Memo

Aan
Annika Vollebregt / Sandra Plette

Datum
12 december 2025

Aantal pagina's
1 van 53

Contactpersoon
Joachim Rozemeijer
Kevin Ouwerkerk

Doorkiesnummer
+31(0)6 2274 8708

E-mail
joachim.rozemeijer@deltares.nl

Onderwerp
Invloed van natte omstandigheden najaar 2023 tot en met zomer 2024 op de nutrientenconcentraties in landbouwspecifiek oppervlaktewater

1 Introductie

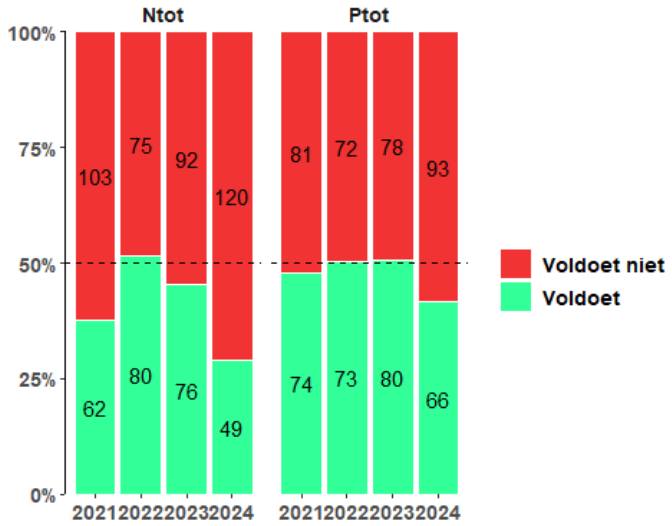
Het najaar van 2023 en het voorjaar van 2024 waren extreem nat. In deze memo verkennen we hoe de nutriëntenconcentraties op de meetlocaties van het MNSLO op deze extreem natte condities reageerden. Het doel van deze analyse is het vergroten van het inzicht in de effecten van klimaatextremen op de waterkwaliteit. Door klimaatverandering komen extremen zoals deze vaker voor, wat invloed kan hebben op de gezondheid van ecosystemen en op de resultaten van de toetsing voor de KaderRichtlijn Water (KRW).

Uit de meest recente toestand-update van het MNLSO met gegevens tot en met 2024 is gebleken dat 2024 een ongunstig jaar was voor de nutriëntenconcentraties (Ouwerkerk et al, 2025). Gemiddeld over de jaren voldoet landelijk zo'n 50% van de locaties aan de waterschapsnormen[1] voor N-totaal en P-totaal, maar in 2024 voldeed voor N-totaal slechts 29% en voor P-totaal 43% (zie Figuur 1.1). Bij deze toetsing worden de zomer-halfjaargemiddelden (april t/m september) vergeleken met de locatie-specifieke waterschapsnormen.

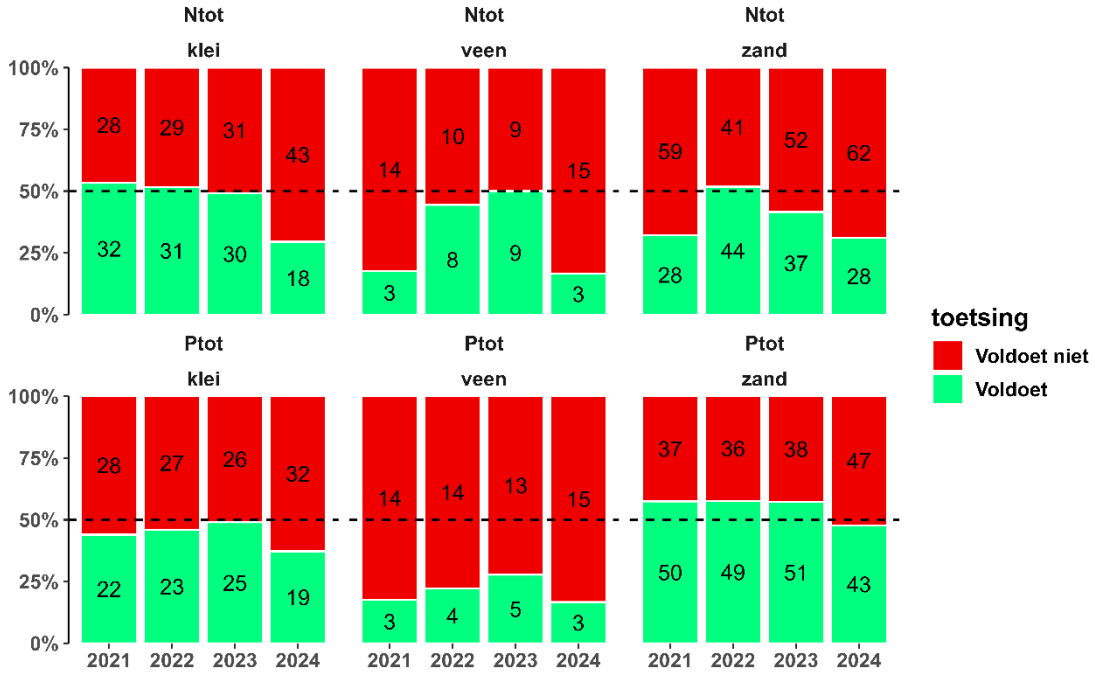
In Figuur 1.2 zijn de MNLSO-locaties opgesplitst over de verschillende bodemtypen. Hieruit blijkt dat 2024 zowel in het klei-, veen-, als zandgebied een ongunstig jaar was. Het jaar 2021 was overigens ook relatief ongunstig, vooral voor N-totaal in het veen- en zandgebied. 2021 was qua neerslag een gemiddeld jaar, maar werd voorafgegaan door 3 achtereenvolgende droge jaren (2018 t/m 2020) waarin minder uitspoeling optrad.

De MNLSO-locaties vertonen dezelfde jaar-tot-jaar variaties als de KRW-meetlocaties (Claessens et al., 2024). De invloed van de weersomstandigheden werkt derhalve ook door in de KRW-toetsing, waarbij de zomer van 2024 het eerste jaar is dat onderdeel wordt van het 3-jarig gemiddelde eindoordeel voor de KRW in 2027 (met toetsing op data van 2024 t/m 2026). Los van de toetsing en de KRW-doelen kan het effect van klimatologische extremen zowel op de korte als op de langere termijn, schadelijk zijn voor de aquatische ecologie van ontvangende wateren.

[1] Net als in de MNLSO-rapportages (e.g. Ouwerkerk et al., 2024) gebruiken we de term 'waterschapsnormen' voor de toetswaarden die waterschappen voor hun MNLSO-locaties hebben aangedragen. Het betreft hier geen officiële KRW-doelen en de toetsing per jaar wijkt ook af van de KRW-toetsing op driejarige zomergemiddelde concentraties.

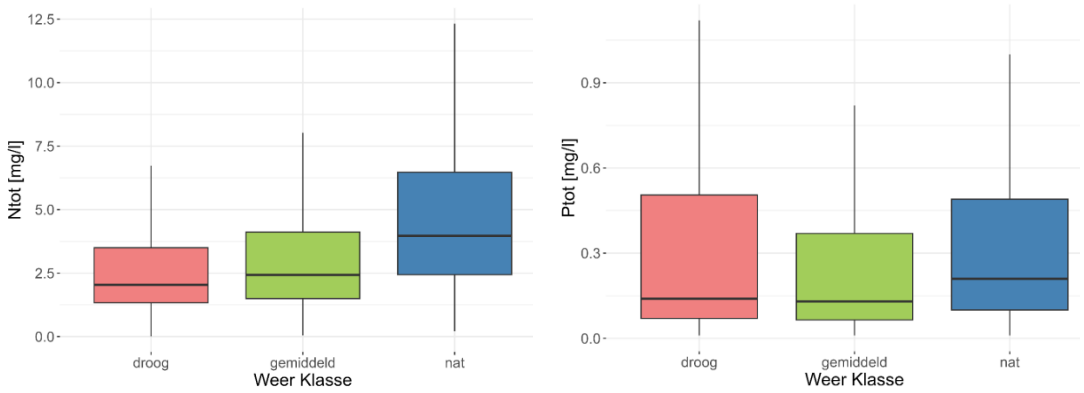


Figuur 1.1: Het percentage van de meetlocaties dat voor N-totaal en P-totaal wel en niet voldoet aan de norm. De getallen geven het aantal locaties dat wel of niet voldoet aan de norm (bron: Ouwerkerk, 2025).



Figuur 1.2: Het percentage per bodemtype van de meetlocaties dat voor N-totaal en P-totaal wel en niet voldoet aan de norm. De getallen geven het aantal locaties dat wel of niet voldoet aan de norm (bron: Ouwerkerk, 2025).

In de uitgebreide MNLSO rapportage (Ouwerkerk et al., 2024) is een nadere analyse uitgevoerd over de relatie tussen weersomstandigheden en nutriëntenconcentraties. Hieruit bleek al dat vooral voor N-totaal hogere concentraties voorkomen onder natte omstandigheden (zie Figuur 1.3). Ook voor P-totaal zijn de concentraties in natte omstandigheden hoger dan onder gemiddelde omstandigheden. Voor P-totaal kunnen de concentraties echter in droge omstandigheden ook verhoogd zijn door de nalevering vanuit waterbodems in polders. In de MNSLO-rapportage (Ouwerkerk et al., 2024) werd op basis van voorlopige gegevens van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) en Waterschap Rijn en IJssel (WRIJ) ook al een groter aantal normoverschrijdingen van N-totaal en P-totaal voor de zomer van 2024 voorspeld.



Figuur 1.3: Boxplots met concentraties N-totaal (links) en P-totaal (rechts) onder erg droge, gemiddelde en erg natte omstandigheden (bron: Ouwerkerk et al., 2024)

Gezien het grote effect op de waterkwaliteit en het KRW-doelbereik en de verwachting dat weersextremen vaker zullen voorkomen, gaan we in deze memo verder in op de reactie van de nutriëntenconcentraties op de extreem natte omstandigheden. In deze memo beschrijven we achtereenvolgens:

- de aanpak van deze analyse (hst 2)
- de neerslaghoeveelheden (hst 3)
- het effect van de natte omstandigheden op voorbeeldlocaties (hst 4)
- het effect van de natte omstandigheden op alle locaties (hst 5)
- discussie en conclusies (hst 6)

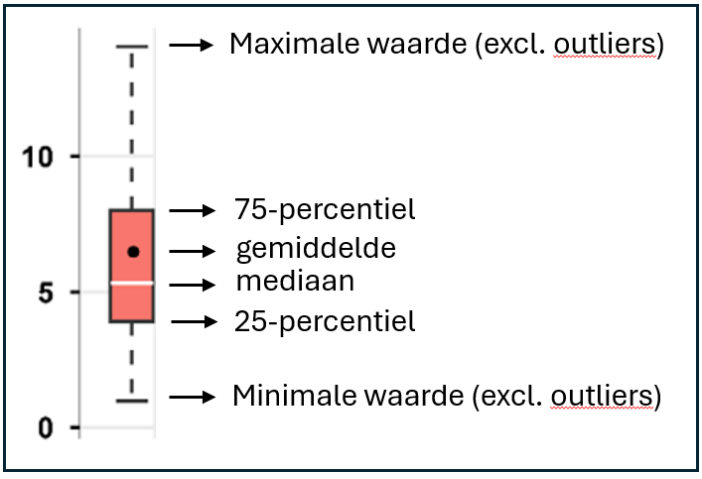
2 Aanpak

Voor een goed begrip van de reactie van de nutriëntenconcentraties (en de toetsingsresultaten) op de natte condities zoomen we in op de achterliggende data.

Allereerst is er gekeken naar de weergegevens om vast te stellen wanneer het precies nat was in het najaar van 2023 en het voorjaar van 2024, en of deze omstandigheden in het gehele land voorkwamen. Voor de analyse over hoe extreem de neerslaghoeveelheden waren en hoe deze neerslag verdeeld was over de maanden, maken we gebruik van KNMI-meetgegevens van meetstation De Bilt. Voor een ruimtelijk beeld is voor de natte maanden ook gekeken naar de neerslagkaarten per maand van het KNMI. De resultaten van deze analyses zijn beschreven in hoofdstuk 3.

Voor de gevolgen van de natte condities op de nutriëntenconcentraties maken we gebruik van de MNLSO-dataset en zoomen we in hoofdstuk 4 in eerste instantie in op drie voorbeeldlocaties voor klei, veen en zand; Hoe reageerden de nutriëntenconcentraties op deze voorbeeldlocaties op de natte condities? De drie locaties voor klei, veen en zand zijn geselecteerd op basis van waar de natte omstandigheden tot extra normoverschrijdingen hebben geleid voor stikstof en/of fosfor. Door eerst onbewerkte meetreeksen voor individuele locaties te beschouwen, zijn in de volgende stap de geaggregeerde gegevens (landelijk en per bodemsoort) beter te begrijpen. We analyseren hiertoe de individuele metingen voor de periode 2021 tot en met 2024 voor N-totaal en P-totaal, maar ook voor de deelparameters nitraat, ammonium, N-organisch en fosfaat en P-organisch. Dit is van belang, omdat deze deelcomponenten sterk kunnen verschillen in hun bronnen, routes en chemisch gedrag. Daarnaast is ammonium op zichzelf een probleemstof in verband met de omzetting naar het toxische ammoniak. Daarom wordt ammonium binnen de KRW als een specifiek verontreinigende stof getoetst aan een jaargemiddelde en een maximumnorm (e.g. Oste & De Jong, 2021).

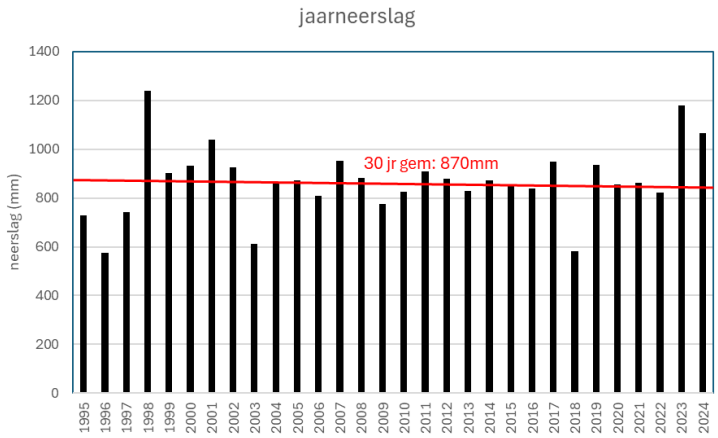
In hoofdstuk 5 zoomen we uit naar de complete MNLSO-dataset; Hoe reageerden de nutriëntenconcentraties op landelijk niveau en per hoofdgrondsoort (klei, veen, zand)? Hiertoe zijn boxplots per maand gemaakt over de periode 2021 tot en met 2024. Elke maand-boxplot geeft de verdeling van de gemeten concentraties in het gehele MNLSO-meetnet gedurende die maand weer (range, mediaan, 25- en 75-percentiel en gemiddelde, zie Figuur 2.1). Hiernaast zijn voor 2024 de concentraties per maand vergeleken met de concentraties van dezelfde maand in 2022 en 2023. Dit is wederom gedaan met boxplots voor alle MNLSO locaties, zowel voor N-totaal en P-totaal als voor de afzonderlijke deelcomponenten en de grondsoorten klei, veen en zand.



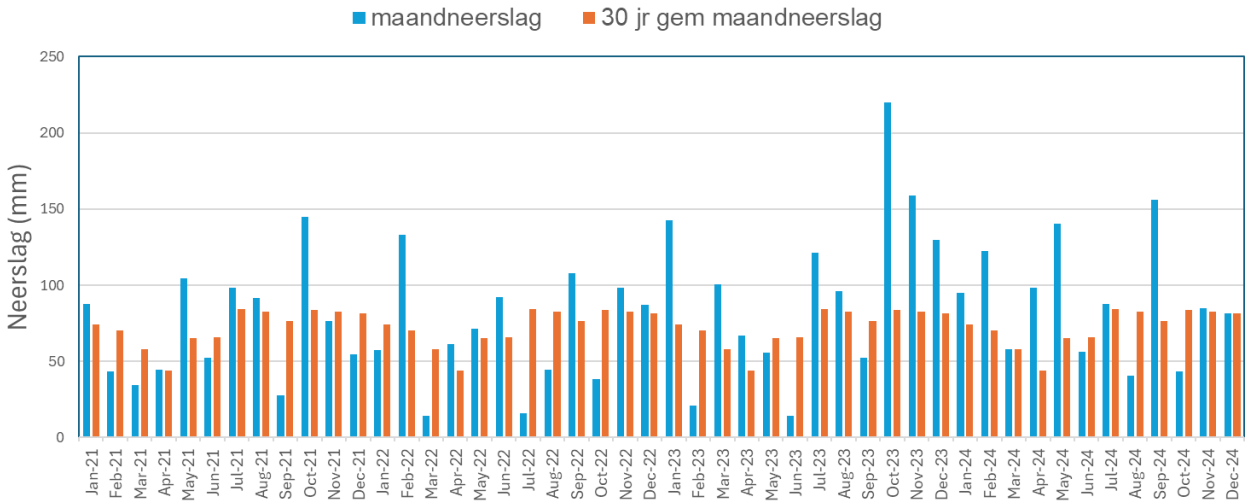
Figuur 2.1: De verschillende statistieken in een boxplot

3 Neerslaghoeveelheden

Voor een goed beeld van de extreme weersomstandigheden is het van belang om de neerslaghoeveelheden per maand te beschouwen. De jaartotalen voor 2023 en 2024 (De Bilt) zijn hoger dan gemiddeld (Figuur 3.1), maar het verschil is relatief beperkt aangezien beide jaren ook droge perioden kenden. In Figuur 3.2 zijn de neerslaghoeveelheden per maand afgebeeld met in oranje ter referentie de langjarig gemiddelde maandneerslag. Uit deze figuur wordt duidelijk dat vooral oktober 2023 extreem nat was met ruim 2,5 keer zoveel neerslag als gemiddeld. De daaropvolgende maanden blijven natter dan gemiddeld tot en met mei 2024, met uitzondering van maart 2024 die een gemiddelde hoeveelheid neerslag kende.

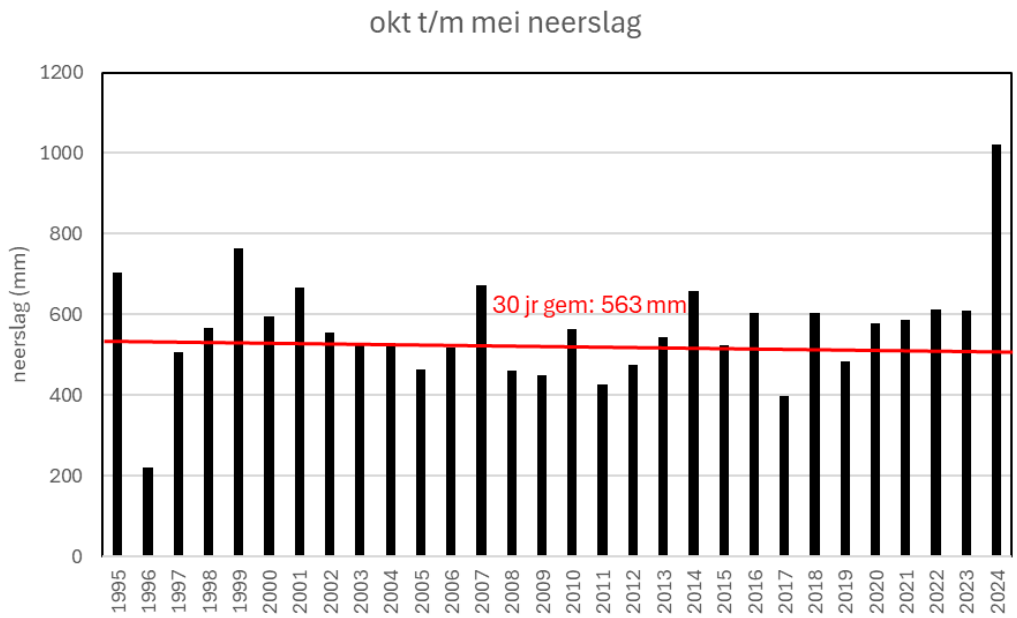


Figuur 3.1: Jaarneerslag van 1995 t/m 2024 voor meetstation De Bilt (rode lijn: gemiddelde 1995 t/m 2024, bron: KNMI)



Figuur 3.2: Maandneerslag 2021 t/m 2024 voor meetstation De Bilt (blauw) met ter referentie de gemiddelde maandneerslag voor 1995 t/m 2024 (bron: KNMI)

Als de neerslagsom voor de periode oktober 2023 tot en met mei 2024 vergeleken wordt met eerdere jaren (zie figuur 3.3) blijkt beter hoe extreem nat deze periode was. De neerslagsom was over deze periode van 8 maanden met 1022 mm bijna twee keer zo groot als gemiddeld. In de gehele reeks van neerslagdata van meetstation De Bilt (sinds 1906) is een dergelijk natte periode oktober tot en met mei nooit eerder waargenomen. De top-5 natste perioden (Tabel 3.1) laat ook zien dat de oktober 2023 tot en met mei 2024 periode nog 33% natter was dan de nummer 2 (oktober 1998 t/m mei 1999).

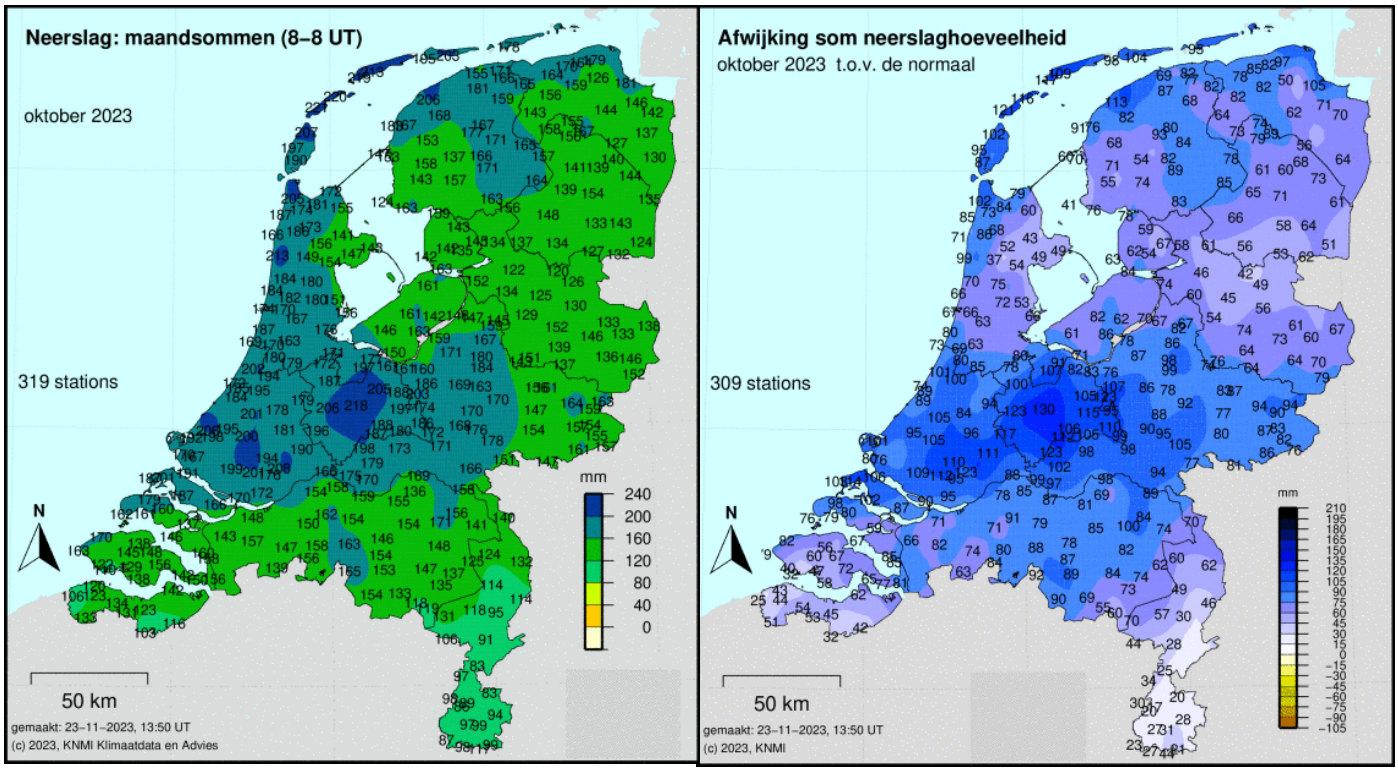


Figuur 3.3: Neerslagsom voor oktober t/m mei van 1995 t/m 2024 voor meetstation De Bilt (rode lijn: gemiddelde 1995 t/m 2024, bron: KNMI). Let op: de som voor bijv. 2024 loopt van oktober 2023 t/m mei 2024.

Tabel 3.1: Top 5 van natste oktober t/m mei periodes in De Bilt vanaf het begin van de meetreeks in 1906. Let op: de som voor bijv. 2024 loopt van oktober 2023 t/m mei 2024 (bron: KNMI).

