

Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater

Toestand en trends tot en met 2018



Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater
Toestand en trends tot en met 2018

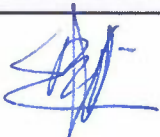
Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater

Toestand en trends tot en met 2018

Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Rijkswaterstaat WVL
Contactpersoon	Sandra Plette
Referenties	
Trefwoorden	Nutriënten, waterkwaliteit, landbouw

Documentgegevens

Versie	0.1
Datum	28-01-2020
Projectnummer	11203728-005
Document ID	11203728-005-BGS-0002
Pagina's	63
Status	Definitief

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.1	 Simon Buijs Kevin Ouwerkerk Joachim Rozemeijer	 Jasperen de Weert	 Sophie Vermooten	

Samenvatting

Het Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLSO) is in 2010-2012 door de waterschappen, het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Deltares opgezet om de waterkwaliteit te monitoren op het gebied van nutriënten (meststoffen) in landbouw specifiek oppervlaktewater. Voor het meetnet zijn bestaande meetlocaties van alle waterschappen geselecteerd, die landbouw als enige antropogene bron van nutriënten hebben. Met de gegevens uit het meetnet worden toestand- en trendanalyses uitgevoerd. Deze analyses kunnen worden gebruikt bij verkenningen naar regionaal waterbeheer en nationale en EU-rapportages, zoals de Evaluatie van de Meststoffenwet en de Nitraatrichtlijnrapportage.

In dit onderhavige onderzoek is het MNLSO geactualiseerd en zijn nieuwe toestand- en trendanalyses uitgevoerd voor de periode tot en met 2018. Uit de toestand-analyse komt naar voren dat de waterkwaliteit in de landbouw specifieke wateren verbetert, maar dat er in de periode 2015 tot en met 2018 voor N-totaal op 46 tot 64% van de meetlocaties nog niet aan de waterschapsnorm voor N-totaal wordt voldaan. Voor P-totaal voldoet 45 tot 64% niet in deze periode.

Voor N-totaal laat ruim 87% van de MNLSO-locaties een significantie neerwaartse trend zien. Voor P-totaal is de trend voor 53% van de meetlocaties significant neerwaarts. De neerwaartse trends zijn ook vastgesteld voor de zomer- en winterconcentraties afzonderlijk, voor de deelgebieden zand, klei en veen, voor de KRW-deelstroomgebieden en voor verschillende meetperioden. De conclusie dat de nutriëntenconcentraties dalen is dus niet afhankelijk van de gekozen statistische methode, meetperiode of deelgebied. De enige uitzondering hierop zijn de P-concentraties in het Maasstroomgebied, die een opwaartse trend laten zien vanaf 2004. Onafhankelijk van de normstelling wordt met een opwaartse trend niet voldaan aan het stand-still principe van de KRW.

Hoewel de meerderheid van de MNLSO-locaties een neerwaartse trend van de N- en P-concentraties laat zien, is het aantal wateren dat voldoet aan de waterschapsnorm niet gestegen sinds de vorige rapportage met gegevens tot en met 2014. Het mediane doelgat voor alle norm overschrijdende locaties bedraagt voor P-totaal 0,2 mg/L en voor N-totaal 2,0 mg/L. De concentraties van norm overschrijdende locaties dalen te langzaam richting de norm voor doelbereik in 2027. De neerwaartse trends voor N-totaal en P-totaal suggereren dat het mestbeleid effectief bijdraagt aan de verbetering van de waterkwaliteit in landbouwgebieden. Voor het halen van de waterschapsnormen is voor veel gebieden echter nog een extra inspanning nodig.

Over Deltares

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme innovaties, oplossingen en toepassingen voor mens, milieu en maatschappij. We richten ons voornamelijk op delta's, kustregio's en riviergebieden. Omdat het beheer van deze dichtbevolkte en kwetsbare gebieden complex is, werken we nauw samen met overheden, ondernemingen, kennisinstellingen en universiteiten in binnen- en buitenland. Ons motto is 'Enabling Delta Life'.

Als toegepast kennisinstituut zijn we succesvol wanneer onze kennis wordt verzilverd in en voor de samenleving. We stellen hoge eisen aan de kwaliteit van onze kennis en adviezen, rekening houdend met nieuwe wetenschappelijke inzichten, maar ook met de gevolgen die onze adviezen hebben voor milieu en samenleving.

Al onze opdrachten en projecten leveren een bijdrage aan het verstevigen van de kennisbasis. We kijken vanuit een lange termijn perspectief, naar bijdragen voor de oplossingen voor nu. Wij hechten zeer aan openheid en transparantie. Die houding is onder meer terug te zien in het vrij toegankelijk maken van de door Deltares ontwikkelde software en modellen. Open source werkt, is onze vaste overtuiging. Deltares heeft ruim 800 medewerkers en is gevestigd in Delft en Utrecht.

www.deltares.nl

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
1.1	Achtergrond	8
1.2	Doelstelling	8
1.3	Opzet rapportage	8
2	Opzet meetnet en dataverwerking	9
2.1	Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLSO)	9
2.2	Factsheets	11
2.3	Indeling in deelgebieden	11
2.4	Dataverwerking	12
3	Toetsing aan waterkwaliteitsnormen (toestand)	14
3.1	Methode	14
3.1.1	Gehanteerde normen	14
3.1.2	Zomergemiddelden	14
3.2	Toetsing aan de waterschapsnorm	16
3.2.1	Landelijk	16
3.2.2	Regionale verdeling concentraties	20
3.2.3	Normenoverschrijdingen	22
3.2.4	Toestand in deelgebieden	24
4	Bepaling van trends	26
4.1	Methode trendbepaling	26
4.2	Resultaten	26
4.2.1	Seasonal Mann Kendall trendtest	26
4.2.2	Theil Sen hellingschatten	27
4.2.3	LOWESS trendlijn	29
4.3	Regionale verdeling trends	30
4.4	Zomer- en wintertrends	31
4.5	Trends per grondsoort	32
4.6	Trends per stroomgebied	33
5	Aanvullende analyses	34
5.1	Spreiding in stikstof- en fosfaatconcentraties	34
5.2	Seizoensvariaties	37
5.3	Vergelijking MNLSO en LMM	39
5.4	Nitraat App routings in MNLSO stroomgebieden	40
6	Beschouwing landbouw en waterkwaliteit	42
6.1	Concentraties en vrachten in de winter	42
6.2	Invloed van weervariaties op de waterkwaliteit	42
6.3	Ruimtelijke dekking van het MNLSO	43
6.4	Invloed van meetfrequentie	43
7	Conclusies	45
7.1	Conclusies toestand en trends tot en met 2018	45
7.2	Conclusies aanvullende analyses	45

8	Literatuur	46
A	MNLSO meetlocaties 2018	48
B	Methoden trendanalyse	53
C	Resultaten trendanalyse	54
C.1	Zomer- en winter trends	54
C.2	Trends per grondsoort	56
C.3	Trends per stroomgebied	58
D	Regionale verdeling winterconcentraties	60
E	Ruimtelijke variaties binnen MNLSO stroomgebieden; routings met Nitraat App	62

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

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

Het Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLSO) is in 2010 door de waterschappen, het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Deltares ten behoeve van de Evaluatie Meststoffenwet 2012 (EMW2012) opgezet om de waterkwaliteit te monitoren op het gebied van nutriënten (meststoffen) in landbouw specifiek oppervlaktewater. Voor het meetnet zijn bestaande meetlocaties van alle waterschappen geselecteerd, die landbouw als enige antropogene bron van nutriënten hebben. Met de gegevens uit het meetnet zijn toestand- en trendanalyses uitgevoerd. Deze analyses kunnen worden gebruikt bij verkenningen naar regionaal waterbeheer, nationale en EU-rapportages, zoals de Evaluatie van de Meststoffenwet en de Nitraatrichtlijnrapportage.

1.2 Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek is:

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

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

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

1.3 Opzet rapportage

In Hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de opzet en recente veranderingen van het MNLSO, de dataverwerking en kwaliteitscontrole van de data. Hoofdstuk 3 beschrijft de methode en de resultaten van de toestandbepaling. In Hoofdstuk 4 worden de methodes van de trendanalyses beschreven en de resultaten die hieruit komen. In Hoofdstuk 5 wordt een aantal extra analyses op basis van MNLSO-gegevens gepresenteerd. Hoofdstuk 6 geeft een beschouwing over de relatie tussen landbouw en waterkwaliteit. Hoofdstuk 7 sluit af met de conclusies.

2 Opzet meetnet en dataverwerking

2.1 Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLISO)

Het MNLISO is een meetnet dat bestaat uit landbouw-specifieke meetlocaties van de waterschappen. In 2010 is een selectie gemaakt uit al bestaande meetlocaties van de waterschappen. Hiervoor zijn de volgende selectiecriteria opgesteld (Klein et al. 2012a):

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

Daarnaast gelden er twee selectiecriteria met betrekking tot de monitoring op de meetlocatie:

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

De volgende parameters moeten op de geselecteerde meetlocaties worden bemeaten:

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

Het MNLISO bestaat uit twee onderdelen: (1) een set meetpunten waarmee de toestand van de waterkwaliteit kan worden beoordeeld en (2) een (sub)set van meetpunten met lange meetreeksen in de tijd, waarmee trends kunnen worden bepaald.

1. Toestandmeetpunten

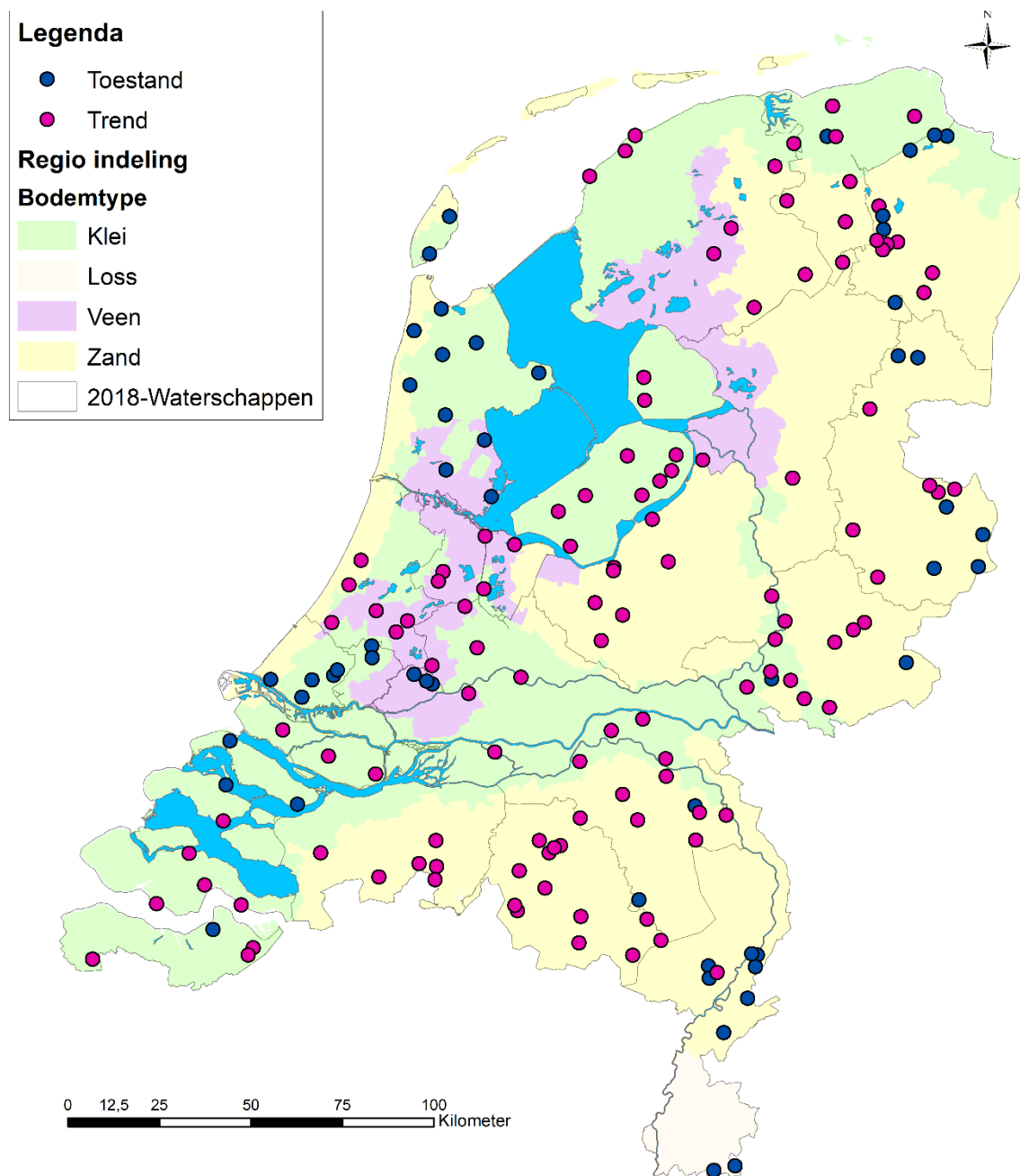
Meetpunten om aan te tonen of er, geaggregeerd naar landelijke schaal, een eutrofiëringsprobleem is in het regionaal oppervlaktewater ten gevolge van landbouwactiviteiten.

2. Trendmeetpunten

Wanneer er bij een meetpunt een meetreeks beschikbaar is van minimaal 10 jaar kan dit meetpunt gebruikt worden voor trendanalyse. Deze trendmeetpunten kunnen gebruikt worden om een eventuele trend in nutriëntenconcentraties aan te tonen. Een extra selectie criterium voor deze meetlocaties is dat er tenminste 5 jaar bemeaten moet zijn in de periode 2011-2018.

Deze selectiecriteria hebben geleid tot in totaal 118 trendmeetlocaties en 171 toestandmeetlocaties. In Bijlage A staat een overzicht van de meetlocaties van het MNLISO per

waterschap, met x- en y-coördinaten, het watertype volgens de kaderrichtlijn Water (KRW) en de geldende waterschapsnorm.



Figuur 2.1 MNL SO toestand- en trendmeetlocaties geprojecteerd op de kaart van de deelgebieden zoals gehanteerd in het LMM. De trendmeetlocaties zijn onderdeel van de toestandmeetlocaties.

In Figuur 2.1 zijn de MNL SO-meetlocaties op een kaart weergegeven: in roze de trendmeetlocaties en in roze en blauw (alle meetlocaties) de toestandmeetlocaties. De ruimtelijke verdeling van de meetlocaties, en met name van de trendmeetlocaties, is niet overal optimaal. Er zijn verschillende gebieden (o.a. Zuid Limburg en Noord-Holland) waar geen trendmeetlocaties aanwezig zijn.

Ten opzichte van het onderzoek in 2015 (Klein et al., 2015) zijn de volgende veranderingen in MNLSO-locaties doorgevoerd:

- Zeven meetlocaties zijn afgefallen op basis van een evaluatie met de betreffende waterschappen, waarvan er zes zijn vervangen door meer geschikte locaties. Deze vervangende locaties zijn al eerder bemeten.
- Het aantal trendlocaties is toegenomen (van 99 naar 118) door de vier jaar langere meetreeksen

2.2 Factsheets

Om de basis van het MNLSO te verstevigen en meer zeggingskracht te geven over de bijdrage vanuit de landbouw aan de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater zijn voor alle MNLSO-locaties factsheets gemaakt. In deze factsheets is samen met de waterschappen alle benodigde informatie verzameld over de stroomgebieden van de MNLSO-locaties om andere factoren dan de landbouw die mogelijk invloed kunnen hebben op de N- en P-concentraties uit te sluiten.

In de factsheets is per meetlocatie de volgende informatie verzameld:

- Afbakening stroomgebied
- Meta-informatie over de locatie (naam, coördinaten, watertype, KRW/overig water en normen);
- Karakterisering van het stroomgebied met informatie over het landgebruik, type landbouw, bodemsoort en hydrologie
- Inschatting van de kwelbijdrage op basis van NHI kaarten. In aanvulling hierop het uitvoeren van een data-analyse van NH_4 , HCO_3 , EC en pH;
- Inschatting van de beïnvloeding door inlaatwater op basis van de gadolinium meetronde die in 2012 is uitgevoerd en input van waterschappen;
- Aanwezigheid antropogene bronnen zoals RWZI's, lozingen, riooloverstorten en lozingen huishoudens buitengebied;
- De meetresultaten (incl. toestand- en evt. trendanalyseresultaten) van de betreffende MNLSO-locatie;

Het vervaardigen van de factsheets heeft er voor gezorgd dat zeven minder geschikte meetlocaties aan het licht zijn gekomen en zijn vervangen door meer geschikte locaties. Daarnaast geven de factsheets context aan de meetgegevens van nutriënten.

2.3 Indeling in deelgebieden

Met het meetnet worden naast de uitspraken over de toestand en trends voor Nederland als geheel ook uitspraken gedaan per grondsoort (zand, klei en veen) en per KRW-deelstroomgebied (Maas, Rijn-Noord/Nedereems, Rijn-Oost, Rijn-West en Schelde).

Voor de onderverdeling in grondsoort is uitgegaan van de kaart zoals het RIVM die hanteert in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) (zie Figuur 2.1). Deze kaart is gebaseerd op de meest voorkomende grondsoort binnen postcodegebieden. Bij de selectie van MNLSO-meetlocaties is gezorgd voor een representatieve verdeling over de grondsoorten naar oppervlak. In Tabel 2.1 is te zien dat het aantal meetlocaties per deelgebied goed overeenkomt met het oppervlaktepercentage. De meeste meetpunten liggen in het zand- en kleigebied. In het veengebied zijn minder toestand- en trendmeetpunten aanwezig. Dit komt enerzijds doordat dit gebied een kleinere oppervlakte heeft en anderzijds doordat veel meetlocaties door de invloed van inlaatwater niet voldoen aan de selectiecriteria voor het MNLSO. In het lössgebied liggen

twee meetpunten. Qua areaal is dit een goed aantal, maar dit maakt het lastig uitspraken te doen specifiek over lössgebieden. Voor een statische verantwoorde uitspraak zijn minimaal 10 meetlocaties nodig. Statistisch verantwoorde uitspraken over kleinere deelgebieden (waterschappen, provincies, stroomgebieden, individuele locaties) zijn mede door het beperkte aantal meetpunten van het meetnet daarom ook niet mogelijk. .

Tabel 2.1 Aantal toestand- en trendmeetpunten per hoofdgrondsoort en het oppervlaktepercentage van de verschillende gebieden.

Grondsoort	Oppervlakte (%)	# Toestand	# Trend
Zand	51	89	65
Klei	37	62	42
Veen	10	17	11
Löss	2	2	0

Voor de onderverdeling in stroomgebieden is uitgegaan van de KRW-stroomgebieden. Deze is daarna verder samengevoegd tot de regio's Maas, Rijn-Noord/Nedereems, Rijn-Oost, Rijn-West en Schelde, zodat statistisch verantwoorde uitspraken mogelijk zijn. Alleen deelstroomgebied Schelde heeft niet voldoende meetlocaties. Het aantal meetlocaties per deelstroomgebied komt redelijk overeen met het oppervlaktepercentage.

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

Deelstroomgebied	Oppervlakte (%)	# Toestand	# Trend
Maas	20	43	34
Rijn-Noord/Nedereems	19	24	19
Rijn-Oost	32	44	26
Rijn-West	23	53	36
Schelde	5	7	3

2.4 Dataverwerking

Op de data zijn een aantal bewerkingen uitgevoerd:

- De dubbele metingen (twee op dezelfde dag) zijn uit de dataset verwijderd door het gemiddelde te nemen.
- Als een waarde kleiner is dan de detectielimiet is de helft van de waarde van de detectielimiet aangehouden. Voor de berekening van N-totaal (Ntot) uit KjN, NO₂, NO₃ en/of NO₂NO₃ wordt als een van deze parameters een waarde kleiner dan de detectielimiet heeft, van de waarde eerst de helft genomen voordat de parameters worden opgeteld.
- De negatieve waardes zijn verwijderd
- Als de KjN-concentratie lager is dan de NH₄-concentratie, is de waarde van NH₄ toegekend aan KjN. KjN en NH₄ zijn eerst gecorrigeerd voor de detectielimiet voordat de vergelijking is gemaakt. De correctie is gemaakt bij 12 van de 5390 metingen waarbij zowel KjN als NH₄ is bepaald.
- Als de Ptot-concentratie lager is dan de PO₄-concentratie is voor P de waarde van PO₄ aangenomen. Eerst is gecorrigeerd voor de detectielimiet en daarna zijn PO₄ en Ptot vergeleken.
- Voor alle P- en N-componenten is gekeken of er sprake is van extreem hoge dan wel extreem lage waardes. De grens voor extreem hoog is vastgesteld zoals beschreven in Puijenbroek et al., 2010. Extreem hoge waardes en negatieve waardes zijn uit de dataset verwijderd.

De concentratie N-totaal kan op verschillende manieren uit de N-componenten worden afgeleid:

- Ntot gelijk stellen aan Ntot zoals opgegeven door het waterschap. Bij de meeste waterschappen is dit een berekende waarde, maar bij sommige waterschappen is dit een gemeten waarde.
- Ntot berekenen als $KjN + NO_3 + NO_2$
- Ntot berekenen als $KjN + NO_2NO_3$
- Ntot berekenen als $KjN + NO_3$. Dit zal een benadering van Ntot geven omdat de (meestal geringe) concentratie van NO_2 niet meetelt.

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

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

Bovenstaande voorkeursvolgorde is aangehouden omdat bij de berekening van N-totaal op een eenduidige manier gecorrigeerd kan worden voor de detectielimiet. Daarnaast wordt niet de voorkeur gegeven aan N-totaal 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.

3 Toetsing aan waterkwaliteitsnormen (toestand)

3.1 Methode

3.1.1 Gehanteerde normen

Het uitgangspunt bij de bepaling van de toestand was om na te gaan of en in welke mate de concentraties van nutriënten in de MNLSO-meetlocaties de waterkwaliteitsnormen overschrijden. Om dit te kunnen vaststellen zijn de waterkwaliteitsnormen voor N- en P-totaal gebruikt die de waterschappen hanteren voor de betreffende MNLSO-meetlocaties (Figuur 3.1). Deze normen zullen in het vervolg van dit rapport 'waterschapsnormen' genoemd worden. Ten opzichte van de vorige rapportage (Klein et al., 2015) zijn voor N-totaal 16 normen versoepeld en 14 normen strenger geworden. Voor P-totaal zijn 18 normen versoepeld en 8 normen strenger geworden (Bijlage A).

