

# RAPPORT

## **Evaluatie bodem- en grondwaterkwaliteit**

In de provincie Drenthe

Klant: Provincie Drenthe

Referentie: BI4595-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001

Status: Definitief/0001

Datum: 3 november 2022

**HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.**

Laan 1914 no.35  
3818 EX Amersfoort  
Water & Maritime  
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**  
+31 33 463 36 52 **F**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Evaluatie bodem- en grondwaterkwaliteit

Sub titel: In de provincie Drenthe  
Referentie: BI4595-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001  
Status: 0001/Definitief  
Datum: 3 november 2022  
Projectnaam: BI4595  
Projectnummer: BI4595  
Auteur(s): Floris Verhagen

Opgesteld door: Floris Verhagen, Lisette Avis

Gecontroleerd door: Andries Krikken

Datum: 27-10-2022

Goedgekeurd door: Floris Verhagen

Datum: 03-11-2022

Classificatie

Open

*Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.*

*Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.*

## Inhoud

|          |                                       |           |
|----------|---------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b>                      | <b>1</b>  |
| 1.1      | Achtergrond                           | 1         |
| 1.2      | Aanpak en afbakening                  | 1         |
| 1.3      | Leeswijzer                            | 1         |
| <b>2</b> | <b>Opzet van de monitoring</b>        | <b>2</b>  |
| 2.1      | Overzicht meetnetten                  | 2         |
| 2.2      | Meetperioden                          | 5         |
| 2.3      | Indeling in homogene gebiedstypes     | 7         |
| <b>3</b> | <b>Werkwijze</b>                      | <b>9</b>  |
| 3.1      | Figuren, boxplots en kaarten          | 9         |
| 3.2      | Toetsing aan normen en signaalwaarden | 12        |
| 3.3      | Trendanalyse                          | 18        |
| <b>4</b> | <b>Vermesting</b>                     | <b>20</b> |
| 4.1      | Nitraat                               | 22        |
| 4.2      | Ammonium                              | 29        |
| 4.3      | Sulfaat                               | 33        |
| 4.4      | Kalium                                | 35        |
| 4.5      | Chloride                              | 37        |
| 4.6      | Elektrisch geleidingsvermogen (EGV)   | 38        |
| 4.7      | Fosfaat                               | 39        |
| 4.8      | Samenvatting en conclusies vermesting | 46        |
| <b>5</b> | <b>Verzuring</b>                      | <b>47</b> |
| 5.1      | Zuurgraad (pH)                        | 49        |
| 5.2      | Calcium                               | 52        |
| 5.3      | Aluminium                             | 53        |
| 5.4      | Samenvatting en conclusies verzuring  | 54        |
| <b>6</b> | <b>Verspreiding van metalen</b>       | <b>55</b> |
| 6.1      | Koper                                 | 56        |
| 6.2      | Cadmium                               | 58        |
| 6.3      | Zink                                  | 61        |
| 6.4      | Chroom                                | 63        |
| 6.5      | Lood                                  | 65        |
| 6.6      | Arseen                                | 67        |

|           |                                                                |            |
|-----------|----------------------------------------------------------------|------------|
| 6.7       | Samenvatting en conclusies verspreiding metalen                | 68         |
| <b>7</b>  | <b>Toestand en trends bestrijdingsmiddelen en metabolieten</b> | <b>69</b>  |
| 7.1       | Belasting met bestrijdingsmiddelen                             | 70         |
| 7.2       | Algemeen beeld KRW-meetronde 2021                              | 71         |
| 7.3       | Ruimtelijke verdeling per homogene gebiedstypen                | 73         |
| 7.4       | Toelichting per stof                                           | 74         |
| 7.4.1     | Desphenyl-chloridazon en methyl-desphenyl-chloridazon          | 74         |
| 7.4.2     | N,N-dimethylsulfamide                                          | 77         |
| 7.4.3     | Dithiocarbamaat                                                | 78         |
| 7.4.4     | BAM (2,6-dichloorbenzamide)                                    | 79         |
| 7.4.5     | Bentazon                                                       | 80         |
| 7.5       | Normoverschrijding                                             | 81         |
| 7.6       | Vergelijking met vorige meetronden                             | 85         |
| <b>8</b>  | <b>Geneesmiddelen, medische stoffen</b>                        | <b>88</b>  |
| 8.1       | Algemene beeld                                                 | 88         |
| 8.2       | Toelichting per stof                                           | 90         |
| 8.3       | Vergelijking met eerdere jaren                                 | 94         |
| 8.4       | Vergelijking met landelijk beeld                               | 94         |
| <b>9</b>  | <b>Overig verontreinigende stoffen</b>                         | <b>95</b>  |
| 9.1       | Algemeen beeld                                                 | 95         |
| 9.2       | Vergelijking met eerdere jaren                                 | 98         |
| 9.3       | Toelichting per stof                                           | 98         |
| <b>10</b> | <b>PFAS-verbindingen</b>                                       | <b>102</b> |
| 10.1      | PFAS verbindingen en risico's                                  | 102        |
| 10.2      | Algemene beeld                                                 | 103        |
| 10.3      | Toelichting per stof                                           | 106        |
| 10.3.1    | PFBA (Perfluorbutaanzuur)                                      | 106        |
| 10.3.2    | PFOA (Perfluoroctaanzuur)                                      | 106        |
| 10.3.3    | PFOA_NH4 (Perfluoroctaanzuur-ammoniumzout)                     | 106        |
| 10.4      | Vergelijking met eerdere jaren                                 | 106        |
| 10.5      | Vergelijking met landelijk beeld                               | 106        |
| <b>11</b> | <b>Conclusies en aanbevelingen voor meetnetoptimalisatie</b>   | <b>108</b> |
| 11.1      | Conclusies                                                     | 108        |
| 11.2      | Aanbevelingen voor meetnetoptimalisatie                        | 108        |

## Bijlagen

|           |                                                                                |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Bijlage 1 | Provinciale meetnetten bodem en grondwaterkwaliteit                            |
| Bijlage 2 | Lijst met monsterpunten                                                        |
| Bijlage 3 | Databeheer                                                                     |
| Bijlage 4 | Kaarten (23 algemene parameters) voor drie tijdsperiodes en drie filterdieptes |
| Bijlage 5 | Aangetroffen bestrijdingsmiddelen in eerdere jaren                             |

## Managementsamenvatting

### Opzet van het onderzoek

Door de provincie Drenthe wordt regelmatig de bodem- en grondwaterkwaliteit geanalyseerd op het voorkomen van meststoffen en metalen. Daarnaast komt er ook steeds meer aandacht voor milieuvreemde stoffen in het grondwater. In 2021 is een uitgebreid onderzoek gedaan voor de KRW-monitoring naar de aanwezigheid van milieuvreemde stoffen zoals bestrijdingsmiddelen, geneesmiddelen, PFAS-verbindingen en overige “nieuwe” stoffen zoals weekmakers en stoffen die worden toegepast in cosmetica en shampoo. KRW-monitoring vindt om de drie jaar plaats. Dit rapport geeft een overzicht van de huidige toestand en van de toestandsveranderingen (trends) die zijn opgetreden in de bodem- en grondwaterkwaliteit van de provincie Drenthe. Daarbij is ook beoordeeld in hoeverre het beleid hier invloed op heeft gehad. Voor deze rapportage zijn de gegevens van de vier grootschalige Drentse meetnetten bodem- en/of grondwaterkwaliteit geïntegreerd voor een compleet beeld van de toestand van de bodem en grondwaterkwaliteit. Er zijn monsters genomen van de bodem (bovenste meter) en het grondwater tot ongeveer 25 meter diepte. De grondwatermeetpunten staan in landbouw, natuur en stedelijk gebied. Samen geeft dit een goed beeld van de gemiddelde bodem en grondwaterkwaliteit van Drenthe. Het meetnet is niet ontworpen op specifieke risico's van puntbronnen zoals rioolwaterzuiveringen, lekkende riolering, industriegebied of benzinestations. De concentraties in het grondwater kunnen daarom lokaal hoger zijn dan uit dit onderzoek blijkt.

### Vermesting, verzuring en verspreiding

Het Drentse grondwatermeetnet is begin jaren negentig van de vorige eeuw opgezet met als primair doel het volgen van de vermisting, verzuring en verspreiding van metalen in het grondwater. Deze drie thema's zijn nog steeds actueel. Wat betreft vermisting is nitraat de grootste probleemstof. Nitraat komt verhoogd voor op de hogere (podzol)zandgronden waar het nitraat niet afgebroken kan worden. In 19% van de grondwatermeetpunten op 10 tot 25 meter diepte is de concentratie nitraat nog hoger dan de Europese 50 mg/l norm. Er is sprake van een overwegend dalende trend, maar de daling in concentraties nitraat stagneert sinds 2010. In de laatste jaren is zelfs weer een sprake van een stijging in concentraties, mogelijk mede veroorzaakt door de droge jaren. De meetnetten in het freatische grondwater, net onder maaiveld, geeft een beeld van de actuele belasting van het grondwater. Dan blijkt dat in het merendeel van de meetpunten onder bouwland en grasland op zandgrond de nitraatnorm wordt overschreden. Nitraat wordt beter afgebroken onder de veen en moerige gronden, hier zijn de nitraatconcentraties aanmerkelijk lager. Gemiddeld wordt in 36% van de freatische meetpunten (MDA, MPD en MV) de nitraatnorm overschreden.

Een afgeleide van de nitraatbelasting zijn ook hogere sulfaatconcentraties in het grondwater. Door de aanwezigheid van natuurlijk pyriet in de bodem wordt nitraat afgebroken, maar komt sulfaat terug in het grondwater, wat ook voor verzuring zorgt. De depositie van verzurende stoffen door landbouw, verkeer en industrie is de afgelopen decennia sterk afgenomen, maar in het grondwater is nog geen verbetering zichtbaar. Het freatische grondwater blijft zuur (pH-waarde van 5) en in het ondiepe en diepe grondwater is zelfs sprake van een verzurende trend (op 10 meter diepte). Vooral natuurgonden zijn gevoelig voor verzuring met het risico dat (giftig) aluminium vrijkomt uit bodemdeeltjes en oplost in het grondwater. Aluminiumconcentratie in het freatische grondwater zijn hier veel hoger dan de norm. Echter voor aluminium is wel een positieve trend te zien. De aluminium concentraties in het ondiepe grondwater zijn ongeveer gehalveerd ten opzichte van de start van meten in 1993. Ook de andere metalen zijn gevoelig voor verdere verspreiding bij zuurder water. Cadmium is de meest kritische parameter, omdat hiervoor een Europese KRW-drempelwaarde voor is afgeleid. Deze norm wordt in 19% van de meetpunten in het ondiepe en diepe grondwater overschreden. Ook voor cadmium is overwegend sprake van een dalende trend. De conclusie is dat er nog steeds problemen zijn met vermisting, verzuring en verspreiding van metalen via het grondwater, maar dat de trend overwegend dalend is.

| Samenvatting<br>monitoringronde<br>2021                                              |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Thema                                                                                | Vermesting                                                                        | Verzuring                                                                          | Verspreiding                                                                        |
| Typerende stoffen                                                                    | Nitraat, ammonium, sulfaat, kalium, chloride, fosfaat                             | pH, calcium, aluminium,                                                            | Koper, cadmium, zink, chroom, lood, arseen                                          |
| Grootste probleemstof                                                                | Nitraat                                                                           | Aluminium                                                                          | Cadmium                                                                             |
| Percentage metingen 2021<br>probleemstof boven norm:<br>Freatisch / 10-25 meter diep | 36% / 19%                                                                         | 100% / 15%                                                                         | 15% / 19%                                                                           |
| Trend voor probleemstof                                                              | Dalend                                                                            | Dalend                                                                             | Dalend                                                                              |
| Waar gevonden                                                                        | Zandgronden:<br>Hondsrug, Zuid-West Drenthe                                       | Zandgronden:<br>Hondsrug                                                           | Verspreid over<br>zandgronden                                                       |

### Milieuvreemde stoffen

De laatste jaren komt er steeds meer aandacht voor milieuvreemde stoffen, die van nature niet in het grondwater voorkomen. De praktijk is anders, op veel locaties in Drenthe maar ook andere delen van Nederland worden deze stoffen in lage concentraties aangetroffen, maar komen soms boven gestelde normen of signaleringswaarden uit. Dit wordt de vergrijzing van het grondwater genoemd, puur schoon grondwater wordt steeds zeldzamer. Er is onderzoek gedaan naar vier stofgroepen: bestrijdingsmiddelen en hun afbraakproducten, medische stoffen, overig verontreinigende (industriële) stoffen en PFAS-verbindingen. Bestrijdingsmiddelen en hun afbraakproducten zijn aangetroffen in het ondiepe en diepe grondwater. De andere milieuvreemde stoffen zijn niet in het diepe grondwater (25 meter diep) aangetroffen, maar er is hier beperkt onderzoek naar gedaan. Uit onderzoek elders in Nederland is bekend dat deze stoffen ook in het diepe grondwater voorkomen. Er zijn nog maar weinig locaties aan te wijzen waar de grondwaterkwaliteit niet is beïnvloed door mensen.

| Samenvatting monitoringronde 2021                        |  |  |  |  |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Type stof                                                | Bestrijdingsmiddelen                                                              | Geneesmiddelen                                                                    | Overige stoffen                                                                    | PFAS                                                                                |
| Aantal stoffen onderzocht                                | 96                                                                                | 51                                                                                | 98                                                                                 | 34                                                                                  |
| Aantal stoffen gevonden in grondwater                    | 11                                                                                | 5                                                                                 | 13                                                                                 | 3                                                                                   |
| Aantal stoffen boven de norm                             | 5                                                                                 | 3                                                                                 | 4                                                                                  | 0                                                                                   |
| Percentage locaties (peilbuizen) waar stof is aangetoond | 91%                                                                               | 13%                                                                               | 29%                                                                                | 10%                                                                                 |
| Trend                                                    | Geen verbetering sinds 2006                                                       | Hogere concentraties                                                              | Zelfde beeld als in 2015 en 2018                                                   | Voor het eerst onderzocht                                                           |
| Waar gevonden                                            | Gehele provincie tot 25 meter diep                                                | Incidenteel                                                                       | Relatief veel in Zuid-Oost Drenthe                                                 | Incidenteel                                                                         |

In totaal zijn 12 milieuvreemde stoffen boven de norm aangetroffen. Voor bestrijdingsmiddelen geldt een wettelijke norm, waarbij afbraakproducten die minder toxisch zijn, minder zwaar worden beoordeeld. Voor medicijnen, PFAS-verbindingen en veel van de overige stoffen bestaan nog geen wettelijke normen en is een signaleringswaarde (van 0,1 µg/l) gebruikt. Mogelijk komen meer stoffen voor in het grondwater, maar is de concentratie zo laag dat het laboratorium de stof niet kan meten.

Van de vier stofgroepen komen de bestrijdingsmiddelen (en hun afbraakproducten) het meest voor. In 91% van de onderzochte locaties komen resten van bestrijdingsmiddelen voor. De meest aangetroffen middelen zijn afbraakproducten van bestrijdingsmiddelen die minder toxisch zijn dan de bronproducten. Ten opzichte van eerdere onderzoeken vanaf het jaar 2007 is de situatie niet wezenlijk verbeterd. De aangetroffen stoffen verschillen per jaar, omdat het toelatingsbeleid voor bestrijdingsmiddelen in de tijd verandert. Maar in grote lijn blijft het aantal aangetoonde stoffen ongeveer gelijk door de jaren heen.

Er zijn vijf geneesmiddelen gevonden in het Drentse grondwater (in 13% van de onderzochte locaties). Dit is vergelijkbaar met de eerste meetronde in 2015, maar in 2021 zijn voor het eerst ook stoffen boven de signaleringswaarde (norm) aangetroffen. Het gaat om een relatief onschuldige zoetstof, maar ook om een anti-epilepticum en diergeneesmiddel. Rioolzuiveringsinstallaties zijn vaak niet in staat om deze middelen uit het water te halen, waardoor ze via infiltrerend oppervlaktewater weer in het grondwater terecht kunnen komen.

Onder overige soorten verontreinigingen (aangetroffen in 29% van de onderzochte locaties) vallen de overige microverontreinigingen die al bekend zijn uit historische bodemverontreinigingen (oplosmiddelen,

PAK-verbindingen), maar ook nieuwe type verontreinigingen zoals vlamvertragers (TCP) of industriële stoffen (bisfenol-A en EDTA).

De PFAS-verbindingen zijn voor het eerst in 2021 uitgebreid onderzocht en ook aangetroffen. Deze stoffen komen in 10% van de onderzochte locaties in het ondiepe grondwater voor.

De vraag wat de risico's van de gemeten stoffen zijn voor mens en milieu valt buiten dit onderzoek.

## 1 Inleiding

### 1.1 Achtergrond

Dit rapport geeft een overzicht van de huidige toestand en van de toestandsveranderingen (trends) die zijn opgetreden in de bodem- en grondwaterkwaliteit van de provincie Drenthe. Daarbij is ook beoordeeld in hoeverre het beleid hier invloed op heeft gehad. Voor deze rapportage zijn de gegevens van de vier grootschalige Drentse meetnetten bodem- en/of grondwaterkwaliteit geïntegreerd voor een compleet beeld van de toestand van de bodem en grondwaterkwaliteit.

De laatste rapportage dateert van bijna 10 jaar geleden. In dit rapport opgesteld door de WUR (toenmalig Alterra) is aandacht gegeven aan de thema's vermesting (nutriënten), verzuring (zuurgraad) en verspreiding (metalen). In de afgelopen jaren is daarnaast veel aandacht gekomen voor het fenomeen van de vergrijzing van het grondwater: de diffuse aanwezigheid van vele milieuvreemde stoffen in het grondwater. In 2021 is een uitgebreide bemonsteringsronde gedaan naar de aanwezigheid van algemene stoffen (perceel 1), bestrijdingsmiddelen (perceel 2), geneesmiddelen (perceel 3), overig verontreinigende stoffen (perceel 4) en PFAS (perceel 5). Voorliggend rapport geeft een overzicht van de huidige toestand van het grondwater en de geconstateerde trends vanaf het begin van meten.

### 1.2 Aanpak en afbakening

Deze rapportage sluit qua opbouw en aanpak aan op de eerdere Alterra (2013) rapportage. Nieuwe aanvullende hoofdstukken gaan in op de aanwezigheid van de milieuvreemde stoffen. Het betreft een rapportage van de bodem- en grondwaterkwaliteit van Drenthe. Het is geen KRW- rapportage en daarom wordt een uitspraak op niveau van grondwaterlichamen achterwege gelaten.

De meetgegevens worden in grafiek-, tabel- en kaartvorm gepresenteerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van de data opgeslagen in het grondwater databeheersysteem Dawaco en scripts om de data te verwerken en presenteren. Er is veel aandacht besteed aan het verzamelen en samenvoegen van meetdata uit verschillende aangeleverde databestanden in een uniform Dawaco-bestand. Deze werkwijze zorgt ervoor dat uiteindelijk alle data in hetzelfde formaat beschikbaar is voor verdere verwerking.

De provincie Drenthe heeft ook behoefte aan een evaluatie en voorstel voor het monitoringprogramma. Een advies wordt later in een apart rapport opgenomen.

### 1.3 Leeswijzer

Na deze inleiding geeft hoofdstuk 2 een overzicht van de beschikbare gegevens van de Drentse meetnetten bodem- en grondwaterkwaliteit en geeft aan hoe deze zijn gestructureerd en voorbereid tot één geheel. Hoofdstuk 3 licht dan de details toe van onze aanpak, zoals de indeling van gebiedstypen die is gehanteerd, de beschouwde parameters en de manieren waarop meetgegevens zijn geanalyseerd en vervolgens grafisch zijn weergegeven om tot een empirisch beeld te kunnen komen van de toestand en ontwikkeling van de bodem- en grondwaterkwaliteit. De hoofdstukken 4 tot en met 6 geven vervolgens per afzonderlijk milieuthema – respectievelijk Vermesting, Verzuring en Verspreiding - een integrale interpretatie van de resultaten van de toestand- en trendanalyse. De volgende vier hoofdstukken gaan nader in op de aanwezigheid van milieuvreemde stoffen in het Drentse grondwater. De aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen wordt al sinds 2007 in het Drentse grondwater gemeten. Voor dit onderwerp is het mogelijk om ook een oordeel over de trends weer te geven (hoofdstuk 7). De drie daaropvolgende hoofdstukken 8 tot en met 10 gaan respectievelijk over geneesmiddelen en overige medische stoffen, de overig verontreinigende stoffen en de PFAS-verbindingen. Deze stoffen worden pas sinds de laatste jaren gemeten.

