0.03)	16.9(1.1)	2.4(0.3)	0.52(0.08)	0.5400	78
d: lineair	-0.00(0.00)	-	0.71(0.03)	16.8(1.0)	2.3(0.3)	0.53(0.08)	0.5396	77

Tabel C.3. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van N-totaal in de Schuitenbeek, meetpunt 25210, met neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1992. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

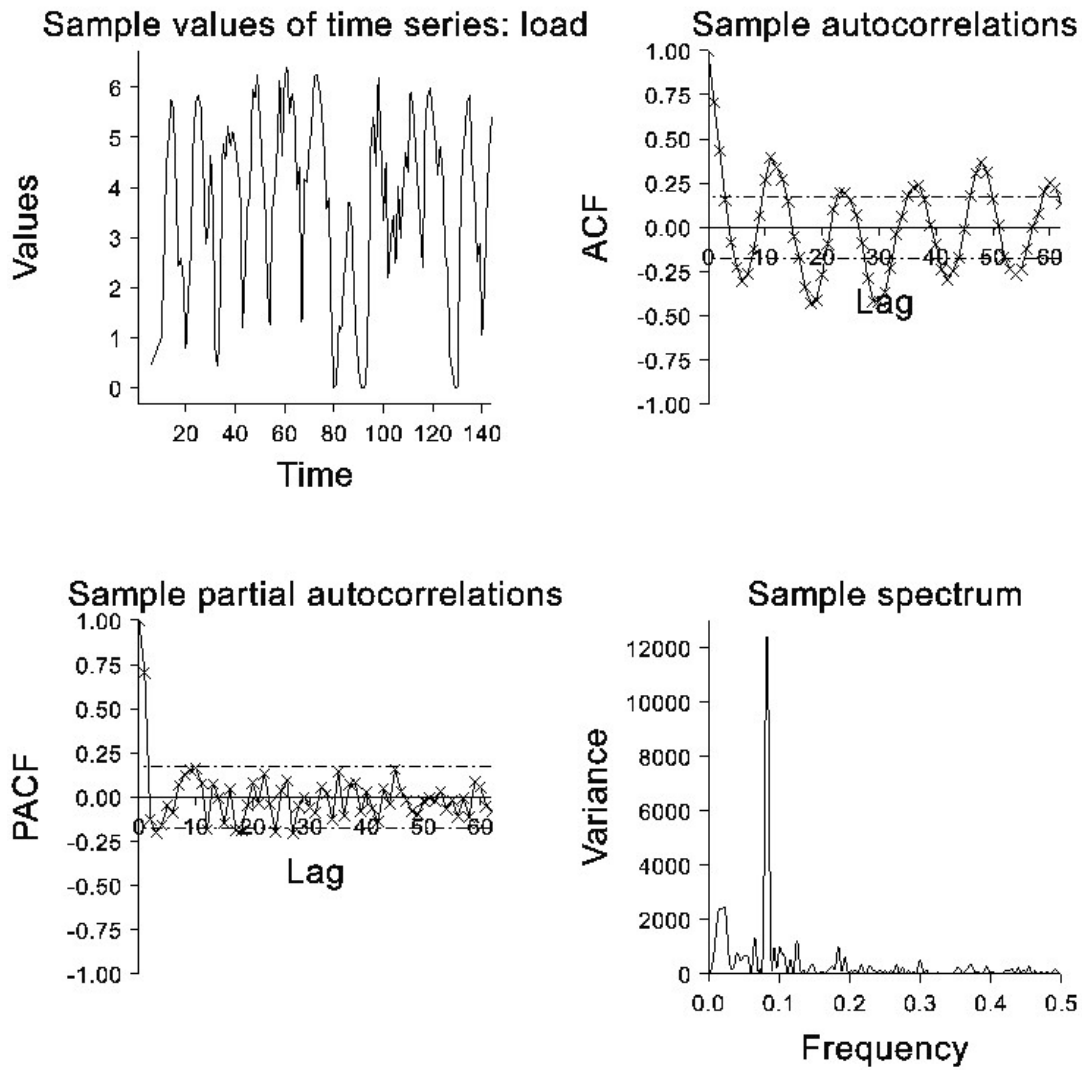
I_t	y_t^*		n_t		$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.	
model	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}			
a: stap	-0.293(0.267)	-	0.70(0.03)	16.6(1.0)	2.5(0.3)	0.55(0.07)	0.4738	74
c: exp.	-0.03(0.07)	0.932(0.140)	0.70(0.03)	16.6(1.0)	2.6(0.3)	0.54(0.07)	0.4716	75
d: lineair	-0.00(0.00)	-	0.70(0.03)	16.6(1.0)	2.5(0.2)	0.55(0.07)	0.4718	75



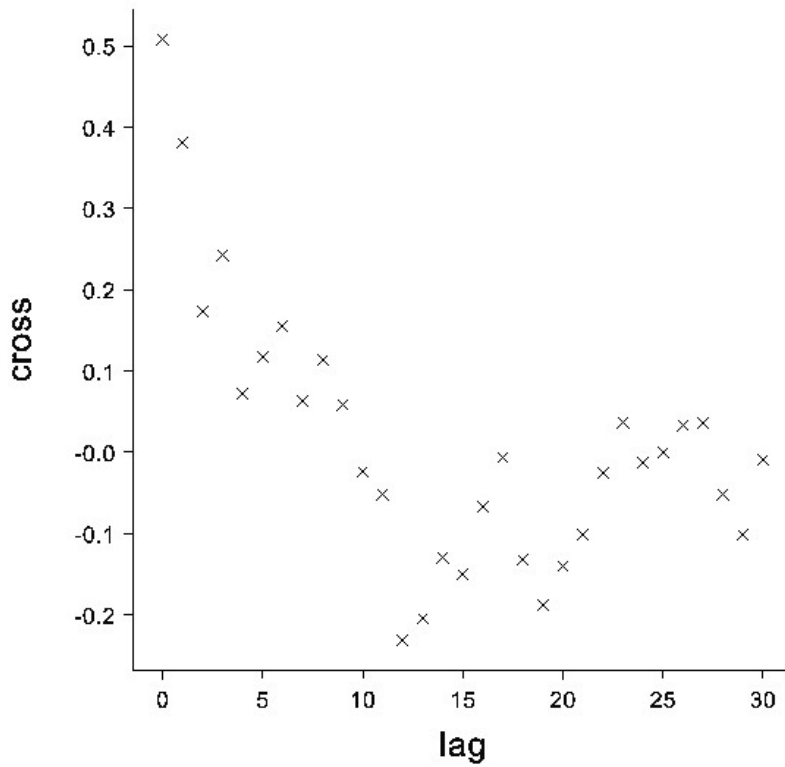
Figuur C.5. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks vrachten van N-mineraal voor de Schuitenbeek, locatie 25200. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000



Figuur C.6. Histogram van vrachten van N-mineraal voor de Schuitenbeek, locatie 25200. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000



Figuur C.7. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks vrachten van N-mineraal voor de Schuitenbeek, locatie 25200, na logtransformatie. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000



Figuur C.8. Residuale cross-correlatiefunctie (RCCF) voor de relatie tussen neerslagoverschot en vrachten van N-mineraal in de Schuitembeek, locatie 25200. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000

Tabel C.4. Samenvatting van de gegevens van vrachten N-mineraal in de Schuitenbeek.

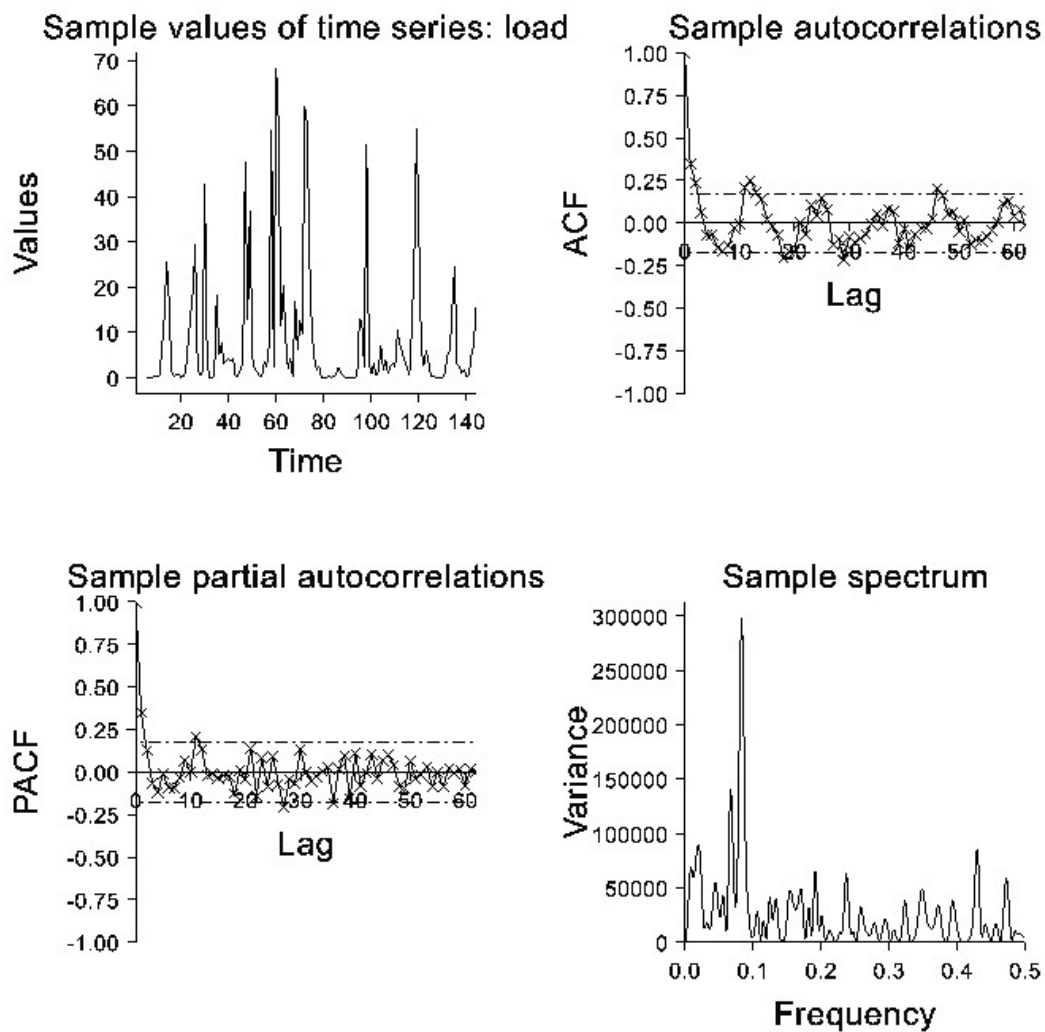
locatie	periode	gemiddelde	variantie	mediaan	minimum	maximum
25200	jan. 1989-dec. 2000	115.5	20211.	55.16	0.	606.9
25210	jan. 1988-dec. 2000	120.9	24279.	51.01	0.	667.2

Tabel C.5. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van N-mineraal in de Schuitenbeek, meetpunt 25200, met neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1992. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

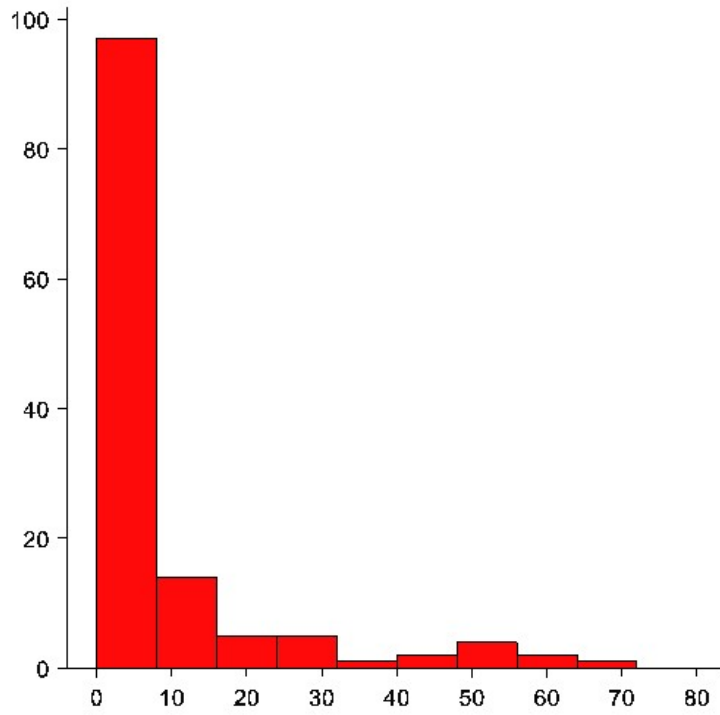
I_t	y_t^*		n_t		\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
model	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
a: stap	-0.121(0.318)	-	0.72(0.03)	16.9(1.1)	1.8(0.3)	0.56(0.07)	0.4921	78
c: exp.	-0.02(0.05)	0.951(0.114)	0.72(0.03)	16.9(1.0)	2.0(0.3)	0.53(0.08)	0.4899	79
d: lineair	-0.00(0.00)	-	0.72(0.03)	16.8(1.0)	1.8(0.3)	0.56(0.07)	0.4887	79