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

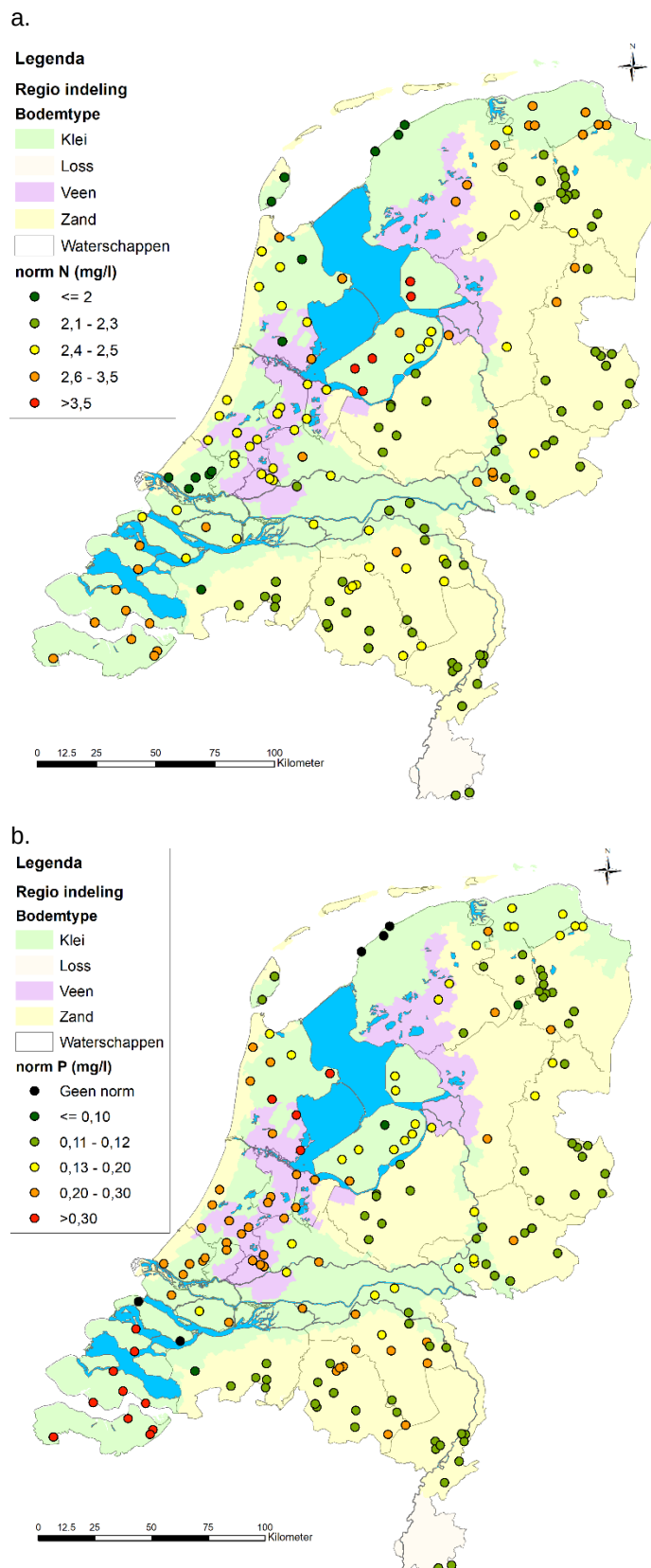
Voor de verschillende typen KRW-waterlichamen zijn aan de hand van Europese richtlijnen nutriëntnormen afgeleid (Van der Molen et al., 2012; Evers et al., 2012). Voor de kleinere wateren die niet als KRW-waterlichaam zijn aangewezen en die ook wel 'overige wateren' worden genoemd, is een methodiek ontwikkeld die is afgeleid van de KRW-systematiek voor de KRW-waterlichamen (Evers et al., 2013; Van der Molen et al., 2013). Deze methodieken zijn door de waterbeheerders gebruikt voor het afleiden van de nutriëntennormen voor de MNSLO-meetlocaties die niet in een KRW waterlichaam liggen.

3.1.2 Zomergemiddelden

Voor het toetsen aan de norm worden de gemiddelden van de concentraties van het zomerhalfjaar (april t/m september) gebruikt. Deze methode komt overeen met de KRW-methodiek. Hierbij zijn alleen de locaties meegenomen die in deze periode meer dan 4 keer zijn bemeaten (Tabel 3.1). Bij de meetlocaties met slechts 5 metingen in de zomer is gecontroleerd of de metingen gelijkmatig over het zomerhalfjaar zijn verdeeld.

Tabel 3.1 Aantal MNLSO locaties per grondsoort.

Jaar	Totaal	Zand	Klei	Veen	Löss
2015	153	81	56	14	2
2016	161	85	60	14	2
2017	160	81	62	15	2
2018	153	81	62	18	2



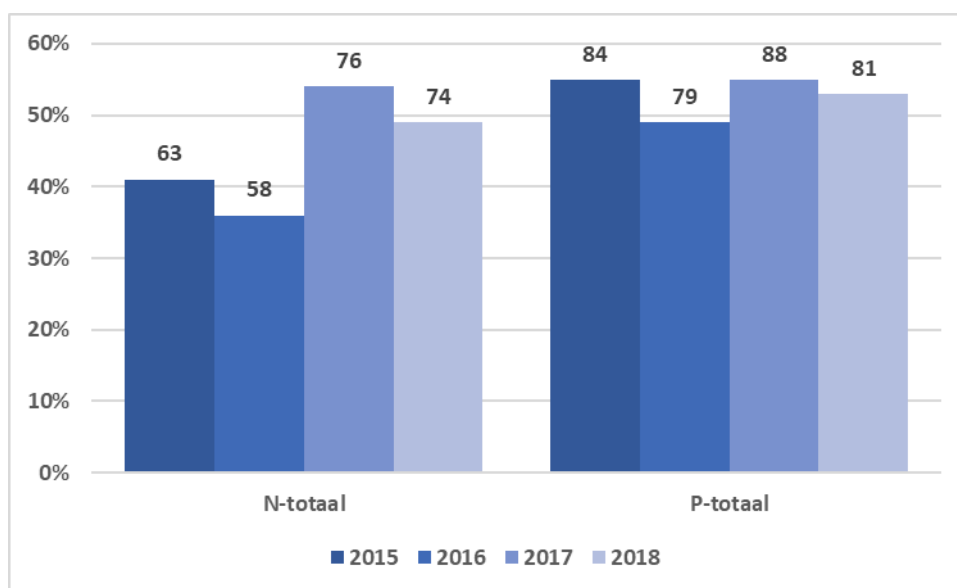
Figuur 3.1 Waterschapsnormen voor N-totaal (a) en P-totaal (b).

3.2 Toetsing aan de waterschapsnorm

3.2.1 Landelijk

Voor de jaren 2015 tot en met 2018 zijn de meetgegevens van N-totaal en P-totaal per meetlocatie getoetst aan de waterschapsnorm. In Figuur 3.2 is te zien dat het percentage van de meetlocaties dat aan de waterschapsnorm voldoet voor N-totaal per jaar sterk verschilt. In 2016 voldoet bijvoorbeeld slechts 36% van de locaties aan de stikstof-norm, terwijl dit in 2017 voor 54% is en in 2018 voor 49%.

Voor P-totaal voldoet in de verschillende jaren ongeveer de helft van de locaties aan de waterschapsnorm. Het percentage dat aan de norm voldoet varieert tussen 49% (2016) en 55% (2015 en 2017). De locaties die meegenomen zijn in de toetsing wisselen per jaar omdat niet alle meetpunten elk jaar bemeaten zijn. Dit blijkt echter geen invloed te hebben op de geaggregeerde toetsresultaten.

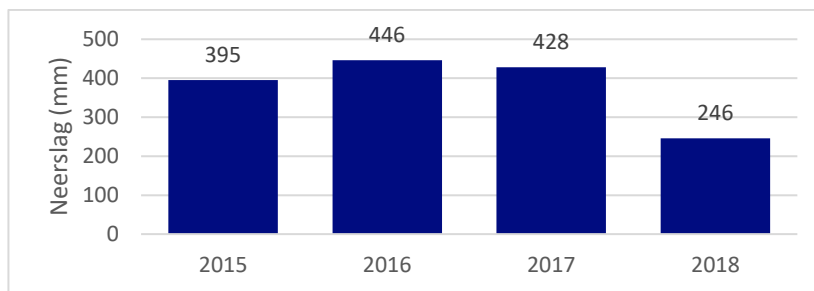


Figuur 3.2 Aantal meetlocaties dat voldoet aan de norm voor N-totaal (links) en P-totaal (rechts). Boven de staafdiagrammen staat het aantal locaties dat aan de norm voldoet.

De weersomstandigheden blijken een grote invloed te hebben op de zomerconcentraties en vervolgens op de normtoetsing. In Figuur 3.3 is de neerslagsom van april t/m september weergegeven. Te zien is dat 2016 en 2017 relatief natte zomers hadden en 2018 een uitzonderlijk droge zomer was. Uit Figuur 3.2 blijkt dat het jaar 2016 met een relatief natte zomer de meeste normoverschrijdingen voor N-totaal heeft.

Tijdens relatief natte jaren spoelt er meer stikstof vanuit de bodem naar de sloot. Dit effect wordt echter vertroebeld doordat tijdens de zomermaanden hydrobiologische processen (opname en denitrificatie) invloed hebben. Zo is in 2017 is het effect van een natte zomer niet goed terug te zien, dit jaar heeft zelfs de minste overschrijdingen voor N-totaal. De droge zomer van 2018 heeft minder overschrijdingen dan 2015 en 2016.

Voor P-totaal is er geen duidelijke relatie tussen de jaarneerslag en de concentratie te zien. De concentraties P-totaal worden wel beïnvloed door weerscondities, maar dat betreft korte concentratiepieken door opwerveling van fosfaatrijk sediment en oppervlakkige afspoeling tijdens individuele buien. Deze pieken worden veelal gemist bij maandelijkse metingen. De invloed van het weer en de seizoensvariatie wordt verder uitgebreid in paragraaf 5.2 en 6.2.



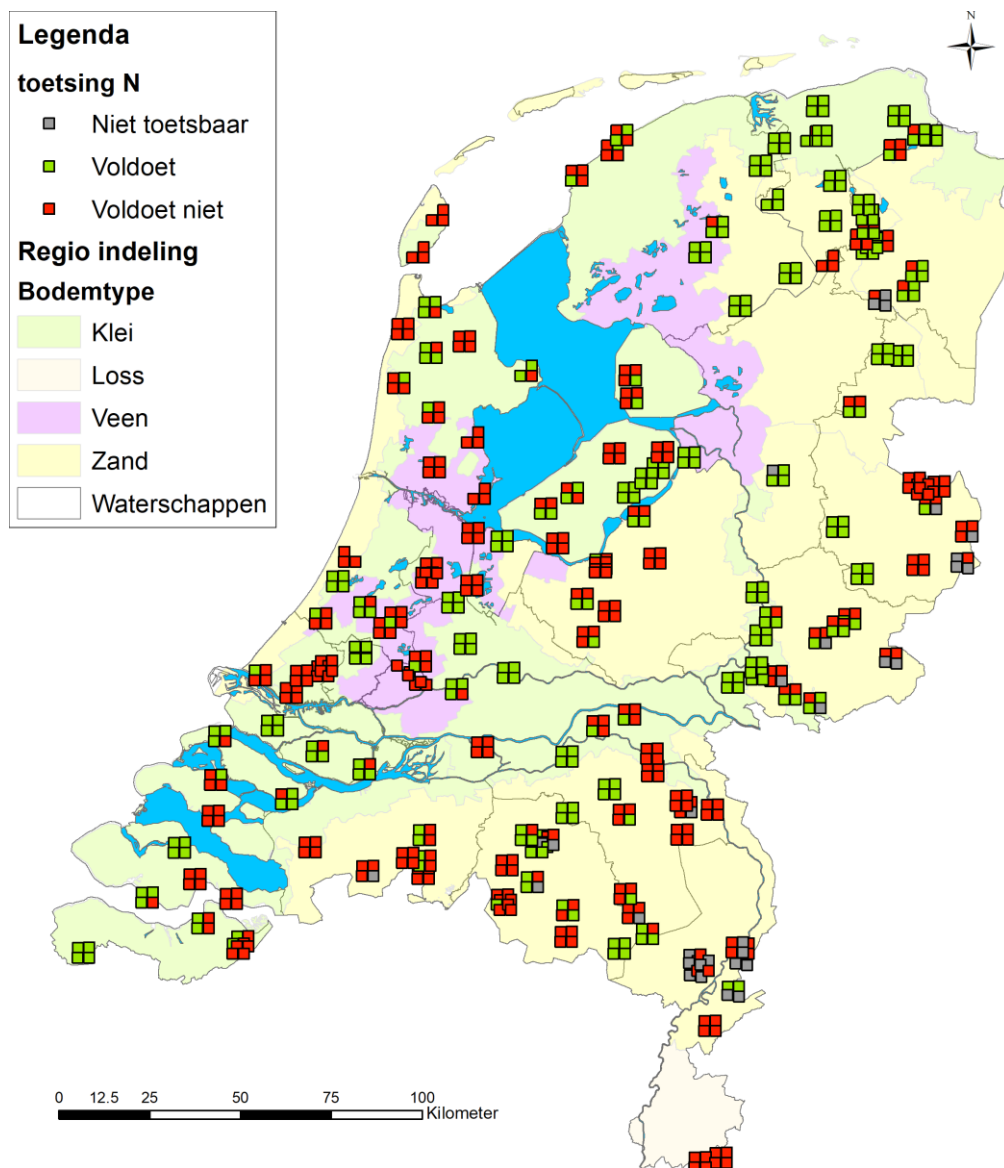
Figuur 3.3 De hoeveelheid neerslag in de zomermaanden van 2015 tot en met 2018 in De Bilt. De waarden staan weergegeven boven de kolommen.

In Figuur 3.4 en Figuur 3.5 is voor respectievelijk N-totaal en P-totaal het toetsresultaat per locatie van de verschillende jaren op een kaart weergegeven. Het vakje linksboven geeft het resultaat van 2015 weer; rechtsboven is 2016; linksonder is 2017 en rechtsonder is 2018.

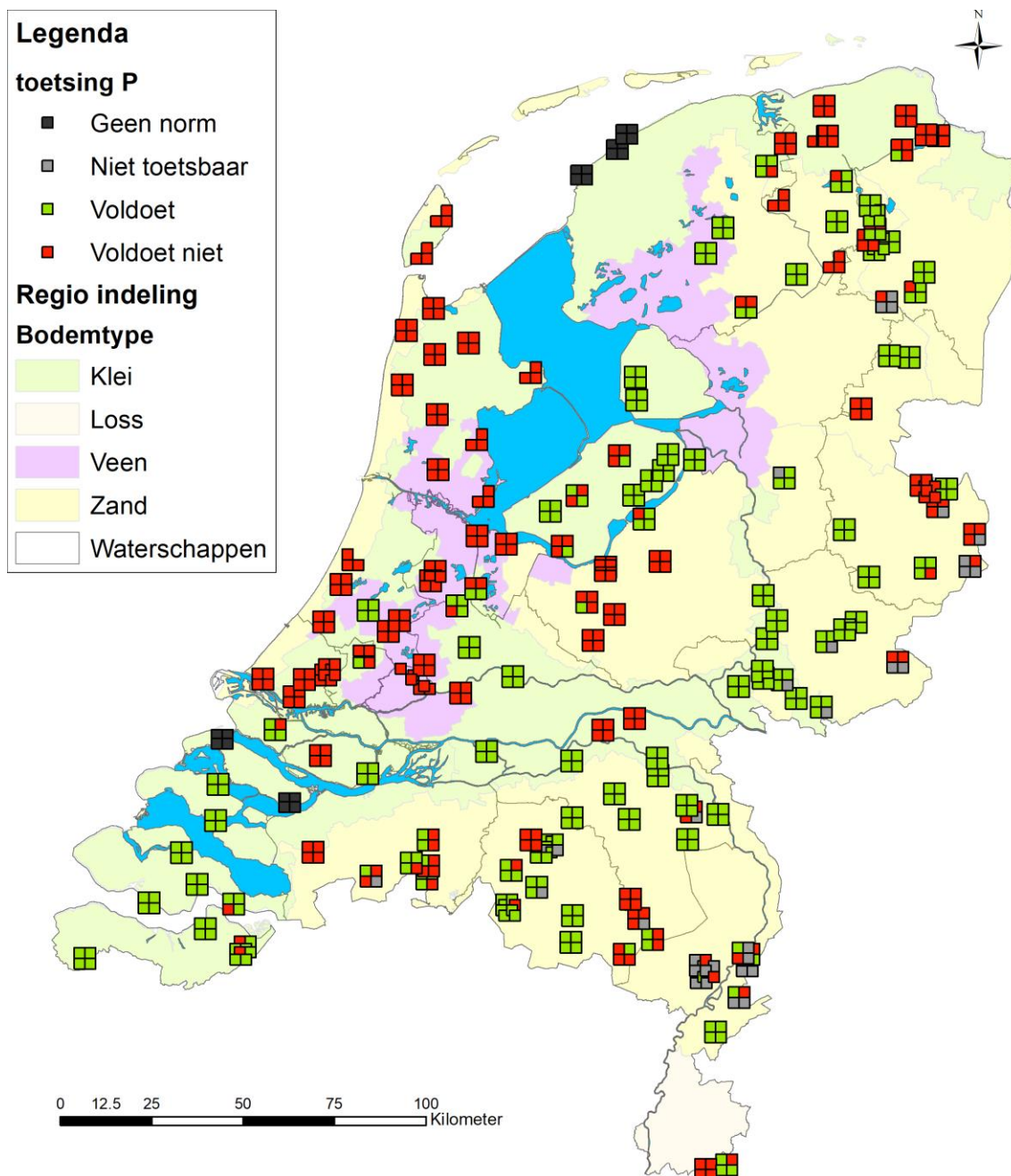
Niet alle locaties kunnen elk jaar aan de zomermaanden getoetst worden omdat er in sommige jaren minder dan vijf metingen in de zomermaanden zijn uitgevoerd. Deze locaties zijn voor het desbetreffende jaar grijs gemarkeerd in de kaarten.

Voor N-totaal komen normoverschrijdingen in het hele land voor. Wel is te zien dat in sommige gebieden (bijvoorbeeld Limburg) meer normoverschrijdingen voor komen dan in andere (bijvoorbeeld Groningen). Daarnaast verschilt bij 40% van de locaties de toetsing over de 4 jaar, waarbij de concentratie N-totaal het ene jaar wel aan de norm voldoet, maar het andere jaar niet.

In Figuur 3.5 is te zien dat er voor P-totaal vooral veel normoverschrijdingen zijn in het westen van het land. Verder zit er minder variatie tussen de jaren in vergelijking met de N-totaal concentraties. Bij slechts 19% van de locaties varieert de toestand over de jaren.



Figuur 3.4 Normoverschrijdingen 2015 t/m 2018 per locatie voor N-totaal, getoetst aan de waterschapsnorm. Linksonder: 2015, rechtsboven: 2016, linksonder: 2017, rechtsonder: 2018.



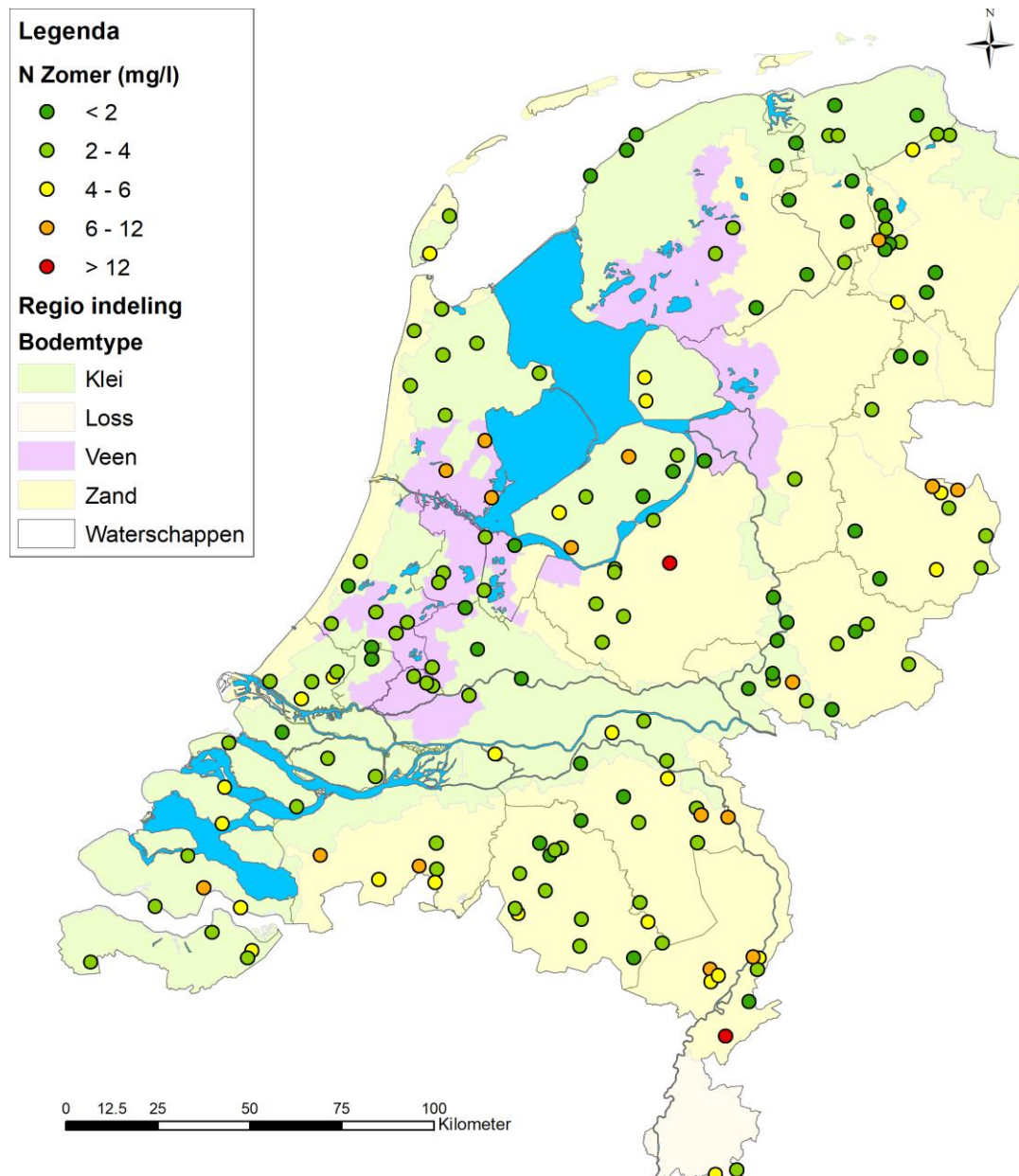
Figuur 3.5 Normoverschrijdingen 2015 t/m 2018 per locatie voor P-totaal, getoetst aan de waterschapsnorm. Linksboven: 2015, rechtsboven: 2016, linksonder: 2017, rechtsonder: 2018.