## 2 Opzet van de monitoring

### 2.1 Overzicht meetnetten

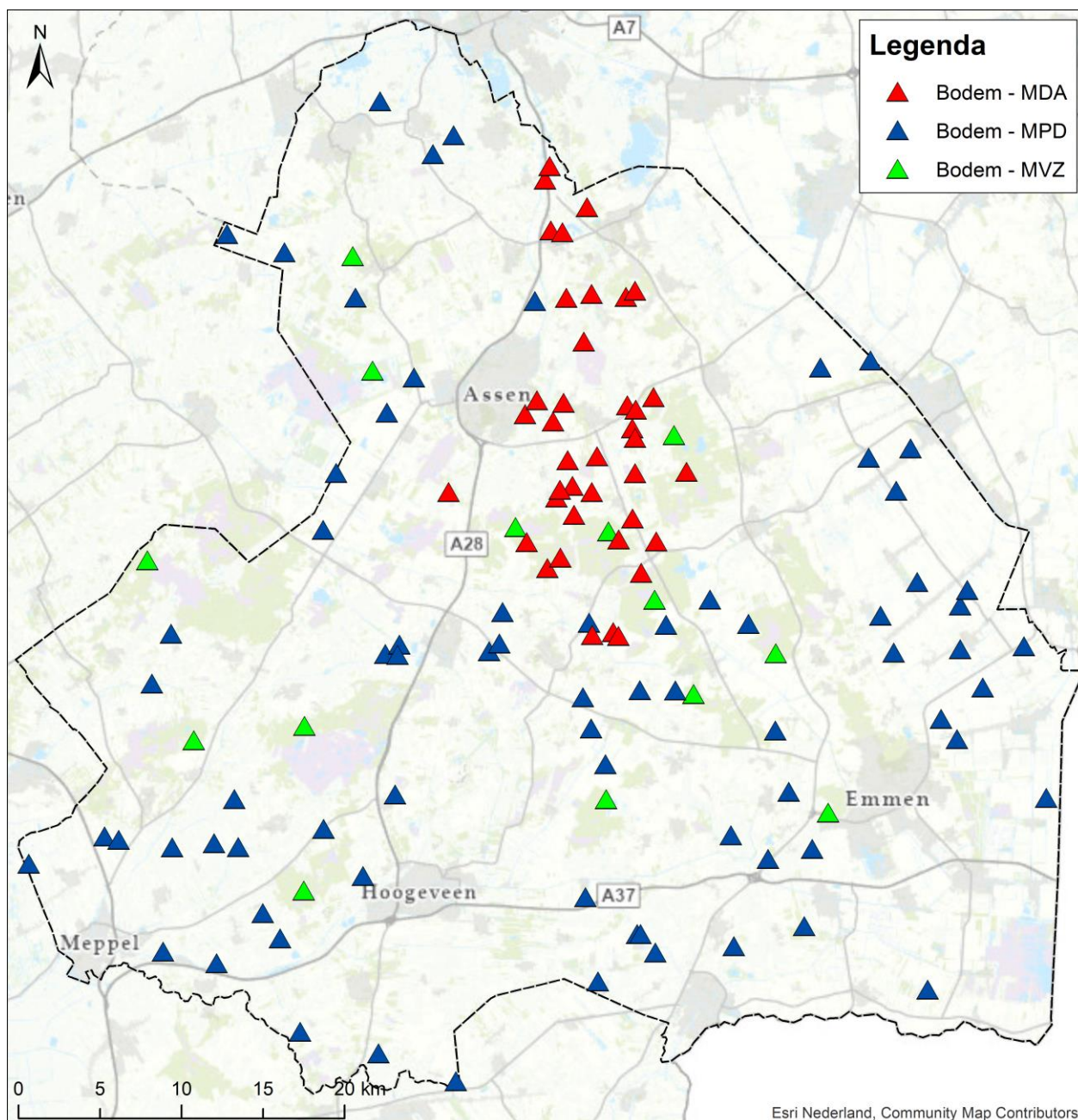
Er zijn in de provincie Drenthe vier grootschalige meetnetten die de bodem- en/of grondwaterkwaliteit beschouwen. Dit zijn:

**Provinciaal Meetnet Verzuring (MV)** – meet sinds 1993 de kwaliteit van de bodem en het freatische grondwater uit peilbuizen. Er is gestart met zeven meetpunten en in 1999 zijn daar acht meetpunten bijgekomen, waarvan er ook weer één is afgefallen in 2000. Er zijn dus 14 meetpunten. De meetpunten liggen allen in naaldbossen op zandgrond, omdat daar de meeste verzuring optreedt. De kwaliteit van het freatisch grondwater wordt jaarlijks gemeten en die van de bodem doorgaans elke vier. Bij elke bodemronde worden ook de zware metalen gemeten. Freatisch grondwater is elk jaar met uitzondering van 2017 bemonsterd.

**Meetnet Bodemkwaliteit Drentsche Aa / Elperstroom (MDA)** – meet sinds 1994 regelmatig, circa elke twee jaar, de kwaliteit van de bodem (met daarbij elke acht jaar ook de zware metalen) en meet sinds 1995 elk jaar de kwaliteit van het freatisch grondwater. Het grondwater wordt bemonsterd met de snelle peilbuismethode. Dat wil zeggen dat een tijdelijk boorgat wordt gemaakt waaruit een grondwatermonster wordt genomen. Dit meetnet bestaat nu uit 67 meetpunten op zand- of veengrond, waarvan 37 in landbouwgebieden en 30 in natuurgebieden (21 in natuur/bos en negen in natuurlijk beheerd grasland). In de laatste 10 jaar is alleen in 2013, 2015 en 2018/2019 een meetronde uitgevoerd voor de bodemkwaliteit. Freatisch grondwater is elk jaar bemonsterd.

**Meetnet Provincie Drenthe Bodemkwaliteit (MPD)** – meet sinds 1996 elke vier jaar de kwaliteit van de bodem (met daarbij elke acht jaar ook de zware metalen) en meet sinds 1997 elk jaar de kwaliteit van het freatisch grondwater. Het grondwater wordt bemonsterd met de snelle peilbuismethode. Dat wil zeggen dat een tijdelijk boorgat wordt gemaakt waaruit een grondwatermonster wordt genomen. Het meetnet bestaat momenteel uit 124 meetpunten, die allemaal in landbouwgebieden liggen, op zand- of veengrond. Het meetnet is in 2002 uitgebreid met 31 meetpunten bij landbouwbedrijven bij circa 100 melkveebedrijven. De monitoring is gericht op het terugdringen van nutriëntverliezen, door beter gebruik te maken van de nutriëntenkringlopen. In de laatste 10 jaar zijn alleen in 2013, 2017 en 2020 een meetronde uitgevoerd voor de bodemkwaliteit. Freatisch grondwater is elk jaar bemonsterd.

De ligging van de meetpunten van de drie meetnetten zijn weergegeven in figuur 2-1. Kaarten per meetnet in combinatie met de bodemkaart zijn in bijlage 1 opgenomen. De kenmerken per meetpunt zoals locatie en bodemsoort zijn opgenomen in bijlage 2.



Figuur 2-1: Locaties van de meetpunten voor de bodem- en freatische grondwaterkwaliteit.

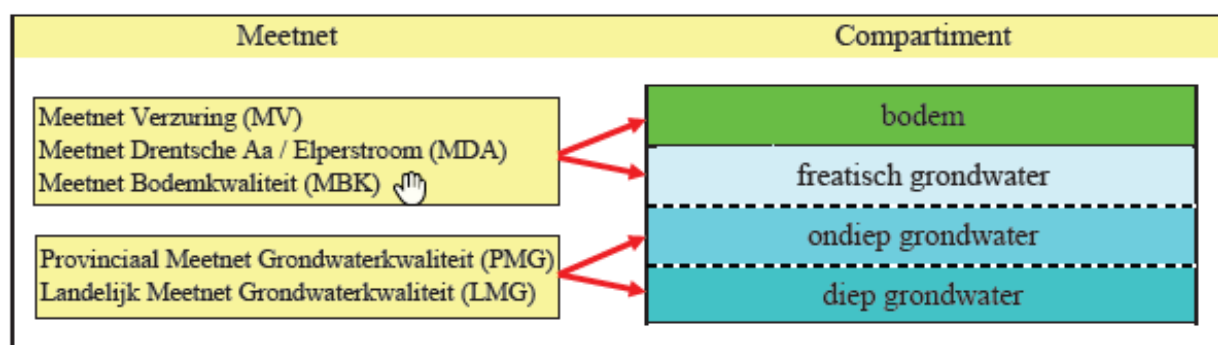
**Combinatie van Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit en Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (PMG/LMG).** Deze combinatie omvat 90 peilbuisfilters.

- a. Het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) meet sinds 1984 jaarlijks de kwaliteit van het ondiepe en het diepe grondwater in Nederland en omvat momenteel 28 meetpunten in Drenthe. De meetpunten zijn geselecteerd op basis van landgebruik, bodemtype en geohydrologische situatie (met als klassen infiltratie, intermediair en kwel). De meeste meetpunten hebben drie filters van elk twee meter lang. De ondiepe filters (aangeduid als filter 1) liggen meestal ergens tussen acht en twaalf meter onder maaiveld en de diepe filters (aangeduid als filter 3) ergens tussen 20 en 27 meter onder maaiveld. Er is ook nog een tussenliggend filter (aangeduid als filter 2), maar dat is een reservefilter dat slechts sporadisch wordt bemeet.

- b. Het Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit (PMG) meet sinds 1993 jaarlijks de kwaliteit van het ondiepe en het diepe grondwater en bestaat uit 68 meetpunten. Deze zijn net als de meetpunten van het LMG geselecteerd op basis van landgebruik, bodemtype en geohydrologische situatie. Verder hebben ze dezelfde filterdiepten als de meetpunten van het LMG.

Het PMG/LMG bestaat uit 90 meetpunten en niet uit 96 (= 68 + 28), aangezien zes meetpunten zowel in het PMG als in het LMG zijn opgenomen. In één van deze zes meetpunten meet het LMG filters 1 en 2 en het PMG filter 3, terwijl in de overige vijf het LMG de drie filters meet en het PMG alleen filter 3. Elk van deze meetnetten heeft als belangrijkste doelstellingen het beschrijven van de toestand en van de toestandsveranderingen (trends).

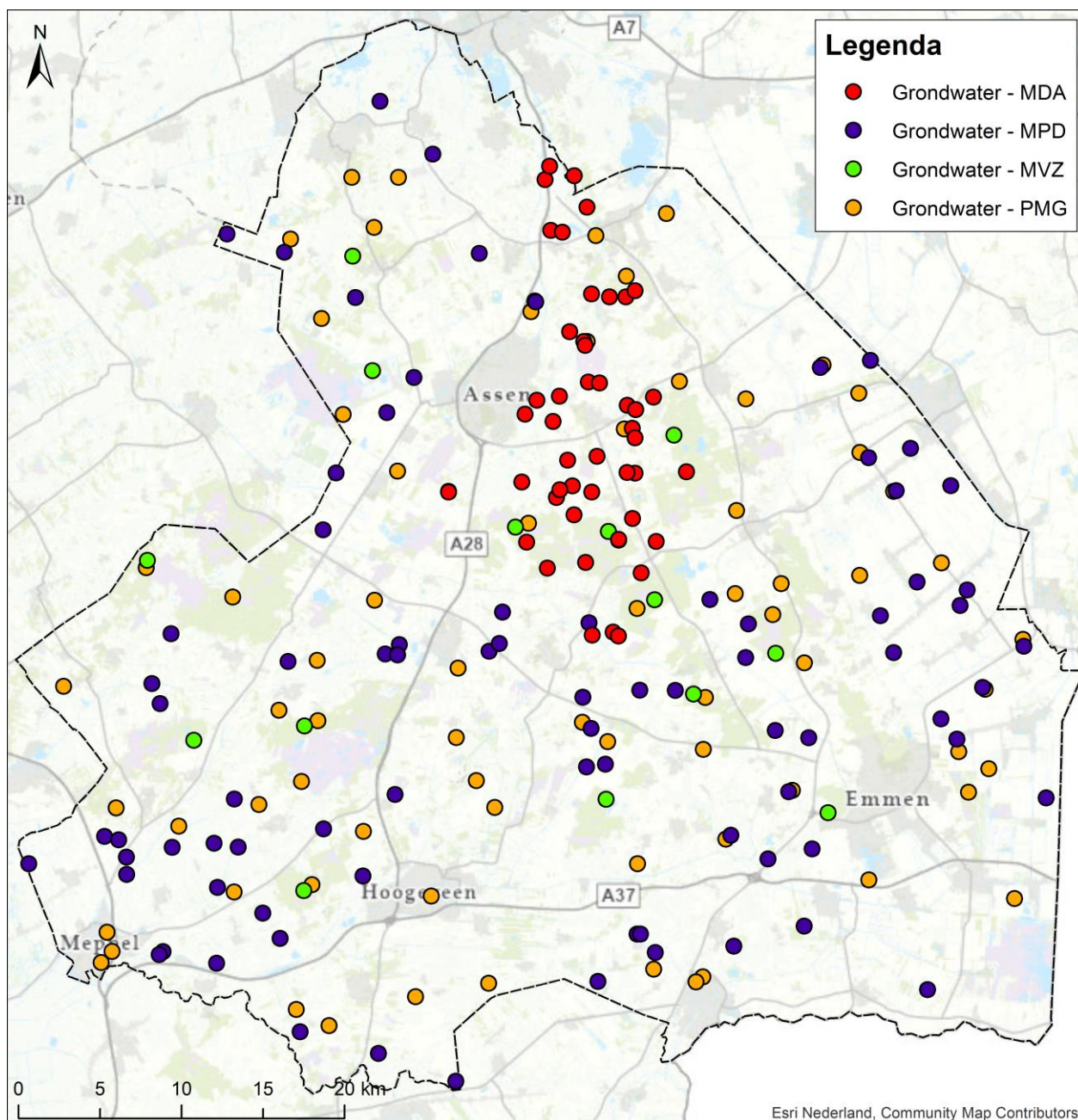
Metingen in het PMG worden gedaan ten behoeve van de KRW monitoring. Hiervoor is uit het PMG en LMG een deelverzameling van meetpunten geselecteerd. Alleen deze meetpunten worden gebruikt voor de KRW monitoring. Recente KRW meetjaren waren 2012, 2015, 2018 en 2021. Er worden ook meetrondes uitgevoerd in de PMG meetpunten die niet in het KRW meetnet zijn opgenomen. Dit is de afgelopen 10 jaar gebeurd in 2013, 2014, 2016, 2018 en 2021.



Figuur 2-2: Opzet en samenhang van de Drentse meetnetten bodem- en grondwaterkwaliteit (Bron: Alterra, 2013). Het MBK heet tegenwoordig het MPD.

De opzet van de Drentse meetnetten is samengevat in figuur 2-2. Zowel het MV, het MDA als het MPD (voormalig MBK) meet de kwaliteit van het freatisch grondwater in een meetronde door per meetpunt vier ondiepe boringen te verrichten op het betreffende perceel, daar water te bemonsteren en de vier monsters vervolgens samen te voegen tot een mengmonster, dat wordt geanalyseerd op het laboratorium. Maar EGV en pH zijn in elk van de vier boringen apart gemeten en de vier meetwaarden zijn per meetpunt rekenkundig gemiddeld tot veld-EGV en veld-pH.

Het grondwater wordt dus in vier meetnetten gemeten op verschillende dieptes (figuur 2-3).

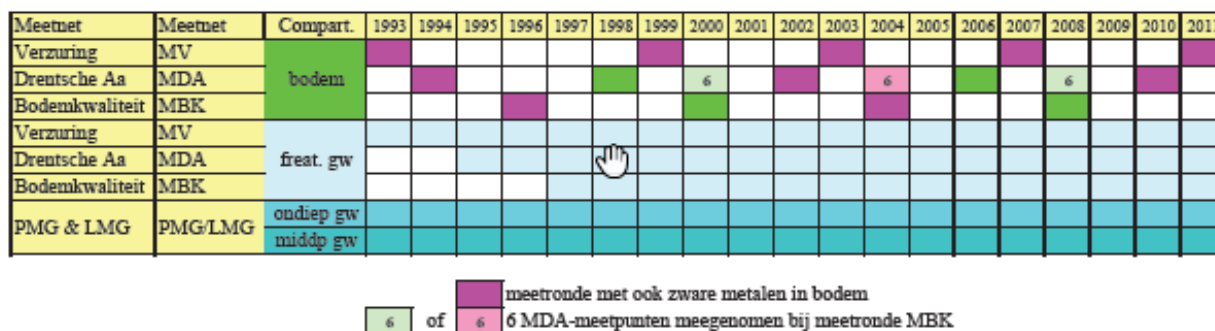


Figuur 2-3: Locaties van alle grondwatermeetpunten verdeeld over de vier provinciale meetnetten.

## 2.2 Meetperioden

De totale meetperiode kan ingedeeld worden in drie perioden:

1. Periode 1984-1992 met alleen metingen van het LMG.
2. Periode 1993-2011 gerapporteerd door Alterra (2013) met de introductie van vier provinciale meetnetten. De beschikbaarheid van data is weergegeven in figuur 2-4.
3. Periode 2012 – 2021 met de aanvullende meetdata verwerkt in voorliggend rapport. figuur 2-5 geeft een overzicht van de beschikbare data.



Figuur 2-4: Beschikbaarheid van meetdata voor de meetjaren 1993-2011, met onderscheid naar compartiment. (Bron: Alterra, 2013).

| Meetnet        | Afk         | Stoffen   | Compart.             | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|----------------|-------------|-----------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Verzuring      | MV          |           | bodem                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Drentsche Aa   | MDA         |           |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Bodemkwaliteit | MPD         |           |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Verzuring      | MV          |           | freat gw             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Drentsche Aa   | MDA         |           |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Bodemkwaliteit | MPD         |           |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| PMG&LMG        | PMG/<br>LMG | Perceel 1 | ondiep en<br>diep gw |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                |             | Perceel 2 |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                |             | Perceel 3 |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                |             | Perceel 4 |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                |             | Perceel 5 |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Figuur 2-5: Beschikbaarheid van meetdata voor de meetjaren 2012 – 2021 met onderscheid naar compartiment en stoffen.

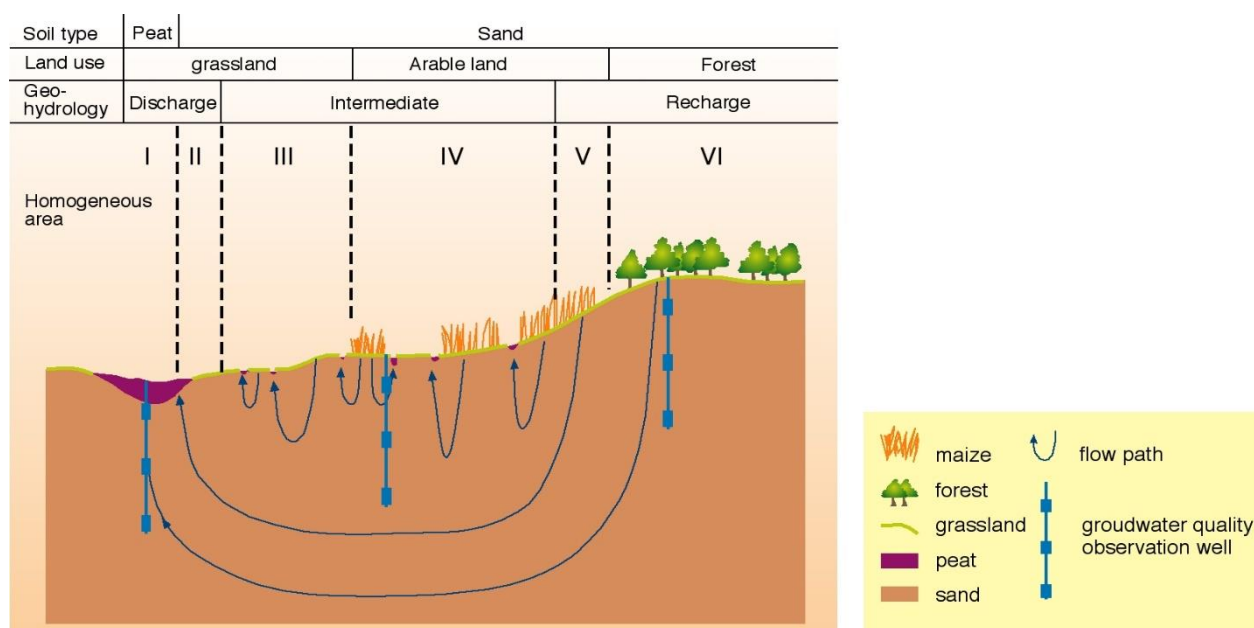
De bodemkwaliteit wordt met een lage frequentie gemeten (zie figuur 2-5), omdat de kwaliteitsveranderingen in de bodem trager verlopen dan in het grondwater.

Het freatisch grondwater wordt jaarlijks gemeten, alleen in 2017 zijn er geen metingen gedaan in het meetnet verzuring.