Ranking	Jaar	Neerslagsom okt t/m mei
1	2024	1022 mm
2	1999	763 mm
3	1995	704 mm
4	1965	681 mm
5	2007	672 mm

De hiervoor besproken gegevens komen van KNMI weerstation De Bilt. De neerslag is echter nooit homogeen verdeeld over Nederland. In Figuur 3.4 is de ruimtelijke verdeling van de maandsom voor neerslag in oktober 2023 afgebeeld. Daarnaast is de ruimtelijke verdeling van de neerslaghoeveelheid ten opzichte van normaal afgebeeld. Dezelfde kaarten voor alle maanden van oktober 2023 tot en met mei 2024 zijn opgenomen in Bijlage A. In oktober 2023 was het in de kustregio en in het midden van het land het natst en in Zuid-Limburg het minst nat. In de daaropvolgende maanden verschuift de natste zone steeds door heel Nederland en er is geen specifiek gebied aan te wijzen waar het over de gehele periode veel natter of droger is geweest. Wel was het voorjaar (maart en mei) in het noorden van Nederland droger dan in de rest van het land.



Figuur 3.4: ruimtelijke verdeling neerslagsom (links) en de afwijking van de normale neerslaghoeveelheid (rechts) voor oktober 2023 (bron: KNMI). Zie Bijlage A voor alle maandkaarten van oktober 2023 tot en met mei 2024.

4 Effect natte condities op voorbeeldlocaties

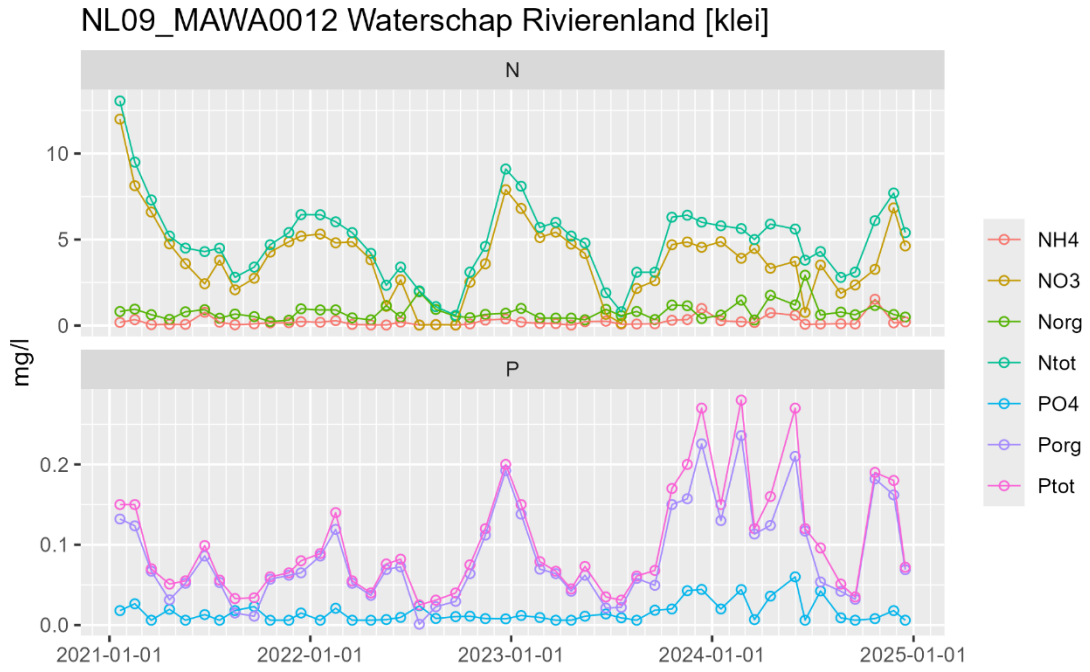
Voor een eerste indicatie van de mogelijke gevolgen van de natte omstandigheden zijn drie MNLSO locaties geselecteerd met een duidelijke respons. Deze voorbeeldlocaties zijn niet per se representatief voor de regio of grondsoort. Vooral in het noorden van Nederland was het voorjaar droger en wijken de nutriëntenconcentraties minder af. Ook in de kleigebieden laten veel MNLSO-meetlocaties geen duidelijk afwijkende concentraties zien.

4.1 Klei – Land van Maas en Waal

De voorbeeldlocatie voor het kleigebied is gelegen in Waterschap Rivierenland (Land van Maas en Waal). In Figuur 4.1 is zichtbaar dat de N-totaal concentraties in het voorjaar en de zomer van 2024 veel hoger blijven dan in de zomers ervoor. Vanaf oktober 2023 zijn de stikstofconcentraties al relatief hoog en ze dalen vervolgens maar heel langzaam tot en met mei 2024. Vanaf juni zijn de concentraties wat lager, maar nog altijd flink hoger dan in de twee zomers ervoor. In 2021 waren de nitraatconcentraties ook relatief hoog in de zomer, doordat 2021 het eerste gemiddelde jaar was na een reeks droge jaren (2018-2020). Nitraat is op deze locatie de belangrijkste stikstofcomponent zowel in de droge als nattere periode. In het voorjaar van 2024 zijn de concentraties N-organisch echter ook wat verhoogd.

Ook voor P-totaal geldt dat de concentraties in oktober 2023 snel omhoog gaan en tot en met mei verhoogd blijven. Op deze locatie is P-organisch (ofwel particulair fosfor) de belangrijkste fractie. Wel zijn in dezelfde periode ook de fosfaatconcentraties verhoogd. De lage concentraties in de drogere zomers van 2022 en 2023 laten zien dat er op deze klei-locatie niet of nauwelijks sprake is van nalevering vanuit de waterbodem.

Bij de toetsing voor N-totaal werd in de jaren van 2021 tot en met 2024 alleen in de zomer van 2022 aan de waterschapsnorm van 2,3 mg/l voldaan. De normoverschrijding was in 2024 met een zomergemiddelde concentratie van 4.2 mg/l iets groter dan in 2021 (4.1 mg/l). Bij de toetsing voor P-totaal voldoet deze locatie in alle jaren vrij ruim aan de waterschapsnorm (0,11 mg/l), behalve in 2024. In 2024 wordt de norm net overschreden met een zomergemiddelde concentratie van 0,12 mg/l.



Figuur 4.1 Voorbeeldlocatie voor klei; meetreeksen van MNLSO locatie MAWA0012 voor de N en P componenten. De jaartallen op de y-as staan op de jaargrens op 1 januari.

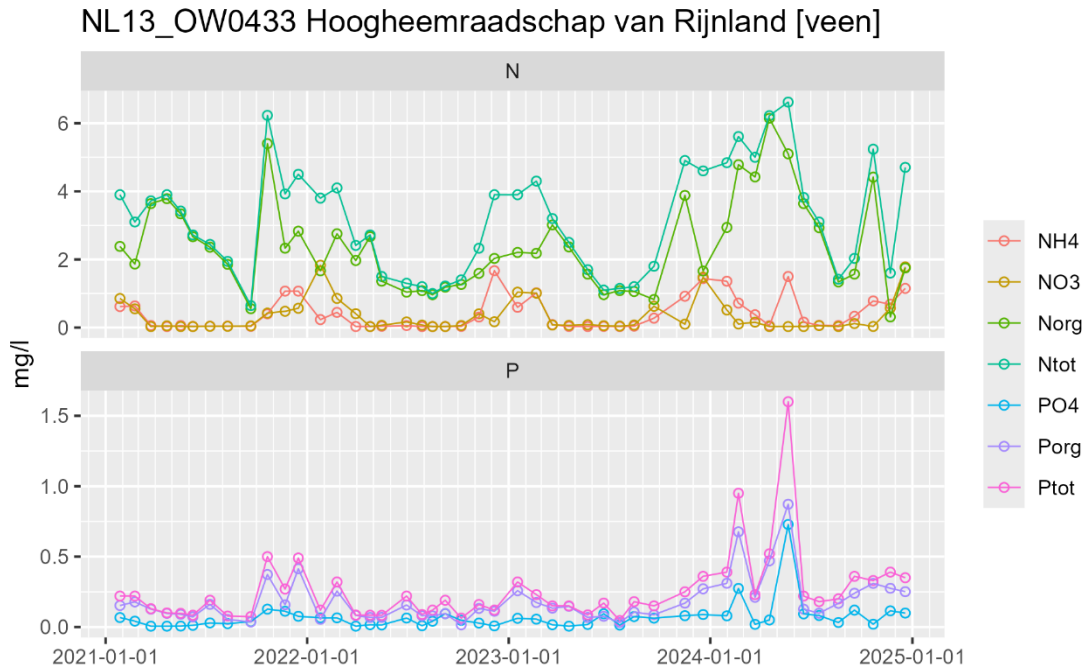
4.2 Veen – Alphen aan den Rijn

De voorbeeldlocatie voor het veengebied is gelegen in het Hoogheemraadschap van Rijnland, net ten oosten van Alphen aan den Rijn. In Figuur 4.2 is te zien dat op deze meetlocatie de concentraties N-totaal in november omhoog schieten om vervolgens nog wat verder toe te nemen tot en met mei. Organisch-N is de belangrijkste stikstofcomponent op deze locatie, hoewel er vooral in de winters ook wat ammonium en nitraat is aangetroffen. Vooral de ammoniumconcentraties zijn in de winter 2023-2024 langer verhoogd dan in andere jaren.

De P-totaalconcentraties op deze MNSLO-locatie stijgen in november 2023 licht, maar laten vooral in het voorjaar van 2024 hogere concentraties zien dan in andere jaren. Met name de concentratiepieken van P-totaal in februari (1,0 mg/l) en mei (1,7 mg/l) zijn hoog voor deze meetlocatie. Vanaf juni zijn de P-totaalconcentraties echter direct weer terug op het basisniveau van rond de 0,2 mg/l. Op deze locatie is P-organisch (ofwel particulair fosfor) de belangrijkste fosforcomponent. Wel speelt opgelost fosfaat vooral tijdens de voorjaarspieken van 2024 een belangrijke rol.

Bij de toetsing voor N-totaal werd in de zomers van 2022 en 2023 aan de waterschapsnorm van 2,4 mg/l voldaan. In 2021 werd deze norm net overschreden, terwijl de zomergemiddelde N-totaalconcentratie in 2024 met 3.9 mg/l ruimt boven de norm zat.

Bij de toetsing voor P-totaal voldoet deze locatie in alle jaren vrij ruim aan de waterschapsnorm (0,22 mg/l), behalve in 2024. In 2024 wordt de norm ruim overschreden met een zomergemiddelde concentratie van 0,5 mg/l.



Figuur 4.2 Voorbeeldlocatie voor veen; meetreeksen van MNLSO locatie OW0433 voor de N en P componenten. De jaartallen op de y-as staan op de jaargrens op 1 januari.

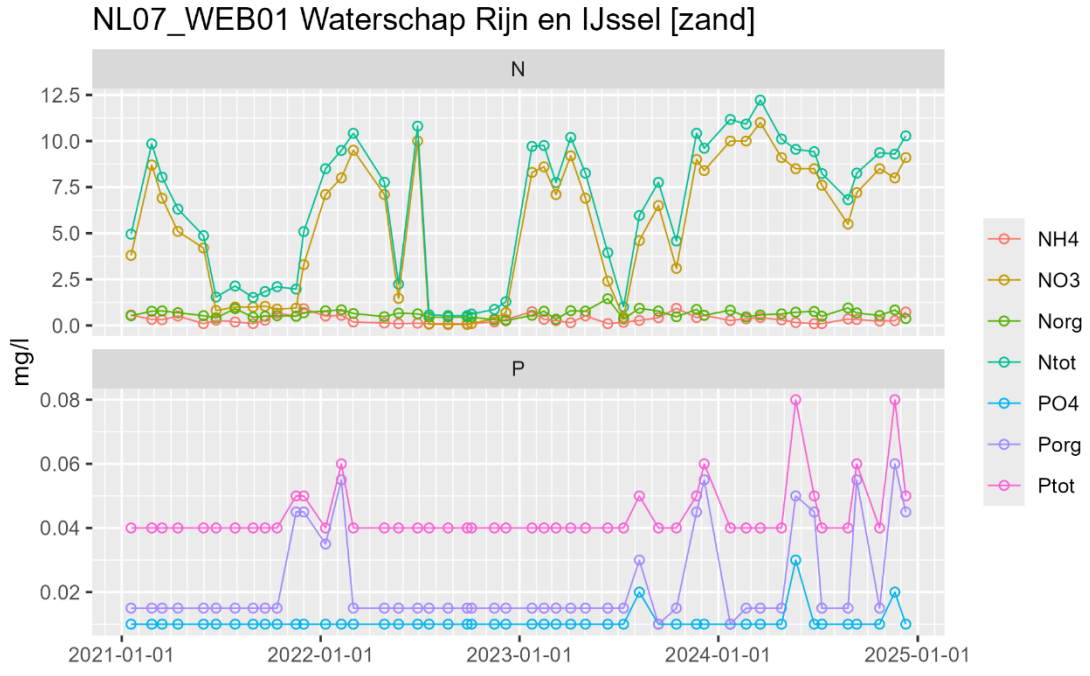
4.3 Zand – Doetinchem

De voorbeeldlocatie voor het zandgebied is gelegen in Waterschap Rijn en IJssel, in de Wehlse beek ten westen van Doetinchem. In Figuur 4.3 is de zien dat de N-totaal concentraties gedurende de gehele zomer van 2024 veel hoger blijven dan in 2021 en 2022. In de zomer van 2023 zijn de N-totaalconcentraties ook relatief hoog, met uitzondering van de maand juli. Het was in deze regio in 2023 al in augustus relatief nat, wat al in de nazomer voor hogere N-totaalconcentraties heeft gezorgd. Nitraat is veruit de belangrijkste stikstofcomponent. De concentraties ammonium en N-organisch zijn op deze locatie niet hoger in de extreem natte periode.

De concentraties P-totaal laten op deze meetlocatie in de natte periode meer pieken zien dan in andere jaren, maar de concentraties blijven relatief laag. Onder drogere condities blijven de P-totaal concentraties bij de meeste metingen onder de rapportagegrens. In de winter van 2022 zijn ook pieken in de fosforconcentraties gemeten, maar in 2024 komen deze pieken ook in het voorjaar en in de zomer voor. In de winter van 2022 is particulair fosfor (P-organisch) de belangrijkste fractie. Het betreft hier derhalve vooral transport van aan deeltjes gebonden fosfor. In augustus 2023 en in mei en november 2024 komen echter ook licht verhoogde concentraties opgelost fosfaat in het water voor.

Bij de toetsing voor N-totaal werd in geen van de zomers van 2021 tot en met 2024 aan de waterschapsnorm van 2,3 mg/l voldaan. In 2021 en 2022 liggen de zomergemiddelde N-totaal concentraties net boven de norm. In 2023 en 2024 liggen de zomergemiddelde concentraties met 6,2 mg/l en 8,7 mg/l ruim boven de norm.

Voor P-totaal voldoet deze locatie in alle jaren ruim aan de waterschapsnorm van 0,11 mg/l. Ook tijdens de concentratiepieken in de natte zomer liggen de concentraties hier ruim onder.



Figuur 4.3 Voorbeeldlocatie voor zand; meetreeksen van MNLSO locatie WEB01 voor de N en P componenten. De jaartallen op de y-as staan op de jaargrens op 1 januari.

4.4 Synthese voorbeeldlocaties

De analyse van de voorbeeldlocaties maakt duidelijk dat voor zowel stikstof als fosfor relatief hoge concentraties zijn vastgesteld gedurende de natte periode van oktober 2023 tot en met mei 2024. Tegelijk verschillen de effecten van de extreem natte periode duidelijk tussen de MNLSO-locaties. Het effect van de natte condities lijkt zich bijvoorbeeld op de veenlocatie wat meer te beperken tot de natte maanden zelf; op de klei en vooral op de zandlocatie houden de verhoogde nutriëntenconcentraties langer aan. Ook de reacties van de verschillende stikstof- en fosforfracties verschillen. Zo is nitraat op de klei- en zandlocatie de stikstofcomponent die voor de verhoogde concentraties zorgt, maar op de veenlocatie is dat N-organisch. Voor P-totaal is het particulair fosfor (P-organisch) de belangrijkste component tijdens de concentratiepieken.

De gekozen locaties geven inzicht in het effect van de extreem natte periode op de nutriëntenconcentraties en in het gevolg voor de resultaten van de toetsing (meer normoverschrijdingen). De gekozen locaties zijn niet representatief voor het klei-, veen- en zandgebied als geheel. Daarom kijken we in hoofdstuk 5 naar de effecten op landelijk niveau en per grondsoort.

5 Effect natte condities op gebiedsniveau

5.1 Concentraties per maand landelijk

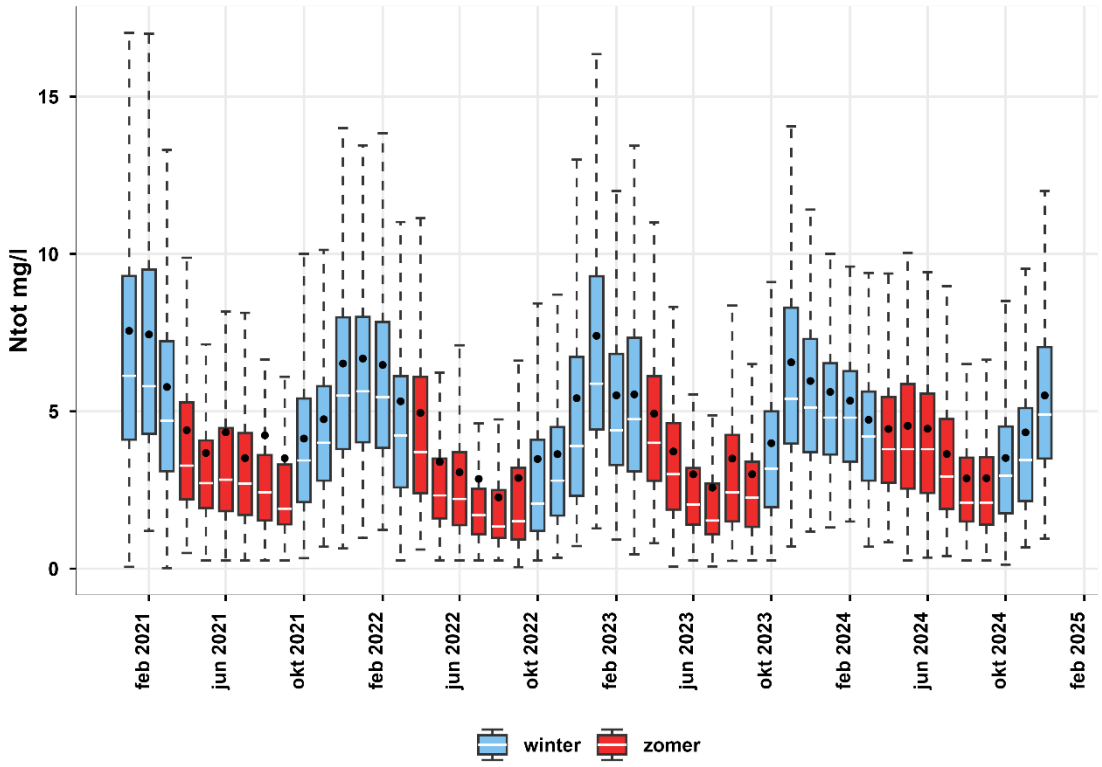
In Figuur 5.1 zijn boxplots per maand afgebeeld van de concentraties N-totaal voor het gehele MNLSO. In Bijlage B.1.1 zijn deze figuren ook weergegeven voor de deelparameters NO3, NH4 en N-organisch. Figuur 5.2 geeft een vergelijking van de concentraties per maand in 2024 met die in 2022-2023. Voor de deelparameters zijn deze figuren opgenomen in Bijlage B.3.1.

De N-totaalconcentraties stijgen tussen oktober en november 2023 erg snel in het gehele MNLSO. De november-concentraties zijn ongeveer 2x hoger dan in oktober. De concentraties N-totaal stijgen elk jaar in het najaar, maar door de extreme neerslag in oktober 2023 gaat deze stijging sneller dan anders. Vervolgens dalen de concentraties langzaam gedurende de winter van 2023 en 2024, maar de concentraties zijn niet duidelijk hoger dan in andere winters. Dit wordt duidelijker in Figuur 5.2, waarin de concentraties per maand voor 2024 worden vergeleken met de concentraties in 2022 en 2023. De concentraties in januari 2024 zijn zelfs wat lager dan in 2022 en 2023. Het grootste verschil met hogere concentraties voor 2024 treedt op in de maanden mei tot en met juli.

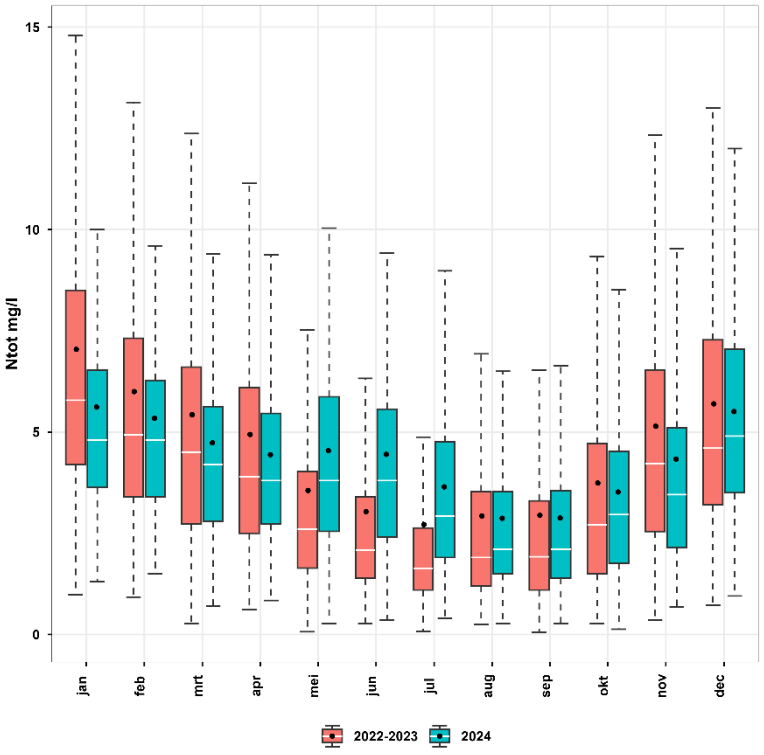
Het patroon met de snelle stijging en vervolgens langzame daling en relatief hoge voorjaarsconcentraties is vooral gelinkt aan nitraat als dominante stikstoffractie (Bijlage B1.1). De snelle stijging (tot een mediaan van ca. 2,8 mg/l) en geleidelijke afname in de nitraatconcentratie heeft waarschijnlijk te maken met de bodemvoorraad nitraat die in het najaar nog relatief groot is, maar al relatief snel afneemt door de vroege uitspoeling. In januari 2024 zijn de nitraatconcentraties duidelijk lager dan in 2022 en 2023 doordat veel uitspoeling al eerder in het seizoen plaatsgevonden heeft.

Voor ammonium zijn de concentraties lager dan voor nitraat en reageert het seizoenspatroon anders op de natte omstandigheden (Bijlage B.1.1 en B.3.1). De ammoniumconcentraties zijn gedurende bijna heel 2024 verhoogd ten opzichte van 2022 en 2023, met de grootste verschillen voor januari tot en met mei (met uitzondering van het wat drogere maart, zie Bijlage B.3.1). De hoogste ammoniumconcentraties (met een mediaan van 0,7 mg/l NH4-N) in de winter 2023-2024 zijn in januari gemeten. Vooral in mei 2024 laten de ammoniumconcentraties nog een verhoging ten opzichte van april zien die in andere jaren niet voorkomt. Ammonium komt vooral via snelle routes in het oppervlaktewater, die ondanks het natte weer in oktober pas bij hogere grondwaterstanden later in de winter actief worden. De verhoging in mei heeft mogelijk ook deels te maken met de grotere beschikbaarheid van ammonium door bemesting voor het nieuwe groeiseizoen. In drogere voorjaarsomstandigheden zal de nieuwe ammoniumvoorraad worden omgezet in nitriet en nitraat en opgenomen worden door het gewas, maar in de extreem natte condities kon het vooral in mei 2024 via snelle routes ook afspoelen naar oppervlaktewater.

De mediane concentraties N-organisch liggen met ca. 1,3 mg/l in oktober 2023 tot en met juni 2024 wel wat hoger dan in andere jaren, maar het effect van de extreem natte condities is minder duidelijk dan voor nitraat en ammonium.



Figuur 5.1: Boxplots met concentraties N-totaal per maand voor de periode 2021 tot en met 2024 voor het MNLSO als geheel.



