

Nutriëntenconcentraties en –trends in kleine landbouwbeïnvloede wateren, 1985-2000.

auteurs:

R. Portielje (RIZA)
J.W.J. van der Gaast (Alterra)
J.W.H. van der Kolk (Alterra)
O.F. Schoumans (Alterra)
P.C.M. Boers (RIZA)

Februari 2002

RIZA rapport 2002.008
Alterra rapport 472
ISBN 9036954274



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling



ALTERRA

RESEARCH INSTITUUT VOOR DE GROENE RUIMTE

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
Voorwoord	3
Samenvatting	4
1 Inleiding	7
2 Data	9
2.1 meetlocaties	9
2.2 GIS data	10
3 Methoden	18
3.1 Analyse van nutriëntenconcentraties	18
3.2 Trendanalyse	18
3.3 Relaties met systeemkenmerken	19
4 Resultaten	20
4.1 Concentraties	20
Per locatie	20
Per cluster	21
4.2 Trends	23
4.2.1 Per locatie	23
4.2.2 Landelijk	25
4.2.3 Per cluster	28
4.3 Correlaties met systeemkenmerken	34
5 Discussie	39
6 Conclusies	42
7 Aanbevelingen	43
7.1 Aanbevelingen voor verbetering en optimalisering van het meetnet	43
7.2 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	43
Referenties	45
Bijlage I. Criteria voor vermestingspunten zoals deze zijn opgegeven aan de waterbeheerders.	46
Bijlage II. Overzicht vermestingspunten	47

Voorwoord

Dit rapport behandelt de ontwikkelingen in de concentraties van nutriënten (stikstof en fosfor) in kleine, hoofdzakelijk door landbouw beïnvloede oppervlaktewateren van Nederland in de periode 1985-2000. Tevens worden verbanden onderzocht tussen nutriëntenconcentraties en kenmerken van het omliggende gebied.

De vraagstelling is van belang in het kader van de Evaluatie Mestbeleid. De resultaten zijn tevens inzetbaar voor beleidsadvisering met betrekking tot de EU Nitraatrichtlijn en voor de discussie rond gedifferentieerde normstelling voor nutriënten in oppervlaktewateren. Daarnaast zijn de resultaten van belang voor het project 'Milieu-indicatoren voor het mestbeleid' dat in het kader van DLO-onderzoeksprogramma 317 wordt uitgevoerd. Hierin worden indicatoren gezocht waarbij de gehele keten van mestgift tot uitspoeling en oppervlaktewaterkwaliteit in beschouwing wordt genomen. De geanalyseerde ruimtelijke spreiding van nutriëntenconcentraties en trends hierin worden tevens gebruikt om een landelijk model voor de uit- en afspoeling van nutriënten, STONE, op landelijke schaal te kunnen toetsen. Tevens kunnen de bevindingen gebruikt worden voor de ontwikkeling van beleidsinstrumenten voor de analyse van stofstromen op (boven)regionale schaal.

De uitvoering is in handen van dr. ir. R. Portielje (projectleider) en dr. P.C.M. Boers (beide RIZA) en ir. J.W.H. van der Kolk, drs. ing. J.W.J. van der Gaast en ir. O. F. Schoumans (allen Alterra). Voor de waterkwaliteitsgegevens is gebruik gemaakt van de dataset die wordt verzameld bij de regionale waterbeheerders in het kader van de jaarlijkse CIW-enquête. drs J. Maaskant (RIZA) wordt bedankt voor zijn inzet bij de inzameling van de data. De regionale waterbeheerders worden bedankt voor hun bereidheid tot het aanleveren van de waterkwaliteitsgegevens. Tevens worden de deelnemers aan Cluster 2 van de Evaluatie Mestbeleid bedankt voor hun bijdragen aan de discussies die tot de totstandkoming van dit rapport hebben bijgedragen

Samenvatting

Eutrofiëring van oppervlaktewater is reeds sinds enige decennia een belangrijk probleem. De bestrijding van eutrofiëring heeft zich in het begin sterk gericht op de sanering van puntbronnen. Daarna(ast) heeft ook het terugdringen van de belasting vanuit diffuse bronnen sterke aandacht gekregen. De effecten van het beleid ten aanzien van de belasting van oppervlaktewater vanuit diffuse bronnen, zoals af- en uitspoeling vanuit de landbouw, zijn naar verwachting het eerst en best merkbaar in de nutriëntenconcentraties van de kleine, direct door deze af- en uitspoeling beïnvloede wateren.

Om de effecten van het gevoerde meststoffenbeleid te toetsen zijn in CIW-kader lange termijn (1985-2000) monitoringsgegevens verzameld van nutriëntenconcentraties in ruim 300 landelijk gespreide locaties voor het overgrote deel in kleine oppervlaktewateren, die door de beheerder zijn aangemerkt als voornamelijk door landbouw beïnvloed. In deze studie is de landelijke spreiding van concentraties van stikstof en fosfor in deze kleine oppervlaktewateren beschreven, alsmede de veranderingen daarin gedurende de periode 1985-2000. Tevens zijn relaties onderzocht met diverse kenmerken van het afwaterend land waardoor een meetlocatie beïnvloed wordt, zoals bodemtype, geologie, landgebruik en de invloed van grondwaterstand en -kwaliteit. Een goede ruimtelijke spreiding van de meetlocaties over Nederland is essentieel voor een dergelijke analyse. Hoewel de gebruikte dataset goed landsdekkend is, zijn er nog enige regio's die relatief ondervertegenwoordigd zijn, zoals delen van de bekende mestoverschotgebieden in het oostelijk en zuidelijk zandgebied.

Op landelijke schaal zijn de totaal-fosfor concentraties tussen 1985 en 2000 sterk afgenomen. Uitgedrukt in de maandelijks mediaan van de concentraties op alle locaties waarvan meetgegevens beschikbaar zijn komt dit neer op bijna een halvering van de totaal-fosfor concentratie over deze periode, van 0,38 mg P/l naar 0,20 mg P/l. Hierbij is, na een periode met hoge concentraties en sterke maand tot maand fluctuaties in de periode 1985-1989, de sterkste daling opgetreden in de periode 1989-1995. Daarna is er een afvlakking van de dalende trend opgetreden, en zijn de landelijke mediane totaal-fosfor concentraties gestabiliseerd rond het huidige niveau van 0,20 mg P/l.

Het aandeel landbouwareaal in de afwateringseenheid is ook een belangrijke factor. In de set locaties met meer dan 70 % landbouwareaal binnen de afwateringseenheid waren de concentraties in de beginjaren van de bestudeerde periode aanzienlijk lager dan in locaties met minder dan 70 % landbouw, maar in beide deelsets zijn de totaal-fosfor concentraties vrijwel gehalveerd, en is er een afvlakking van de dalende trend sinds 1995. Het verschil in concentraties tussen beide deelsets is in de loop der jaren verdwenen. De sterkere afname in de set locaties met minder dan 70% landbouwareaal kan derhalve waarschijnlijk deels worden toegeschreven aan de sanering van puntbronnen zoals overstorten en ongezuiverde lozingen van huishoudelijk afvalwater. Voor deze locaties is de aard van de belasting in de loop der tijd veranderd. Zo kan het dat het saneren van puntbronnen (installatie septic-tanks etc.) er toe heeft geleid dat het procentuele aandeel diffuse belasting door uitspoeling sinds 1985 in de tijd is toegenomen. Een meetlocatie die thans, op grond van de gestelde criteria als voornamelijk door landbouw beïnvloed kan worden aangemerkt, behoeft dat medio jaren tachtig nog niet te zijn geweest. De grote variatie van maand tot maand in de mediane totaal-P concentratie in de periode 1985-1989 was ook aanzienlijk groter in de locaties met minder dan 70% landbouwareaal binnen de afwateringseenheid.

Voor totaal-stikstof is er ook sprake van een dalende trend, maar de relatieve afname, van 4,9 mg N/l in januari 1985 naar 4,2 mg N/l in december 2000, is veel kleiner dan die van totaal-fosfor. Voor totaal-stikstof is er echter geen verschil tussen deelsets met meer en minder dan 70 % landbouwareaal in de afwateringseenheid.

Op het niveau van individuele locaties is er voor zowel totaal-fosfor als totaal-stikstof, met respectievelijk 56% en 60%, sprake van een significant dalende trend op een meerderheid van de locaties, terwijl er op respectievelijk 13 % en 10 % van de locaties sprake is geweest van een significante stijging. Voor de overige locaties wijkt de trend niet significant af van nul.

Binnen Nederland zijn er grote verschillen in nutriëntenconcentraties tussen verschillende regio's. Met name een indeling in landschapsregio's, waarbij het bodemtype één van de belangrijkste criteria is, geeft duidelijke verschillen te zien. De totaal-fosfor concentraties zijn het laagst in het pleistoceen, het rivieren- en het zandgebied, en een deel van de droogmakerijen. Verreweg de hoogste concentraties komen voor in het zeekleigebied, en in mindere mate in het laagveengebied en een deel van de droogmakerijen. Ook voor totaal-N is er een duidelijk, hetzij minder uitgesproken, onderscheid tussen de verschillende landschapsregio's. Deze concentraties zijn het laagst in het rivieren- en laagveengebied, en evenals voor totaal-P het hoogst in het zeekleigebied, terwijl het zand- en hoogveengebied, de droogmakerijen en het pleistoceen hier een tussenpositie innemen. Wat betreft de trends is er, over de gehele periode 1985-2000, in alle landschapstypen een dalende trend te zien in de totaal-P concentratie. Wanneer slechts de periode 1989-2000 wordt beschouwd, is de trend in alle landschapstypen aanzienlijk minder sterk dalend, en zelfs licht stijgend in de droogmakerijen. Voor totaal-N zijn er grotere verschillen in de trends tussen de verschillende landschapsregio's: een zeer zwak stijgende trend in het zeekleigebied, en dalende trends in de overige landschapsregio's.

In een aantal landschapsregio's is er een significant verband gevonden tussen nutriëntenconcentraties en het landgebruik, met name een positief verband tussen het aandeel tuinbouw en zowel de totaal-fosfor als totaal-stikstof concentratie in het zeeklei- en laagveengebied, waar zich de grootste arealen van deze tuinbouw bevinden.

Wat betreft de invloed van de grondwaterstand is er alleen voor totaal-fosfor in sommige gevallen een significant negatief verband gevonden tussen de gemiddelde diepte van de grondwaterstand onder het maaiveld in een afwateringseenheid en de concentratie in het oppervlaktewater. Dit was met name het geval in het zandgebied en het zeekleigebied, en in mindere mate in de droogmakerijen. Er zijn geen significante verbanden gevonden tussen nutriëntenconcentraties of -trends en de kwelintensiteit. De kwaliteit van het diepe grondwater speelt wel een rol. In het zeekleigebied is er een significant verband tussen de totaal-fosfor concentraties in respectievelijk het kleine oppervlaktewater en het diepe grondwater. De natuurlijke achtergrondbelasting in delen met kwel heeft hier dus ook een niet te verwaarlozen effect op de waterkwaliteit.

Het verschil tussen de relatieve afname van enerzijds totaal-P en anderzijds totaal-N is opmerkelijk. Ook al is er op een meerderheid van de locaties een significante afname van beide nutriënten, de procentuele reductie over de periode 1985-2000 is aanzienlijk kleiner voor totaal-N dan voor totaal-P. Dit duidt er op dat de maatregelen een sterkere reductie van P hebben tot gevolg hebben gehad. Een mogelijke oorzaak is toch een niet te verwaarlozen invloed van de reductie van puntbronnen. Daarnaast kan ook een veranderde afvoerverdeling vanaf de percelen, en wel een afname van het aandeel snelle, oppervlakkige afvoer en hierdoor een toename van het aandeel langzamere, ondiepe en diepere afvoer. Zowel het in praktijk brengen van emissiereducerende methoden voor mesttoediening (het onderwerken van mest) als een mogelijk opgetreden verlaging van de grondwaterstand hebben een dergelijke verschuiving tot gevolg. Modelberekeningen suggereren dat de vracht van totaal-P naar het oppervlaktewater veel sterker zal afnemen door een verschuiving van snelle oppervlakkige afvoer richting langzamere ondiepe en diepe afvoer dan die van totaal-N. Dit komt omdat de retentie van P door vastlegging in de bodem veel sterker is bij langzamere diepere afvoer dan bij snelle oppervlakkige afvoer, daar de toplaag van de bodem het sterkst is opgeladen met fosfor. De retatiefactoren van totaal-N verschillen niet sterk tussen beide afvoerposten.

Over de oorzakelijke verbanden tussen de geconstateerde daling in met name totaal-fosfor en het gevoerde (mest)beleid is nog onduidelijkheid. Een niet te verwaarlozen invloed van de (sanering van) puntbronnen op de waargenomen trends is vooralsnog niet uit te sluiten, gezien ook de opmerkelijke overeenkomsten met trends in emissies door defosfatering op RWZI's en de introductie van fosfaatvrije wasmiddelen. Naast invloed van puntbronnen en de representativiteit van de meetlocatie kunnen de veranderde mestgiften en wijzen van mesttoediening, bijvoorbeeld de introductie van mestinjectie en verwerking van kalvergier eind jaren tachtig, een rol hebben gespeeld. Een hard onderscheid is er echter niet te leggen vanwege de tijdschalen van maatregel-effect relaties en het feit dat de effecten van verschillende typen maatregelen hierdoor in de tijd door elkaar heen lopen. Het is uiteindelijk het netto effect dat bepaalt of verdere bijsturing gewenst is. Ondanks de grote verbeteringen die zijn opgetreden, zijn deze echter de laatste jaren gestagneerd op een niveau (0,20 mg P/l als landelijke mediaan) waarbij de oorspronkelijke doelstellingen van 0,15 mg P/l

nog niet bereikt zijn, er van uitgaand dat deze MTR-waarde in het landelijk gebied aangehouden mag worden als grenswaarde om op termijn een redelijke ecologische kwaliteit te waarborgen. Voorts is de afname in totaal-stikstof relatief gering geweest.

1 Inleiding

Bestrijding van eutrofiëring van oppervlaktewater door de bovenmatige belasting met nutriënten (stikstof en fosfor) is sinds enige decennia een belangrijk item in het waterkwaliteitsbeheer, omdat de ecologische kwaliteit van met name het stagnante oppervlaktewater hier nauw mee samenhangt. Uit een trendanalyse van monitoring gegevens van eutrofiëeringsvariabelen in 231 meren en plassen in Nederland (Vierde Eutrofiëeringsenquête Nederlandse meren en plassen, Portielje & Van der Molen, 1997) is gebleken dat in circa 70 % van de meren en plassen een afname van de totaal-P, totaal-N en chlorofyl-a gehalten en een toename van het doorzicht is opgetreden tussen 1980 en 1996. De oorzaak van deze afname is voor een deel gelegen zijn in een verminderde vracht van met name fosfor via de Rijn, maar wordt ook (deels) bepaald door een verminderde toevoer vanuit de Nederlandse regionale wateren.

De bestrijding van eutrofiëring van oppervlaktewater heeft zich in eerste instantie voornamelijk gericht op de sanering van puntbronnen. Diffuse belasting vanuit o.a. de landbouw heeft echter ook een groot aandeel in de totale belasting van het oppervlaktewater. De bijdrage van de landbouw op de belasting van regionale wateren wordt, gebaseerd op het weerjaar 1993 (L. van Liere, pers. comm.) geschat op gemiddeld 65% voor stikstof en gemiddeld 40% voor fosfor (RIVM, 1999).

Ook voor de bestrijding van de nutriëntenbelasting vanuit diffuse bronnen zijn vele inspanningen verricht. Inzicht is noodzakelijk in hoeverre het gevoerde mestbeleid via een vermindering van deze diffuse belasting heeft geresulteerd in een verbetering van zowel de abiotische als biotische kwaliteit van het oppervlaktewater.

Met het beschikbaar komen van voldoende monitoring gegevens van de abiotische oppervlaktewaterkwaliteit kan geëvalueerd worden in hoeverre deze veranderd is en of deze inmiddels voldoet aan hiervoor geldende doelstellingen. Daarmee wordt zichtbaar of het gevoerde beleid al reeds tot goede en bevredigende resultaten heeft geleid. Om met name veranderingen in diffuse belasting vanuit landbouwgronden te kunnen evalueren is het essentieel dat het onderzoek zich richt op locaties die ook daadwerkelijk voornamelijk door deze diffuse belasting beïnvloed worden, en dat hiervan voldoende locaties beschikbaar zijn die voldoende ruimtelijk gespreid zijn om landelijk representatief te zijn. Daarom is in het kader van de jaarlijkse CIW-enquête aan de regionale waterbeheerders gevraagd een aantal meetlocaties binnen hun beheersgebied aan te wijzen, die voornamelijk worden beïnvloed door de landbouw. De criteria die hiervoor zijn opgesteld zijn gegeven in bijlage I.

Allereerst wordt de landelijke spreiding van concentraties totaal-P en totaal-N op de meetlocaties in beeld gebracht. Dit dient om na te gaan in hoeverre de hoogte van de concentraties regionale patronen vertoont. Middels een trendanalyse wordt geëvalueerd in hoeverre de totaal-P en totaal-N concentraties in de wateren gedurende de periode 1985 tot en met 2000 zijn veranderd. Dit gebeurt zowel voor individuele locaties, als op landelijke en regionale schaal. Voor dit laatste worden de locaties op basis van gemeenschappelijke kenmerken van het afwaterend gebied ingedeeld in clusters. Geanalyseerd is in hoeverre concentraties en trends hierin te relateren zijn aan deze kenmerken. Onder deze kenmerken worden verstaan landschapsregio, hydrotype, landgebruik, grondwatertrap en regionale kwelintensiteit en -kwaliteit. Deze variabelen worden ingedeeld in een aantal klassen:

- Landschapsregio (12 klassen, hier voornamelijk zandgebied, zeekleigebied, pleistoceen, rivierengebied, laagveen en droogmakerijen)
- Hydrotype (thans 22 klassen)
- Landgebruik (maïs, gras, akkerbouw, tuinbouw, natuur, stedelijk)
- Grondwatertrap op de meetlocatie en de verdeling binnen de afwateringseenheid waarbinnen de locatie ligt; deze wordt vervolgens omgerekend naar een over de afwateringseenheid gemiddelde GLG en GHG (respectievelijk de gemiddelde laagste en gemiddelde hoogste grondwaterstand)
- Kwelintensiteit (absoluut, maar ook tweedeling kwel/wegzijging) en -kwaliteit op basis van 'natuurlijke' nutriëntenconcentraties in het diepe grondwater

Daar de verdeling binnen een jaarcyclus van de belasting via regionale wateren van belang is voor ontvangende grotere wateren, zal behalve naar jaargemiddelden ook worden gekeken naar trends in jaardelen (zomer, winter). Trends in verschillende jaardelen kunnen aanvullende informatie opleveren over

ontwikkelingen in de abiotische waterkwaliteit in de kleine wateren die in een jaargemiddelde trend niet tot uiting komt, daar de herkomst van het water per seizoen kan verschillen. Zo is er in gebieden met waterinlaat gedurende droge perioden een variatie in het jaar in het aandeel gebiedseigen versus ingelaten (gebiedsvreemd) water, en zullen ook de ontwikkelingen in de nutriëntenconcentraties kunnen verschillen.

In dit project wordt gebruik gemaakt van gegevens van vermestingspunten, zoals die door de CIW geënkquêteerd worden bij de regionale waterbeheerders. Dit zijn de punten die door de beheerders zelf als zodanig zijn aangemerkt. In het project wordt naast bovenbeschreven analyses tevens de behoefte aan aanvullende gegevens geanalyseerd, zowel met betrekking tot de set meetlocaties als wat betreft de nauwkeurigheid van de bepaling van de systeemkenmerken. Het is de bedoeling in een vervolg van het project ook te kijken naar effecten op en relaties met ecologische variabelen in de watersystemen.

Leeswijzer

In dit rapport worden achtereenvolgens behandeld de onderliggende dataset waarop de analyses betrekking hebben (hoofdstuk 2), de methodiek voor trendanalyse (hoofdstuk 3), de resultaten van de analyses (hoofdstuk 4), een discussie van deze resultaten (hoofdstuk 5), en de conclusies en aanbevelingen voor vervolgonderzoek (hoofdstukken 6 en 7).

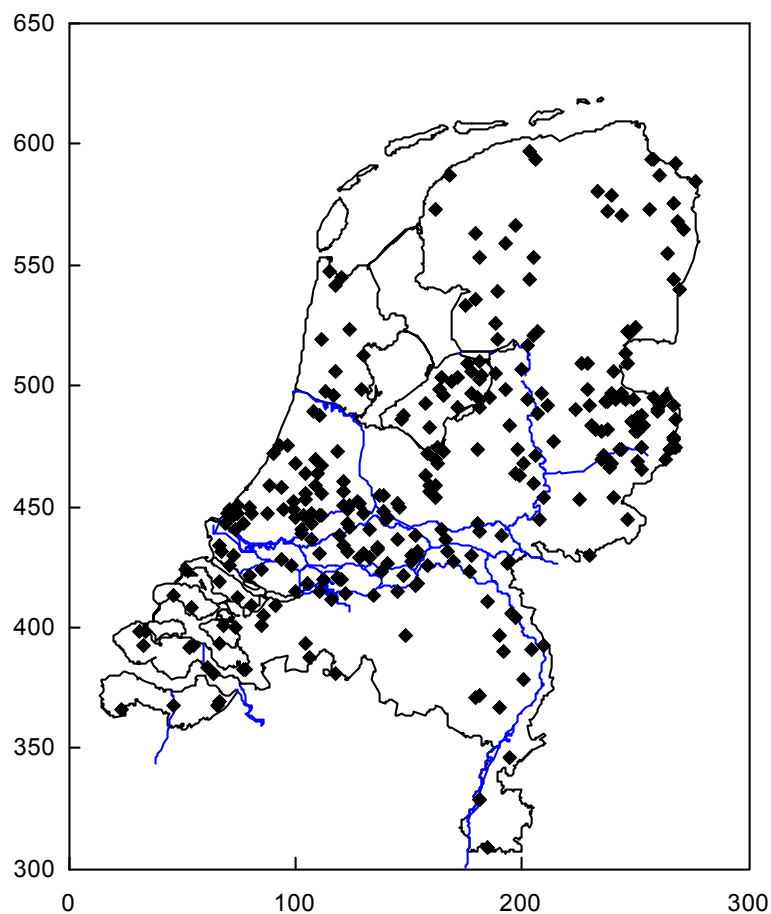
2 Data

2.1 meetlocaties

Alleen die meetpunten worden beschouwd die door de beheerder als zogenaamd vermestingspunt zijn aangemerkt. Dit betreft punten die vrijwel alleen door landbouw beïnvloed worden, en de database bevat (thans) 307 locaties (figuur 2.1). Voor een beschrijving van de meetlocaties en een aantal kenmerken wordt verwezen naar bijlage II.

De huidige set locaties bedekt een groot deel van Nederland, met een redelijke verdeling over laag- en hoog-Nederland (respectievelijk 55% en 45% van de locaties). Sommige delen, met name delen van Brabant en Drente zijn nog dun bezaaid zijn, en opmerkelijk is dat de bekende mestoverschotgebieden relatief dun zijn vertegenwoordigd.

Voor het uitvoeren van een trendanalyse per locatie is noodzakelijk dat er voldoende gegevens beschikbaar zijn. Als criterium is hiervoor gesteld dat binnen de periode 1985-2000 van minimaal acht jaren gegevens beschikbaar zijn, en dat de meetgegevens voldoende gespreid zijn binnen een jaar. Op basis van deze criteria zijn van deze 307 locaties van 163 locaties voldoende gegevens beschikbaar voor trendanalyse van totaal-P en van 134 hiervan voor trendanalyse van totaal-N. Van de locaties waarvan onvoldoende gegevens beschikbaar waren om trends per locatie te kunnen berekenen, worden de gegevens wel gebruikt bij de bepaling van trends op landelijke schaal. Voorts worden de gegevens van deze locaties ook gebruikt bij de analyse van relaties tussen concentraties en trends per cluster op basis van systeemkenmerken van het afwaterend gebied.



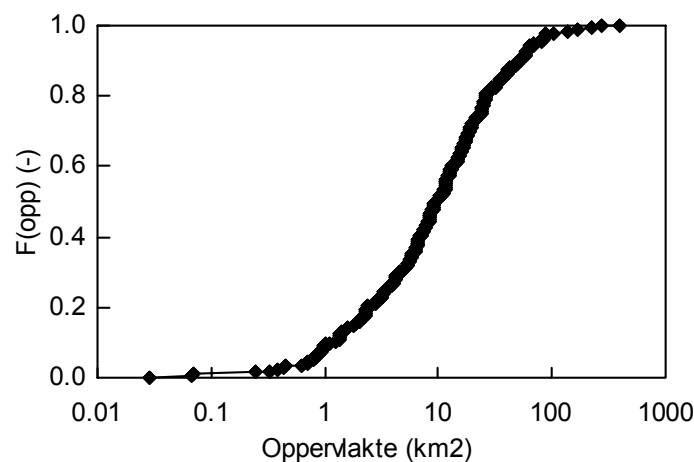
Figuur 2.1 Spreiding van vermestingspunten over Nederland.