3.2.2

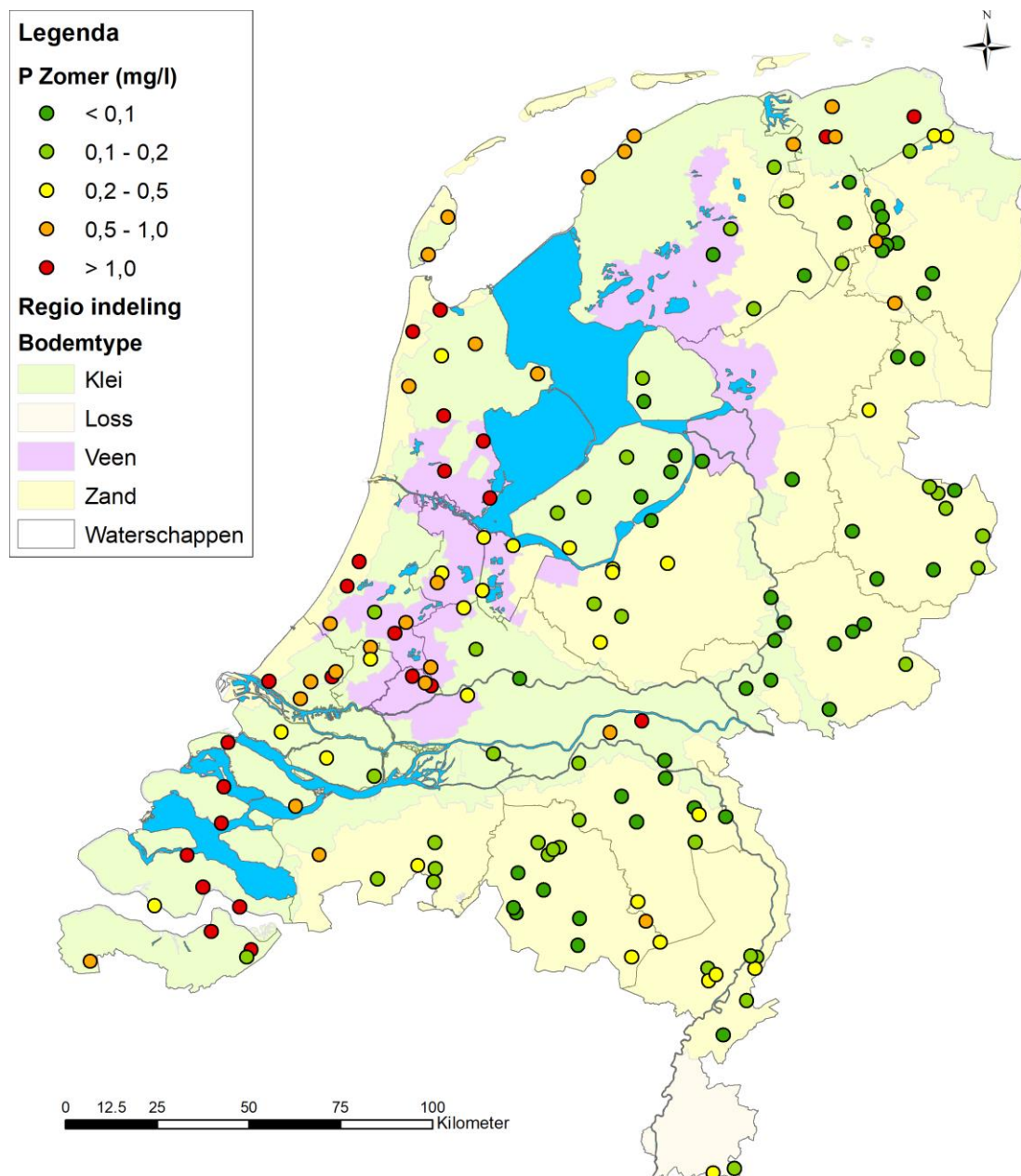
Regionale verdeling concentraties

Om de regionale verdeling van concentraties te zien zijn voor de zomerperiode de gemiddelde concentraties van N- en P-totaal berekend over de jaren 2015 t/m 2018 per meetlocatie.

Voor N-totaal springen er geen gebieden uit met dominerend hoge concentraties (Figuur 3.6). De hoge concentraties komen verspreid over het land voor. Voor P-totaal daarentegen is wel een ruimtelijk patroon te zien: in het westen van het land zijn de concentraties hoger dan in het oosten (Figuur 3.7).



Figuur 3.6 Gemiddelde concentratie N-totaal in de zomer over de jaren 2015 t/m 2018 op de MNLSO-locaties.

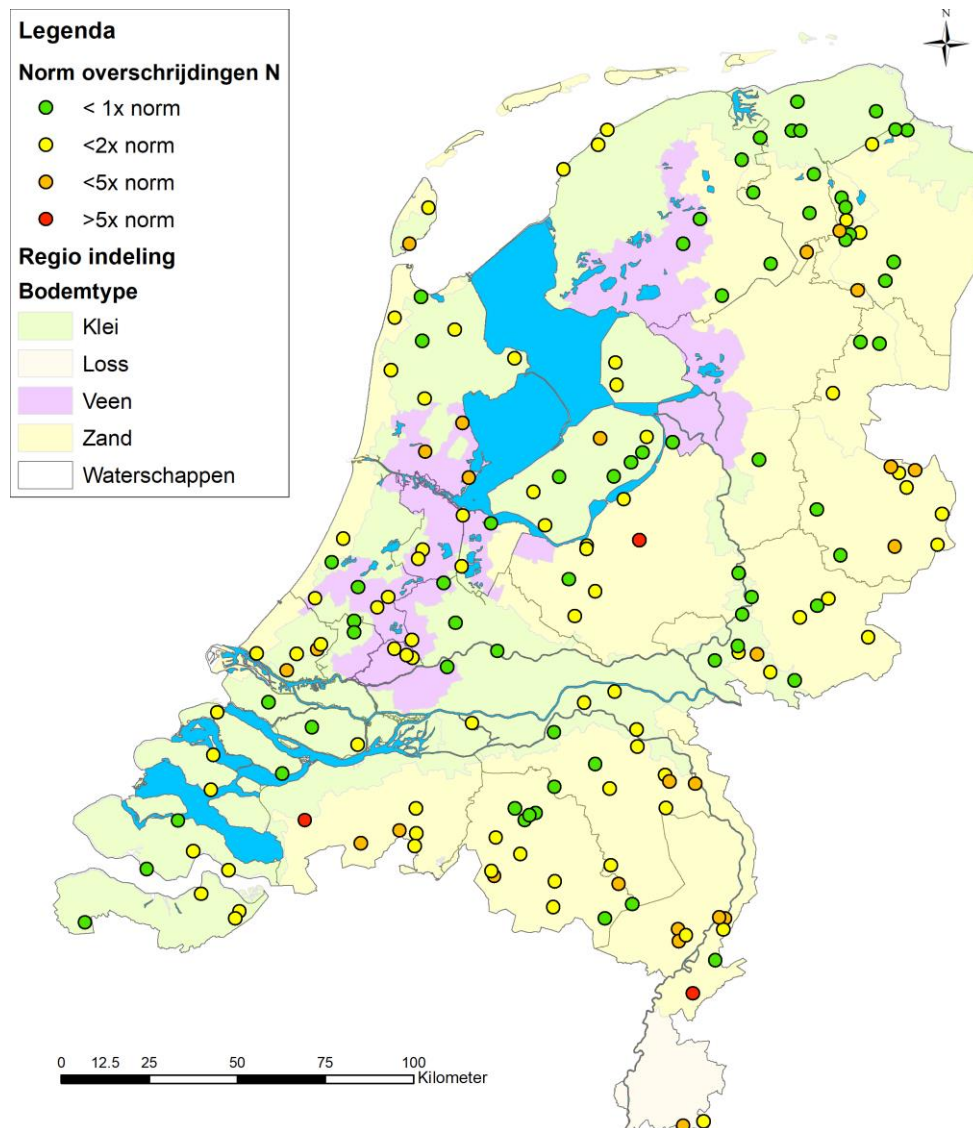


Figuur 3.7 Gemiddelde concentratie P-totaal in de zomer over de jaren 2015 t/m 2018 op de MNLISO-locaties.

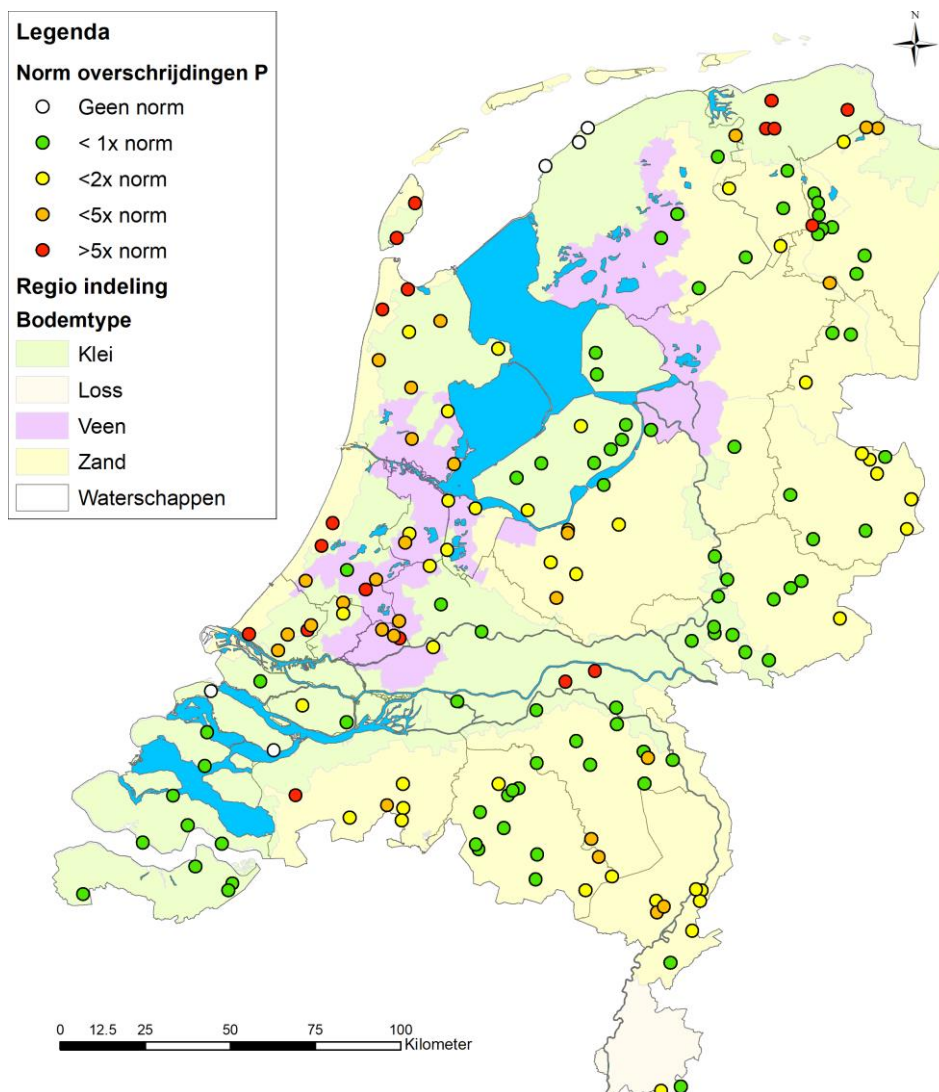
3.2.3 Normenoverschrijdingen

Voor elke MNLSO-locatie is berekend hoeveel de gemiddelde concentratie over de jaren 2015 t/m 2018 afwijkt van de waterschapsnorm. De resultaten hiervan voor de zomerconcentraties staan in Figuur 3.8 (N-totaal) en Figuur 3.9 (P-totaal). De resultaten voor de winterconcentraties zijn te vinden in Bijlage D.

Voor N-totaal is te zien dat er verspreid over Nederland in de zomer drie locaties zijn waarbij de gemiddelde zomerconcentratie meer dan vijf maal hoger is dan de waterschapsnorm. Verspreid over Nederland komen ook locaties voor met N-concentraties tussen twee en vijf maal de norm (Figuur 3.8). De P-concentratie in de zomer is op 18 locaties hoger dan vijf maal de waterschapsnorm (Figuur 3.9).



Figuur 3.8 Mate van de waterschapsnormoverschrijding van de gemiddelde concentratie N-totaal in de zomer over de jaren 2015 t/m 2018 op de MNLSO-locaties.



Figuur 3.9 Mate van waterschapsnormoverschrijding van de gemiddelde concentratie P-totaal in de zomer over de jaren 2015 t/m 2018 op de MNLSO-locaties.

Tabel 3.1 laat het gemiddelde en het mediane doelgat zien voor de locaties met normoverschrijdingen. Het doelgat is het verschil tussen de waterschapsnorm en de zomergemiddelde concentratie voor de betreffende locatie. Te zien is dat voor N-totaal het gemiddelde en het mediane doelgat gedaald is tussen 2014 en 2018. Het gemiddelde doelgat voor normoverschrijdende locaties was in de periode 2015 tot en met 2018 2,0 mg/L. Het aantal normoverschrijdende locaties is in deze periode wel gedaald.

Voor P-totaal is het aantal locaties met een doelgat afgenomen, maar dat het gemiddelde doelgat van normoverschrijdende locaties gelijk is gebleven tussen 2014 en 2018. Het mediane doelgat is zelfs gestegen tussen 2014 en 2018.

Tabel 3.1 Het gemiddelde en mediane doelgat van alle locaties met normoverschrijdingen getoetst voor de periode 2012 t/m 2014 en 2015 t/m 2018 voor N-totaal en P-totaal in (mg/L).

	Periode	2012-2014	2015-2018
P-totaal	Gemiddelde	0.49	0.49
	Mediaan	0.19	0.2
	Aantal	95	85
N-totaal	Gemiddelde	2.24	2.01
	Mediaan	1.29	1.2
	Aantal	112	104

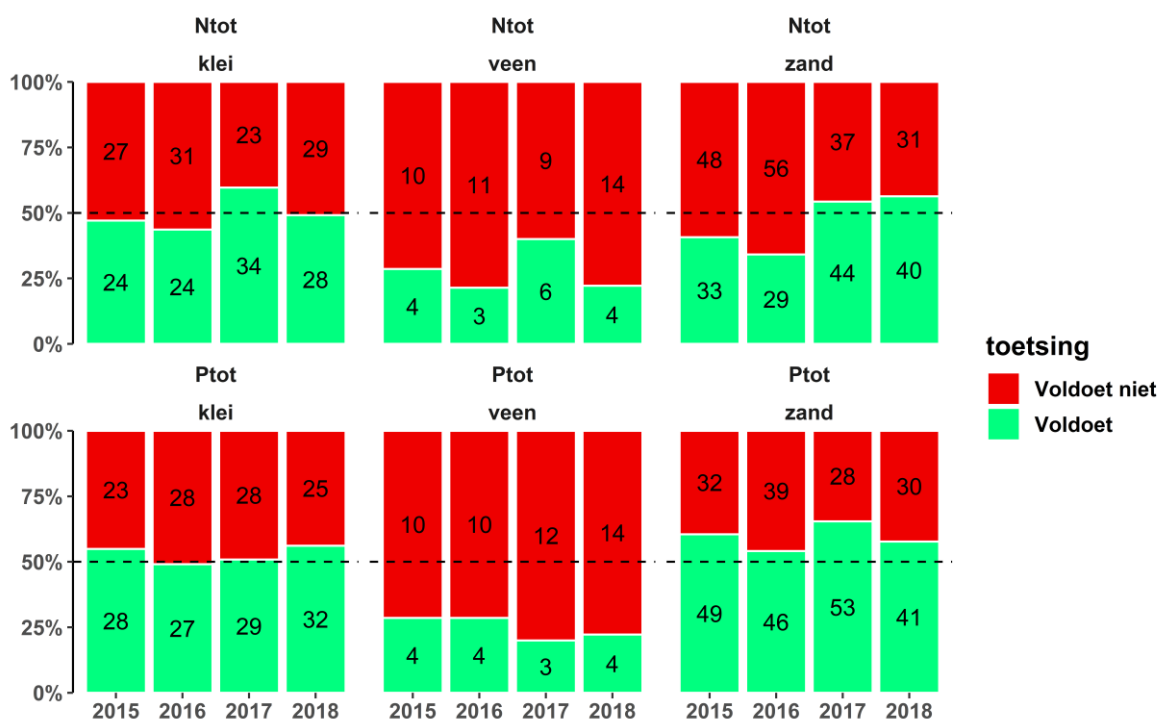
3.2.4 Toestand in deelgebieden

Per deelgebied is het percentage meetlocaties bepaald dat al dan niet voldoet aan de waterschapsnorm. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 3.10. Voor N-totaal voldoen in kleigebieden ten opzichte van de andere grondsoorten, het hoogste percentage aan de norm, op het jaar 2018 na. In veengebieden is het percentage dat voldoet aan de norm het laagste (20 – 40%). Dit is een verschuiving ten opzichte van de vorige evaluatie. Toen was het percentage van locaties die aan de norm voldeden het laagste in de zandgebieden. Hierbij moet er wel rekening mee worden gehouden dat door het kleine aantal meetlocaties (18) in veengebieden de uitkomst voor dit deelgebied mogelijk minder representatief is.

Het percentage dat aan de norm voldoet wisselt van jaar tot jaar. In 2017 voldoet, vergeleken met de andere drie jaren, het grootste deel van de locaties op veen, klei aan de norm. Zand heeft daarentegen het hoogste percentage dat voldoet in 2018. Ook klei heeft in dit jaar een relatief hoog percentage van locaties die voldoen terwijl het percentage van veen juist laag is. In 2016 werden in alle deelgebieden de meeste normoverschrijdingen geconstateerd.

Voor P-totaal voldoet het deelgebied zand in alle jaren het hoogste percentage van de locaties aan de totaal norm. Net als bij N-totaal voldoet ook hier het laagste percentage van de locaties in het veengebied aan de norm. Ook voor P-totaal fluctueert fluctueert het aantal locaties dat voldoet aan de norm over de jaren. In 2017 voldoen in het zandgebied de meeste locaties aan de norm.

Er liggen ook twee meetlocaties in het lössgebied. Voor N-totaal voldoen beide locaties van 2015 t/m 2018 niet aan de N-totaal norm. Voor P-totaal voldoet één locatie alleen in 2016 niet aan de norm en de andere locatie voldoet helemaal niet aan de P-totaal norm.



Figuur 3.10 Staafdiagrammen voor N-totaal (boven) en P-totaal (onder) per grondsoort. Met op de x-as het jaar en op de y-as het percentage dat voldoet. Binnen het diagram staat het aantal corresponderende meetlocaties vermeld.

4 Bepaling van trends

4.1 Methode trendbepaling

Voor de trenddataset, bestaande uit zowel de zomer- als de wintermeetwaarden, zijn alle locaties geselecteerd die voldoen aan het extra selectie criterium voor trendmeetpunten (zie ook paragraaf 2.1). Voor de trendanalyse tot en met 2018 hebben 118 trendmeetlocaties een voldoende lange meetreeks. Op basis van de trendanalyses kan inzicht verkregen worden of de concentraties stabiel zijn, toenemen of afnemen.

Een eerste belangrijk uitgangspunt bij de trendanalyses is dat de analyse eerst per meetlocatie wordt uitgevoerd. Vervolgens worden deze trends geaggregeerd naar een uitspraak op landelijk niveau of per deelgebied. Door eerst trends per meetlocatie te bepalen en vervolgens te aggregeren heeft de variatie in de absolute concentratieniveaus geen invloed op de resultaten van de trendanalyse. Daarnaast is deze methode minder gevoelig voor gaten in de tijdreeksen (Broers & Van de Grift, 2004; Visser, 2009)

Een tweede uitgangspunt bij de trendanalyse is dat er robuuste statistische methodes worden gebruikt, die niet of nauwelijks gevoelig zijn voor uitschieters in de datasets. De gebruikte methodes komen overeen met de methodes toegepast in de eerdere rapportages van het MNLSO (Klein et al., 2015):

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.
2. De Theil-Sen hellingschatter (Hirsch et al., 1982) is een methode waarmee de mediane trendhelling met het 95% betrouwbaarheidsinterval wordt 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. De eenheid van de helling wordt in dit rapport weergegeven als mg/L per decennium.
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 gebruikte methodes zijn beschreven in de internationale wetenschappelijke literatuur en worden veelvuldig gehanteerd zowel in de hydrologie als in andere disciplines. De analyses zijn uitgevoerd in het statistische programma R (R Development Core Team, 2009). Een uitgebreidere uitleg van de gebruikte methodes is opgenomen in Bijlage B.

4.2 Resultaten

4.2.1 Seasonal Mann Kendall trendtest

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

Voor N-totaal laat ruim 87% van de MNLSO-locaties een significante neerwaartse trend zien. Voor P-totaal is de trend voor 53% van de meetlocaties significant neerwaarts. In vergelijking met N-totaal laat P-totaal meer significante opwaartse trends zien en meer locaties zonder significante

trend. Daarbij dient opgemerkt te worden dat trends in P-totaal concentraties minder snel significant zijn door het piekerige gedrag van de meetreeksen.

