

**Toestand- en trendanalyse
voor nutriënten op KRW-
meetlocaties**



Toestand- en trendanalyse voor nutriënten op KRW-meetlocaties

Nanette van Duijnhoven
Janneke Klein
Joachim Rozemeijer
Sibren Loos

1220098-015

Titel

Toestand- en trendanalyse voor nutriënten op KRW-meetlocaties

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
DGRW en RWS WVL	1220098-015	1220098-015-BGS-0001	40

Trefwoorden

Waterkwaliteit, KRW-meetlocaties, KRW-waterlichamen, nutriënten, toestand, trends

Samenvatting

In dit onderzoek is met behulp van monitoringsdata 'the gap' voor nutriënten in beeld gebracht. 'The gap' is het gat tussen de doelen van de Kaderrichtlijn Water en de huidige waterkwaliteit. Voor het in beeld krijgen van de 'nutriënten-gap' is de toestand op KRW-waterlichaam niveau en de trend op KRW-meetpunt niveau bepaald. Deze resultaten zijn opgewerkt naar zowel landelijk als regionaal niveau (per waterkwaliteitsbeheerder en per KRW-watertype). Op basis hiervan kan worden vastgesteld of er sprake is van verbetering, stagnatie of achteruitgang van de waterkwaliteit.

Om de nutriënten-gap in beeld te krijgen zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- Het opzetten van een database met nutriëntenconcentraties van KRW-meetlocaties en koppeling aan KRW-waterlichamen en –normen voor de periode 1990-2013, op basis van onder andere de waterkwaliteitsdatabase van het Informatiehuis Water en DONAR van Rijkswaterstaat.
- Uitvoeren van een toestandsbeoordeling per KRW-waterlichaam, waterkwaliteitsbeheerder, KRW-watertype en nationaal totaal over de perioden van de stroomgebiedbeheerplannen 2009 en 2014 (SGBP2009 en SGBP2014). SGBP2009 betreft de jaren 2006 tot en met 2008 en SGBP2014 de jaren 2011 tot en met 2013. De concentraties en toestandsbeoordelingen tussen de beide SGBP-periodes zijn met elkaar vergeleken. Daarnaast is ook onderzocht of de normen tussen beide periodes zijn aangepast en of dit invloed heeft op (een verandering in) het oordeel.
- Uitvoeren van een trendanalyse voor KRW-meetpunten met een meetreeks van minimaal 10 jaar. Met deze resultaten kan een uitspraak worden gedaan over de richting van de trend (opwaarts of neerwaarts), significantie en helling op het niveau van KRW-meetlocaties, waterkwaliteitsbeheerder en nationaal totaal.
- Inzet Delft-FEWS: voor de visualisatie en een deel van de analyses is gebruik gemaakt van een pilot versie van FEWS (Flood Early Warning System).

Een goede consistente database opbouwen met nutriënten-concentraties in de periode 1990-2013 bleek in dit project meer tijd te kosten dan gewenst. De uiteindelijke database met bijna 400.000 records is gebruikt voor de toestand- en trendbepaling.

Voor dit project is DELFT-FEWS als pilot ingezet voor het bepalen van de toestand en trend. De analyse en visualisatie heeft voor een groot deel binnen FEWS plaats kunnen vinden en daarmee lijkt het gebruik van FEWS veelbelovend.

Uit de toestand analyses kan geconcludeerd worden dat voor heel Nederland in SGBP2014 voor N-totaal bijna 50% van de waterlichamen als 'goed' is beoordeeld. Voor P-totaal is dit percentage 45%. Er is een verbetering zichtbaar tussen SGBP2009 en SGBP2014 voor 23% van de waterlichamen voor N-totaal en 25% voor P-totaal. Voor 8% van de waterlichamen is voor N-totaal een achteruitgang te zien en voor P-totaal 7%.

Titel

Toestand- en trendanalyse voor nutriënten op
KRW-meetlocaties

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
DGRW en RWS WVL	1220098-015	1220098-015-BGS-0001	40

Op regionaal niveau zijn er voor N-totaal in SGBP2014 vier waterschappen waarbij meer dan 90% als 'goed' wordt beoordeeld: Stichtse Rijnlanden, Groot Salland, Scheldestromen en Hunze en Aa's. In Limburg, Noord-Brabant en het oosten van Nederland komen relatief veel normoverschrijdingen van N-totaal voor in vergelijking met andere gebieden.

Bij alle waterbeheerders, met uitzondering van Hollands Noorderkwartier, Vallei en Veluwe en Roer en Overmaas, is in SGBP2014 een hoger percentage van de waterlichamen als 'goed' beoordeeld in vergelijking met SGBP2009.

Waterbeheerders waarbij voor P-totaal in SGBP2014 meer dan 75% van de waterlichamen als 'goed' wordt beoordeeld zijn Groot Salland, Rijn en IJssel, Scheldestromen en Hunze en Aa's. Waterlichamen die als 'ontoereikend' of 'slecht' zijn beoordeeld liggen vooral in het westen (Hollands Noorderkwartier, Rijnland, Delfland, Schieland en de Krimpenerwaard en het westen van Amstel, Gooi en Vecht), de westkant van Waterschap Aa en Maas, de zuidwesthoek van Vallei en Veluwe en in Roer en Overmaas.

Net als bij N-totaal is voor P-totaal de toetsing in SGBP2014 in vergelijking met SGBP2009 positiever voor de meeste waterschappen. Uitzondering hierop vormen de waterschappen Roer en Overmaas, Groot Salland, Vallei en Veluwe, Fryslân, Schieland en Krimpenerwaard en Dommel.

Uit de trendanalyses kan geconcludeerd worden dat landelijk gezien de concentraties voor zowel N- als P-totaal aan het dalen zijn. Voor N-totaal laat ruim 80% van de KRW-meetlocaties een significantie neerwaartse trend zien en voor P-totaal ruim 70%. Een significant opwaartse trend voor N- en P-totaal treedt op bij respectievelijk 4 en 9% van de meetlocaties.

Voor N-totaal vertonen de metingen bij alle waterschappen, die genoeg meetlocaties hebben om een uitspraak over te doen, een significante neerwaartse trend. Een uitzondering vormt Amstel, Gooi en Vecht, waar de N-totaal trend voor het beheergebied als geheel als niet significant is beoordeeld. In dit waterbeheergebied heeft 25% van de individuele meetlocaties voor N-totaal echter een significante opwaartse trend.

Voor P-totaal is de trend bij iets meer dan de helft van de waterbeheerders significant neerwaarts. De waterschappen zonder significante trend zijn: Rijnland, Schieland en Krimpenerwaard, Rivierenland, Aa en Maas, Dommel, Peel en Maasvallei en Groot Salland. Bij de waterschappen Aa en Maas en Dommel laat ca. 40% van de meetlocaties een significant stijgende trend zien.

Het rapport sluit af met aanbevelingen op het gebied van een robuuste database, de ontwikkeling naar een FEWS stand-alone applicatie voor nutriënten en mogelijkheden voor de inzet van deze nutriënten-applicatie voor toekomstig gebruik in zowel de regio als voor landelijke analyses.

Titel

Toestand- en trendanalyse voor nutriënten op KRW-meetlocaties

Opdrachtgever

DGRW en RWS WVL

Project

1220098-015

Kenmerk

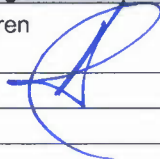
1220098-015-BGS-0001

Pagina's

40

Referentie

Duijnhoven, N. van, Klein, J., Rozemeijer, J. en Loos, S., 2015. Toestand- en trendanalyse voor nutriënten op KRW-meetlocaties. Deltares-rapport 1220098-015-BGS-0001.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	september 2015	Nanette van Duijnhoven		Joost van den Roovaart		Toon Segeren	
		Janneke Klein					
		Joachim Rozemeijer					
		Sibren Loos					

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond en probleemstelling	1
1.2 Doelstelling	1
1.3 Opzet rapportage	2
1.4 Afbakening	2
2 Methode	3
2.1 Dataverzameling	3
2.2 Kwaliteitscontrole	4
2.3 KRW-waterlichamen	5
2.3.1 KRW-waterlichamen per waterbeheergebied	5
2.3.2 KRW-waterlichamen per KRW-watertypen	7
2.4 FEWS	8
2.5 Suggesties voor verbetering van de database en FEWS	8
2.5.1 Database	8
2.5.2 FEWS	9
3 Toetsing aan waterkwaliteitsnormen (toestand)	11
3.1 Methode	11
3.1.1 Dataset	11
3.1.2 Gehanteerde normen	11
3.1.3 Berekening periodeoordeel zomerhalfjaargemiddelden	13
3.2 Resultaten	13
3.2.1 Periodeoordeel zomerhalfjaargemiddelden	13
3.2.2 Toestand: Nederland	15
3.2.3 Toestand: waterkwaliteitsbeheerders	16
3.2.4 Toestand: KRW-typen	18
3.2.5 Toestand: ruimtelijk beeld Nederland	20
3.2.6 Mate van normoverschrijding	22
3.3 Vergelijking met toetsresultaten waterbeheerders	24
4 Bepaling van trends	25
4.1 Methode trendbepaling	25
4.2 Resultaten	26
4.2.1 Landelijke trends	26
4.2.2 Trends per waterbeheergebied	29
4.2.3 Ruimtelijk beeld trends	32
5 Conclusies en aanbevelingen	35
5.1 Conclusies	35
5.1.1 Data	35
5.1.2 FEWS	35
5.1.3 Toestand	35
5.1.4 Trends	35
5.2 Aanbevelingen	36
5.2.1 Data	36
5.2.2 FEWS	36

6 Literatuur	39
Bijlage(n)	
A Databewerking	A-1
A.1 Samenvoegen bestanden	A-1
A.1.1 Geen eenduidige naamgeving	A-1
A.1.2 KRW-meetpunten bestand IHW	A-2
A.1.3 Koppeling van de meetpunten aan de juiste waterlichamen	A-2
A.1.4 Dubbele records in de database	A-2
A.2 Compleetheid database	A-2
B Dataverwerking	B-1
B.1 Waarden onder de detectielimiet	B-1
B.2 Voorkomen van extreem lage of hoge waarden	B-2
B.3 Inconsistentiechecks	B-3
B.4 Wijze van berekenen Ntot uit de N-componenten	B-5
C Toetsing aan waterkwaliteitsnormen	C-1
C.1 Normen	C-1
C.2 Periodeoordeel zomerhalfjaargemiddelden	C-4
C.3 Toestand in waterbeheergebieden	C-6
C.4 Toestand per KRW-watertype	C-7
C.5 Ruimtelijk beeld toestand	C-8
D Methoden trendanalyses	D-1
E E-1	
E.1 Resultaten Theil-Sen hellingschatter	E-1
E.2 Resultaten LOWESS	E-6

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en probleemstelling

Bij het Ministerie van IenM bestaat de behoefte om een beter beeld te krijgen van de 'gap' voor nutriënten; dit is het gat tussen de doelen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) en de huidige waterkwaliteit. Aan de hand van monitoringsgegevens van nutriënten in de tijd kan er een goed beeld worden verkregen van de toestand en trend van N-totaal en P-totaal per meetlocatie of per waterlichaam. Op basis hiervan kan worden vastgesteld of er sprake is van verbetering, stagnatie of achteruitgang van de waterkwaliteit. Binnen het 'Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater' (MNLISO) is voor wateren die landbouw specifiek zijn op een vergelijkbare manier een beeld van de toestand en trend van de waterkwaliteit verkregen (Klein et al., 2012b; Klein & Rozemeijer, 2015).

1.2 Doelstelling

In dit project zijn - met behulp van nutriëntendata - analyses gemaakt op zowel KRW-meetpunt- als op KRW-waterlichaam niveau, met als doel de toestand en trend van nutriënten in Nederland in beeld te brengen. Om dit doel te bereiken zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- Opzetten van een database met nutriëntenconcentraties van KRW-meetlocaties en koppeling aan KRW-waterlichamen en -normen voor de periode 1990-2013.
- Uitvoeren van een toestandsbeoordeling per KRW-waterlichaam, waterkwaliteitsbeheerder, KRW-watertype en nationaal totaal over de SGBP perioden 2009 en 2014. SGBP2009 betreft de jaren 2006 tot en met 2008 en SGBP2014 de jaren 2011 tot en met 2013. De concentraties en toestandsbeoordelingen tussen de beide SGBP-periodes zijn met elkaar vergeleken. Daarnaast is ook onderzocht of de normen tussen beide periodes zijn aangepast en of dit invloed heeft op (een verandering in) het oordeel.
- Uitvoeren van een trendanalyse voor KRW-meetpunten met een meetreeks van minimaal 10 jaar. Met deze resultaten kan een uitspraak worden gedaan over de richting van de trend (opwaarts of neerwaarts), significantie en helling op het niveau van KRW-meetlocaties, waterkwaliteitsbeheerder en nationaal totaal.
- Inzet Delft-FEWS: voor de visualisatie en een deel van de analyses is gebruik gemaakt van een pilot versie van FEWS (Flood Early Warning System).

Met de verkregen informatie worden op vijf verschillende niveaus uitspraken gedaan over toestand en trends: nationaal, per waterschap, per KRW-watertype (alleen toestand), per KRW-waterlichaam (alleen toestand) en KRW-meetlocaties (alleen trend). De resultaten zijn in tabelvorm en in figuren met behulp van Delft-FEWS gepresenteerd.

In een aanvullende analyse zijn, om hiermee een eerste ervaring op te doen, vier verschillende KRW-waterlichamen nader beschouwd. Deze waterlichamen zijn geselecteerd voor nadere analyse op basis van een achteruitgang in beoordeling voor N- en/of P-totaal, een significant opwaartse trend of juist een dalende trend en daardoor verbetering in de toestandsbeoordeling. Bij deze aanvullende analyse zijn onder andere de resultaten van de toestand- en trendanalyse gecombineerd, de verandering in concentratie stroomafwaarts en de invloed van aanwezige zijrivieren hierop beschouwd en de bronnen van verontreiniging achterhaald. De bevindingen van deze eerste aanvullende analyse worden niet in dit rapport beschreven, maar separaat gerapporteerd (Duijnhoven en Klein, 2015).

1.3 Opzet rapportage

In hoofdstuk 2 wordt de methode beschreven. Hier wordt onder andere ingegaan op de dataverwerking en kwaliteitscontrole van de data en wordt FEWS toegelicht. Hoofdstuk 3 beschrijft de toetsing van de nutriënten aan de KRW-normen per KRW-waterlichaam op het schaalniveau van heel Nederland, waterbeheerder, KRW-watertypen en KRW-waterlichamen. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de trendanalyse, waarbij de methode en resultaten worden weergegeven. Hoofdstuk 5 sluit af met de conclusies en aanbevelingen.

1.4 Afbakening

De volgende punten zijn belangrijk bij de afbakening van dit onderzoek:

- Er is alleen gebruik gemaakt van data verkregen via het Informatiehuis Water; er is geen aanvullende data opgevraagd bij waterbeheerders.
- De zoute wateren worden in de project niet meegenomen. Toestand en trend zijn gebaseerd op de zoete oppervlaktewateren.
- De FEWS werkzaamheden zijn voor dit project als een eerste pilot voor nutriënten beschouwd. Aanvullende analyses en extra grafieken voor dezelfde of nieuwe parameters (naast N en P) kunnen in een later stadium worden toegevoegd in een uitgebreidere FEWS applicatie, maar vallen buiten dit project.

2 Methode

In dit hoofdstuk staat beschreven welke stappen zijn genomen bij het tot stand komen van een dataset die is ingezet voor de analyses. Het gaat daarbij om de dataverzameling en de kwaliteitscontrole. Daarnaast is de FEWS applicatie toegelicht en zijn er suggesties voor verbetering van de database gedaan.

2.1 Dataverzameling

Voor dit project zijn twee databronnen geraadpleegd:

- De waterkwaliteitsdatabase die in beheer is bij het Informatiehuis water (IHW) (waterkwaliteitsportaal, 2014).
Het IHW heeft voor de jaren 1990 tot en met 2013 bestanden aangeleverd met alle meetgegevens die in de loop der jaren door waterbeheerders zijn aangeleverd. Het gaat om totaal 24 verschillende zip-bestanden. Uit deze bestanden zijn de volgende N- en P-componenten geselecteerd: P, PO₄, N, NO₂, NO₃, KjN, NH₄ en sNO₃NO₂.
- RWS meetdata uit DONAR (RWS, 2015)
Nutriëntendata in de Rijkswateren zijn opgevraagd bij de Helpdesk Water. De Helpdesk Water heeft data van de N- en P-componenten geleverd voor de jaren 1990 tot en met 2013.

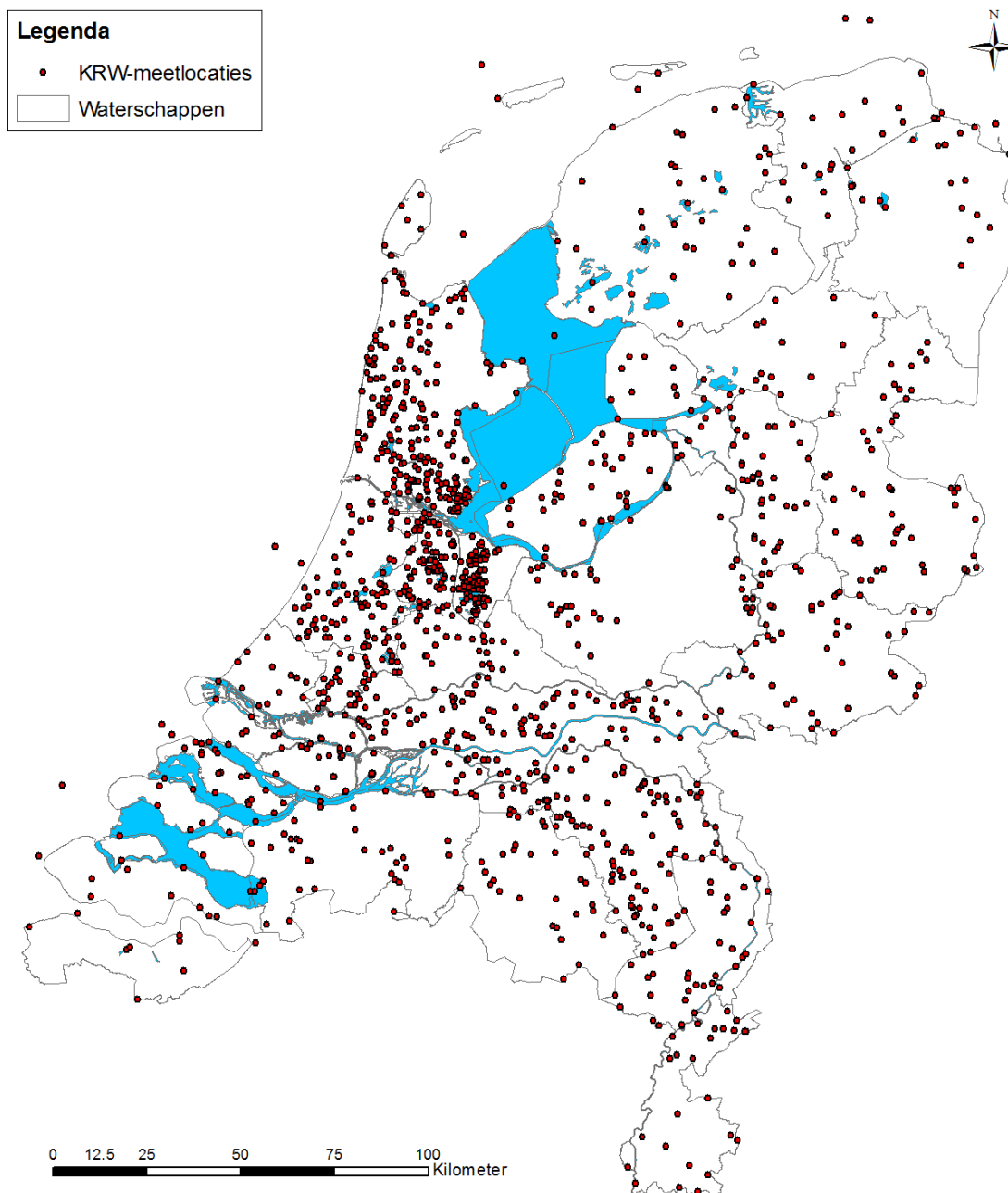
Bovenstaande databronnen zijn samengevoegd tot één grote dataset, die ruim 3.8 miljoen records bevat voor alle meetlocaties in de aangeleverde databases voor de periode 1990 – 2013. Aangezien dit project zich toespitst op de KRW-meetlocaties, zijn alleen de KRW-meetlocaties geselecteerd uit de dataset. Voor deze selectie is gebruik gemaakt van door het IHW aangeleverde informatie over KRW-meetpunten en de gebruikte meetlocaties per KRW-waterlichaam (Lekkerkerk, 2014). Het resultaat is een database met 1,3 miljoen records waarin data beschikbaar zijn voor alle N- en P-componenten. De sommatie van deze parameters tot N-totaal en P-totaal levert een basisdatabase op met ruim 390.000 records (zie Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Data aanwezig in de basisdatabase die wordt ingezet voor dit project.

Type gegevens	Aantal
Meetdata	390.567
KRW-meetlocaties	1.392
KRW-waterlichamen	599

Figuur 2.1 geeft een overzicht van de KRW-meetlocaties in 2013, het meest recente jaar in de database.

In de praktijk viel het tegen om de verschillende databestanden goed in elkaar te schuiven. De belangrijkste oorzaken waren de wisselende locatiecoderingen door de jaren heen, de selectie van KRW-meetpunten en de koppeling van de KRW-meetpunten met de KRW-waterlichamen. Daarnaast waren niet voor alle (jaren) KRW-meetpunten meetdata beschikbaar. De dataverwerking staat beschreven in Bijlage A.



Figuur 2.1 KRW-meetlocaties in 2013.

2.2 Kwaliteitscontrole

Op de dataset zijn een aantal controles uitgevoerd:

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

Deze datachecks worden in Bijlage B in de paragrafen B.1 t/m B.3 besproken. In deze paragrafen wordt ook beschreven welke databewerkingen zijn uitgevoerd op basis van de controles. In paragraaf B.4 is de berekening van N-totaal uit de N-deelcomponenten toegelicht.

2.3 KRW-waterlichamen

De lijst met KRW-waterlichamen voor SGBP2009 (2006 t/m 2008) en SGBP2014 (2011 t/m 2013) is niet identiek. Er zijn nieuwe waterlichamen bijgekomen, waterlichamen uit SGBP2009 zijn samengevoegd en/of juist gesplitst en waterlichamen zijn soms uitgebreid. Een vergelijking tussen waterlichamen uit beide SGBP perioden is hierdoor niet goed te maken. De waterlichamen uit SGBP2014 zijn in dit project als uitgangspunt gekozen.

Er is wel een koppeling gemaakt tussen waterlichamen uit beide planperioden in GIS. Het waterlichaam uit SGBP2014 met de grootste overlap met een waterlichaam uit SGBP2009 is aangehouden als waterlichaam voor SGBP2009. Ook is rekening gehouden met de ligging van de KRW-meetlocaties in de waterlichamen. De spreadsheets van het Informatiehuis Water (Lekkerkerk, 2014) dienden hierbij als basis voor de toedeling.

Niet alle waterlichamen zijn meegenomen in de analyse. Voor SGBP2014 kan er een uitspraak worden gedaan voor 593 van de 713 waterlichamen, voor SGBP2009 voor 496 van de 724. De belangrijkste redenen voor het ontbreken van dit forse aantal waterlichamen zijn:

- Voor sommige waterlichamen ontbreekt een KRW-meetlocatie.
- In de dataset zijn niet voldoende metingen beschikbaar, met name voor de SGBP2009 periode ontbreken veel meetdata. Zonder meetdata kan de toetsing op waterlichaamniveau niet worden uitgevoerd.
- De analyse is alleen gebaseerd op het zomergemiddelde. De waterlichamen voor zoute, brakke en overgangswateren worden getoetst op het wintergemiddelde en vallen buiten dit project.
- KRW-meetlocaties kunnen in de FEWS pilot slechts aan één waterlichaam worden toegewezen (zie paragraaf 2.3). Alleen het waterlichaam waarin de KRW-meetlocatie ligt is meegenomen in de analyse. De andere waterlichamen zijn in dit project niet meegenomen, omdat de betreffende waterlichamen geen eigen KRW-meetlocatie hebben, maar één uit een nabij gelegen gebied.

2.3.1 KRW-waterlichamen per waterbeheergebied

Tabel 2.2 geeft informatie per waterbeheerder over aantallen waterlichamen, KRW-meetpunten en trendlocaties en het deel dat daarvan is getoetst. In de eerste twee kolommen staat per beheerder het aantal waterlichamen voor SGBP2014 en het aantal waterlichamen waar getoetst kon worden. Bij Scheldestromen en Rijkswaterstaat kunnen maar een beperkt aantal waterlichamen getoetst worden. Bij Scheldestromen speelt dat één KRW-meetpunt als referentielocatie is aangewezen voor meerdere waterlichamen. In de gebruikte FEWS-pilot kan per KRW-meetpunt maar één KRW-waterlichaam worden toegewezen, zie ook paragraaf 2.3. Voor Rijkswaterstaat worden de zoute waterlichamen in dit onderzoek niet meegenomen in de toetsing. Er wordt alleen aan het zomerhalfjaargemiddelde getoetst, niet aan de winter DIN. Hollands Noorderkwartier heeft het grootste aantal (49) waterlichamen waar een toetsing plaats kan vinden. Delfland en Reest en Wieden hebben relatief weinig waterlichamen, minder dan 10, in hun beheersgebied.

De twee middelste kolommen in Tabel 2.2 laten het aantal en het percentage getoetste KRW-meetpunten zien. Tussen de waterbeheerders zitten grote verschillen in het aantal KRW-

meetlocaties ten opzichte van het aantal waterlichamen. Zo heeft Hollands Noorderkwartier 202 KRW-meetlocaties in 51 waterlichamen, terwijl Scheldestromen slechts 26 KRW-meetlocaties heeft aangewezen voor 38 waterlichamen.

Het percentage van getoetste KRW-meetpunten hangt af van de hoeveelheid beschikbare data in de Waterkwaliteitsdatabase. Bij Hunze en Aa's, Stichtse Rijnlanden en Groot Salland kon meer dan 95% van de waterlichamen getoetst worden. Bij Rivierenland, Scheldestromen en Hollands Noorderkwartier blijkt dat nog geen 40% van de KRW-waterlichamen getoetst kon worden in dit onderzoek.

Het aantal meetlocaties waarvoor een trend bepaald kon worden (voor selectiecriteria zie paragraaf 4.1) voor N en P - totaal is weergegeven in de laatste twee kolommen van Tabel 2.2. Het percentage is gebaseerd op het aantal getoetste KRW-meetpunten. Bij Rijkswaterstaat, Brabantse Delta en de Dommel is meer dan 90% van de KRW-meetpunten geschikt om een trendanalyse op uit te voeren. Bij Hollands Noorderkwartier blijkt 16% van het grote aantal meetlocaties momenteel geschikt voor trendanalyse.

Tabel 2.2 Aantal KRW-waterlichamen en KRW-meetpunten per waterbeheerder voor SGBP2014, met het percentage van de KRW-waterlichamen en KRW-meetpunten waar een toetsing is uitgevoerd, en op basis hiervan het percentage van de KRW-meetpunten waarvoor een trend voor N- en P-totaal is berekend. Percentages < 50% zijn in rood aangegeven, percentages > 90% in groen.