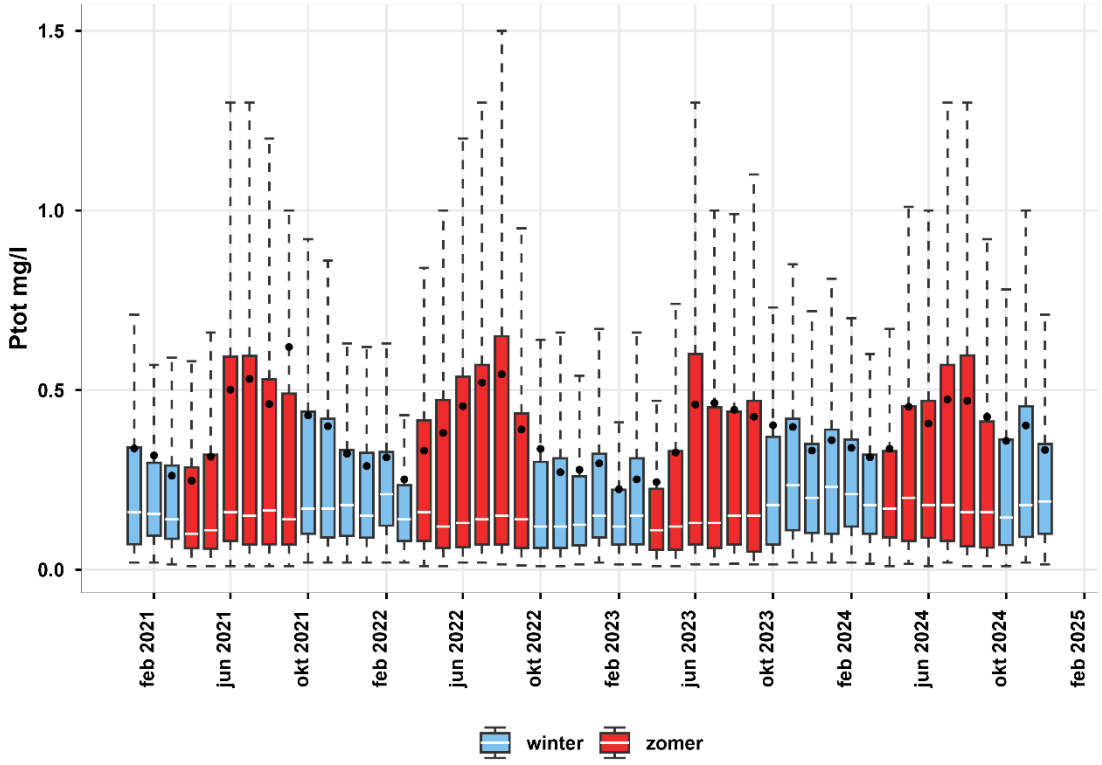
Figuur 5.2: Boxplots met een vergelijking tussen de concentraties N-totaal per maand in 2024 met de concentraties van 2022 en 2023 voor het MNLSO als geheel.

Figuur 5.3 geeft de P-totaal boxplots per maand voor het gehele MNLSO. De vergelijking per maand tussen 2024 en 2022/2023 voor P-totaal is weergegeven in Figuur 5.4. Dezelfde figuren voor de deelparameters zijn opgenomen in Bijlage B.1.2 en Bijlage B.3.2.

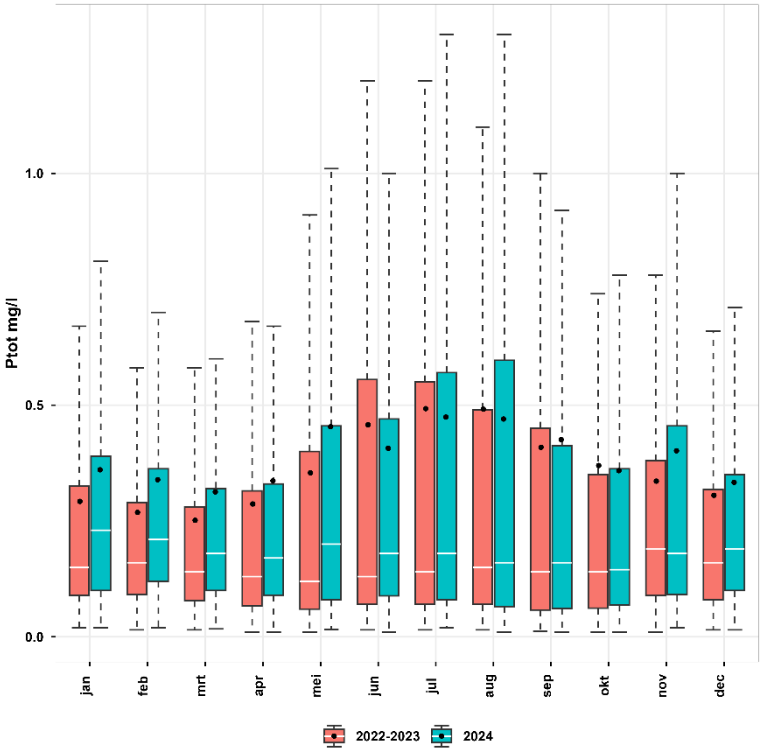
Voor P-totaal is de spreiding in de concentraties vrij groot en zijn de concentraties scheef verdeeld (de gemiddelde waarden liggen vaak rond de 75-percentiel). De MNLSO-locaties met de hogere P-totaalconcentraties liggen in de veen- en kleigebieden, waar op een deel van de locaties in de zomer nalevering vanuit de waterbodem optreedt. Dit maakt de reactie op de extreem natte periode minder duidelijk voor het MNLSO als geheel, maar de P-totaal concentraties zijn vanaf oktober 2023 wel hoger dan in de jaren ervoor. De mediane P-totaalconcentratie stijgt snel tussen oktober en november 2023 en neemt daarna geleidelijk af (witte horizontale streepjes in Figuur 5.3). Ook in figuur 5.4 is zichtbaar dat de mediane P-totaal concentraties van januari tot en met juli 2024 duidelijk hoger zijn dan in 2022 en 2023. De 75-percentiel is in de wintermaanden wel duidelijk hoger in 2024, maar in de zomermaanden wisselt dat. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de invloed van nalevering op de locaties met hogere concentraties.

Particulair-P (P-organisch) is met mediane concentraties rond de 0,08 mg/l meestal de belangrijkste fractie (zie Bijlage B.1.2). Voor P-organisch zijn de mediane concentraties het meest verhoogd in november 2023 en maart 2024. In Bijlage B.3.2 is te zien dat de concentraties P-organisch in heel 2024 hoger zijn dan in 2022 en 2023. P-organisch kan via oppervlakkige afstroming in het oppervlaktewater komen, maar het is ook mogelijk dat opgelost fosfaat uitspoelt via het grondwater en in de waterlopen zelf wordt vastgelegd aan deeltjes (vooral ijzer(hydr)oxides, zie Van der Grift, 2017).

Het aandeel opgelost fosfaat (PO4) is lager dan P-organisch (mediane concentraties rond de 0,03 mg/l), maar de concentraties reageren ook duidelijk op de natte omstandigheden. De fosfaatconcentraties zijn van januari tot en met juli 2024 verhoogd ten opzichte van 2022 en 2023. Met hogere grondwaterstanden kan meer fosfaat vanuit de bodem vrijkomen en lateraal uitspoelen naar het oppervlaktewater.



Figuur 5.3: Boxplots met concentraties P-totaal per maand voor de periode 2021 tot en met 2024 voor het MNLSO als geheel.



Figuur 5.4: Boxplots met een vergelijking tussen de concentraties P-totaal per maand in 2024 met de concentraties van 2022 en 2023 voor het MNLSO als geheel.

5.2 Concentraties per maand per hoofdgrondsoort

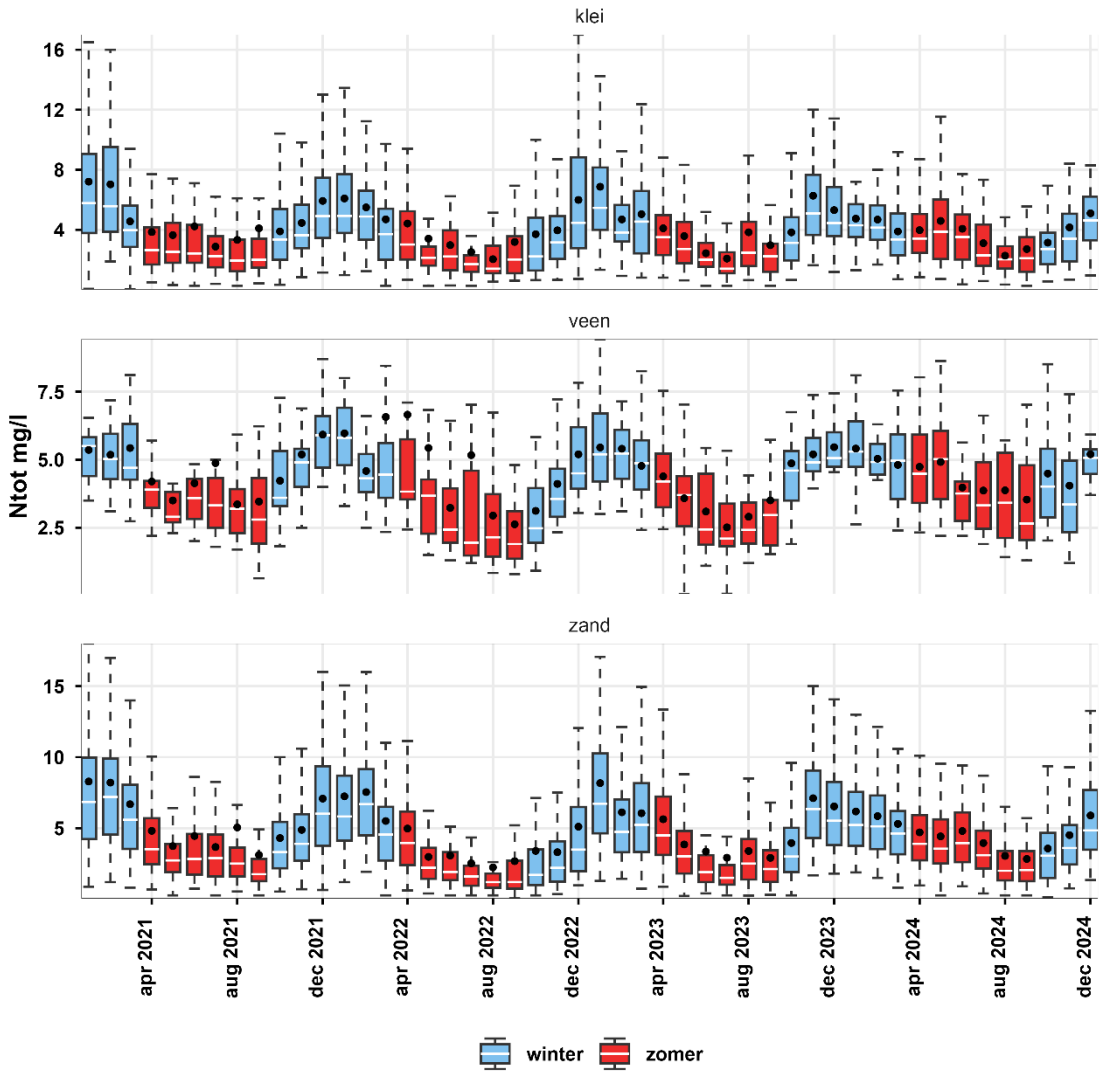
In Figuur 5.5 zijn boxplots per maand afgebeeld van de concentraties N-totaal uitgesplitst voor de hoofdgrondsoorten klei, veen en zand. In Bijlage B.2.1 zijn deze figuren ook weergegeven voor de deelparameters NO3, NH4 en N-organisch. Figuur 5.6 geeft per grondsoort de vergelijking van de concentraties per maand in 2024 met die in 2022-2023. Voor de deelparameters zijn deze figuren opgenomen in Bijlage B.4.1.

De reacties van de verschillende grondsoorten lijken voor N-totaal sterk op elkaar, maar er zijn subtiele verschillen. De klei- en zandlocaties volgen het landelijke beeld, terwijl de veenlocaties eerder (in oktober 2023) verhoogd zijn en in het voorjaar al eerder weer lager worden (vanaf juni). De klei- en zandgebieden reageren wat trager, de concentraties gaan in november pas omhoog en in het voorjaar blijven de concentraties langer verhoogd. Mogelijk heeft dit te maken met de dikkere onverzadigde zone in zand- en kleigebieden, waardoor de extremen meer gebufferd worden.

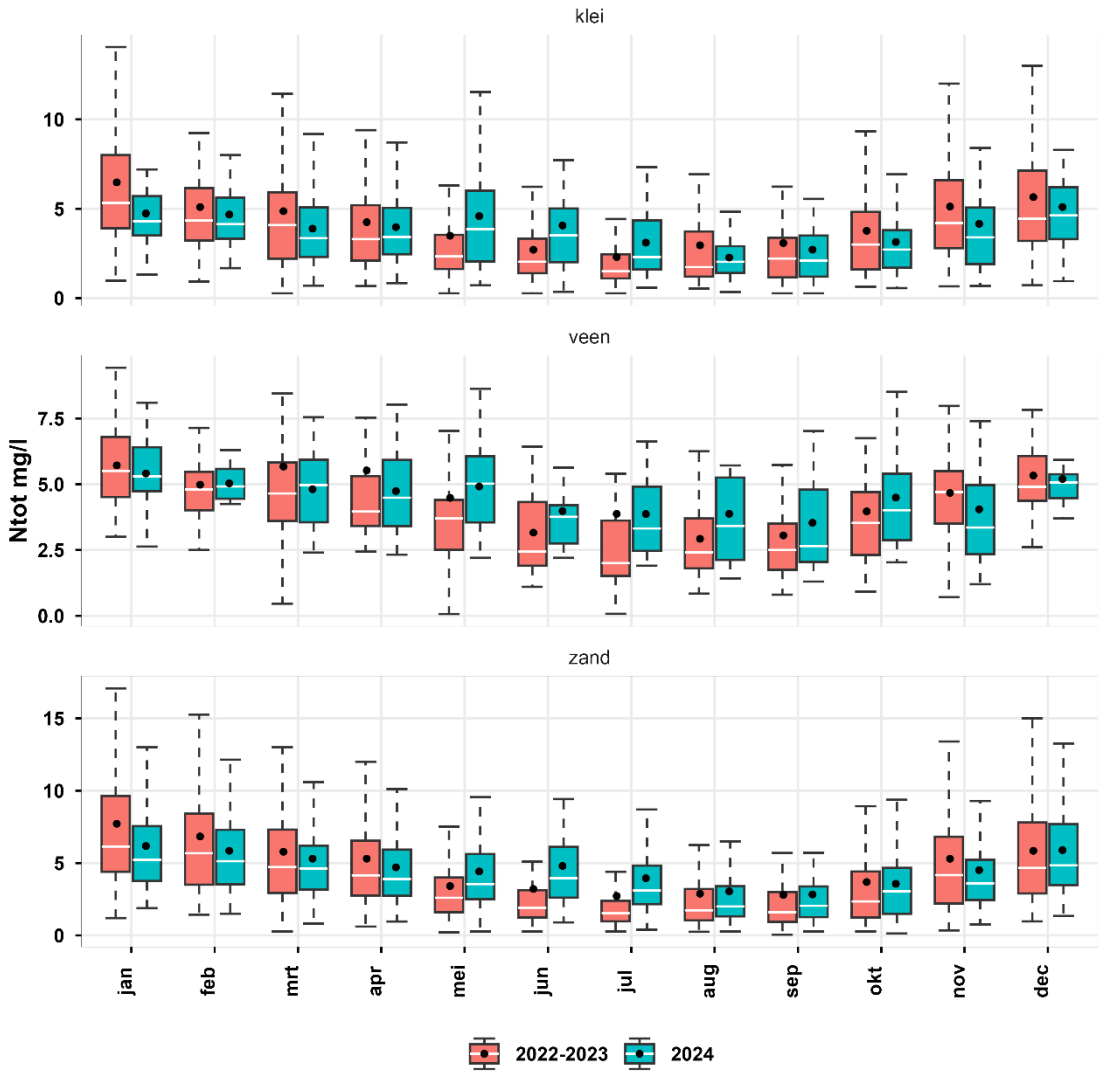
Uit de figuren per deelcomponent (Bijlage B.2.1) blijkt dat op alle grondsoorten hogere nitraatconcentraties gemeten zijn in het voorjaar. Op klei en veen zijn de nitraatconcentraties in april en mei 2024 hoger dan in 2022 en 2023. Van juli tot en met september zijn de nitraatconcentraties op klei en veen net als in andere jaren bijna 0 mg/l. Op zand ijlt de verhoging in de nitraatconcentraties langer na en zijn de concentraties ook in juni 2024 verhoogd. Op alle grondsoorten zijn de nitraatconcentraties in januari tot en met maart 2024 juist wat lager dan in de eerdere jaren, doordat er al eerder een groot deel van de bodemvoorraad is uitgespoeld. Dit verschil is voor klei en veen groter dan voor zand.

Voor ammonium volgen alle grondsoorten het landelijke beeld met verhoogde concentraties in de winter. Vooral in het zandgebied zijn de ammoniumconcentraties gedurende de gehele natte periode verhoogd ten opzichte van andere jaren. In het klei- en vooral het veengebied vallen de verhoogde concentraties in mei 2024 op (ten opzichte van april 2024), die ook in het landelijke beeld terugkwam. In het zandgebied zijn de ammoniumconcentraties in mei niet verhoogd en ook voor nitraat en N-organisch treedt deze mei-piek niet op. Waarschijnlijk heeft de mei-piek in ammoniumconcentraties op klei en veen te maken met de combinatie van recent bemeste percelen en het optreden van snelle routes naar het oppervlaktewater.

De reactie van N-organisch op de natte condities is vooral voor het klei- en veengebied niet duidelijk. In die gebieden zijn de concentraties ook hoger in de vroege zomer dan in de winter en speelt de groei en stikstofopname van algen waarschijnlijk een dominante rol. In het kleigebied zijn de concentraties N-organisch in 2024 zelfs lager dan in 2022 en 2023. In het veengebied zijn de concentraties in 2024 wel iets verhoogd. In het zandgebied lijkt de reactie van N-organisch meer op het patroon in N-totaal, met verhoogde concentraties vanaf oktober 2023 en langzaam afnemende concentraties tot en met het voorjaar van 2024. Tot juli zijn de concentraties in 2024 hoger dan in 2022 en 2023.



Figuur 5.5: Boxplots per grondsoort met concentraties N-totaal per maand voor de periode 2021 tot en met 2024.

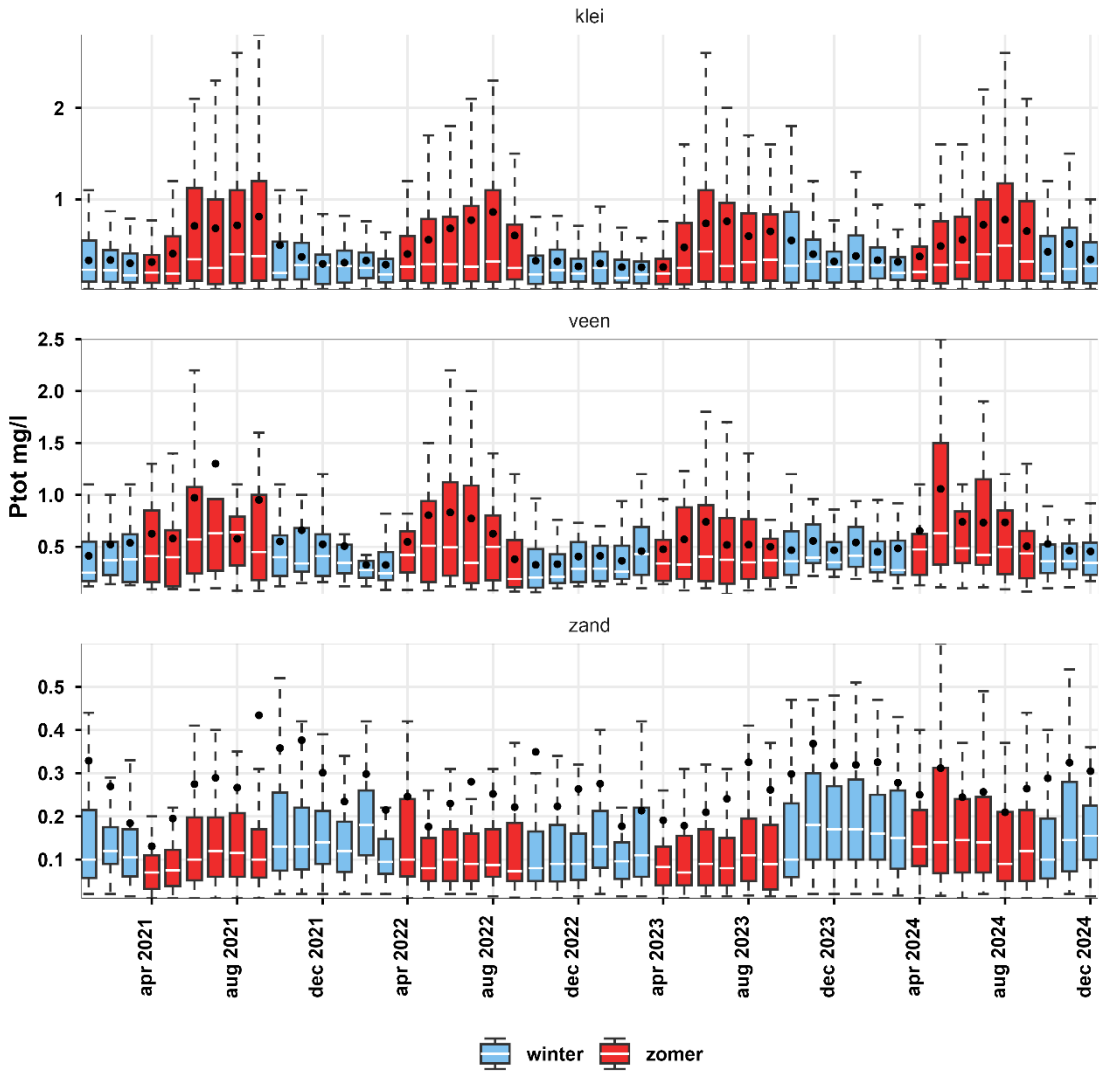


Figuur 5.6: Boxplots per grondsoort met een vergelijking tussen de concentraties N-totaal per maand in 2024 met de concentraties van 2022 en 2023.

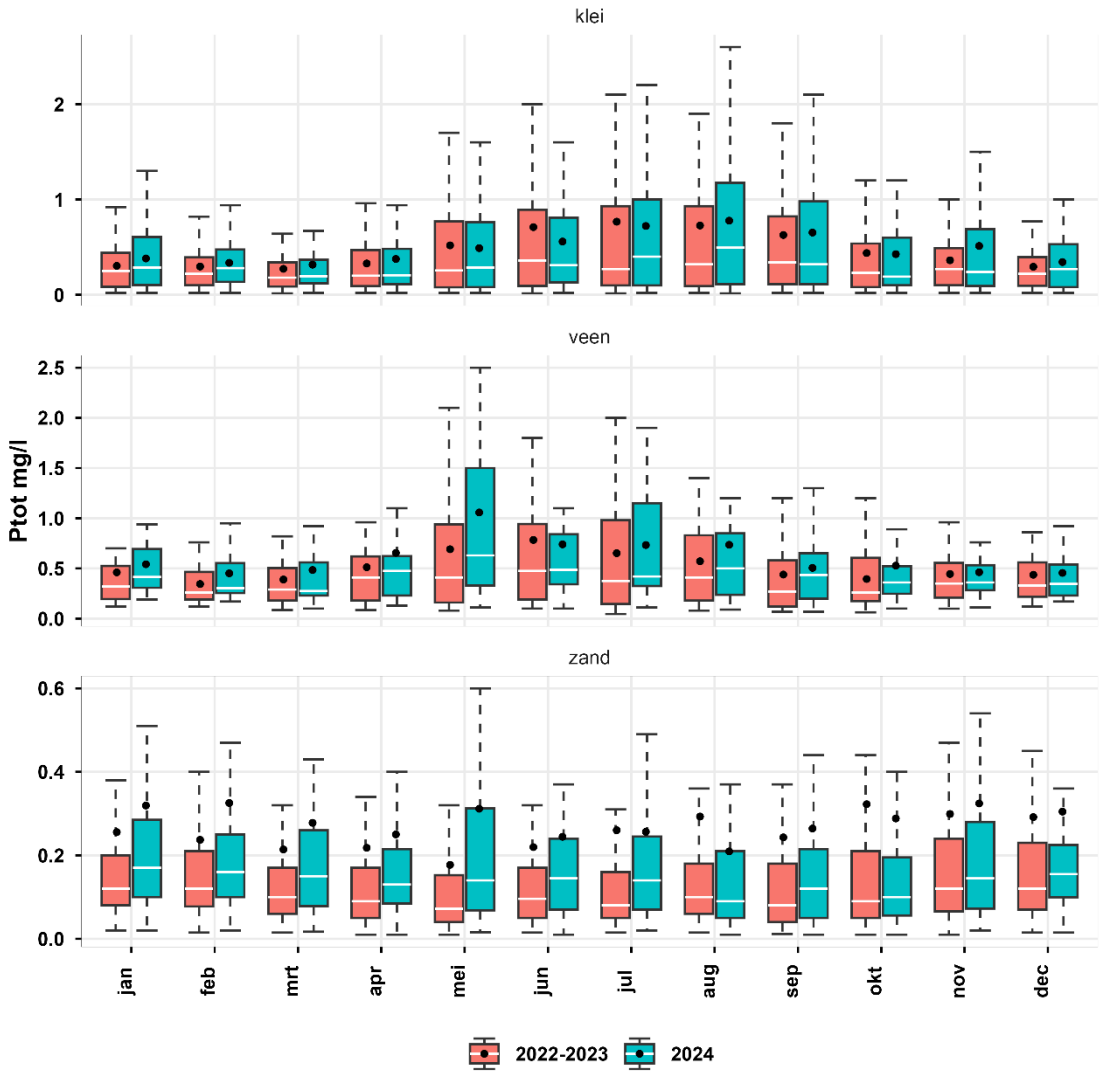
In Figuur 5.7 zijn boxplots per maand afgebeeld van de concentraties P-totaal uitgesplitst voor de hoofdgrondsoorten klei, veen en zand. In Bijlage B.2.2 zijn deze figuren ook weergegeven voor de deelparameters PO4 en P-organisch. Figuur 5.8 geeft per grondsoort de vergelijking van de concentraties per maand in 2024 met die in 2022-2023. Voor de deelparameters zijn deze figuren opgenomen in Bijlage B.4.2.