2.2 GIS data

Met behulp van geografische informatie systemen is een aantal omgevingskenmerken van de meetlocaties, waarvan verwacht wordt dat deze van invloed kunnen zijn op de nutriëntenconcentraties, gekwantificeerd. In het WIS (Waterstaatkundig Informatie Systeem) is Nederland opgedeeld in afwateringseenheden, gebiedjes die een eenheid vormen met betrekking tot de afwatering op een bepaalde waterloop. Allereerst wordt per vermestingspunt bepaald binnen welke afwateringseenheid dit punt ligt. Vervolgens worden met behulp van verschillende GIS-bestanden de karakteristieken van deze afwateringseenheden wat betreft de variabelen genoemd in hoofdstuk 1 bepaald.

Algemeen

De 307 meetlocaties liggen verspreid over 231 afwateringseenheden. Deze 231 afwateringseenheden beslaan een gezamenlijk oppervlak van ruim 5020 km², ofwel ruim 14% van het totale landoppervlak van Nederland. Verreweg de meeste van deze afwateringseenheden bevatten één meetlocatie, en 36 meer dan één. De oppervlakte varieert van 0.03 km² tot 404 km² (gemiddeld 21.9 km², mediaan 9,6 km²). Sommige afwateringseenheden zijn dus relatief groot (met name die in Flevoland) en kunnen meerdere locaties bevatten.



Figuur 2.2 Distributiecurve van de oppervlakten van de 231 afwateringseenheden die tenminste één meetlocatie bevatten.

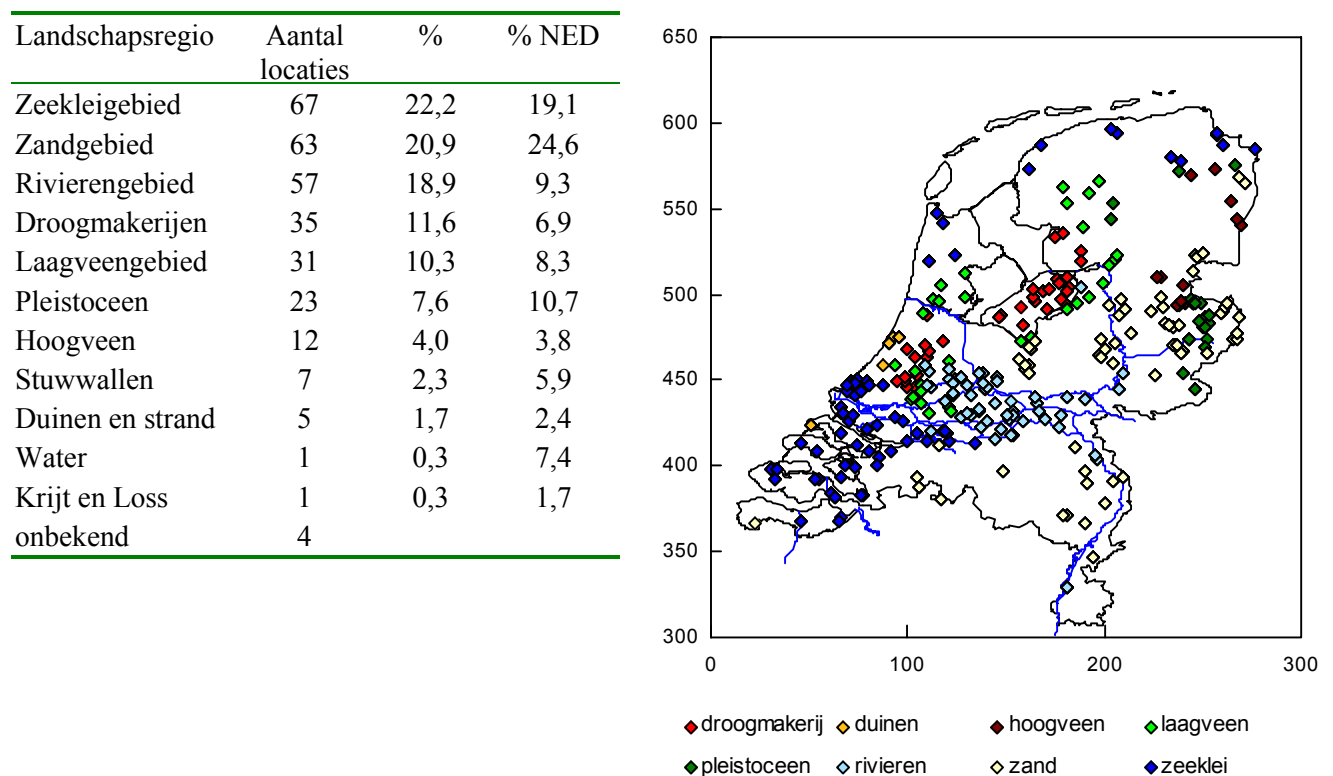
Landschapsregio

De indeling van Nederland in landschapsregio's is gedaan aan de hand van ecohydrologische-districten (Amstel et al., 1989). Deze ecohydrologische districten zijn op grond van de geomorfologie samengevoegd tot 11 landschapsregio's. Bij het samenvoegen van de ecohydrologische districten is naast de geomorfologie rekening gehouden met verschillen tussen de regio's ten aanzien van de afwatering. Ook de herkenbaarheid van de te onderscheiden landschapsregio's heeft een rol gespeeld bij de indeling. Om verschillen in eigenschappen van de ontwateringsmiddelen te onderscheiden is gebruik gemaakt van het onderzoek van Van der Gaast en Van Bakel (1997). In deze studie is Nederland opgedeeld in landschapsregio's met regio-specifieke structuur en geometrie van het afwateringsstelsel. Deze indeling van Nederland in regio's is gemaakt aan de hand van de geologie, geomorfologie, bodem en grondwatertrappen. Deze factoren zijn bepalend voor de verschillen in afwatering die op hun beurt van belang zijn voor een indeling van de waterlopen. De landschapsregio's zijn op hun beurt te onderscheiden in laag- en hoog-Nederland. Het verschil tussen laag- en hoog-Nederland berust overigens niet alleen op de hoogteligging en het al of niet vlak zijn. In grote lijnen kan worden gesteld dat laag-Nederland het deel van Nederland is waar het oppervlak uit grotendeels marine afzettingen en laagveen bestaat van holocene ouderdom. Hoog-Nederland wordt vooral gekenmerkt door pleistocene zand- en grindafzettingen met lokaal wat hoogveen. Vooral de dekzanden uit de laat-glaciale periode van de ijstijd nemen een belangrijk deel van het oppervlak van hoog-Nederland in. Naast de verschillen in geologie kan gesteld worden dat in laag-

Nederland de hoogteligging van de grondwaterspiegel vrijwel overal geheel door menselijk ingrijpen via peilbeheer wordt bepaald en dat er van een natuurlijke afwatering vrijwel nergens (meer) sprake is. In hoog-Nederland vindt de afwatering duidelijk op een meer natuurlijke wijze plaats, al is daar de menselijke invloed zeer zeker niet afwezig, bijvoorbeeld door de aanleg van drainage systemen. Het rivierengebied neemt een tussenpositie in. Enerzijds zou men het tot laag-Nederland kunnen rekenen omdat het geleidelijk daarin overgaat en bovendien evenals laag-Nederland grotendeels in het Holoceen ontstaan is. Aan de ander kant zou het bij hoog-Nederland kunnen behoren omdat het in veel opzichten toch niet met het lage klei- en veenlandschap overeenkomt. Het meest logische is dan ook om het rivierengebied als een afzonderlijke eenheid te erkennen. Hierdoor ontstaan drie eenheden te weten: hellende gebieden, vlakke gebieden en overgangsgebieden. Voor ieder van deze gebieden bestaat een groot verschil in de dichtheid en de structuur van het afwateringsstelsel. Deze indeling resulteert in een indeling van Nederland in 12 regio's: zandgebied, pleistoceen, rivierengebied, zeeklei, laagveen, droogmakerijen, hoogveen, stuwwallen, duinen en strandwallen, water, krijt en löss en stedelijk gebied.

Uit tabel 2.2 blijkt dat alleen de eerste zes hiervan voldoende meetlocaties bevatten om distributiecurven te kunnen bepalen en andere statistische analyses te kunnen uitvoeren.

Uit een vergelijking van procentuele verdeling van de meetlocaties over de landschapsregio's in vergelijking met het procentuele aandeel van de verschillende landschapsregio's in de totale oppervlakte van Nederland blijkt dat, hoewel het rivierengebied relatief oververtegenwoordigd is, deze voor de meeste landschapsregio's goed overeenkomen. De dichtheid van waterlopen verschilt ook tussen landschapsregio's.

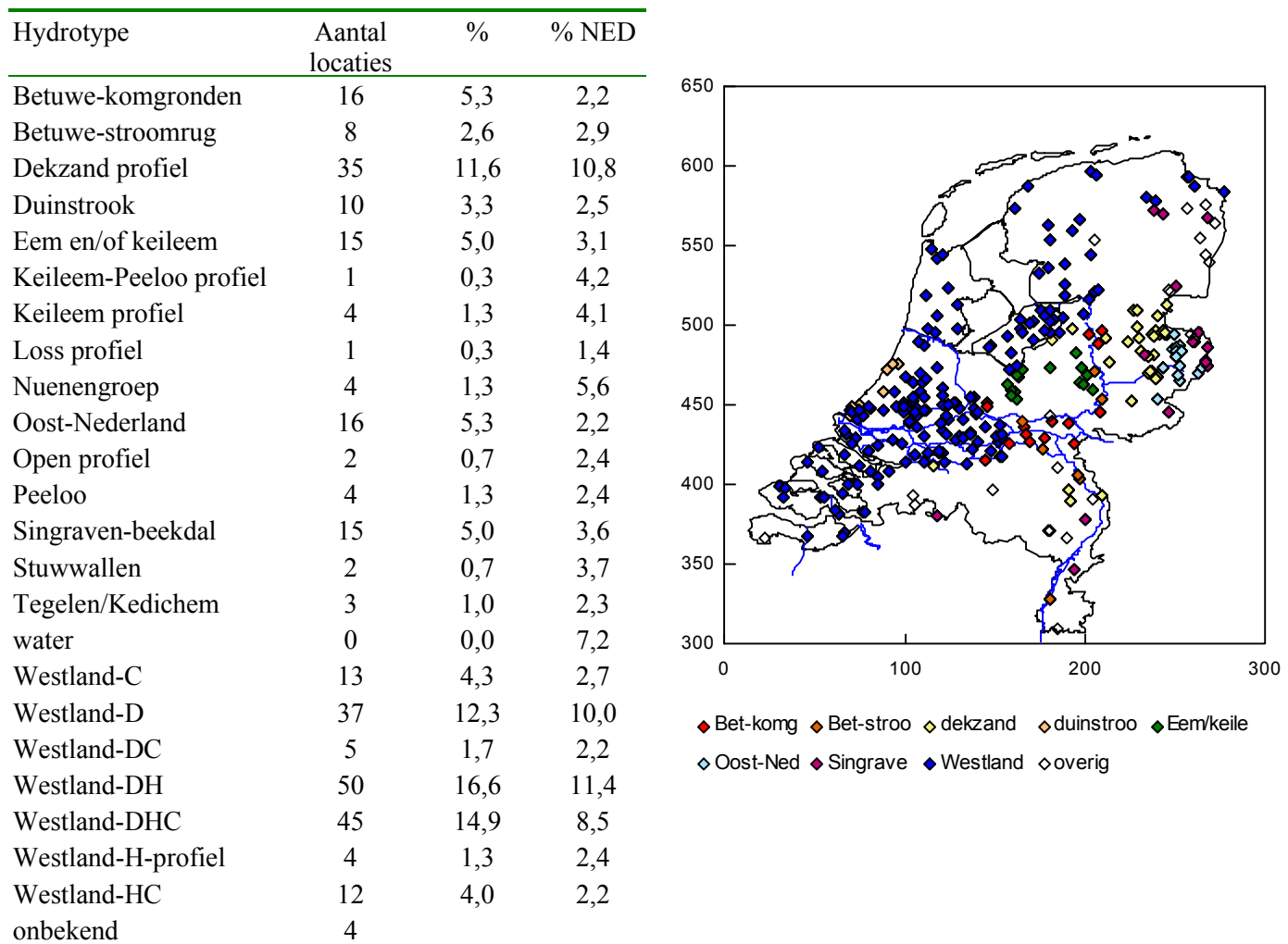


Figuur 2.3. Spreiding van meetlocaties over verschillende landschapsregio's. Meetlocaties in landschapsregio's met minder dan vier meetlocaties zijn niet in de plattegrond weergegeven. %NED is het procentuele aandeel van een landschapsregio in de totale oppervlakte van Nederland.

Hydrotypen

De geohydrologische eigenschappen van de ondiepe ondergrond (topsysteem) zijn vooral bepalend voor de drainageweerstand (Massop e.a., 1997). Bij het samenstellen van een afgeleide kaart met een geohydrologische indeling (voor de eigenschappen van het topsysteem), is ernaar gestreefd om zoveel mogelijk de Geologische Overzichtskaart van Nederland (schaal 1:600 000) (Zagwijn e.a., 1975) als uitgangspunt te nemen. Deze kaart geeft een goede afspiegeling van de ondiepe ondergrond, het topsysteem, met o.a. de samenstelling van de Holocene deklaag en het ondiep voorkomen van leemlagen. Daarnaast is vooral voor het Pleistocene gebied gebruik gemaakt van aanvullende informatie uit de studie “Kwetsbaarheid van het grondwater” (Boumans e.a., 1987). In deze studie is de ondergrond geschematiseerd in een aantal profieltypen op basis van de opbouw van de deklaag en eventuele weerstandbiedende lagen in de ondergrond zoals keileem (Drenthe), Eemklei (Gelderse Vallei) of Brabantleem (Centrale Slenk)

Op basis van hydrotype worden de vermessingspunten ingedeeld in 22 klassen (figuur 2.4). Hierbij is het Westland hydrotype opgedeeld op basis van te onderscheiden combinaties van onderliggende lagen, (C= Calais profiel, H = Hollands Veen profiel en D = Duinkerken profiel). De verdeling van de meetlocaties over de verschillende hydrotypen komt redelijk overeen met het relatieve areaal van deze hydrotypen in Nederland.



Figuur 2.4. Spreiding van meetlocaties over verschillende hydrotypen. Meetlocaties in hydrotypen met minder dan vier meetlocaties zijn niet in de plattegrond weergegeven. De verschillende Westland-typen zijn in de plattegrond tot één categorie samengevoegd. %NED is het procentuele aandeel van een hydrotype in de totale oppervlakte van Nederland.

Landgebruik in relatie tot landschapsregio

Het landgebruik is bepaald uit de LGN3 (LandGebruikskaat Nederland). Hierin worden 27 categorieën landgebruik onderscheiden:

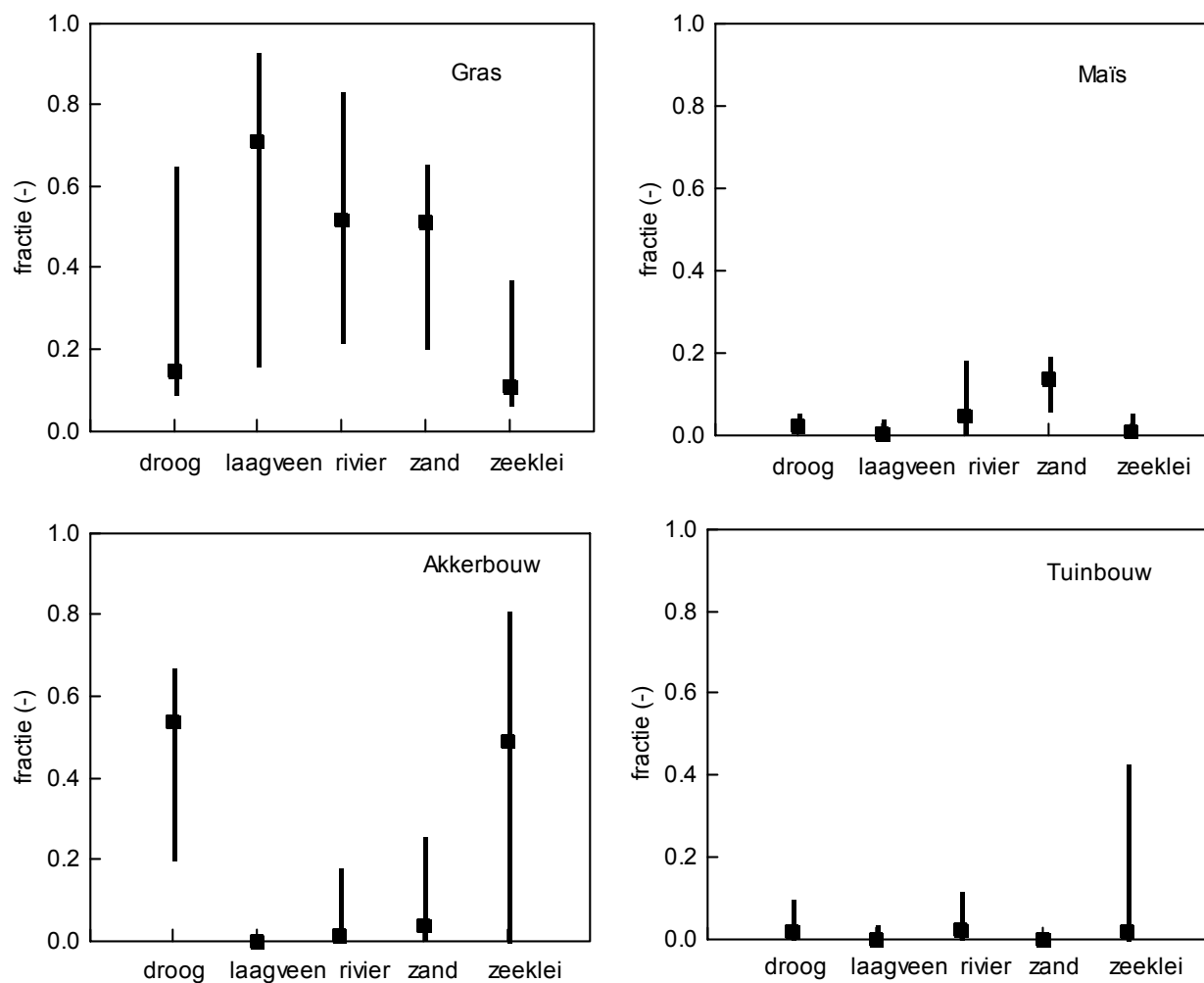
1 gras	10 loofbos	19 loofbos in bebouwd gebied
2 mais	11 naaldbos	20 naaldbos in bebouwd gebied
3 aardappelen	12 droge heide	21 bos met dichte bebouwing
4 bieten	13 overig open begroeid natuurgebied	22 gras in bebouwd gebied
5 granen	14 kale grond in natuurgebied	23 kale grond in bebouwd buitengebied
6 overige landbouwgewassen	15 zoet water	24 hoofdwegen en spoorwegen
7 glastuinbouw	16 zout water	25 bebouwing in agrarisch gebied
8 boomgaard	17 stedelijk bebouwd gebied	26 nieuw bollenland
9 bollen	18 bebouwing in buitengebied	27 inundatie

Niet alle categorieën zijn van belang voor dit onderzoek. Tevens zou het aantal variabelen te groot zijn om zinvol analyses te kunnen uitvoeren. Daarom zijn aantal categorieën geclusterd, en is de volgende indeling aangehouden:

- 1 gras
- 2 mais
- 3 akkerbouw (nr's 3, 4, 5, 6)
- 4 tuinbouw en overige teelten (bosbouw, bollen; nr's 7, 8, 9 en 26)
- 5 natuur (nr's 10, 11, 12, 13, 14)
- 6 stedelijk gebied

Het aandeel van de diverse klassen agrarisch landgebruik verschilt per landschapsregio (figuur 2.5). Gras beslaat in het algemeen het grootste aandeel, maar is relatief laag in het zeekleigebied en de droogmakerijen, waar juist het aandeel akkerbouw in veel afwateringseenheden het grootst is. De hoogste aandelen van maïs liggen in het zandgebied en het pleistoceen, alsmede in een deel van het rivierengebied. De hoogste aandelen tuinbouw bevinden zich in (een deel van) het zeekleigebied. Van de overige categorieën landgebruik is het aandeel stedelijk soms aanzienlijk, met name in het zeekleigebied en het rivierengebied.

Deze spreiding binnen een dataset in een verklarende variabele bepaalt voor een groot deel de mogelijkheid om significante correlatieve verbanden te kunnen leggen met afhankelijke variabelen, zoals in deze studie de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater.



Figuur 2.5. Mediaan en centraal 80% frequentiedichtheidsinterval van de fractie oppervlakteareaal per type agrarisch landgebruik in afwateringseenheden die tenminste één meetlocatie bevatten, uitgesplitst per landschapsregio.

Grondwatertrappen (Gt)

Voor het onderscheiden van grondwaterstanden is de grondwatertrappenkaart (Gt) van de bodemkaart 1:50.000 gebruikt. Hierbij is de 'oude' indeling in 7 Gt-klassen gebruikt omdat een deel van de kaartbladen volgens deze indeling zijn gekarteerd. Indien kaartbladen volgens recentere Gt-indelingen, die meer klassen onderscheiden, zijn ingedeeld, is de Gt omgerekend naar de 'oude' indeling. Tussen de opnamen van de verschillende kaartbladen kunnen behoorlijke tijdsverschillen zitten.

Behalve de Gt op het meetpunt zelf is ook de verdeling op basis van oppervlakten over grondwatertrappen in de afwateringseenheid waarbinnen het meetpunt ligt bepaald. Een Gt geeft een range waarbinnen de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) varieert. Geanalyseerd wordt of er een verband is tussen de (verdeling van de) Gt, en de concentraties totaal-N of totaal-P in het oppervlaktewater, uitgesplitst naar de verschillende landschapsregio's of hydrotypen. Daarnaast wordt geanalyseerd of er een significante correlatie is tussen de langjarig gemiddelde totaal-P en totaal-N concentratie en de gemiddelde GLG en GHG binnen de afwateringseenheid, uitgedrukt in de grondwaterdiepte in centimeters onder het maaiveld. Deze zijn gekwantificeerd door per Gt een representatieve waarde voor de GLG en GHG te nemen en deze te vermenigvuldigen met de fractie van het areaal binnen de afwateringseenheid met deze Gt. Tevens is gekeken naar het gebiedsgemiddelde verschil tussen GLG en GHG ($dG = GLG - GHG$).

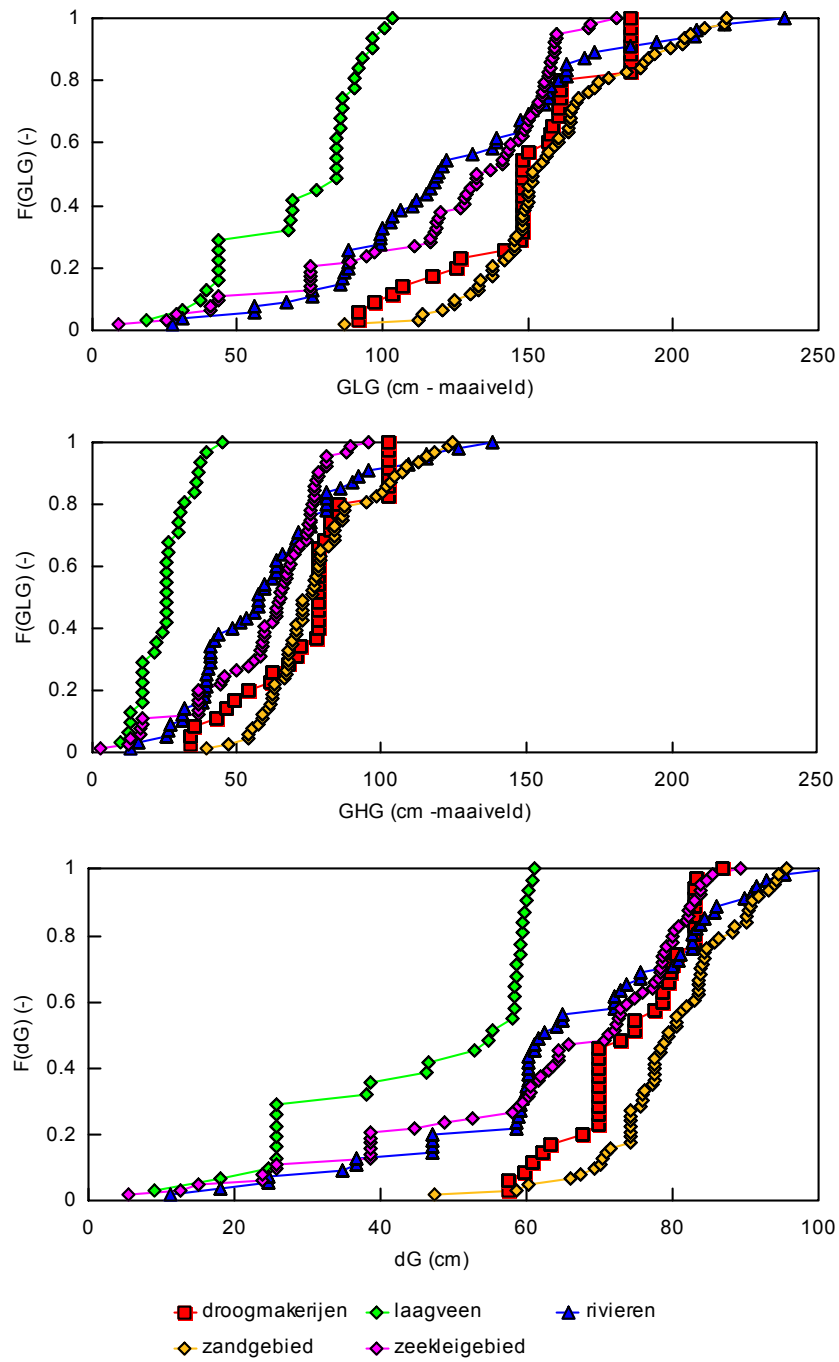
De cumulatieve frequentieverdelingen van de over de afwateringseenheid gemiddelde GLG, GHG en dG verschillen tussen landschapsregio's (figuur 2.6). Zowel de GLG als de GHG zijn het kleinst in het laagveengebied en het hoogst in de droogmakerijen en het zandgebied. De spreiding in GLG, GHG en dG verschilt ook tussen de landschapsregio's.

