

Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater

Update toestand en trends tot en met 2014



Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater

Update toestand en trends tot en met 2014

Janneke Klein
Joachim Rozemeijer

1220098-007

Titel

Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Ministerie IenM RWSWVL	1220098-007	1220098-007-BGS-0001	78

Trefwoorden

Waterkwaliteit, monitoring, landbouw, nutriënten, mestbeleid, toestand, trends

Samenvatting

De intensieve veehouderij in Nederland produceert grote hoeveelheden mest die wordt toegediend op akkers en weilanden. Het gebruik van deze dierlijke mest, nog aangevuld met kunstmest, zorgt voor te veel stikstof en fosfaat in bodem, grondwater en oppervlaktewater. In 2012 is ten behoeve van de Evaluatie Meststoffenwet 2012 (EMW2012) het Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLISO) samengesteld uit bestaande meetlocaties van de Nederlandse waterschappen. Het doel van het MNLISO is om vast te stellen of er een waterkwaliteitsprobleem is in landbouw specifiek oppervlaktewater. Op basis van gegevens uit het meetnet is een toestand- en trendanalyse uitgevoerd om op landelijk niveau en voor het zand-, klei- en veengebied te kunnen vaststellen of in landbouw specifiek oppervlaktewater:

- 1 De waterkwaliteitsdoelen met betrekking tot nutriënten worden gehaald;
- 2 Er neerwaartse of opwaartse trends zijn in nutriëntenconcentraties.

Dit rapport beschrijft een update van de analyse van de gegevens uit het MNLISO tot en met 2014. De bevindingen uit het MNLISO zijn input voor landelijke beleidsevaluaties met betrekking tot de Meststoffenwet (EMW2016), de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water (KRW).

Uit de resultaten van het MNLISO komt naar voren dat de waterkwaliteit in de landbouw specifieke wateren aan het verbeteren is, maar dat er in de periode 2011 t/m 2014 op circa 40-60% van de meetlocaties nog niet aan de waterschapsnorm voor N-totaal of P-totaal wordt voldaan. Meerdere jaren zijn meegenomen in de toestandanalyse, want verschillen in weercondities beïnvloeden de toetsingsresultaten per jaar. In de relatief natte zomers van 2011 en 2014 voldoet voor N-totaal bijvoorbeeld slechts 36-37% van de meetlocaties aan de waterschapsnorm en in de drogere zomer van 2013 voldoet 52%.

De meerderheid van de MNLISO-locaties laat een neerwaartse trend in nutriëntenconcentraties zien, onafhankelijk van de statistische methode. De dalende trends zijn ook vastgesteld voor de zomer- en winterconcentraties afzonderlijk, voor de deelgebieden zand, klei en veen en voor verschillende meetperioden. De conclusie dat de nutriëntenconcentraties dalen is dus niet afhankelijk van de gekozen statistische methode, meetperiode of deelgebied. De dalende trends voor N-totaal en P-totaal suggereren dat het mestbeleid effectief bijdraagt aan de verbetering van de waterkwaliteit in landbouwgebieden.

Titel
Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek
Oppervlaktewater

Opdrachtgever Ministerie IenM RWS/WVL	Project 1220098-007	Kenmerk 1220098-007-BGS-0001	Pagina's 78
--	-------------------------------	--	-----------------------

Naast een toestand- en trendanalyse zijn op basis van de MNLSO-dataset extra analyses mogelijk, bijvoorbeeld van temporele variaties en van ruimtelijke patronen in concentraties en trends. Naast de jaarverschillen veroorzaken weervariaties ook voor grote verschillen tussen seizoenen. Met name de N-totaal concentraties laten een consequent seizoenspatroon zien met hoge concentraties in de winter en lage concentraties in de zomer. Uit de ruimtelijke analyses kan geconcludeerd worden dat hoge concentraties en grote normoverschrijdingen voor N-totaal verspreid over Nederland voorkomen en voor P-totaal vooral in het westen van Nederland. Voor P-totaal zijn de meeste opwaartse trends geclusterd in het zuidoosten van Nederland.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf Review	Paraaf Goedkeuring	Paraaf
	Dec. 2015	Janneke Klein Joachim Rozemeijer	 Bas van der Grift	 Hilde Passier	

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Probleemstelling	1
1.3 Doelstelling	2
1.4 Opzet rapportage	2
2 Methode	3
2.1 Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLISO)	3
2.2 Indeling in deelgebieden	7
2.3 Dataverzameling en dataverwerking	8
3 Toetsing aan waterkwaliteitsnormen (toestand)	9
3.1 Methode	9
3.1.1 Dataset	9
3.1.2 Gehanteerde normen	9
3.1.3 Zomergemiddelden	11
3.2 Toetsing aan de waterschapsnorm	13
3.2.1 Landelijk	13
3.2.2 Toestand in deelgebieden	17
4 Bepaling van trends	19
4.1 Methode trendbepaling	19
4.2 Resultaten	20
4.2.1 Seasonal Mann Kendall trendtest	20
4.2.2 Theil-Sen hellingschatter	20
4.2.3 LOWESS-trendlijn	22
4.3 Zomer- en wintertrends	23
4.4 Trends per bodemtype	24
4.5 Trends kortere periodes	24
5 Extra analyses	27
5.1 Spreiding in stikstof- en fosforconcentraties	27
5.2 Regionale verdeling concentraties	29
5.3 Resterende gat ten opzichte van de waterschapsnormen	31
5.4 Regionale verdeling trends	32
5.5 Seizoensvariaties	34
5.6 Vrachtberekeningen	36
6 Beschouwing landbouw en waterkwaliteit	39
6.1 Invloed van weervariaties op de waterkwaliteit	39
6.2 Concentraties en vrachten in de winter	40
6.3 Ruimtelijke dekking van het MNLISO	41
6.4 Invloed van veenmineralisatie en de rol van sulfaat	41
6.5 Invloed van meetfrequentie	42

7 Conclusies	43
7.1 Conclusies toestand en trends tot en met 2014	43
7.2 Conclusies extra analyses	43
8 Literatuur	45
Bijlage(n)	
A Meetlocaties behorend tot het MNLSO	A-1
B Dataverwerking	B-1
C Toetsing aan waterkwaliteitsnormen	C-1
C.1 Waterschapsnormen	C-1
C.2 Toetsresultaten 2007 t/m 2014	C-6
D Methoden trendanalyse	D-1
E Resultaten trendanalyse	E-1
E.1 Zomer- en winter trends	E-1
E.2 Trends per bodemtype	E-4
E.3 Trends kortere periodes	E-7
F Regionale verdeling concentraties	F-1
G Seizoensvariaties per bodemtype	G-1

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De intensieve veehouderij in Nederland produceert grote hoeveelheden mest die wordt toegediend op akkers en weilanden. Overmatig gebruik van deze dierlijke mest, aangevuld met kunstmest, zorgt voor te veel stikstof en fosfaat in bodem, grondwater en oppervlaktewater. De grote vrachten aan nutriënten vanuit landbouwgronden hebben negatieve gevolgen voor de kwaliteit van het oppervlaktewater. Door eutrofiëring neemt de soortenrijkdom af en is er vaker sprake van grootschalige bloei van (giftige) algen. Dit heeft nadelige effecten voor de ecologische, industriële en recreatieve gebruiksfuncties van het oppervlaktewater.

Het Nederlandse mestbeleid is gebaseerd op een Europese richtlijn: de Nitraatrichtlijn (91/676/ EEG). De Nitraatrichtlijn bevat afspraken over de toegestane concentratie nitraat in het grond- en oppervlaktewater. De richtlijn verplicht lidstaten maatregelen te nemen die ervoor zorgen dat de bemestingspraktijk in overeenstemming is met de gewenste waterkwaliteit. Naast gebruiksnormen voor nitraat, zijn er in de mestwetgeving ook normen voor fosfor opgenomen.

De minister van Economische Zaken is volgens de Meststoffenwet verplicht elke vijf jaar een onafhankelijke evaluatie van het mestbeleid te laten uitvoeren. In 2012 heeft de laatste evaluatie van de Meststoffenwet (EMW2012) plaats gehad en voor 2016 staat de nieuwe EMW gepland. In de evaluatie wordt onder meer gekeken hoe effectief het mestbeleid is geweest en wat er in de komende jaren nodig is om de milieudoelen te halen. Eén van die milieudoelen is een goede kwaliteit van de Nederlandse wateren. Deze studie gaat in op de toestand en trends in landbouw specifiek oppervlaktewater tot en met 2014.

1.2 Probleemstelling

Waterschappen doen veel waterkwaliteitsmetingen in het Nederlandse oppervlaktewater. In 2010 is gestart met het selecteren van bestaande landbouw specifieke¹ meetlocaties in alle waterschappen in Nederland ten behoeve van de Evaluatie Meststoffenwet 2012 (EMW2012). Deze geselecteerde meetlocaties vormen samen het Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLISO). Bij de beoordeling en interpretatie van de MNLISO-gegevens is gebruik gemaakt van resultaten uit pilots en onderzoeksstroomgebieden.

Het MNLISO is in samenwerking met alle waterschappen in Nederland tot stand gekomen. De opzet van het meetnet en de toestand- en trendanalyses op de monitoringsgegevens tot en met 2010 zijn verwerkt in een tweetal rapportages: deelrapport A (Klein et al., 2012a) beschrijft de opzet van het MNLISO en in deelrapport B (Klein et al., 2012b) zijn de toestand over 2007 t/m 2010 en trends t/m 2010 gerapporteerd. Het Ministerie van IenM heeft beide rapporten als input gebruik voor de Evaluatie Mestwetgeving 2012 (Van der Bolt et al., 2012). De aanpak van het MNLISO is wetenschappelijk gepubliceerd in het internationale tijdschrift 'Environmental Monitoring and Assessment' (Rozemeijer et al., 2014).

¹ De term "landbouw specifieke meetpunten" wordt gehanteerd om aan te geven dat het meetlocaties betreffen die niet of minimaal beïnvloed worden door andere niet-natuurlijke nutriëntenbronnen. Dit in tegenstelling tot de in eerdere evaluaties (ouder dan 2012) gehanteerde term "landbouwbeïnvloede meetpunten", waar naast landbouw ook andere bronnen aanwezig kunnen zijn.

Na de rapportages en bijdrage aan de EMW2012 is de waterschappen gevraagd de MNLSO-locaties door te bemeten en jaarlijks de analyseresultaten aan te leveren aan het Informatiehuis Water (IHW). Daarnaast zijn er per waterschap aanbevelingen gedaan over mogelijke verbeteringen van de MNLSO-locaties. Tot op heden is niet gecontroleerd of de MNLSO-locaties nog bemeten worden, of de meetgegevens van alle meetlocaties bij het IHW zijn aangeleverd en of de waterschappen acties hebben ondernomen op de aanbevelingen.

Eind 2014 nam vanuit het Ministerie van IenM de behoefte aan actuele meetinformatie vanuit het MNLSO weer toe. De resultaten vanuit het MNLSO zullen breder ingezet gaan worden voor beleidsondersteuning en -evaluatie. Het MNLSO moet in 2015 weer geactualiseerd zijn, zodat de gegevens gebuikt kunnen worden bij:

- De nieuwe Evaluatie van de Meststoffenwet in 2016 (EMW2016);
- De nieuwe Nitraatrichtlijnrapportage;
- De onderbouwing en evaluatie van landbouw gerelateerde aspecten van de Kaderrichtlijn Water (KRW).

1.3 Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek is:

Met behulp van het MNLSO vaststellen of er een waterkwaliteitsprobleem is in landbouw specifiek oppervlaktewater. Hierbij zal op basis van gegevens uit het meetnet een toestand- en trendanalyse worden uitgevoerd om te kunnen vaststellen of:

- De waterkwaliteitsdoelen met betrekking tot nutriënten worden gehaald in landbouw specifiek oppervlaktewater;
- Er dalende of stijgende trends zijn in nutriëntenconcentraties in landbouw specifiek oppervlaktewater.

Op basis van de gegevensanalyses van het MNLSO kunnen conclusies getrokken worden over de toestand en trends op landelijk schaalniveau en voor de deelgebieden klei, veen en zand. Voor kleinere gebieden (waterschappen, provincies, stroomgebieden, individuele locaties) zijn op basis van het MNLSO geen harde uitspraken mogelijk. De ruimtelijke verschillen in waterkwaliteit zijn juist in landbouw specifiek oppervlaktewater erg groot door de variatie in teelten, waterhuishouding en landbewerking. Daardoor zijn individuele meetlocaties niet per se representatief voor de gebieden waarin ze liggen en is een groter aantal (>10) verspreid in het gebied liggende locaties nodig om conclusies over gebieden te kunnen trekken.

1.4 Opzet rapportage

In hoofdstuk 2 wordt de methode beschreven. Hier wordt onder andere ingegaan op de opzet en veranderingen van het MNLSO en de dataverwerking en kwaliteitscontrole van de data. Hoofdstuk 3 beschrijft de methode en de resultaten van de toestandbepaling. In hoofdstuk 4 wordt de trendanalyse beschreven, waarbij de methode en resultaten worden weergegeven. In hoofdstuk 5 worden een aantal extra analyses op basis van de MNLSO gegevens gepresenteerd. Hoofdstuk 6 geeft een beschouwing over de relatie tussen landbouw en waterkwaliteit op basis van de discussie uit het rapport van Klein et al. (2012b). Hoofdstuk 7 sluit af met de conclusies.

2 Methode

2.1 Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLSO)

Het MNLSO is een meetnet bestaande uit landbouw specifieke meetlocaties in alle waterschappen in Nederland. De meetlocaties zijn in 2010 geselecteerd uit bestaande meetnetten van de waterschappen. Om tot een goede selectie van landbouw specifieke meetpunten te komen zijn een aantal selectiecriteria opgesteld (Klein et al., 2012a). De volgende selectiecriteria zijn gehanteerd voor de ligging van de meetpunten:

- Hoofdzakelijk landbouw in bovenstrooms stroomgebied.
- Geen grote puntbronnen in bovenstrooms stroomgebied, zoals rioolwaterzuiveringen (RWZI's) en industriële lozingen. Bij voorkeur ook geen overstorten in het bovenstrooms gebied, maar enkele kleine overstorten die alleen zelden in gebruik zijn, zijn toegestaan.
- Geen groot stedelijk gebied bovenstrooms. Als een meetpunt een groter gebied afwatert, zijn enkele dorpjes in het stroomgebied wel toegestaan.
- Geen aanvoer uit Duitsland en/of België tenzij er genoeg informatie is over het Duitse/Belgische deel van het stroomgebied.
- Geen inlaat van gebiedsvreemd water. Dit criterium is in sommige waterschappen in met name laag-Nederland moeilijk te omzeilen. In de waterschappen waar geen waterlopen aanwezig zijn die niet beïnvloed worden door inlaatwater is gezocht naar meetpunten die zo min mogelijk inlaatwater ontvangen, bijvoorbeeld omdat ze ver van een inlaatpunt liggen of omdat er in de desbetreffende watergang bijna nooit water wordt ingelaten. Een andere manier is om kleinere waterlopen te selecteren, omdat deze veelal minder door inlaatwater beïnvloed worden dan de grote doorgaande waterlopen.
- Natuurlijke belasting, zoals kwel, is toegestaan als het niet mogelijk is meetpunten te selecteren zonder kwel. Wel is geprobeerd meetpunten te selecteren met zo min mogelijk kwel.
- De waterloop moet permanent watervoerend zijn. Als een waterloop echter heel zelden droog valt is dit geen reden het desbetreffende meetpunt niet mee te nemen.

Daarnaast is er een tweetal selectiecriteria gehanteerd met betrekking tot de monitoring op de meetlocatie:

- De meetlocatie moet zijn opgenomen in een operationeel meetnet.
- De meetfrequentie van het meetpunt is 12 metingen per jaar.

De volgende parameters moeten op de geselecteerde meetlocaties zijn bemeaten:

- N-totaal of de N-componenten waaruit N-totaal berekend kan worden.
- P-totaal.

Het MNLSO bestaat uit twee hoofdonderdelen: (1) een set meetpunten waarmee de toestand van de waterkwaliteit kan worden beoordeeld en (2) een (sub)set van meetpunten met lange reeksen, waarmee trends kunnen worden bepaald.

1. Toestandmeetpunten

Meetpunten in landbouw specifiek regionaal oppervlaktewater om aan te tonen of er, geaggregeerd naar landelijke schaal, een eutrofiëringsprobleem is in het regionaal oppervlaktewater ten gevolge van landbouwactiviteiten. Met de meetgegevens van deze meetlocaties kan in beeld worden gebracht in hoeverre zich waterkwaliteitsproblemen

(normoverschrijdingen) voordoen in oppervlaktewateren die uitsluitend onder invloed staan van landbouwkundig gebruik.

2. Trendmeetpunten

Een subset van de hierboven beschreven meetlocaties om een eventuele trend in nutriëntenconcentraties aan te tonen. Een extra selectiecriteria voor deze meetlocaties is dat er voldoende lange meetreeksen beschikbaar zijn van minimaal 10 jaar. Aan de hand van deze meetreeksen kan middels trendanalyse worden onderzocht in hoeverre de waterkwaliteit bij de landbouw specifieke meetlocaties is verbeterd.

Qua ruimtelijk schaalniveau ligt het MNLSO tussen het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) op bedrijfsniveau en de KRW-monitoring op stroomgebiedsniveau. De unieke meerwaarde van het MNLSO is dat er op een relevant ruimtelijk en temporeel schaalniveau een uitspraak kan worden gedaan over de invloed van landbouw op de oppervlaktewaterkwaliteit. De meetnetopzet van het LMM en de KRW-monitoring is anders (zie kader).

Verschillen MNLSO met LMM

Binnen het LMM (Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid) meet het RIVM de kwaliteit van het bovenste grondwater, het draineffluent en het oppervlaktewater op agrarische bedrijven (De Klijne et al. 2010; Van Vliet et al. 2010). De doelstelling en de meetstrategie van het LMM zijn anders dan die van het MNLSO. Het doel van het LMM is om op landelijk niveau de effecten van het mestbeleid op de landbouwbedrijfvoering en de waterkwaliteit op landbouwbedrijven aan te tonen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen bedrijfstypen en grondsoortregio's (veen/klei/zand/löss). In 1995 is in het veengebied begonnen met metingen van oppervlaktewaterkwaliteit in landbouwsloten. Tegenwoordig worden in alle grondsoortregio's zowel het uitspoelingswater uit de wortelzone als het oppervlaktewater bemonsterd. Het gemeten oppervlaktewater betreft bij voorkeur water uit bedrijfsloten. Alleen indien dit type sloten niet beschikbaar is, worden doorgaande sloten bemonsterd, met een maximum van 3 meter breed. In tegenstelling tot het MNLSO is bij de selectie van de locaties geen rekening gehouden met de mogelijke invloed van andere nutriëntenbronnen (zoals inlaatwater) in de zomerperiode. De meetmethode (op basis van gefiltreerde monsters) en de meetfrequentie (3 tot 4x per winterseizoen en sinds 2008 ook 3 tot 4x per zomerseizoen) van het LMM sluiten ook niet aan bij de door de waterschappen gehanteerde standaard voor de toestandbepaling op basis van 6 maandelijke N-totaal en P-totaal metingen in het zomerhalfjaar. Hiernaast zijn de meetreeksen voor de individuele locaties te kort voor goede trendbepalingen per locatie. Sinds 2006 wordt in het LMM wel zoveel mogelijk bemonsterd op vaste locaties.

Verschillen MNLSO met KRW-meetnetten

De KRW-waterkwaliteitsmeetpunten van de waterschappen sluiten qua meetmethode, meetfrequentie en lengte van de meetreeksen goed aan bij de doelstelling van het MNLSO. Qua locatie liggen de KRW-meetpunten echter te ver benedenstreams, waardoor naast landbouw ook andere antropogene bronnen van verontreiniging invloed hebben op de nutriëntenconcentraties. Daardoor zijn eventuele normoverschrijdingen op de KRW-meetpunten niet uitsluitend toe te schrijven aan de belasting vanuit de landbouw. Ook kunnen trends op de KRW-locaties andere oorzaken hebben dan alleen het mestbeleid.

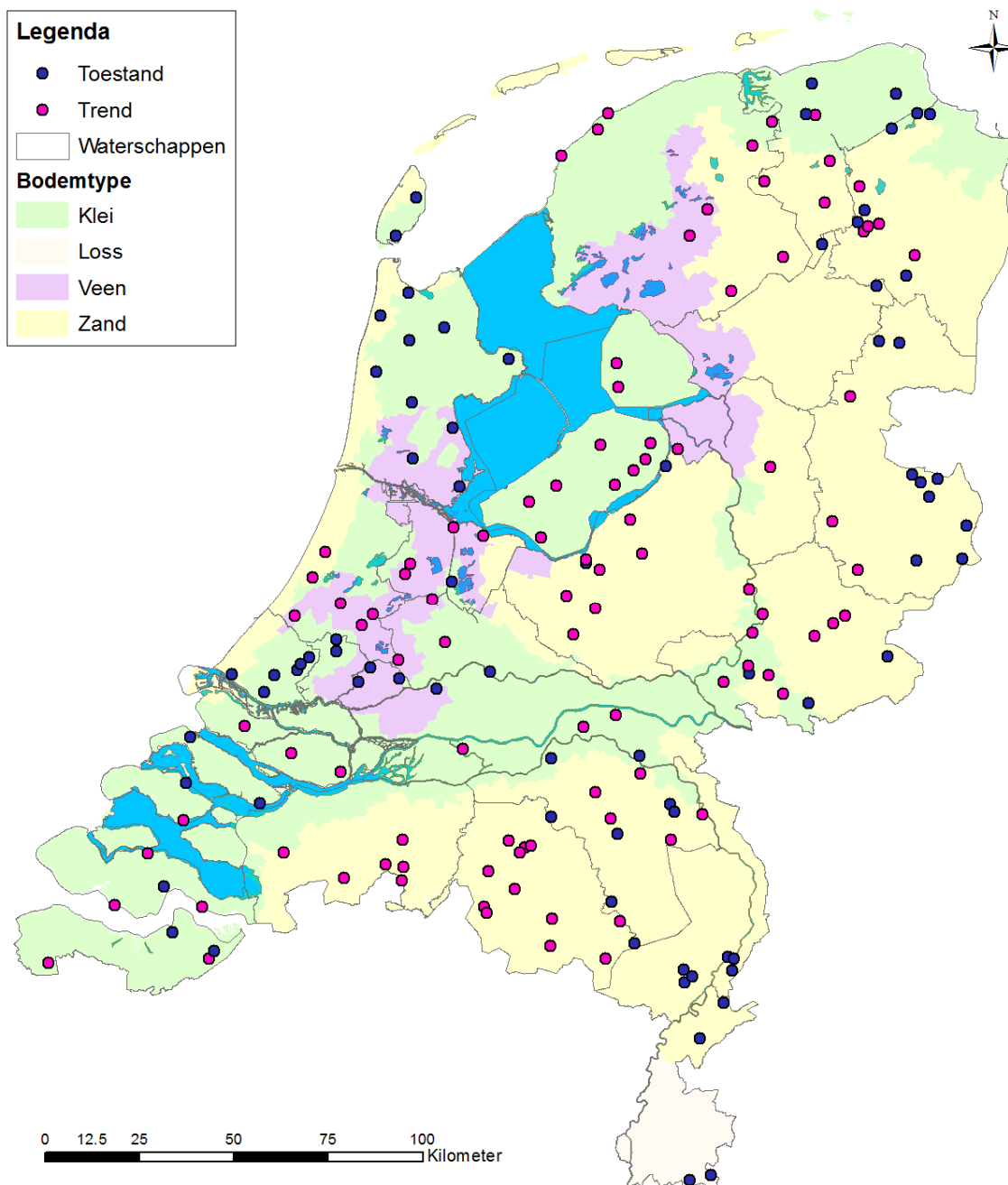
De locatiecodes en coördinaten van de meetlocaties behorend tot het MNLSO staan per waterschap weergegeven in Bijlage A.

Voor alle meetlocaties is bekeken of ze als trendlocatie meegenomen kunnen worden. Daarbij is de volgende vuistregel gehanteerd: meetreeks van minimaal 10 jaar met een meetfrequentie van minimaal 10x per jaar, waarvan minstens 5 jaar in de periode 2007-2014.

In Figuur 2.1 zijn de MNLSO-meetlocaties op een kaart weergegeven: in het roze de trendmeetlocaties en in het roze en blauw (alle meetlocaties) de toestandmeetlocaties. In Tabel 2.1 staat het aantal toestand- en trendmeetlocaties per waterschap weergegeven. De trendmeetpunten zijn een subset van de toestandmeetpunten. Er zijn totaal 99 trendmeetlocaties en 172 toestandmeetlocaties. In Figuur 2.1 en Tabel 2.1 is te zien dat de ruimtelijke verdeling van de meetlocaties, en met name van de trendmeetlocaties, niet overal optimaal is. Er zijn verschillende gebieden (o.a. Limburg en Noord-Holland) waar geen trendmeetlocaties aanwezig zijn.

Ten opzichte van het onderzoek in 2012 (Klein et al., 2012a) zijn er een paar veranderingen opgetreden in het MNLSO:

- Twee meetlocaties zijn niet meer bemeten;
- Drie meetlocaties zijn vervangen door andere landbouw specifieke locaties die dicht in de buurt van de voormalige meetlocatie liggen;
- Achttien locaties die in 2012 (Klein et al., 2012a) als toekomstlocaties zijn bestempeld, zijn bemeten met een voldoende hoge meetfrequentie zodat ze nu als toestandmeetlocatie opgenomen kunnen worden in het MNLSO;
- Negen locaties die in 2012 als toekomstlocaties zijn gedefinieerd, worden definitief niet opgenomen in het MNLSO;
- Het aantal trendlocaties is toegenomen (van 87 naar 99) door de langere meetreeksen (inclusief 2011 t/m 2014).



Figuur 2.1 Toestand- en trendmeetlocaties behorend tot het MNLSO geprojecteerd op de kaart van de bodemtypes zoals gehanteerd in het LMM. De trendmeetlocaties zijn onderdeel van de toestandmeetlocaties.

Tabel 2.1 Aantal toestand- en trendmeetlocaties per waterschap. Het aantal trendmeetlocaties is onderdeel van het aantal toestandmeetlocaties.

Waterschap	# Toestand	# Trend
Aa en Maas	12	6
Amstel, Gooi en Vecht	5	4
Brabantse Delta	6	6
Delfland	5*	-
Dommel	12	12
Fryslan	9	9
Groot Salland	1	1
Hollands Noorderkwartier	12	-
Hollandse Delta	5	3
Hunze en Aas	11	5
Noorderzijvest	8	4
Peel en Maasvallei	6	-
Reest en Wieden	1	-
Rijn en IJssel	12	9
Rijnland	6	6
Rivierenland	5	3
Roer en Overmaas	4	-
Scheldestromen	10	6
Schieland en Krimpenerwaard	5	-
Stichtse Rijnlanden	4	3
Vallei en Veluwe	11	9
Vechtstromen	12	3
Zuiderzeeland	10	10
Totaal	172	99

* In 2014 is 1 meetlocatie gedempt, maar vanaf 2014 is de meetfrequentie van één meetlocatie ook verhoogd waardoor hij opgenomen kan worden in het MNLSO.

2.2 Indeling in deelgebieden

Met het meetnet worden uitspraken gedaan over de toestand en trends in landbouw specifiek oppervlaktewater voor Nederland als geheel en voor de deelgebieden zand, klei en veen afzonderlijk. Statistisch verantwoorde uitspraken over kleinere deelgebieden zijn niet mogelijk, mede door het beperkte aantal meetpunten van het meetnet. Door de grote ruimtelijke variatie in de waterkwaliteit in landbouw specifiek oppervlaktewater hebben uitspraken over deelgebieden met te weinig meetlocaties weinig zeggingskracht en zijn statistisch niet significant.

De meetpunten zijn ingedeeld in de hoofdgrondsoorten zoals het RIVM ze hanteert in het LMM (zie Figuur 2.1). Deze kaart is gebaseerd op het meest voorkomende bodemtype binnen postcodegebieden.

In Tabel 2.2 staat voor zowel de toestand- als trendmeetpunten hoeveel meetlocaties er aanwezig zijn in de verschillende deelgebieden. De meeste toestand- en trendmeetpunten liggen in het zand- en kleigebied. In het veengebied zijn minder toestand- en trendmeetpunten aanwezig. Dit komt enerzijds doordat dit gebied een kleinere oppervlakte heeft en anderzijds doordat veel meetlocaties door de invloed van inlaatwater niet voldoen aan de selectiecriteria voor het MNLSO. In het lössgebied liggen twee meetpunten. In de

tabel is te zien dat het aantal meetlocaties per deelgebied goed overeenkomt met het oppervlaktepercentage.

Tabel 2.2 Aantal toestand- en trendmeetpunten in de verschillende deelgebieden en het oppervlaktepercentage van de verschillende gebieden.

Hoofdgrondsoort	Oppervlakte (%)	# Toestand*	# Trend
Zand	51	91	55
Klei	37	63	33
Veen	10	16	11
Löss	2	2	0

* In 2014 gaat er 1 toestandmeetlocatie in het kleigebied weg en komt er 1 toestandmeetlocatie in het veengebied bij (beiden in Delfland).

Ten opzichte van het MNLSO in 2012 (Klein et al., 2012a) hebben 23 meetlocaties een ander bodemtype. In 2012 was het bodemtype van de meetlocaties ook gebaseerd op de hoofdgrondsoorten zoals het RIVM ze hanteerde in het LMM. In 2011 heeft het RIVM echter een herziening van de indeling in bodemtypes gemaakt. Voorheen werden de overheersende bodemtypes per gemeente gebruikt. De nieuwe indeling is nauwkeuriger aangezien het overheersende bodemtype per postcodegebied is vastgesteld. Voor het MNLSO is nu ook deze nieuwste indeling gehanteerd. Hierdoor hebben 23 meetlocaties een ander bodemtype toegekend gekregen. Met name het aantal meetlocaties met bodemtype veen is hierdoor afgenomen.