De P-totaalconcentraties in de kleigebieden reageren in de kleigebieden nauwelijks op de natte condities van oktober 2023 tot en met mei 2024. Net als in de veengebieden zijn de concentraties het hoogst in de zomer door nalevering vanuit de waterbodem. In de veengebieden zijn de P-totaalconcentraties iets verhoogd in de winter van 2023-2024 en in het voorjaar van 2024. In het veengebied springt mei 2024 eruit met verhoogde concentraties ten opzichte van de maand ervoor (net als voor N-totaal). In het zandgebied zijn de P-totaalconcentraties over het algemeen veel lager dan in de klei- en veengebieden, maar de reactie op de natte omstandigheden is hier het sterkst. De concentraties zijn van november 2023 tot en met juli 2024 duidelijk hoger dan in de voorgaande jaren.

Ook voor de deelcomponenten fosfaat (PO4) en particulair fosfor (P-organisch) is er in het kleigebied geen duidelijke reactie op de natte omstandigheden. Het patroon met verhoogde fosfaatconcentraties in de zomer is dominant. De verhoogde concentraties voor de voorbeeldlocatie voor klei in het Land van Maas en Waal (met voor name P-organisch, zie hoofdstuk 4) is kennelijk een uitzondering. In het veengebied zijn vooral de concentraties P-organisch gedurende de hele zomer van 2024 hoger dan in de voorgaande zomers. Voor fosfaat zijn de verschillen kleiner, alleen in mei 2024 zijn de concentraties opgelost fosfaat verhoogd. In het zandgebied zijn de opgelost fosfaatconcentraties wel duidelijk hoger gedurende de natte periode tot en met juli. De reactie van fosfaat in de zandgebieden lijkt op die van N-totaal en nitraat; met een snelle toename tussen oktober en november 2023 en vervolgens een langzame afname met verhoogde concentraties tot en met juli 2024. Fosfaat kan bij hogere grondwaterstanden vanuit de bodem in oplossing gaan en uitspoelen. De concentraties P-organisch zijn ook wat verhoogd, maar minder duidelijk dan die voor opgelost fosfaat.



Figuur 5.7: Boxplots per grondsoort met concentraties P-totaal per maand voor de periode 2021 tot en met 2024.



Figuur 5.6: Boxplots per grondsoort met een vergelijking tussen de concentraties P-totaal per maand in 2024 met de concentraties van 2022 en 2023.

6 Discussie

In deze memo is ingegaan op de effecten van de extreem natte weersomstandigheden van oktober 2023 tot en met juni 2024 op de nutriëntenconcentraties in de landbouwspecifieke oppervlaktewateren van het MNLSO. Dit is van belang gezien de mogelijke effecten op de aquatische ecologie en het doelbereik, ook voor de KRW waterlichamen. Daarnaast is de verwachting dat dit soort extreme weersomstandigheden in de toekomst vaker voor zullen komen.

Door nader in te zoomen op de KNMI-weergegevens was vast te stellen hoe extreem de natte periode was en hoe deze was verdeeld over tijd en ruimte. Over de periode oktober 2023 tot en met juni 2024 waren de neerslaghoeveelheden in De Bilt zeer extreem. Nog nooit eerder in de meethistorie is zo'n hoeveelheid neerslag gevallen. Het was zelfs 33% natter dan de op een na natste periode in de meethistorie (oktober 1998 t/m mei 1999). Binnen de natte periode was maart 2024 niet natter dan in andere jaren. In het noorden (Friesland, Groningen, Drenthe) was het in het voorjaar (vooral in mei) veel minder nat dan in de rest van Nederland.

De analyses van de waterkwaliteitsgegevens laten zien dat er over het gehele MNLSO verhoogde concentraties stikstof en fosfor voorkomen. Dit heeft ook geleid tot extra overschrijdingen van de waterschapsnormen vooral voor N-totaal. Waar gemiddeld ongeveer de helft van de MNLSO-locaties niet voldoet, was dit voor het zomer halfjaar van 2024 71% van de locaties voor N-totaal en 57% voor P-totaal.

Er zijn grote verschillen tussen regio's, grondsoorten, deelparameters en individuele locaties. Veel locaties volgen het landelijke beeld met verhoogde concentraties, maar in een deel van de MNLSO-stroomgebieden was het weer minder nat en in een deel zijn vooral voor P-totaal en andere processen dominant. In het noorden was vooral het voorjaar relatief minder nat en is de verhoging van de N-totaalconcentraties beperkt. In veel veen- en kleipolders is voor fosfor de nalevering vanuit de waterbodem belangrijker voor de concentratiedynamiek.

Voor het MNLSO als geheel zien we voor zowel klei-, veen-, als zand een snelle verhoging van de N-totaalconcentraties meteen in oktober (veen) en november (klei en zand) 2024. Deze verhoging bestaat voornamelijk uit nitraat. Het veengebied reageert mogelijk sneller door de hogere grondwaterstanden, waardoor er minder bergingsruimte is voor de extreme neerslag in oktober.

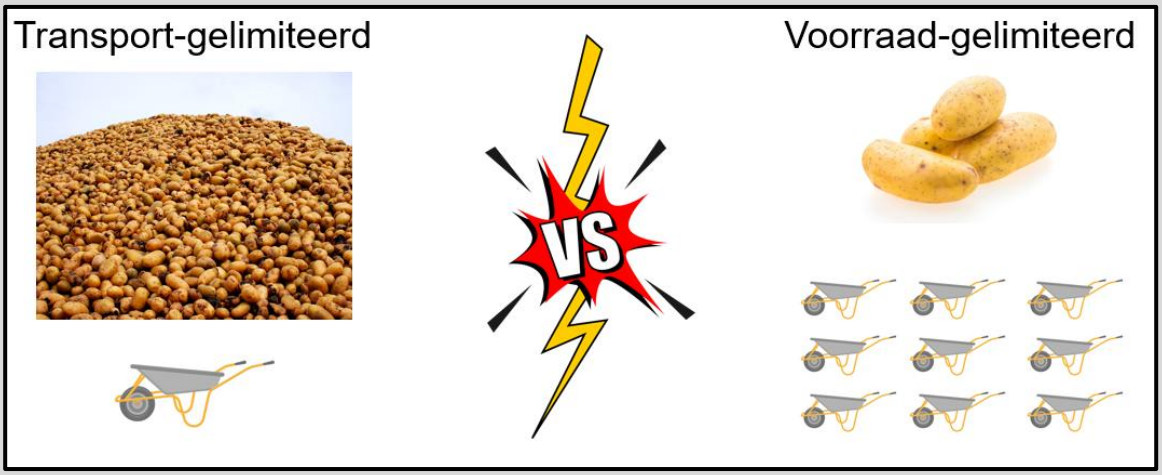
In de winter van 2023-2024 zijn de N-totaalconcentraties en de nitraatconcentraties niet extreem hoog; veel van het beschikbare stikstof in de bodem is dan al uitgespoeld. Pas in mei, juni en juli 2024 zien we weer verhoogde concentraties N-totaal en nitraat. De stikstofvoorraad in de bodem is dan weer aangevuld door de nieuwe bemesting. In minder natte jaren zien we dat de stikstof- en nitraatconcentraties hetzelfde seizoenspatroon laten zien als de grondwaterstanden. Het nitraattransport is dan transport-gelimiteerd; er is nog voldoende stikstof aanwezig in de bodem, maar dat spoelt pas uit als er voldoende neerslag is (zie ook kader 'Transport-gelimiteerd versus voorraad-gelimiteerd nutriëntentransport'). In de extreem natte condities in de winter van 2023-2024 is de stikstofvoorraad al snel uitgeput en is het nitraattransport voorraad-gelimiteerd; er is minder stikstof in de bodem aanwezig waardoor de concentraties ondanks de natte omstandigheden niet erg hoog zijn. Als de voorraad weer is aangevuld in het voorjaar met de nieuwe bemesting wordt het normaal gesproken droger en spoelt er weinig uit (transport-limitatie). Aanvankelijk is het in maart 2024 ook droger, maar vervolgens zijn april en vooral mei 2024 weer extreem nat (met uitzondering van Noord-Nederland), waardoor er veel nitraatuitspoeling optreedt.

Kader: Transport-gelimiteerd versus voorraad-gelimiteerd nutriëntentransport

In de wetenschappelijke literatuur wordt bij onderzoek naar de dynamiek in nutriëntenconcentraties vaak onderscheid gemaakt in transport-gelimiteerde (transport-limited) en voorraad-gelimiteerde (supply-limited) situaties (e.g. Plach et al., 2018).

Bij transport-limitatie is er een grote voorraad aanwezig, maar zijn is de transportcapaciteit beperkt. In de figuur hieronder wordt dat gevisualiseerd als een grote berg aardappelen en maar 1 kruiwagen voor het vervoer. Vertaald naar waterkwaliteit is er bij transport-limitatie veel nitraat in de bodem aanwezig (Nmin), maar er is weinig water (regenwater of grondwater) om dit nitraat naar grondwater of oppervlaktewater te transporteren. Zodra de hoeveelheid water en daarmee de transportcapaciteit toeneemt, spoelt er meer nitraat uit.

Bij voorraad-limitatie is er voldoende transportcapaciteit, maar is de voorraad beperkt. In de onderstaande figuur is dit weergegeven als een kleine hoeveelheid aardappels waarvoor een overdaad aan kruiwagens beschikbaar is. Dit is te vertalen naar een situatie waarbij er veel regenwater en grondwater beschikbaar is voor nitraattransport, maar er te weinig nitraat in de bodem om uit te spoelen. Zodra de voorraad aangevuld wordt, neemt de nitraatuitspoeling toe.



Figuur Kader: Visuele uitleg transport-limitatie en voorraad-limitatie (zie kadertekst voor uitleg)

Transport-limitatie en voorraad-limitatie kunnen op 1 locatie beiden voorkomen afhankelijk van het landgebruik en het weer. In de zomer en in het najaar is de bodemvoorraad groot, maar is er door het neerslagtekort weinig uitspoeling (transport-limitatie). In de winter is de netto neerslag hoger en spoelt de overgebleven bodemvoorraad uit. Er kan dan ook voorraad-limitatie ontstaan als er na veel uitspoeling weinig stikstof in de bodem over is. Na de voorjaarsbemesting is de voorraad weer aangevuld, maar ontstaat er door drogere omstandigheden vaak weer een transportlimitatie. De nitraatverliezen in de winter zijn te minimaliseren door in het najaar voor een voorraadlimitatie te zorgen (lage bodemvoorraad). In het voorjaar zijn de nitraatverliezen te minimaliseren door de bodemvoorraad pas aan te vullen als er door lagere grondwaterstanden en meer verdamping transport-limitatie optreedt.

Voor totaal-fosfor is de bodemvoorraad constanter dan voor stikstof en is er vooral sprake van transport-limitatie. Hierbij speelt wel ook de chemische beschikbaarheid van het fosfor voor transport een rol. Gebonden fosfor kan bij extreem natte omstandigheden via oppervlakkige afstroming het oppervlaktewater bereiken. Om via het grondwater uit te spoelen moet het gebonden fosfor eerst oplossen onder invloed van de pH en redox-condities in de bodem.

Voor ammonium verschilt de reactie op de natte omstandigheden tussen de hoofdgrondsoorten. Ammonium spoelt vooral uit via snelle routes (oppervlakkige afstroming of preferente stroming). Als water met ammonium door de ondergrond stroomt, wordt het ammonium vastgelegd of omgezet naar nitraat (nitrificatie). In het MNLSO waren in de winter de ammoniumconcentraties in het zandgebied verhoogd. In het veen- en kleigebied zijn de ammoniumconcentraties ook hoger in de winter, maar niet hoger dan in andere jaren. Wat voor de klei- en veengebieden wel opvalt zijn de verhoogde concentraties in mei 2024. Waarschijnlijk heeft dit te maken met de combinatie van vers bemeste percelen met extreem natte condities en relatief veel snelle routes naar het oppervlaktewater.

Voor P-totaal en fosfaat waren de concentraties vooral verhoogd in de zandgebieden. Deze verhoging in de concentraties opgelost fosfaat is gelinkt aan de verhoogde grondwaterstanden in het zandgebied. Fosfor in de bodem is voornamelijk in hoge gehaltes aanwezig in de bouwvoor en vlak daaronder. Voor een deel van de percelen stijgen de grondwaterstand tijdens nat weer tot in deze met fosfor verrijkte bovenste bodemlagen. Fosfaat kan dan in oplossing gaan en lateraal met het grondwater uitspoelen naar het oppervlaktewater. Dit is bijvoorbeeld op bedrijfsniveau eerder waargenomen op een veehouderij op zand waar met waterconservering verhoogde grondwaterstanden voor extra fosfaattransport zorgde (Rozemeijer et al., 2022).

Particulair-P (P-organisch) reageert minder sterk op de natte weerscondities. In sommige maanden is P-organisch in 2024 wel wat verhoogd ten opzichte van andere jaren (bijv. in april tot en met mei in het veen- en zandgebied). Direct transport van particulair-P kan vooral plaatsvinden via oppervlakkige afstroming. Het is echter ook mogelijk dat opgelost fosfaat dat via het grondwater uitspoelt in het oppervlaktewater wordt gebonden aan ijzer(hydr)oxiden en na het opwervelen van de waterbodem als particulair P gemeten wordt (Van der Grift, 2017).

7 Conclusies

In deze memo is een analyse gepresenteerd extreem natte periode van oktober 2023 tot en met mei 2024 en de effecten daarvan op de nutriëntenconcentraties in de landbouwspecifieke oppervlaktewateren van het MNSLO. Uit deze analyse trekken we de volgende conclusies over de effecten op de nutriëntenconcentraties:

- De neerslaghoeveelheden waren zeer extreem van oktober 2023 tot en met mei 2024; het was in de meethistorie van De Bilt (sinds 1906) in deze periode niet eerder zo nat.
- De individuele MNLSO locaties verschillen in hoe de nutriëntenconcentraties hebben gereageerd op de natte condities.
- In het MNLSO als geheel zijn de concentraties N en P verhoogd, met als gevolg dat er vooral voor N meer overschrijdingen van de waterschapsnorm waren voor het zomerhalfjaar van 2024.
- De concentraties N-totaal en nitraat zijn op alle hoofdgrondsoorten snel gestegen in oktober en november 2023, vervolgens waren de winterconcentraties lager dan in voorgaande jaren, maar waren de voorjaarsconcentraties (mei, juni, juli) juist flink hoger.
- Voor stikstof duidt het concentratiepatroon op het ontstaan van een voorraad-limitatie in de winter (er is na het natte najaar minder stikstof over in de bodem), maar na het aanvullen van de bodemvoorraad ontstaan verhoogde voorjaarsconcentraties.
- De ammoniumconcentraties zijn in de klei- en veengebieden alleen in mei 2024 duidelijk hoger dan normaal; in de zandgebieden zijn de ammoniumconcentraties in de gehele winter 2023-2024 verhoogd.
- De concentraties P-totaal en fosfaat zijn met name in het zandgebied verhoogd ten opzichte van eerdere jaren.

Weersextremen zullen een steeds grotere rol gaan spelen in de toekomst. De resultaten van deze analyse laten zien dat dit ook voor het nutriëntentransport en daarmee voor de aquatische ecologie in de ontvangende wateren belangrijke consequenties heeft. Grote verliezen van nutriënten vanuit landbouwgebieden naar het oppervlaktewater in natte omstandigheden zijn te voorkomen door:

- Het vasthouden (bufferen) van extreme neerslag in de percelen en sloten, waarmee ook nutriënten in de percelen blijven en later nog ten goede kunnen komen aan de gewasgroei.
- Het voorkomen van een grote bodemvoorraad stikstof (N-mineraal) op momenten met veel neerslag en hoge grondwaterstanden. Enerzijds betreft dit de stikstof-residuen in het najaar, maar deze analyse laat zien dat ook in het voorjaar het risico op verliezen groot kan zijn.
- Het voorkomen dat de grondwaterstanden langdurig tot in de bouwvoor komen zodat fosfor gemobiliseerd wordt, vooral op akkerbouwpercelen in de zandgebieden met een hoge bodemvoorraad.

8 Referenties

Claessens, J., et al., 2024. Agricultural practices and water quality in the Netherlands: Status (2020–2023) and trends (1992–2023). The 2024 Nitrate Report with the results of the monitoring of the effects of the EU Nitrates Directive Action Programmes. RIVM Report 2024-0209.

Plach, J. M., Macrae, M. L., Ali, G. A., Brunke, R. R., English, M. C., Ferguson, G., ... & Van Esbroeck, C. J., 2018. Supply and transport limitations on phosphorus losses from agricultural fields in the lower Great Lakes region, Canada. Journal of Environmental Quality, 47.

Osté, L., A. de Jong, 2021. Actieplan Ammonium: hoe reduceren we de problemen met ammonium? Deltares-memo 11205268-015-BGS-0001.

Ouwerkerk, K., Rozemeijer, J., Gommans, K., 2025. Update toestand en trend MNLSO tot en met 2024. Deltares memo.

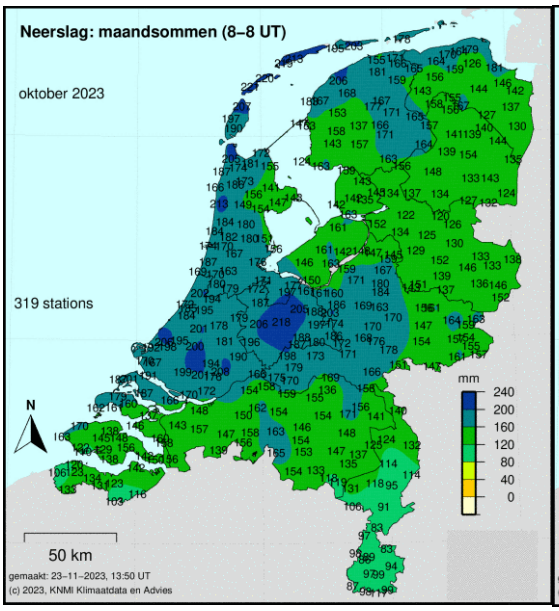
Ouwerkerk, K., Rozemeijer, J., Gommans, K., 2024. Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater. Toestand en trends tot en met 2023. Deltares-rapport 11210346-004-ZWS-0001.

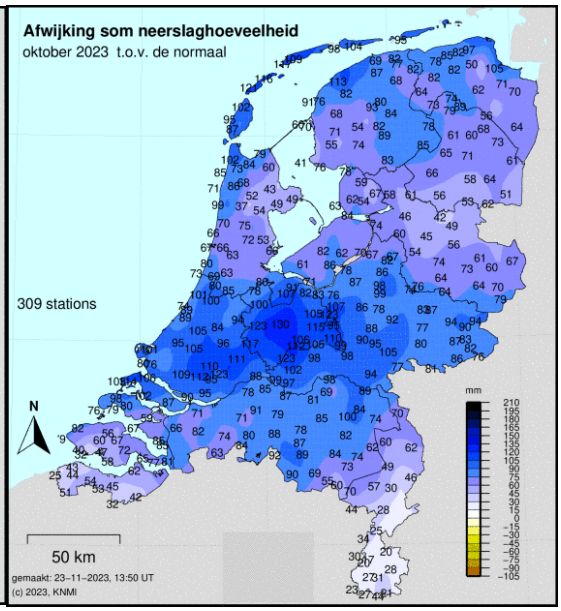
Rozemeijer, J.C., Barcala Paolillo, V., Van den Meiracker, R., Van der Grift, B., Gerner, L., 2022. Nutriëntenstromen in kaart voor landbouwmaatregelen. Detailmetingen op een melkveebedrijf bij Winterswijk. Deltares-rapport 11204660-000-BGS-0001.

Van der Grift, B., 2017. Geochemical and hydrodynamic phosphorus retention mechanisms in lowland catchments. Proefschrift Universiteit Utrecht.