Kwelintensiteit

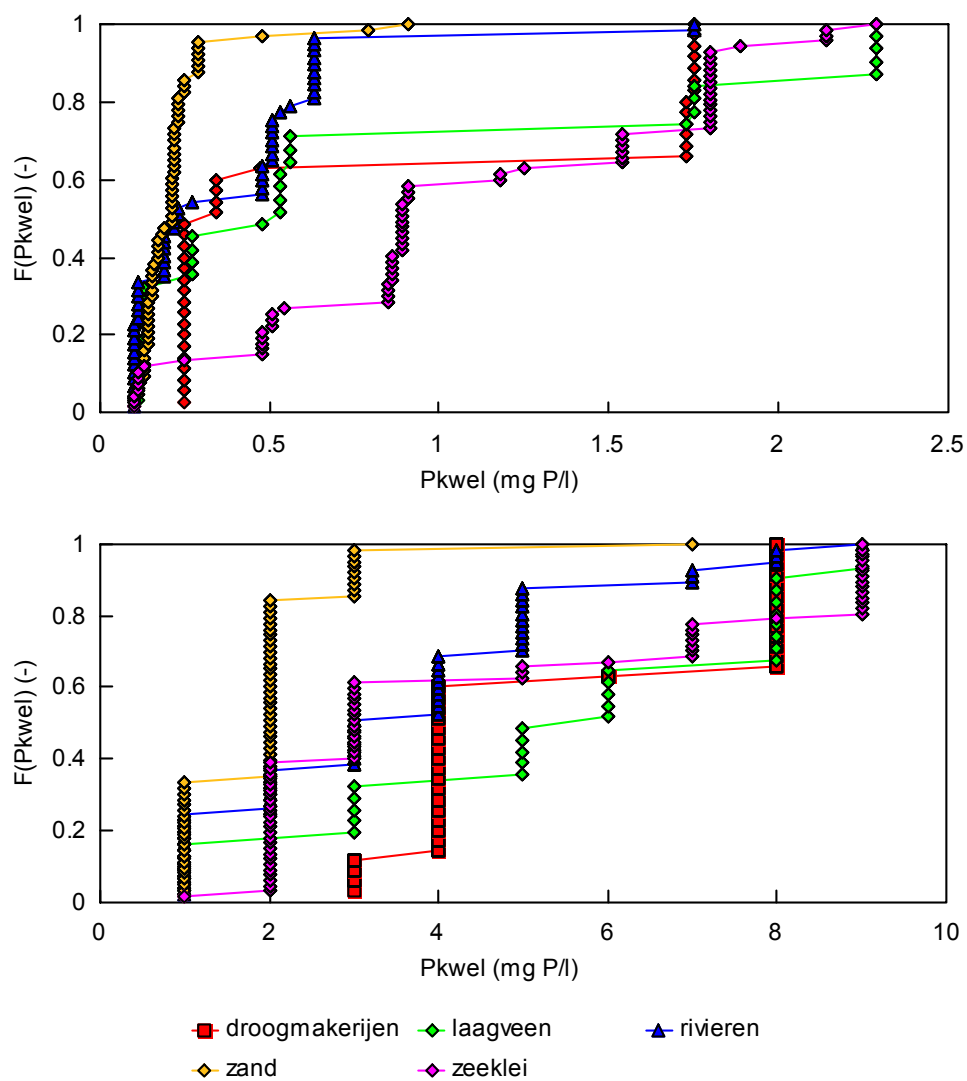
Voor de kwelintensiteit is gebruik gemaakt van de verticale flux, berekend met MONA (Kroon, 2001), gebaseerd op de modellen MOZART en NAGROM. De flux, van het eerste watervoerend pakket naar het hydrologische topsysteem, wordt berekend door iteratieve koppeling van de grondwateraanvulling uit MOZART en de flux van/naar het topsysteem in NAGROM. De kwelkaart is gemaakt op een celbasis van 250 x 250 meter.

Geanalyseerd is of er een verband bestaat tussen de kwelintensiteit en de concentraties totaal-N of totaal-P binnen de verschillende landschapsregio's of hydrotypen. Allereerst is geanalyseerd of er een correlatie is tussen de concentraties en de kwelintensiteit. Voorts is geanalyseerd of er verschillen aantoonbaar zijn tussen verzamelingen van locaties binnen een landschapsregio met hetzij kwel, hetzij wegzijging.

Naast de kwelintensiteit is ook de kwelkwaliteit, in termen van concentraties totaal-P en totaal-N in het diepe grondwater, van belang. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van gegevens zoals deze in de Watersysteemverkenningen (Boers et al., 1997) gegeven zijn. Dit betreft gemiddelde waarden per PAWN district, en de ruimtelijke resolutie is derhalve niet erg hoog. Deze gegevens laten op landelijke schaal echter een duidelijke spreiding zien (figuur 2.7), waardoor eventuele verbanden met de concentraties in het oppervlaktewater detecteerbaar zijn. De nauwkeurigheid in totaal-N is, doordat de waarden zijn afgerond op 1 mg/l, eveneens laag, en de resultaten hebben derhalve slechts een indicatief karakter.



Figuur 2.6. Cumulatieve frequentieverdelingen van de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG), de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) en het verschil dG (= GLG – GHG) per landschapsregio.



Figuur 2.7. Cumulatieve frequentieverdelingen van de gemiddelde totaal-P en totaal-N concentratie in het diepe grondwater op basis van gemiddelde waarden per PAWN district (uit: Boers et al., 1997).

3 Methoden

3.1 Analyse van nutriëntenconcentraties

Per locatie wordt een meerjarige gemiddelde concentratie voor totaal-N en totaal-P uitgerekend. Hiertoe wordt eerst voor ieder individueel jaar waarbinnen voldoende metingen beschikbaar zijn (ten minste 7, gespreid binnen het jaar) een jaargemiddelde uitgerekend, waarna vervolgens per locatie een globaal gemiddelde berekend wordt als het gemiddelde van de individuele jaargemiddelden. Een jaargemiddelde wordt bepaald door via lineaire interpolatie tussen de meetwaarden voor iedere individuele dag een waarde te bepalen, en dan het gemiddelde te nemen van alle 365 (of 366) dagen per jaar. Dit is een betere maat voor het jaargemiddelde dan direct het rekenkundig gemiddelde van alle meetwaarden te bepalen indien de metingen niet gelijkmatig over het jaar gespreid zijn en er een seizoensvariatie aanwezig is. Een check leerde echter dat het op deze wijze berekende gemiddelde in de meeste gevallen niet veel afwijkt van het rekenkundig gemiddelde van alle waarnemingen.

De berekende gemiddelde concentraties van die locaties waarvan voor ten minste drie jaren jaargemiddelden berekend konden worden, zijn vervolgens gebruikt voor:

- het in beeld brengen van de landelijke spreiding. Dit geeft een eerste indicatie van ruimtelijke variaties in de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater in het landelijk gebied;
- het in beeld brengen van de spreiding van concentraties per cluster op basis van landschapsregio en/of hydrotype. Hieruit wordt vervolgens de variabele geselecteerd die het meest onderscheidend is (de grootste verschillen tussen de distributiecurven oplevert). Vervolgens wordt binnen een dergelijke set gezocht naar correlatieve verbanden met andere variabelen, zoals landgebruik, kwel en grondwatertrap. Praktisch criterium hierbij is dus dat de sets die ontstaan voldoende locaties bevatten om statistische analyses mee uit te kunnen voeren. Hierdoor kan het mogelijk zijn dat bepaalde landschapsregio's of hydrotypen niet zinvol meegenomen kunnen worden bij de analyse.

3.2 Trendanalyse

Trends worden bepaald per locatie, op de landelijke set en op clusters van locaties aan de hand van systeemkenmerken. De methode van trendanalyse die gebruikt wordt is de Seasonal Kendall Slope Estimator (De Vree & Blind, 1998), en wordt hier kort beschreven.

Trends per locatie

Voor de bepaling van een algemene trend per locatie wordt eerst voor die locatie de mediane trend voor iedere maand van het jaar berekend uit de verzameling hellingen q_i die ontstaan door alle mogelijke combinaties van twee meetwaarden c afkomstig uit dezelfde maand, maar gemeten in verschillende jaren:

$$q_i = \frac{c_{m,l} - c_{m,k}}{\Delta t} \quad (1)$$

met q_i de Seasonal Kendall Slope estimator (de helling tussen twee waarden binnen een maand uit een combinatie van twee verschillende jaren), m het maandnummer, l en k de nummers van verschillende jaren en Δt het tijdsinterval tussen twee metingen. Δt wordt exact bepaald. Verreweg de meeste locaties zijn éénmaal per maand bemonsterd en hier is de waarde van x_m in (1) dus gelijk aan deze meetwaarde. Wanneer op een locatie in een bepaalde maand echter meerdere malen gemeten is, worden deze meetwaarden eerst gemiddeld en toegekend aan het gemiddelde van de dagen waarop gemonsterd is, zodat alsnog één waarde voor die maand ontstaat. Dit dient om te voorkomen dat maanden waarin meerdere malen gemeten is zwaarder meetellen in de analyse.

Een trend per individuele maand m , Q_m , wordt gevonden uit de mediaan van de set hellingen q_i :

$$Q_m = \text{mediaan}\{q_i\} \quad (2)$$

Een 'overall' trend per locatie Q wordt bepaald als de mediaan van de verzameling van maximaal 12 waarden voor Q_m :

$$Q = \text{mediaan}\{Q_m\} \quad (3)$$

Een onderscheid wordt tevens gemaakt tussen het zomerhalfjaar (maanden april tot en met september) en het winterhalfjaar (oktober tot en met maart), daar deze perioden kunnen verschillen in de herkomst van het water (gebiedseigen versus gebiedsvreemd).

Bij het vergelijken van trends tussen locaties onderling wordt uitgegaan van de relatieve trends (uitgedrukt in j^{-1}). Hiertoe wordt de absolute trend (uitgedrukt in $\text{mg l}^{-1} j^{-1}$) gedeeld door de gemiddelde concentratie op een locatie. Dit is een zuiverdere manier om locaties onderling te vergelijken, daar bij hogere concentraties de absolute waarde van de trend veelal ook hoog is.

Landelijke trends

Voor de berekening van trends op landelijke schaal wordt eerst per maand de mediaan bepaald van de set concentraties totaal-N en totaal-P op alle locaties die binnen die maand bemonsterd zijn. Trends worden wederom berekend volgens de seasonal Kendall slope estimator op deze maandelijkse medianen. De 'overall' trend Q is weer de mediaan van de set van twaalf trends Q_m berekend voor individuele maanden.

Trends per cluster

Hierbij worden trends bepaald op de mediane concentraties per maand van de set locaties per cluster waar binnen die maand gemonsterd is. Clustering van locaties vindt plaats op basis van de in hoofdstuk 2 beschreven indelingen in landschapsregio's of hydrotype. Op basis van het landgebruik binnen een afwateringseenheid wordt vervolgens ook onderscheid gemaakt tussen locaties die sterk landbouw beïnvloed zijn, en waar dat in mindere mate het geval is. Hiervoor wordt als criterium voor de sterk landbouw beïnvloede locaties aangehouden dat het landbouwareaal (de som van gras, maïs, akkerbouw en tuinbouw) binnen de afwateringseenheid ten minste 70 % van het oppervlak bedraagt, en dat de locatie zich niet in een boezem bevindt.

Zowel bij de analyse van landelijke trends als bij de analyse van trends per cluster worden alleen die maanden meegenomen waarbinnen van tenminste 15 locaties gegevens beschikbaar zijn. Dit criterium is gebaseerd op de betrouwbaarheid waarmee de mediaan van een set lognormaal verdeelde meetwaarden bepaald kan worden (ref?)

3.3 Relaties met systeemkenmerken

Relaties met systeemkenmerken worden onderzocht middels (multi-variate) lineaire regressie en gepresenteerd als de significantie van een positief of negatief lineair verband tussen de meerjarige gemiddelde totaal-P of totaal-N concentratie per locatie. De systeemkenmerken betreffen landgebruik (gras, maïs, akker en tuinbouw), grondwaterdiepte en kwelkwaliteit, of het gecombineerde effect van deze drie.

4 Resultaten

4.1 Concentraties

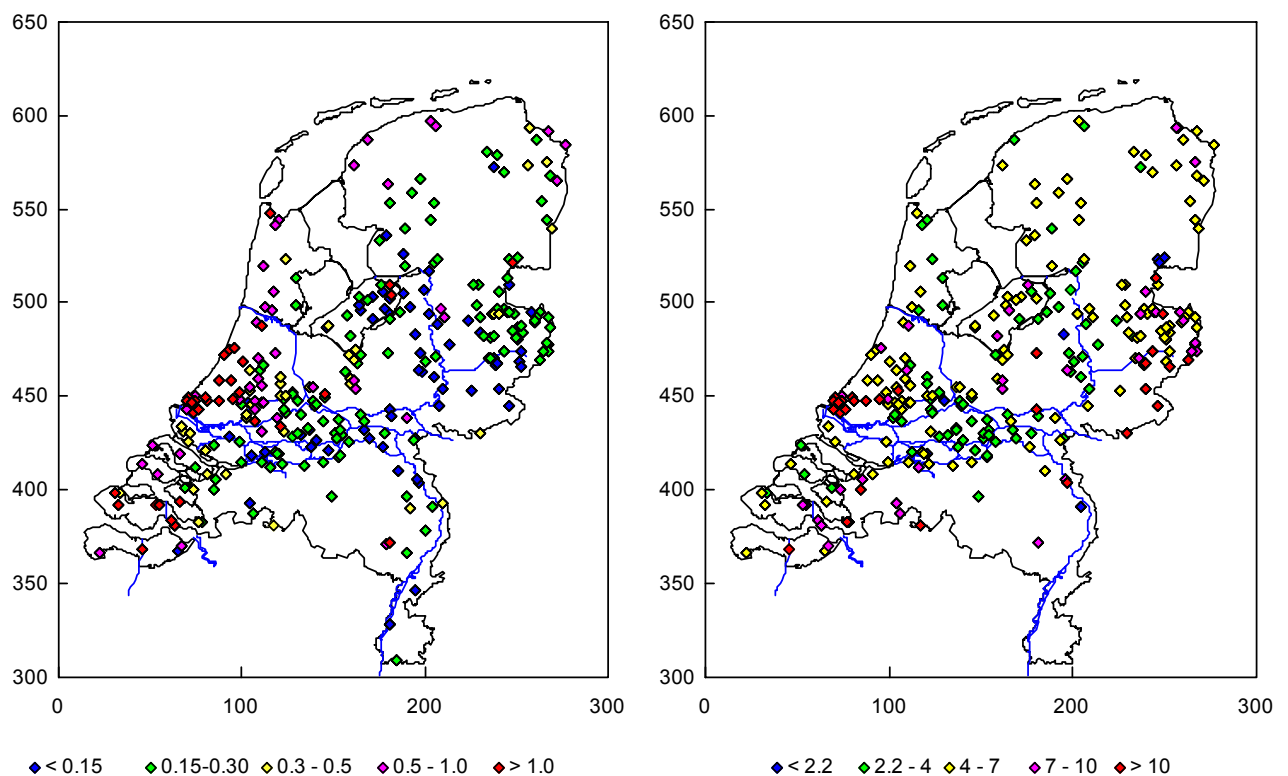
Per locatie

Locaties zijn naar op basis van hun meerjarige mediane concentratie ingedeeld in een vijftal klassen voor zowel totaal-N als totaal-P (figuur 4.1.1). Als bovengrens van de eerste klasse is gekozen voor de MTR waarde (het maximum toelaatbaar risico), een norm die richtinggevend is voor alle oppervlaktewateren in Nederland. De hogere klassen zijn gekozen op basis van evenredigheid van voorkomen. Voor totaal-N levert dit de volgende klassen: < 2,2, 2,2 - 4, 4-7, 7-10 en >10 mg N/l.

De klasse met een meerjarige gemiddelde concentratie lager dan 2,2 mg N/l bevat landelijk slechts zeven locaties. De klasse 2,2 tot 4 mg N/l komt voornamelijk voor in het rivierengebied. De hoogste concentraties, > 10 mg N/l, komen voor in het glastuinbouwgebied in het Westland, in het oostelijk deel van Overijssel en Gelderland, en voorts in het westelijk deel van Brabant.

Voor totaal-P zijn de locaties ingedeeld aan de hand van de (wederom arbitraire, op basis van evenredigheid van voorkomen bepaalde) klassegrenzen voor de meerjarige mediane concentraties van <0,15, 0,15-0,3, 0,3-0,5, 0,5-1,0 en >1,0 mg P/l, waarbij de eerste klassegrens < 0,15 mg P/l wederom de MTR waarde weergeeft. De hoogste concentraties bevinden zich langs de gehele kust van Zeeland en Zuid-Holland tot het noordelijk deel van Friesland en Groningen. De laagste concentraties worden wederom aangetroffen in het rivierengebied, de Achterhoek en een deel van Oostelijk Flevoland, waar het langjarig gemiddelde van een aanzienlijk deel van de locaties onder de MTR waarde ligt.

In 2000 zijn de jaargemiddelde concentraties op ruim 33% van de locaties, waarvan voor dat jaar gegevens beschikbaar waren, lager dan of gelijk aan 0,15 mg P/l. Voor totaal-N zijn in dat jaar de jaargemiddelde concentraties op 8% van de locaties lager dan 2,2 mg N/l.

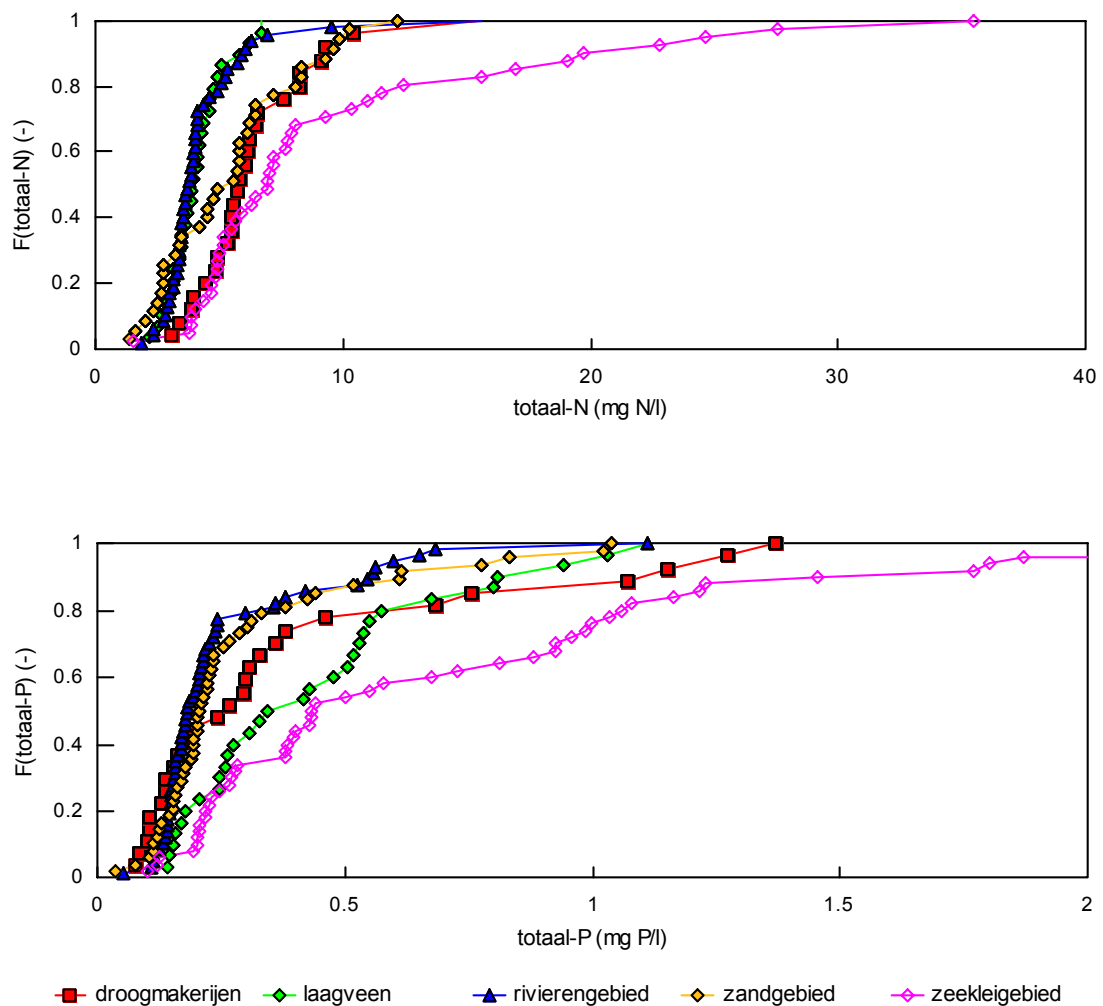


Figuur 4.1.1 Indeling van de meetlocaties aan de hand van klassen voor de meerjarige gemiddelde concentraties (mg N,P/l) van totaal-P (links) en totaal-N (rechts).

Per cluster

Landschapsregio

Uit de distributiecuren van concentraties blijkt dat er een duidelijk onderscheid in de totaal-P concentraties is tussen de verschillende landschapsregio's (figuur 4.1.2, boven). De concentraties zijn het laagst in het pleistoceen, het rivieren- en het zandgebied, en een deel van de droogmakerijen, met name Oost-Flevoland. Verreweg de hoogste concentraties komen voor in het zeekleigebied, en in mindere mate in het laagveengebied en een deel van de droogmakerijen. Het hoogveengebied neemt een tussenpositie in. Van de overige landschapstypen waren er te weinig locaties om zinvol een distributiecure te kunnen bepalen. Ook voor totaal-N is een duidelijk, hetzij minder uitgesproken, onderscheid tussen de verschillende landschapsregio's zichtbaar (figuur 4.1.2, onder). Voor totaal-N zijn de concentraties het laagst in het rivieren- en laagveengebied, en evenals voor totaal-P het hoogst in het zeekleigebied. Het zand- en hoogveengebied, de droogmakerijen en het pleistoceen nemen hier een tussenpositie in.