Tabel C.6. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van N-mineraal in de Schuitenbeek, meetpunt 25210, met neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1992. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

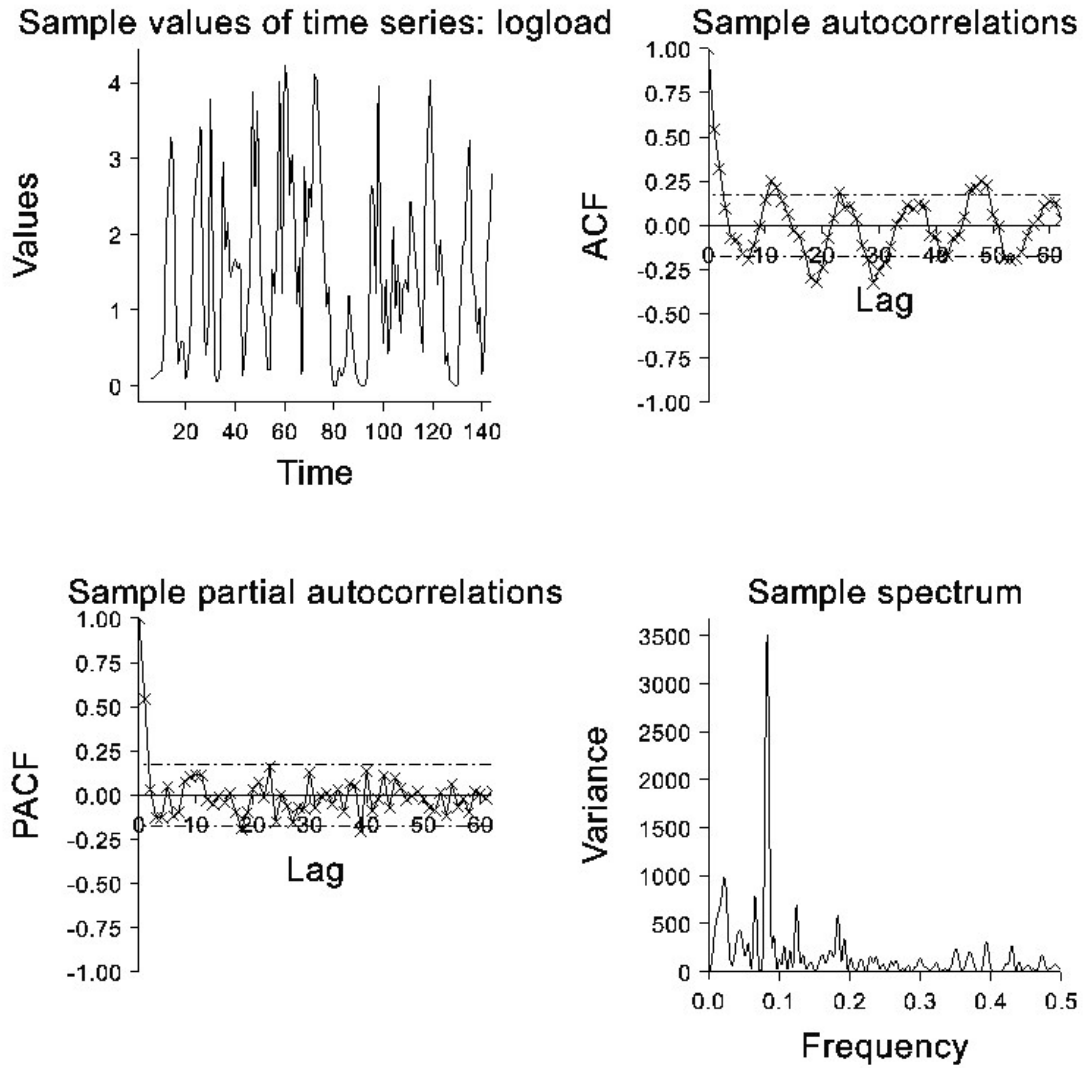
I_t	y_t^*		n_t		\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
model	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
a: stap	-0.329(0.266)	-	0.71(0.03)	17.2(1.0)	2.1(0.3)	0.56(0.07)	0.4599	77
c: exp.	-	-	-	-	-	-	-	-
d: lineair	-0.01(0.00)	-	0.70(0.03)	17.2(1.0)	2.1(0.2)	0.55(0.07)	0.4574	77



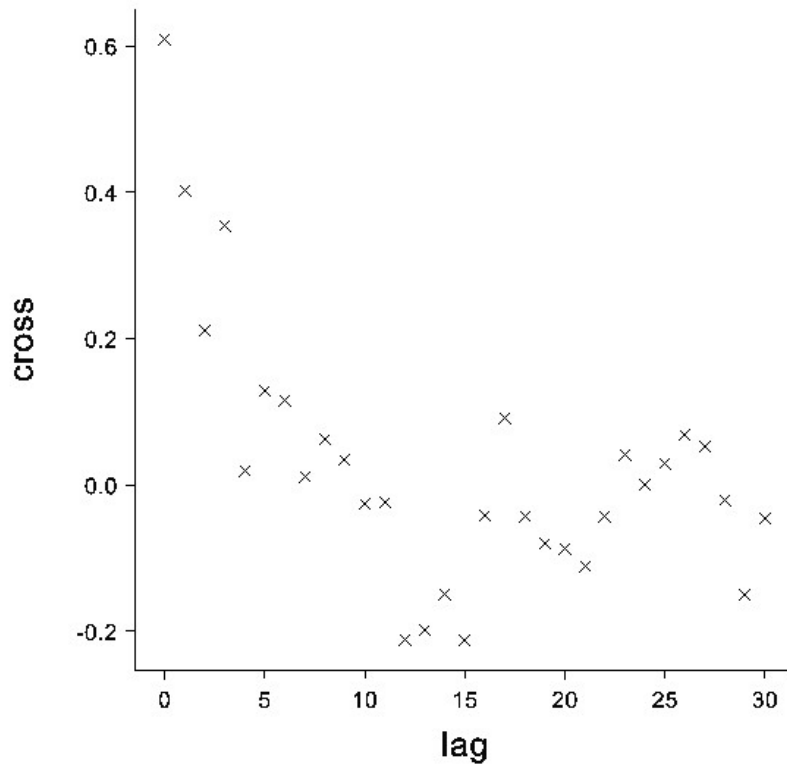
Figuur C.9. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks vrachten van P-totaal voor de Schuitenbeek, locatie 25200. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000



Figuur C.10. Histogram van vrachten van P-totaal voor de Schuitenbeek, locatie 25200. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000



Figuur C.11. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks vrachten van P-totaal voor de Schuitenbeek, locatie 25200, na logtransformatie. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000



Figuur C.12. Residuele cross-correlatiefunctie (RCCF) voor de relatie tussen neerslag-overschot en vrachten van P-totaal in de Schuitenbeek, locatie 25200. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000

Tabel C.7. Samenvatting van de gegevens van vrachten P-totaal in de Schuitenbeek.

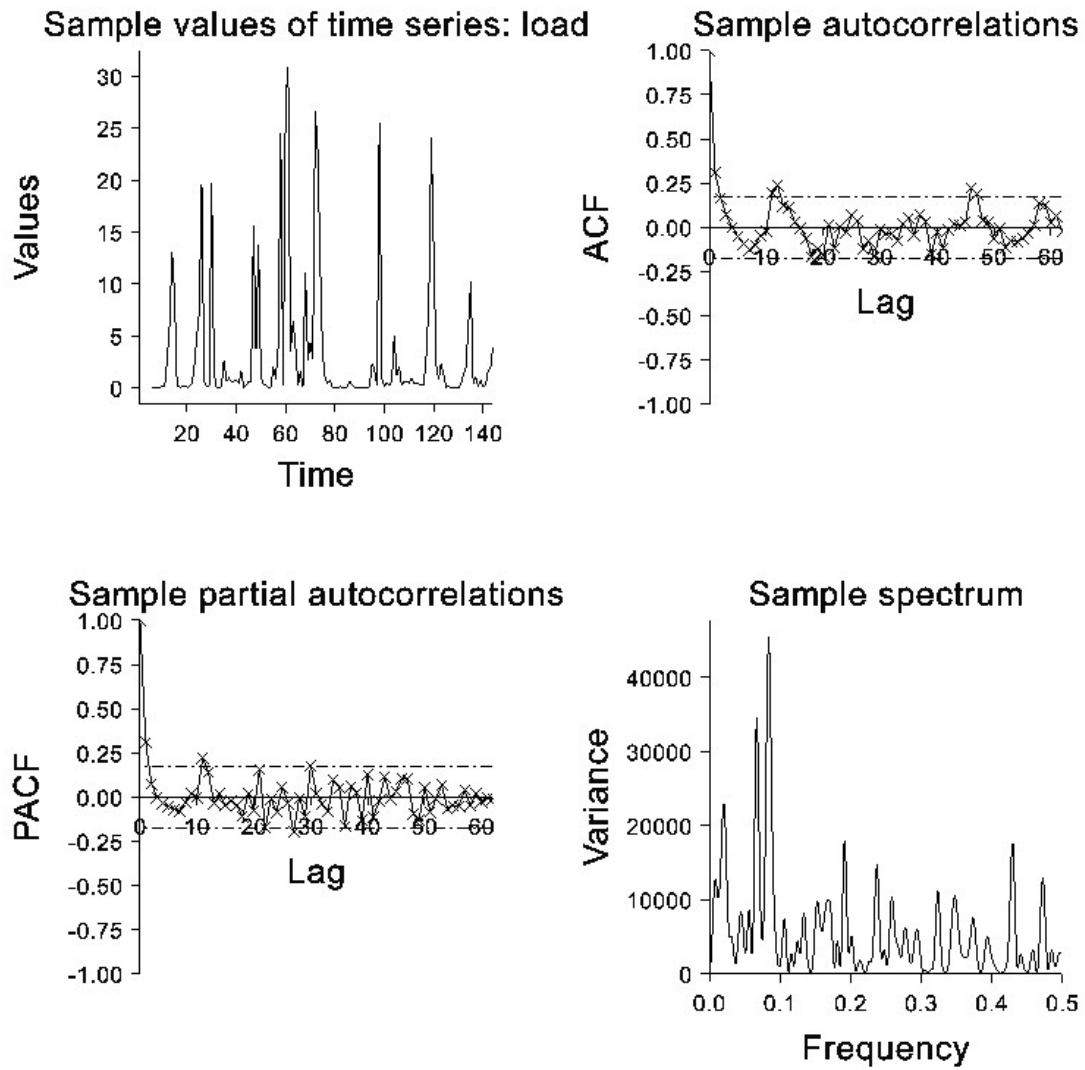
locatie	periode	gemiddelde	variantie	mediaan	minimum	maximum
25200	jan. 1989-dec. 2000	8.654	208.0	2.812	0.	68.3
25210	jan. 1988-dec. 2000	7.378	111.7	2.977	0.	55.56

Tabel C.8. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van P-totaal in de Schuitenbeek, meetpunt 25200, met neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1992. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