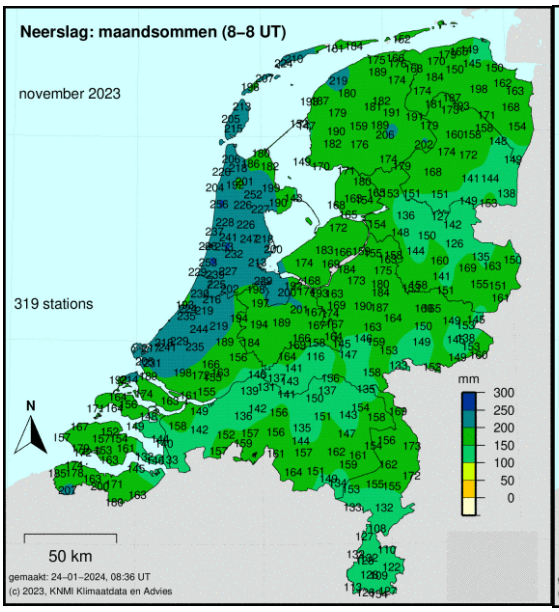
A Bijlage A

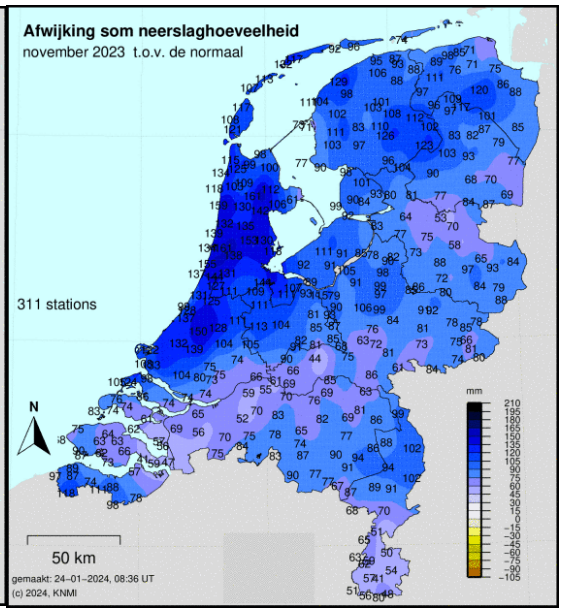
Oktober 2023



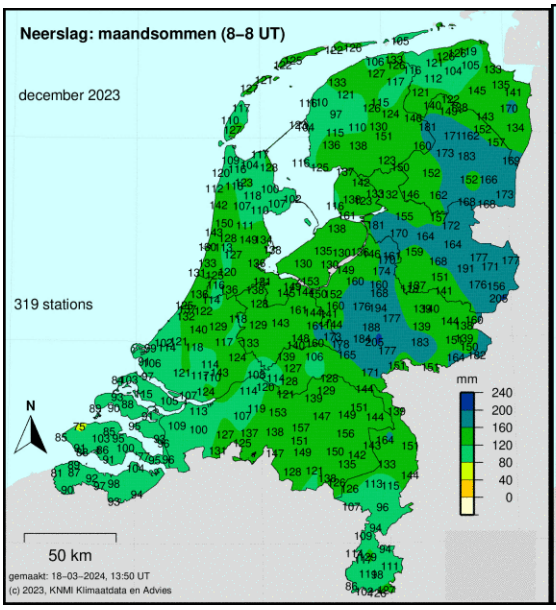


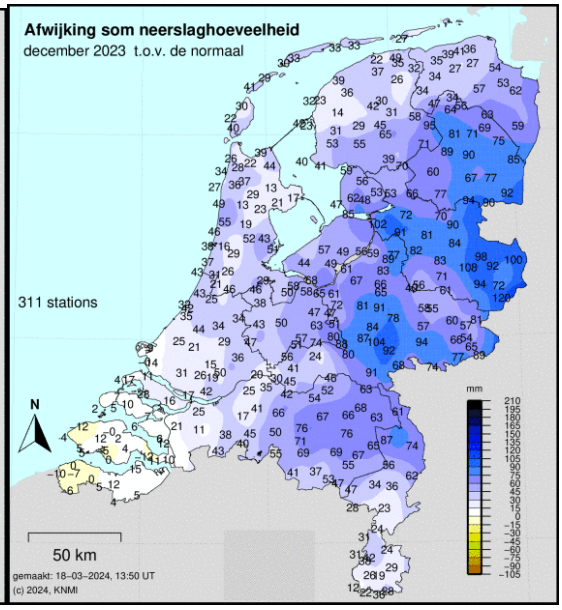
November 2023



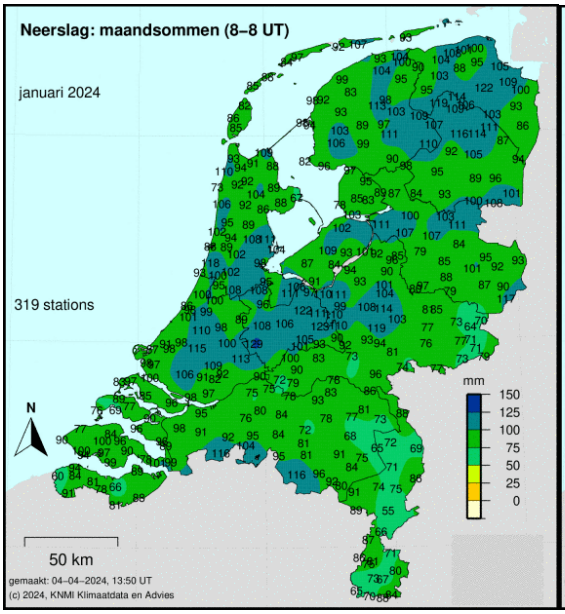


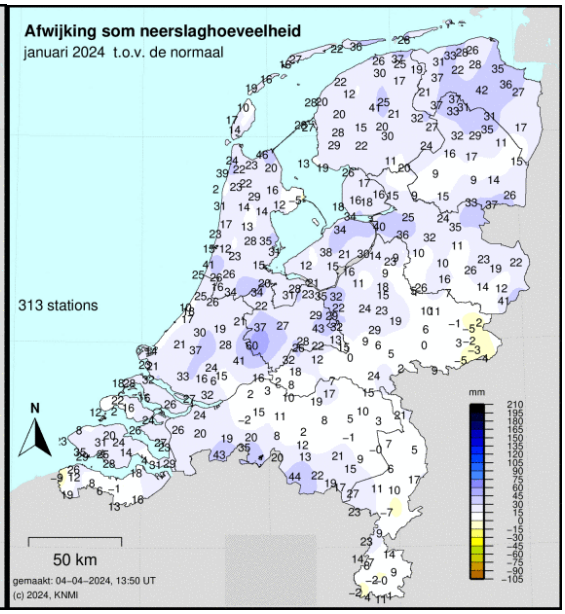
December 2023



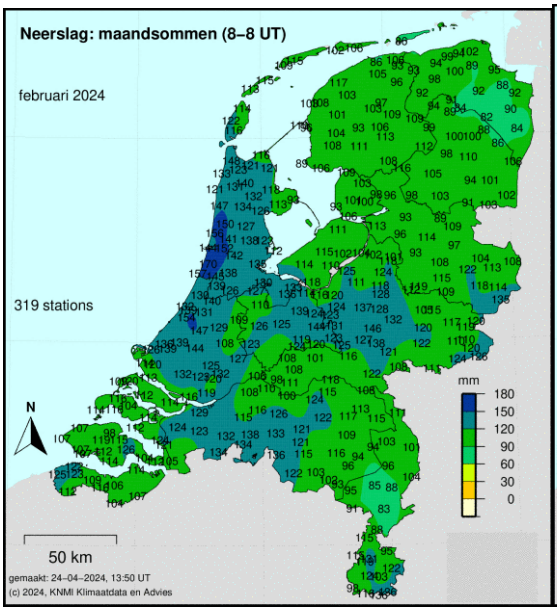


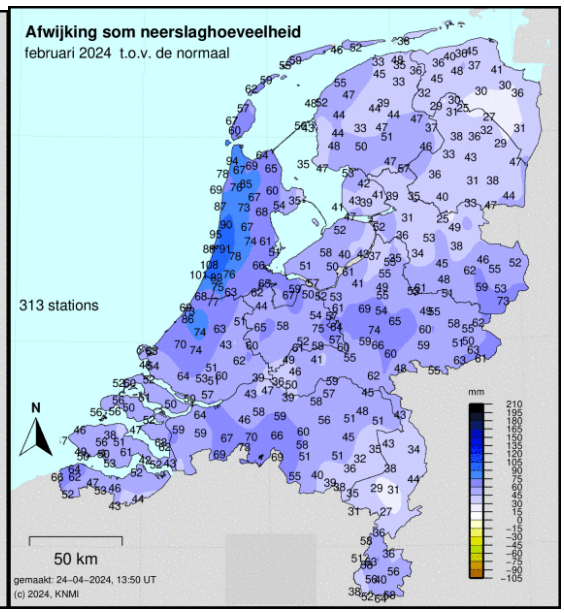
Januari 2024



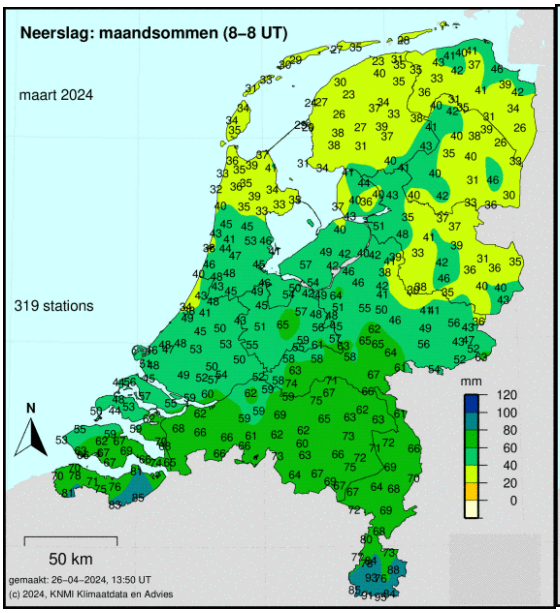


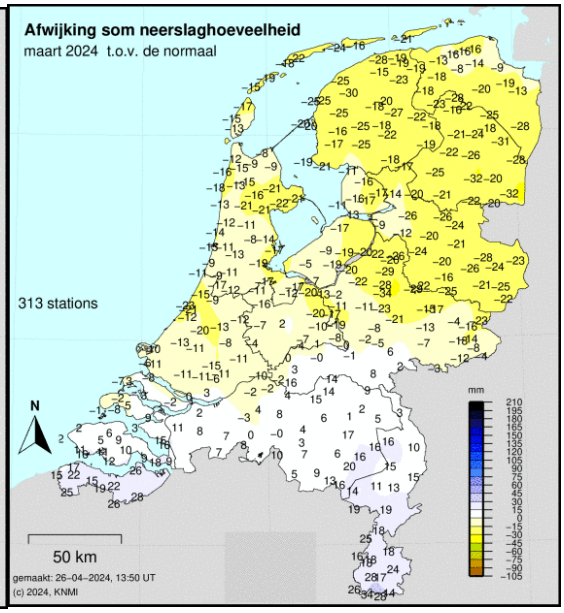
Februari 2024



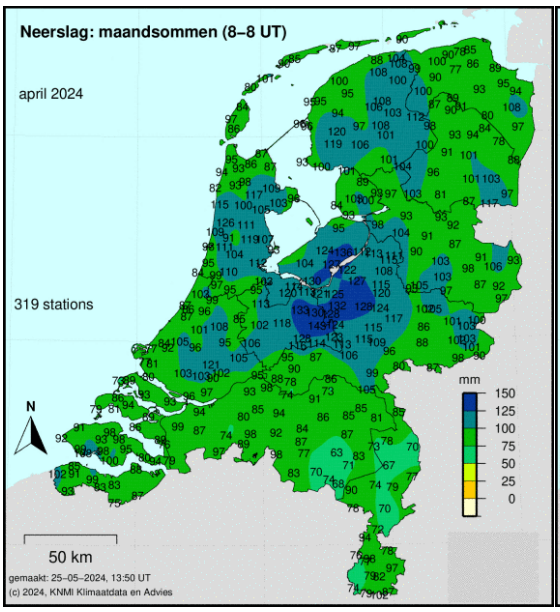


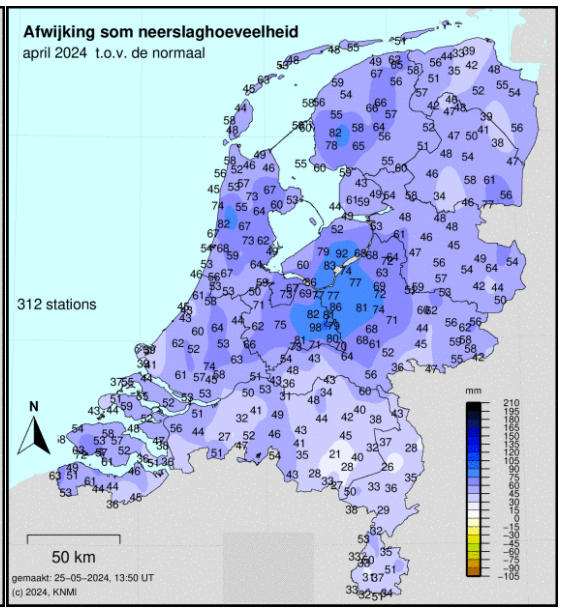
Maart 2024



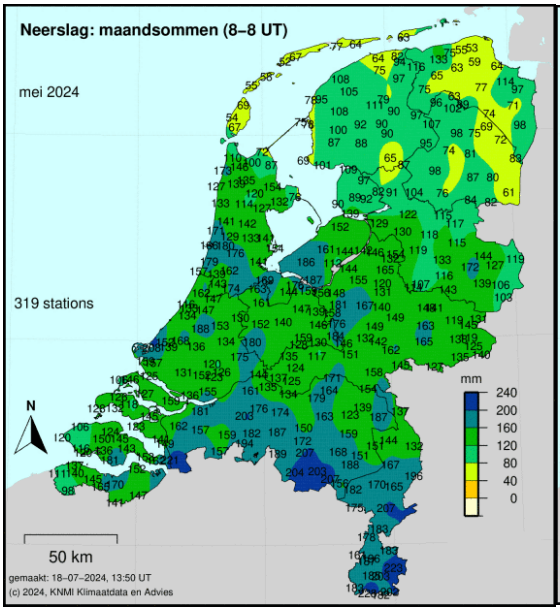


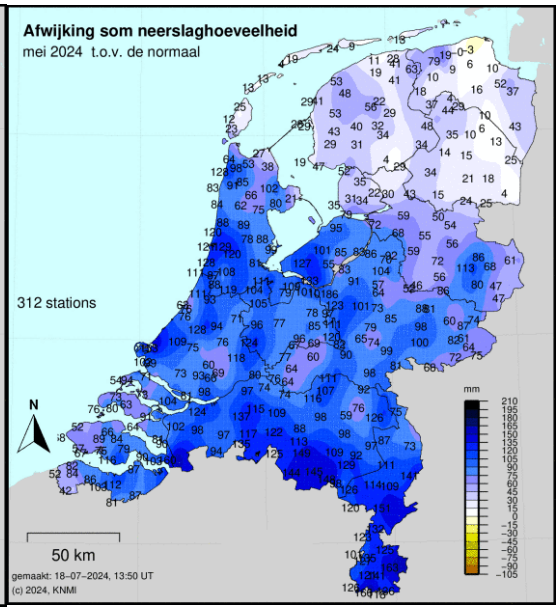
April 2024





Mei 2024

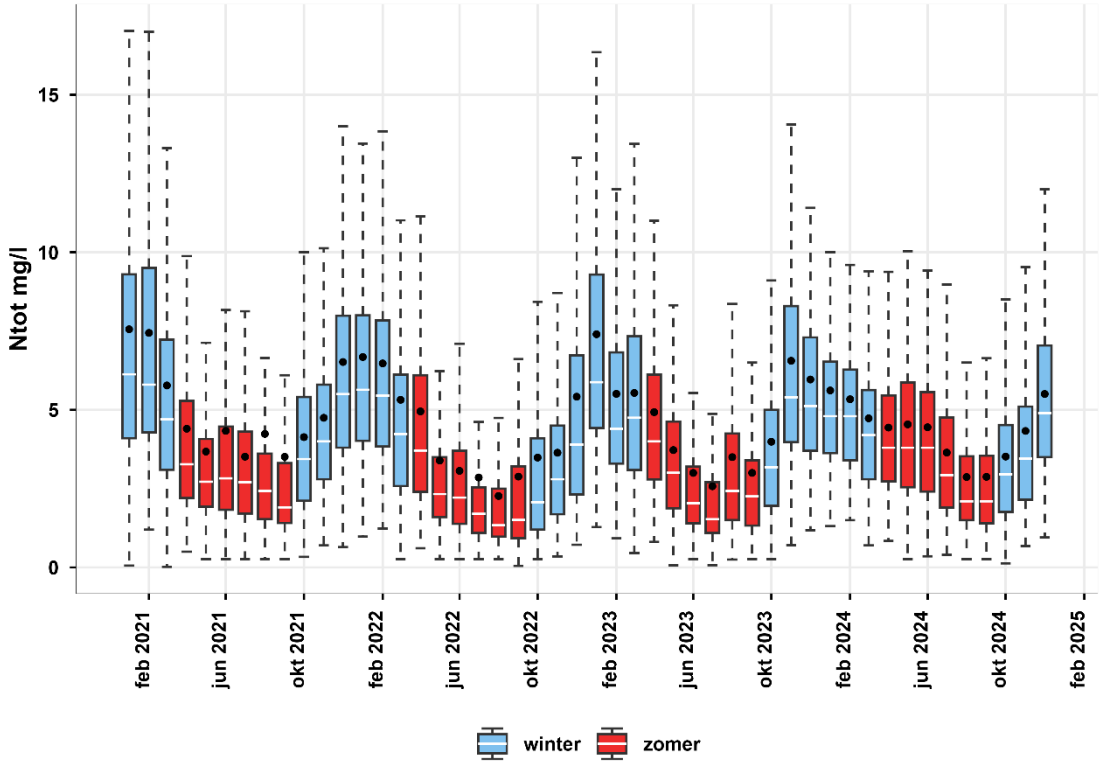


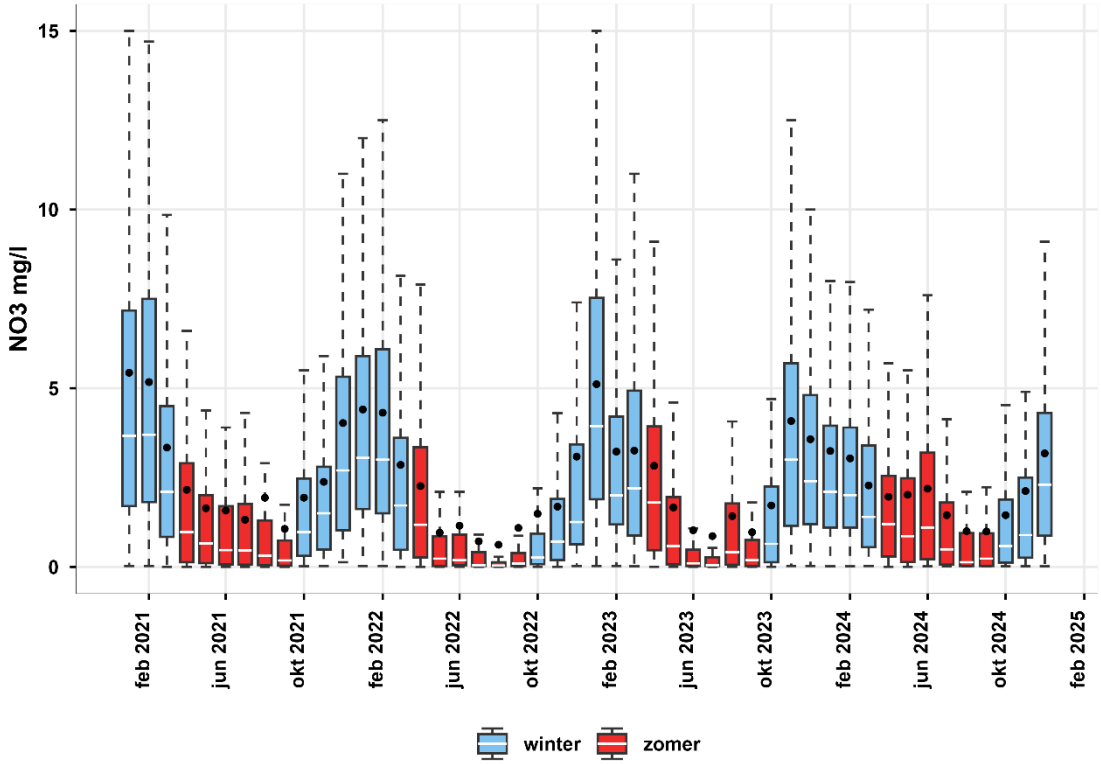


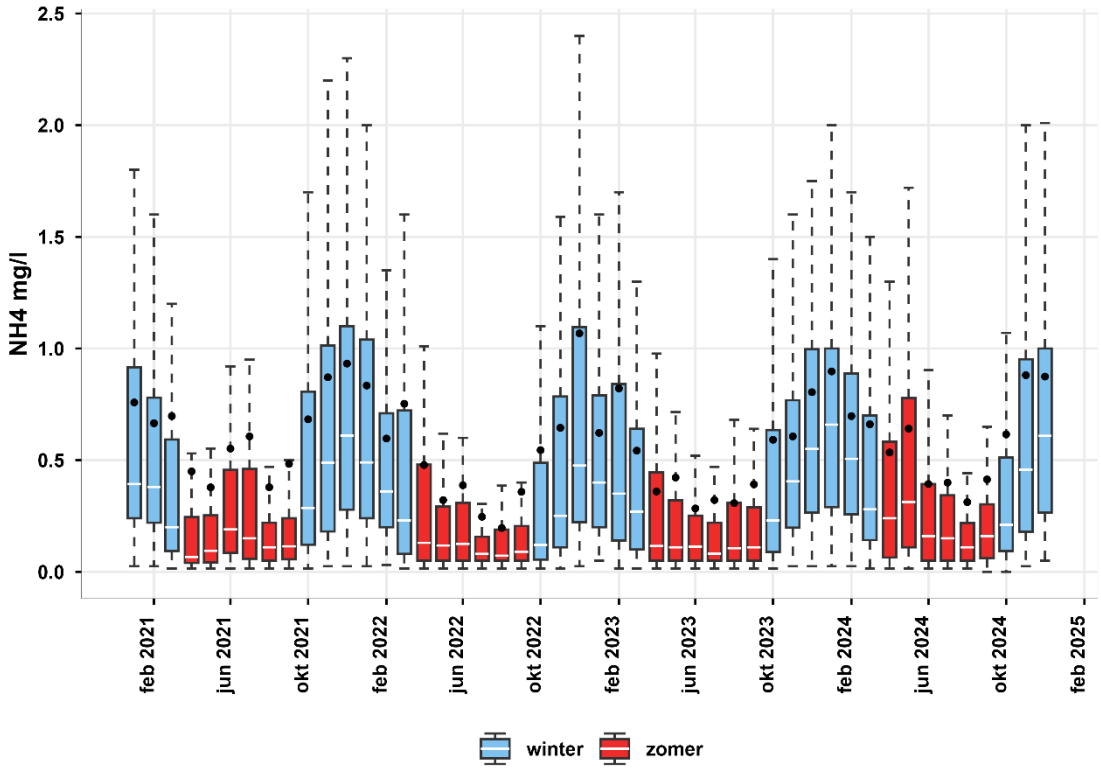
B Bijlage B

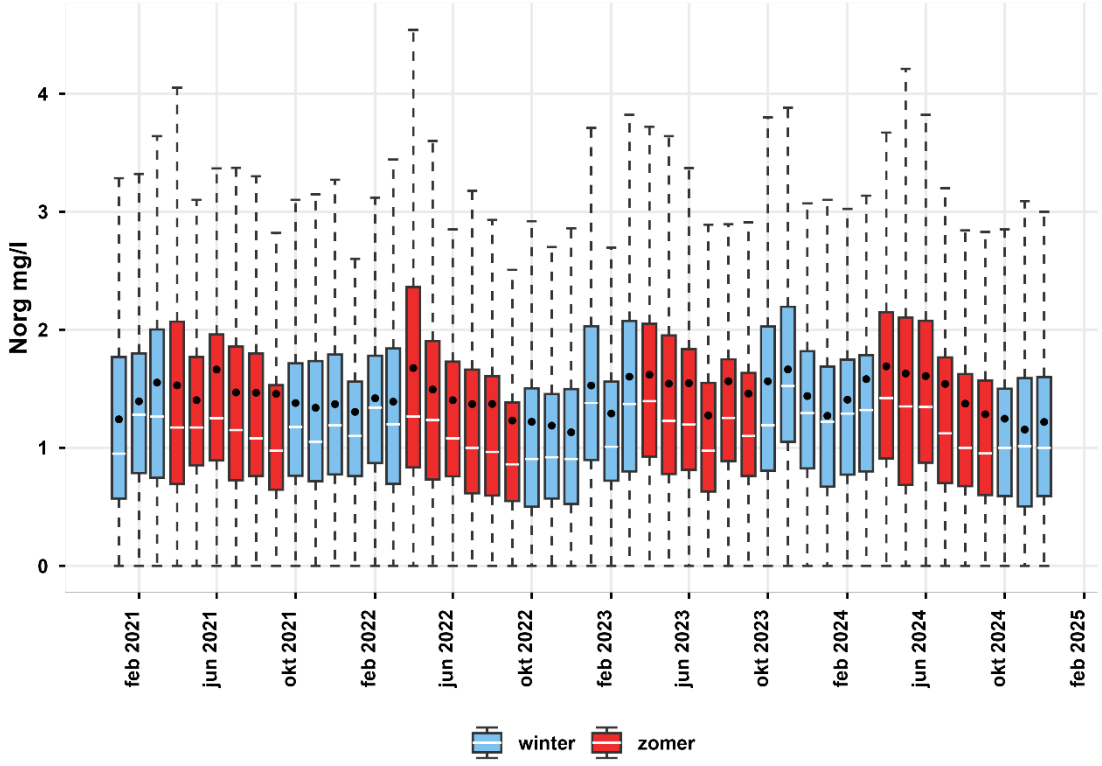
B.1 Boxplots per maand landelijk

B.1.1 Stikstof en deelparameters

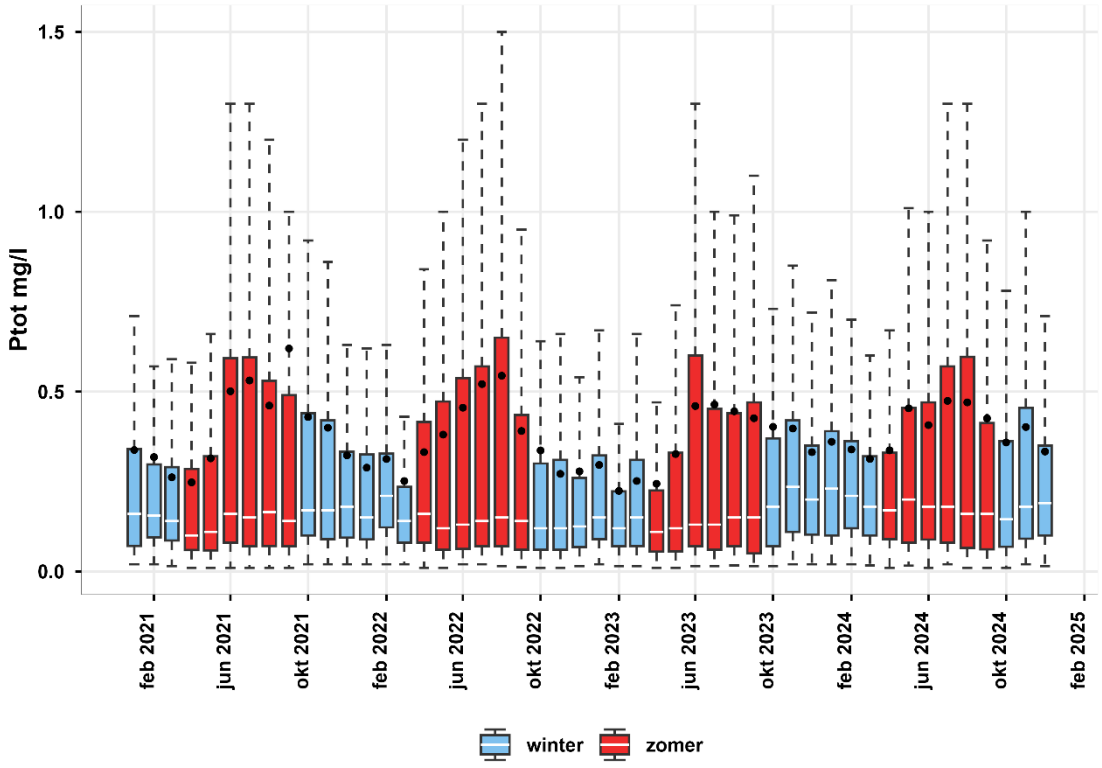


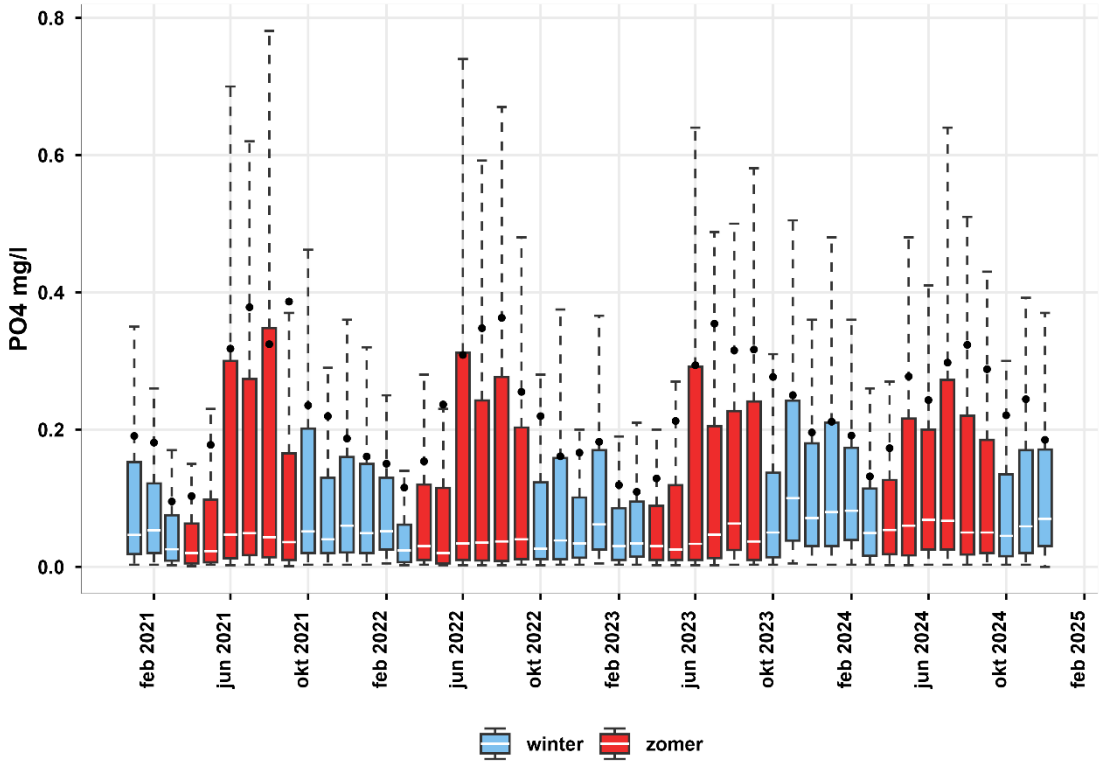

NO3 mg/l
15
10
5
0
feb 2021
jun 2021
okt 2021
feb 2022
jun 2022
okt 2022
feb 2023
jun 2023
okt 2023
feb 2024
jun 2024
okt 2024
feb 2025
winter
zomer

