

## Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater

Toestand en trends tot en met 2023



**Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater**  
Toestand en trends tot en met 2023

**Auteur(s)**

Kevin Ouwerkerk  
Joachim Rozemeijer  
Kim Gommans

## Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater

Toestand en trends tot en met 2023

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

### Documentgegevens

<b>Versie</b>	1.0
<b>Datum</b>	12-12-2024
<b>Projectnummer</b>	11210346-004
<b>Document ID</b>	11210346-004-ZWS-0001
<b>Pagina's</b>	78
<b>Status</b>	definitief

### Auteur(s)

	Kevin Ouwerkerk	
	Kim Gommans	
	Joachim Rozemeijer	

***Gebruik van deze tabel is voor de controle van de juiste uitvoering door Deltares van de opdracht. Ieder ander klantgebruik en externe verspreiding is niet toegestaan.***

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
1.0	Kevin Ouwerkerk Kim Gommans Joachim Rozemeijer	Rianne van den Meiracker	Sophie Moinier	

# 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 voor 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 2023. Uit de toestand-analyse komt naar voren dat het aantal meetlocaties dat voldoet aan de zomergemiddelde waarde voor N-totaal in de periode van 2020 tot en met 2023 fluctueert tussen de 41 tot 61%. Voor P-totaal voldoet 49 tot 53% niet in dezelfde periode. Weersextremen hebben vooral invloed op de toestand voor N-totaal; in relatief droge zomers (2020 en 2022) zijn er minder overschrijdingen en in relatief natte zomers (2021 en 2023) juist meer.

Voor N-totaal laat 70% van de MNLSO-locaties een significante neerwaartse trend zien over de periode 1990 t/m 2023. Op landelijk niveau daalt de N-totaal concentratie met een mediane helling van 0,42 mg/l per decennium, maar sinds 2010 vlakt deze neerwaartse trend wat af. Voor P-totaal is de trend voor 63% van de meetlocaties significant neerwaarts. Landelijk daalt de P-totaalconcentratie met een mediane trendhelling van 0,017 mg/L per decennium. Deze trend vlakt niet af, maar wel is vastgesteld dat de P-totaalconcentraties stijgen op de MNLSO locaties waar de concentraties al relatief hoog zijn. De zomer- en winterconcentraties laten ook afzonderlijk van elkaar voor beide stoffen een overheersend neerwaartse trend zien.

Als we inzoomen op deelgebieden (grondsoorten en KRW-deelstroomgebieden) komen er ook opwaartse trends naar voren uit de LOWESS trendlijnen. Zo stijgen de concentraties P-totaal in het kleigebied sinds ca. 2010. Ook stijgen de P-totaal concentraties in de KRW-deelstroomgebieden Maas, Rijn-West en Schelde. In het Schelde-stroomgebied nemen sinds ca. 2012 ook de concentraties N-totaal toe. Onafhankelijk van de normstelling wordt met een opwaartse trend niet voldaan aan het stand-still principe van de KRW.

De overheersende neerwaartse trends voor N-totaal en P-totaal in het MNLSO suggereren dat het mestbeleid in het algemeen effectief bijdraagt aan de verbetering van de waterkwaliteit in landbouwgebieden. Voor het halen van de waterschapsnormen en/of het ombuigen van opwaartse trends is voor veel gebieden echter nog een extra inspanning nodig en komt de KRW-deadline van 2027 te vroeg.

# 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](http://www.deltares.nl)

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>8</b>
1.1	Achtergrond	8
1.2	Doelstelling	8
1.3	Opzet rapportage	8
<b>2</b>	<b>Opzet meetnet en dataverwerking</b>	<b>10</b>
2.1	Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLSO)	10
2.2	Indeling in deelgebieden	12
2.3	Dataverwerking	13
<b>3</b>	<b>Toetsing aan waterkwaliteitsnormen (toestand)</b>	<b>14</b>
3.1	Methode	14
3.1.1	Gehanteerde normen	14
3.1.2	Zomergemiddelden	16
3.2	Toetsing aan de waterschapsnorm	16
3.2.1	Landelijk	16
3.2.2	Regionale verdeling concentraties	20
3.2.3	Normoverschrijdingen	23
3.2.4	Toestand in grondsoort deelgebieden	24
<b>4</b>	<b>Bepaling van trends</b>	<b>26</b>
4.1	Methode trendbepaling	26
4.2	Resultaten	26
4.2.1	Seasonal Mann Kendall trendtest	26
4.2.2	Theil-Sen hellingschatter	27
4.2.3	LOWESS trendlijn	29
4.3	Regionale verdeling trends	31
4.4	Zomer- en wintertrends	32
4.5	Trends per grondsoort	34
4.6	Trends per KRW-deelstroomgebied	36
<b>5</b>	<b>Aanvullende analyses en meetonderzoek in pilots</b>	<b>38</b>
5.1	Spreading in stikstof- en fosfaatconcentraties	38
5.2	Seizoensvariaties	41
5.3	Concentraties ten opzichte van de norm	44
5.4	Extreme weersomstandigheden	46
5.5	Trends in temperatuur, chloride en winter-nitraat	47
5.5.1	Trend in watertemperatuur	47
5.5.2	Trend in chlorideconcentraties	48
5.5.3	Trend in winter nitraat	49
5.6	Eerste inzichten N-totaal 2024	50
5.7	Pilotgebieden Vuursteentocht en Vinkenloop	51
<b>6</b>	<b>Conclusies</b>	<b>56</b>
6.1	Conclusies toestand en trends tot en met 2023	56
6.2	Conclusies aanvullende analyses	56

<b>7</b>	<b>Literatuur</b>	<b>58</b>
<b>A</b>	<b>MNLSO meetlocaties 2023</b>	<b>60</b>
<b>B</b>	<b>Methoden trendanalyse</b>	<b>65</b>
<b>C</b>	<b>Resultaten trendanalyse</b>	<b>66</b>
C.1	Trendanalyses voor kortere reeksen	66
C.2	Zomer- en winter trend	67
C.3	Trends per grondsoort	69
C.4	Trends per stroomgebied	72
<b>D</b>	<b>Regionale verdeling winterconcentraties</b>	<b>76</b>

# 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 fosfor in bodem, grondwater en oppervlaktewater. De grote vrachten als gevolg van uit- en afspoeling van 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 opgezet ten behoeve van de Evaluatie Meststoffenwet 2012 (EMW2012) 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, en bij 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 in landbouw specifiek oppervlaktewater een waterkwaliteitsprobleem is gerelateerd aan nutriënten (stikstof (N) en fosfor (P)), hoe groot dit probleem is en of er (positieve, dan wel negatieve) veranderingen in de waterkwaliteit zijn. 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 (Kaderrichtlijn Water) deelstroomgebieden Rijn-West, Rijn-Noord, Rijn-Oost, Maas en Schelde. Voor kleinere gebieden zijn op basis van het MNLSO geen harde uitspraken mogelijk, vanwege het beperkte aantal meetpunten op kleinere schaal. 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 evenals de resultaten die hieruit komen. In Hoofdstuk 5 wordt een aantal extra analyses op basis van MNLSO-gegevens gepresenteerd, zoals verschillen per seizoen en de



invloed van extreme weersomstandigheden (droog en nat). Daarnaast worden de uitkomsten van een korte analyse op de parameters temperatuur en chloride van de MNLSO locaties gepresenteerd. Hoofdstuk 6 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 groter gebied afwatert op de locatie van een meetpunt, 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, en dat ook aan de hier genoemde criteria voldoet.
- 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 die in de desbetreffende watergang bijna nooit water inlaten. 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 invloed van 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 minimaal 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 subset van deze set meetpunten met lange meetreeksen in de tijd, waarmee trends kunnen worden bepaald.

#### 1. Toestandmeetpunten

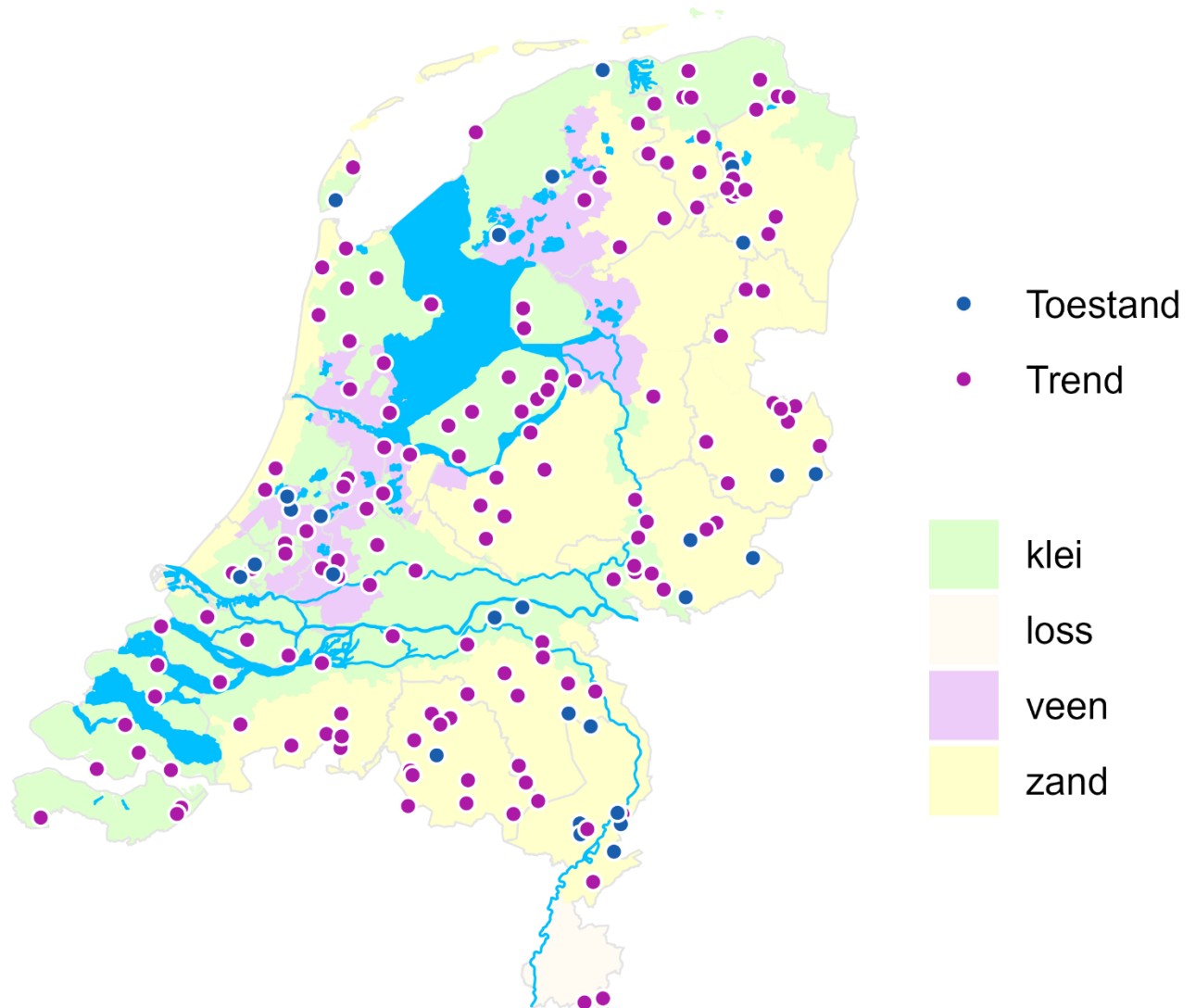
Meetpunten om aan te tonen of er, geaggregeerd naar landelijke schaal, een eutrofiëringsprobleem is in het regionaal oppervlaktewater ten gevolge van landbouwactiviteiten.

#### 2. Trendmeetpunten

Wanneer er bij een meetpunt een meetreeks beschikbaar is van minimaal 10 jaar kan dit meetpunt gebruikt worden voor een 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 meest recente 8 jaar aan metingen.

Deze selectiecriteria hebben geleid tot in totaal 172 toestandmeetlocaties, waarvan 145 ook trendmeetlocaties zijn. In Bijlage A staat een overzicht van de meetlocaties van het MNLSO per waterschap, met x- en y-coördinaten, het watertype (M-type: 106, R-type: 66<sup>1</sup>) volgens de kaderrichtlijn Water (KRW) en de geldende waterschapsnorm. 91 van de 172 MNLSO locaties zijn tevens een KRW-meetlocatie.

In Figuur 2.1 zijn de MNLSO-meetlocaties op een kaart weergegeven: in paars de locaties die dienen voor zowel toestandbepaling als trendbepaling en in blauw locaties die enkel voor toestandbepaling dienen. Niet alle toestandmeetlocaties zijn een trendmeetlocatie, omdat voor sommige locaties de meetreeks te kort is. De ruimtelijke verdeling van de meetlocaties is vrij uniform.



*Figuur 2.1 MNLSO toestand- en trendmeetlocaties geprojecteerd op de kaart van de deelgebieden zoals gehanteerd in de LMM-kaart (Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid) met in licht grijs de waterschapsgrenzen.*

<sup>1</sup> M-type wateren zijn stil-staande wateren, zoals meren, en R-type wateren zijn stromende wateren, zoals rivieren en beken.

Ten opzichte van het onderzoek met gegevens tot en met 2018 (Buijs et al., 2020) zijn de volgende veranderingen in MNLSO-locaties doorgevoerd:

- Negen 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 en hebben al langere meetreeksen.
- Verder zijn er vijf andere locaties toegevoegd die na evaluatie als geschikt werden beschouwd voor het MNLSO.
- Het aantal trendlocaties met minimaal 10 jaar aan meetgegevens is toegenomen (van 118 naar 145) door de vier jaar langere meetreeksen ten opzichte van 2018 (Buijs et al., 2020).

## 2.2 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 (Rijn-Noord, Rijn-Oost, Rijn-West, Maas en Schelde).

Voor de onderverdeling in grondsoort is uitgegaan van de kaart zoals het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (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 per rato naar oppervlak in Nederland. 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 kleiner oppervlak heeft in Nederland en anderzijds doordat veel meetlocaties door de invloed van inlaatwater niet voldoen aan de selectiecriteria voor het MNLSO. In het lössgebied liggen twee meetpunten. Naar rato is dit een goed aantal, maar dit maakt het lastig uitspraken te doen over lössgebieden. Voor een statistisch verantwoorde uitspraak zijn namelijk minimaal 10 meetlocaties nodig. Statistisch verantwoorde uitspraken over kleinere deelgebieden (zoals het lössgebied, 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 binnen Nederland.

Grondsoort	Oppervlakte (% van totaal oppervlak Nederland)	# Toestand-locaties (% van totaal aantal MNLSO locaties)	# Waarvan ook trend-locaties
Zand	51%	90 (52%)	75
Klei	37%	62 (36%)	56
Veen	10%	18 (11%)	12
Löss	2%	2 (1%)	2

Voor de onderverdeling in stroomgebieden is uitgegaan van de KRW-stroomgebieden. Deze zijn daarna verder samengevoegd tot de regio's Maas, Rijn-Noord, Rijn-Oost, Rijn-West en Schelde, zodat statistisch verantwoorde uitspraken mogelijk zijn. Deelstroomgebieden Rijn-Noord en Nedereems zijn samengevoegd en dit gecombineerde gebied zal als 'Rijn-Noord' aangeduid worden. In alleen Nedereems waren te weinig meetpunten voor een eenduidige analyse. Deelstroomgebied Schelde heeft eigenlijk niet genoeg meetpunten. Echter, omdat het maar één locatie van het benodigde aantal van tien meetpunten af zit, is besloten om dit stroomgebied toch mee te nemen in de analyse. Er dient dan wel een kanttekening gemaakt te worden dat bepaalde trends wat minder goed in beeld kunnen komen. Het aantal meetlocaties per deelstroomgebied is redelijk in verhouding met het oppervlaktepercentage, zie Tabel 2.2.

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

Deelstroomgebied	Oppervlakte (% van totaal oppervlak Nederland)	# Toestand-locaties (% van totaal aantal MNLISO locaties)	# Waarvan ook trend-locaties
Maas	20%	43 (25%)	35
Rijn-Noord/Nedereems	19%	31 (18%)	27
Rijn-Oost	32%	45 (26%)	39
Rijn-West	23%	44 (26%)	35
Schelde	5%	9 (5%)	9

## 2.3 Dataverwerking

Op de data is 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 stikstof-totaal (N<sub>tot</sub>) uit Kjeldahl-stikstof (KjN), nitriet (NO<sub>2</sub>), nitraat (NO<sub>3</sub>) en/of NO<sub>2</sub>NO<sub>3</sub> wordt als een van deze parameters een waarde kleiner dan de detectielimiet heeft, eerst de helft van de detectielimiet genomen voordat de parameters worden opgeteld.
- De negatieve waarden zijn verwijderd.
- Als de KjN-concentratie lager is dan de ammonium (NH<sub>4</sub>) -concentratie, is de waarde van NH<sub>4</sub> toegekend aan KjN. KjN en NH<sub>4</sub> zijn eerst gecorrigeerd voor de detectielimiet voordat de vergelijking is gemaakt.
- Als de fosfor-totaal (P<sub>tot</sub>) -concentratie lager is dan de fosfaat (PO<sub>4</sub>) -concentratie is voor P<sub>tot</sub> de waarde van PO<sub>4</sub> aangenomen. Eerst is gecorrigeerd voor de detectielimiet en daarna zijn PO<sub>4</sub> en P<sub>tot</sub> vergeleken.
- Voor alle P- en N-componenten is gekeken of er sprake is van extreem hoge dan wel extreem lage waarden. De grens voor extreem hoog is vastgesteld zoals beschreven in Puijenbroek et al., 2010. Extreem hoge en lage waarden zijn uit de dataset verwijderd.

De concentratie N-totaal kan op verschillende manieren uit de N-componenten worden afgeleid, afhankelijk van welke data door de waterschappen zijn geleverd:

- N<sub>tot</sub> gelijk stellen aan N<sub>tot</sub> zoals opgegeven door het waterschap. Bij de meeste waterschappen is dit een berekende waarde, maar bij sommige waterschappen is dit een gemeten waarde.
- N<sub>tot</sub> berekenen als KjN + NO<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>
- N<sub>tot</sub> berekenen als KjN + NO<sub>2</sub>NO<sub>3</sub>
- N<sub>tot</sub> berekenen als KjN + NO<sub>3</sub>. Dit zal een benadering van N<sub>tot</sub> geven omdat de (meestal geringe) concentratie van NO<sub>2</sub> niet meetelt.

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

1. N<sub>tot</sub> = N<sub>tot</sub> zoals opgegeven door het waterschap
2. N<sub>tot</sub> = KjN + NO<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>
3. N<sub>tot</sub> = KjN + NO<sub>2</sub>NO<sub>3</sub>
4. N<sub>tot</sub> = KjN + NO<sub>3</sub>

Bovenstaande voorkeursvolgorde is aangehouden omdat bij de berekening van N-totaal op een eenduidige manier gecorrigeerd kan worden voor de detectielimiet. Voor fosfor is een voorkeursvolgorde niet nodig, omdat P-totaal altijd gemeten wordt. De vergelijking met PO<sub>4</sub> dient alleen als kwaliteitscheck.

## 3 Toetsing aan waterkwaliteitsnormen (toestand)

### 3.1 Methode

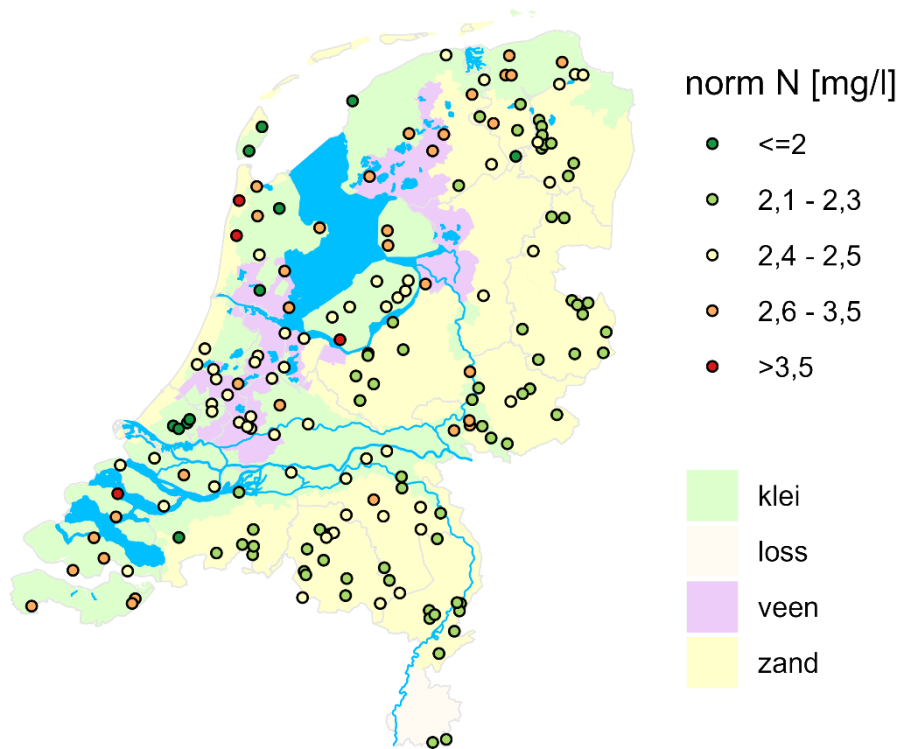
#### 3.1.1 Gehanteerde normen

Het uitgangspunt bij de bepaling van de toestand is 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 en Bijlage A). Deze normen zullen in het vervolg van dit rapport 'waterschapsnormen' genoemd worden. Ten opzichte van de vorige rapportage (Buijs et al., 2018) is de norm voor N-totaal op 25 locaties strenger geworden en voor P-totaal op 5 locaties. Voor N-totaal zijn er op 12 locaties normen versoepeld en voor P-totaal op 19 locaties (Bijlage A).

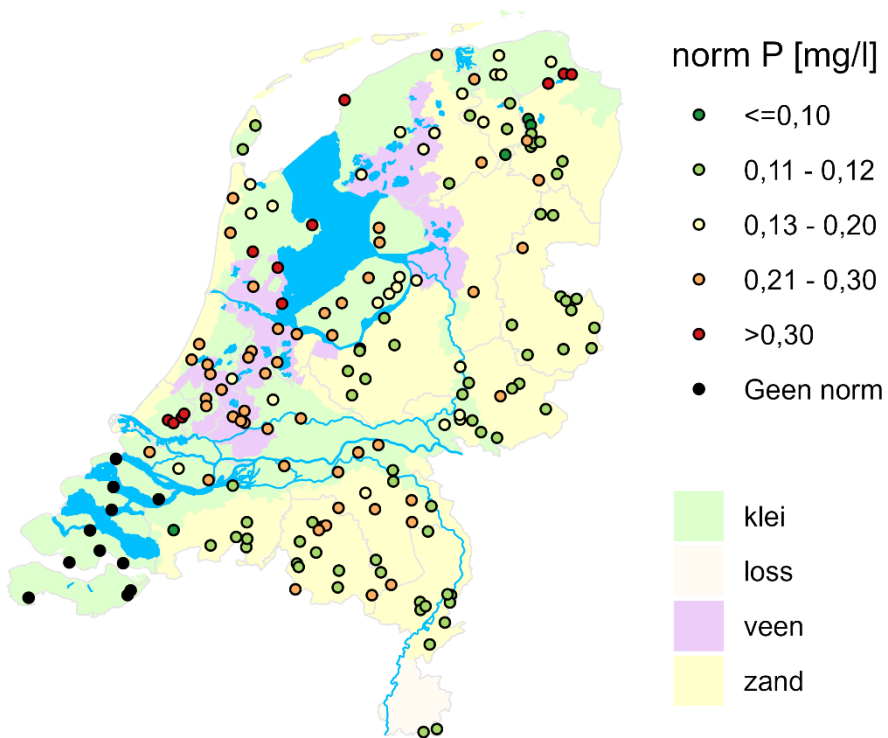
Een belangrijk doel van de Kaderrichtlijn Water is het bereiken en vervolgens behouden van een goede chemische en ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater. In het oordeel voor de ecologische waterkwaliteit is de biologische toestand leidend en zijn andere parameters, zoals stikstof en fosfor, ondersteunend 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 watersysteem 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 dus ook wel 'overige wateren' genoemd worden, is deze nutriëntnorm niet vastgesteld. Om toch tot een norm te komen is voor deze wateren 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 nutriëntnormen voor de MNSLO-meetlocaties die geen KRW-meetlocatie zijn (82 van de 172 MNLSO-locaties). In de brakke wateren in Zeeland is een hoge aanvoer van fosfor vanuit de brakke kwel. Volgens waterschap Scheldestromen is stikstof op die locaties de beperkende factor voor de biologische parameters en speelt fosfor geen rol. Voor de negen MNLSO-locaties van waterschap Scheldestromen (Zeeland) is daarom geen waterschapsnorm vastgesteld voor P-totaal. Daarnaast hebben de twee MNSLO-locaties van op Goeree-Overflakkee ook geen norm voor P-totaal (zie Figuur 3.1). Deze locaties doen daarom niet mee met de toestand-analyse voor P-totaal, maar wel met de trendanalyse. De hoogste waterschapsnorm voor N-totaal is 4,0 mg/l op een MNLSO locatie van waterschap Zuiderzeeland en de hoogste norm voor P-totaal is 0.49 mg/l op een locatie van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

a.



b.



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

### 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 die locaties meegenomen die in het zomerhalfjaar meer dan vier keer zijn bemeten (Tabel 3.1). Hierbij 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
2020	171	89	62	18	2
2021	169	88	62	17	2
2022	170	89	61	18	2
2023	172	90	62	18	2

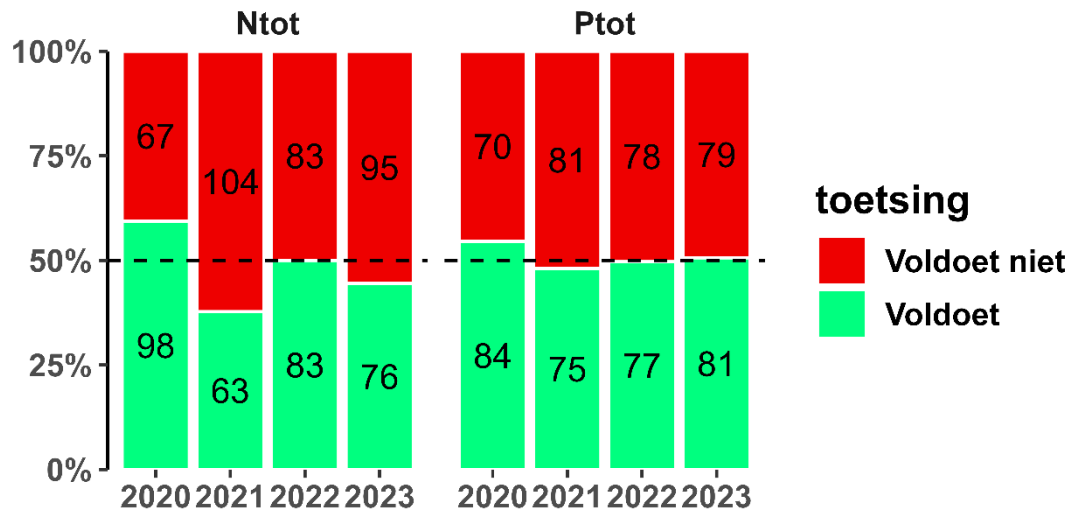
## 3.2 Toetsing aan de waterschapsnorm

### 3.2.1 Landelijk

Voor de jaren 2020 tot en met 2023 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 2020 voldeed bijvoorbeeld 59% van de locaties aan de stikstof-norm, terwijl dit in 2021 voor slechts 39% van de locaties gold. De jaren 2022 en 2023 zaten hier tussen, met respectievelijk 53% en 43% van de locaties die voldeed. Er moet opgemerkt worden dat het totaal aantal locaties wat meegenomen wordt in de toetsing over de jaren verschilt, doordat niet elke locatie even vaak bemonsterd wordt; er moeten minimaal vier metingen in het zomerhalfjaar uitgevoerd zijn voor de toetsing. In 2023 is er één locatie waar dit minimaal aantal metingen niet behaald is, waarschijnlijk door droogval.

Voor P-totaal voldoet in de verschillende jaren ongeveer de helft van de locaties aan de waterschapsnorm. Het percentage dat aan de norm voldoet is veel stabielier dan voor stikstof en varieert tussen 49% (2022) en 53% (2020). Het aantal locaties dat meegenomen is in de toetsing wisselt per jaar omdat niet alle meetpunten elk jaar bemeten zijn. Dit blijkt echter geen invloed te hebben op de geaggregeerde toetsresultaten. Voor fosfor zijn er in 2023 11 locaties waar geen norm vastgesteld is (zie ook Figuur 3.1).

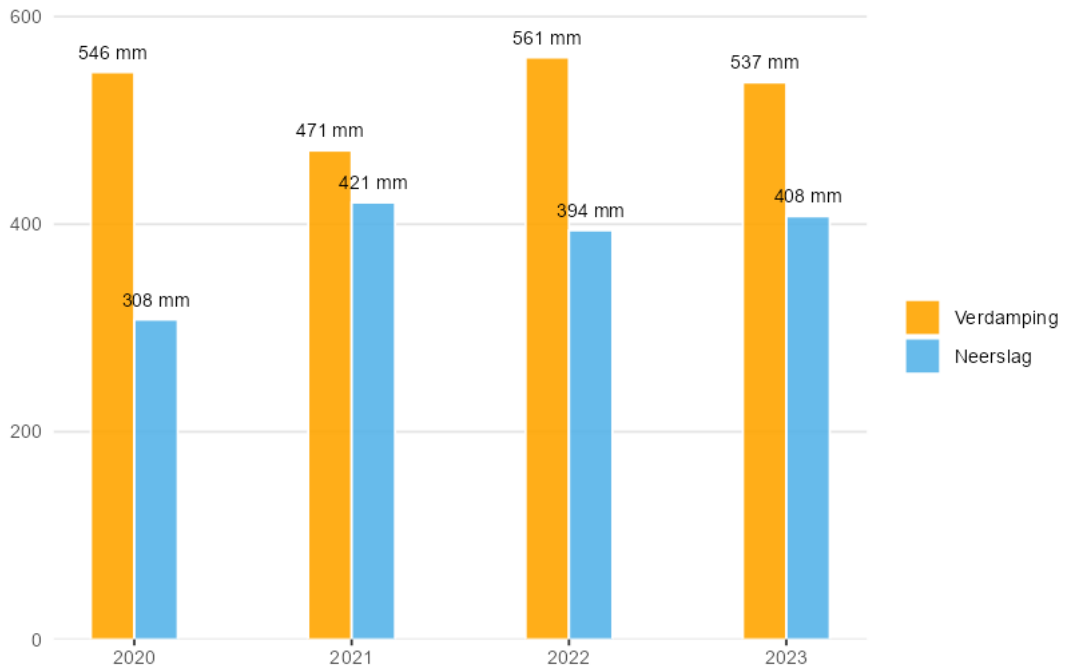




Figuur 3.2 Percentage meetlocaties dat voldoet aan de norm voor zomergemiddelde concentraties voor N-totaal (links) en P-totaal (rechts). In de kolommen staat het betreffend aantal locaties dat al dan niet aan de norm voldoet.