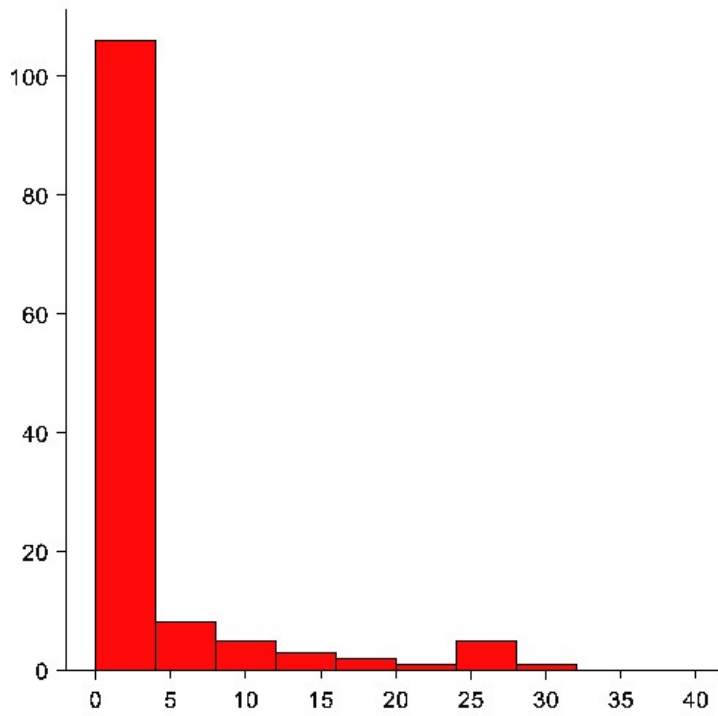
I_t	y_t^*		n_t			$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
model	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
a: stap	-0.189(0.166)	-	0.60(0.04)	11.9(0.8)	0.7(0.2)	0.20(0.09)	0.3825	71
c: exp.	-0.128(0.565)	0.34(2.87)	0.60(0.04)	11.9(0.8)	0.7(0.2)	0.20(0.09)	0.3854	71
d: lineair	-0.00(0.00)	-	0.59(0.04)	11.9(0.8)	0.7(0.1)	0.20(0.09)	0.3796	72

Tabel C.9. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van P-totaal in de Schuitenbeek, meetpunt 25210, met neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1992. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

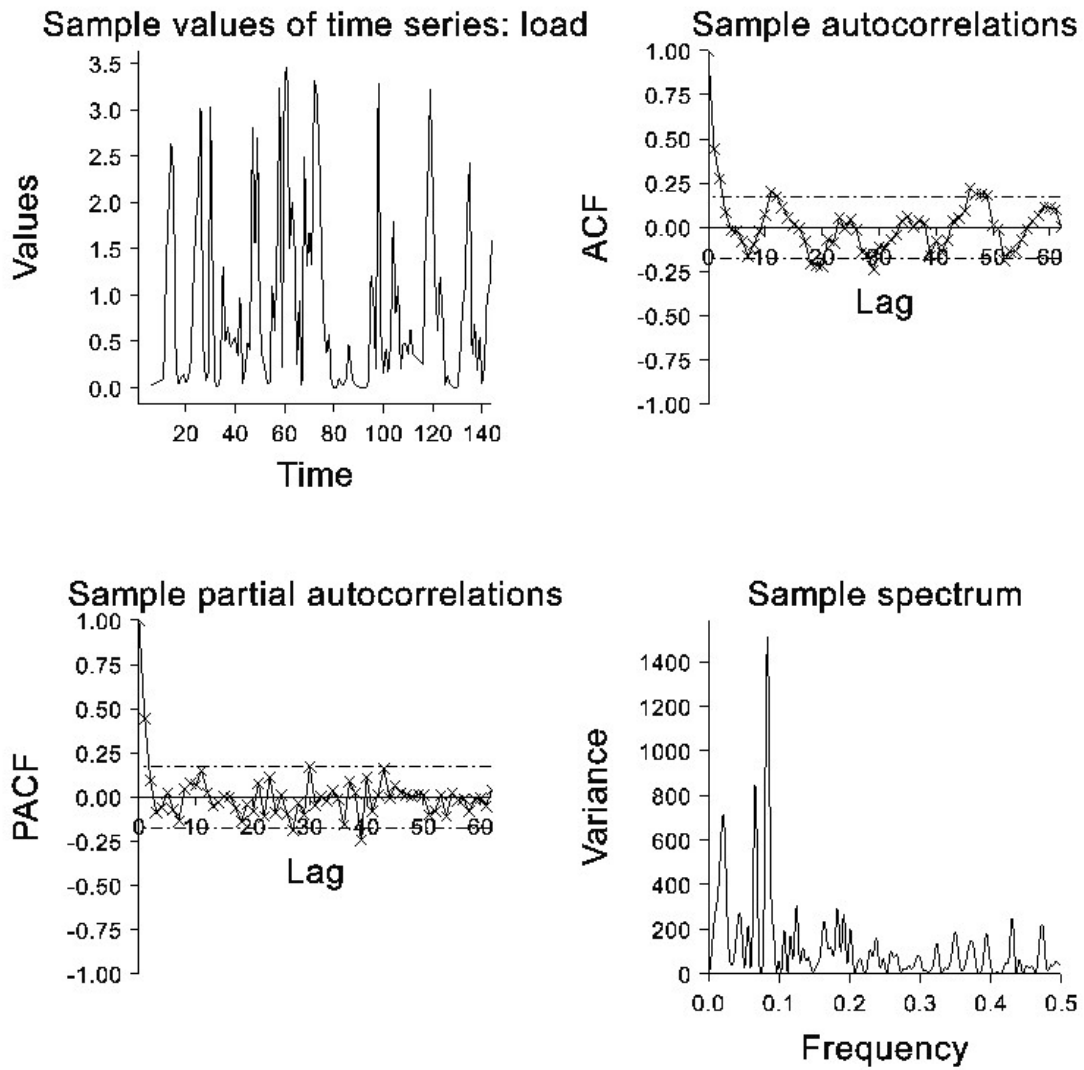
I_t	y_t^*		n_t			$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
model	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
a: stap	-0.142(0.125)	-	0.65(0.03)	11.1(0.6)	0.6(0.1)	0.33(0.08)	0.2124	79
c: exp.	-0.01(0.01)	0.97(0.08)	0.65(0.03)	11.1(0.6)	0.6(0.1)	0.32(0.08)	0.2127	79
d: lineair	-0.01(0.01)	-	0.65(0.03)	11.1(0.6)	0.6(0.1)	0.33(0.08)	0.2123	79



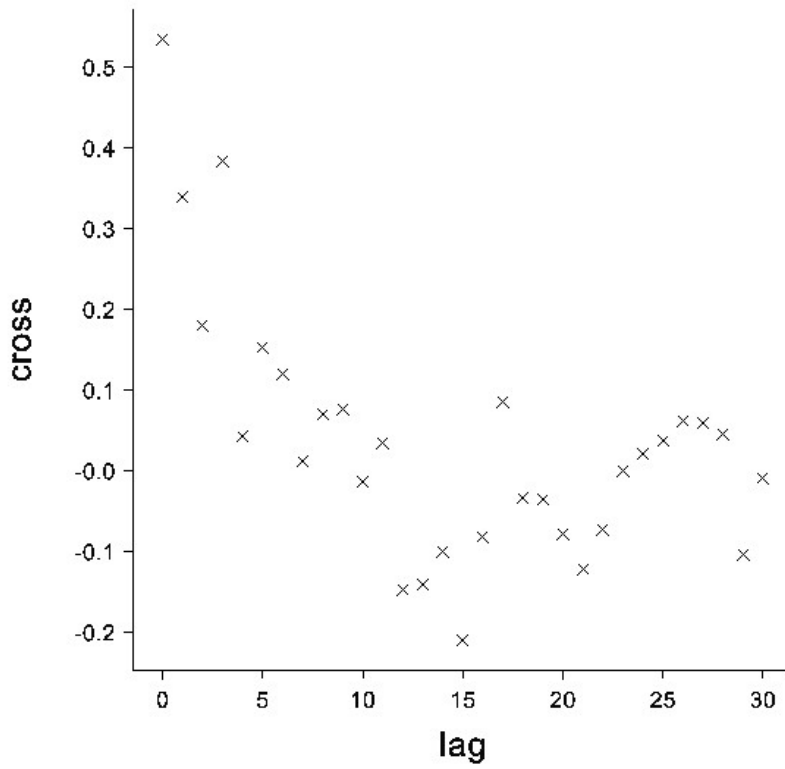
Figuur C.13. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks vrachten van orthofosfaat voor de Schuitembeek, locatie 25200. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000



Figuur C.14. Histogram van vrachten van orthofosfaat voor de Schuitembeek, locatie 25200. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000



Figuur C.15. Enkele resultaten van exploratieve analyse van de reeks vrachten van orthofosfaat voor de Schuitenbeek, locatie 25200, na logtransformatie. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000



Figuur C.16. Residuale cross-correlatiefunctie (RCCF) voor de relatie tussen neerslag-overschot en vrachten van orthofosfaat in de Schuitembeek, locatie 25200. Maandcijfers vanaf januari 1989 tot en met december 2000

Tabel C.10. Samenvatting van de gegevens van vrachten orthofosfaat in de Schuitenbeek.

locatie	periode	gemiddelde	variantie	mediaan	minimum	maximum
25200	jan. 1989-dec. 2000	3.385	43.07	0.6259	0.	30.93
25210	jan. 1988-dec. 2000	2.162	12.69	0.7720	0.	21.04

Tabel C.11. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van orthofosfaat in de Schuitenbeek, meetpunt 25200, met neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1992. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

I_t			y_t^*			n_t			% v.v.
model	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$		
a: stap	-0.191(0.178)	-	0.55(0.07)	8.9(0.9)	0.4(0.2)	0.24(0.09)	0.4123		53
c: exp.	-0.00(0.01)	0.9994(0.00540)	0.53(0.07)	9.0(0.9)	0.4(0.1)	0.24(0.09)	0.4137		52
d: lineair	-0.00(0.00)	-	0.53(0.07)	9.0(0.9)	0.4(0.1)	0.24(0.09)	0.4104		53

Tabel C.12. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van orthofosfaat in de Schuitenbeek, meetpunt 25210, met neerslagoverschot als verklarende reeks. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Tijdstip interventie: januari 1992. Toelichting bij de interventiemodellen: zie figuur 2.1. Standaardfouten tussen haakjes.

I_t			y_t^*			n_t			% v.v.
model	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$		
a: stap	-0.080(0.106)	-	0.58(0.04)	7.8(0.6)	0.3(0.1)	0.32(0.08)	0.1591		68
c: exp.	-0.075(0.400)	0.07(4.96)	0.58(0.04)	7.8(0.6)	0.3(0.1)	0.32(0.08)	0.1603		68
d: lineair	-0.00(0.00)	-	0.57(0.04)	7.8(0.6)	0.3(0.1)	0.32(0.08)	0.1591		68

Tabel C.13. Gekalibreerde modellen met een lineaire component voor loggetransformeerde vrachten van N-totaal, N-mineraal en P-totaal in de Schuitembeek, meetpunt 25200, met neerslagoverschot als verklarende reeks. Periode: 1-1-1989 t/m 31-12-2000. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie.

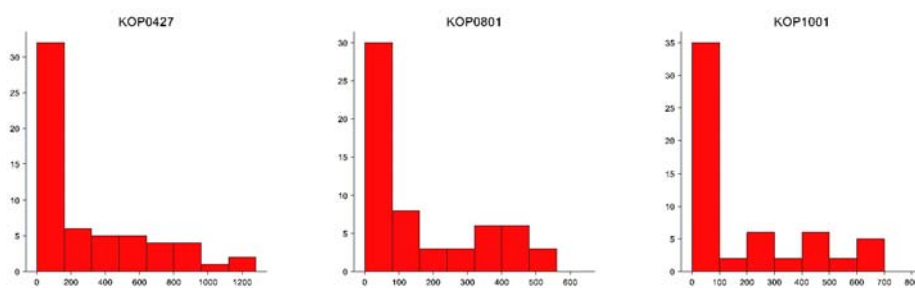
model	I_t	y_t^*	$\hat{\omega}_0$	n_t	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$						
N-totaal	-0.00(0.00)	0.71(0.03)	16.85(1.08)	2.3(0.3)	0.53(0.08)	0.5408	77	
N-mineraal	-0.00(0.00)	0.72(0.03)	16.81(1.03)	2.0(0.3)	0.55(0.08)	0.4901	79	
P-totaal	-0.00(0.00)	0.59(0.04)	11.94(0.85)	0.7(0.2)	0.20(0.09)	0.3807	72	
P-ortho	-0.00(0.00)	0.53(0.07)	8.966(0.945)	0.4(0.2)	0.24(0.09)	0.4106	53	

Tabel C.14. Gekalibreerde modellen met een lineaire component voor loggetransformeerde vrachten van N-totaal, N-mineraal en P-totaal in de Schuitembeek, meetpunt 25210, met neerslagoverschot als verklarende reeks. Periode: 1-1-1988 t/m 31-12-2000. I_t : interventiecomponent. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie.