Waterbeheerderomschrijving	KRW-waterlichamen		KRW-meetpunten		Trendlocaties*	
	aantal	getoetst	aantal	getoetst	N	P
HH Amstel Gooi en Vecht	30	97%	196	59%	49%	35%
HH De Stichtse Rijnlanden	30	100%	31	97%	50%	50%
HH Hollands Noorderkwartier	51	96%	202	32%	16%	16%
HH van Delfland	7	86%	11	55%	50%	50%
HH van Rijnland	40	90%	86	43%	65%	57%
HH van Schieland en Krimpenerwaard	24	79%	35	77%	56%	48%
WS Aa en Maas	43	81%	114	45%	37%	35%
WS Brabantse Delta	25	96%	35	71%	96%	96%
WS De Dommel	26	96%	33	79%	92%	92%
WS Fryslân	24	100%	36	67%	71%	71%
WS Groot Salland	35	97%	37	97%	44%	44%
WS Hollandse Delta	41	73%	52	60%	87%	81%
WS Hunze en Aa's	16	100%	20	95%	63%	63%
WS Noorderzijlvest	15	100%	22	77%	47%	47%
WS Peel en Maasvallei	22	82%	59	66%	36%	36%
WS Reest en Wieden	9	100%	16	56%	89%	89%
WS Rijn en IJssel	36	100%	49	90%	66%	66%
WS Rivierenland	31	71%	101	38%	63%	63%
WS Roer en Overmaas	20	75%	23	74%	29%	29%
WS Scheldestromen	38	24%	26	31%	75%	63%
WS Vallei en Veluwe	32	88%	49	76%	54%	54%
WS Vechtstromen	50	92%	53	91%	56%	56%
WS Zuiderzeeland	18	100%	42	55%	57%	57%
Rijkswaterstaat	50	52%	64	48%	94%	94%
Totaal of gemiddelde(%)	713	86%	1392	66%	60%	58%

* Trendlocaties op basis van aantal KRW-meetpunten dat getoetst kon worden.

2.3.2 KRW-waterlichamen per KRW-watertypen

Alle waterlichamen zijn in de bronbestanden (waterkwaliteitsportaal, 2014) toebedeeld aan een KRW-watertype. In Tabel 2.3 staat per KRW-type het aantal waterlichamen waarvoor een uitspraak gedaan kan worden voor N-totaal en P-totaal voor SGBP2014.

Ongeveer twee derde van de in dit project getoetste waterlichamen ligt in een M-watertype, de meren, sloten en kanalen. Eén derde van de waterlichamen ligt in een R-watertype, de stromende wateren. De meest voorkomende watertypen zijn R5 (langzaam stromende middenloop/benedenloop op zand) en M3 (gebufferde (regionale) kanalen).

Tabel 2.3 Aantal getoetste waterlichamen per KRW-type voor N-totaal en P-totaal.

Watertype	KRWtype omschrijving	KRWtype	Ntot	Ptot
Sloten	Zoete sloten (gebufferd)	M1a	46	46
	Niet-zoete sloten (gebufferd)	M1b	7	7
	Gebufferde laagveensloten	M8	7	7
Langzaam stromende wateren	Langzaam stromende middenloop/benedenloop op veen	R12	8	8
	Permanent langzaam stromende bovenloop op zand	R4	38	39
	Langzaam stromende middenloop/benedenloop op zand	R5	119	119
	Langzaam stromend riviertje op zand/klei	R6	25	25
Snel stromende wateren	Snelstromende bovenloop op zand	R13	2	2
	Snelstromende middenloop/benedenloop op zand	R14	3	3
	Snelstromend riviertje op kiezelhoudende bodem	R15		
	Snelstromende bovenloop op kalkhoudende bodem	R17	4	4
	Snelstromende middenloop/benedenloop op kalkhoudende bodem	R18	4	4
Grote rivieren	Snelstromende rivier/nevengeul op zandbodem of grind	R16	1	1
	Langzaam stromende rivier/nevengeul op zand/klei	R7	11	12
	Zoet getijdenwater (uitlopers rivier) op zand/klei	R8	7	7
Kanalén	Laagveen vaarten en kanalen	M10	39	39
	Gebufferde (regionale) kanalen	M3	90	89
	Grote ondiepe kanalen zonder scheepvaart	M6a	28	28
	Grote ondiepe kanalen met scheepvaart	M6b	12	12
	Grote diepe kanalen met scheepvaart	M7a		
	Grote diepe kanalen zonder scheepvaart	M7b	14	14
Ondiepe zoete meren	Kleine ondiepe zwak gebufferde plassen (vennen)	M12	1	1
	Ondiepe gebufferde plassen	M14	44	44
	Grote ondiepe kalkrijke plassen	M23	4	4
	Matig grote ondiepe laagveenplassen	M27	20	20
Diepe zoete meren	Matig grote diepe gebufferde meren	M20	24	24
	Grote diepe gebufferde meren	M21	2	2
Zwak brakke wateren	Zwak brakke wateren	M30	33	31
Brakke tot zoute wateren	Kleine brakke tot zoute wateren	M31	5	5
Zoute wateren	Grote brakke tot zoute meren	M32	1	1
Overgangswateren	Estuarium met matig getijverschil	O2	0	0
Open zee	Kustwater, open en polythalien	K1	0	0
	Kustwater, beschut en polythalien	K2	0	0
	Kustwater, open en euhalien	K3	0	0

2.4 FEWS

FEWS (Flood Early Warning System) is een software pakket dat oorspronkelijk is ontwikkeld ten behoeve van operationele hoogwater voorspellingssystemen. De laatste jaren heeft FEWS een breder toepassingsbereik gekregen, variërend van het operationele beheer van hydrologische meetgegevens tot operationele voorspelling van algen voor de Nederlandse kust. Als zodanig heeft FEWS een soort rol van “datafabriek” gekregen.

FEWS wordt momenteel gebruikt bij een groot aantal Nederlandse waterbeheerders. Daarnaast wordt het pakket al jarenlang over de hele wereld gebruikt om operationeel hoogwater te voorspellen en daarop zo goed mogelijk te anticiperen. In Nederland worden op nationaal niveau de operationele voorspellingen voor de Rijn en de Maas met Delft-FEWS bepaald. Daarnaast gebruikt een aantal waterschappen FEWS als beslissing ondersteunende systemen (BOS) en als Water Informatie Systemen (WIS).

FEWS is een flexibel systeem waarmee eenvoudig analyses kunnen worden uitgevoerd door middel van de configuratie van analysetaken waarvan de resultaten in verschillende grafieken en kaarten kunnen worden gevisualiseerd.

Voor dit project is FEWS ingezet voor het bepalen en visualiseren van toestand en trends. Om een eerste analyse binnen FEWS te realiseren is gebruik gemaakt van een pilot-applicatie. Met deze applicatie is het mogelijk de toestand van de KRW-waterlichamen te bekijken en de trend voor nutriënten per meetlocatie inzichtelijk te maken.

2.5 Suggesties voor verbetering van de database en FEWS

2.5.1 Database

Om in de toekomst snel aan de slag te kunnen gaan met de data op het waterkwaliteitsportaal wordt geadviseerd om de volgende stappen te doorlopen:

- Alle bestanden opwerken tot een consistente database bleek erg veel werk te kosten. De grootste bottleneck was het verschil in meetlocatiecodes over de jaren heen. De gebruiker zou geholpen zijn wanneer in elk geval de meetlocatiecodes op elkaar worden afgestemd.
- Een betere koppeling van meetlocaties uit de databestanden aan KRW-meetlocaties en KRW-waterlichamen waarvoor de meetlocaties representatief zijn. De nu gehanteerde lijsten (IHW, 2015a, 2015b) zijn niet compleet.
- Een goede kwaliteitscontrole van rapportagegrenzen, eenheden en waarden (check op minimum en maximum) op de data in het waterkwaliteitsportaal.
- De gevalideerde gegevens van de beheerders worden door het Informatiehuis Water één op één overgenomen in het waterkwaliteitsportaal. Een extra kwaliteitscontrole van rapportagegrenzen, eenheden en waarden (check op minimum en maximum) op de data in het waterkwaliteitsportaal zou het mogelijk maken om (decimaal) fouten snel te traceren.
- In de database zijn niet voor alle KRW-locaties meetdata beschikbaar op het waterkwaliteitsportaal. Het is niet duidelijk of waterbeheerders alle meetdata op de KRW-locaties doorleveren aan het Informatiehuis Water. Voor een robuuste dataset, waarmee beleidsanalyses gemaakt worden, is een volledige aanlevering essentieel.

Data worden jaarlijks door IHW opgevraagd bij de waterbeheerders, gecheckt en vervolgens beschikbaar gesteld via het waterkwaliteitsportaal. Bij de inzameling van de data vanaf meetjaar 2012 worden al diverse controles uitgevoerd. Een extra kwaliteitscheck, zoals uitgevoerd in dit onderzoek, zou zinvol zijn om in te bouwen voor de nutriënten. Ook voor de overige stoffen zouden soortgelijke controles opgenomen kunnen worden. Data vóór 2012 zijn niet door IHW ingewonnen. Op deze data zou een aparte kwaliteitscheck plaats dienen vinden.

Aangezien alle data in beheer zijn bij IHW, wordt aanbevolen om de werkzaamheden door IHW of in nauwe samenwerking met IHW uit te laten voeren.

2.5.2 FEWS

In de gebruikte FEWS pilot versie kunnen nog een aantal verbeteringen worden doorgevoerd. De twee belangrijkste zaken die invloed hebben op de toetsresultaten zijn:

- De toekenning van één KRW-meetlocatie aan meerdere waterlichamen. Aanpassing in FEWS zou zorgen voor toetsing van 40 extra waterlichamen die in deze versie niet meegenomen konden worden. Het betreft de waterlichamen die geen eigen KRW-meetlocatie hebben, maar één uit een nabij gelegen gebied.
- Het mogelijk maken van de ruimtelijke aanpassing van waterlichamen in de tijd. FEWS kan nu met één kaartlaag met waterlichamen omgaan. In deze versie is gekozen voor de waterlichamen uit SGBP2014. De waterlichamen uit SGBP2009 zijn met behulp van GIS zo goed mogelijk toegedeeld aan de waterlichamen uit SGBP2014. Een functionaliteit hiervoor in FEWS zou wenselijk zijn; een dergelijke wens zal in de FEWS-stuurgroep besproken moeten worden.

Voor een diepgaandere analyse zouden ook de volgende punten in FEWS aangepast kunnen worden:

- Opnemen van een analyse voor het wintergemiddelde. Daarmee worden ook de RWS overgangs- en zoute wateren in de analyse meegenomen.
- Opnemen van een toetsing per jaar. Nu wordt alleen het driejarig gemiddelde berekend. Indien er ook toetsingen per jaar worden opgenomen, ontstaat er een vollediger beeld of waterlichamen aan de normen voldoen.
- Mogelijkheden verkennen voor het integreren van R (waarmee de trends zijn berekend). In deze pilot waren dit afzonderlijke stappen. Inbouwen in FEWS zorgt ervoor dat de gehele analyse uitgevoerd kan worden binnen de FEWS applicatie.
- Beter exportfunctie van de kaarten. In de huidige pilot wordt weinig aandacht besteed aan de lay-out van de kaarten en legenda voor opname in rapportages.
- Aanbrengen van symbolen per KRW-watertype in het ruimtelijke scherm (i.p.v. éénzelfde symbool voor alle KRW-watertypes). Dit levert sneller inzicht per waterlichaam of het gaat om bijvoorbeeld een meer, rivier of sloot.
- Mogelijkheid voor het integreren van andere meetnetten. Hiermee zou bijvoorbeeld een vergelijking tussen MNLSO-meetlocaties en KRW-meetpunten gemaakt kunnen worden.

Een logische vervolgstap is om samen met de gebruiker de wensen ten aanzien van het gebruik, de visualisatie en aanvullende analyses te bespreken en op basis hiervan (en in overleg met de FEWS-stuurgroep) deze FEWS-pilot uit te werken tot een volwaardige standalone 'FEWS-KRW' applicatie.

3 Toetsing aan waterkwaliteitsnormen (toestand)

In dit hoofdstuk worden de methode en de resultaten van de toetsing weergegeven. De resultaten worden inzichtelijk gemaakt op zowel nationaal als regionaal niveau. Ook wordt een vergelijking gemaakt van de resultaten uit dit onderzoek met de resultaten aangeleverd door de waterbeheerders.

3.1 Methode

3.1.1 Dataset

De toestand is berekend voor de twee SGBP-periodes:

- SGBP2009: gebaseerd op metingen in de jaren 2006 t/m 2008;
- SGBP2014: gebaseerd op metingen in de jaren 2011 t/m 2013.

De toestand is per KRW-waterlichaam berekend. In één waterlichaam kunnen één of meerdere KRW-metlocaties liggen. In onderstaande tabel staan per SGBP-periode hoeveel KRW-waterlichamen aan de normen getoetst konden worden en hoeveel KRW-metlocaties daarvoor zijn meegenomen (zie paragraaf 2.3 voor het aantal KRW-waterlichamen en KRW-metlocaties per waterbeheerder).

Tabel 3.1 Aantal KRW-waterlichamen en KRW-metlocaties voor SGBP2009 en SGBP2014.

	SGBP2009	SGBP2014
Aantal waterlichamen	496	593
Aantal meetlocaties	954	1 174

3.1.2 Gehanteerde normen

De toetswaarde per KRW-waterlichaam is voor N-totaal en P-totaal getoetst aan de door het waterschap toegekende KRW-normen. Deze normen zijn door het IHW (Lekkerkerk, 2014) aan Deltares geleverd. De normen kunnen verschillend zijn voor SGBP2009 en SGBP2014. Daarnaast zijn voor SGBP2009 door het IHW twee verschillende normensets aangeleverd. Bij de toetsing van SGBP2009 zijn we uitgegaan van de meest recente normen (spreadsheet "doelen_SGBP1_2014"). Alleen als er bij een waterlichaam geen recente norm bekend was, is de oude norm van SGBP2009 gehanteerd (spreadsheet "doelen_SGBP1_2009").

De normen in de spreadsheets van het IHW kennen een viertal klassen:

- Goed;
- Matig;
- Ontoereikend;
- Slecht.

In Figuur 3.1 en Figuur 3.2 is de normgrens goed-matig voor SGBP2014 voor respectievelijk N-totaal en P-totaal ruimtelijk weergegeven. In Figuur C.1 en Figuur C.2 (Bijlage C) is deze zelfde grens weergegeven maar dan voor SGBP2009. Figuur C.3 en Figuur C.4 geven het verschil in norm tussen beide periodes weer.

In Figuur 3.1 valt vooral op dat de norm in SGBP2014 voor N-totaal in de waterschappen Noorderzijlvest, Scheldestromen en delen van Groot Salland en Zuiderzeeland relatief hoog is in vergelijking met de rest van Nederland.

In SGBP2009 zijn er, in vergelijking met SGBP2014, ook in de Dommel en Peel en Maasvallei veel meetlocaties met een hoge norm in vergelijking met de rest van Nederland

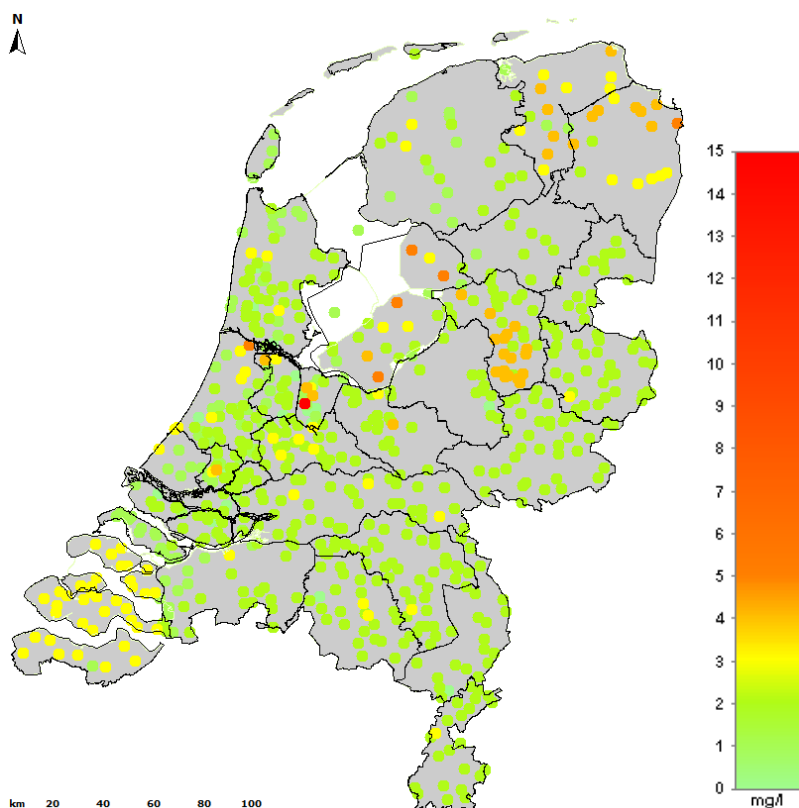
(zie Figuur C.1 en Figuur C.3). Deze normen zijn door de beheerders aangescherpt en zijn in SGBP2014 lager dan in SGBP2009.

In Figuur 3.2 is te zien dat de norm voor P-totaal in de waterlichamen in Scheldestromen hoog is in vergelijking met de rest van Nederland. Daarnaast zijn er in Fryslân twee meetlocaties met een hoge norm. Op de verschilkaart (Figuur C.4) is te zien dat met name in de Dommel en Aa en Maas veel waterlichamen een scherpere norm hebben in SGBP2014 dan in SGBP2009. Daarnaast zijn er enkele waterlichamen waarbij de norm verruimd is in SGBP2014 ten opzichte van SGBP2009.

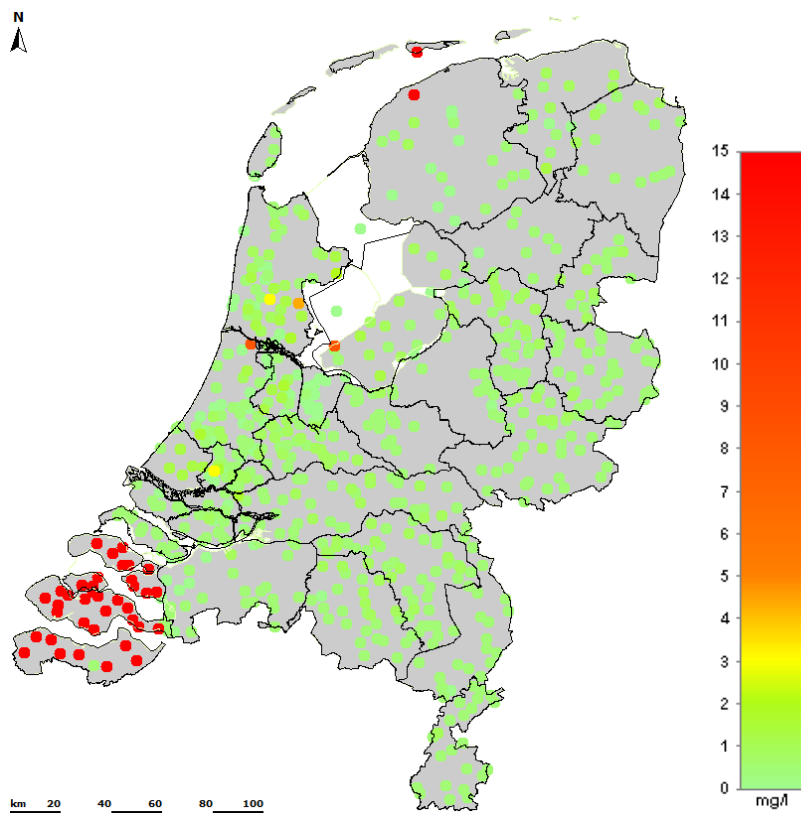
De volgende toetsingen zijn uitgevoerd voor N-totaal en P-totaal:

- Toetsing SGBP2009 aan normen SGBP2009;
- Toetsing SGBP2009 aan normen SGBP2014;
- Toetsing SGBP2014 aan normen SGBP2014.

In de analyses in deze rapportage zijn voor beide SGBP-perioden (2009 en 2014) de normen voor SGBP2014 gebruikt. Door het gebruik van dezelfde normen is het mogelijk om de toetsingen met elkaar te vergelijken.



Figuur 3.1 Normgrens goed-matig voor N-totaal (mgN/l) in SGBP2014.



Figuur 3.2 Normgrens goed-matig voor P-totaal (mgP/l) in SGBP2014.

3.1.3 Berekening periodeoordeel zomerhalfjaargemiddelden

Bij de normtoetsing voor nutriënten worden de normen 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.

De volgende werkwijze is gehanteerd om het periodeoordeel zomerhalfjaargemiddelden voor N-totaal en P-totaal per KRW-waterlichaam te verkrijgen:

1. Berekenen zomergemiddelde per meetlocatie met minimaal vijf metingen in de zomer (1 april t/m 30 september);
2. Als meerdere meetlocaties in één waterlichaam liggen: berekenen van een gemiddelde per waterlichaam per jaar;
3. Berekenen gemiddelde per toetsperiode (gemiddelde van de 3 jaren):
 - a. Voor SGBP2009: 2006 t/m 2008;
 - b. Voor SGBP2014: 2011 t/m 2013.

Indien er minder jaren beschikbaar zijn, wordt het gemiddelde over de beschikbare jaren genomen.

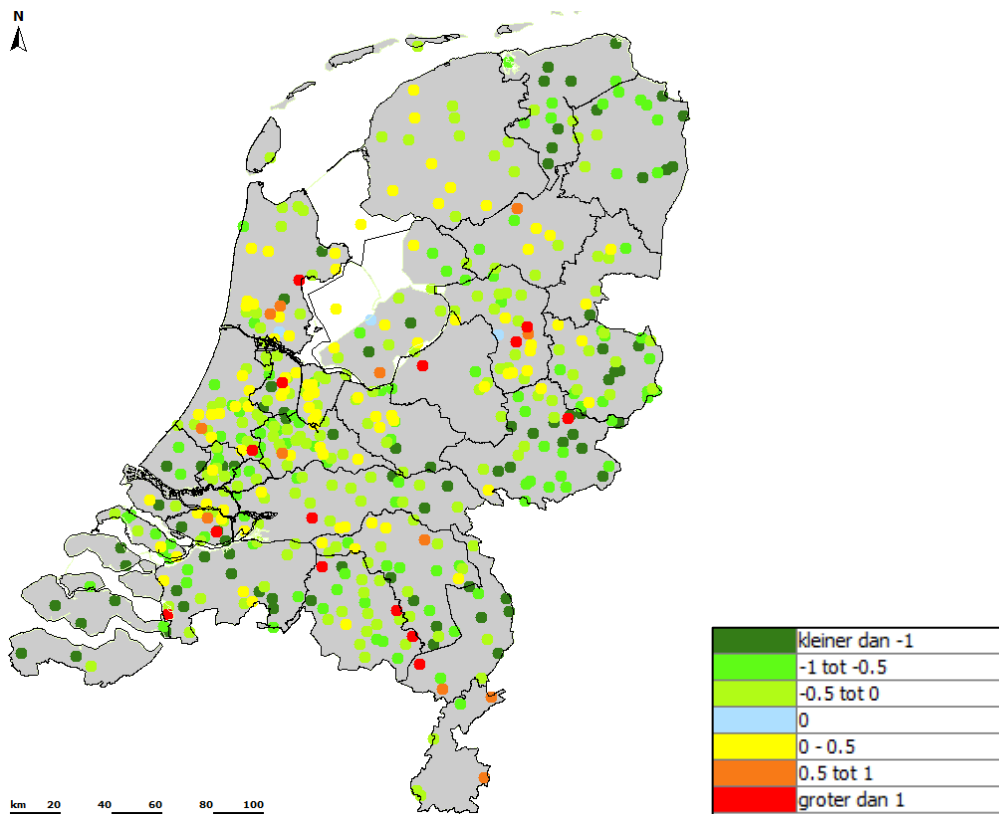
3.2 Resultaten

3.2.1 Periodeoordeel zomerhalfjaargemiddelden

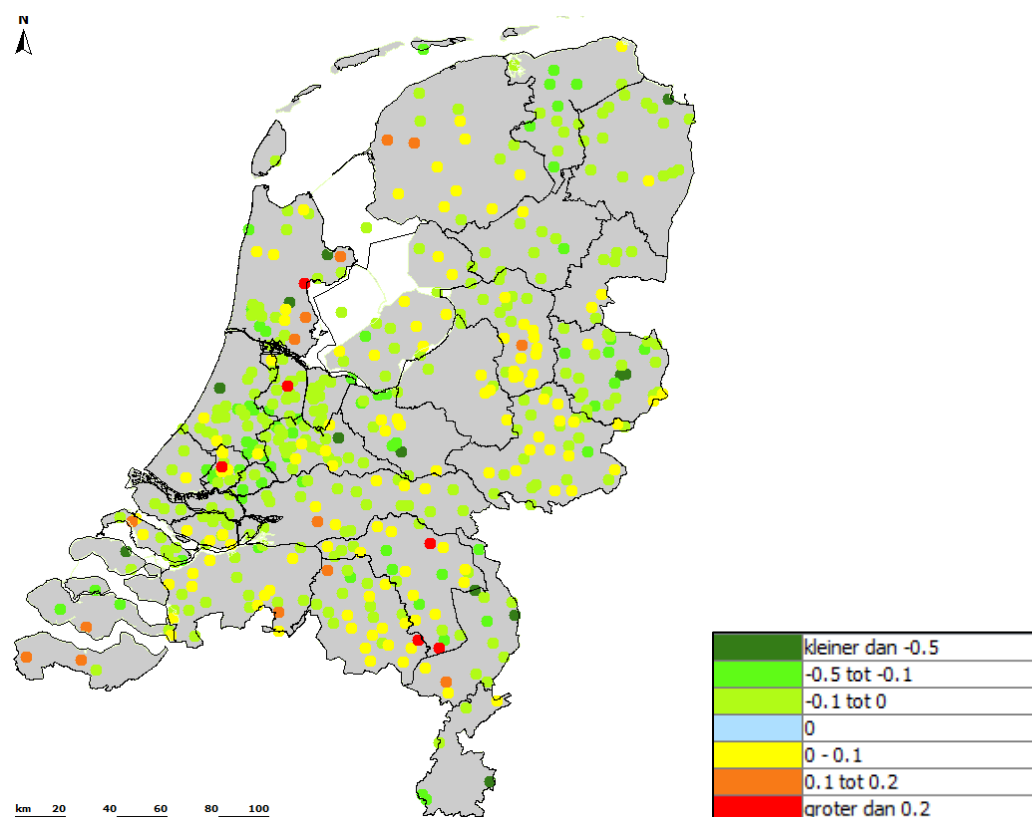
In Figuur C.5 t/m Figuur C.8 in Bijlage C staat het periodeoordeel van de zomergemiddelden voor N-totaal en P-totaal voor SGBP2009 en SGBP2014 weergegeven. Dit zijn de gemiddelde zomerconcentraties over de periode 2006 t/m 2008 (SGBP2009) en 2011 t/m 2013 (SGBP2014). Figuur 3.3 en Figuur 3.4 laten de kaarten voor N- en P-totaal zien waarin de periodeoordelen van SGBP2009 en SGBP2014 met elkaar vergeleken zijn.

De gemiddelde N-totaal zomerconcentratie in SGBP2014 is relatief hoog in het zuidoosten en uiterste oosten in vergelijking met de rest van Nederland (Figuur C.5). In Figuur 3.3 is voor N-totaal te zien dat in heel veel waterlichamen de gemiddelde zomerconcentratie is veranderd in SGBP2014 ten opzichte van SGBP2009. Er is geen duidelijk regionaal patroon te zien in de concentratieveranderingen: waterlichamen met een toegenomen en afgenomen concentratie liggen verspreid over Nederland. Wel vallen er drie gebieden op met (vrijwel) alleen waterlichamen met een afgenomen gemiddelde zomerconcentratie: noordoost-Nederland, Scheldestromen en oost-Nederland.

In SGBP2014 is de gemiddelde zomerconcentratie voor P-totaal in west-Nederland hoog in vergelijking met de rest van Nederland (Figuur C.6). Op de verschilkaart tussen SGBP2009 en SGBP2014 is te zien dat in heel veel waterlichamen de gemiddelde zomerconcentratie is veranderd in SGBP2014 ten opzichte van SGBP2009 (Figuur 3.4). Opvallend is dat waterlichamen met een concentratiestijging soms vlakbij waterlichamen liggen met een concentratiedaling.



Figuur 3.3 Verschilkaart periodeoordeel zomergemiddelden tussen SGBP2014 en SGBP2009 voor N-totaal (mgN/l).