Voor het PMG en LMG wordt vanaf 2012 een andere meetfrequentie gehanteerd. In plaats van jaarlijkse metingen worden de metingen om de drie jaar gedaan. Het pakket aan te meten stoffen is wel uitgebreid. In 2015 zijn voor het eerst de geneesmiddelen (perceel 3) en de overig verontreinigende stoffen (perceel 4) aan het monitoringprogramma toegevoegd. In 2021 zijn de PFAS verbindingen (perceel 5) voor het eerst gemeten. De metingen worden zowel op het ondiepe (10 meter -mv) als diepe niveau (25 meter - mv) gedaan.

## 2.3 Indeling in homogene gebiedstypes

Het PMG is ontworpen door TNO-IGG (1991). Het meetnet is opgezet volgens de systematiek van homogene gebiedstypes. Dat wil zeggen dat de meetpunten worden verdeeld en afgestemd op het bodemgebruik, hydrologie en landgebruik (figuur 2-6). Deze gebiedstypes worden gebruikt bij de beoordeling van de monitoringresultaten. Bijvoorbeeld wat is de toestand en trend van de nitraatconcentratie in bosgebieden; of in kwelgebieden? Dezelfde indeling in homogene gebiedstypes is ook gebruikt voor de andere thematische meetnetten in Drenthe zoals het MV, MDA en MPD.



Figuur 2-6: Concept van homogene gebiedstypes (TNO-IGG, 1991).

In 1991 is de volgende indeling gebruikt (figuur 2-7):

- Landgebruik met onderscheid tussen Bouwland, Grasland, Natuur (en daarbinnen Natuur/bos, Loofbos, Naaldbos, Heide en Natuurlijk grasland) en Stad.
- Grondsoort met onderscheid tussen Zand (en daarbinnen Zand, Podzol, Vaaggrond en Moerig, Zand) en Veen (en daarbinnen Veen, Eerdveen, Veenkoloniaal dek en Madeveen).
- Hydrologische situatie met voor het PMG/LMG onderscheid tussen Infiltratie, Intermediair en Kwel. Het MPD maakt onderscheid tussen Nat en Droog. Verder is bij de metagegevens van elk van de vier meetnetten de grondwatertrap van het meetpunt vermeld.

|                  |             |               | Meetnet    |              |              |              |
|------------------|-------------|---------------|------------|--------------|--------------|--------------|
|                  |             |               | Verzuring  | Drentsche Aa | Bodemkwal.   | PMG & LMG    |
| Landgebruik      | Bouwland    |               |            |              |              |              |
|                  | Grasland    |               |            |              |              |              |
|                  | Natuur      | Natuur/bos    |            |              |              |              |
|                  |             | Loofbos       |            |              |              |              |
|                  |             | Naaldbos      |            |              |              |              |
|                  |             | Heide         |            |              |              |              |
|                  |             | Nat. grasland |            |              |              |              |
|                  | Stad        |               |            |              |              |              |
| Grondsoort       | Zand        | Zand          |            |              |              | III t/m VIII |
|                  |             | Podzol        | V t/m VIII | V t/m VII    | IV t/m VIII  |              |
|                  |             | Vaaggrond     | V t/m VIII |              |              |              |
|                  |             | Moerig zand   |            |              | III t/m VII  |              |
|                  | Veen        | Veen          |            |              |              | III en V     |
|                  |             | Eerdveen      |            | II en III    |              |              |
|                  |             | Veenkol. dek  |            |              | II t/m VI    |              |
|                  |             | Madeveen      |            |              | II en III    |              |
| Hydrol. situatie | Gt          | V t/m VIII    | II t/m VII | II t/m VIII  | II t/m VIII  |              |
|                  | Nat         |               |            | II t/m VI    |              |              |
|                  | Droog       |               |            | III t/m VIII |              |              |
|                  | Infiltratie |               |            |              | III t/m VIII |              |
|                  | Intermed.   |               |            |              | III t/m VII  |              |
|                  | Kwel        |               |            |              | II, III en V |              |
| Meetpunten       |             |               | 14         | 67           | 124          | 90 (62+22+6) |

Figuur 2-7: Oorspronkelijke indeling in homogene gebiedstypen voor de vier Drentse meetnetten (Bron: Alterra, 2013).

In 2013 is de indeling in homogene gebiedstypes vereenvoudigd door te clusteren (figuur 2-8). Een gebiedstype omvat minimaal, maar bij voorkeur minstens tien meetpunten.

| Meetnet | Bouwland |       | Grasland |       | Natuur/bos | Bouwland | Grasland | Stad |
|---------|----------|-------|----------|-------|------------|----------|----------|------|
| MV      |          |       |          |       | 14         |          |          |      |
| MDA     | 15       |       | 15       |       | 21         |          | 16       |      |
| MBK     | p 18     | m 15  | p 18     | m 16  |            | 16       | 10       |      |
| PBB     |          |       | p 27     |       |            |          |          |      |
| PMG/LMG | if 15    | im 13 | if 10    | im 16 | if 10      | im 7     |          | 6    |
| kwel 11 |          |       |          |       |            |          |          |      |

| Zand          | Veen            |
|---------------|-----------------|
| p podzol      | if infiltratie  |
| m moerig zand | im intermediair |

Figuur 2-8: Aangepaste indeling in homogene gebiedstypen (Alterra, 2013). Voor elke combinatie van meetnet en gebiedstype is het aantal meetpunten vermeld dat daaraan is toegedeeld.

### 3 Werkwijze

Alle meetgegevens van bodem- en grondwaterkwaliteit zijn opgeslagen in een Dawaco-databestand. De Dawaco-database bevat alle gevalideerde meetgegevens, ook van voorgaande jaren en de kenmerken van de peilbuizen en bodemmeetpunten. Uit Dawaco zijn exportbestanden gemaakt ten behoeve van de data-analyse. Een gedetailleerde beschrijving is opgenomen in bijlage 3.

#### 3.1 Figuren, boxplots en kaarten

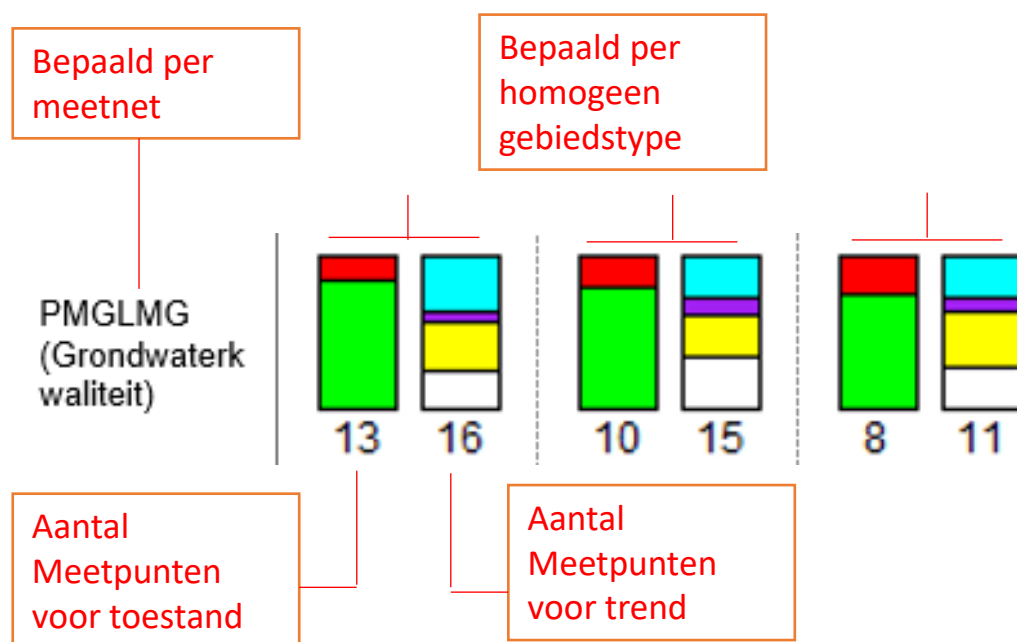
Uit Dawaco zijn exportbestanden gemaakt voor verdere verwerking. Met behulp van scripts (geprogrammeerd in R) is de verwerking in tabellen en kaarten in dit rapport geautomatiseerd.

Voor de hoofdstukken vermesting, verzuring en verspreiding van metalen is gebruik gemaakt van twee type standaardfiguren: (1) kleurenboxen met toestand en trends en (2) boxplots.

##### Kleurenboxen

Voor relevante parameters wordt de toestand en trend weergegeven met kleurenboxen (figuur 3-1). Per homogeen gebiedstype per meetnet wordt een vakje ingekleurd voor de toestand en de trends. Het eerste vakje is de toestand en deze kan groen (onder of gelijk aan de norm) of rood (boven de norm) kleuren. De gebruikte normen zijn beschreven in paragraaf 3.3. Voor de toestandsbepaling is het resultaat van de laatste monitoringronde gebruikt. Dit kan 2018/2019, 2020 of 2021 zijn (figuur 2-5); dit verschilt per meetnet.

De trends worden ingekleurd in vier kleuren. De box blijft wit als er te weinig metingen zijn om een statistische betrouwbare trend te kunnen bepalen. Als er wel een trend bepaald kan worden is de kleur lichtblauw (trend is neerwaarts; situatie verbeterd), geel (geen trend), paars (trend gaat omhoog, situatie is verslechterd). De trendanalyse is uitgevoerd met Mann-Kendall analyse en deze is verder toegelicht in paragraaf 3.4.



| Kleurcodering |                                                       |                                                          |                                                       |                                                                              |
|---------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Toestand      | <span style="color: green;">■</span> voldoet aan norm | <span style="color: red;">■</span> voldoet niet aan norm |                                                       |                                                                              |
| Trend         | <span style="color: cyan;">■</span> is verbeterd      | <span style="color: yellow;">■</span> geen trend         | <span style="color: purple;">■</span> is verslechterd | <span style="border: 1px solid black;">■</span> te weinig (recente) metingen |

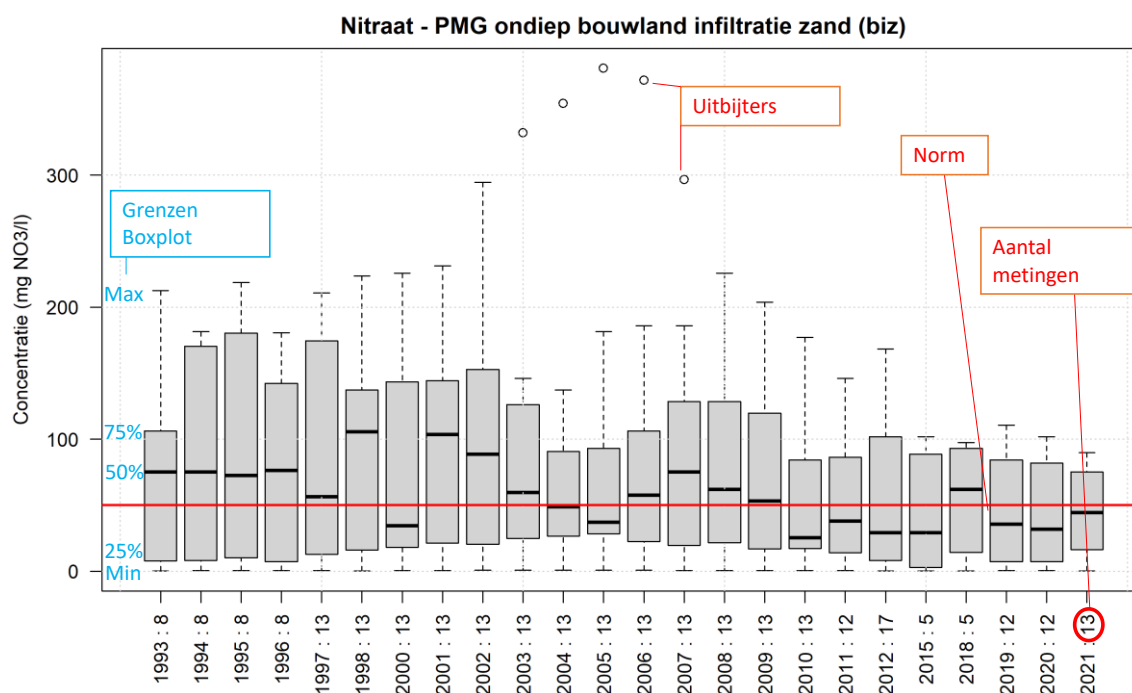
Figuur 3-1: Voorbeeld van weergave van toestand en trends voor de onderwerpen vermeting, verzuring en verspreiding van metalen.

Onder de kleurenboxen is het aantal meetpunten vermeld die voor de analyse zijn gebruikt. Voor de toestand en trendbepaling kunnen verschillende meetpunten gebruikt zijn, daarom komen deze getallen niet met elkaar overeen.

### Boxplots

Met boxplots kan de spreiding in meetresultaten grafisch worden weergegeven (figuur 3-2). Hiervoor wordt de meetset ingedeeld in vier kwartielen. In de figuur wordt dit weergegeven met:

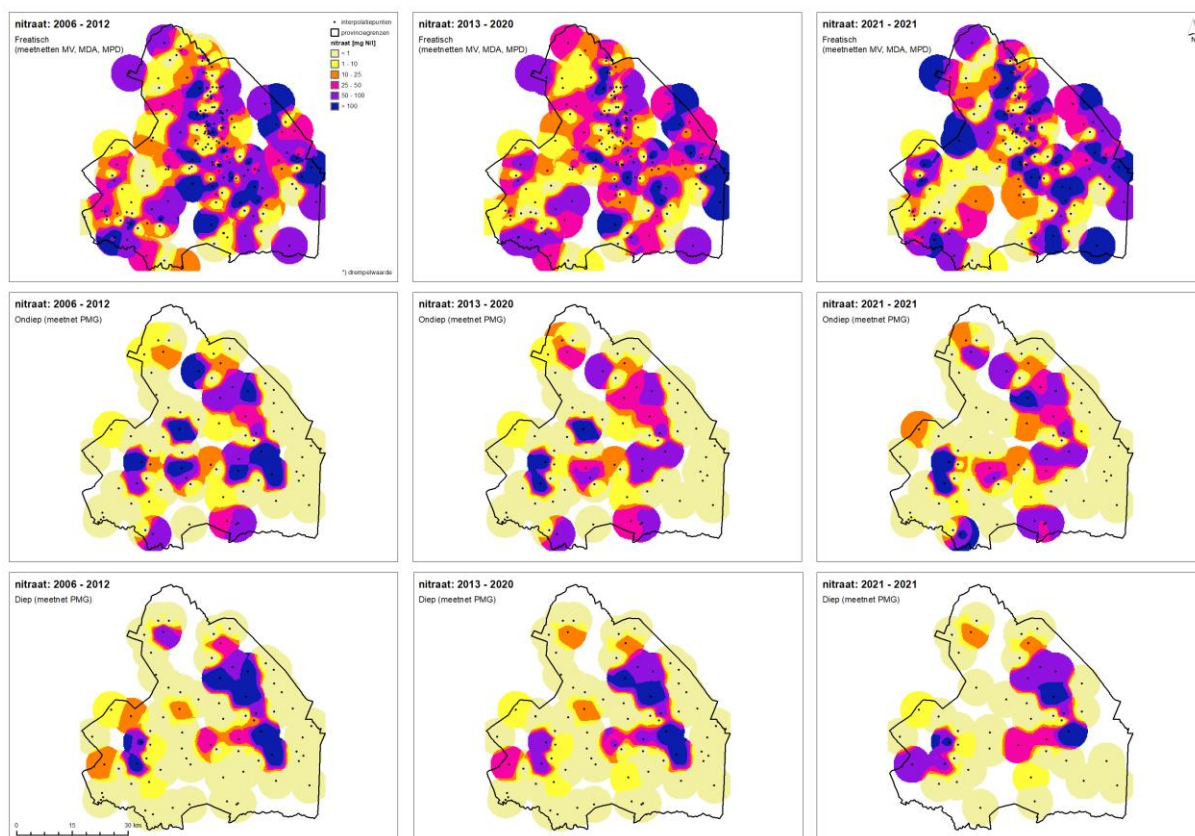
- De mediaanwaarde (dikke zwarte lijn). Dit is de 50% percentiel. Ofwel de ene helft van de metingen ligt boven deze waarde en de andere helft onder de waarde.
- In de brede kolom zijn de 25% en 75% percentiel weergegeven. Dit wordt het interkwartielbereik (IQR) genoemd. Ofwel de helft van de metingen bevindt zich binnen dit interval.
- De andere helft van de metingen zijn de extremen aan de onder- en bovenkant van de grafiek met als uitersten de minimale waarde (vaak de rapportagegrens) en de maximale waarde.
- Meetwaarden die ver buiten het IQR liggen worden als uitbijter beschouwd. Hiervoor wordt als grens gehanteerd  $1,5 \times \text{IQR}$ . Uitbijters komen alleen aan de bovenkant van de grafiek voor. De minimumwaarde ligt vaak niet ver van de 25% percentiel af en is gelijk aan de rapportagegrens.



Figuur 3-2: Uitleg van weergave in boxplots.

## Kaarten

Voor in totaal 23 algemene parameters is de ruimtelijke verbreiding in beeld gebracht: Al, As, Ca, Cu, Cd, Cl, Cr, EGV, Fe,  $\text{HCO}_3$  (veld), K, Mg, Mn, Na,  $\text{NH}_4$ , Ni,  $\text{NO}_3$ , Pb, pH, P-tot, P-ortho,  $\text{SO}_4$  en Zn. Daarnaast is de geleidbaarheid (Ec gemeten in het laboratorium) en de zuurgraad (pH) gepresenteerd. Deze kaarten zijn opgenomen in bijlage 4. Als voorbeeld is de kaart weergegeven voor nitraat (figuur 3-3).



Figuur 3-3: Voorbeeld van kaartweergave voor drie tijdsperiodes en drie filterdieptes.

Deze kaarten zijn gebruikt als achtergrondinformatie voor de beschrijving van de toestand en trends voor de algemene stoffen.

Per stof zijn telkens negen (drie maal drie) kaarten gepresenteerd voor:

- Drie tijdsperiodes:
  - 2006-2012.
  - 2013-2020.
  - 2021 (de laatste meetronde waarvoor de toestand is bepaald in dit rapport).
- Drie diepte-intervallen:
  - Het freatische grondwater (de meetnetten MPD, MV en MPD).
  - Ondiep grondwater (globaal 10 meter diep).
  - Diep grondwater (globaal 25 meter diep).

De kaarten zijn automatisch gegenereerd uit de Dawaco database. Er is gekozen om de meetwaarden ruimtelijk te interpoleren. Er zijn ook andere keuzes mogelijk, waarbij rekening wordt gehouden met de gemiddelde grondwaterkwaliteit per homogeen gebiedstype. In dit rapport is hiervoor niet gekozen. De aannames die hierbij gebruikt zijn, worden samengevat in onderstaand kader.

#### **Werkwijze interpolatietechniek**

- Straal = 5000 meter. Deze straal is zodanig dat bij een lage dichtheid 'gaten' ontstaan in de interpolatie.
- Aantal omliggende punten = 6. Het meenemen van meer punten (standaard = 12) zorgt voor invloed van meetpunten op grotere afstanden. Gezien de grote variabiliteit van de grondwaterkwaliteit levert dit geen goed beeld op. Zijn er minder dan zes punten binnen een straal van 5000 meter dan worden er minder gebruikt.
- Waarde voor meetpunten: alle beschikbare waarden. Een interpolatie op een meetpunt levert een gemiddelde waarde op het meetpunt zelf, hoe meer metingen er op een bepaalde plaats zijn gedaan hoe 'zwaarder' het meetpunt meetelt in de interpolatie.
- Gridcelgrootte = 200 meter. Met deze grootte ontstaat een beeld met voldoende hoge resolutie.
- Machtsfactor voor inverse distance formule = 5. Met deze grote factor worden metingen met een relatief hoge waarde minder dominant weergegeven in de omgeving.

#### **Figuren milieuvreemde stoffen**

De aanwezigheid van milieuvreemde stoffen (hoofdstuk 7 tot en met 10) wordt weergegeven met staafdiagrammen en kaarten. Ook deze presentatievorm is geautomatiseerd. De kaarten en figuren spreken voor zich.

## **3.2 Toetsing aan normen en signaalwaarden**

#### **Macroparameters en metalen in grondwater**

Voor grondwater bestaan er verschillende normen of streefwaarden die elk een verschillende status hebben. De volgende voorkeursvolgorde is aangehouden in dit rapport (tabel 3-1):

- De KRW-norm of drempelwaarde uit het Bkmw (2009).
- De streefwaarde uit de Circulaire bodemsanering (2013).
- Een specifieke norm.
- Drinkwaterbesluit (2011).