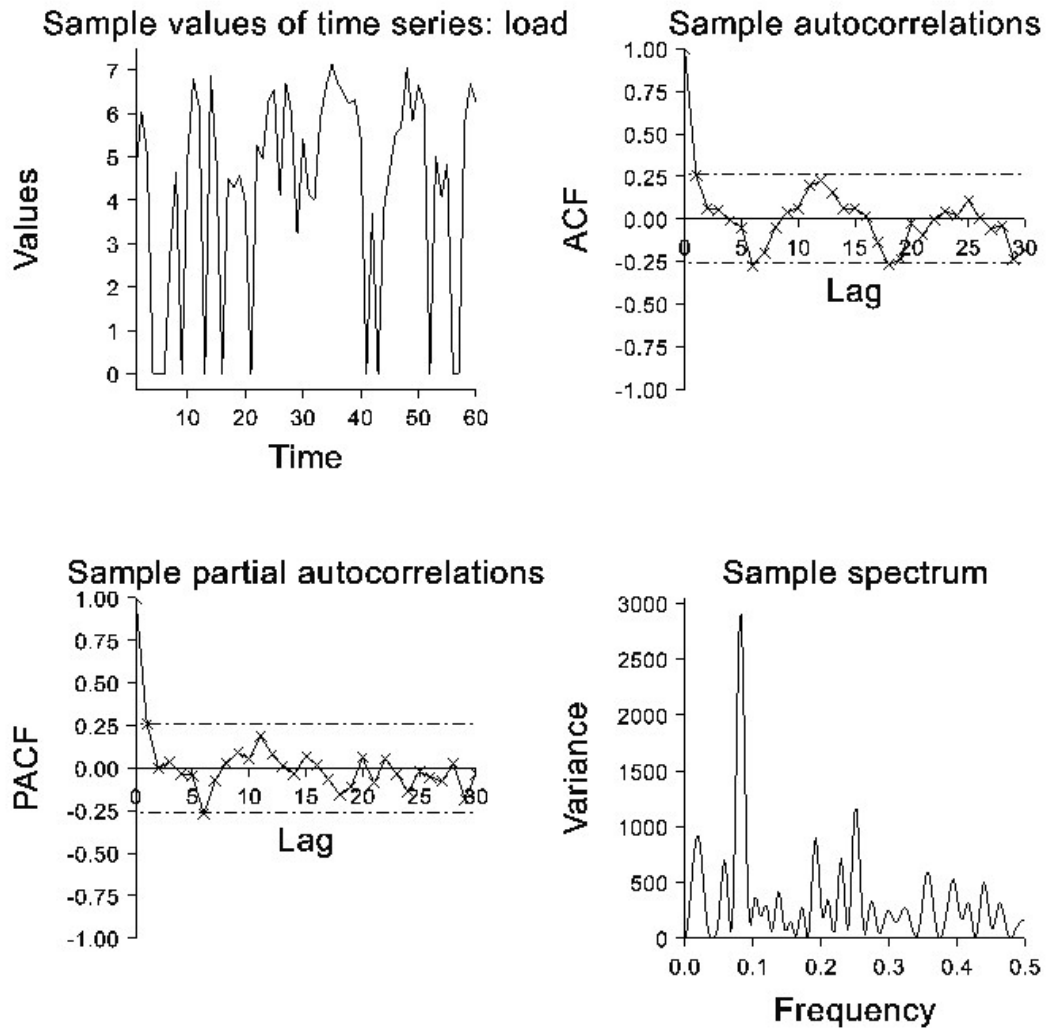
model	I_t	y_t^*	$\hat{\omega}_0$	n_t	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$						
N-totaal	-0.00(0.00)	0.70(0.03)	16.58(1.00)	2.6(0.3)	0.55(0.07)	0.4719	75	
N-mineraal	-0.00(0.00)	0.70(0.03)	17.20(0.99)	2.2(0.3)	0.55(0.07)	0.4578	77	
P-totaal	-0.00(0.00)	0.65(0.03)	11.09(0.63)	0.6(0.1)	0.33(0.08)	0.2125	79	
P-ortho	-0.00(0.00)	0.64(0.04)	17.20(1.24)	2.8(0.3)	0.42(0.08)	0.7468	68	

Bijlage D

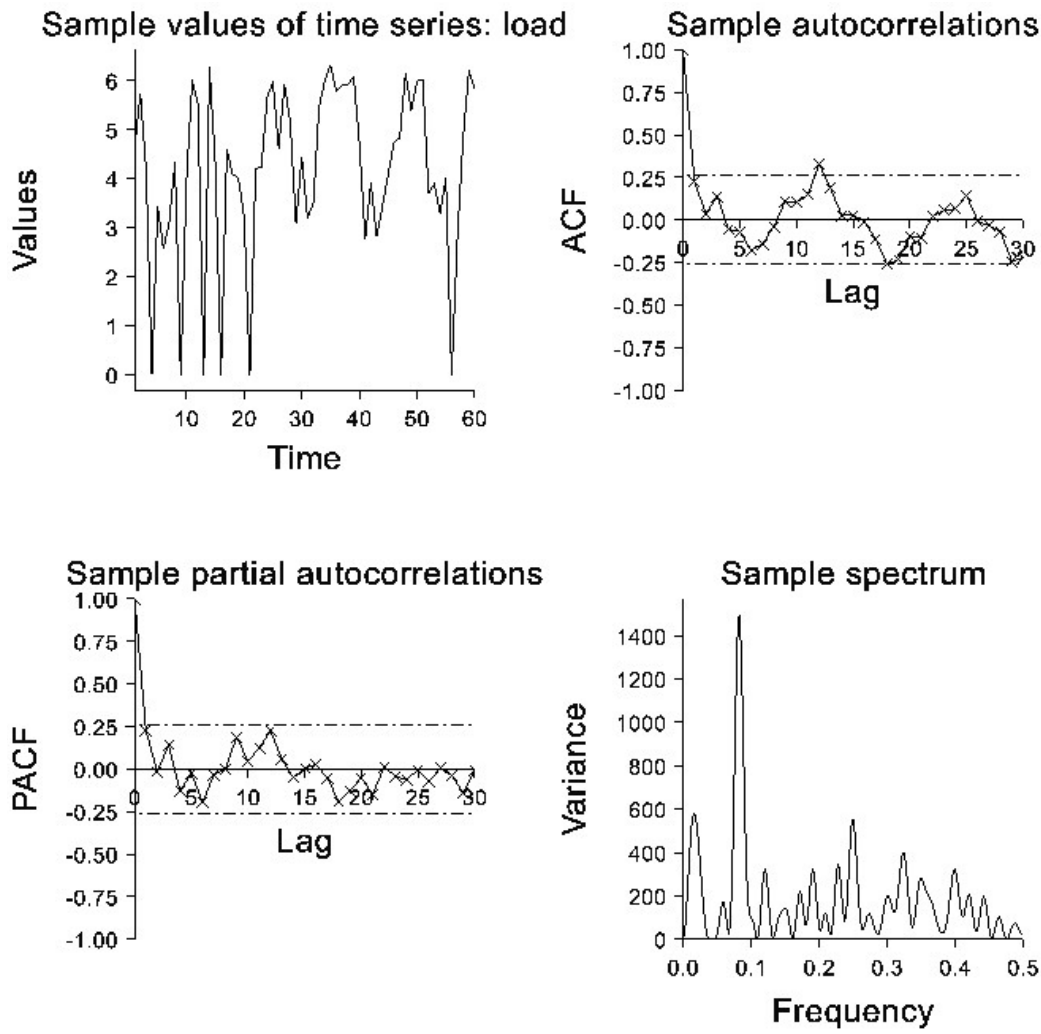
Resultaten Krimpenerwaard



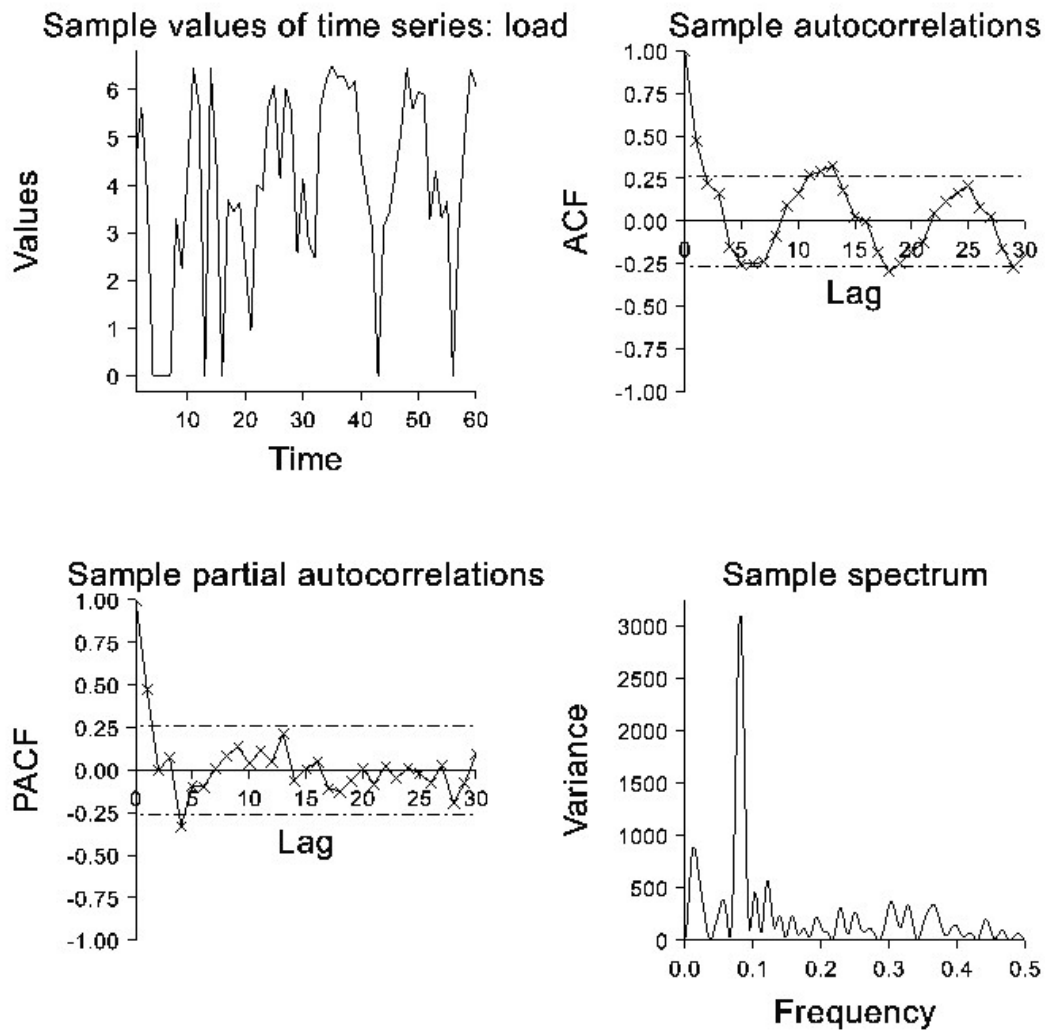
Figuur D.1. Histogrammen van vrachten van N-totaal in de Krimpenerwaard



Figuur D.2. Exploratieve analyse van loggetransformeerde vrachten van N-totaal in de Krimpenerwaard, locatie KOP0427



Figuur D.3. Exploratieve analyse van loggetransformeerde vrachten van N-totaal in de Krimpenerwaard, locatie KOP0801



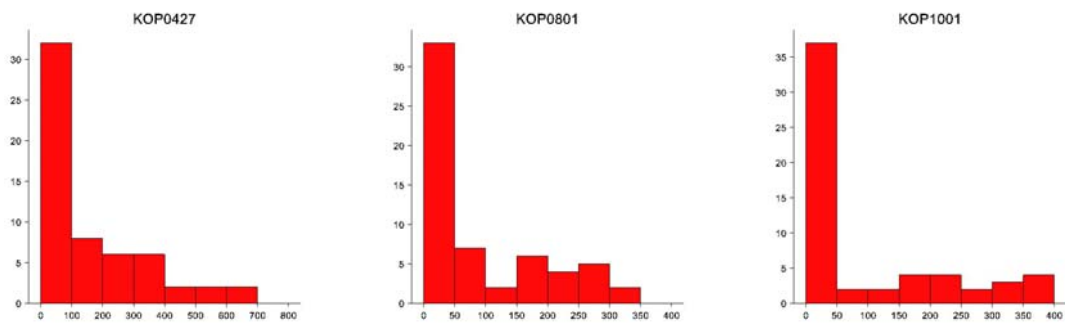
Figuur D.4. Exploratieve analyse van loggetransformeerde vrachten van N-totaal in de Krimpenerwaard, locatie KOP1001

Tabel D.1. Samenvatting van de gegevens van vrachten N-totaal in de Krimpenerwaard.