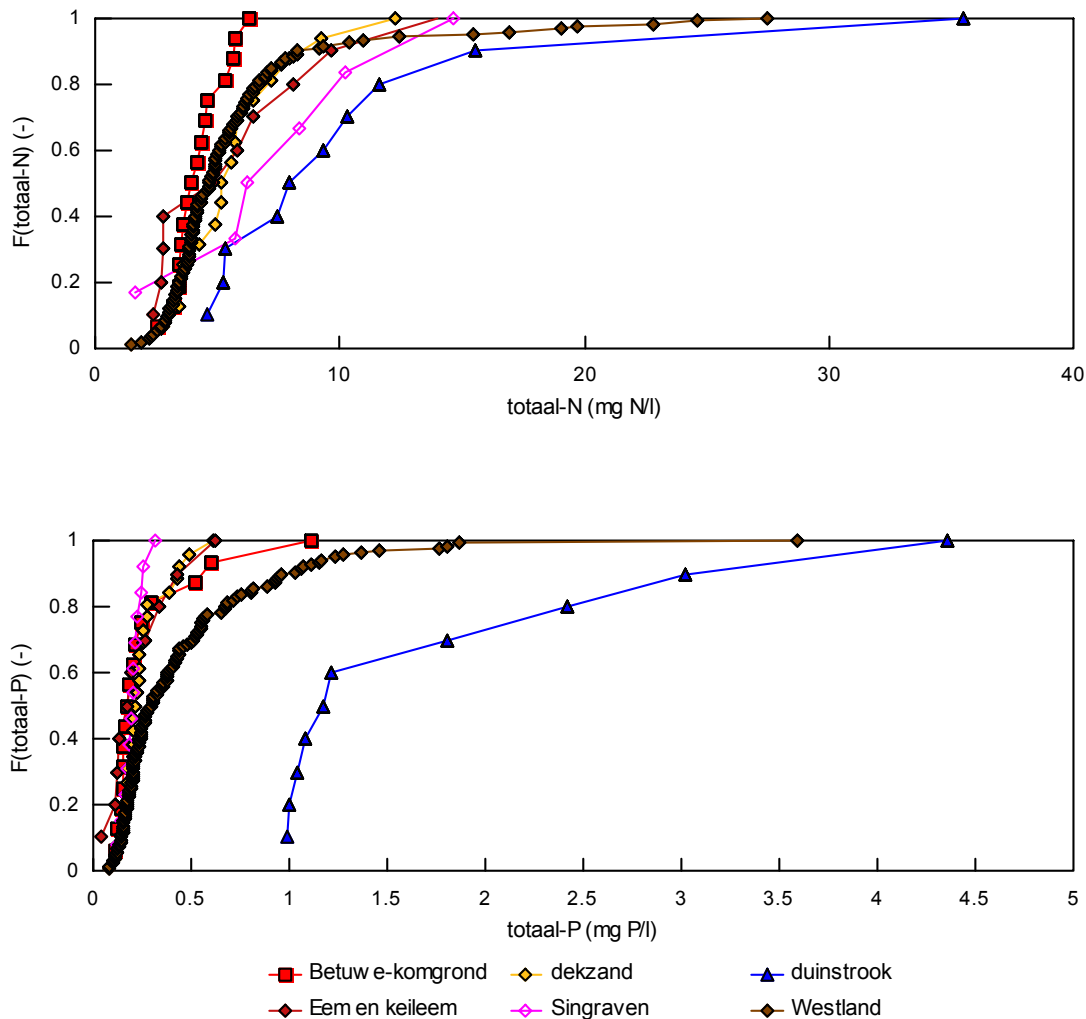


Figuur 4.1.2 Distributiecuren van de meerjarige gemiddelde concentraties totaal-P (boven) en totaal-N (onder) per landschapsregio over de periode 1985-2000. Alleen locaties waarvoor van tenminste drie jaren gemiddelden berekend konden worden zijn gebruikt.

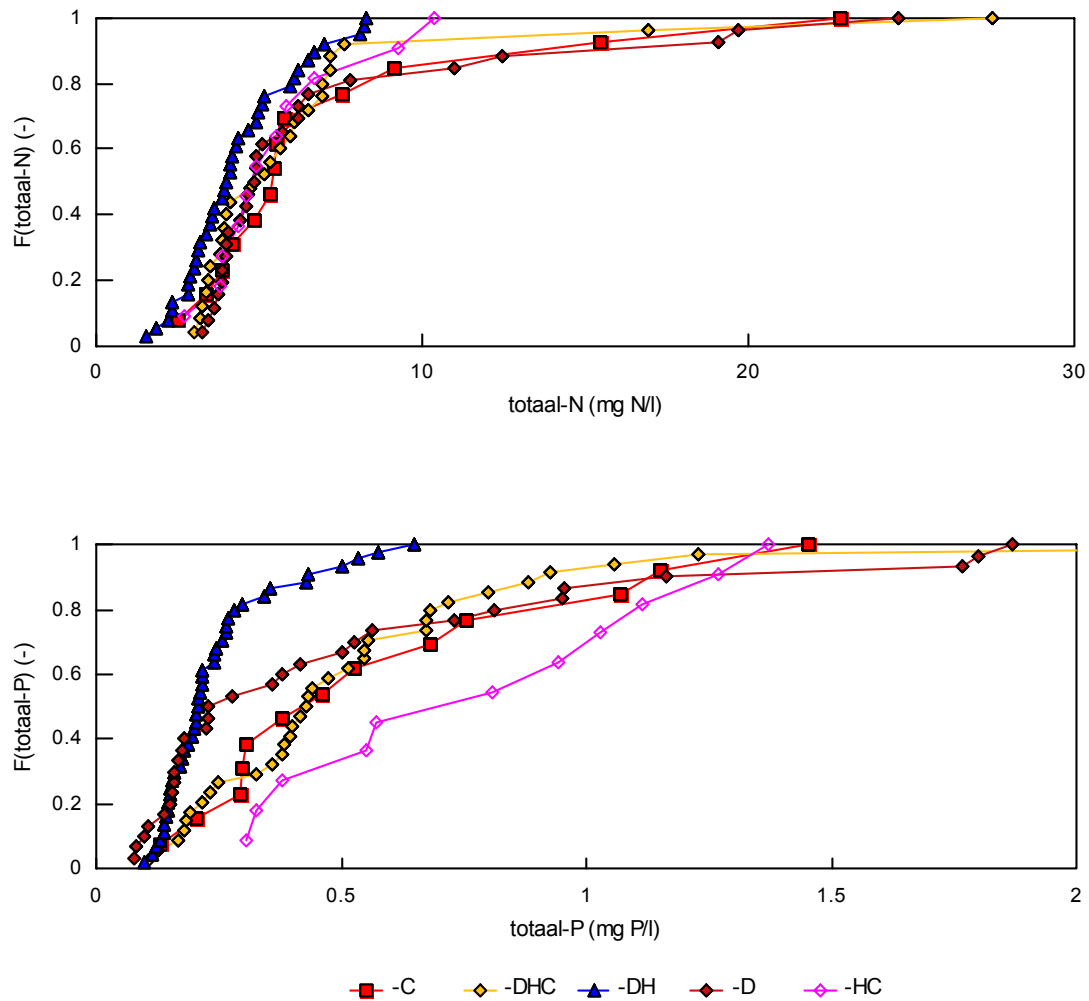
Hydrotype

Er is een duidelijk onderscheid tussen de distributiecuren voor totaal-P op basis van hydrotype, met verreweg de hoogste gehalten boven het duinstrook profiel, intermediaire gehalten boven het Westland-profiel, en de laagste gehalten boven de overige profielen (figuur 4.1.3, boven). De totaal-N concentraties zijn, evenals die van totaal-P, hoog boven het duinstrook profiel alsmede boven het Oost-Nederland en het Singraven-beekdalen profiel, en laag boven het Eem-keileem profiel en het Betuwe-komgronden profiel. Het Westland-profiel en het dekzand-profiel nemen een intermediaire positie in.

Voor totaal-P vertonen de distributiecuren voor de verschillende Westland-profielen (-C, -H, -D, -DC, -HC, -DH, -DHC) onderling aanzienlijke verschillen. Met name de locaties in een hydrotype met het Calais profiel bovenop (-DHC, -C en -HC) laten hoge concentraties totaal-P zien. De verdelingen van totaal-N wijken, op een paar extreme waarden na, onderling nauwelijks van elkaar af (figuur 4.1.4).



Figuur 4.1.3 Distributiecuren van de meerjarige gemiddelde concentraties totaal-N (boven) en totaal-P (onder) per hydrotype. Alleen locaties waarvoor van tenminste drie jaren gemiddelden berekend konden worden zijn gebruikt.



Figuur 4.1.4. Distributiecurven van de meerjarige gemiddelde concentraties totaal-N (boven) en totaal-P (onder) voor verschillende deelprofielen van het Westland profiel. Alleen locaties waarvoor van tenminste drie jaren gemiddelden berekend konden worden zijn gebruikt.

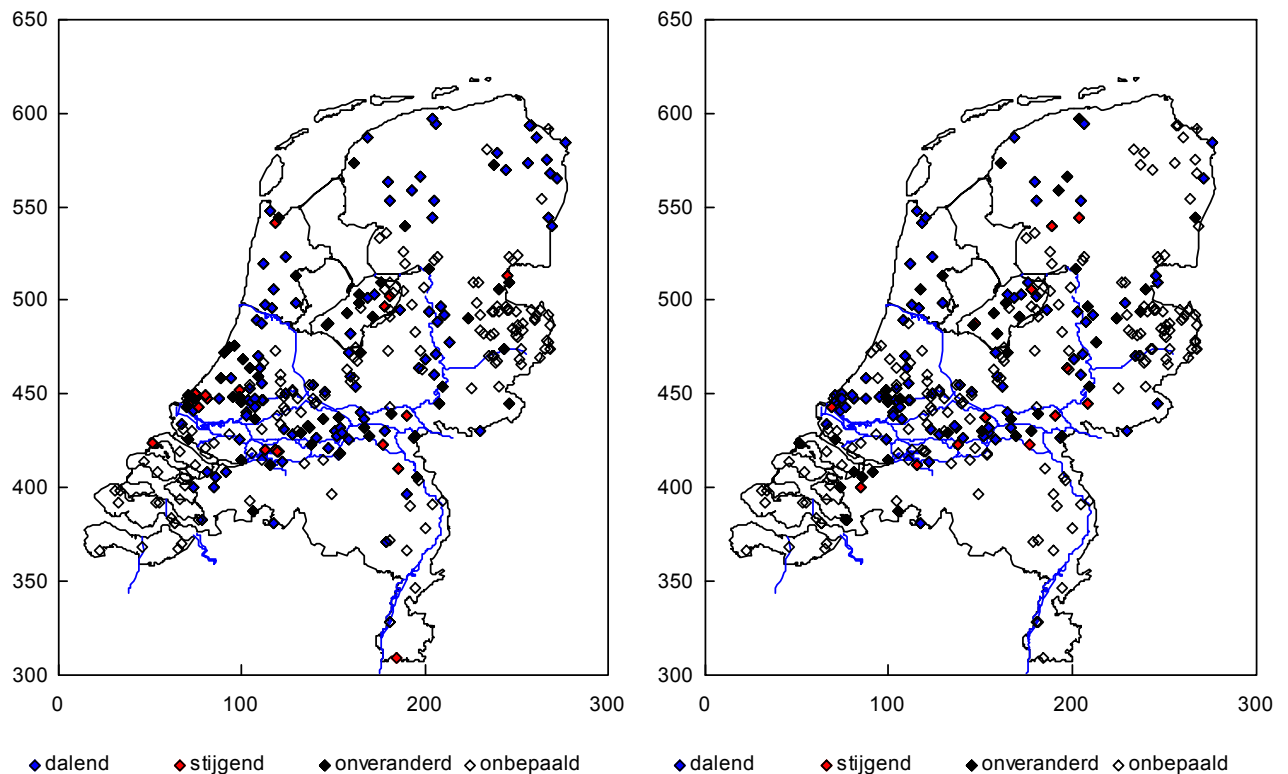
4.2 Trends

4.2.1 Per locatie

Voor totaal-P is op 107 van de 163 locaties (66%) een negatieve trend gevonden, voor totaal-N was dit op 104 van de 134 (75%) locaties het geval. Het is daarbij echter ook van belang te kijken of deze trend ook significant afwijkt van nul (Tabel 4.1). Ook dan is er voor zowel totaal-P als totaal-N op een meerderheid van de locaties een significante daling, terwijl het percentage locaties met een significante stijging voor zowel totaal-N als totaal-P klein is. Figuur 4.2.1 geeft de ruimtelijke spreiding van locaties met een significant ($p < 0.1$) positieve of negatieve trend voor totaal-N en totaal-P, of een niet significant van nul afwijkende trend. Er komt geen duidelijke ruimtelijke gradiënt naar voren.

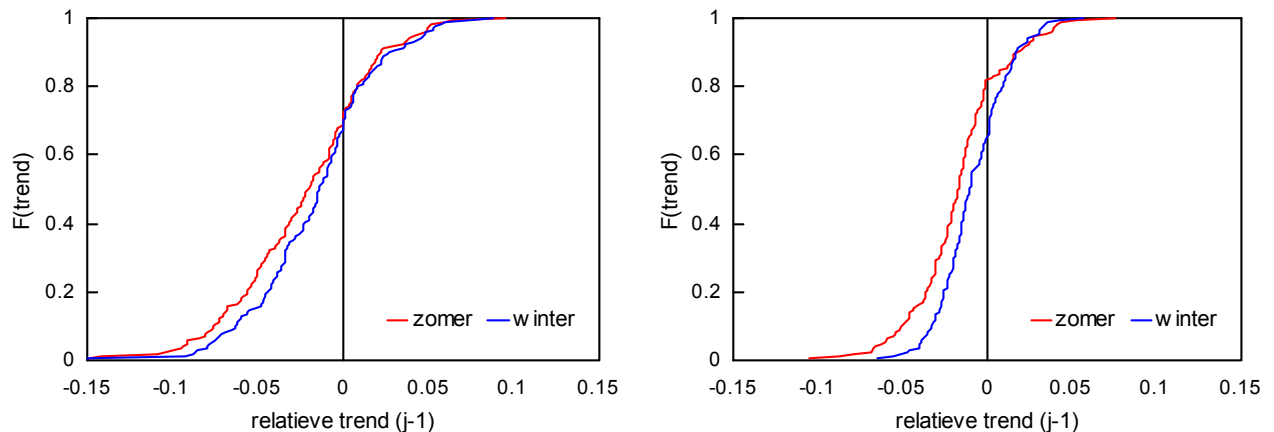
Tabel 4.1. Aantal locaties waarvoor trends berekend zijn (minimaal 8 jaar gemeten in minimaal 7 maanden van het jaar), en aantallen waar deze trends significant ($p < 0.1$) stijgend of dalend zijn, of niet significant van nul verschillen (onveranderd).

	aantal locaties	trend stijgend	trend dalend	significant stijgend	onveranderd	significant dalend
totaal-P	163	56	107 (66%)	21 (13%)	50 (31%)	92 (56%)
totaal-N	134	30	104 (78%)	13 (10%)	40 (30%)	81 (60%)



Figuur 4.2.1 Ruimtelijke spreiding van de locaties met een negatieve, een positieve of een niet significant ($p < 0.1$) van nul afwijkende trend voor totaal-P (links) en totaal-N (rechts).

Een vergelijking tussen relatieve trends (= absolute trend gedeeld door de gemiddelde concentratie) in het zomer- en het winterhalfjaar laat zien dat er voor totaal-P slechts een klein verschil is tussen beide jaarhelften (figuur 4.2.2). Voor zowel totaal-N als totaal-P laten de trends een sterkere relatieve afname in het zomerhalfjaar zien dan in het winterhalfjaar. Voor zover de inlaat van gebiedsvreemd water gedurende de zomer een rol speelt, duidt dit dus op een geringere relatieve afname van de totaal-N en totaal-P concentraties in het gebiedseigen water in vergelijking met die in het inlaatwater. Voor zowel totaal-N als totaal-P is er echter in beide jaarhelften een dalende trend in een meerderheid van de locaties.



Figuur 4.2.2 Cumulatieve verdeling relatieve trends in winter- en zomerhalfjaar voor totaal-P (links) en totaal-N (rechts).

4.2.2. Landelijk

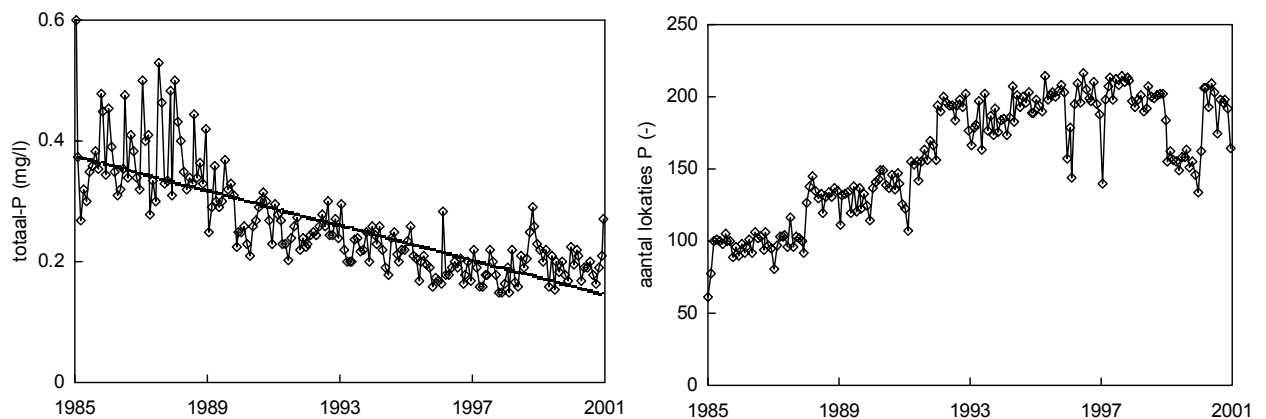
totaal-P

Het aantal locaties per maand waarvan totaal-P concentraties beschikbaar zijn is in de periode 1985-2000 toegenomen van rond de 100 tot rond de 200 (fig 4.2.3). Met name in extreem koude maanden (winter 1985, 1996 en 1997) is het aantal locaties waar gemeten is lager.

In alle maanden van het jaar, dus zowel de zomer- als winterperiode, is er een significante, negatieve trend ($Q_i < 0$ in vgl. 2). De mediaan van de maandelijkse trends (Q in vgl. 3) is bepaald op $-0,014 \text{ mg P l}^{-1} \text{ j}^{-1}$. De meerjarige mediane totaal-P concentratie, toegekend aan het midden van de beschouwde periode (1 januari 1993) bedraagt $0,26 \text{ mg P l}^{-1}$. Gecombineerd met de trend komt dit dus neer op een afname van $0,38 \text{ mg P l}^{-1}$ in januari 1985 naar $0,15 \text{ mg P l}^{-1}$ in december 2000 (figuur 4.2.3), meer dan een halvering in een periode van 16 jaar. Alhoewel de trend over een groot deel van de periode redelijk gelijkmatig is, is er in 1989 een opvallend sterke daling ten opzichte van het voorgaande jaar opgetreden (staptrend). Dit kan verband houden met veranderde praktijken in de landbouw rond die periode, maar ook kan het te maken hebben met de representativiteit van de data zelf. Het aantal locaties is gedurende de periode 1985 tot en met 1990 echter vrijwel gelijk gebleven (figuur 4.2.3 rechts) en pas na 1991 fors toegenomen. Opvallend is voorts dat de variatie van maand tot maand zeer hoog was gedurende de periode 1985-1989, en dat met de stapvormige daling eind 1989 deze sterke variatie van maand tot maand tegelijkertijd ook is afgenomen. Het betreft medianen van een verzameling van circa 100 meetwaarden, hetgeen statistisch gezien een robuuste maat is die niet gevoelig is voor toevallige variaties.

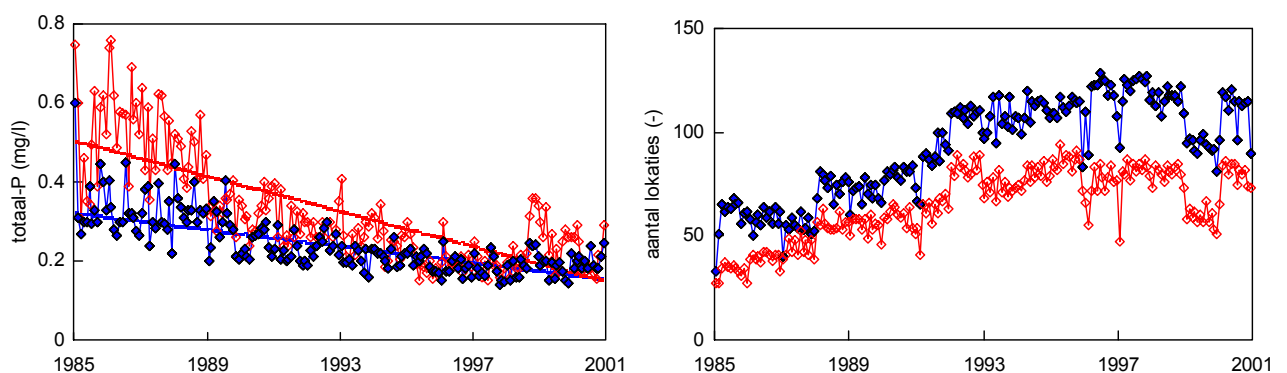
In de laatste jaren lijkt de daling verder te zijn afgevlakt, en de mediane concentratie is op het oog vrijwel onveranderd gebleven sinds 1995. De periode 1985-2000 kan op deze wijze opgesplitst worden in drie perioden: 1985-1989 met hoge concentraties en een grote spreiding van maand tot maand, 1989-1995, met lagere concentraties, een dalende trend en een kleinere spreiding, en 1995-2000 met relatief lage concentraties en een afvlakking van de trend. *Als gevolg van de afvlakking van de concentratieafname gedurende de laatste jaren geeft de benadering middels een lineaire trend voor die periode een te lage waarde. De gemeten mediane totaal-P concentratie in de periode 1997-2000 bedraagt circa $0,20 \text{ mg P/l}$.*

In hoeverre de toename van het aantal meetlocaties de uitkomsten van deze trendanalyse beïnvloedt is onduidelijk. Wel is zeker dat naarmate het aantal meetpunten toeneemt de berekende mediane waarde betrouwbaarder wordt, en daardoor de spreiding van maand tot maand kan afnemen. Echter over de gehele periode bedraagt het aantal locaties per maand minimaal rond de honderd, en de mediaan van een set van dergelijke omvang is statistisch gezien een betrouwbare maat. Een tweede aandachtspunt is dat de samenstelling van de set meetlocaties in de loop van de tijd wijzigt.



Figuur 4.2.3 Aantal locaties per maand waarvan totaal-P concentraties beschikbaar zijn (links) en per maand de mediane concentratie totaal-P in deze set locaties (rechts). De trendlijn heeft een helling van $-0,014 \text{ mg P l}^{-1} \text{ j}^{-1}$, en loopt van $0,38 \text{ mg P/l}$ in januari 1985 tot $0,15 \text{ mg P/l}$ in december 2000.

Om na te gaan wat de oorzaak kan zijn geweest van de geconstateerde sterke spreiding gedurende de periode 1985-1989, en in hoeverre de mate van beïnvloeding door de landbouw hierbij een rol speelt, is de set locaties opgesplitst in twee deelsets: een set van locaties die zich in een afwateringseenheid bevinden waar $>70\%$ van het areaal uit landbouwgronden (gras, maïs, akker- en tuinbouw) bestaat, en een set waar dit minder dan 70% betreft, of de locatie zich in de boezem bevindt. Op basis van deze uitsplitsing blijken er in de beginperiode sterke verschillen te zijn tussen beide deelsets (figuur 4.2.4). In de beginjaren waren de concentraties aanzienlijk hoger in de set met minder dan 70% landbouwareaal. Ook de grote spreiding van maand tot maand lijkt voornamelijk door deze deelset veroorzaakt te worden. In de set locaties met $>70\%$ landbouwareaal waren de concentraties in de beginjaren lager, en was ook de variatie van maand tot maand veel geringer. In de latere jaren is het onderscheid tussen beide deelsets vrijwel verdwenen. Dit kan er op duiden dat er in de set met minder dan 70% landbouwareaal tijdens de eerdere jaren nog een grote invloed was van in de loop der jaren gesaneerde puntbronnen (overstorten, ongezuiverde lozingen). Locaties die thans door beheerders als overwegend door landbouw beïnvloed worden gekenmerkt, behoeven dat in de tweede helft van de jaren tachtig dus nog niet te zijn geweest.



Figuur 4.2.4 Aantal locaties per maand waarvan totaal-P concentraties beschikbaar zijn (rechts) en per maand de mediane concentratie totaal-P in deze set locaties (links), uitgesplitst naar locaties met $<70\%$ (open rode symbolen) en $>70\%$ (dichte blauwe symbolen) landbouwareaal in de afwateringseenheid waarbinnen een locatie zich bevindt. Voor de set locaties met $>70\%$ landbouwareaal geldt: helling = $-0,011 \text{ mg P l}^{-1} \text{ j}^{-1}$ en een afname van $0,32$ naar $0,15 \text{ mg P l}^{-1}$ (rode lijn), voor de overige locaties geldt helling = $-0,022 \text{ mg P l}^{-1} \text{ j}^{-1}$ en een afname van $0,51$ naar $0,14 \text{ mg P l}^{-1}$ (blauwe lijn).