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

N- totaal	Aantal
Aantal opwaarts ($p < 0.05$)	3
Aantal neerwaarts ($p < 0.05$)	103
Geen trend aantoonbaar ($p > 0.05$)	12
P-totaal	
Aantal opwaarts ($p < 0.05$)	14
Aantal neerwaarts ($p < 0.05$)	63
Geen trend aantoonbaar ($p > 0.05$)	41

4.2.2 Theil Sen hellingschatten

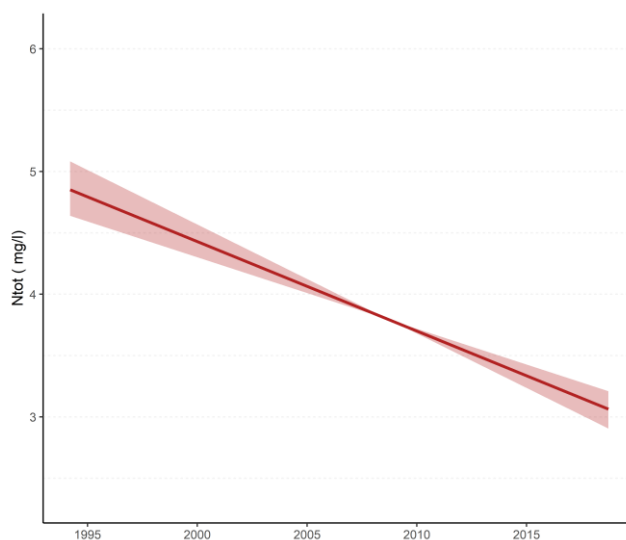
Met de Theil-Sen hellingschatter is per trendmeetpunt een trendhelling berekend en het 95% betrouwbaarheidsinterval bepaald. De resultaten voor de hele tijdreeks zijn opgenomen in Tabel 4.2 en visueel weergegeven in Figuur 4.1 voor N-totaal en in Figuur 4.2 voor P-totaal. Het middelpunt van de lijnen ligt op de mediane concentratie en het mediane bemonsteringsmoment van alle metingen. Het gaat bij deze visualisatiemethode echter om de trendhellingen en niet om de absolute concentratieniveaus.

Zowel voor N-totaal als voor P-totaal zijn zowel de mediane trendhelling als de beide hellingen van het 95%-betrouwbaarheidsinterval neerwaarts. Dit betekent dat er met 95% zekerheid een neerwaartse trend in de concentraties van N-totaal en P-totaal is. Voor N-totaal bedraagt de mediane decennium-afname in de concentratie 0,61 mg/l en voor P-totaal 0,012 mg/l.

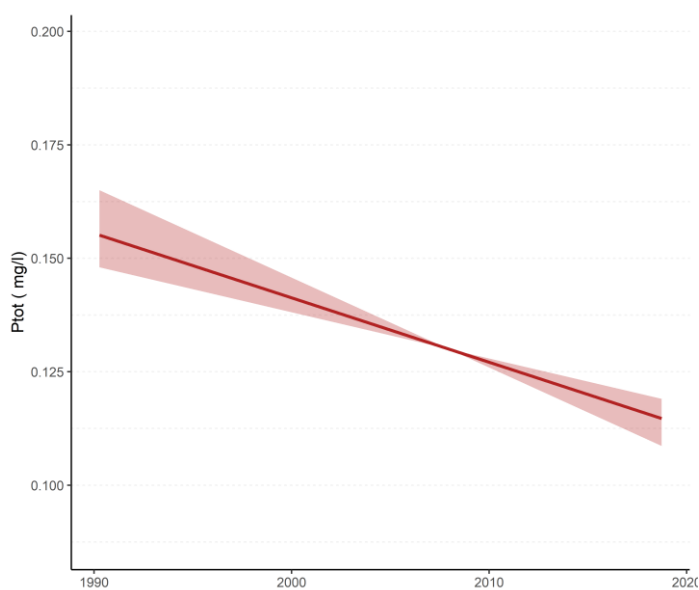
De berekende mediane trendhellingen kunnen niet zonder meer worden geëxtrapoleerd naar de toekomst. De trends komen voort uit veranderingen in de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten. Daarbij is het onderscheid tussen effecten van actuele veranderingen en na-ijl effecten van veranderingen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

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

	Mediane trend (mg/l per decennium)	Luwer / purper 95% betrouwbaarheid (mg/l per decennium)	Conclusie
N-totaal	-0.61	-0.72 / -0.52	Dalend significant
P-totaal	-0.012	-0.020 / -0.0067	Dalend significant



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



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

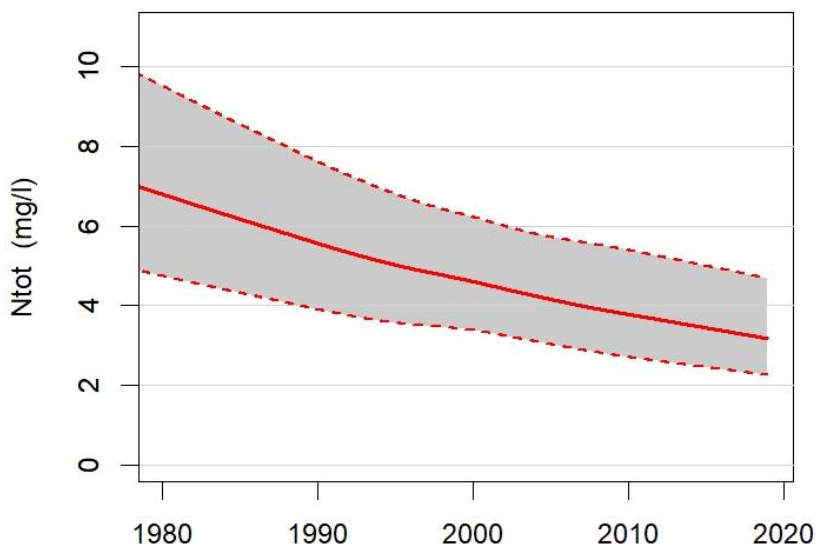
4.2.3

LOWESS trendlijn

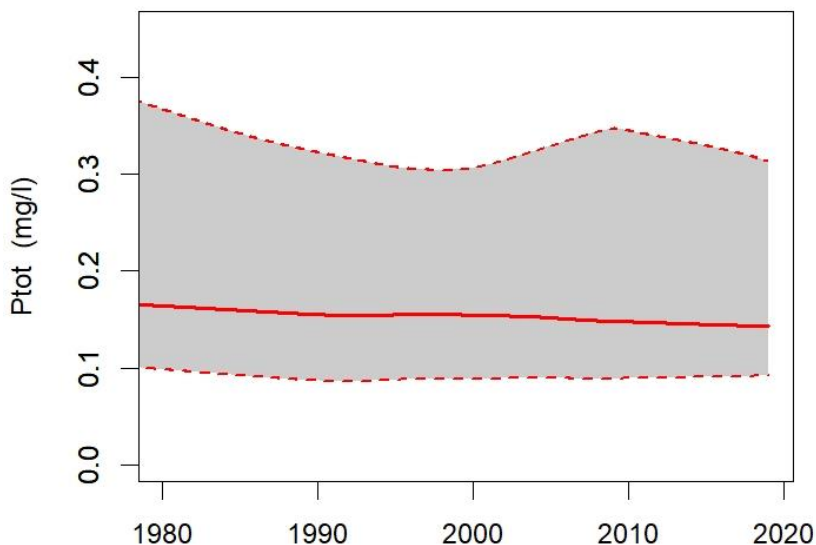
Door de meetgegevens van alle trendmeetlocaties zijn LOWESS-trendlijnen berekend. Vervolgens zijn deze trendlijnen geaggregeerd en is een 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijn bepaald. Gezamenlijk geven de 25- en 75-percentiel LOWESS de bandbreedte weer waarbinnen 50% van de MNLSSO-locaties zich qua concentratieniveau bevindt. De geaggregeerde LOWESS-trendlijnen voor N-totaal en P-totaal zijn weergegeven in Figuur 4.3 en Figuur 4.4. De grafieken zijn gebaseerd op de hele tijdreeksen, maar zijn weergegeven vanaf 1980.

Voor N-totaal daalt de LOWESS-trendlijn over de gehele periode. Vanaf 2000 vlakt de daling in de concentraties iets af. De LOWESS voor P-totaal blijft over de gehele periode vanaf 1980 met wat kleine schommelingen licht dalen. Datzelfde geldt voor de 25-percentiel LOWESS.

De neerwaartse trend van de 75-percentiel LOWESS vanaf 2010 blijft zich doorzetten. Dit betekent dat de locaties met de hoogste concentraties relatief sneller dalen dan het gemiddelde.



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

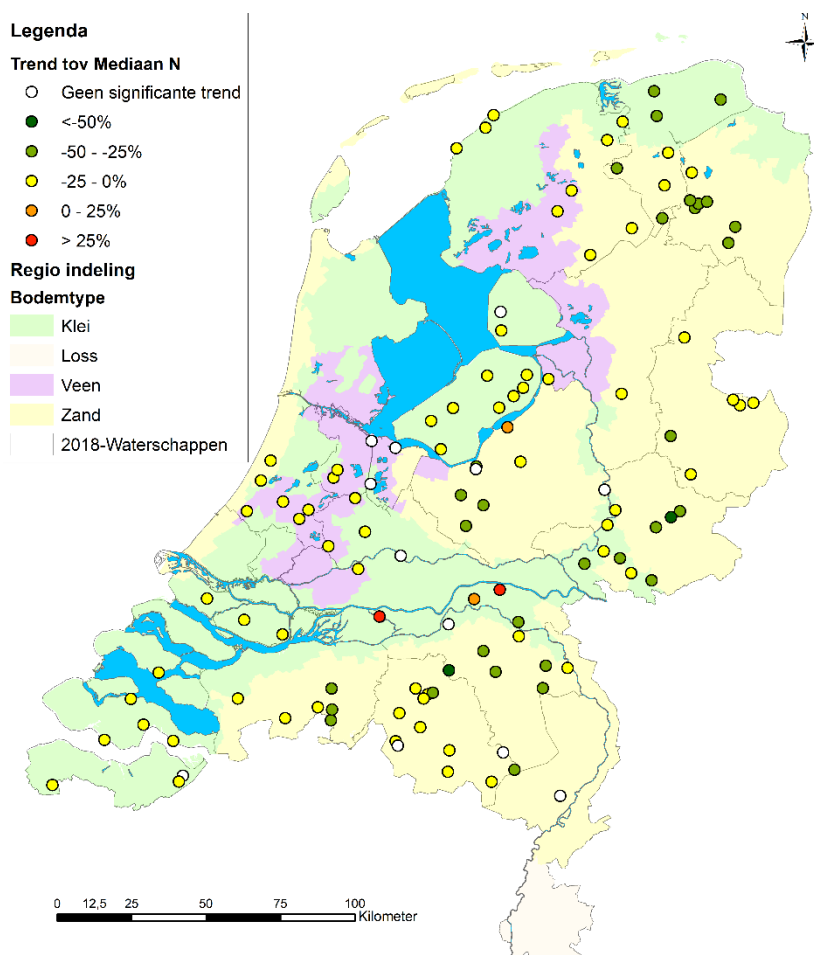


Figuur 4.4 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25 - en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor P-totaal voor de hele tijdreeksen.

4.3 Regionale verdeling trends

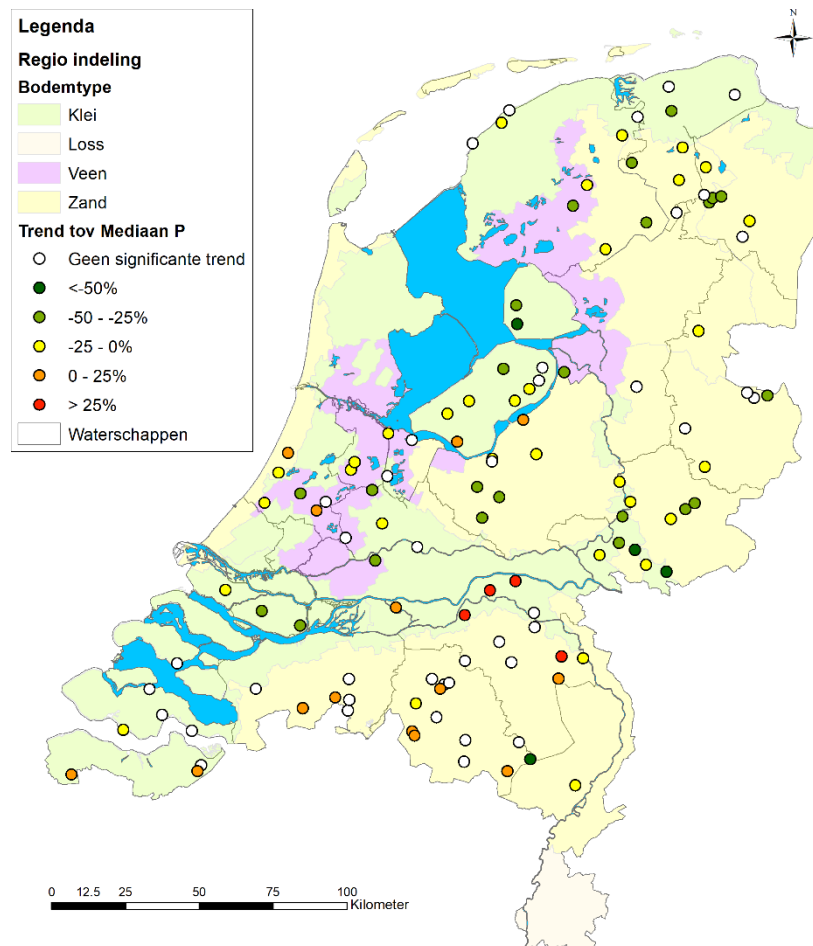
Om een ruimtelijk beeld te krijgen van de voorkomende trends zijn in Figuur 4.5 en Figuur 4.6 voor de individuele trendmeetlocaties met een significante trend (bepaald met de Seasonal Mann Kendall trendtest) de procentuele Theil-Sen trendhellingen ten opzichte van de mediaan over de periode 1990-2018 voor N- en P-totaal weergegeven.

Voor N-totaal zijn de grootste dalingen van de concentratie in de zandgebieden te zien (groene en donkergroene bolletjes). Verder zijn er twee locaties met stijgingen groter dan 25% ten opzichte van de mediaan (rode bolletjes). Dit houdt in dat op deze locaties de concentraties met 25% stijgen ten opzichte van de mediane concentratie op deze locaties. De regio's met veel neerwaartse trends zijn het noordoosten en het zuidoosten van Nederland.



Figuur 4.5 Relatieve Theil-Sen trendhelling (percentage t.o.v. mediaan) voor N-totaal over de periode vanaf 1990 voor de trendmeetlocaties.

Voor P-totaal kan geconcludeerd worden dat er een regionaal patroon te zien is in relatieve trends (Figuur 4.6). De meeste opwaartse trends (dus toename van de P-concentratie) zijn in het zuiden van Nederland. Door te vergelijken met de informatie uit Figuur 3.9 blijkt dat in het noorden en oosten van Nederland (Drents plateau en waterschap Rijn en IJssel) de concentraties van de meeste meetlocaties met een relatief grote procentuele dalende trend reeds onder de waterschapsnorm liggen.



Figuur 4.6 Relatieve Theil-Sen trendhelling (percentage t.o.v. mediaan) voor P-totaal over de periode vanaf 1990 voor de trendmeetlocaties.

4.4 Zomer- en wintertrends

De Theil-Sen hellingschatter en de LOWESS-trendlijn zijn ook toegepast voor trendanalyses op de zomerconcentraties (april t/m september) en winterconcentraties (oktober t/m maart). Hieruit blijkt dat voor zowel de zomer als de winter afzonderlijk een significante neerwaartse trend optreedt voor zowel N- als P-totaal (Bijlage C, Figuur C.1 en C.2). Bij N-totaal dalen de winterconcentraties sneller dan de zomerconcentraties. Dit is echter niet opvallend, aangezien de concentraties in de winter hoger zijn.

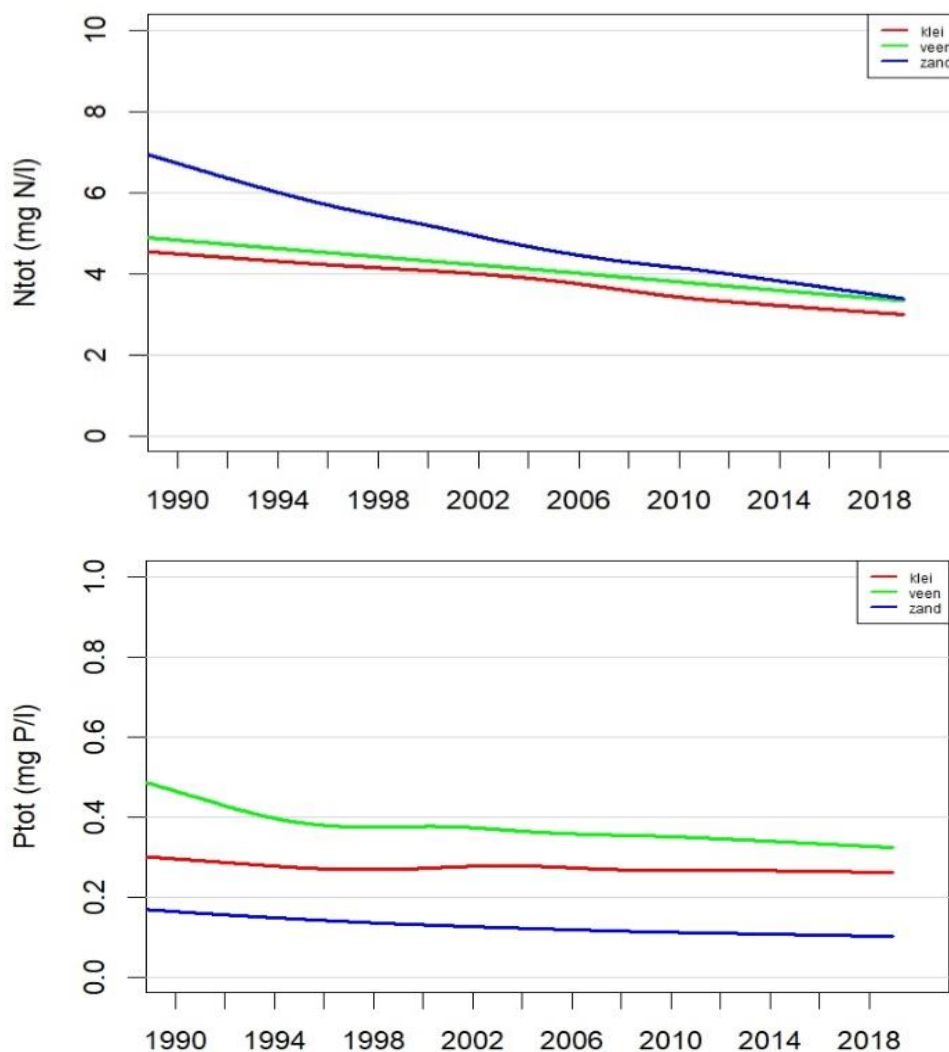
De LOWESS-trendlijnen voor de zomer- en winterconcentraties voor N-totaal (Figuur C.1.3) laten verschillen zien. Voornamelijk is de bandbreedte tussen de 25- en 75-percentiel LOWESS kleiner in de zomermaanden dan in de wintermaanden. Dit betekent dat de spreiding van concentraties groter is in de winter.

De LOWESS voor de zomer- en winterconcentraties van P-totaal (Figuur C.1.4) liggen dicht bij elkaar qua concentraties. De bandbreedte van de zomerconcentraties is groter dan in de winter. De 25-percentiel LOWESS laat voor de winterconcentraties een lichte stijging zien, terwijl de zomerconcentraties in het lagere concentratiebereik wel licht dalen.

4.5 Trends per grondsoort

Wanneer de trendanalyse per grondsoort wordt berekend zien we voor de mediane Theil-Sen-slope hellingen (Figuur C.2.1) en de LOWESS-trendlijnen (Figuur C.2.2) enkele opvallende verschillen tussen de klei-, veen en zandgebieden. De trendhellingen voor N-totaal (Figuur C.2.1) zijn steiler in het zandgebied dan in het veen- en kleigebied. De verklaring is te zien in de LOWESS-trendlijnen (Figuur 4.7 en Figuur C.2.2). In het zandgebied dalen de concentraties namelijk al sinds het begin van de meetreeksen, terwijl de concentraties in het kleigebied pas vanaf 2002 duidelijk beginnen te dalen.

Voor P-totaal valt voornamelijk op dat de spreiding van concentraties in het klei- en veengebied veel groter is dan in het zandgebied (Figuur C.6). Bij de kleigebieden valt te zien dat het 75-percentiel lijn vanaf 2010 stijgt.



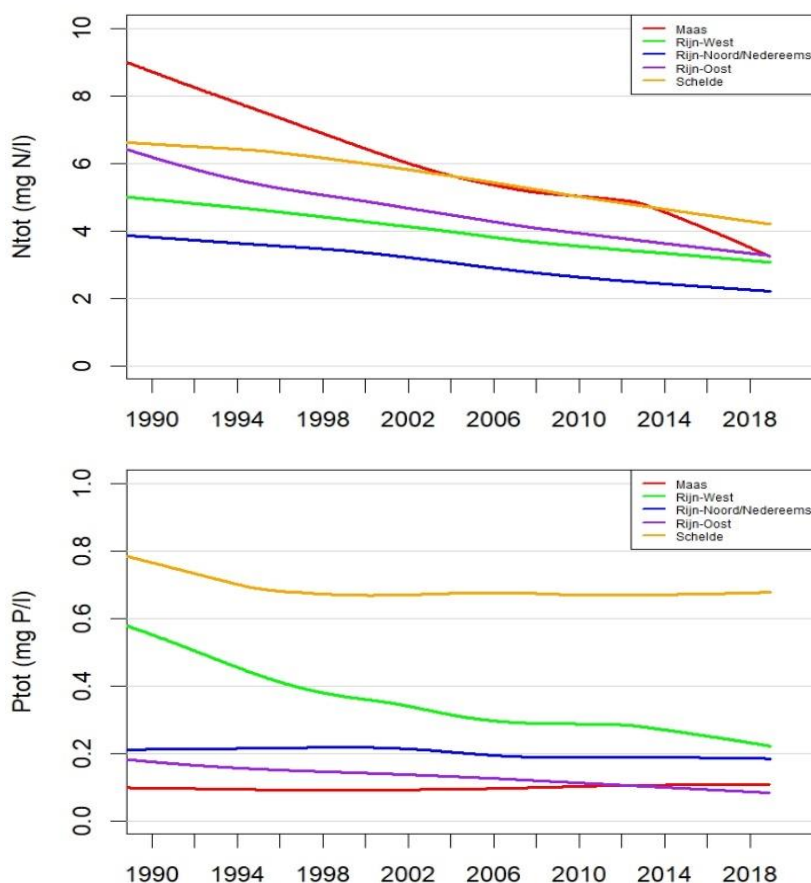
Figuur 4.7 Geaggregeerde LOWESS-trendlijnen per deelgebied voor de grondsoorten klei, veen en zand voor N-totaal (boven) en P-totaal (onder)

4.6 Trends per stroomgebied

In Figuur 4.8 (samen) en Figuur C.1.1 (apart) staan de LOWESS-trendlijnen voor de verschillende stroomgebieden weergegeven. Hierbij zijn alle concentraties (zomer en winter) meegenomen. Het aantal trendmeetlocaties in Schelde is beperkt (7), waardoor de geaggregeerde LOWESS-trendlijnen minder betrouwbaar zijn.