2.3 Dataverzameling en dataverwerking

De data voor de jaren 2011 t/m 2014 is opgevraagd bij het Informatiehuis Water (IHW) en aanvullend bij de waterschappen. De data tot en met 2010 was reeds aanwezig bij Deltares.

Naast de vraag over de compleetheid van de data is ook aan alle waterschappen gevraagd of:

- Eerder als toekomstmeetlocaties gedefinieerde meetlocaties opgenomen zijn in het MNLSO;
- De normen nog hetzelfde zijn;
- De meetmethode nog hetzelfde is;
- Er relevant pilotonderzoek of gedetailleerde metingen zijn verricht.

De dataset van 2011 t/m 2014 bevat totaal 7063 metingen (meetpunt in combinatie met datum) waarop in ieder geval één analyse is uitgevoerd. Op de dataset zijn een aantal controles uitgevoerd:

- Check op het voorkomen van waarden onder de detectielimiet;
- Check op het voorkomen van extreem lage of hoge waarden;
- Inconsistentiechecks.

Deze datachecks worden in Bijlage B besproken. In dezelfde bijlage wordt ook beschreven welke databewerkingen zijn uitgevoerd op basis van de controles en de berekening van N-totaal uit de deelcomponenten.

3 Toetsing aan waterkwaliteitsnormen (toestand)

3.1 Methode

3.1.1 Dataset

De toestand is berekend voor de jaren 2011 tot en met 2014. In Tabel 3.1 staat weergegeven hoeveel locaties met metingen van N-totaal en P-totaal er voor de toetsing beschikbaar zijn in de verschillende deelgebieden in de jaren 2011 tot en met 2014. Vanaf 2012 hebben veel waterschappen MNLSO-locaties opgenomen in hun vaste meetnet, waardoor er vanaf 2012 meer locaties beschikbaar zijn dan voor 2011.

Tabel 3.1 Aantal metingen in 2011 t/m 2014 in de verschillende bodemtypes.

Jaar	Totaal	Zand	Klei	Veen	Löss
2011	122	71	38	13	0
2012	141	78	51	12	0
2013	141	74	53	12	2
2014	151	81	53	15	2

3.1.2 Gehanteerde normen

Het uitgangspunt bij deze studie was om na te gaan of en in welke mate de concentraties van nutriënten in de landbouw specifieke meetlocaties, de MNLSO-meetlocaties, de waterkwaliteitsnormen overschrijden. Om dit te kunnen vaststellen zijn de waterkwaliteitsnormen voor N- en P-totaal gebruikt die de waterschappen hanteren voor de betreffende MNLSO-meetlocaties. Deze normen zullen in het vervolg van dit rapport 'waterschapsnormen' genoemd worden.

Een belangrijk doel van de Kaderrichtlijn Water is bereiken en vervolgens behouden van een goede chemische en ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater. In het oordeel voor de ecologische waterkwaliteit is de biologische toestand leidend en zijn andere parameters, zoals stikstof en fosfor, ondersteunend aan de biologie. Dit betekent dat de doelen voor de ecologie bepalend zijn voor de normen voor N- en P-totaal. Aangezien elk watersysteem zijn specifieke ecologische doelen kent, kunnen ook de normen voor N- en P-totaal voor elk watertype anders zijn.

Voor de verschillende typen KRW-waterlichamen (natuurlijk, sterk veranderd en kunstmatig) zijn aan de hand van Europese guidances nutriëntnormen afgeleid (Van der Molen et al., 2012; Evers et al., 2012). Tabel 3.2 geeft een overzicht van de in het MNLSO voorkomende KRW-watertypen met bijbehorende normen. Voor de kleinere wateren die niet als KRW-waterlichaam zijn aangewezen en die ook wel 'overige wateren' worden genoemd, is een methodiek ontwikkeld die is afgeleid van de KRW-systematiek voor de KRW-waterlichamen (Evers et al., 2013; Van der Molen et al., 2013). Deze methodieken zijn door de waterbeheerders gebruikt voor het afleiden van de nutriëntennormen voor de MNSLO-meetlocaties. De MNLSO-locaties liggen zowel in KRW-waterlichamen als in 'overige wateren' (zie Bijlage C.1).

Tabel 3.2 Naamgeving voorkomende KRW-watertypes met bijbehorende normen (Van der Molen et al., 2012; Evers et al., 2012).

KRW-code	KRW-watertype	KRW-norm N (mgN/l)	KRW-norm P (mgP/l)
M1a	Zoete sloten (gebufferd)	2,4	0,22
M1b	Niet-zoete sloten (gebufferd)	2,4	0,5
M2	Zwak gebufferde sloten	2,4	0,22
M3	Gebufferde (regionale) kanalen	2,8	0,15
M4	Zwak gebufferde (regionale) kanalen	2,8	0,15
M8	Gebufferde laagveensloten	2,4	0,22
M10	Laagveen vaarten en kanalen	2,8	0,15
M14	Ondiepe gebufferde plassen	1,3	0,09
M30	Zwak brakke wateren	1,8	0,11
M31	Kleine brakke tot zoute wateren	1,8	0,11
R3	Droogvallende langzaam stromende bovenloop op zand	2,3	0,11
R4	Permanent langzaam stromende bovenloop op zand	2,3	0,11
R5	Langzaam stromende middenloop/benedenloop op zand	2,3	0,11
R12	Langzaam stromende middenloop/benedenloop op veen	2,3	0,11
R13	Snelstromende bovenloop op zand	2,3	0,11
R14	Snelstromende middenloop/benedenloop op zand	2,3	0,11
R17	Snelstromende bovenloop op kalkhoudende bodem	2,3	0,11

KRW Artikel 4.5 biedt de mogelijkheid om onder voorwaarden de doelen aan te passen vanwege de natuurlijke gesteldheid. Een aantal waterschappen hebben aangepaste, gebiedsgerichte waterschapsnormen afgeleid, bijvoorbeeld in verband met afwijkende gebiedseigenschappen zoals het voorkomen van nutriëntrijke kwel en/of een eigen bestuurlijke afweging.

Omdat de ecologische doelstellingen per watertype kunnen verschillen, eventueel aanwezige natuurlijke achtergrondconcentraties variëren en stikstof en fosfor ondersteunende parameters zijn, kunnen de door het waterschap gehanteerde waterschapsnormen voor stikstof en fosfor per meetlocatie verschillen en afwijken van de normen uit Tabel 3.2.

Bij de waterbeheerders is per meetlocatie de waterschapsnorm opgevraagd. Daarnaast is aan de waterschappen gevraagd aan te geven in welk KRW-watertype de meetlocatie ligt of wat bij een "overig water" het meest vergelijkbare watertype is. Bij een aantal waterschappen bestaat er voor de MNLSO-locaties (nog) geen waterschapsnorm, maar is ten behoeve van het MNLSO een norm afgeleid die als indicatie kan worden gebruikt.

Een overzicht van de door de waterschappen aan Deltares doorgegeven waterschapsnormen is weergegeven in Bijlage C.1. In de tabel is het volgende te zien:

- Veel waterschappen hebben voor de geselecteerde meetlocaties van het MNLSO dezelfde normen voor stikstof en fosfor gehanteerd als die behoren bij het vergelijkbare KRW-watertype van de desbetreffende meetlocatie.
- De waterschappen Hollandse Delta en Rivierenland hanteren de waarde van de oude Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) norm voor de meetlocaties die in 'overig water' liggen (2,2 mgN/l voor N-totaal en 0,15 mgP/l voor P-totaal).
- Een aantal waterschappen hebben aangepaste, gebiedsgerichte waterschapsnormen afgeleid, bijvoorbeeld in verband met afwijkende gebiedseigenschappen zoals het voorkomen van nutriëntrijke kwel en/of een eigen bestuurlijke afweging. Dat is bijvoorbeeld het geval in waterschap Scheldestromen waar een hogere norm voor P-

totaal is gehanteerd (2,5 mg/l). De gebiedsgerichte normen zijn meestal hoger dan de normen die behoren bij de bijbehorende KRW-watertypes maar kunnen ook lager zijn, afhankelijk van de ecologische doelstelling in het gebied of het watersysteem waarop wordt afgewaterd. Wetterskip Fryslân heeft voor een drietal meetpunten in het noordelijke zeeleigebied voor P-totaal een uitzondering gemaakt. Voor het watertype M30 (zwak brakke wateren), is voor P-totaal bewust geen norm door het waterschap aangeleverd. De reden hiervoor is dat de fosforconcentraties op de betreffende meetlocaties relatief hoog zijn door fosfaatrijke kwel. Aangezien in deze wateren een overmaat aan fosfor aanwezig is, is stikstof volgens het waterschap sturend voor de algengroei. In de onderhavige rapportage is voor deze locaties zonder waterschapsnorm geen normtoetsing uitgevoerd.

Bij ca. 90 locaties zijn de waterschapsnormen aangepast ten opzichte van de normen in de rapportage van 2012 (Klein et al., 2012b). In de meeste gevallen betreft het meetlocaties waarvan de normen voor de natuurlijke R-watertype landelijk zijn aangescherpt van 4 mgN/l en 0,12/0,14 mgP/l naar 2,3 mgN/l en 0,11 mgP/l (Van der Molen et al., 2012).

In Figuur 3.1a en b is voor de geselecteerde meetlocaties respectievelijk de waterschapsnorm voor N-totaal en P-totaal weergegeven. Voor zowel N-totaal als P-totaal geldt dat de waterschapsnorm in het westen en noorden veelal hoger is dan in het zuiden en oosten. Dit verschil heeft te maken met de voorkomende watertypes en de hogere gebiedsgerichte waterschapsnormen die sommige waterschappen hebben afgeleid.

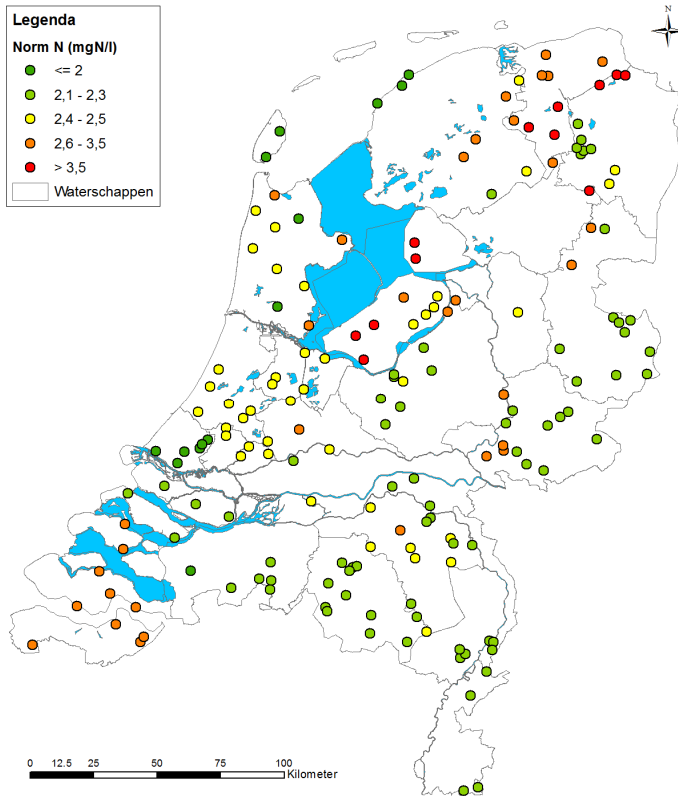
3.1.3 Zomergemiddelden

Bij de normtoetsing voor nutriënten worden de waterschapsnormen alleen vergeleken met het gemiddelde van de gemeten concentraties in het zomerhalfjaar (april t/m september). Voor de toestandbepaling zijn alleen locaties meegenomen die in de zomer minimaal 5x zijn bemeaten. Bij de meetlocaties met slechts 5 metingen in de zomer is gecontroleerd of de metingen gelijkmatig over het zomerhalfjaar zijn verdeeld. Dit was bij één meting niet het geval (243600; Vallei en Veluwe); deze is in 2013 4x in juni en 1x in juli bemonsterd. Besloten is de toestand van deze meetlocatie voor 2013 niet mee te nemen.

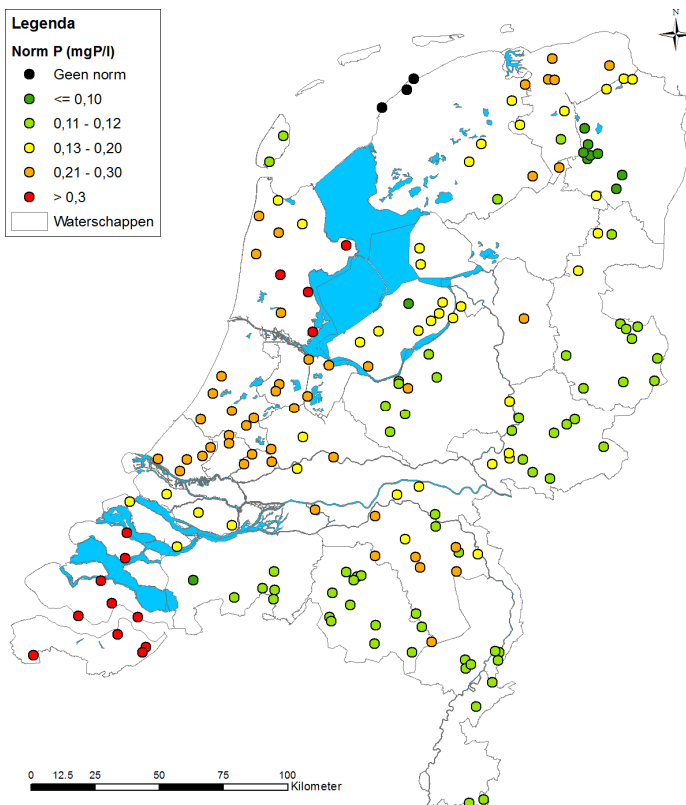
Per jaar (2011 t/m 2014) is er per meetlocatie een zomergemiddelde berekend voor N-totaal en P-totaal. Voor elk jaar apart is dit zomergemiddelde getoetst aan de waterschapsnorm. Er is in dit rapport nadrukkelijk voor gekozen meerdere jaren mee te nemen bij de toestandanalyse en om te toetsen op zomergemiddelde concentraties per meetjaar. Er is geen toetsing uitgevoerd op een gemiddelde over meerdere zomers omdat dit zou afwijken van de standaardprocedure voor normtoetsing. De resultaten van de normtoetsing voor 2007 tot en met 2010 (Klein et al., 2012b) verschilden sterk per meetjaar, wat een aanwijzing is dat weersomstandigheden in een betreffend jaar veel invloed hebben op de mate waarin aan de normen wordt voldaan. De ecologie kan zich niet jaarlijks aanpassen aan de nutriëntenomstandigheden en daarom zijn normoverschrijdingen ongeacht de weersomstandigheden ongewenst. Daarom moeten de concentraties ook in een ongunstig jaar aan de normen voldoen.

In de in dit rapport getoonde resultaattabellen en -kaarten zijn de individuele meetjaren steeds te herkennen. De meetlocaties kunnen het ene jaar wel en het andere jaar niet voldoen aan de waterschapsnorm.

a.



b.



Figuur 3.1 Waterschapsnormen voor N-totaal (a) en P-totaal (b).

3.2 Toetsing aan de waterschapsnorm

3.2.1 Landelijk

Voor de jaren 2011 t/m 2014 zijn de meetgegevens van N-totaal en P-totaal per meetlocatie getoetst aan de waterschapsnorm. In Tabel 3.3 zijn de resultaten van deze toetsing voor N-totaal en P-totaal weergegeven. Voor de jaren 2007 t/m 2010 zijn de toetsresultaten die in Klein et al. (2012b) zijn gerapporteerd geactualiseerd met de aangepaste normen. De resultaten hiervan staan weergegeven in Tabel C.2 in Bijlage 0.

In Tabel 3.3 is te zien dat het percentage van de meetlocaties dat aan de waterschapsnorm voldoet voor N-totaal per jaar sterk verschilt. De jaren 2011 en 2014 zijn 'slechte' jaren met 63-64% van de meetlocaties die niet aan de norm voldoet en 36-37% wel. Het jaar 2013 is een 'beter' jaar, waarbij 48% niet aan de norm voldoet en 52% wel.

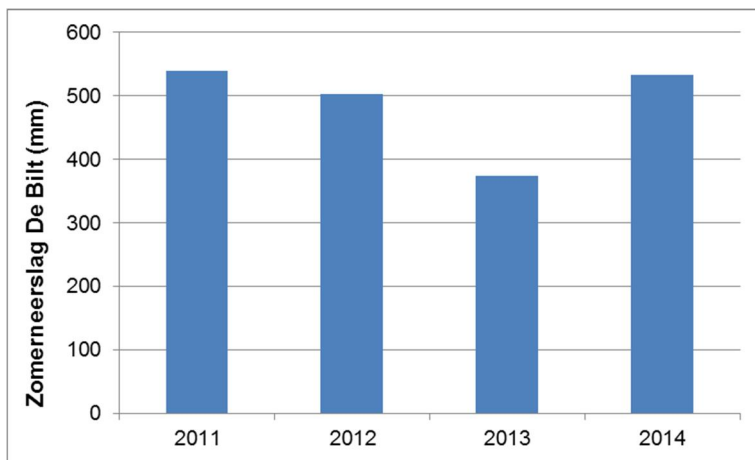
Voor P-totaal voldoet ongeveer de helft van de locaties aan de waterschapsnorm. Het percentage dat aan de norm voldoet varieert tussen de 46% (2012 en 2014) en 59% (2013).

De locaties die meegenomen zijn in de toetsing wisselen per jaar omdat niet alle meetpunten elk jaar bemeten zijn. In Figuur 3.3 en Figuur 3.4 is te zien welke meetpunten in welk jaar meegenomen zijn in de toetsing. Dit heeft geen invloed op de geaggregeerde toetsresultaten.

Tabel 3.3 Het percentage van de meetlocaties dat voor N-totaal en P-totaal wel en niet voldoet aan de waterschapsnorm voor de jaren 2011 t/m 2014. De laatste kolom geeft het aantal meetlocaties weer waarbij getoetst kon worden.

Jaar	Voldoet (%)	Voldoet niet (%)	# mp's
N-totaal			
2011	37	63	122
2012	40	60	141
2013	52	48	141
2014	36	64	151
P-totaal			
2011	50	50	119
2012	46	54	138
2013	59	41	138
2014	46	54	148

De weersomstandigheden blijken een grote invloed te hebben op de zomerconcentraties en vervolgens op de normtoetsing. In Figuur 3.2 is de neerslagsom van april t/m september weergegeven. Te zien is dat 2011 en 2014 relatief natte zomers zijn en 2013 een relatief droge zomer. Uit Tabel 3.3 blijkt dat in de relatief natte zomers van 2011 en 2014 meer normoverschrijdingen voor N-totaal voorkomen dan in de drogere zomer van 2013. Dezelfde conclusie werd getrokken in Klein et al. (2012b) voor de periode 2007 t/m 2010. Tevens werd dit patroon in individuele meetpunten gevonden. De hogere N-totaal concentraties, en diengevolge hogere percentage normoverschrijdingen in natte jaren, worden mede veroorzaakt door een grotere bijdrage van relatief nutriëntrijke ondiepe routes aan de oppervlaktewatersamenstelling (Rozemeijer & Broers, 2007; Rozemeijer et al. 2010). Voor P-totaal is de relatie tussen de jaarneerslag en de concentratie minder duidelijk. De concentraties P-totaal worden wel beïnvloed door weerscondities, maar dat betreft korte concentratiepieken tijdens individuele buien die veelal gemist worden bij maandelijks metingen. In paragraaf 6.1 wordt ook nader op ingegaan op de invloed van weervariaties op de waterkwaliteit.

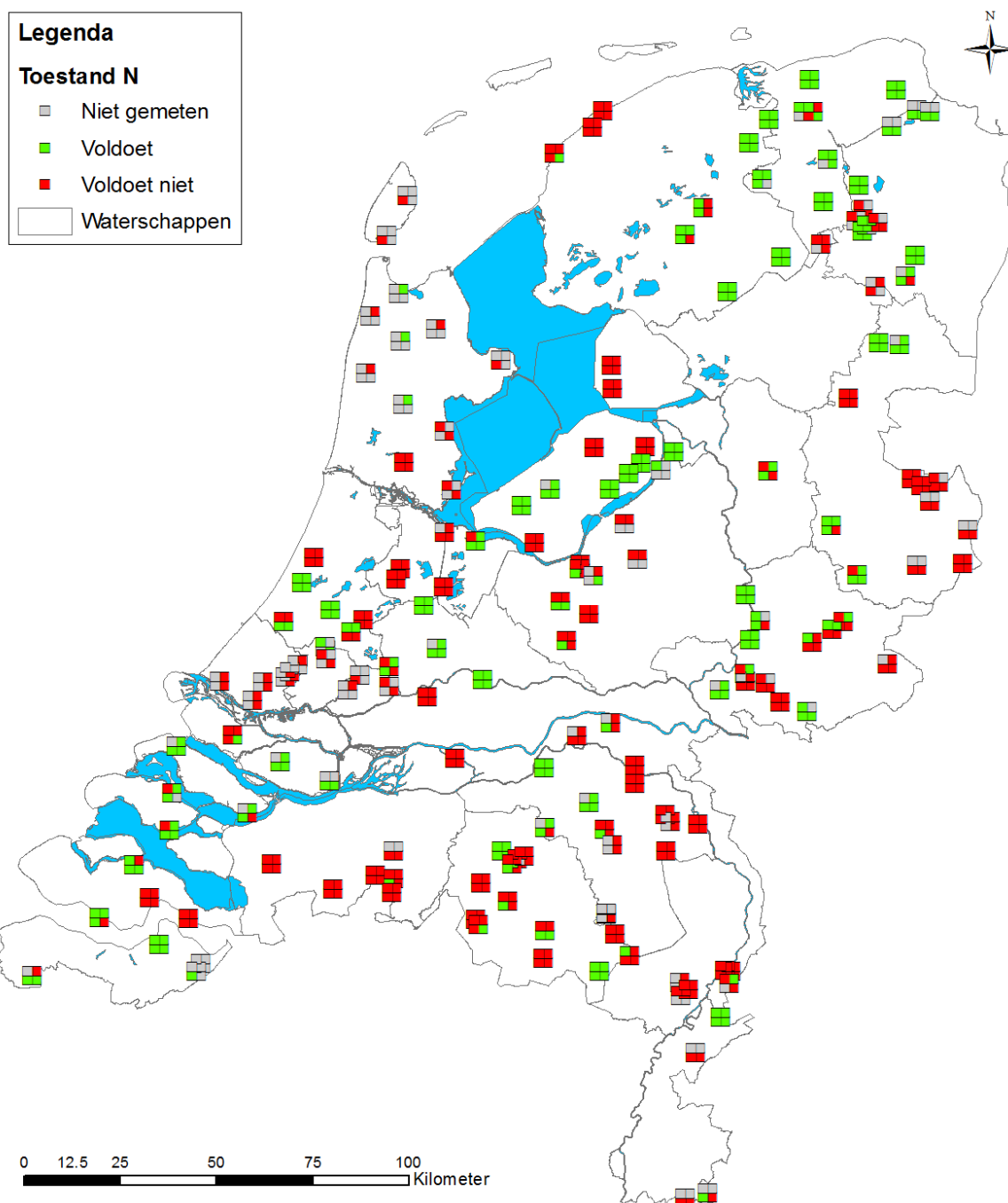


Figuur 3.2 Zomerneerslag 2011 t/m 2014 De Bilt.

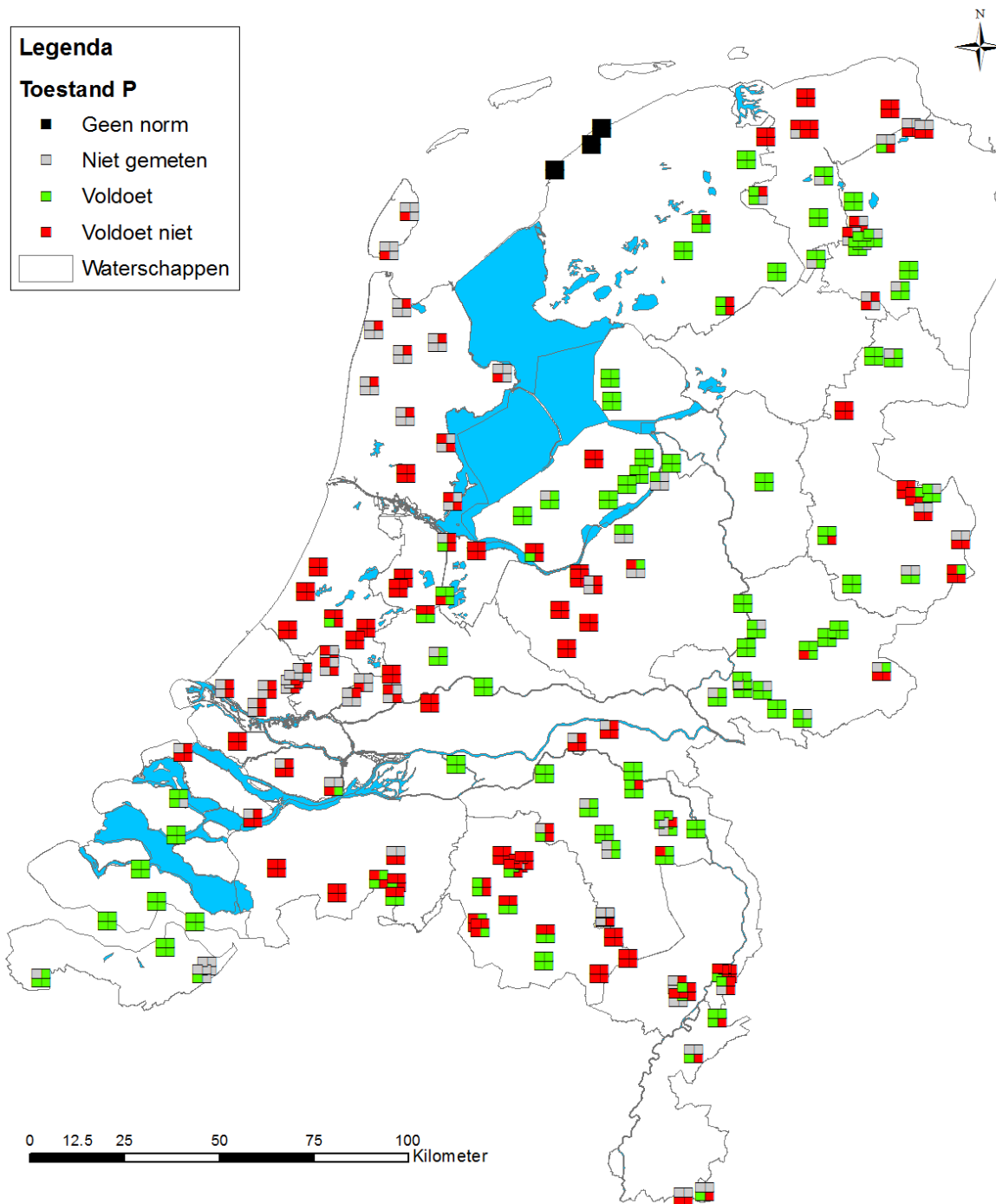
In Figuur 3.3 en Figuur 3.4 is voor respectievelijk N-totaal en P-totaal het toetsresultaat op een kaart weergegeven. Per locatie is het toetsresultaat van de verschillende jaren als volgt weergegeven: linksboven: 2011; rechtsboven: 2012; linksonder: 2013; rechtsonder: 2014. Niet alle locaties kunnen elk jaar getoetst worden omdat er minder dan vijf metingen in de zomermaanden zijn uitgevoerd of omdat het een meetpunt is dat niet elk jaar wordt bemonsterd. Deze locaties zijn voor het desbetreffende jaar grijs gemarkeerd in de kaarten.

In Figuur 3.3 is te zien dat normoverschrijdingen voor N-totaal door heel Nederland voorkomen. In sommige gebieden (bijvoorbeeld Noord-Brabant) zijn normoverschrijdingen van N-totaal meer algemeen dan in andere gebieden (bijvoorbeeld Noordoost Nederland). Uit de kaart valt ook af te leiden dat er locaties zijn waarbij de concentratie aan N-totaal het ene jaar wel aan de norm voldoet, maar het andere jaar niet.

In Figuur 3.4 is te zien dat er voor P-totaal in vergelijking met N-totaal minder variatie in het halen van de norm zit: er zijn minder locaties waarbij de norm in het ene jaar wel wordt overschreden, maar in het andere jaar niet. Vooral in het westen van het land is het overschrijden van de norm voor P-totaal vrij algemeen.



Figuur 3.3 Normoverschrijdingen 2011 t/m 2014 voor N-totaal, getoetst aan de waterschapsnorm.
 Linksonder: 2011, rechtsboven: 2012, linksonder: 2013, rechtsonder: 2014.



Figuur 3.4 Normoverschrijdingen 2011 t/m 2014 voor P-totaal, getoetst aan de waterschapsnorm.
 Linksboven: 2011, rechtsboven: 2012, linksonder: 2013, rechtsonder: 2014.