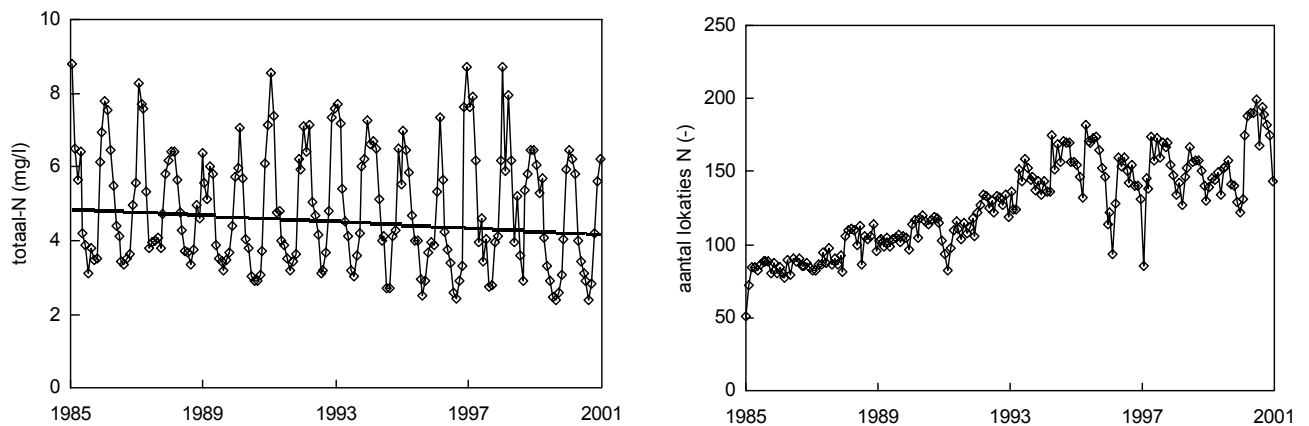
De afname in de totaal-P gehalten is zichtbaar in zowel de zomer- als de winterperiode. Uitsplitsing naar zomer- en winterhalfjaar gaf geen verschil in de grootte van de trend te zien (beide $-0,014 \text{ mg P l}^{-1} \text{ j}^{-1}$). Aangezien de winterperiode beter representatief is voor de kwaliteit van het gebiedseigen water, duidt dit er

op dat de geconstateerde afname niet alleen verklaard kan worden door beïnvloeding van buitenaf, bijvoorbeeld door de inlaat van gebiedsvreemd water en een eventuele daling in de concentraties die hierin is opgetreden.

totaal-N

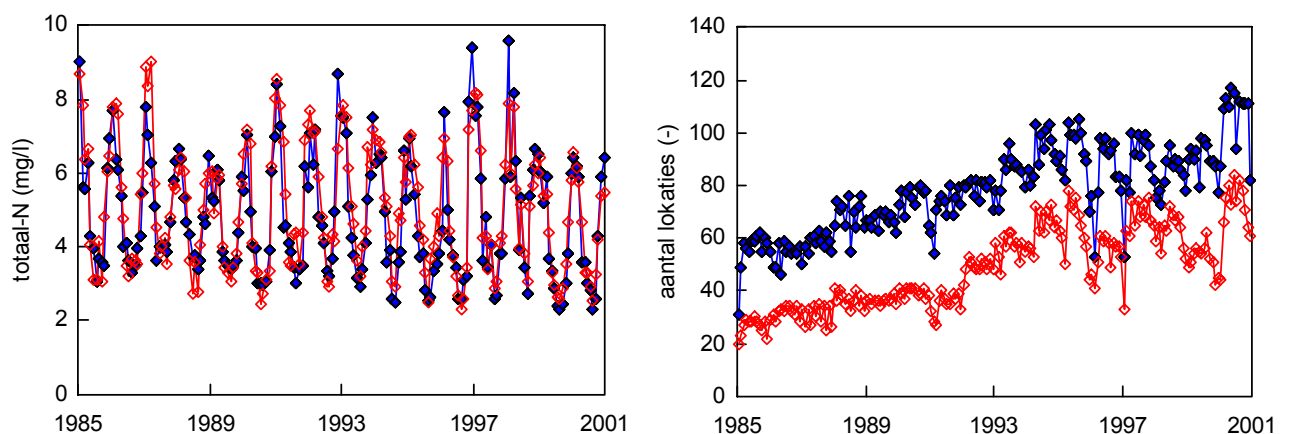
Het aantal locaties per maand waarvan gegevens van totaal-N beschikbaar zijn is eveneens fors toegenomen, van rond de 80 in 1985 tot circa 150 in de periode 1995-2000. De mediane concentratie per maand op deze locaties vertoont een sterke seizoensfluctuatie (figuur 4.2.5).

Trendanalyse op deze maandelijkse medianen laat een daling zien van 4,9 mg N/l in januari 1985 naar 4,2 mg N/l in december 2000, met een waarde van 4,55 mg N/l op 1 januari 1993, het midden van de beschouwde periode.



Figuur 4.2.5 Verloop in de tijd van het aantal locaties per maand waarvan totaal-N concentraties beschikbaar zijn (links) en van de mediane concentratie totaal-N van deze set locaties (rechts). De trendlijn geeft : $N_{\text{gem}} = 4.55 \text{ mg N l}^{-1}$, helling = $-0.044 \text{ mg N l}^{-1} \text{ j}^{-1}$

In tegenstelling tot bij totaal-P is er bij totaal-N geen noemenswaardig verschil te zien tussen de set locaties met <70% en de set met >70% landbouwareaal binnen de afwateringseenheid (figuur 4.2.6). De seizoensdynamiek is veel sterker doordat de verdwijnsnelheid van totaal-N bepaald wordt door biologische processen en daardoor sterk temperatuurafhankelijk is.



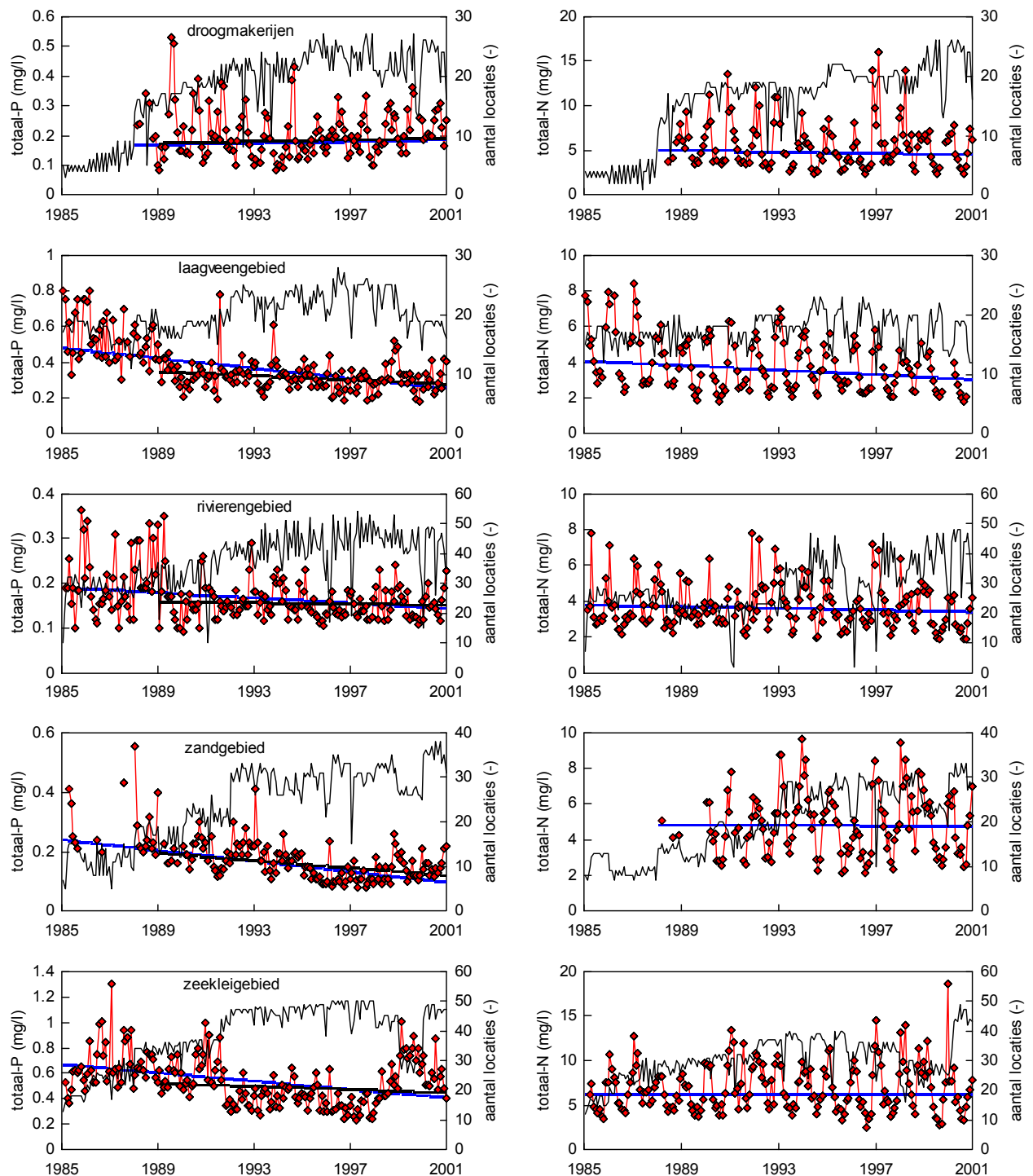
Figuur 4.2.6 Aantal locaties per maand waarvan totaal-N concentraties beschikbaar zijn (rechts) en per maand de mediane concentratie totaal-N in deze set locaties (links), uitgesplitst naar locaties met <70% (open symbolen) en >70% (dichte symbolen) landbouwareaal in de afwateringseenheid waarbinnen een locatie zich bevindt.

4.2.3 Per cluster

Op basis van de gevonden verschillen in de distributiecuren van concentraties tussen verschillende landschapsregio's is onderzocht in hoeverre er tussen deze clusters ook verschillen zijn in trends in totaal-P en totaal-N.

De mediane concentraties van totaal-P en totaal-N, en het aantal beschikbare locaties waaruit deze mediaan is bepaald, zijn gegeven in figuur 4.2.7. Met name in de eerdere jaren (periode 1985-1989) is het aantal locaties per maand in de droogmakerijen te klein om een betrouwbare mediaan te kunnen berekenen. De sprong in de mediaan eind 1988 komt gelijktijdig met een forse toename van het aantal locaties (de meeste meetseries in de Flevopolder startten begin 1988). Voor dit landschapstype is het beter de trendanalyse te beperken tot de periode 1989-2000 (zwarte lijnen in figuur 4.2.7). Voor de niet in figuur 4.2.7 weergegeven landschapstypen is het aantal locaties per maand veelal te klein om een zinvolle trendanalyse uit te kunnen voeren.

Over de gehele periode 1985-2000 is er in alle landschapstypen een negatieve trend te zien in de totaal-P concentratie (zie ook tabel 4.2.1). Wanneer slechts de periode 1989-2000 wordt beschouwd, is de trend in alle landschapstypen aanzienlijk minder sterk dalend, en zelfs licht stijgend in de droogmakerijen. Voor totaal-N zijn er grotere verschillen in de trends tussen de verschillende landschapsregio's: een zeer zwak positieve trend in het zeekeleigebied, en negatieve trends in de overige landschapsregio's.



Figuur 4.2.7 Mediane totaal-N en totaal-P concentratie per maand in clusters van locaties op basis van landschapstype (rode symbolen) en het aantal locaties (zwarte lijnen). De lineaire trends worden weergegeven door de rechte zwarte lijnen (1985-2000) en blauwe lijnen (1989-2000).

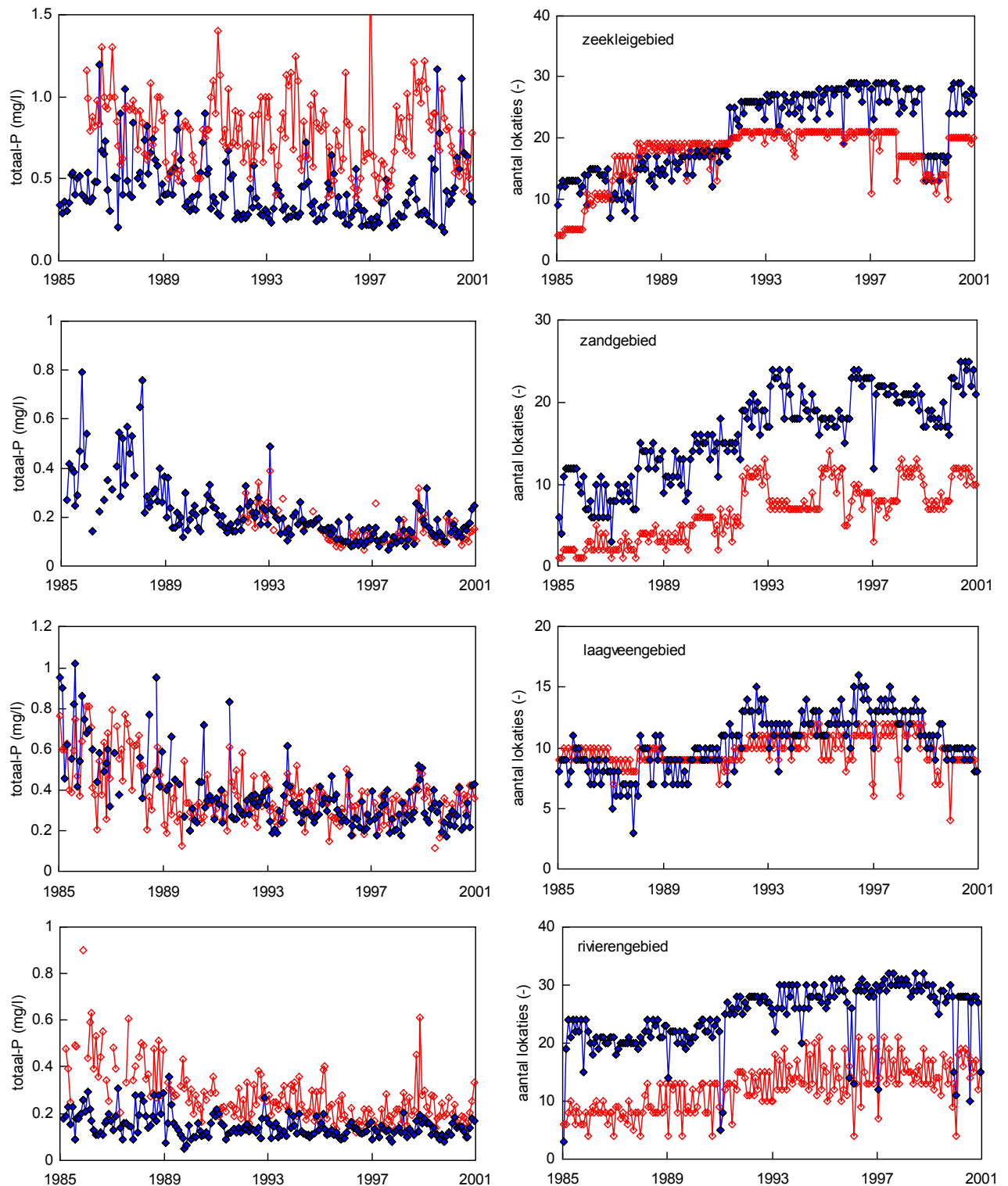
Uit de trendlijnen in figuur 4.2.7 zijn per landschapsregio de gemiddelde concentraties berekend voor het begin en eind van de beschouwde periode (januari 1985 en december 2001). Deze zijn weergegeven in tabel 4.2.1. Van de droogmakerijen (zowel totaal-P als totaal-N) en het zandgebied (totaal-N) is binnen de periode 1985-1989 het aantal locaties waar gemeten is te klein om deze periode bij de trendanalyse te kunnen betrekken. Voor totaal-P is, vanwege de geconstateerde veranderingen in de trend na 1989, ook de tussenwaarde in januari 1989 gegeven. Alleen in de droogmakerijen is sprake van een toename. De

procentuele reductie van het totaal-P gehalte is verder relatief laag in het rivierengebied, maar daar waren de concentraties in 1985 ook al laag ten opzichte van die in de overige landschapsregio's.

Tabel 4.2.1. Trends en gemiddelde concentraties volgend uit de trendlijnen per landschapsregio (figuur 4.2.6) en landelijk (figuren 4.2.3 en 4.2.4). *) Voor totaal-P is bij de berekening van de reductie voor de concentratie in december 2000 de waarde volgend uit de trendlijn 1989-2000 genomen. **) reductie t.o.v. januari 1989.

landschapsregio		periode 1985-2000			periode 1989-2000			% reductie t.o.v. januari 1985*)
		concentraties		trend (mg l ⁻¹ j ⁻¹)	concentraties		trend (mg l ⁻¹ j ⁻¹)	
		januari 1985	december 2000		januari 1989	december 2000		
totaal-P	zeeklei	0,68	0,42	-0,016	0,53	0,46	-0,006	32
	zand	0,24	0,10	-0,009	0,20	0,12	-0,006	48
	rivierengebied	0,19	0,15	-0,003	0,16	0,15	-0,001	20
	laagveen	0,49	0,26	-0,014	0,35	0,28	-0,006	41
	droogmakerijen				0,18	0,19	+0,001	-8**)
	landelijk	0,38	0,15	-0,014	0,30	0,20	-0,009	47
totaal-N	zeeklei	6,3	6,4	+0,008				-2
	zand				4,9	4,8	-0,006	2**)
	rivierengebied	3,8	3,5	-0,023				10
	laagveen	4,1	3,1	-0,065				25
	droogmakerijen				5,1	4,7	-0,039	9**)
	landelijk	4,9	4,2	-0,044				14

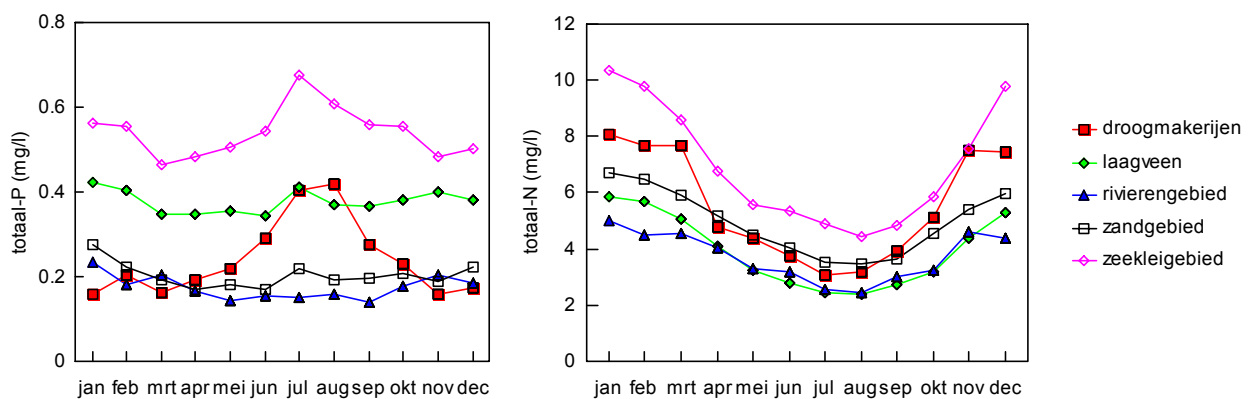
Uit de landelijke analyse is gebleken dat de totaal-P concentraties in het begin van de beschouwde periode aanzienlijk hoger waren in locaties met < 70 % landbouwareaal binnen de afwateringseenheid dan in die met > 70% landbouwareaal (figuur 4.2.4). Om de oorzaak van dit verschil nader te kunnen identificeren is deze analyse ook uitgevoerd per landschapsregio (figuur 4.2.8). In het zeekleigebied zijn de totaal-P concentraties over de gehele periode aanzienlijk hoger in de locaties met < 70% landbouwareaal, en die op grond van GIS analyse in een boezem gelegen zijn, dan in die met > 70 % landbouwareaal. De onderlinge verschillen tussen beide deelsets zijn hier in de tijd echter vrijwel gelijk gebleven. In het rivierengebied zijn de totaal-P concentraties in de beginperiode aanzienlijk hoger in de set met < 70% landbouwareaal in de afwateringseenheid, en hier neemt het verschil tussen beide klassen in de tijd sterk af. In het laagveengebied en het zandgebied zijn er geen noemenswaardige verschillen tussen beide klassen. In het zandgebied was het aantal locaties met < 70% landbouwareaal in de beginjaren te klein om een maandelijkse mediaan te kunnen bepalen. In de droogmakerijen bevinden zich geen locaties met < 70 % landbouwareaal, en kan dit onderscheid derhalve voor de gehele periode niet gemaakt worden. Het verloop van de maandelijkse medianen voor locaties met > 70 % landbouwareaal is hier derhalve identiek aan dat gegeven in figuur 4.2.7. Voor totaal-N zijn de verschillen tussen deelsets per landschapsregio met > 70 % en < 70%, net als bij de gehele landelijke set, zeer klein (niet afgebeeld).



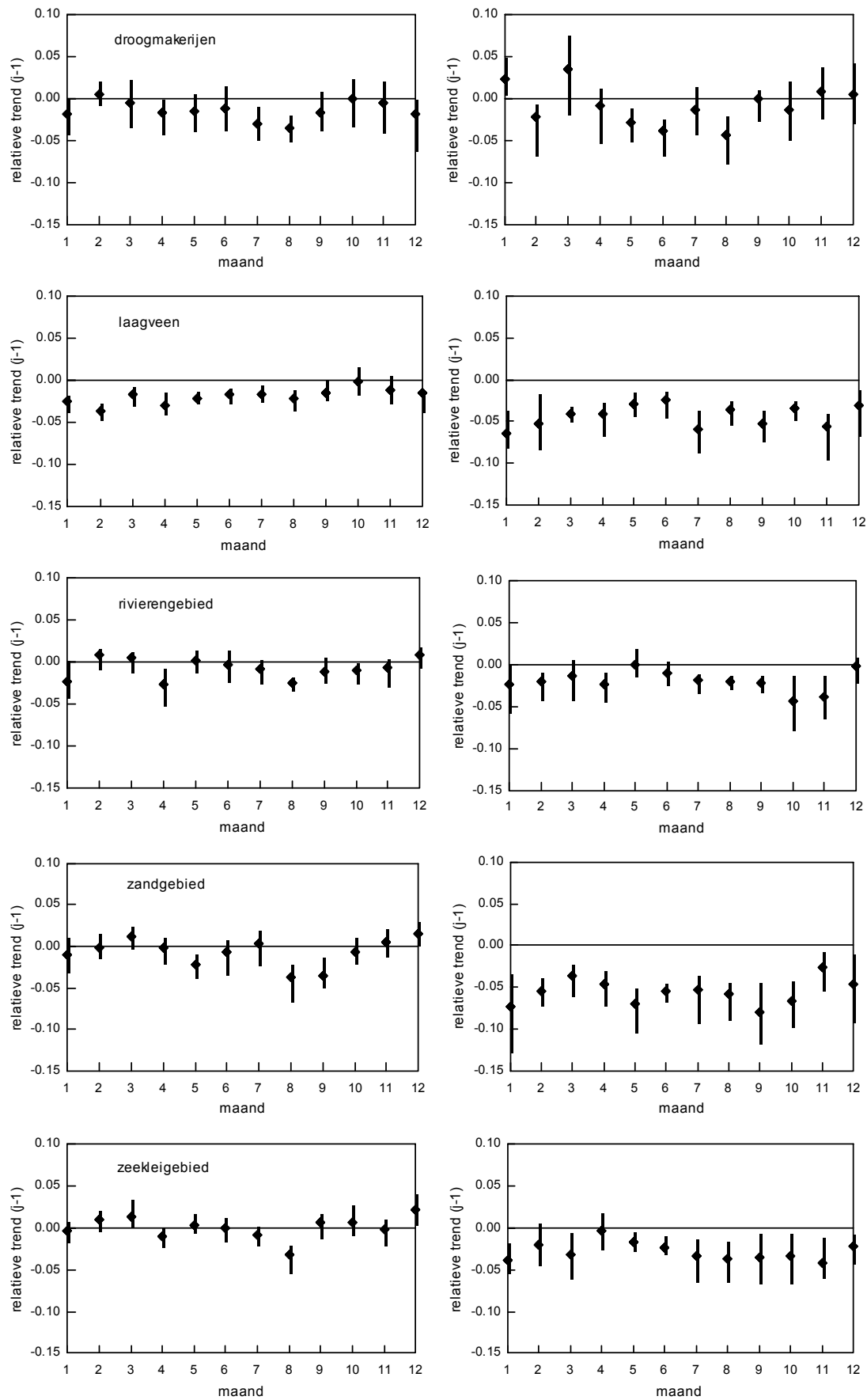
Figuur 4.2.8. Maandelijks mediane totaal-P concentraties per landschapsregio (links) en aantal locaties per maand (rechts) van locaties met minder dan 70% (rood) en meer dan 70%, excl. boezemlocaties (blauw) landbouwareaal binnen de afwateringseenheid. In de linkergrafiek zijn alleen die maanden weergegeven waarvoor van tenminste acht locaties meetgegevens beschikbaar zijn.

De langjarige mediane totaal-P concentraties per maand laten in met name de droogmakerijen en in mindere mate het zeekleigebied een duidelijke seizoensvariatie zien (figuur 4.2.9). In deze twee landschapsregio's is de mediane totaal-P concentratie duidelijk hoger gedurende de zomer. Een mogelijke verklaring hiervoor is, naast nalevering vanuit het sediment, de relatief grotere bijdrage van kwelwater met hogere totaal-P concentraties aan de samenstelling van het water in de zomerperiode. In het zand-, rivieren- en laagveengebied is er geen duidelijke seizoensfluctuatie in de totaal-P concentraties. Voor totaal-N is er in alle landschapsregio's een duidelijke seizoensvariatie, met lagere concentraties in de zomer. Dit houdt verband met de temperatuursafhankelijkheid van de biologische processen (opname door vegetatie en gewassen, immobilisatie door micro-organismen, denitrificatie) die een verwijdering van stikstof uit het (grond)water veroorzaken.