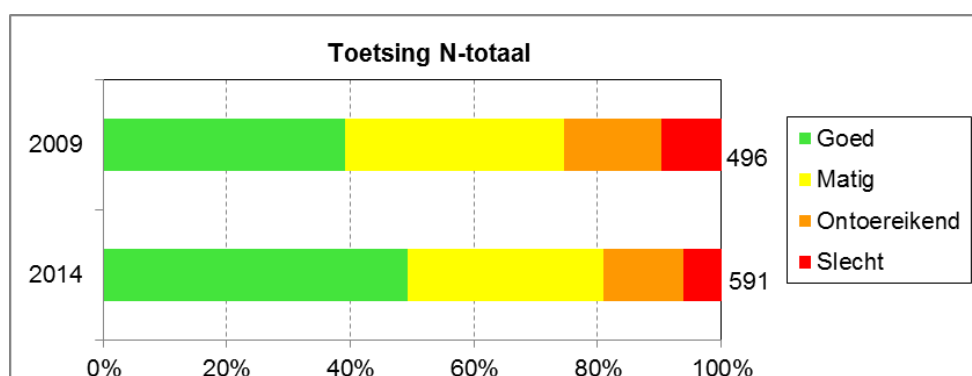


Figuur 3.4 Verschilkaart periodeoordeel zomergemiddelden tussen SGBP2014 en SGBP2009 voor P-totaal (mgP/l).

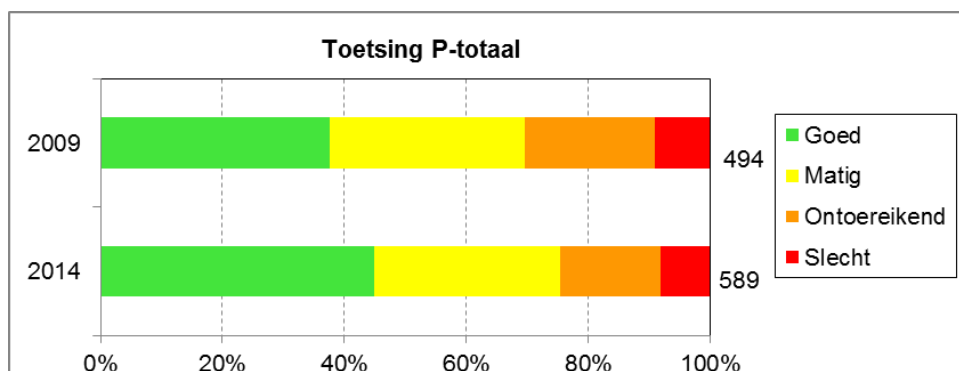
3.2.2 Toestand: Nederland

De toetsresultaten voor heel Nederland zijn weergegeven in grafiekvorm in Figuur 3.5 en Figuur 3.6 voor respectievelijk N-totaal en P-totaal.

Figuur 3.5 laat zien dat in SGBP2009 voor N-totaal een kleine 40% van de 496 waterlichamen als 'goed' is beoordeeld en in SGBP2014 bijna 50% van de 591. Er is een lichte daling te zien in het percentage waterlichamen dat als 'slecht' is beoordeeld (van 10 naar 6%). Voor P-totaal is een gelijksoortige verandering te zien: in SGBP2009 heeft een kleine 40% van de 494 waterlichamen een beoordeling 'goed' en in SGBP2014 45% van de 589. Het percentage waterlichamen dat als 'slecht' is beoordeeld is tussen SGBP2009 en SGBP2014 nagenoeg gelijk gebleven.



Figuur 3.5 Toetsresultaten N-totaal voor heel Nederland (%) voor SGBP2009 en SGBP2014.



Figuur 3.6 Toetsresultaten P-totaal voor heel Nederland (%) voor SGBP2009 en SGBP2014.

Er is ook gekeken naar de verschuiving in oordeelklassen tussen SGBP2009 en SGBP2014 (zie Tabel 3.2). Alleen de waterlichamen met een oordeel in zowel SGBP2009 als in SGBP2014 konden met elkaar vergeleken worden. Voor N-totaal zijn 448 waterlichamen met elkaar vergeleken, voor P-totaal 446. Er is onderscheid gemaakt in een achteruitgang van de toestand met 1 of 2 klassen, gelijkblijvende toestand en een verbetering van de toestand met 1, 2 of 3 klassen.

Het beeld voor N- en P-totaal lijkt op elkaar. Voor beide stoffen heeft ruim twee derde van de waterlichamen een gelijkblijvende beoordeling. Voor 8% (37 waterlichamen) is er een slechtere beoordeling voor N-totaal en 7% (33 waterlichamen) voor P-totaal. Een verbetering treedt op bij 23% van de waterlichamen voor N-totaal en 25% voor P-totaal. Bij N-totaal zijn er zelfs 3 waterlichamen die drie klassen vooruit zijn gegaan ten opzichte van SGBP2009. Het gaat om drie waterlichamen in Schieland: Hoge Bergse Bos, Rotteboezem en Zevenhuizerplas. Voor deze waterlichamen treedt een waterkwaliteitsverbetering op tussen SGBP2009 en SGBP2014 voor N totaal. Bij de Zevenhuizerplas gaat het om een forse waterkwaliteitsverbetering, van 8.4 naar 0.87 mgN/l. Bij de andere twee waterlichamen is de waterkwaliteitsverbetering gering. Er wordt een betere klasse bereikt door versoepeling van de normen.

Tabel 3.2 Vergelijking tussen SGBP2009 en SGBP2014 weergegeven in verschuiving in klassen.

Toestand SGBP2014 t.o.v. SGBP2009	N-totaal	P-totaal
2 klassen achteruit	1%	1%
1 klasse achteruit	7%	6%
Gelijk	69%	69%
1 klasse vooruit	21%	22%
2 klassen vooruit	1%	3%
3 klassen vooruit	1%	0%

3.2.3 Toestand: waterkwaliteitsbeheerders

In Figuur 3.7 en Figuur 3.8 zijn de toetsresultaten van N- en P-totaal uitgesplitst per waterkwaliteitsbeheerder voor SGBP2014. Voor SGBP2009 zijn deze grafieken weergegeven in Figuur C.9 en Figuur C.10 in Bijlage C.3.

Voor zowel N- als P-totaal zijn er grote verschillen tussen waterschappen in het aantal waterlichamen dat als 'goed' wordt beoordeeld (tussen 0 en 100%).

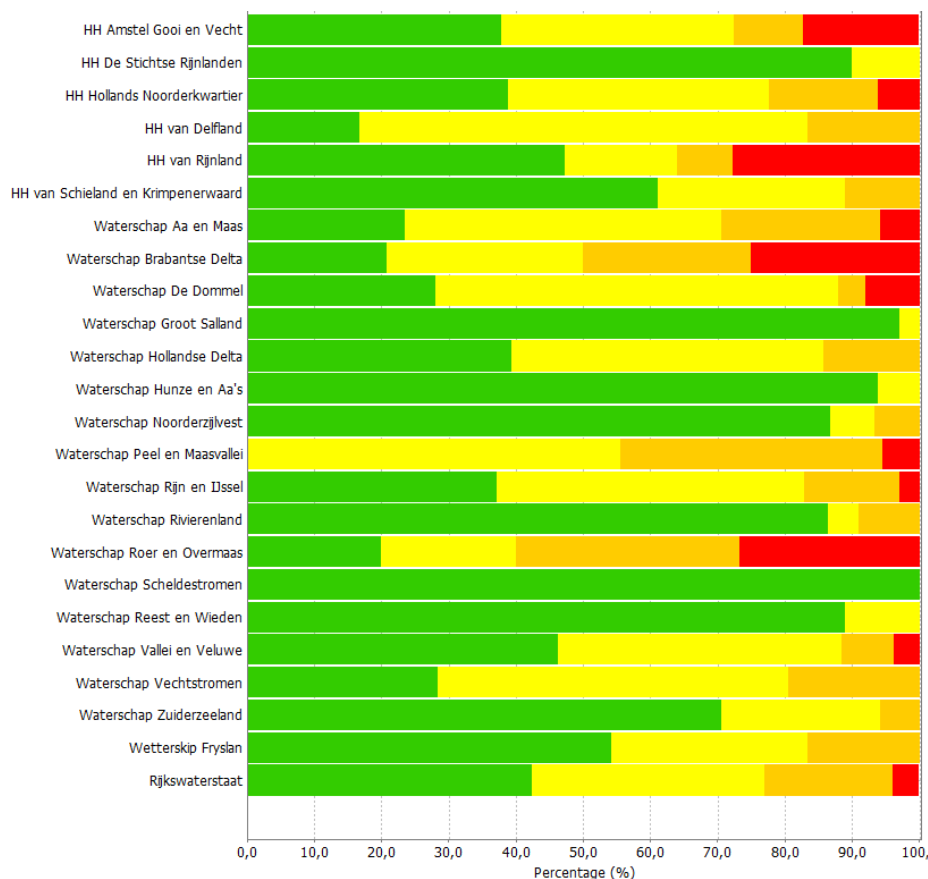
Voor N-totaal zijn er in SGBP2014 een paar waterschappen waarbij (bijna) alle waterlichamen (>90%) als 'goed' worden beoordeeld. Het betreft de waterschappen Stichtse Rijnlanden, Groot Salland, Scheldestromen en Hunze en Aa's. Peel en Maasvallei valt op doordat van de 18 waterlichamen geen enkele als 'goed' wordt beoordeeld.

Waterschappen waarbij in SGBP2014 minder dan 30% van de waterlichamen als 'goed' wordt beoordeeld liggen voornamelijk in zuid Nederland (Brabantse Delta, Dommel, Aa en Maas en Roer en Overmaas) en daarnaast in Delfland en in Vechtstromen.

Voor de meeste waterbeheerders geldt dat het percentage waterlichamen dat als 'goed' wordt beoordeeld in SGBP2014 hoger is dan in SGBP2009. In SGBP2009 werd, naast Peel en Maasvallei, ook in de waterschappen Scheldestromen en Delfland geen enkel waterlichaam als 'goed' beoordeeld. Waterschappen waarbij in SGBP2014 een lager percentage van de waterlichamen als 'goed' is beoordeeld dan in SGBP2009 zijn Hollands Noorderkwartier, Vallei en Veluwe en Roer en Overmaas.

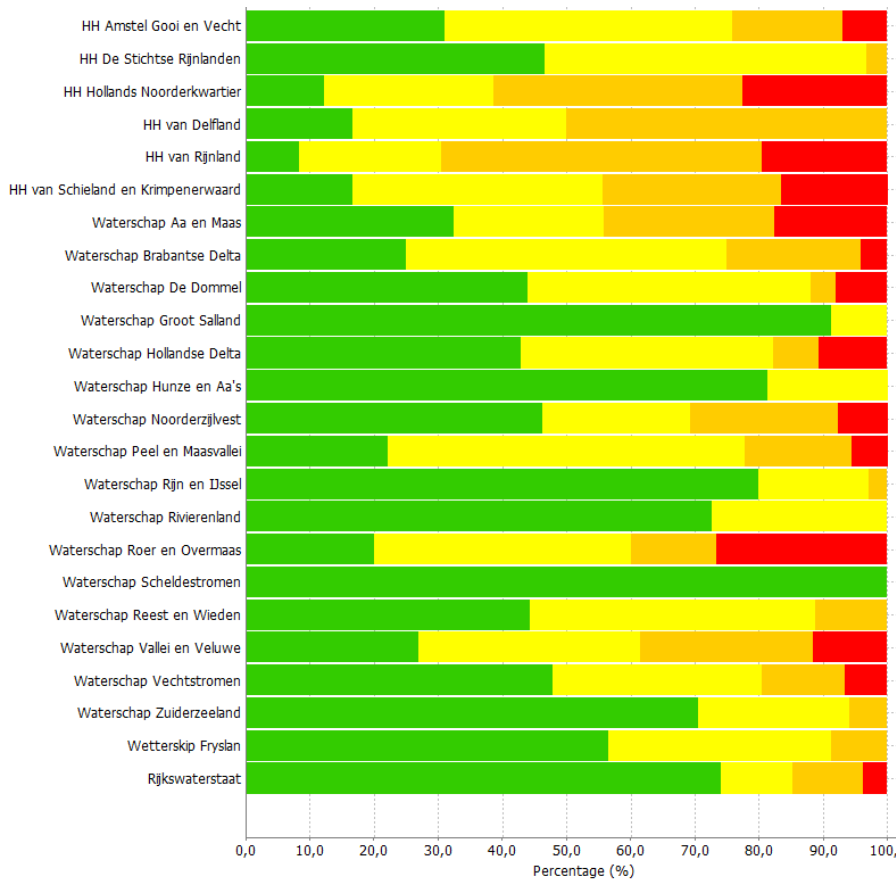
Voor P-totaal zijn er in SGBP2014 vier waterbeheerders waarbij meer dan 75% van de waterlichamen als 'goed' wordt beoordeeld: Groot Salland, Rijn en IJssel, Scheldestromen en Hunze en Aa's. Waterbeheerders waarbij in SGBP2014 tussen de 50 en 75% van de waterlichamen als 'goed' wordt beoordeeld zijn Fryslân, Rivierenland, Zuiderzeeland en Rijkswaterstaat. In een aantal waterschappen wordt minder dan 25% van de waterlichamen als 'goed' beoordeeld: Hollands Noorderkwartier, Rijnland, Delfland, Schieland en Krimpenerwaard, Peel en Maasvallei en Roer en Overmaas.

Voor de meeste waterbeheerders geldt dat het percentage waterlichamen dat als 'goed' wordt beoordeeld in SGBP2014 hoger is dan in SGBP2009. In SGBP2014 werd in vergelijking met SGBP2009 een lager percentage van de waterlichamen als 'goed' beoordeeld in de waterschappen Roer en Overmaas, Groot Salland, Vallei en Veluwe, Fryslân, Schieland en Krimpenerwaard en Dommel.



Figuur 3.7 Toetsresultaten N-totaal per waterbeheerder (%) voor SGBP2014.

Groen: goed; geel: matig; oranje: ontoereikend; rood: slecht.



Figuur 3.8 Toetsresultaten P-totaal per waterbeheerder (%) voor SGBP2014.

Groen: goed; geel: matig; oranje: ontoereikend; rood: slecht.

3.2.4 Toestand: KRW-typen

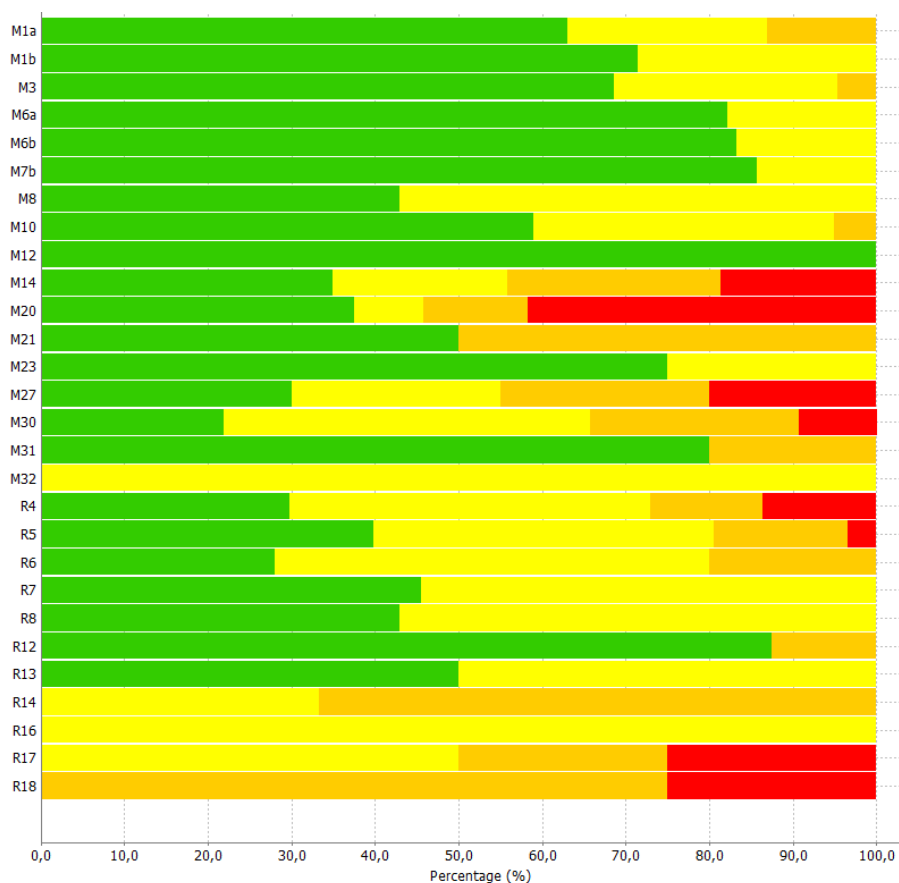
In Figuur 3.9 en Figuur 3.10 zijn de toetsresultaten van N- en P-totaal uitgesplitst per KRW-watertype voor SGBP2014. Voor SGBP2009 zijn deze grafieken weergegeven in Figuur C.11 en Figuur C.12 in Bijlage C.3.

Voor N-totaal wordt in SGBP2014 geen enkel waterlichaam in de snelstromende rivieren met KRW-typen R14, R16, R17 en R18 als 'goed' beoordeeld. In R18 (4 waterlichamen) worden zelfs alle waterlichamen als ontoereikend of slecht beoordeeld. In de sloten met KRW-type (M8), de ondiepe zoete meren (M14 en M27), diepe zoete meren (M20), zwak brak water (M30), langzaam stromende wateren (R4, R5, R6 en R8) en grote rivieren (R8) wordt in SGBP2014 tussen de 20 en 50% van de waterlichamen als 'goed' beoordeeld. In SGBP2014 wordt bij de KRW-watertypen kanalen (M6a, M6b, M7b), ondiepe zoete meren (M12), brak zoute wateren (M31) en langzaam stromend water (R12) meer dan 75% van de waterlichamen als 'goed' beoordeeld. Gemiddeld genomen is de waterkwaliteit met betrekking tot N-totaal in SGBP2014 beter in de M-typen (sloten, kanalen en meren) dan in de R-typen (stromende wateren).

Ten opzichte van SGBP2009 zijn in SGBP2014 alleen voor de watertypen 'grote ondiepe kalkrijke plassen' (M23) en 'permanent langzaam stromende bovenloop op zand' (R4) minder waterlichamen die als 'goed' worden beoordeeld.

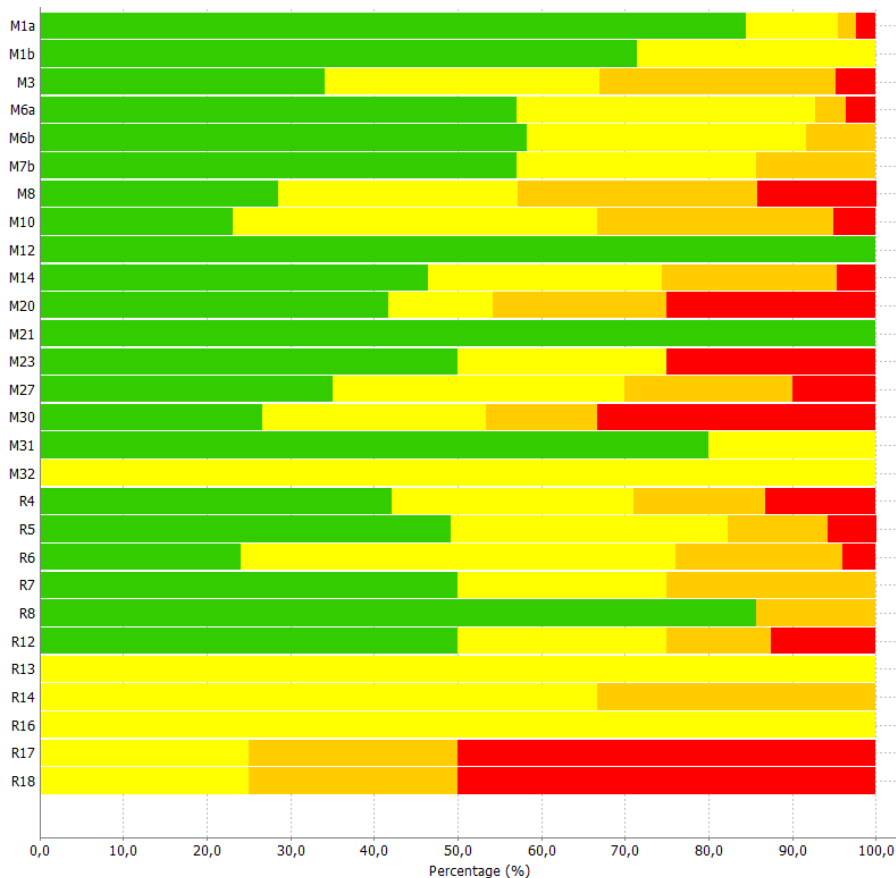
In SGBP2014 wordt in de sloten met watertype M1a, de ondiepe zoete meren met type M12, diepe zoete meren met type M21, brakke tot zoute wateren (M31) en de grote rivieren met type R8 meer dan 75% van de waterlichamen als 'goed' beoordeeld voor P-totaal. Geen enkel waterlichaam wordt als 'goed' beoordeeld in de zoute wateren (M32), de snel stromende wateren (R13, R14, R17 en R18) en de grote rivieren met watertype R16. In de kanalen met watertypen M3 en M10, de sloten met type M8, de ondiepe zoete meren met type M14 en M27, de diepe zoete meren met type M20, de zwak brakke wateren (M30) en de langzaam stromende wateren (R4, R5 en R6) wordt minder dan 50% van de waterlichamen als 'goed' beoordeeld.

In SGBP2014 worden er in alle watertypen meer meetlocaties als 'goed' beoordeeld met uitzondering van de langzaam stromende wateren met watertype R4 en de snel stromende wateren met watertype R14.



Figuur 3.9 Toetsresultaten N-totaal per KRW-waertype (%) voor SGBP2014.

Groen: goed; geel: matig; oranje: ontoereikend; rood: slecht.



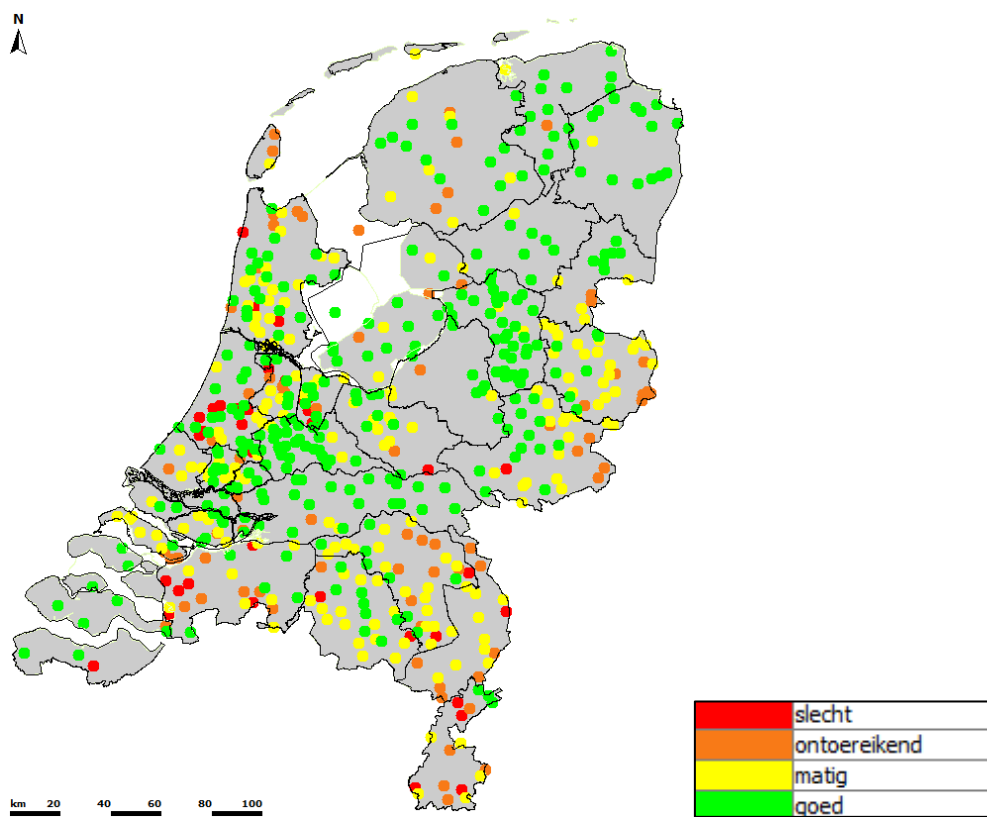
Figuur 3.10 Toetsresultaten P-totaal per KRW-watertype (%) voor SGBP2014.

Groen: goed; geel: matig; oranje: ontoereikend; rood: slecht.

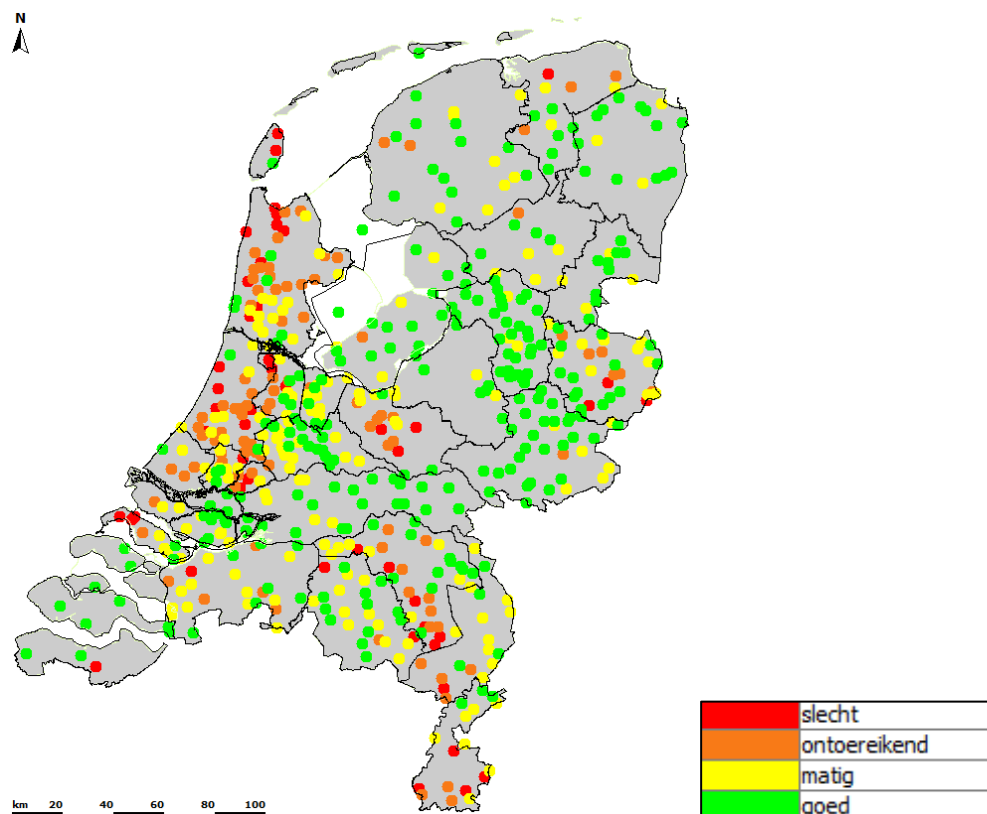
3.2.5 Toestand: ruimtelijk beeld Nederland

In Figuur 3.11 is te zien dat in SGBP2014 de normoverschrijdingen voor N-totaal door heel Nederland voorkomen. In Limburg, Noord-Brabant en het oosten van Nederland komen relatief veel normoverschrijdingen van N-totaal voor in vergelijking met andere gebieden. In Brabantse Delta en Rijnland worden relatief veel waterlichamen als 'slecht' beoordeeld. Deze waterlichamen liggen soms geclusterd maar soms ook wat verder van elkaar verwijderd.