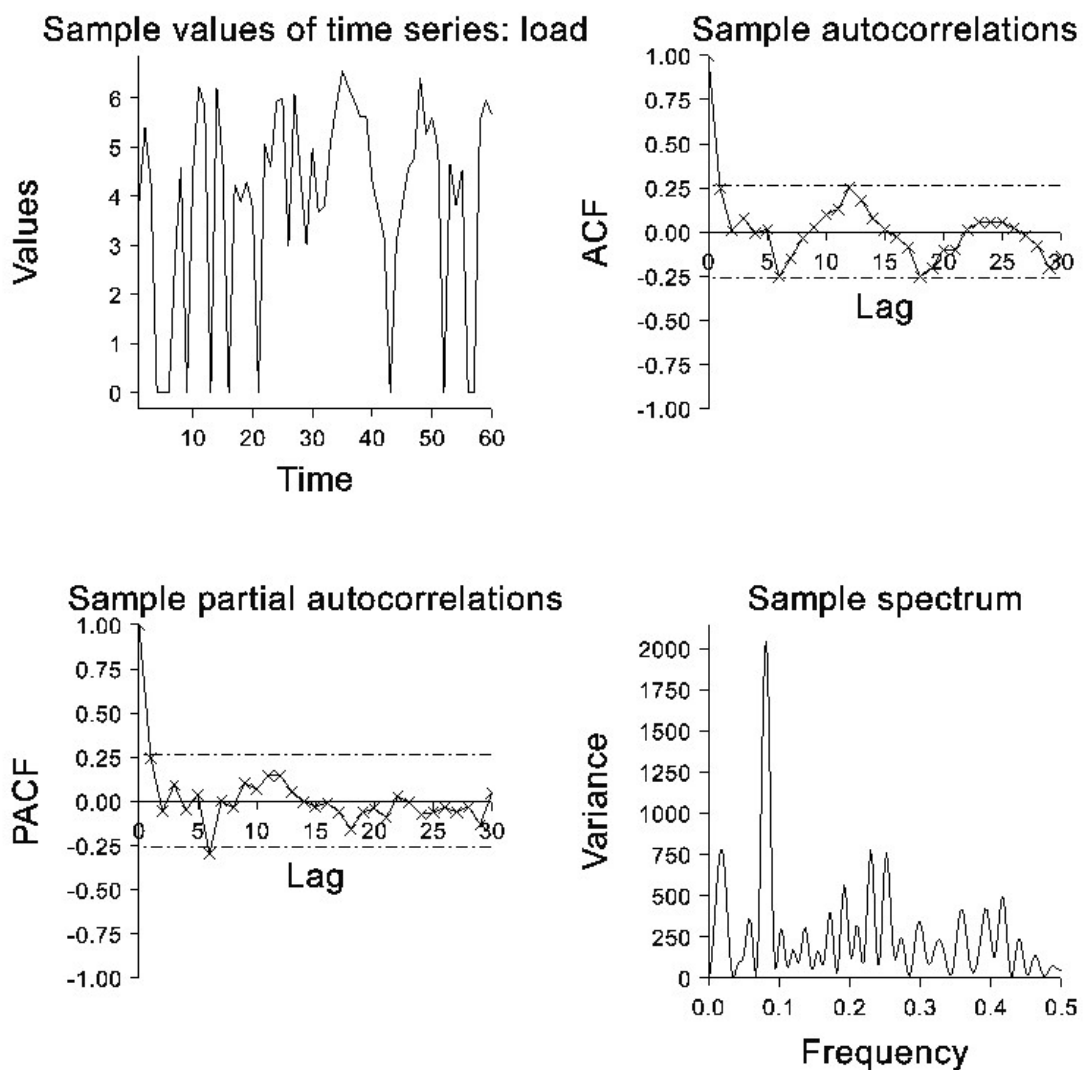
locatie	periode	gemiddelde	variantie	mediaan	minimum	maximum
KOP0427	jan. 1996-dec. 2000	294.7	108545.	145.1	0.	1255.
KOP0801	jan. 1996-dec. 2000	162.2	28418.	74.34	0.	551.6
KOP1001	jan. 1996-dec. 2000	183.1	46046.	61.59	0.	656.5

Tabel D.2. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van N-totaal in de Krimpenerwaard, met het neerslagoverschot als verklarende reeks. L_t : lineaire component. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Standaardfouten tussen haakjes.

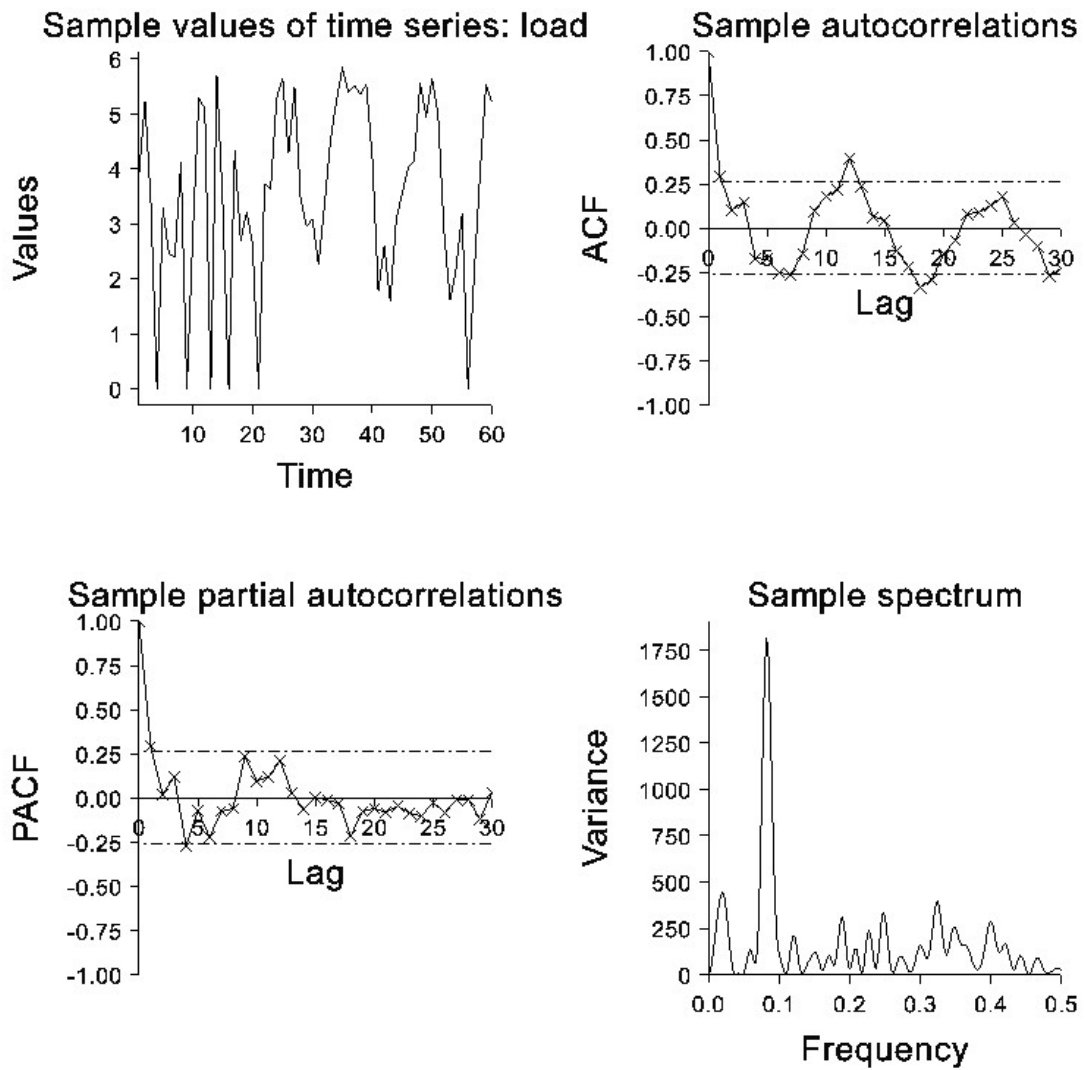
Locatie	I_t		y_t^*		n_t		$\hat{\sigma}_a^2$	% v.v.
	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$			
KOP0427	-0.01(0.01)		0.29(0.10)	28.8(3.5)	3.5(0.4)	-0.04(0.14)	2.26	61
KOP0801	-0.00(0.01)		0.37(0.10)	18.6(2.6)	3.4(0.3)	-0.13(0.14)	1.41	55
KOP1001	-0.00(0.01)		0.40(0.07)	24.6(2.4)	2.8(0.3)	0.03(0.14)	1.10	74



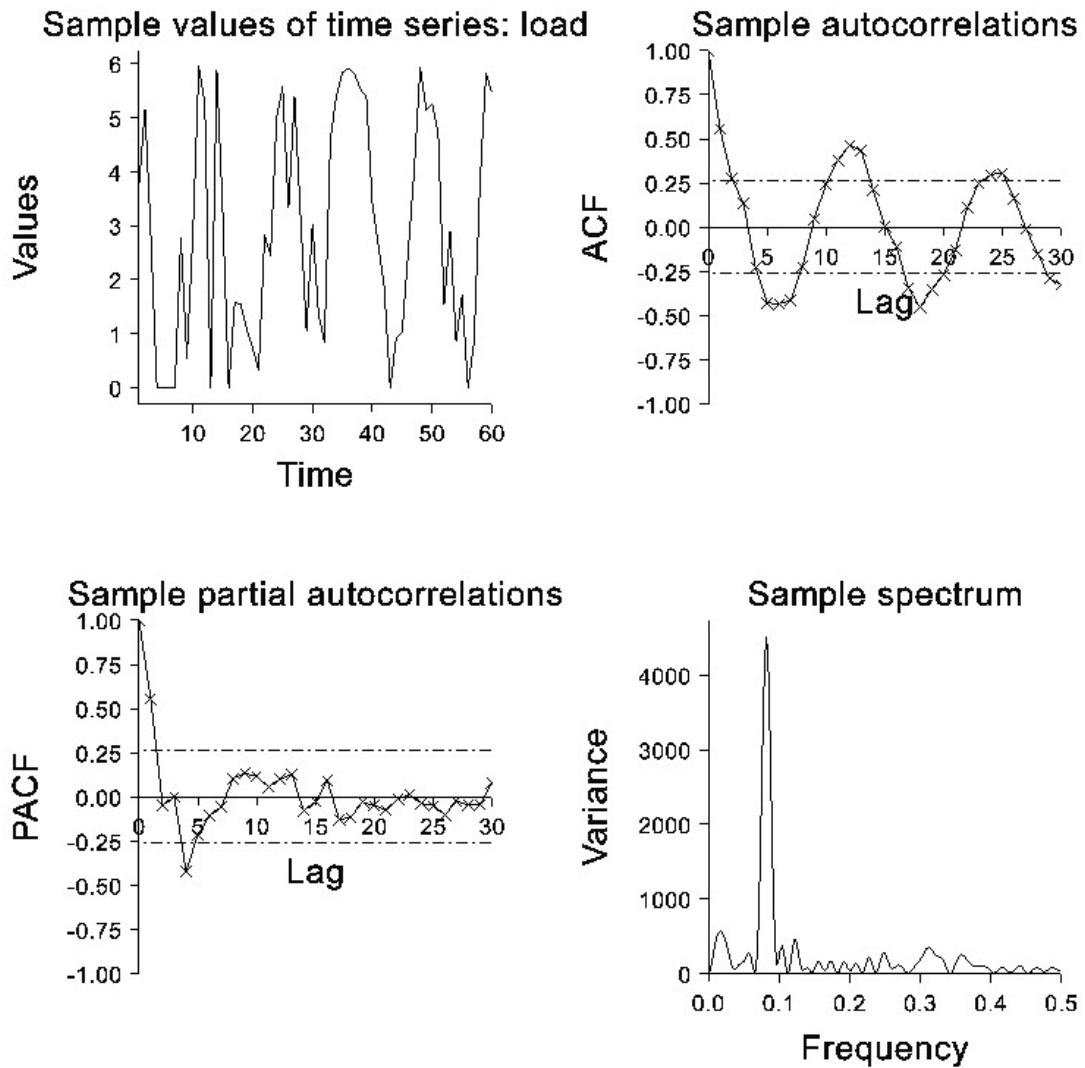
Figuur D.5. Histogrammen van vrachten van N-mineraal in de Krimpenerwaard



Figuur D.6. Exploratieve analyse van loggetransformeerde vrachten van N-mineraal in de Krimpenerwaard, locatie KOP0427



Figuur D.7. Exploratieve analyse van loggetransformeerde vrachten van N-mineraal in de Krimpenerwaard, locatie KOP0801