Alhoewel er soms significante verschillen zijn tussen verschillende maanden, is er veelal geen duidelijk seizoenspatroon te herkennen in het verloop binnen een jaarcyclus van de relatieve trends in totaal-P en totaal-N (figuur 4.2.10). In de droogmakerijen zijn de relatieve trends in totaal-P het sterkst dalend in de zomermaanden, en ook in de overige landschapsregio's zijn de relatieve trends met name voor totaal-P het sterkst negatief in de nazomer, de periode waarin het meeste water wordt ingelaten. Gecombineerd met hogere concentraties in de zomer (figuur 4.2.9) impliceert dit dat de seizoensfluctuaties in de totaal-P concentraties in de tijd aan het afvlakken zijn.



Figuur 4.2.9 Langjarige gemiddelde concentraties per maand voor totaal-P (links) en totaal-N (rechts) in clusters per landschapsregio.



Figuur 4.2.10. Trends per maand en bijhorend centraal 80% betrouwbaarheidsinterval in totaal-P (links) en totaal-N (rechts) uitgesplitst per landschapsregio.

4.3 Correlaties met systeemkenmerken

Uit de distributiecurven van de totaal-P en totaal-N concentraties is gebleken dat deze sterk verschillen per landschapsregio. Op basis van die constatering verdient het de voorkeur om een verband met overige verklarende variabelen te analyseren per landschapsregio en niet op landelijk niveau. Alhoewel er op grond van beide indelingen verschillen te zien zijn in de distributiecurven van totaal-P concentraties, heeft een indeling naar landschapsregio's (veelal op basis van bodemtypen) het voordeel ten opzichte van een indeling naar hydrotipe van een duidelijker herkenbaarheid en een betere bekendheid onder beleidsmakers.

Landgebruik

De resultaten van een correlatieanalyse tussen nutriëntenconcentraties en landgebruik per landschapsregio zijn weergegeven in tabel 4.3.1. Een significante positieve correlaties met het totale aandeel van de landbouw (bepaald als de som van gras, maïs, akkerbouw en tuinbouw) en de totaal-P concentratie in het oppervlaktewater wordt alleen gevonden in de droogmakerijen voor totaal-P. Duidelijk is het positieve verband tussen het aandeel tuinbouw en zowel de totaal-P als de totaal-N concentraties in het zeekleigebied. Voorts is er een positief verband tussen totaal-P en tuinbouw in het laagveengebied en tussen totaal-N en tuinbouw in de droogmakerijen. In de overige landschapsregio's is het aandeel tuinbouw in alle afwateringseenheden met een monsterlocatie te klein om een dergelijk verband te kunnen detecteren. De correlaties tussen landgebruik en de relatieve trends in de totaal-P en totaal-N concentraties (met andere woorden: is de verandering in de concentraties gerelateerd aan het landgebruik) laten een onsamenhangend beeld zien. De relatieve trends in het zeekleigebied zijn voor totaal-P positief gecorreleerd met het aandeel tuinbouw (de verlaging van de concentraties gaat minder snel bij een hoger aandeel tuinbouw). Aan de andere kant is er juist een negatief verband is tussen het aandeel tuinbouw en de relatieve trends in totaal-N, ofwel bij een groter aandeel tuinbouw zijn de trends in de totaal-N concentraties juist sterker dalend.

Tabel 4.3.1. Significantie p van correlaties tussen landgebruik en meerjarige gemiddelde totaal-P en totaal-N concentraties per landschapsregio. Alleen waarden van $p < 0.05$ zijn weergegeven. n = aantal locaties. (+) of (-) geven aan of een significant correlatief verband positief of negatief is. Alleen locaties waarvan tenminste van drie jaren jaargemiddelden berekend konden worden zijn gebruikt.

	n	landbouw totaal	gras	maïs	akkerbouw	tuinbouw
totaal-P						
droogmakerijen	27	0.002 (+)				0.047 (+)
laagveen	30			0.030 (-)		0.021 (+)
rivieren	57			0.013 (-)		
zand	48					
zeeklei	48				<0.001 (-)	<0.001 (+)
totaal-N						
droogmakerijen	25					<0.001 (+)
laagveen	29					
rivieren	47			0.033 (+)		
zand	35	0.028 (-)	0.005 (-)			
zeeklei	39		0.033 (-)		0.010 (-)	<0.001 (+)

Tabel 4.3.2. Significantie p van correlaties tussen landgebruik en relatieve trends in totaal-P en totaal-N per landschapsregio. Alleen waarden van $p < 0.05$ zijn weergegeven. n = aantal waarden. (+) of (-) geven aan of een significant correlatief verband positief of negatief is.

	n	landbouw totaal	gras	maïs	akkerbouw	tuinbouw
totaal-P						
droogmakerijen	24					
laagveen	21					
rivieren	35				<0.001 (+)	
zand	22					
zeeklei	37			0.033 (-)	0.045 (-)	<0.001 (+)
totaal-N						
droogmakerijen	21					
laagveen	20					
rivieren	27	0.042 (+)			0.012 (+)	
zand	20			0.030 (-)		0.002 (+)
zeeklei	32				0.016 (+)	0.001 (-)

Grondwatertrap

Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen de distributiecurven van meerjarig gemiddelde totaal-P en totaal-N concentraties geclusterd op basis van de grondwatertrap op de locatie. Daar dit een gelaagde clustering betekent, eerst naar landschapsregio en vervolgens, binnen een landschapsregio naar grondwatertrap heeft dit een dusdanige afname van het aantal locaties per cluster tot gevolg dat eventuele verschillen zeer moeilijk statistisch aan te tonen zijn.

Wanneer echter de grondwatertrappen omgerekend worden naar een gemiddelde GLG en GHG (uitgedrukt in cm beneden maaiveld) binnen de afwateringseenheid, zijn er in verschillende landschapsregio's wel significante correlaties gevonden tussen de meerjarig gemiddelde totaal-P concentratie en deze gemiddelde GLG en GHG binnen de afwateringseenheid (Tabel 4.3.3). Dit is het geval in het zandgebied en het zeekleigebied (zowel met GLG als GHG), en in de droogmakerijen (alleen met de GHG). Het verband is, zoals te verwachten is, in alle gevallen negatief, ofwel de totaal-P concentraties zijn lager op locaties met een diepere grondwaterstand binnen de afwateringseenheid. In het zeekleigebied is er ook een significante correlatie gevonden met het verschil dG tussen de GLG en de GHG.

Voor totaal-N is er in geen enkele landschapsregio een significante correlatie gevonden tussen hetzij de GLG, de GHG of dG, en de meerjarige gemiddelde concentratie.

Tabel 4.3.3. Significantie p van positieve (+) en negatieve (-) verbanden tussen langjarig gemiddelde totaal-P en totaal-N concentraties en de GLG, GHG en het verschil dG (=GLG-GHG), uitgesplitst naar landschapsregio. Alleen waarden $p < 0.05$ zijn weergegeven. n = aantal waarden. (+) of (-) geven aan of een significant correlatief verband positief of negatief is. Alleen locaties waarvan tenminste van drie jaren jaargemiddelden berekend konden worden zijn gebruikt.

			GLG	GHG	dG
totaal-P	droogmakerijen	27		0.048 (-)	
	laagveen	30			
	rivierengebied	55			
	zandgebied	48	0.013 (-)	0.005 (-)	
	zeekleigebied	47	0.019 (-)	0.029 (-)	0.015 (-)
totaal-N	droogmakerijen	25			
	laagveen	29			
	rivierengebied	46			
	zandgebied	35			
	zeekleigebied	38			

Grondwaterkwaliteit

De bijdrage van kwel aan de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater is zowel afhankelijk van de kwelintensiteit als van de concentraties van totaal-P of totaal-N in het kwelwater. Per hydrotype is een gemiddelde kwelintensiteit bepaald (tabel 4.3.4). Er is geen relatie gevonden tussen de mediane concentraties van totaal-P of totaal-N en de gemiddelde kwelintensiteit per hydrotype. Verschillen in kwelintensiteit alleen leveren dus geen verklaring voor de in paragraaf 4.1 geconstateerde verschillen tussen verschillende hydrotypen in met name de totaal-P concentratie. De samenstelling van de bodemlagen wat betreft N en P, en hiermee de kwelconcentratie spelen hierbij waarschijnlijk een belangrijkere rol.

Er wordt in de meeste gevallen wel een significant positief verband gevonden tussen de concentraties in het oppervlaktewater en die in het diepere grondwater (tabel 4.3.5.). Ondanks dat deze data relatief oud zijn, en ondanks dat de ruimtelijke resolutie gering is (een gemiddelde per PAWN district), duidt dit toch op een niet te verwaarlozen bijdrage van het diepe grondwater aan de concentraties in het oppervlaktewater.

Tabel 4.3.4. Gemiddelde kwelintensiteit bepaald voor de verschillende hydrotypen en de mediane meerjarige concentratie voor totaal-N en totaal-P.

Hydrotype	gemiddelde kwelintensiteit (mm/d)	totaal-N	totaal-P
Betuwe-komgronden	0.008	4.03	0.17
Betuwe-stroomrug	0.114	5.17	0.14
Dekzand profiel	-0.125	5.39	0.20
Duinstrook	-0.378	8.59	1.19
Eem en/of keileem	-0.063	5.27	0.26
Keileem	-0.633		0.34
Nuenengroep	-0.222		0.53
Oost-Nederland	0.066	6.56	0.16
Peeloo	0.008		0.31
Singraven-beekdal	0.656	5.92	0.20
Westland-C	0.378	5.45	0.46
Westland-D	0.059	4.89	0.23
Westland-DC	0.125	4.88	0.21
Westland-DH	0.105	4.03	0.21
Westland-DHC	0.038	5.15	0.52
Westland-H	0.196	4.36	0.25
Westland-HC	-0.027	4.90	0.77

Tabel 4.3.5. Significantie p van positieve (+) en negatieve (-) verbanden tussen langjarig gemiddelde totaal-P en totaal-N concentraties en de per PAWN district gemiddelde concentraties in het diepe grondwater [GW] (Boers et al., 1997), uitgesplitst naar landschapsregio. Alleen waarden $p < 0.05$ zijn weergegeven. n = aantal locaties. Alleen locaties waarvan tenminste van drie jaren jaargemiddelden berekend konden worden zijn gebruikt.

		n	[GW]
totaal-P	droogmakerijen	27	<0.001 (+)
	laagveen	30	0.017 (+)
	rivierengebied	55	0.008 (+)
	zandgebied	48	
	zeekleigebied	47	<0.001 (+)
totaal-N	droogmakerijen	25	
	laagveen	29	
	rivierengebied	46	0.003 (+)
	zandgebied	35	0.049 (+)
	zeekleigebied	38	<0.001 (+)

Gecombineerd effect van landgebruik, grondwaterstand en –kwaliteit

Het gecombineerd effect van alle in vorige paragrafen besproken mogelijke verklarende variabelen is onderzocht middels achterwaartse lineaire regressie. De optimale set verklarende variabelen die op deze wijze bepaald wordt levert in veel gevallen een ander beeld op dan uit de lineaire univariate regressies met betrekking tot landgebruik (tabel 4.3.1), grondwaterstand (tabel 4.3.3) en kwelconcentratie (tabel 4.3.4) volgt. Het totaalbeeld is complex. Het aandeel tuinbouw blijft echter veelal als meest bepalende factor staan, met zowel voor totaal-P als totaal-N een significante positief verband in een meerderheid van de landschapsregio's. De kwelconcentratie levert, in alle gevallen waar het een significante bijdrage betreft, zoals te verwachten een positieve bijdrage.

Tabel 4.3.6. Significantie p van positieve (+) en negatieve (-) verbanden tussen langjarig gemiddelde totaal-P en totaal-N concentraties en variabelen met betrekking tot grondwaterstand, kwelkwaliteit [GW] en landgebruik, uitgesplitst naar landschapsregio. Alleen waarden $p < 0.1$ zijn weergegeven. n = aantal waarden. r^2_{adj} = gecorrigeerde r^2 . Alleen locaties waarvan tenminste van drie jaren jaargemiddelden berekend konden worden zijn gebruikt.

		n	r^2_{adj}	GHG	dG	[GW]	Gras	Maïs	Akker	Tuin
totaal-P	droogmakerijen	27	0.70	<0.001 (+)	<0.001 (-)	<0.001 (+)				0.001 (+)
	laagveen	30	0.38		0.006 (+)			0.009 (-)		0.006 (+)
	rivierengebied	55	0.14			0.043 (+)		0.072 (-)		
	zandgebied	48	0.21	0.003 (-)					0.029 (+)	
	zeekleigebied	47	0.63			0.056 (+)				<0.001 (+)
totaal-N	droogmakerijen	25	0.46							<0.001 (+)
	laagveen	29	0.27	0.053 (-)	0.004 (+)			0.008 (+)		0.006 (+)
	rivierengebied	46	0.34		0.024 (-)	0.002 (+)		0.003 (+)	0.049 (+)	
	zandgebied	35	0.29	0.071 (-)	0.043 (+)		0.001 (-)		0.078 (-)	0.027 (+)
	zeekleigebied	38	0.67							<0.001 (+)

Het mechanisme waardoor er in de droogmakerijen een positief verband is tussen totaal-P en de GHG, terwijl dit verband naar verwachting, en zoals in de overige gevallen wel het geval is, een negatief verband zou betreffen is nog onduidelijk. Mogelijk heeft dit te maken met de specifieke hydrologie in de droogmakerijen. Opvallend is voorts dat het aandeel maïs juist in zowel het laagveengebied als de droogmakerijen voor totaal-N een significante positieve bijdrage levert, terwijl deze bijdrage voor totaal-P negatief is. Ook de jaarlijkse fluctuatie in de grondwaterdiepte dG komt nu in een aantal gevallen als significante factor naar voren, terwijl dit in de univariate analyse in tabel 4.3.3., met dG als enige verklarende variabele alleen in het zeekleigebied voor totaal-P het geval was. Zowel positieve als negatieve relaties komen voor, en het causale verband is onduidelijk.

5 Discussie

De analyses in dit rapport hebben betrekking op een set locaties zoals die door de regionale beheerders per beheersgebied zijn aangewezen als voornamelijk door de landbouw beïnvloed. Deze set representeert een groot deel van Nederland (figuur 1). Hoewel er een redelijke verdeling is van de punten over hoog en laag Nederland en over de verschillende landschapsregio's en hydrotypen, zijn met name de mestoverschotgebieden op de zuidelijke en oostelijke zandgronden nog relatief dun vertegenwoordigd. De gebruikte set locaties in deze studie (zie bijlage 2) bevat echter veelal niet de echte haarvaten die de landbouwpercelen dooraderen, maar vooral locaties die door een wat groter gebied beïnvloed worden, zoals uitlaten van polders bij gemalen en, in hoog Nederland, beken. Er kunnen uit de analyses wel een aantal voorlopige inschattingen gemaakt worden omtrent (veranderingen in) de nutriëntengehalten in kleine wateren die voornamelijk door landbouw beïnvloed worden.

Voor een analyse van de effecten van het gevoerde beleid inzake emissies van nutriënten naar het oppervlaktewater is het essentieel om onderscheid te kunnen maken tussen de effecten van de saneringen van puntbronnen en de effecten van het gevoerde mestbeleid. Probleem daarbij is dat een groot aantal verspreid in het landelijk gebied liggende kleine puntbronnen, zoals overstorten en lozingen van ongezuiverd huishoudelijk afvalwater, zich manifesteren als diffuse bronnen en daarom veelal niet te onderscheiden zijn van nutriëntenbelasting door landbouw zelf. Ook de (regionale variatie in de) natuurlijke achtergrondbelasting van nutriënten naar het oppervlaktewater is van belang. Indien deze, zoals in de kalkrijke zeekleigronden, hoog is ten opzichte van de belasting door menselijke invloed, is een verandering in deze laatste moeilijker te detecteren, maar daardoor ook van minder belang voor de lokale oppervlaktewaterkwaliteit. Dit geldt dan ook voor de effecten van maatregelen die de menselijke invloed moeten terugdringen. Voorts speelt het schaalniveau van beïnvloeding een rol. Veranderingen in concentraties kunnen het gevolg zijn van lokale maatregelen, maar ook van generieke maatregelen op een groot schaalniveau die zich door het gehele stroomgebied van een rivier manifesteren. Zo kan in het rivierengebied een relatief kleine beïnvloeding van een locatie door de Rijn al een significante trend in de concentraties op een meetlocatie veroorzaken.

trends

Voor zowel totaal-P als totaal-N is er op een meerderheid van de locaties is een significante daling van de concentraties gevonden. Op landelijke schaal is er een sterke afname van de totaal-P concentratie te zien, maar is de dalende trend in totaal-N slechts gering. Om de geconstateerde daling in totaal-P toe te kunnen schrijven aan het mestbeleid is het noodzakelijk dat de nutriëntenconcentraties op de locaties ook daadwerkelijk voornamelijk door diffuse belasting vanuit de landbouw bepaald worden. Tezamen met de bijdrage van de achtergrondbelasting is ook het onderscheid tussen gebiedseigen en gebiedsvreemd water dus cruciaal. Mede om deze reden is onderscheid gemaakt tussen de zomer- en de winterperiode. Voor zowel totaal-P als totaal-N is er weliswaar een verschil te zien, met sterkere relatieve dalingen in het zomerhalfjaar. Dit duidt er mogelijk op dat er voor zowel fosfor als stikstof in de zomer een invloed is van de generieke dalende trend in gebiedsvreemd inlaatwater. Echter in beide jaarhelften is er nog steeds sprake van een daling op een meerderheid van de locaties.

Opsplitsing van de locaties op basis van het aandeel landbouwareaal in de afwateringseenheid waar binnen een locatie zich bevindt in een set met < 70% en een set met >70% laat zien dat er met name in de periode voor 1990 een aanzienlijk verschil was in de totaal-P concentraties tussen beide sets. Dit verschil is in de loop der jaren vrijwel geheel verdwenen. Het kan derhalve waarschijnlijk toegeschreven worden aan de sanering van puntbronnen zoals overstorten en ongezuiverde lozingen van huishoudelijk afvalwater in de set met minder dan 70% landbouwareaal. Voor deze locaties is de aard van de belasting in de loop der tijd veranderd. Zo kan het dat het saneren van puntbronnen (installatie septic-tanks etc.) er toe heeft geleid dat het procentuele aandeel diffuse belasting door uitspoeling sinds 1985 in de tijd is toegenomen. Een meetlocatie die thans, op grond van de gestelde criteria als vermestingspunt kan worden aangemerkt, behoeft dat medio jaren tachtig nog niet te zijn geweest.

De grote spreiding van maand tot maand in de mediane totaal-P concentratie (figuur 4.2.3) in de periode 1985-1989 is ook aanzienlijk groter in de locaties met < 70% landbouwareaal binnen de afwateringseenheid. Op landelijke schaal is de afname in de totaal-P concentratie veel sterker geweest in de locaties met een relatief klein aandeel landbouw, maar ook in de locaties met meer dan 70% landbouwareaal is de mediane totaal-P concentratie op basis van de trendlijn vrijwel gehalveerd. Uitsplitsing per landschapsregio wijst uit dat het verschil in verloop tussen beide deelsets in de periode 1985-1989 voornamelijk terug te vinden is in het rivierengebied en het zeekleigebied, waarbij in het zeekleigebied het verschil tussen beide deelsets in de loop der tijd merkwaardigerwijze niet is afgenomen.

Het verschil tussen de relatieve afname van enerzijds totaal-P en anderzijds totaal-N is opmerkelijk. Ook al is er op een meerderheid van de locaties een significante afname van beide nutriënten, de procentuele reductie over de periode 1985-2000 is aanzienlijk kleiner voor totaal-N dan voor totaal-P. Dit duidt er op dat de maatregelen die in de tussenliggende periode genomen zijn een sterkere reductie van P dan van N tot gevolg hebben gehad. Mogelijke oorzaken zijn, naast toch een niet te verwaarlozen invloed van de reductie van puntbronnen, een veranderde afvoerdeling vanaf de percelen, en wel een afname van het aandeel snelle, oppervlakkige afvoer resulterend in een toename van het aandeel langzamere, ondiepe en diepere afvoer. Zowel het in praktijk brengen van emissiereducerende methoden voor mesttoediening (het onderwerken van mest) als een opgetreden verlaging van de grondwaterstand hebben een dergelijke verschuiving tot gevolg. Modelberekeningen suggereren dat de vracht van totaal-P naar het oppervlaktewater veel sterker zal afnemen door een verschuiving van snelle oppervlakkige afvoer richting langzamere ondiepe en diepe afvoer dan die van totaal-N (Vermulst, 1995; RIVM, 2000). Dit komt omdat de retentie van P door vastlegging in de bodem veel sterker is bij langzamere afvoer dan bij snelle afvoer, terwijl de retentiefactoren van totaal-N niet sterk verschillen tussen beide afvoerposten. Voorzichtigheid met het trekken van conclusies omtrent verklaringen voor de geconstateerde afname van P is echter noodzakelijk vanwege de geschetste onzekerheden in de aard van de belasting, en de wijze waarop deze in de tijd gewijzigd kan zijn.

De ruimtelijke spreiding van de nutriëntenconcentraties laat zien dat (te) hoge concentraties vooral een regionaal karakter hebben. Met name in het Westland (glastuinbouw), in het oosten van het land en in het westelijk deel van Brabant zijn de concentraties totaal-N plaatselijk zeer hoog. De analyses laten zien dat een differentiatie naar landschapsregio gewenst is voor zowel fosfor als stikstof. De hoge concentraties totaal-P in het westen van het land worden mede veroorzaakt door de bijdrage van fosfaatrijke kwel. Binnen het zeekleigebied is er weliswaar geen relatie gevonden met de kwelintensiteit. Er is in de meeste landschapsregio's echter wel een significant positief verband met de concentratie in het diepe grondwater, hoewel de gebruikte data met betrekking tot deze concentraties ruimtelijk gezien relatief onnauwkeurig zijn. Dit duidt toch op een niet te verwaarlozen effect van de 'natuurlijke' achtergrondbelasting vanuit het diepe grondwater op de concentraties in het oppervlaktewater.

Binnen de verschillende landschapsregio's is er slechts voor enkele combinaties een significant verband gevonden tussen landgebruik en concentratie. De interpretatie wordt echter bemoeilijkt doordat het landgebruik binnen een afwateringseenheid niet constant hoeft te zijn. Het wisselen tussen gras en maïs binnen een perceel, soms zelfs binnen één jaar, maakt dat de oplading van de bodem door beide landgebruiksvormen bepaald wordt. Echter, het gaat hierbij om de verhoudingen van de verschillende vormen van landgebruik. Het analyseren van een relatie tussen landgebruik en nutriëntenconcentraties is derhalve alleen zinvol indien deze verhoudingen op het schaalniveau van een afwateringseenheid niet te sterk veranderd zijn binnen de beschouwde periode.

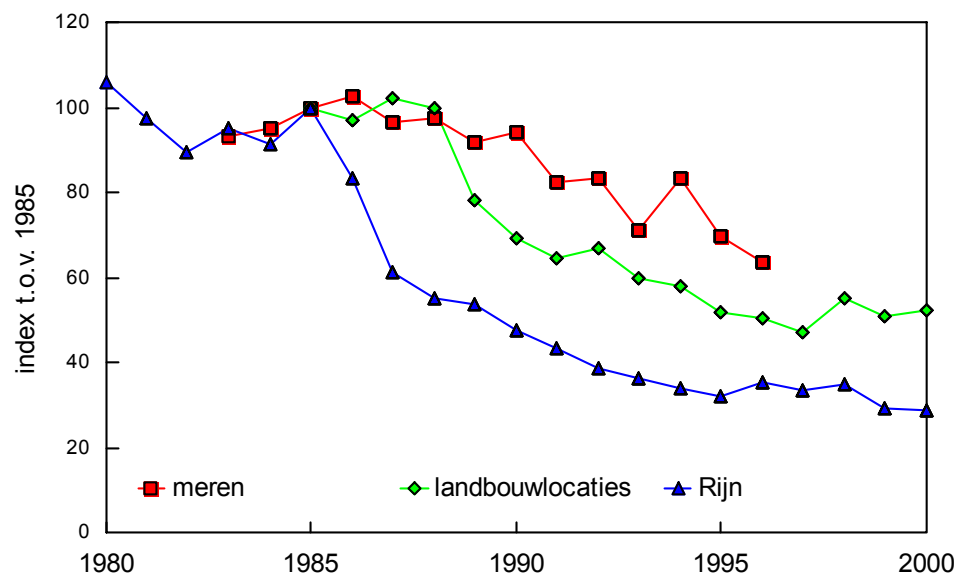
Een ander discussiepunt is hoe representatief een afwateringseenheid is voor de waterkwaliteit op een meetlocatie. Het is met het huidige GIS-instrumentarium niet mogelijk om in het vrij afwaterend deel van Nederland per meetlocatie de contouren zichtbaar te maken van dat gebied waardoor de meetlocatie daadwerkelijk beïnvloed wordt. Een methodiek die deze contouren zichtbaar kan maken, en waarmee vervolgens de kenmerken binnen deze contouren bepaald kunnen worden, verhoogt de betrouwbaarheid van analyses van relaties tussen nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater en deze kenmerken. In het vrij afwaterend gedeelte van Nederland komt dat dus eenvoudig weg neer op het bepalen van het bovenstrooms gelegen deel van het stroomgebied. Voor laag-Nederland zijn de punten waar een polder uitwatert op de boezem de meest geschikte locaties. In de in deze studie onderliggende dataset is dat al voor een groot deel van de locaties het geval, daar het beïnvloedende gebied hier gelijk is aan de betreffende polder. De periode

met waterafvoer naar de boezem is dan de meest geschikte periode. Locaties in een boezem dienen voor de voor deze studie relevante vraagstelling zo veel mogelijk buiten beschouwing te worden gelaten.