Het beeld van SGBP2009 wijkt niet zoveel af van dat van SGBP2014, met het verschil dat de beoordeling over het algemeen iets slechter is en er dus minder waterlichamen als 'goed' worden beoordeeld. In de verschilkaart tussen de toetsing van SGBP2009 en SGBP2014 (zie Figuur C.15) is dit ook te zien: het merendeel van de waterlichamen (69%) heeft in SGBP2014 dezelfde beoordeling als in SGBP2009, 23% van de waterlichamen heeft een betere beoordeling gekregen en 8% van de waterlichamen heeft een slechtere beoordeling (zie ook paragraaf 3.2.2). Zowel de waterlichamen die zijn verbeterd als die zijn verslechterd liggen verspreid over Nederland.



Figuur 3.11 Resultaten toetsing N-totaal SGBP2014.



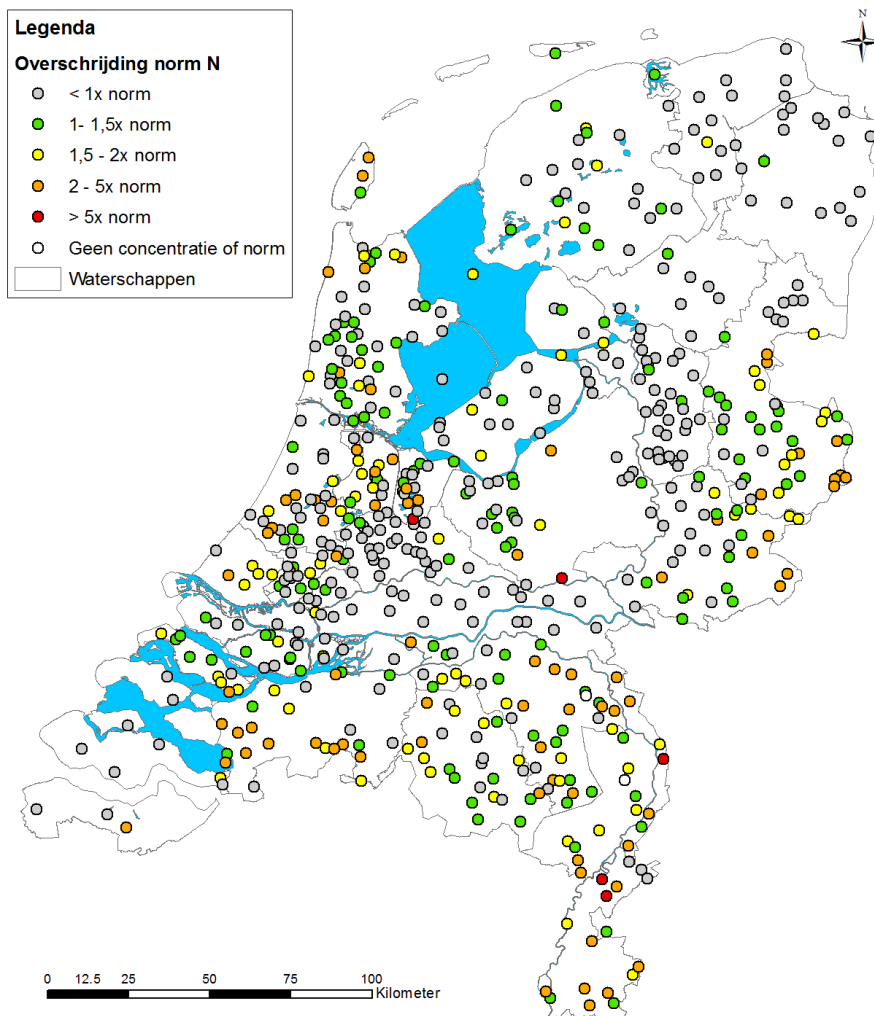
Figuur 3.12 Resultaten toetsing P-totaal SGBP2014.

Voor P-totaal is er minder ruimtelijke spreiding in normoverschrijdingen in vergelijking met N totaal (Figuur 3.12). Vooral in het westen (Hollands Noorderkwartier, Rijnland, Delfland, Schieland en de Krimpenerwaard en het westen van Amstel, Gooi en Vecht), Roer en Overmaas, de westkant van waterschap Aa en Maas en de zuidwesthoek van Valleij en Veluwe liggen veel waterlichamen die als 'ontoereikend' of 'slecht' zijn beoordeeld.

Op de verschilkaart tussen de toetsing van SGBP2009 en SGBP2014 (Figuur C.16) is te zien dat een meerderheid van de waterlichamen (69%) hetzelfde oordeel heeft in SGBP2009 en SGBP2014, maar dat 25% een betere beoordeling en 7% een slechtere beoordeling heeft (zie ook paragraaf 3.2.2). Deze locaties liggen verspreid over Nederland.

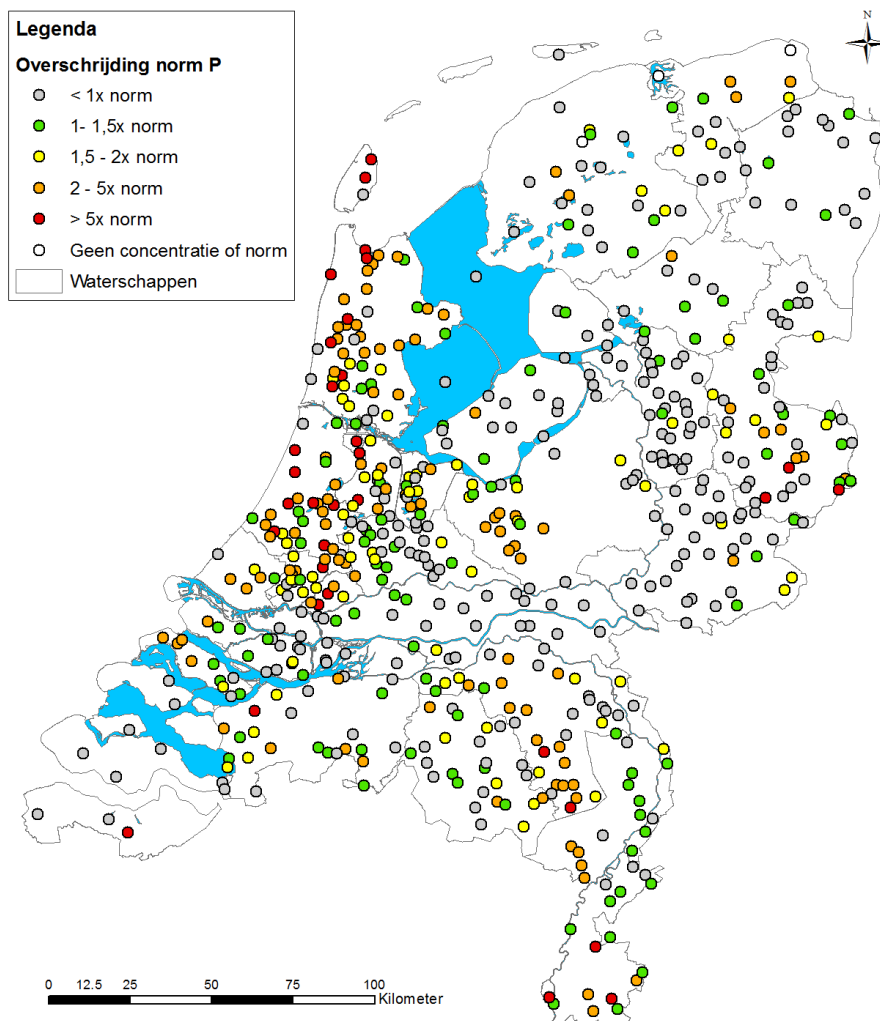
3.2.6 Mate van normoverschrijding

Voor de waterlichamen is in Figuur 3.13 voor N-totaal en in Figuur 3.14 voor P-totaal de mate van overschrijding van de norm weergegeven voor de toetsing in SGBP2014. Voor N-totaal hebben de waterlichamen in Noord-Nederland, centraal-Nederland en Zeeland relatief veel waterlichamen waar de norm niet wordt overschreden of waar de norm net wordt overschreden. In West-Nederland, het deel van Oost-Nederland tegen de Duitse grens, Noord-Brabant en Limburg hebben juist relatief veel overschrijdingen van de norm met een factor 2 of hoger.



Figuur 3.13 Mate van normoverschrijding voor toetsing N-totaal SGBP2014.

Net zoals voor N-totaal, geldt ook voor P-totaal (Figuur 3.14) dat er minder overschrijdingen in Noord-Nederland, centraal-Nederland en Zeeland zijn. In West-Nederland komen de meeste overschrijdingen voor met een factor 5 (of hoger) ten opzichte van de norm. De mate van normoverschrijding is voor P-totaal in West-Nederland hoger dan voor N-totaal. In het westelijk deel van het beheersgebied van Vallei en Veluwe wordt de norm vaak overschreden met een factor 2 tot 5.



Figuur 3.14 Mate van normoverschrijding voor toetsing P-totaal SGBP2014.

3.3 Vergelijking met toetsresultaten waterbeheerders

De verkregen toetsresultaten per waterlichaam uit dit project zijn vergeleken met de toetsing die in SGBP2014 door de waterbeheerders zelf is uitgevoerd (Lekkerkerk, 2014). Per waterlichaam zijn de resultaten met elkaar vergeleken. De resultaten staan vermeld in Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Vergelijking tussen de resultaten berekend voor SGBP2014 en de resultaten van de waterbeheerders in 2014.

	N-totaal	P-totaal
Resultaat gelijk	92%	76%
Resultaat verschillend	8%	24%

Voor N-totaal komt 92% van de toetsresultaten per waterlichamen overeen met de toetsresultaten van de waterbeheerders. Voor P-totaal valt de vergelijking iets minder positief uit met 76% van de waterlichamen met een gelijk toetsresultaat.

Er zijn twee belangrijke oorzaken aan te wijzen die wellicht het verschil veroorzaken:

- 1 Waterbeheerders weten precies welke meetlocaties representatief zijn voor de waterlichamen en hebben ook de juiste meetdata ter beschikking. De resultaten uit dit project zijn afhankelijk van meetdata beschikbaar gesteld via het waterkwaliteitsportaal. Zoals al gesteld in paragraaf 2.1 en paragraaf A.2 zijn niet alle relevante meetdata voor KRW-meetlocaties aanwezig in de datasets op het waterkwaliteitsportaal. Daarnaast zal de toewijzing van KRW-meetpunten aan waterlichamen niet geheel gelijk zijn aan koppeling die de waterbeheerders zelf hebben gelegd.
- 2 Voor de toetsing in 2014 is door waterbeheerders wellicht gebruik gemaakt van de jaren 2012 tot en met 2014. Voor dit project is gebruik gemaakt van de jaren 2011-2013. Het jaar 2014 was nog niet beschikbaar op het waterkwaliteitsportaal.

4 Bepaling van trends

Dit hoofdstuk beschrijft de methode waarmee trends bepaald zijn en laat vervolgens de resultaten zien op nationaal en regionaal niveau.

4.1 Methode trendbepaling

De trends zijn alleen berekend voor KRW-meetlocaties die in een KRW-waterlichaam liggen met een voldoende lange meetreeks. Als criterium is gehanteerd dat de meetreeks minimaal 10 jaar lang moet zijn (waarvan minimaal 5 recente jaren in de periode vanaf 2004) en minimaal 10 metingen per jaar moet bevatten. De trends zijn per meetlocatie berekend over de gehele meetperiode waarbij zowel de zomer- als de wintermeetwaarden zijn meegenomen. Aangezien de metingen niet bij elke meetlocatie in hetzelfde jaar gestart zijn, is de tijdsperiode waarover de trend is berekend verschillend voor de verschillende locaties. Voor de trendanalyse heeft ongeveer de helft van de KRW-locaties een voldoende lange meetreeks: 443 meetlocaties voor N-totaal en 419 voor P-totaal.

Bij het aggregeren van meetlocaties tot een oordeel voor een bepaald gebied (bijvoorbeeld per waterbeheerder) is een minimum van acht meetlocaties gehanteerd om een betrouwbare uitspraak te doen over trends in de waterkwaliteit.

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 waterschap. 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). Ook bij het bepalen van de trends in waterkwaliteit in het Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLSO) zijn deze methodes met succes toegepast (Klein et al., 2012b; Klein & Rozemeijer, 2015). 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 deze studie.

4.2 Resultaten

4.2.1 Landelijke trends

Er zijn drie verschillende statistische methodes gebruikt om de trends te berekenen. Alle drie de methodes geven hetzelfde landelijke beeld: de concentraties zijn voor zowel N- als P-totaal aan het dalen. Hieronder worden achtereenvolgens de resultaten van de drie statistische analyses besproken.

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

Van de KRW-meetlocaties waarbij een trend bepaald kon worden, laat voor N-totaal ruim 80% een significantie neerwaartse trend zien. Voor P-totaal is de trend voor ruim 70% van de meetlocaties significant neerwaarts. Voor zowel N- als P-totaal laat minder dan 10% (respectievelijk 4 en 9%) van de meetlocaties een significant opwaartse trend zien.

Tabel 4.1 Resultaten van de Seasonal Mann Kendall trend test voor de hele tijdreeks: het aantal meetlocaties met een opwaartse, neerwaartse en zonder significante trend.

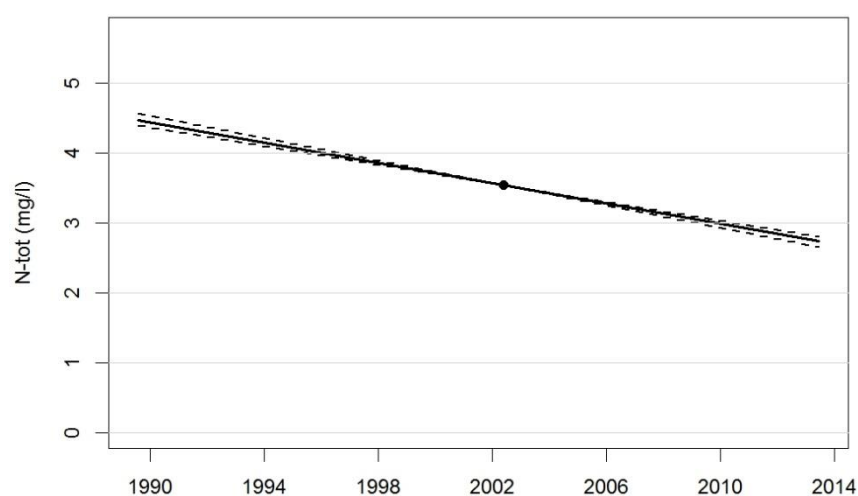
	N-totaal	P-totaal
Neerwaarts	369	302
Opwaarts	17	37
Geen significante trend	59	81
Totaal	445	420

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 uitleg in Bijlage D). Het gaat bij deze visualisatiemethode echter om de trendhellingen en niet om de absolute concentratieniveaus.

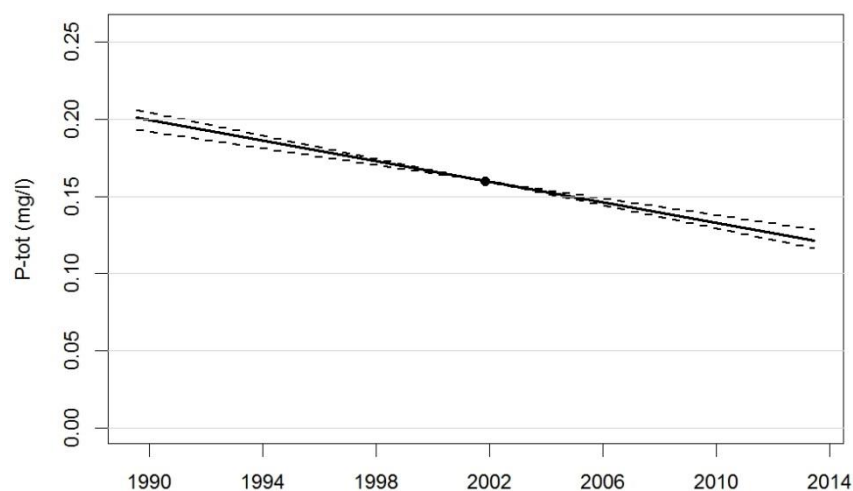
Voor N- en P-totaal zijn zowel de mediane trendhelling als de beide hellingen van het 95%-betrouwbaarheidsinterval neerwaarts, oftewel negatief. Dit betekent dat er met 95% zekerheid een neerwaartse trend in de concentraties van N-totaal en P-totaal is. Voor N-totaal bedraagt de mediane decennium-afname in de concentratie 0,72 mgN/l en voor P-totaal 0,033 mgP/l (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Mediane trendhelling en 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor N-totaal en P-totaal voor de hele tijdreeks, berekend met de Theil-Sen hellingschatter.

	Mediane trend (mg/l per decennium)	Lower / upper 95% betrouwbaarheid (mg/l per decennium)	Conclusie
N-totaal	-0,72	-0,80 / -0,66	Neerwaarts significant
P-totaal	-0,033	-0,037 / -0,027	Neerwaarts significant



Figuur 4.1 Mediane trend met 95%-betrouwbaarheidsinterval van de helling voor N-totaal, berekend met de Theil-Sen hellingschatter.

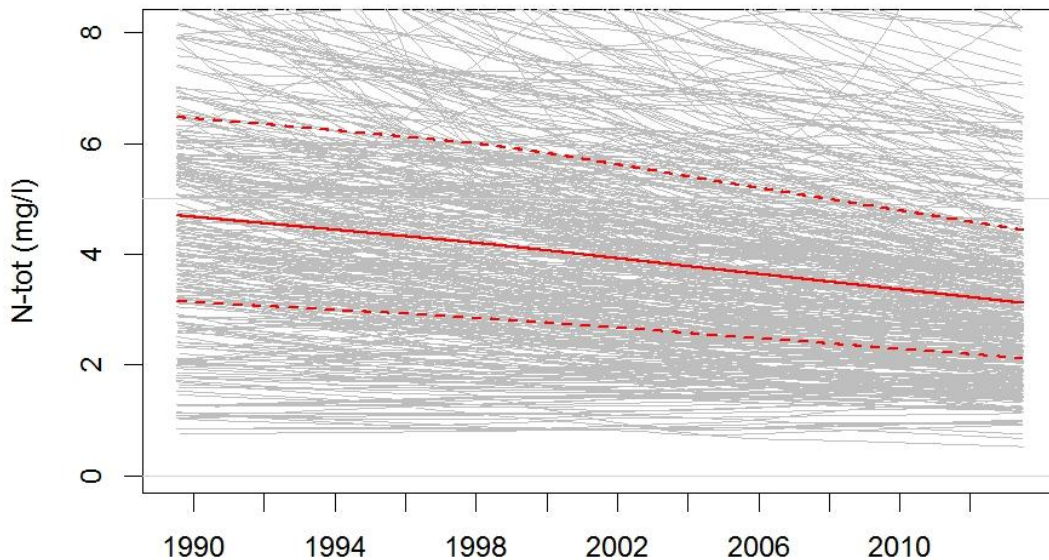


Figuur 4.2 Mediane trend met 95%-betrouwbaarheidsinterval van de helling voor P-totaal, berekend met de Theil-Sen hellingschatter.

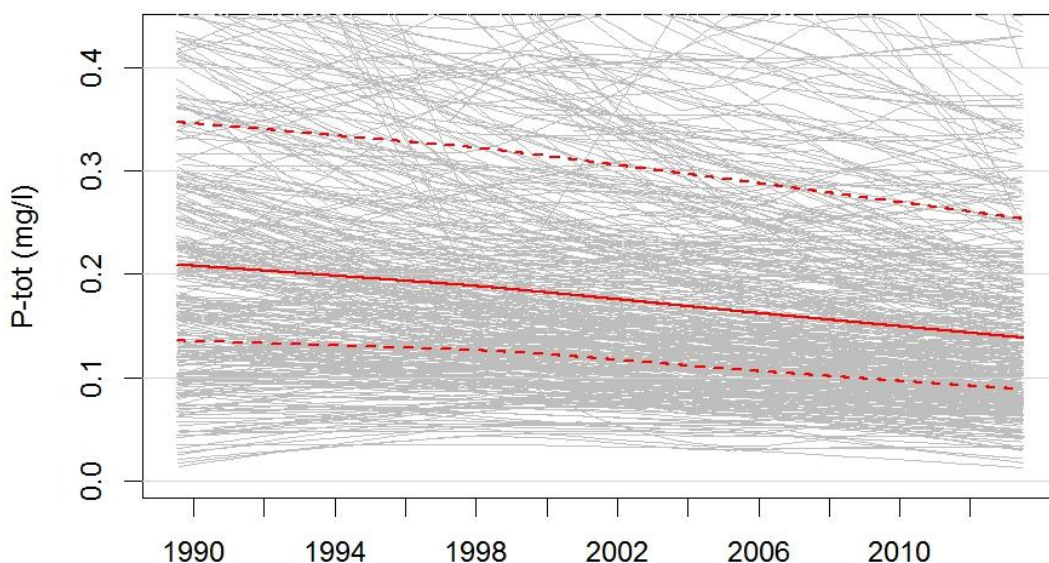
Door de gegevens van alle trendmeetpunten zijn kromme LOWESS-trendlijnen berekend. Met deze techniek is te signaleren of een trend steiler wordt of juist afvlakt in de loop van de tijd. De trendlijnen zijn geaggregeerd door een nieuwe LOWESS-trendlijn en een 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijn te berekenen door de LOWESS-trendlijnen per locatie. 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 waterlichamen zich qua concentratieniveau bevindt. De geaggregeerde LOWESS-trendlijnen voor N-totaal en P-totaal zijn weergegeven in Figuur 4.3 en Figuur 4.4.

Voor N-totaal dalen de LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel trendlijnen over de gehele periode. In periode van 1996 tot 2004 lijkt de daling in de concentraties iets steiler te worden. Voor P-totaal is het beeld hetzelfde: een neerwaartse trendlijn. De sterkere daling lijkt zich iets eerder in te zetten dan voor N-totaal: in de periode 1994-2000.



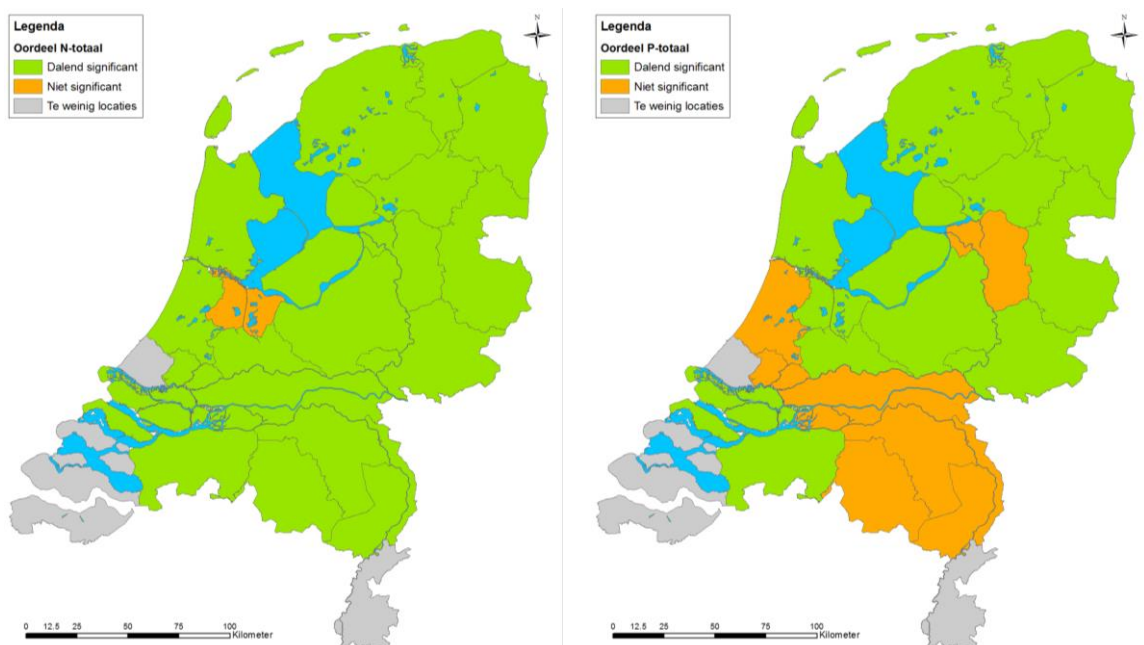
Figuur 4.3 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25 en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor N-totaal. De LOWESS-trendlijnen voor de individuele meetlocaties zijn op de achtergrond in grijs weergegeven.



Figuur 4.4 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25 - en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor P-totaal. De LOWESS-trendlijnen voor de individuele meetlocaties zijn op de achtergrond in grijs weergegeven.

4.2.2 Trends per waterbeheergebied

In deze paragraaf worden de trends per waterbeheergebied besproken. In Figuur 4.5 is op een kaart per waterbeheerder weergegeven of de trend significant opwaarts, neerwaarts of niet significant is, of dat er te weinig meetlocaties zijn om een betrouwbare uitspraak te doen (resultaten Theil-Sen hellingschatter). In deze kaarten zijn de rijkswateren niet apart weergegeven, deze kleuren groen op de kaart. In Figuur 4.6 en Figuur 4.7 zijn vier voorbeelden van de bijbehorende kruisplots weergegeven. In Bijlage E.1 zijn de kruisplots voor N-totaal en P-totaal voor alle waterbeheerders weergegeven. Figuur 4.8 en Figuur 4.9 laten voor respectievelijk N-totaal en P-totaal per waterbeheerder zien hoeveel meetlocaties er zijn met een opwaartse, neerwaartse en zonder significante trend (resultaat Seasonal Mann Kendall trend test). In bijlage E.2 zijn de resultaten van de LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel trendlijnen weergegeven.



Figuur 4.5 Oordeel per waterschap over de significantie van de trend voor N-totaal (links) en P-totaal (rechts) (resultaat van de Theil-Sen hellingschatter).

Voor N-totaal hebben 20 van de 24 waterbeheerders een significant neerwaartse trend (Theil-Sen hellingschatter; zie Figuur 4.5 links). In waterschap Amstel, Gooi en Vecht is de bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval opwaarts, waardoor de trend als niet significant beoordeeld is (zie Figuur 4.6, rechts). De waterschappen Delfland, Roer en Overmaas en Scheldestromen hebben minder dan acht meetlocaties, waardoor geen betrouwbare uitspraak gedaan kan worden over een gebiedstrend (zie paragraaf 4.1). Als tweede voorbeeld voor N-totaal is links in Figuur 4.6 de kruisplot voor waterschap Peel en Maasvallei weergegeven. In dit waterschap is de sterkste daling in concentratie te zien.

Indien gekeken wordt naar de trendresultaten voor N-totaal voor de verschillende meetlocaties binnen de verschillende waterschappen, verkregen met de Seasonal Mann Kendall trendtest, is het beeld vrij eenduidig: het grootste deel van de meetlocaties (veelal tussen de 80 en 100%) heeft een significant neerwaartse trend voor N-totaal (zie Figuur 4.8). De meeste meetlocaties met een opwaartse trend liggen in Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, 25% van de meetlocaties in dit beheersgebied heeft een opwaartse trend. Daarnaast is er in dit waterschap een groot percentage (40%) zonder significante trend.

Van de overige waterschappen hebben Roer en Overmaas, Reest en Wieden en Zuiderzeeland een relatief groot aantal meetlocaties (>20%) met een trend die niet significant is.