3.2.2 Toestand in deelgebieden

Per deelgebied is het percentage meetlocaties bepaald dat voldoet of niet voldoet aan de waterschapsnorm. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 3.4. Voor de jaren 2007 t/m 2010 zijn de toetsresultaten die in Klein et al. (2012b) zijn gerapporteerd geactualiseerd met de aangepaste normen en de aangepaste indeling van de bodemtypes (zie paragraaf 2.2). De resultaten hiervan staan weergegeven in Tabel C.3 in Bijlage 0.

Voor het veengebied moet er bij de interpretatie van de resultaten rekening mee worden gehouden dat het aantal resultaten beperkt is (12-15 meetlocaties per jaar).

In alle jaren geldt dat in het kleigebied meer meetlocaties aan de waterschapsnorm voor N-totaal voldoen dan in het zand- en veengebied. In het zandgebied voldoet het laagste percentage van de meetlocaties aan de norm voor N-totaal (tussen de 30 en 50%), met uitzondering van 2014 waarbij er in het veengebied maar 20% voldoet. Een van de verklaringen hiervoor is dat zandgronden uitspoelingsgevoeliger zijn voor N-totaal dan klei- en veengronden. Een andere verklaring zou kunnen zijn dat er op zandgronden meer bemesting plaatsvindt. Bij de toetsing over 2007 t/m 2010 (Klein et al., 2012b) voldeed juist in het zandgebied het hoogste percentage van de meetlocaties aan de norm in vergelijking met het klei- en veengebied. De 'verslechtering' wordt voornamelijk veroorzaakt doordat de normen van de natuurlijke R-watertypen, die met name in het zandgebied voorkomen, zijn aangescherpt van 4 mgN/l naar 2,3 mgN/l.

In alle deelgebieden varieert het percentage van de meetlocaties dat voldoet aan de waterschapsnorm voor N-totaal tussen de verschillende jaren. In het zand- en veengebied voldoet in 2014 het laagste percentage van de meetlocaties aan de norm voor N-totaal en in het kleigebied in 2011. In alle drie de deelgebieden voldoet in 2013 het hoogste percentage van de meetlocaties aan de norm voor N-totaal.

Ook voor P-totaal geldt dat, voor 2011, 2012 en 2014, in het kleigebied het percentage van de meetlocaties dat voldoet aan de waterschapsnorm hoger is dan in het zand- en veengebied. In 2013 voldoet in het zandgebied het hoogste percentage (62%). In het veengebied voldoet veruit het laagste percentage van de meetlocaties aan de norm voor P-totaal; in 2012 slechts 8%, in 2011 15% en in 2014 20%. In 2013 voldoet er in de veengebieden een veel groter percentage van de meetlocaties aan de norm voor P-totaal (42%). Dit verschil komt doordat in 2013 de concentratie op vier locaties is afgenomen en in 2013 onder de norm ligt. De grote fluctuaties kunnen deels verklaard worden door het lage aantal meetlocaties.

Voor het zand- en veengebied is 2012 het jaar met het hoogste percentage normoverschrijdingen van P-totaal en voor het kleigebied is dit 2014.

Er liggen ook twee meetlocaties in het lössgebied. Beiden zijn alleen in 2013 en 2014 bemeten. In 2013 voldoet één locatie aan de waterschapsnorm voor N- en P-totaal en de andere niet. In 2014 voldoen beide locaties niet aan de waterschapsnorm voor N- en P-totaal.

Tabel 3.4 Per deelgebied het percentage van de meetlocaties dat voor N-totaal en P-totaal wel en niet voldoet aan de waterschapsnorm. De laatste drie kolommen geven het aantal meetlocaties weer waarbij getoetst kon worden.

Jaar	Voldoet (%)			Voldoet niet (%)			Aantal meetlocaties		
	Zand	Klei	Veen	Zand	Klei	Veen	Zand	Klei	Veen
N-totaal									
2011	34	42	38	66	58	62	71	38	13
2012	37	45	42	63	55	58	78	51	12
2013	50	57	50	50	43	50	74	53	12
2014	30	51	20	70	49	80	81	53	15
P-totaal									
Jaar	Voldoet (%)			Voldoet niet (%)			Aantal meetlocaties		
	Zand	Klei	Veen	Zand	Klei	Veen	Zand	Klei	Veen
2011	51	63	15	49	37	85	71	35	13
2012	46	54	8	54	46	92	78	48	12
2013	62	58	42	38	42	58	74	50	12
2014	48	52	20	52	48	80	81	50	15

4 Bepaling van trends

4.1 Methode trendbepaling

Voor de trenddataset, bestaande uit zowel de zomer- als de wintermeetwaarden, zijn alle locaties geselecteerd die voldoen aan het extra selectie criterium voor trendmeetpunten; de landbouw specifieke meetlocaties met een lange reeks met metingen minimaal vanaf het jaar 2004 (zie ook paragraaf 2.1). Voor de trendanalyse tot en met 2014 hebben 99 trendmeetlocaties een voldoende lange meetreeks.

Een belangrijk uitgangspunt bij de trendanalyses is dat er eerst per meetpunt trends worden bepaald, die vervolgens worden geaggregeerd naar een uitspraak op landelijk niveau of per bodemtype. Het alternatief is eerst gemiddelden of medianen berekenen en daar trends doorheen berekenen. Deze methode geeft echter grotere onzekerheden door de grote ruimtelijke variatie in concentraties. Dit levert een relatief grote onzekerheid in de berekende gemiddelden of medianen op en dus ook een grote onzekerheid in de trendbepaling. Ondanks de grote ruimtelijke variatie in de concentraties is het goed mogelijk dat de trends in deze concentraties minder variabel zijn. Door eerst trends per meetlocatie te bepalen en vervolgens te aggregeren heeft de variatie in de absolute concentratieniveaus geen invloed op de (onzekerheid in) de resultaten van de trendanalyse. Een belangrijk voordeel is ook dat deze methode veel minder gevoelig is voor gaten in de tijdreeksen (Broers & Van de Grift, 2004; Visser, 2009)

Een tweede uitgangspunt bij de trendanalyse is dat er robuuste statistische methodes zijn gebruikt, die niet of nauwelijks gevoelig zijn voor uitschieters in de datasets. De gebruikte methodes zijn beschreven in de internationale wetenschappelijke literatuur en worden veelvuldig gehanteerd zowel in de hydrologie als in andere disciplines. Er zijn voor de trendanalyse drie methodes gehanteerd, die alle drie verschillende informatie opleveren en elkaar kunnen versterken:

1. De Seasonal Mann Kendall trendtest (Hirsch and Slack, 1984) is een statistische test die aangeeft of er een significante opwaartse of neerwaartse trend in de gegevens aanwezig is. Deze Seasonal Mann Kendall test geeft nog geen informatie over de grootte (helling/steilheid) van de trend.
2. De Theil-Sen hellingschatter (Hirsch et al., 1982) geeft die informatie wel. Met deze methode is de mediane trendhelling met het 95% betrouwbaarheidsinterval bepaald. Een minpunt van deze analyse is dat er slechts één (mediane) helling voor de hele meetperiode berekend wordt, terwijl een trend ook tijdens de meetperiode steiler kan worden of kan afvlakken.
3. De LOWESS-trendlijn (Cleveland, 1979) trekt een globale kromme, een soort lokale mediaan, door de meetgegevens, waardoor een trendlijn ontstaat die bijvoorbeeld kan afvlakken als een trend niet doorzet.

De methodes zijn ontleend aan eerder onderzoek naar trends in oppervlaktewater (o.a. Kronvang et al., 2008) en grondwater (o.a. Visser, 2009). De analyses zijn uitgevoerd in het statistische programma R (R Development Core Team, 2009). In Bijlage D worden de drie methodes nader beschreven en wordt uitgelegd op welke manier ze toegepast zijn op de trendmeetpunten van het MNLSO.

4.2 Resultaten

4.2.1 Seasonal Mann Kendall trendtest

De Seasonal Mann Kendall trendtest geeft per meetreeks aan of er een significante trend in de meetreeks zit. De geaggregeerde resultaten voor de hele tijdreeks zijn weergegeven in Tabel 4.1 met het aantal trendmeetpunten met opwaartse en neerwaartse trends en het aantal meetpunten zonder significante trend.

Voor N-totaal laat ruim 80% van de MNLSO-locaties een significantie neerwaartse trend zien. Voor P-totaal is de trend voor ruim de helft van de meetlocaties significant neerwaarts. In vergelijking met N-totaal laat P-totaal meer significante opwaartse trends zien en meer locaties zonder significante trend.

Tabel 4.1 Resultaten van de Seasonal Mann Kendall trend test voor de hele tijdreeks; aantal opwaartse en neerwaartse trends en het aantal locaties zonder significante trend.

N- totaal	
Aantal opwaarts ($p < 0.05$)	3
Aantal neerwaarts ($p < 0.05$)	82
Geen trend aantoonbaar ($p > 0.05$)	14
P-totaal	
Aantal opwaarts ($p < 0.05$)	12
Aantal neerwaarts ($p < 0.05$)	54
Geen trend aantoonbaar ($p > 0.05$)	33

4.2.2 Theil-Sen hellingschatter

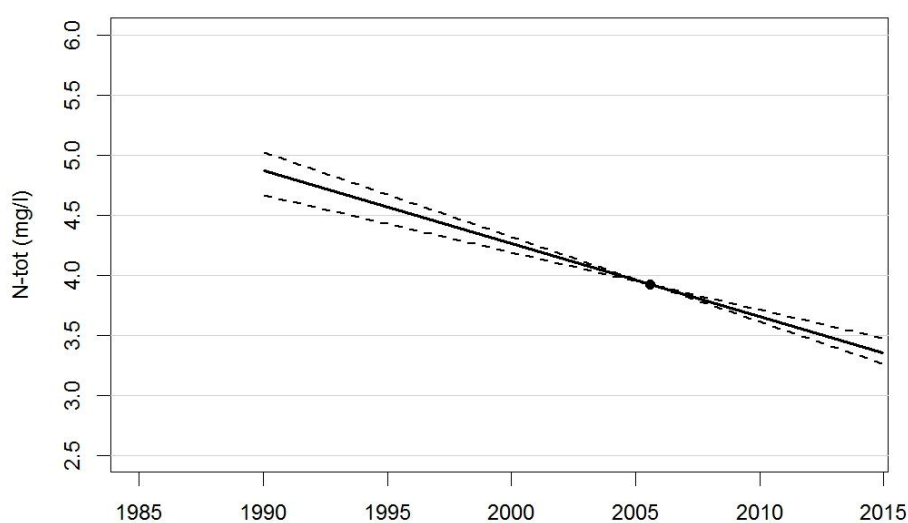
Met de Theil-Sen hellingschatter is per trendmeetpunt een trendhelling berekend. Deze trends zijn geaggregeerd door de mediane trendhelling en het 95%-betrouwbaarheidsinterval rond deze mediane trendhelling te bepalen. De resultaten voor de hele tijdreeks zijn opgenomen in Tabel 4.2 en visueel weergegeven in Figuur 4.1 voor N-totaal en in Figuur 4.2 voor P-totaal. Het middelpunt van de lijnen ligt op de mediane concentratie en het mediane bemonsteringsmoment van alle metingen (zie ook Bijlage D). Het gaat bij deze visualisatiemethode echter om de trendhellingen en niet om de absolute concentratieniveaus. De grafieken beginnen bij de mediane begindatum en eindigen bij de mediane einddatum van de meetreeksen.

Zowel voor N-totaal als voor P-totaal zijn zowel de mediane trendhelling als de beide hellingen van het 95%-betrouwbaarheidsinterval neerwaarts. Dit betekent dat er met 95% zekerheid een neerwaartse trend in de concentraties van N-totaal en P-totaal is. Voor N-totaal bedraagt de mediane decennium-afname in de concentratie 0,61 mgN/l en voor P-totaal 0,015 mgP/l.

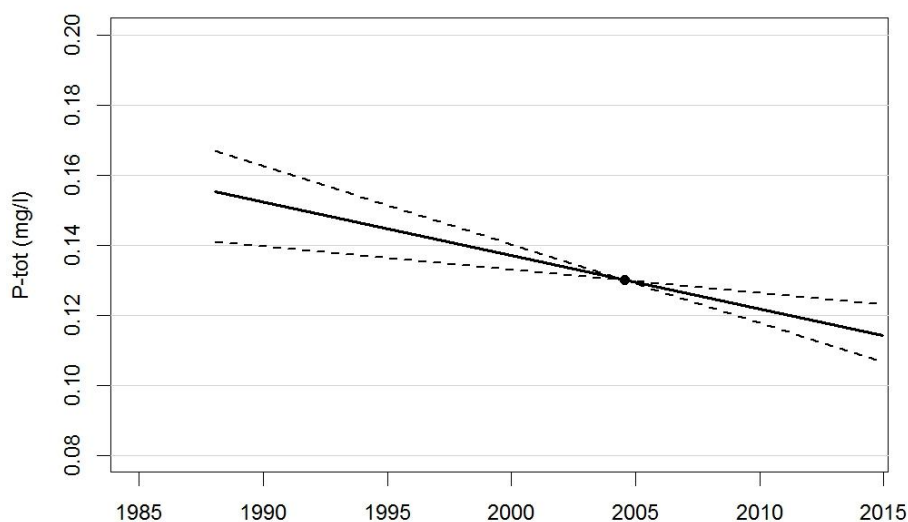
De berekende mediane trendhellingen kunnen niet zonder meer worden geëxtrapoleerd naar de toekomst. De trends komen voort uit veranderingen in de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten. Daarbij is het onderscheid tussen effecten van actuele veranderingen en na-ijl effecten van veranderingen in het verleden niet te maken. Voor het voorspellen van toekomstige concentraties voor verschillende scenario's qua mestbeleid zijn goed gevalideerde procesmodellen beter geschikt.

Tabel 4.2 Mediane trendhelling en 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor N-totaal en P-totaal voor de hele tijdreeksen.

	Mediane trend (mg/l per decennium)	Lower / upper 95% betrouwbaarheid (mg/l per decennium)	Conclusie
N-totaal	-0.61	-0.71 / -0.48	Dalend significant
P-totaal	-0.015	-0.022 / -0.0067	Dalend significant



Figuur 4.1 Mediane trend met 95%-betrouwbaarheidsinterval van de helling voor N-totaal voor de hele tijdreeksen.



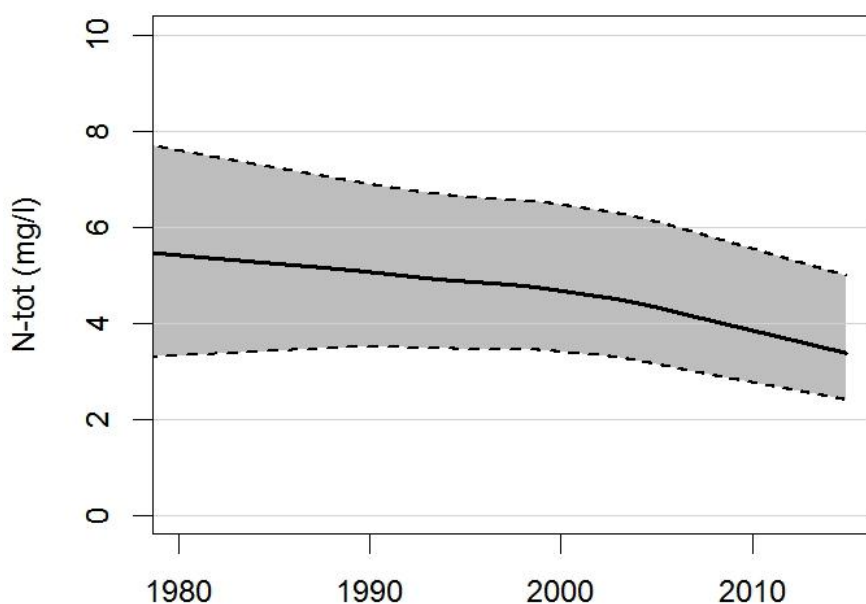
Figuur 4.2 Mediane trend met 95%-betrouwbaarheidsinterval van de helling voor P-totaal voor de hele tijdreeksen.

4.2.3 LOWESS-trendlijn

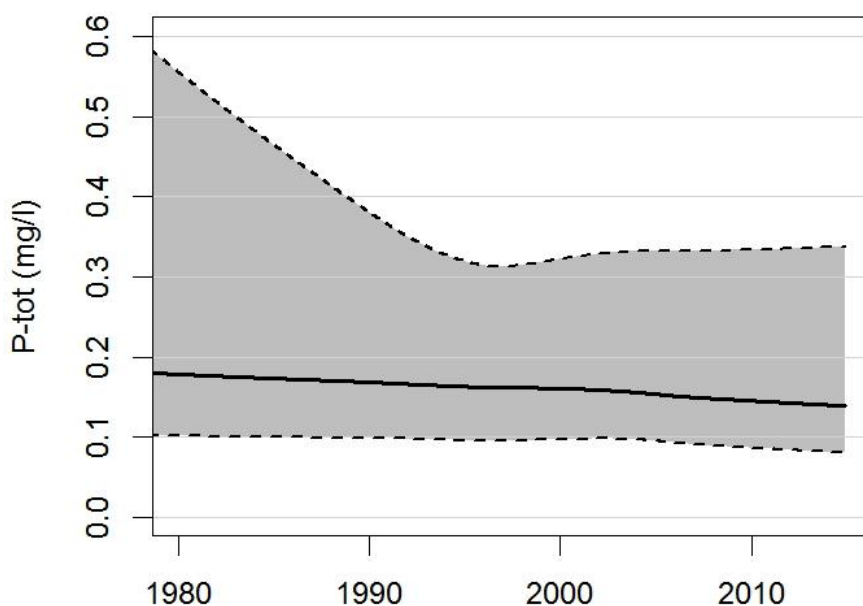
Door de gegevens van alle trendmeetpunten zijn kromme LOWESS-trendlijnen berekend. Deze trendlijnen zijn geaggregeerd door een nieuwe LOWESS-trendlijn en een 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijn te berekenen. De 25-percentiel LOWESS geeft de trends voor het lagere concentratiebereik weer en de 75-percentiel LOWESS voor het hogere concentratiebereik. Gezamenlijk geven de 25- en 75-percentiel LOWESS de bandbreedte weer waarbinnen 50% van de MNLSSO-locaties zich qua concentratieniveau bevindt. De geaggregeerde LOWESS-trendlijnen voor N-totaal en P-totaal zijn weergegeven in Figuur 4.3 en Figuur 4.4. De grafieken zijn gebaseerd op de hele tijdreeksen, maar zijn weergegeven vanaf 1980 omdat er slechts enkele meetreeksen zijn die voor 1980 beginnen. Met de LOWESS-trendlijn is te signaleren of een trend steiler wordt of juist afvlakt in de loop van de tijd.

Voor N-totaal daalt de LOWESS over de gehele periode. Vanaf 2000 wordt de daling in de concentraties steiler. Alleen de 25-percentiel LOWESS stijgt nog tussen 1980 en 1990. Vanaf 2000 zet ook de 25-percentiel LOWESS een neerwaartse trend in.

De LOWESS voor P-totaal blijft over de gehele periode vanaf 1980 met wat lichte schommelingen dalen. Datzelfde geldt voor de 25-percentiel LOWESS. Opvallend is de overgang van een sterke daling van de 75-percentiel LOWESS tussen 1980 en 1995 naar een opwaartse trend vanaf 1995.



Figuur 4.3 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25 en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor N-totaal voor de hele tijdreeksen.



Figuur 4.4 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor P-totaal voor de hele tijdreeksen.

4.3 Zomer- en wintertrends

De Theil-Sen hellingschatter en de LOWESS-trendlijn zijn ook toegepast voor trendanalyses op de zomerconcentraties (april t/m september) en winterconcentraties (oktober t/m maart). De resultaten zijn opgenomen in Bijlage E.1.

Uit de Theil-Sen analyse blijkt dat er ook voor de zomer en winter afzonderlijk significante neerwaartse trends optreden voor zowel N-totaal als P-totaal. De N-totaal winterconcentraties dalen sneller dan de zomerconcentraties (Figuur E.1 en Tabel E.1; winter 0,92 mg/l per decennium en zomer 0,40 mg/l per decennium). De steilere trendhelling voor de winter hangt ook samen met de hogere concentraties. De procentuele daling ten opzichte van de mediane concentratie ligt voor de zomer op 14% en voor de winter op 16%.

De LOWESS-trendlijnen voor de zomer- en winterconcentraties voor N-totaal (Figuur E.3) laten verschillen zien. De daling in de zomerconcentraties wordt langzaam steiler en de bandbreedte tussen de 25- en 75-percentiel LOWESS is relatief klein. De winterconcentraties zetten vanaf circa 2000 een flink steilere daling in (van ca. 0,3 mg/l per decennium naar ca. 1 mg/l per decennium). De eerder gesignaleerde versnelling van de trend voor N-totaal (Figuur 4.3) blijkt voornamelijk toegeschreven te kunnen worden aan de winterconcentraties. De 25-percentiel LOWESS voor de winterconcentraties laat een opvallende stijging zien tot 2000, maar zet daarna een daling in.

Voor de P-totaal concentraties blijkt uit de Theil-Sen hellingschatter een steilere neerwaartse trend voor de zomer- dan voor de winterconcentraties (Figuur E.2 en Tabel E.1; zomer 0,019 mg/l per decennium en winter 0,012 mg/l per decennium). De mediane zomer- en winterconcentraties zijn ongeveer gelijk, dus ook de relatieve daling is steiler voor de zomerconcentraties (ca. 15% per decennium voor de zomer en ca. 9% voor de winter). De mediane LOWESS voor de zomer- en winterconcentraties van P-totaal (Figuur E.4) liggen dicht bij elkaar. De daling in de winterconcentraties laat een afvlakking zien van ca. 1993 tot 2003, maar daalt daarna weer licht. De stijging in de 75-percentiel LOWESS, ook te zien in

Figuur 4.4, is zichtbaar in zowel de zomer- als winterconcentraties. Vooral de 75-percentiel LOWESS van de zomerconcentraties laat vanaf 2005 een steilere opwaartse trend zien. De 25-percentiel LOWESS laat voor de winterconcentraties een lichte stijging zien, terwijl de zomerconcentraties in het lagere concentratiebereik wel licht dalen.

4.4 Trends per bodemtype

De resultaten van de trendanalyses per bodemtype zijn opgenomen in Bijlage E.2. Voor alle bodemtypes geldt dat het grootste deel van de MNLSO-locaties significante neerwaartse trends laat zien (Tabel E.2).

Van de 33 trendlocaties in het kleigebied laat de meerderheid significante neerwaartse trends zien voor N-totaal (76%) en P-totaal (61%). Opvallend is dat drie van de vier berekende opwaartse trends voor N-totaal in het kleigebied voorkomen. In totaal laat 9% van de MNLSO-locaties in het kleigebied een significante opwaartse trend voor N-totaal zien.

Ook voor de 55 trendlocaties in het zandgebied geldt dat de meerderheid van de locaties een significante neerwaartse trend laat zien; 84% voor N-totaal en 51% voor P-totaal. Er komen in het zandgebied echter ook relatief veel opwaartse trends voor P-totaal voor (13% van de locaties).

Voor de veenlocaties laten de resultaten van de Seasonal Mann Kendall trendtest zien dat alle elf locaties een significante neerwaartse trend vertonen voor N-totaal. Voor P-totaal is voor vier van de elf locaties geen significante trend. Van de zeven significante trends is er één opwaarts en zijn er zes neerwaarts.

De mediane Sen-slope hellingen (Figuur E.5) en de LOWESS-trendlijnen (Figuur E.6) laten nog enkele opvallende verschillen zien tussen de klei-, veen en zandgebieden. Allereerst zijn de trendhellingen voor N-totaal (Figuur E.5) steiler in het zandgebied dan in het veen- en kleigebied. De LOWESS-trendlijnen (Figuur E.6) onthullen de verklaring; in het zandgebied dalen de concentraties al sinds het begin van de meetreeksen, terwijl de concentraties in het kleigebied pas vanaf 2000 duidelijk beginnen te dalen en tussen 1980 en 1990 zelfs stijgen. In het veengebied dalen de N-totaal concentraties tot 1995 nauwelijks, daarna wordt de neerwaartse trend steiler.

Voor P-totaal valt voornamelijk op dat de spreiding van concentraties in het klei- en veengebied veel groter is dan in het zandgebied. In het veengebied is de daling voor P-totaal niet significant; de onderkant van de 95%-betrouwbaarheidsinterval is opwaarts. Ook de LOWESS laat zien dat in een deel van de locaties in het veengebied de concentraties stijgen vanaf circa 1990-1995.

4.5 Trends kortere periodes

De resultaten van de verschillende gehanteerde methoden voor trendanalyse zijn voor een deel afhankelijk van de periode waarvoor de analyses worden gedaan. Voor de trendmeetpunten is het selectiecriteria aangehouden dat er minimaal vanaf het jaar 2004 metingen beschikbaar moeten zijn. De kortste reeksen in de trendanalyse beginnen derhalve in 2004, terwijl bij een aantal reeksen de startdatum voor 1980 ligt. De meetperiode kan op drie manieren invloed hebben op de resultaten van de trendanalyse:

1. Er is mogelijk een verschil in de kwaliteit en betrouwbaarheid tussen oude en nieuwere meetgegevens (bijvoorbeeld andere detectielimieten voor oude meetgegevens).
2. Er vindt een afbuiging van de trend plaats, waardoor er voor langere meetreeksen andere trends worden berekend dan voor kortere meetreeksen.

3. Voor de Seasonal Mann Kendall trendtest geldt dat de significantie van de trend deels afhankelijk is van de lengte van de meetreeks. Bij trendanalyse over kortere periodes is de kans dat een trend als 'niet significant' beoordeeld wordt groter.

Om de invloed van de lengte van de meetperiode op de resultaten van de trendanalyse te onderzoeken zijn de Seasonal Mann Kendall trendtest en de Theil-Sen hellingschatter ook toegepast op selecties van de meetgegevens vanaf 1990 en vanaf 2000. De resultaten van deze analyse zijn opgenomen in Bijlage E.3.

Voor de Seasonal Mann Kendall trendtests blijkt ook voor kortere periodes dat de meerderheid van de MNLISO-locaties neerwaartse trends laten zien voor N-totaal. Wel is het aantal locaties zonder significante trend groter. Voor P-totaal krijgt het aantal locaties zonder significante trends de overhand. Van de locaties met significante trends voor P-totaal blijft de meerderheid neerwaarts.

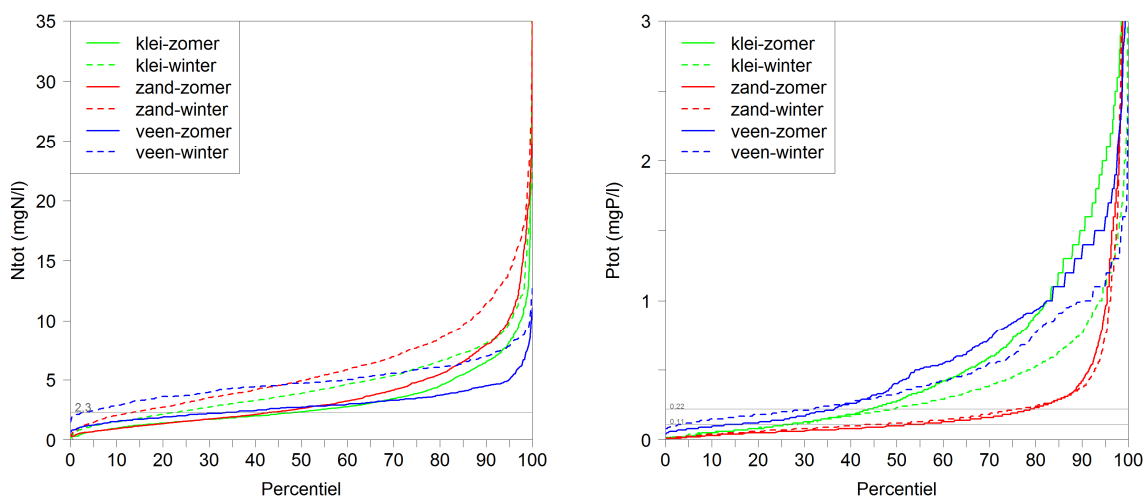
De geaggregeerde resultaten van de Theil-Sen hellingschatter laten ook voor de kortere periodes significante neerwaartse trends zien voor zowel N-totaal als P-totaal. Voor N-totaal is de mediane trendhelling groter voor de kortere periodes dan voor de gehele periode. Dit sluit aan bij de snellere daling in concentraties vanaf 2000 die ook in de LOWESS-trendlijn (Figuur 4.3) zichtbaar is. Voor P-totaal is de mediane trendhelling minder steil voor de analyse vanaf 1990. Dit is waarschijnlijk gerelateerd aan de relatief snelle daling in P-totaal concentraties tussen 1980 en 1990 bij veel locaties. De analyse vanaf 2000 laat juist weer een steilere mediane trendhelling zien.

5 Extra analyses

5.1 Spreiding in stikstof- en fosforconcentraties

Om een beeld te krijgen van (de spreiding in) de concentraties N- en P-totaal zijn cumulatieve frequentiediagrammen gemaakt van alle metingen tussen 2011 en 2014. Bij deze diagrammen worden alle concentraties van laag naar hoog afgebeeld waardoor een lijn ontstaat. Alle individuele metingen zijn apart meegenomen, er zijn geen gemiddeldes genomen. De metingen in de zomer en in de winter zijn voor de verschillende deelgebieden apart weergegeven, zodat de verschillen in de concentraties goed te zien zijn. De cumulatieve frequentiediagrammen zijn weergegeven in Figuur 5.1 en Figuur 5.2 (afgekapt op 3 mgP/l). De diagrammen kunnen op twee manieren bekeken worden:

- 1 Door vanaf de x-as bij een bepaald percentiel omhoog te gaan tot de grafieklijn kan op de y-as worden afgelezen welke concentratie bij dat percentiel hoort.
- 2 Door vanaf de y-as bij een bepaalde concentratie naar rechts te gaan tot de grafieklijn kan op de x-as worden afgelezen welk percentage van de metingen onder deze concentratie blijft.