De weersomstandigheden hebben invloed op de zomerconcentraties en vervolgens op de normtoetsing, met name voor N-totaal. Bijvoorbeeld, tijdens relatief natte jaren spoelt er meer stikstof vanuit de bodem naar de sloot. Daarnaast is in natte jaren de verblijftijd in het oppervlaktewatersysteem lager, waardoor hydrobiologische processen die de concentratie verlagen (opname en denitrificatie) minder invloed hebben dan in drogere jaren. In Figuur 3.3 is de neerslag- en verdampingsom van april t/m september van de laatste vier jaren weergegeven. Te zien is dat 2020 een relatief droge zomer had en dat 2021 t/m 2023 vrij gelijk waren qua totale zomerneerslag. Met een relatief grote verdamping had 2022 wel een drogere zomer dan 2021 en in mindere mate dan in 2023. Uit Figuur 3.2 bleek al dat het jaar 2020 de minste normoverschrijdingen voor N-totaal heeft, wat waarschijnlijk te maken heeft met de droge zomer. In 2021 zijn er juist relatief veel normoverschrijdingen, wat waarschijnlijk te maken heeft met de nattere zomer, waarin veel nutriënten konden uitspoelen die in de droge zomer van 2020 in de bodem zijn blijven zitten. Ook in 2023 waren er veel overschrijdingen door de droge periode in mei/juni gevolgd door een relatief natte periode in het tweede deel van de zomer.

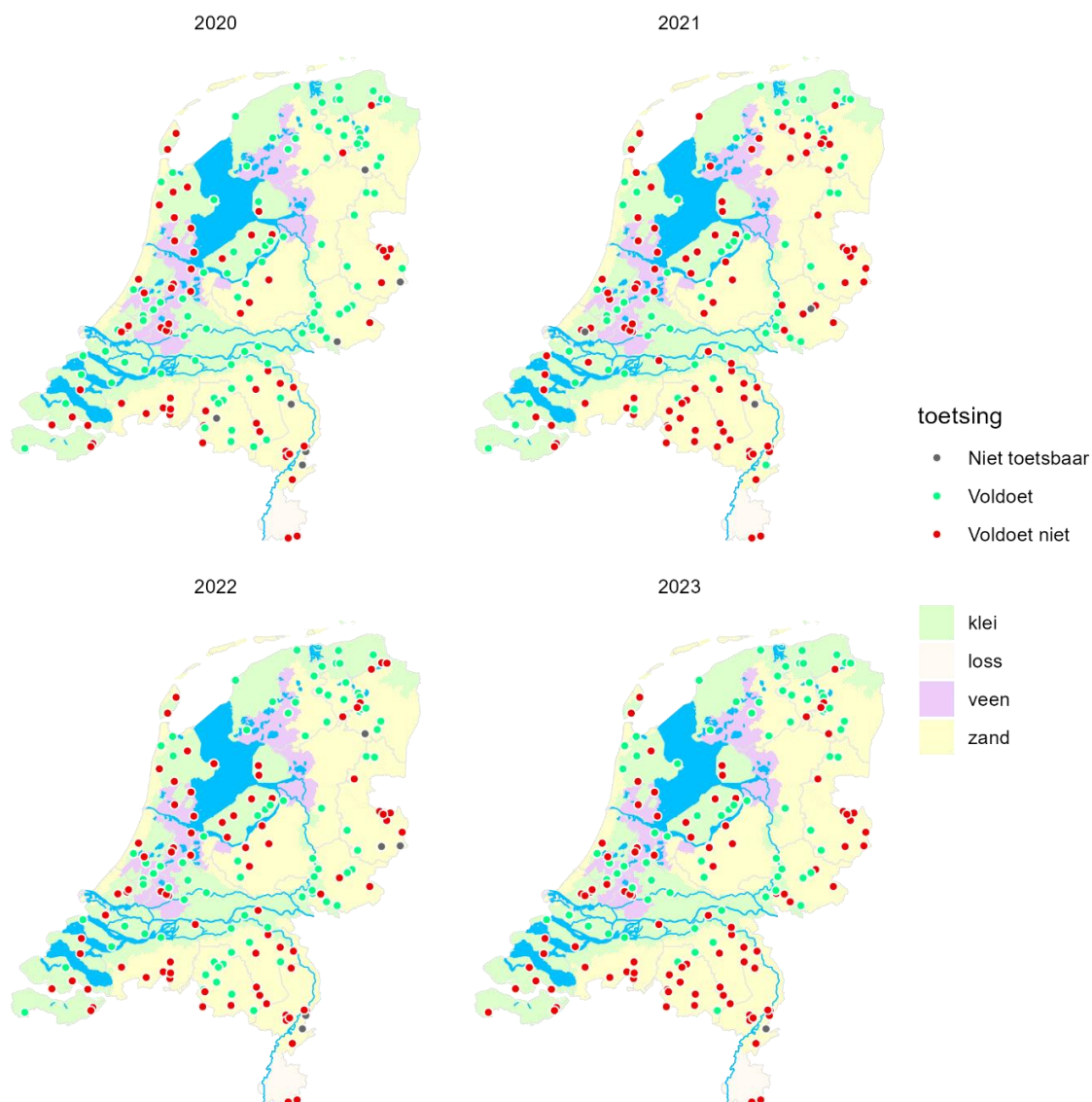
Voor P-totaal is er geen duidelijke relatie tussen de zomerneerslag en de concentratie te zien. De concentraties P-totaal worden wel beïnvloed door weerscondities, maar dat betreft vooral korte concentratiepieken door opwerveling van fosfaatrijk sediment en oppervlakkige afspoeling tijdens individuele buien (Schipper et al., 2022). Deze pieken worden veelal gemist bij maandelijkse metingen. Daarnaast komt met name in polders bij droge en warme omstandigheden in de zomer fosfaat los uit de waterbodem. De invloed van het weer en de seizoensvariaties worden verder besproken in hoofdstuk 5.



Figuur 3.3 De hoeveelheid neerslag en verdamping in de zomermaanden van 2020 tot en met 2023 in De Bilt. De waarden (in mm) staan weergegeven boven de kolommen.

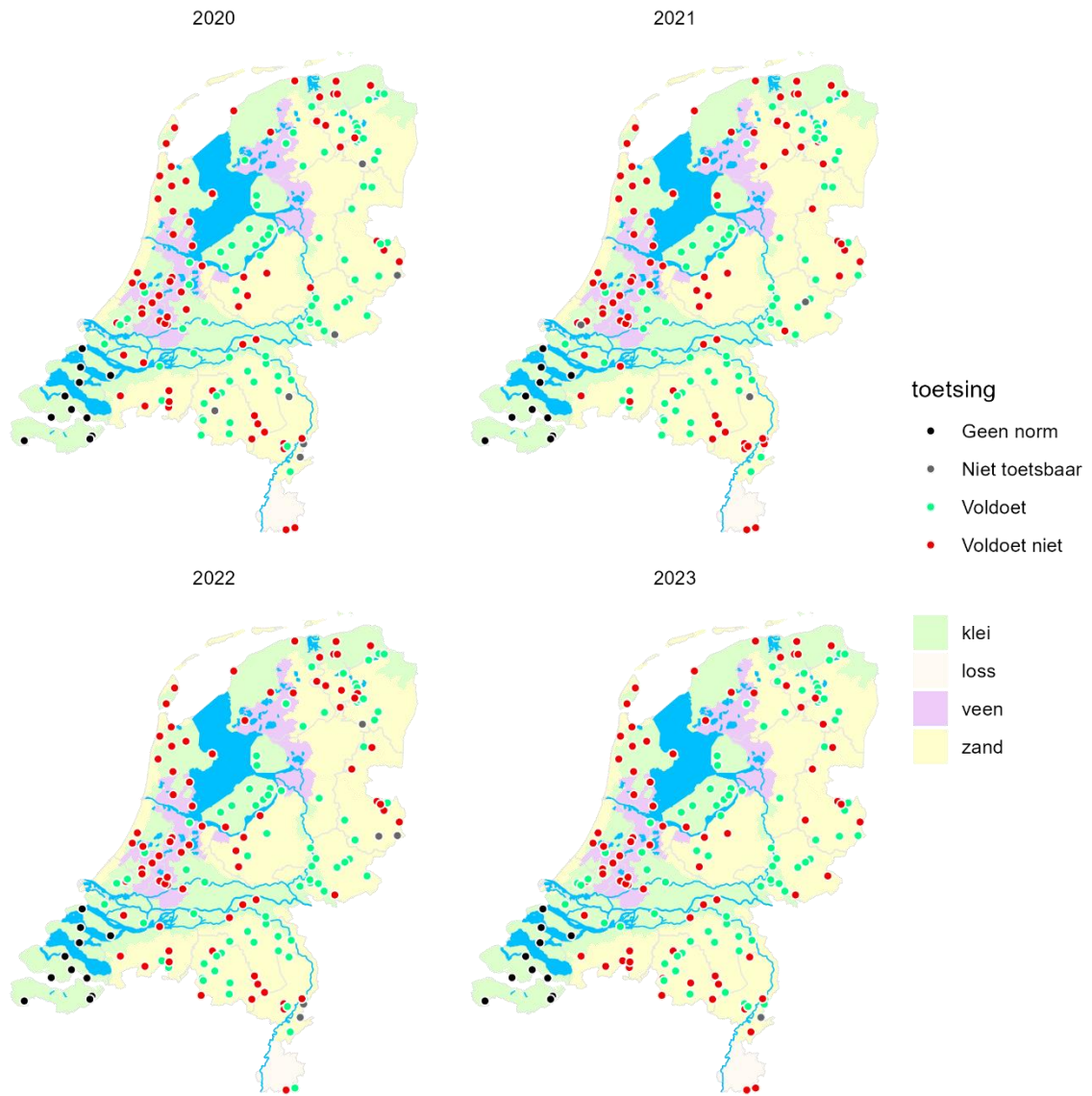
In Figuur 3.4 en Figuur 3.5 is voor respectievelijk N-totaal en P-totaal het toetsresultaat per locatie van de verschillende jaren op een kaart weergegeven. Niet alle locaties kunnen elk jaar aan de zomermaanden getoetst worden omdat er in sommige jaren niet aan het criterium van minimaal vier metingen per zomerhalfjaar voldaan wordt (meestal als gevolg van droogval). Deze locaties zijn voor het desbetreffende jaar grijs gemarkeerd in de kaarten en hebben het label 'niet toetsbaar'.

Voor N-totaal komen normoverschrijdingen in het hele land voor (Figuur 3.4). Wel is te zien dat in sommige gebieden (bijvoorbeeld Limburg en Noord-Brabant) meer normoverschrijdingen voorkomen dan in andere (bijvoorbeeld Groningen en Friesland). Wat verder opvalt is dat relatief veel locaties in Noord-Brabant en Zeeland het ene jaar wel voldoen en het andere jaar niet.



*Figuur 3.4 Normoverschrijdingen 2020 t/m 2023 per locatie voor N-totaal, getoetst aan de waterschapsnorm.*

In Figuur 3.5 is te zien dat er in 2023 voor P-totaal vooral veel normoverschrijdingen zijn in het westen van het land. In het oosten van het land en in Flevoland lijkt het juist weer wat beter te gaan. Verder zit er minder variatie tussen de jaren in vergelijking met de N-totaal concentraties. Vooral in Noord-Brabant en Drenthe zijn er over de jaren heen veel schommelingen in locaties die het ene jaar wel voldoen en het andere niet.

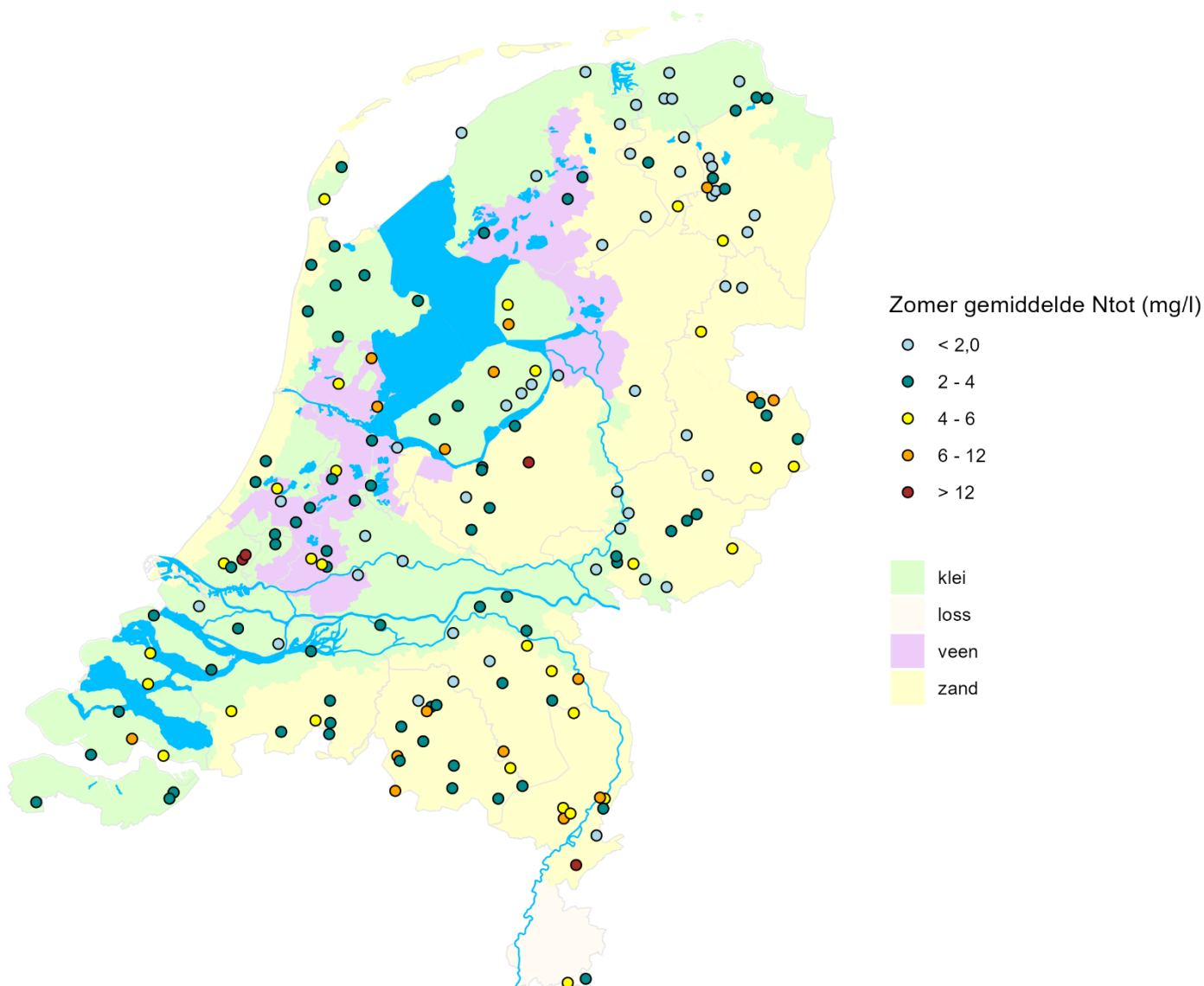


Figuur 3.5 Normoverschrijdingen 2020 t/m 2023 per locatie voor P-totaal, getoetst aan de waterschapsnorm.

### 3.2.2 Regionale verdeling concentraties

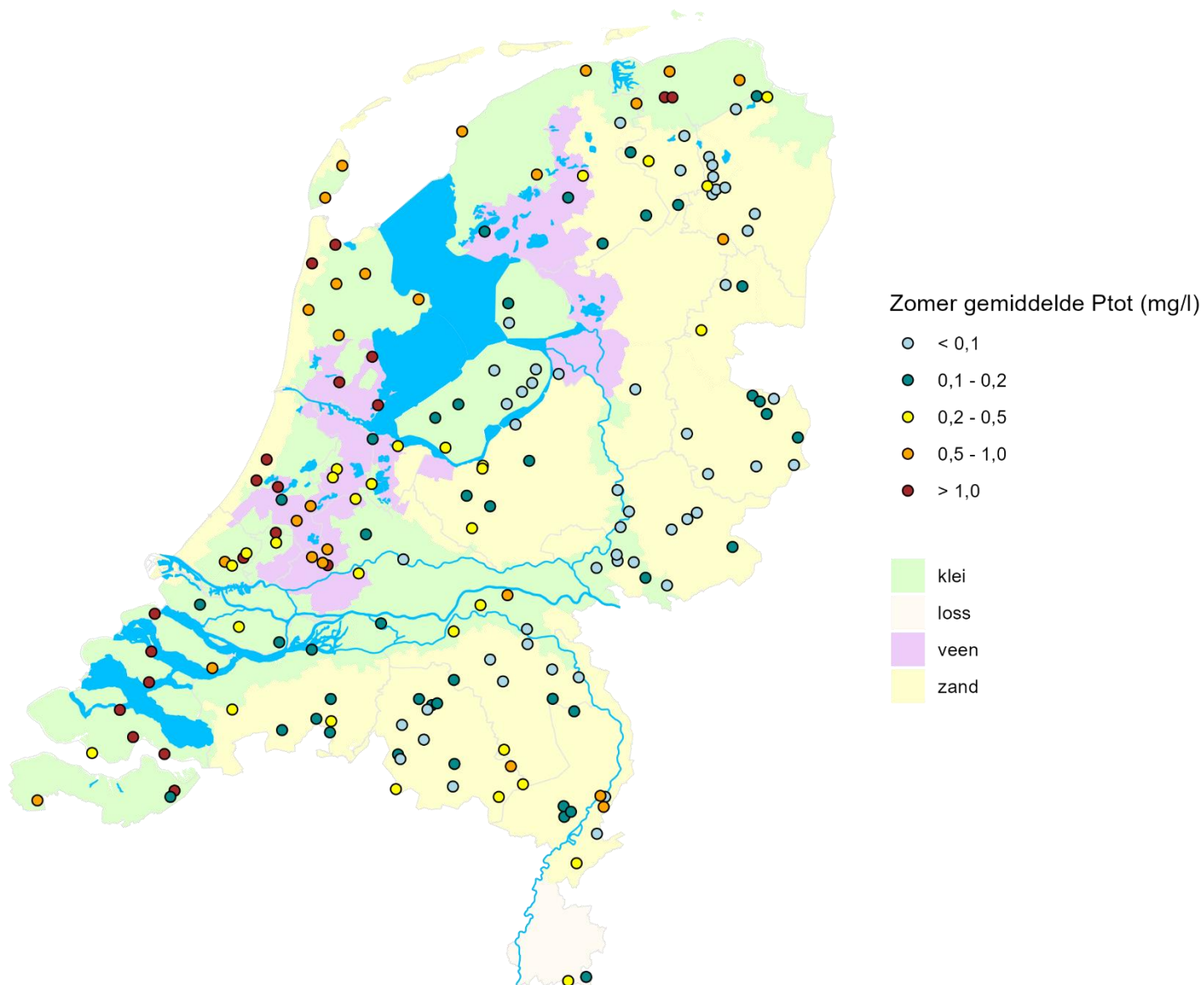
Om de regionale verdeling van concentraties te zien zijn per meetlocatie voor de zomerperiode de gemiddelde concentraties van N- en P-totaal berekend over de jaren 2020 t/m 2023 (Figuur 3.6 en 3.7). De kaarten met de gemiddelde winterconcentraties staan in bijlage D.

Voor N-totaal springen er geen duidelijke gebieden uit met dominerend hoge concentraties (Figuur 3.6). De hoge concentraties komen verspreid over het land voor. Er zijn relatief veel locaties met hoge concentraties in Oost-Brabant, Noord-Limburg en rond het IJsselmeergebied. In het rivierengebied en in Noord-Nederland liggen relatief veel locaties met lage N-totaalconcentraties. In de winter zijn de gemiddelde concentraties N-totaal het hoogst in Zuid-Nederland (Zeeland, Brabant en Noord-Limburg) en rond het IJsselmeergebied (Bijlage D). In Midden-Nederland (Gelderland, Overijssel) en Noord-Nederland zijn de meeste locaties met relatief lage winterconcentraties.



*Figuur 3.6 Gemiddelde concentratie N-totaal in de zomer over de jaren 2020 t/m 2023 op de MNLSSO-locaties.*

Voor P-totaal is een duidelijker ruimtelijk patroon te zien: in de kustzone (vooral de zeekleigebieden) zijn de zomergemiddelde concentraties over het algemeen hoger dan in het oosten (Figuur 3.7). Hetzelfde geldt voor de wintergemiddelde concentraties (Bijlage D). Vooral in Flevoland en in de Achterhoek zijn de P-totaalconcentraties relatief laag, zowel in de zomer als in de winter.

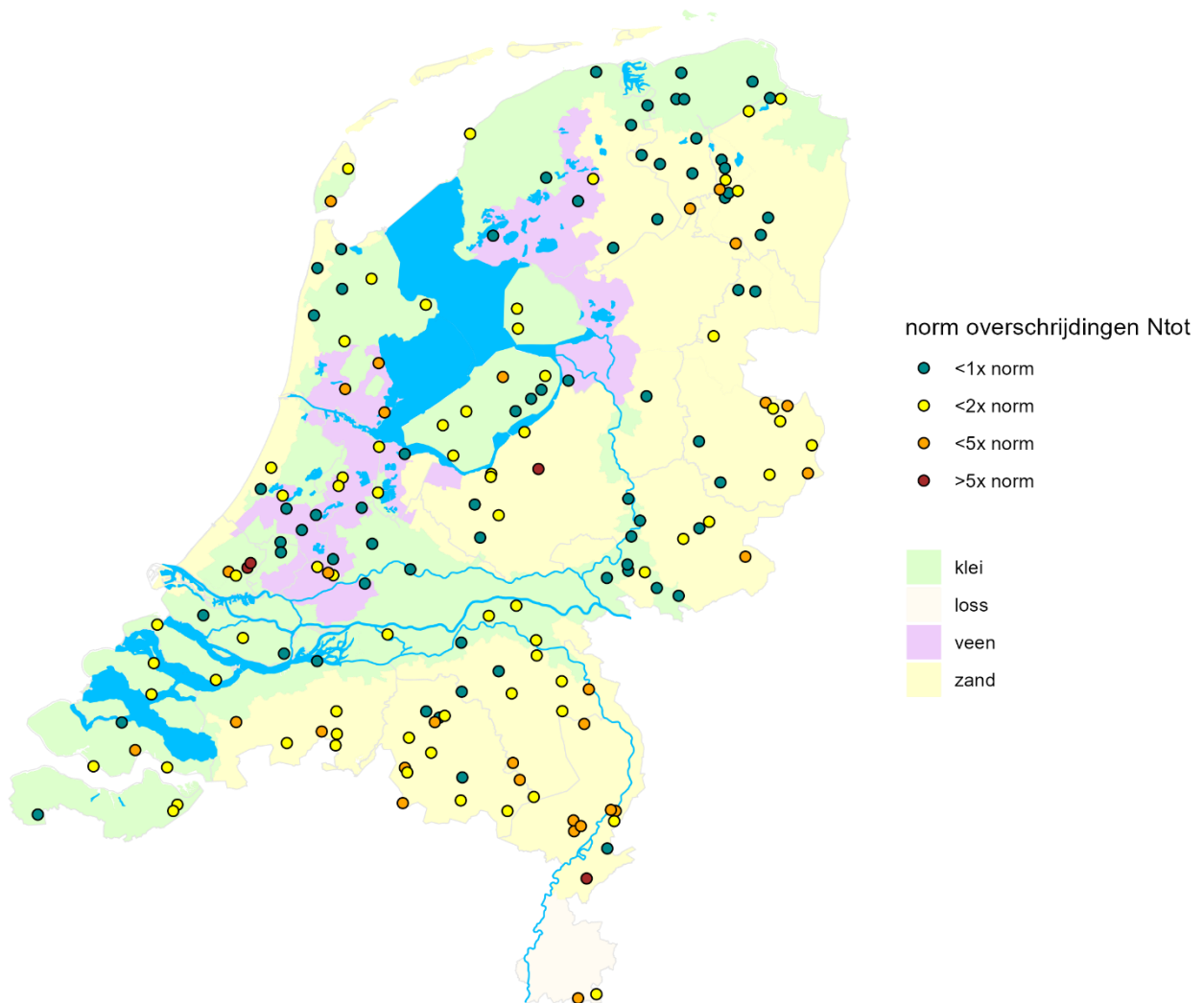


Figuur 3.7 Gemiddelde concentratie P-totaal in de zomer over de jaren 2020 t/m 2023 op de MNL SO-locaties.

### 3.2.3 Normoverschrijdingen

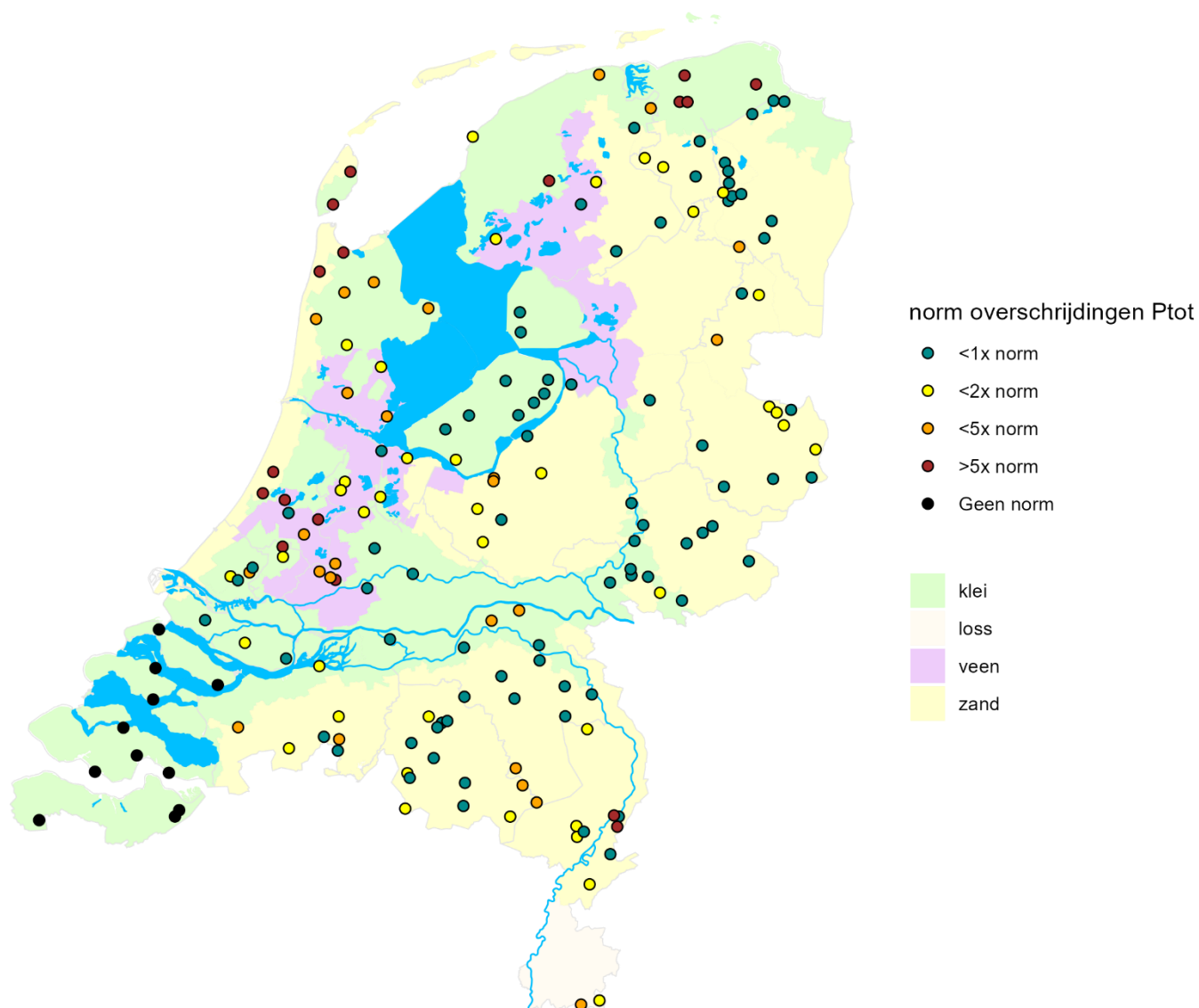
Voor elke MNLSO-locatie is berekend of en hoeveel de gemiddelde concentratie over de jaren 2020 t/m 2023 boven de waterschapnorm zit. De resultaten hiervan voor de zomerconcentraties staan in Figuur 3.8 (N-totaal) en Figuur 3.9 (P-totaal).

Voor N-totaal zijn er in Zuid-Nederland, het oostelijke zandplateau en in Noord-Holland regio's met veel normoverschrijdingen (Figuur 3.8). In het rivierengebied en in Noord-Nederland zijn relatief weinig overschrijdingen. Verspreid over Nederland zijn er vier locaties waar de gemiddelde zomerconcentratie meer dan vijf maal hoger is dan de waterschapnorm. Verspreid over Nederland komen ook veel locaties voor met een concentratie kleiner dan 2x de norm.



Figuur 3.8 Mate van de waterschapnormoverschrijding van de gemiddelde concentratie N-totaal in de zomer over de jaren 2020 t/m 2023 op de MNLSO-locaties.

Voor P-totaal komen de meeste normoverschrijdingen voor in Noord- en Zuid-Holland en in het noordelijke zeeleigebied (Figuur 3.9). De P-concentratie in de zomer is op 17 locaties hoger dan vijf maal de waterschapnorm. Deze locaties liggen voornamelijk in het westen en noorden van Nederland, maar ook in noord-Limburg zijn er twee locaties met een overschrijding van minimaal vijf keer.



Figuur 3.9 Mate van waterschapsnormoverschrijding van de gemiddelde concentratie P-totaal in de zomer over de jaren 2020 t/m 2023 op de MNLSO-locaties.