In de grafieken met de LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel trendlijnen (zie Bijlage E.2) zijn ook de variaties in de trend door de tijd heen te zien. Bij de meeste waterschappen dalen de trendlijnen voor N-totaal over de gehele periode met in sommige jaren een sterkere daling en in sommige jaren een afvlakkende daling. Bij een aantal waterschappen is er in een deel van de meetperiode een opwaartse trend te zien:

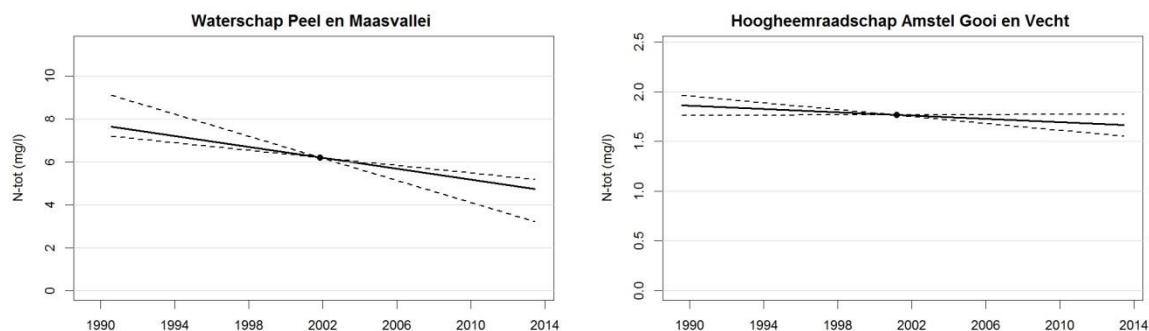
- In Amstel, Gooi en Vecht laat N-totaal vrijwel de gehele periode een opwaartse trend zien;
- Bij Hollands Noorderkwartier is er vanaf 1990 t/m 2003 een daling en vanaf 2004 laat de N-totaal concentratie een stijging zien;
- De N-totaal concentratie in de Dommel stijgt vanaf 1993 t/m 2004 en neemt af vanaf 2005.

Voor P-totaal geldt dat bij 14 van de 24 waterbeheerders de trend significant neerwaarts is (Theil-Sen hellingschatter; zie Figuur 4.5 rechts). De waterschappen zonder significante trend door een opwaartse bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval zijn: Rijnland, Schieland en Krimpenerwaard, Rivierenland, Aa en Maas, Dommel, Peel en Maasvallei en Groot Salland. Net als bij N-totaal is bij Delfland, Roer en Overmaas en Scheldestromen de trend niet significant omdat er te weinig meetlocaties zijn om een uitspraak over de trend te doen. De kruisplots voor de waterschappen zijn weergegeven in Bijlage E.1 (Theil-Sen hellingschatter). Als voorbeeld zijn in Figuur 4.7 de kruisplots voor Noorderzijlvest, met een relatief sterk neerwaartse trend, en Aa en Maas, met geen significante trend, weergegeven.

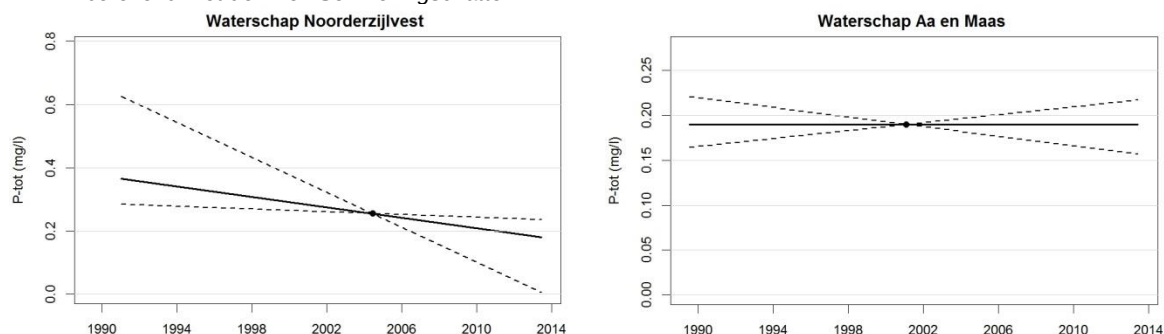
In Figuur 4.9 is voor P-totaal het resultaat te zien van de Seasonal Mann Kendall trendtest: per waterschap het aantal locaties met een opwaartse, neerwaartse en zonder significante trend weergegeven. Het grootste deel van de waterschappen laat bij meer dan de helft van de meetlocaties een significant neerwaartse trend zien. Bij enkele waterschappen laat minder dan de helft van de meetlocaties een significant neerwaartse trend zien: Aa en Maas, Dommel, Rijnland en Scheldestromen.

In de grafieken met de LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel trendlijnen (zie Bijlage E.2) zijn ook de variaties in de trend door de tijd heen te zien. Bij de meeste waterschappen dalen de trendlijnen over de gehele periode met in sommige jaren een sterkere daling en in sommige jaren een afvlakkende daling. Bij een aantal waterschappen is er in een deel van de meetperiode een opwaartse trend te zien:

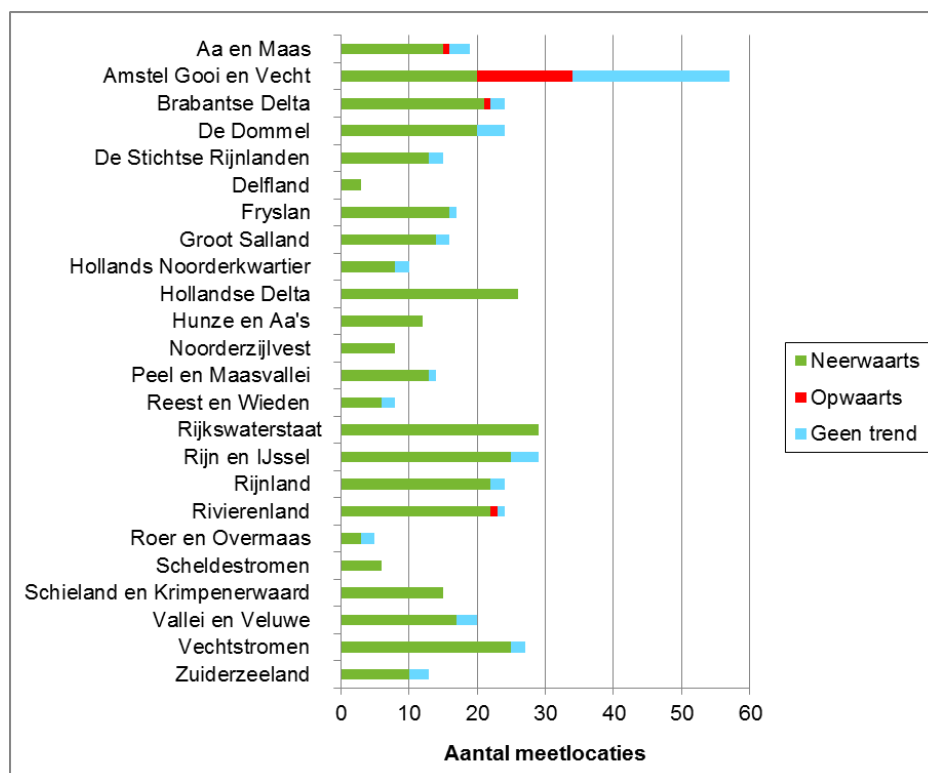
- Amstel, Gooi en Vecht: de mediaan van de LOWESS en de 25-percentiel stijgen van 1990 t/m 2005 licht. Vanaf 2006 is er een daling in de P-totaal concentratie;
- Rijnland: tot 2006 stijgt de P-totaal concentratie, vanaf 2006 is er een daling te zien;
- Aa en Maas: de 25-percentiel van de LOWESS stijgt de gehele periode, de 75-percentiel daalt de gehele periode en de mediaan stijgt heel licht in het begin van de jaren 90 en daalt daarna tot 2007, waarna de P-totaal concentratie stabiel blijft;
- Dommel: van 1990 tot 2002 stijgt de P-totaal concentratie en vanaf 2002 is er een daling te zien;
- Fryslân: de concentratie P-totaal daalt tot 2006, en daarna is er een lichte stijging te zien.



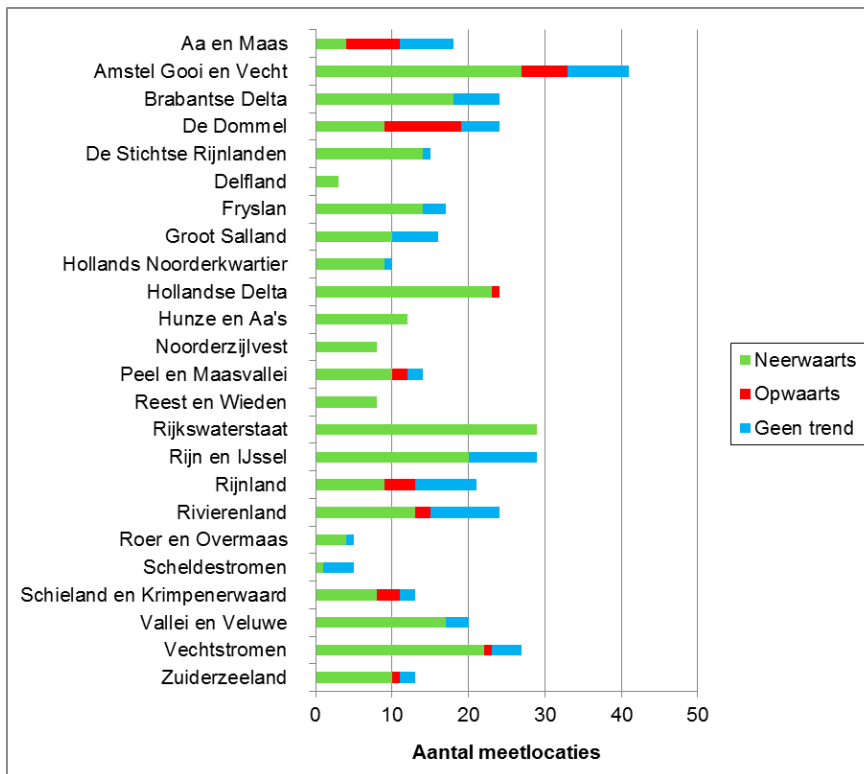
Figuur 4.6 Kruisplots N-totaal voor waterschap Peel en Maasvallei (links) en Amstel, Gooi en Vecht (rechts), berekend met de Theil-Sen hellingschatter.



Figuur 4.7 Kruisplots P-totaal voor waterschap Noorderzijlvest (links) en Aa en Maas (rechts), berekend met de Theil-Sen hellingschatter.



Figuur 4.8 Resultaten van de Seasonal Mann Kendall trend test voor N-totaal voor de verschillende waterschappen: het aantal meetlocaties met een opwaartse, neerwaartse en zonder significante trend.

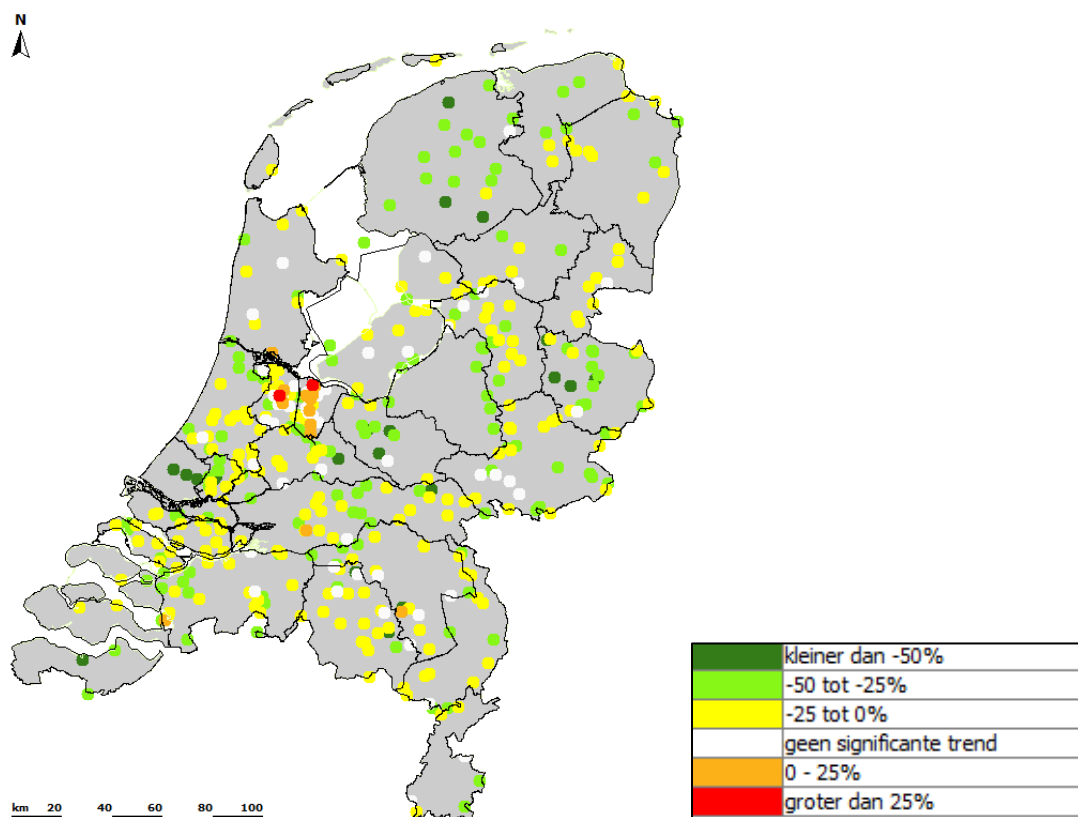


Figuur 4.9 Resultaten van de Seasonal Mann Kendall trend test voor P-totaal voor de verschillende waterschappen: het aantal meetlocaties met een opwaartse, neerwaartse en zonder significante trend.

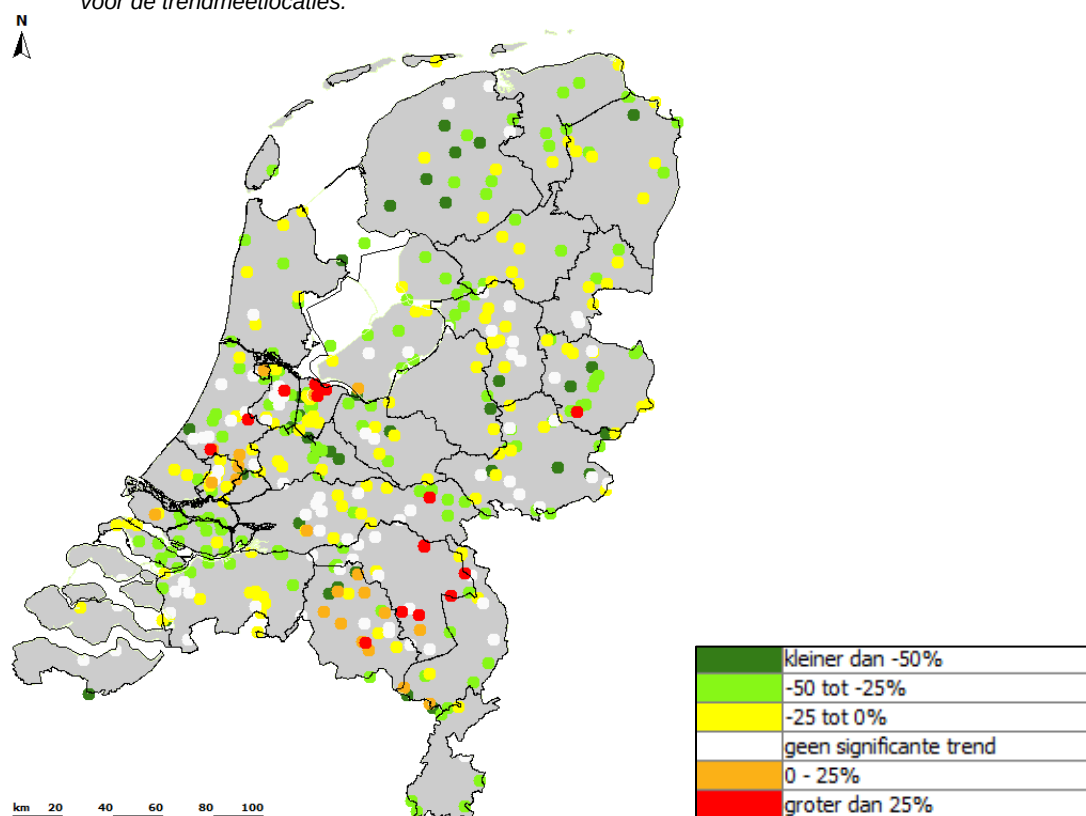
4.2.3 Ruimtelijk beeld trends

Om een ruimtelijk beeld te krijgen van de voorkomende trends zijn in Figuur 4.10 en Figuur 4.11 de procentuele Theil-Sen trendhellingen ten opzichte van de mediaan voor N- en P-totaal weergegeven. Er is gekozen om de procentuele hellingen weer te geven in plaats van de absolute hellingen omdat het effect van de daling of stijging sterk afhankelijk is van de concentratie (bij een hoge concentratie heeft een zekere daling minder effect dan bij een lagere concentratie).

In overeenstemming met de resultaten die in de voorgaande paragrafen zijn gepresenteerd, zijn voor N-totaal geen locaties aanwezig met een opwaartse trend in grote delen van Nederland. Met name in Amstel, Gooi en Vecht zijn relatief veel meetlocaties aanwezig met een opwaartse trend voor N-totaal (Figuur 4.10). Verspreid over Nederland liggen nog enkele meetlocaties met een opwaartse trend. Een grote procentuele daling (>50%) is bij een relatief veel meetlocaties zichtbaar in Fryslân, Rijn en IJssel, Vallei en Veluwe en Delfland (slechts 3 meetlocaties).



Figuur 4.10 Relatieve Theil-Sen trendhelling (percentage t.o.v. mediaan) voor N-totaal over de gehele meetreeks voor de trendmeetlocaties.



Figuur 4.11 Relatieve Theil-Sen trendhelling (percentage t.o.v. mediaan) voor P-totaal over de gehele meetreeks voor de trendmeetlocaties.

Voor P-totaal kan geconcludeerd worden dat er een regionaal patroon te zien is in de procentuele trends (Figuur 4.11). De meeste opwaartse trends zijn geclusterd in het zuidoosten van Nederland (regio Oost-Brabant). Daarnaast liggen er in het westen van Nederland een aantal meetlocaties met een relatief grote opwaartse trend. Deze meetlocaties liggen in Amstel, Gooi en Vecht redelijk geclusterd. Verder ligt er verspreid over Nederland nog een enkele locatie met een opwaartse trend.

Meetlocaties met een neerwaartse trend liggen verspreid over Nederland. Vooral in Fryslân en Oost-Nederland zijn relatief veel meetlocaties met een grote (>50%) procentuele daling.

5 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven.

5.1 Conclusies

5.1.1 Data

Een goede consistente database opbouwen met data uit het waterkwaliteitsportaal bleek meer tijd te kosten dan gewenst. De uiteindelijke database met bijna 400.000 records is gebruikt voor de bepaling van toestand en trend.

5.1.2 FEWS

Voor dit project is FEWS als pilot ingezet voor het bepalen en visualiseren van toestand en trends. Het gebruik van FEWS lijkt in vele opzichten geslaagd. De analyse en visualisatie heeft voor een groot deel binnen FEWS plaats kunnen vinden en de resultaten zijn veelbelovend.

5.1.3 Toestand

Voor heel Nederland wordt in SGBP2014 voor N-totaal bijna 50% van de waterlichamen als 'goed' beoordeeld. Voor P-totaal is dit percentage 45%. Er is een verbetering zichtbaar tussen SGBP2009 en SGBP2014 voor 23% van de waterlichamen voor N-totaal en 25% voor P-totaal. Een achteruitgang is te zien voor 8% voor N-totaal en 7% voor P-totaal.

Voor N-totaal zijn er in SGBP2014 vier waterschappen waarbij meer dan 90% als 'goed' wordt beoordeeld: Stichtse Rijnlanden, Groot Salland, Scheldestromen en Hunze en Aa's. In Limburg, Noord-Brabant en het oosten van Nederland komen relatief veel normoverschrijdingen van N-totaal voor in vergelijking met andere gebieden.

Bij alle waterbeheerders, met uitzondering van Hollands Noorderkwartier, Vallei en Veluwe en Roer en Overmaas, is in SGBP2014 een hoger percentage van de waterlichamen als 'goed' beoordeeld vergeleken met SGBP2009.

Waterbeheerders waarbij voor P-totaal in SGBP2014 meer dan 75% van de waterlichamen als 'goed' wordt beoordeeld zijn Groot Salland, Rijn en IJssel, Scheldestromen en Hunze en Aa's. Veel waterlichamen die als 'ontoereikend' of 'slecht' zijn beoordeeld liggen in het westen (Hollands Noorderkwartier, Rijnland, Delfland, Schieland en de Krimpenerwaard en het westen van Amstel, Gooi en Vecht), de westkant van waterschap Aa en Maas, de zuidwesthoek van Vallei en Veluwe en in Roer en Overmaas.

Net als bij N-totaal is voor P-totaal de toetsing in SGBP2014 in vergelijking met SGBP2009 positiever voor de meeste waterschappen. Uitzondering hierop vormen de waterschappen Roer en Overmaas, Groot Salland, Vallei en Veluwe, Fryslân, Schieland en Krimpenerwaard en Dommel.

5.1.4 Trends

De drie verschillende statistische methodes die gebruikt zijn om de trends te berekenen geven alle drie hetzelfde landelijke beeld: de concentraties voor zowel N- als P-totaal zijn aan het dalen. Voor N-totaal laat ruim 80% een significantie neerwaartse trend zien en voor P-totaal ruim 70%. Een significant opwaartse trend voor N- en P-totaal is te zien bij respectievelijk 4 en 9% van de meetlocaties.

Voor N-totaal hebben alle waterschappen die genoeg meetlocaties hebben om een uitspraak over te doen een significante neerwaartse trend. Een uitzondering vormt Amstel, Gooi en Vecht, waar de N-totaal trend als niet significant is beoordeeld. In dit waterbeheergebied heeft 25% van de meetlocaties een significante opwaartse trend.

Voor P-totaal is de trend bij iets meer dan de helft van de waterbeheerders significant neerwaarts. De waterschappen zonder significante trend zijn: Rijnland, Schieland en Krimpenerwaard, Rivierenland, Aa en Maas, Dommel, Peel en Maasvallei en Groot Salland. Bij de waterschappen Aa en Maas en Dommel laat ca. 40% van de meetlocaties een significant stijgende trend zien.

5.2 Aanbevelingen

5.2.1 Data

Een goede analyse op landelijk niveau valt of staat met de kwaliteit van de gebruikte dataset. Waterbeheerders, DGRW, Unie van Waterschappen en het Informatiehuis Water zouden het belang van een robuuste dataset moeten onderkennen en deze moeten waarborgen.

In dit onderzoek is geconstateerd dat er voor sommige KRW-locaties geen data beschikbaar zijn via het waterkwaliteitsportaal. In een volgend onderzoek zou de Limno-database geraadpleegd kunnen worden voor ontbrekende data op het waterkwaliteitsportaal. Ook direct contact met de waterbeheerders om aanvullende data op te vragen, behoort tot de mogelijkheden.

5.2.2 FEWS

Voor dit onderzoek is een pilot versie van Delft-FEWS gebruikt (zie ook paragraaf 2.4). Een logische vervolgstap is om samen met waterbeheerders en het ministerie van IenM de wensen ten aanzien van het gebruik, de visualisatie en aanvullende analyses te verkennen. Op basis van deze wensen ten aanzien van het toekomstig gebruik, zou deze FEWS-pilot uitgewerkt kunnen worden tot een volwaardige stand-alone 'FEWS-KRW' applicatie. Met een stand-alone versie kan deze nutriënten-applicatie voor een breed publiek toegankelijk worden gemaakt.

Een stand-alone applicatie voor de nutriënten kan geschikt gemaakt worden voor het uitvoeren van diverse aanvullende analyses. Te denken valt aan:

- De nutriëntendata voor de zoute en overgangswateren, zodat een volledig beeld van de Nederlandse KRW-waterlichamen kan worden getoond.
- Toetsing van het zomerhalfjaargemiddelde per jaar aan de normen in plaats van toetsing aan het zomerhalfjaargemiddelde van drie jaar. De verschillen tussen de jaren worden inzichtelijk en ook de tussenliggende jaren kunnen worden getoond.
- Selectiemogelijkheden in FEWS zoals bijvoorbeeld:
 - Selectie van meetlocaties die net de norm overschrijden of meetlocaties waarvan de huidige waterkwaliteit nog ver verwijderd is van de norm 'goed'. Hiervan kan gebruik worden gemaakt bij de voorbereiding van de 3^e cyclus stroomgebiedbeheerplannen voor de KRW door in verschillende scenario's te kijken naar effectiviteit van maatregelen op nationaal, regionaal en financieel niveau.
 - Een extra indeling in stroomgebieden, naast de indeling in waterbeheerders en KRW-typen.

- Een filterfunctie zodat grafieken met een specifieke selectie gemaakt kunnen worden, zoals bijvoorbeeld verschillende KRW-typen per waterbeheerder, de trends per KRW-stroomgebied of delen daarvan.
- Voor deze pilot is alleen gekeken naar nutriënten. Voor de eutrofiëring zou ook gekeken kunnen worden naar chlorofyl-A en andere parameters die het doorzicht kunnen beïnvloeden zoals zuurstof, DOC, zwevend stof. Ook kan wellicht STOWA ecologische sleutelfactor 2 worden toegevoegd. Deze sleutelfactor brengt het lichtklimaat in relatie tot stoffen en factoren die daarop van invloed zijn in beeld.
- Toevoegen van extra achtergrondkaarten, zoals landgebruik, bodemtype, bemesting, etc.

Voor een aantal locaties zou samen met een waterschap vanwege de specifieke gebiedskennis een aanvullende analyse uitgewerkt kunnen worden met gebruik van onder andere bemestingskaarten, STONE en de KRW-Verkenner. Het verdient aanbeveling om locaties te selecteren in zowel hoog als laag Nederland.

Het verschil in zomergemiddelde tussen SGBP2009 en SGBP2014 geeft een minder rooskleurig beeld van de verbetering van de waterkwaliteit vanaf 2006 dan de resultaten van de trendanalyse, die is uitgevoerd op de jaargemiddelde concentraties vanaf 1990. Dit verschil is waarschijnlijk deels te wijten aan de keuze van Nederland om te toetsen op zomergemiddelde concentraties en niet op jaargemiddelden, zoals in Duitsland en Engeland. Het verschil in beide toetsmethoden is inzichtelijk te maken door hiervan een verschilkaart tussen jaar- en zomergemiddelden te maken.

Voor dit project wordt vooral gekeken naar de nutriënten. FEWS is ook geschikt om chemische stoffen, zoals prioritair (gevaarlijke) stoffen of gewasbeschermingsmiddelen te analyseren. Op landelijk niveau kunnen analyses van meetnetten zoals het MNLSO of MWTL in FEWS worden uitgevoerd. Het grote voordeel van FEWS is dat jaarlijkse nieuwe data op eenvoudige wijze kunnen worden toegevoegd en dat de analyses reproduceerbaar zijn.

6 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.

Duijnhoven, N. van & Klein, J., 2015. Memo aanvullende analyse KRW toestand en trendanalyse, juli 2015.

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.

IHW, Informatiehuis water, 2015, Email met zipbestanden voor nitraten_2012 en nitraten_2013, melding nummer 1503-0008, 13 maart 2015.

IHW, Informatiehuis water, 2015a, Email met bestand meetlocatie_waterlichaam_aquo-kit.csv, melding nummer 1503-0008, 31 mei 2015.

IHW, Informatiehuis water, 2015b, Email met zipbestand meetpunt_meetnet koppeling, medling nummer 1503-0093, 25 maart 2015.

Klein, J. & Rozemeijer, J., 2015. Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater. Tussenrapportage: update t/m 2013. Deltares rapport 1220098-007-BGS-0001.

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.

Lekkerkerk, H., 2014. Email met spreadsheets met normen voor SGBP periode 2009 en 2014: doelen_SGBP1_2009_20141118.csv, doelen_SGBP1_2014_20141118.csv en doelen_SGBP2_2014_20141118.csv. Informatiehuis Water, 18 november 2014.

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., 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.

RWS, 2015, Servicedesk, 4 e-mails met zipbestanden op 6 en 9 maart 2015.

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

Waterkwaliteitsportaal 2014, bronbestanden publiek mei 2014

(<http://www.waterkwaliteitsportaal.nl/Beheer/Rapportage/Publiek?viewName=Bronbestanden&jaar=2014&maand=Mei>)

A Databewerking

In deze bijlage worden de stappen uiteengezet die de basis vormen voor de dataset waarop de analyses zijn uitgevoerd. Eerst wordt het samenvoegen van de bestanden beschreven en vervolgens de compleetheid van de database.