Figuur 5.1 Cumulatieve frequentiediagrammen voor N-totaal (links) en P-totaal (rechts) met uitsplitsing in deelgebieden en zomer en winter (voor de periode 2011-2014). De grijze lijnen geven veel voorkomende waarden van de norm aan. Let op: voor P-totaal is de y-as afgekapt bij 3 mgP/l.

Figuur 5.1 geeft inzicht in zowel de verschillen tussen zomer en winter als verschillen tussen deelgebieden. Ter illustratie is het niveau weergegeven van de meest voorkomende waterschapsnormen (voor N-totaal 2,3 mg N/l en voor P-totaal 0,11 en 0,22 mgP/l). Deze normen zijn uitsluitend geldig voor toetsing van zomergemiddelde concentraties.

Voor N-totaal geldt in alle deelgebieden dat de concentratie in de winter hoger is dan in de zomer. In de zandgebieden worden de hoogste N-totaal concentraties gemeten. In de veengebieden worden in het lage bereik (onder de mediaan) hogere concentraties gemeten ten opzichte van de andere deelgebieden. In het hogere bereik (boven de mediaan) worden echter de laagste concentraties gemeten in het veengebied. De lijn voor veen, voor zowel de zomer als de winter, loopt dan ook vrij horizontaal in het cumulatieve frequentiediagram, wat betekent dat de concentraties in het veengebied relatief weinig variëren in de tijd en de ruimte.

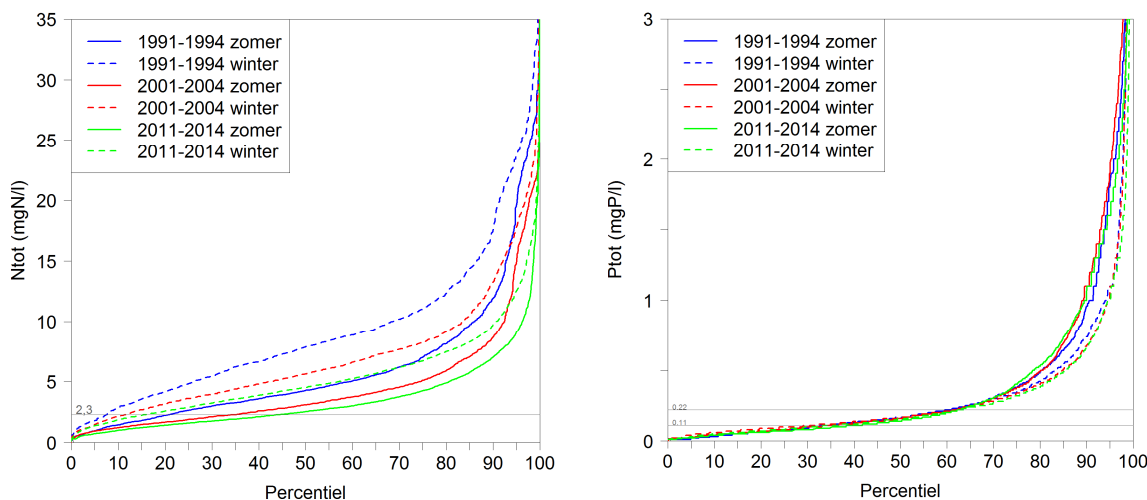
Voor P-totaal is in het zandgebied nauwelijks verschil tussen de zomer- en winterconcentraties. In het klei- en veengebied worden de hoogste P-concentraties gemeten in de zomer. In het kleigebied zijn de verschillen tussen de zomer- en winterconcentratie het grootste. De P-concentraties in het zandgebied zijn lager dan in het klei- en veengebied. Over het algemeen zijn de concentraties in het veengebied iets hoger dan in het kleigebied.

Uit het steile verloop van het rechter deel van de frequentiediagrammen voor N-totaal en P-totaal is af te leiden dat er concentraties voorkomen die erg ver boven de gestelde normniveaus liggen.

Bij 40-50% van de meetlocaties wordt wel eens een zeer hoge concentratie (hoger dan het 90-percentiel) aan stikstof of fosfor gemeten. Dit betekent dat de concentraties op de meeste MNLSO-locaties een piekerig gedrag vertonen. De locaties waar regelmatig hoge concentraties gemeten worden liggen voor stikstof verspreid over Nederland, maar relatief veel in het zuidelijk zandgebied. In het westen van Nederland zijn de meeste meetlocaties waar voor fosfor regelmatig een hoge concentratie wordt gemeten.

In Figuur 5.2 zijn voor N- en P-totaal cumulatieve frequentiediagrammen weergegeven met een uitsplitsing in verschillende periodes: 1991-1994, 2001-2004 en 2011-2014. De verandering in concentraties tussen deze verschillende periodes kan hieruit afgeleid worden. Voor N-totaal is voor zowel de zomer als de winter een afname in concentratie te zien. Het verschil tussen 1991-1994 en 2001-2004 is groter dan het verschil tussen 2001-2004 en 2011-2014.

Voor P-totaal zijn de verschillen tussen de periodes en tussen zomer- en winterconcentraties minder groot dan voor N-totaal. Daardoor lopen de lijnen in het cumulatieve frequentiediagram grotendeels over elkaar heen. In het hogere concentratiebereik zijn wel verschillen te zien tussen de zomer en winter; vanaf het 70-percentiel lopen de lijnen meer uit elkaar. Er zijn dan echter alleen hogere concentraties in de zomer en lagere in de winter te zien. Er is geen verschil tussen de verschillende periodes.



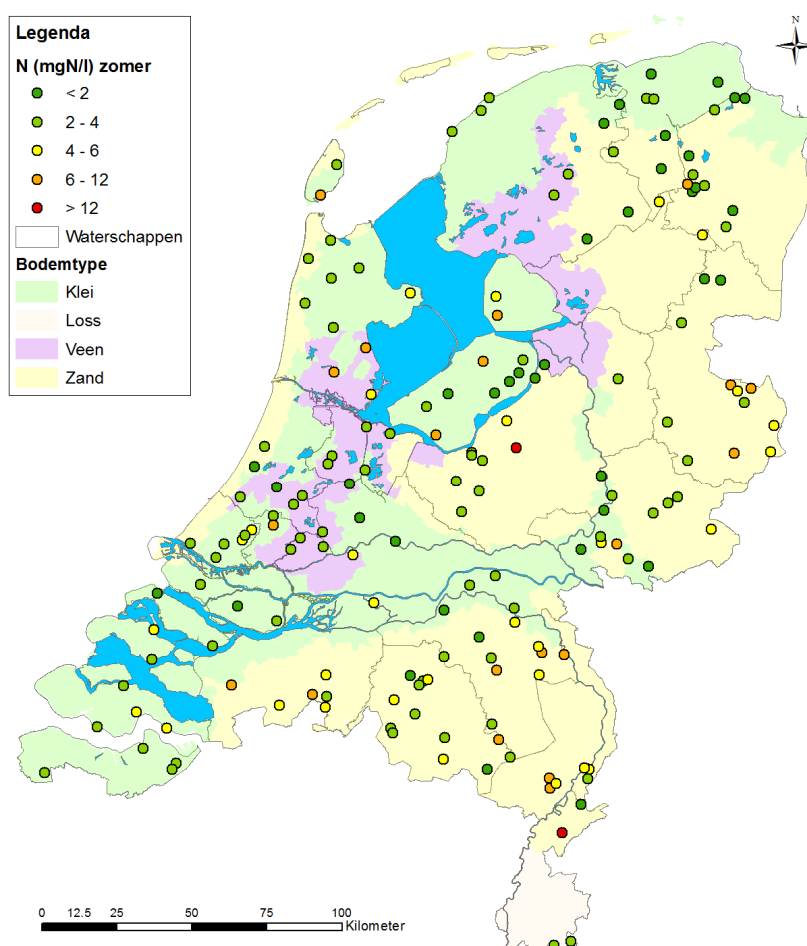
Figuur 5.2 Cumulatieve frequentiediagrammen voor N-totaal (links) en P-totaal (rechts) met uitsplitsing in periodes (1991-1994, 2001-2004 en 2011-2014) en zomer en winter. De grijze lijnen geven veel voorkomende waardes van de norm aan. Let op: voor P-totaal is de y-as afgekapt bij 3 mgP/l.

5.2 Regionale verdeling concentraties

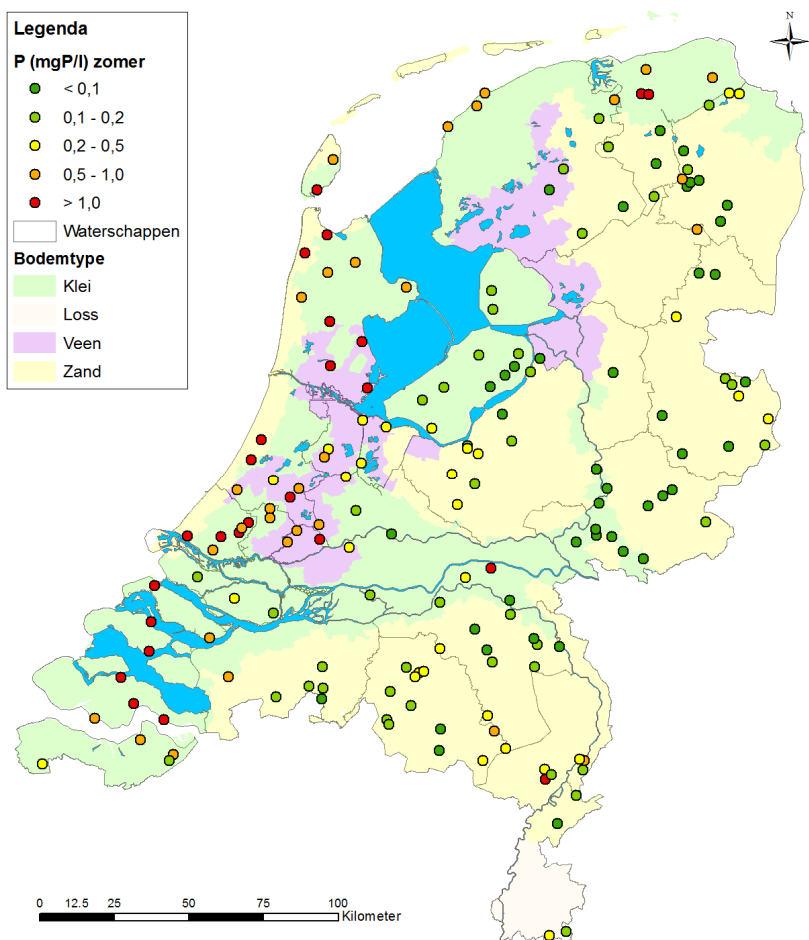
Voor zowel de zomer- als de winterperiode is de gemiddelde concentratie van N- en P-totaal berekend over de jaren 2011 t/m 2014. De resultaten hiervan staan in Figuur 5.3 (N-totaal) en Figuur 5.4 (P-totaal) voor de zomer en Figuur F.1 en Figuur F.2 in Bijlage F voor de winter.

In Figuur 5.3 is te zien dat er voor N-totaal geen gebieden uitspringen met hoge concentraties: de hoogste concentraties komen verspreid over heel Nederland voor. In de winter zijn de stikstofconcentraties over het algemeen hoger dan in de zomer (Figuur F.1). Ook in de winter komen overal in Nederland meetlocaties met relatief hoge concentraties voor en zijn er geen gebieden aan te wijzen met veel hogere concentraties dan in de rest van het land.

In de MNLSO-meetlocaties in het westen van Nederland worden zowel in de zomer als de winter hogere fosforconcentraties gemeten dan in het oosten (Figuur 5.4 en Figuur F.2). In de winter zijn de fosforconcentraties over het algemeen lager dan in de zomer.



Figuur 5.3 Gemiddelde concentratie N-totaal in de zomer over de jaren 2011 t/m 2014 op de MNLSO-locaties.



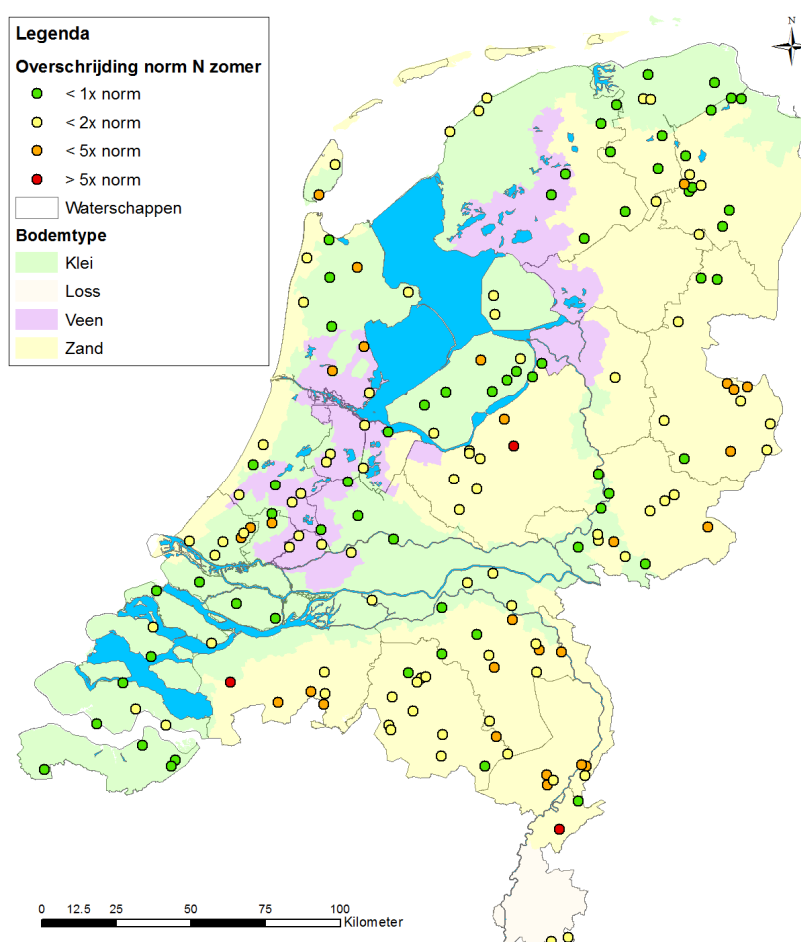
Figuur 5.4 Gemiddelde concentratie P-totaal in de zomer over de jaren 2011 t/m 2014 op de MNLSO-locaties.

5.3 Resterende gat ten opzichte van de waterschapsnormen

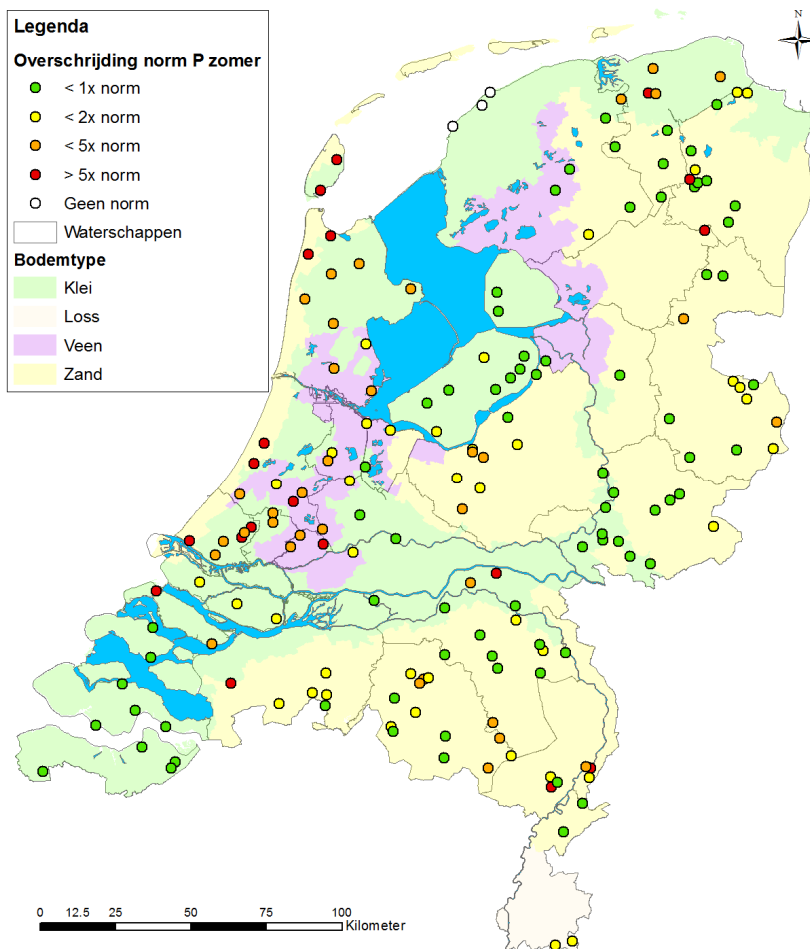
Voor elke MNLISO-locatie is berekend hoeveel de gemiddelde zomerconcentratie over de jaren 2011 t/m 2014 afwijkt van de waterschapsnorm. De resultaten hiervan staan in Figuur 5.5 (N-totaal) en Figuur 5.6 (P-totaal).

Voor N-totaal is te zien dat er verspreid over Nederland in de zomer drie locaties zijn waarbij de gemiddelde zomerconcentratie meer dan vijf maal zo groot is als de waterschapsnorm. Verspreid over Nederland komen ook locaties voor met stikstofconcentraties tussen twee en vijf maal de norm. In het rivierengebied en het noordoosten en zuidwesten van Nederland zijn minder locaties aanwezig met grote normoverschrijdingen.

De fosforconcentratie in de zomer is op 19 locaties groter dan vijf maal de waterschapsnorm (Figuur 5.6). De meeste locaties met grote normoverschrijdingen liggen in Noord- en Zuid-Holland, Limburg en Drenthe. In deze gebieden zullen veel maatregelen genomen moeten worden om de doelen voor fosfor te halen. In Limburg en Drenthe is te zien dat hoge en lage normoverschrijdingen vlak bij elkaar voor kunnen komen.



Figuur 5.5 Waterschapsnormoverschrijding gemiddelde concentratie N-totaal in de zomer over de jaren 2011 t/m 2014 op de MNLISO-locaties.

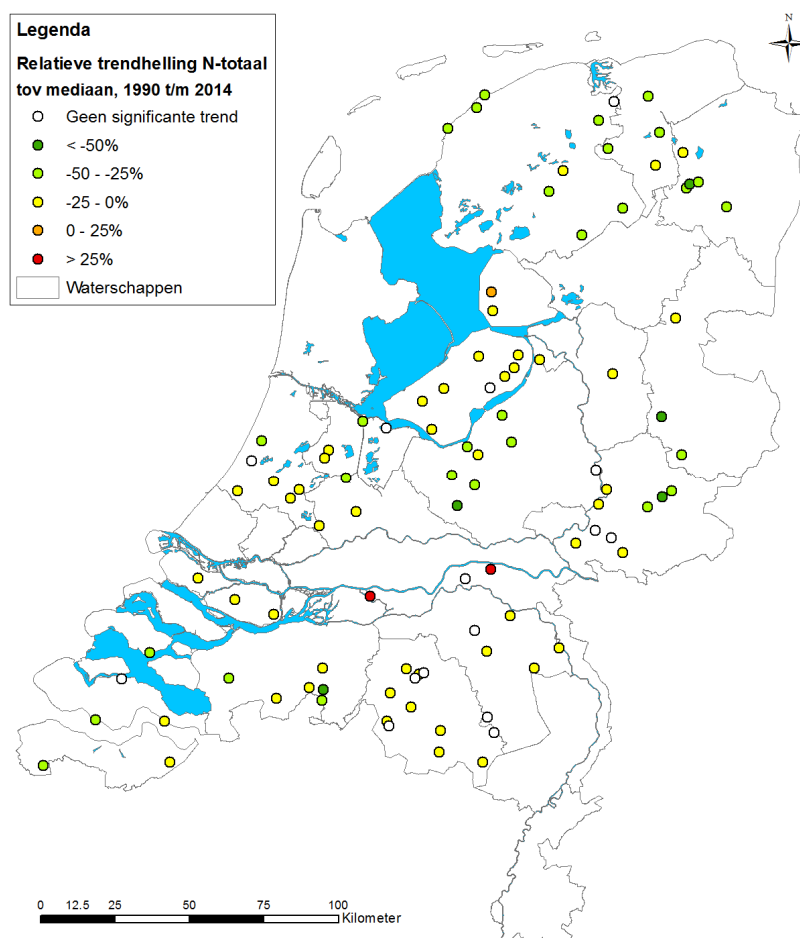


Figuur 5.6 Waterschapsnormoverschrijding gemiddelde concentratie P-totaal in de zomer over de jaren 2011 t/m 2014 op de MNLSO-locaties.

5.4 Regionale verdeling trends

Om een ruimtelijk beeld te krijgen van de voorkomende trends zijn in Figuur 5.7 en Figuur 5.8 voor de trendmeetlocaties met een significante trend (bepaald met de Seasonal Mann Kendall trendtest, zie paragraaf 4.2.1) de procentuele Theil-Sen trendhellingen ten opzichte van de mediaan (zie paragraaf 4.2.2) over de periode 1990-2014 voor N- en P-totaal weergegeven. Deze informatie is gecombineerd met informatie over de absolute helling en het resterende gat t.o.v. de waterschapsnorm.

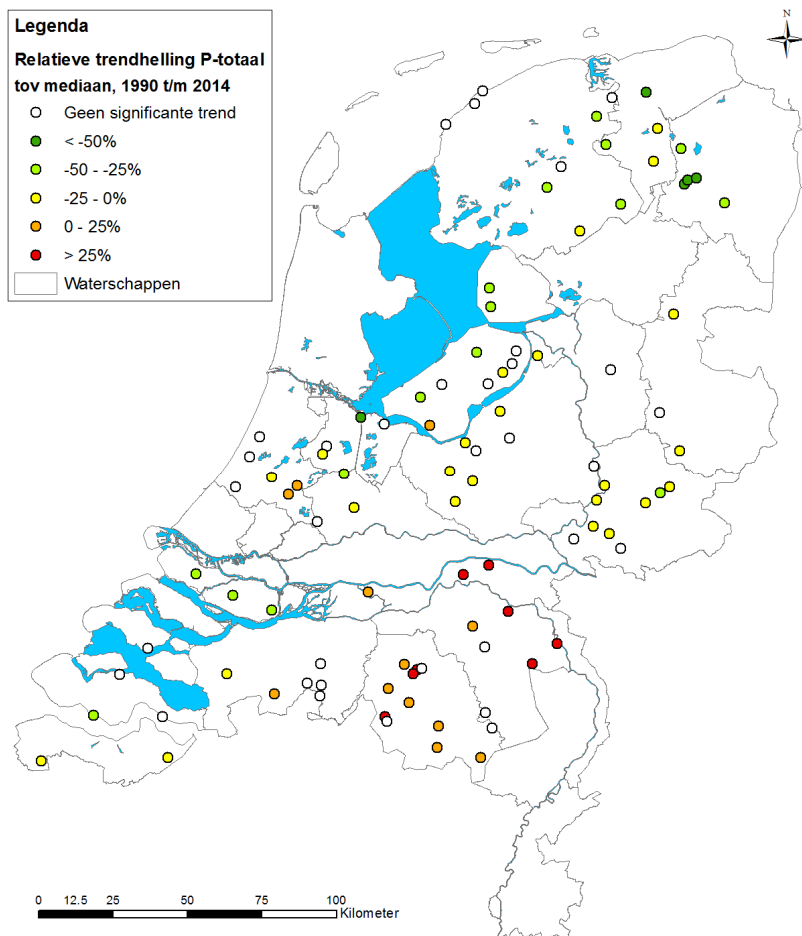
Voor N-totaal kan geconcludeerd worden dat er geen duidelijke regionale patronen te zien zijn in procentuele trends ten opzichte van de mediaan (Figuur 5.7). Wel lijken er in het oosten van Nederland relatief veel meetlocaties voor te komen met een grote procentuele daling. Verder liggen de meetpunten met de grootste daling verspreid over Nederland. In combinatie met de kaarten in Figuur 5.3 tot en met Figuur 5.5 kan geconcludeerd worden dat een grote procentuele daling niet uitsluitend voorkomt bij locaties met hoge of lage concentraties. Er zijn drie locaties met een significant stijgende trend. Deze locaties hebben een zomergemiddelde concentratie over de periode 2011-2014 die tussen de 1 en 2x de waterschapsnorm is.



Figuur 5.7 Relatieve Theil-Sen trendhelling (percentage t.o.v. mediaan) voor N-totaal over de periode vanaf 1990 voor de trendmeetlocaties.

Voor P-totaal kan geconcludeerd worden dat er een regionaal patroon te zien is in relatieve trends (Figuur 5.8). De meeste opwaartse trends zijn geclusterd in het zuidoosten van Nederland (regio Oost-Brabant). Bij 65% van de meetlocaties met een stijgende trend liggen de concentraties al boven de waterschapsnorm (vergelijk Figuur 5.8 met Figuur 5.6). Daarnaast valt op dat in het noorden van Nederland de concentraties van de meeste meetlocaties met een relatief grote procentuele dalende trend reeds onder de waterschapsnorm liggen.

Van de vijf locaties die voor stikstof een stijgende trend laten zien, hebben er drie ook voor fosfor een stijgende trend.



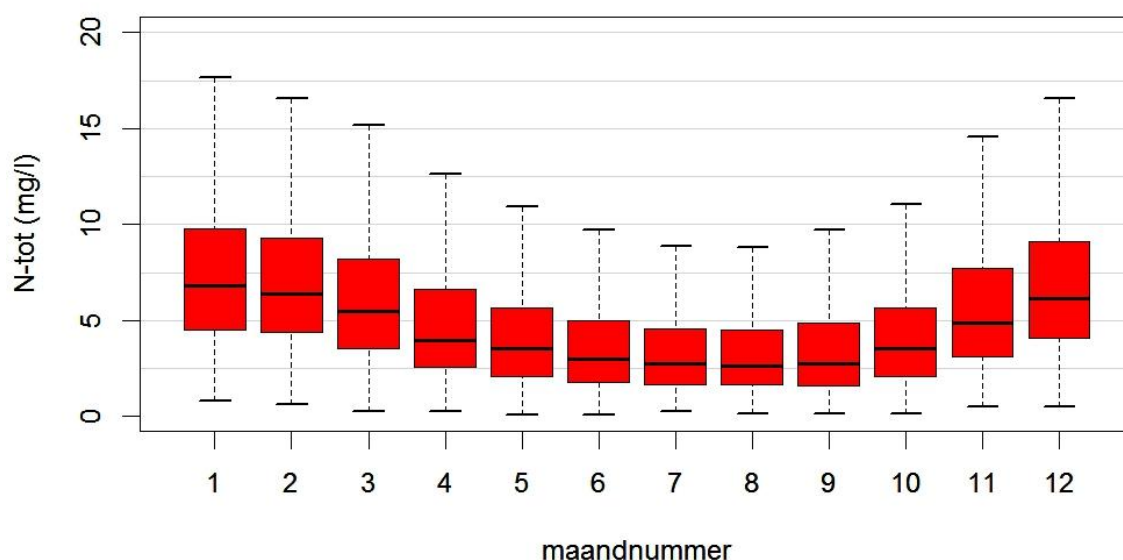
Figuur 5.8 Relatieve Theil-Sen trendhelling (percentage t.o.v. mediaan) voor P-totaal over de periode vanaf 1990 voor de trendmeetlocaties.

5.5 Seizoensvariabiliteit

Voor de MNLSO-trendlocaties is nader gekeken naar seizoensvariabiliteit in de nutriëntenconcentraties. Figuur 5.9 geeft voor N-totaal de meetresultaten van alle MNLSO-trendmeetlocaties vanaf 1990 weer in boxplots per maand. In Bijlage G zijn voor zowel N- als P-totaal dezelfde figuren ook per bodemtype weergegeven.

De N-totaal concentraties op de MNLSO-locaties laten een duidelijk seizoensverloop zien met hoge concentraties in de winter en lage concentraties in de zomer. De laagste mediane N-totaal concentraties in juli en augustus zijn bijna 3 keer lager dan de hoogste in december en januari. Het patroon met hoge concentraties in de winter is ook zichtbaar in de locaties in het zand-, klei- en veengebied afzonderlijk (Bijlage G).

Het seizoenspatroon voor P-totaal is minder eenduidig en verschilt per bodemtype (Bijlage G, Figuur G.2). De zandlocaties laten een seizoenspatroon zien met hoge concentraties in de winter en de laagste concentraties in het voorjaar. De klei- en veengebieden laten een patroon zien met de hoogste concentraties in juli en augustus.



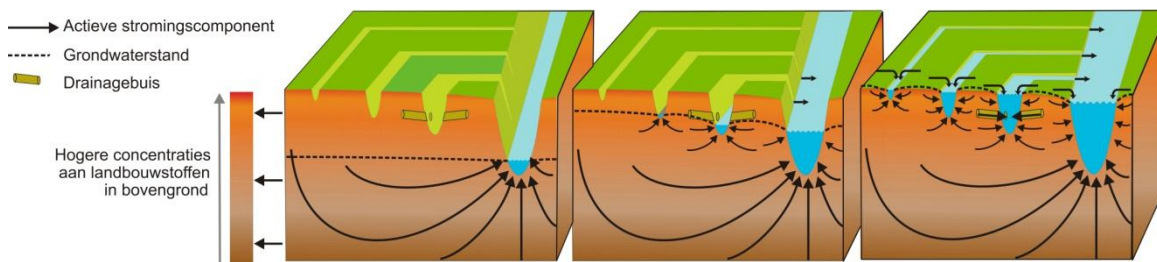
Figuur 5.9 Meetgegevens van MNLSO-trendmeetlocaties (periode 1990-2014) in boxplots per maand voor N-totaal. De boxplots geven de mediaan, de 25- en 75-percentiel en de range exclusief extreme waarden.