### 3.2.4 Toestand in grondsoort deelgebieden

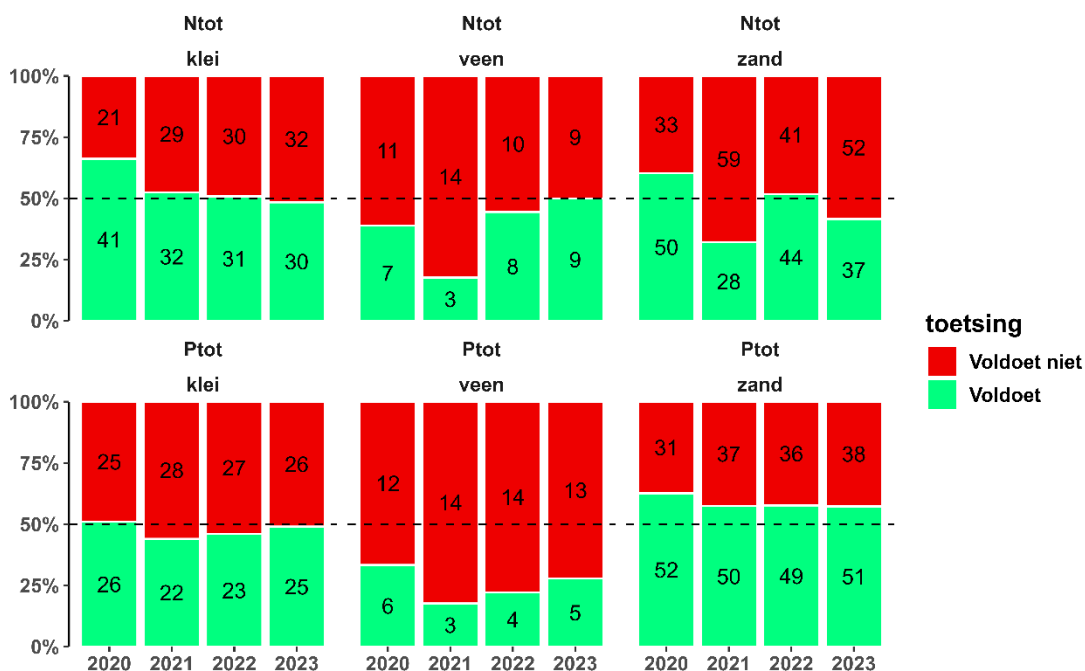
Per grondsoort (klei, veen, zand) is het percentage meetlocaties bepaald dat al dan niet voldoet aan de waterschapsnorm. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 3.10. Voor N-totaal wisselt het percentage dat aan de norm voldoet van jaar tot jaar, een beeld dat ook al op landelijk niveau te zien was. Kijkend naar de jaren 2020 t/m 2023 was 2020 het meest gunstige jaar voor N-totaal met de minste overschrijdingen (rond de 35%) vooral in het klei- en zandgebied. 2021 was het meest ongunstige jaar met vooral in veen en zand rond de 75% normoverschrijding.

Als we de grondsoorten vergelijken, komen in het kleigebied minder N-totaal overschrijdingen voor dan in het veen- en zandgebied. In veengebieden is het percentage dat voldoet aan de norm het laagst (15 – 43%), waarschijnlijk door denitrificatie als gevolg van relatief natte omstandigheden en de aanwezigheid van veel organisch materiaal. Dit is consistent met de vorige evaluatie (Buijs et al, 2020). Hierbij moet er wel rekening mee worden gehouden dat door het relatief kleine aantal meetlocaties (18) in veengebieden, de uitkomst voor dit deelgebied mogelijk minder representatief is.



Voor P-totaal is zand het deelgebied waar de minste overschrijdingen van de waterschapsnorm plaatsvinden (ca. 40% voldoet niet). In het kleigebied voldoet ongeveer 50% en zijn de verschillen tussen de jaren klein. Daarnaast voldoet, net als bij N-totaal, ook voor P het laagste percentage van de locaties in het veengebied aan de norm (tussen 18% en 33%), waarbij de fluctuatie over de jaren minder is dan voor N-totaal. Van de jaren 2020 t/m 2023 was 2020 een relatief gunstig jaar voor veen en zand.

Er liggen ook twee MNLSO-locaties in het lössgebied, al zijn deze niet apart weergegeven in Figuur 3.10, omdat dit te weinig locaties zijn voor een duidelijke uitspraak. Voor N-totaal voldoen deze beide locaties van 2020 t/m 2023 niet aan de N-totaal norm. Voor P-totaal voldoet één locatie alleen in 2022 aan de norm en de andere locatie voldoet helemaal niet aan de P-totaal norm.



Figuur 3.10 Toetsing van de metingen aan de waterschapsdoelen 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 de kolommen 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 2023 hebben 145 trendmeetlocaties een voldoende lange meetreeks. Voor de meeste locaties geldt dat de meetreeks rond 1990 begon, maar voor klein aantal locaties begon dit al eerder, rond 1970, of juist later, rond 2000. Wanneer er in dit rapport staat dat een analyse is gedaan voor de gehele beschikbare periode tot en met 2023, dan wordt hier bedoeld dat voor elke locatie de hele meetreeks meegenomen wordt, ongeacht wanneer deze begon. Staat er dat een analyse vanaf een bepaald jaar is gedaan, dan zijn alleen de data vanaf dat jaar meegenomen. Op basis van de trendanalyses kan inzicht verkregen worden of de concentraties stabiel zijn, toenemen of afnemen.

Een 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 de trends per meetlocatie te bepalen en vervolgens te aggregeren, heeft de grote variatie in de absolute concentratieniveaus geen invloed op de resultaten van de trendanalyse. Daarnaast is deze aanpak 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 een 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 of vlakker kan worden. 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 in zowel de hydrologie als in andere disciplines. De analyses zijn uitgevoerd in het statistische programma R (R Core Team, 2024). 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 en of die opwaarts of neerwaarts is. De geaggregeerde resultaten 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 70% van de MNLSO-locaties een significante neerwaartse trend zien. Voor P-totaal is de trend voor 63% van de meetlocaties significant neerwaarts. Het aantal locaties met een significante opwaartse trend voor P-totaal is hoger dan voor N-totaal, en ook zijn er voor P-totaal meer locaties zonder significant trend dan voor N-totaal. Daarbij dient opgemerkt te worden dat trends in P-totaal concentraties minder snel significant zijn door het piekerige gedrag van de meetreeksen. Ten opzichte van de voorgaande MNLSO-rapportage (Buijs et al., 2021) valt vooral op dat er voor N-totaal meer locaties zonder aantoonbare trend of met een opwaartse trend zijn.

De resultaten van de Seasonal Mann Kendall trendtest zijn gevoelig voor de keuze voor de periode die meegenomen wordt. Daarom zijn in Bijlage C.1 ook resultaten voor reeksen vanaf 2000 en 2010 opgenomen. De dominantie van locaties met neerwaartse trends blijft ook dan overeind. Wel neemt het aantal locaties waarvoor geen significantie trend vastgesteld kan worden toe. Voor N-totaal neemt ook het aantal locaties met een opwaartse trend toe.

*Tabel 4.1 Resultaten van de Seasonal Mann Kendall trendtest voor alle trendlocaties voor de gehele beschikbare periode tot en met 2023 met het aantal opwaartse en neerwaartse trends en het aantal locaties zonder significante trend. Ook is het percentage ten opzichte van het totaal aantal locaties weergegeven.*

<b>N-totaal</b>	<b>Aantal locaties</b>	<b>%</b>
Aantal opwaarts ( $p < 0,05$ )	<b>9</b>	<b>6,2%</b>
Aantal neerwaarts ( $p < 0,05$ )	<b>102</b>	<b>70,3%</b>
Geen trend aantoonbaar ( $p > 0,05$ )	<b>34</b>	<b>23,4%</b>
<b>P-totaal</b>		
Aantal opwaarts ( $p < 0,05$ )	<b>13</b>	<b>9,0%</b>
Aantal neerwaarts ( $p < 0,05$ )	<b>91</b>	<b>62,8%</b>
Geen trend aantoonbaar ( $p > 0,05$ )	<b>41</b>	<b>28,3%</b>

#### 4.2.2 Theil-Sen hellingschatter

Met de Theil-Sen hellingschatter is per trendmeetpunt een trendhelling berekend en is vervolgens voor alle trendhellingen de mediane trendhelling met het 95% betrouwbaarheidsinterval bepaald. Deze geaggregeerde resultaten 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 in Figuur 4.1 en 4.2 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.

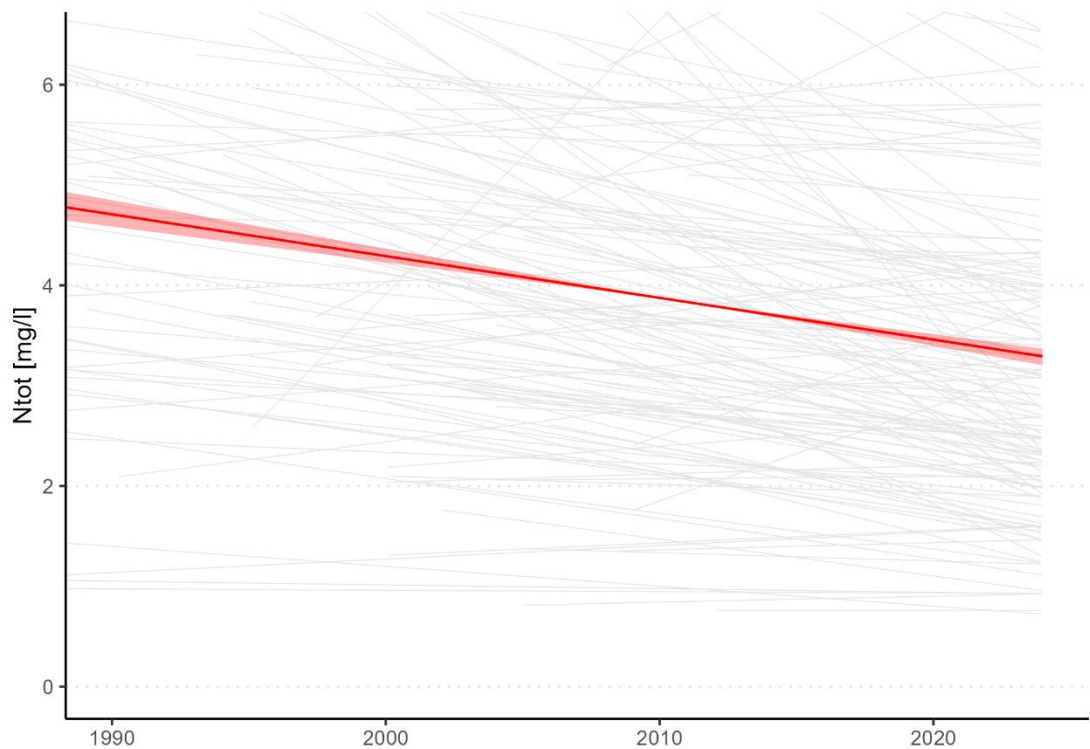
Zowel voor N-totaal als voor P-totaal zijn de mediane trendhelling en de helling van het 95%-betrouwbaarheidsinterval neerwaarts. Dit betekent dat er op landelijk niveau met 95% zekerheid een neerwaartse trend in de concentraties van N-totaal en P-totaal is over de gehele beschikbare periode tot en met 2023. Voor N-totaal bedraagt de mediane afname per decennium in de concentratie voor alle locaties 0,42 mg/l en voor P-totaal 0,017 mg/l. Uit de individuele lijnen is echter duidelijk te zien dat de trend per locatie sterk kan verschillen.

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.

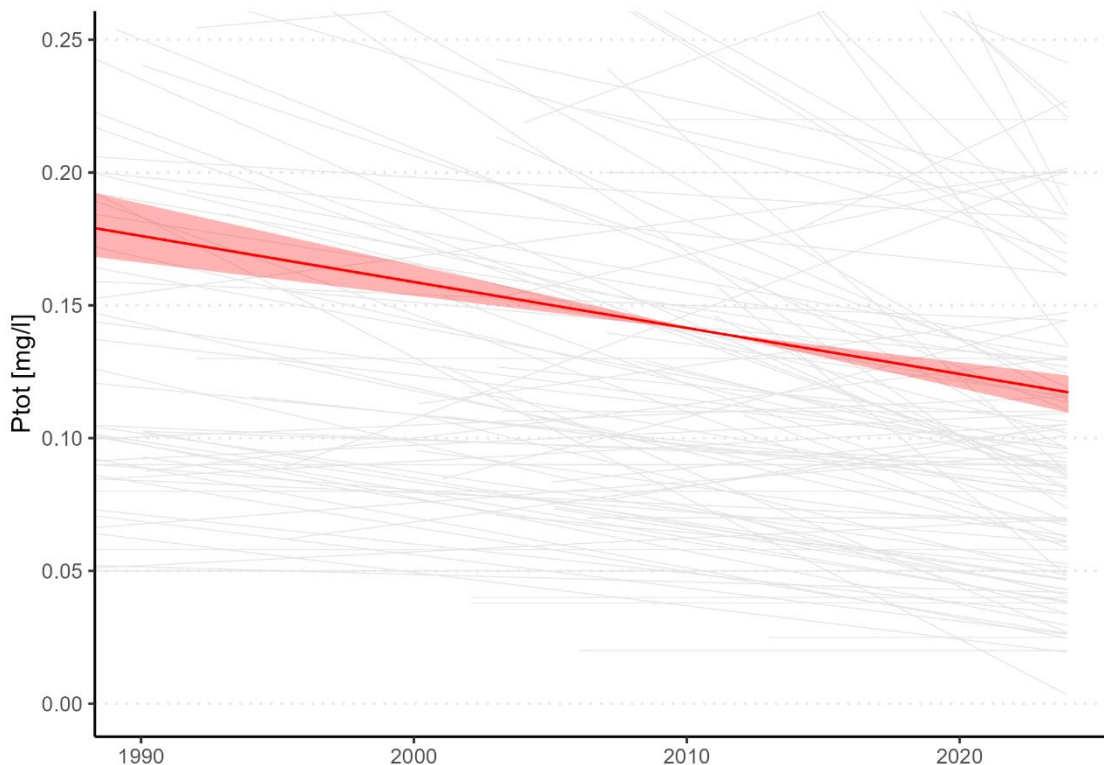
De resultaten van de Theil-Sen hellingschatter zijn gevoelig voor de keuze voor de periode die meegenomen wordt. Daarom zijn in Bijlage C.1 ook resultaten voor reeksen vanaf 2000 en 2010 opgenomen. Voor N-totaal neemt de sterkte van de mediane trendhelling af bij een kortere reeks, maar de neerwaartse trend blijft significant. Voor P-totaal neemt de mediane trendhelling minder af. Voor de reeks vanaf 2000 is de neerwaartse trend nog significant, maar voor de reeks vanaf 2010 net niet meer.

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

	Mediane trend (mg/l per decennium)	Lower / upper 95% betrouwbaarheid (mg/l per decennium)	Conclusie
<b>N-totaal</b>	-0,42	-0,48 / -0,36	Neerwaarts significant
<b>P-totaal</b>	-0,017	-0,023 / -0,013	Neerwaarts significant



Figuur 4.1 Mediane trend met 95%-betrouwbaarheidsinterval van de helling voor N-totaal voor de hele tijdreeksen. Op de achtergrond de hellingen voor alle individuele locaties te zien.



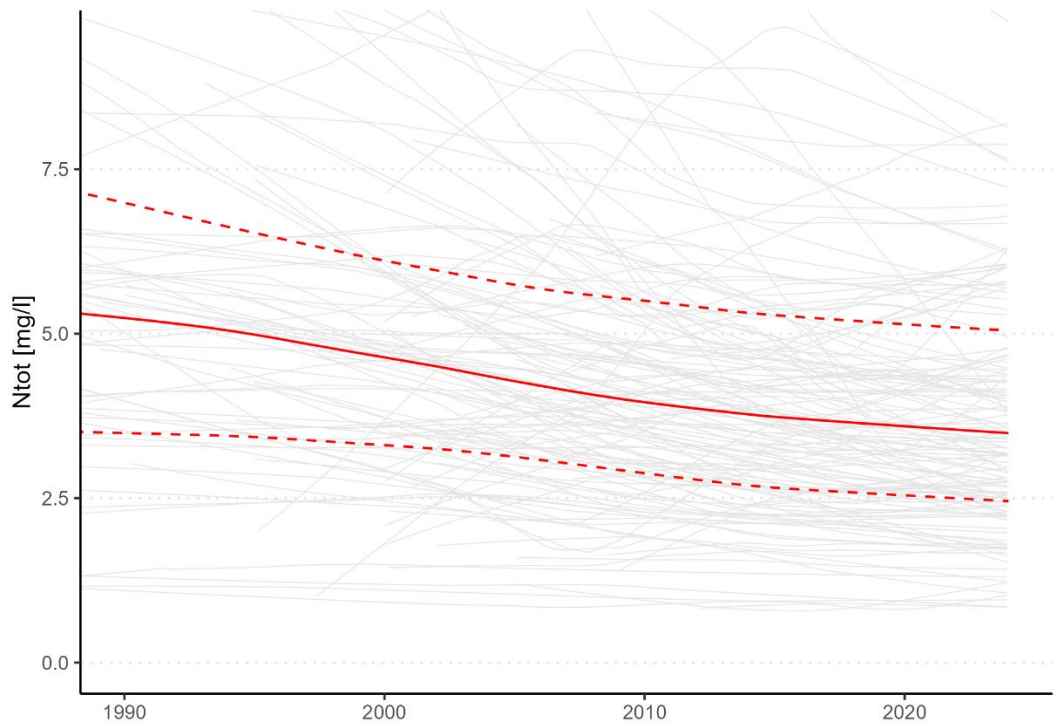
Figuur 4.2 Mediane trend met 95%-betrouwbaarheidsinterval van de helling voor P-totaal voor de hele tijdreeks. Op de achtergrond de hellingen voor alle individuele locaties te zien.

#### 4.2.3

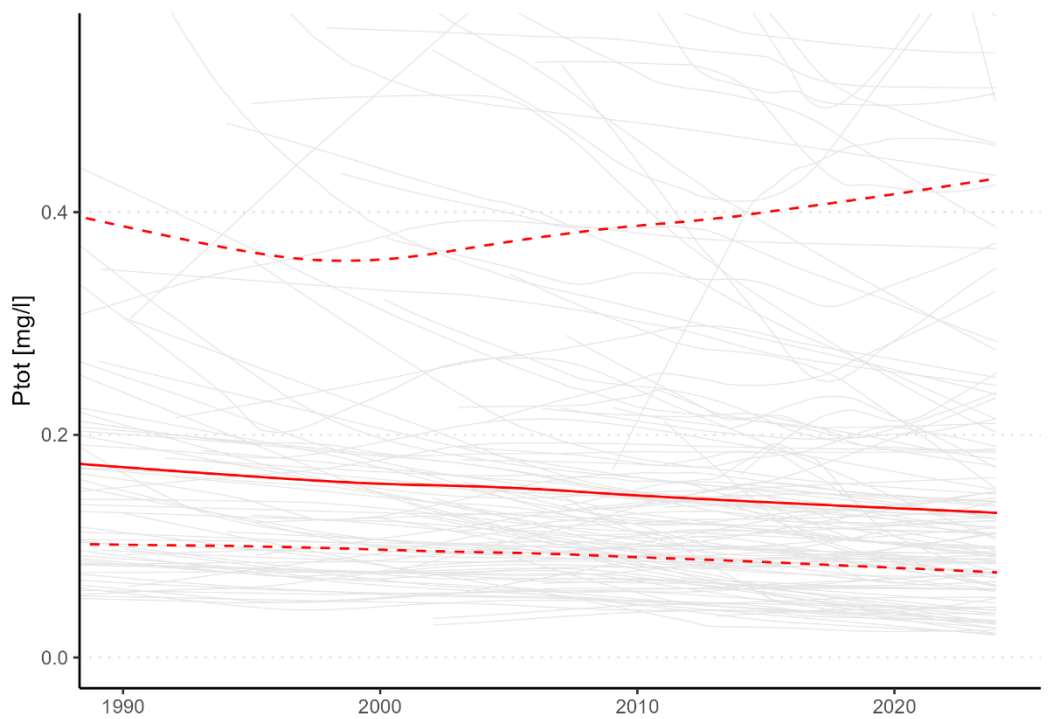
#### LOWESS trendlijn

Omdat een trend ook kan veranderen door de tijd heen, is naast de SMK trendtest en de Theil-Sen hellingschatter ook de LOWESS trendlijn voor N-totaal en P-totaal bepaald. Deze methode geeft beter inzicht in de verandering van de trend, doordat deze methode gebaseerd is op een soort lopende mediaan. 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 MNLISO-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 1990.

Voor N-totaal daalt de LOWESS-trendlijn over de gehele periode. Tussen 2000 en 2010 is de daling iets sterker dan in de rest van de periode; de trend vlakt dus af. Ook de LOWESS voor P-totaal blijft over de gehele periode, met wat kleine schommelingen, licht dalen. Datzelfde geldt voor de 25-percentiel LOWESS. De neerwaartse trend van de 75-percentiel LOWESS buigt daarentegen rond 2000 om naar een opwaartse trend. Wat betekent dat het aandeel hoge P-totaal concentraties toeneemt.



Figuur 4.3 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25 en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor N-totaal voor de hele tijdreeks. Op de achtergrond zijn alle individuele LOWESS-trendlijnen de zien.

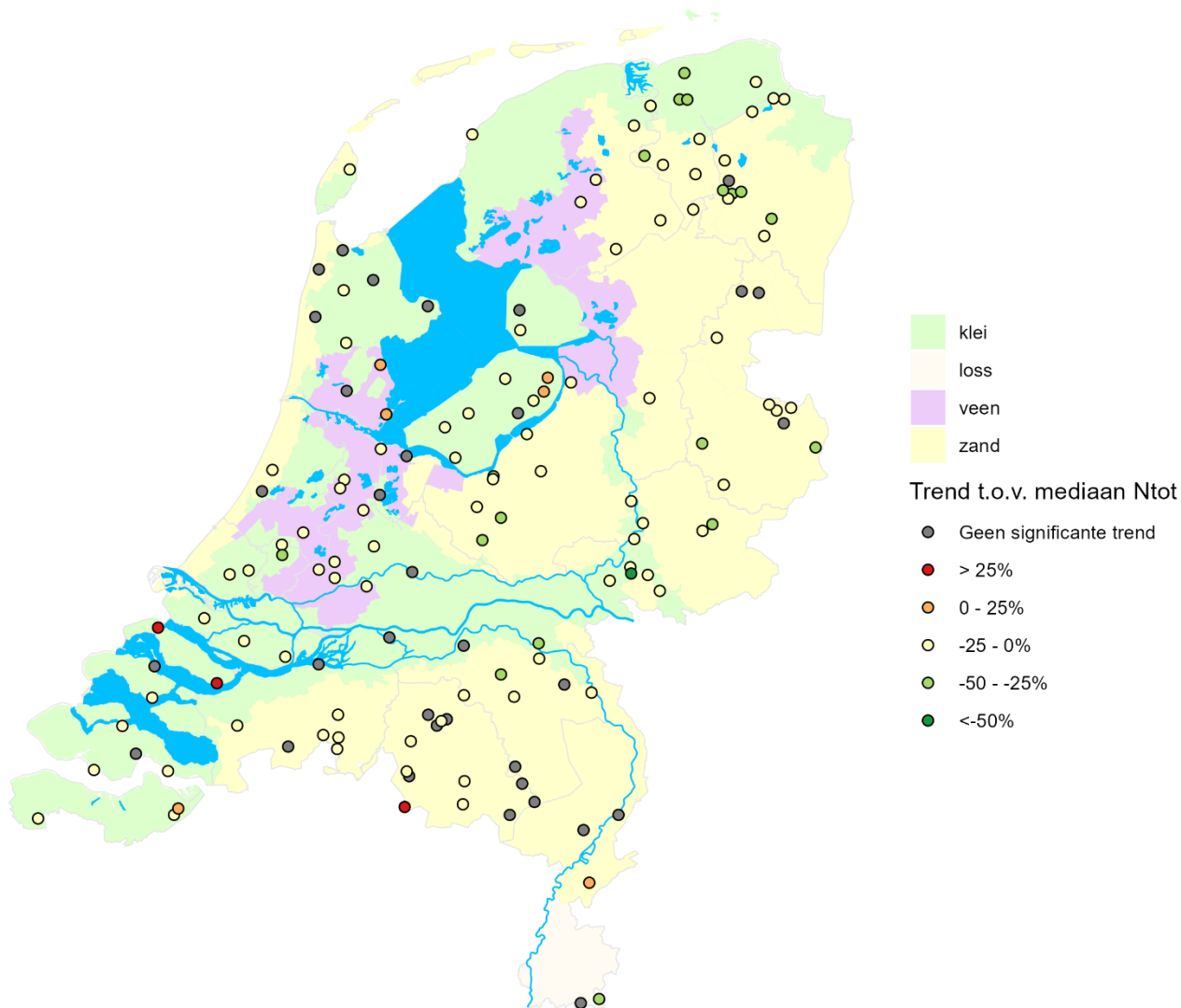


Figuur 4.4 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25 - en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor P-totaal voor de hele tijdreeks. Op de achtergrond zijn alle individuele LOWESS-trendlijnen de zien.

### 4.3 Regionale verdeling trends

Om een ruimtelijk beeld te krijgen van de trends is gekeken naar de procentuele helling (Theil-Sen helling in mg/l per decennium gedeeld door de mediaan over de gehele beschikbare periode tot en met 2023). Deze mediaan is per individuele trendmeetlocatie bepaald voor N- en P-totaal.

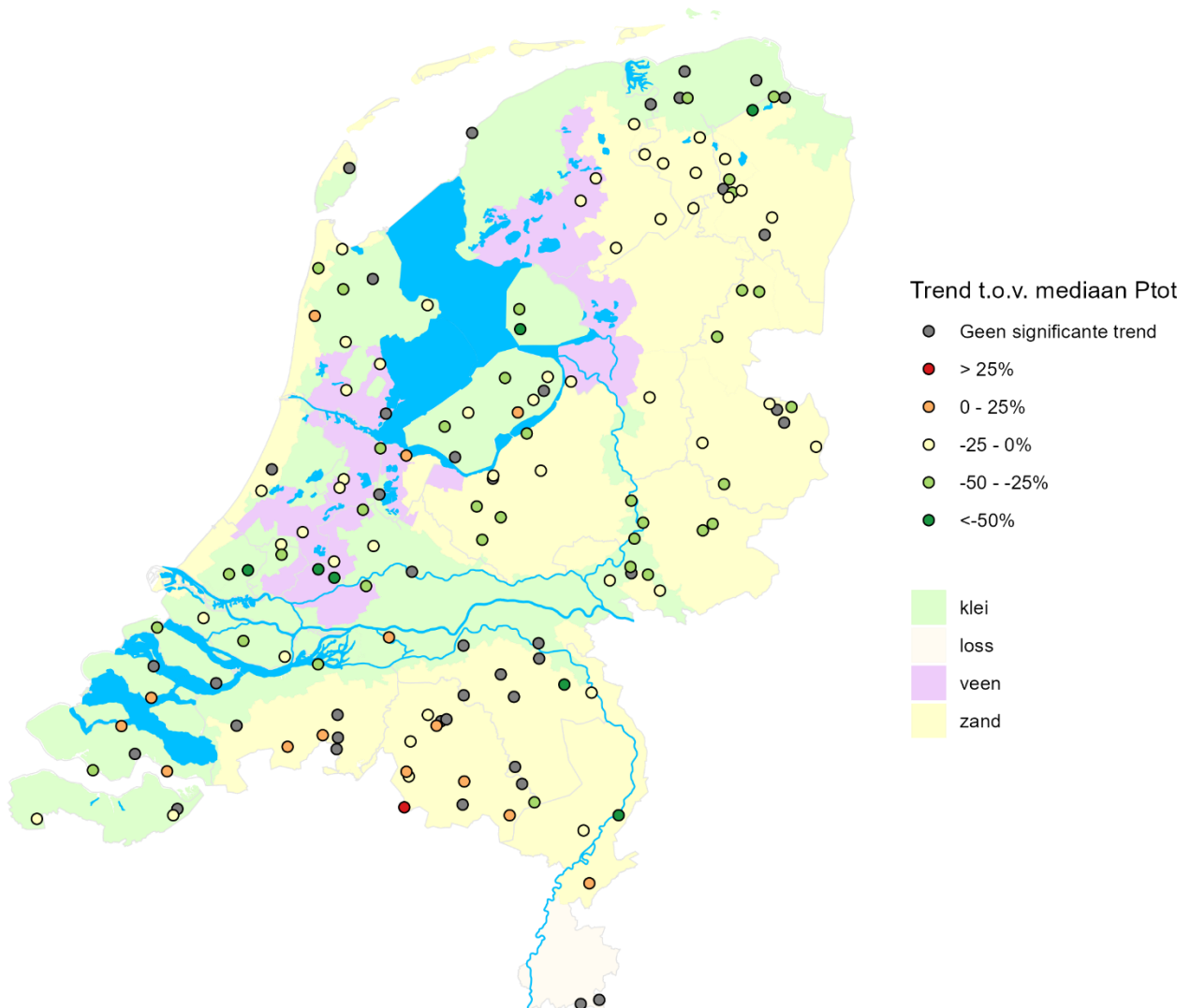
Voor N-totaal zijn de grootste dalingen van de concentratie in het oosten van het land en in Noord-Nederland te zien (groene en donkergroene bolletjes in Figuur 4.5). Verder zijn er drie locaties met stijgingen groter dan 25% ten opzichte van de mediaan (rode bolletjes), waarvan er twee op Goeree Overflakkee liggen. Dit houdt in dat op deze locaties de concentraties met ten minste 25% zijn gestegen ten opzichte van de mediane concentratie op deze locaties.



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

Ook 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 te zien. Er is maar één locatie waar de concentratie minstens 25% boven de mediaan zit. Echter zijn hier ook veel locaties waar juist relatief grote neerwaartse trends te zien zijn. 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 vlak bij of zelfs onder de waterschapsnorm liggen.



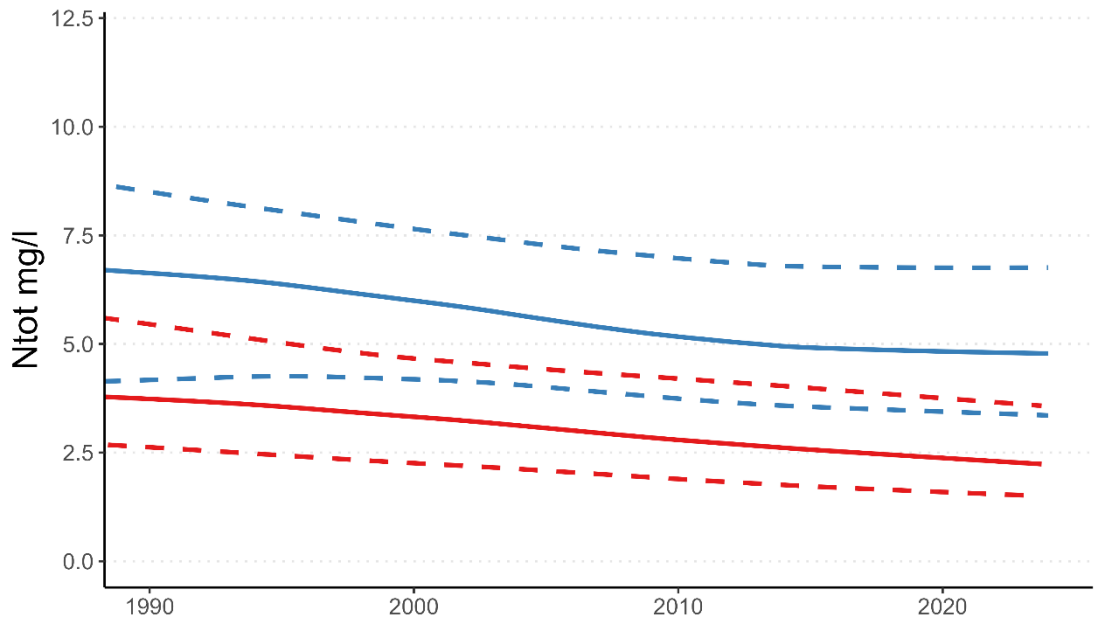
Figuur 4.6 Relatieve Theil-Sen trendhelling (percentage t.o.v. mediaan) voor P-totaal over de periode vanaf 1990 voor de trendmeetlocaties.