A.1 Samenvoegen bestanden

Er zijn verschillende databestanden aangeleverd:

- Data regionale waterbeheerders:
 - Via het waterkwaliteitsportaal (waterkwaliteitsportaal, 2015) zijn de data van de regionale beheerders 1990 – 2011 gedownload.
 - Het Informatiehuis Water (IHW, 2015) heeft de data van de jaren 2012 en 2013 per email toegezonden.
- Data rijkswateren: RWS heeft de data van 1990 – 2013 in vier zipfiles gemaild (RWS, 2015).
- Het IHW heeft een overzicht aangeleverd van de KRW-waterlichamen met bijbehorende KRW-meetpunten (IHW, 2015a) en een overzicht waarin alle KRW-meetpunten staan vermeld (IHW, 2015b).

In totaal zijn er 27 bestanden geleverd. De afzonderlijke bestanden zijn samengevoegd in één grote database met ruim 3,8 miljoen records.

Tot één grote uniforme database komen bleek een behoorlijk grote uitdaging zijn, vanwege verschillende redenen, die in onderstaande paragrafen worden benoemd.

A.1.1 Geen eenduidige naamgeving

Door de jaren heen zijn locatienamen of locatiecodes van eenzelfde meetlocatie gewijzigd of (een paar meter) verschoven. In bijna 20% van de gevallen is de koppeling handmatig verlopen. Enkele voorbeelden:

- Naamgeving voor 2010 en na 2010 verschilt van elkaar. De naamgeving voor 2010 bevat vaak 'NLxx_' voor de meetpuntcode.
- Sommige voorloophnullen vallen weg omdat er tekstuele en numerieke velden door elkaar heen worden gebruikt. Als voorbeeld kan KRW-meetpunt 26 genoemd worden. Dit meetpunt heeft in de loop der jaren verschillende coderingen gekregen: tot en met 2010 02_0026 en daarna 0 26 en 26. In de meetpuntentabel is de code voor dit meetpunt 0026. Koppeling op meetpuntcode is in dit voorbeeld niet mogelijk. Voor deze locatie kon er gekoppeld worden aan de naam van de locatie, die in de loop der jaren wel hetzelfde gebleven was.

Naamgeving door beheerder aangepast. Een voorbeeld is KRW-meetpunt KRW22205KRW, die tot en met 2010 08_222050 heette en daarna 222050 (zie tabel A.1). In dit voorbeeld is koppeling op meetpuntcode dus niet mogelijk. Ook de meetpuntcode, naamgeving en X- en Y-coördinaten zijn in de loop der jaren veranderd. Voor deze locatie speelden ook nog twee andere zaken. De KRW-naamgeving bleek anders te zijn dan de meetpuntcode, omdat het laatste cijfer "0" vervangen is door "KRW", en bij deze locatie speelt ook nog een fusie van het waterschap, waardoor de beheerderscode is aangepast.

Tabel A.1 Wisselende codes, naamgevingen en coördinaten in de aangeleverde database voor KRW-meetlocatie KRW22205KRW.

jaar	Meetpunt code	Meetpunt omschrijving	Waterbeheerder	X_RD	Y_RD
2013	222050	Lage Leiding, Voorst, Voorsterklei	Waterschap Vallei en Veluwe	208188	465668
2012	222050	Lage Leiding, Voorst, Voorsterklei	Waterschap Vallei en Veluwe	208187.8	465668.2
2011	222050	Lage Leiding, Voorst, Voorsterklei	Waterschap Veluwe	208188	465668
2010	08_222050	Lage Leiding	Waterschap Veluwe	208187	465668

A.1.2 KRW-meetpunten bestand IHW

De codering van de KRW-meetpunten uit het IHW bestand (IHW, 2015b) kwam met regelmaat niet overeen met locatienamen in de aangeleverde databestanden door IHW (IHW, 2015) en de databestanden op het waterkwaliteitsportaal (waterkwaliteitsportaal, 2015). Enkele voorbeelden:

- Sommige waterbeheerders hebben één meetlocatie per waterlichaam opgegeven, maar die meetlocatie bestaat in werkelijkheid uit meerdere meetlocaties. Met behulp van GIS is een groot deel van de meetlocaties alsnog gekoppeld. Bij twee waterschappen (Amstel, Gooi en Vecht en Waterschap Vallei en Eem) is informatie opgevraagd over de toewijzing van meetpunten aan KRW-waterlichamen, omdat ze anders niet in de analyse meegenomen zouden kunnen worden
- Er zat geen 100% overlap tussen de IHW lijst met KRW-meetpunten (1113) en de IHW toewijzing van meetlocaties aan KRW-waterlichamen. Er konden alsnog 441 meetlocaties toegevoegd worden aan de lijst met KRW-meetpunten, omdat ze wel zijn toegewezen aan een KRW-waterlichaam volgens de koppeltabel van IHW (IHW, 2015a).

A.1.3 Koppeling van de meetpunten aan de juiste waterlichamen

Ook bij deze koppeling, waarvoor de lijst van IHW werd gebruikt waarmee meetlocaties worden toegewezen aan KRW-waterlichamen (IHW, 2015a), bleken aanpassingen nodig te zijn:

- Niet alle KRW-waterlichamen hebben een meetpunt toegedeeld gekregen. Met GIS is gekeken of er toch meetlocaties in aanmerking kwamen. Er zijn 20 waterlichamen extra gekoppeld, die anders niet meegenomen konden worden.
- De waterlichamen tussen SGBP2009 en SGBP2014 zijn op een aantal plekken aangepast of de naamgeving is aangepast. Om toch een vergelijking te kunnen maken tussen waterlichamen en bijbehorende meetlocaties is een koppeling gemaakt zodat de vergelijking tussen SGBP2009 en SGBP2014 wel gemaakt kon worden. Zo is voor een waterlichaam dat in SGBP2009 uit één deel bestond en in SGBP2014 is opgesplitst in twee of meerdere delen, alleen dat deel van SGBP2009 meegenomen waar de bijbehorende meetlocatie in gelegen is.

A.1.4 Dubbele records in de database

In de IHW database van 2012 en 2013 komen meervoudige metingen op één locatie op hetzelfde tijdstip voor. Deze informatie is door de waterbeheerders aangeleverd. Voor het creëren van een uniforme database is voor dit soort metingen het gemiddelde bepaald.

A.2 Compleetheid database

Op de meetdata heeft een compleetheidscontrole plaatsgevonden. Het gaat om een database met 1,3 miljoen records waarin data beschikbaar zijn voor de periode 1990 – 2013.

Ondanks de grote hoeveelheid meetdata blijkt de waterkwaliteitsdatabase niet compleet te zijn:

- Niet voor alle KRW-meetpunten blijken data beschikbaar te zijn. Vertaald naar waterlichamen kan voor 51 van de 713 waterlichamen (SGBP2014) geen toestand berekend worden. Hiertoe behoren ook 13 RWS zoute of brakke waterlichamen met een norm voor het wintergemiddelde. Aangezien dit project zich richt op N- en P-totaal voor het zomerhalfjaar, zijn deze waterlichamen buiten beschouwing gelaten. De waterlichamen beschikken wel over meetlocaties.
- Voor circa 70 KRW-meetlocaties zijn slechts 4 meetjaren beschikbaar. Voor deze locaties kan geen trend worden vastgesteld, omdat daar minimaal 10 jaar voor nodig zijn (Klein, 2012a). Afhankelijk van de gemeten jaren kon de vergelijking tussen de planperiodes SGBP2009 en SGBP2014 ook niet gemaakt worden.

B Dataverwerking

In deze bijlage zijn de stappen beschreven die zijn uitgevoerd voor de kwaliteitscontrole en dataverwerking. Voor beide stappen is dezelfde werkwijze gevolgd als door Klein et al. (2012a).

B.1 Waarden onder de detectielimiet

Van de gehele dataset is bekeken wat de hoogste en laagste waarden zijn die onder de detectielimiet voorkomen. In Tabel B.1 staat per parameter het aantal metingen onder de detectielimiet en het bereik aan waarden die onder de detectielimiet liggen.

Tabel B.1 Per parameter het aantal metingen onder de detectielimiet en het bereik aan waarden die onder de detectielimiet liggen. Dtl = detectielimiet.

Parameter	# Metingen	# metingen < dtl	% metingen < dtl	Waarden < dtl (mg/l)
Ntot	126.863	3.617	3	0,1 - 27,5
KjN	160.195	2.671	2	0,01 - 4,0
NO ₂	150.971	28.247	19	0,001 - 1,0
NO ₃	128.345	12.802	10	0,001 - 3,9
sNO ₂ NO ₃	120.552	10.048	8	0,01 - 18,02
NH ₄	189.046	26.678	14	0,001 - 2,0
P-tot	191.115	5.821	3	0,01 - 0,7
PO ₄	159.840	31.221	20	0,001 - 4

In bovenstaande tabel is te zien dat er enkele hoge waarden onder de detectielimiet liggen. In de meeste gevallen gaat het om (één) enkele monster(s) met een hoge waarde onder de detectielimiet. Deze hoge waarden onder de detectielimiet kunnen invloed hebben op de normtoetsing. Per stof is verschillend met de hoge waarden onder de detectielimiet omgegaan:

- PO₄: de waarden onder de detectielimiet van < 4,0 mgP/l komen voor bij Rijnland in 2012. Het gaat hier hoogstwaarschijnlijk om een decimale fout in de aangeleverde data. PO₄ is alleen van belang als PO₄ een gehalte groter heeft dan P-totaal (zie paragraaf B.3 over consistentiechecks). Als PO₄ echter kleiner is dan de detectielimiet is de waarde van P-totaal aangehouden. Omdat het gehalte van PO₄ geen invloed heeft op de berekening van P-totaal, is er geen correctie voor gemaakt.
- P: hoge detectielimieten (> 0,2 mgP/l) komen voornamelijk voor bij waterschap Peel en Maasvallei (87 metingen) en Roer en Overmaas (10 metingen). Omdat het om een aanzienlijk aantal metingen gaat, zijn de waarden niet verwijderd.
- NH₄: NH₄ is alleen van belang als NH₄ een gehalte groter heeft dan NKj zie paragraaf B.3 over consistentiechecks). Als NH₄ echter kleiner is dan de detectielimiet is de waarde van NKj aangehouden. Omdat het gehalte van NH₄ geen invloed heeft op de berekening van N-totaal, is er geen correctie voor gemaakt.
- NKj: een detectielimiet tussen de 2,5 en 4,0 mgN/l komt voor bij waterschap Peel en Maasvallei (100 monsters) en Roer en Overmaas (31 monsters) in de jaren 1996 t/m 1999. Omdat het om een aanzienlijk aantal metingen gaat, zijn de waarden niet verwijderd.

- NO₂: er zijn totaal zeven metingen met waarden van <0,5 of <1,0 mgN/l. Aangezien bij de desbetreffende metingen N-totaal niet wordt berekend uit NO₂, zijn deze waarden niet verwijderd uit de dataset.
- NO₃: er is één hoge waarde verwijderd die kleiner is dan de detectielimiet (3,9 mgN/l).
- sNO₂NO₃: er komen 22 metingen voor met waarden kleiner dan de detectielimiet tussen de 14 en 18 mgN/l. Bij de desbetreffende waarden zijn ook NO₃ en NO₂ gemeten, dus is deze somparameter niet van belang bij de berekening van N-totaal (zie paragraaf B.4 over de berekening van N-totaal uit de N-componenten). Uit de metingen blijkt ook dat deze hoge detectiewaarden voortkomen uit een gehalte van NO₂ kleiner dan de detectielimiet.
- Ntot: voor Ntot komen er hoge waarden onder de detectielimiet voor. Dit komt omdat Ntot vaak berekend is uit de N-componenten. Als één N-component kleiner is dan de detectielimiet is door de waterbeheerder (soms) een '<' teken voor de waarde van Ntot gezet. Onze voorkeur gaat uit naar het zelf berekenen van N-totaal uit de deelcomponenten (zie paragraaf B.4). Bij alle metingen met een hoge detectielimiet wordt N-totaal berekend uit de deelcomponenten, en zullen deze waarden dus niet gebruikt worden. Daarom zijn deze hoge waarden onder de detectielimiet niet verwijderd uit de dataset.

Als een waarde kleiner is dan de detectielimiet is de helft van de waarde aangehouden. Voor de berekening van N-totaal uit KjN, NO₂, NO₃ en/of NO₂NO₃ wordt, als een van deze parameters een waarde kleiner dan de detectielimiet heeft, de waarde eerst gedeeld door 2 voordat de parameters worden opgeteld.

B.2 Voorkomen van extreem lage of hoge waarden

Voor alle P- en N-componenten is gekeken of er sprake is van extreem hoge dan wel lage waarden, waarbij er een grens is vastgesteld waarbij een meetwaarde wordt aangemerkt als extreem (zelfde grens als in Puijenbroek et al., 2010). In Tabel B.2 staat voor de verschillende N- en P-componenten de minimum en maximum waarde.

Tabel B.2 Aantal metingen en minimum en maximum waarde voor de verschillende N en P componenten. Als de maximum waarde 999999999 is, is de een na hoogste waarde ook vermeld.

Parameter	# metingen	minimum	maximum	grens	# extremen
Ntot	126.863	-1	300	500	23
KjN	160.195	0.01	999999999 130	500	7
NO ₂	150.971	0	999999999 98	50	7
NO ₃	128.345	0.001	999999999 82	200	7
sNO ₂ NO ₃	120.552	0.001	73	500	0
NH ₄	189.046	-1	999999999 94	500	6
P-tot	191.115	0.01	999999999 98	100	7
PO ₄	159.840	0.001	999999999 99	100	7

Uit de tabel valt af te leiden dat er een aantal onmogelijke extremen in de dataset voorkomen. De negatieve waarden (Ntot en NH₄) zijn verwijderd. Daarnaast zijn alle waarden 999999999 verwijderd.

Uit de controle naar hoge waarden kwam een fout naar voren in de data van Hoogheemraadschap van Rijnland. In 2012 komen er voor PO_4 , P-totaal en NO_2 een aantal zeer hoge waarden voor. Het gaat hier hoogstwaarschijnlijk om een decimale fout in de aangeleverde data. Dit is gecheckt met een dataset die reeds in het bezit was van Deltares. Drie van de negen locaties in de huidige dataset kwamen ook in de desbetreffende dataset voor: het blijkt inderdaad een decimale fout met een factor 1000 te hoog. De volgende acties zijn uitgevoerd voor de verschillende stoffen:

- Voor P-totaal zijn de meetwaarden in 2012 ≥ 22 mgP/l gedeeld door 1000 (er zat een duidelijke grens tussen deze hoge waarden en de andere voorkomende waarden).
- Er zijn 252 analyses in Rijnland waarbij $\text{PO}_4 > \text{P-totaal}$ (waardoor P-totaal de waarde van PO_4 zou krijgen, zie paragraaf B.3 over consistentiechecks), maar waarbij PO_4 een hoge waarde heeft ($< 4 - 99$ mgP/l) die als niet betrouwbaar wordt ingeschat. Voor de betreffende metingen is voor de parameter P-totaal, de gemeten waarde van P-totaal gehanteerd en niet de PO_4 -concentratie toegekend.
- Bij 207 monsters is hoogstwaarschijnlijk NO_2 een factor 1000 te hoog. Bij al deze metingen is ook sNO_2NO_3 bekend. Voor de desbetreffende metingen is voor de berekening van N-totaal de waarde van sNO_2NO_3 gebruikt, en is niet zelf de som van $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ berekend (zie paragraaf B.4 over het berekenen van N-totaal uit de N-componenten).

Overige opmerkingen over voorkomende hoge waarden:

- N-totaal: er komen twee hele hoge waarden voor (135 en 300 mgN/l). Bij beide metingen zijn de N-deelparameters ook bekend, dus wordt N-totaal berekend uit de deelparameters.
- Voor de overige voorkomende hoge waarden voor de verschillende parameters bestaat geen aanleiding om aan te nemen dat de waarden niet kloppen. Deze waarden zijn dan ook gewoon meegenomen in de data-analyse.

B.3 Inconsistentiechecks

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

- $\text{NO}_2 + \text{NO}_3 > 1.25 * \text{NO}_2\text{NO}_3$;
- $\text{NO}_2\text{NO}_3 > 1.25 * \text{NO}_2 + \text{NO}_3$;
- $\text{KjN} + \text{NO}_2 + \text{NO}_3 > 1.25 * \text{N}$;
- $\text{N} > 1.25 * (\text{KjN} + \text{NO}_2 + \text{NO}_3)$;
- $\text{KjN} + \text{NO}_2\text{NO}_3 > 1.25 * \text{N}$;
- $\text{N} > 1.25 * (\text{KjN} + \text{NO}_2\text{NO}_3)$;
- $\text{NH}_4 > \text{KjN}$: de NH_4 -waarde kan in principe niet hoger zijn dan de KjN-waarde;
- $\text{PO}_4 > \text{Ptot}$: de PO_4 -waarde kan in principe niet hoger zijn dan de Ptot-waarde.

In onderstaande tabel staat weergegeven hoeveel monsters niet aan de desbetreffende inconsistentiecheck voldoen.

Tabel B.3 Aantal monsters wat niet voldoet aan de desbetreffende inconsistentiecheck. Dtl = detectielimiet.

Inconsistentiecheck	# metingen (gecor. voor dtl)	Opmerkingen
$\text{NO}_2 + \text{NO}_3 > 1.25 * \text{NO}_2\text{NO}_3$ of $\text{NO}_2\text{NO}_3 > 1.25 * \text{NO}_2 + \text{NO}_3$	5824 van de 59.178 (hiervan hebben 4461 $\text{NO}_2\text{NO}_3 < \text{dtl}$)	Betreft veelal waarden van sNO_2NO_3 onder de detectielimiet of lage waarden. Geen correcties/ verwijderingen, maar $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ zelf berekenen.
$\text{KjN} + \text{NO}_2 + \text{NO}_3 > 1.25 * \text{N}_{\text{tot}}$ of $\text{N}_{\text{tot}} > 1.25 * (\text{KjN} + \text{NO}_2 + \text{NO}_3)$	1263 (KjN, NO_2 en NO_3 gecor. voor dtl) van de 74.376 (hiervan hebben 169 $\text{N}_{\text{tot}} < \text{dtl}$)	Inconsistenties kan o.a. ontstaan doordat N_{tot} gemeten is of doordat voor de deelcomponenten niet altijd is gecorrigeerd voor waarden onder de dtl. Geen correcties/ verwijderingen, voorkeur om N-totaal zelf te berekenen.
$\text{KjN} + \text{NO}_2\text{NO}_3 > 1.25 * \text{N}_{\text{tot}}$ of $\text{N}_{\text{tot}} > 1.25 * (\text{KjN} + \text{NO}_2\text{NO}_3)$	767 (KjN en NO_2NO_3 gecor. voor dtl) van de 73.756 (hiervan hebben 198 N_{tot} of $\text{sNO}_2\text{NO}_3 < \text{dtl}$)	Inconsistenties o.a. doordat N_{tot} gemeten. Geen correcties/ verwijderingen.
$\text{NH}_4 > \text{KjN}$	788	NH_4 wordt gebruikt i.p.v. KjN
$\text{PO}_4 > \text{P}_{\text{tot}}$	1973 Bij 97 hiervan is $\text{PO}_4 < \text{dtl}$. Voor deze monsters is wel P genomen	PO_4 wordt gebruikt i.p.v. P_{tot}

Een groot deel van de inconsistenties met betrekking op N-totaal bleken te worden veroorzaakt doordat N-totaal direct gemeten is. Bij navraag bij de waterschappen blijkt dat het grootste deel van de waterschappen N-totaal berekend uit de N-componenten, maar dat er ook een aantal waterschappen is waarbij N-totaal direct wordt gemeten (Klein et al., 2012a).

Daarnaast is gekeken of het grote aantal inconsistenties een relatie heeft met het voorkomen van de detectielimiet, het waterschap, het jaar of de meetlocatie. De meeste inconsistenties blijken samen te hangen met waarden die kleiner zijn dan de detectielimiet. De inconsistenties ontstaan dan doordat verschillende waterschappen op een verschillende manier corrigeren voor de detectielimiet bij de berekening van NO_2NO_3 uit $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ en N-totaal uit $\text{KjN} + \text{NO}_2 + \text{NO}_3$. Tevens gaat het bij waarden onder de detectielimiet bijna altijd over lage waarden waardoor er bij een kleine afwijking al sprake is van een inconsistentie. Het feit dat verschillende waterschappen op een verschillende manier corrigeren voor de detectielimiet leidt ertoe dat sommige waterschappen ook meer inconsistenties hebben dan andere waterschappen. De inconsistenties die ontstaan bij waarden onder de detectielimiet hebben geen invloed op de normtoetsing en zijn dus niet uit de dataset verwijderd.

De inconsistenties lijken geen relatie te hebben met het jaar van de meting: oude metingen hebben niet relatief meer inconsistenties dan actuelere metingen.

Voor inconsistenties met betrekking op N_{tot} , KjN, NO_2 , NO_3 en/of NO_2NO_3 is besloten geen monsters te verwijderen uit de dataset omdat de inconsistentie vaak:

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

Als de KjN-concentratie lager is dan de NH₄-concentratie, is de waarde van NH₄ toegekend aan KjN. De NH₄-concentratie is namelijk makkelijker te meten en geeft een nauwkeurigere meetwaarde. KjN en NH₄ zijn eerst gecorrigeerd voor de detectielimiet voordat de vergelijking is gemaakt. Als de NH₄-concentratie groter is dan de NKj-concentratie, maar kleiner dan de detectielimiet, is voor de NKj-concentratie wel de gemeten NKj-concentratie aangehouden. De correctie is gemaakt bij 788 van de 155.569 metingen waarbij zowel KjN als NH₄ is bepaald. Bij vijf monsters was de NH₄-concentratie zo hoog (tussen de 9,3 en 94 mgN/l), dat dit gehalte onbetrouwbaar leek en het gehalte van NKj gewoon is aangehouden.

Als de P-concentratie lager is dan de PO₄-concentratie is de waarde van PO₄ aangenomen voor P-totaal omdat de P-concentratie in principe niet lager kan zijn dan de PO₄-concentratie. De PO₄-concentratie is makkelijker te meten en geeft een nauwkeurigere meetwaarde. Er zijn twee uitzonderingen:

- Als de PO₄-concentratie groter is dan de P-totaal concentratie, maar kleiner dan de detectielimiet, is voor de P-totaal concentratie wel de gemeten P-totaal concentratie aangehouden (97 monsters).
- Als de PO₄-concentratie veel hoger is dan de concentratie P-totaal (PO₄-concentratie tussen de 13 en 82 mgP/l), is voor de P-totaal concentratie wel de gemeten P-totaal concentratie aangehouden (10 monsters).

B.4 Wijze van berekenen N_{tot} uit de N-componenten

De concentratie N-totaal 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 + NO₃ + NO₂
- N_{tot} berekenen als KjN + sNO₂NO₃;
- N_{tot} berekenen als KjN + NO₃. Dit geeft een benadering van N_{tot} omdat de (meestal geringe) concentratie van NO₂ niet meetelt.

In Tabel B.4 staat voor de verschillende manieren van afleiden van N-totaal hoeveel monsters een waarde heeft.

Tabel B.4 Aantal monsters met een waarde voor de verschillende manieren van afleiden van N-totaal.

Wijze van N afleiding	Aantal monsters met een waarde
N _{tot} = N _{tot} (zoals opgegeven door ws)	126.839
N _{tot} = KjN + NO ₂ + NO ₃	112.850
N _{tot} = KjN + NO ₂ NO ₃	99.217
N _{tot} = KjN + NO ₃	114.115

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

- 1 N_{tot} = KjN + NO₃ + NO₂;
- 2 N_{tot} = KjN + NO₂NO₃;
- 3 N_{tot} = N_{tot} zoals opgegeven door het waterschap;
- 4 N_{tot} = KjN + NO₃.

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 N_{tot} 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 N-totaal.

In Tabel B.5 staat weergegeven hoe vaak welke manier van afleiden van N-totaal is toegepast. Totaal hebben 179.468 metingen een waarde voor N-totaal.

Tabel B.5 Wijze van afleiding van N-totaal.

Wijze van N afleiding	Aantal keer toegepast
$N_{tot} = K_jN + NO_2 + NO_3$	112.850
$N_{tot} = K_jN + NO_2NO_3$	44.865
$N_{tot} = N_{tot}$	21.440
$N_{tot} = K_jN + NO_3$	313

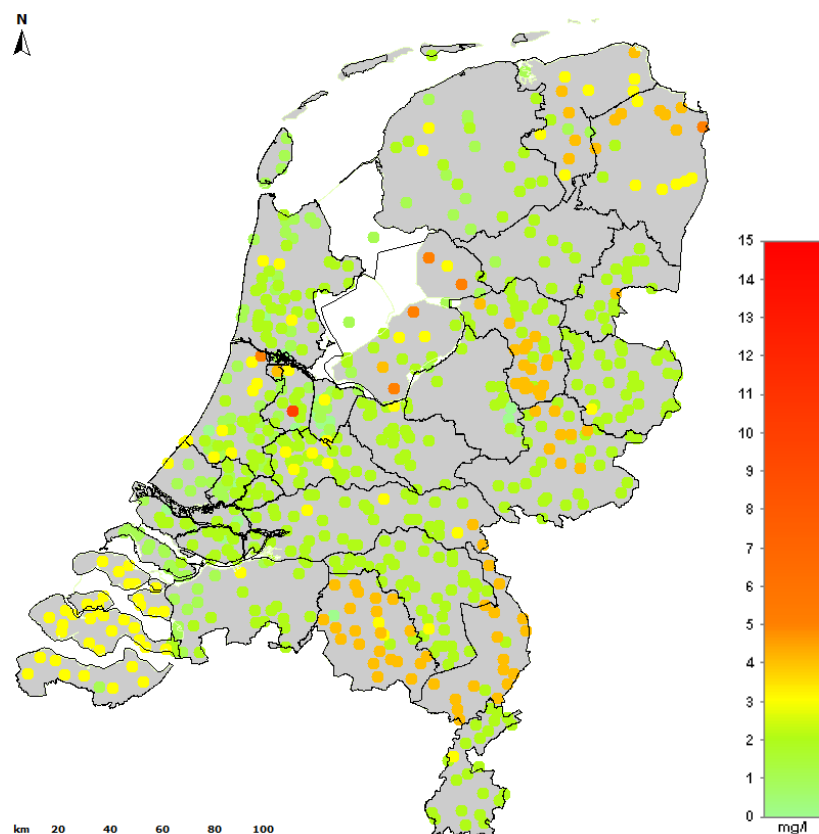
Bij de berekening van N_{tot} uit K_jN en sNO_2NO_3 is zowel K_jN als sNO_2NO_3 gecorrigeerd voor de detectielimiet. Als sNO_2NO_3 een berekende waarde is, zou er eigenlijk al gecorrigeerd moeten zijn voor de detectielimiet. Dit valt echter niet te controleren omdat NO_2 en NO_3 niet bekend zijn bij de metingen waarbij deze berekening wordt toegepast. In totaal gaat het om 4095 van de 44.865 metingen die een waarde voor sNO_2NO_3 kleiner dan de detectielimiet hebben. De hoogste waarde kleiner dan de detectielimiet is 0,3 mgN/l.

Ook voor N_{tot} zoals opgegeven door waterschap is gecorrigeerd voor de detectielimiet om tot N_{tot} te komen. Als N_{tot} 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. Van de 21.440 metingen zijn er 114 met een waarde kleiner dan de detectielimiet. De hoogste waarde kleiner dan de detectielimiet is 1,0 mgN/l.