Tabel 5.1 geeft een overzicht van de belangrijkste processen die de hogere concentraties N-totaal in de winter veroorzaken. In natte periodes worden ondiepe en oppervlakkige stromingsroutes van percelen naar het oppervlaktewatersysteem belangrijker (Rozemeijer, 2010). Via deze ondiepe routes worden meer nutriënten vanuit het landsysteem meegevoerd, doordat de nutriëntenconcentraties in de bovengrond veelal hoger zijn dan in het diepere grondwater (zie ook Figuur 5.10). In het oppervlaktewatersysteem zijn de verblijftijden in natte condities relatief kort waardoor biologische omzetting- of vastleggingsprocessen minder vat kunnen krijgen op de nutriënten. De lagere temperaturen in natte periodes zorgen bovendien voor een lagere bacteriologische activiteit, wat de biologische omzetting vertraagt.

De verhoogde concentraties P-totaal in de zomer in het klei- en veengebied hangen waarschijnlijk voornamelijk samen met nalevering vanuit de waterbodem. Het fosfor dat in de wintermaanden uitspoelt wordt deels vastgelegd in de waterbodem. Juist in de zomermaanden kan door zuurstofloosheid in de waterbodem sterke nalevering van P plaatsvinden (zie bijv. Van Gerven et al., 2011). In gebieden met fosfaatrijk grondwater kan de P-concentratie in de zomer oplopen als er geen verdunning meer optreedt met neerslag.

Tabel 5.1 Overzicht van de consequenties van natte en droge omstandigheden op nutriënten concentraties in het oppervlaktewater.

Droog	Nat
Diepe, relatief schone routes naar het oppervlaktewater; weinig uitspoeling.	Ondiepe routes naar het oppervlaktewater; veel uitspoeling door uit- en afstroming vanaf percelen.
Lage stroomsnelheden; lange verblijftijden; meer vegetatieopname, vastlegging en omzetting.	Hoge stroomsnelheden, korte verblijftijden; minder vegetatieopname, vastlegging en omzetting.
Hoge temperaturen; meer/snellere vegetatieopname, vastlegging en omzetting.	Lagere temperaturen; minder vegetatieopname, vastlegging en omzetting
Consequentie: Lage concentraties nutriënten	Consequentie: Hoge concentraties nutriënten

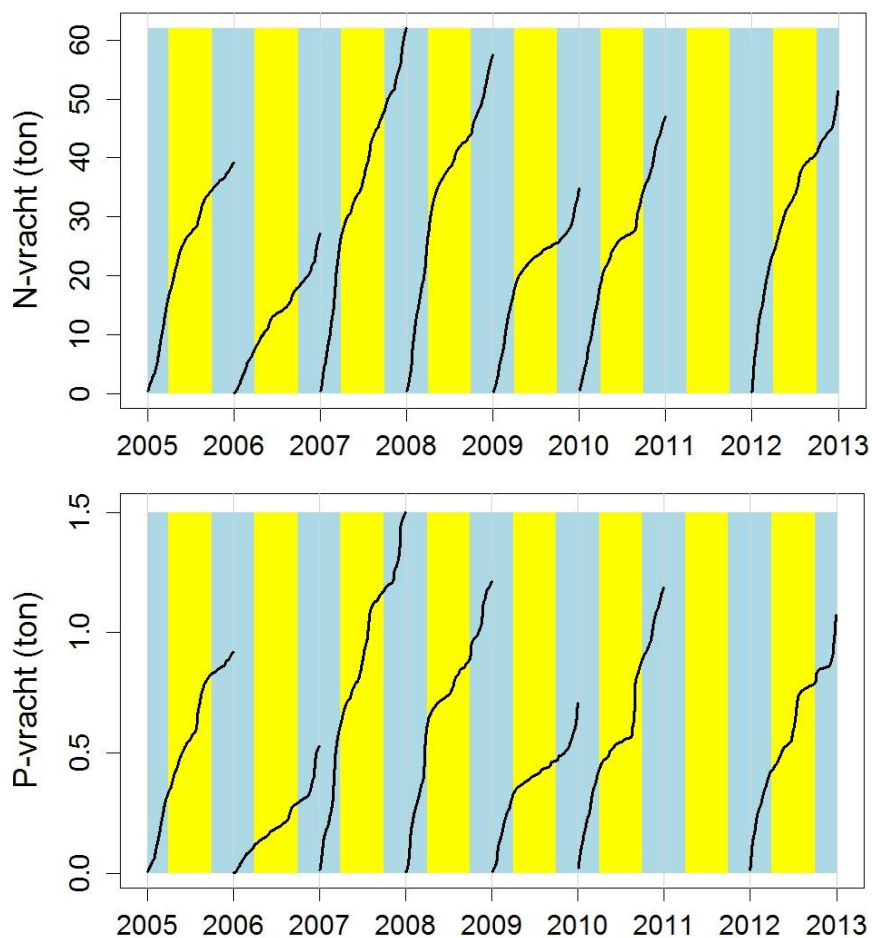


Figuur 5.10 Van natte naar droge omstandigheden neemt de invloed van ondiepe stroomroutes toe. Deze ondiepe stroombanen worden sterker beïnvloed door de landbouw en leveren hogere concentraties nutriënten en andere landbouw gerelateerde verontreinigingen aan het oppervlaktewater.

5.6 Vrachtsberekeningen

Vrachten zijn belangrijk bij het opstellen van stofbalansen en bronnenanalyses en daarmee voor de selectie van de meest kosteneffectieve maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren. Daarnaast zijn vrachten noodzakelijk om afwenteling naar benedenstrooms zoet oppervlaktewater en uiteindelijk de kustwateren vast te stellen. Om vrachten te kunnen berekenen zijn gecombineerde meetlocaties voor afvoer en concentraties nodig. Daarnaast neemt de betrouwbaarheid van de vrachtbepaling sterk toe bij hogere meetfrequenties en/of bij debietproportionele bemonstering. Binnen het MNLSO zijn er maar enkele locaties waarvoor op basis van de metingen goede vrachtbepalingen mogelijk zijn. Een voorbeeld daarvan is de Hierdense beek in Waterschap Vallei en Veluwe. Op deze locatie wordt wekelijks debietproportioneel gemeten en wordt de afvoer continu geregistreerd.

De resultaten van de vrachtberekening voor de Hierdense beek zijn weergegeven in Figuur 5.11. De totale jaarvracht varieert sterk tussen opeenvolgende jaren. In 2007 is de N-totaal jaarvracht uit de Hierdense beek bijvoorbeeld ruim 2,5 maal groter dan in 2006, de P-vracht is 3 maal groter. Dit komt deels door de hogere afvoeren in het nattere jaar 2007, maar ook door de hogere nutriëntenconcentraties. Uit Figuur 5.11 komt ook naar voren dat het grootste deel van de jaarvracht in de winterperiode tot stand komt (steile lijnen in winter, vlakke in de zomer). Ook dit komt deels door de grotere afvoer en deels door de hogere concentraties in de winter. Voor P-totaal is vooral in de zomerperiodes de invloed van individuele buien die een grote P-vracht veroorzaken zichtbaar. De grote variaties tussen jaren en seizoenen bleken ook uit de vrachtberekeningen van Monitoring Stroomgebieden (Woestenburg & Van Tol-Leenders, 2011).



Figuur 5.11 Cumulatieve jaarvrachten N-totaal en P-totaal voor de Hierdense beek (Vallei en Veluwe). Voor 2011 zijn geen afvoergegevens en dus ook geen vrachten beschikbaar.

6 Beschouwing landbouw en waterkwaliteit

Op basis van een regionaal waterkwaliteitsmeetnet zoals het MNLSO zijn concrete uitspraken mogelijk over (1) de regionale waterkwaliteitstoestand en (2) eventuele trendmatige veranderingen in de waterkwaliteitstoestand (bij voldoende lange meetreeksen). Met het huidige aantal MNLSO-locaties kunnen we conclusies trekken over de toestand en trends voor heel Nederland en voor de deelgebieden zand, klei en veen.

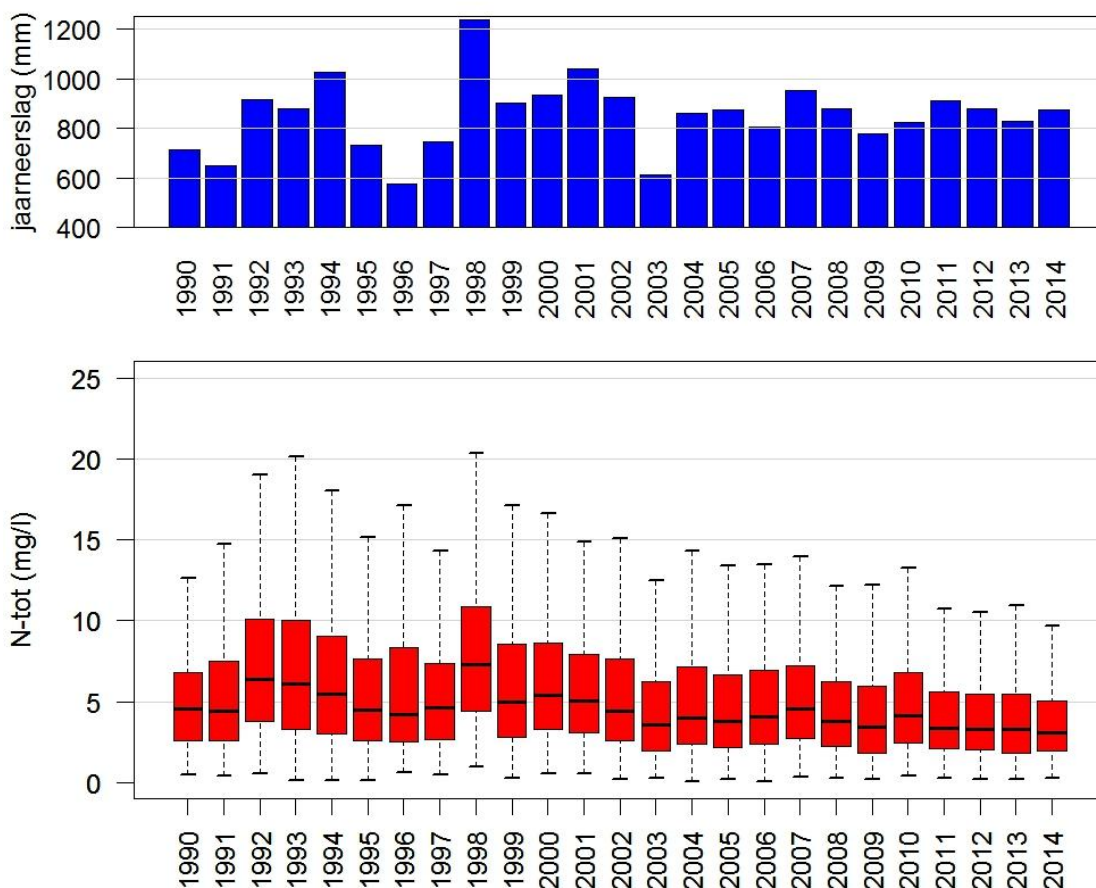
De resultaten van dit onderzoek en de discussies over de invloed van landbouw op waterkwaliteit roepen echter tal van vragen op die niet zonder meer beantwoord kunnen worden op basis van een regionaal meetnet zoals het MNLSO. Daarom is in het ontwerp en de uitwerking van het MNLSO (Klein et al., 2012a en 2012b; Rozemeijer et al., 2014) al de koppeling gelegd tussen het MNLSO en gedetailleerd meet- en modelonderzoek in onderzoeksstroomgebieden. Met name resultaten uit de pilotstudies Monitoring Stroomgebieden (Woestenburg en Van Tol-Leenders, 2011) en DYNAQUAL (Rozemeijer, 2010; Van der Velde, 2011) zijn gebruikt bij het beoordelen en interpreteren van de resultaten uit het MNLSO. Daarbij is ingegaan op de volgende onderwerpen (Klein et al., 2012b):

- Invloed van weervariaties op de waterkwaliteit
- Concentraties en vrachten in de winter
- Ruimtelijke dekking van het MNLSO
- Invloed van veenmineralisatie en de rol van sulfaat
- Invloed van meetfrequentie

Voor deze update van het MNLSO zijn geen nieuwe resultaten uit Nederlandse agrarische onderzoeksstroomgebieden beschikbaar. De bovengenoemde onderwerpen blijven echter van belang voor het MNLSO en de evaluatie van het mestbeleid. Daarom volgt hier een korte samenvatting van de discussie uit Klein et al. (2012b).

6.1 Invloed van weervariaties op de waterkwaliteit

Bij de gegevensanalyses van het MNLSO is rekening gehouden met de natuurlijke variaties in nutriëntenconcentraties in oppervlaktewater. Weervariaties leveren niet alleen grote verschillen op in nutriëntenconcentraties en -vrachten tussen de seizoenen (zie ook paragraaf 5.5), maar ook tussen natte en droge weerjaren. Een voorbeeld van een voor de waterkwaliteit extreem ongunstig jaar is 1998, waarin de N-totaal concentraties circa 50% hoger waren dan in de andere jaren (zie Figuur 6.1). Dit is het resultaat van drie relatief droge jaren (1995-1997) met weinig uitspoeling en het extreem natte 1998, waarin de opgehoopte nutriënten versneld uitspoelden. In de meer recente jaren waren de verschillen minder groot. Wel leverden weervariaties voor 2007 en 2010 verhoogde concentraties op wat direct invloed heeft op de geaggregeerde MNLSO toetsingsresultaten voor dat jaar (zie ook paragraaf 3.2). Voor P-totaal is de relatie tussen de jaarneerslag en de concentratie minder duidelijk. De concentraties P-totaal worden wel beïnvloed door weerscondities, maar dat betreft korte concentratiepieken tijdens individuele buien die veelal gemist worden bij maandelijkse metingen (zie ook Figuur 6.2).



Figuur 6.1 Staafdiagram van de jaarneerslag op KNMI meetstation De Bilt (boven) en boxplots van de gemeten N-totaal concentraties op alle trendmeetpunten van het MNLSO. De boxplots geven de mediaan, de 25- en 75-percentiel en de range exclusief extreme waarden.

Consequentie voor het MNLSO:

Verschillen in weerscondities tussen jaren kunnen de (landelijk en per bodemtype) geaggregeerde resultaten van de MNLSO toestand- en trendanalyse beïnvloeden. Bij de in dit rapport beschreven toestand- en trendanalyse is daarmee rekening gehouden:

- Bij de toestandanalyse zijn meerdere jaren betrokken, zodat het oordeel niet afhangt van de meetresultaten in een enkel jaar;
- De trendanalyses worden alleen voor reeksen van minimaal 10 jaar gedaan en bij de gebruikte, robuuste methodes worden de resultaten niet of nauwelijks beïnvloed door weervariaties.

6.2 Concentraties en vrachten in de winter

Een aandachtspunt bij de huidige Nederlandse aanpak van normtoetsing op basis van zomergemiddelde concentraties is dat er geen aandacht is voor de hoge nutriëntconcentraties en -vrachten in de winter. Uit de analyse van zomer- en winterconcentraties blijkt dat de hoogste N-concentraties in het landbouw specifiek oppervlaktewater in de winter voorkomen (zie ook paragraaf 5.5). Omdat in de winter ook de afvoer van water veel groter is dan in de zomer, worden de jaarvrachten van zowel stikstof als fosfor vooral door de winterperiode bepaald (zie ook paragraaf 5.6). Zelfs als de normen voor de zomerconcentraties in een landbouwgebied worden gehaald, kan er door hoge

wintervrachten sprake zijn van negatieve effecten op ontvangende waterlichamen. Deze afwenteling wordt niet onderkend bij de toetsing op zomerconcentraties.

Consequentie voor het MNLSO:

Een aandachtspunt bij de beoordeling van de toestand is dat in landbouwgebieden waar de gemiddelde zomerconcentraties voldoen aan de waterschapsnorm, grote wintervrachten oppervlaktewaterkwaliteitsproblemen kunnen veroorzaken in benedenstroomse gebieden.

6.3 Ruimtelijke dekking van het MNLSO

Bij de opzet van het MNLSO is bewust gekozen om gebieden waar meerdere nutriëntenbronnen de oppervlaktewaterkwaliteit beïnvloeden uit te sluiten. De selectiecriteria zorgen ervoor dat bepaalde gebieden niet door het meetnet gedekt zijn. Veel van de meetlocaties op de zandgronden liggen bijvoorbeeld in bovenstroomse wateren, waardoor mogelijke afwijkende ontwikkelingen in benedenstroomse landbouwgebieden gemist kunnen worden.

Uit de pilotstudies in onderzoeksstroomgebieden en uit verschillende andere meetstudies is ook de grote ruimtelijke variatie in de oppervlaktewaterkwaliteit in landbouwgebieden naar voren gekomen. Door deze grote ruimtelijke variatie zijn individuele meetlocaties niet per se representatief voor de gebieden waarin ze liggen.

Consequentie voor het MNLSO:

Op basis van de gegevensanalyses van het MNLSO kunnen conclusies getrokken worden over de toestand en trends in landbouw specifiek oppervlaktewater op landelijk schaalniveau en voor de deelgebieden klei, veen en zand. Voor kleinere gebieden (waterschappen, provincies, stroomgebieden, individuele locaties) zijn op basis van het MNLSO geen harde uitspraken mogelijk. De ruimtelijke verschillen in waterkwaliteit zijn juist in landbouw specifiek oppervlaktewater erg groot door de variatie in teelten, waterhuishouding en landbewerking. Daardoor zijn individuele meetlocaties niet per se representatief voor de gebieden waarin ze liggen en is een groter aantal (>10) locaties nodig om conclusies over gebieden te trekken.

6.4 Invloed van veenmineralisatie en de rol van sulfaat

Veen is van nature rijk aan nutriënten. Bij afbraak van het veen komen deze nutriënten vrij. In veengebieden is het moeilijk om onderscheid te maken tussen de nutriënten uit meststoffen en de nutriënten uit veenafbraak. Andere complicerende factoren in veengebieden zijn de processen in de waterbodem en de invloed van sulfaat op de nalevering van fosfor. Deze processen hebben invloed op de resultaten van de toestand- en trendanalyses voor het MNLSO. Een mogelijkheid om in veengebieden de invloed van landbouw op waterkwaliteit te onderzoeken is een vergelijking te maken tussen de waterkwaliteit in landbouw- en natuurgebied, zoals in Monitoring Stroomgebieden is gedaan (Van Gerven et al., 2011). Binnen de Krimpenerwaard liet het hydrologisch geïsoleerde natuurgebied 'Nooitgedacht' duidelijk lagere nutriëntenconcentraties zien dan het omliggende agrarische veenweidegebied.

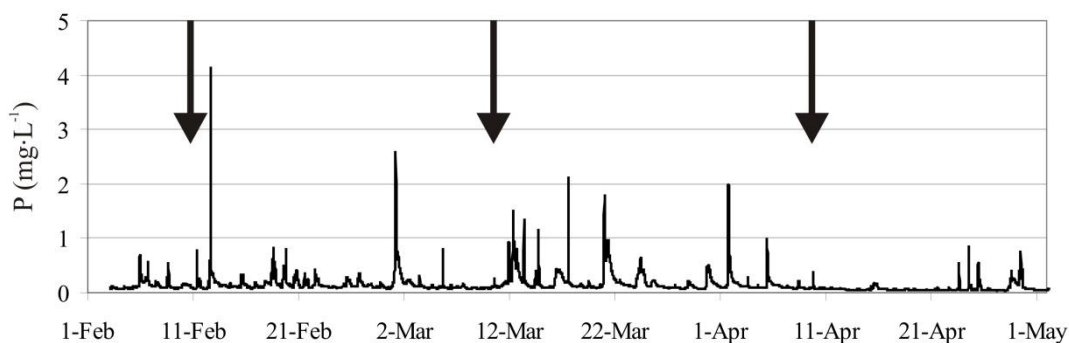
Consequentie voor het MNLSO:

In veengebieden hebben veenmineralisatie en sulfaatuitspoeling invloed op de N- en P-concentraties en op de resultaten van de toestand- en trendanalyse van het MNLSO. De mate van veenmineralisatie en de uitspoeling van SO₄, N en P worden zowel door de landbouw (drooglegging) als door natuurlijke processen beïnvloedt. Vergelijkingen tussen de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten vanuit natuur- en landbouwgebieden

kunnen hierover meer duidelijkheid geven. Referentie-locaties in natuurgebieden zijn daarom een mogelijke uitbreiding voor het MNLSO in de toekomst.

6.5 Invloed van meetfrequentie

De meeste MNLSO-locaties worden 12 keer per jaar bemonsterd, wat ook de meest gangbare meetfrequentie is in waterschapsmeetnetten. De variabiliteit in de nutriëntenconcentraties in sloten en beken is echter groot (zie Figuur 6.2; Kirchner et al., 2004; Rozemeijer, 2010). Met een meetfrequentie van 12 keer per jaar wordt deze grote variabiliteit niet gevolgd. Gerealiseerd moet worden dat de huidige meetfrequentie momentopnames oplevert en dat de waarde voor de zomergemiddelde concentratie (en dus het toetsingsresultaat) deels afhangt van het wel of niet missen van piekconcentraties bij de bemonstering (zie ook Figuur 6.2).



Figuur 6.2 Deel van de P-totaal meetreeks met een meetinterval van 15 minuten. Als illustratie geven de pijlen een maandelijkse meetfrequentie weer.

Consequentie voor het MNLSO

Het MNLSO is opgezet voor landelijke uitspraken over toestand en trends in landbouw specifiek oppervlaktewater. Voor dat aggregatieniveau heeft de temporele variatie weinig invloed, maar voor de uitkomst van de toetsing per locatie wel. Om de invloed van uitschieters op de trendresultaten per locatie te beperken is gekozen voor robuuste methodes voor de trendanalyses, die niet of nauwelijks door uitschieters beïnvloed worden. P-totaal heeft een grotere korte-termijn variatie dan N-totaal, daarom zijn er voor P-totaal minder trends als significant beoordeeld dan voor N-totaal.

7 Conclusies

In dit onderzoek is het Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater geactualiseerd en zijn nieuwe toestand- en trendanalyses uitgevoerd voor de periode tot en met 2014. In dit hoofdstuk volgen de conclusies met betrekking tot de resultaten van de gegevensanalyses (toestand, trends en extra analyses).

7.1 Conclusies toestand en trends tot en met 2014

Uit de resultaten van het MNLISO komt naar voren dat de waterkwaliteit in de landbouw specifieke wateren aan het verbeteren is, maar dat er in de periode 2011 t/m 2014 op circa 40-60% van de meetlocaties nog niet aan de waterschapsnorm voor N-totaal of P-totaal wordt voldaan.

Uit de toestand-analyse over de periode 2011 t/m 2014 blijkt dat voor N-totaal tussen de 48 en 64% van de meetpunten niet voldoet aan de door de waterschappen gestelde normen. Voor P-totaal voldoet in deze periode tussen de 41 tot 54% niet. Met name voor N-totaal hebben de weersomstandigheden veel invloed op de concentraties en de resultaten van de normtoetsing. In relatief natte jaren is er meer uitspoeling, wat leidt tot hogere concentraties en meer normoverschrijdingen. Voor N-totaal voldoet in een ongunstig weerjaar in de periode 2011 t/m 2014 64% van de landbouw specifieke meetlocaties niet aan de waterschapsnorm. Normoverschrijdingen voor N- en P-totaal komen overal in Nederland voor, zowel in de zand-, klei- als veengebieden. In de kleigebieden voldoet een iets hoger percentage van de meetlocaties aan de waterschapsnormen voor N- en P-totaal dan in het zand- en veengebied.

De meerderheid van de MNLISO-locaties laat een neerwaartse trend zien, onafhankelijk van de statistische methode. Voor N-totaal is de trend voor ruim 80% van de MNLISO-locaties significant neerwaarts en voor P-totaal voor ruim de helft van de meetlocaties. De dalende trends zijn ook vastgesteld voor de zomer- en winterconcentraties afzonderlijk, voor de deelgebieden zand, klei en veen en voor verschillende meetperiodes. De conclusie dat de nutriëntenconcentraties dalen is dus niet afhankelijk van de gekozen statistische methode, meetperiode of deelgebied. De dalende trends voor N-totaal en P-totaal suggereren dat het mestbeleid effectief bijdraagt aan de verbetering van de waterkwaliteit in landbouwgebieden.

7.2 Conclusies extra analyses

De MNLISO-dataset kan gebruikt worden voor tal van extra analyses met betrekking tot nutriënten in landbouw specifiek oppervlaktewater. In deze studie is gekeken naar de spreiding en regionale verdeling van de voorkomende concentraties en trends, het resterende gat ten opzichte van de waterschapsnorm en de seizoensvariaties. De conclusies van deze extra analyses zijn:

- Verschillen tussen jaren in weersomstandigheden hebben invloed op de nutriëntenconcentraties en daarmee ook op de normtoetsing. In relatief natte zomers komen voor N-totaal meer normoverschrijdingen voor dan in drogere zomers.
- De N-totaal concentraties laten een consequent seizoenspatroon zien met hoge concentraties in de winter en lage concentraties in de zomer. Voor P-totaal verschilt het seizoenspatroon per deelgebied. In het zandgebied is nauwelijks verschil tussen de zomer- en winterconcentraties. In het klei- en veengebied worden de hoogste P-concentraties gemeten in de zomer.

- De concentratie N-totaal is in het zandgebied hoger dan in het klei- en veengebied. De concentratie P-totaal is het hoogst in het veengebied en het laagst in het zandgebied.
- Hoge concentraties en grote normoverschrijdingen voor N-totaal komen door heel Nederland voor. Voor P-totaal worden de hoogste concentraties en de meeste normoverschrijdingen aangetroffen in het westen.
- Voor de trends van N-totaal zijn geen duidelijke gebieden aan te wijzen waar het beter/slechter gaat ten opzichte van andere gebieden. Voor P-totaal zijn de meeste opwaartse trends geclusterd in het zuidoosten van Nederland (regio Oost-Brabant).
- De jaarvrucht vanuit landbouwgebieden komt vooral gedurende de winterperiode tot stand en varieert sterk per jaar onder invloed van weersverschillen.

8 Literatuur

Broers, H.P. & Van der Grift, B., 2004. Regional monitoring of temporal changes in groundwater quality. *J. Hydrol.* 296, 192-220.

Cleveland, W.S., 1979. Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots. *J. Am. Stat. Ass.* 74, 829-836.

De Klijne, A., Reijs, J. W., Fraters, J. W., De Hoop, D. W., Van Leeuwen, T. C., 2010. Eindrapport van de evaluatie van het LMM. Scenario's voor het programma vanaf 2011. Rapportnr 680717012. Bilthoven, RIVM.

Evers, C.H.M., van den Broek, A.J.M., Buskens, R., van Leerdam, A., Knoben, R.A.E., van Herpen, F.C.J., 2012. Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021. STOWA rapportnummer 2012-34.

Evers, C.H.M., Buskens, R., Dolmans-Camu, J.M., 2013. Handleiding doelafleiding overige wateren (geen KRW-waterlichamen). STOWA rapportnummer 2013-20.

Hirsch, R.M., Slack, J.R., Smith, R.A., 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resour. Res.* 18 (1), 107-121.

Hirsch, R.M. & Slack, J.R., 1984. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resour. Res.* 20 (6), 727-732.

Kirchner, J.W., Feng, X., Neal, C., Robson A.J., 2004. The fine structure of water-quality dynamics: the (high-frequency) wave of the future. *Hydrol. Process.* 18, 1353-1359.

Klein, J., Rozemeijer, J.C., Broers, H.P., Van der Grift, B., 2012a. Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater. Deelrapport A: Opzet Meetnet. Bijdrage aan de Evaluatie Meststoffenwet 2012. Deltares rapport 1202337-000-BGS-0007, Utrecht.

Klein, J., Rozemeijer, J.C., Broers, H.P., Van der Grift, B., 2012b. Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater. Deelrapport B: Toestand en trends. Bijdrage aan de Evaluatie Meststoffenwet 2012. Deltares rapport 1202337-000-BGS-0008, Utrecht.

Kronvang, B., Andersen, H.E., Børgesen, C., Dalgaard, T., Larsen S.E., Bøgestrand, J., Blicher-Mathiasen, G., 2008. Effects of policy measures implemented in Denmark on nitrogen pollution of the aquatic environment. *Environmental Science & Policy* 11, 144 – 152.

Pomarius, H., M. Lucas, M. Willems, 2013. Voorjaarspieken van nutriënten. Onderzoek winter 2011/2012. Waterschap Rivierenland, Tiel.

Puijenbroek, P.J.T.M. van, Cleij, P., Visser, H., 2010. Nutriënten in het Nederlandse zoete oppervlaktewater: toestand en trends. Planbureau voor de Leefomgeving, PBL-publicatienummer 500208001.

R Development Core Team, 2009. R: A language and environment for statistical computing, Wenen, Oostenrijk, URL <http://www.R-project.org>, ISBN 3-900051-07-0.

Rozemeijer, J.C. & H.P. Broers, 2007. The groundwater contribution to surface water contamination in a region with intensive agricultural land use (Noord-Brabant, The Netherlands). *Environmental Pollution* 147, 695-706.

Rozemeijer, J., 2010. Dynamics in groundwater and surface water quality. From field-scale processes to catchment-scale monitoring. Proefschrift Universiteit Utrecht, Utrecht.