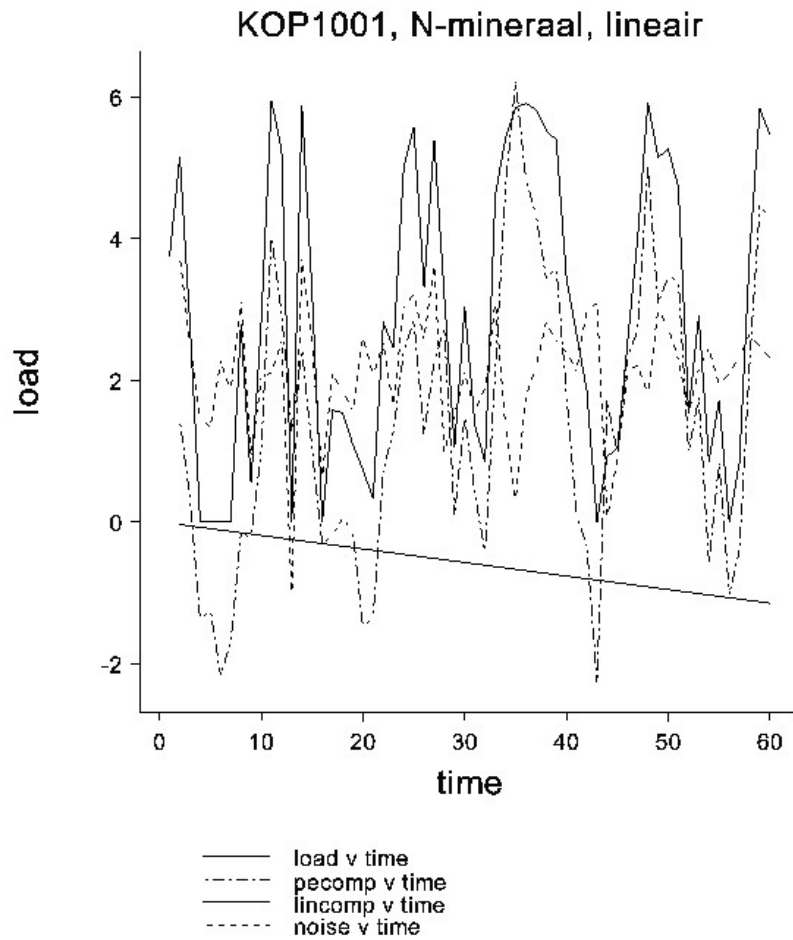
Figuur D.8. Exploratieve analyse van loggetransformeerde vrachten van N-mineraal in de Krimpenerwaard, locatie KOP1001

Tabel D.3. Samenvatting van de gegevens van vrachten N-mineraal in de Krimpenerwaard.

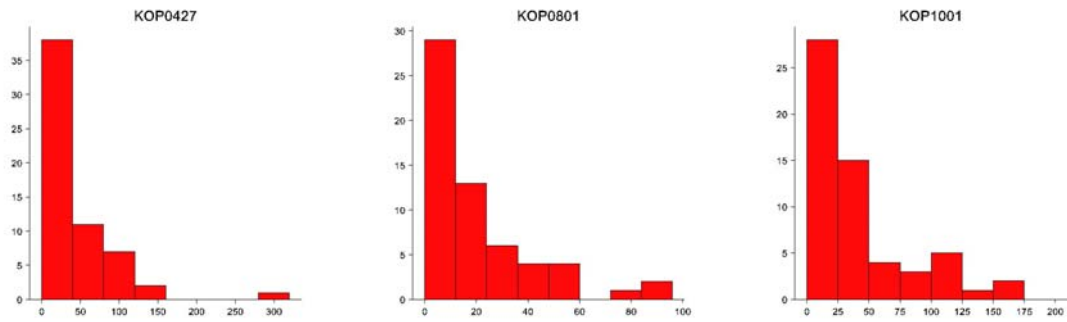
locatie	periode	gemiddelde	variantie	mediaan	minimum	maximum
KOP0427	jan. 1996-dec. 2000	111.4	12418.	76.99	0.	401.6
KOP0801	jan. 1996-dec. 2000	62.50	4973.	26.50	0.	238.5
KOP1001	jan. 1996-dec. 2000	51.98	5573.	7.929	0.	241.9

Tabel D.4. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van N-mineraal in de Krimpenerwaard, met het neerslagoverschot als verklarende reeks. L_t : lineaire component. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Standaardfouten tussen haakjes.

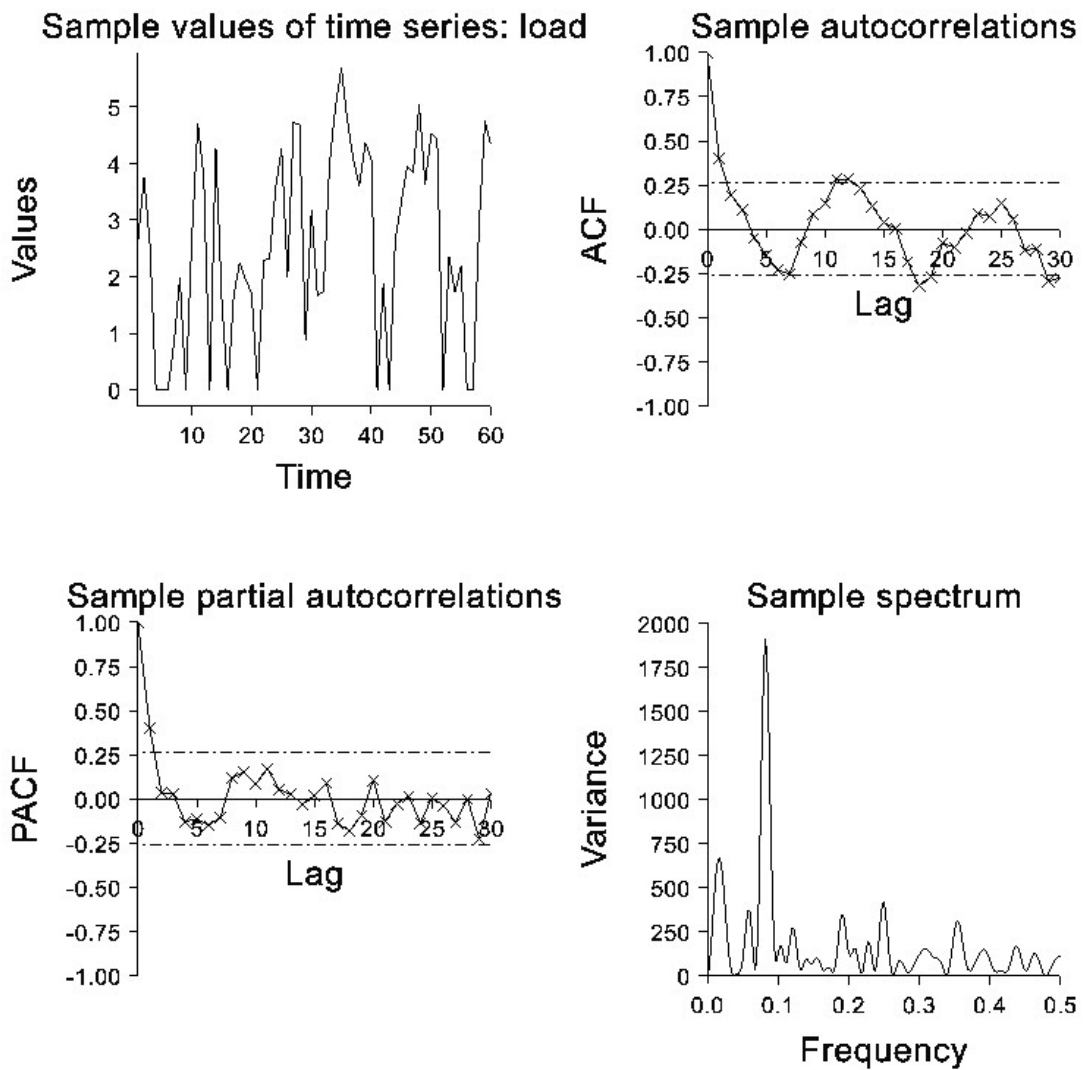
Locatie	L_t		n_t					% v.v.
	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$		
KOP0427	-0.01(0.01)	0.289(0.106)	24.95(3.27)	3.2(0.3)	-0.05(0.14)	1.87	59	
KOP0801	-0.01(0.01)	0.41(0.09)	18.3(2.3)	3.0(0.3)	-0.15(0.14)	1.20	58	
KOP1001- 0.01912	(0.00789)	0.4753(0.0532)	25.25(2.00)	2.1(0.2)	-0.005(0.140)	0.89	80	



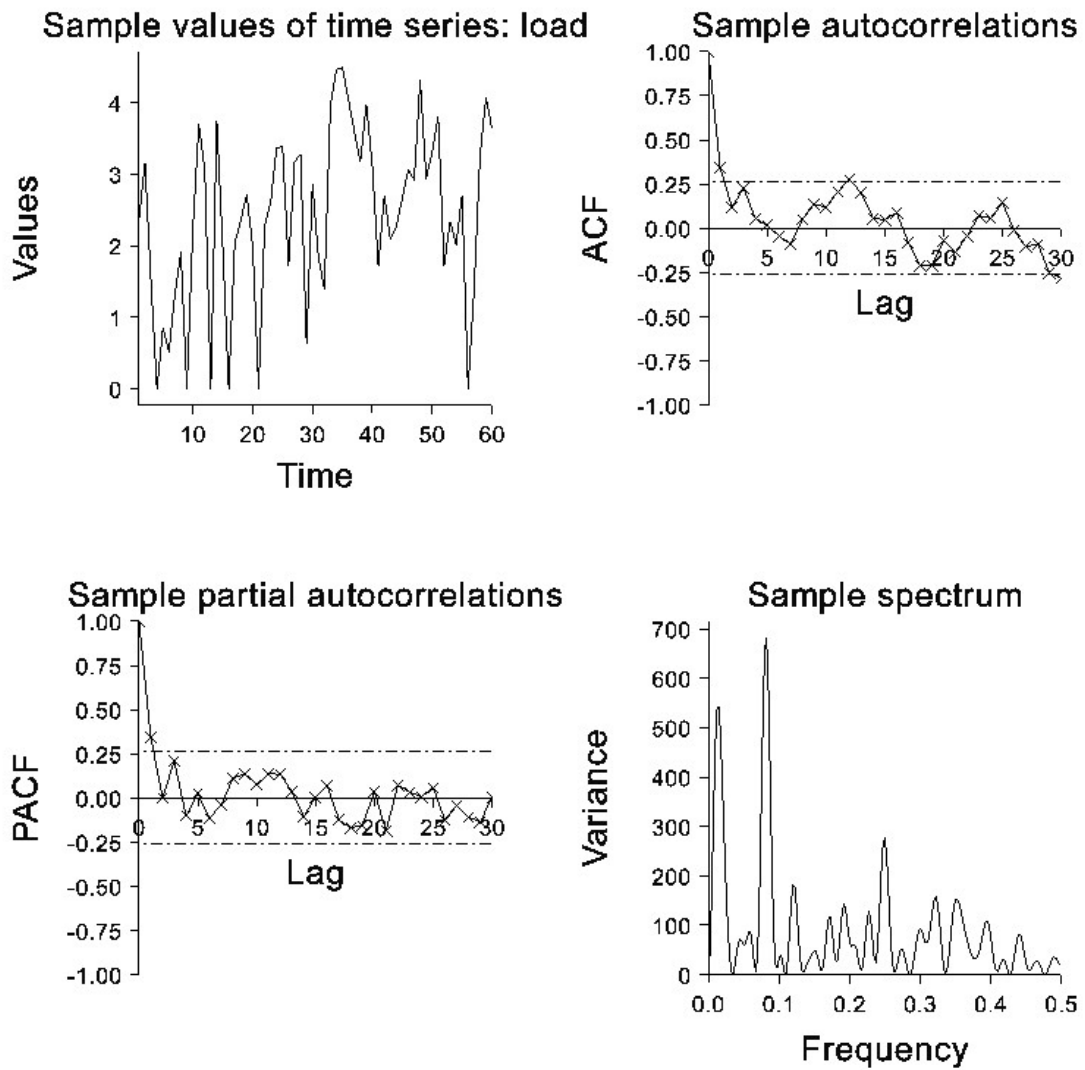
Figuur D.9. Tijdreeksgrafiek van loggetransformeerde vrachten van N-mineraal, met de component van het neerslagoverschot (pecomp), een lineaire, dalende trend (lincomp) en de component van overige invloeden (noise). Locatie KOP1001. Periode januari 1996-december 2000, maandcijfers.