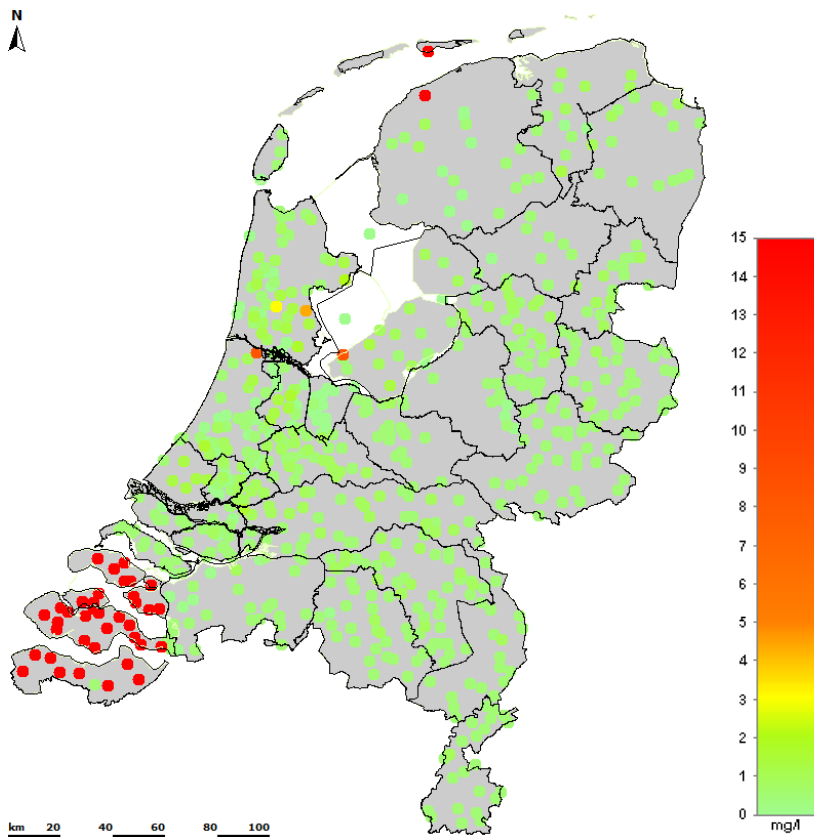
Het grootste deel van de monsters waarbij $N_{tot} = N_{tot}$ ligt in het Hoogheemraadschap van Rijnland en Wetterskip Fryslân. Van deze twee waterschappen is bekend dat N_{tot} een gemeten waarde is, en dus niet berekend uit andere N-componenten.

C Toetsing aan waterkwaliteitsnormen

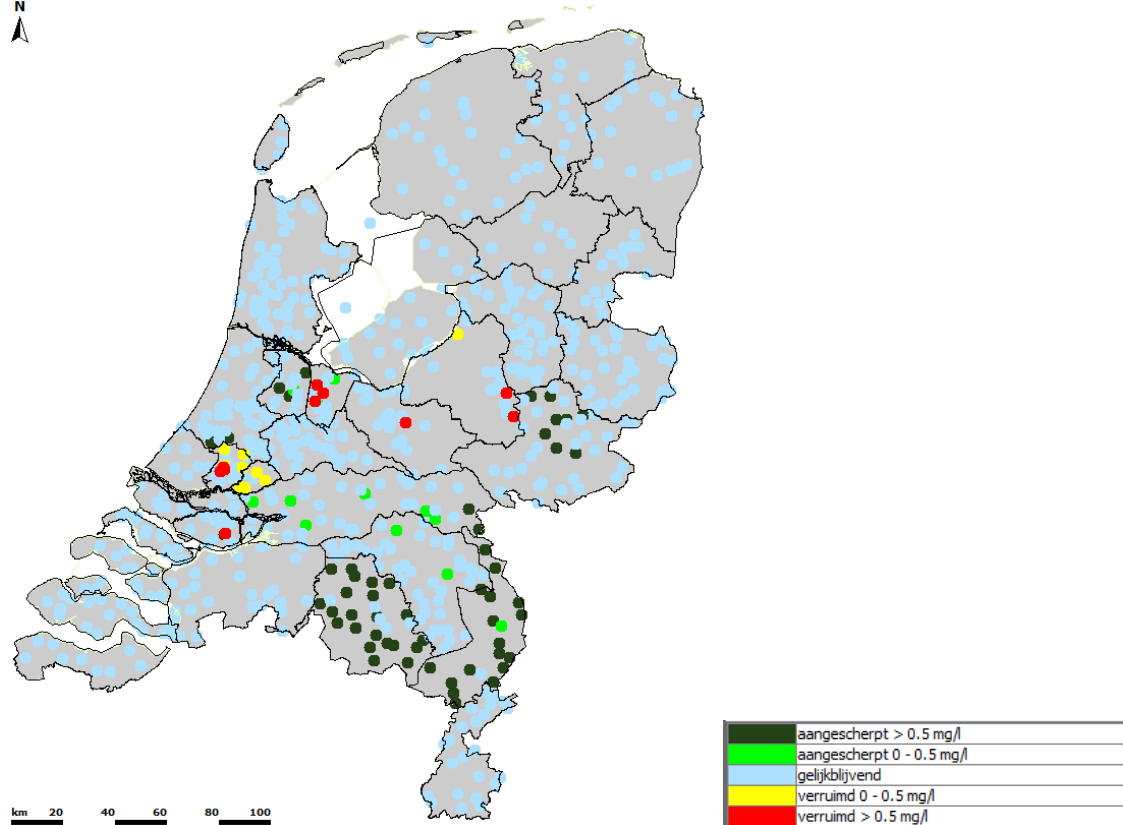
C.1 Normen



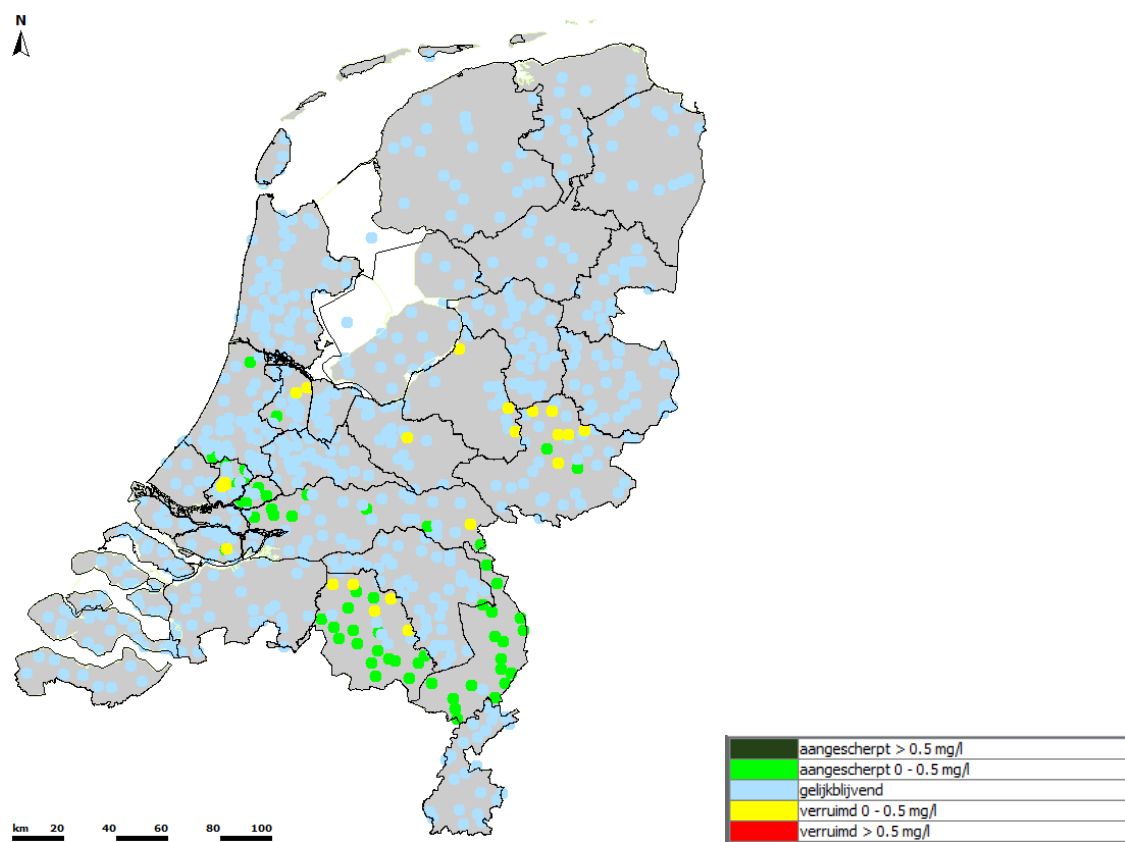
Figuur C.1 Normgrens goed-matig voor N-totaal (mgN/l) in SGBP2009.



Figuur C.2 Normgrens goed-matig voor P-totaal (mgP/l) in SGBP2009.

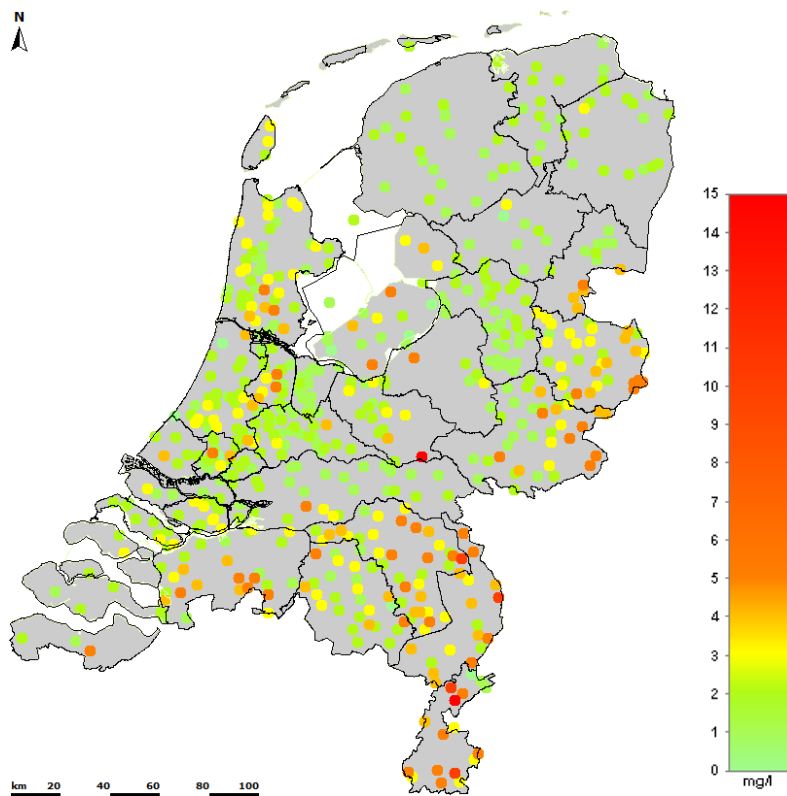


Figuur C.3 Verschilkaart normgrens goed-matig SGBP2014 vs. SGBP2009 voor N-totaal (mgN/l).

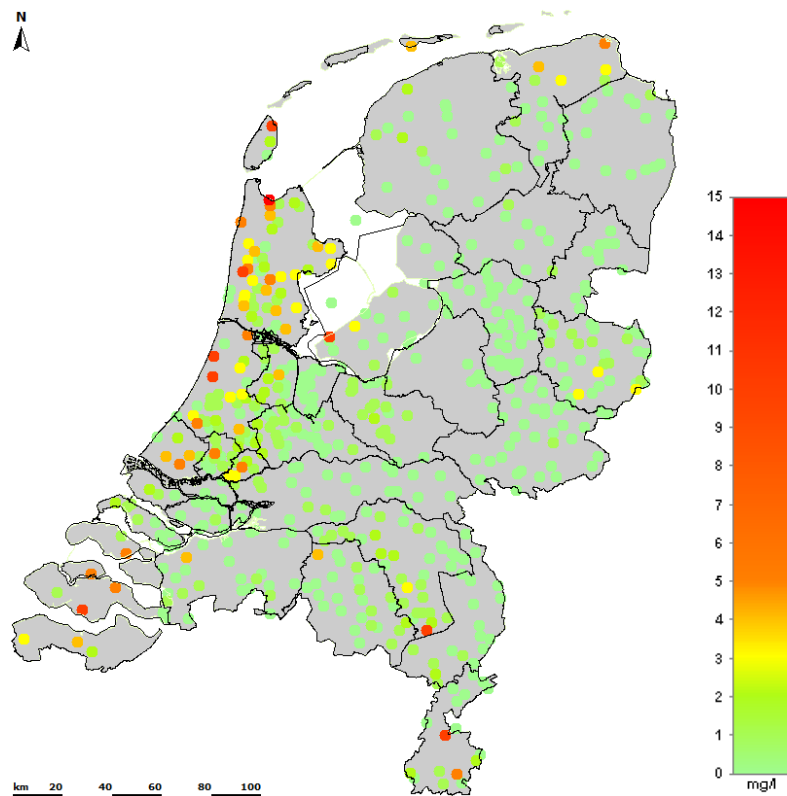


Figuur C.4 Verschilkaart normgrens goed-matig SGBP2014 vs. SGBP2009 voor P-totaal (mgP/l).

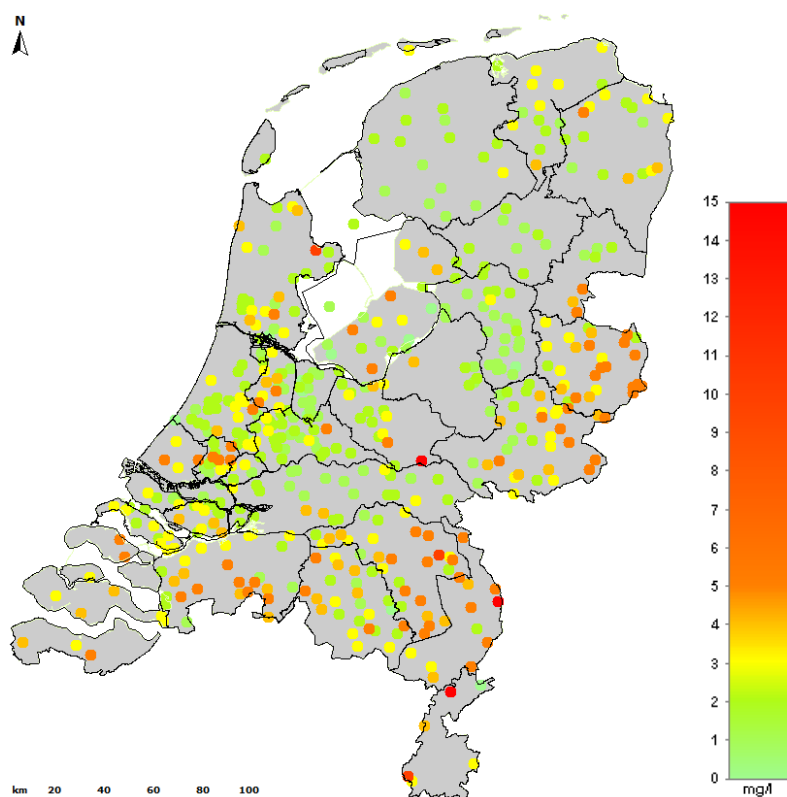
C.2 Periodeoordeel zomerhalfjaargemiddelden



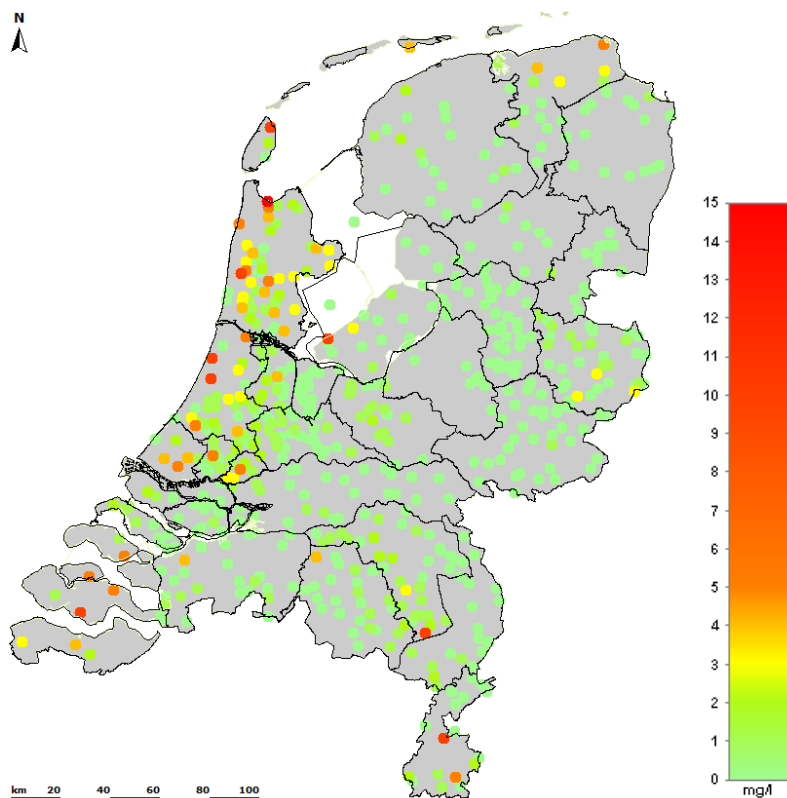
Figuur C.5 Periodeoordeel zomerhalfjaargemiddelden N-totaal SGBP2014.



Figuur C.6 Periodeoordeel zomerhalfjaargemiddelden P-totaal SGBP2014.

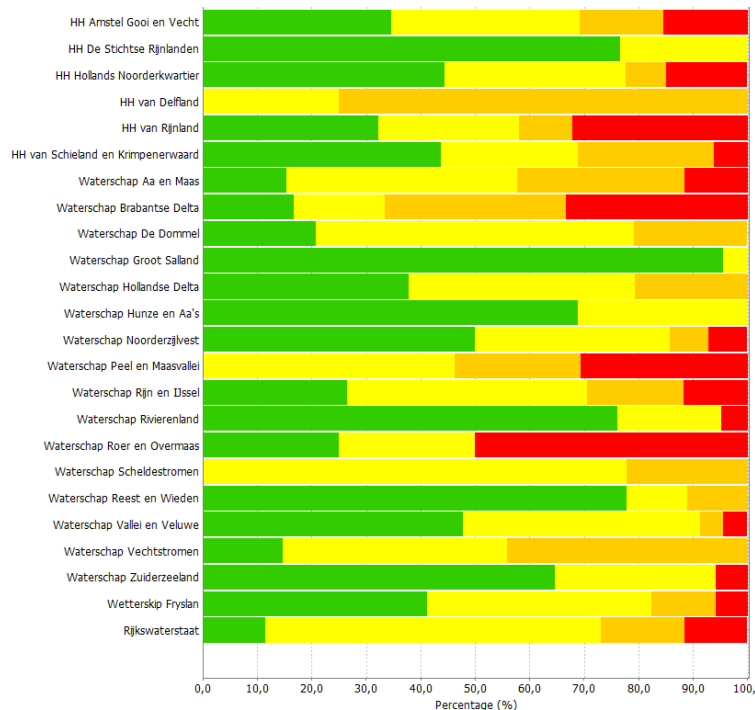


Figuur C.7 Periodeoordeel zomerhalfjaargemiddelden N-totaal SGBP2009.

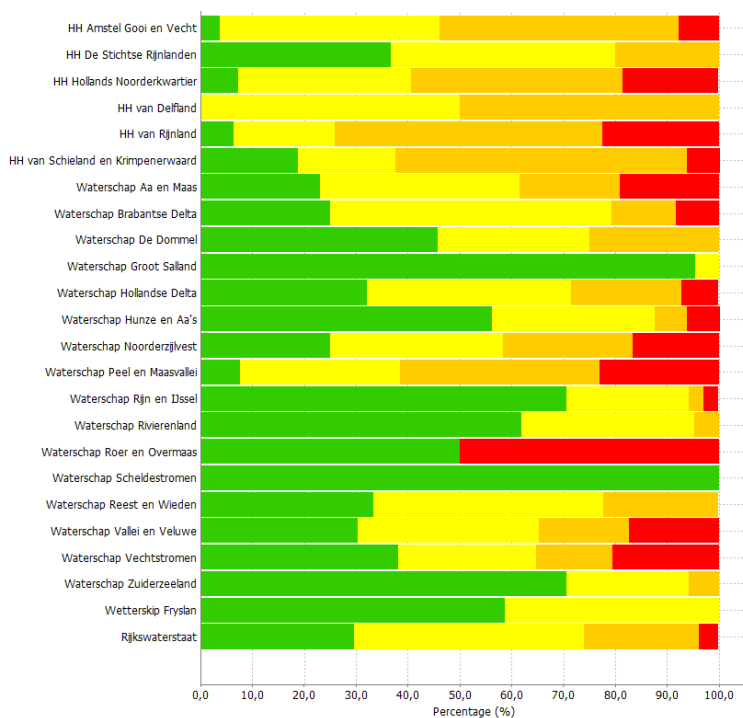


Figuur C.8 Periodeoordeel zomerhalfjaargemiddelden P-totaal SGBP2009.

C.3 Toestand in waterbeheergebieden

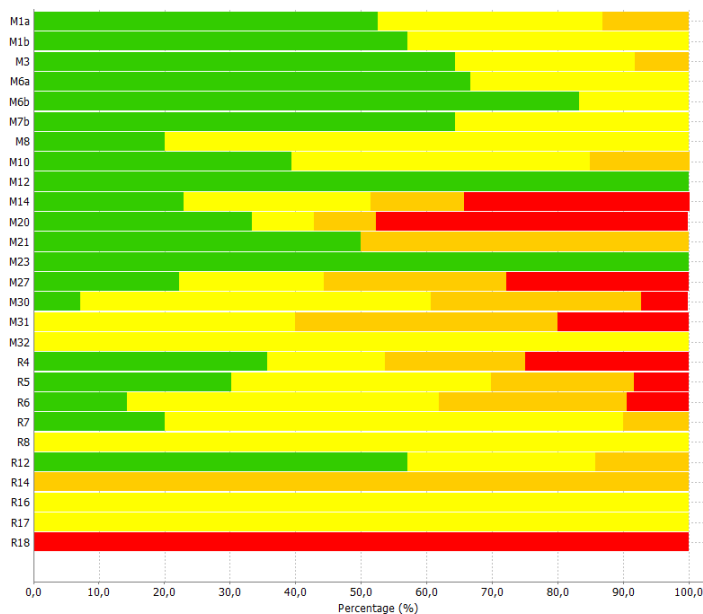


Figuur C.9 Toetsresultaten N-totaal per waterbeheerder (%) voor SGBP2009.
Groen: goed; geel: matig; oranje: ontoereikend; rood: slecht.

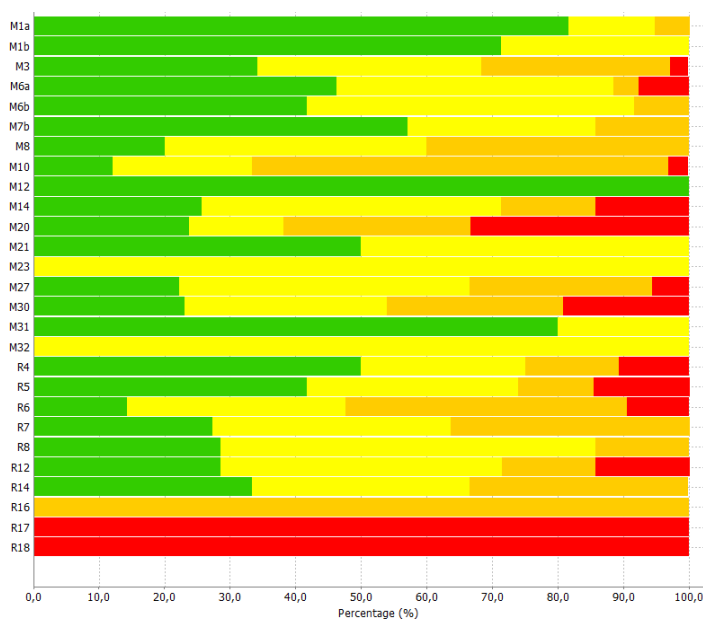


Figuur C.10 Toetsresultaten P-totaal per waterbeheerder (%) voor SGBP2009.
Groen: goed; geel: matig; oranje: ontoereikend; rood: slecht.

C.4 Toestand per KRW-watertype

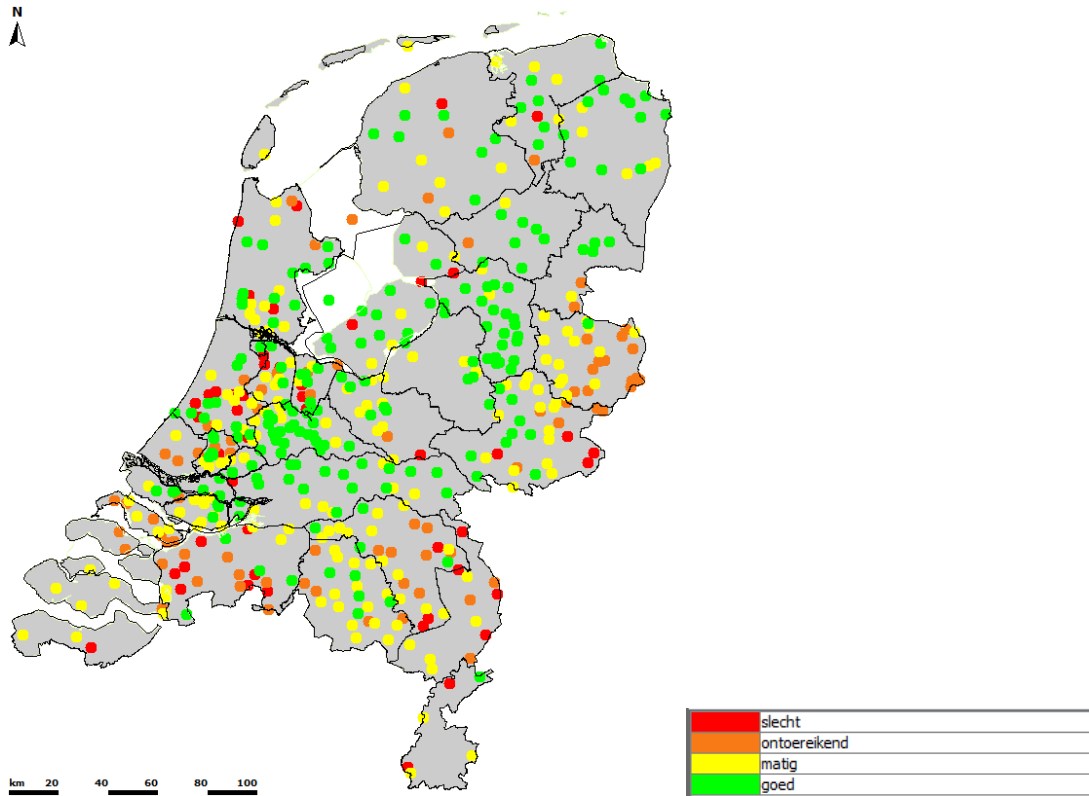


Figuur C.11 Toetsresultaten N-totaal per KRW-watertype (%) voor SGBP2009.
Groen: goed; geel: matig; oranje: ontoereikend; rood: slecht.