In alle stroomgebieden laten de N-totaal concentraties over de gehele tijdreeks een neerwaartse trend zien. In stroomgebied Maas zijn de concentraties over het algemeen het hoogste, maar in Schelde worden vanaf 2002 vergelijkbare concentraties gemeten. De laagste concentraties worden gemeten in Rijn-Noord/Nedereems. Opvallend is dat het Maasstroomgebied de afgelopen jaren een sterke neerwaartse trend heeft. De andere stroomgebieden hebben een constante neerwaartse trend.

De trend voor P-totaal wisselt sterk per stroomgebied, waarbij vooral de opwaartse trend voor Maas vanaf 2004 opvalt. Onafhankelijk van de normstelling wordt met een opwaartse trend niet voldaan aan het stand-still principe van de KRW. De stroomgebieden Rijn-West en Rijn-Oost laten nog duidelijk dalende P-concentraties zien. De overige stroomgebieden dalen de laatste jaren nauwelijks meer en lijken gestabiliseerd. Tussen de verschillende stroomgebieden zitten grote verschillen in P-totaal concentraties met de hoogste concentraties in Schelde, daarna Rijn-West, vervolgens Rijn-Noord/Nedereems en de laagste concentraties in Rijn-Oost en Maas.



Figuur 4.9 Geaggregeerde LOWESS-trendlijnen per deelgebied voor de stroomgebieden voor N-totaal (boven) en P-totaal (onder)

5 Aanvullende analyses

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op aanvullende analyses die zijn gedaan op de dataset van het MNLSO naast de toestand- en trendanalyse (5.1 t/m 5.3). Daarnaast worden de resultaten beschreven van gedetailleerde metingen in MNLSO-stroomgebieden om de ruimtelijke spreiding inzichtelijk te maken (5.4).

5.1 Spreiding in stikstof- en fosfaatconcentraties

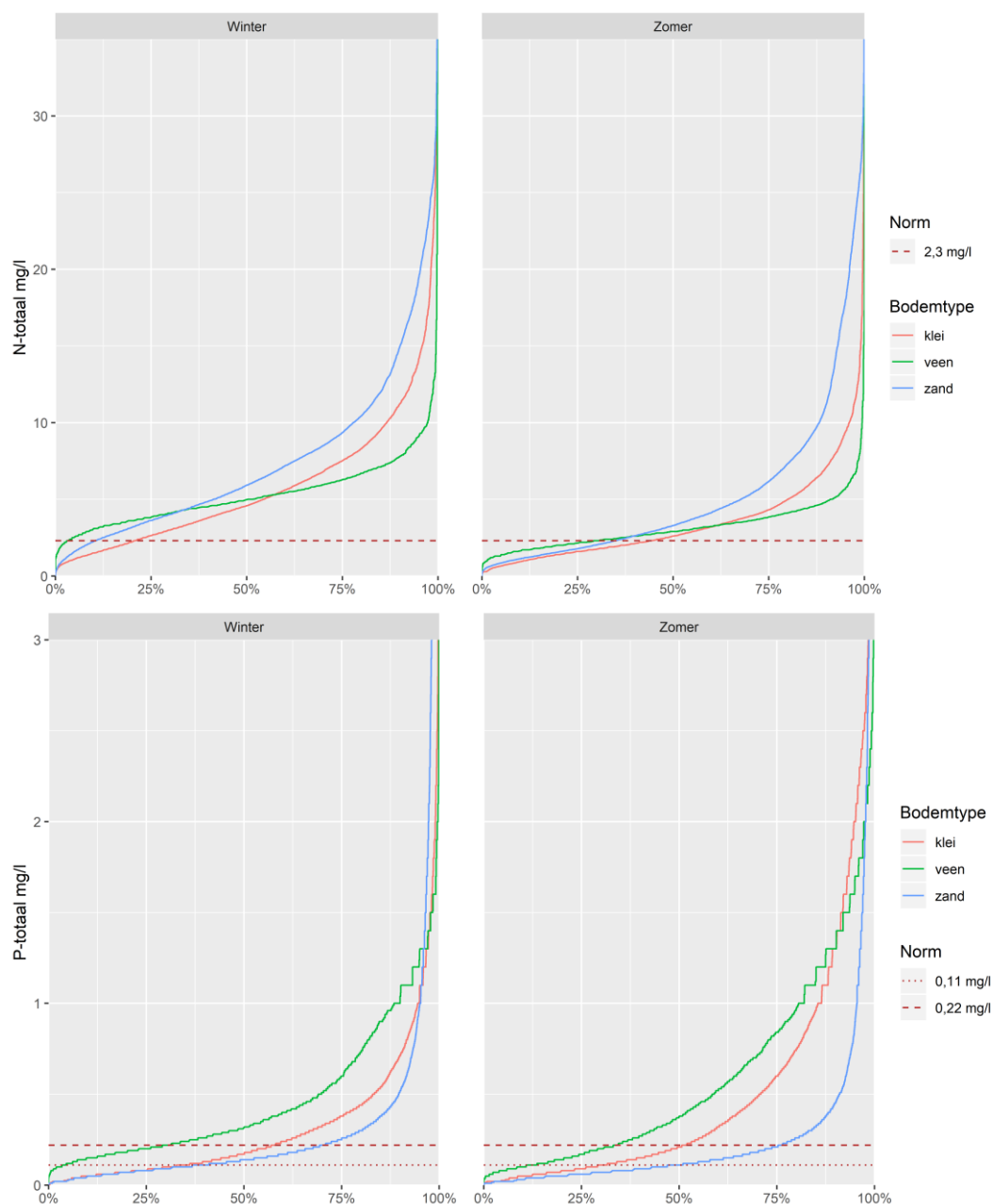
Om een beeld te krijgen van de spreiding in de concentraties voor N- en P-totaal zijn voor zowel zomer/winter als per grondsoort cumulatieve frequentiediagrammen gemaakt (Figuur 5.1). Hierbij is uitgegaan van het driejarig gemiddelde (2015-2018). Tevens zijn dit type grafieken gemaakt voor alle MNLSO-meetpunten met een uitsplitsing in verschillende periodes: 1995-1998, 2005-2008 en 2015-2018 (Figuur 5.2).

De diagrammen kunnen op twee manieren bekeken worden:

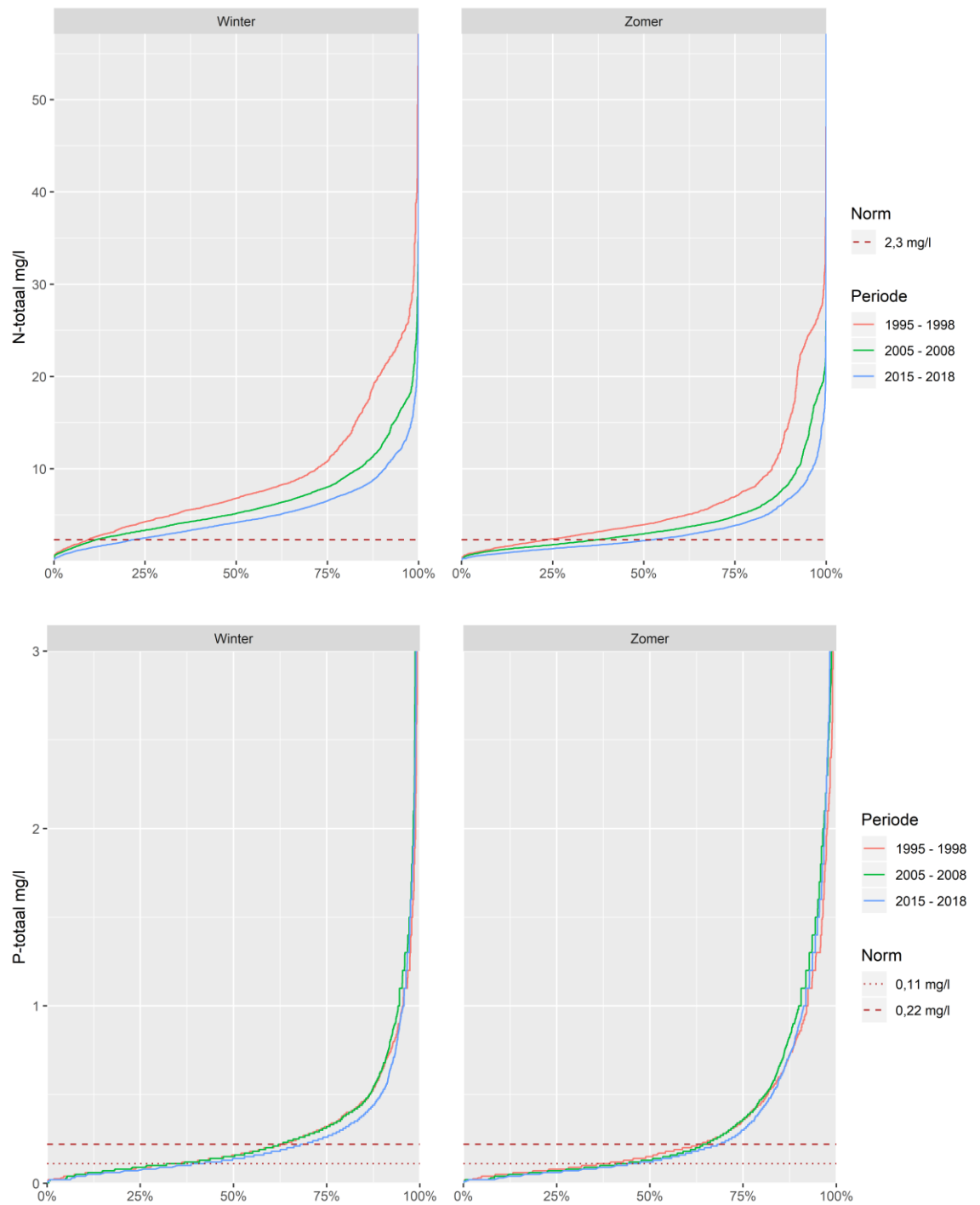
- 1 Door bij een bepaald percentiel (x-as) de concentratie op de y-as te bepalen dat bij dit percentiel hoort.
- 2 Door voor een bepaalde concentratie (y-as) vast te stellen welk percentage van de metingen onder deze concentratie blijft (x-as).

De figuren geven inzicht in zowel de verschillen tussen zomer en winter als verschillen tussen deelgebieden (Figuur 5.1) en verschillend tussen jaren (Figuur 5.2). Ter illustratie is voor de zomerperiode ook het niveau weergegeven van de meest voorkomende waterschapsnormen (voor N-totaal 2,3 mg N/l en voor P-totaal 0,11 en 0,22 mgP/l). Deze normen zijn uitsluitend geldig voor toetsing van zomergemiddelde concentraties.

Voor N-totaal zijn voor alle deelgebieden de concentraties in de winter hoger dan in de zomer (Figuur 5.1). Daarnaast zijn in de zandgebieden de hoogste concentraties te vinden. Voor 23% van de locaties in de winter en 13% in de zomer zijn de concentraties groter dan 10 mg/L. Bij veen zien we juist relatief weinig locaties met een hoge N-concentratie. De lijn voor veen, voor zowel de zomer als de winter, loopt dan ook vrij horizontaal in het cumulatieve frequentiediagram, wat betekent dat de concentraties in het veengebied relatief weinig variëren over de verschillende locaties.



Figuur 5.1 Cumulatieve frequentiediagrammen voor N-totaal (boven) en P-totaal (onder) met uitsplitsing in deelgebieden en zomer en winter (voor de periode 2015-2018). De rode lijnen geven veel voorkomende waarden van de norm aan. Let op: voor P-totaal is de y-as afgekapt bij 3 mgP/l.



Figuur 5.2 Cumulatieve frequentiediagrammen voor N-totaal (links) en P-totaal (rechts) met uitsplitsing in periodes (1995-1998, 2005-2008 en 2015-2018) en zomer en winter. De rode lijnen geven veel voorkomende waarden van de norm aan. Let op: voor P-totaal is de y-as afgekapt bij 3 mgP/l.

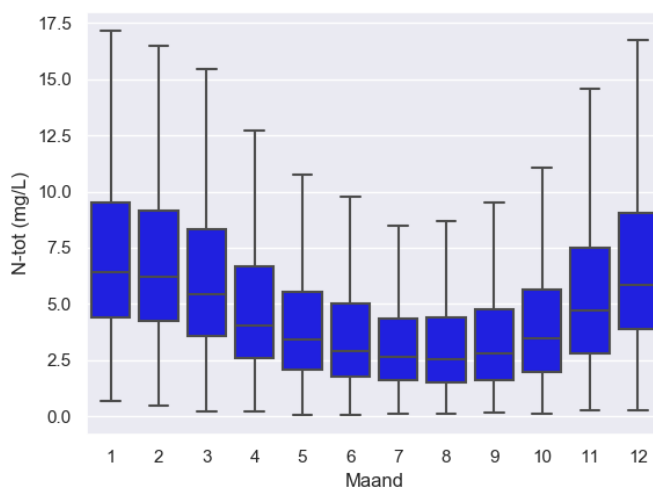
Voor P-totaal is in het zandgebied nauwelijks verschil tussen de zomer- en winterconcentraties. De P-concentraties in het zandgebied zijn tevens lager dan in het klei- en veengebied. Over het algemeen zijn de concentraties in het veengebied hoger dan in het kleigebied. Maar de verschillen in het kleigebied tussen de zomer- en winterconcentratie zijn wel het grootste. Daarnaast valt op te merken dat er een grote spreiding in concentraties zit waarbij hoge uitschieters geen uitzondering zijn. Uit het steile verloop van het rechter deel van de frequentiediagrammen voor N-totaal en P-totaal is af te leiden dat er lokaal concentraties voorkomen die erg ver boven de gestelde normniveaus liggen. Dit betekent dat de concentraties op de meeste MNLSO-locaties een piekerig gedrag vertonen. Deze hoge concentraties komen niet enkel bij een bepaald meetpunt voor, maar zijn verspreid over meerdere meetlocaties.

In Figuur 5.2 zijn voor N- en P-totaal cumulatieve frequentiediagrammen weergegeven voor alle MNLSO-metpunten met een uitsplitsing in verschillende periodes: 1995-1998, 2005-2008 en 2015-2018. Hierbij is de afname in de tijd goed terug te zien. Voor N-totaal is er voor zowel de zomer als de winter een afname te zien. Voor P-totaal zijn de verschillen tussen de twee periodes minder groot. Dit komt overeen met de resultaten van de trendanalyse.

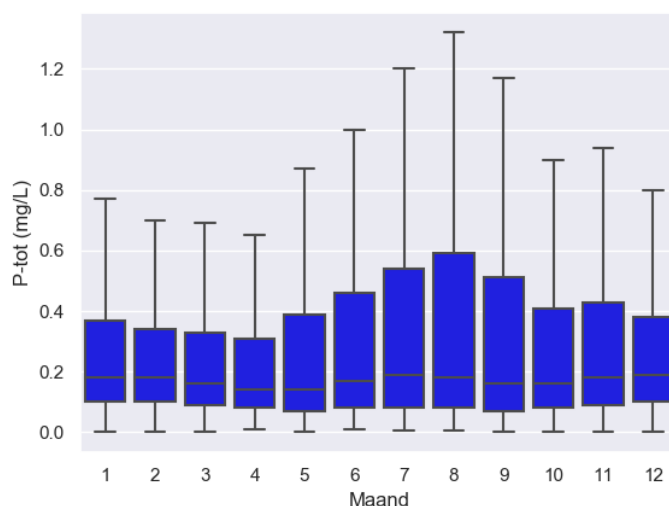
5.2 Seizoensvariaties

Voor de MNLSO-trendlocaties is nader gekeken naar de variatie in de nutriëntenconcentraties door het jaar heen. Figuur 5.3 geeft voor N-totaal de meetresultaten van alle MNLSO-trendmeetlocaties vanaf 1990 weer in boxplots per maand.

De N-totaal concentraties op de MNLSO-locaties laten een duidelijk seizoensverloop over de maanden zien met hoge concentraties in de wintermaanden en lage concentraties in de zomermaanden. De mediane N-totaal concentraties in juli en augustus zijn 2,5 keer lager dan in december en januari.



Figuur 5.3 Meetgegevens van MNLSO-trendmeetlocaties (periode 1990-2018) in boxplots per maand voor N-totaal. De boxplots geven de mediaan, de 25- en 75-percentiel en de range van de concentraties exclusief uitschieters.



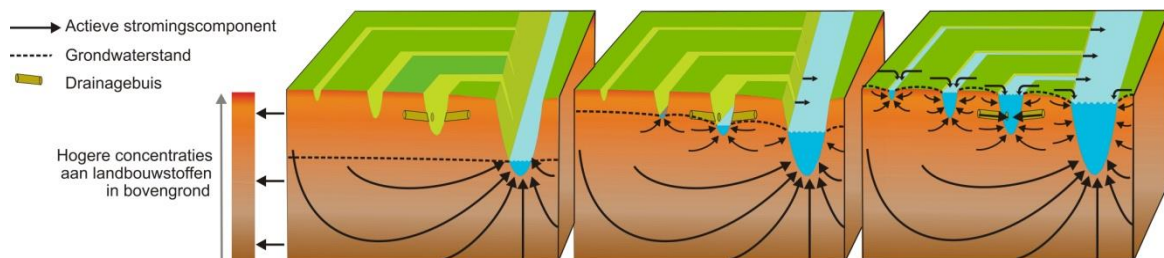
Figuur 5.4 Meetgegevens van MNLSO-trendmeetlocaties (periode 1990-2018) in boxplots per maand voor P-totaal. De boxplots geven de mediaan, de 25- en 75-percentiel en de range exclusief uitschieters.

De P-totaal concentraties laten een tegengesteld seizoensverloop zien (Figuur 5.5). De mediane concentraties schommelen echter slechts licht over het jaar. Wel is te zien dat de uitschieters juist in de zomer hoger worden. Een mogelijke verklaring hiervoor is nalevering vanuit de waterbodem waarbij P-totaal, dat eerder via af- en uitspoeling in het oppervlaktewater terecht kwam en werd vastgelegd in de waterbodem, in de zomermaanden weer vrijkomt.

Tabel 5.1 geeft een overzicht van de belangrijkste processen die de hogere concentraties N-totaal in de winter veroorzaken. In natte periodes worden ondiepe en oppervlakkige uitspoelingsroutes van percelen naar het oppervlaktewatersysteem belangrijker (Rozemeijer, 2010). Via deze ondiepe routes worden meer nutriënten vanuit het landsysteem meegevoerd, doordat de nutriëntenconcentraties in de bovengrond veelal hoger zijn dan in het diepere grondwater (zie ook Figuur 5.6). In het oppervlaktewatersysteem zijn de verblijftijden in natte condities relatief kort waardoor biologische omzetting- of vastleggingsprocessen minder vat kunnen krijgen op de nutriënten. De lagere temperaturen in natte periodes zorgen bovendien voor een lagere bacteriologische activiteit, wat de biologische omzetting vertraagt.

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

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



Figuur 5.6 Van natte naar droge omstandigheden neemt de invloed van ondiepe uitstroomstroomroutes toe. Deze ondiepe stroombanen worden sterker beïnvloed door de landbouw en leveren hogere concentraties nutriënten en andere landbouw gerelateerde verontreinigingen aan het oppervlaktewater.

5.3 Vergelijking MNLSO en LMM

Zowel het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) als het MNLSO zijn bedoeld om de waterkwaliteit in landbouwgebieden op regionaal niveau te onderzoeken. Binnen het LMM meet het RIVM op individuele agrarische bedrijven het uitspoelingswater (bovenste grondwater, drainwater en/of bodemvocht) en het slootwater in perceelssloten en doorgaande sloten. Qua schaalniveau ligt het MNLSO daarom ‘benedenstrooms’ van het LMM.

In theorie levert een gecombineerde interpretatie van gegevens uit het LMM en MNLSO inzichten op over de invloed van landbouw op de waterkwaliteit en het transport van nutriënten van perceel naar zee. Bij een gecombineerde analyse moet wel rekening worden gehouden met de verschillen in opzet tussen de meetnetten. Doordat de monsters in het LMM gefiltreerd worden, zijn de totaalconcentraties voor N en P in slootwater niet vergelijkbaar met die van het MNLSO. Parameters, die in beide meetnetten gefiltreerd worden, zijn goed te vergelijken. Voorbeelden zijn de anorganische nutriënten ortho- PO_4 , NO_3 en NH_4 .

Recent is een eerste verkennende gecombineerde analyse uitgevoerd van de gegevens uit het LMM en het MNLSO (Rozemeijer et al., 2016). Het doel van deze studie was het inventariseren, documenteren en verklaren van verschillen in meetresultaten tussen het MNLSO en het LMM-slootwater. Hierdoor zal deze gecombineerde analyse bijdragen aan het begrip en systeemkennis met betrekking tot de invloed van landbouw op de oppervlaktewaterkwaliteit. Daarnaast is inzichtelijk gemaakt hoe het LMM en het MNLSO qua meetstrategie beter op elkaar aan te sluiten zijn.

Wat betreft de concentratieniveaus blijkt uit Tabel 5.1 dat NO_3 en NH_4 in de meeste gevallen voldoen aan de verwachting dat de concentraties in het LMM, dicht bij de bron, hoger zijn dan in het MNLSO. Voor PO_4 geldt dit echter niet en zijn in de veenregio de concentraties in het MNLSO juist hoger dan in het LMM.

Met betrekking tot de seizoenspatronen laat Tabel 5.2 zien dat deze in de meeste gevallen vergelijkbaar zijn. Alleen in het zandgebied geldt dat het seizoenspatroon met hogere winterconcentraties in het MNLSO niet naar voren komt in het LMM.