#### 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) apart. De trends in zomerconcentraties zijn het meest relevant voor de lokale waterkwaliteitsnormen. De winterconcentraties reageren sneller op veranderingen in landbouwuitspoeling. De LOWESS-trendlijnen zijn weergegeven in Figuur 4.7 en 4.8. De figuren met de Theil-Sen hellingen zijn weergegeven in Bijlage C.2.

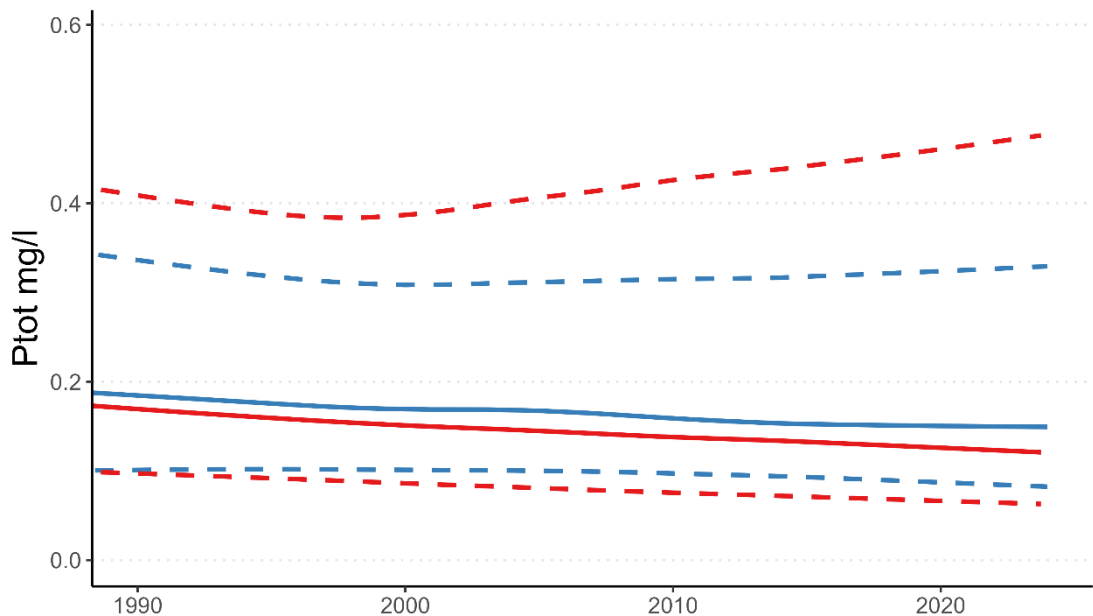


De LOWESS-trendlijnen voor de zomer- en winterconcentraties voor N-totaal (Figuur 4.7) laten beide een licht neerwaartse trend zien. De winterconcentraties van N-totaal dalen het snelst rond 2005. Daarna zwakt de daling af en in de recente jaren is de winterconcentratie vrijwel stabiel. Voor de zomerconcentraties zet de daling nog wel licht door in de meer recente jaren. De bandbreedte tussen de 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen is kleiner in de zomermaanden dan in de wintermaanden. Dit betekent dat de spreiding van concentraties over de verschillende locaties groter is in de winter. Ook zijn de concentraties in de winter duidelijk hoger. Dit komt waarschijnlijk door de directere invloed van landbouwuitspoeling op de concentraties in het oppervlaktewater in de winter vergeleken met de zomer.



Figuur 4.7 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor de zomer- (rood) en winter (blauw) concentraties van N-totaal.

De LOWESS-trendlijnen voor de zomer- en winterconcentraties van P-totaal (Figuur 4.8) liggen dicht bij elkaar qua concentraties. Zowel voor de zomer als voor de winter stijgen de 75-percentiele LOWESS-trendlijnen sinds ca. 2000. Dit betekent dat de P-totaalconcentraties zijn gaan stijgen op de locaties met hogere concentraties. De 25-percentiel LOWESS lijnen laten zowel voor de zomer als voor de winter juist een lichte neerwaartse trend zien, wat betekent dat op de locaties waar de concentraties al laag waren, de concentraties nog lager zijn geworden. Vooral voor de zomerconcentraties neemt daardoor de bandbreedte tussen de 25- en 75-percentiele LOWESS-trendlijnen toe.



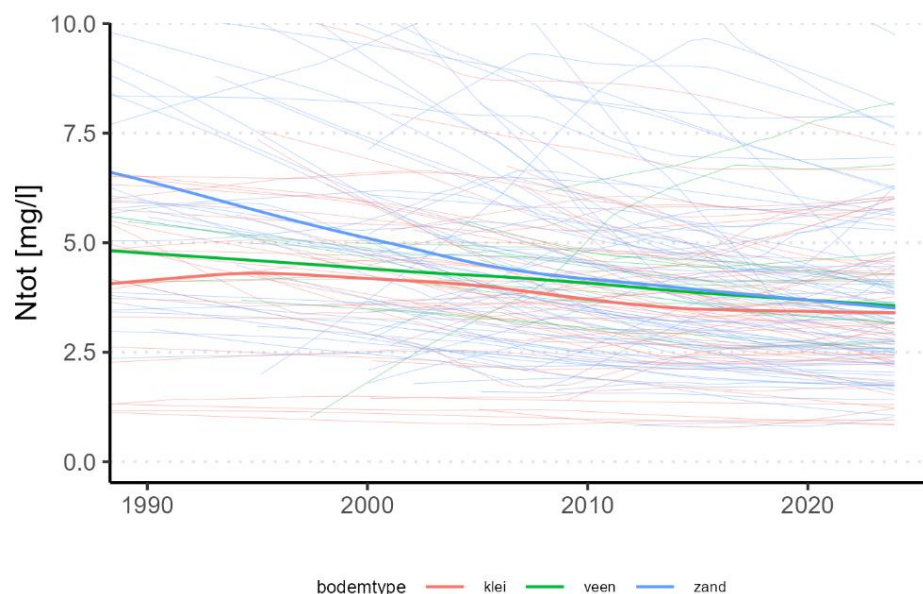
Figuur 4.8 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor de zomer- (rood) en winter (blauw) concentraties van P-totaal.

Naast de LOWESS-trendlijnen, blijkt ook uit de Theil-Sen figuren dat voor zowel de zomer als de winter een significante neerwaartse trend optreedt voor N- als P-totaal (Bijlage C.2). Bij N-totaal is een duidelijk verschil te zien tussen de zomer- en winterconcentraties (gemiddeld verschil van ongeveer 1,5 mg/l), maar is de neerwaartse trendhelling vergelijkbaar voor de zomer en de winter. Voor P-totaal is er weinig verschil tussen de zomer- en winterconcentraties in de mediane trendhellingen uit de Theil-Sen figuren te zien. Wat vooral opvalt is dat de spreiding van de mediane helling in de winter groter is dan in de zomer. Dit betekent dat de mediane trendhellingen in de winter wat verder uit elkaar liggen, wat mogelijk verklaard kan worden door verschillen in landgebruik die een meer directe invloed hebben op de winterconcentraties.

## 4.5 Trends per grondsoort

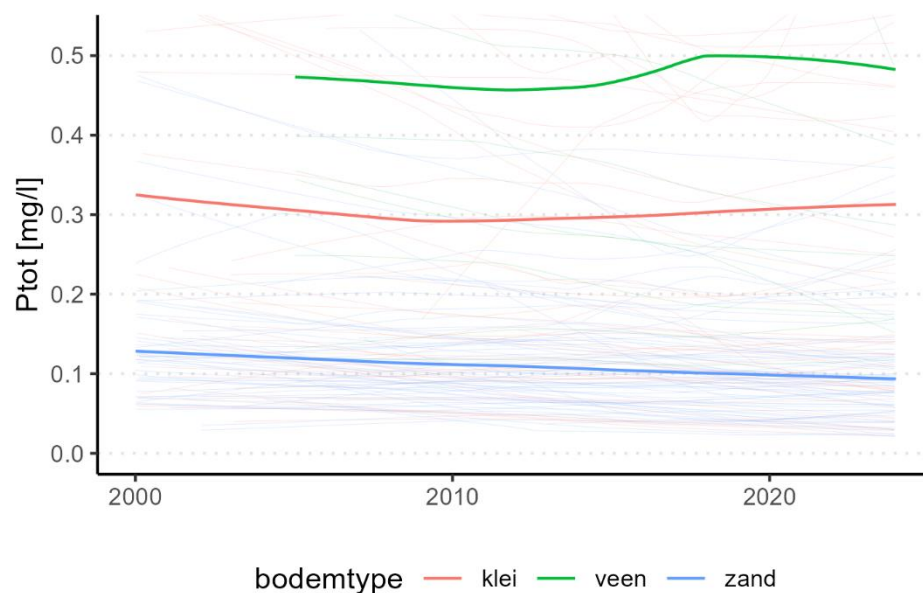
De LOWESS-trendlijnen voor N-totaal en P-totaal zijn per grondsoort weergegeven in Figuur 4.9 en 4.10. In Bijlage C.3 zijn ook figuren per grondsoort en met de mediane Theil-Sen hellingen opgenomen. In al deze figuren zijn alle concentraties (zomer en winter) meegenomen.

De LOWESS trendlijnen voor N-totaal bewegen voor de verschillende grondsoorten naar elkaar toe. In het zandgebied zijn de concentraties aanvankelijk hoger, maar zijn ze tot ca. 2008 ook sneller gedaald dan in het veen- en kleigebied. In het kleigebied dalen de concentraties vanaf 1995, maar vanaf ongeveer 2015 lijkt die neerwaartse trend te stagneren. De N-totaal concentraties in het veengebied blijven over de gehele periode gestaag dalen.



Figuur 4.9 Geaggregeerde LOWESSEN voor de verschillende bodemtypen klei, veen en zand voor N-totaal.

Voor P-totaal zijn de geaggregeerde LOWESS-trendlijnen per bodemtype weergegeven in Figuur 4.10. De concentraties in het veengebied zijn het hoogst en schommelen wat. De geaggregeerde LOWESS-lijnen loopt voor veen vanaf 2005, omdat voor een belangrijk deel van deze locaties pas vanaf dat jaar meetdata beschikbaar waren. Voor de kleigebieden is over de gehele periode 1990-2023 een lichte stijging te zien, met uitzondering van de jaren 2005-2010. Die jaren leken de concentraties iets te dalen. In het zandgebied zijn de concentraties P-totaal het laagst en dalen ze over de gehele periode.



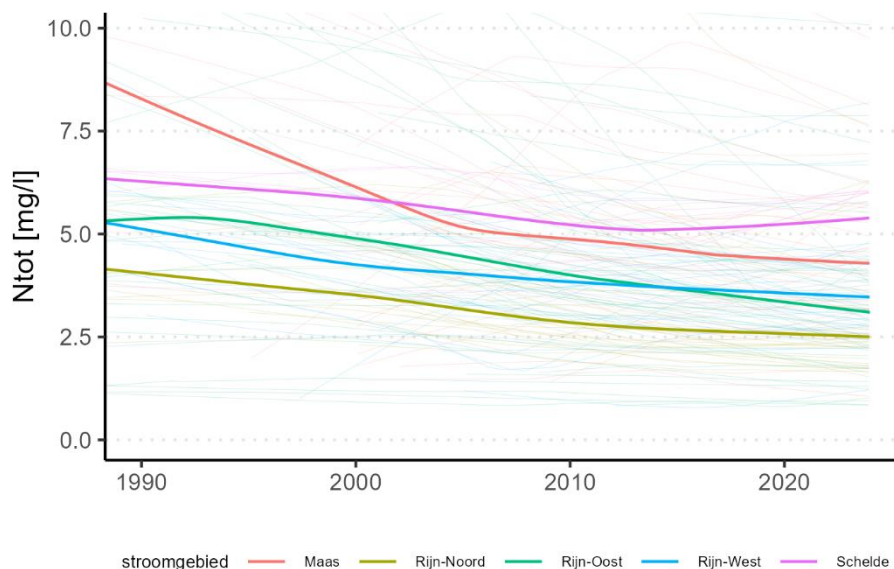
Figuur 4.10 Geaggregeerde LOWESSEN de gehele beschikbare periode tot en met 2023 voor de verschillende bodemtypen klei, veen en zand voor P-totaal.

## 4.6 Trends per KRW-deelstroomgebied

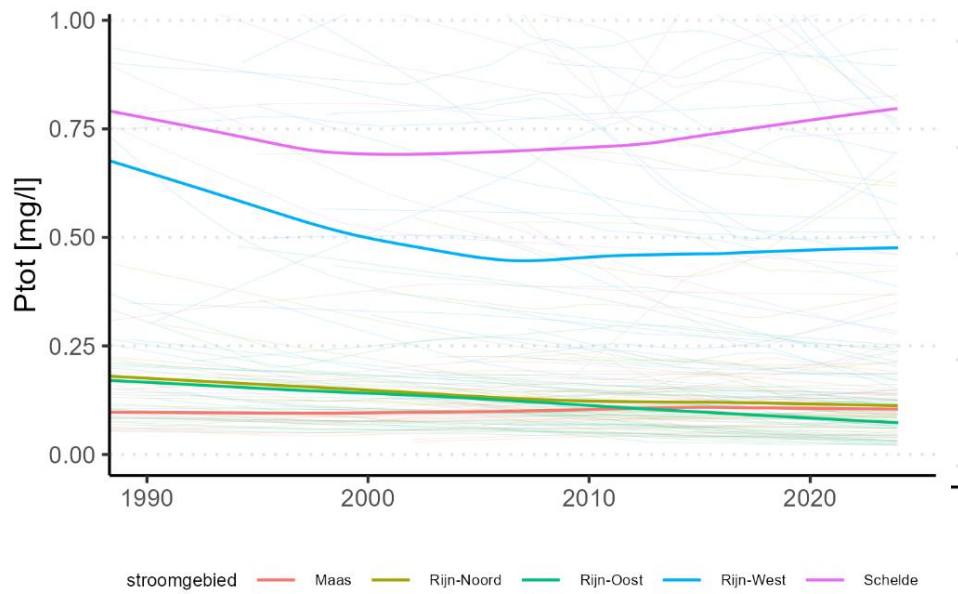
De LOWESS trendlijnen voor N-totaal en P-totaal zijn per KRW-deelstroomgebied weergegeven in Figuur 4.11 en 4.12. In Bijlage C.4 zijn ook figuren met de mediane Theil-Sen hellingen opgenomen. Hierin zijn alle concentraties (zomer en winter) meegenomen. Het aantal trendmeetlocaties in de Schelde is beperkt (9), waardoor de geaggregeerde resultaten minder betrouwbaar zijn.

In Figuur 4.11 staan voor N-totaal de geaggregeerde LOWESS-trendlijnen per stroomgebied. In het stroomgebied van de Maas, Rijn-Noord en Rijn-West laten de N-totaal concentraties over de gehele tijdreeks een neerwaartse trend zien. Voor de Schelde is vanaf 2012 een lichte opwaartse trend te zien (voldoet niet volgens stand-still principe van de KRW) en voor het stroomgebied van de Rijn-Oost is tot 1992 een opwaartse trend te zien, die daarna is overgegaan in een neerwaartse trend. Tot 2002 is de Maas het stroomgebied met de hoogste N-totaal concentraties, maar daarna zijn de concentraties in de Schelde het hoogst. De laagste concentraties worden over de gehele periode gemeten in Rijn-Noord.

De P-totaal LOWESS-trendlijnen voor de deelstroomgebieden zijn afgebeeld in Figuur 4.12 (zie Bijlage C.4 voor aparte figuren per deelstroomgebied en Theil-Sen trendfiguren). Tussen de verschillende stroomgebieden zitten grote verschillen in P-totaal concentraties met de hoogste concentraties in Schelde, gevolgd door Rijn-West, en de laagste concentraties in Rijn-Noord, Rijn-Oost en Maas. De trend voor P-totaal wisselt sterk per stroomgebied, waarbij vooral de opwaartse LOWESS trend voor het Maasstroomgebied, het Rijn-West-stroomgebied en het Scheldestroomgebied vanaf ca. 2005 opvalt. In de Theil-Sen trendhelling over de gehele periode 1990-2023 is deze opwaartse trend alleen te zien voor de Schelde en de Maas. In delen van met name het Maasstroomgebied, maar ook lokaal in de ander twee stroomgebieden, wordt het waterschapsdoel nog wel gehaald. Dat staat los van het feit dat met een opwaartse trend niet voldaan wordt aan het stand-still principe van de KRW. De stroomgebieden Rijn-Noord en Rijn-Oost laten nog duidelijk een neerwaartse trend voor de P-totaal concentraties zien, al lijkt die trend voor het stroomgebied van de Rijn-Noord te stagneren.



Figuur 4.11 Geaggregeerde LOWESSEN voor de verschillende stroomgebieden voor N-totaal.



*Figuur 4.12 Geaggregeerde LOWESSEN voor de verschillende stroomgebieden voor P-totaal.*

## 5 Aanvullende analyses en meetonderzoek in pilots

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op aanvullende analyses die zijn gedaan op de dataset van het MNLSO naast de toestand- en trendanalyse. Daarnaast worden de resultaten beschreven van pilots op het gebied van waterkwaliteit en landbouw, die uitgevoerd zijn op MNLSO-locaties (5.5 t/m 5.7).

### 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 vierjarig gemiddelde (2020-2023). Tevens zijn dit type grafieken gemaakt voor alle MNLSO-meetpunten met een uitsplitsing in verschillende periodes: 1992-1995, 2016-2019 en 2020-2023 (

Figuur 5.2). Dit zijn de eerste, de vorige en de huidige toetsingsperiodes voor de Nitraatrichtlijn (Fraters et al., 2020; Claessens et al, in voorbereiding).

De diagrammen kunnen op twee manieren bekeken worden:

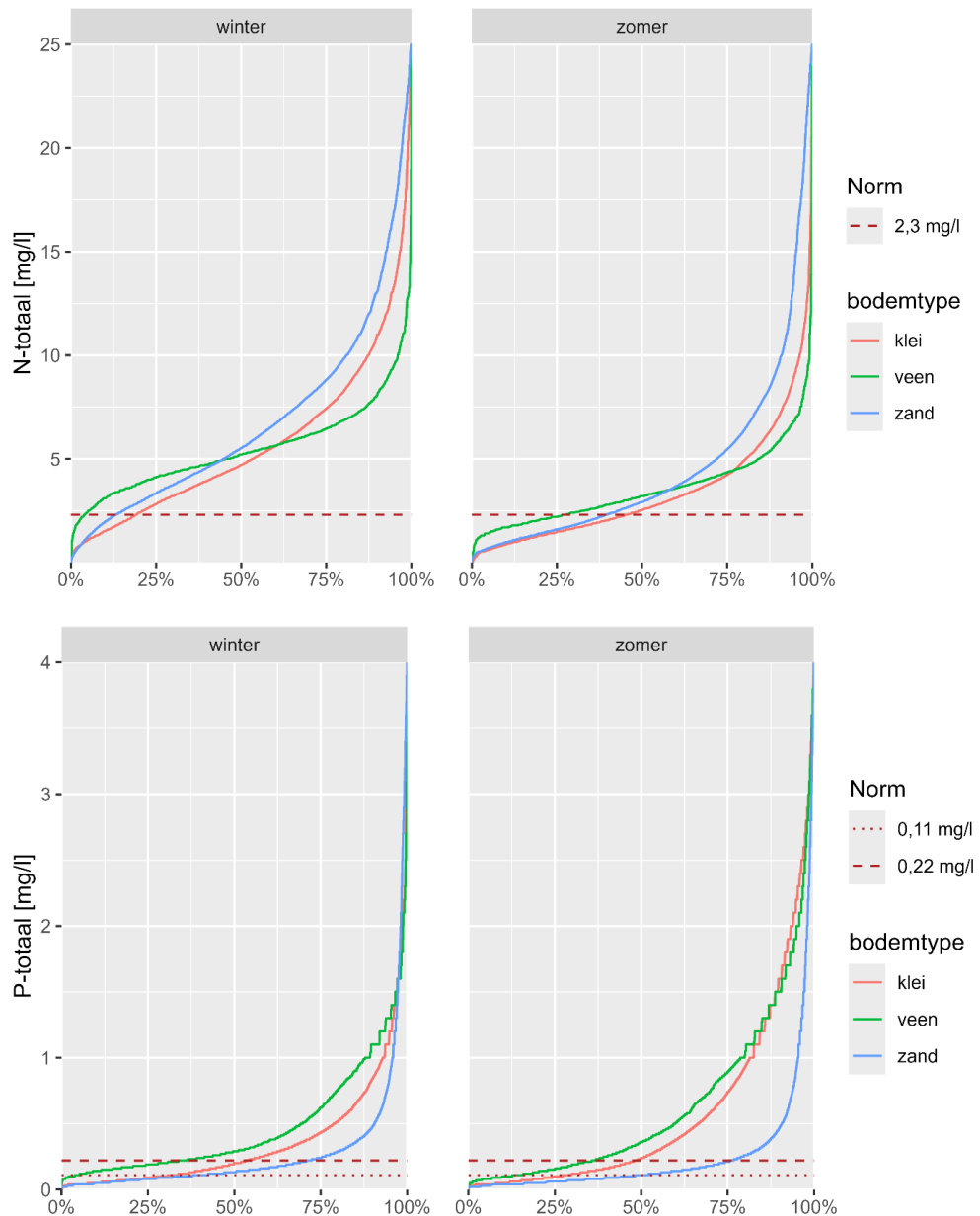
- 1 Door bij een bepaald percentiel (x-as) de concentratie op de y-as te bepalen dat bij dit percentiel hoort. De mediane waarde (p50) is bijvoorbeeld te bepalen door bij 50% de concentratie af te lezen.
- 2 Door voor een bepaalde concentratie (y-as) vast te stellen welk percentage van de metingen onder deze concentratie blijft (x-as).

De figuren geven inzicht in zowel de verschillen tussen zomer en winter als verschillen tussen deelgebieden/bodemtype (Figuur 5.1) en verschillen tussen periodes (Figuur 5.2). Ter referentie is ook het niveau weergegeven van de meest voorkomende KRW-doelen (voor N-totaal 2,3 mg N/L en voor P-totaal 0,11 (stilstaande wateren) en 0,22 (stromende wateren) mg P/L). Deze normen zijn verschillend per type water/lichaam) en 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). In de zomer ligt meer dan de helft van de metingen boven de referentienorm van 2,3. Als we terugkijken naar Figuur 3.8, dan is ook hier te zien dat ongeveer de helft van de locaties aan de N-totaal norm voldoet. Voor veengrond ligt ca. 75% van de zomermetingen boven de 2,3 mg/l. Dit hoeft echter niet te betekenen dat hier de meeste normoverschrijdingen plaats vinden. In Figuur 3.1 is namelijk te zien dat op verschillende locaties de norm boven de 2,3 mg/L ligt. Daarnaast zijn in de zandgebieden de hoogste concentraties te vinden. Voor ongeveer 20% van de locaties in de winter en 10% in de zomer zijn de concentraties groter dan 10 mg/L. In de veengebieden zijn er juist relatief weinig locaties met een hoge N-concentratie van > 10 mg/L (ongeveer 5% in de winter en 1% in de zomer). 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.

Voor P-totaal is het verschil tussen de zomer- en winterconcentraties veel kleiner, doordat uitspoeling van P-totaal minder afhankelijk is van neerslag. Wel is P-totaal gevoeliger voor incidenten met erg veel neerslag, omdat de oppervlakkige afspoeling dan een grote bijdrage levert. Omdat deze incidenten het hele jaar door voorkomen, leidt dit niet tot een onderscheid tussen seizoenen. Daarnaast zijn de P-totaal concentraties in zandgebieden veel lager ten

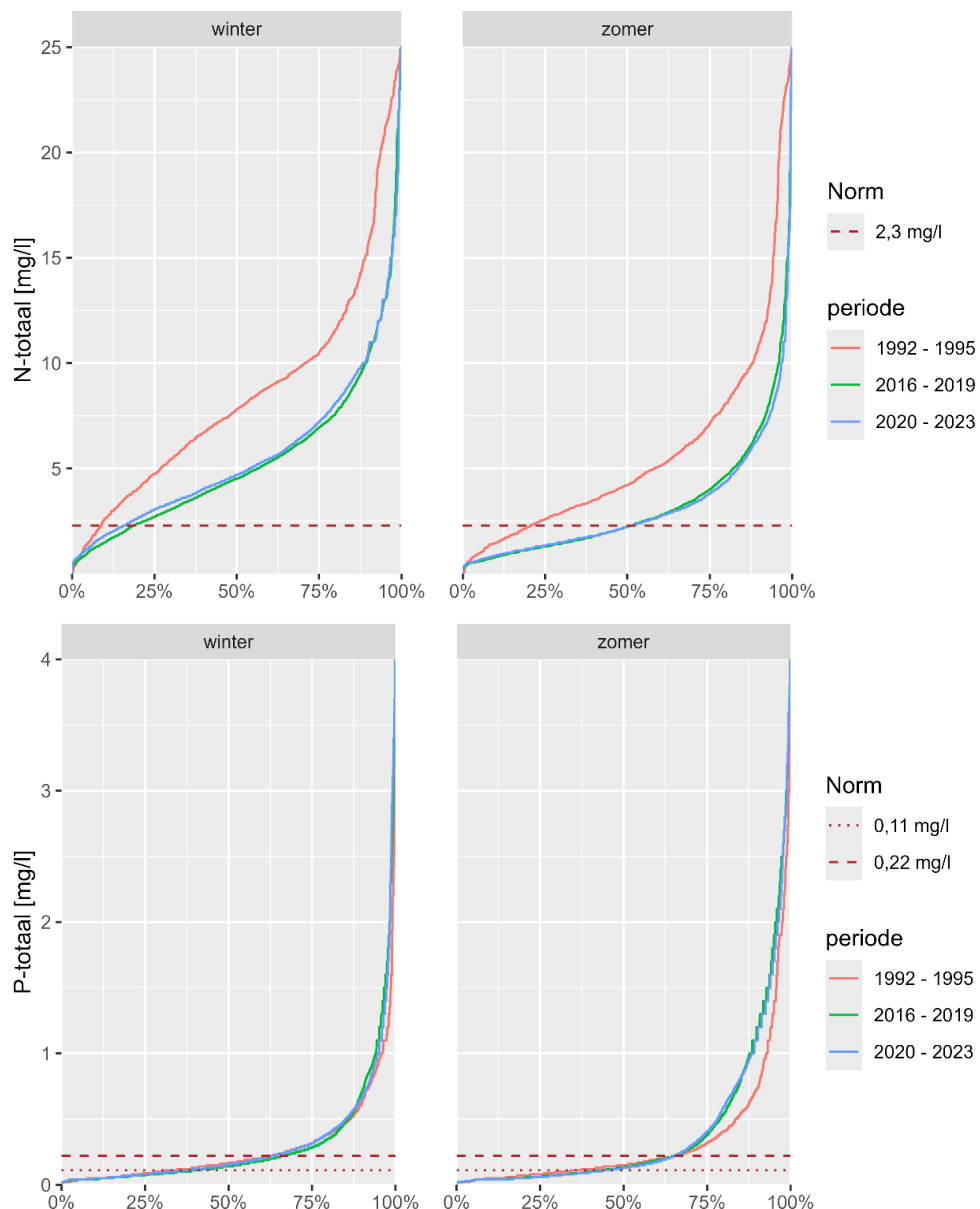
opzichte van klei- en veengebieden. Dit heeft te maken met de sterke binding van fosfor, vooral aan ijzer(hydr)oxiden in de bodem en in het sediment. In het klei- en veengebied is die binding vaak minder sterk en/of tijdelijk vanwege de (soms) zuurstofarme condities en het gebrek aan oxiden in de bodem. Over het algemeen zijn de concentraties in het veengebied hoger dan in het kleigebied, terwijl de verschillen in het kleigebied tussen de zomer- en winterconcentratie het grootst zijn. Daarnaast valt uit het rechter deel van de frequentiediagrammen op te merken dat er een grote spreiding in concentraties zit waarbij hoge uitschieters in de P-totaalconcentraties geen uitzondering zijn, vooral in het veen- en kleigebied. Dit betekent dat er lokaal concentraties voorkomen die erg ver boven de gestelde normniveaus liggen. Deze hoge concentraties komen niet enkel bij een bepaald meetpunt voor, maar zijn verspreid over meerdere meetlocaties. In poldergebieden (klei en veen) kan in de zomer de invloed van kwel en de nalevering vanuit het sediment voor relatief hoge P-totaal concentraties zorgen. Daarnaast kan in alle gebieden opwerveling van sediment voor hoge concentraties zorgen, bijvoorbeeld bij afvoerpieken.



**Figuur 5.1** Cumulatieve frequentiediagrammen voor N-totaal (boven) en P-totaal (beneden) met uitsplitsing in deelgebieden en zomer en winter voor de periode 2020-2023. De rode stippellijnen geven veel voorkomende waarden van de norm aan. Let op: de y-as is afgekapt bij 99% van de metingen.

In Figuur 5.2 zijn voor N- en P-totaal de cumulatieve frequentiediagrammen weergegeven voor alle MNLSO-meetpunten met een uitsplitsing in verschillende periodes: 1992-1995, 2016-2019 en 2020-2023. Voor de concentraties van N-totaal is goed te zien dat die in de periode 1992-1995 veel hoger waren dan in de meer recentere periodes (bijvoorbeeld de 75% percentiel concentratie in de winter lag in 1992-1995 op ongeveer 10 mg/l ten opzichte van 7 mg/l in 2016-2019 en 2020-2023). Tussen de periodes 2016-2019 en 2020-2023 is nauwelijks verschil te zien in N-totaal concentraties, zowel voor de winter als de zomer.

Voor P-totaal is het verschil in winterconcentraties tussen de verschillende periodes erg klein. Voor de zomerconcentraties is er iets meer verschil te zien, voornamelijk in de concentraties boven de 75% percentiel. Deze concentraties zijn lager voor de periode 1992-1995 in vergelijking met de recentere periodes. Dit bevestigt het beeld dat de concentraties P-totaal verder toenemen op locaties waar de concentraties al hoog zijn. Dit bleek ook uit de opwaartse trend in de 75-percentiel LOWESS trendlijn voor P-totaal (hoofdstuk 4.2.3).