Ook wanneer in het vrij afwaterend deel van Nederland het bovenstroomse deel wel exact bekend is, zijn er verscheidene onzekerheden die de interpretatie van de analyses bemoeilijken. De nutriëntenexport uit een gebied, uitgedrukt in $\text{kg N,P km}^2 \text{ j}^{-1}$, zal afnemen met de oppervlakte van het afwaterend land naarmate de afstand (verblijftijd) tot de belangrijkste bronnen bovenstrooms toeneemt. Retentie in de waterlopen speelt veelal een niet te verwaarlozen rol, en kan in laaglandbeken over een traject van enkele kilometers voor totaal-P wel tientallen procenten bedragen (Portielje & de Klein, 2001). Dit heeft verder tot gevolg dat eventuele verschillen in nutriëntenbelasting vanuit diffuse bronnen door variaties in systeemkenmerken zoals landgebruik bij schaalvergroting worden afgevlakt door de interne processen in de waterlopen.

De geconstateerde sterke daling in de totaal-fosfor concentraties in de landbouw beïnvloede locaties eind jaren tachtig trad een paar jaar later op dan die in de Rijn bij Lobith (figuur 5.1). Dit duidt er op dat hier toch een andere (gebiedseigen) oorzaak aan ten grondslag lag, omdat het effect van gebiedsvreemd water veel directer is. De daling in de totaal-fosfor concentratie die in de loop der jaren in de meren en plassen is opgetreden (Portielje & Van der Molen, 1997) is, zoals verwacht, nog trager geweest.

Over de oorzakelijke verbanden tussen de geconstateerde daling in met name totaal-fosfor en het gevoerde (mest)beleid is nog onduidelijkheid. Een niet te verwaarlozen invloed van de (sanering van) puntbronnen op de waargenomen trends is vooralsnog niet uit te sluiten, naast die van de veranderde mestgift en wijzen van mesttoediening. Een hard onderscheid is er echter niet te leggen vanwege de tijdschalen van maatregel-effect relaties en het feit dat deze in de tijd door elkaar heen lopen. Het is uiteindelijk het netto effect dat bepaalt of verdere bijsturing en aanscherping nodig is. Ondanks de grote verbeteringen die zijn opgetreden, zijn deze echter de laatste jaren gestagneerd op een niveau (0,20 mg P/l) waarbij de oorspronkelijke doelstellingen van 0,15 mg P/l nog niet bereikt zijn, er van uitgaand dat deze MTR-waarde in het landelijk gebied aangehouden mag worden als grenswaarde om op termijn een redelijke ecologische kwaliteit te waarborgen. Voor totaal-N bedragen de concentraties op basis van de landelijke mediaan nog altijd bijna het dubbele van de MTR waarde, alhoewel .



Figuur 5.1. Geïndexeerde (1985=100) jaargemiddelde totaal-fosfor concentraties in de Rijn bij Lobith, de mediane waarde van de landbouwlocaties en de set Nederlandse meren en plassen.

6 Conclusies

Trends

Op landelijke schaal zijn de totaal-P gehalten in de landbouw beïnvloede locaties gedurende de periode 1985-2000 afgenomen. De periode 1985-2000 kan opgesplitst worden in drie perioden: 1985-1989 met hoge concentraties en een grote spreiding van maand tot maand, 1989-1995, met lagere concentraties, een dalende trend en een kleinere spreiding, en 1995-2000 met relatief lage concentraties en een afvlakking van de trend.

Een tweedeling op landelijke schaal in locaties met meer dan en minder dan 70% landbouwareaal in de afwateringseenheid geeft met name in het eerste deel van de periode 1985-2000 een groot verschil te zien in het verloop van de totaal-P concentraties. In dit eerste deel van de beschouwde periode waren er beduidend hogere concentraties in de set met minder dan 70 % landbouwareaal, en was ook daar de spreiding van maand tot maand aanzienlijk hoger. De concentraties zijn op landelijke schaal ook op locaties met meer dan 70 % landbouwareaal in de afwateringseenheid fors afgenomen van 0,32 mg P/l in januari 1985 naar 0,20 mg P/l in december 2000.

Voor totaal-N is de trend weliswaar significant dalend, maar is er over de periode 1985-2000 op landelijke schaal slechts een geringe afname met 14% geconstateerd, van 4,9 naar 4,2 mg N/l. Er is voor totaal-N geen noemenswaardig verschil tussen de set locaties met > 70% en < 70 % landbouwareaal binnen de afwateringseenheid.

Wat betreft trends per locatie is er voor zowel totaal-P als totaal-N, met respectievelijk 56% en 60%, op een meerderheid van de locaties een significant dalende trend, en op een klein deel van de locaties (resp. 13 en 10 %) is er sprake geweest van een significante stijging van de concentraties. Uitsplitsing naar zomer- en winterhalfjaar laat zien dat er voor zowel totaal-N als totaal-P in beide jaarhelften op een meerderheid van de locaties een dalende trend is.

Concentraties

In het algemeen zijn de concentraties hoog ten opzichte van de geldende MTR waarden. In 2000 waren de jaargemiddelde concentraties op 33% van de locaties lager dan de MTR waarde van 0,15 mg P/l. Voor totaal-N was dit ten opzichte van de MTR waarde van 2,2 mg N/l slechts op 8% van de locaties het geval.

Er zijn voor zowel totaal-P als totaal-N grote onderlinge verschillen tussen de verschillende landschapsregio's, met voor beide nutriënten de hoogste concentraties in het zeeleigebied. De relatief laagste concentraties zijn voor totaal-P gevonden in het zandgebied, het pleistoceen en het rivierengebied, en voor totaal-N in het rivierengebied en het laagveengebied.

De sterkst significante positieve correlaties tussen zowel totaal-N als totaal-P en het landgebruik zijn gevonden voor het aandeel tuinbouw in het zeeleigebied, en voor alleen totaal-N in de droogmakerijen. Opvallend is het significante negatieve verband tussen zowel totaal-N als totaal-P en het percentage akkerbouw in het zeeleigebied.

Binnen de landschapsregio's is er een significant negatief verband tussen de totaal-P concentraties en de grondwaterdiepte, ofwel de concentraties zijn lager op locaties met een diepere grondwaterstand binnen de afwateringseenheid. Dit geldt voor totaal-fosfor in het zandgebied en het zeeleigebied zowel met de GLG als met de GHG, en in de droogmakerijen alleen met de GHG. Voor totaal-N is er in geen enkele landschapsregio een significante correlatie gevonden tussen de grondwaterdiepte en de meerjarige gemiddelde concentratie.

Voor zowel totaal-P als totaal-N is er in een meerderheid van de landschapsregio's een significante positieve relatie gevonden tussen de concentratie in het oppervlaktewater en die in het diepe grondwater, ofwel de natuurlijke achtergrondbelasting heeft een niet te verwaarlozen effect op de concentraties in het oppervlaktewater.

7 Aanbevelingen

Op basis van de bevindingen in dit rapport kunnen een aantal aanbevelingen worden gedaan voor verdere verbetering van zowel de onderliggende dataset als voor de methodiek ter verwerking en analyse van de data.

7.1 Aanbevelingen voor verbetering en optimalisering van het meetnet

Om tot betere uitspraken te kunnen komen kan de ruimtelijke dekking van de set monsterlocaties op landelijk niveau in een aantal regio's verbeterd worden. Het is hiertoe noodzakelijk dat ieder beheersgebied evenredig vertegenwoordigd is, en dat met name de landschapsregio's naar evenredigheid vertegenwoordigd zijn. Naar evenredigheid houdt hier in dat zowel rekening wordt gehouden met het oppervlak van het betreffende landschapstype, als met de dichtheid van de waterlopen hierin.

Concreet houdt dit in een uitbreiding van het aantal meetlocaties voor de volgende landschapsregio's:

- het zeekleigebied van Groningen en Noord-Holland, met nadruk op locaties in polders die niet door een boezem worden beïnvloed, en met een hoog aandeel landbouwareaal
- de mestoverschotgebieden in zandgebied in met name Drente en het oostelijk deel van Brabant
- het hoogveengebied in Drenthe en Groningen (zodat dit gebied beter als afzonderlijke landschapsregio onderscheiden kan worden).
- het krijt- en lössgebied van Zuid-Limburg

Tevens dient een verdere kwaliteitscontrole van de aangewezen meetlocaties plaats te vinden, waarbij nogmaals in samenspraak met de beheerders wordt nagegaan of de aangewezen locaties inderdaad voornamelijk door landbouw beïnvloed zijn, en een optimale representatie van het betreffende beheersgebied geven. Vervolgens is het aan te bevelen afspraken te maken over de continuïteit van de monitoring van deze locaties in de toekomst, ofwel te komen tot een min of meer vast landelijk meetnet dat centraal wordt gecoördineerd.

Ook de verdere ontwikkeling van (GIS)-tools voor verbetering van de analyse wordt aanbevolen. In de huidige analyses zijn de kenmerken van een meetlocatie bepaald door de afwateringseenheid waarbinnen dit punt zich bevindt op basis van de indeling zoals die in het WIS is gemaakt. In het vrij afwaterend deel van Nederland bestaat nu echter de mogelijkheid dat een locatie slechts door een klein deel van die afwateringseenheid en/of eveneens door een bovenstrooms gelegen afwateringseenheid beïnvloed wordt. Beter zou het zijn wanneer de mogelijkheid bestaat per gekozen punt in een waterloop het gebied waardoor dat punt daadwerkelijk beïnvloed wordt te kunnen bepalen, en daarmee ook de kenmerken van dat gebied. Een dergelijke methodiek is op dit moment in ontwikkeling voor hoog-Nederland, maar nog niet operationeel op landelijke schaal. In laag-Nederland is de polder waarbinnen een locatie ligt veelal de begrenzing van de afwateringseenheid, maar hier is de hydrologische situatie complexer door externe watervoorziening in perioden met een watertekort. De analyses dienen dan betrekking te hebben op de perioden waarin geen watervoorziening optreedt, en er sprake is van voornamelijk gebiedseigen water.

7.2 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

- Behalve aan landgebruik is een directe relatering tussen (trends in) de waterkwaliteit en het mestoverschot binnen een afwateringseenheid aan te bevelen. In deze studie ontbraken hiertoe nog de adequate gegevens.
- Uit de analyses in deze studie is in het zand- en zeekleigebied een significante negatieve relatie tussen de grondwaterdiepte onder het maaiveld en de totaal-fosfor concentratie in het oppervlaktewater gevonden. Behalve dat de ruimtelijke variatie in concentraties gerelateerd is aan de grondwaterdiepte, betekent dit ook dat trends in de tijd in deze grondwaterdiepte door verdroging of vernatting een bijdrage kunnen hebben geleverd aan de geconstateerde trends in met name totaal-fosfor. Nader inzicht hierin is gewenst,

daar maatregelen die betrekking hebben op de grondwaterstand dus ook gevolgen kunnen hebben voor de nutriëntenhuishouding van het oppervlaktewatersysteem.

- In deze studie is een relatie gevonden tussen totaal-fosfor concentraties in het oppervlaktewater en de kwaliteit van het diepe grondwater op basis van gemiddelde waarden over PAWN-districten. Een nauwkeuriger localisering van P-rijke kwel (zowel wat betreft intensiteit als kwaliteit) zal de nauwkeurigheid van dergelijke relaties, en dus ook die van een inschatting van de relatieve effecten van natuurlijke achtergrondbelasting op de waterkwaliteit versus die van de landbouw, verbeteren.

Referenties

- Amstel, A.R. van, L.C. Braat en A.C. Garritsen, 1989. Verdroging van natuur en landschap in Nederland; Het technisch rapport. 's Gravenhagen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Boers, P.C.M., H.L. Boogaard, J. Hoogeveen, J.G. Kroes, I.G.A.M. Noij, C.W.J. Roest, E.F.W. Ruigh en J.A.P.H. Vermulst, 1997. Watersysteemberkenningen 1996. Huidige en toekomstige belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat vanuit de landbouw. RIZA rapport 97.013.
- Boumans, L., A. Breeuwsma, W. van Duyvenbooden, D.J. Groot Obbink, S. Jelgersma, H. van Straten en J.H.M. Wösten, 1987. Kwetsbaarheid van grondwater. Kartering van de Nederlandse bodem in relatie tot de kwetsbaarheid van grondwater voor verontreiniging. Rapport 840387003, RIVM. Bilthoven.
- Gaast, J.W.J van der. en P.J.T van Bakel, 1997. Differentiatie van waterlopen ten behoeve van het bestrijdingsmiddelenbeleid in Nederland. Rapport 526, SC-DLO. Wageningen.
- Kroon, T., 2000. MONA, Koppelingsconcept MOZART-NAGROM. Beschrijving en gebruikershandleiding van de modellentrein. RIZA, Lelystad.
- Locher W.P. en H. de Bakker, 1987. Bodemkunde van Nederland. Voorpublicatie van Deel 1 Algemene Bodemkunde. Stichting voor bodemkartering. Malmberg, Den Bosch.
- Massop, H.Th.L., L.C.P.M. Stuyt, P.J.T, van Bakel, J.M.M. Bouwmans en H.Prak, 1997. Invloed van de oppervlaktewaterstand op de grondwaterstand. Leidraad voor de kwantificering van de effecten van veranderingen in de oppervlaktewaterstand op de grondwaterstand. Rapport 527.1, SC-DLO. Wageningen.
- Portielje, R. & J.J.M. de Klein, 2001. Nutriënten emissie-immissie in stroomgebieden – retentie en omzettingen in beeklopen. RIZA werkdocument 2001.133X, Rapportnummer M324 Leerstoelgroep Aquatische ecologie en waterkwaliteitsbeheer
- Portielje, R. & D.T. van der Molen, 1997. Trendanalyse eutrofiëringstoestand van de Nederlandse meren en plassen, deelrapport I voor de Vierde Eutrofiëringsevenquête. RIZA-rapport 97.060.
- RIVM, 1999. Milieubalans 99 - Het Nederlandse milieu verklaard. Samsom BV, Alphen aan den Rijn. ISBN 9014062273
- RIVM, 2000. Nationale Milieuverkenning 5. Samsom BV, Alphen aan den Rijn.
- Vermulst, J.A.P.H., 1995. Vernattingsmaatregelen in de Schuivenbeek: Modelberekeningen ten behoeve van een studie naar de interactie vernatting-eutrofiëring. Werkdocument 95.127X, RIZA Lelystad.
- Vree, L.G. de & M. Blind, 1998. Methodiek voor de evaluatie en optimalisatie van routine waterkwaliteitsmeetnetten, deel II: overzicht van technieken en methoden. STOWA-rapport 98-16.
- Zagwijn, W.H. en C.J. van Staalduinen, 1975. Toelichting bij de geologische overzichtskaart van Nederland. RGD, Haarlem.

Bijlage I. Criteria voor vermestingspunten zoals deze zijn opgegeven aan de waterbeheerders.

Primaire criteria:

- de meetpunten zijn voornamelijk landbouw beïnvloed
- de meetpunten zijn zoveel mogelijk ruimtelijk verdeeld over de in uw beheersgebied voorkomende landbouwgronden en zo mogelijk representatief voor een groter gebied
- de meetpunten worden jaarlijks bemonsterd op minimaal de parameters totaal-fosfaat, totaal-stikstof (of nitraat, nitriet en Kjeldahl-stikstof) en nitraat
- van de meetpunten zijn meetcijfers beschikbaar voor minstens de bovengenoemde parameters vanaf minstens 1992 en bij voorkeur 1985

Secundaire criteria:

- de meetpunten zijn zoveel mogelijk evenredig verdeeld over de in uw beheersgebied aanwezige bodemtypen (zand, klei, veen en löss)
- de meetpunten zijn zoveel mogelijk evenredig verdeeld over de in uw beheersgebied aanwezige watertypen (kanalen, meren/plassen, sloten, rivieren, grote gaten, vennen)

De voor dit doel geselecteerde meetpunten worden aangeduid met de term CIW-vermestingspunten.

Bijlage II. Overzicht vermetingspunten

Beheerder + Code	Omschrijving	X- coörd	Y- coörd	Type	>70% landbou w	Landschapsregi o	Hydotype
WS Hunze en Aa's							
101	Stads-Compascuumkanaal	269.1	540.1	boezem		Hoogveen	Keileem profiel
102	Westerwoldse Aa	276.6	584.4			Zeekleigebied	Westland-DH
103	Vereenigdkanaal	271.6	564.8	polder	x	Zandgebied	Peeloo profiel
104	Musselkanaal	266.9	544.2	boezem		Hoogveen	Peeloo profiel
105	Westerwoldse Aa	268.2	568.2	boezem		Zandgebied	Singraven-beekdal
106	Winschoterdiep	266.5	575.4	polder		Pleistoceen	Keileem-Peeloo
107	Drentse Aa	237.5	572.1	hoge grond		Pleistoceen	Singraven-beekdal
108	Noord-Willemskanaal	233.5	580.8	gem.riool		Zeekleigebied	Westland-DC
109	Kanaal Veendam - Musselkanaal	263.8	554.5	boezem		Hoogveen	Peeloo profiel
110	Oostermoerse vaart	243.6	570.1	boezem		Hoogveen	Singraven-beekdal
111	Eemskanaal	256.9	593.8	boezem		Zeekleigebied	Westland-DHC
112	Winschoterdiep	239.4	578.4	boezem		Zeekleigebied	Westland-DH
113	Afwateringskanaal Van Duurswold	257.6	593.6	gem.riool		Zeekleigebied	Westland-DHC
114	A.G. Wildervanckkanaal	256.1	573.1	boezem		Hoogveen	Peeloo profiel
115	Termunterzijldiep	260.5	587.2	boezem		Zeekleigebied	Westland-DC
116	Uitwateringskanaal	267.4	591.7	polder	x		
Wetterskip Fryslan							
201	Zuider Ee	203.5	596.9	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
202	sloot Engwierumpolder	206.2	593.9	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
203	Holle Rij	168.2	587.3	polder	x	Zeekleigebied	Westland-D
204	Dijksgracht	179.5	562.8	polder	x	Laagveengebied	Westland-DH
205	zijtak Kromme Gat	197.1	566.1	polder	x	Laagveengebied	Westland-H
206	Nokvaart	192.4	559.1	polder	x	Laagveengebied	Westland-DH
207	Bermsloot	180.8	553.3	polder	x	Laagveengebied	Westland-DH
208	sloot Tjongervallei	204.6	553.3	polder		Pleistoceen	Keileem profiel
209	Scheene	188.9	539.2	polder		Laagveengebied	Westland-H
210	Noordwoldervaart	203.4	544.4	polder	x	Pleistoceen	Westland-H
211	bermsloot Sopsum	161.3	573.3	polder	x	Zeekleigebied	Westland-D
WS Groot Salland							
301	Buiten Reeve	188.1	504.7	polder		Rivierengebied	Westland-DH
302	Oude Wetering "de Boxem"	199.4	506.9	polder	x	Laagveengebied	Westland-DH
303	Kostverlorenstreng Zwartsluis	202.1	516.9	polder	x	Laagveengebied	Westland-DH
304	Gemaal Doosje	205.2	521.1	polder		Laagveengebied	Westland-DH
305	Gemaal Lenders	206.8	522.9	polder	x	Laagveengebied	Westland-H
306	Soestwetering Wijhe	207.2	488.5	hoge grond	x	Zandgebied	Betuwe-komgrond
307	Nieuwe Wetering Laag	208.8	496.8	polder	x	Zandgebied	Betuwe-komgrond

Zuthem							
308	Raalterwetering	210.8	492.0	hoge grond	x	Zandgebied	Dekzand profiel
309	Soestwetering	213.4	477.2	boezem	x	Zandgebied	Dekzand profiel
310	Noord-zuidleiding Pollenweg	223.7	490.2	hoge grond		Zandgebied	Dekzand profiel
311	Zijtak Ommerkanaal	226.5	509.6	hoge grond	x	Hoogveen	Dekzand profiel
312	Randwaterleiding bij de grens	245.4	513.1	hoge grond		Zandgebied	Dekzand profiel
313	Radewijkerbeek bij de grens	246.2	509.1	hoge grond			
WS							
Reggen en							
Dinkel							
401	boekelerbeek weleweg boekelo	251.3	468.8	hoge grond		Pleistoceen	Oost-Nederland
402	bornerbr.wat.l. ypeloweg wierden	237.5	482.3	hoge grond	x	Zandgebied	Dekzand profiel
403	boven regge hazendammwg diepenh.	234.7	470.0	hoge grond	x	Zandgebied	Dekzand profiel
404	broekbeek vermolenweg geesteren	244.9	495.0	hoge grond		Pleistoceen	Dekzand profiel
405	deurningerbk piepersveldwg borne	249.9	481.1	hoge grond		Pleistoceen	Oost-Nederland
406	diepenheimse molenbk diepenheim	236.1	470.8	hoge grond	x	Zandgebied	Dekzand profiel
407	elsbeek glanerbrugdijk glanebr.	265.0	473.6	hoge grond		Zandgebied	Oost-Nederland
408	elsgraven eversdijk enter	235.3	480.9	hoge grond	x	Zandgebied	Dekzand profiel
409	fleringerm.b. rikkerpoelsw. alb.	250.8	486.9	hoge grond	x	Pleistoceen	Oost-Nederland
410	fluttersbk deldensestr h'velde	239.6	467.5	hoge grond	x	Zandgebied	Dekzand profiel
411	geesters str.kan. vr.wijk	239.4	496.7	boezem		Hoogveen	Dekzand profiel
412	geesters str.kan. geest.	244.6	494.8	hoge grond		Pleistoceen	Dekzand profiel
413	geesterse molenbeek, geesteren	245.5	494.7	hoge grond		Pleistoceen	Dekzand profiel
414	gelebeek lattrop	262.8	495.3	hoge grond		Zandgebied	Singraven-beekdal
415	glanerbeek glanerb	262.8	469.6	hoge grond		Stuwwallen	Oost-Nederland
416	hagmolenbeek haaksb.	252.4	465.5	hoge grond	x	Zandgebied	Oost-Nederland
417	hagmolenbeek belldsweg bentelo	243.1	473.6	hoge grond	x	Pleistoceen	Oost-Nederland
418	ham. wetering janmansweg den ham	228.5	498.9	hoge grond	x	Zandgebied	Dekzand profiel
419	hogel.leiding schothoeksw hellen	229.8	492.3	hoge grond	x	Zandgebied	Dekzand profiel
420	holl.graven ootm.str tilligte	260.8	492.3	hoge grond	x	Zandgebied	Dekzand profiel
421	holl.graven ootmarsum	259.5	489.4	hoge grond	x	Zandgebied	Singraven-beekdal
422	itterbeek vermolenweg geesteren	244.6	495.4	hoge grond		Pleistoceen	Dekzand profiel
423	koppelleid pruis.veldweg hengelo	252.5	474.3	hoge grond		Pleistoceen	Oost-Nederland
424	loolee zenderneweg albergen	247.9	484.9	hoge grond	x	Pleistoceen	Oost-Nederland
425	maatgraven molendijk rijssen	232.4	482.0	hoge grond		Zandgebied	Singraven-beekdal
426	mosbeek tubbergen	249.2	494.5	hoge grond		Pleistoceen	Oost-Nederland
427	nieuwlandsbeek bentelo	243.4	474.0	hoge grond	x	Pleistoceen	Oost-Nederland
428	poelsbeek hengevelde	238.8	466.2	hoge grond	x	Zandgebied	Dekzand profiel
429	poelsbeek weldam goor	237.2	470.8	hoge grond	x	Zandgebied	Dekzand profiel