Rozemeijer, J.C., Klein, J., Broers, H.P., H. Passier, 2012. Pleidooi voor landelijk stroomgebiedenmeetnet. H2O nr. 19-2012, 16-17.

Rozemeijer, J.C., Klein, J., Broers, H.P., Van Tol Leenders, T.P., Van der Grift, B., 2014. Water quality status and trends in agriculture-dominated headwaters; a national monitoring network for assessing the effectiveness of national and European manure legislation in The Netherlands. *Environ Monit. Assess.* 186, 8981-8995.

Van der Bolt, F.J.E. (Ed.), Schoumans, O.F. (Ed.), Van Boekel, E.M.P.M., Bogaart, P., Broers, H.P., Van der Grift, B., Daatselaar, C.H.G., Van Dijk, W., Groenendijk, P., Van den Ham, A., Hooijboer, A., De Klijne, A., Schils, R.L.M., Tol-Leenders, T.P., 2012. Ontwikkeling van de milieutoestand. Evaluatie Meststoffenwet 2012: eindrapport ex post. Alterra-rapport, in voorbereiding.

Van der Molen, D.T., Pot, R., Evers, C.H.M., Nieuwerburgh, L.L.J. van, 2012. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021. STOWA rapportnummer 2012-31.

Van der Molen, D.T., Pot, R., Evers, C.H.M., Buskens, R., van Herpen, F.C.J., 2013. Referenties en maatlatten voor overige wateren (geen KRW-waterlichamen). STOWA rapportnummer 2013-14.

Van der Velde, Y., 2011. Dynamics in groundwater and surface water quality. From field-scale processes to catchment-scale models. Proefschrift Wageningen Universiteit, Wageningen.

Van Gerven, L.P.A., B. van der Grift, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder en T.P. van Tol-Leenders, 2011. Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard. Bronnen, routes en sturingsmogelijkheden. Alterra-rapport 2220. Reeks Monitoring Stroomgebieden 25-III.

Van Vliet, M. E., A. De Klijne, B. Fraters, S. Lukacs, A. De Goffau, L. J. M. Boumans, M. H. Zwart, J. W. Reijs, T. C. Van Leeuwen, A. Van den Ham, D. W. De Hoop, H. C. J. Vrolijk, M. A. Dolman, G. J. Doornwaard, K. Locher, M. Van Rietschoten en K. Kovar, 2010. Evaluatie van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid. Bijlagenrapport. Rapportnr 680717013. Bilthoven, RIVM.

Visser, A., 2009. Trends in groundwater quality in relation to groundwater age. Proefschrift Universiteit Utrecht, Nederlandse Geografische Studies 384, Utrecht.

Woostenburg, M., D. , Van Tol-Leenders, 2011. Sturen op schoon water. Eindrapportage project Monitoring Stroomgebieden. Alterra / Deltares. Wageningen, The Netherlands.

A Meetlocaties behorend tot het MNLSO

In de onderstaande tabel staan per waterschap de meetlocaties die opgenomen zijn in het MNLSO.

Waterschap	Locatiecode	Locatiennaam	X-coördinaat	Y-coördinaat	Toestand/trend
Aa en Maas	140229	Diepenhoekse Loop	177949	371660	Toestand
Aa en Maas	140267	Goorloop	171833	382530	Trend
Aa en Maas	140270	Zandhoekse loop	173449	400519	Toestand
Aa en Maas	140299	Groote Wetering Molenhoeve stuw k	167461	411523	Trend
Aa en Maas	143273	WL 011-30 aan de Knokerdweg	171559	404536	Trend
Aa en Maas	340412	St. Jansbeek	195783	405831	Trend
Aa en Maas	341415	Vinkenloop	187456	398987	Trend
Aa en Maas	341426	Hooge Raam	179415	416458	Trend
Aa en Maas	341429	Zandvoortseweg, gemeente Mill	177831	415100	Toekomst
Aa en Maas	343515	Lorregraaf	155800	420500	Toestand
Aa en Maas	900016	Dungense Loop	155879	405014	Toestand
Aa en Maas	900068	Benedenstrooms Papenvoortsesteeg	188473	406530	Toestand
Aa en Maas	900238	Goorloop	171908	382694	Toestand
Aa en Maas	999969	Lage Raam	187278	408359	Toestand
Amstel, Gooi en Vecht	BGP004	Bloemendalerpolder en Gemeenschapspolder oost	129893	481988	Trend
Amstel, Gooi en Vecht	KOP001	Keverdijkse Overscheense Polder en Overmeer	137955	479724	Trend
Amstel, Gooi en Vecht	PEB001	Polder De Eerste Bedijking	118452	472359	Trend
Amstel, Gooi en Vecht	PMD013	Polder Mijnden	129566	467618	Toestand
Amstel, Gooi en Vecht	PTB001	Polder De Tweede Bedijking	117163	469699	Trend
Brabantse Delta	210402	Duiker weg oosteinde-grazen (gp216)	116230	388230	Trend
Brabantse Delta	210703	Duiker in zandweg tzv galderseweg	111880	392580	Trend
Brabantse Delta	210812	2e onverh.weg bov.str.opr.hondsdonk	116640	391820	Trend
Brabantse Delta	211202	Duiker in dorstseweg	116500	398920	Trend
Brabantse Delta	221602	Duiker weg rucphen-zundert	100920	388970	Trend
Brabantse Delta	310105	Zijweg v heerlesew bij stuw 't sas	85000	395550	Trend
Delfland	OW102-015	Aalkeet Buitenpld, sloot landbouw deel	79900	438040	Toestand
Delfland	OW111-020	Hh&Zv.pld, 2e sloot tnv Eendenkooi	82633	442760	Toestand
Delfland	OW201-030	Ackerdijksche pld, 50 ten oosten van noordelijke inlaatstuw	88556	444002	Toestand
Delfland	OW202-329	Pld Berkel, Groenblauwe slinger, t.h.v. Kleihoopte 15	91730	447325	Toestand
Delfland	OW221B011	Drgm.Zuidpld. v. Delfgauw,	89540	445484	Toestand

Waterschap	Locatiecode	Locatiennaam	X-coördinaat	Y-coördinaat	Toestand/trend
		Molentocht			
Delfland	OW316A012	Lange Bonnen , sloot zuid-west hoek	71307	442891	Toestand
Dommel	240034	Keersop	155556	370941	Trend
Dommel	240035	Run	156045	378161	Trend
Dommel	240045	Peelrijt	174091	377399	Trend
Dommel	240051	Boschloop	170223	367610	Trend
Dommel	240071	Koevertsche Loop	148809	396945	Trend
Dommel	240081	Kleine Beerze	146257	385922	Trend
Dommel	240090	Knuistenkoepelloop	150508	397520	Trend
Dommel	240091	Rosep	144704	398902	Trend
Dommel	240102	Reusel	138008	381192	Trend
Dommel	240104	Spruitenstroompje	139268	390634	Trend
Dommel	240108	Raamsloop	138746	379729	Trend
Dommel	242071	Banisloop	147404	395535	Trend
Fryslan	15	HOLLE RIJ, langs Westerweg	168231	587207	Trend
Fryslan	37	OUDE VAART,t.o.v.Blauwverlaat	209060	583030	Trend
Fryslan	67	zijtak KROMME GAT, toevoersloot petgat	197120	566120	Trend
Fryslan	79	NOKVAART, P.G.Otterweg t.n.v.Tjalleberd	192390	559130	Trend
Fryslan	113	zijslot bovenloop KLEINDIEP, De Maden	217320	553440	Trend
Fryslan	133	NOORDWOLDERVAART, Vinkegavaartweg	203429	544454	Trend
Fryslan	414	ZWARTE HAAN, Swarte Harn (gemaal)	170900	591430	Trend
Fryslan	417	ROPTA, Roptazijl (gemaal) begroeid	158500	580280	Trend
Fryslan	594	ZUIDDERRIED, Westerwaarddijk (141 ZPG)	214230	589199	Trend
Groot Salland	SDW98	Dalmsholt	213890	497860	Trend
Hollands Noorderkwartier	275102	Wester Egalementsloot, t.p.v. duiker in z jweg van Bosweg, achter nr. 30.	110530	538110	Toestand
Hollands Noorderkwartier	280103	Middenvliet t.h.v. brug kruising Meerweg - Middenweg	117966	544057	Toestand
Hollands Noorderkwartier	305003	Duiker onder Hogeberweg, thv. nr. 3, Zuid zijde	118290	531570	Toestand
Hollands Noorderkwartier	405002	N'lijke parallelsl vd maaltocht Aagtdorperpold thv ijzeren hek in P-terrein.Gerbrandslaan	109412	523256	Toestand
Hollands Noorderkwartier	485103	Duiker in Molenweg aan Noordzijde nabij 'Louise Hoeve'	119053	515144	Toestand
Hollands Noorderkwartier	517067	Uitdam, Noordelijke bermsloot Rijperweg, tpv 3e dam Oostelijk van nr 5	131605	492794	Toestand
Hollands Noorderkwartier	531003	Brug in Noorderweg, Zuidzijde, t.p.v. huisnr 89	119240	500130	Toestand
Hollands	670126	't Grootslag Kathoeksloot tpv duiker	144588	526606	Toestand

Waterschap	Locatiecode	Locatiennaam	X-coördinaat	Y-coördinaat	Toestand/trend
Noorderkwartier		in de Vleetweg, Noordzijde			
Hollands Noorderkwartier	801007	Texel; duiker in de Pontweg ca. 700m Zuid van kruising met Amaliaweg	114727	559092	Toestand
Hollands Noorderkwartier	804001	Eyerlandskanaal t.p.v. duiker in Slufte weg	120175	569327	Toestand
Hollands Noorderkwartier	5N9713	Jacob Kramersloot aan het eind van de Klemweg (hek over)	129760	508280	Toestand
Hollands Noorderkwartier	PAWR14	Parel, Wieringermeer; GEBIED 14	127513	534777	Toestand
Hollandse Delta	BOP 1406	zuidelijke wegsloot Hilseweg op kruising Boezemweg/Hilseweg/Groeneweg	74676	429076	Trend
Hollandse Delta	FOP 1111	Meetpunt in wegsloot aan Z-kant van Kruispoldersdijk; ca 300 m ten W van huisnr. 5 en ca 15 m ten O van hoofdwatgang	78633	408785	Toestand
Hollandse Delta	GOP 0901	Meetpunt bij kruising Middelweg met hoofdwatgang, ca 300 m ten N van Vissersweg; bemonsteren aan O-kant van Middelweg	60224	426140	Toestand
Hollandse Delta	HOP 0212	kreek, westzijde van Langeweg. Vanaf dubbele duiker.	87126	421968	Trend
Hollandse Delta	HOP 0802	kruising met Noord Kavelsedijk	100026	417044	Trend
Hunze en Aas	2101	Drentsche Aa	237459	572138	Trend
Hunze en Aas	2204	Zeegserloop	238750	565780	Toestand
Hunze en Aas	2212	Taarlosche Diep	238540	560200	Trend
Hunze en Aas	2241	Gasterensche Diep	239700	561700	Trend
Hunze en Aas	2246	Anloerdiep	242580	562341	Trend
Hunze en Aas	2627	zijsloot Eisschenbroeksche loop	236913	562797	Toestand
Hunze en Aas	4212	Voorste Diep	252100	553930	Trend
Hunze en Aas	4213	Kanaal Buinen-Schoonoord	249800	548530	Toestand
Hunze en Aas	5223	Poldersloot	246029	587370	Toestand
Hunze en Aas	5233	Teugenmaar - polder "de Nijverheid"	252700	591540	Toestand
Hunze en Aas	5234	Oude Leesk - polder "Amsweer"	256060	591270	Toestand
Noorderzijvest	3258	Pieterbuurstermaar	224828	599433	Toestand
Noorderzijvest	4161	Boventilstertocht; ten O van Oldehove Boventil	223280	591200	Toestand
Noorderzijvest	4502	Sloot Boerenpolder; ten Z van Ezinge	225730	591150	Trend
Noorderzijvest	5530	Gouw; 300530	229550	578850	Trend
Noorderzijvest	6143	Oude Diepje; Verlengde Wilpsterweg Marum	212350	573600	Trend
Noorderzijvest	6501	Oostervoortsediep; 300501	228300	567850	Trend
Noorderzijvest	6504	Zevenblokkengriff	227578	556809	Toestand
Noorderzijvest	7305	Garsthuistermaar; Brug Ten N van Zeerijp	247200	596675	Toestand
Peel en	OGANS900	Gansbeek Schelkenspoort	204220	367630	Toestand

Waterschap	Locatiecode	Locatiennaam	X-coördinaat	Y-coördinaat	Toestand/trend
Maasvallei					
Peel en Maasvallei	OLEVE900	Leveroyschebeek Strubben	190950	364660	Toestand
Peel en Maasvallei	ORIJD900	Rijdt Heythuysen provinciale weg	191150	361270	Toestand
Peel en Maasvallei	OROGG900	Roggelsebeek Weiersebrug	193280	362880	Toestand
Peel en Maasvallei	OSCHE100	Schelkensbeek St. Gerlachusdijk	203750	364450	Toestand
Peel en Maasvallei	OTASB900	Tasbeek Kessel Schijfweg	202720	367970	Toestand
Reest en Wieden	8SELP3RO	Stroetma	241937	545830	Toestand
Rijn en Ijssel	BSB01	Bergerslagbeek	223997	435200	Toestand
Rijn en Ijssel	DIL01	Didamse Leigraaf	208194	443061	Toestand
Rijn en Ijssel	DIW02	Didamse Wetering	207923	445026	Trend
Rijn en Ijssel	GRB02	Grote beek	209147	453839	Trend
Rijn en Ijssel	LEB01	Leerinkbeek	233567	458445	Trend
Rijn en Ijssel	MEB01	Meibeek	230500	456400	Trend
Rijn en Ijssel	REB01	Roetenbeek	244962	447492	Toestand
Rijn en Ijssel	VAL01	Vierakkerselaak	211856	458799	Trend
Rijn en Ijssel	VEG12	Veengoot	225463	453074	Trend
Rijn en Ijssel	WAW01	Waalse water	217130	437635	Trend
Rijn en Ijssel	WEB01	Wehlse beek	213377	442621	Trend
Rijn en Ijssel	ZEW01	Zevenaarse Wetering	201462	440812	Trend
Rijnland	ROP02701	DROOGG.WESTZIJDE AARLANDERVEEN; GEMAAL	108716	458895	Trend
Rijnland	ROP02901	DUIVENVOORDSE EN VEENZIJDSE; GEMAAL	88024	458450	Trend
Rijnland	ROP03205	Toevoersloot naar gemaal achter Vinkenweg 75 v.a. brug	92742	468750	Trend
Rijnland	ROP040A07	Firma Westerhoud Rijnveld 38 in Gouwe Polder Boskoop	105628	455867	Trend
Rijnland	ROP05101	Hondsdijkse; gemaal (via boerderij kindervreugd bij molen)	100160	461667	Trend
Rijnland	ROP05301	HOGVEENSE; GEMAAL BIJ MOLEN	96002	475435	Trend
Rivierenland	ALBL0063	Ameide - Reigersdreef - Aaksterveldse st	125424	439054	Toestand
Rivierenland	BOMW0005	Poederoijen - Hoekse weg - A-watergang	132556	423079	Trend
Rivierenland	MAWA0012	Overasselt - Oude Graafseweg - Zeedijkse	179224	421237	Toestand
Rivierenland	MAWA0111	Afferden - Laarstraat - B-watergang	172997	432098	Trend
Rivierenland	MAWA0141	Maasbommel - Kapiteinweg - slootje	164366	428906	Trend
Roer en Overmaas	OMSNL170	Maasnielderbeek Duiperweg	201585	355858	Toestand
Roer en Overmaas	OPUTB500	Putbeek Echterbroek	195087	346425	Toestand

Waterschap	Locatiecode	Locatiennaam	X-coördinaat	Y-coördinaat	Toestand/trend
Roer en Overmaas	OTERZ700	Terzieterbeek Plaat	192411	308810	Toestand
Roer en Overmaas	OZIEV700	Zieversbeek Schuurmolen	198159	310094	Toestand
Scheldestromen	MPN10044	Bovenstreams stuw Louisapolder	66539	369612	Toestand
Scheldestromen	MPN10047	sloot nabij Gemaal Kampen	55586	374597	Toestand
Scheldestromen	MPN10338	Grote Gat kruising St. Pietersdijk	22694	366500	Trend
Scheldestromen	MPN1131	Gemaal Dreischor	59130	414060	Toestand
Scheldestromen	MPN1135	Gemaal Duiveland, Bruinisse	58396	404243	Trend
Scheldestromen	MPN1481	Gemaal Van Borssele	40180	381650	Trend
Scheldestromen	MPN1489	Gemaal Wilhelmina	49065	395419	Trend
Scheldestromen	MPN1503	Gemaal Waarde	63317	381312	Trend
Scheldestromen	MPN8130	Gemaal Maelstede, Essendijk	53287	386739	Toestand
Scheldestromen	MPN9973	Kruising watergang met Hogestraat voor stuw	65227	367634	Trend
Schieland en Krimpenerwaard	303	1e DWARSTOCHT M'RKAPELLE via Herenweg va duiker	98938	452044	Toestand
Schieland en Krimpenerwaard	402	2e LANGSTOCHT MOLENVIERGANG 7Huizen 50m N v brug	99049	448849	Toestand
Schieland en Krimpenerwaard	KOP 0306	KAVELSLOOT Z v NesseTiendwg 6e sloot va Molenvliet	104754	440835	Toestand
Schieland en Krimpenerwaard	KOP 0464	KAVELSLOOT N v L-Tiendweg 24e sloot va Beyerswegje	107862	444647	Toestand
Schieland en Krimpenerwaard	KOP 0862	KAVELSLOOT Schoonouwenweg thv 17 50m Z v weg	115496	441661	Toestand
Stichtse Rijnlanden	20113	e27 Polderwetering gemaal de Hoekse Molen	127737	451531	Trend
Stichtse Rijnlanden	20117	a09 Honswijkschewetering stuw huisnr.10	139709	443519	Toestand
Stichtse Rijnlanden	20832	e47 Tiendwegwetering-Hoenkoopsebuurtweg	115434	446718	Trend
Stichtse Rijnlanden	20934	w28 Gemaal Kockengen	124426	462845	Trend
Vallei en Veluwe	222050	Lage Leiding, Voorst, Voorsterklei	208188	465668	Trend
Vallei en Veluwe	240110	Wijkwetering, Elburg, Zomerdijk	186110	498102	Toestand
Vallei en Veluwe	241010	Gelderse Gracht, Noordeinde, Gemaal de Wenden, Oosterwolde	189369	502782	Trend
Vallei en Veluwe	243600	Hierdense Beek, Hierden, Hessenweg	176652	484051	Trend
Vallei en Veluwe	245010	Zijbeek van het Uddelerveen, Ermelo, Uddelerveerweg	179949	475022	Trend
Vallei en Veluwe	252000	Schuitenbeek, Putten, Waterweg	165127	473462	Trend
Vallei en Veluwe	253120	Sloot proefboerderij, Putten, Beulekampersteeg	168559	470758	Trend
Vallei en Veluwe	253230	Veldbeek, Putten, Tintelersteeg	164970	472538	Toestand
Vallei en Veluwe	287052	Esvelderbeek Hoevelaken	159942	463863	Trend
Vallei en Veluwe	287201	Barneveldsebeek Barneveld	167452	460487	Trend

Waterschap	Locatiecode	Locatiennaam	X-coördinaat	Y-coördinaat	Toestand/trend
Vallei en Veluwe	288003	Luntersebeek Scherpenzeel	161650	453481	Trend
Vechtstromen	02-202	Elsenerbeek Benedenloop, Smalendijk, Nijverdal	230384	483691	Trend
Vechtstromen	06-204	Mosbeek, Wennerkamp, Mander	251342	495842	Toestand
Vechtstromen	06-212	Hazelbeek, verlengde Boakenkampsweg, Vasse	253671	493982	Toestand
Vechtstromen	20-008	Poelsbeek, Poortweg, Het Weldam, Goor	237125	470809	Trend
Vechtstromen	20-214	Schoolbeek, Baardinksweg, Tweekelo	252543	473246	Toestand
Vechtstromen	21-202	Polbeek, Weerselosestraat, Groot Agelo	255894	489994	Toestand
Vechtstromen	34-050	Springendalsebeek, Uelserdijk, Ootmarsum	258178	494846	Toestand
Vechtstromen	40-019	Elsbeek, Zoekerveldweg, Losser	264607	473682	Toestand
Vechtstromen	42-204	Bloemenbeek, Lossersedijk, De Lutte	265850	482458	Toestand
Vechtstromen	ABST90	Broekstroom vlak bovenstrooms van gemaal Bollema	242751	531242	Toestand
Vechtstromen	BBRO95	Watergang Broeklanden	248090	530780	Toestand
Vechtstromen	KZOK98	Zijtak Ommerkanaal, vanuit Kikkerhoek	234980	516740	Trend
Zuiderzeeland	15HZ-062-01	ANKERTOCHT, voor Steven Rippengemaal	173246	525357	Trend
Zuiderzeeland	20CZ-018-01	ZWOLSETOCHT, duiker Hondweg	182096	504240	Trend
Zuiderzeeland	20FN-165-01	NAGELERVAART, Karel Doormanweg loswal	173510	519112	Trend
Zuiderzeeland	20GZ-031-01	VUURSTEENTOCHT, duiker Wisentweg	168780	503914	Trend
Zuiderzeeland	26AZ-049-01	GRUTTOTOCHT, onder brug A6	149929	488756	Trend
Zuiderzeeland	26BZ-057-01	LEPELAARTOCHT, brug Ibisweg	157296	493078	Trend
Zuiderzeeland	26DZ-001-01	RASSENBEEKTOCHT, duiker Priempad	153184	479227	Trend
Zuiderzeeland	26FN-039-01	OLDEBROEKERTOCHT, brug Oldebroekerweg	177647	497072	Trend
Zuiderzeeland	26FZ-045-01	HIERDENSETOCHT, brug Kokkelweg	172778	493178	Trend
Zuiderzeeland	27AN-017-01	OOSTERWOLDERTOCHT, brug Olsterweg	180883	499910	Trend

B Dataverwerking

De dataset van 2011 t/m 2014 bevat totaal 7063 metingen (meetpunt in combinatie met datum) waarop in ieder geval één analyse is uitgevoerd. Bij enkele waterschappen is er twee keer op dezelfde dag gemeten, dan is het gemiddelde van beide waardes genomen.

Waardes onder de detectielimiet

Voor de dataset is voor alle N- en P-componenten bekeken wat de hoogste waarde is die onder de detectielimiet voorkomt. In Tabel B.1 staat per parameter het aantal metingen onder de detectielimiet en de hoogste waarde die onder de detectielimiet ligt.

Tabel B.1 Per parameter het aantal metingen onder de detectielimiet en de hoogste waarde die onder de detectielimiet ligt. Dtl = detectielimiet.

Parameter	# metingen < dtl	Waarde < dtl (mg/l)
Ntot	134	11,2
KjN	184	1,0
NO ₂	1626	0,05
NO ₃	910	0,2
NO ₂ +NO ₃	584	0,3
NH ₄	1259	0,2
P-tot	431	0,11
PO ₄	1756	0,05

Uit de tabel kan geconcludeerd worden dat er geen hoge waardes onder de detectielimiet liggen, waardoor ze invloed zouden kunnen hebben op de normtoetsing. Voor N-totaal liggen er wel een paar hoge waardes onder de detectielimiet, maar bij de desbetreffende monsters wordt voor N-totaal niet deze waarde aangehouden, maar wordt hij berekend uit andere componenten (zie verderop in deze bijlage).

De metingen die kleiner zijn dan de detectielimiet hebben de helft van de waarde toegekend gekregen.

Voorkomen van extreem hoge of lage waardes

Voor alle P- en N-componenten is gekeken of er sprake is van extreem hoge dan wel lage waardes, waarbij er een grens is vastgesteld waarbij een meetwaarde wordt aangemerkt als extreem (zelfde grens als in Puijenbroek et al., 2010).

Vastgesteld kan worden dat er geen extreem hoge waardes in de dataset voorkomen. Wel komen er een paar negatieve waardes in de dataset voor. Deze waardes zijn uit de dataset verwijderd.

Inconsistentiechecks

Gecontroleerd is op de consistentie tussen de verschillende N- en P-gerelateerde meetwaarden. De volgende inconsistentiechecks zijn uitgevoerd:

- $\text{NO}_2 + \text{NO}_3 > 1.25 * \text{NO}_2\text{NO}_3$
- $\text{NO}_2\text{NO}_3 > 1.25 * \text{NO}_2 + \text{NO}_3$
- $\text{KjN} + \text{NO}_2 + \text{NO}_3 > 1.25 * \text{N}$
- $\text{N} > 1.25 * (\text{KjN} + \text{NO}_2 + \text{NO}_3)$
- $\text{KjN} + \text{NO}_2\text{NO}_3 > 1.25 * \text{N}$

- $N > 1.25 * (KjN + NO_2NO_3)$
- $NH_4 > KjN$: de NH_4 -waarde kan in principe niet hoger zijn dan de KjN-waarde.
- $PO_4 > P_{tot}$: de PO_4 -waarde kan in principe niet hoger zijn dan de P_{tot} -waarde.

Consistentiechecks met betrekking tot sNO_2NO_3 vs. NO_2+NO_3 en $KjN+NO_2+NO_3$ vs. N_{tot} hebben niet geleid tot verwijdering van data omdat uit het vorige onderzoek (Klein et al., 2012a) al is gebleken dat de volgende verklaringen deze inconsistenties veroorzaken:

- Het betreft een lage waarde (vaak onder de detectielimiet) waardoor het geen invloed heeft op de toestandbeoordeling;
- Door het waterschap is niet gecorrigeerd voor waardes kleiner dan de detectielimiet bij de berekening van een somparameter;
- N_{tot} is een gemeten parameter in plaats van een berekende parameter.

Als de KjN-concentratie lager is dan de NH_4 -concentratie is de waarde van NH_4 toegekend aan KjN. De NH_4 -concentratie is namelijk makkelijker te meten en geeft een nauwkeurigere meetwaarde.

Als de P-concentratie lager is dan de PO_4 -concentratie is de waarde van PO_4 aangenomen voor P omdat de P-concentratie in principe niet lager kan zijn dan de PO_4 -concentratie. De PO_4 -concentratie is makkelijker te meten en geeft een nauwkeurigere meetwaarde.

Invloed analysemethode

Bij een aantal waterschappen is in 2013 overgegaan naar een ander laboratorium. In het verleden is in verband met waterschapsfusies en ontwikkelingen in meetmethoden vaker veranderd van meetmethode. Alle trendmeetreeksen zijn visueel gecontroleerd op de invloed van veranderingen in meetmethode, wat zich kan uiten als plotseling veranderde concentratieniveaus of veranderde detectielimieten.

Databewerking

Op de data zijn een aantal bewerkingen uitgevoerd:

- De dubbelingen (2 metingen op dezelfde dag) zijn uit de dataset verwijderd door het gemiddelde te nemen.
- Als een waarde kleiner is dan de detectielimiet is de helft van de waarde aangehouden. Voor de berekening van N-totaal uit KjN, NO_2 , NO_3 en/of NO_2NO_3 wordt als een van deze parameters een waarde kleiner dan de detectielimiet heeft, de waarde eerst gedeeld door 2 voordat de parameters worden opgeteld.
- De negatieve waardes zijn verwijderd (4x N_{tot} en 1x PO_4).
- Als de KjN-concentratie lager is dan de NH_4 -concentratie, is de waarde van NH_4 toegekend aan KjN. KjN en NH_4 zijn eerst gecorrigeerd voor de detectielimiet voordat de vergelijking is gemaakt. De correctie is gemaakt bij 12 van de 5390 metingen waarbij zowel KjN als NH_4 is bepaald.
- Als de P-concentratie lager is dan de PO_4 -concentratie is voor P de waarde van PO_4 aangenomen. Eerst is gecorrigeerd voor de detectielimiet en daarna zijn PO_4 en P_{tot} vergeleken. Deze correctie is gemaakt bij 97 (van de 6561 waarbij zowel P als PO_4 is bepaald) monsters.

De concentratie N_{tot} kan op verschillende manieren uit de N-componenten worden afgeleid:

- N_{tot} gelijk stellen aan N_{tot} zoals opgegeven door het waterschap. Bij de meeste waterschappen is dit een berekende waarde, maar bij sommige waterschappen is dit een gemeten waarde.
- N_{tot} berekenen als $KjN + NO_3 + NO_2$

- Ntot berekenen als $KjN + NO_2NO_3$
- Ntot berekenen als $KjN + NO_3$. Dit zal een benadering van Ntot geven omdat de (meestal geringe) concentratie van NO_2 niet meetelt.

In Tabel B.2 staat voor de verschillende manieren van afleiden van Ntot hoeveel monsters een waarde heeft.

Tabel B.2 Aantal monsters met een waarde voor de verschillende manieren van afleiden van Ntot.

Wijze van afleiding Ntot	Aantal monsters met een waarde
Ntot = Ntot (zoals opgegeven door ws)	6174
Ntot = $KjN + NO_2 + NO_3$	5907
Ntot = $KjN + NO_2NO_3$	4199
Ntot = $KjN + NO_3$	5911

De volgende voorkeursvolgorde is aangehouden voor het toekennen van een waarde aan N-totaal:

1. $Ntot = KjN + NO_3 + NO_2$
2. $Ntot = KjN + NO_2NO_3$
3. Ntot = Ntot zoals opgegeven door het waterschap
4. $Ntot = KjN + NO_3$

Bovenstaande voorkeursvolgorde is aangehouden omdat bij de berekening van N-totaal op een eenduidige manier gecorrigeerd kan worden voor de detectielimiet. Daarnaast wordt niet de voorkeur gegeven aan Ntot zoals opgegeven door het waterschap omdat dit bij lang niet alle waterschappen een gemeten waarde is, maar veelal een berekende waarde. Bij een berekende waarde is niet altijd op de juiste manier gecorrigeerd voor de detectielimiet, waardoor de voorkeur wordt gegeven aan het zoveel mogelijk zelf berekenen van Ntot.