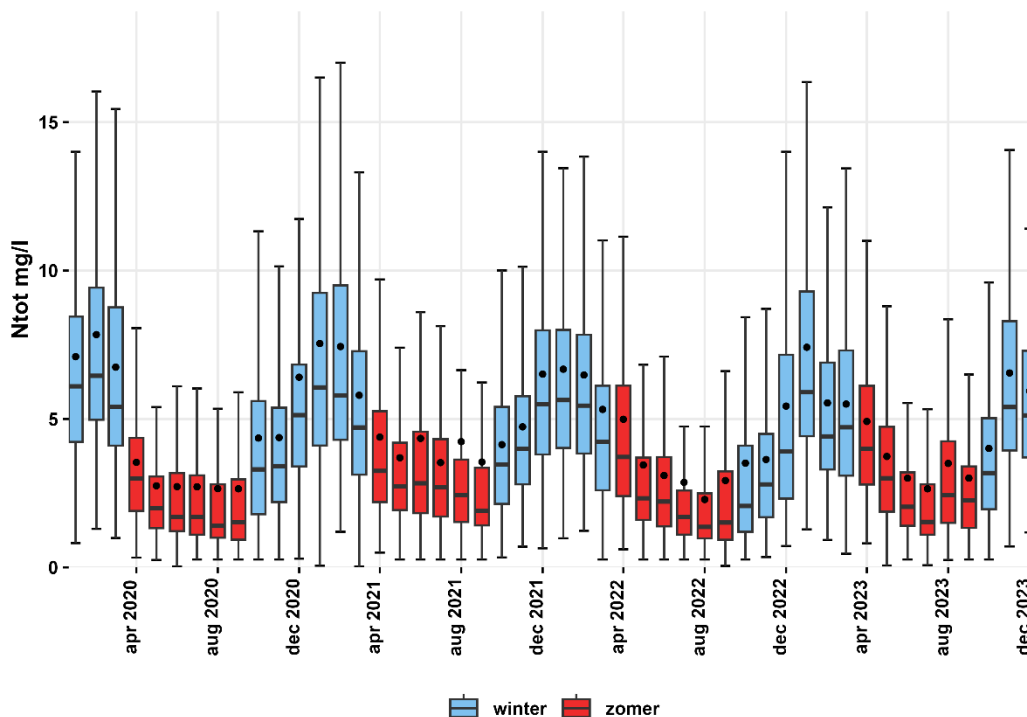


Figuur 5.2 Cumulatieve frequentiediagrammen voor N-totaal (links) en P-totaal (rechts) met uitsplitsing in periodes (1992-1995, 2016-2019 en 2020-2023) en zomer en winter. De rode stippellijnen geven veel voorkomende waarden van de norm aan. Let op: de y-as is afgekapt bij 99%.



## 5.2 Seizoensvariaties

Voor de MNLSO-trendlocaties is nader gekeken naar de variatie in de nutriëntenconcentraties door het jaar heen, omdat de concentraties nogal kunnen variëren gedurende het jaar. Figuur 5.3 geeft voor N-totaal de meetresultaten van alle MNLSO-trendmeetlocaties van 2020-2023 weer in boxplots per maand.

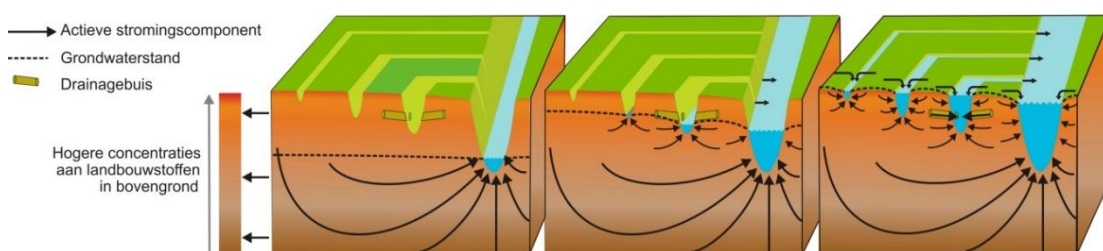


Figuur 5.3 Meetgegevens van MNLSO-trendmeetlocaties (periode 2020-2023) in boxplots per maand voor N-totaal. De boxplots geven de mediaan, het 25- en 75-percentiel en de range van de concentraties exclusief uitschieters. De punten in de boxplots geven de gemiddelde concentratie aan.

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 gemiddeld 2,5 keer lager dan in december en januari. Verder is te zien in de zomer van 2021 de N-totaal concentraties hoger waren dan in de drogere zomers van 2020 en 2022. Mede door het relatief droge jaar 2020 kan er in de relatief natte zomer van 2021 extra stikstof uitspoelen. Dit is ook uitgelegd in Tabel 5.1 waarin een overzicht is weergegeven van de belangrijkste processen die de hogere concentraties N-totaal in de winter en in natte perioden 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 5.4). In het oppervlaktewatersysteem zijn de verblijftijden in natte condities relatief kort, waardoor biologische omzetting- of vastleggingsprocessen minder vat kunnen krijgen op de nutriënten. De lagere temperaturen in natte periodes zorgen bovendien voor een lagere bacteriologische activiteit, wat de biologische omzetting vertraagt. De relatief hoge N-totaal concentraties in de zomer van 2021 werken door in een hoger percentage normoverschrijdingen in de toestandbeoordeling voor dat jaar (zie Figuur 3.2).

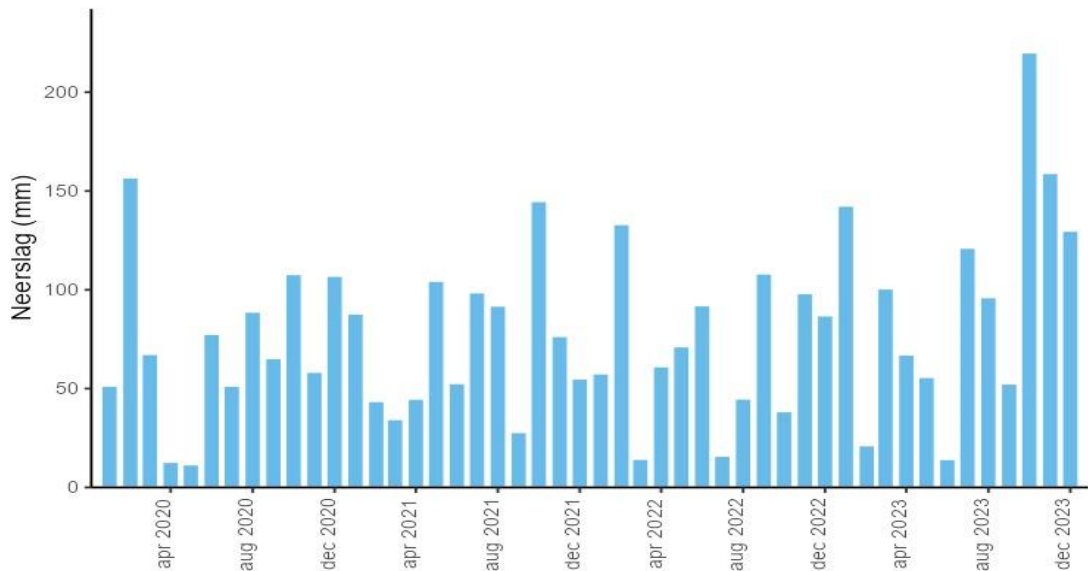
Tabel 5.1 Overzicht van de consequenties van natte en droge omstandigheden op nutriënten concentraties in het oppervlaktewater.

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



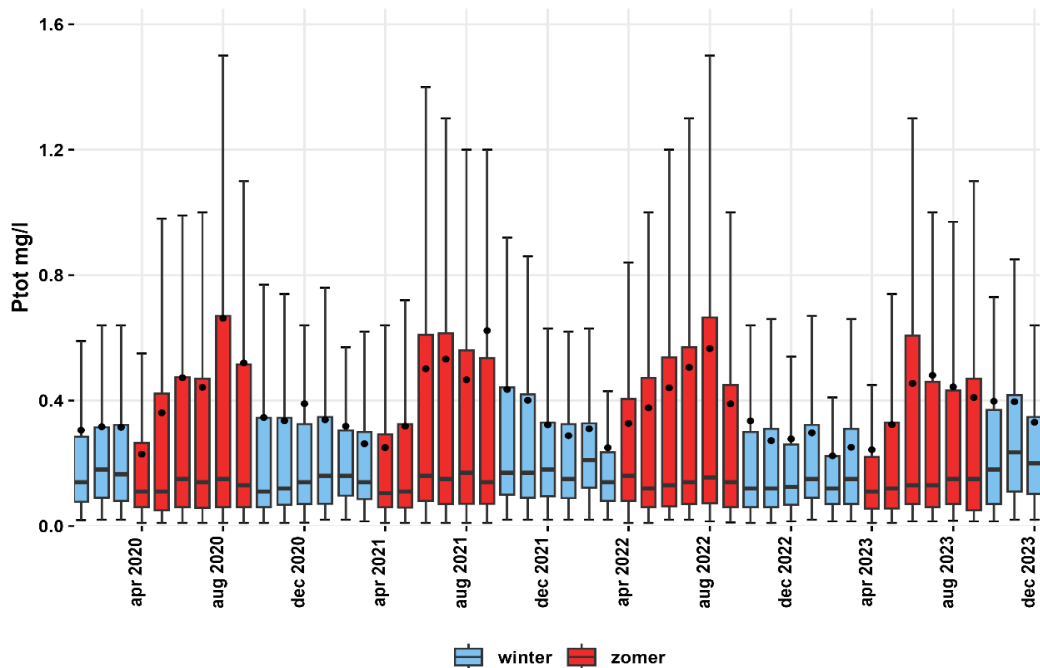
Figuur 5.4 Van droge naar natte omstandigheden neemt de invloed van ondiepe uitstroomroutes toe. Deze ondiepe stroombanen worden sterker beïnvloed door de landbouw en leveren hogere concentraties nutriënten en andere landbouw gerelateerde verontreinigingen aan het oppervlaktewater (Rozemeijer, 2010).

Als we verder ingaan op de weersomstandigheden, zien we in Figuur 5.5 dat in 2023 de N-totaal concentratie van maand tot maand relatief sterk fluctueert in vergelijking met de eerdere jaren. Dit heeft waarschijnlijk grotendeels te maken met de erg wisselende weersomstandigheden in 2023, zie ook Figuur 5.5. Januari en maart waren erg nat, terwijl mei en juni weer extreem droog waren. De natte januari springt er ook uit als gekeken wordt naar de erg hoge N-totaal concentraties. De hoge concentraties houden echter niet lang aan, wat te maken heeft met de relatief droge februari. In de droge maanden mei en juni nemen de N-totaalconcentraties snel af met de laagste waarden in juli. Oktober en november waren weer erg nat, met ongeveer tweemaal zoveel neerslag als in een gemiddeld jaar. De N-totaal concentraties voor deze maanden waren dan ook relatief hoog.



Figuur 5.5 Neerslagsom per maand voor de periode 2020-2023 gemeten door het KNMI in De Bilt.

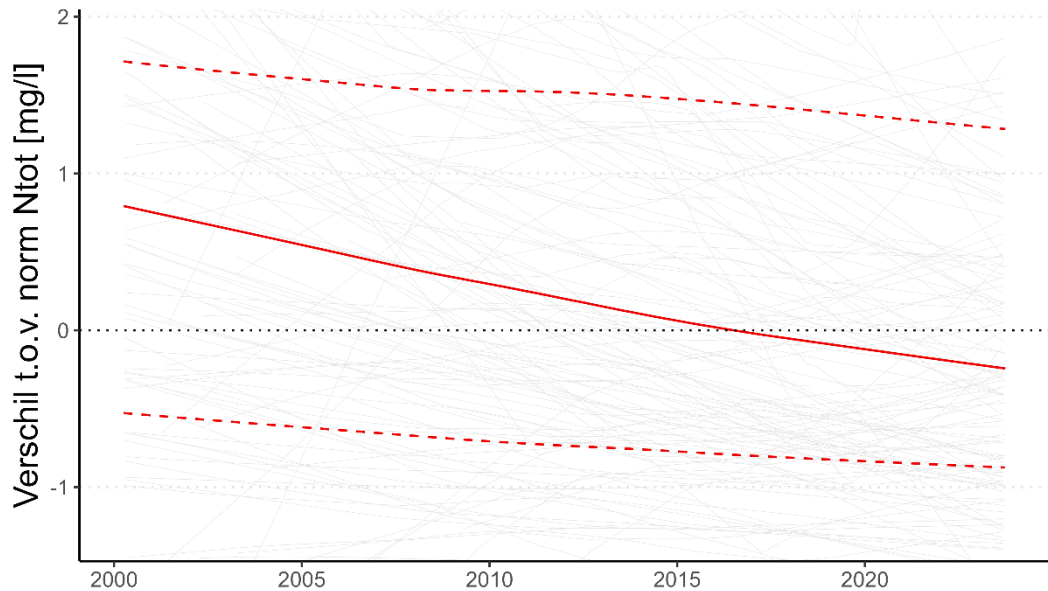
De P-totaal concentraties laten een tegengesteld seizoensverloop zien ten opzichte van N-totaal, met hogere concentraties in de zomermaanden, zie ook Figuur 5.6. De schommelingen in mediane concentraties zijn echter minder groot. Een mogelijke verklaring voor de hogere zomerconcentraties is nalevering vanuit de waterbodem. Hierbij komt P-totaal, dat eerder via af- en uitspoeling en/of kwelwater in het oppervlaktewater terecht kwam en werd vastgelegd in de waterbodem, in de zomermaanden weer vrij bij anoxische (zuurstofloze) omstandigheden in de waterbodem (Schipper et al., 2022). Ook voor P-totaal verschilt het patroon in 2023 ten opzichte van voorgaande jaren, met meer variatie in concentraties. In februari en april zijn de mediane concentraties bijvoorbeeld lager dan in andere jaren, terwijl er in november juist relatief hoge mediane P-totaal concentraties te vinden zijn, waarschijnlijk door meer oppervlakkige afspoeling.



Figuur 5.6 Meetgegevens van MNLSO-trendmeetlocaties (periode 2020-2023) in boxplots per maand voor P-totaal. De boxplots geven de mediaan, de 25- en 75-percentiel en de range exclusief uitschieters. De punten in de boxplots geven de gemiddelde concentratie aan.

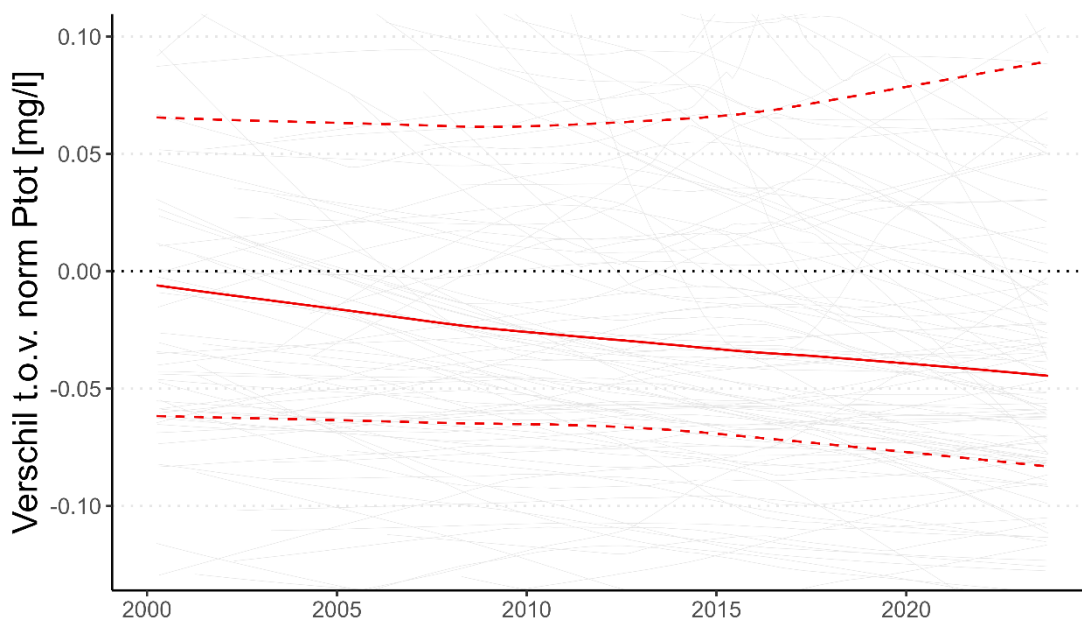
### 5.3 Concentraties ten opzichte van de norm

Om nog beter inzicht te krijgen in hoe de zomerconcentraties zich verhouden ten opzichte van de meest recente norm, zijn extra LOWESS-trendlijnen bepaald voor N-totaal en P-totaal. In Figuur 5.7 zijn de individuele LOWESS-trendlijnen en de geaggregeerde LOWESS-trendlijnen te zien voor de zomerconcentraties op alle locaties ten opzichte van hun locatie-specifieke waterschapsnorm. Voor de gehele periode van 2000 tot en met 2023 is een neerwaartse trend te zien. Rond 2015 zakt de LOWESS-trendlijn door de 0-lijn, wat betekent dat meer dan de helft van de metingen in het zomerhalfjaar aan de norm voldoet. In 2023 ligt 50% van de concentraties (tussen de 25-percentiel trendlijn en 75-percentiel trendlijn) in de range van 1 mg/l onder de norm tot 1,5 mg/l boven de norm.



Figuur 5.7 Het verschil van de zomerconcentraties ten opzichte van de meest recente norm tussen 2000 en 2023 voor N-totaal, weergegeven als LOWESS-trendlijn. De grijze lijnen laten de trendlijn per locatie zien, de rode lijn de geaggregeerde trendlijn en de stippellijn de 25- en 75-percentiel trendlijnen.

Dezelfde analyse is ook uitgevoerd voor P-totaal, zie Figuur 5.8. Te zien is dat al vanaf 2000 de P-totaal zomerconcentraties op meer dan 50% van de locaties onder de norm liggen. Ook is er over het algemeen over de gehele periode een neerwaartse trend te zien. Wat echter opvalt is dat vanaf circa 2016 de bovenste 25% van de waarden juist een opwaartse trend laten zien. In andere woorden, het aandeel hoge P-totaal normoverschrijding wordt groter. Dit beeld is ook te zien in de opwaartse trend in de 75-percentiel LOWESS voor P-totaal in hoofdstuk 4.2.3 (Figuur 4.4). In dezelfde periode is voor de 25% locaties met de laagste concentraties juist een sterkere neerwaartse trend zichtbaar.



Figuur 5.8 Het verschil van de zomer concentraties ten opzichte van de meest recente norm tussen 2000 en 2023 voor P-totaal. De grijze lijnen laten de trendlijn per locatie zien, de rode lijn de geaggregeerde trendlijn en de stippellijn de 25- en 75-percentiel trendlijnen.

Om deze trends in cijfers uit te drukken, laat Tabel 5.1 het gemiddelde en het mediane doelgat zien voor de locaties met normoverschrijdingen. Het doelgat is het verschil tussen de waterschapnorm en de zomergemiddelde concentratie voor de betreffende locatie. Te zien is dat voor N-totaal het mediane doelgat gedaald is in de periode 2020-2023 ten opzichte van de periode daarvoor, terwijl het gemiddelde juist gestegen is. Dit betekent dat er een aantal locaties zijn met erg hoge normoverschrijdingen die het gemiddelde naar boven brengen. Het aantal normoverschrijdende locaties is ook iets gestegen.

Voor P-totaal is het aantal locaties met een doelgat gelijk gebleven. Daarnaast is het mediane doelgat van normoverschrijdende gestegen tussen 2020 en 2023, terwijl het gemiddelde gelijk is gebleven.

Tabel 5.1 Het gemiddelde en mediane doelgat van het aantal locaties met normoverschrijdingen getoetst voor de periode 2016 t/m 2019 en 2020 t/m 2023 voor N-totaal en P-totaal in (mg/L).

	Periode	2016-2019	2020-2023
<b>N-totaal</b>	<b>Gemiddelde</b>	<b>2,18</b>	<b>2,32</b>
	<b>Mediaan</b>	<b>1,41</b>	<b>1,32</b>
	<b>Aantal</b>	<b>98</b>	<b>96</b>
<b>P-totaal</b>	<b>Gemiddelde</b>	<b>0,44</b>	<b>0,45</b>
	<b>Mediaan</b>	<b>0,16</b>	<b>0,21</b>
	<b>Aantal</b>	<b>79</b>	<b>77</b>

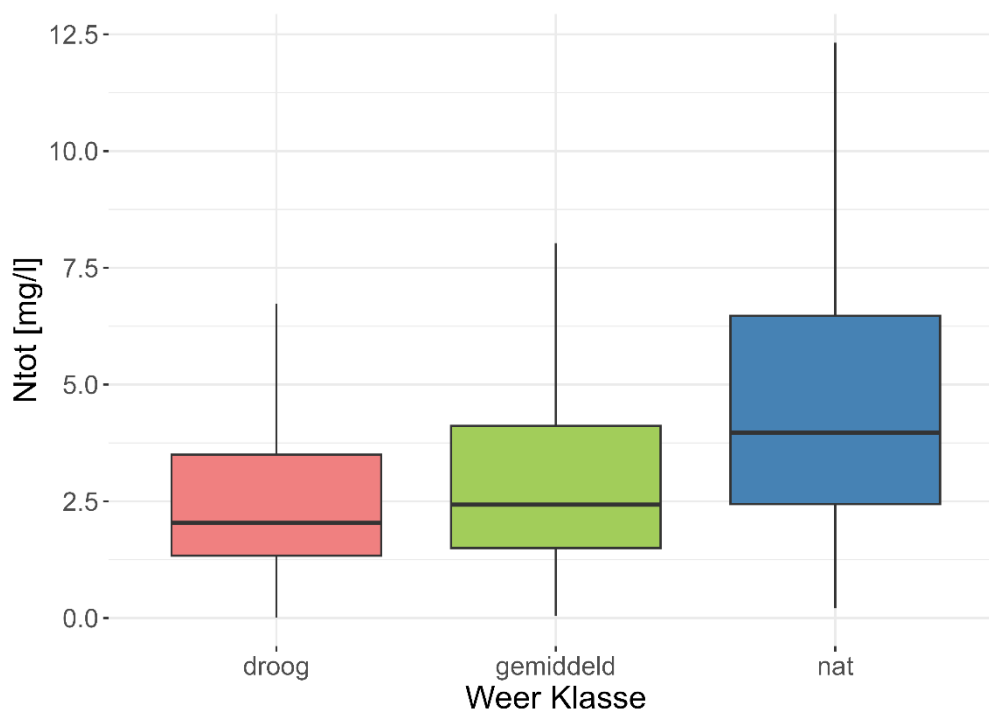
## 5.4 Extreme weersomstandigheden

Aangezien er door klimaatverandering steeds meer en vaker extreme weersomstandigheden voorkomen, is het belangrijk om een goed zicht te hebben op wat dit betekent voor de waterkwaliteit. Om deze reden is een aanvullende analyse gedaan om het effect van erg droge en natte omstandigheden op de nutriëntenconcentraties te bepalen. Hiervoor zijn alle bemonsteringsdatums in het zomerhalfjaar tussen 2000 en 2023 opgedeeld in extreem droge, gemiddelde en extreem natte condities, gebaseerd op de STROMON-aanpak (Rozemeijer et al., 2007). De conditie per dag is bepaald aan de hand van de netto neerslag op het dichtstbijzijnde KNMI weerstation:

- Droog: cumulatief vochttekort van ten minste 40 mm. Dit vochttekort is berekend door achtereenvolgende negatieve netto neerslagen op te tellen tot aan de eerstvolgende positieve netto neerslag. Na een regenbui wordt er dus opnieuw vanaf nul geteld.
- Nat: lopend gemiddelde van ten minste 4,5 mm. Het lopend gemiddelde is berekend door de gemiddelde netto neerslag van de voorgaande 10 dagen te bepalen.
- Gemiddeld: cumulatief vochttekort kleiner dan 1 mm en een lopend gemiddelde kleiner dan 1 mm.

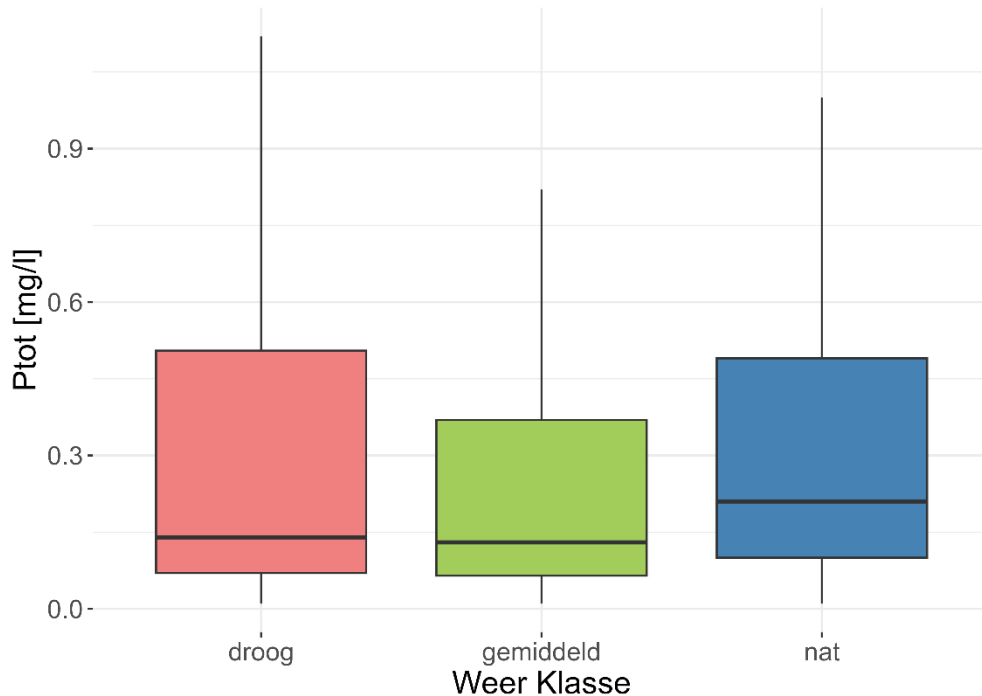
Niet alle bemonsteringsdatums vallen binnen één van deze condities; deze data zijn niet meegenomen in de analyse. Per meting is bepaald of deze gedaan is op een dag die aangemerkt wordt als droog, gemiddeld of nat. Daarna zijn de metingen opgedeeld in de drie condities, waarvan per parameter een boxplot gemaakt is, zie Figuur 5.9 voor N-totaal en Figuur 5.10 voor P-totaal.

Voor N-totaal is er een duidelijk verschil te zien tussen de drie condities, met een mediaan die circa tweemaal zo hoog is voor de natte omstandigheden vergeleken met de droge omstandigheden. Dit heeft hoogstwaarschijnlijk te maken met de processen zoals beschreven in Tabel 5.1, waaronder extra uit- en afspoeling vanuit de bodem.



Figuur 5.9 De boxplots met concentraties N-totaal tijdens erg droge (rood), gemiddelde (groen) en erg natte (blauw) condities.

Voor P-totaal is er qua mediane concentratie vrij weinig verschil te zien tussen de droge en gemiddelde condities, maar de natte conditie springt er uit met hogere mediane concentraties. Het verschil is wel kleiner dan bij N-totaal. De snelle reactie van fosfaatconcentraties op buien wordt vaak gemist bij een maandelijkse meetfrequentie. Daarnaast komen in poldergebieden vaak juist onder droge omstandigheden hogere concentraties voor, dit heeft te maken met de zuurstofloosheid in- en nalevering vanuit de waterbodem (zie ook hoofdstuk 5.2). Deze nalevering in poldersystemen zorgt in Figuur 5.10 voor het relatief hoge 75-percentiel en brede range in de droge weerklasse.



Figuur 5.10 De boxplots met concentraties N-totaal tijdens erg droge (rood), gemiddelde (groen) en erg natte (blauw) condities.

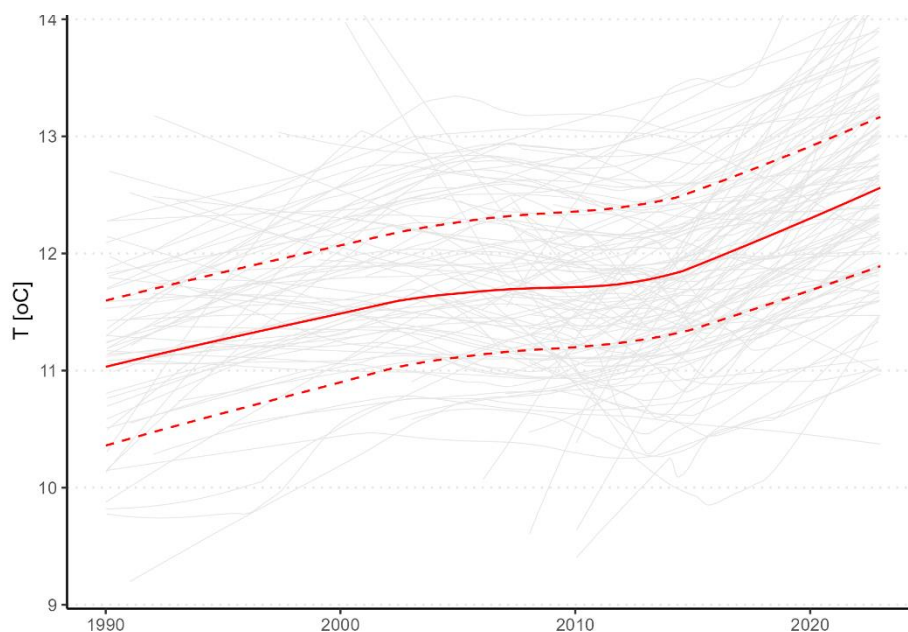
## 5.5 Trends in temperatuur, chloride en winter-nitraat

Voor extra inzicht in de landelijke omstandigheden op de landbouwlocaties, zijn uit de gegevens van de landelijke enquête waterkwaliteit (LEW) ook de parameters temperatuur, chloride en nitraat voor de MNSLO locaties geanalyseerd. In waterschap-specifieke studies (Buijs et al., 2021; Rozemeijer et al, 2024) kwamen voor temperatuur en chloride duidelijke trends naar voren. Vooral de ontwikkeling van de watertemperatuur heeft directe consequenties voor de aquatische ecologie; in warmer water ontstaat eerder zuurstoftekort, vindt er al eerder in het seizoen algenbloei plaats en kan de toxiciteit van ammonium/ammoniak toenemen.

### 5.5.1 Trend in watertemperatuur

In Figuur 5.11 is de geaggregeerde LOWESS trendlijn voor temperatuur te zien. Wat opvalt, is dat de temperatuur tussen 1990 en 2003 een opwaartse trend laat zien, gevolgd door een relatief stabiele periode en vanaf ongeveer 2012 is er weer een opwaartse trend. Over de gehele meetreeks neemt de watertemperatuur in MNSLO wateren gemiddeld toe met 0,5 °C per decennium, maar vanaf 2015 stijgt de watertemperatuur met ongeveer 1°C per decennium.

Deze trend komt grotendeels overeen met de resultaten uit vergelijkbare analyses in het beheergebied van Wetterskip Fryslân (Buijs et al., 2021) en Waterschap Aa en Maas (Rozemeijer et al, 2024). In beide gebieden versnelde de toename in de watertemperatuur ook vanaf 2012, zelfs als de jaren vanaf 2018 (die vrij droog waren) niet werden meegenomen.