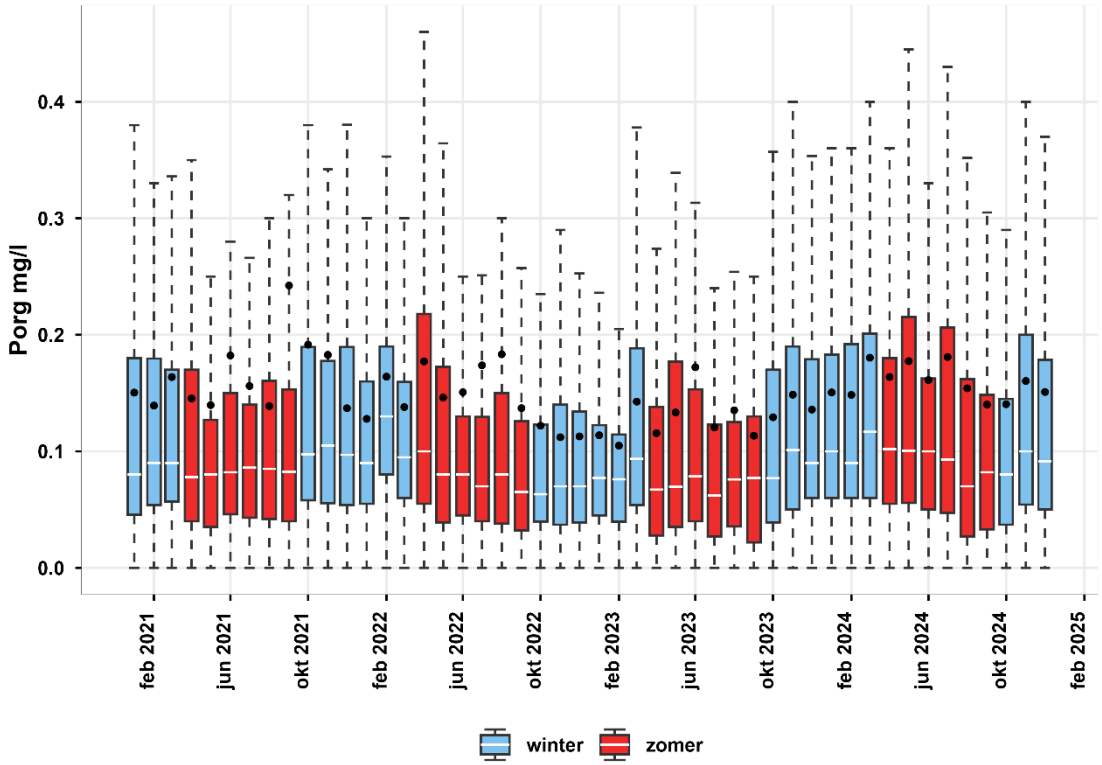

NH4 mg/l
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
feb 2021
jun 2021
okt 2021
feb 2022
jun 2022
okt 2022
feb 2023
jun 2023
okt 2023
feb 2024
jun 2024
okt 2024
feb 2025
winter
zomer



B.1.2 Fosfor en deelparameters

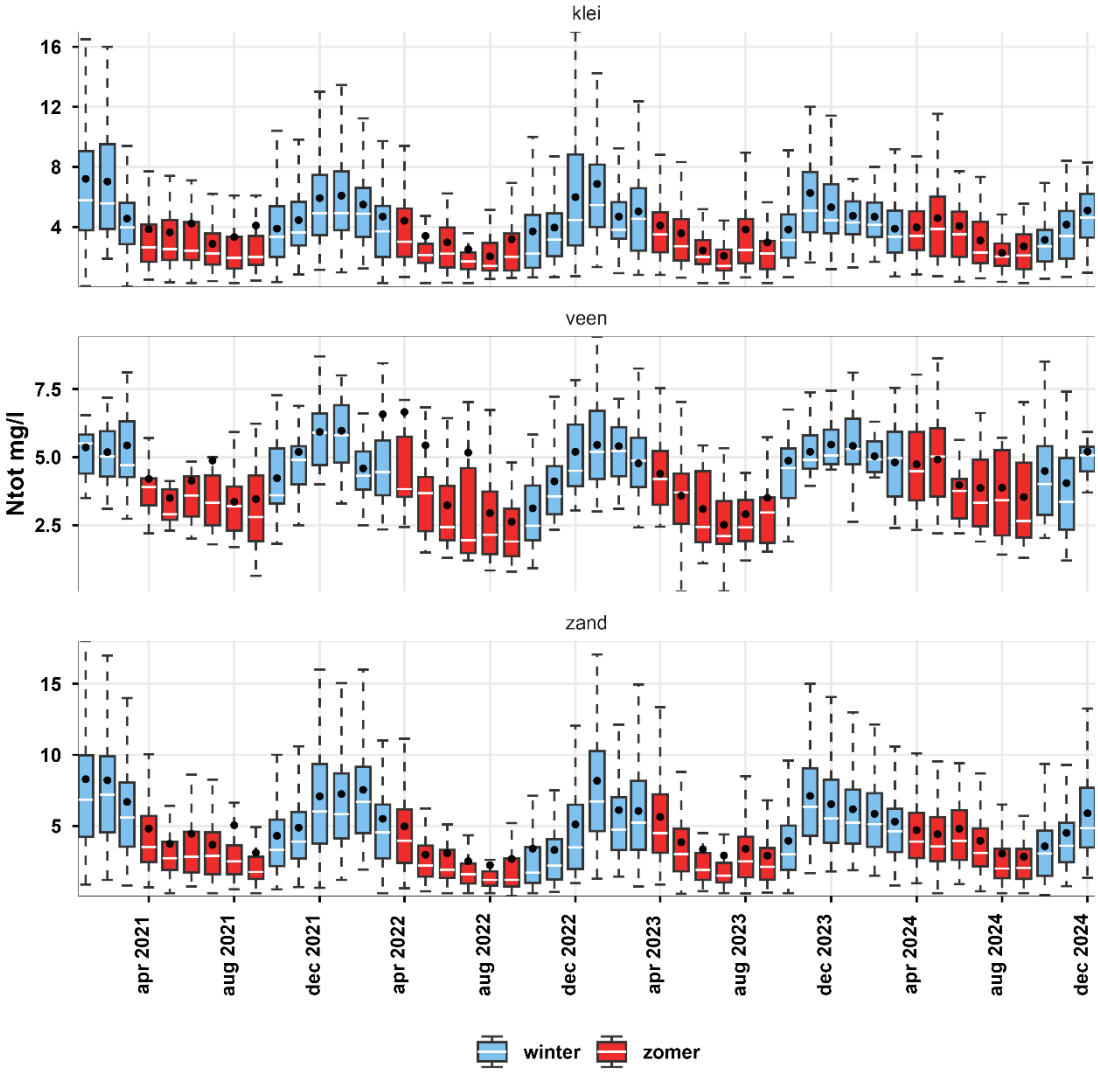


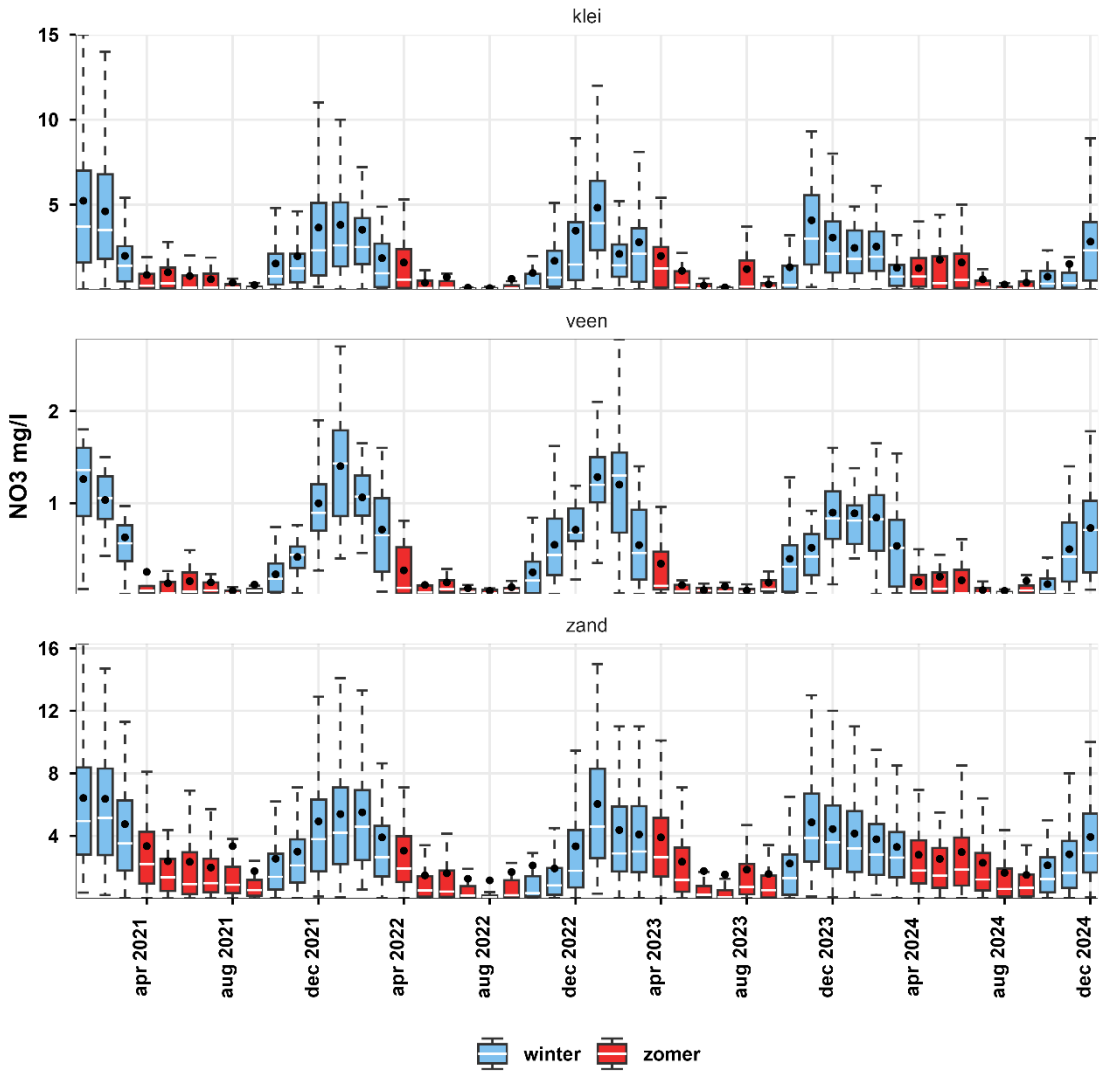

PO4 mg/l
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
feb 2021
jun 2021
okt 2021
feb 2022
jun 2022
okt 2022
feb 2023
jun 2023
okt 2023
feb 2024
jun 2024
okt 2024
feb 2025
winter
zomer

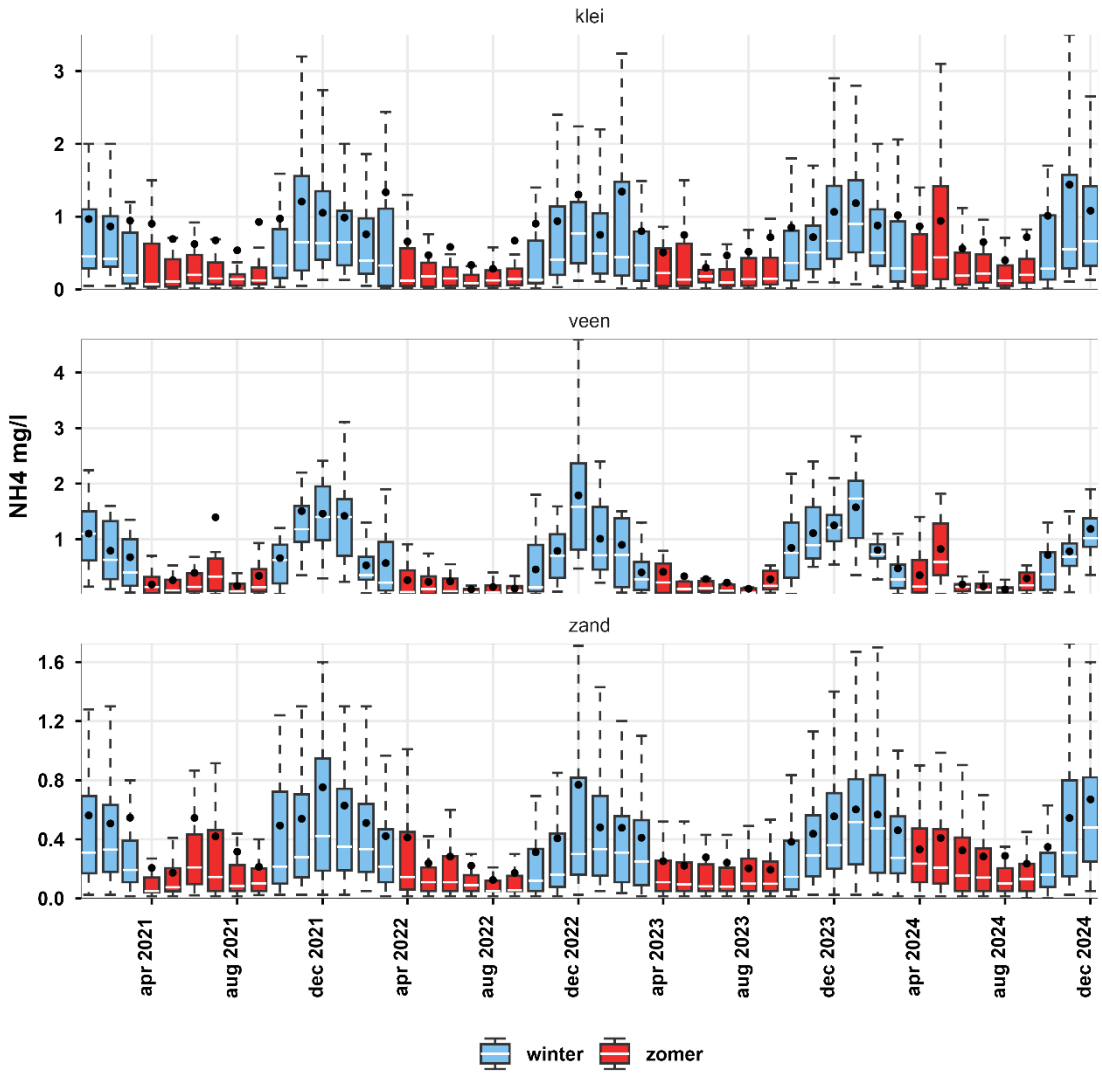

Porg mg/l
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
feb 2021
jun 2021
okt 2021
feb 2022
jun 2022
okt 2022
feb 2023
jun 2023
okt 2023
feb 2024
jun 2024
okt 2024
feb 2025
winter
zomer