Voor een beperkt aantal stoffen is er een KRW-norm (voor nitraat) of een KRW drempelwaarde. Drempelwaarden zijn kwaliteitsnormen die de lidstaten zelf vaststellen, per grondwaterlichaam. Nederland heeft voor zes stoffen drempelwaarden vastgesteld: chloride, nikkel, arseen, cadmium, lood en totaal-fosfor. Drenthe valt binnen de grondwaterlichamen Zand Rijn Oost, Zand Rijn Noord, Zand Eems en Deklaag Rijn Oost. De drempelwaarden zijn afgestemd op de natuurlijke achtergrondconcentraties in het grondwaterlichaam. De norm voor nitraat en de drempelwaarden zijn opgenomen in het Bkmw 2009 en zijn in 2016 voor het laatst aangepast.

De streefwaarden voor grondwater zijn opgenomen in bijlage 1 van de Circulaire bodemsanering (2013). Streefwaarden grondwater geven aan wat het ijkpunt is voor de milieukwaliteit op de lange termijn, uitgaande van Verwaarloosbare Risico's voor het ecosysteem. De streefwaarden zijn door VROM (1997) afgeleid binnen het project Integrale Normstelling Stoffen (INS). Met enkele uitzonderingen zijn de INS-streefwaarden overgenomen. De INS-streefwaarden zijn zoveel mogelijk risico-onderbouwd en gelden voor individuele stoffen. Voor metalen wordt er onderscheid gemaakt tussen diep en ondiep grondwater. Reden hiervoor is het verschil in achtergrondconcentraties tussen diep en ondiep grondwater. Als grens tussen diep en ondiep grondwater wordt een arbitraire grens van 10 meter gebruikt.

Voor vier stoffen zijn specifieke normen overgenomen:

- Voor ammonium is gebruik gemaakt van een RIVM (2010) studie. De achtergrondconcentraties in veengebied zijn hoger dan in zandgebied. De reden is dat veenbodems veel organische stof bevatten; door anaerobe afbraak van organische stof komt ammonium vrij. De streefwaarde voor zandgebied is daarom lager (2 mg/l N) dan voor veengebieden (10 mg/l N).
- Voor EGV bestaat geen norm. De waarde uit het Alterra 2013 rapport is overgenomen.
- Voor fosfaatverzadiging bestaat geen norm. De waarde uit het Alterra 2013 rapport is overgenomen.
- Voor de zuurgraad (pH) bestaat geen norm. De waarde uit het Alterra 2013 rapport is overgenomen. Een waarde lager dan 5 wordt als ontoereikend beoordeeld.

In het drinkwaterbesluit (2011) zijn normen opgenomen die een verschillend uitgangspunt kennen. De normen voor sulfaat en aluminium zijn overgenomen. Sulfaat en aluminium zijn organoleptische / esthetische parameters. Alleen voor calcium bestaat er geen kwaliteitsnorm. Hier wordt niet op getoetst.

Tabel 3-1: Bestaande normen en streefwaarden voor het grondwater. *De waarden in rood zijn gebruikt voor de toetsing in dit rapport.*

| Stofnaam                       | Code | Eenheid  | Normen of grondwater |                                                     |      |                                 |           |
|--------------------------------|------|----------|----------------------|-----------------------------------------------------|------|---------------------------------|-----------|
|                                |      |          | KRW<br>(Bkwm 2009)   | Streefwaarden<br>Circulaire<br>bodemsanering (2013) |      | Drinkwater<br>besluit<br>(2011) | Specifiek |
|                                |      |          |                      | ondiep                                              | diep |                                 |           |
| Nitraat                        | NO3  | mg/l NO3 | 50                   | 50                                                  | 50   | 50                              |           |
| Ammonium                       | NH4  | mg/l N   |                      |                                                     |      | 0,2                             | 2-10      |
| Kalium                         | K    | mg/l     |                      | 12                                                  | 12   |                                 |           |
| Sulfaat                        | SO4  | mg/l     |                      |                                                     |      | 150                             |           |
| Chloride                       | Cl   | mg/l     | 160                  | 160                                                 | 160  | 150                             |           |
| Electrisch geleidings vermogen | EGV  | mS/m     |                      |                                                     |      |                                 | 125       |
| Fosfaat verzadiging            |      | %        |                      |                                                     |      |                                 | 25        |
| P-totaal                       | P    | mg/l     | 2                    | 2                                                   | 2    |                                 |           |
| Zuurgraad                      | pH   | -        |                      |                                                     |      | Tussen 7,0 en 9,5               | 5         |
| Calcium                        | Ca   | mg/l     |                      |                                                     |      |                                 | -         |
| Aluminium                      | Al   | µg/l     |                      |                                                     |      | 200                             |           |
| Koper                          | Cu   | µg/l     |                      | 15                                                  | 1,3  | 2                               |           |
| Cadmium                        | Cd   | µg/l     | 0,35                 | 0,4                                                 | 0,06 | 5                               |           |
| Zink                           | Zn   | µg/l     |                      | 65                                                  | 24   | 3                               |           |
| Chroom                         | Cr   | µg/l     |                      | 1                                                   | 2,4  |                                 |           |
| Lood                           | Pb   | µg/l     | 7,4                  | 15                                                  | 1,6  | 10                              |           |
| Arseen                         | As   | µg/l     | 13,2                 | 10                                                  | 7,2  | 10                              |           |
| Nikkel                         | Ni   | µg/l     | 20                   | 15                                                  | 2,1  | 20                              |           |

### Metalen in grond

De streefwaarden voor grond uit de circulaire bodemsanering zijn niet langer geldig. Deze zijn vervangen door de Achtergrondwaarde uit tabel 1 van bijlage B van de Regeling bodemkwaliteit (2007).

Tabel 3-2: Achtergrondwaarde voor metalen in grond uit Regeling Bodemkwaliteit (2007).

| Stofnaam | Code | Eenheid  | Achtergrondwaarde uit Regeling Bodemkwaliteit (2007) |
|----------|------|----------|------------------------------------------------------|
| Koper    | Cu   | mg/kg ds | 40                                                   |
| Cadmium  | Cd   | mg/kg ds | 0,6                                                  |
| Zink     | Zn   | mg/kg ds | 140                                                  |
| Chroom   | Cr   | mg/kg ds | 55                                                   |
| Lood     | Pb   | mg/kg ds | 50                                                   |
| Arseen   | As   | mg/kg ds | 20                                                   |
| Nikkel   | Ni   | mg/kg ds | 35                                                   |

### Fosfaatnormen voor landbouwbodem

Vanaf 2010 zijn de gebruiksnormen voor fosfaat gedifferentieerd naar de fosfaattoestand van de bodem. Daarbij worden vijf klassen voor de fosfaattoestand van de bodem onderscheiden, namelijk arm, laag, neutraal en hoog. De grenzen tussen de klassen worden bepaald via een bepaling van het Pw-getal (voor bouwland) en het P-Al-getal (voor grasland). Afhankelijk van de klasse wordt bepaald hoeveel fosfaat in de mest gebruikt mag worden. Het Pw-getal is een maat voor de fosfaatintensiteit van de bodem (makkelijk beschikbaar fosfaat) en het P-Al-getal een maat voor de fosfaatcapaciteit (fosfaatvoorraad). Als grenswaarde voor het Pw-getal en P-Al-getal is de overgang van neutraal naar ruim, respectievelijk 45 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per l grond en 40 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per 100 gram grond. De gebruiksnormen zijn vanaf 2010 telkens verder aangescherpt. Vanaf 2021 gebeurt dat met P-CaCl<sub>2</sub>- en P-Al-getallen. P-CaCl<sub>2</sub> getallen zijn nog niet beschikbaar en worden daarom achterwege gelaten in dit rapport.

Tabel 3-3: Gebruiksnormen in 2022 voor fosfaat op grasland en bouwland (Bron: rvo.nl).

| Klasse   | Grasland (PAL getal) | Bouwland (Pw getal) |
|----------|----------------------|---------------------|
| Hoog     | >50                  | >55                 |
| Ruim     | 41-50                | 46-55               |
| Neutraal | 27-40                | 36-45               |
| Laag     | 16-26                | 25-35               |
| Arm      | <16                  | <25                 |

### Bestrijdingsmiddelen

Voor bestrijdingsmiddelen en hun humaan toxicologisch relevante afbraakproducten geldt een wettelijk norm van 0,1 µg/l per individuele stof en 0,5 µg/l voor de som van alle aangetroffen stoffen. Deze norm wordt ook Europees gehanteerd en geldt als eis voor de Kader Richtlijn Water.

Niet alle bestrijdingsmiddelen zijn toxisch relevant. Voor metabolieten van bestrijdingsmiddelen en afbraak- of reactieproducten, die niet humaan toxicologisch relevant zijn, geldt een hogere norm van 1,0 µg/l in het Drinkwaterbesluit (2011). Volgens het Drinkwaterbesluit geldt voor aldrin, dieldrin, heptachloor

en heptachloorepoxide een strengere norm van 0,03 µg/l<sup>1</sup>. Dit zijn normen die gelden voor het tapwater, dus na zuivering van het onttrokken grondwater. De niet relevante afbraakproducten worden niet voor de KRW meegenomen in de toetsing.

Er zijn 11 metabolieten door RIVM (2020b) als 'humaan toxicologisch niet relevant' beoordeeld (tabel 3-4). Het afbraakproduct N,N-dimethylsulfide (DMS) wordt wel gezien als humaan toxicologisch relevant, omdat bij gebruik van ozonisatie voor de bereiding van drinkwater DMS omgezet wordt in het zeer toxische NDMA (RIWA, 2015).

Tabel 3-4: Niet relevante humaan toxicologische metabolieten (Bron: RIVM2020b).

| Metabooliet                                                                   | CAS-nummer   | Moederstof    |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|
| 2,6-Dichlorobenzamide (BAM)                                                   | 2008-58-4    | Dichlobenil   |
| Aminomethylfosfonzuur (AMPA)                                                  | 1066-51-9    | Glyfosaat     |
| Desfenyl-chloridazon                                                          | 6339-19-1    | Chloridazon   |
| Methyl-desfenyl-chloridazon                                                   | 17254-80-7   | Chloridazon   |
| Dimethenamide-ESA                                                             | 205939-58-8  | Dimethenamide |
| Dimethenamide-OA                                                              | 380412-59-9  | Dimethenamide |
| Metazachloor-S-metabooliet<br>(metazachloor- sulfonzuur,<br>metazachloor-ESA) | 172960-62-2  | Metazachloor  |
| Metazachloor-zuur<br>(metazachloor-oxalamic acid)                             | 1231244-60-2 | Metazachloor  |
| Metolachloor-S-metabooliet<br>(metolachloor-sulfonzuur,<br>metolachloor-ESA)  | 171118-09-5  | Metolachloor  |
| Metolachloor-zuur<br>(metolachloor-OA, metolachloor-C-<br>metabooliet)        | 152019-73-3  | Metolachloor  |
| Propachloor-ESA                                                               | 123732-85-4  | Propachloor   |

Voor drie bestrijdingsmiddelen kan niet worden bepaald of ze voldoen aan de 0,1 µg/l norm omdat de rapportagegrens hierboven ligt (tabel 3-5).

Tabel 3-5: Bestrijdingsmiddelen die niet toetsbaar zijn in 2021 (rapportagegrens groter dan 0,1 µg/l).

| Parameter          | Detectielimiet<br>µg/l |
|--------------------|------------------------|
| 1,1-Dichloorethaan | 0,2                    |
| Dinoterb           | 0,3                    |
| Glufosinaat        | 0,25                   |

<sup>1</sup> Geen van deze vier stoffen is ooit onderzocht binnen de provincie Drenthe

Voor metabolieten die humaan toxicologisch 'niet relevant' zijn verklaard, wordt in het Drinkwaterbesluit een hogere drinkwaternorm gehanteerd, namelijk 1,0 µg/l.

Tabel 3-6 geeft een overzicht van de normen uit de KRW en het Drinkwaterbesluit voor de in 2021 in de provincie Drenthe aangetroffen bestrijdingsmiddelen.

Tabel 3-6: Normen voor de in 2021 aangetoonde bestrijdingsmiddelen en metabolieten in Drenthe.

| Parameter                                    | KRW-norm (µg/l) | Drinkwaterbesluit (µg/l) |
|----------------------------------------------|-----------------|--------------------------|
| 2-Hydroxy-atrazine                           | 0,1             | 0,1                      |
| Bentazon                                     | 0,1             | 0,1                      |
| Chloridazon                                  | 0,1             | 0,1                      |
| N,N-Dimethylsulfamide(DMS)                   | 0,1             | 0,1                      |
| Diuron                                       | 0,1             | 0,1                      |
| Metaldehyde (Tetramer)                       | 0,1             | 0,1                      |
| Dithiocarbamaat                              | 0,1             | 0,1                      |
| Desethylatrazine                             | 0,1             | 0,1                      |
| 2-Hydroxy-atrazine                           | 0,1             | 0,1                      |
| <b>Metabolieten van bestrijdingsmiddelen</b> |                 |                          |
| Desphenyl-Chloridazon                        | Niet relevant   | 1,0                      |
| Methyl-desphenyl-chloridazon                 | Niet relevant   | 1,0                      |
| BAM (2,6-dichloorbenzamide)                  | Niet relevant   | 1,0                      |

### Geneesmiddelen

Voor geneesmiddelen bestaan nog geen normen voor het grondwater. Daarom is vergeleken met de voor grondwaterbeschermingsgebieden geldende signaleringswaarde van 0,1 µg/l (Bkmw protocol monitoring en toetsing drinkwaterbronnen KRW (2015)). Alle 51 onderzochte stoffen hadden een rapportagegrens die onder de 0,1 µg/l ligt. Alle stoffen zijn dus toetsbaar.

### Overige opkomende stoffen

Overige verontreinigende stoffen zijn chemicaliën (microverontreinigingen) die niet van nature in het grondwater thuishoren, exclusief bestrijdingsmiddelen en geneesmiddelen.

De humane gezondheidsrisico's zijn getoetst door de concentraties in grondwater te relateren aan drinkwaternormen (Drinkwaterbesluit 2011) en indicatieve streefwaarden voor drinkwater (verschillende bronnen). Dit betreft een indicatieve risicoschatting, omdat de aangetroffen concentraties in grondwater zich niet direct laten vertalen naar concentraties in drinkwater. Voor de overige stoffen is getoetst op een signaleringswaarde van 0,1 µg/l.

Tabel 3-7: Normen voor overig verontreinigende stoffen uit het Drinkwaterbesluit (2011).

| Stofnaam                               | Norm      | Bijlage Drink water besluit |
|----------------------------------------|-----------|-----------------------------|
| Benzo(a)pyreen                         | 0,01 µg/l | II                          |
| 1,2-Dichloorethaan                     | 3,0 µg/l  | II                          |
| Vinylchloride                          | 0,1 µg/l  | II                          |
| Ethyl tert-butyl ether (ETBE)          | 1,0 µg/l  | IIIb                        |
| Methyl tert-butyl ether (MTBE)         | 1,0 µg/l  | IIIb                        |
| Ethyleendiaminetetraethaan zuur (EDTA) | 1,0 µg/l  | IIIc                        |

Alleen EDTA is van de stoffen genoemd in tabel 3-7 ook aangetoond in het grondwater van Drenthe in de meetronde van 2021.

### PFAS

In 2020 heeft het RIVM voorlopige waarden afgeleid: de Indicatieve Niveaus voor Ernstige Verontreiniging (RIVM, 2020). De risicowaarden waren gebaseerd op humane en ecologische risico's. Na evaluatie door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA; European Food Safety Authority) is besloten om de gezondheidkundige grenswaarde te gebruiken voor de onderbouwing van risicogrenzen ten behoeve van het beleid voor PFAS (RIVM, 2021). De gezondheidkundige waarde ligt aanzienlijk lager dan de risicogrenzen voor ecologie (tabel 3-8). De stoffen PFOS en PFOA zijn niet aangetoond in Drenthe in 2021 en GenX ontbrak in het analysepakket.

Tabel 3-8: Risicogrenzen grondwater (in µg/l) voor PFOS, PFOA en GenX (Bron: RIVM, 2021).

| Stof | Drinkwater | Ecologie | Gezondheid (MTR) | Geaggregeerd         |                      |
|------|------------|----------|------------------|----------------------|----------------------|
|      |            |          |                  | Inclusief consumptie | Exclusief consumptie |
| PFOS | 0,0099     | 1000     | 2,7              | 0,0099               | 2,7                  |
| PFOA | 0,02       | 7000     | 8,6              | 0,02                 | 8,6                  |
| GenX | 0,33       | 16.000   | 6,0              | 0,33                 | 6,0                  |

De risicogrenzen uit de RIVM notitie zijn nog geen normen. Interventiewaarden worden door het Ministerie van IenW vastgesteld op basis van risicogrenzen, maar ook aspecten zoals doelmatigheid en proportionaliteit. In 2022 heeft het RIVM een impact assessment uitgevoerd met een inventarisatie van de beschikbare kennis over gehalten van PFAS in bodem en grondwater. De Impact Assessment (RIVM, 2022) bevestigt dat de achtergrondconcentraties PFAS in het Nederlandse grondwater niet overal voldoen aan de risicogrenzen voor PFAS op basis van consumptie. Dit is mogelijk problematisch voor de toepasbaarheid van interventiewaarden, omdat ze niet gebruikt kunnen worden om een puntbron te onderscheiden van de diffuse achtergrondkwaliteit. In de Impact Assessment zijn mogelijke oplossingsrichtingen verkend, zoals het hanteren van verschillende interventiewaarden voor relatief belast ondiep grondwater en schoner dieper grondwater. Een andere optie is het maken van onderscheid tussen gebieden die van belang zijn voor de drinkwaterwinning en overige gebieden. In dit rapport is getoetst op de signaleringswaarde van 0,1 µg/l voor PFAS-verbindingen.

### Europese ontwikkelingen

In Europees verband is er in 2019 gewerkt aan een lijst met te monitoren stoffen en bijbehorende signaleringswaarden.

#### *List facilitating Annex I and II review process*

De lijst met te monitoren stoffen voor de Europese grondwaterrichtlijn (List facilitating Annex I and II review process of the Groundwater Directive) wordt uitgebreid. Op deze lijst staan stoffen die op veel locaties in meerdere lidstaten zijn aangetroffen. De lijst is dus gebaseerd op bestaande monitoringgegevens. Op de lijst staan 2 medicijnen en 10 PFAS-verbindingen (Per- of Polyfluor- Alkylstoffen). Monitoring is vrijwillig.

#### *GroundWater Watch List (GWWL)*

De GWWL is een tijdelijke lijst met stoffen waar verder op gemonitord moet worden. Voor deze stoffen zijn nog te weinig monitoringresultaten beschikbaar in Europa en deze stoffen hebben een potentieel risico. Risico's moeten vaak nog beter in kaart gebracht worden. De lijst is een combinatie van beperkte eerste monitoringresultaten en risico's voor milieu en mens. In totaal zullen er ongeveer 30 stoffen op deze lijst komen. Als eerste stap zijn gekozen:

- 2 PFAS componenten: PFDoA and PFUnA. Deze twee stoffen zijn al veelvuldig aangetroffen.
- 9 medicijnen: clopidol, crotamiton, amidotrizoic acid, sulfadiazine, primidone, sotalol, Ibuprofen, larithromycin en erythromycin.

De GWWL is door de Nederlandse provincies zo veel mogelijk overgenomen bij de nieuwe aanbesteding voor de laboratoriumanalyses.

## 3.3 Trendanalyse

De trends zijn uitgevoerd met een Mann-Kendall analyse vergelijkbaar met de analyse uitgevoerd door Alterra (2013).

### Mann-Kendall-test

De Mann-Kendall-trendtest (ook wel de M-K-test genoemd) wordt gebruikt om gegevens te analyseren voor consistent stijgende of dalende trends. Het is een niet-parametrische test, wat betekent dat het voor alle statistische verdelingen werkt. Bijvoorbeeld het is niet nodig dat de data normaal verdeeld zijn. De Mann-Kendall-test analyseert telkens het verschil tussen later gemeten gegevens met eerder gemeten gegevens. Elke later gemeten waarde wordt vergeleken met alle gemeten waarden eerder. Dit betekent hoe meer waarnemingen hoe meer dataparen. Alle plussen en minnen worden bijgehouden en statische geïnterpreteerd. Het gaat dus niet om een absolute verandering in de meetwaarden. Er zijn minimaal vier waarnemingen nodig om een trend te kunnen vinden. Maar met weinig gegevens is de kans groter dat er geen trend wordt gevonden. Hoe meer gegevens, hoe groter de kans dat de test een echte trend zal vinden (in tegenstelling tot een trend die bij toeval wordt gevonden). Het aantal aanbevolen metingen is daarom minimaal 8 tot 10.