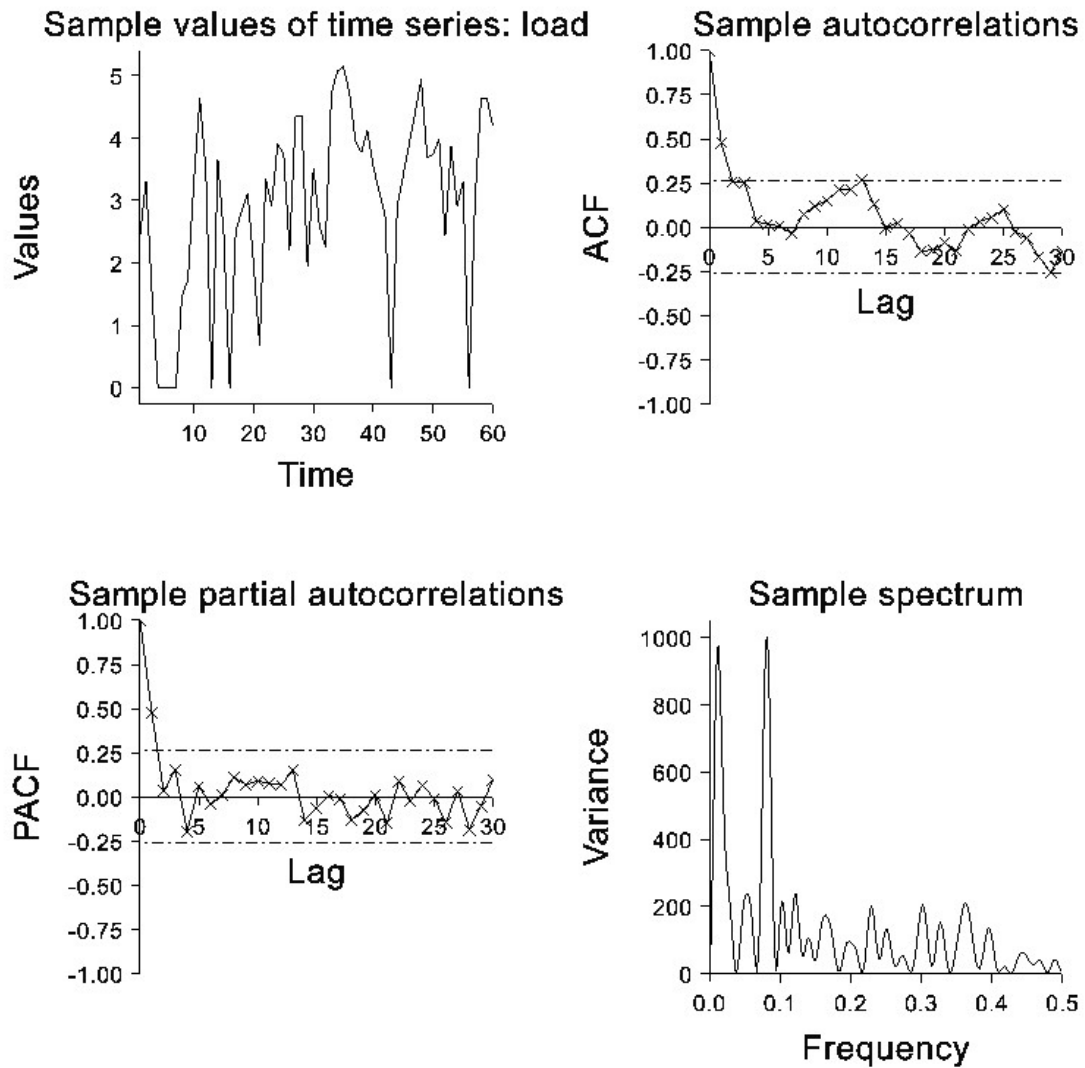
Figuur D.10. Histogrammen van vrachten van P-totaal in de Krimpenerwaard



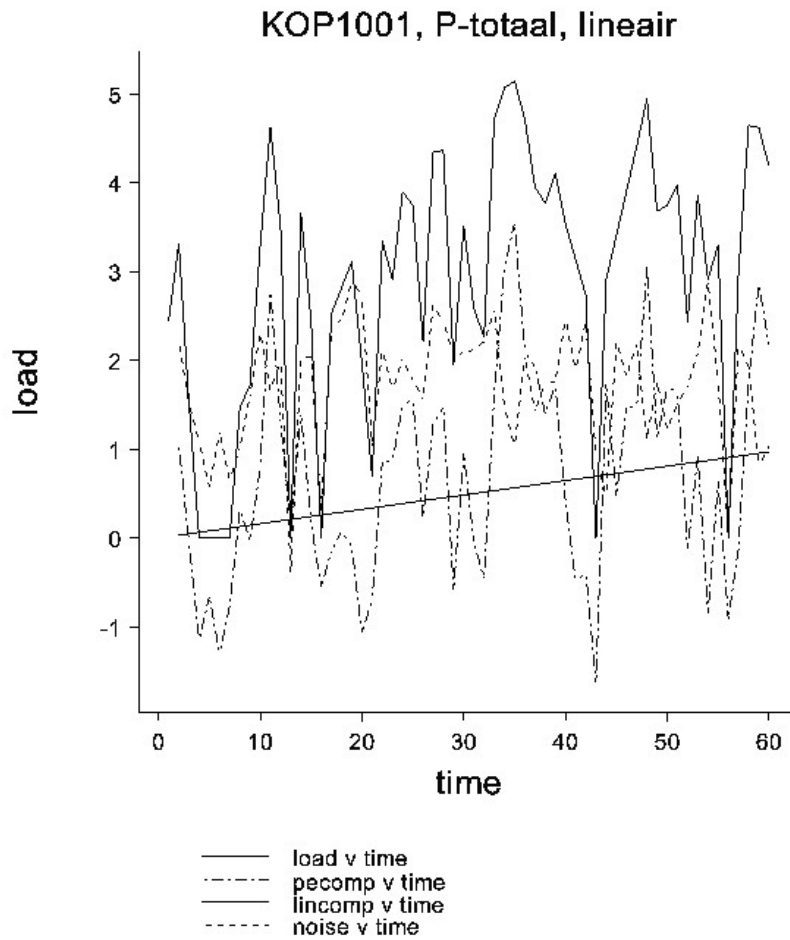
Figuur D.11. Exploratieve analyse van loggetransformeerde vrachten van P-totaal in de Krimpenerwaard, locatie KOP0427



Figuur D.12. Exploratieve analyse van loggetransformeerde vrachten van P-totaal in de Krimpenerwaard, locatie KOP0801



Figuur D.13. Exploratieve analyse van loggetransformeerde vrachten van P-totaal in de Krimpenerwaard, locatie KOP1001



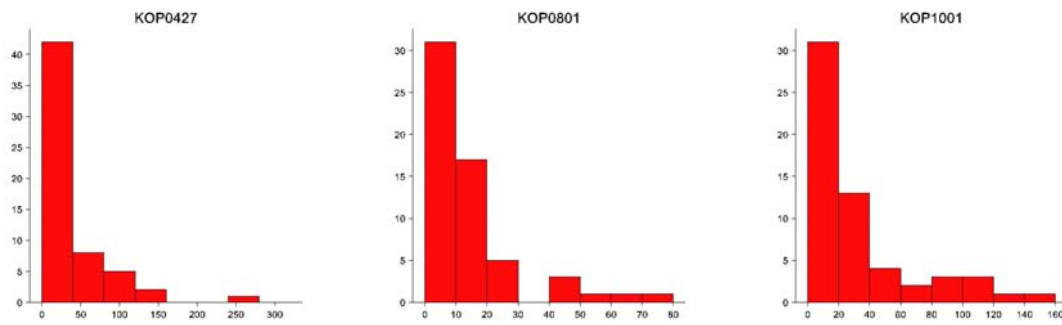
Figuur D.14. Tijdreeksgrafiek van loggetransformeerde vrachten van P-totaal, met de component van het neerslagoverschot (pecomp), een lineaire, stijgende trend (lincomp) en de component van overige invloeden (noise). Locatie KOP1001. Periode januari 1996-december 2000, maandcijfers.

Tabel D.5. Samenvatting van de gegevens van vrachten P-totaal in de Krimpenerwaard.

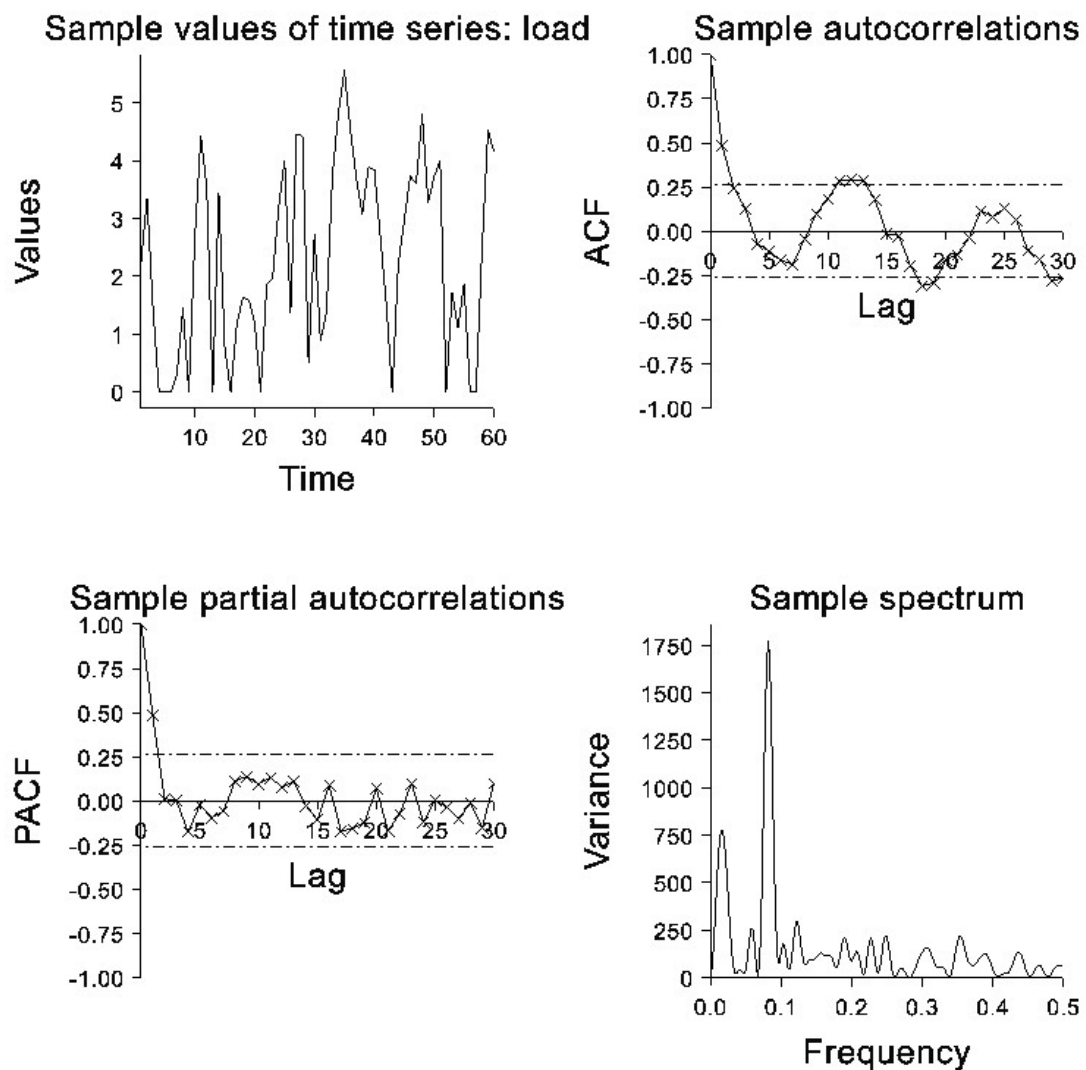
locatie	periode	gemiddelde	variantie	mediaan	minimum	maximum
KOP0427	jan. 1996-dec. 2000	38.27	2850.	12.09	0.	290.5
KOP0801	jan. 1996-dec. 2000	19.62	452.8	12.43	0.	87.96
KOP1001	jan. 1996-dec. 2000	38.08	1746.	26.02	0.	170.4

Tabel D.6. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van P-totaal in de Krimpenerwaard, met het neerslagoverschot als verklarende reeks. L_t : lineaire component. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Standaardfouten tussen haakjes.