Tabel 5.1 Samenvattende vergelijking concentratieniveaus LMM-MNLSO (≈ wil zeggen: vergelijkbaar)

		NO_3	NH_4	PO_4
Winter	Zand	LMM>MNLSO	LMM>MNLSO	LMM≈MNLSO (laag)
	Klei	LMM>MNLSO	LMM≈MNLSO	LMM≈MNLSO
	Veen	LMM>MNLSO	LMM>MNLSO	LMM<MNLSO
Zomer	Zand	LMM>MNLSO	LMM>MNLSO	LMM≈MNLSO (laag)
	Klei	LMM>MNLSO	LMM>MNLSO	LMM>MNLSO
	Veen	LMM≈MNLSO (laag)	LMM>MNLSO	LMM<MNLSO

Tabel 5.2 Samenvattende vergelijking seizoenspatronen LMM-MNLSO

	NO₃	NH₄	PO₄
Zand	Vergelijkbaar; hoge concentraties in winter	MNLSO hoge concentraties in winter; LMM geen duidelijk patroon	Vergelijkbaar; lage concentraties in voorjaar
Klei	Vergelijkbaar; hoge concentraties in winter	Vergelijkbaar; hoge concentraties in winter	Vergelijkbaar; hoge concentraties in zomer
Veen	Vergelijkbaar; hoge concentraties in winter	Vergelijkbaar; hoge concentraties in winter	Vergelijkbaar; lage concentraties in voorjaar

Naar aanleiding van de gecombineerde analyse van het MNLSO en het LMM zijn de volgende conclusies te trekken met betrekking tot de volgende vragen:

- Voldoen de anorganische nutriënten (NO₃, NH₄, PO₄) aan de hypothese dat de concentraties in het LMM, dichterbij de bron, hoger zijn dan in het MNLSO? En zo niet, waarom niet?

De concentraties van de anorganische nutriënten (NO₃, NH₄, PO₄) zijn inderdaad hoger in het LMM dan in het MNLSO. Dit voldoet aan de hypothese. Een uitzondering is de fosfaatconcentratie in de veenregio, die hoger is in het MNLSO. De verklaring voor deze uitzondering ligt waarschijnlijk in de rol van de waterbodem bij het transport van fosfaat, bijvoorbeeld doordat de waterbodems op MNLSO-locaties meer fosfaat naleveren. Mogelijk is dat fosfaat eerst bij de LMM sloten vastgelegd in zwevende deeltjes en vervolgens gesedimenteerd in de grotere MNLSO-watervaten.

- Welke extra informatie geeft een gecombineerde analyse van het LMM en het MNLSO over nutriëntenbronnen, -routes en -processen?

De resultaten bevestigen het 'van perceel tot zee' principe, waarbij water en nutriënten vanuit de percelen, via drains greppels en sloten uitspoelen naar de grotere oppervlaktewateren. De verschillen tussen zomer- en winterconcentraties bevestigen dat de bronnen en routes sterk samenhangen met de weersverschillen tussen de seizoenen, waarbij het meeste nutriëntentransport vanuit landbouwpercelen naar het oppervlaktewater in de winter optreedt.

- Welke mogelijkheden zijn er om de meetstrategie van het LMM en het MNLSO beter op elkaar aan te laten sluiten met het oog op gecombineerde analyses in de toekomst?

De meetmomenten binnen het LMM zouden beter over het jaar verdeeld kunnen worden. Daarnaast kunnen parameterpakketten van het MNLSO en het LMM beter op elkaar aan kunnen sluiten.

We kunnen concluderen dat het gecombineerd analyseren van het LMM en het MNLSO nuttig is gebleken. De resultaten vergroten het vertrouwen in de zeggingskracht van beide meetnetten. De verschillen en overeenkomsten zijn voor een groot deel goed verklaarbaar.

5.4 Nitraat App routings in MNLSO stroomgebieden

Het gedetailleerd meten van concentraties in de haarvaten van stroomgebieden kan een beter beeld opleveren van de ruimtelijke spreiding van nutriëntenuitspoeling. Hieronder volgen een aantal voorbeelden van metingen met de Nitraat App. De Nitraat App is een tool waarbij met nitraat-stripjes en een mobiele telefoon binnen enkele minuten de nitraatconcentratie kan worden bepaald. Zo kan binnen korte tijd met beperkte middelen de ruimtelijke verspreiding van nutriëntenuitspoeling inzichtelijk worden gemaakt.

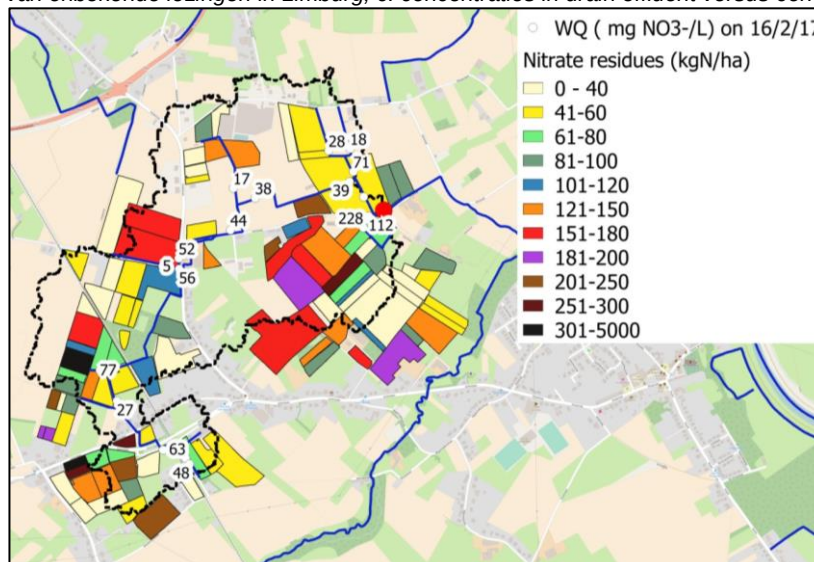
Figuur 5.7 geeft drie voorbeelden van detailmetingen in stroomgebieden. Figuur 5.7a geeft een voorbeeld van een nitraat-routing in het MNLSO stroomgebied van de Elsenerbeek. In de routing is te zien dat de nitraatuitspoeling (rood/oranje punten op de kaart) slechts van een beperkt oppervlakte in het stroomgebied vandaan komt. In Bijlage E is een detailkaart opgenomen van de routings in de Elsenerbeek en in enkele andere MNLSO stroomgebieden.

Via routings kunnen ook onbekende puntlozingen in beeld komen. Figuur 5.7b laat bijvoorbeeld detailmetingen zien waarbij in Limburg een lozing vanuit een kas met concentraties boven de 200 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ is gevonden. Een routing kan ook informatie opleveren over de route van nutriënten naar het oppervlaktewater. Figuur 5.7c geeft het resultaat van een meetcampagne in Denemarken. Hierbij is vastgesteld dat de drains de belangrijkste route voor nitraat waren.

Soortgelijke voorbeelden zijn ook in Vlaanderen te vinden. Figuur 5.8 toont nitraatmetingen van 16 februari 2017 in het akkerbouwgebied Grote Heideleop (Provincie Antwerpen). De concentraties variëren van 5 mg $\text{NO}_3\text{/L}$ tot 228 mg $\text{NO}_3\text{/L}$. Op basis van concentratiemetingen in sloten is niet altijd te bepalen welke landbouwpercelen het meest invloed hebben. Daarom werden in het najaar van 2016 in risicoteelten ook de nitraatresiduen gemeten en die varieerden van 26 tot 320 kg N/ha (Figuur 5.8). De resultaten zijn goed te relateren aan de niet altijd efficiënte bemestingspraktijken in combinatie met de verschillen in stikstof opname-efficiëntie tussen gewassen.



Figuur 5.7 Voorbeelden van detailmetingen in stroomgebieden; a: routing in een stroomgebied; b: lokaliseren van onbekende lozingen in Limburg; c: concentraties in drain effluent versus concentraties in Denemarken



Figuur 5.8 Voorbeeld van de Vlaamse aanpak; detailmetingen van nitraatconcentraties in oppervlaktewater (getallen in de kaart) in combinatie met metingen van nitraatresiduen in landbouwbodems (kleurlegenda).

6 Beschouwing landbouw en waterkwaliteit

Het doel van het MNLSO is om vast te stellen of er een waterkwaliteitsprobleem is in landbouw specifiek oppervlaktewater met nutriënten (stikstof (N) en fosfor (P)). En specifiek of:

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

Met het huidige aantal MNLSO-locaties kunnen we conclusies trekken over de toestand en trends voor heel Nederland en voor de deelgebieden zand, klei en veen. De resultaten van dit onderzoek en de discussies over de invloed van landbouw op waterkwaliteit roepen echter ook vragen op die niet beantwoord kunnen worden op basis van het MNLSO. Daarom is in het ontwerp en de uitwerking van het MNLSO (Klein et al., 2012a en 2012b; Rozemeijer et al., 2014) al de koppeling gelegd tussen het MNLSO en gedetailleerd meet- en modelonderzoek in onderzoeksstroomgebieden. Daarbij is ingegaan op de volgende onderwerpen:

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

De bovengenoemde onderwerpen zijn echter nog steeds relevant voor het MNLSO en de evaluatie van het mestbeleid. Daarom volgt hier een korte samenvatting van de discussie uit Klein et al. (2015).

6.1 Concentraties en vrachten in de winter

Een aandachtspunt bij de huidige Nederlandse aanpak van normtoetsing op basis van zomergemiddelde concentraties is dat er geen aandacht is voor de hoge nutriëntenconcentraties en -vrachten in de winter. Uit de analyse van zomer- en winterconcentraties blijkt dat de hoogste N-concentraties in het landbouw specifiek oppervlaktewater in de winter voorkomen. Zelfs als de normen voor de zomerconcentraties in een landbouwgebied worden gehaald, kan er door hoge wintervrachten sprake zijn van negatieve effecten op ontvangende waterlichamen. Deze afwenteling wordt niet onderkend bij de toetsing op zomerconcentraties.

Consequentie voor het MNLSO:

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

6.2 Invloed van weervariaties op de waterkwaliteit

Weervariaties leveren niet alleen grote verschillen op in nutriëntenconcentraties en -vrachten tussen de seizoenen, maar ook tussen natte en droge weerjaren. Voornamelijk voor N-totaal is de weervariatie van groot belang voor de nutriëntenconcentraties. Voor P-totaal is de relatie tussen de jaarneerslag en de concentratie minder duidelijk. De concentraties P-totaal worden wel beïnvloed door weerscondities, maar dat betreft korte concentratiepieken tijdens individuele buien die veelal gemist worden bij maandelijkse metingen. Verschillende pilots hebben afgelopen jaren bijgedragen aan de verdere ontwikkeling van de kennis over de invloed van weersvariaties op de oppervlaktewaterkwaliteit en geven inzicht in de bronnen, routes en effectieve maatregelen voor zowel stikstof als fosfaat (Rozemeijer et al., 2019 en Van der Grift, 2017).

Consequentie voor het MNLSO:

Verschillen in weerscondities tussen jaren kunnen de geaggregeerde resultaten van de MNLSO toestand- en trendanalyse beïnvloeden. In dit rapport is daar op de volgende manier rekening mee gehouden:

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

6.3 Ruimtelijke dekking van het MNLSO

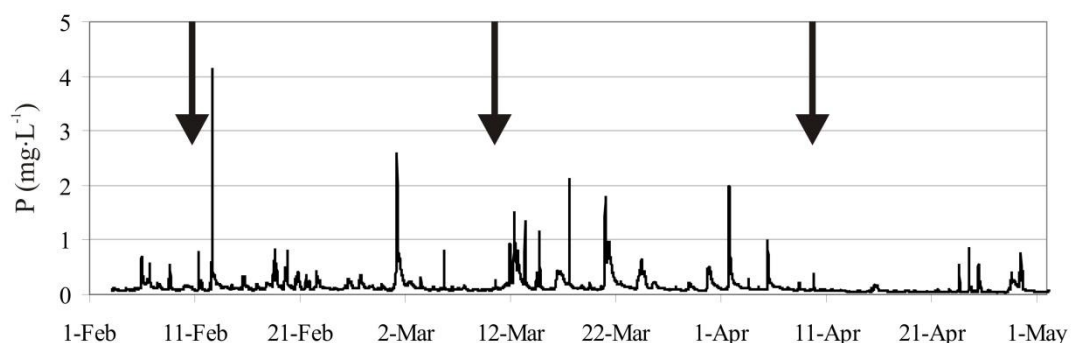
Bij de opzet van het MNLSO is bewust gekozen om gebieden waar meerdere nutriëntenbronnen de oppervlaktewaterkwaliteit beïnvloeden uit te sluiten. Dit selectie criterium heeft er echter toe geleid dat bepaalde gebieden niet door het meetnet gedekt zijn. Veel van de meetlocaties op de zandgronden liggen bijvoorbeeld in bovenstroomse wateren, waardoor mogelijke afwijkende ontwikkelingen in benedenstroomse landbouwgebieden gemist kunnen worden.

Consequentie voor het MNLSO:

Voor kleinere gebieden (< 10 locaties) zijn op basis van het MNLSO geen harde uitspraken mogelijk. De ruimtelijke verschillen in waterkwaliteit zijn juist in landbouw specifiek oppervlaktewater erg groot door de variatie in teelten, waterhuishouding en landbewerking. Daardoor zijn individuele meetlocaties niet per se representatief voor de gebieden waarin ze liggen en is een groter aantal (>10) locaties nodig om conclusies over gebieden te trekken.

6.4 Invloed van meetfrequentie

De meeste MNLSO-locaties worden 12 keer per jaar bemonsterd, wat ook de meest gangbare meetfrequentie is in waterschapsmeetnetten. De variabiliteit in de nutriëntenconcentraties in sloten en beken is echter groot (Kirchner et al., 2004; Rozemeijer, 2010). Met een meetfrequentie van 12 keer per jaar wordt deze grote variabiliteit niet goed vastgelegd. De huidige meetfrequentie levert momentopnames op en de waarde voor de zomergemiddelde concentratie (en dus het toetsingsresultaat) hangt deels af van het wel of niet missen van piekconcentraties bij de bemonstering (zie ook Figuur 6.1).



Figuur 6.1 Deel van de P-totaal meetreeks met een meetinterval van 15 minuten. Als illustratie geven de pijlen een maandelijkse meetfrequentie weer.

Consequentie voor het MNLSO

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

7 Conclusies

In dit onderzoek is het MNLSO geactualiseerd en zijn nieuwe toestand- en trendanalyses uitgevoerd voor de periode tot en met 2018. In dit hoofdstuk volgen de conclusies met betrekking tot de resultaten van de gegevensanalyses (toestand, trends en extra analyses).

7.1 Conclusies toestand en trends tot en met 2018

Uit de resultaten van het MNLSO komt naar voren dat de waterkwaliteit in de landbouw specifieke wateren verbeterd, maar dat er in de periode 2015 tot en met 2018 op 46 tot 64% van de meetlocaties niet aan de waterschapsnorm voor N-totaal wordt voldaan. Voor P-totaal gelden vergelijkbare percentages.

Hoewel de meerderheid van de MNLSO-locaties een neerwaartse trend van de concentraties N en P laat zien, is het aantal wateren dat voldoet aan de waterschapsnorm niet gestegen sinds de vorige rapportage. Voor N-totaal laat ruim 87% van de MNLSO-locaties een significantie neerwaartse trend zien en voor P-totaal is dit 53%.

Het mediane doelgat voor alle normoverschrijdende locaties in de periode 2015 tot en met 2018 bedraagt voor P-totaal 0,2 mg/L en voor N-totaal 2,0 mg/L. De concentraties van normoverschrijdende locaties dalen te langzaam richting de norm voor doelbereik in 2027. De neerwaartse trends zijn ook vastgesteld voor de zomer- en winterconcentraties afzonderlijk, voor de deelgebieden zand, klei en veen, voor de KRW-deelstroomgebieden en voor verschillende meetperiodes. De conclusie dat de nutriëntenconcentraties dalen is dus niet afhankelijk van de gekozen statistische methode, meetperiode of deelgebied. De enige uitzondering op de dalende trends zijn de P-concentraties in het Maasstroomgebied, die een opwaartse trend laten zien vanaf 2004. Onafhankelijk van de normstelling wordt hier met een opwaartse trend niet voldaan aan het stand-still principe van de KRW. De neerwaartse trends voor N-totaal en P-totaal in de andere gebieden suggereren wel dat het mestbeleid effectief bijdraagt aan de verbetering van de waterkwaliteit in landbouwgebieden. Voor het halen van de waterschapsnormen is voor veel gebieden echter nog een extra inspanning nodig.

7.2 Conclusies aanvullende analyses

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

- Bij de spreiding van concentraties voor N-totaal zijn in de zandgebieden de hoogste concentraties te vinden met daarbij ook hoge uitschieters. Bij veen zien we juist dat de concentraties minder variëren. Voor P-totaal zien we voor alle deelgebieden hoge uitschieters.
- Voor N-totaal komen de hoge concentraties verspreid over het land voor. Voor P-totaal daarentegen is wel een patroon te zien: in het westen van het land zijn de concentraties hoger dan in het oosten.
- Voor de trends van N-totaal zijn geen duidelijke gebieden aan te wijzen waar het beter/slechter gaat ten opzichte van andere gebieden. Voor P-totaal zijn de meeste stijgende concentraties in het zuiden van Nederland.

- 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.
- Evers, C.H.M., van den Broek, A.J.M., Buskens, R., van Leerdam, A., Knoben, R.A.E., van Herpen, F.C.J., 2012. Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021. STOWA rapportnummer 2012-34.
- Evers, C.H.M., Buskens, R., Dolmans-Camu, J.M., 2013. Handleiding doelaflading overige wateren (geen KRW-waterlichamen). STOWA rapportnummer 2013-20.
- Hirsch, R.M., Slack, J.R., Smith, R.A., 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resour. Res.* 18 (1), 107-121.
- Hirsch, R.M. & Slack, J.R., 1984. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resour. Res.* 20 (6), 727-732.
- 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.
- 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., 2010. Dynamics in groundwater and surface water quality. From field-scale processes to catchment-scale monitoring. Proefschrift Universiteit Utrecht, Utrecht.
- Rozemeijer, J.C., Klein, J., Broers, H.P., H. Passier, 2012. Pleidooi voor landelijk stroomgebiedenmeetnet. *H2O* nr. 19-2012, 16-17.
- Rozemeijer, J.C., Klein, J., Broers, H.P., Van Tol Leenders, T.P., Van der Grift, B., 2014. Water quality status and trends in agriculture-dominated headwaters; a national monitoring network for assessing the effectiveness of national and European manure legislation in The Netherlands. *Environ Monit. Assess.* 186, 8981-8995.
- Rozemeijer, J.C., Hooijboer, A., Klein, J., Van der Grift, B., 2017. Eerste verkennende gecombineerde interpretatie LMM-MNLSO. Deltares-memo.
- Rozemeijer, J.C., Bas van der Grift, Rianne van den Meiracker, 2019. Fosfaatroutes van boeren perceel naar sloot. *H2O online* / 5 augustus.
- Van der Grift, 2017. Geochemical and hydrodynamic phosphorus retention mechanisms in lowland catchments. Proefschrift Universiteit Utrecht

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

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

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

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

A MNLSO meetlocaties 2018

Overzicht van de meetlocaties van het MNLSO per waterschap, met x- en y-coördinaten, het watertype volgens de kaderrichtlijn Water (KRW) en de geldende norm bij de locatie. De nieuwe meetlocaties ten opzichte van de rapportage uit 2014 zijn vetgedrukt. De verandering van de norm ten opzichte van de rapportage uit 2014 zijn groen weergegeven wanneer de norm is versoepeld en rood wanneer de norm strenger is geworden.