In Tabel B.3 staat weergegeven hoe vaak welke manier van afleiden van Ntot is toegepast. Totaal hebben 7053 metingen een waarde voor Ntot.

Tabel B.3 Wijze van afleiding van Ntot.

Wijze van afleiding Ntot	Aantal keer toegepast
$Ntot = KjN + NO_2 + NO_3$	5907
$Ntot = KjN + NO_2NO_3$	224
Ntot = Ntot	922
$Ntot = KjN + NO_3$	0

Bij de berekening van Ntot uit KjN en NO_2NO_3 is zowel KjN als NO_2NO_3 gecorrigeerd voor de detectielimiet. Als NO_2NO_3 een berekende waarde is, zou er eigenlijk al gecorrigeerd moeten zijn voor de detectielimiet. Dit valt echter niet te controleren omdat we NO_2 en NO_3 niet hebben bij de metingen waarbij we deze berekening toepassen.

Ook voor Ntot zoals opgegeven door het waterschap is gecorrigeerd voor de detectielimiet om tot Ntot te komen. Als Ntot zoals opgegeven is door het waterschap een berekende waarde is, zou er als het goed is al gecorrigeerd zijn voor de detectielimiet, maar als het een gemeten waarde is moet er nog wel gecorrigeerd worden voor de detectielimiet.

Metingen waarvan alleen Ntot bekend is, liggen voornamelijk in waterschap Fryslan en Hoogheemraadschap van Rijnland. Van deze waterschappen is ook bekend dat Ntot een gemeten waarde is, en dus niet berekend uit andere N-componenten.

C Toetsing aan waterkwaliteitsnormen

C.1 Waterschapsnormen

Tabel C.1 Overzicht van MNLSO-locaties, waarin is aangegeven of de locatie is gelegen in een KRW-waterlichaam (het KRW-watertype) of in "overig water" met de gehanteerde norm voor N-totaal en P-totaal.

Waterschap	Locatiecode	KRW-waterlichaam (KRW-watertype) of 'overig water' (overig)	Norm N-totaal	Norm P-totaal
Aa en Maas	140229	Overig	2,4	0,22
Aa en Maas	140267	KRW (R5)	2,3	0,11
Aa en Maas	140270	Overig	2,4	0,22
Aa en Maas	140299	KRW (M3)	2,8	0,15
Aa en Maas	143273	Overig	2,4	0,22
Aa en Maas	340412	KRW (R5)	2,3	0,14
Aa en Maas	341415	Overig	2,4	0,22
Aa en Maas	341426	KRW (R14)	2,3	0,11
Aa en Maas	341429	KRW (R14)	2,3	0,11
Aa en Maas	343515	KRW (M1a)	2,4	0,22
Aa en Maas	900016	Overig	2,4	0,22
Aa en Maas	900068	KRW (R4)	2,3	0,11
Aa en Maas	900238	KRW (R5)	2,3	0,11
Aa en Maas	999969	KRW (M1a)	2,4	0,22
Amstel, Gooi en Vecht	BGP004	Overig	2,4	0,22
Amstel, Gooi en Vecht	KOP001	Overig	2,4	0,22
Amstel, Gooi en Vecht	PEB001	Overig	2,4	0,22
Amstel, Gooi en Vecht	PMD013	Overig	2,4	0,22
Amstel, Gooi en Vecht	PTB001	Overig	2,4	0,22
Brabantse Delta	210402	KRW (R4)	2,3	0,11
Brabantse Delta	210703	KRW (R4)	2,3	0,11
Brabantse Delta	210812	KRW (R4)	2,3	0,11
Brabantse Delta	211202	Overig	2,3	0,11
Brabantse Delta	221602	KRW (R4)	2,3	0,11
Brabantse Delta	310105	KRW (M14)	1,3	0,09
Delfland	OW102-015	Overig	1,8	0,3
Delfland	OW111-020	Overig	1,8	0,3
Delfland	OW201-030	Overig	1,8	0,3
Delfland	OW202-329	Overig	1,8	0,3
Delfland	OW221B011	Overig	1,8	0,3
Delfland	OW316A012	Overig	1,8	0,3
Dommel	240034	KRW (R4)	2,3	0,11
Dommel	240035	KRW (R4)	2,3	0,11

Waterschap	Locatiecode	KRW-waterlichaam (KRW-watertype) of 'overig water' (overig)	Norm N-totaal	Norm P-totaal
Dommel	240045	KRW (R4)	2,3	0,11
Dommel	240051	KRW (R5)	2,3	0,11
Dommel	240071	Overig	2,3	0,11
Dommel	240081	KRW (R4)	2,3	0,11
Dommel	240090	Overig	2,3	0,11
Dommel	240091	KRW (R4)	2,3	0,11
Dommel	240102	KRW (R4)	2,3	0,11
Dommel	240104	KRW (R4)	2,3	0,11
Dommel	240108	KRW (R4)	2,3	0,11
Dommel	242071	Overig	2,3	0,11
Fryslan	15	Overig	1,8	-
Fryslan	37	Overig	2,8	0,15
Fryslan	67	Overig	2,8	0,15
Fryslan	79	KRW (M10)	2,8	0,15
Fryslan	113	Overig	2,4	0,22
Fryslan	133	KRW (R5)	2,3	0,11
Fryslan	414	KRW (M30)	1,8	-
Fryslan	417	KRW (M30)	1,8	-
Fryslan	594	Overig	2,4	0,22
Groot Salland	SDW98	KRW (M1a)	2,4	0,22
Hollands Noorderkwartier	275102	Overig	2,4	0,22
Hollands Noorderkwartier	280103	Overig	2,8	0,15
Hollands Noorderkwartier	305003	Overig	2,4	0,22
Hollands Noorderkwartier	405002	Overig	2,4	0,22
Hollands Noorderkwartier	485103	Overig	2,4	0,46
Hollands Noorderkwartier	517067	KRW (M10)	2,8	0,47
Hollands Noorderkwartier	531003	Overig	1,8	0,3
Hollands Noorderkwartier	670126	Overig	2,8	0,33
Hollands Noorderkwartier	801007	Overig	1,8	0,11
Hollands Noorderkwartier	804001	Overig	1,8	0,11
Hollands Noorderkwartier	5N9713	Overig	2,4	0,96
Hollands Noorderkwartier	PAWR14	Overig	1,8	0,19
Hollandse Delta	BOP 1406	Overig	2,2	0,15
Hollandse Delta	FOP 1111	Overig	2,2	0,15
Hollandse Delta	GOP 0901	Overig	2,2	0,15
Hollandse Delta	HOP 0212	Overig	2,2	0,15
Hollandse Delta	HOP 0802	Overig	2,2	0,15
Hunze en Aas	2101	KRW (R5)	2,2	0,1
Hunze en Aas	2204	KRW (R5)	2,2	0,1

Waterschap	Locatiecode	KRW-waterlichaam (KRW-watertype) of 'overig water' (overig)	Norm N-totaal	Norm P-totaal
Hunze en Aas	2212	KRW (R5)	2,2	0,1
Hunze en Aas	2241	KRW (R5)	2,2	0,1
Hunze en Aas	2246	KRW (R5)	2,2	0,1
Hunze en Aas	2627	Overig	2,2	0,1
Hunze en Aas	4212	KRW (R5)	2,5	0,1
Hunze en Aas	4213	KRW (R5)	2,5	0,1
Hunze en Aas	5223	Overig	4	0,15
Hunze en Aas	5233	Overig	4	0,15
Hunze en Aas	5234	Overig	4	0,15
Noorderzijlvest	3258	KRW (M14)	3	0,25
Noorderzijlvest	4161	Overig	3	0,25
Noorderzijlvest	4502	Overig	3	0,25
Noorderzijlvest	5530	KRW (R12)	4	0,14
Noorderzijlvest	6143	KRW (R12)	4	0,14
Noorderzijlvest	6501	KRW (R4)	4	0,12
Noorderzijlvest	6504	KRW (M14)	3	0,3
Noorderzijlvest	7305	KRW (M14)	3	0,22
Peel en Maasvallei	OGANS900	KRW (R4)	2,3	0,11
Peel en Maasvallei	OLEVE900	KRW (R4)	2,3	0,11
Peel en Maasvallei	ORIJD900	KRW (R4)	2,3	0,11
Peel en Maasvallei	OROGG900	KRW (R5)	2,3	0,11
Peel en Maasvallei	OSCHE100	KRW (R4)	2,3	0,11
Peel en Maasvallei	OTASB900	Overig	2,3	0,11
Reest en Wieden	8SELP3RO	Overig	4	0,14
Rijn en IJssel	BSB01	KRW (R5)	2,3	0,11
Rijn en IJssel	DIL01	KRW (M3)	2,8	0,15
Rijn en IJssel	DIW02	KRW (M3)	2,8	0,15
Rijn en IJssel	GRB02	KRW (R5)	2,3	0,11
Rijn en IJssel	LEB01	KRW (R5)	2,3	0,11
Rijn en IJssel	MEB01	KRW (R5)	2,3	0,11
Rijn en IJssel	REB01	Overig	2,3	0,11
Rijn en IJssel	VAL01	KRW (R5)	2,3	0,11
Rijn en IJssel	VEG12	KRW (R5)	2,3	0,11
Rijn en IJssel	WAW01	KRW (R5)	2,3	0,11
Rijn en IJssel	WEB01	KRW (R5)	2,3	0,11
Rijn en IJssel	ZEW01	KRW (M3)	2,8	0,15
Rijnland	ROP02701	Overig	2,4	0,22
Rijnland	ROP02901	Overig	2,4	0,22
Rijnland	ROP03205	Overig	2,4	0,22

Waterschap	Locatiecode	KRW-waterlichaam (KRW-watertype) of 'overig water' (overig)	Norm N-totaal	Norm P-totaal
Rijnland	ROP040A07	KRW (M8)	2,4	0,22
Rijnland	ROP05101	Overig	2,4	0,22
Rijnland	ROP05301	Overig	2,4	0,22
Rivierenland	ALBL0063	Overig	2,2	0,15
Rivierenland	BOMW0005	KRW (M1a)	2,4	0,22
Rivierenland	MAWA0012	KRW (R4)	2,3	0,11
Rivierenland	MAWA0111	Overig	2,2	0,15
Rivierenland	MAWA0141	Overig	2,2	0,15
Roer en Overmaas	OMSNL170	KRW (R4)	2,3	0,11
Roer en Overmaas	OPUTB500	KRW (R4)	2,3	0,11
Roer en Overmaas	OTERZ700	Overig	2,3	0,11
Roer en Overmaas	OZIEV700	Overig	2,3	0,11
Scheldestromen	MPN10044	KRW (M30)	3,3	2,5
Scheldestromen	MPN10047	KRW (M30)	3,3	2,5
Scheldestromen	MPN10338	KRW (M30)	3,3	2,5
Scheldestromen	MPN1131	KRW (M31)	3,3	2,5
Scheldestromen	MPN1135	KRW (M31)	3,3	2,5
Scheldestromen	MPN1481	KRW (M30)	3,3	2,5
Scheldestromen	MPN1489	KRW (M31)	3,3	2,5
Scheldestromen	MPN1503	KRW (M31)	3,3	2,5
Scheldestromen	MPN8130	KRW (M30)	3,3	2,5
Scheldestromen	MPN9973	KRW (M30)	3,3	2,5
Schieland en Krimpenerwaard	303	Overig	2,4	0,22
Schieland en Krimpenerwaard	402	Overig	2,4	0,22
Schieland en Krimpenerwaard	KOP 0306	Overig	2,4	0,22
Schieland en Krimpenerwaard	KOP 0464	Overig	2,4	0,22
Schieland en Krimpenerwaard	KOP 0862	Overig	2,4	0,22
Stichtse Rijnlanden	20113	Overig	2,8	0,15
Stichtse Rijnlanden	20117	KRW (M1a)	2,4	0,22
Stichtse Rijnlanden	20832	KRW (M8)	2,4	0,22
Stichtse Rijnlanden	20934	KRW (M8)	2,4	0,22
Vallei en Veluwe	222050	Overig	2,8	0,15
Vallei en Veluwe	240110	Overig	2,8	0,15
Vallei en Veluwe	241010	Overig	2,8	0,15
Vallei en Veluwe	243600	KRW (R5)	2,3	0,11
Vallei en Veluwe	245010	Overig	2,3	0,11
Vallei en Veluwe	252000	KRW (R5)	2,3	0,11
Vallei en Veluwe	253120	Overig	2,4	0,22
Vallei en Veluwe	253230	Overig	2,3	0,11

Waterschap	Locatiecode	KRW-waterlichaam (KRW-watertype) of 'overig water' (overig)	Norm N-totaal	Norm P-totaal
Vallei en Veluwe	287052	KRW (R5)	2,3	0,11
Vallei en Veluwe	287201	KRW (R5)	2,3	0,11
Vallei en Veluwe	288003	KRW (R5)	2,3	0,11
Vechtstromen	02-202	KRW (R5)	2,3	0,11
Vechtstromen	06-204	Overig	2,3	0,11
Vechtstromen	06-212	Overig	2,3	0,11
Vechtstromen	20-008	KRW (R5)	2,3	0,11
Vechtstromen	20-214	Overig	2,3	0,11
Vechtstromen	21-202	Overig	2,3	0,11
Vechtstromen	34-050	Overig	2,3	0,11
Vechtstromen	40-019	KRW (R5)	2,3	0,11
Vechtstromen	42-204	Overig	2,3	0,11
Vechtstromen	ABST90	Overig	2,8	0,15
Vechtstromen	BBRO95	Overig	2,3	0,11
Vechtstromen	KZOK98	Overig	2,8	0,15
Zuiderzeeland	15HZ-062-01	KRW (M3)	5	0,2
Zuiderzeeland	20CZ-018-01	KRW (M3)	2,5	0,15
Zuiderzeeland	20FN-165-01	KRW (M3)	5	0,2
Zuiderzeeland	20GZ-031-01	KRW (M3)	3,5	0,1
Zuiderzeeland	26AZ-049-01	KRW (M3)	4,5	0,2
Zuiderzeeland	26BZ-057-01	KRW (M3)	4,5	0,2
Zuiderzeeland	26DZ-001-01	KRW (M3)	5	0,3
Zuiderzeeland	26FN-039-01	KRW (M3)	2,5	0,15
Zuiderzeeland	26FZ-045-01	KRW (M3)	2,5	0,15
Zuiderzeeland	27AN-017-01	KRW (M3)	2,5	0,15

C.2 Toetsresultaten 2007 t/m 2014

Voor de jaren 2007 t/m 2010 zijn de toetsresultaten die in Klein et al. (2012b) zijn gerapporteerd geactualiseerd met de aangepaste waterschapsnormen en de aangepaste indeling van de bodemtypes (zie paragraaf 2.2). De resultaten voor 2007 t/m 2014 staan in onderstaande tabellen.

Tabel C.2 *Het percentage van de meetlocaties dat voor N-totaal en P-totaal wel en niet voldoet aan de waterschapsnorm voor de jaren 2007 t/m 2014. De laatste kolom geeft het aantal meetlocaties weer waarbij getoetst kon worden.*

Jaar	Voldoet (%)	Voldoet niet (%)	# mp's
N-totaal			
2007	26	74	125
2008	34	66	125
2009	50	50	121
2010	35	65	100
2011	37	63	122
2012	40	60	141
2013	52	48	141
2014	36	64	151
P-totaal			
2007	51	49	122
2008	50	50	122
2009	51	49	118
2010	40	60	100
2011	50	50	119
2012	46	54	138
2013	59	41	138
2014	46	64	148

Tabel C.3 Per deelgebied het percentage van de meetlocaties dat voor N-totaal en P-totaal wel en niet voldoet aan de waterschapsnorm voor de jaren 2007 t/m 2014. De laatste drie kolommen geven het aantal meetlocaties weer waarbij getoetst kon worden.

Jaar	Voldoet (%)			Voldoet niet (%)			Aantal meetlocaties		
	Zand	Klei	Veen	Zand	Klei	Veen	Zand	Klei	Veen
N-totaal									
	Zand	Klei	Veen	Zand	Klei	Veen	Zand	Klei	Veen
2007	27	32	7	73	68	93	60	50	15
2008	36	33	28	64	67	72	56	51	18
2009	50	53	44	50	47	56	58	47	16
2010	29	52	29	71	48	71	59	27	14
2011	34	42	38	66	58	62	71	38	13
2012	37	45	42	63	55	58	78	51	12
2013	50	57	50	50	43	50	74	53	12
2014	30	51	20	70	49	80	81	53	15
P-totaal									
Jaar	Voldoet (%)			Voldoet niet (%)			Aantal meetlocaties		
	Zand	Klei	Veen	Zand	Klei	Veen	Zand	Klei	Veen
2007	52	62	13	48	38	87	60	47	15
2008	55	56	17	45	44	83	56	48	18
2009	60	50	19	40	50	81	58	44	16
2010	46	41	14	54	59	86	59	27	14
2011	51	63	15	49	37	85	71	35	13
2012	46	54	8	54	46	92	78	48	12
2013	62	58	42	38	42	58	74	50	12
2014	48	52	20	52	48	80	81	50	15

D Methoden trendanalyse

Seasonal Mann Kendall trendtest

De Seasonal Mann Kendall trendtest is een robuuste, non-parametrische trendtest die speciaal bedoeld is voor meetgegevens met een seizoenaal patroon (Hirsch and Slack, 1984). Robuust wil zeggen dat de test ongevoelig is voor extreme waarden in de meetreeks en goed kan omgaan met periodes zonder metingen. Non-parametrisch betekent dat het voor deze test niet nodig is dat de metingen normaal verdeeld zijn, wat bij waterkwaliteitsgegevens ook vaak niet het geval is. De test is afgeleid van de gewone Mann Kendall trendtest die de significantie en de richting van een trend aangeeft. De Seasonal Mann Kendall trendtest berekent de statistieken echter eerst per maand over de hele periode (bijvoorbeeld alle metingen in januari) en aggregereert ze vervolgens. Of een trend significant is hangt af van de grootte (steilheid) van de trend, maar ook van de lengte en het aantal metingen daarin van de meetreeks. Het is mogelijk dat een op het oog duidelijke trend toch niet als significant uit de test komt doordat de meetreeks te kort is of doordat er te veel gaten in de meetreeks zitten.

Met de Seasonal Mann Kendall trendtest is voor alle trendmeetpunten bepaald of er een significante trend aanwezig is en of deze trend opwaarts of neerwaarts is. Om de test voor alle locaties op eenduidige wijze uit te voeren moeten alle ingevoerde reeksen maandelijkse meetwaarden hebben, zij het niet perse voor alle jaren in de meetreeks. Voor enkele locaties met een hogere meetfrequentie is daarom eerst de gemiddelde concentratie per maand berekend. De resultaten van de Seasonal Mann Kendall trendtest zijn geaggregeerd tot tabellen met de aantallen opwaartse en neerwaartse trends voor het gehele MNLSO en voor de deelgebieden klei, veen en zand.

Theil-Sen hellingschatter

De Theil-Sen hellingschatter (Hirsch et al., 1982) is een robuuste non-parametrische trendschatter. Robuust betekent dat de methode weinig gevoelig is voor extreme waarden en periodes zonder metingen in de meetreeks, dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld lineaire regressie. Non-parametrisch wil zeggen dat de dataset niet normaal verdeeld hoeft te zijn, wat bij waterkwaliteitsgegevens ook vaak niet het geval is. De Theil-Sen hellingschatter bepaalt de mediane trend uit alle mogelijke trends tussen onderlinge datapunten. Dit levert de helling en het intercept van de mediane trendlijn door de meetreeks op.

De Theil-Sen hellingschatter is toegepast op alle trendmeetpunten van het MNLSO. Uit deze analyse komt voor elke locatie een rechte trendlijn met een helling en een intercept. Deze trendlijnen zijn geaggregeerd door de mediane trendhelling en het 95%-betrouwbaarheidsinterval rond deze mediane trendhelling te berekenen. De mediane trend en het 95%-betrouwbaarheidsinterval zijn geplot met de mediane meetdatum van alle reeksen als middelpunt. De trendlijnen beginnen bij de mediane startdatum en eindigen bij de mediane einddatum van de meetreeksen. Als de mediane helling en beide betrouwbaarheidsintervallen allemaal positief ofwel allemaal negatief zijn, dan is de trend significant.

De Theil-Sen trendschatter is tevens voor alle trendmeetpunten toegepast op de zomer- en winterconcentraties afzonderlijk. De zomerconcentraties zijn hierbij (conform de KRW-normtoetsing voor nutriënten) de metingen vanaf april tot en met september. De winterconcentraties zijn de metingen vanaf oktober tot en met maart. De trends door de zomer- en winterconcentraties zijn op dezelfde wijze geaggregeerd als de trends over de hele meetreeks.

Tenslotte is de Theil-Sen trendschatter toegepast voor het bepalen van de mediane trendhelling en het betrouwbaarheidsinterval voor de deelgebieden klei en zand. Voor het deelgebied veen was het aantal van acht trendmeetpunten te klein voor een betrouwbare schatting van de mediane trend.

LOWESS-trendlijn

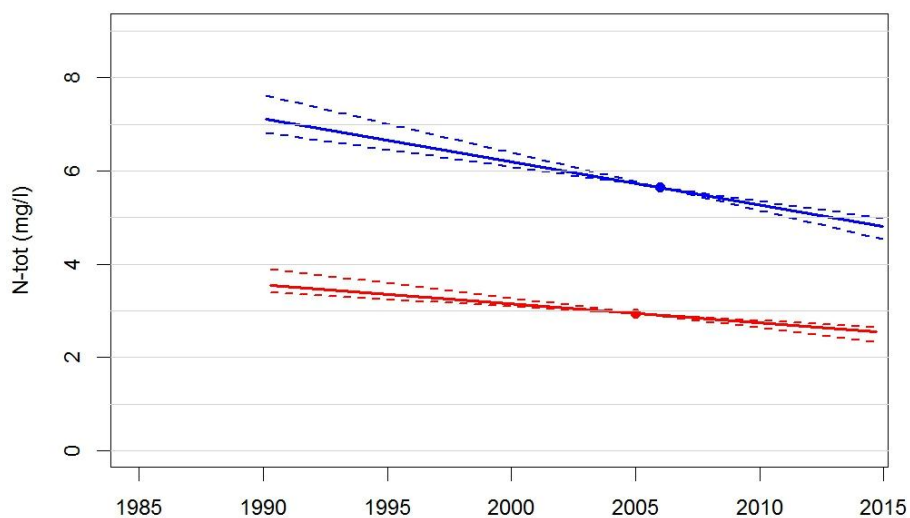
De LOWESS (LOcally WEighted Scatterplot Smoothing) is een kromme trendlijn gebaseerd op 'lopend' fitten van polynomen (krommen) op een steeds opschuivend gedeelte van de meetreeks (Cleveland, 1979). Het principe lijkt op een lopend gemiddelde of een lopende mediaan, waarbij voor een steeds één tijdstap opschuivend deel van de meetreeks het gemiddelde of de mediaan wordt berekend. De LOWESS is wel rekenintensiever, aangezien voor elk deel van de meetreeks een lokale polynoom wordt gefit met de kleinste kwadraten methode. Bij het fitten tellen de datapunten dicht bij het centrale datapunt zwaarder mee dan de meetpunten verder weg. De zogenaamde 'smoothing span' parameter bepaalt de grootte van de subdataset rond het centrale datapunt dat meedoet met het fitten van de polynoom. Bij een grote spanwijdte wordt de lijn vlakker en minder gevoelig voor uitschieters in de dataset. Bij kleine spanwijdtes volgt de LOWESS-trendlijn meer de kleinere variaties in de dataset.

Voor het MNLSO is voor elk trendmeetpunt een LOWESS-trendlijn bepaald. Hierbij is een voor de 'smoothing span' parameter gebruikelijke waarde van $2/3$ gebruikt ($f=2/3$). Dit betekent dat steeds $2/3$ van het totale aantal datapunten meedoet aan het fitten van de lokale polynoom. De LOWESS-trendlijnen zijn geaggregeerd door een nieuwe LOWESS-trendlijn te berekenen door de LOWESS-trendlijnen van alle meetlocaties. Ook voor deze geaggregeerde LOWESS is een 'smoothing span' parameter van $2/3$ gehanteerd. Vervolgens zijn er ook LOWESS-trendlijnen berekend door de residuen boven en onder de geaggregeerde LOWESS-trendlijn. Deze LOWESS-trendlijnen geven de 25- en 75-percentiele trendlijn en geven een indicatie van de spreiding rond de geaggregeerde LOWESS-trendlijn.

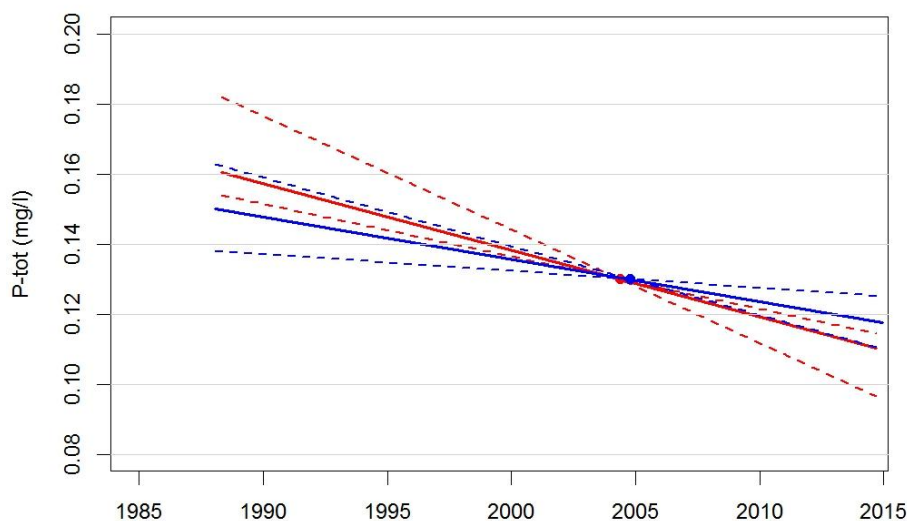
Er zijn tevens afzonderlijke LOWESS-trendlijnen geschat voor de zomer- en winterconcentraties. De zomerconcentraties zijn hierbij (conform de KRW-normtoetsing voor nutriënten) de metingen vanaf april tot en met september. De winterconcentraties zijn de metingen vanaf oktober tot en met maart. Ook de afzonderlijke LOWESS-trendlijnen voor de zomer- en winterconcentraties zijn geaggregeerd door een nieuwe LOWESS-trendlijn door de LOWESS-trendlijnen per trendmeetpunt te berekenen.

E Resultaten trendanalyse

E.1 Zomer- en winter trends



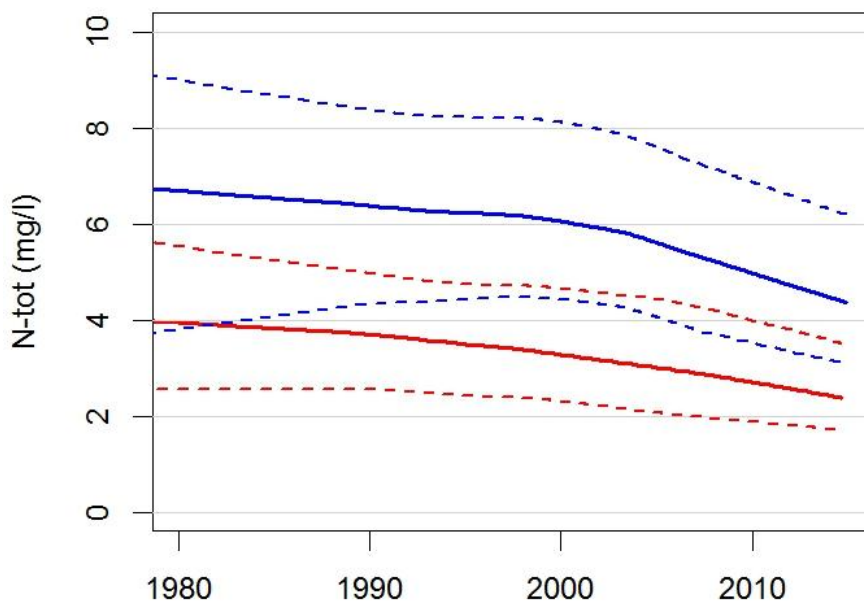
Figuur E.1 Mediane wintertrend (blauw) en zomertrend (rood) met 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de helling voor N-totaal.