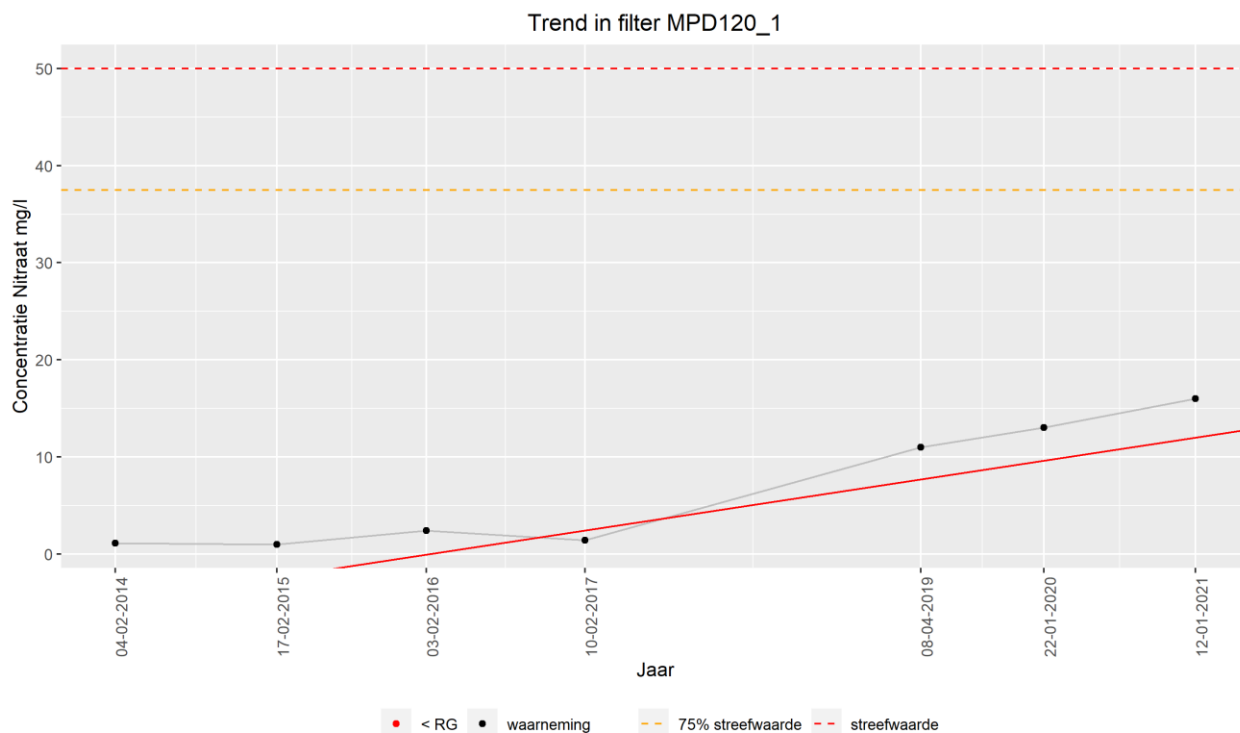
De trends zijn uitgevoerd met een Script (in de taal R) opgezet door het RIVM ten behoeve van de landelijke trendanalyse voor de KRW (RHDHV, 2020). We hebben dit script op onderdelen aangepast voor de landelijke KRW analyse en nu ook weer voor de analyse van de bodem- en grondwaterkwaliteit in Drenthe.

Om een trend te kunnen bepalen hebben we de volgende voorwaarden gesteld:

- Minimaal 5 waarnemingen beschikbaar.
- Waarvan minimaal 1 waarneming in de laatste 5 jaar.
- Minimaal 4 waarnemingen die boven de rapportagegrens liggen.
- En niet een reeks waarvan alle waarden precies gelijk aan elkaar zijn (verdachte reeksen).

Waarnemingen onder de rapportagegrens worden meegenomen als een waarde gelijk aan de helft van de rapportagegrens. Voor alle reeksen is een trendgrafiek beschikbaar (zie voorbeeld in figuur 3-4), maar

deze grafieken zijn niet in het rapport opgenomen. In dit rapport is samengevat wat het aandeel stijgende en dalende trends is per type meetnet en per homogeen gebiedstype.



*Figuur 3-4: Voorbeeld van een stijgende trend.*

## 4 Vermesting

Er wordt gesproken van veresting van het milieu bij een overmaat van nutriënten in het (aquatisch) milieu. De belangrijkste nutriënten die veresting veroorzaken zijn de elementen stikstof en fosfor (ook wel vaak fosfaat genoemd, al spreken we feitelijk van fosfaat als het in de vorm  $\text{PO}_4^{3-}$  voorkomt). Een overmaat van nutriënten (vooral stikstof en fosfor) in het milieu kan leiden tot eutrofiëring (voedselrijker worden) van het oppervlaktewater, en dit kan leiden tot het teruglopen van de biodiversiteit en het optreden van algenbloei. In het grondwater kan dit leiden tot toename van de nitraatconcentraties, waardoor het water ongeschikt kan worden als grondstof voor het bereiden van drinkwater. Naast stikstof en fosfor zijn er ook aanvullende indicatoren voor veresting van het milieu, zoals de parameters ammonium, kalium, chloride en het elektrische geleidingsvermogen (EGV). Stikstofverbindingen en fosfor zijn onmisbare voedingsstoffen (of nutriënten) voor landbouwgewassen. Als er echter via mest meer nutriënten worden aangevoerd dan het gewas kan opnemen, worden de nutriënten probleemstoffen. Omdat Nederland meer stikstof en fosfor het land invoert, via diervoer en kunstmest, dan dat ze afvoert via plantaardige en dierlijke producten, kent Nederland sinds de jaren zestig van de vorige eeuw een mest- en mineralenoverschot. Het gevolg van dit overschot is dat veel stikstof en fosfor accumuleert in de bodem en/of uitspoelt naar grond- en oppervlaktewater. Sinds de jaren tachtig werkt de rijksoverheid aan verbetering, onder andere via het mestbeleid dat trapsgewijs is ingevoerd (zie kader).

### Kader 1 Mestbeleid sinds de jaren tachtig

#### 1984

De Interimwet Beperking Varkens- en Pluimveehouderijen verordonneert een verbod op vestiging van varkens- en pluimveebedrijven. Bestaande bedrijven mogen in concentratiegebieden hun productie met niet meer dan tien procent uitbreiden. In 1984 wordt ook het melkquotum ingevoerd om de toename van het aantal melkkoeien te beperken.

#### 1987 - 1997

De Wet Bodembescherming, de Meststoffenwet en het Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen moeten de productie van mest reguleren, maar ook het gebruik daarvan op landbouwgrond.

#### 1989

Met het eerste Milieubeleidsplan verhardt de discussie. Het wordt steeds duidelijker dat de waterkwaliteit verslechtert.

#### 1991

De Europese Nitraatrichtlijn wordt ingevoerd, die uitgaat van een nitraatgehalte van maximaal 50 mg/l  $\text{NO}_3$ .

#### 1998

Het MINAS- boekhoudstelsel wordt van kracht, waarbij de verliesnormen centraal komen te staan. Er mag slechts een bepaalde hoeveelheid stikstof en fosfor het bedrijf verlaten via de bodem. Boeren moeten precies bijhouden hoeveel stikstof en fosfor het bedrijf binnenkomt en verlaat. Wie de verliesnorm overschrijdt, moet een boete betalen.

#### 2003

Het Europese Hof veroordeelt Nederland voor het in gebreke blijven bij de uitvoering van de Nitraatrichtlijn, vooral omdat niet wordt voldaan aan de harde maximale gebruiksnorm van 170 kg stikstof per hectare.

#### 2006

Nederland voert een gebruiksnormenstelsel in, waarin niet langer de verliezen de norm bepalen, maar de voor gewassen noodzakelijke hoeveelheid stikstof en fosfor in mest. Als een gewas veel stikstof en fosfor kan opnemen mag je als boer ook meer mest uitrijden op dat perceel. Vanaf 2010 is de fosfaatgebruiksnorm afhankelijk gemaakt van de fosfaattoestand van de bodem.

#### 2011

De Europese commissie vraagt om heldere wetgeving en (stikstof)doelen voor de Natura 2000-gebieden. Als Nederlands antwoord wordt het Programma Aanpak Stikstof (PAS) geïmplementeerd. Deze regeling is gericht op het behalen van de doelen voor Natura 2000, maar tegelijkertijd ruimte bieden voor economische activiteiten.

**2015**

De Meststoffenwet wordt gewijzigd. Het melkquotum wordt afgeschaft en een fosfaatrechtenstelsel wordt ingevoerd. Het afschaffen van het melkquotum heeft geleid tot een aanzienlijke toename van de veestapel, en ook een stijging van de stikstofemissies (LNV, 2020).

**2018**

De meststoffenwet wordt aangepast met oog op zesde actieprogramma Nitraatrichtlijn. De wijzigingen hebben onder andere betrekking op verschuivingen in de uitrijdperiode, het scheuren van grasland en het emissiearm uitrijden van mest.

**2019**

De Raad van State oordeelt dat de PAS in strijd is met de habitatrichtlijn (LNV, 2019, 2020). Hierdoor kan het PAS niet meer worden gebruikt.

**2021**

In het zevende actieprogramma Nitraatrichtlijn worden extra maatregelen gedefinieerd om de emissie van nitraten te verminderen. Één van de aanpassingen betreft de verplichte rotatie met rustgewassen op zand- en lössgronden zodat er minder meststoffen uitspoelen naar het grondwater. Uit de milieueffectrapportage blijkt dat met het 7<sup>e</sup> AP de doelen voor het grondwater in zicht komen, maar dit geldt niet voor de oppervlaktewaterkwaliteitsdoelen. De Europese Commissie is onvoldoende overtuigd van het tijdig behalen van de doelen ten aanzien van de waterkwaliteit. De derogatie komt daarmee op de tocht.

**2022**

De Europese commissie heeft besloten dat de derogatie in drie jaar wordt afgebouwd en in 2026 definitief verleden tijd is. De afgelopen jaren hadden derogatiebedrijven op zand- en lössgrond een andere stikstofgebruiksnorm dan in de rest van Nederland: 230 kg stikstof uit dierlijke mest ten opzichte van 250 kg stikstof uit graasdierenmest mochten geven. Deze zand- en lössbedrijven worden in 2023 aangevuld met overige “door nutriënten verontreinigde gebieden”. Dichtbij Natura 2000 gebieden zal derogatie aanvragen niet meer mogelijk zijn.

De verspreiding van mest naar grond- en oppervlaktewater wordt schematisch weergegeven in figuur 4-1. De mest wordt op het land gebracht en het uitspoelende deel wordt met de regen door de bodem naar het grondwater gevoerd. Van daar verplaatst het zich met het grondwater naar het oppervlaktewater, kan het opkwellen in natuurgebieden of kan het zich naar de diepte verplaatsen, waar het in de putten van het waterleidingbedrijf kan worden opgepompt. Tijdens dit stromingsproces kan de chemische samenstelling van het water als gevolg van fysische, chemische en microbiologische processen veranderen.

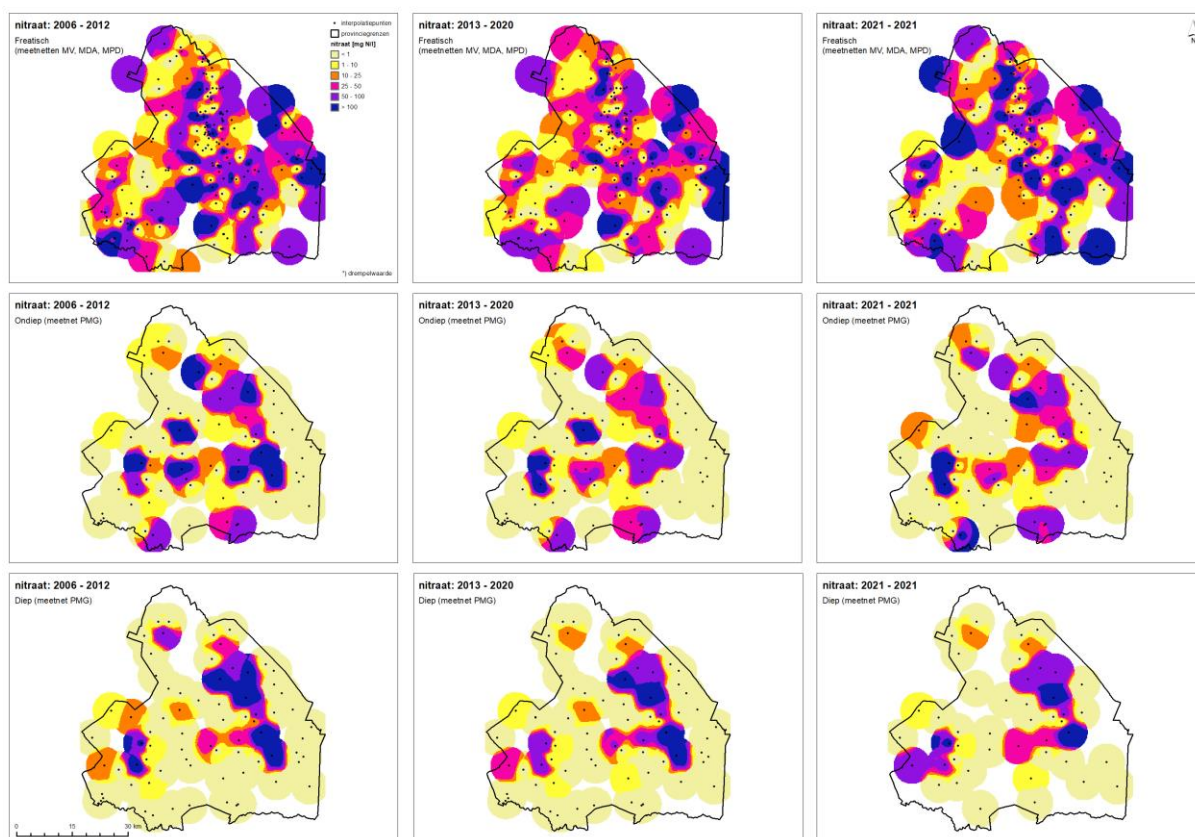


Figuur 4-1: Verspreiding van meststoffen door grond en oppervlaktewater.

## 4.1 Nitraat

Het overschot<sup>2</sup> aan stikstof op vooral landbouwgronden spoelt op zandgronden grotendeels uit naar grond- en oppervlaktewater. In de bodem wordt stikstof door aanwezige bacteriën snel omgezet naar het mobiele nitraat. In zuurstofloze omstandigheden kan nitraat, in aanwezigheid van organisch materiaal in de bodem of pyriet, afgebroken worden tot lachgas ( $N_2O$ ) of stikstofgas ( $N_2$ ). Dit proces heet denitrificatie. Veel  $N_2O$  in de lucht kan weer bijdragen tot een verhoogd broeikaseffect. In zandgronden, vooral de droge zandgronden, kan stikstof (in de vorm van nitraat) makkelijk uitspoelen naar het grondwater, terwijl er in deze gronden in het algemeen weinig nitraat in de bodem of het bovenste grondwater wordt afgebroken. Omdat grondwater een belangrijke grondstof is voor de bereiding van drinkwater en consumptie van nitraat - bijvoorbeeld via drinkwater - een risico voor de menselijke gezondheid vormt, zijn er normen voor nitraat opgesteld. Voor landen in de Europese Unie geldt er een Nitraatrichtlijn die bepaalt dat er niet meer dan 50 mg/l  $NO_3$  in het grondwater mag voorkomen.

De nitraatconcentraties worden nog op veel locaties overschreden in het freatische grondwater (figuur 4-2). Deze invloed is ook merkbaar in het ondiepe en diepe grondwater.



Figuur 4-2: Gemeten nitraatconcentraties voor drie tijdperiodes (2006-2012, 2013-2020 en 2021) en drie filterdieptes (freatisch, 10 en 25 meter diep).

<sup>2</sup> overschot = aangevoerde stikstof door bemesting en atmosferische depositie minus opname door het gewas

|                   |         | Nitraat                                                                             |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|-------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Compartiment      | Meetnet | Bouwland                                                                            |                                                                                     | Grasland                                                                            |                                                                                     | Natuur                                                                              | Bouwland                                                                             | Grasland                                                                              | Stad                                                                                  | Kwel                                                                                  |
|                   |         | Podzol                                                                              | Moerig zand                                                                         | Podzol                                                                              | Moerig zand                                                                         |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                   |         | Zand                                                                                |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     | Veen                                                                                 |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| Bodem             | MV      |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                   | MDA     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                   | MPD     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| Freatisch         | MV      |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |    |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                   | MDA     |   |                                                                                     |   |                                                                                     |   |                                                                                      |   |                                                                                       |                                                                                       |
|                   | MPD     |  |  |  |  |                                                                                     |  |  |                                                                                       |                                                                                       |
| Ondiep grondwater | PMG     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Diep grondwater   | PMG     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Figuur 4-3: Toestand en trends voor nitraat.

Figuur 4-3 geeft het palet van de toestand en trends van de nitraatconcentraties in het grondwater voor de verschillende meetnetten weer. Nitraat wordt al een lange tijd gemeten en daarom kan voor veel gebiedstypes een betrouwbare trendanalyse worden uitgevoerd. Voor gebiedstypes waar de concentraties nitraat relatief laag zijn is het moeilijker om een trend vast te stellen.

In tabel 4-1 is een overzicht gegeven van de normoverschrijding voor de verschillende gebiedstypes van de freatische meetnetten. Op de zandgronden is de nitraatconcentratie vaak hoger dan de nitraatnorm van 50 mg/l NO<sub>3</sub>. Onder bouwland zand in het MDA wordt de norm zelfs in 92% van de meetpunten overschreden. Gemiddeld wordt in het MDA en het MPD de nitraatnorm in ongeveer 40% van de meetpunten overschreden. Er is geen overschrijding van de norm van nitraat in de natuurgebieden van het MV. In alle freatische meetnetten (MDA, MPD en MV) wordt in 36% van de meetpunten de nitraatnorm overschreden. Op de zandgronden is nog geen sprake van een dalende trend in het freatische grondwater.

Tabel 4-1: Percentage overschrijding van de nitraatnorm (50 mg/l NO<sub>3</sub>) per freatisch grondwatermeetnet (meetronde 2021).

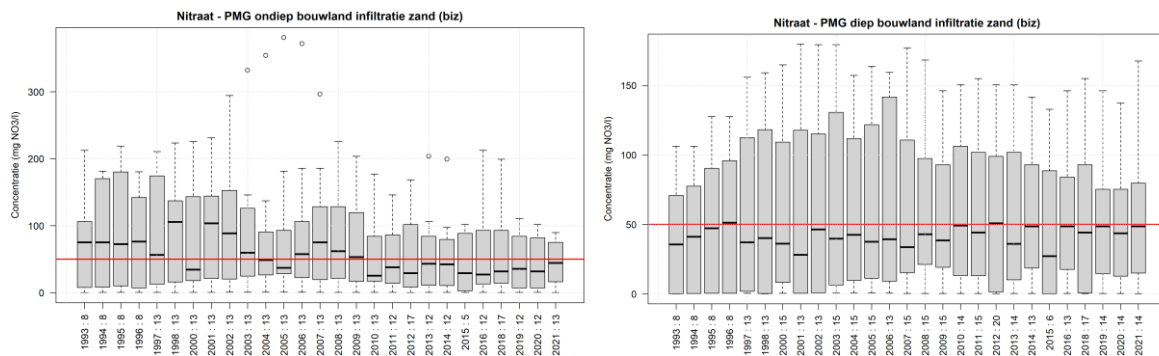
| Code          | Bodem  | Gebiedstype                       | MDA        | MPD        | MV        |
|---------------|--------|-----------------------------------|------------|------------|-----------|
| bZ            | Zand   | Bouwland op zand                  | 92%        |            |           |
| b-pZ          |        | Bouwland op podzol-zand           |            | 63%        |           |
| g-pZ          |        | Grasland op podzol-zand           |            | 52%        |           |
| gZ            |        | Grasland op zand                  | 70%        |            |           |
| b-mZ          | Moerig | Bouwland op moerig zand           |            | 56%        |           |
| g-mZ          |        | Grasland op moerig zand           |            | 18%        |           |
| b-V           | Veen   | Bouwland op veenkoloniale gronden |            | 36%        |           |
| g-V / gMv     |        | Grasland op veengronden           | 0%         | 0%         |           |
| n/b-Z         | Natuur | Natuur of bos op zandgrond        | 6%         |            | 0%        |
| <b>TOTAAL</b> |        |                                   | <b>41%</b> | <b>40%</b> | <b>0%</b> |

Voor de meetnetten op 10 en 25 meter diepte in het PMG wordt gemiddeld in respectievelijk 20 en 19% van de meetpunten de nitraatnorm overschreden (tabel 4-2). De overschrijding vindt voor het grootste deel plaats op de hogere zandgronden met infiltratie. De concentraties nitraat in het intermediaire type, zowel voor bouwland als grasland, zijn laag (bijna altijd < 1 mg/l NO<sub>3</sub>). De verhoogde concentraties nitraat komen daarom eigenlijk alleen voor onder de gebiedstypes bouwland en grasland zand met infiltratie. In kwel en natuurgebieden wordt de nitraatnorm niet overschreden. Er is sprake van een overwegend dalende trend in nitraatconcentraties zowel op het ondiepe niveau (10 meter diep) als het diepe niveau (25 meter diep).