Waterschap	Locatiecode	X-coord	Y-coord	KRW-watertype	Norm N	Norm P
Aa en Maas	140229	178497	372038	M2	2,4	0,22
	140299	167461	411523	M3	2,8	0,15
	143273	171559	404536	M2	2,4	0,22
	340412	195783	405831	R5	2,3	0,11
	341415	187456	398987	M2	2,4	0,22
	341426	179415	416458	R14	2,3	0,11
	343515	155708	420490	M1a	2,4	0,22
	900016	155862	405087	M1a	2,4	0,22
	900068	188473	406530	R4	2,3	0,11
	900238	171947	382730	R5	2,3	0,11
	999969	187278	408359	M1a	2,4	0,22
Amstel, Gooi en Vecht	BGP004	129893	481988	M8	2,4	0,22
	KOP001	137955	479724	M8	2,4	0,22
	PEB001	118452	472359	M1a	2,4	0,22
	PMD013	129566	467618	M8	2,4	0,22
	PTB001	117163	469699	M1a	2,4	0,22
Brabantse Delta	210402	116230	388230	R4	2,3	0,11
	210703	111879	392588	R4	2,3	0,11
	210812	116640	391820	R4	2,3	0,11
	211202	116500	398920	R4	2,3	0,11
	221602	100920	388970	R4	2,3	0,11
	310105	84978	395546	M14	1,3	0,09
Delfland	OW102-015	79863	437952	M8	1,8	0,3
	OW111-020	82632	442759	M8	1,8	0,3
	OW201-030	88556	444002	M8	1,8	0,3
	OW221B011	89517	445483	M8	1,8	0,3
	OW316A012	71307	442891	M1b	1,8	0,3
Dommel	240034	155556	370941	R4	2,3	0,11
	240035	156045	378161	R4	2,3	0,11
	240045	174091	377399	R3	2,3	0,11
	240051	170223	367610	M1a	2,4	0,22
	240071	148809	396945	M1a	2,4	0,22
	240081	146257	385922	R4	2,3	0,11
	240090	150508	397520	M1a	2,4	0,22
	240091	145092	399918	R4	2,3	0,11

Waterschap	Locatiecode	X-coord	Y-coord	KRW-watertype	Norm N	Norm P
Dommel	240102	138008	381192	R4	2,3	0,11
	240104	139268	390634	R4	2,3	0,11
	240108	138746	379729	R4	2,3	0,11
	242071	147404	395535	M1a	2,4	0,22
Drents Overijsselse Delta	8SELP3RO	241937	545830	M1a	2,4	0,22
	SDW98	213890	497860	M1a	2,4	0,22
Fryslân	15	168231	587211	M30	1,8	
	37	209060	583030	M10	2,8	0,15
	67	197117	566173	M10	2,8	0,15
	79	192390	559130	M10	2,8	0,15
	113	217300	553430	M2	2,4	0,22
	133	203428	544452	R5	2,3	0,11
	414	170901	591420	M30	1,8	
	417	158504	580288	M30	1,8	
	594	214220	589204	M2	2,4	0,22
Hollands Noorderkwartier	275102	110530	538110	M1a	2,4	0,22
	280103	117966	544057	M3	2,8	0,15
	305003	118290	531570	M1a	2,4	0,22
	405002	109412	523256	M1a	2,4	0,22
	485103	119053	515144	M1a	2,4	0,46
	517067	131605	492794	M10	2,8	0,47
	531003	119240	500130	M30	1,8	0,3
	670126	144588	526606	M3	2,8	0,33
	801007	114727	559092	M31	1,8	0,11
	804001	120175	569327	M30	1,8	0,11
	5N9713	129760	508280	M1a	2,4	0,96
	PAWR14	127513	534777	M30	1,8	0,19
Hollandse Delta	BOP_1406	74676	429076	M1a	2,4	0,22
	FOP_1111	78633	408785	M1a	2,4	
	GOP_0901	60227	426143	M1a	2,4	
	HOP_0212	87126	421968	M3	2,8	0,15
	HOP_0802	100021	417039	M1a	2,4	0,22
Hunze en Aa's	2101	237460	572130	R5	2,3	0,11
	2103	238528	569494	R5	2,3	0,11
	2204	238750	565780	R5	2,3	0,11
	2212	238540	560200	R5	2,3	0,11
	2241	239700	561700	R5	2,3	0,11
	2246	242550	562300	R5	2,3	0,11
	2627	236918	562797	R5	2,3	0,11
	4212	252100	553930	R5	2,3	0,11
	4213	249800	548530	R5	2,3	0,11
	5223	246037	587350	M14	2,8	0,15

Waterschap	Locatiecode	X-coord	Y-coord	KRW-watertype	Norm N	Norm P
Hunze en Aa's	5233	252700	591540	M14	2,8	0,15
	5234	256060	591270	M14	2,8	0,15
Limburg	OGANS900	204220	367630	R4	2,3	0,11
	OLEVE900	190950	364660	R4	2,3	0,11
	OMSNL170	201585	355858	R4	2,3	0,11
	OPUTB500	195087	346425	R4	2,3	0,11
	ORIJD900	191150	361270	R4	2,3	0,11
	OROGG900	193280	362880	R5	2,3	0,11
	OSCHE100	203750	364450	R4	2,3	0,11
	OTASB900	202720	367970	R4	2,3	0,11
	OTERZ700	192411	308810	R17	2,3	0,11
	OZIEV700	198159	310094	R17	2,3	0,11
Noorderzijlvest	3258	224828	599433	M3	2,8	0,15
	4161	223267	591200	M3	2,8	0,15
	4502	225731	591151	M3	2,8	0,15
	5530	229550	578850	R12	2,3	0,11
	6143	212358	573604	R12	2,3	0,11
	6501	228297	567860	R4	2,3	0,11
	6504	227578	556809	M14	1,3	0,09
	7305	247200	596672	M3	2,8	0,15
Rijn en IJssel	BSB01	223997	435200	R5	2,3	0,11
	DIL01	208194	443061	M3	2,8	0,15
	DIW02	207923	445026	M3	2,8	0,15
	GRB02	209147	453839	R5	2,3	0,11
	LEB01	233567	458445	R5	2,3	0,11
	MEB01	230500	456400	R5	2,3	0,11
	REB01	244962	447492	R4	2,3	0,11
	VAL01	211856	458799	R5	2,3	0,11
	VEG12	225463	453074	M1a	2,4	0,22
	WAW01	217131	437635	R5	2,3	0,11
	WEB01	213377	442621	R5	2,3	0,11
	ZEW01	201462	440812	M3	2,8	0,15
Rijnland	ROP02701	108717	458895	M1a	2,4	0,22
	ROP03205	92742	468750	M1a	2,4	0,22
	ROP040A07	105888	455853	M8	2,4	0,22
	ROP05101	100161	461668	M1a	2,4	0,22
	ROP05301	96002	475435	M1a	2,4	0,22
	ROP01004	99614	466661	M1a	2,4	0,22
Rivierenland	ALBL0063	125424	439054	M8	2,2	0,15
	BOMW0005	132556	423079	M1a	2,4	0,22
	MAWA0012	179224	421237	R4	2,3	0,11
	MAWA0111	172997	432098	M1a	2,2	0,15
	MAWA0141	164366	428906	M1a	2,2	0,15

Waterschap	Locatiecode	X-coord	Y-coord	KRW-watertype	Norm N	Norm P
Scheldestromen	MPN10044	66556	369610	M30	3,3	2,5
	MPN10047	55586	374597	M30	3,3	2,5
	MPN10338	22694	366500	M30	3,3	2,5
	MPN1131	59130	414060	M31	3,3	2,5
	MPN1135	58400	404240	M31	3,3	2,5
	MPN1481	40180	381650	M30	3,3	2,5
	MPN1489	49060	395420	M31	3,3	2,5
	MPN1503	63320	381310	M31	3,3	2,5
	MPN8130	53287	386739	M30	3,3	2,5
	MPN9973	65227	367634	M30	3,3	2,5
Schieland en Krimpenerwaard	303	98938	452044	M1a	2,4	0,22
	402	99049	448849	M1a	2,4	0,22
	KOP 0862	115496	441661	M8	2,4	0,22
	KOP 0467	110508	444267	M8	2,4	0,22
	KOP 1408	113923	442420	M8	2,4	0,22
Stichtse Rijnlanden	NL14_20113	127737	451531	M3	2,8	0,15
	NL14_20117	139709	443519	M1a	2,4	0,22
	NL14_20832	115434	446718	M8	2,4	0,22
	NL14_20934	124426	462845	M8	2,4	0,22
Vallei en Veluwe	222050	208188	465668	M3	2,8	0,15
	241010	189369	502782	M3	2,8	0,15
	243520	175564	486614	R5	2,3	0,11
	245010	179949	475022	R4	2,3	0,11
	252000	165127	473462	R5	2,3	0,11
	253230	164970	472538	R5	2,3	0,11
	287052	159942	463861	R5	2,3	0,11
	287201	167453	460487	R5	2,3	0,11
	288003	161681	453484	R5	2,3	0,11
Vechtstromen	02-202	230384	483691	R5	2,3	0,11
	06-204	251400	495850	R4	2,3	0,11
	06-212	253671	493982	R4	2,3	0,11
	20-008	237125	470809	R5	2,3	0,11
	20-214	252543	473246	R4	2,3	0,11
	21-202	255894	489994	R13	2,3	0,11
	34-050	258178	494846	R13	2,3	0,11
	40-019	264607	473682	R5	2,3	0,11
	42-204	265850	482458	R13	2,3	0,11
	ABST90	242751	531242	M3	2,8	0,15
	BBRO95	248090	530780	R5	2,3	0,11
	KZOK98	234980	516740	M3	2,8	0,15
Zuiderzeeland	15HZ-062-01	173246	525357	M1b	5	0,2
	20CZ-018-01	182096	504240	M1a	2,5	0,15
	20FN-165-01	173510	519112	M1b	5	0,2

Waterschap	Locatiecode	X-coord	Y-coord	KRW-watertype	Norm N	Norm P
Zuiderzeeland	20GZ-031-01	168780	503914	M1b	3,5	0,1
	26AZ-049-01	149929	488756	M1b	4,5	0,2
	26BZ-057-01	157296	493078	M1b	4,5	0,2
	26DZ-001-01	153184	479227	M1b	5	0,3
	26FN-039-01	177647	497072	M1a	2,5	0,15
	26FZ-045-01	172778	493178	M1a	2,5	0,15
	27AN-017-01	180883	499910	M1a	2,5	0,15

B Methoden trendanalyse

Om patronen te ontdekken in de gegevens gebruiken we statistische testen. Door middel van een trendanalyse kan inzicht verkregen worden of de concentraties stabiel zijn, toenemen of afnemen. Met het begrip trend wordt een verandering van de kansverdeling van de meetwaarden over meerdere jaren bedoeld. Toevallige uitschieters of seizoensinvloeden vallen daar niet onder. Er zijn veel verschillende statistische methodes beschikbaar waaruit gekozen kan worden. Aangezien het bij waterkwaliteitsgegevens vaak gaat om data met uitschieters (relatief hoge waarden ten opzichte van het gemiddelde) en ontbrekende waarden is het van belang dat de statistische test daar niet teveel door beïnvloedt wordt. Daarom zijn bij het bepalen van de trends twee robuuste statistische methodes gebruikt; de Seasonal Mann-Kendall trendtest, de Theil-Sen hellingschatter en de LOWESS-trendlijn. Deze methodes zijn niet gevoelig voor uitschieters in de data en kunnen ook in onregelmatige korte tijdseries trends aangeven.

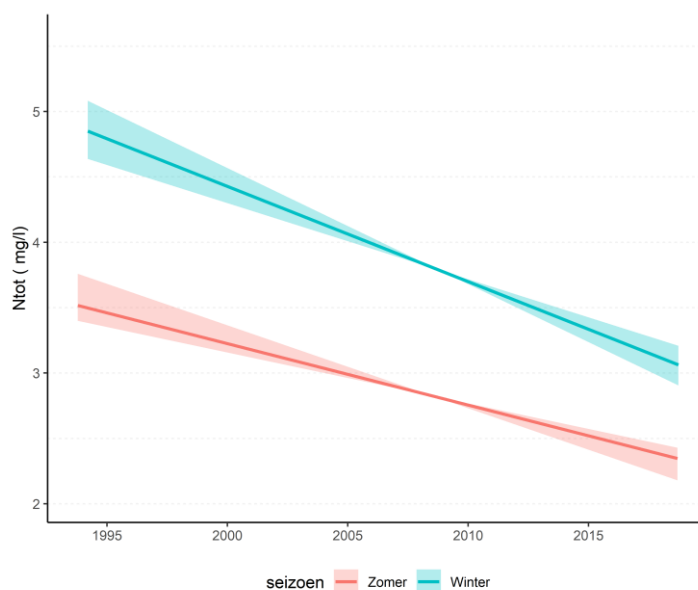
De **Seasonal Mann-Kendall trendtest** wordt gebruikt om aan te tonen of er een opwaartse of neerwaartse trend aanwezig is. Daarnaast bepaalt de test of deze trend significant is of niet. Significantie wordt bij statistische testen vaak gebruikt om aan te geven dat de verkregen trend niet louter op toeval is gebaseerd. Om dat aan te tonen wordt binnen de statistiek gebruik gemaakt van de p-waarde. De p-waarde of overschrijdingskans is in dit geval de kans dat de trend op toeval is gebaseerd. Het is een waarde tussen de 1 (puur toeval) en 0 (geen toeval). In de praktijk wordt vaak de waarde van 5% (oftewel 0,05) aangehouden als significantiegrens. De Seasonal Mann-Kendall trendtest berekent de statistieken eerst per maand over de hele periode (bijvoorbeeld alle metingen in januari) en aggregaat 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. Om te bepalen of de test significant is, is ook in deze studie 5% als grenswaarde aangehouden.

De **Theil-Sen hellingschatter** (Hirsch et al., 1982) is een robuuste non-parametrische trendschatter. 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 en geeft dus voor alle locaties 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 geplotted 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.

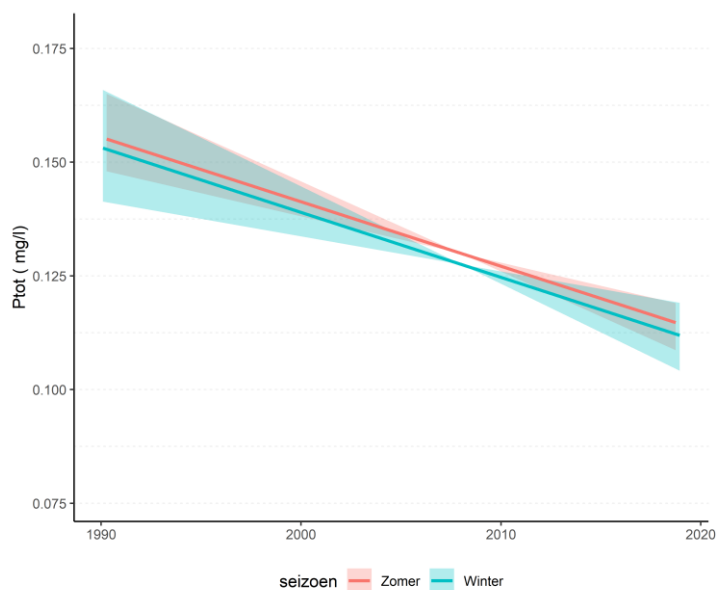
Daarnaast maken we gebruik van de **LOWESS-trendlijn**. Deze lijn geeft inzicht of de trend over de gemeten periode afneemt of toeneemt. Het kan bijvoorbeeld voorkomen dat de meetwaarden in het begin gelijk blijven maar juist in de laatste periode sterk toenemen. De LOWESS (LOcally WEighted Scatterplot 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.

C Resultaten trendanalyse

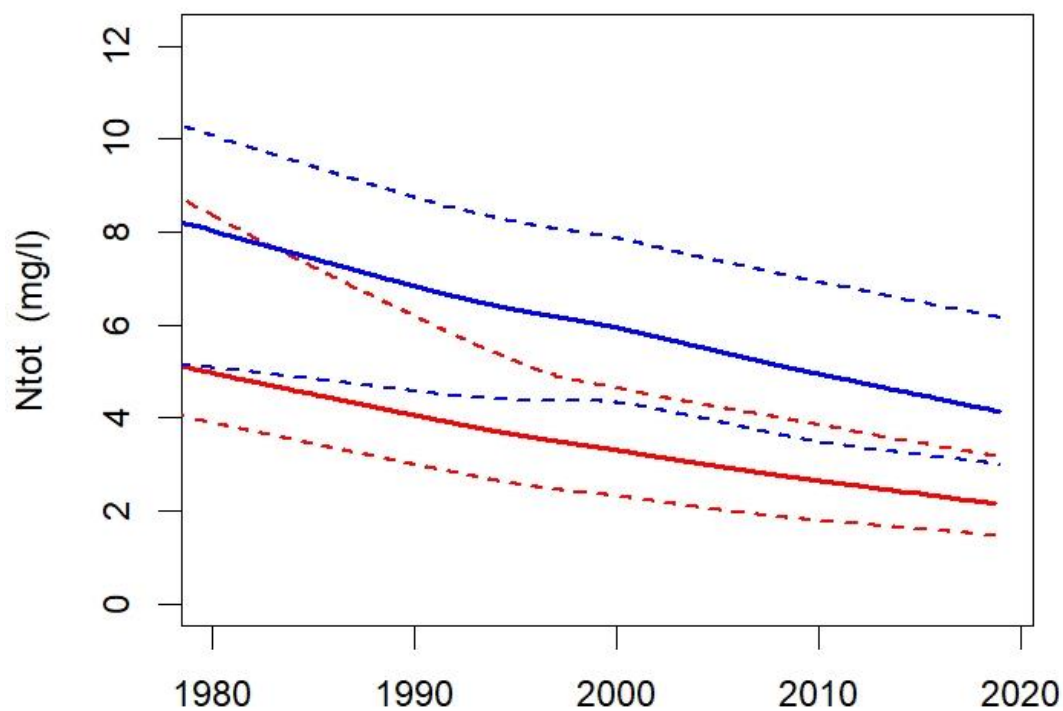
C.1 Zomer- en winter trends



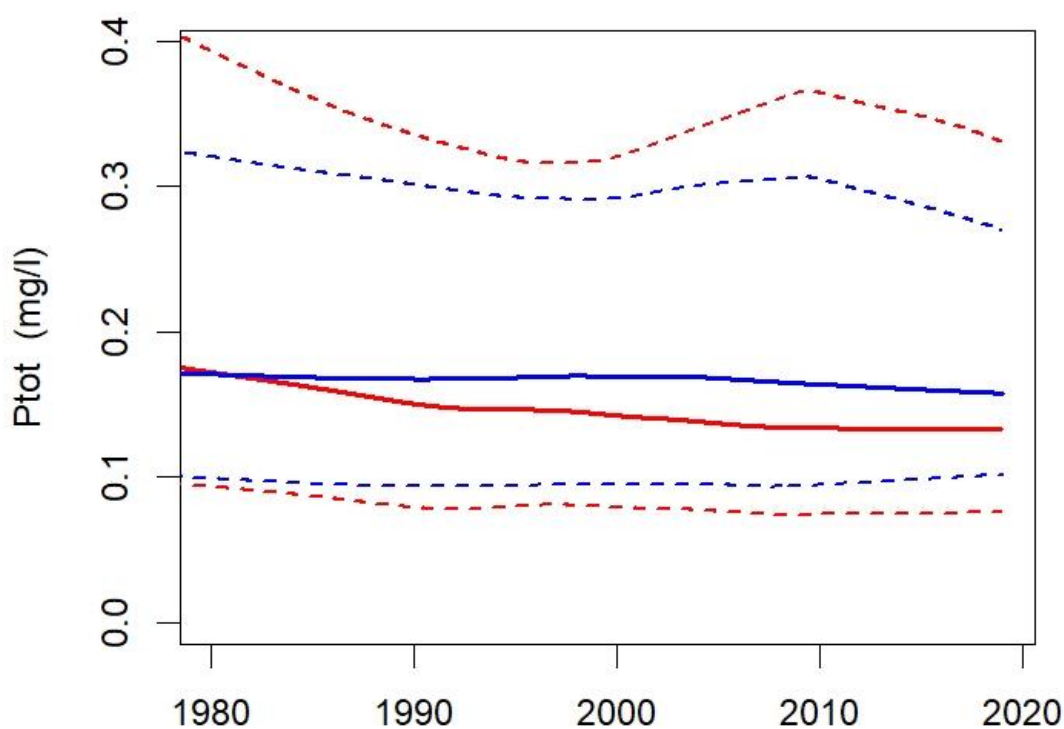
Figuur C.1.1 Mediane wintertrend (blauw) en zomertrend (rood) met 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de helling voor N-totaal bepaald met de Theil-Sen hellingschatter .



Figuur C.1.2 Mediane wintertrend (blauw) en zomertrend (rood) met 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de helling voor P-totaal bepaald met de Theil-Sen hellingschatter .

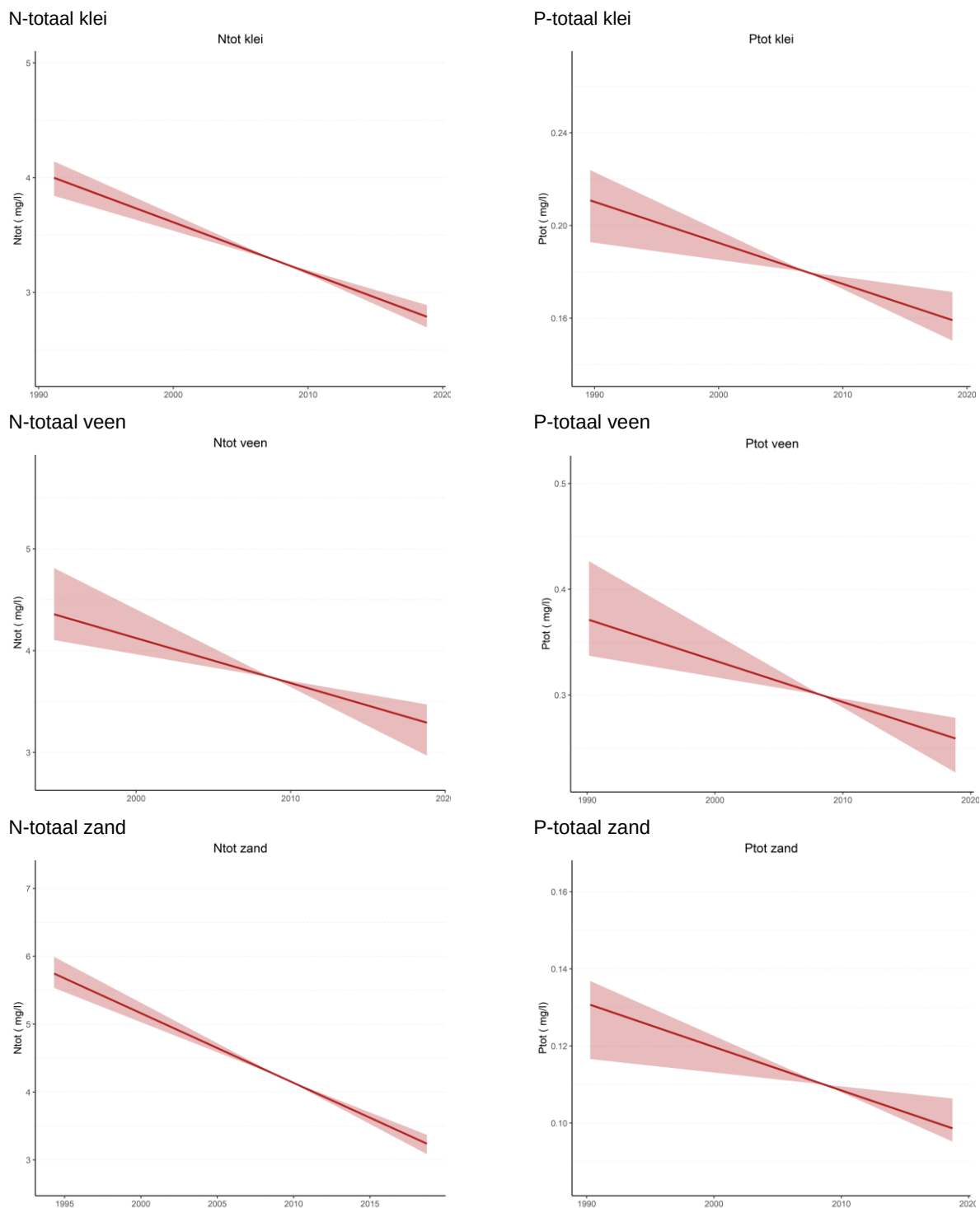


Figuur C.1.3 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor de zomer- (rood) en winter (blauw) concentraties van N-totaal.



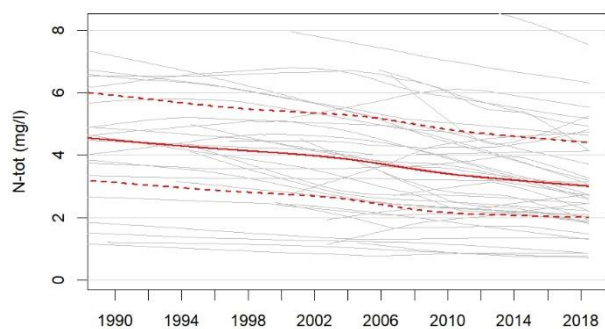
Figuur C.1.4 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor de zomer- (rood) en winter (blauw) concentraties van P-totaal.