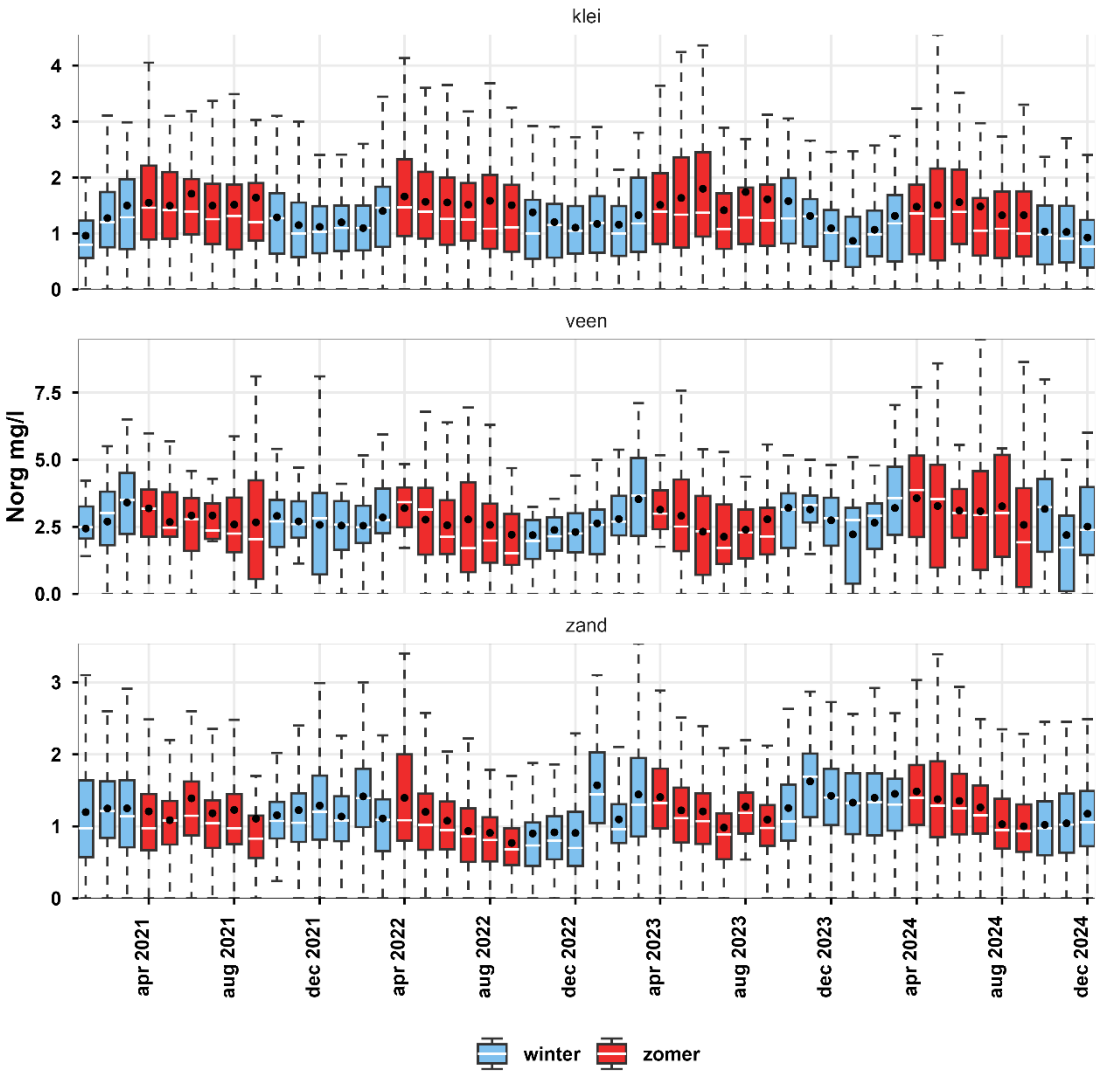
B.2 Boxplots per maand per grondsoort

B.2.1 Stikstof en deelparameters

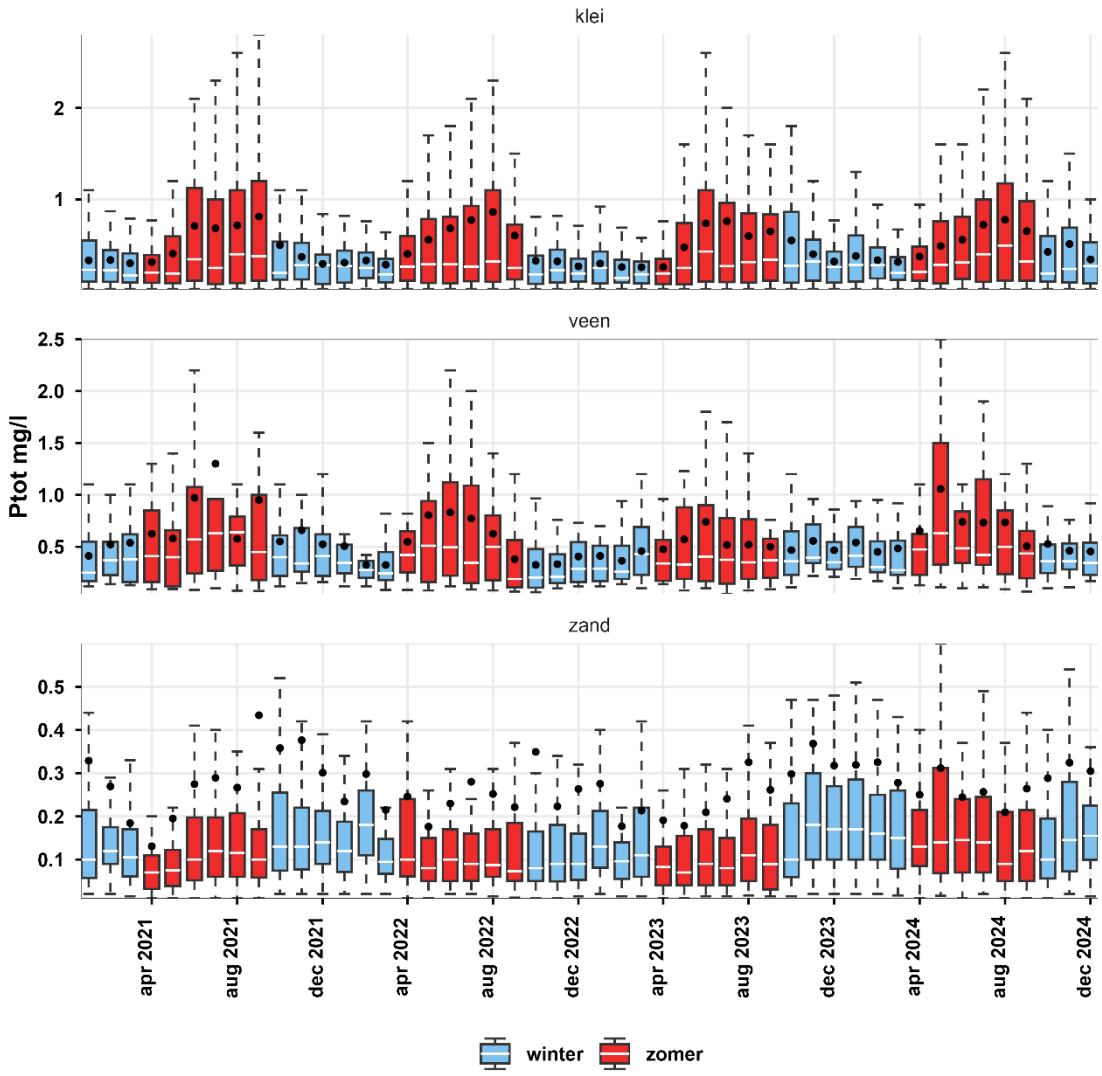


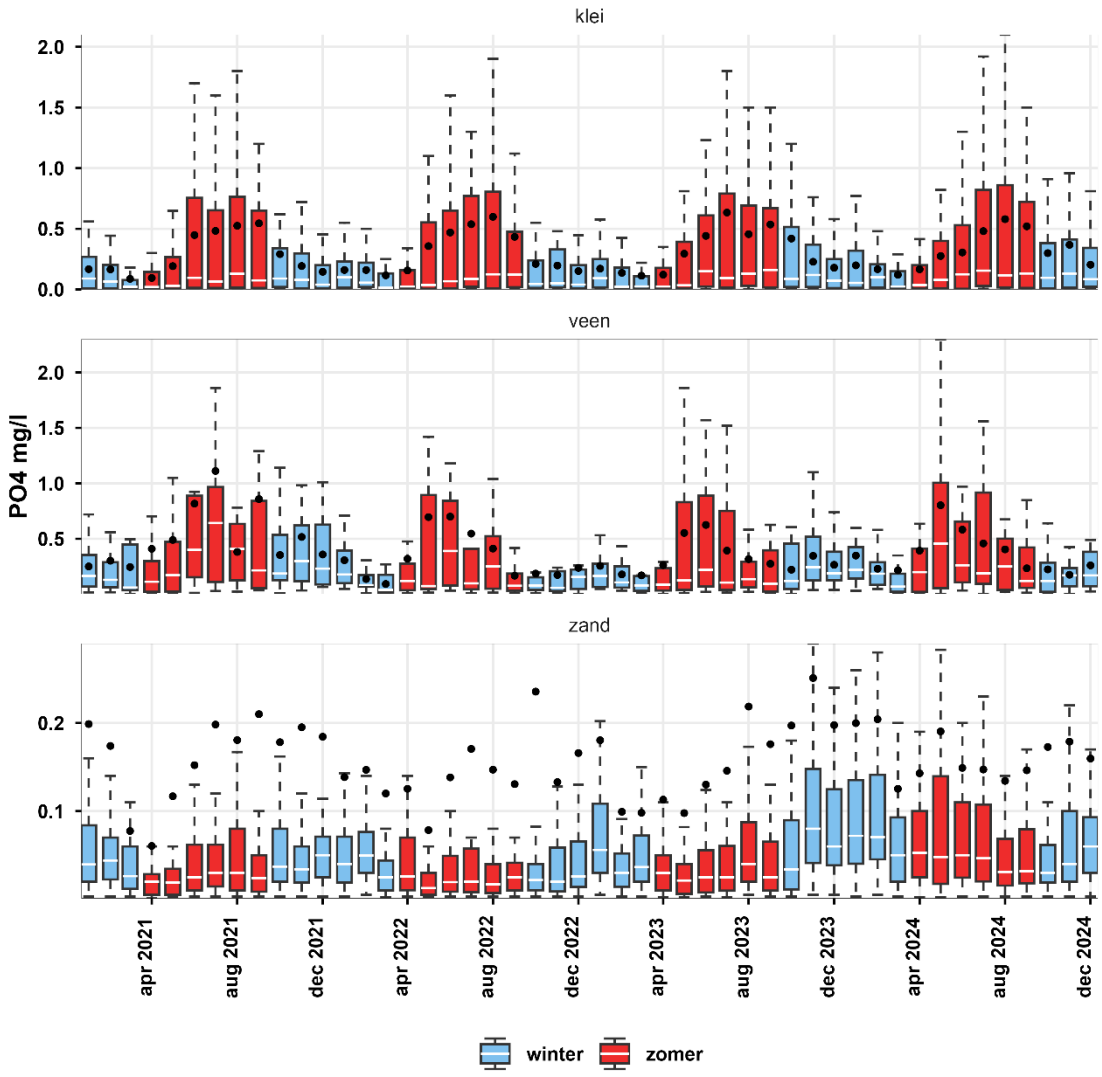

klei
veen
zand
NO3 mg/l
15
10
5
2
1
16
12
8
4
apr 2021
aug 2021
dec 2021
apr 2022
aug 2022
dec 2022
apr 2023
aug 2023
dec 2023
apr 2024
aug 2024
dec 2024
winter
zomer

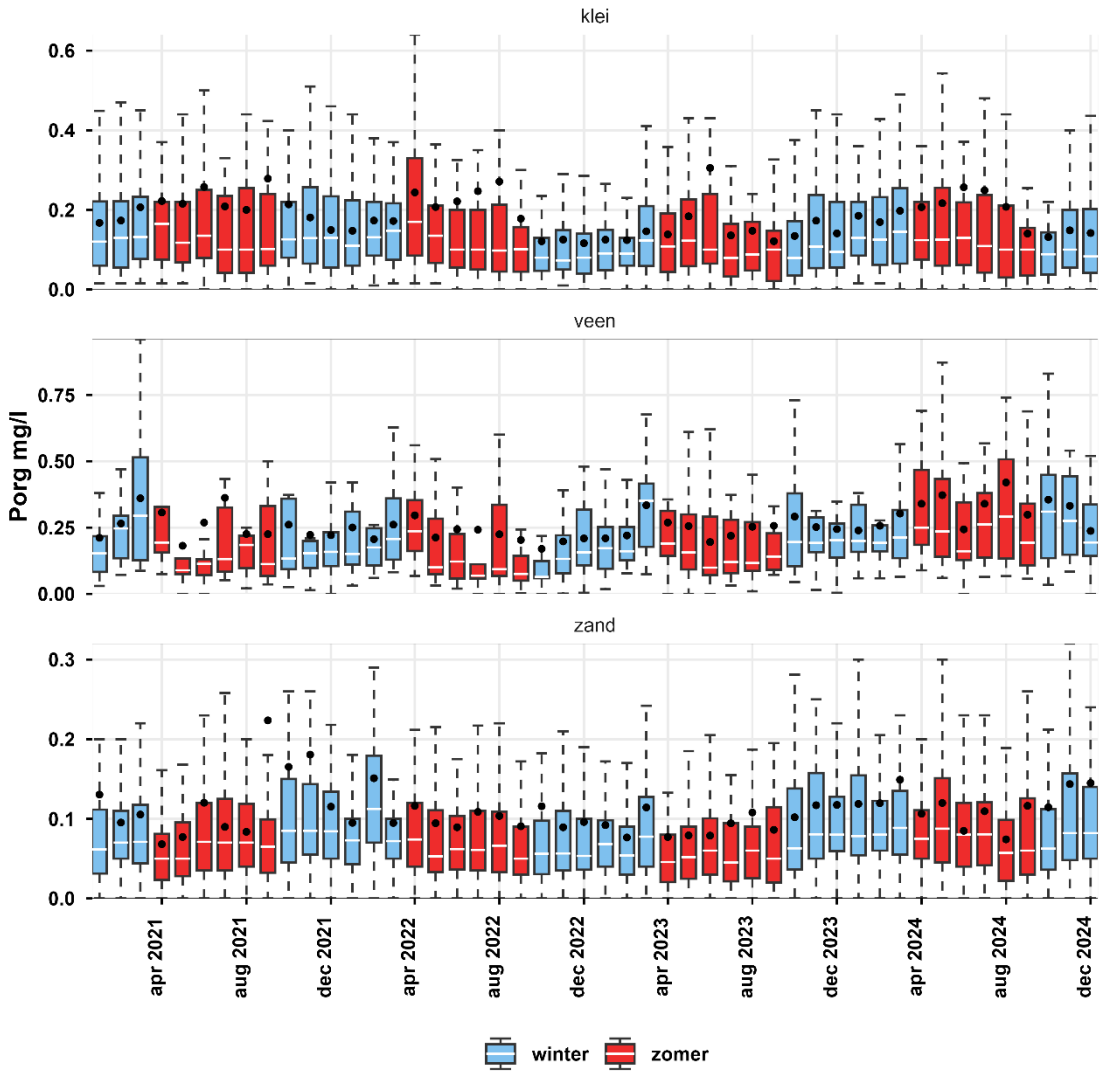

klei
veen
zand
NH4 mg/l
0
1
2
3
4
0.0
0.4
0.8
1.2
1.6
apr 2021
aug 2021
dec 2021
apr 2022
aug 2022
dec 2022
apr 2023
aug 2023
dec 2023
apr 2024
aug 2024
dec 2024
winter
zomer


klei
veen
zand
Norg mg/l
0
1
2
3
4
0.0
2.5
5.0
7.5
apr 2021
aug 2021
dec 2021
apr 2022
aug 2022
dec 2022
apr 2023
aug 2023
dec 2023
apr 2024
aug 2024
dec 2024
winter
zomer

B.2.2 Fosfor en deelparameters

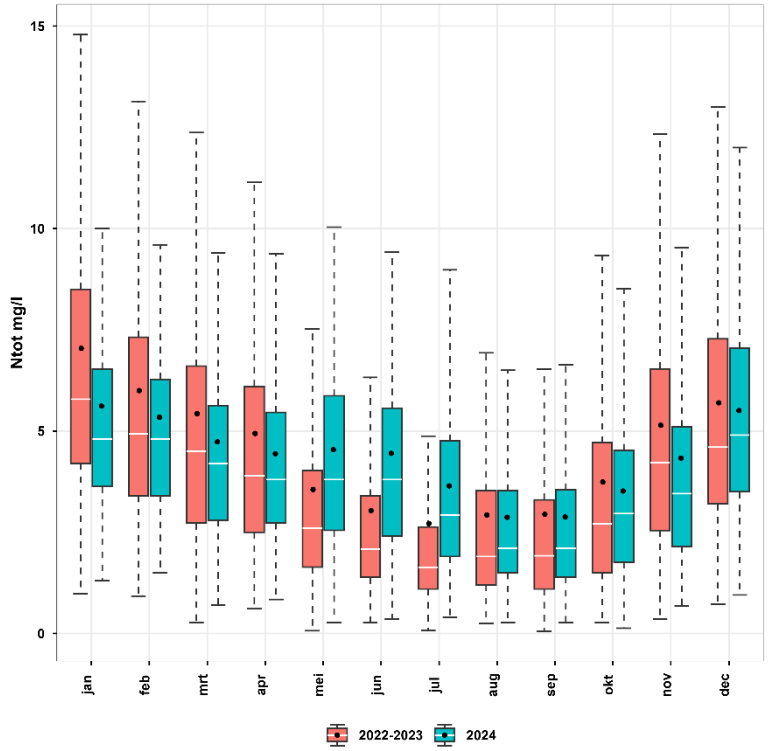


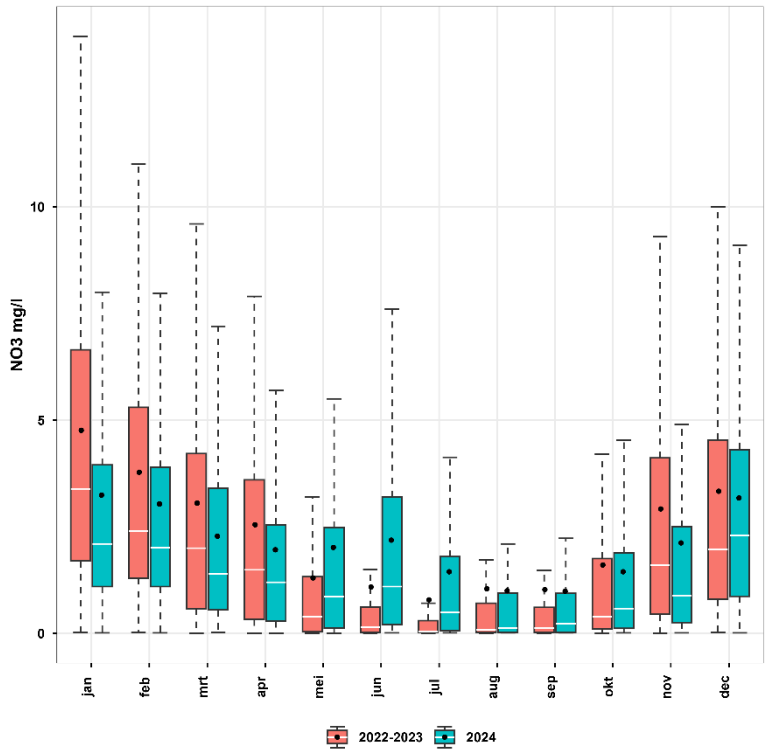

klei
veen
zand
PO4 mg/l
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.2
0.1
apr 2021
aug 2021
dec 2021
apr 2022
aug 2022
dec 2022
apr 2023
aug 2023
dec 2023
apr 2024
aug 2024
dec 2024
winter
zomer

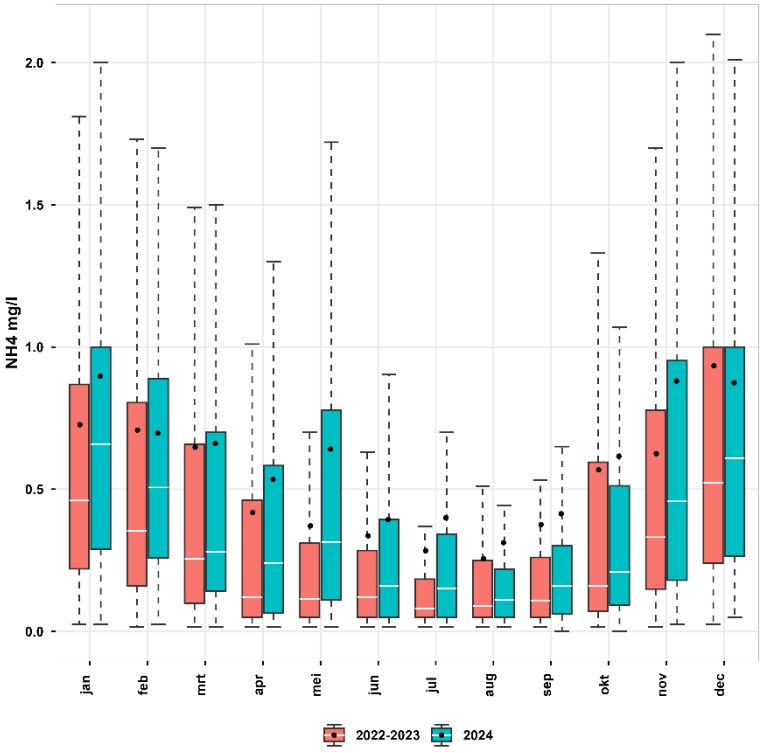

klei
veen
zand
Porg mg/l
0.0
0.2
0.4
0.6
0.00
0.25
0.50
0.75
0.1
0.3
apr 2021
aug 2021
dec 2021
apr 2022
aug 2022
dec 2022
apr 2023
aug 2023
dec 2023
apr 2024
aug 2024
dec 2024
winter
zomer

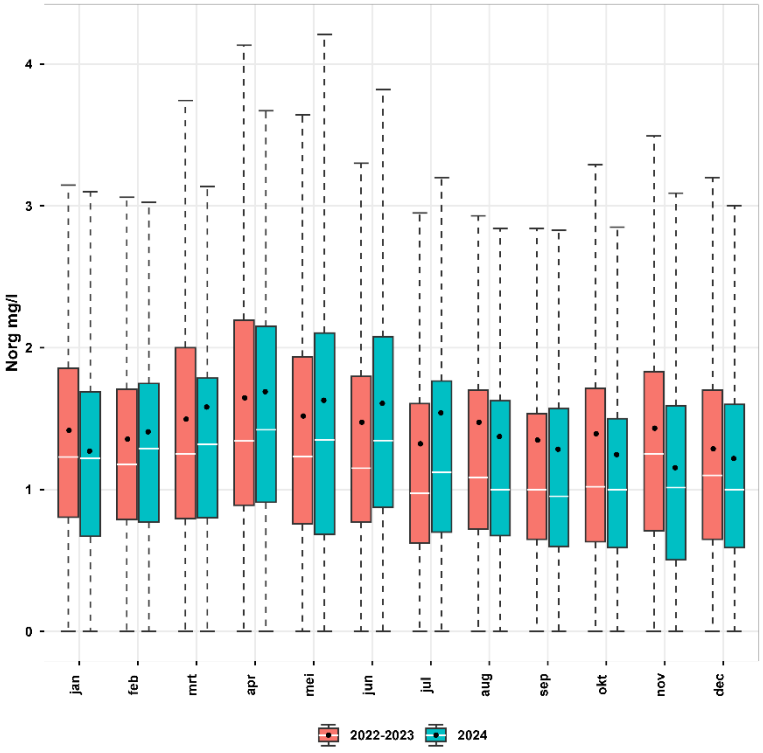
B.3 Boxplots vergelijking per maand 2024 vs 2022-2023 landelijk

B.3.1 Stikstof en deelparameters

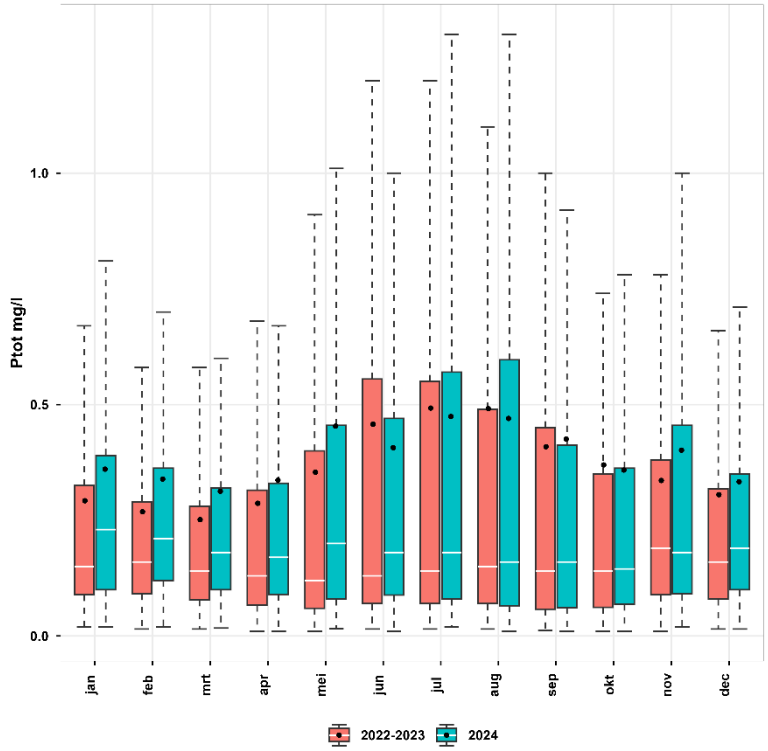


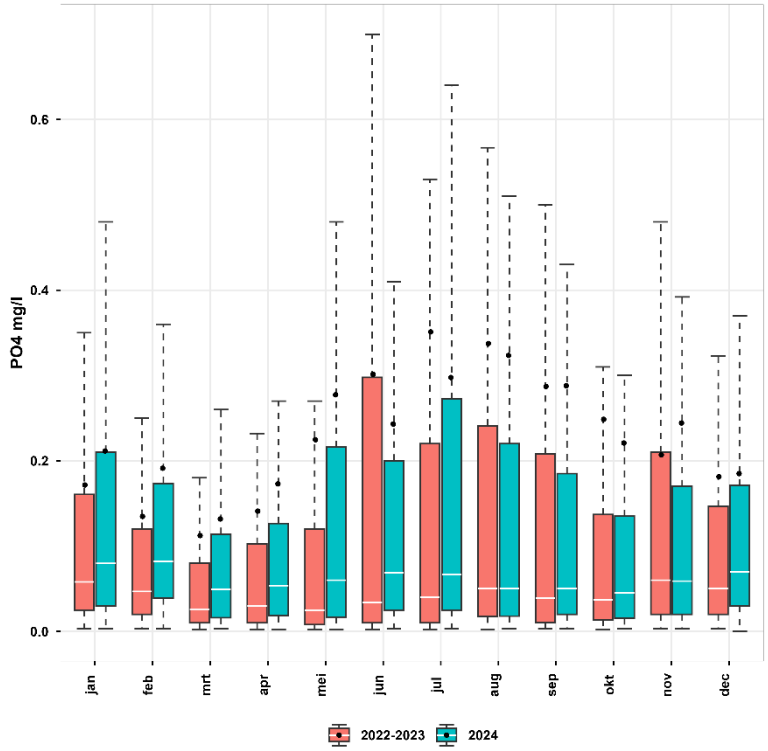


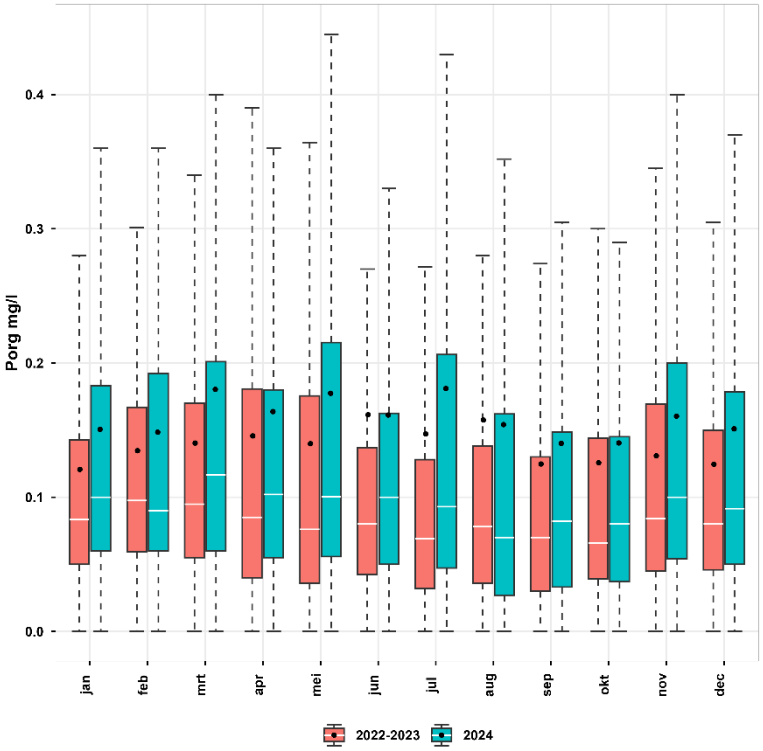

NH4 mg/l
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
jan
feb
mrt
apr
mei
jun
jul
aug
sep
okt
nov
dec
2022-2023
2024


Norg mg/l
4
3
2
1
0
jan
feb
mrt
apr
mei
jun
jul
aug
sep
okt
nov
dec
2022-2023
2024