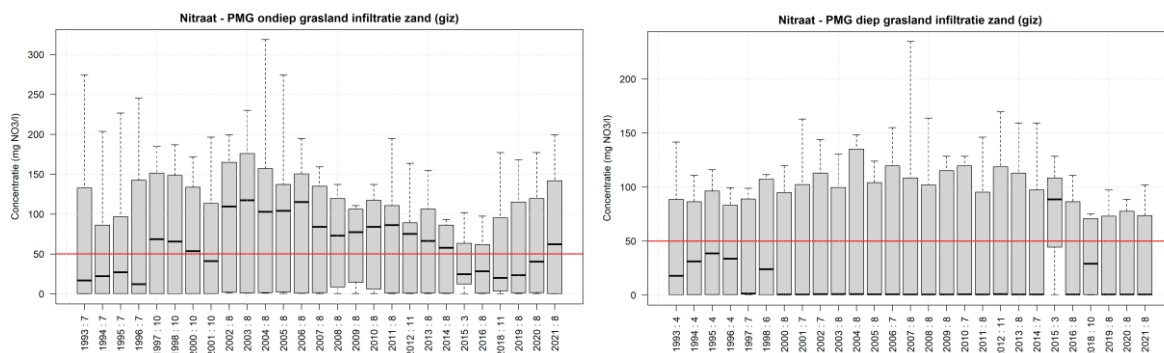
Tabel 4-2: Percentage overschrijding van de nitraatnorm (50 mg/l NO<sub>3</sub>) in het PMG 2021.

| Code          | Bodem    | Gebiedstype                | Ondiep (10 meter) | Diep (25 meter) |
|---------------|----------|----------------------------|-------------------|-----------------|
| biz           | Bouwland | Bouwland infiltratie zand  | 46%               | 43%             |
| btv           |          | Bouwland intermediair veen | 0%                | 0%              |
| btz           |          | Bouwland intermediair zand | 10%               | 0%              |
| giz           | Grasland | Grasland infiltratie zand  | 50%               | 38%             |
| gtv           |          | Grasland intermediair veen | 0%                | 0%              |
| gtz           |          | Grasland intermediair zand | 18%               | 0%              |
| k             | Kwel     | Kwel                       | 0%                | 0%              |
| niz           | Natuur   | Natuur infiltratie zand    | 0%                |                 |
| <b>TOTAAL</b> |          |                            | <b>20%</b>        | <b>19%</b>      |

Voor bouwland zand infiltratie worden de hoogste nitraatconcentraties gemeten (figuur 4-4). Tot 2003 was de mediane concentratie nitraat op het ondiepe niveau hoger dan de nitraatnorm. Hierna is dit incidenteel het geval. De concentraties in het diepe niveau zijn lager, maar in de laatste drie meetrondes (2019-2021) was de mediane concentratie relatief hoog en lag dicht in de buurt van de 50 mg/l grens.



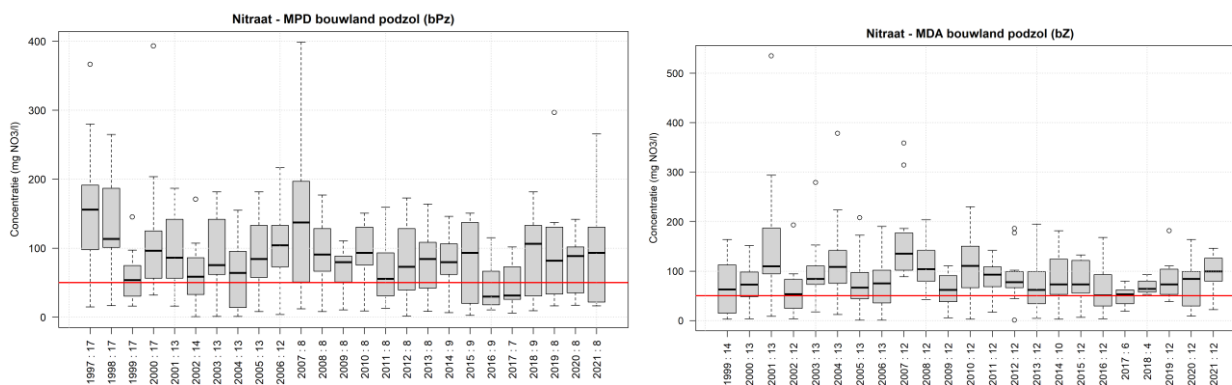
Figuur 4-4: Boxplots van de gemeten nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (10 meter) en diepe grondwater (25 meter) voor het homogeen gebiedstype bouwland op zand infiltratie.



Figuur 4-5: Boxplots van de gemeten nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (10 meter) en diepe grondwater (25 meter) voor het homogeen gebiedstype grasland op zand infiltratie.

Voor grasland geldt dat nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater tot en met 2014 nog overwegend boven de nitraatnorm lagen (figuur 4-5). Daarna zijn de concentraties sterk gedaald, maar stijgen de laatste twee jaar weer. Op het diepe niveau zijn de concentraties duidelijk lager. Het jaar 2015 was een uitzondering, maar toen waren er maar beperkt meetgegevens beschikbaar (3).

Mogelijk hebben de droge jaren van 2018, 2019 en 2020 invloed gehad op de nitraatconcentraties. Droogte heeft een effect op de (grond)waterkwaliteit. De droogte heeft effect op processen in de bodem, de uitspoeling naar het grondwater en ook de toevoer naar het oppervlaktewater. Bij droogte groeien planten minder goed, waardoor ze minder nutriënten zoals stikstof en fosfor uit de bodem opnemen. In aanvulling hierop, zijn door de droogte de grondwaterstanden tot een laag niveau gedaald waardoor er minder afbraak plaatsvindt van het nitraat. Dit geeft meer uitspoeling van stikstof en fosfaat naar het grond- en oppervlaktewater. Zo verdubbelde in Nederland de nitraatconcentratie in het slootwater op landbouwbedrijven in de periode 2016 tot en met 2019. Stijgende concentraties nitraat in het grondwater vanaf 2015 zijn voor een deel te verklaren uit de geringe hoeveelheid neerslag van de afgelopen jaren (RIVM, 2020c). Dit effect is ook zichtbaar in de freatische meetnetten. Voor het bodemtype bouwland podzol, met de hoogste nitraatconcentraties, zijn vanaf 2018 duidelijk hogere concentraties gemeten in het freatische grondwater, vergeleken met de jaren 2016 en 2017 (figuur 4-6).



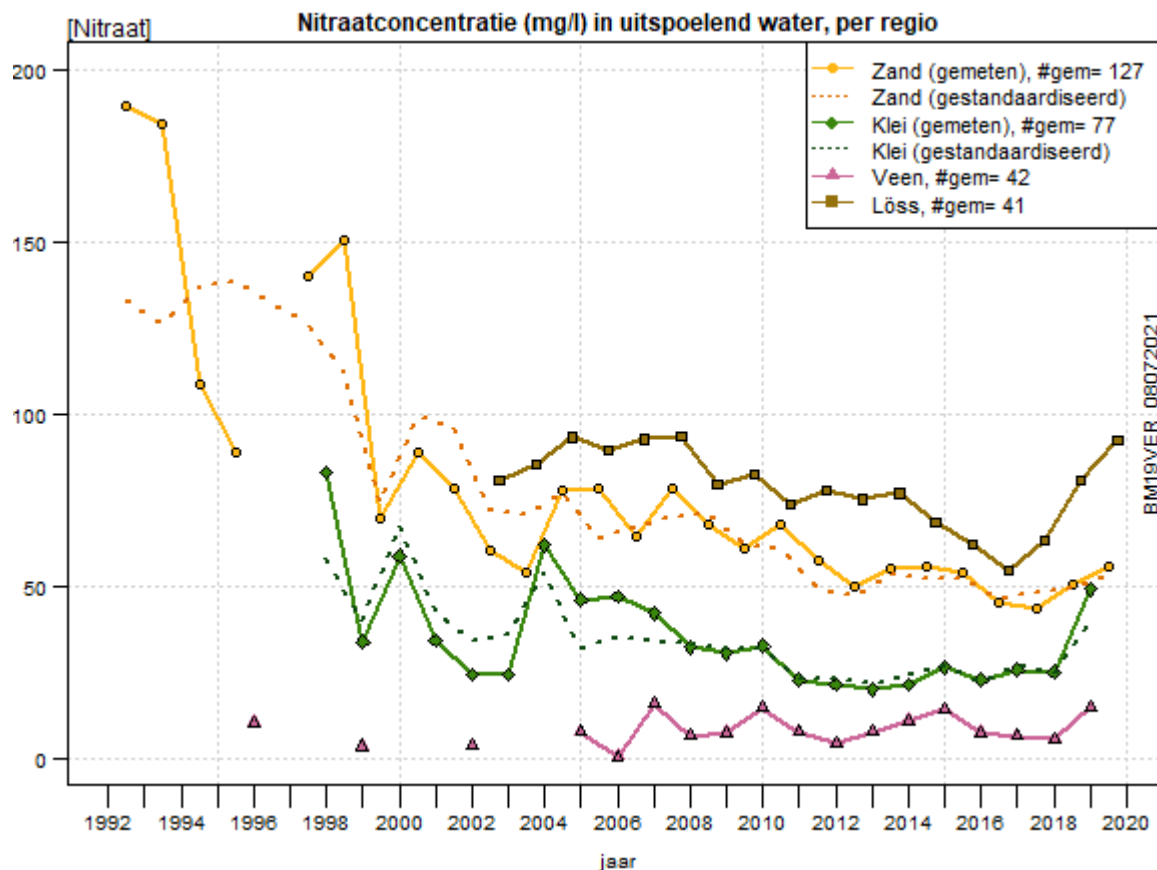
Figuur 4-6: Boxplots van de gemeten nitraatconcentraties in het freatische grondwater voor bouwland podzol in het provinciale freatische meetnet MPD (links) en het meetnet voor de Drentsche Aa (rechts).

### Landelijk beeld nitraat

De ontwikkeling van de nitraatconcentraties wordt gemeten in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM). De WUR verzamelt bij deze bedrijven gegevens over de landbouwpraktijk. Het RIVM meet de waterkwaliteit op deze bedrijven. De gemeten concentraties worden geaggregeerd voor de vier hoofdgrondsoorten in Nederland, waarbij voor Drenthe de zand en veengebieden het meest relevant zijn.

De afgelopen twintig jaar vertoonde de gemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelend water op landbouwbedrijven in de Zandregio een dalende trend, maar deze wordt de laatste meetjaren gekeerd (figuur 4-7). In elke regio is de concentratie in 2019 toegenomen, in de Zandregio ook in 2018 al en in Lössregio vanaf 2017. In de Zandregio was de gemiddelde nitraatconcentratie eerder in 20 jaar gedaald van meer dan 150 mg/l naar onder de 50 mg/l in 2016. De stijging van de laatste jaren wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het uitzonderlijk warme en droge weer van de afgelopen paar jaren.

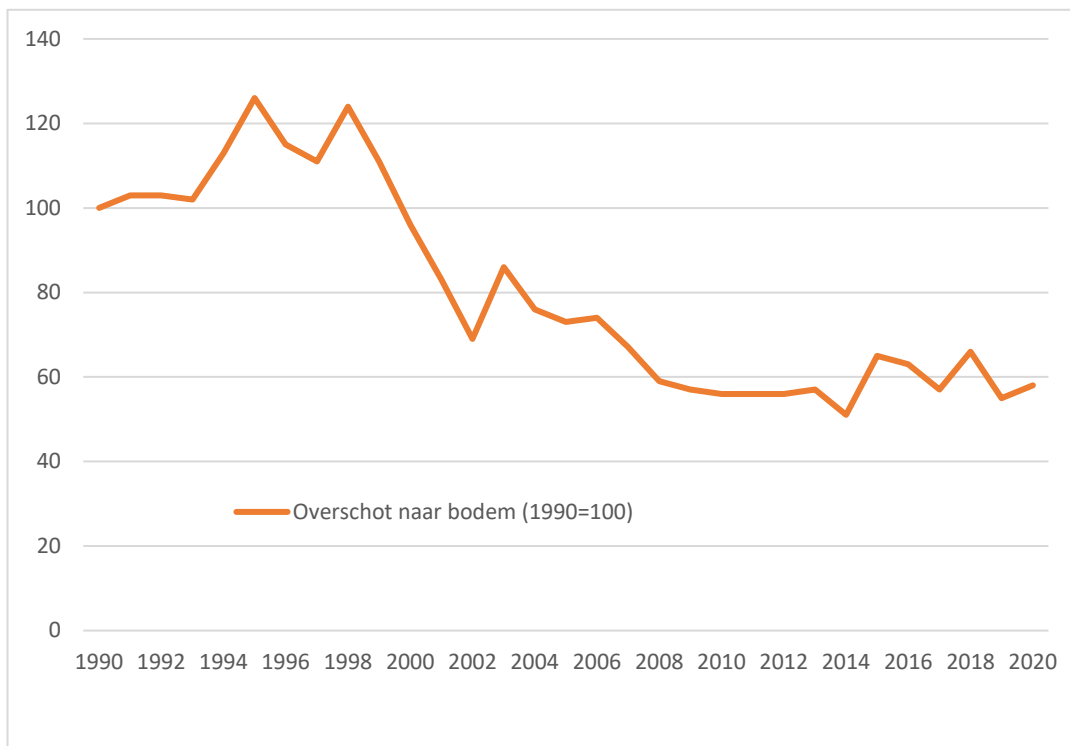
In de Veenregio is de nitraatconcentratie van alle regio's het laagst. Gemiddeld genomen ligt dit rond de 15 mg/l. Ook in de Veenregio is sprake van een kleine stijging, maar dit valt binnen de eerdere variatie.



Figuur 4-7: Landelijk bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelend water in de vier Nederlandse grondsoortregio's; gemiddelde gemeten waarden en gestandaardiseerde waarden in de Zand- en Kleiregio. In de legenda wordt het gemiddeld aantal deelnemers gedurende de getoonde meetperiode aangegeven (Bron: rivm.nl).

De jaarlijks gemeten nitraatconcentraties vertonen als gevolg van variatie in de neerslag en wijzigingen in de groep landbouwbedrijven die aan het LMM deelneemt. Hierdoor is het moeilijker om de ontwikkeling van de nitraatconcentratie als gevolg van veranderingen in de landbouwpraktijk te ontdekken. Met een model is het mogelijk om deze twee invloeden eruit te filteren (RIVM, 2017). De gestandaardiseerde waarden zijn weergegeven met de stippellijnen in figuur 4-7. De gemiddelde nitraatconcentratie in het zandgebied blijft sinds 2012 rond de 50 mg/l  $\text{NO}_3$  hangen.

De gemeten concentraties nitraat in het bovenste grondwater kunnen goed verklaard worden uit het stikstofoverschot. Het stikstofoverschot wordt berekend door de aangevoerde hoeveelheid stikstof (onder andere in de vorm van krachtvoer en kunstmest) te verminderen met de hoeveelheid die is vastgelegd in dierlijke en plantaardige producten en de stikstof die is afgezet buiten de landbouw. De overschotten dalen na een piek eind jaren '90, maar stabiliseren zich weer vanaf 2008 (figuur 4-8).



Figuur 4-8: Landelijke trend in stikstofoverschot in de landbouw gerelateerd aan het jaar 1990 (Bron: CBS).

### Nitraat en mestoverschotten

De trends in nitraatconcentraties worden bepaald door een combinatie van het mestgebruik en de uitspoelingsgevoeligheid van de bodem. In de voorgaande rapportage (Alterra, 2013) is geconstateerd dat de daling in nitraatconcentraties in Drenthe achterloopt in vergelijking met het landelijke beeld. Dit werd verklaard uit de stikstof- en mestoverschotten van Drenthe in vergelijking met andere zandprovincies:

- De stikstofoverschotten van de landbouwbedrijven in Drenthe zijn in de eind jaren tachtig en begin jaren negentig van de vorige eeuw beduidend lager dan voor de landbouwbedrijven in het oosten en zuiden van Nederland. Dit komt overeen met een lagere 'startwaarde' van de nitraatconcentraties in Drenthe in het begin van de waarnemingsperiode.
- Export van dierlijke mest van de overschotgebieden in Nederland (grote delen van Noord-Brabant en Noord-Limburg, de Achterhoek en bepaalde delen van de Veluwe) naar gebieden die nog dierlijke mest kunnen accepteren is in het kader van het mestbeleid financieel aantrekkelijk gemaakt voor die landbouwbedrijven die dierlijke mest accepteren. Hierdoor is er, vooral vanaf 2007, netto meer dierlijke mest geïmporteerd in Drenthe. In de zuidelijke zandgebieden zijn de stikstofoverschotten van de melkveebedrijven sterk gedaald van 2005 naar 2009, terwijl die in de noordelijke zandgebieden nagenoeg gelijk zijn gebleven in diezelfde periode.

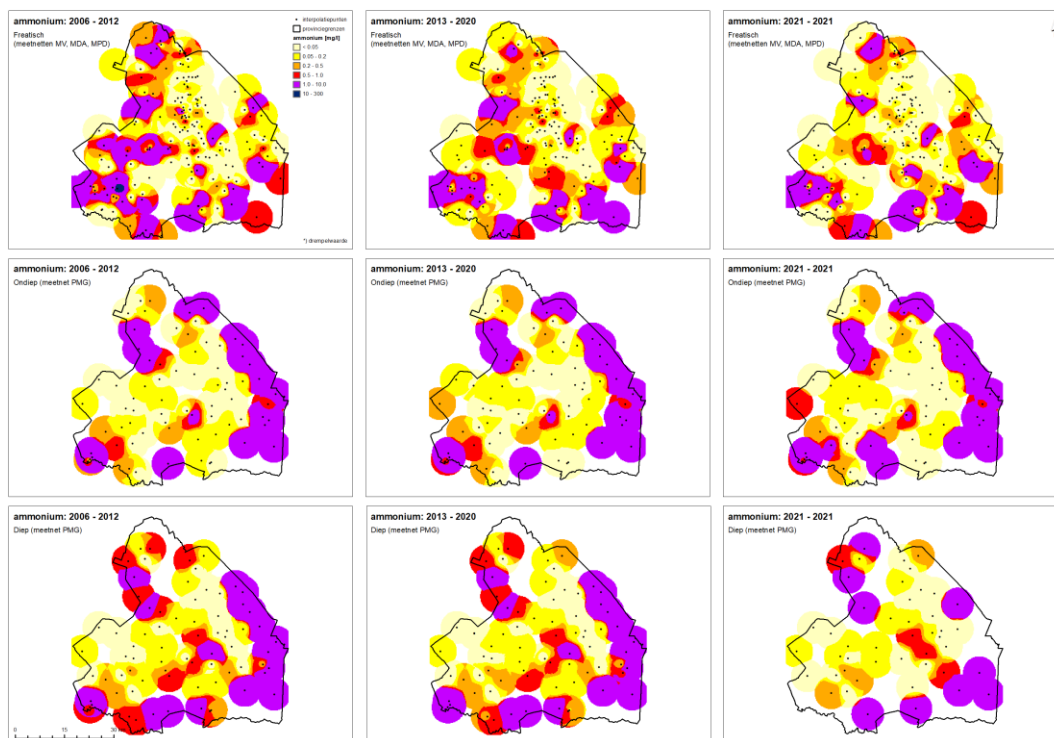
De mestdruk is in Drenthe nu nog steeds laag ten opzichte van de andere zandprovincies (figuur 4-9). Dit beeld is afgeleid uit de fosfaatdruk, berekend door de productie uit te drukken in procenten van de plaatsingsruimte. In Drenthe is de fosfaatdruk 78%, ofwel er is nog ruimte voor mest beschikbaar. In Noord-Brabant is dit getal 243%. Door mesttransporten wordt de plaatsingsruimte in Drenthe opgevuld.



Figuur 4-9: Fosfaatdruk per provincie in 2015 (%). Bron Wageningen Economic Research.