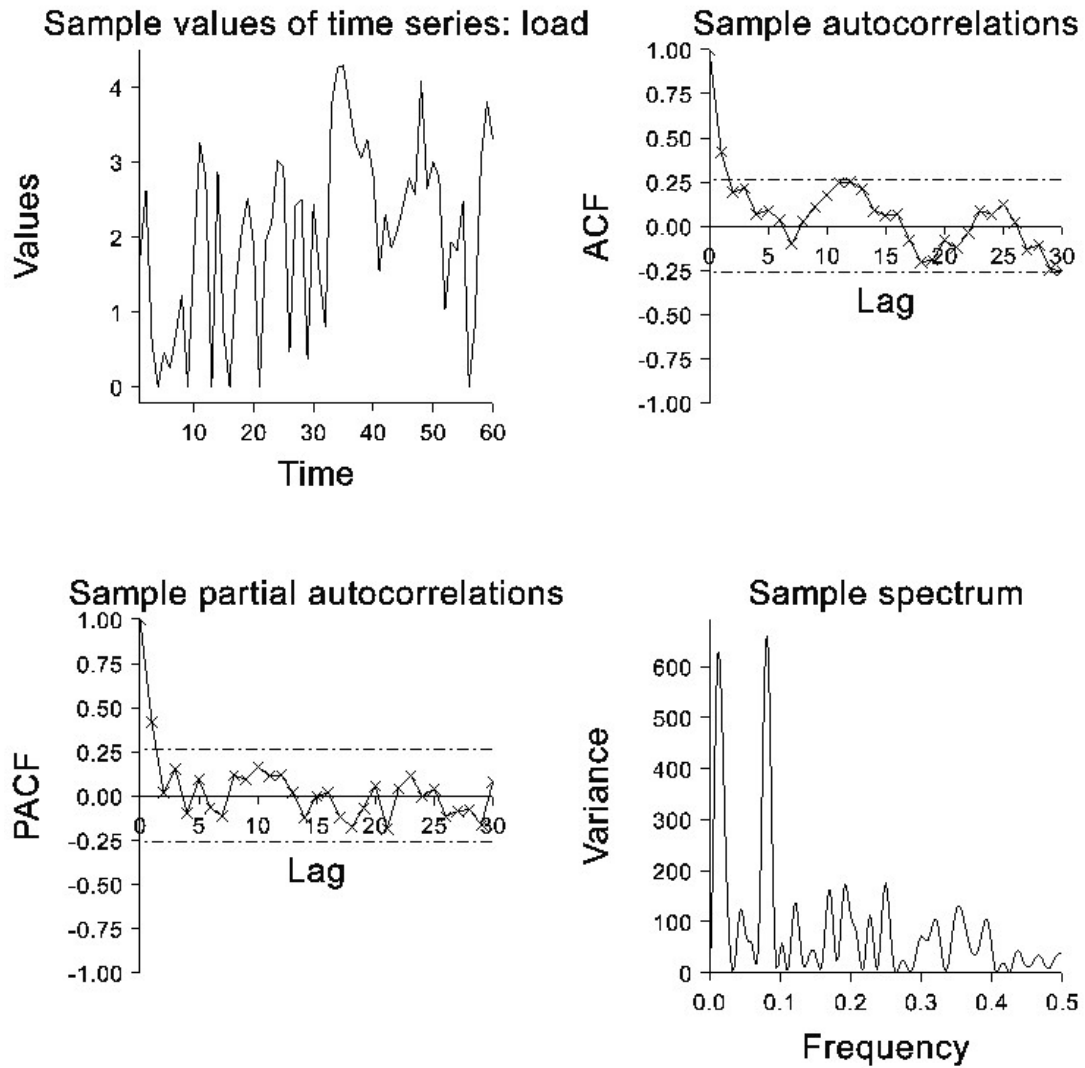
Locatie	I_t	y_t^*		n_t			% v.v.
	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$	
KOP0427	-0.01(0.01)	0.33(0.07)	22.2(1.9)	1.8(0.2)	-0.01(0.14)	0.6370	79
KOP0801	0.01(0.01)	0.22(0.10)	15.3(1.7)	1.6(0.2)	0.01(0.14)	0.4744	69
KOP1001	0.02 (0.01)	0.20(0.09)	18.6(1.8)	1.7(0.2)	0.12(0.14)	0.5484	76



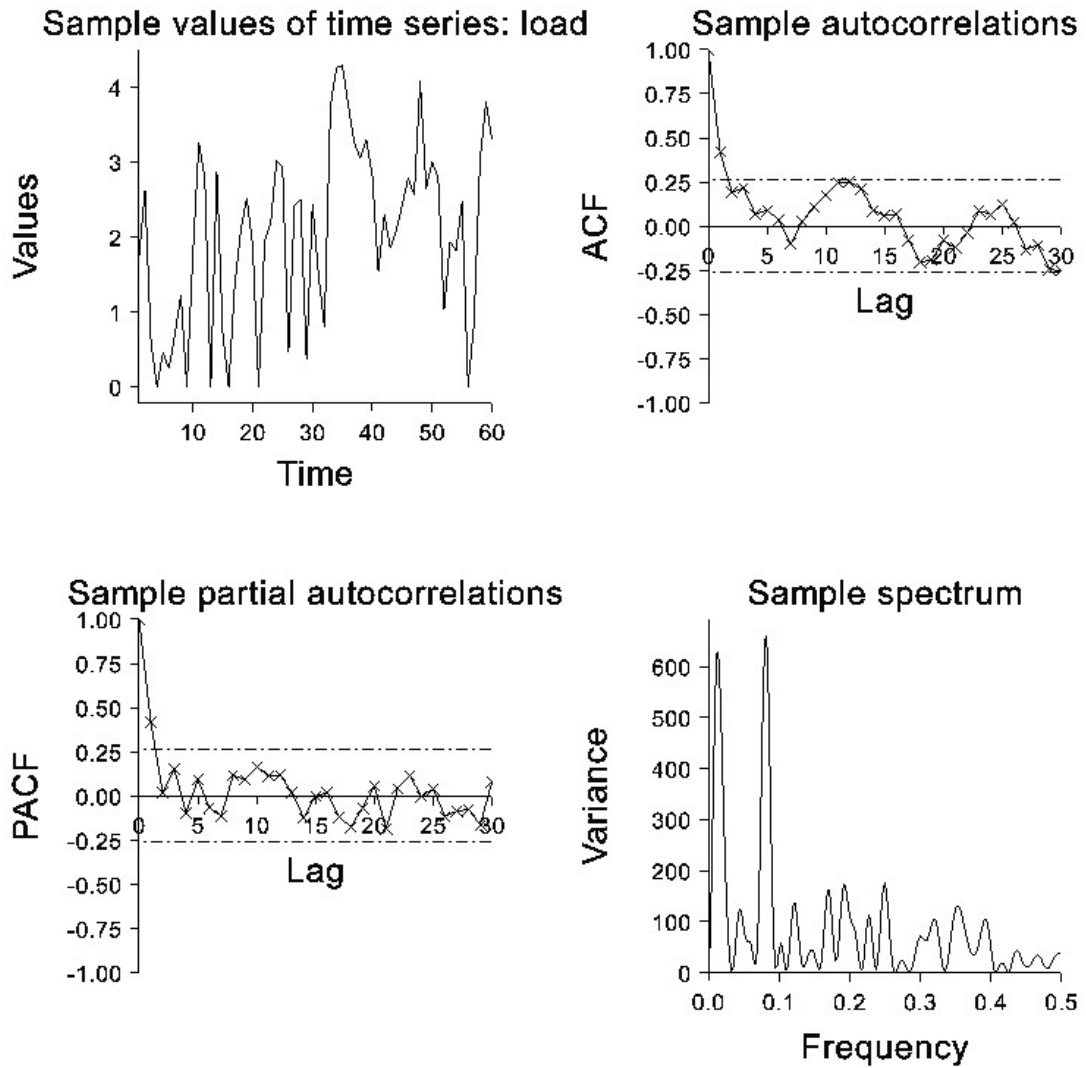
Figuur D.15. Histogrammen van vrachten van orthofosfaat in de Krimpenerwaard



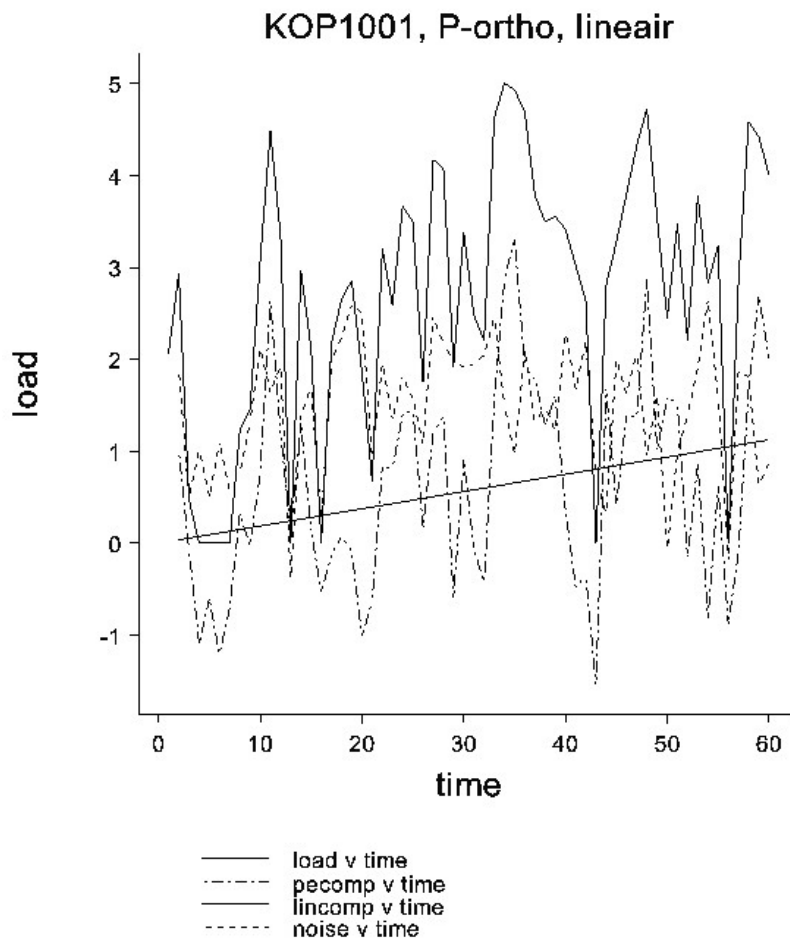
Figuur D.16. Exploratieve analyse van loggetransformeerde vrachten van orthofosfaat in de Krimpenerwaard, locatie KOP0427



Figuur D.17. Exploratieve analyse van loggetransformeerde vrachten van orthofosfaat in de Krimpenerwaard, locatie KOP0801



Figuur D.18. Exploratieve analyse van loggetransformeerde vrachten van orthofosfaat in de Krimpenerwaard, locatie KOP1001



Figuur D.19. Tijdreeksgrafiek van loggetransformeerde vrachten van orthofosfaat, met de component van het neerslagoverschot (pecomp), een lineaire, stijgende trend (lincomp) en de component van overige invloeden (noise). Locatie KOP1001. Periode januari 1996-december 2000, maandcijfers.

Tabel D.7. Samenvatting van de gegevens van vrachten orthofosfaat in de Krimpenerwaard.

locatie	periode	gemiddelde	variantie	mediaan	minimum	maximum
KOP0427	jan. 1996-dec. 2000	28.76	1992.	7.101	0.	258.5
KOP0801	jan. 1996-dec. 2000	13.25	265.7	7.797	0.	71.56
KOP1001	jan. 1996-dec. 2000	31.22	1337.	17.14	0.	148.

Tabel D.8. Gekalibreerde interventiemodellen voor loggetransformeerde vrachten van orthofosfaat in de Krimpenerwaard, met het neerslagoverschot als verklarende reeks. L_t : lineaire component. y_t^* : transfercomponent voor het neerslagoverschot. n_t : ruiscomponent. % v.v.: percentage verklaarde variantie. Standaardfouten tussen haakjes.

Locatie	I_t		y_t^*			n_t		% v.v.
	$\hat{\omega}_0$	$\hat{\delta}_1$	$\hat{\omega}_0$	\hat{c}	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\sigma}_a^2$		
KOP0427	-0.00(0.01)	0.33(0.06)	21.6(1.7)	1.4(0.2)	0.05(0.15)	0.51	81	
KOP0801	0.01(0.01)	0.19(0.10)	15.1(1.6)	1.2(0.2)	0.15(0.14)	0.42	71	
KOP1001	0.02 (0.01)	0.18(0.09)	17.7(1.8)	1.5(0.2)	0.13(0.14)	0.56	74	