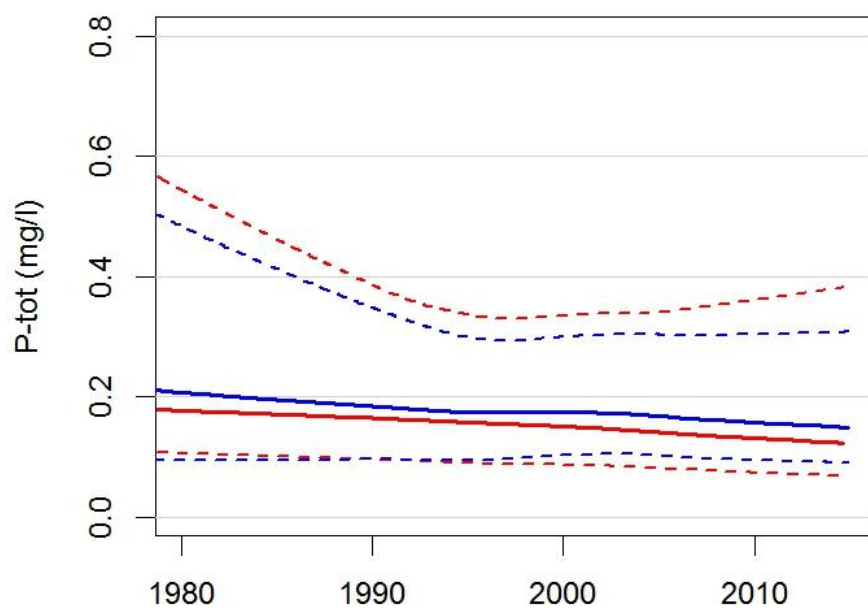
Figuur E.2 Mediane wintertrend (blauw) en zomertrend (rood) met 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de helling voor P-totaal.

Tabel E.1 Mediane trendhelling en 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor N-totaal en P-totaal voor de hele dataset en voor de zomer en winterconcentraties.

N-totaal	Mediane trend (mg/l per decennium)	Lower / upper 95%-betrouwbaarheid (mg/l per decennium)	Conclusie
Hele dataset	-0.61	-0.71 / -0.48	Dalend significant
Zomer	-0.40	-0.64 / -0.30	Dalend significant
Winter	-0.92	-1.2 / -0.74	Dalend significant
P-totaal	Mediane trend (mg/l per decennium)	Lower / upper 95%-betrouwbaarheid (mg/l per decennium)	Conclusie
Hele dataset	-0.015	-0.022 / -0.0067	Dalend significant
Zomer	-0.019	-0.032 / -0.015	Dalend significant
Winter	-0.012	-0.020 / -0.0049	Dalend significant



Figuur E.3 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor de zomer- (rood) en winter (blauw) concentraties van N-totaal.



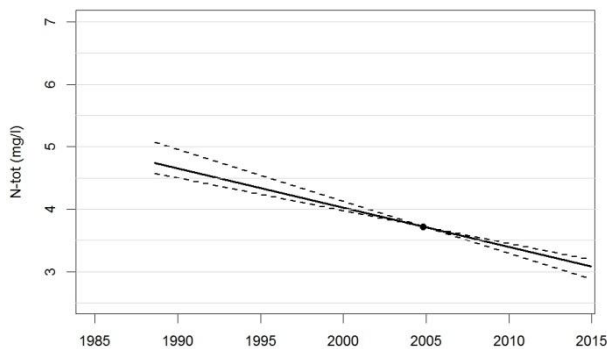
Figuur E.4 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor de zomer- (rood) en winter (blauw) concentraties van P-totaal.

E.2 Trends per bodemtype

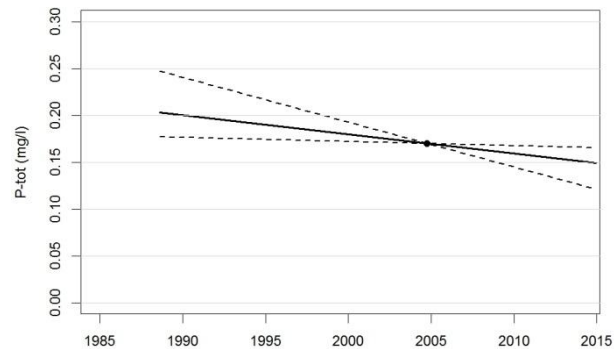
Tabel E.2 Resultaten van de Seasonal Mann Kendall trend test over de hele tijdreeks; aantal opwaartse en neerwaartse trends en het aantal locaties zonder significante trend voor de deelgebieden klei, veen en zand en totaal.

	Klei	Veen	Zand	Totaal
N-totaal				
Aantal opwaarts ($p < 0.05$)	3	0	0	3
Aantal neerwaarts ($p < 0.05$)	25	11	46	82
Geen trend aantoonbaar ($p > 0.05$)	5	0	9	14
P-totaal				
Aantal opwaarts ($p < 0.05$)	4	1	7	12
Aantal neerwaarts ($p < 0.05$)	20	6	28	54
Geen trend aantoonbaar ($p > 0.05$)	9	4	20	33

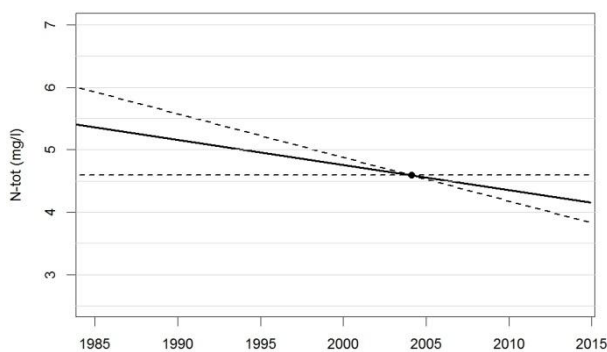
N-totaal klei



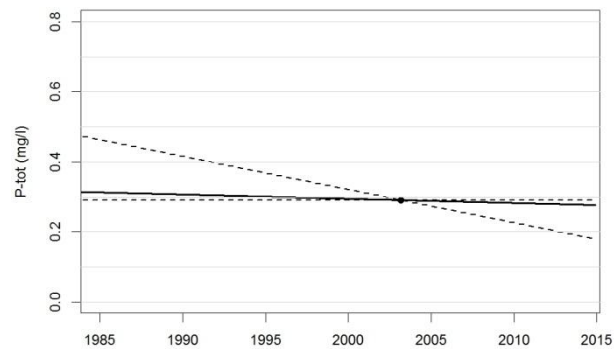
P-totaal klei



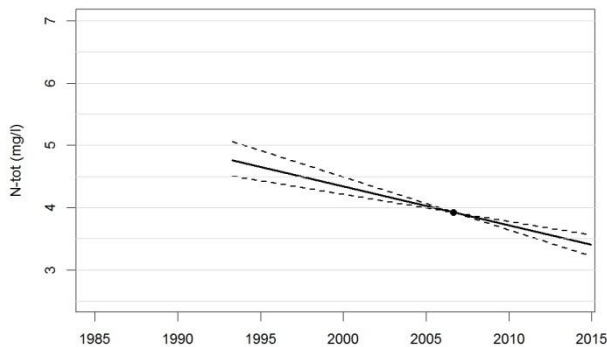
N-totaal veen



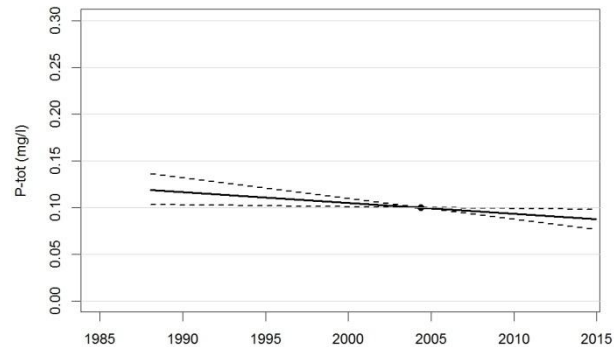
P-totaal veen



N-totaal zand

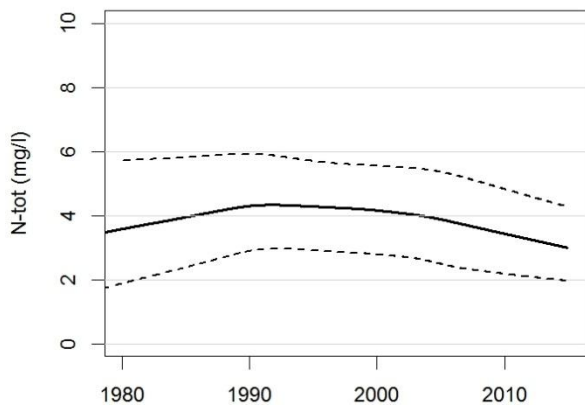


P-totaal zand

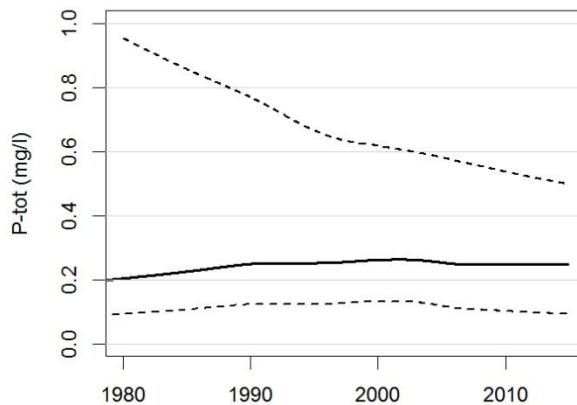


Figuur E.5 Mediane trends en 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de helling voor N-totaal en P-totaal voor de deelgebieden klei, veen en zand. Let op: de grafiek voor P-totaal in veen heeft door de hoge concentraties een afwijkende y-as.

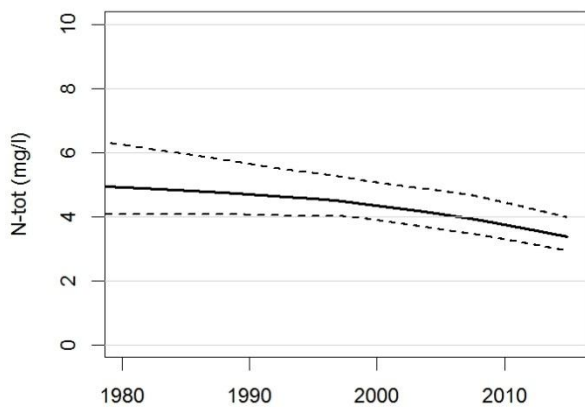
N-totaal klei



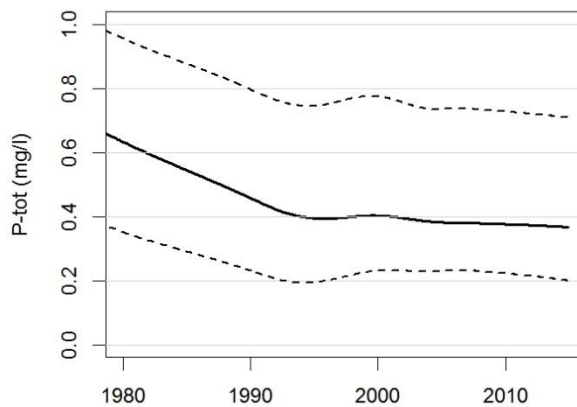
P-totaal klei



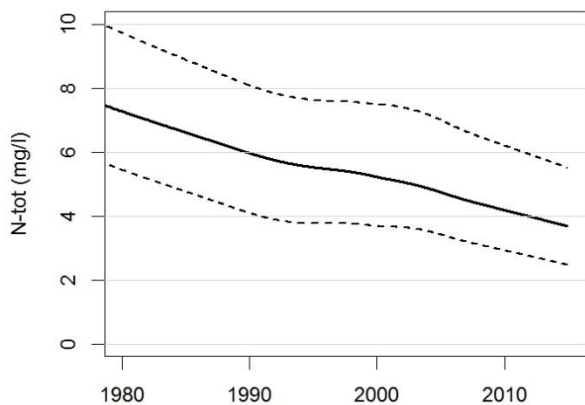
N-totaal veen



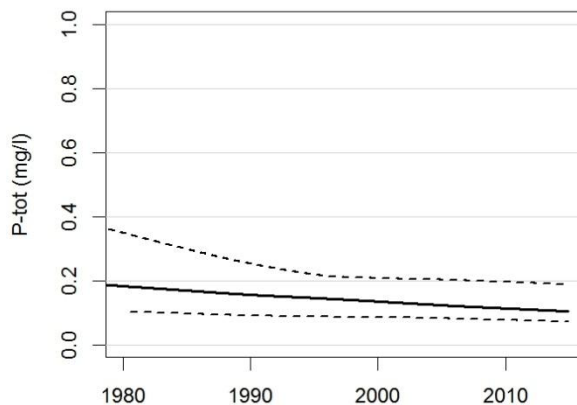
P-totaal veen



N-totaal zand



P-totaal zand



Figuur E.6 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor de deelgebieden klei en zand.

E.3 Trends kortere periodes

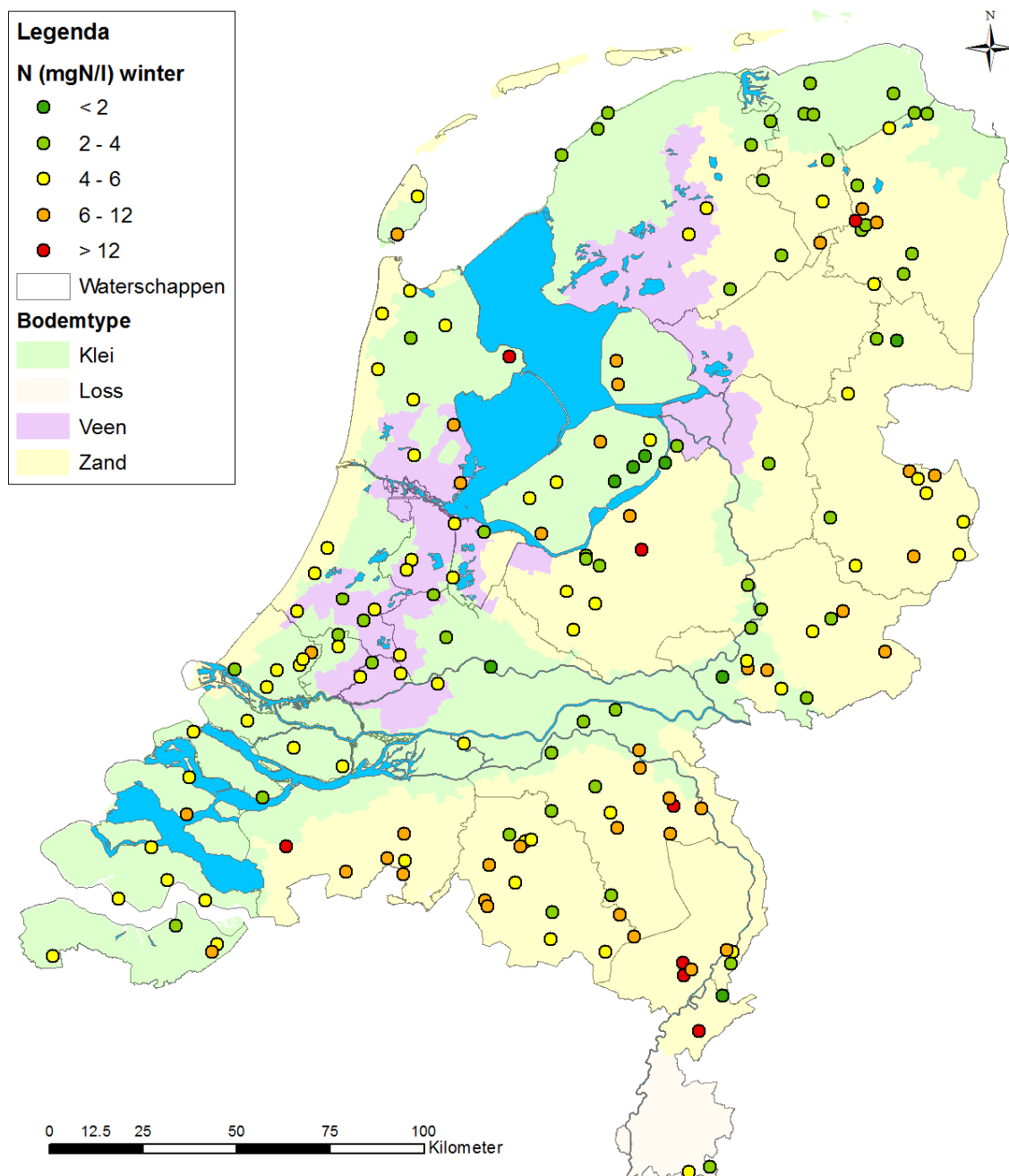
Tabel E.3 Resultaten van de Seasonal Mann Kendall trendtest voor de metingen voor de hele dataset en voor metingen vanaf 1990 en 2000; aantal opwaartse en neerwaartse trends en het aantal locaties zonder significante trend.

N-totaal	Gehele dataset	Vanaf 1990	Vanaf 2000
Aantal opwaarts ($p < 0.05$)	3	3	3
Aantal neerwaarts ($p < 0.05$)	82	81	66
Geen trend ($p > 0.05$)	14	15	30
P-totaal	Gehele dataset	Vanaf 1990	Vanaf 2000
Aantal opwaarts ($p < 0.05$)	12	20	8
Aantal neerwaarts ($p < 0.05$)	54	45	36
Geen trend ($p > 0.05$)	33	34	55

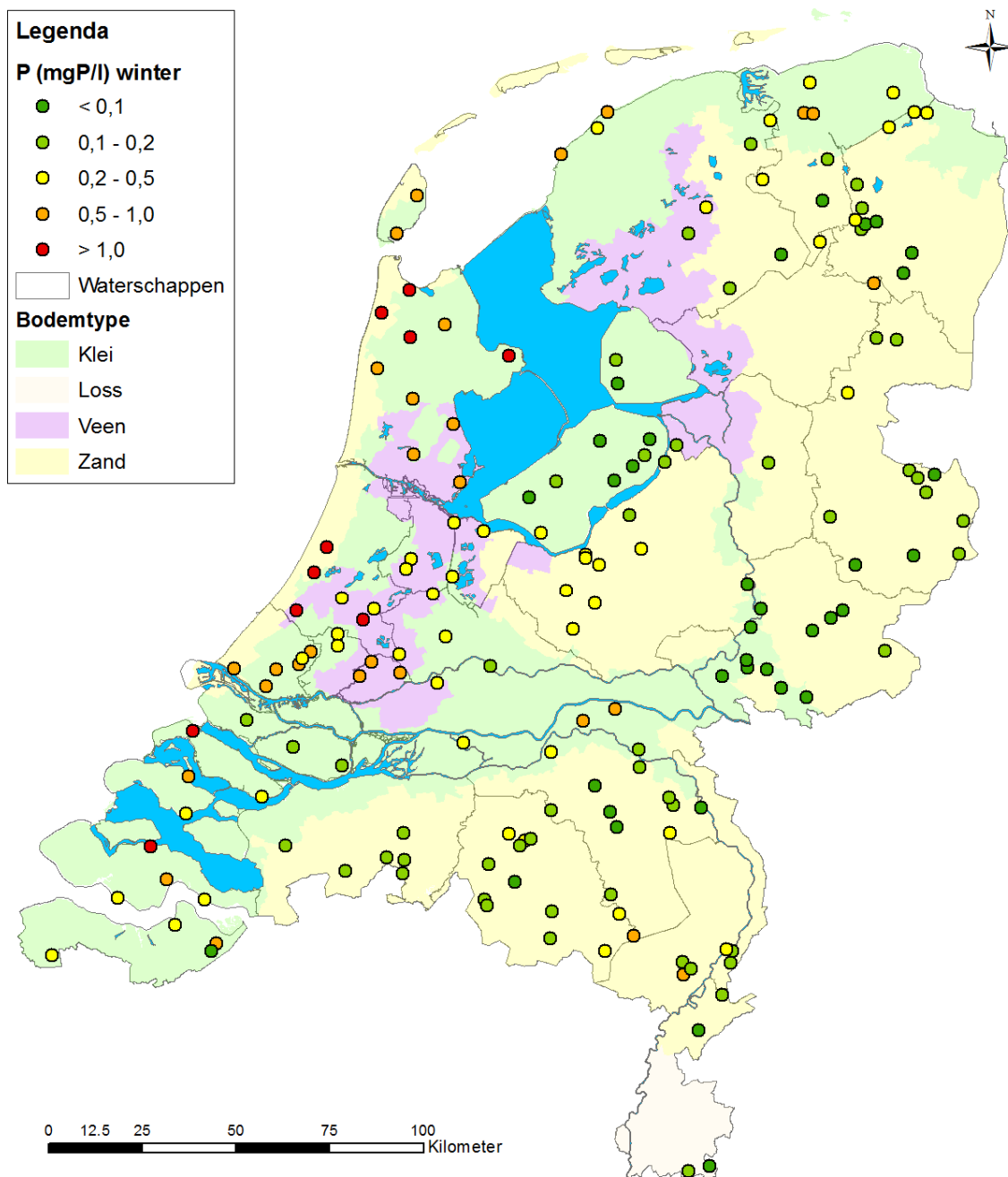
Tabel E.4 Mediane trendhelling en 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor N-totaal en P-totaal voor de hele dataset en voor metingen vanaf 1990 en 2000.

N-totaal	Mediane trend (mg/l per decennium)	Lower / upper 95%-betrouwbaarheid (mg/l per decennium)	Conclusie
Hele dataset	-0.61	-0.71 / -0.48	Dalend significant
Vanaf 1990	-0.73	-0.97 / -0.53	Dalend significant
Vanaf 2000	-0.80	-1.0 / -0.65	Dalend significant
P-totaal	Mediane trend (mg/l per decennium)	Lower / upper 95%-betrouwbaarheid (mg/l per decennium)	Conclusie
Hele dataset	-0.015	-0.022 / -0.0067	Dalend significant
Vanaf 1990	-0.0062	-0.024 / -0.0031	Dalend significant
Vanaf 2000	-0.0099	-0.024 / -0.0026	Dalend significant

F Regionale verdeling concentraties

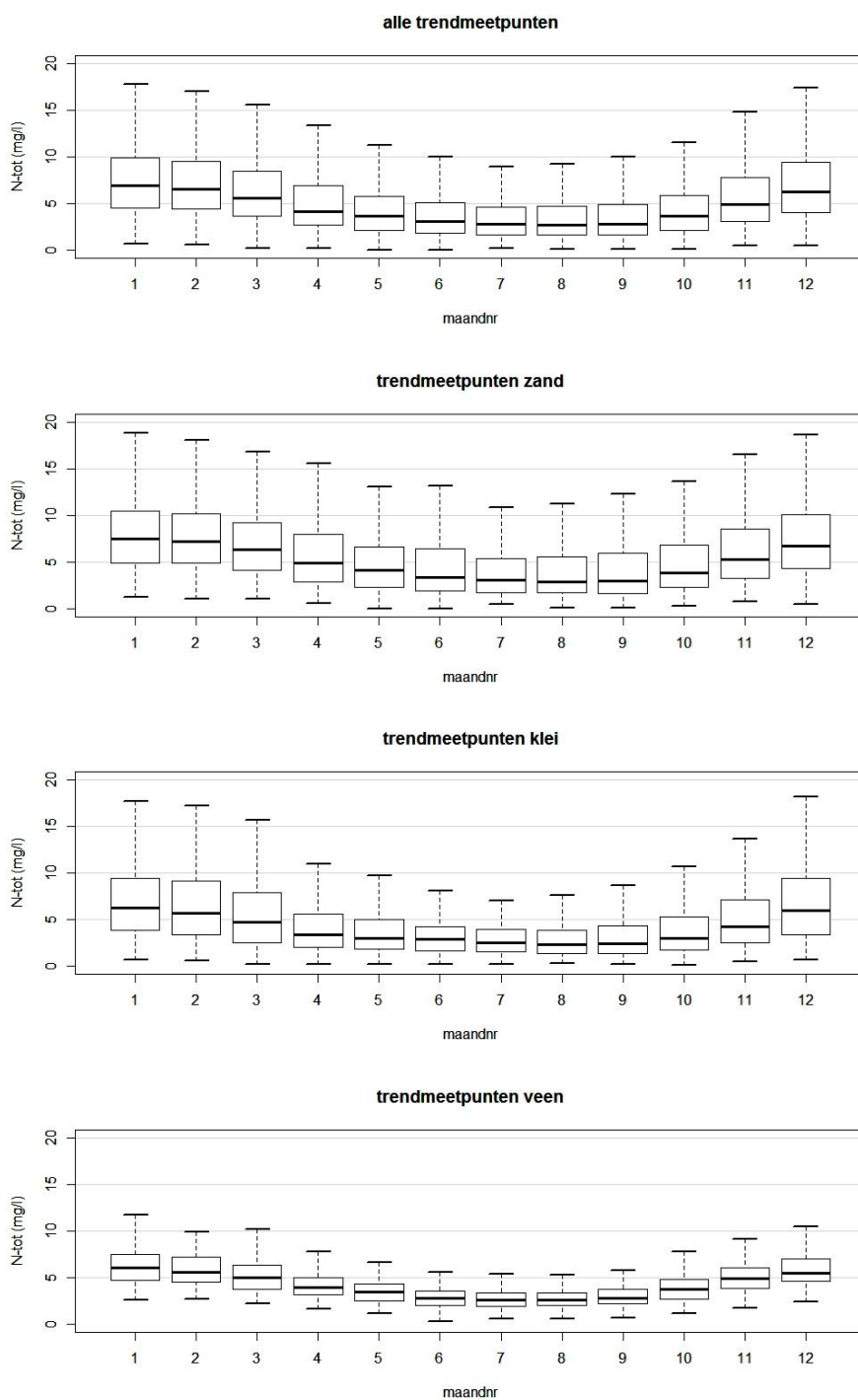


Figuur F.1 Gemiddelde concentratie N-totaal in de winter over de jaren 2011 t/m 2014 op de MNLSO-locaties.

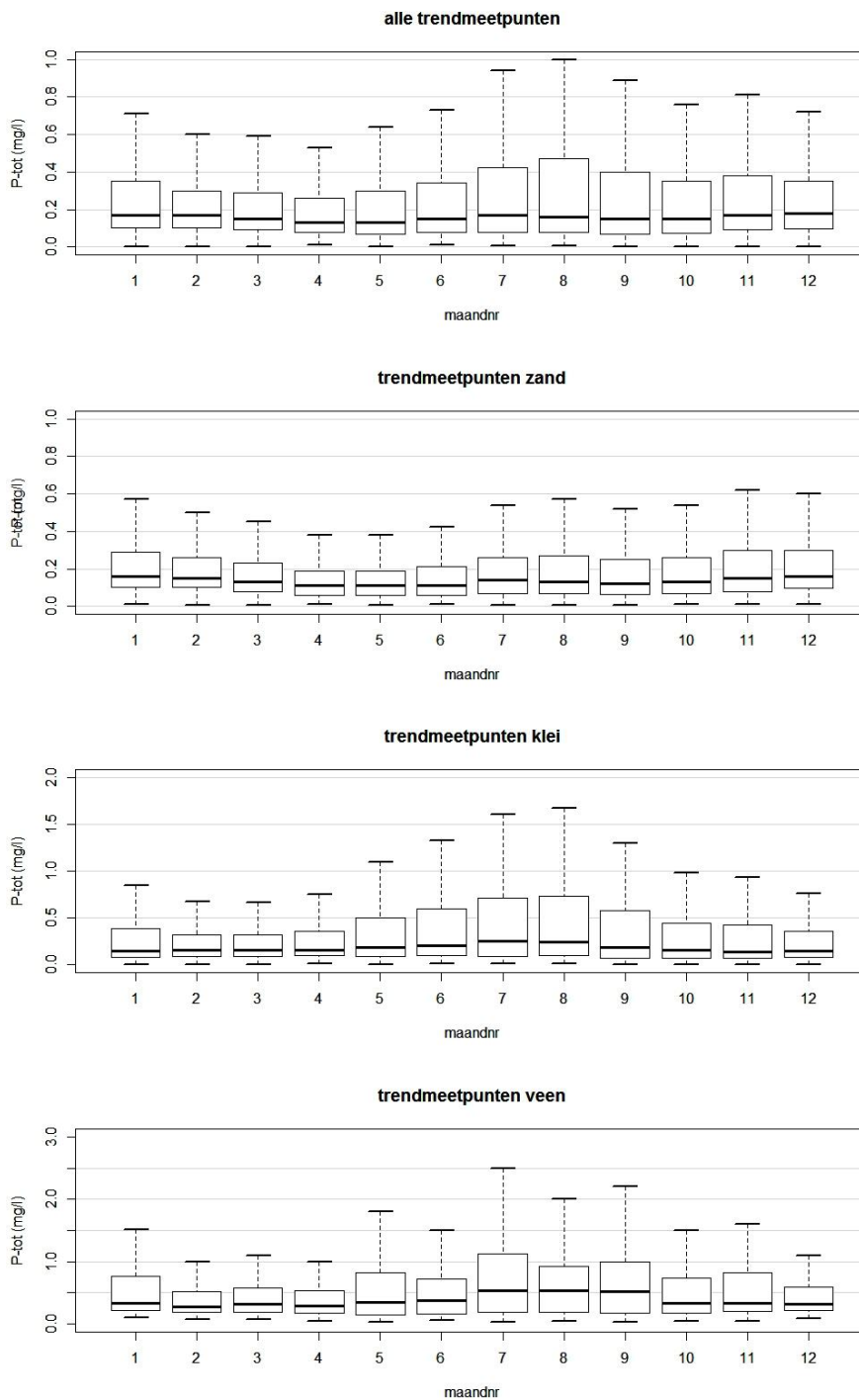


Figuur F.2 Gemiddelde concentratie P-totaal in de winter over de jaren 2011 t/m 2014 op de MNLSSO-locaties.

G Seizoensvariaties per bodemtype



Figuur G.1 Meetgegevens van MNLSSO-trendmeetlocaties (periode 1990-2014) in boxplots per maand voor N-totaal voor de verschillende bodemtypes. De boxplots geven de mediaan, de 25- en 75-percentiel en de range exclusief extreme waarden.



Figuur G.2 Meetgegevens van MNLSSO-trendmeetlocaties (periode 1990-2014) in boxplots per maand voor P-totaal voor de verschillende bodemtypes. De boxplots geven de mediaan, de 25- en 75-percentiel en de range exclusief extreme waarden.