## 4.2 Ammonium

Ammonium ( $\text{NH}_4$ ) is een nutriënt dat veel voorkomt in (dierlijke) mest. In de bodem wordt ammonium bij aanwezigheid van zuurstof snel omgezet tot nitraat (dit proces wordt nitrificatie genoemd). In gebieden met veel invloed van kwelwater of bodems die veel waterverzadigd zijn (veenbodems) kan stikstof ook in de vorm van ammonium voorkomen. Verder komt ammonium vrij bij de afbraak van organische stof in de bodem, waarna het positieve ion door (negatief geladen) kleimineralen kan worden gebonden. Ammonium komt dus relatief veel voor in bodems die rijk zijn aan organische stof en klei, zoals de bodems in veengebieden. De normstelling is hierop aangepast (er geldt een streefwaarde van 2 mg/l  $\text{NH}_4\text{-N}$  (dit is 2,6 mg/l  $\text{NH}_4$ ) voor zandgronden en van 10 mg/l  $\text{NH}_4\text{-N}$  (dit is 12,8 mg/l  $\text{NH}_4$ ) voor klei- en veengronden. De hoge ammoniumconcentraties komen daarom vooral voor waar de nitraatconcentraties laag zijn (vergelijk figuur 4-2 en figuur 4-10).



Figuur 4-10: Gemeten ammoniumconcentraties voor drie tijdsperiodes (2006-2012, 2013-2020 en 2021) en drie filterdieptes (freatisch, 10 en 25 meter diep).

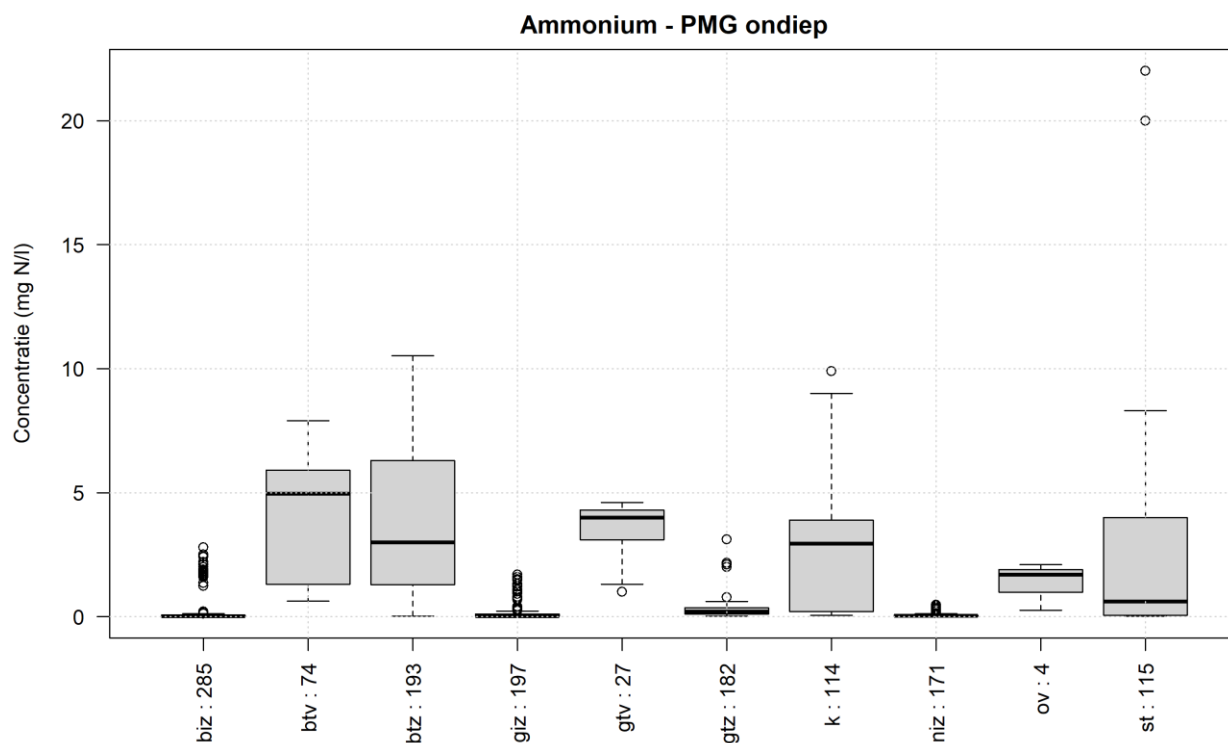
|                   |         | Ammonium |             |          |             |        |    |          |          |
|-------------------|---------|----------|-------------|----------|-------------|--------|----|----------|----------|
| Compartiment      | Meetnet | Bouwland |             | Grasland |             | Natuur |    | Bouwland | Grasland |
|                   |         | Podzol   | Moerig zand | Podzol   | Moerig zand |        |    |          |          |
|                   |         | Zand     |             |          |             | Veen   |    |          |          |
| Bodem             | MV      |          |             |          |             |        |    |          |          |
|                   | MDA     |          |             |          |             |        |    |          |          |
|                   | MPD     |          |             |          |             |        |    |          |          |
| Freatisch         | MV      |          |             |          |             | 14     | 14 |          |          |
|                   | MDA     | 12       | 14          | 10       | 15          | 16     | 20 | 8        | 16       |
|                   | MPD     | 8        | 18          | 9        | 15          | 29     | 47 | 11       | 16       |
| Ondiep grondwater | PMG     | 13       | 16          | 10       | 15          | 8      | 11 | 11       | 19       |
|                   | PMG     | 10       | 14          | 4        | 4           | 2      | 3  | 6        | 7        |
| Diep grondwater   | PMG     | 14       | 16          | 3        | 16          | 8      | 9  | 6        | 19       |
|                   | PMG     | 10       | 12          | 1        | 6           | 1      | 2  | 6        | 4        |

Figuur 4-11: Toestand en trends voor ammonium.

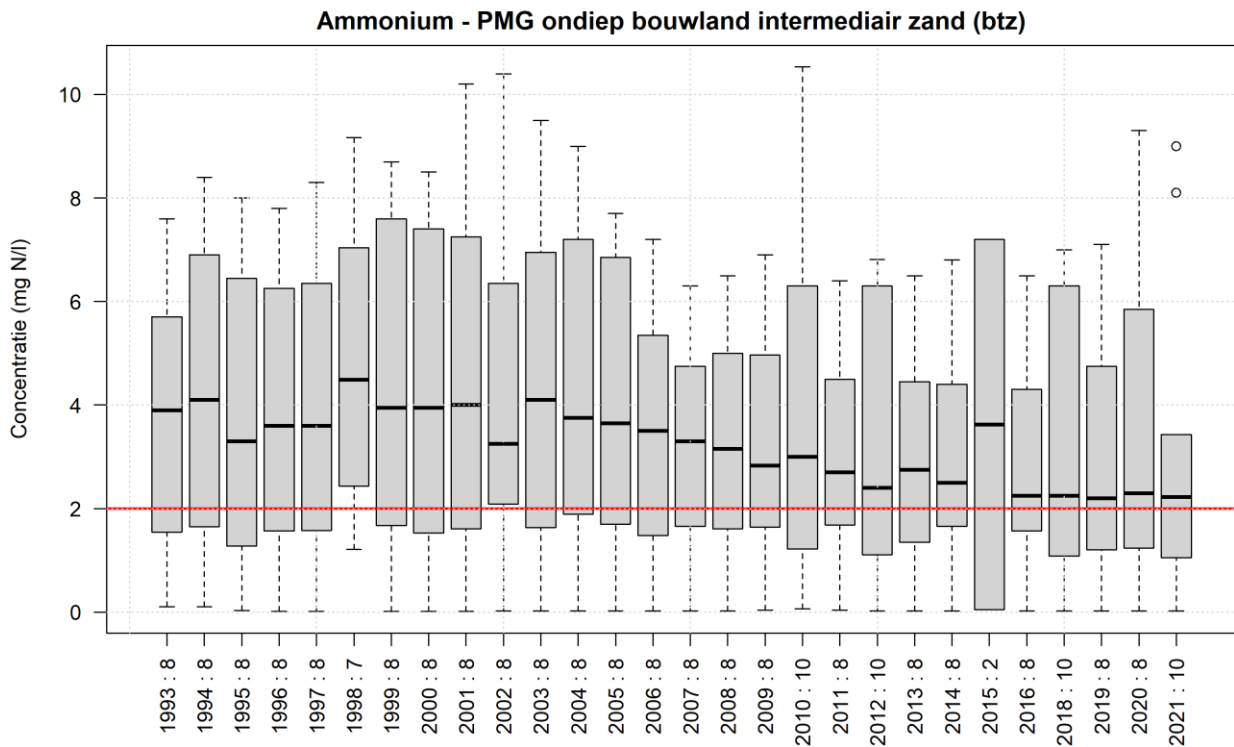
Figuur 4-11 is een weergave van het palet van toestand en trends van de ammoniumconcentraties. De norm op veengronden is minder streng gedefinieerd en wordt ook niet overschreden. Voor veengronden speelt de omzetting van ammonium naar nitraat (nitrificatie) nauwelijks een rol vanwege de hoge verzadiging van (bodem)water en een laag zuurstofgehalte. Binnen de zandgronden wordt onderscheid gemaakt tussen de podzol en moerige gronden. Op de moerige zanden wordt de norm overschreden. De hoge organische stofgehalten in de moerige zandgronden en veengronden zijn hiervoor de verklaring.

De trends voor ammonium wijzen op het eerste gezicht meer op een verslechtering dan op een verbetering. Vooral voor grasland op podzol en natuur is dit het geval (zowel voor ondiepe als diepe niveau van het PMG). Maar dit zijn gebiedstypes waar de gehalten ammonium van nature al laag zijn. Een kleine verhoging kan dan al snel een stijgende trend geven.

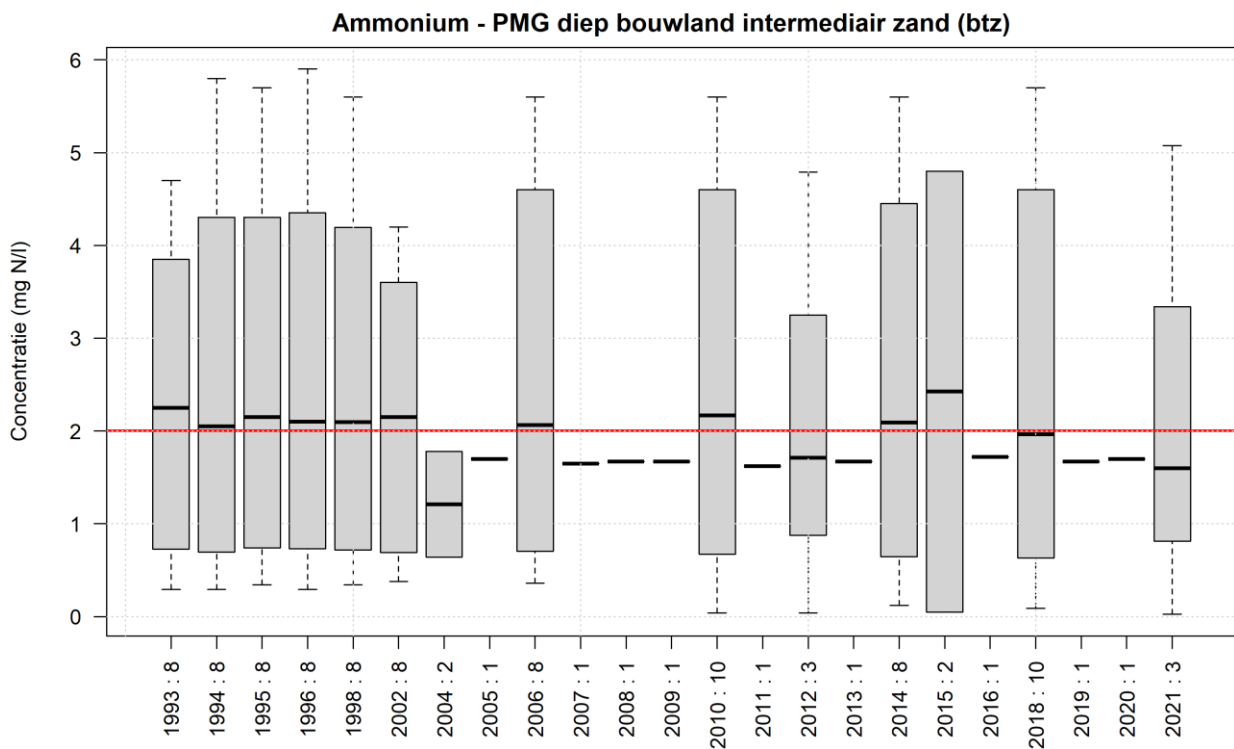
De spreiding in concentraties per bodemtype is beter te zien in de boxplot voor het PMG (figuur 4-12). Gronden die door kwel worden beïnvloed (type k) hebben te maken met een sterk gereduceerd milieu (ontbreken van zuurstof) en hebben van nature een hoger ammoniumgehalte. De intermediaire gronden (type btv en gtv) hebben ook hogere ammoniumgehalten doordat ze (gedeeltelijk) worden beïnvloed door kwelgebieden. De hoger gelegen zandgronden met infiltratie (type giz en biz) hebben altijd lage concentraties ammonium. Belangrijk is om te beseffen dat in de kleurenboxen de gebiedstypes voor zowel bouwgrond als grasland bestaan uit een combinatie van infiltratie en intermediaire gebiedstypes. De meeste meetpunten voor het homogeen gebiedstype bouwland intermediair zand voor het ondiepe grondwater hebben concentraties boven de norm voor zandgronden (figuur 4-13). De concentraties dalen hier wel in de tijd. Voor het diepe niveau zijn de concentraties lager. Voor het gebiedstype bouwland infiltratie zand zijn de concentraties ammonium nog veel lager (niet weergegeven).



Figuur 4-12: Boxplot voor ammonium per homogeen gebiedstype voor PMG (ondiep).



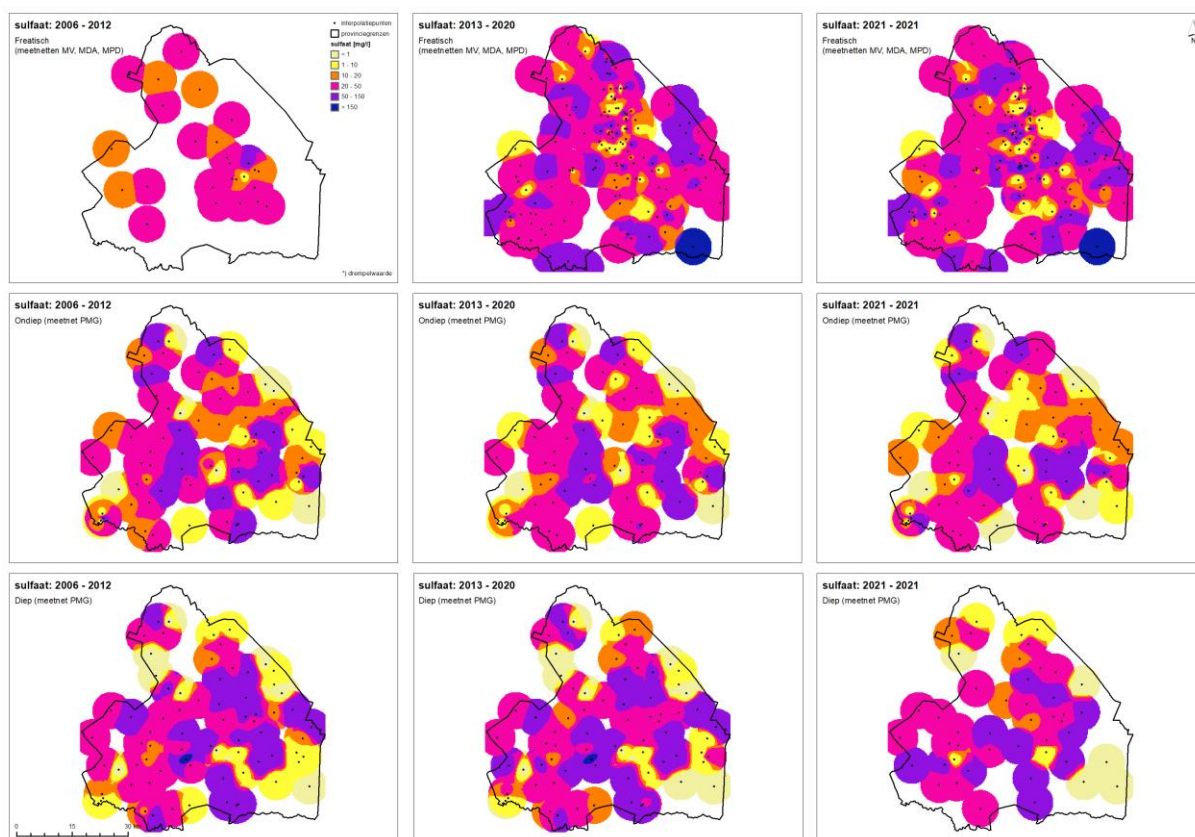
Figuur 4-13: Boxplot voor ammonium voor homogeen gebiedstype bouwland intermediair zand voor PMG (ondiep).



Figuur 4-14: Boxplot voor ammonium voor homogeen gebiedstype bouwland intermediair zand voor PMG (diep).

### 4.3 Sulfaat

Zwavel is net als stikstof, fosfor en kalium een belangrijke voedingsstof voor planten. Sulfaat wordt verhoogd door zure depositie en het toedienen van mest. Tot midden jaren tachtig van de vorige eeuw was nauwelijks zwavelbemesting nodig, omdat via atmosferische depositie en als bijproduct van andere meststoffen voldoende zwavel op de bodem kwam (RIVM, 2014). De atmosferische depositie van zwavel is in Nederland in de periode 1980-1990 sterk afgenomen, zoals ook in het volgende hoofdstuk bij verzuring aan de orde komt. Dit heeft geleid tot vernieuwde aandacht voor de bemesting van gewassen zoals grasland, akkerbouw, maïs en andere voeder gewassen, (RIVM, 2014). Er zijn niet alleen externe bronnen voor het sulfaat in het grondwater zoals bemesting en atmosferische depositie, maar ook bronnen in de bodem zelf, zoals mineralisatie van organische stof en omzetting van zwavelhoudende mineralen, zoals pyriet. Pyriet kan oxideren als zuurstof toetreedt in lagen die van nature anaeroob zijn (zie verdere uitleg in het kader bij de paragraaf over nitraat).



*Figuur 4-15: Ruimtelijk beeld van gemeten sulfaatconcentraties voor drie tijdsperiodes (links naar rechts) en drie diepteniveaus (van boven naar onder).*

Sulfaat komt verhoogd voor in grote delen van Drenthe. Het natuurlijk gehalte aan sulfaat wordt geschat op 10 – 15 mg/l (werkgroep pyriet, 2002). Dit is het gehalte dat ook voorkomt in freatische zuurstofhoudende winningen. Sulfaat kan ook door depositie vanuit verkeer en meststoffen in de bodem komen en het grondwater komen. Lokaal komen sterk verhoogde sulfaatgehaltes voor, in combinatie met lage nitraatgehaltes. Dit duidt op pyriet oxidatie (KIWA, 1999). Door de werkgroep pyriet werd de volgende regel geformuleerd: “Als de sulfaatconcentratie hoger is dan 40 mg/l en het nitraatgehalte is beduidend lager dan is waarschijnlijk sprake van pyrietoxidatie”.

Figuur 4-16 is een weergave van het palet van toestand en trends van de sulfaatconcentraties. De drinkwaternorm van 150 mg/l voor sulfaat wordt alleen sporadisch overschreden in het freatische grondwater. De trends voor sulfaat zijn voor het ondiepe grondwater overwegend dalend. In het diepe grondwater is de trend overwegend stijgend. Dit verschil in trendontwikkeling is ook eerder door het RIVM (2014) geconstateerd voor de Nederlandse zandregio. De kwaliteit van het ondiepe grondwater is waarschijnlijk beïnvloed door de afname van de emissies en depositie van zwavel in de afgelopen 35 à 40 jaar. De stijgende concentratie in het diepe grondwater hangt waarschijnlijk samen met de historische toename van de zwavelbelasting tot midden jaren zeventig van de vorige eeuw. Als dat zo is, dan zou in de toekomst ook in het diepe grondwater de sulfaatconcentraties moeten gaan afnemen (na-ijleffect).

|                   |         | Sulfaat                                           |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                 |                                                  |
|-------------------|---------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Compartiment      | Meetnet | Bouwland                                          |                                                   | Grasland                                          |                                                   | Natuur                                            | Bouwland                                          | Grasland                                          | Stad                                            | Kwel                                             |
|                   |         | Podzol                                            | Moerig zand                                       | Podzol                                            | Moerig zand                                       |                                                   |                                                   |                                                   |                                                 |                                                  |
|                   |         | Zand                                              |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   | Veen                                              |                                                   |                                                 |                                                  |
| Bodem             | MV      |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                 |                                                  |
|                   | MDA     |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                 |                                                  |
|                   | MPD     |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                 |                                                  |
| Freatisch         | MV      |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   | <div><div></div><div></div></div> <div>1414</div> |                                                   |                                                   |                                                 |                                                  |
|                   | MDA     | <div><div></div><div></div></div> <div>1212</div> |                                                   | <div><div></div><div></div></div> <div>1011</div> |                                                   | <div><div></div><div></div></div> <div>1617</div> |                                                   | <div><div></div><div></div></div> <div>88</div>   |                                                 |                                                  |
|                   | MPD     | <div><div></div><div></div></div> <div>815</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>910</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>2932</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>1111</div> |                                                   | <div><div></div><div></div></div> <div>1414</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>1011</div> |                                                 |                                                  |
| Ondiep grondwater | PMG     | <div><div></div><div></div></div> <div>1316</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>1015</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>811</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>1119</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>1014</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>44</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>23</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>67</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>712</div> |
| Diep grondwater   | PMG     | <div><div></div><div></div></div> <div>1416</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>316</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>89</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>619</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>1012</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>16</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>12</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>6</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>415</div> |

Figuur 4-16: Toestand en trends voor sulfaat.