*Figuur 5.11 De LOWESS-trendlijnen voor de watertemperatuur op MNLSO-locaties. De grijze lijnen laten de trendlijn per locatie zien, de rode lijn de geaggregeerde trendlijn en de stippellijn de 25- en 75-percentiel trendlijnen.*

De algemene toename in de watertemperatuur hangt samen met de toename in de luchttemperatuur. De luchttemperatuur is in dezelfde periode (1990-2022) met ongeveer dezelfde snelheid gestegen (ca. 0,4 °C per decennium), maar liet geen versnelde opwarming vanaf 2012 zien. De oorzaak van dit verschil in 2012 tussen de opwarming van lucht en water is nog niet geheel duidelijk. Naast de luchttemperatuur neemt ook de instraling van zonlicht toe door klimaatverandering, wat mogelijk voor extra temperatuurstijging in oppervlaktewater zorgt. In veel oppervlaktewater is tevens het doorzicht toegenomen, waardoor deze instraling ook verder in de waterkolom doordringt. Met klimaatverandering nemen daarnaast de afvoeren af en de verblijftijden toe door droogte in sloten en beken, wat vooral in de zomer voor extra opwarming kan zorgen. Ook menselijk handelen zorgt mogelijk voor extra hoge watertemperaturen, bijvoorbeeld de extra inlaat van water in droge zomers wat op bepaalde locaties warmer is dan het gebiedseigen water (Rozemeijer et al, 2024).

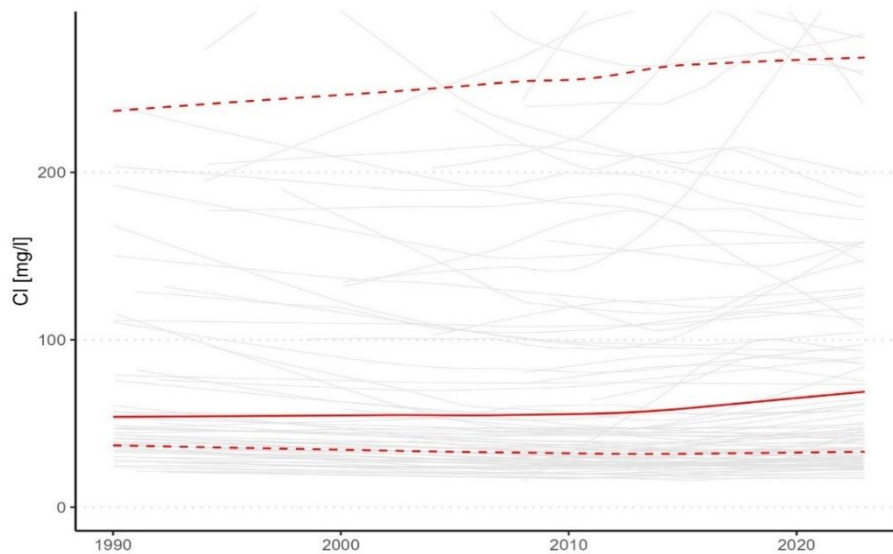
### 5.5.2 Trend in chlorideconcentraties

Ook de trends in de chlorideconcentraties voor de MNLSO locaties zijn nader geanalyseerd. In Figuur 5.12 is te zien dat de geaggregeerde LOWESS-trendlijn vanaf ongeveer dezelfde periode als temperatuur (2012) een wat sterkere opwaartse trend laat zien. Dit geldt alleen voor de mediane LOWESS-trendlijn, voor de 25% en 75% LOWESSEN is deze trend niet terug te zien.

De sterkere opwaartse trend vanaf 2012 komt ook naar voren in de analyses voor het beheergebied van Waterschap Aa en Maas en in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (RIVM (2024); Rozemeijer et al, 2024). De oorzaken van de toename van de chlorideconcentraties is niet geheel duidelijk. Mogelijk zorgen de toename in indamping en de langere verblijftijden voor hogere chlorideconcentraties. Ook kan de toegenomen voeding vanuit grondwater in de kustgebieden



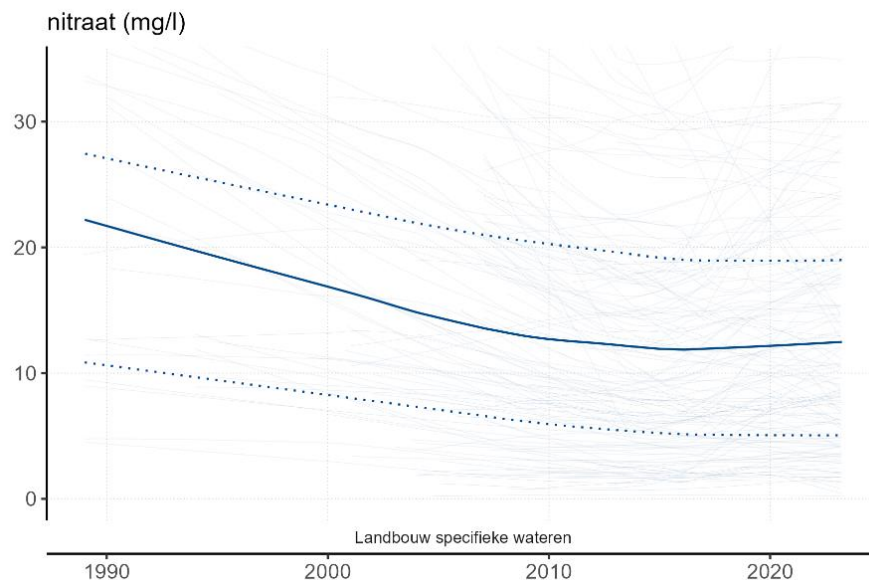
hier een rol in spelen. Meer regionaal gedifferentieerde analyses voor watertemperatuur en chloride zouden inzicht kunnen geven in de processen achter de waargenomen trends.



Figuur 5.12 De individuele en geaggregeerde LOWESSEN voor chloride.

### 5.5.3 Trend in winter nitraat

De nitraatconcentratie in de winter is de eerste parameter die reageert op een verandering in de landbouwpraktijken. Dit komt doordat er voornamelijk in de winter sprake is van een neerslagoverschot, waardoor het goed oplosbare nitraat vanuit de percelen kan uitspoelen naar het oppervlaktewater. De LOWESS trendlijnen voor nitraat in het winterhalfjaar zijn afgebeeld in Figuur 5.13. Daarin is te zien dat de neerwaartse trend afvlakt en in de laatste jaren ombuigt naar een opwaartse trend. De waarschijnlijke oorzaak hiervan is een toename van de nitraatverliezen vanuit de landbouw. Mogelijk hebben de weersextremen vanaf 2018 invloed op deze toegenomen nitraatverliezen.



Figuur 5.13 De individuele en geaggregeerde LOWESS trendlijnen voor nitraat (in mg/l  $\text{NO}_3$ ) op de MNLSO-locaties in het winterhalfjaar.

## 5.6 Eerste inzichten N-totaal 2024

Sinds oktober 2023 is er extreem veel neerslag gevallen in Nederland. Van oktober 2023 t/m maart 2024 viel er in De Bilt 784 mm (normaal 473 mm), waardoor de omstandigheden bij aanvang van het zomerhalfjaar al extreem nat waren. In het zomerhalfjaar van 2024 viel in De Bilt ook nog eens 579 mm neerslag (normaal 418 mm). Meer neerslag zorgt op veel MNLSO-locaties voor hogere concentraties N-totaal en meer normoverschrijdingen (zie ook hst 3.2.1).

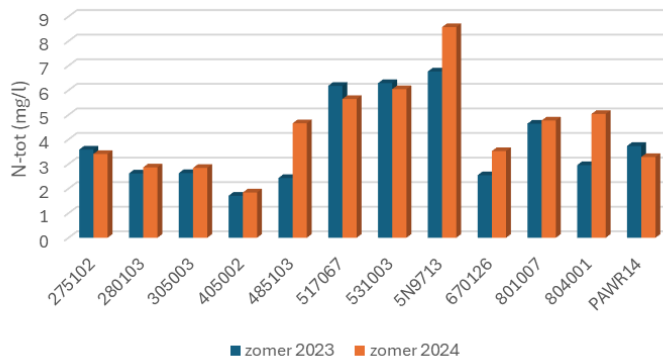
De landelijke meetgegevens voor 2024 komen pas in de zomer van 2025 beschikbaar via het InformatieHuis Water (IHW). Enkele waterschappen maken meetgegevens echter al in een eerder stadium openbaar, waardoor een eerste, beperkte analyse van 2024 al mogelijk is. Op basis van gegevens uit AquaDesk (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, HHNK) en uit Waterdata (Waterschap Rijn en IJssel, WRIJ) zijn met toestemming van de desbetreffende waterbeheerders de zomergemiddelde N-totaalconcentraties berekend. De resultaten zijn in Figuur 5.14 en 5.15 vergeleken met de zomergemiddelde concentraties van 2023. Met 408 mm neerslag in De Bilt (normaal 418 mm) kende 2023 een gemiddeld zomerhalfjaar, het zomerhalfjaar van 2024 was op die locatie met 579 veel natter. Ook op de regionale KNMI hoofdstations viel in het zomerhalfjaar van 2024 meer neerslag dan in 2023 (Den Helder 533 vs. 453 mm; Twente 633 vs. 443 mm). De zomer van 2024 was in het (zuid)oosten natter dan in het westen.

Bij de MNLSO locaties van HHNK (Figuur 5.14) is het zomergemiddelde van 2024 op 8 van de 12 (67%) locaties hoger dan in 2023. Gemiddeld stijgt de zomergemiddelde concentratie op MNLSO meetpunten voor N-totaal van 3,8 naar 4,4 mg/l (een toename van 14%). Dit zorgt ervoor dat er in 2024 op 2 extra meetlocaties de waterschapsnorm overschreden wordt (van 9 naar 11 overschrijdingen van de 12 locaties). Zie hoofdstuk 3.1.1 voor de uitleg over de gehanteerde 'waterschapsnorm'.

Bij de MNLSO locaties van WRIJ (Figuur 5.15) is het zomergemiddelde van 2024 op 10 van de 12 (83%) locaties hoger dan in 2023. Gemiddeld stijgt de zomergemiddelde concentratie op MNLSO meetpunten voor N-totaal van 2,7 naar 3,3 mg/l (een toename van 23%). Dit zorgt ervoor dat er in 2024 op 3 extra meetlocaties de waterschapsnorm overschreden wordt (van 4 naar 7 overschrijdingen van de 12 locaties).

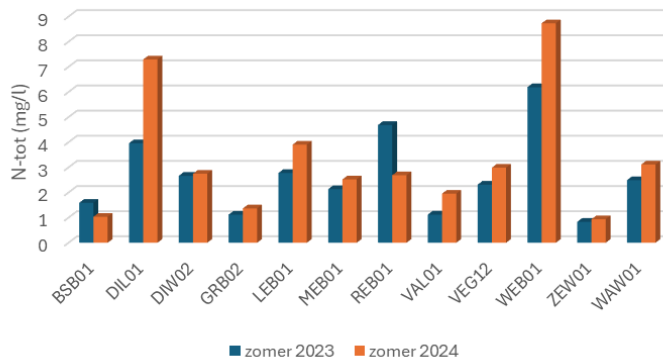
De resultaten van deze steekproef onderbouwen de verwachting dat 2024 een ongunstig jaar was voor de N-totaal concentraties in MNLSO-wateren. Over het algemeen zijn de concentraties in 2024 hoger, maar er zijn nog wel verschillen te zien in hoe individuele locaties kunnen reageren op weersomstandigheden. We verwachten dat de hogere nutriëntenconcentraties ook doorwerken in de resultaten van het landelijke KRW-meetnet voor oppervlaktewater, waarvan ongeveer de helft van de MNLSO-locaties deel uitmaakt. In de KRW-toetsing worden de zomergemiddelden gemiddeld over 3 jaar. Dat dempt de gevolgen van het natte 2024 op de stijging in de concentraties en in het aantal normoverschrijdingen, maar zorgt er ook voor dat het ongunstige jaar 2024 nog tot en met de beoordeling in 2027 (over 2024 t/m 2026) doorwerkt.

HHNK - Ntot zomergemiddelden 2023 en 2024



Figuur 5.14 Vergelijking tussen 2023 en 2024 van de zomergemiddelde concentratie N-totaal op de MNLSO locaties van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (data: live.aquadesk.nl/).

WRIJ - Ntot zomergemiddelden 2023 en 2024



Figuur 5.15 Vergelijking tussen 2023 en 2024 van de zomergemiddelde concentratie N-totaal op de MNLSO locaties van Waterschap Rijn en IJssel (data: Waterdata.wrij.nl).

## 5.7 Pilotgebieden Vuursteentocht en Vinkenloop

Vanuit de Kennisimpuls Waterkwaliteit (KIWK, deelproject Nutriënten) zijn twee MNLSO stroomgebieden geselecteerd voor detailmonitoring. Dit pilotonderzoek levert inzichten op die helpen bij de interpretatie van het gehele MNLSO.

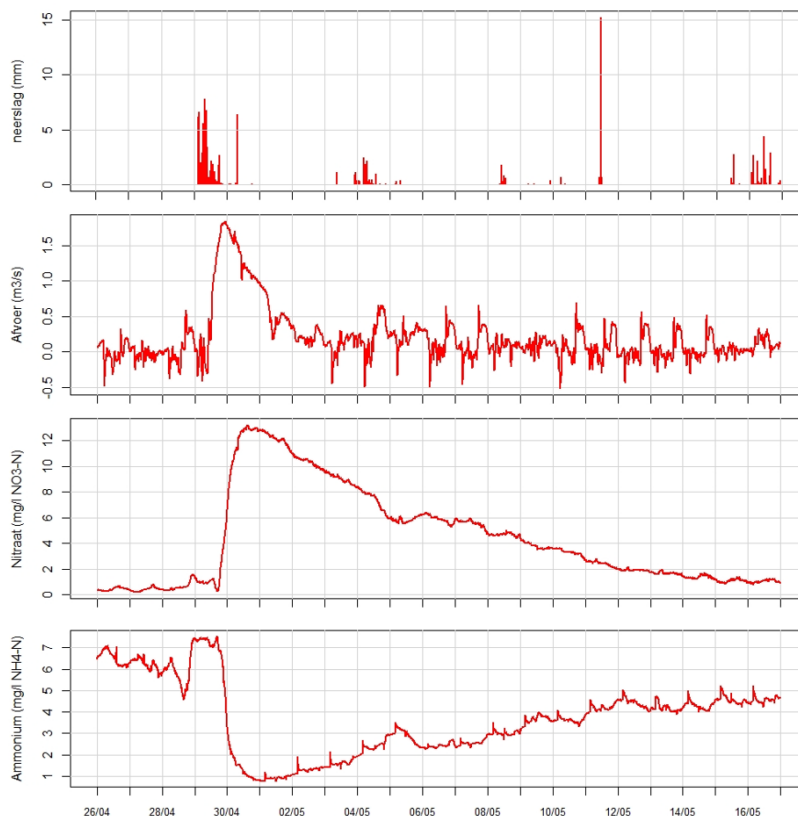
In de Vuursteentocht (klei, Flevoland) en in de Vinkenloop (zand, Noord-Brabant) wordt sinds 2021 intensief gemeten. Deze manier van meten is bedoeld als blauwdruk voor gebiedsgerichte monitoring voor een gebiedsgerichte aanpak. De aanleiding was dat de KRW-doelen in veel gebieden nog niet gehaald worden en dat de overheid en de landbouwsector een gebiedsgerichte aanpak prefereren boven verdere generieke aanscherpingen van het mestbeleid.

De landelijke en regionale meetnetten zijn geschikt om te signaleren in welke stroomgebieden nog extra maatregelen nodig zijn. Vervolgens ontbreekt het echter aan detailinformatie om de juiste maatregelen op de juiste plaats te kunnen nemen. Er is geen inzicht in de exacte bronnen en routes van nutriënten binnen de stroomgebieden. Voor een gebiedsgerichte aanpak is daarom ook gebiedsgerichte monitoring nodig,

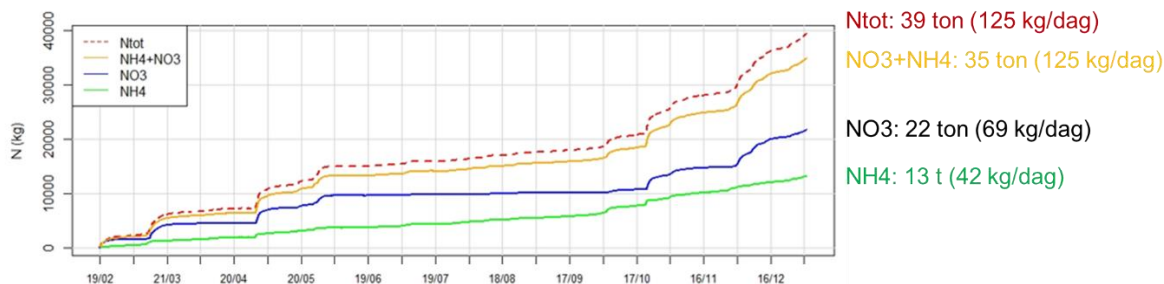
In de Vuursteentocht en de Vinkenloop is de gebiedsgerichte monitoring ingevuld met een combinatie van continue metingen en routings. Bij een routing worden alle grote en kleine oppervlaktewaterlopen in een slootsysteem bemonsterd, om zo een ruimtelijk beeld van een gebied te krijgen. Op deze manier kunnen hot spots, locaties met een hoge concentratie van bijvoorbeeld nutriënten, geïdentificeerd worden. Met de continue metingen kunnen juist de hot moments, momenten met hoge concentraties, in beeld gebracht worden. In beide stroomgebieden zijn daarnaast op twee bedrijven de nutriëntenstromen op perceel niveau onderzocht. De resultaten van de detailmetingen in beide pilotgebieden zijn beschreven in Schipper et al. (2022).

De continue metingen zijn uitgevoerd bij het uitstroompunt van beide stroomgebieden waar ook de conventionele MNLSO bemonsteringen plaatsvinden. De metingen hebben kwantitatieve inzichten gegeven in:

- De reactie van nutriëntenconcentraties op buien en op basis daarvan inzichten in transportprocessen (zie bijv. Figuur 5.16)
- Nauwkeurige schattingen van vrachten van nutriënten en de deelcomponenten en daarmee ook de bijdrage van landbouw in relatie tot de bijdrage van de natuurlijke achtergrondbelasting (zie bijv. Figuur 5.17)
- De afbraak van nutriënten in het oppervlaktewatersysteem (retentie)
- De invloed van incidentele gebeurtenissen, zoals maaiwerkzaamheden, het openzetten van een stuw en een vermoedelijke mestlozing



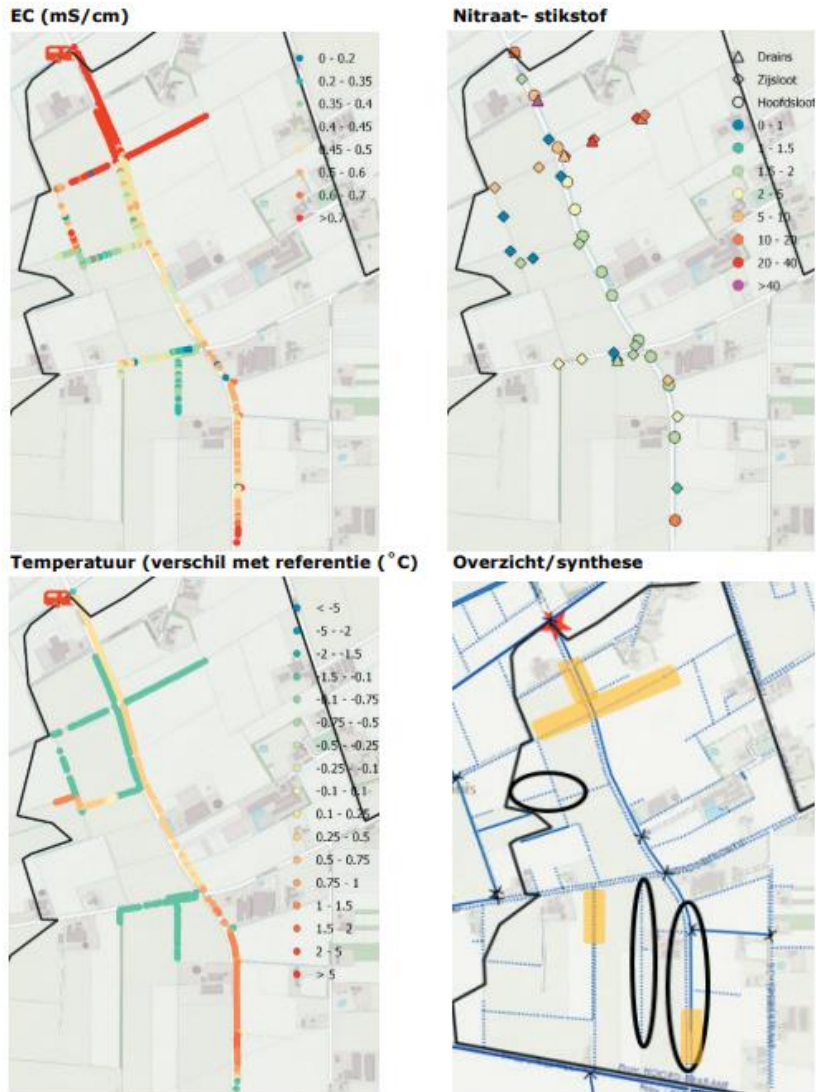
Figuur 5.16 Reactie van de afvoer en de nitraat- en ammoniumconcentraties op een bui in de Vuursteentocht (bron: Schipper et al., 2022).



Figuur 5.17 Cumulatieve stikstofvrachten vanuit het Vuursteentocht stroomgebied van februari tot en met december 2021. Nitraat is hoofdzakelijk afkomstig van uitspoeling (ca. 2/3 van de N-totaalvracht), ammonium is hoofdzakelijk afkomstig van kwel (ca. 1/3 van de N-totaalvracht) (bron: Schipper et al., 2022).

Bij de routings is meerdere keren per jaar ruimtelijke detailinformatie verzameld, waarbij onder meer nitraatconcentraties zijn gemeten in zowel de hoofdwaterlopen, zijsloten, drains en plassen op het land (zie bijv. Figuur 5.18). Ook deze metingen hebben verschillende inzichten opgeleverd:

- Locaties binnen de stroomgebieden waar veel nitraatuitspoeling plaatsvindt (hot spots); dit zijn voornamelijk percelen met intensieve teelten zoals lelies, groenten, aardappel
- Bij veel beregening (bloementeelt, graszoden) ook uitspoeling in de zomer, bij andere teelten vooral uitspoeling in de winter
- Mislukte oogsten of deels mislukte oogsten kunnen voor extra uitspoeling zorgen, omdat de nutriënten minder goed opgenomen worden
- Drains zijn veelal de belangrijkste route voor nitraat van het perceel naar oppervlaktewater
- Oppervlakkige afstroming is geen belangrijke route voor nitraat, maar kan door erosie van bodemdeeltjes wel een route zijn voor particulier stikstof en fosfor
- Lokaal kunnen bronbemalingen, erfafspoeling en niet-afgedekte mesthopen belangrijke bronnen zijn
- Ruimtelijke verschillen in concentraties in oppervlaktewater komen voor een deel door ruimtelijke verschillen in de invloed van kwel

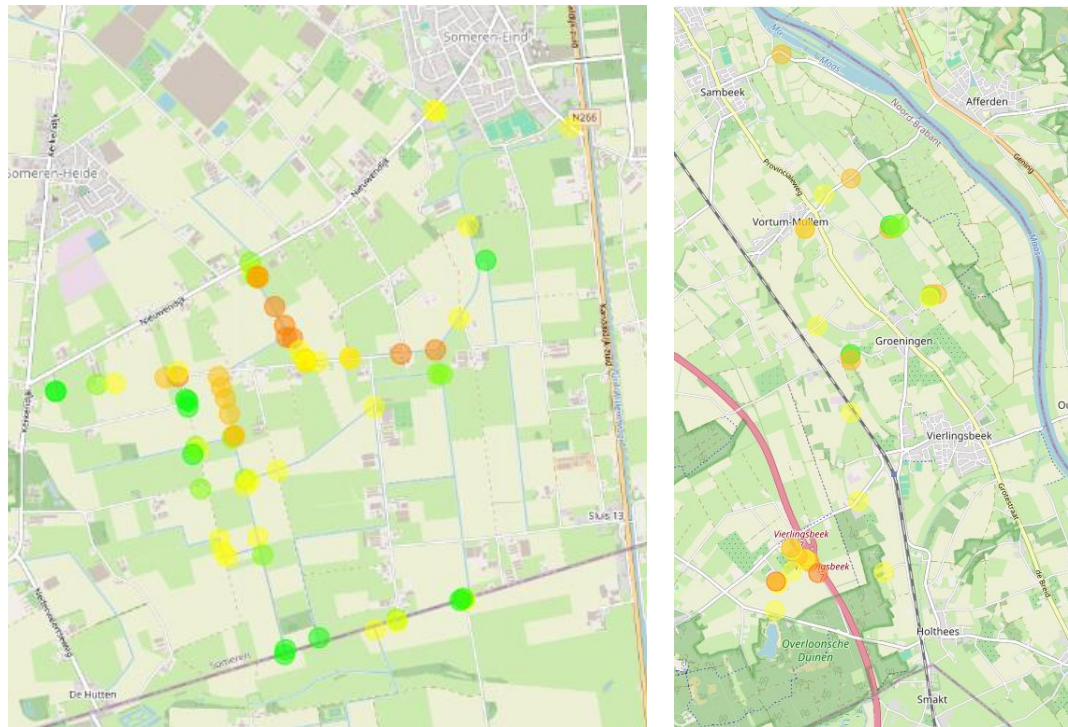


Figuur 5.18 Voorbeeld van een routing in de Vinkenloop in februari 2022 met rechtsonder een synthese van bronnen van nitraat (oranje/geel gemarkeerd) en sloten die relatief veel kwelwater afvoeren (zwart omcirkeld) (bron: Schipper et al., 2022).

Samen met het perceelonderzoek en de modellering hebben de stroomgebiedsmetingen een conceptueel model opgeleverd van het nutriëntentransport in beide stroomgebieden. Dit inzicht vormt de basis voor het kiezen van passende maatregelen voor het verbeteren van de waterkwaliteit.

Vooraf het uitvoeren van routings kost relatief weinig tijd en geld en levert vaak veel gebiedsinzicht op. In 2023 is een bronnenstudie voor de Maas-regio geüpdatet (Schipper et al., 2023) en één van de aanbevelingen uit deze studie was om in gebieden met hoge normoverschrijdingen voor fosfor en stikstof te onderzoeken wat de mogelijke oorzaken zijn en met monitoring na te gaan waar de hot spots liggen. Waterschap Aa en Maas heeft daarom ook in de MNSLO-stroomgebieden St. Jansbeek en Diepenhoekse loop in het voorjaar van 2024 routings uitgevoerd met de Aquality App (zie Figuur 5.19). De resultaten van de routings zijn gebruikt om het meetnet met de reguliere bemonstering verder te verfijnen (locaties eraf / erbij). Verder gaven de routings inzicht in de grote ruimtelijke variatie in concentraties van nitraat. Dit probeert het waterschap – samen met de reguliere monitoring – te combineren met analyses aan de grondwaterstroming en wateraanvoer. Op die manier wordt een gedetailleerder beeld van de hot spots in de stroomgebieden verkregen,

waardoor gericht aan de slag gegaan kan worden met het identificeren van de oorzaken (antropogeen of natuurlijk). Dit is een lopend onderzoek bij Waterschap Aa en Maas. De resultaten van de routings zijn ook gedeeld met de afdeling Vergunningverlening, Toezicht en handhaving (VHT) voor de identificatie van mogelijke hotspots en toezichthoudende bezoeken.



*Figuur 5.19 Voorbeelden van routings uitgevoerd door Waterschap Aa en Maas; op 1 en 8 maart 2024 in het MNSLO-stroomgebied van de St. Jansbeek (links) en op 15 maart in het MNSLO-stroomgebied van de Diepenhoekse Loop (rechts).*

## 6 Conclusies

In dit onderzoek is het MNLSO geactualiseerd en zijn nieuwe toestand- en trendanalyses uitgevoerd voor de periode 1990 tot en met 2023. In dit hoofdstuk volgen de conclusies met betrekking tot de resultaten van de gegevensanalyses (toestand, trends en extra analyses).

### 6.1 Conclusies toestand en trends tot en met 2023

Uit de toestand-analyse komt naar voren dat er in de periode 2020 tot en met 2023 voor N-totaal op 41 tot 61% van de meetlocaties nog niet aan de waterschapsnorm voor N-totaal wordt voldaan. Voor P-totaal voldoet 49 tot 53% van de meetlocaties niet in deze periode. Weersextremen hebben vooral invloed op de toestand voor N-totaal; in relatief droge zomers (2020 en 2022) zijn er minder overschrijdingen en in relatief natte zomers (2021 en 2023) juist meer.

De N-totaal concentraties laten op 70% van de MNLSO-locaties een significantie neerwaartse trend zien over de gehele periode tot en met 2023. Op landelijk niveau daalt de N-totaal concentratie met een mediane helling van 0,42 mg/l per decennium, maar sinds 2010 vlakt deze neerwaartse trend wat af. Voor de P-totaal concentraties is de trend voor 63% van de meetlocaties significant neerwaarts. Landelijk daalt de P-totaalconcentratie met een mediane trendhelling van 0,017 mg/L per decennium. Deze trend vlakt niet af, maar wel is vastgesteld dat het aandeel hoge P-totaalconcentraties stijgt. De zomer- en winterconcentraties laten ook afzonderlijk van elkaar voor beide stoffen een overheersend neerwaartse trend zien.

Als we inzoomen op deelgebieden (grondsoorten en KRW-deelstroomgebieden) komen er ook opwaartse trends naar voren. Zo stijgen de concentraties P-totaal in het kleigebied ongeveer sinds ca. 2010. Ook stijgt P-totaal in de KRW-deelstroomgebieden Maas, Rijn-West en Schelde. In het Schelde-stroomgebied nemen sinds ca. 2012 ook de concentraties N-totaal toe. Ook op enkele individuele MNLSO-locaties in andere gebieden komen opwaartse trends in de nutriëntconcentraties voor. Onafhankelijk van de normstelling wordt met een opwaartse trend niet voldaan aan het stand-still principe van de KRW.

De overheersende neerwaartse trends voor N-totaal en P-totaal in het MNLSO suggereren dat het mestbeleid effectief bijdraagt aan de verbetering van de waterkwaliteit in landbouwgebieden. Voor het halen van de waterschapsnormen en/of het ombuigen van opwaartse trends is voor veel gebieden echter nog een extra inspanning nodig en komt de KRW-deadline van 2027 te vroeg.

### 6.2 Conclusies aanvullende analyses

De MNLSO-dataset kan gebruikt worden voor tal van aanvullende analyses met betrekking tot nutriënten en andere parameters in landbouwspecifiek oppervlaktewater. In deze studie is gekeken naar de spreiding in de concentraties, seizoensvariaties, trends in de afstand tot de norm, het effect van weersextremen, trends in watertemperatuur, chloride en winter-nitrat, de zomerconcentraties van 2024 en resultaten uit de pilotgebieden Vuursteentocht en Vinkenloop.

Enkele conclusies van deze aanvullende analyses zijn:

- [Paragraaf 5.1](#): De hoogste concentraties én de hoogste uitschieters in N-totaalconcentraties komen voor in het zandgebied. Voor P-totaal komen juist in het veen- en kleigebied op relatief veel plaatsen hoge concentraties voor.
- [Paragraaf 5.2](#): Vooral de concentraties N-totaal laten duidelijke seizoensvariaties zien met hoge concentraties in de winter en lage concentraties in de zomer. In relatief natte



zomers (zoals 2021) zijn de N-totaalconcentraties hoger dan in droge zomers (zoals 2020 en 2022).