430 puntbeek lossen	268.0	486.5	hoge grond		Zandgebied	Singraven-beekdal
431 rammelbeek nrd-deurningen	267.2	491.9	hoge grond			
432 ravenhorsterbeek los	267.0	477.4	hoge grond		Zandgebied	Singraven-beekdal
433 reutumerbeek fler	252.9	487.9	hoge grond	x	Pleistoceen	Oost-Nederland
434 ruenbergerbeek	267.8	474.2	hoge grond		Zandgebied	Singraven-beekdal
435 slangenbeek borne	250.6	480.7	hoge grond		Pleistoceen	Oost-Nederland
436 snoeyinksbeek lossen	266.5	478.6	hoge grond		Stuwwallen	Singraven-beekdal
437 spi-lemsbeek saasveld	253.3	483.7	hoge grond	x	Pleistoceen	Oost-Nederland
438 spi-lemsbeek saasveld	249.8	484.2	hoge grond	x	Pleistoceen	Oost-Nederland
439 sprdalsebeekk ootmarsum	258.2	494.8	hoge grond	x	Stuwwallen	Stuwwallen
440 verb.leid. d'veen	236.7	493.9	boezem		Hoogveen	Dekzand profiel
441 voltherbeek ootmarsum	260.1	490.3	hoge grond	x	Zandgebied	Dekzand profiel
442 westerb.leidng veeneindew v'veen	237.5	493.7	hoge grond	x	Hoogveen	Dekzand profiel
443 watergang 2-8, nijverdal	230.4	483.7	hoge grond		Zandgebied	Dekzand profiel
444 watergang 6-0-2, langeveen	243.5	497.0	boezem		Pleistoceen	Dekzand profiel
445 watergang 8-6-1-1, vriezenveen	240.7	494.4	hoge grond	x	Hoogveen	Dekzand profiel
WS Veld en Vecht						
501 Loodiep, Dalen	246.1	522.9	hoge grond	x	Zandgebied	Keileem profiel
502 Oude Drostendiep, bij Coevorden	247.4	521.5	boezem		Zandgebied	Keileem profiel
503 Drostendiep	250.2	524.5	hoge grond	x	Zandgebied	Singraven-beekdal
504 Zijtak Ommerkanaal	228.8	509.6	hoge grond	x	Hoogveen	Dekzand profiel
505 Dooze Bergentheimerveen	240.0	505.6	boezem		Hoogveen	Dekzand profiel
WS Zuiderzeeland						
601 Lemstervaart	179.1	535.9	polder	x	Droogmakerijen	Westland-DH
602 IJzertocht	174.8	533.1	polder	x	Droogmakerijen	Westland-D
603 Hertentocht	188.6	519.2	polder	x	Droogmakerijen	Westland-DH
604 Marknesservaart, NO van Marknesse	188.3	525.7	polder	x	Droogmakerijen	Westland-D
605 Lepelaartocht	157.3	493.1	polder	x	Droogmakerijen	Westland-D
606 HV	146.6	486.4	polder		Droogmakerijen	Westland-DHC
607 Bosruitertocht	159.0	482.4	polder		Droogmakerijen	Westland-DH
608 LV	147.2	488.1	polder	x	Droogmakerijen	Westland-DHC
609 Hoge Dwarsvaart, Karekietweg	171.0	491.1	polder		Droogmakerijen	Westland-D
610 Hondweg, Zwolsetocht	182.1	504.2	polder		Droogmakerijen	Westland-DH
611 Ketelweg, Roggebottocht	181.0	509.9	polder		Droogmakerijen	Westland-DH
612 Swiftervaart, Elandweg	175.8	509.3	polder	x	Droogmakerijen	Westland-DH
613 LV, Biddingweg	171.8	503.1	polder	x	Droogmakerijen	Westland-D
614 Wiertocht	168.8	501.8	polder	x	Droogmakerijen	Westland-D
615 Oostervaart	164.3	503.5	polder	x	Droogmakerijen	Westland-DH
616 HV, Elburgerweg	180.7	502.4	polder		Droogmakerijen	Westland-D
617 Larservaart	163.9	498.4	polder	x	Droogmakerijen	Westland-D
618 Eendentocht	165.2	495.7	polder	x	Droogmakerijen	Westland-D
619 LV	177.5	506.1	polder	x	Droogmakerijen	Westland-DH

620 Oldebroekertocht	177.6	497.1	polder		Droogmakerijen	Westland-D
621 Bremerbergtocht	180.1	495.2	polder		Droogmakerijen	Westland-D
WS Rijn en IJssel						
801 Aa-strang, Grens Dinxperlo	229.8	430.1	hoge grond	x		
802 Didamse Wetering, Angerlo	207.9	445.1	hoge grond	x	Rivierengebied	Betuwe-komgrond
803 Ratumse Beek, Meddo	246.1	445.1	hoge grond		Pleistoceen	Singraven-beekdal
804 Hupselse beek, Hupsel	240.3	453.6	hoge grond	x	Pleistoceen	Oost-Nederland
805 Grote Beek, Steenderen	209.2	453.8	hoge grond	x	Rivierengebied	Betuwe-stroomrug
806 Veengoot, Ruurlo	225.5	453.1	hoge grond		Zandgebied	Dekzand profiel
ZS Rivierenland						
901 A-watergang - Bruchem	147.3	421.3	polder	x	Rivierengebied	Westland-DH
902 Capreton - Aalst	137.5	422.9	polder	x	Rivierengebied	Westland-DH
903 Linge - Ochten	166.3	436.6	hoge grond	x	Rivierengebied	Betuwe-komgrond
904 Linge - Wadenhoijen	154.1	431.8	hoge grond	x	Rivierengebied	Westland-D
905 Linge - Asperen	136.5	432.2	polder		Rivierengebied	Westland-D
906 Linge - Gorinchem	127.8	428.7	polder		Rivierengebied	Westland-DH
907 A-watergang - Culemborg	144.7	436.7	polder	x	Rivierengebied	Westland-DH
908 Maaltocht - Acquoy	136.3	433.3	polder	x	Rivierengebied	Westland-DHC
909 Grote Wetering - Alphen	158.3	426.0	polder	x	Rivierengebied	Betuwe-komgrond
910 A-watergang - Puiflijk	166.9	431.6	hoge grond	x	Rivierengebied	Betuwe-komgrond
911 Nieuwe Wetering - Appeltern	169.6	427.3	hoge grond		Rivierengebied	Betuwe-komgrond
912 Balgoijse Wetering - Balgoy	176.8	422.9	polder	x	Rivierengebied	Betuwe-stroomrug
913 Wylmermeer - Beek-Ubbergen	193.4	426.3	hoge grond		Stuwwallen	Betuwe-komgrond
914 Grenswetering - Beek-Ubbergen	194.8	427.7	hoge grond			
915 A-watergang - Beuningen	177.8	429.9	hoge grond		Rivierengebied	Betuwe-komgrond
916 A-watergang - Zoelen	153.0	437.8	hoge grond	x	Rivierengebied	Westland-DHC
917 Oude Rijn - Lienden	164.6	440.2	hoge grond	x	Rivierengebied	Betuwe-stroomrug
918 Huissense Zeeg - Elst	190.4	438.4	hoge grond	x	Rivierengebied	Betuwe-komgrond
919 Drielse Zeeg - Heteren	181.5	439.8	hoge grond	x	Rivierengebied	Betuwe-komgrond
920 A-watergang - Est	151.2	430.1	hoge grond	x	Rivierengebied	Westland-D
921 A-watergang - Varik	151.6	427.1	hoge grond	x	Rivierengebied	Westland-DH
922 Leuvense Achtervliet - Heukelum	132.2	429.4	polder	x	Rivierengebied	Westland-DH
923 A-watergang - Hellouw	140.3	426.6	polder	x	Rivierengebied	Westland-DH
924 A-watergang - Ophemert	154.2	429.5	hoge grond	x	Rivierengebied	Westland-D
WS Veluwe						
1001 Oosterhuizenpreng Beekbergen	198.5	463.2	hoge grond		Zandgebied	Eem/keileem
1002 Verlorenbeek Epe	194.8	483.2	hoge grond		Stuwwallen	Eem/keileem
1003 Beekbergsebeek Lieren	196.8	464.1	hoge grond		Zandgebied	Eem/keileem
1004 Voorstondensebeek Voorstonden	204.6	459.9	hoge grond	x	Zandgebied	Eem/keileem
1005 Fliert Wilp	205.5	471.6	hoge grond	x	Zandgebied	Betuwe-stroomrug
1006 Nieuwe Wetering Apeldoorn	197.9	473.6	hoge grond	x	Zandgebied	Eem/keileem
1007 Nieuwe Wetering Wapenveld	202.4	494.3	hoge grond	x	Zandgebied	Betuwe-komgrond

1008 Beekbergse Leigraaf Teuge	200.6	468.3	hoge grond	x	Zandgebied	Eem/keileem
1009 Puttenerbeek Elburg	185.9	495.3	gem.riool		Laagveengebied	Westland-DH
1010 Heigraaf Zuideinde	192.3	498.1	polder	x	Laagveengebied	Dekzand profiel
1011 Bliksbeek Doornspijk	181.0	491.3	polder		Laagveengebied	Dekzand profiel
1012 Hierdensebeek Paleisweg	180.0	473.5	hoge grond		Stuwwallen	Eem/keileem
1013 Veldbeek-99	165.0	472.5	hoge grond		Zandgebied	Eem/keileem
WS Vallei en Eem						
1101 Moorsterbeek (eind) Leusden	159.3	459.2	hoge grond	x	Zandgebied	Eem/keileem
1102 Luntersebeek Scherpenzeel	161.7	453.5	hoge grond	x	Zandgebied	Eem/keileem
1103 Barneveldsebeek Amersfoort	156.9	462.9	hoge grond	x	Zandgebied	Eem/keileem
1104 Middelbeek Nijkerk	162.4	474.6	polder	x	Laagveengebied	Westland-DH
1105 Wiel Nijkerk	158.0	472.5	polder	x	Laagveengebied	Westland-DH
1106 Bredebeek Nijkerk	161.6	469.2	hoge grond	x	Zandgebied	Eem/keileem
1107 Nattegatsloot	159.3	456.4	hoge grond	x	Zandgebied	Eem/keileem
1108 Heelsumsebeek Heelsum	180.5	443.4	hoge grond		Stuwwallen	Stuwwallen
1109 Bredebeek	162.7	468.0	hoge grond	x	Zandgebied	Eem/keileem
1110 Moorsterbeek Achterveld	161.3	458.8	hoge grond	x	Zandgebied	Eem/keileem
DWR						
1201	118.2	473.1	polder		Droogmakerijen	Westland-HC
HHRS Stichtse Rijnlanden						
1301 A01 Kromme Rijn (Utrecht)	138.7	454.5	boezem		Rivierengebied	Westland-D
1302 A04 Kromme Rijn (Werkhoven)	145.4	449.4	boezem		Rivierengebied	Betuwe-komgrond
1303 A10 Langbroeker wetering	145.2	451.4	boezem		Rivierengebied	Betuwe-komgrond
1304 A14 Schalkwijkse wetering	140.6	445.4	boezem	x	Rivierengebied	Westland-DH
1305 A20 Inudatiekanaal	139.4	444.4	boezem	x	Rivierengebied	Westland-DH
1306 A27 Schalkwijkse wetering	138.8	447.9	polder	x	Rivierengebied	Westland-DH
1307 D12 Hollandsche IJssel te Montfoort	124.0	450.2	boezem		Rivierengebied	Westland-D
1308 D14 Hollandsche IJssel te Achthoven	127.6	451.8	boezem		Rivierengebied	Westland-DH
1309 E01 Vaartse Rijn Utrecht	136.8	454.5	gem.riool		Rivierengebied	Westland-D
1310 E11 Lopikerwetering Jaarsveld	123.0	443.0	polder		Rivierengebied	Westland-DH
1311 E25 Polderwater (Willeskop)	122.9	448.6	boezem		Rivierengebied	Westland-DHC
1312 E26 Polderwater (De Koekoek)	123.5	441.5	polder	x	Rivierengebied	Westland-DC
1313 E27 Polderwater (Achthoven)	127.7	451.5	boezem		Rivierengebied	Westland-DH
1314 E28 Benschopperwetering	130.3	447.4	polder		Rivierengebied	Westland-DHC
1315 W01 Oude Rijn (Woerden)	121.1	456.5	polder		Rivierengebied	Westland-D
1316 W06 Oude Rijn Bodegraven	111.1	455.4	polder		Rivierengebied	Westland-D
1317 W12 Lange Linschoten (Oudewater)	121.1	450.5	polder		Rivierengebied	Westland-DH
1318 W17 Kamerikse Wetering (Kanis)	121.2	460.6	polder	x	Laagveengebied	Westland-DHC
HHRS Uitwateren de Sluizen						
1401 Balgzandkanaal	120.4	544.5	polder		Water	Westland-DHC

1402 de Zaan	116.4	496.2	polder		Laagveengebied	Westland-HC
1403 Purmerringvaart, W. van Monnicken	129.4	498.2	polder		Laagveengebied	Westland-HC
1404 het N-H kanaal	115.2	547.4	polder		Zeekleigebied	Westland-DHC
1405 N-H kanaal	111.6	519.4	polder		Zeekleigebied	Westland-DC
1406 de Wijzend, ZW Opmeer	124.0	523.5	polder		Zeekleigebied	Westland-C
1407 Ewijksvaart	117.9	541.6	polder		Zeekleigebied	Westland-DHC
1408 Nauernasche vaart bij Westzaan	112.7	497.6	polder		Laagveengebied	Westland-HC
1409 Spijkerboor	117.5	505.8	polder		Laagveengebied	Westland-C
1410 Beemsteruitwatering	129.5	512.8	polder		Laagveengebied	Westland-C
HHRS						
Rijnland						
1501 Polder west Aarlanderveen; gemaal	108.8	459.0	polder	x	Rivierengebied	Westland-DHC
1502 Drooggem. Veender en Lijker; gemaal	100.2	468.2	polder	x	Droogmakerijen	Westland-HC
1503 Duivenvoordse en Veenzijdse; gemaal	88.0	458.4	polder		Duinen en strand	Duinstrook
1504 Grote Westeindsche polder; gemaal	93.8	458.4	boezem		Laagveengebied	Westland-HC
1505 Hogeveense polder; gemaal	96.0	475.5	polder	x	Duinen en strand	Duinstrook
1506 polder Laag Boskoop; gemaal	104.2	455.2	polder	x	Laagveengebied	Westland-HC
1507 polder Nieuwkoop; gemaal	109.9	463.7	polder	x	Droogmakerijen	Westland-C
1508 Pld. de Noordplas	104.6	453.1	polder	x	Droogmakerijen	Westland-HC
1509 polder Stein tocht naar gemaal	111.6	466.8	polder	x	Droogmakerijen	Westland-C
1510 polder Vierambacht; gemaal	104.2	463.8	polder	x	Droogmakerijen	Westland-C
1511 Wassenaarsche polder; gemaal	108.7	469.9	polder	x	Droogmakerijen	Westland-C
1512 Haarlemmermeerpolder; IJtocht	110.5	487.8	polder	x	Droogmakerijen	Westland-HC
1513 Ver. Binnenpolder; gemaal	107.6	489.3	polder	x	Laagveengebied	Westland-HC
1514 Noordzijder polder ; gemaal	93.1	475.3	polder		Duinen en strand	Duinstrook
1515 Vinkeveld	90.5	471.8	gem.riool		Duinen en strand	Duinstrook
1516 polder Stein; achter gemaal	111.8	446.3	polder	x	Rivierengebied	Westland-DHC
HHRS						
Delfland						
1601 Boschpolder; gemaal	74.5	447.4	polder	x	Zeekleigebied	Westland-D
1602 Groote Gantel, Zwartendijk	73.3	447.7	boezem		Zeekleigebied	Duinstrook
1603 Heen- en Geestvaart	70.9	445.6	boezem		Zeekleigebied	Westland-D
1604 Hoefpolder; bij gemaal	76.5	443.4	polder		Zeekleigebied	Westland-D
1605 N&_Nrdland; Strandweg	70.0	447.3	polder	x	Zeekleigebied	Westland-D
1606 N&_Nrdland; gemaal Krimslot	69.4	443.3	boezem		Zeekleigebied	Duinstrook
1607 Oostmadeplas; Loosduinen	74.7	450.4	boezem		Zeekleigebied	Duinstrook
1608 Oranjepolder;stuw "Oranjedyk	73.5	440.8	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
1609 Poelpolder; bij gemaal	72.3	446.5	boezem		Zeekleigebied	Duinstrook
1610 Poelwatering; Plas Prnsbos	73.3	447.2	boezem		Zeekleigebied	Duinstrook
1611 Vlotwatering	71.1	449.1	boezem		Zeekleigebied	Duinstrook
1612 Wippolder; gemaal	79.9	449.5	polder		Zeekleigebied	Westland-D

1613	Woudse Droogmakerij;gemaal	80.9	447.4	polder	x	Zeekleigebied	Westland-C
1614	Zuidpolder;Delfgauw	87.7	447.1	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
HHRS							
Schieland							
1701	1e Dwarstocht Moerkapelle	98.9	452.0	polder	x	Droogmakerijen	Westland-C
1702	2e Langstocht Zevenhuizen	99.1	448.9	polder	x	Droogmakerijen	Westland-C
1703	1e Tocht Eendragtspolder	99.6	445.7	polder	x	Droogmakerijen	Westland-C
1704	Scheislout Moordrecht	103.6	446.5	polder	x	Droogmakerijen	Westland-C
1705	Scheislout West Moordrecht	105.1	445.8	polder	x	Droogmakerijen	Westland-HC
1706	Gemaal Oostpolder	106.7	447.5	polder		Laagveengebied	Westland-DHC
1707	Molenwetering Nieuwerkerk	102.7	440.4	polder	x	Laagveengebied	Westland-DHC
1708	Gemaal GR. Hitland	102.2	438.9	polder	x	Laagveengebied	Westland-DHC
1709	3e Tocht	94.8	448.8	polder	x	Droogmakerijen	Westland-C
WS Alm en Biesbosch							
1801	Brug Hooge polder	120.5	419.6			Zeekleigebied	Westland-DH
1802	Gemaal Bruine Kil	119.0	419.7	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DH
1803	Gemaal De Bevert	118.5	420.7	polder	x	Rivierengebied	Westland-DH
1804	Gemaal Lijnoorden (binnen)	112.6	419.9	polder	x	Rivierengebied	Westland-DH
ZSHollands e Eilanden							
Waarden							
1901	gemaal Oudendoorn aan Zeedijk	71.0	426.1	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
1902	brugkruising Veenwetering-Boezemweg	106.7	436.4	polder	x	Laagveengebied	Westland-HC
1903	duiker in de gebroken dijk Goudswaard	79.9	421.3	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
1904	gemaal De Volharding	99.9	414.6	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DH
1905	gemaal Kilhaven, voor krooshek	51.6	423.9	polder	x	Duinen en strand	Westland-D
1906	Gemaal Oudelandse dijk	80.7	408.7	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
1907	gemaal Land Der Zes M	122.7	431.4	polder	x	Laagveengebied	Westland-DH
1908	gemaal peilgebied Nieuw-Goudriaan,	120.9	434.0	polder	x	Laagveengebied	Westland-DH
1909	gemaal Prinsenheuvel	105.2	418.6	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DH
1910	gem. polders lozende door het Oudela	74.6	412.3	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
1911	kruising hoofdwatgang met provinci	66.3	419.3	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
1912	kruising met Dwarsweg te Rockanje	66.6	433.7	polder	x	Zeekleigebied	Westland-D
1913	kruising met Hilseweg	67.5	431.2	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
1914	kruising Nieuw-Beijerlandse Langeweg	84.7	424.3	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
1915	naby brug langs Heulenslag	110.7	431.0	polder		Laagveengebied	Westland-DHC
1916	naby gemaal Neder-Boeicop.	132.2	440.8	boezem		Rivierengebied	Westland-DH
1917	brug Tiendweg/Nieuwpoortseweg	119.6	438.0	gem.riool		Rivierengebied	Westland-DH
1918	voor brug aan Zzijde prov.weg	110.4	446.6	polder	x	Rivierengebied	Westland-DHC
1919	voor het gem.De Hoge Nesse	98.3	426.0	polder		Zeekleigebied	Westland-D
1920	voor krooshek gemaal Trouw	72.1	429.8	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
1921	voor krooshek gemaal	93.4	428.5	polder		Zeekleigebied	Westland-DHC

Breeman							
1922	zuidelijk van brug in Lange Ti	106.6	443.3	polder	x	Laagveengebied	Westland-DHC
1923	zuidzijde brug Hooglandse	130.2	430.3	polder	x	Rivierengebied	Westland-DC
WS Zeeuwsche Eilanden							
2001	Serooskerkse Weel, Serooskerke	46.1	413.7	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
2002	Den Breejen	68.5	400.7	polder	x	Zeekleigebied	Westland-D
2003	Visgat, Scherpenissepolder	66.0	393.9	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
2004	Oranjezonspriek, Kleine Putweg	30.8	398.5	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
2005	Veersche Kreek vijver jachthaven	33.8	398.2	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
2006	Gemaal Veersche Watergang Middelburg	33.0	392.3	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
2007	Gemaal Waarde	63.3	381.3	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
2008	Woensdrechtse kil, Woensdrecht	76.7	382.5	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
2009	Manneeweg, Kloetinge	53.0	392.2	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
2010	Gemaal Joh Glerum	61.0	383.6	polder	x	Zeekleigebied	Westland-D
2011	Gemaal Waarde	63.3	381.3	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
2012	Groote Waterleiding, Monnikendijk	55.2	392.3	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
2013	Weel Bannink, Zierikzee	53.9	408.4	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
WS Zeeuws Vlaanderen							
2101	Kruising Grote Gat met St Pietersdijk	22.7	366.5	polder	x	Zandgebied	Tegelen/Kedichem
2102	Sloot in de Bontepolder	45.7	368.0	polder	x	Zeekleigebied	Westland-D
2103	Kruising watergang met Hogestraat	65.2	367.6	polder	x	Zeekleigebied	Westland-D
2104	Stuw Louisapolder, bovenstrooms	66.6	369.6	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DH
HHRS West- Brabant							
2201	Molenkreek	85.4	405.4	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DH
2202	Het Merkske	117.4	380.9	hoge grond		Zandgebied	Singraven-beekdal
2203	Aa of Weerijis	105.7	387.3	hoge grond	x	Zandgebied	Tegelen/Kedichem
2204	Bijloop	104.5	393.2	hoge grond	x	Zandgebied	Tegelen/Kedichem
2205	De Beek	84.9	400.5	polder	x	Zeekleigebied	Westland-D
2206	Zuider Afwateringskanaal	121.7	413.8	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DH
2207	Afw. Plukmadese Polder	115.9	411.9	polder	x	Zandgebied	Dekzand profiel
2208	Gat van de Ham	110.5	414.7	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DH
2209	Brede Gat	91.4	408.7	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DH
2210	Rietkreek	73.8	399.7	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DHC
2211	Afw. Pr. Karelpolder	77.8	382.9	polder	x	Zeekleigebied	Westland-D
WS de Maaskant							
2301	Samsbeekse Uitwatering	195.7	405.8	hoge grond	x	Rivierengebied	Betuwe-stroomrug
2302	St.Jansbeek	196.7	404.3	hoge grond	x	Rivierengebied	Betuwe-stroomrug

2303 Lage Raam, St.Hubert-Haps	185.1	410.4	hoge grond	x	Zandgebied	Open profiel
2304 Hoefgraaf, Empel-Het Wild	153.2	417.5	polder	x	Rivierengebied	Betuwe-komgrond
2305 Roode Wetering, Empel-Het Wild	153.4	418.2	polder	x	Rivierengebied	Westland-D
2306 Luisbroekse Wetering, Den Bosch	144.7	415.2	polder	x	Rivierengebied	Betuwe-komgrond
2307 Koningsvliet	134.5	413.1	polder	x	Zeekleigebied	Westland-DH
WS de Dommel						
2401 Koevertse Loop	148.8	396.9	hoge grond	x	Zandgebied	Nuenengroep prof
WS de Aa						
2501 Aa op grens brabant/limburg	181.0	371.6	hoge grond		Zandgebied	Nuenengroep prof
ZS Limburg						
2601 Elsbeek De Vorst	200.3	378.2	hoge grond	x	Zandgebied	Singraven-beekdal
2602 Hemelbeek Nieuwe loop	180.9	328.6	hoge grond		Rivierengebied	Betuwe-stroomrug
2603 Hemelbeek Kasteelvijver	180.9	328.6	hoge grond		Rivierengebied	Betuwe-stroomrug
2604 Kievitsbeek Grens	179.0	371.2	hoge grond	x	Zandgebied	Nuenengroep prof
2605 Lactariabeek Vredepeelweg	190.2	396.8	hoge grond	x	Zandgebied	Dekzand profiel
2606 Noor Grens	184.6	309.0	hoge grond		Krijt en Loss	Loss profiel
2607 Neerpeelbeek Karreveld	190.1	366.6	hoge grond		Zandgebied	Nuenengroep prof
2608 Pepinusbeek	194.3	346.1	hoge grond	x	Zandgebied	Singraven-beekdal
2609 Pikmeeuwenwater 1 De Hamert	209.3	392.7	hoge grond		Zandgebied	Dekzand profiel
2610 Rouwkuilen Ysselsteyn	191.5	390.3	hoge grond	x	Zandgebied	Dekzand profiel
2611 Schuitwater Meerlo	204.2	391.3	hoge grond	x	Zandgebied	Open profiel