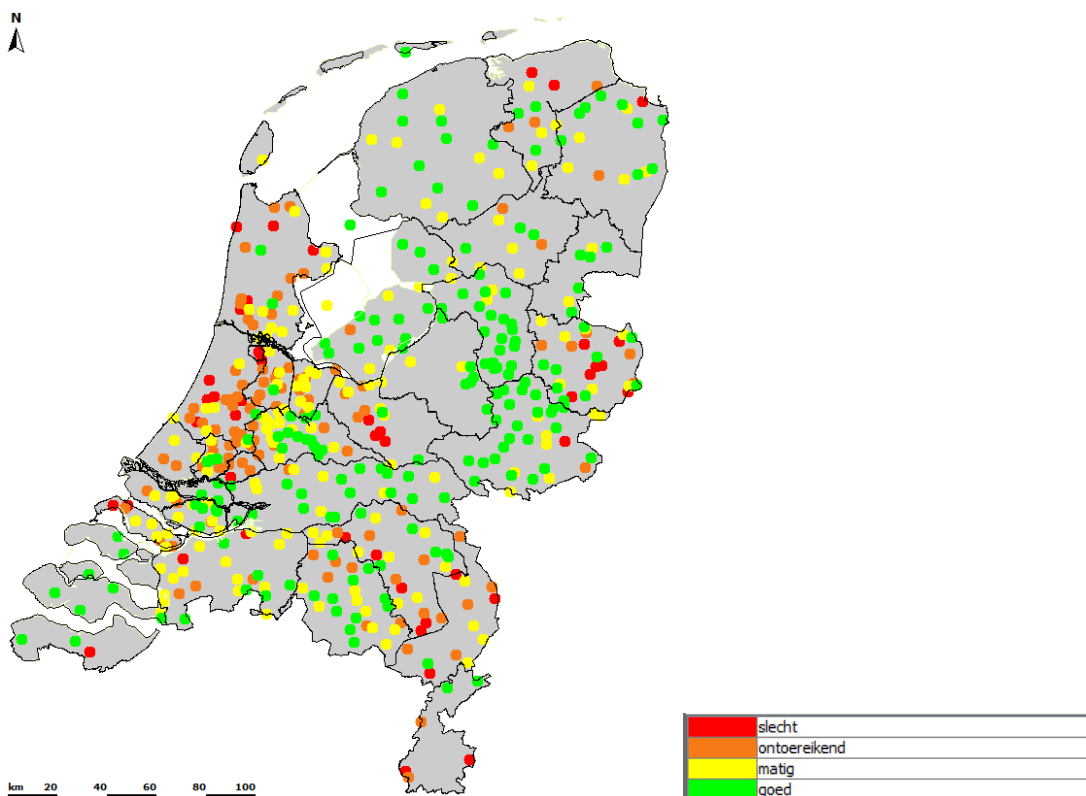


Figuur C.12 Toetsresultaten P-totaal per KRW-watertype (%) voor SGBP2009.
Groen: goed; geel: matig; oranje: ontoereikend; rood: slecht.

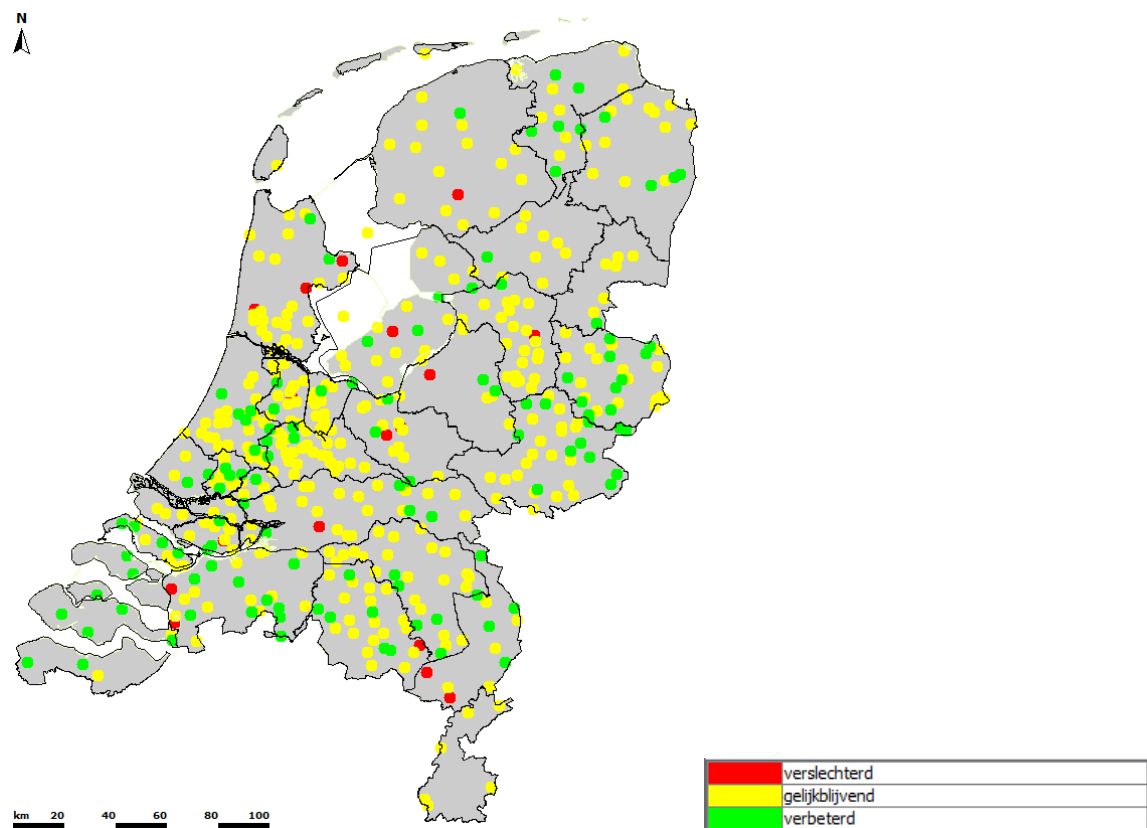
C.5 Ruimtelijk beeld toestand



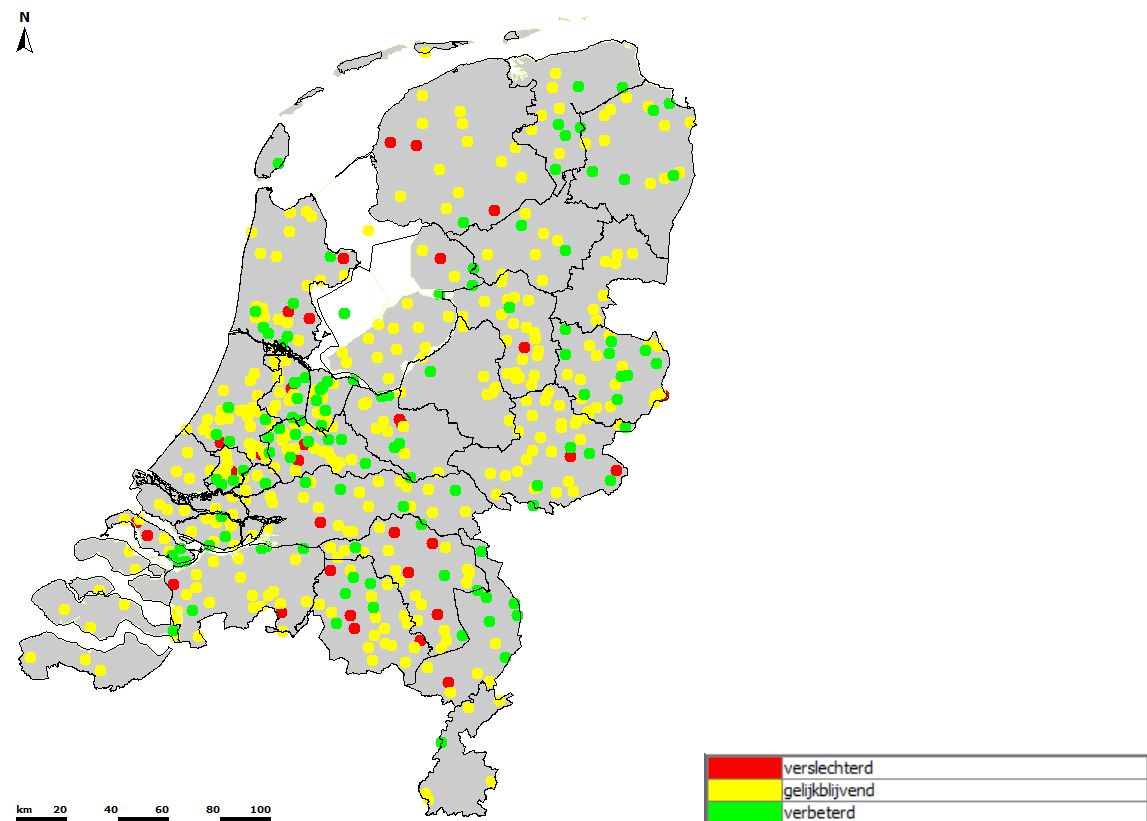
Figuur C.13 Toestand N-totaal SGBP2009 getoetst aan de normen van SGBP2014.



Figuur C.14 Toestand P-totaal SGBP2009 getoetst aan de normen van SGBP2014.



Figuur C.15 Verschilkaart toestand N-totaal SGBP2014 vs. SGBP2009, getoetst aan de normen van SGBP2014.



Figuur C.16 Verschilkaart toestand P-totaal SGBP2014 vs. SGBP2009, getoetst aan de normen van SGBP2014.

D Methoden trendanalyses

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 maandelijks 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 geplott 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 trendschatting 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.

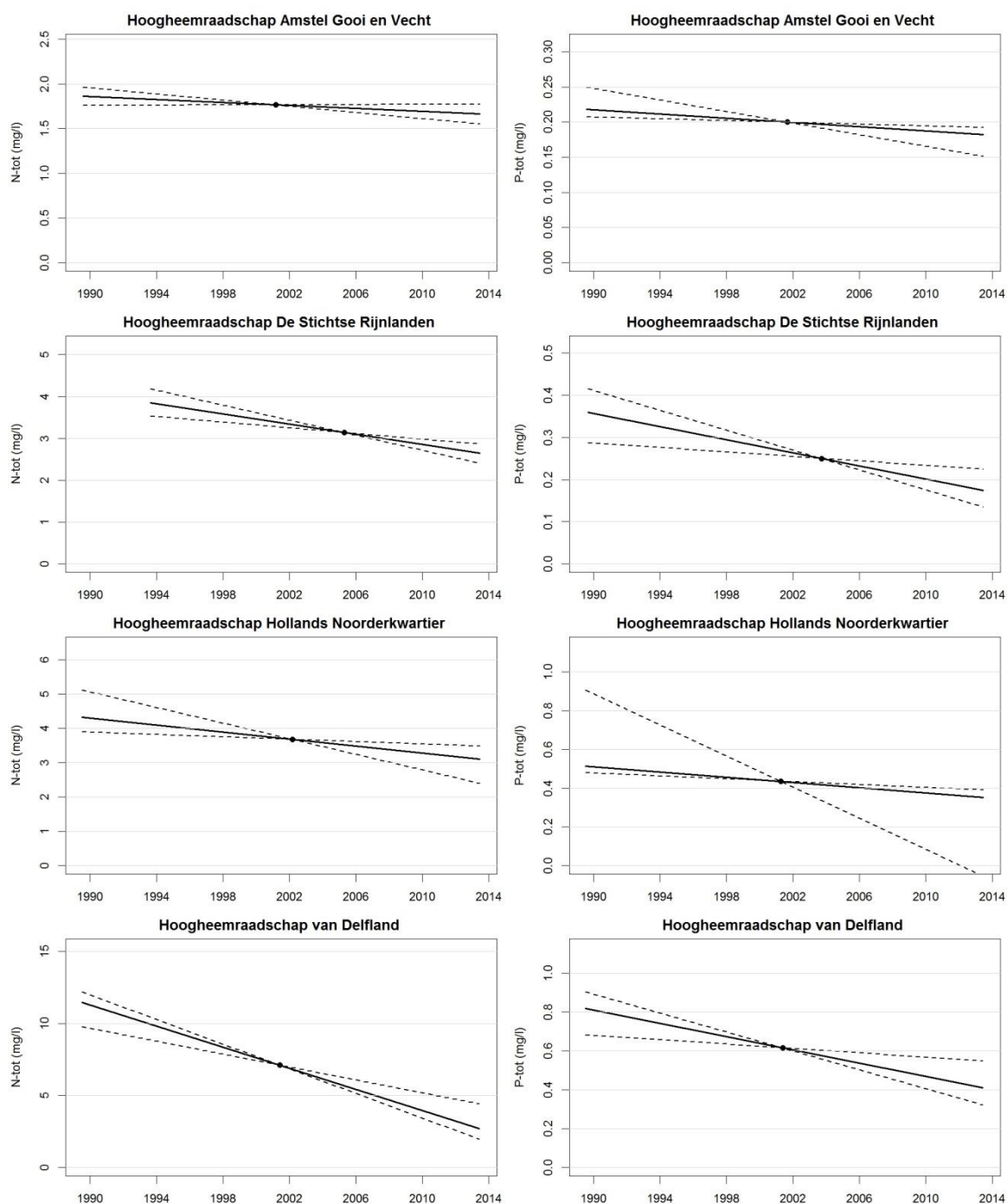
Voor het MNLSO is voor elk trendmeetpunt een LOWESS-trendlijn bepaald. Hierbij is een voor de 'smoothing span' parameter gebruikelijke waarde van $2/3$ gebruikt ($f=2/3$). Dit betekent dat steeds $2/3$ van het totale aantal datapunten meedoet aan het fitten van de lokale polynoom. De LOWESS-trendlijnen 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.

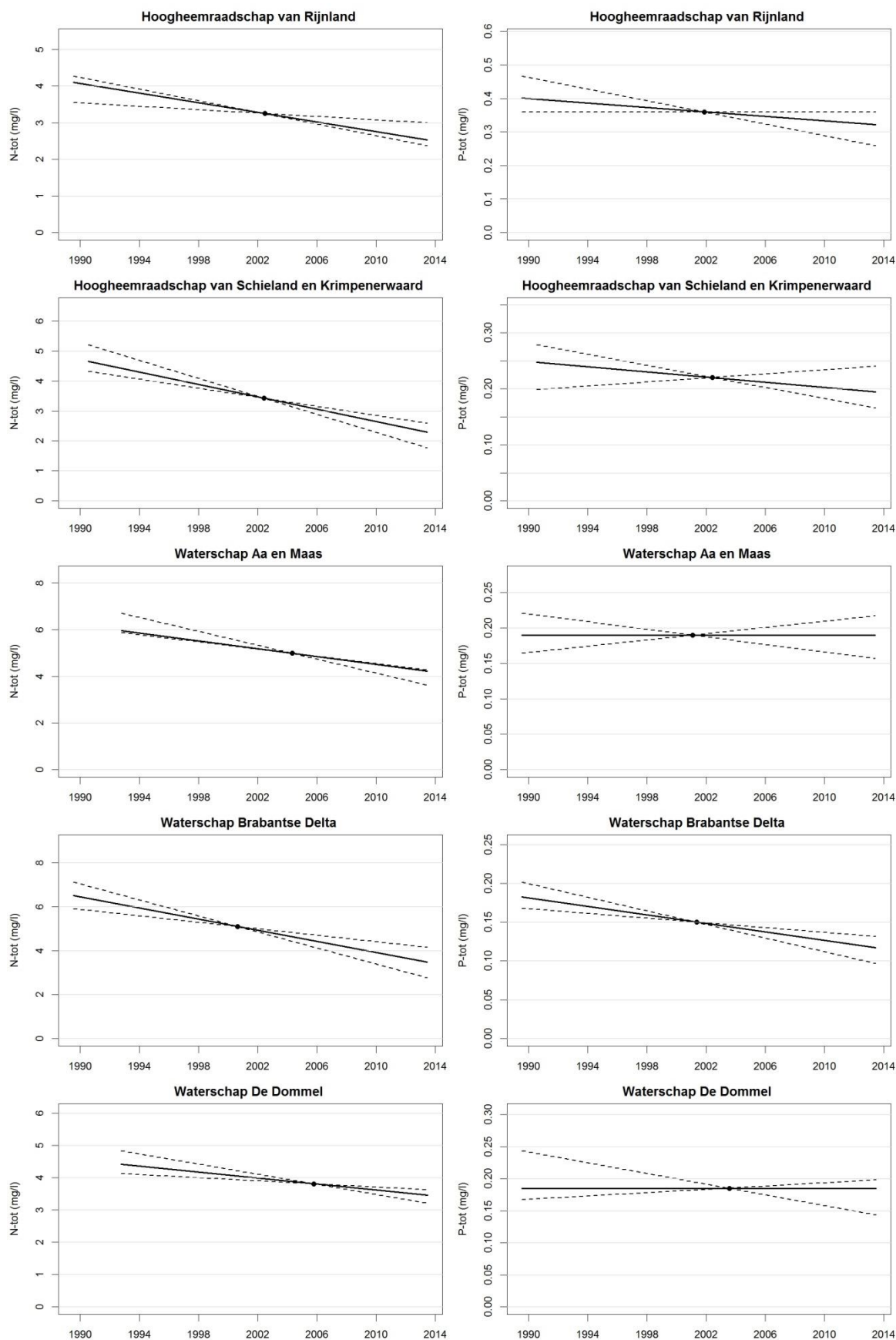
Er zijn tevens afzonderlijke LOWESS-trendlijnen geschat voor de zomer- en winterconcentraties. De zomerconcentraties zijn hierbij (conform de KRW-normtoetsing voor nutriënten) de metingen vanaf april tot en met september. De winterconcentraties zijn de metingen vanaf oktober tot en met maart. Ook de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

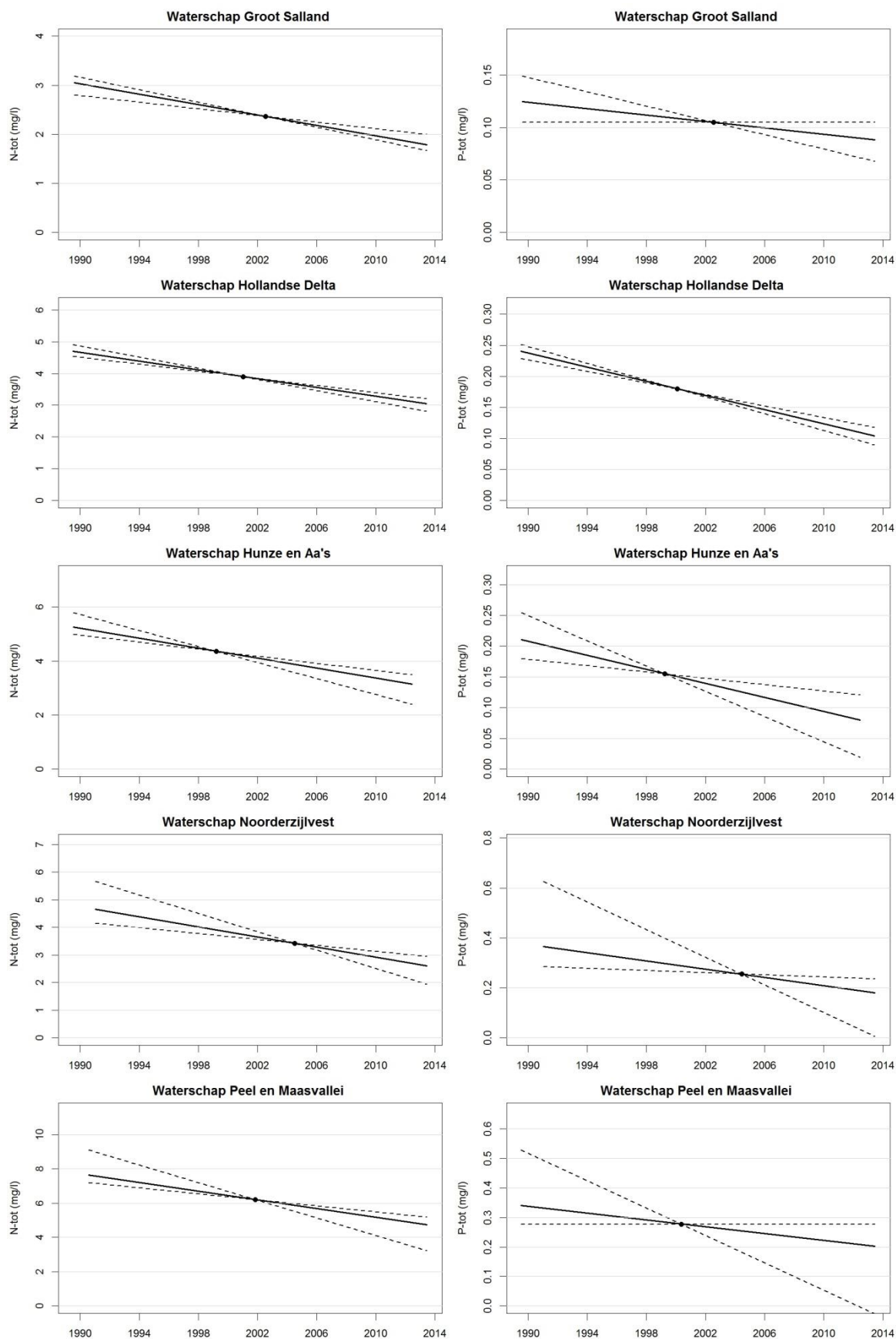
E Resultaten trendanalyses

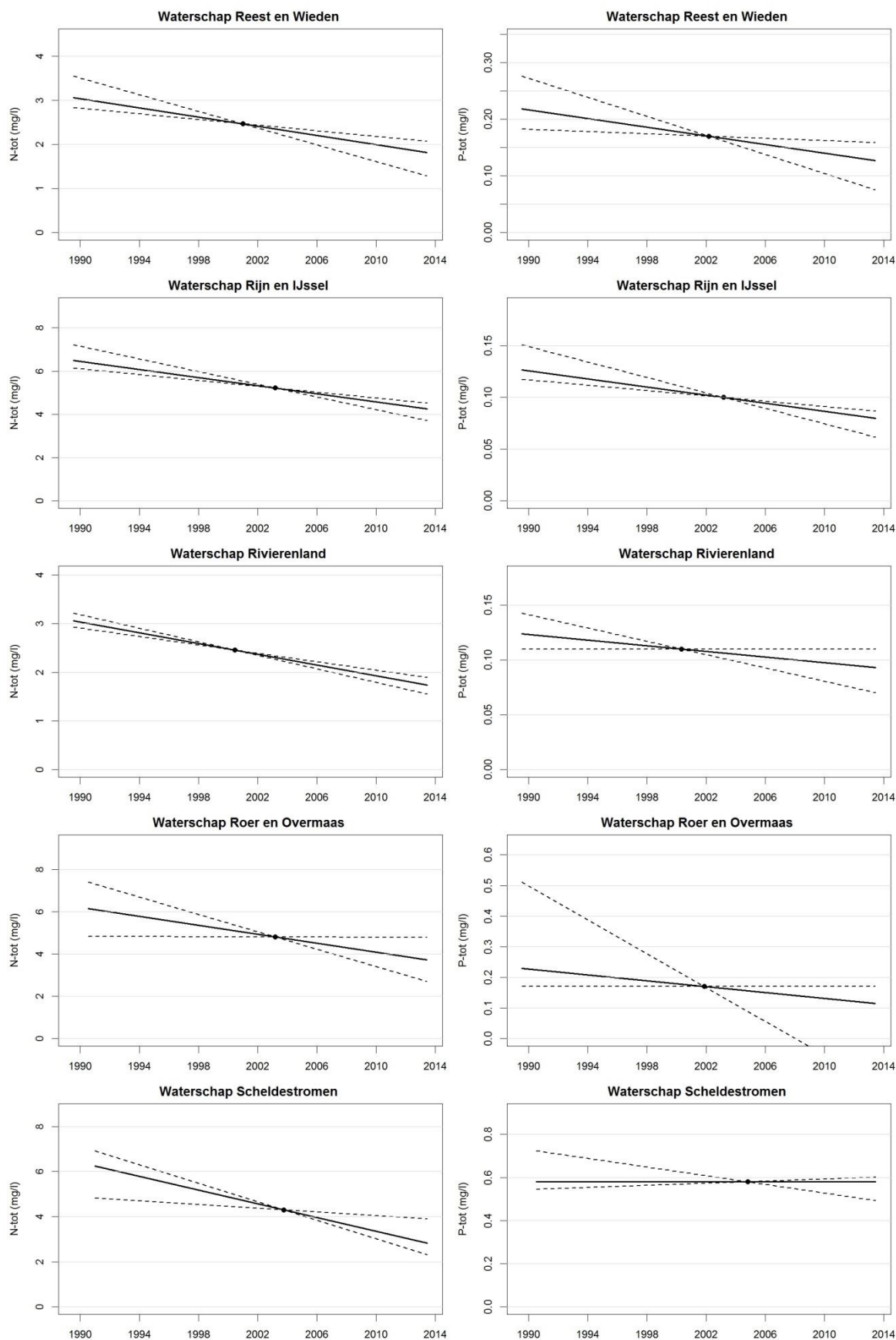
E.1 Resultaten Theil-Sen hellingschatter

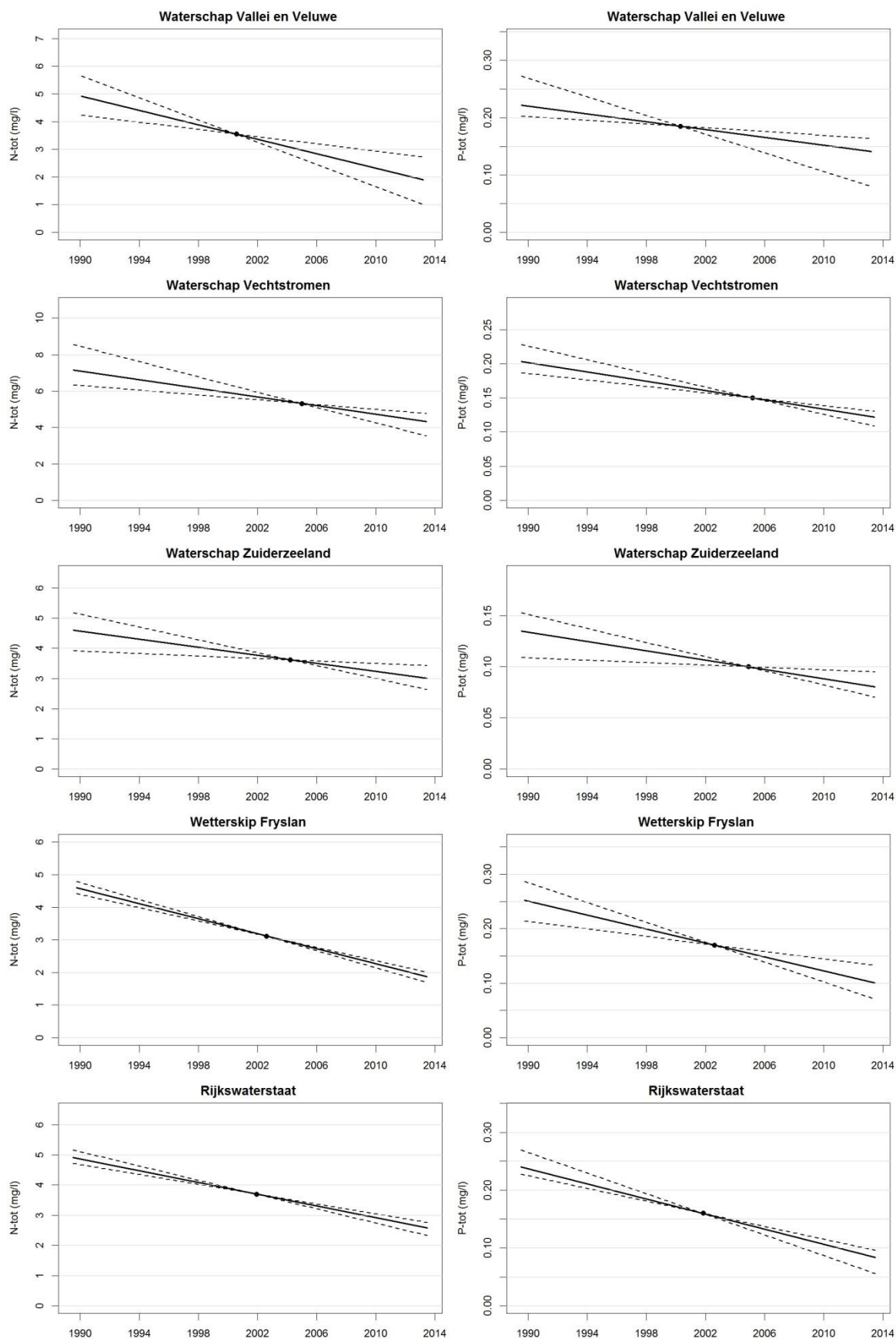
In de onderstaande grafieken is per waterschap voor N-totaal en P-totaal de mediane trend met 95%-betrouwbaarheidsinterval van de helling, berekend met de Theil-Sen hellingschatter, weergegeven.











E.2 Resultaten LOWESS