B.3.2 Fosfor en deelparameters

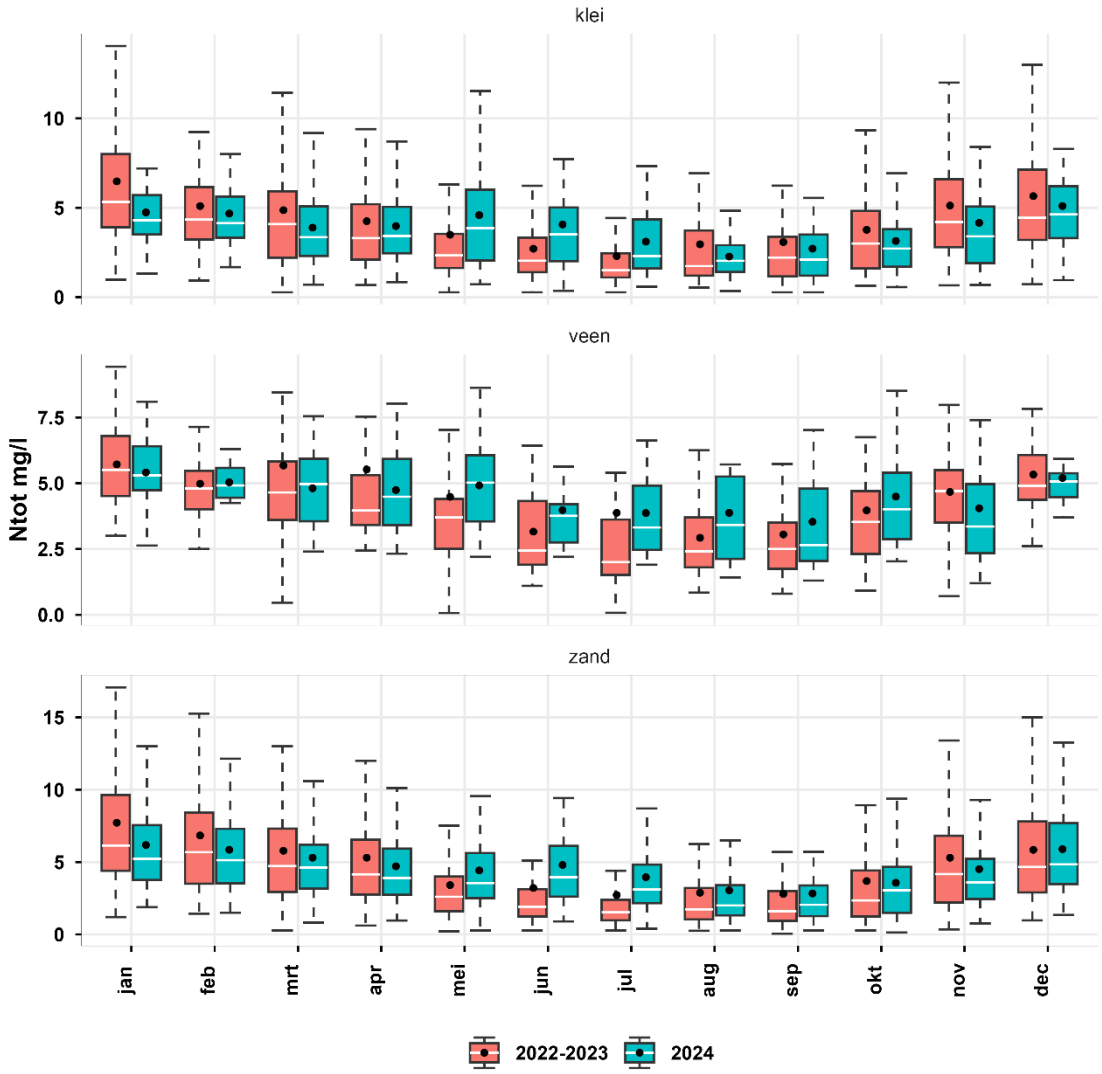


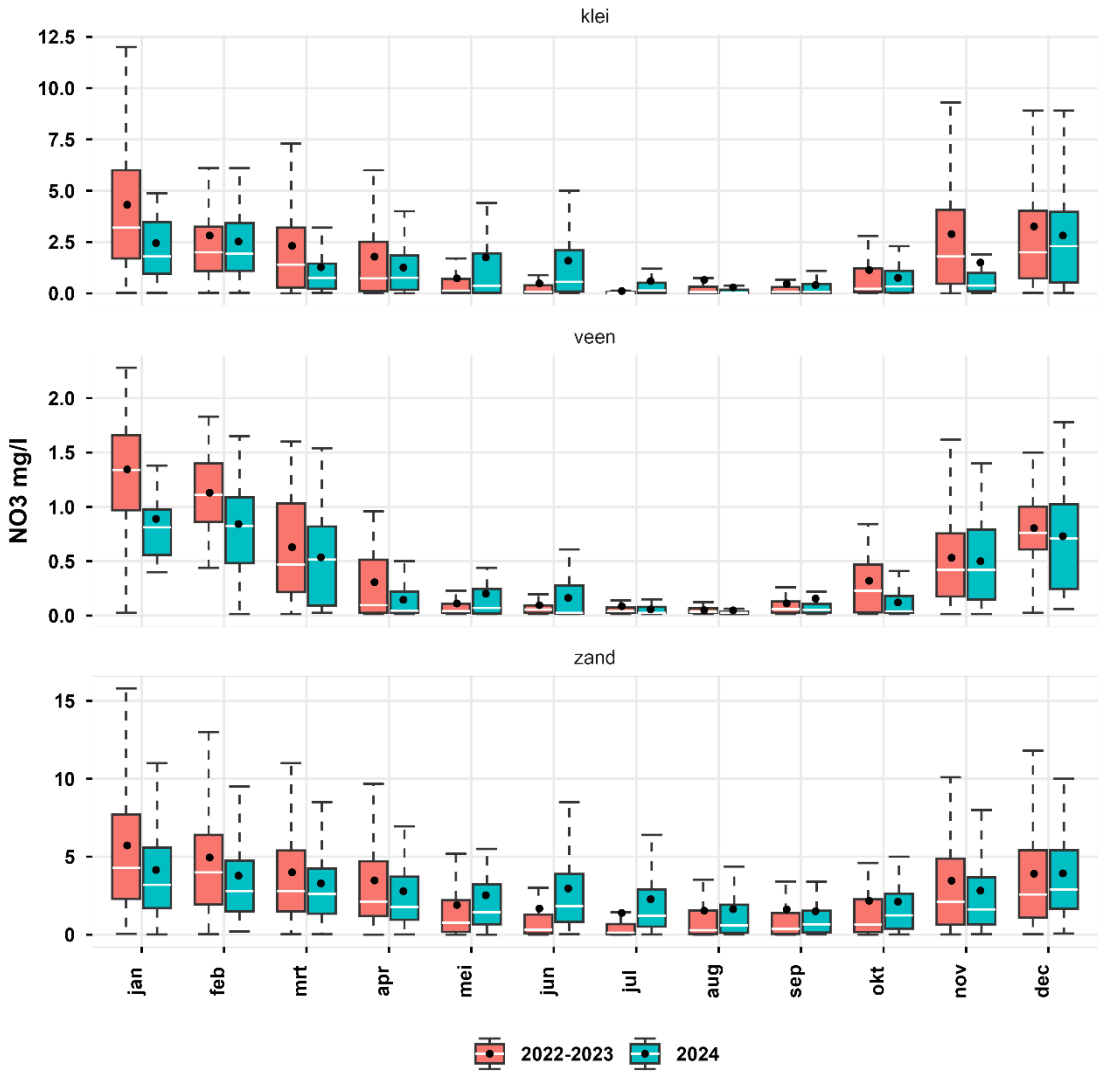


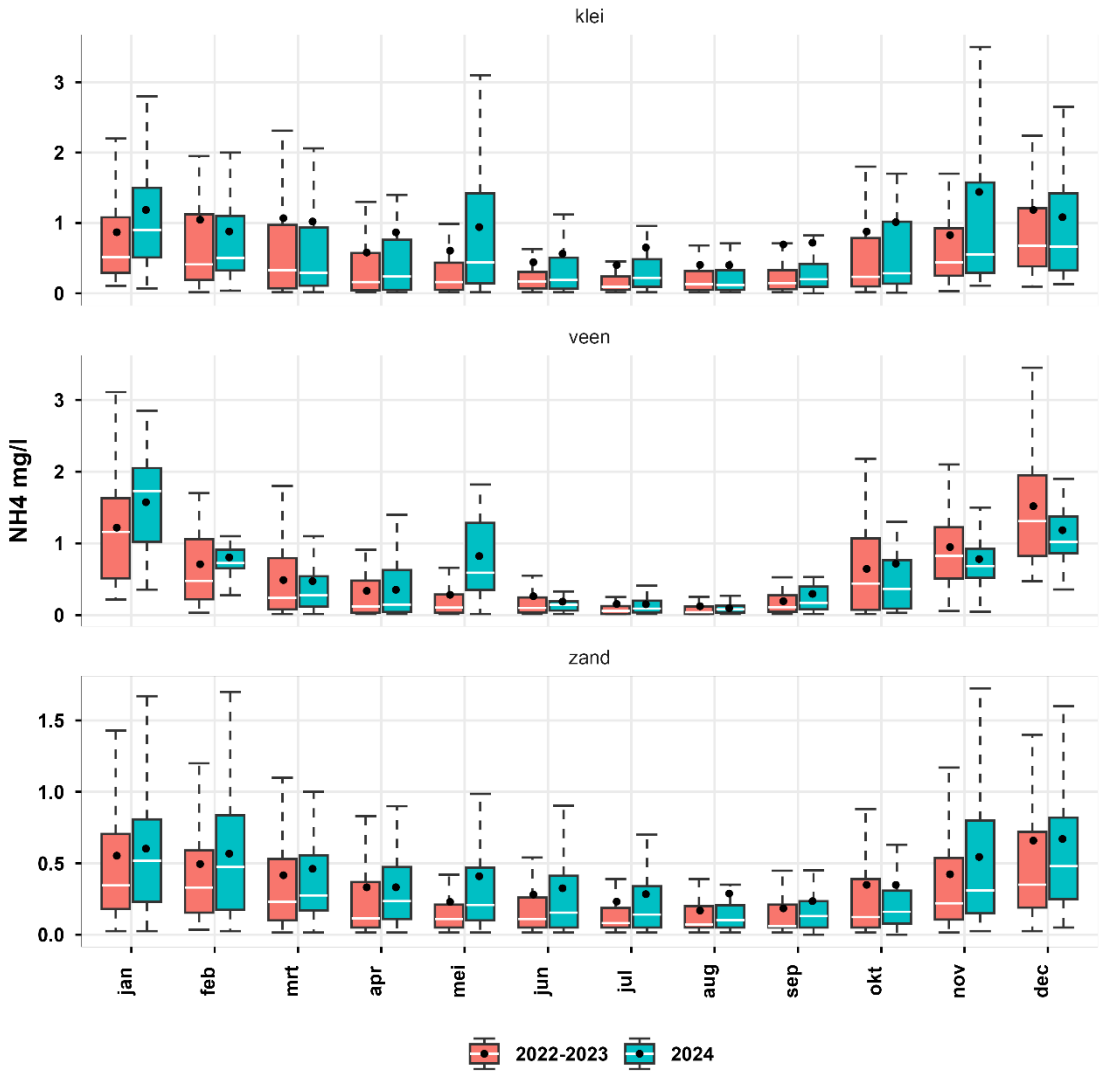

Porg mg/l
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
jan
feb
mrt
apr
mei
jun
jul
aug
sep
okt
nov
dec
2022-2023
2024

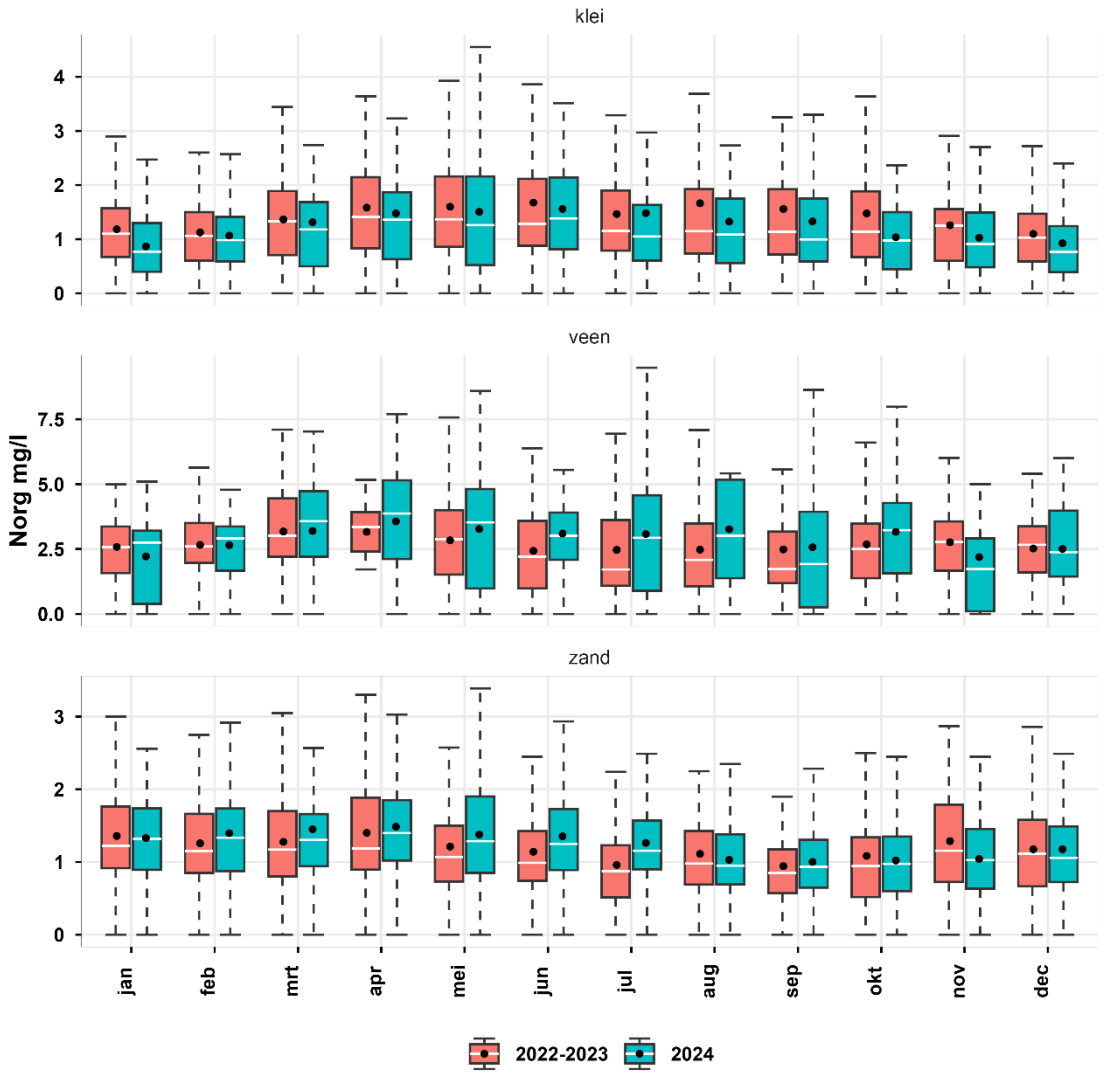
B.4 Boxplots vergelijking per maand 2024 vs 2022-2023 per bodemtype

B.4.1 Stikstof en deelparameters

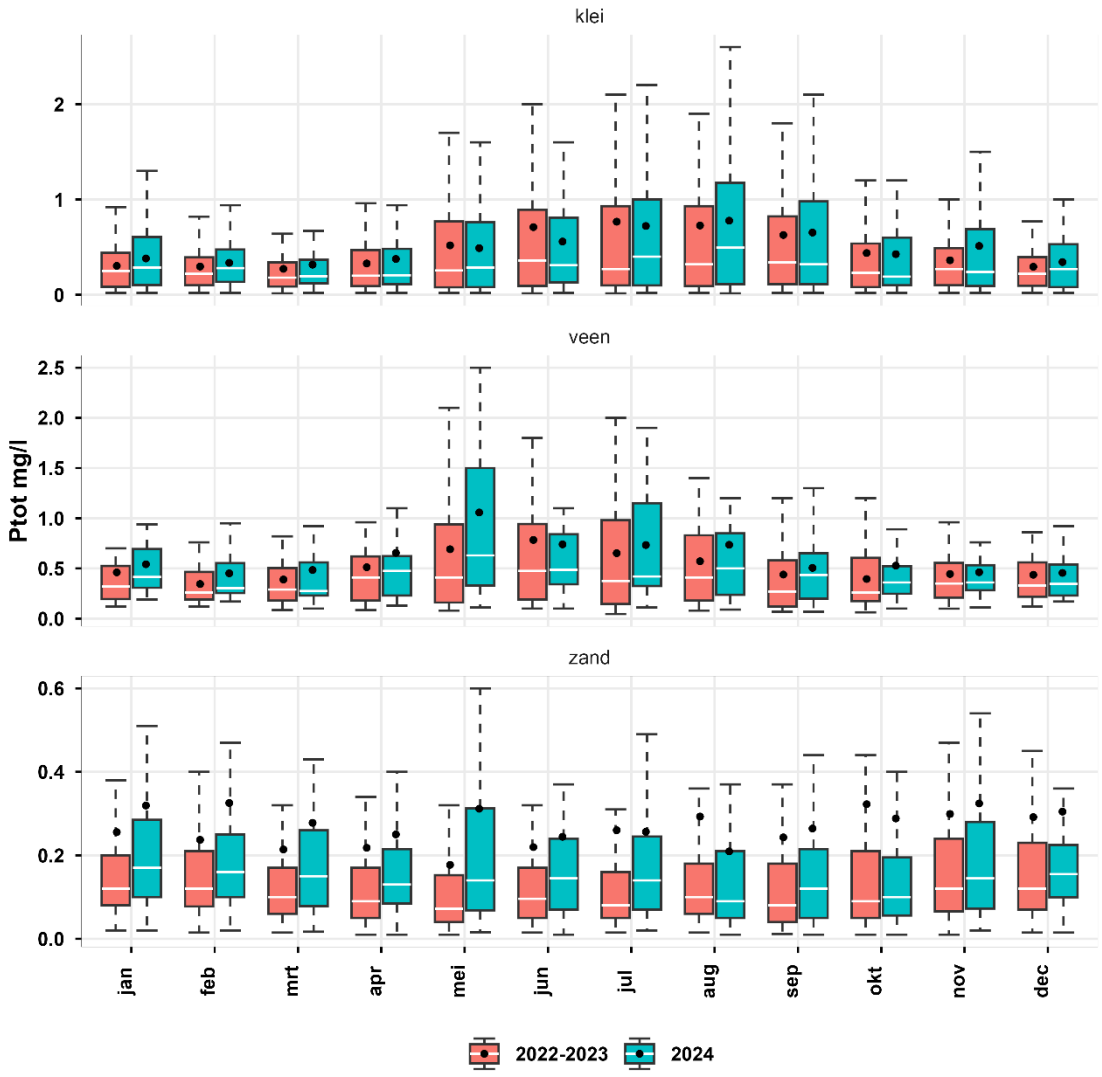


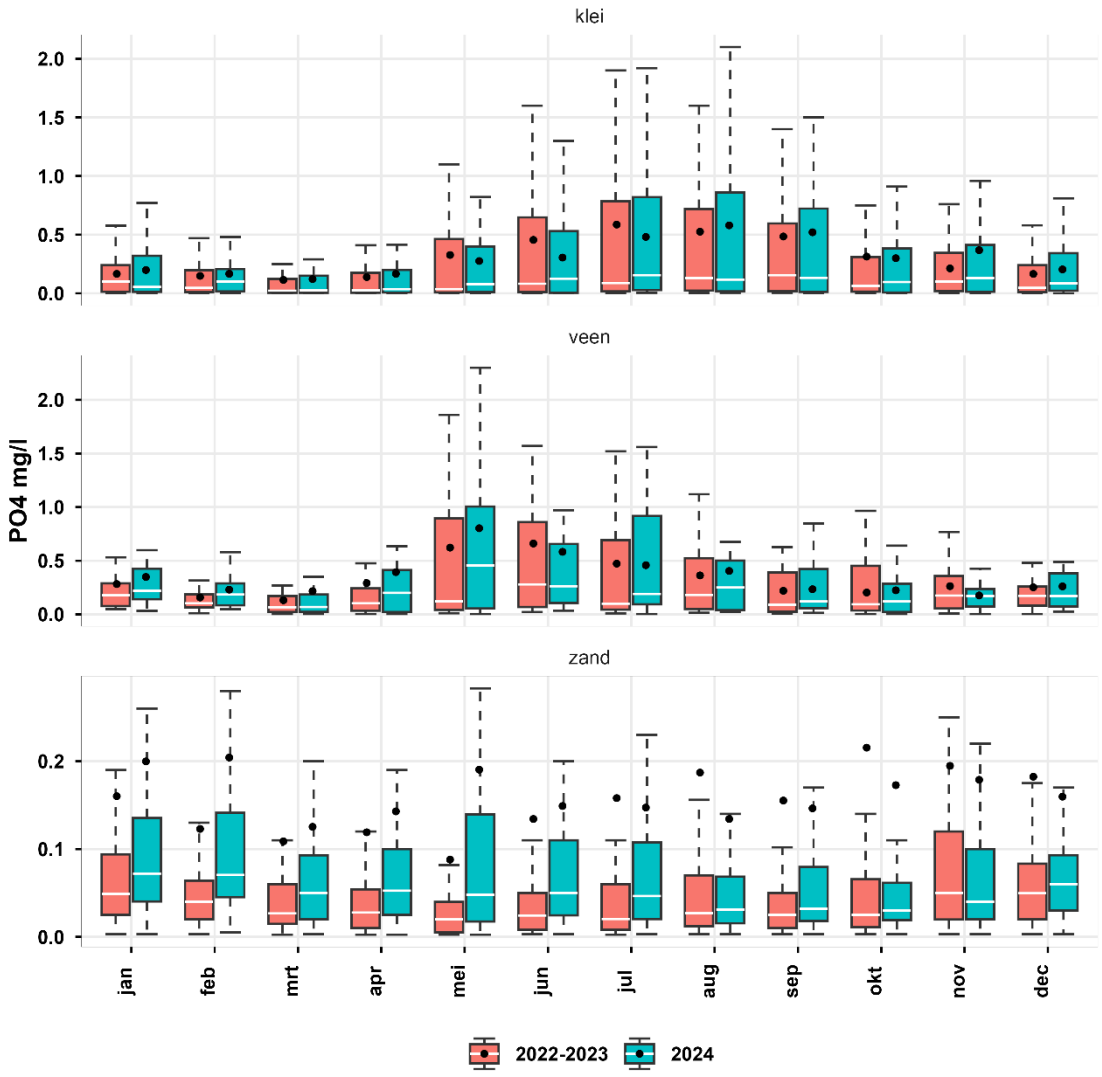

klei
veen
zand
NO3 mg/l
12.5
10.0
7.5
5.0
2.5
0.0
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
15
10
5
0
jan
feb
mrt
apr
mei
jun
jul
aug
sep
okt
nov
dec
2022-2023
2024

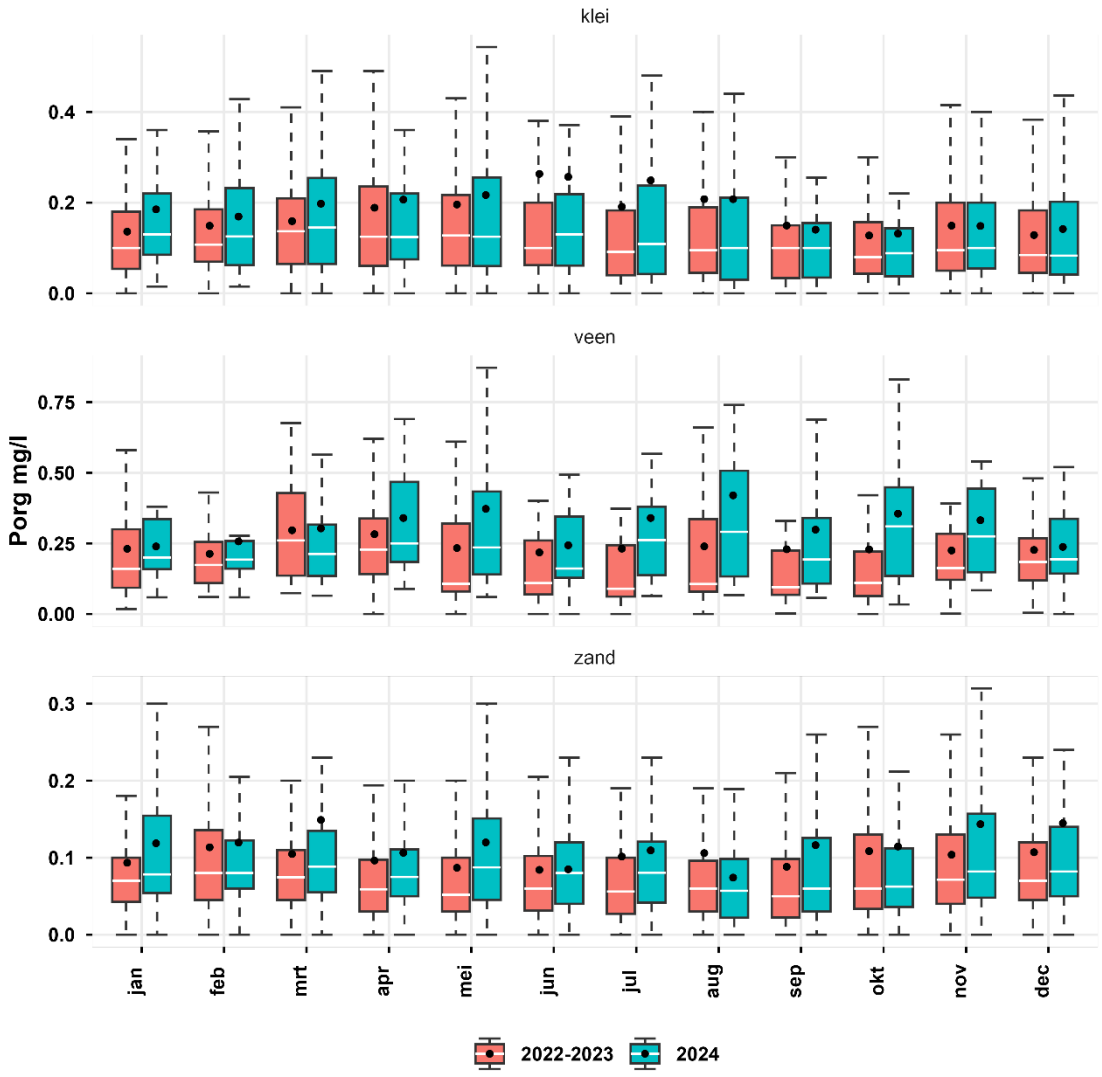

klei
veen
zand
NH4 mg/l
0
1
2
3
0.0
0.5
1.0
1.5
jan
feb
mrt
apr
mei
jun
jul
aug
sep
okt
nov
dec
2022-2023
2024


klei
veen
zand
Norg mg/l
0
1
2
3
4
0.0
2.5
5.0
7.5
jan
feb
mrt
apr
mei
jun
jul
aug
sep
okt
nov
dec
2022-2023
2024

B.4.2 Fosfor en deelparameters


klei
veen
zand
Ptot mg/l
0
1
2
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
0.2
0.4
0.6
jan
feb
mrt
apr
mei
jun
jul
aug
sep
okt
nov
dec
2022-2023
2024


klei
veen
zand
PO4 mg/l
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.2
0.1
jan
feb
mrt
apr
mei
jun
jul
aug
sep
okt
nov
dec
2022-2023
2024


klei
veen
zand
Porg mg/l
0.0
0.2
0.4
0.00
0.25
0.50
0.75
0.1
0.3
jan
feb
mrt
apr
mei
jun
jul
aug
sep
okt
nov
dec
2022-2023
2024