- Paragraaf 5.3: Zowel voor N- als P-totaal liggen inmiddels op meer dan de helft van de locaties de concentraties onder de norm en nemen ze verder af. Voor de locaties met hoge concentraties P-totaal neemt het doelgat (afstand tussen normoverschrijding en norm) juist toe.
- Paragraaf 5.4: Onder extreem natte omstandigheden in de zomer zijn de N-totaalconcentraties in de MNLSO-wateren ca. 50% hoger dan onder droge en gemiddelde weersomstandigheden. Ook de P-totaalconcentraties zijn hoger bij natte omstandigheden.
- Paragraaf 5.5.1: De opwaartse trend in de watertemperatuur is vanaf 2012 versneld tot ca. 1°C per decennium.
- Paragraaf 5.5.2: Op veel van de MNLSO-locaties neemt ook de chlorideconcentratie toe.
- Paragraaf 5.5.3: De neerwaartse trend in de nitraatconcentraties in de winter is in de laatste jaren omgebogen tot een opwaartse trend, waarschijnlijk door grotere nitraatverliezen vanuit de landbouw.
- Paragraaf 5.6: Op basis van de eerste inzichten in de concentraties tijdens de natte zomer van 2024 verwachten we ook hogere concentraties en meer normoverschrijdingen op de MNLSO- en KRW meetlocaties.
- Paragraaf 5.7: Een gebiedsgerichte aanpak heeft baat bij gebiedsgerichte monitoring om de juiste maatregelen op de juiste plaats te kunnen nemen.

Over het algemeen laten deze analyses zien dat klimaatverandering en meer weersextremen het behalen van de KRW-doelen in de weg kunnen zitten. Daarnaast zorgt de toename in de watertemperatuur door klimaatverandering ervoor dat watersystemen gevoeliger zijn voor eutrofiëring (meer algenbloei, meer zuurstofloosheid). De combinatie van (1) de gesignaleerde toename in winternitraatconcentraties (paragraaf 5.5.3) als eerste indicatie van meer landbouwuitspoeling en (2) de verhoogde N-tot concentraties in 2024 door de extreme natheid (paragraaf 5.6) bemoeilijkt het bereiken van de KRW-doelen.

## 7 Literatuur

- Broers, H.P. & Van der Grift, B., 2004. Regional monitoring of temporal changes in groundwater quality. *J. Hydrol.* 296, 192-220.
- Buijs, S., Ouwerkerk, K., & Rozemeijer, J. (2020). Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater: Toestand en trends tot en met 2018. In *Deltares* (Nr. 11203728-005-BGS-0002). <https://www.deltares.nl/expertise/projecten/meetnet-nutriënten-landbouw-specifiek-oppeervlaktewater-mnlso>
- Buijs, S., Ouwerkerk, K. & Rozemeijer, J., Hooijboer, A., 2021. Trends waterkwaliteit in het beheergebied van Wetterskip Fryslân in de periode van 2000 tot en met september 2020. *Deltares rapport 11206260-002-BGS-0003*, Utrecht.
- 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 doelafleiding overige wateren (geen KRW-waterlichamen). *STOWA rapportnummer 2013-20*.
- Hirsch, R.M., Slack, J.R., Smith, R.A., 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resour. Res.* 18 (1), 107–121.
- Hirsch, R.M. & Slack, J.R., 1984. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resour. Res.* 20 (6), 727–732.
- 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 Core Team (2024). *\_R: A Language and Environment for Statistical Computing\_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- RIVM (2024). Jaarrapportage: Waterkwaliteit 2022 (versie 15 juli 2024). [www.rivm.nl/landelijk-meetnet-effecten-mestbeleid/onderzoeksresultaten/waterkwaliteit-2022](http://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-effecten-mestbeleid/onderzoeksresultaten/waterkwaliteit-2022). Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Rozemeijer, J., Broers, H. P. & Passier, H. (2007). Een quickscan inventarisatie van de bijdrage van het grondwater aan de oppervlaktewaterkwaliteit in Noord-Brabant. Eindrapport. Deelrapport I van het Aquaterra/STROMON project. In *TNO* (TNO-rapport 2008-U-R0406/A).
- 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.

Rozemeijer, J., Gommans, K., Van Gerven, L., 2024. Waterkwaliteit van de toekomst. Data analyse naar de invloed van klimaatverandering en weersextremen op in beheergebied waterschap Aa en Maas. Deltares-rapport 11209190-024-ZWS-0001.

Schipper, P., Groenendijk, P., Van Gerwen, L., Van Loon, A., Lukács, S., Rozemeijer, J., 2022. Monitoring en modellering in twee pilotgebieden voor gebiedsgerichte aanpak. STOWA-rapport KIWK 2022-22.

Schipper, P., van Boekel, E., Mi-Gegotek, Y., Groenendijk, P., Kros, H., Renaud, L., & Voogd, J. C., 2024. KRW-doelbereik en resterende opgave 2027 voor de nutriënten in de Maasregio. Rapport Wageningen Environmental Research No. 3353.

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 MNLISO meetlocaties 2023

Overzicht van de meetlocaties van het MNLISO 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 met gegevens tot en met 2018 (Buijs et al., 2020) zijn oranje gemarkeerd en de locaties die niet langer meegenomen zijn, zijn doorgehaald. De verandering van de norm ten opzichte van de rapportage tot en met 2018 is in 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
	<del>341415</del>	<del>187446</del>	<del>399015</del>	<del>M2</del>	<del>2,4</del>	<del>0,22</del>
	341417	187456	398987	M2	2,4	0,22
	341426	179415	416458	R4b	2,3	0,11
	343515	155708	420490	M1a	2,4	0,22
	900016	155862	405087	M1a	2,4	0,22
	<del>900068</del>	<del>188490</del>	<del>406560</del>	<del>R4a</del>	<del>2,3</del>	<del>0,11</del>
	900238	171947	382730	R20	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	111880	392580	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	85000	395550	M14	1,3	0,09
	690505	110431	414683	M14	2,3	0,11
Delfland	<del>OW102-015</del>	<del>79863</del>	<del>437952</del>	<del>M8</del>	<del>1,8</del>	<del>0,30</del>
	OW211_011	80412	441196	M10	2,0	0,60
	OW111-020	82633	442760	M10	2,0	0,60
	OW201-030	88556	444002	M3	2,0	0,60
	OW221B011	89540	445484	M3	2,0	0,60
	<del>OW316A012</del>	<del>71307</del>	<del>442891</del>	<del>M4b</del>	<del>1,8</del>	<del>0,30</del>
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

Waterschap	Locatiecode	X-coord	Y-coord	KRW-watertype	Norm N	Norm P
Dommel	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	144704	399902	R4	2,3	0,11
	240100	137340	370105	M1a	2,4	0,22
	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	2	198080	599690	M1b	2,4	0,22
	15	168231	587211	M30	1,8	
	37	209060	583030	M10	2,8	0,15
	67	197120	566120	M10	2,8	0,15
	79	192390	559130	M10	2,8	0,15
	104	165700	548280	M10	2,8	0,15
	113	217320	553440	M2	2,4	0,22
	133	203429	544454	R5	2,3	0,11
	444	170901	591420	M30	1,8	
	417	158500	580280	M30	1,8	0,40
	594	214230	589199	M2	2,4	0,22
	2067	182378	566491	M3	2,8	0,15
Hollands Noorderkwartier	275102	110530	538110	M1b	3,8	0,25
	280103	117966	544057	M3	2,8	0,2
	305003	118290	531570	M3	2,8	0,15
	405002	109412	523256	M1a	3,8	0,25
	485103	119053	515144	M1a	2,4	0,46
	517067	131605	492794	M8	2,8	0,47
	531003	119240	500130	M30	1,8	0,30
	670126	144588	526606	M1a	2,8	0,33
	801007	114727	559092	M31	1,8	0,11
	804001	120175	569327	M30	1,8	0,11
	5N9713	129760	508280	M10	2,8	0,89
	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	60224	426140	M1a	2,4	
	HOP_0212	87126	421968	M3	2,8	0,15
	HOP_0802	100026	417044	M1a	2,4	0,22
Hunze en Aa's	2101	237459	572138	R5	2,2	0,10
	2103	238528	569494	R5	2,2	0,10

Waterschap	Locatiecode	X-coord	Y-coord	KRW-watertype	Norm N	Norm P
Hunze en Aa's	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	242580	562341	R5	2,3	0,11
	2627	236913	562797	R1a	2,4	0,22
	4212	252100	553930	R5	2,3	0,11
	4213	249800	548530	R5	2,3	0,11
	5223	246029	587370	M1b	2,4	0,5
	5233	252700	591540	M1b	2,4	0,5
	5234	256060	591270	M1b	2,4	0,5
Limburg	OGANS900	204220	367630	R4	2,3	0,11
	OLEVE900	190950	364660	R4	2,3	0,11
	OLOOB750	194337	394962	R5	2,3	0,11
	OMSNL170	201585	355858	R4	2,3	0,11
	OPUTB500	195087	346425	R4	2,3	0,11
	ORIID900	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	223280	591200	M3	2,8	0,15
	4502	225731	591151	M3	2,8	0,15
	5530	229550	578850	R12	2,3	0,11
	6129	218125	570775	M14	2,8	0,15
	6143	212350	573600	R12	2,3	0,11
	6501	228300	567850	R4	2,3	0,11
	6504	227578	556809	M14	1,3	0,09
	7305	247200	596675	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	217130	437635	R5	2,3	0,11
	WEB01	213377	442621	R5	2,3	0,11
	ZEW01	201462	440812	M3	2,8	0,15
	OWO0433	100787	462576	M1a	2,4	0,22

Waterschap	Locatiecode	X-coord	Y-coord	KRW-watertype	Norm N	Norm P
Rijnland	ROP01004	99614	466661	M8	2,4	0,22
	ROP02701	108717	458895	M1a	2,4	0,22
	ROP02706	110070	460560	M3	2,8	0,15
	ROP03205	92742	468750	M1a	2,4	0,22
	ROP040A07	105628	455867	M8	2,4	0,22
	ROP05101	100161	461668	M1a	2,4	0,22
	ROP05301	96002	475435	M1a	2,4	0,22
Rivierenland	ALBL0063	125424	439054	M8	2,4	0,22
	BOMW0005	132556	423079	M1a	2,4	0,22
	MAWA0012	179224	421237	R4	2,3	0,11
	MAWA0111	172997	432098	M1a	2,4	0,22
	MAWA0141	164366	428906	M1a	2,4	0,22
Scheldestromen	MPN10044	66539	369612	M30	3,0	
	MPN10047	55586	374597	M30	3,3	2,5
	MPN10338	22694	366500	M30	3,07	
	MPN1131	59130	414060	M31	3,67	
	MPN1135	58396	404243	M31	2,9	
	MPN1481	40180	381650	M30	2,96	
	MPN1489	49065	395419	M31	2,86	
	MPN1503	63317	381312	M31	2,46	
	MPN8130	53287	386739	M30	2,92	
MPN9973	65227	367634	M30	3,0		
Schieland en Krimpenerwaard	303	98938	452044	M1a	2,4	0,22
	402	99049	448849	M1a	2,4	0,22
	KOP 0467	110508	444267	M8	2,4	0,22
	KOP 0862	115496	441661	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	463863	R5	2,3	0,11
	287201	167452	460487	R5	2,3	0,11
	288003	161650	453481	R5	2,3	0,11
Vechtstromen	02-202	230384	483691	R5	2,3	0,11
	06-204	251342	495842	R4a	2,3	0,11
	06-212	253671	493982	R4a	2,3	0,11

Waterschap	Locatiecode	X-coord	Y-coord	KRW-watertype	Norm N	Norm P
Vechtstromen	20-008	237125	470809	R5	2,3	0,11
	20-214	252543	473246	R4a	2,3	0,11
	21-202	255894	489994	R4a	2,3	0,11
	34-050	258178	494846	R4a/b	2,3	0,11
	40-019	264607	473682	R5	2,3	0,11
	42-204	265850	482458	R4a/b	2,3	0,11
	ABST90	242751	531242	R4a	2,3	0,11
	BBRO95	248090	530780	R4a	2,3	0,11
	KZOK98	234980	516740	M1a	2,4	0,22
Zuiderzeeland	15HZ-062-01	173246	525357	M1b	3,5	0,22
	20CZ-018-01	182096	504240	M1a	2,4	0,15
	20FN-165-01	173510	519112	M1b	3,5	0,22
	20GZ-031-01	168780	503914	M1b	2,4	0,22
	26AZ-049-01	149929	488756	M1b	2,5	0,22
	26BZ-057-01	157296	493078	M1b	2,5	0,22
	26DZ-001-01	153184	479227	M1b	4,0	0,30
	26FN-039-01	177647	497072	M1a	2,4	0,15
	26FZ-045-01	172778	493178	M1a	2,4	0,15
	27AN-017-01	180883	499910	M1a	2,4	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. Let er wel op dat de berekende hellingen niet zomaar doorgetrokken kunnen worden om een inschatting van de toekomst te krijgen.

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 aggregereert ze vervolgens. Of een trend significant is hangt af van de grootte (steilheid) van de trend, maar ook van de lengte en het aantal metingen daarin van de meetreeks. 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 MNLISO 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 geplott met de mediane meetdatum van alle reeksen als middelpunt. De trendlijnen beginnen bij de mediane startdatum en eindigen bij de mediane einddatum van de meetreeksen. Als de mediane helling en beide betrouwbaarheidsintervallen allemaal positief ofwel allemaal negatief zijn, dan is de trend significant.

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 Trendanalyses voor kortere reeksen

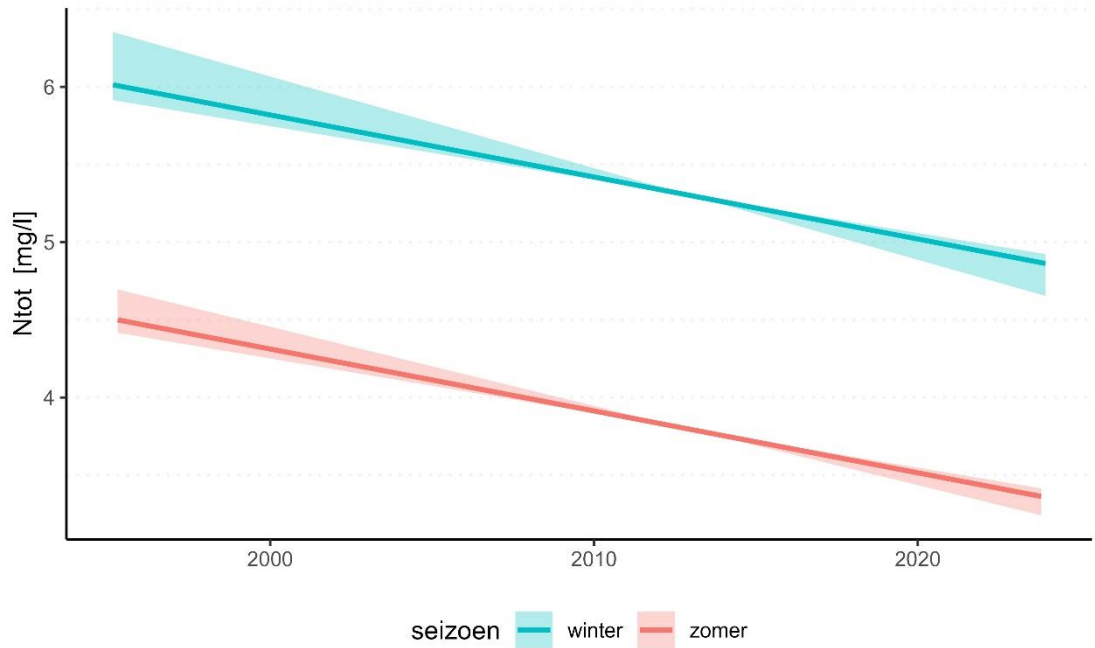
Tabel C.1.1 Resultaten van de Seasonal Mann Kendall trend test voor alle trendlocaties; aantal opwaartse en neerwaartse trends en het aantal locaties zonder significante trend. Analyses voor reeksen vanaf 1990, 2000 en 2010 tot en met 2023.

N- totaal	Aantal (vanaf 1990)	Aantal (vanaf 2000)	Aantal (vanaf 2010)
Aantal opwaarts ( $p < 0,05$ )	9	12	15
Aantal neerwaarts ( $p < 0,05$ )	102	91	50
Geen trend aantoonbaar ( $p > 0,05$ )	34	42	80
P-totaal			
Aantal opwaarts ( $p < 0,05$ )	13	12	12
Aantal neerwaarts ( $p < 0,05$ )	91	80	62
Geen trend aantoonbaar ( $p > 0,05$ )	41	53	71

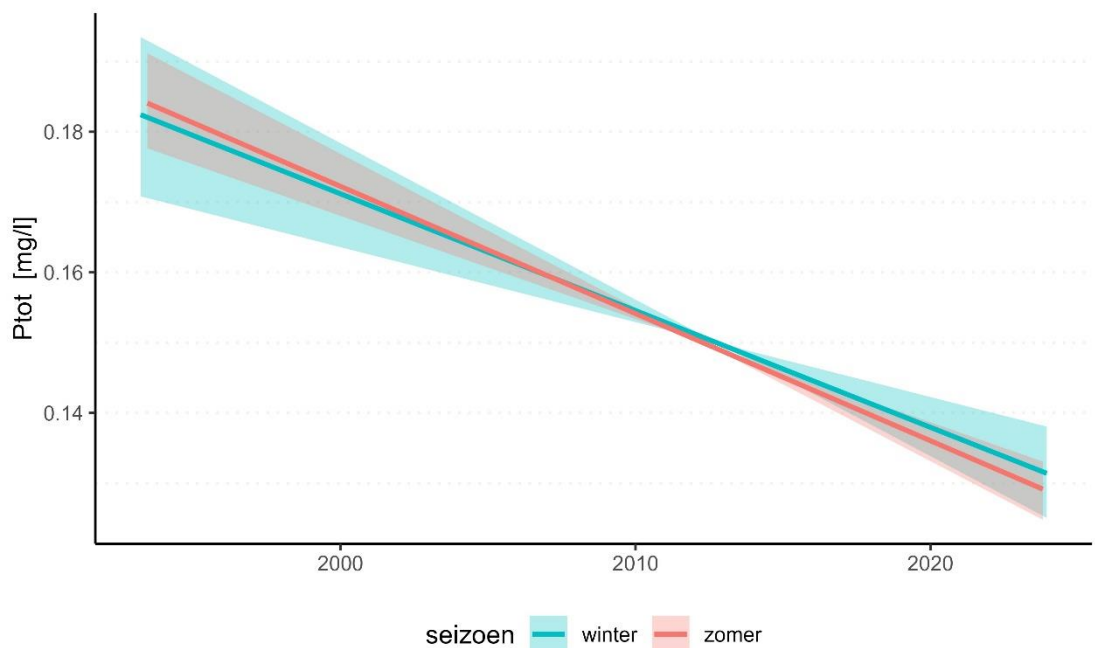
Tabel C.1.2 Mediane Theil-Sen trendhelling en 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor N-totaal en P-totaal voor reeksen vanaf 1990, 2000 en 2010 tot en met 2023 .

	Mediane trend (mg/l per decennium)	Lower / upper 95% betrouwbaarheid (mg/l per decennium)	Conclusie
<b>N-totaal (vanaf 1990)</b>	-0,42	-0,48 / -0,36	Neerwaarts significant
<b>N-totaal (vanaf 2000)</b>	-0,39	-0,46 / -0,31	Neerwaarts significant
<b>N-totaal (vanaf 2010)</b>	-0,22	-0,35 / -0,15	Neerwaarts significant
<b>P-totaal (vanaf 1990)</b>	-0,017	-0,023 / -0,013	Neerwaarts significant
<b>P-totaal (vanaf 2000)</b>	-0,014	-0,022 / -0,0087	Neerwaarts significant
<b>P-totaal (vanaf 2010)</b>	-0,015	-0,023 / 0	Niet significant

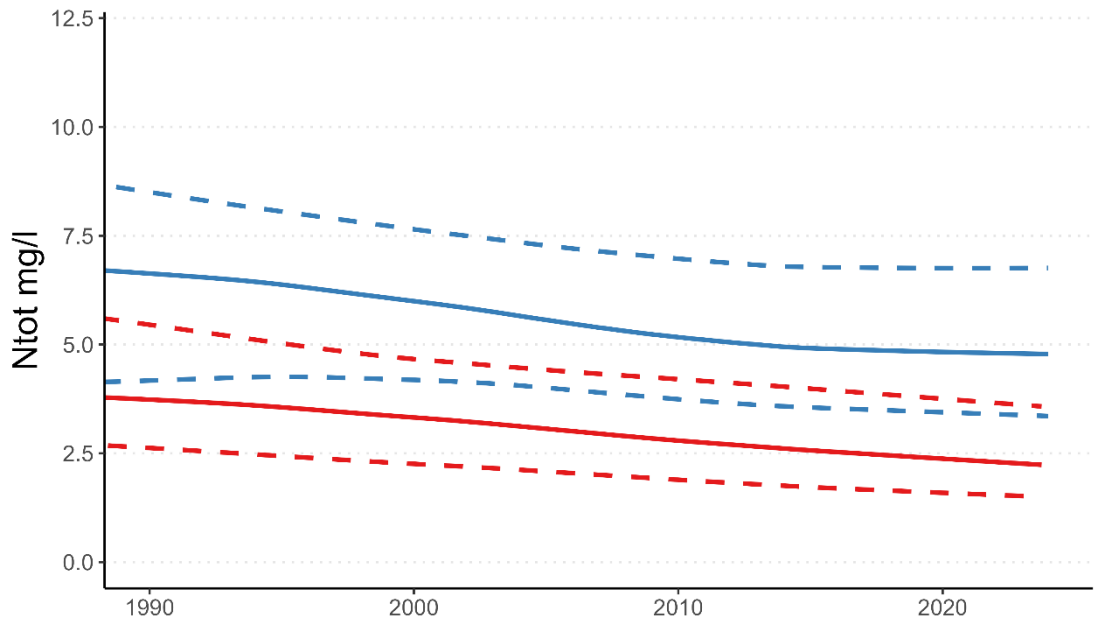
## C.2 Zomer- en winter trend



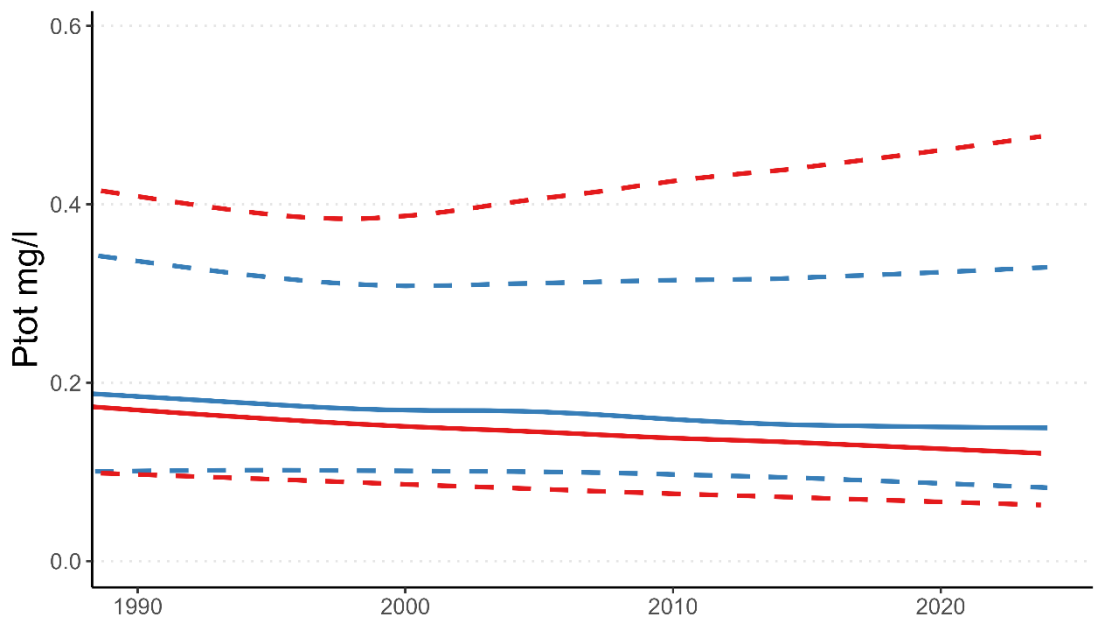
Figuur C.2.1 Mediane wintertrend (blauw) en zomertrend (rood) met 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de helling voor N-totaal bepaald met de Theil-Sen hellingschatter.



Figuur C.2.2 Mediane wintertrend (blauw) en zomertrend (rood) met 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de helling voor P-totaal bepaald met de Theil-Sen hellingschatter.

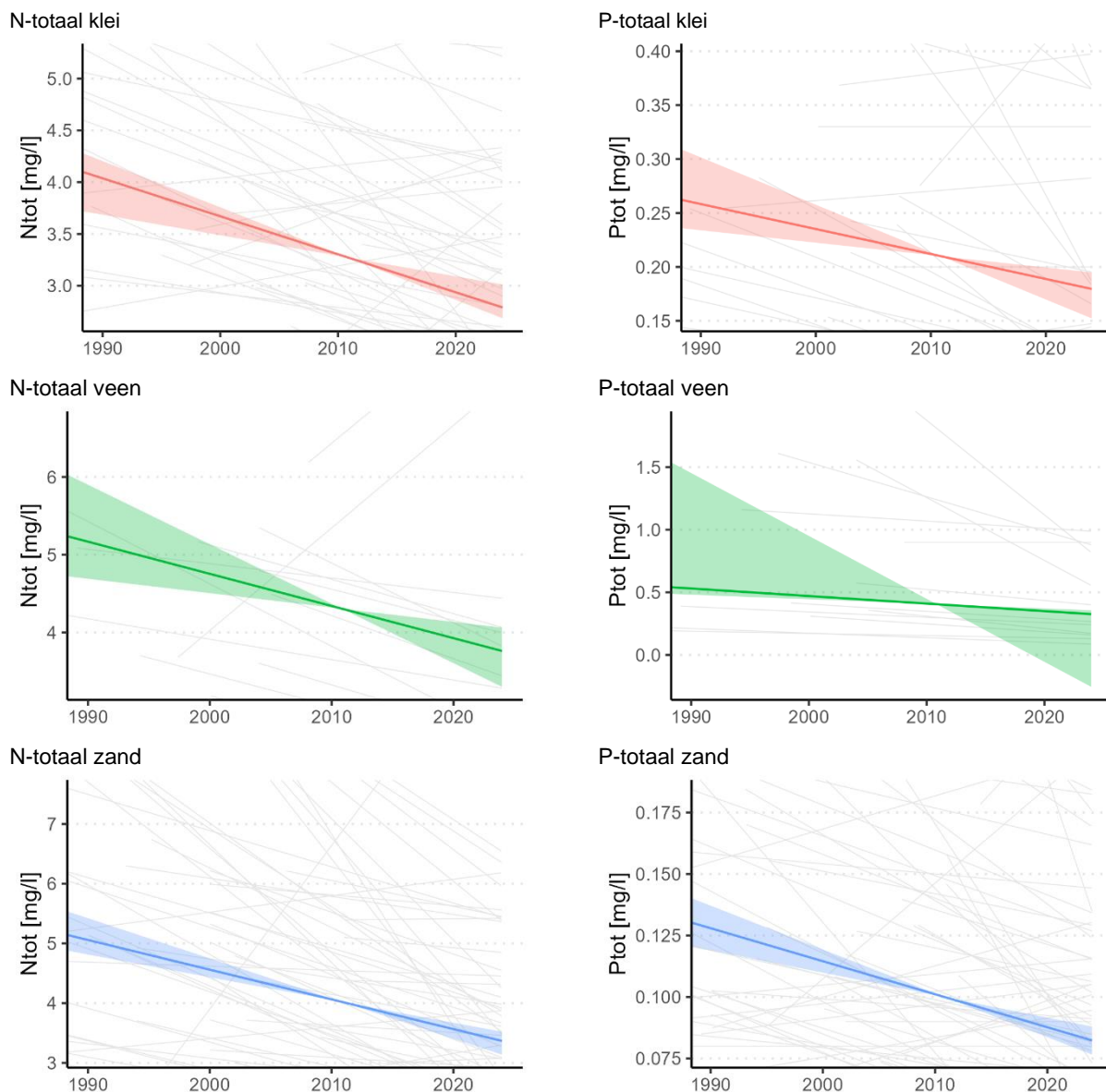


Figuur C.2.3 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor de zomer- (rood) en winter (blauw) concentraties van N-totaal.

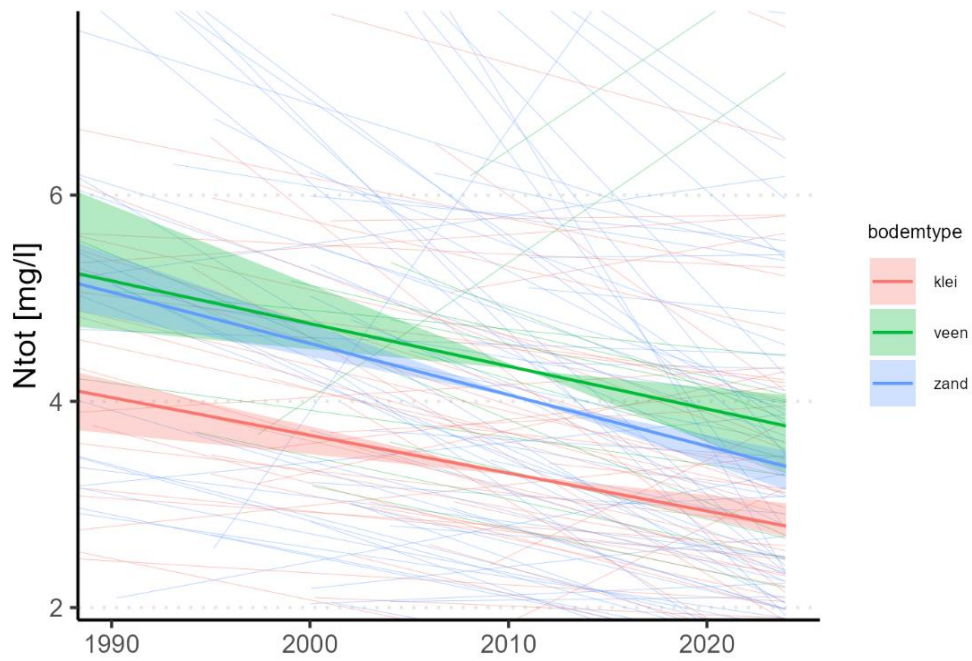


Figuur C.2.4 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor de zomer- (rood) en winter (blauw) concentraties van P-totaal.