C.2 Trends per grondsoort

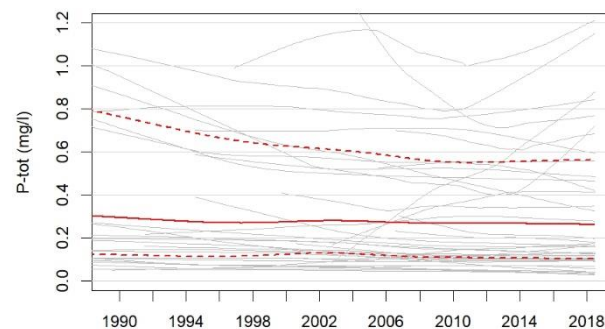


Figuur C.2.1 Mediane trends en 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de helling voor N-totaal (links) en P-totaal (rechts) voor de deelgebieden klei, veen en zand op basis van de gehele tijdreeks 1990-2000 bepaald met de Theil-Sen hellingschatter.

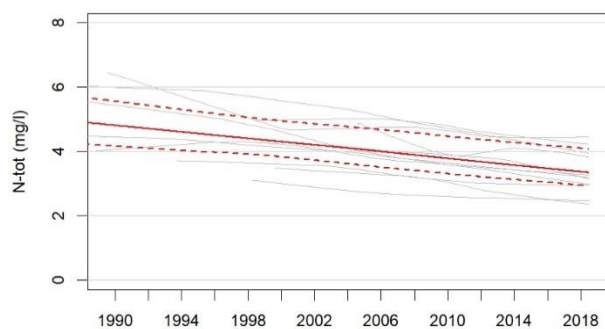
N-totaal klei



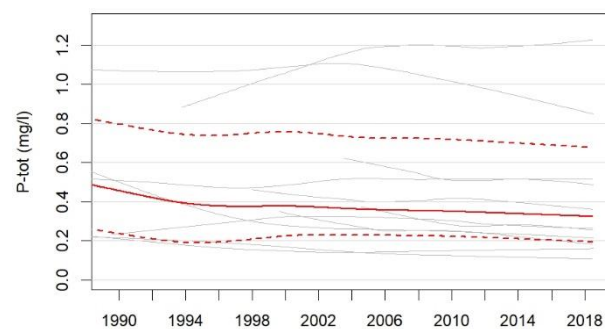
P-totaal klei



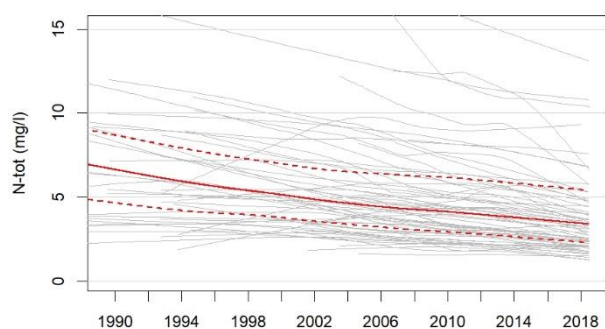
N-totaal veen



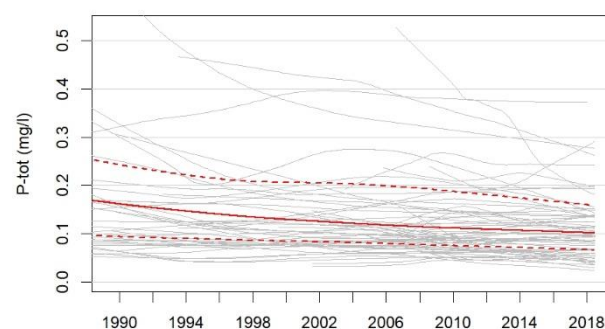
P-totaal veen



N-totaal zand



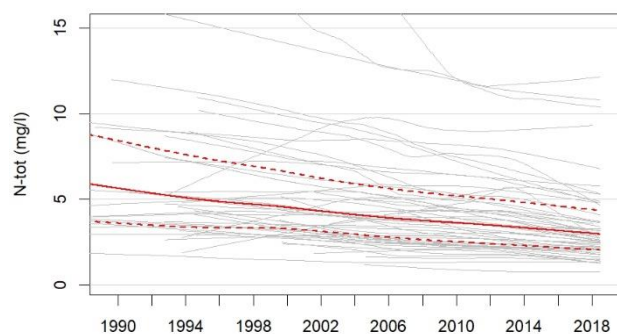
P-totaal zand



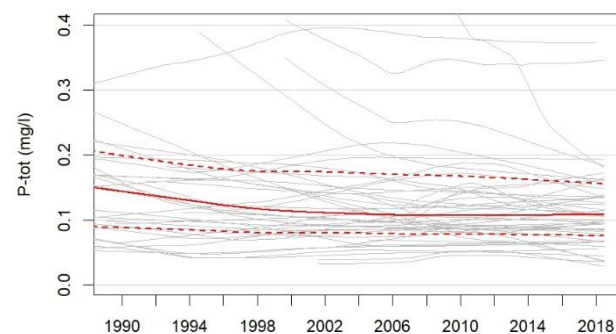
Figuur C.2.2 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor N-totaal en P-totaal (zomer- en winterconcentraties) voor de deelgebieden klei, veen en zand en de drie hoofdgrondsoorten samen. De individuele LOWESS trendlijnen per MNLSO meetlocatie zijn in grijs weergegeven. Let op: het aantal trendmeetlocaties in veen is beperkt, waardoor de geaggregeerde LOWESS-trendlijnen minder betrouwbaar zijn.

C.3 Trends per stroomgebied

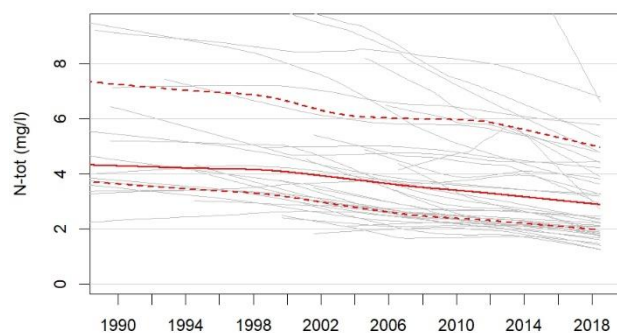
N-totaal Maas



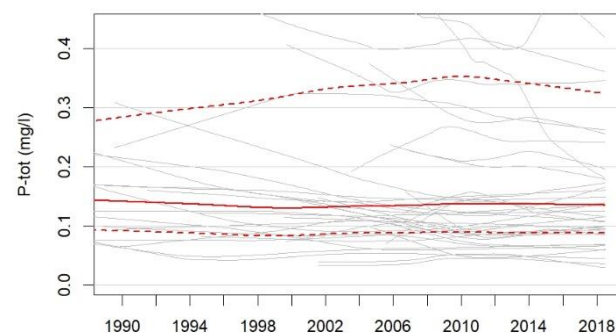
P-totaal Maas



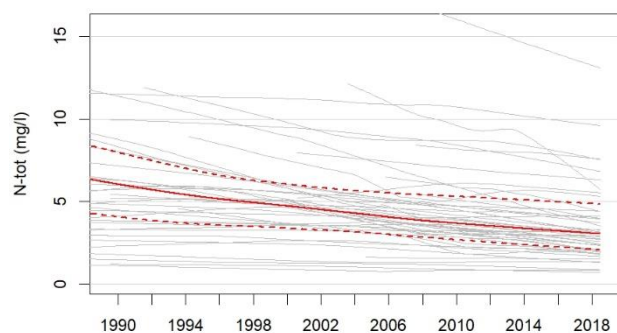
N-totaal Rijn-Noord/Nedereems



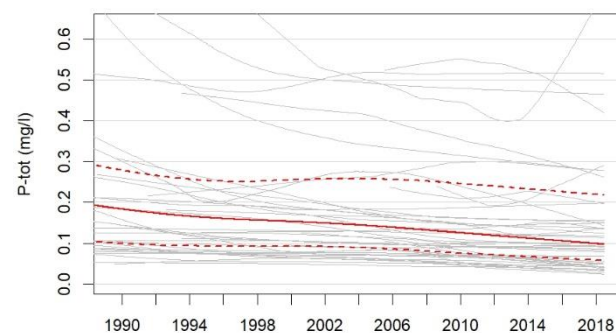
P-totaal Rijn-Noord/Nedereems



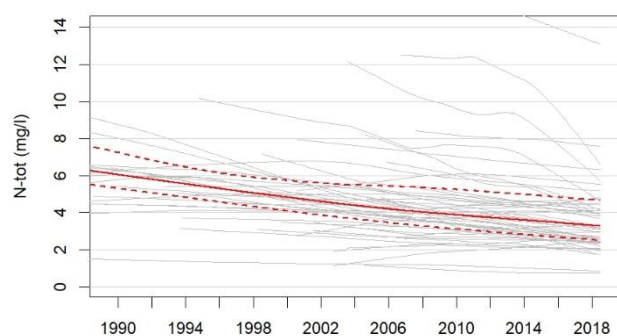
N-totaal Rijn-Oost



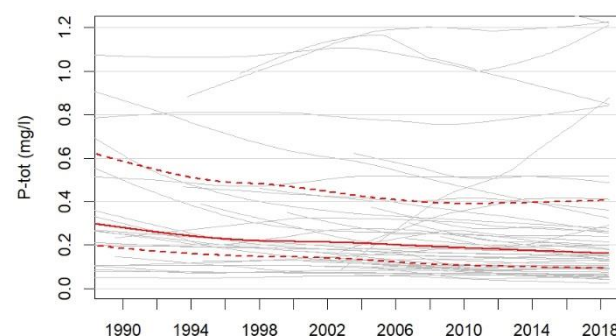
P-totaal Rijn-Oost



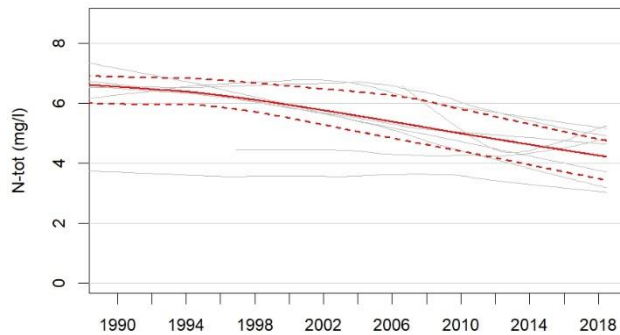
N-totaal Rijn-West



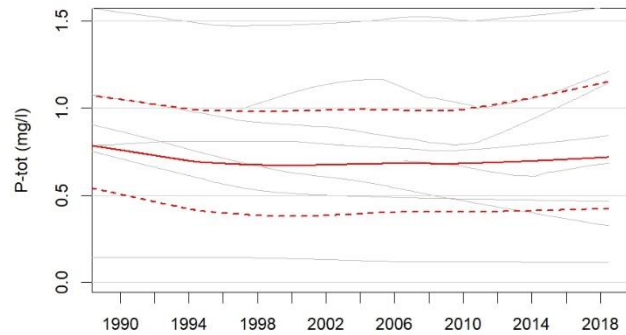
P-totaal Rijn-West



N-totaal Schelde

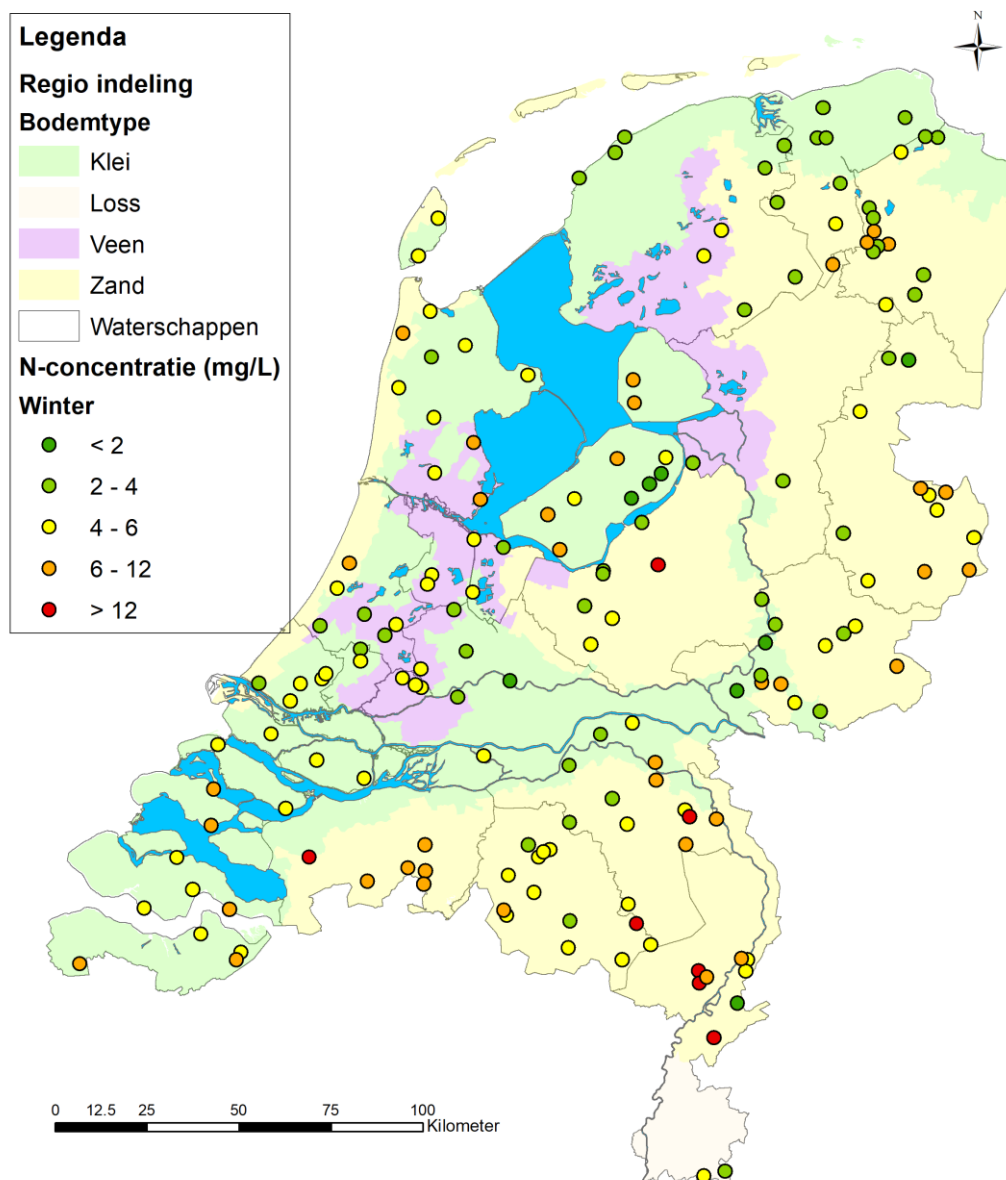


P-totaal Schelde

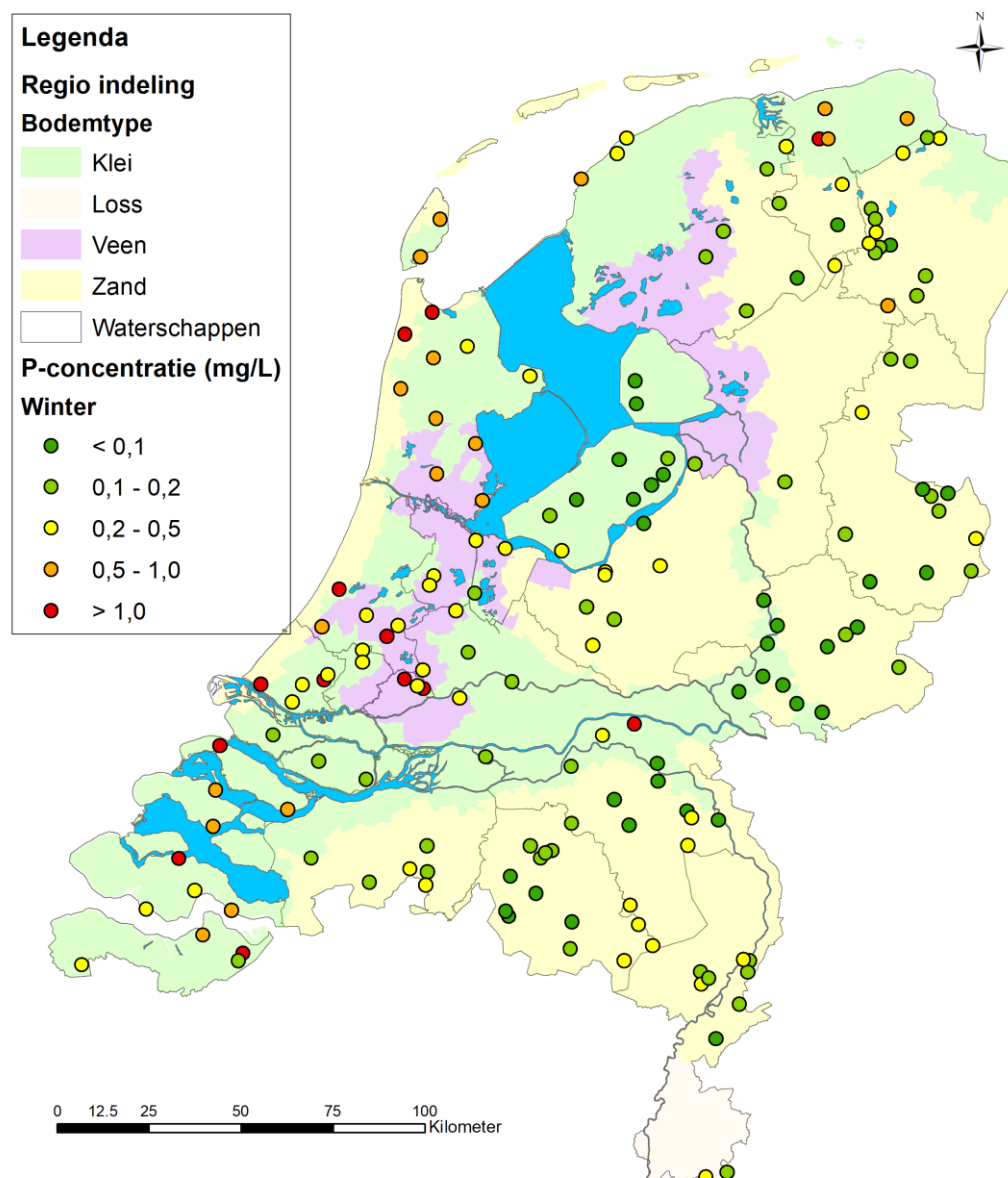


Figuur C.3.1 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor N-totaal en P-totaal (zomer- en winterconcentraties) voor de verschillende stroomgebieden apart en samen. De individuele LOWESS trendlijnen per MNLSO meetlocatie zijn in grijs weergegeven. Let op: het aantal trendmeetlocaties in Schelde is beperkt, waardoor de geaggregeerde LOWESS-trendlijnen minder betrouwbaar zijn.

D Regionale verdeling winterconcentraties



Figuur C.3.1 Gemiddelde concentratie N-totaal in de winter over de jaren 2015 t/m 2018 op de MNLSO-locaties.



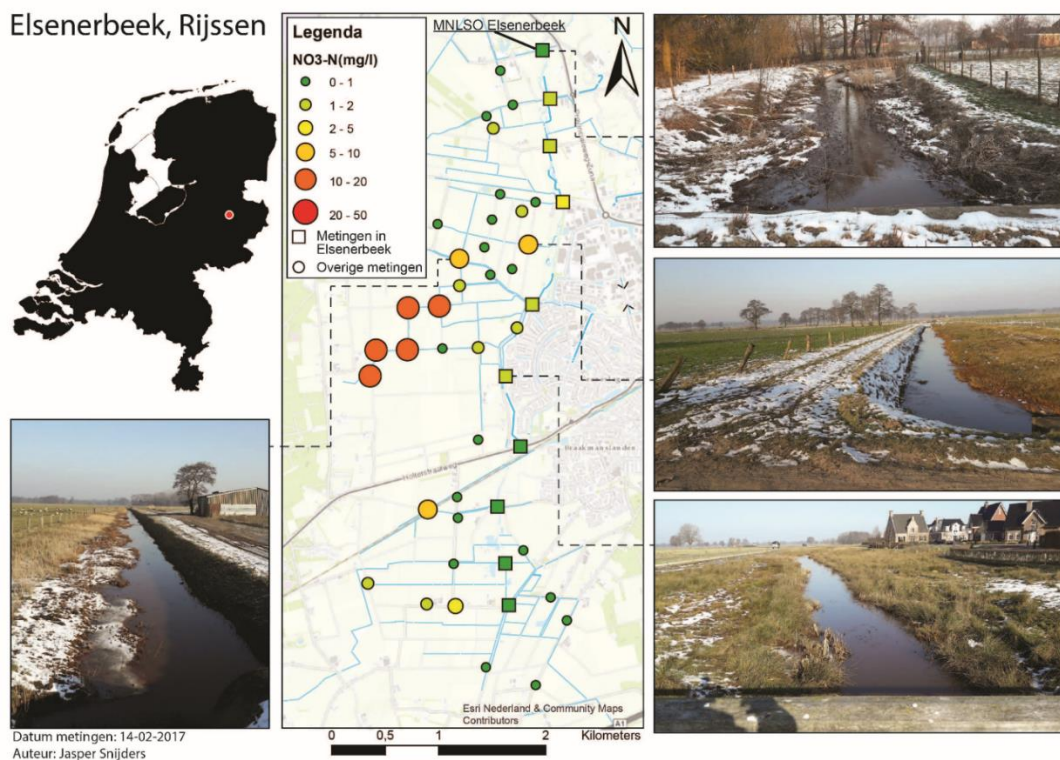
Figuur C.3.2 Gemiddelde concentratie P-totaal in de winter over de jaren 2015 t/m 2018 op de MNLISO-locaties

E Ruimtelijke variaties binnen MNLISO stroomgebieden; routings met Nitraat App

Elsenerbeek

Op 14 februari 2017 zijn er metingen gedaan bij de Elsenerbeek. In de beek zelf zijn geen hoge concentraties gemeten, ook de directe sloten eromheen bleken lage nitraatconcentraties te hebben. Echter, één sloot in het stroomgebied bleek een veel hogere nitraatconcentratie te hebben vergeleken met de rest van de sloten en beken.

Elsenerbeek, Rijssen



Zeegserloop

Op 31 januari 2017 zijn er metingen gedaan in het stroomgebied van de Zeegserloop. Wat opvalt is dat er in bijna heel het stroomgebied hoge nitraatwaarden zijn gemeten, vaak hoger dan 10mg/l. Een duidelijke hotspot is gevonden in de Eisenbroeken.

Zeegserloop