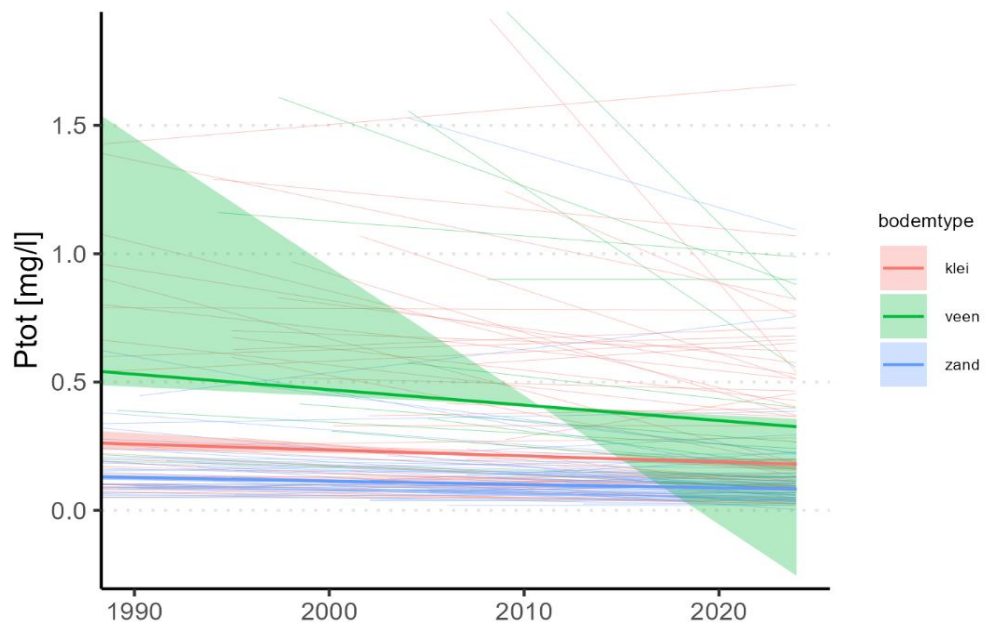
### C.3 Trends per grondsoort



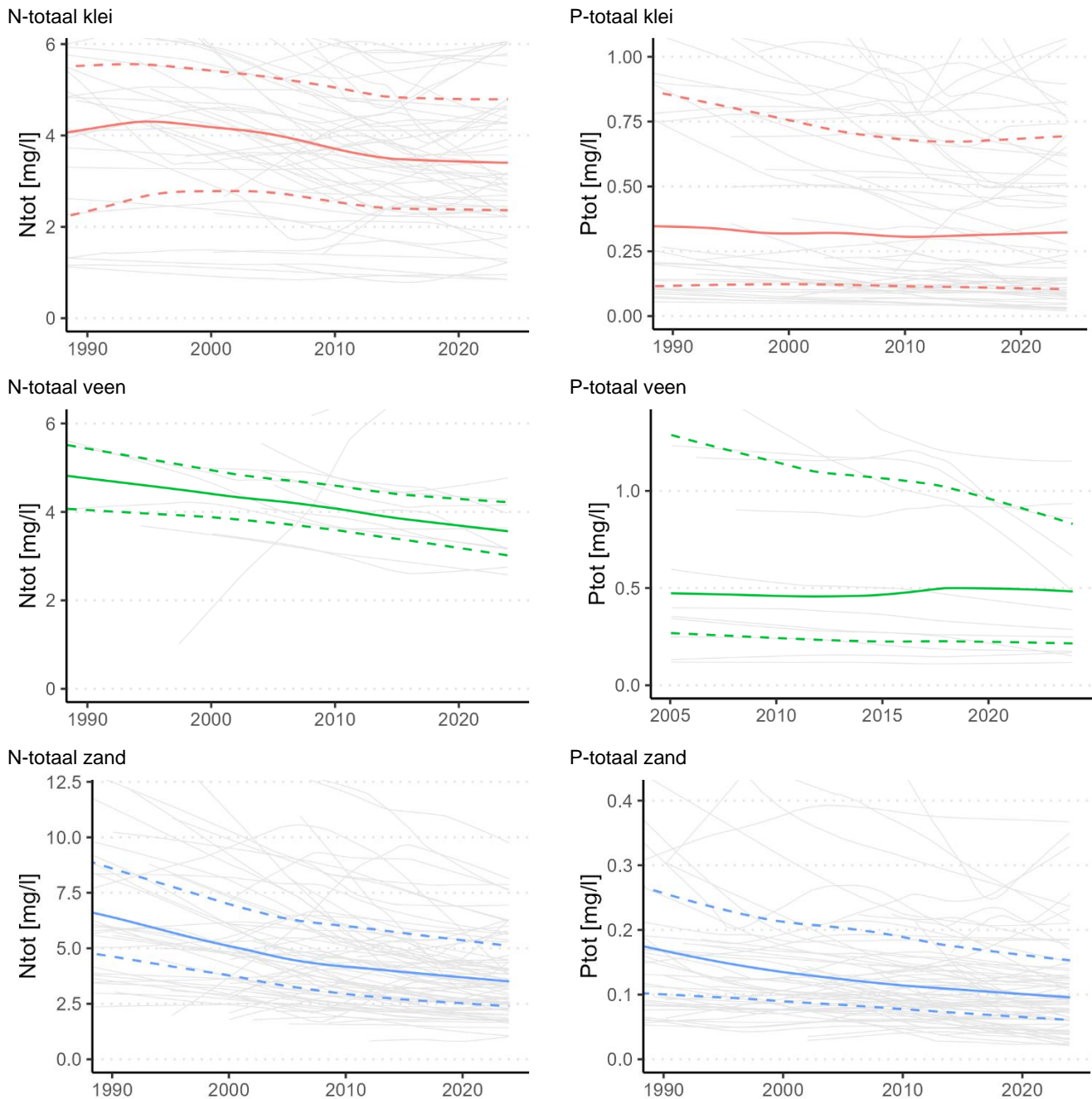
*Figuur C.3.1 Mediane trends en 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de helling berekende met de Theil-sen hellingschatter voor N-totaal (links) en P-totaal (rechts) voor de deelgebieden klei, veen en zand op basis van de gehele tijdreeks 1990-2022 bepaald met de Theil-Sen hellingschatter. Het aantal trendmeetlocaties in veen is beperkt, waardoor de geaggregeerde Theil-Sen hellingen minder betrouwbaar zijn. Let op: de y-assen per nutriënt zijn niet gelijk.*



Figuur C.3.2 Geaggregeerde Theil-Sen hellingen voor de bodemtypen klei, veen en zand voor N-totaal.



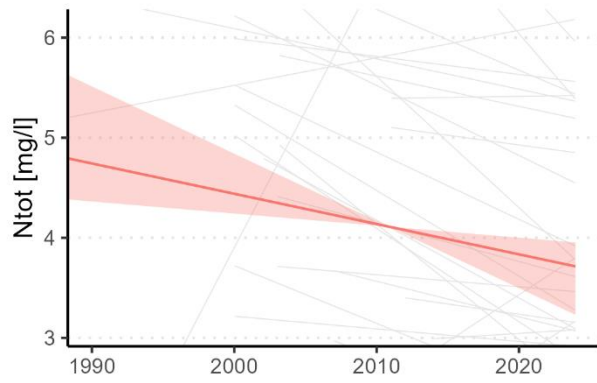
Figuur C.3.3 Geaggregeerde Theil-Sen hellingen voor de bodemtypen klei, veen en zand voor P-totaal



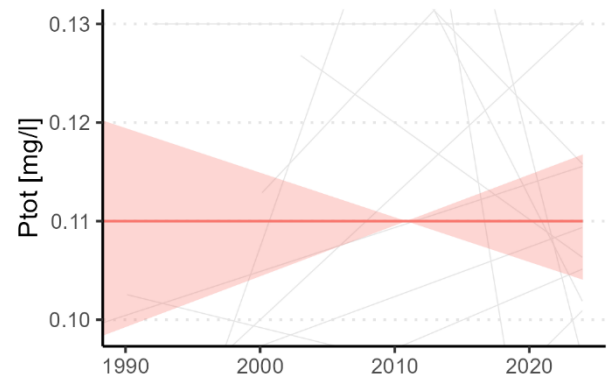
*Figuur C.3.4 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor N-totaal en P-totaal (zomer- en winterconcentraties) voor de deelgebieden klei, veen en zand. De individuele LOWESS trendlijnen per MNLSO meetlocatie zijn in grijs weergegeven. Het aantal trendmeetlocaties in veen is beperkt, waardoor de geaggregeerde LOWESS-trendlijnen minder betrouwbaar zijn. Let op: de y-assen per nutriënt zijn niet gelijk.*

## C.4 Trends per stroomgebied

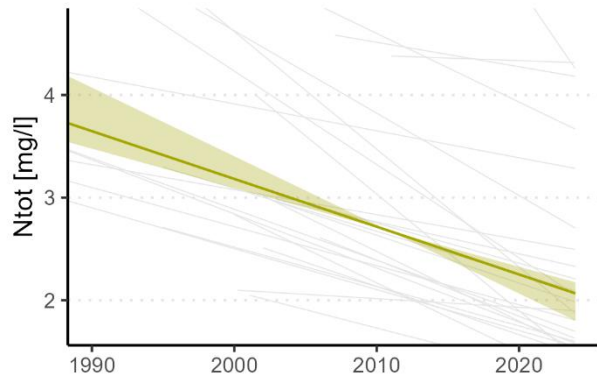
N-totaal Maas



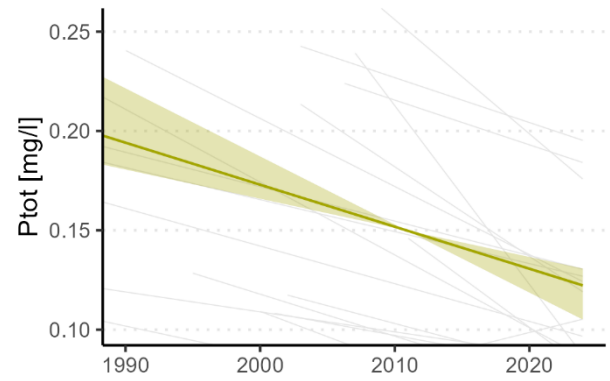
P-totaal Maas



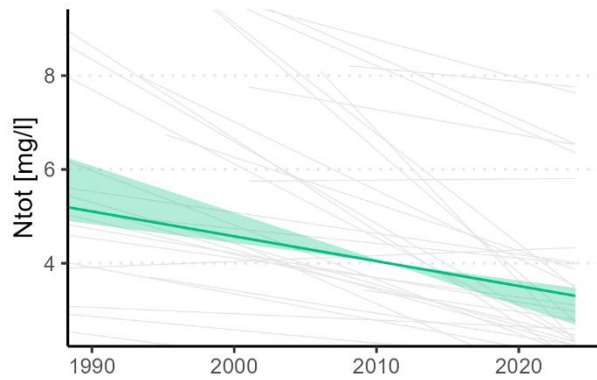
N-totaal Rijn-Noord



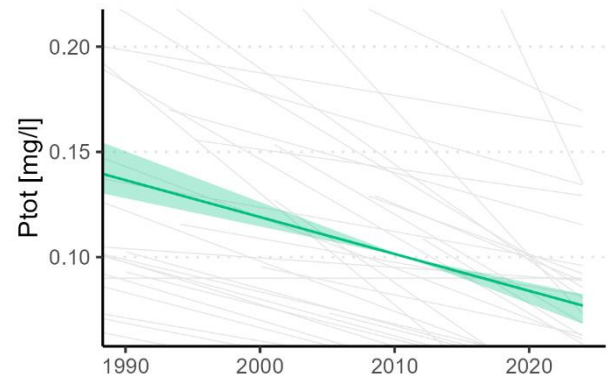
P-totaal Rijn-Noord



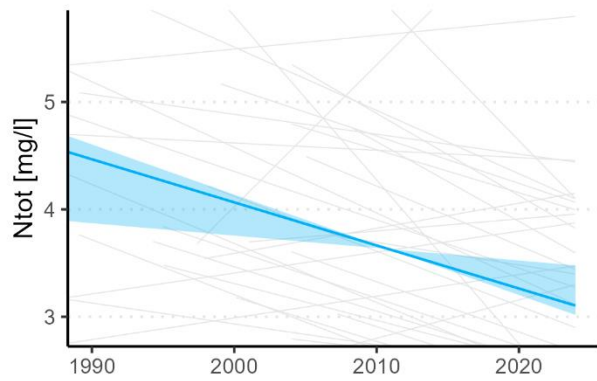
N-totaal Rijn-Oost



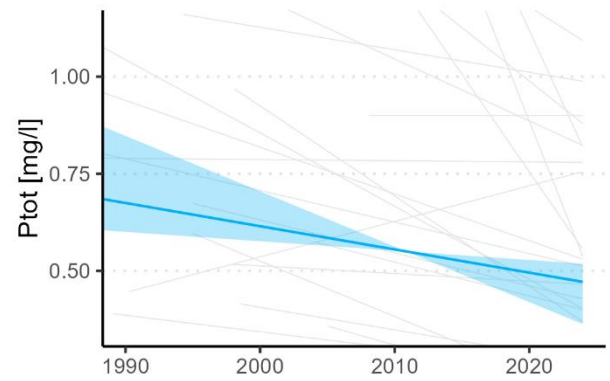
P-totaal Rijn-Oost



N-totaal Rijn-West

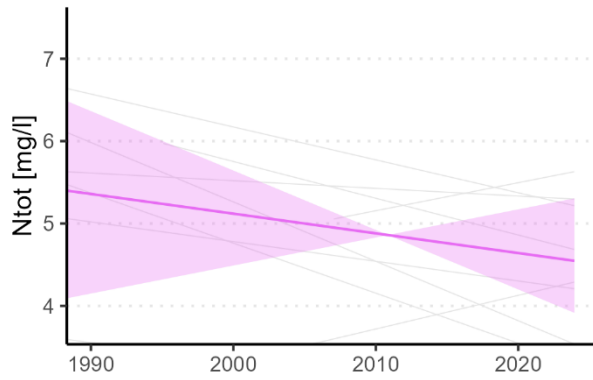


P-totaal Rijn-West

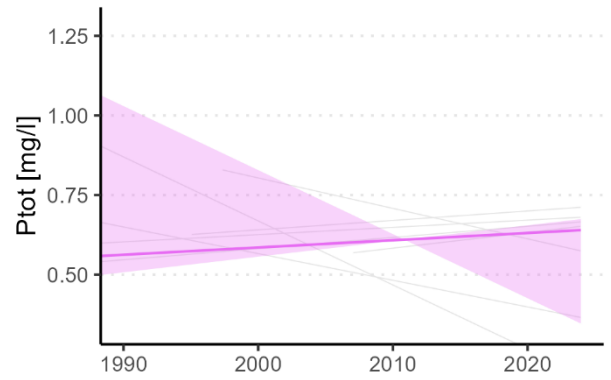




N-totaal Schelde

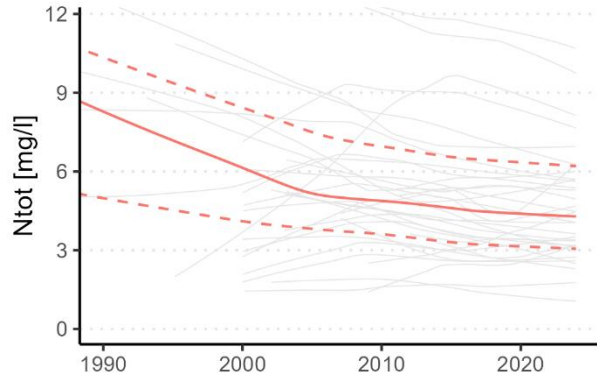


P-totaal Schelde

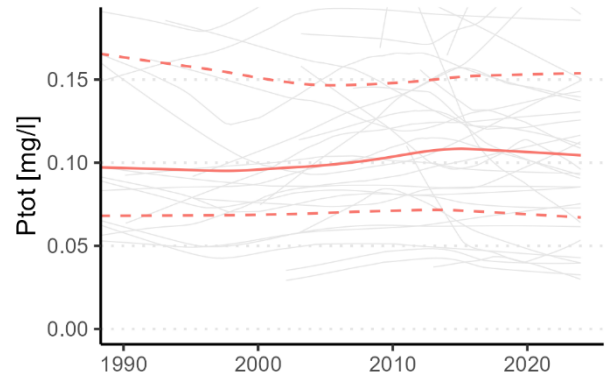


*Figuur C.4.1 Mediane trends en 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de helling berekende met de Theil-sen hellingschatter voor N-totaal (links) en P-totaal (rechts) voor de verschillende stroomgebieden. De individuele trendlijnen per MNLSO meetlocatie zijn in grijs weergegeven. Het aantal trendmeetlocaties in Schelde is beperkt, waardoor de geaggregeerde trendlijnen minder betrouwbaar zijn. Let op: de y-assen per nutriënt zijn niet gelijk.*

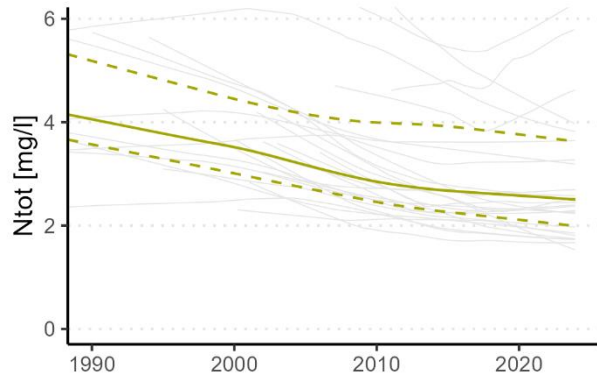
N-totaal Maas



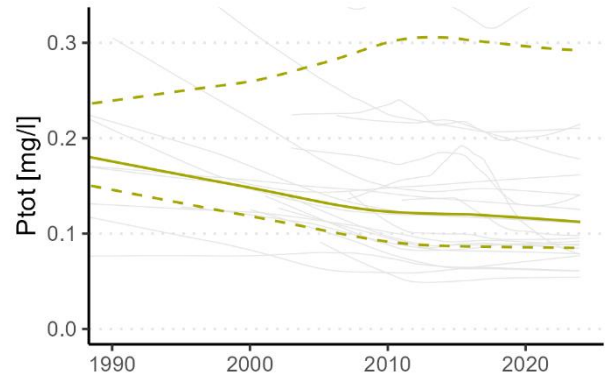
P-totaal Maas



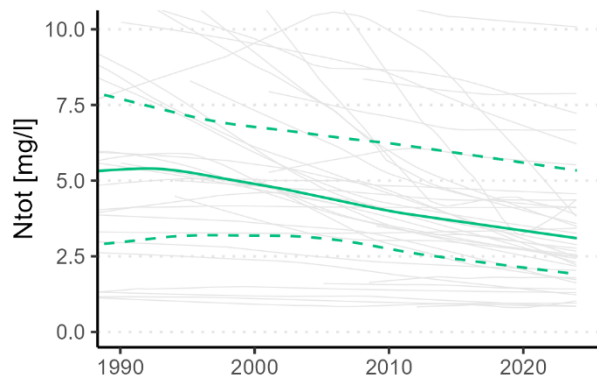
N-totaal Rijn-Noord



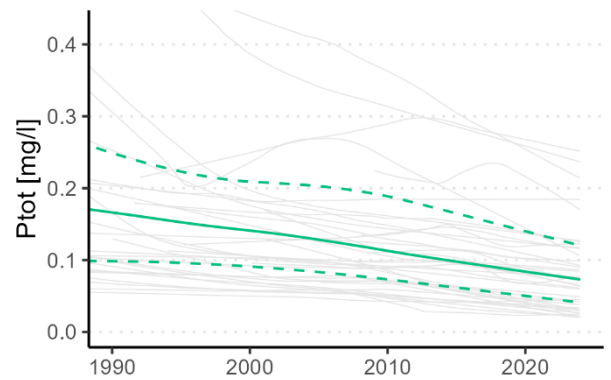
P-totaal Rijn-Noord



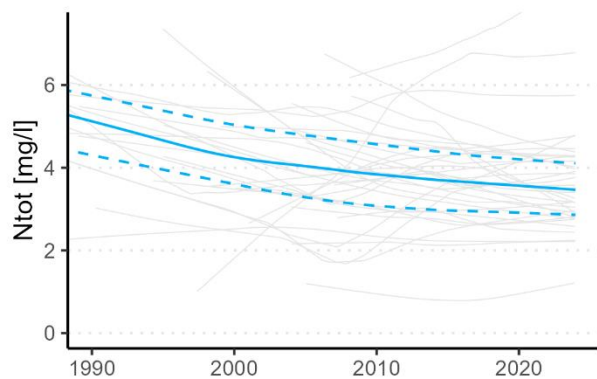
N-totaal Rijn-Oost



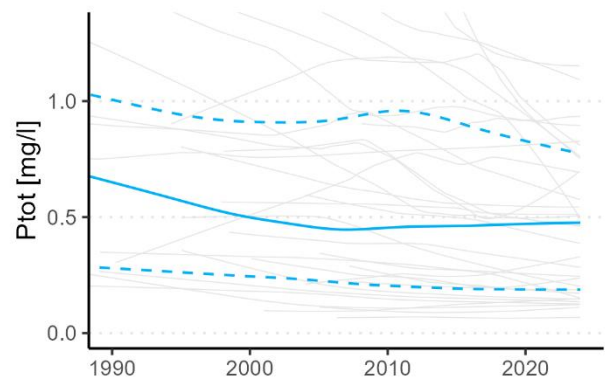
P-totaal Rijn-Oost



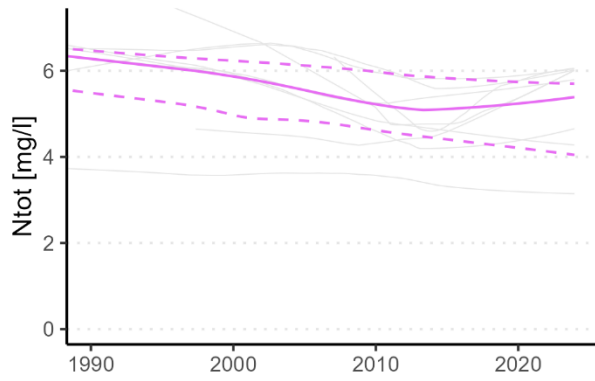
N-totaal Rijn-West



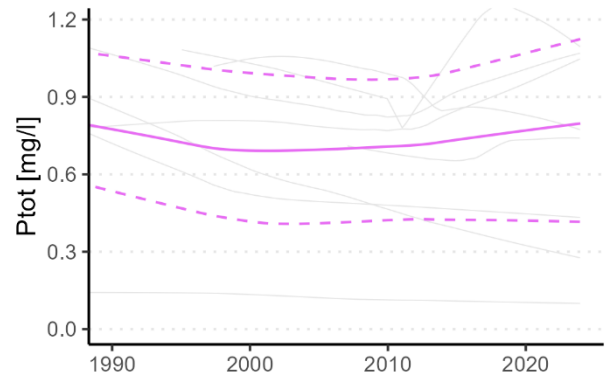
P-totaal Rijn-West



N-totaal Schelde

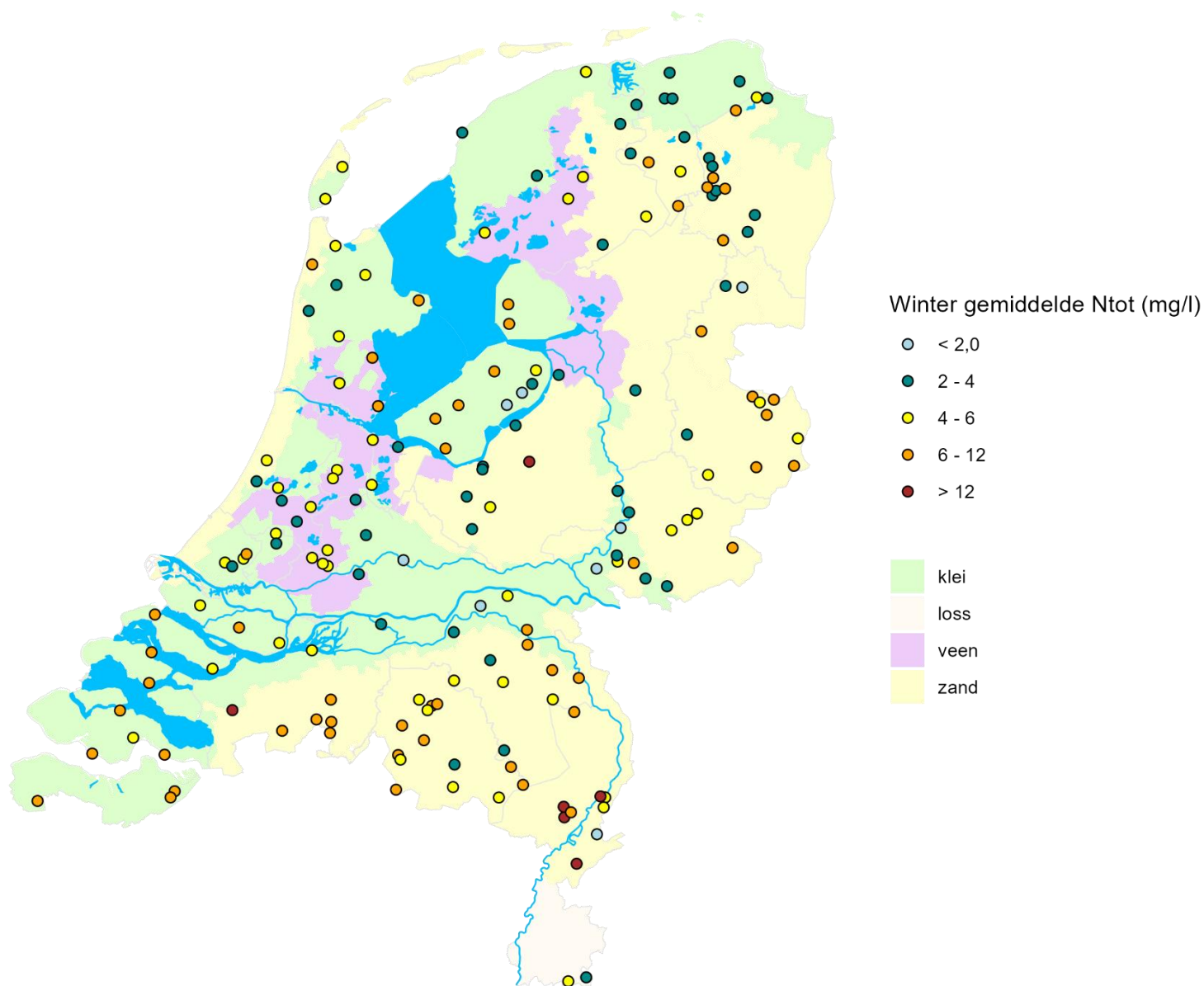


P-totaal Schelde

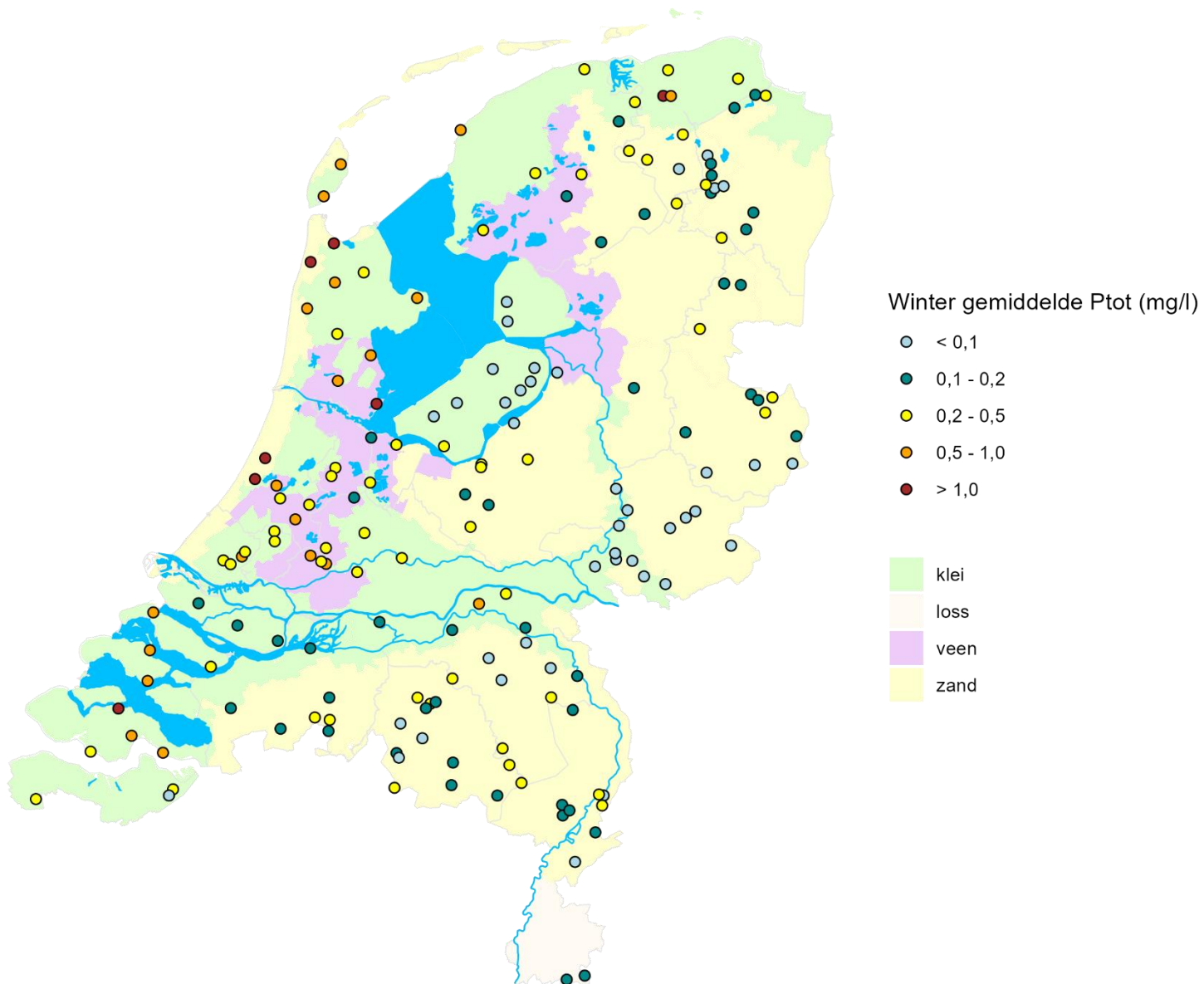


*Figuur C.4.2 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor N-totaal en P-totaal (zomer- en winterconcentraties) voor de verschillende stroomgebieden apart en samen. De individuele LOWESS trendlijnen per MNLSO meetlocatie zijn in grijs weergegeven. Het aantal trendmeetlocaties in Schelde is beperkt, waardoor de geaggregeerde LOWESS-trendlijnen minder betrouwbaar zijn. Let op: de y-assen per nutriënt zijn niet gelijk.*

## D Regionale verdeling winterconcentraties



Figuur D.1.1 Gemiddelde concentratie N-totaal in de winter over de jaren 2020 t/m 2023 op de MNLSSO-locaties.



Figuur D.1.2 Gemiddelde concentratie P-totaal in de winter over de jaren 2020 t/m 2023 op de MNLSSO-locaties

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

**Deltares**

[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)