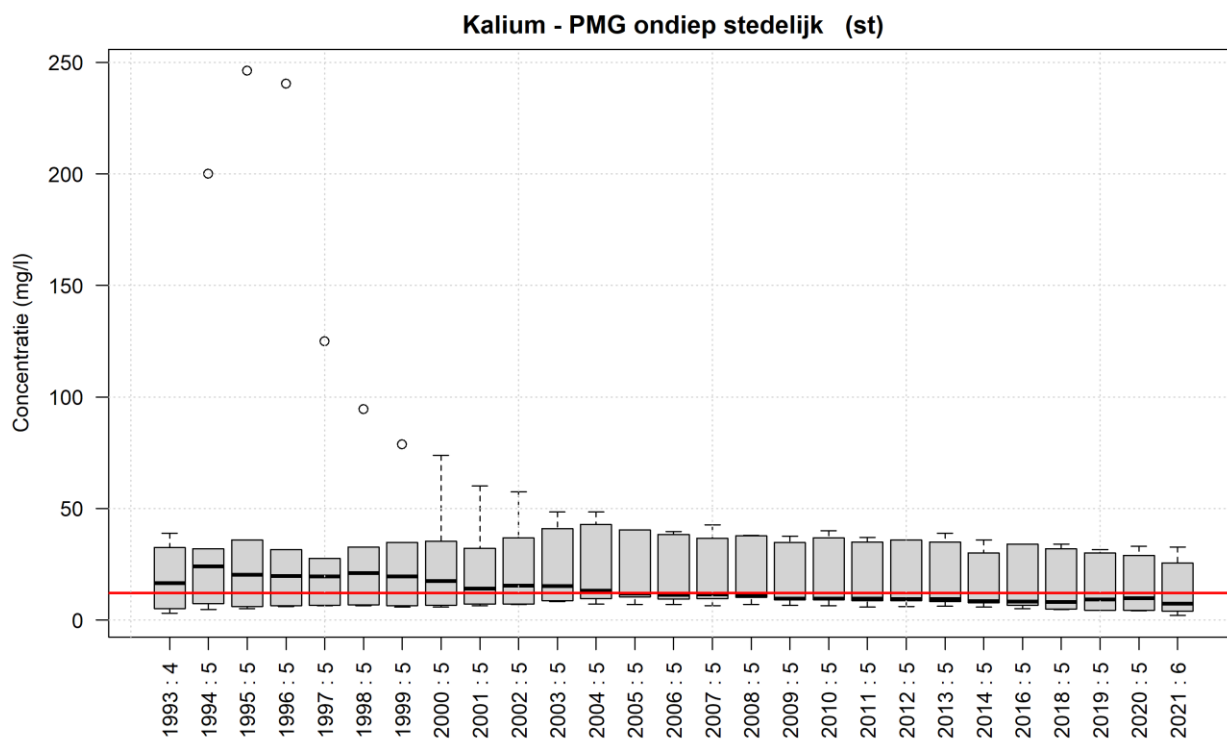
#### 4.4 Kalium

Naast stikstof en fosfaat is kalium een voedingstof voor het gewas. Door bemesting van vooral kunstmest wordt kalium op landbouwgronden aangevoerd. De concentraties kalium nemen daarom af met de diepte (zie bijlage 4). Voor het grondwater is een streefwaarde voor kalium opgesteld van 12 mg/l K. Figuur 4-17 geeft het palet van toestanden en trends van de kaliumgehalten in de verschillende meetnetten weer. Uit figuur 4-17 blijkt dat kalium boven de norm voorkomt op vrijwel alle gebiedstypes, ook in de stad. In het ondiepe grondwater van het PMG dalen de kaliumconcentraties overwegend (met uitzondering van de veengebieden); in het diepe grondwater van het PMG is dit beeld (nog) niet terug te zien.

|                      |         | Kalium   |                |          |                |        |          |          |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |        |
|----------------------|---------|----------|----------------|----------|----------------|--------|----------|----------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Compar-<br>timent    | Meetnet | Bouwland |                | Grasland |                | Natuur | Bouwland | Grasland | Stad   | Kwel   |        |       |       |       |       |       |       |       |        |
|                      |         | Podzol   | Moerig<br>zand | Podzol   | Moerig<br>zand |        |          |          |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |        |
|                      |         | Zand     |                |          |                |        | Veen     |          |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Bodem                | MV      |          |                |          |                | <br>14 |          |          |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |        |
|                      | MDA     |          |                |          |                |        |          |          |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |        |
|                      | MPD     |          |                |          |                |        |          |          |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Freatisch            | MV      |          |                |          |                | <br>14 |          |          |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |        |
|                      | MDA     | <br>12   | <br>15         |          | <br>10         | <br>15 | <br>16   |          | <br>8  | <br>16 |        |       |       |       |       |       |       |       |        |
|                      | MPD     | <br>8    | <br>18         | <br>9    | <br>15         | <br>29 | <br>47   | <br>11   | <br>16 |        |        |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Ondiep<br>grondwater | PMG     | <br>13   | <br>16         | <br>10   | <br>15         | <br>8  | <br>11   | <br>11   | <br>19 | <br>10 | <br>14 | <br>4 | <br>4 | <br>2 | <br>3 | <br>6 | <br>7 | <br>7 | <br>12 |
| Diep<br>grondwater   | PMG     | <br>14   | <br>16         | <br>3    | <br>16         | <br>8  | <br>9    | <br>6    | <br>19 | <br>10 | <br>12 | <br>1 | <br>6 | <br>1 | <br>2 |       | <br>6 | <br>4 | <br>15 |

Figuur 4-17: Toestand en trends voor kalium.

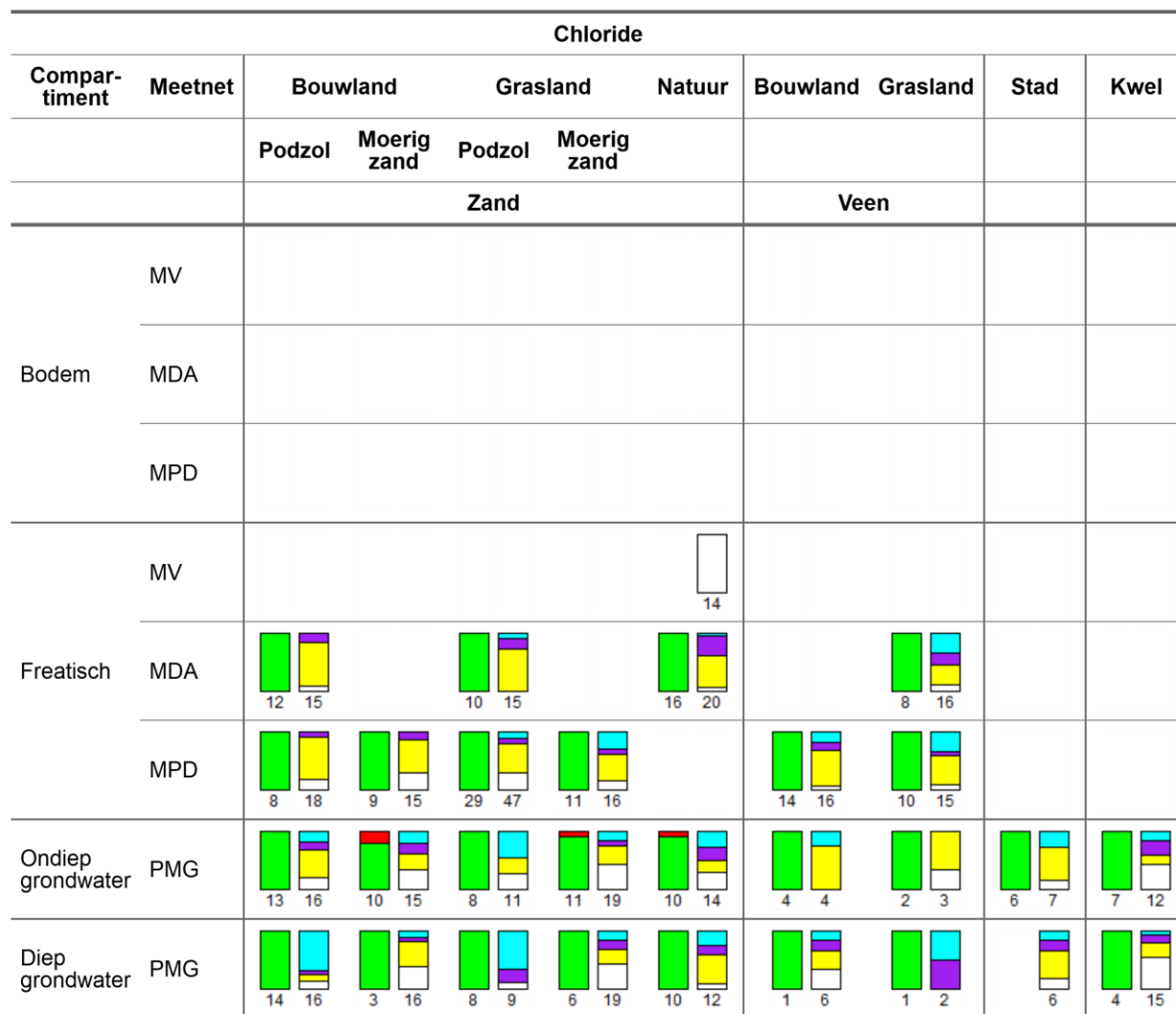
De hoogste kaliumconcentraties komen zelfs voor onder het homogeen gebiedstype stad. Maar de concentraties dalen hier wel (figuur 4-17 en figuur 4-18).



*Figuur 4-18: Boxplot voor kalium voor homogeen gebiedstype stad voor PMG (ondiep).*

## 4.5 Chloride

Chloride wordt vooral aangevoerd door kunstmest, dierlijke mest en atmosferische depositie. Naast gebieden met invloed van zoute kwel (kustgebieden) levert in de meeste gebieden in Nederland chloride geen milieuprobleem op. Voor chloride is voor het grondwater een KRW-drempelwaarde van 160 mg/l opgesteld voor de zoete grondwaterlichamen, zoals het geval is voor de provincie Drenthe.



Figuur 4-19: Toestand en trends voor chloride.

Figuur 4-19 geeft het palet van toestand en trends van het chloridegehalte in de verschillende meetnetten weer. Hieruit blijkt dat voor het freatisch grondwater op geen enkele meetlocatie de norm wordt overschreden. Voor het ondiepe grondwater wordt de norm wel op enkele meetlocaties overschreden. Alleen regio's met beïnvloeding van brak water in de ondergrond hebben hogere chlorideconcentraties in het grondwater. Dit gaat om de regio's in de zeekleigebieden en de laagveengebieden. In Drenthe komt zeer plaatselijk zout grondwater voor tot vlak onder maaiveld, in de regio rond Coevorden. De trends in het diepere grondwater (ondiep en diep van het PMG) zijn overwegend dalend, dit betekent het grondwatersysteem zich nog verzoet.

## 4.6 Elektrisch geleidingsvermogen (EGV)

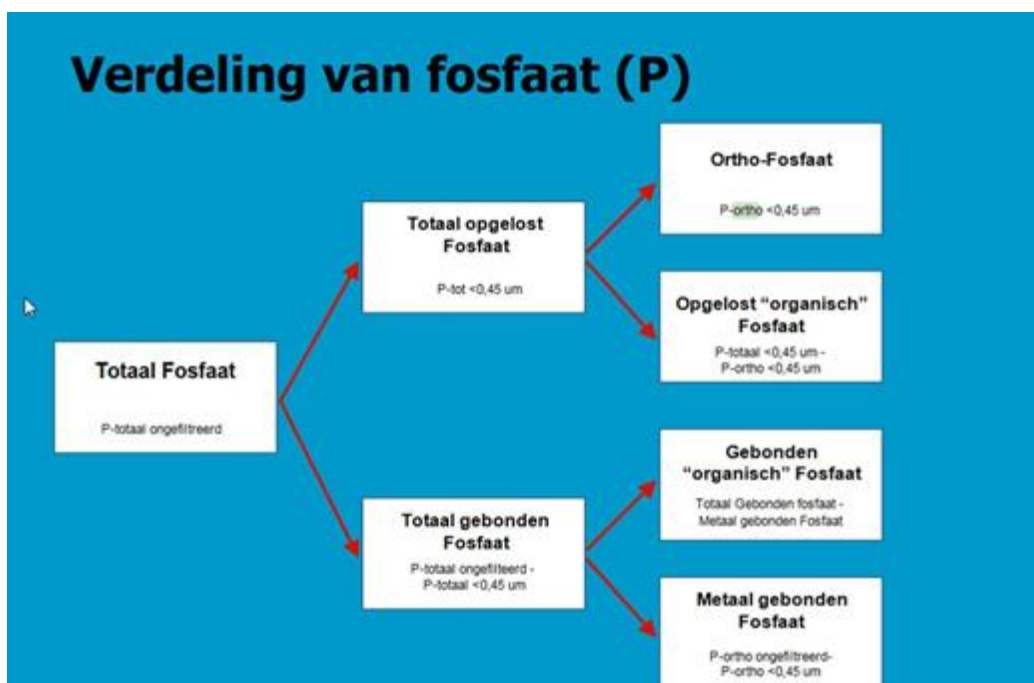
Het elektrisch geleidingsvermogen is een maat voor het totale gehalte aan zouten in het grondwater. Er is de meeste gevallen dan ook een verband tussen het waargenomen elektrisch geleidingsvermogen en het aanwezige chloridegehalte (vergelijk figuur 4-19 en figuur 4-20). Voor het EGV is voor het grondwater een norm van 125 mS/m opgesteld. Overschrijding van deze norm is vaak gerelateerd aan een hoog chloridegehalte.

|                      |         | Geleidbaarheid                                                                            |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |  |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |
|----------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Compar-<br>timent    | Meetnet | Bouwland                                                                                  |                                                                                           | Grasland                                                                                  |                                                                                           | Natuur                                                                                    | Bouwland                                                                                  | Grasland                                                                                   | Stad                                                                                      | Kwel                                                                                      |                                                                                           |  |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |
|                      |         | Podzol                                                                                    | Moerig<br>zand                                                                            | Podzol                                                                                    | Moerig<br>zand                                                                            |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |  |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |
|                      |         | Zand                                                                                      |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           | Veen                                                                                      |                                                                                            |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |  |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |
| Bodem                | MV      |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |  |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |
|                      | MDA     |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |  |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |
|                      | MPD     |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |  |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |
| Freatisch            | MV      |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |        |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |  |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |
|                      | MDA     | <br>12 | <br>15 | <br>9  | <br>15 | <br>16 |                                                                                           | <br>8 |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                           |  |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |
|                      | MPD     | <br>9  | <br>18 | <br>9  | <br>15 | <br>31 | <br>46 | <br>12  | <br>16 |                                                                                           |                                                                                           |  |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |
| Ondiep<br>grondwater | PMG     | <br>13 | <br>16 | <br>10 | <br>15 | <br>8  | <br>11 | <br>11  | <br>19 | <br>10 | <br>15 |  | <br>4 | <br>4 | <br>7 | <br>7 | <br>12 |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                             |
| Diep<br>grondwater   | PMG     | <br>14 | <br>16 | <br>3  | <br>16 | <br>8  | <br>9  | <br>6   | <br>19 | <br>10 | <br>13 |  | <br>1 | <br>6 | <br>1 | <br>2 |                                                                                             | <br>6 | <br>4 | <br>15 |

Figuur 4-20: Toestand en trends voor het Elektrisch Geleidingsvermogen (EGV).

## 4.7 Fosfaat

Een andere belangrijke parameter voor vermesting van het milieu is fosfaat. In tegenstelling tot nitraat en andere negatief geladen elementen is fosfaat minder mobiel, maar bindt zich sterk aan de bodem. Echter, bij sterk met fosfaatverzadigde bodems kan fosfaat uitspoelen naar grond- en oppervlaktewater. Daarnaast kan fosfaat in de bodem mobieler worden onder gereduceerde omstandigheden; dat wil zeggen in omstandigheden met sterke waterverzadiging, bijvoorbeeld door kwel, intensieve neerslag of het opzetten van waterpeilen in het kader van vernatting of waterberging. Fosfor komt in de natuur het meest voor in fosfaatverbindingen. Dit zijn verbindingen van fosfor met zuurstof (bijvoorbeeld  $\text{H}_2\text{PO}_4$  of  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). In het grondwater wordt het totaal opgelost fosfaat (P-totaal) gemeten en ortho-fosfaat. Het verschil is dat bij Totaal-fosfaat ook de opgeloste fosfaten worden meegenomen gebonden aan opgeloste organische deeltjes. Het meeste fosfaat zit gebonden aan vast organisch materiaal en metalen; deze vorm van fosfaat wordt meegenomen in de grondanalyses.



Figuur 4-21: De verdeling van fosfaat (P).

### Belang van fosfor (Bron: Alterra, 2008)

Dieren en planten kunnen niet zonder fosfor. Fosfor komt voor in het celmateriaal van alle levende wezens en is nodig voor de energieoverdracht tussen levende cellen, groei, ontwikkeling en reproductie. Fosfor is dus een van de belangrijkste voedingsstoffen voor al het leven op aarde. In levende cellen komen minerale fosforvormen en organische fosforvormen voor als suikers, vetachtige stoffen, reservestoffen, enzymen, eiwitten en DNA. Verder is fosfor een essentieel onderdeel van botweefsel en tandweefsel. Een goede fosforvoorziening is dus van groot belang voor het goed functioneren van plant en dier.

Voor het grondwater geldt een KRW-drempelwaarde van 2,0 mg/l totaal-fosfor. Er zijn geen normen voor ortho-fosfaat. In dit rapport wordt ook een norm van 2,0 mg/l P gehanteerd.

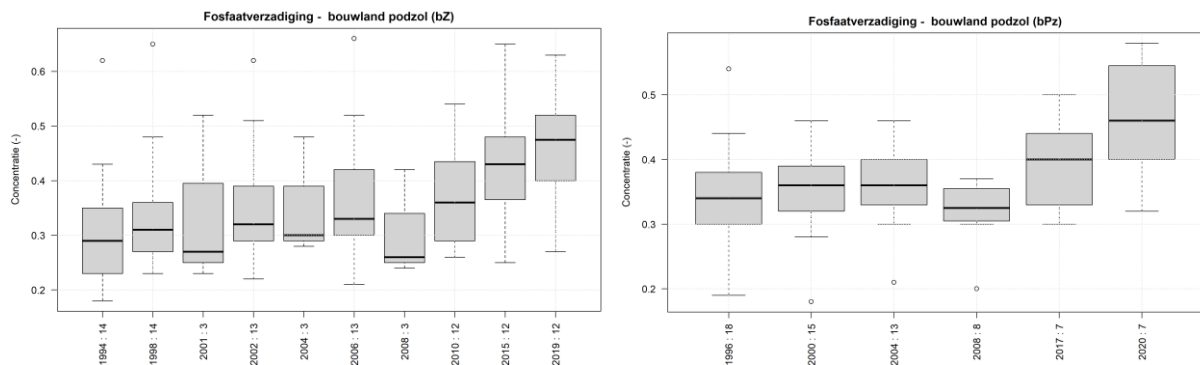
De fosfaattoestand van de bodem wordt in een aantal parameters uitgedrukt. Een belangrijke parameter om de fosfaattoestand van de bodem te beschrijven is de fosfaatverzadiging. Bij fosfaatverzadigde gronden is (een deel) van de bindingscapaciteit van de bodem benut en zal extra aan de bodem

toegediende fosfaat kunnen uitspoelen naar grond- en oppervlaktewater. In de praktijk wordt voor de zandgronden een fosfaatverzadiging van 25% als streefwaarde aangehouden (Alterra, 2008).

|              |         | Fosfaatverzadiging                                            |                                                              |                                                               |                                                               |                                      |                                                               |                                                               |      |      |
|--------------|---------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------|------|
| Compartiment | Meetnet | Bouwland                                                      |                                                              | Grasland                                                      |                                                               | Natuur                               | Bouwland                                                      | Grasland                                                      | Stad | Kwel |
|              |         | Podzol                                                        | Moerig zand                                                  | Podzol                                                        | Moerig zand                                                   |                                      |                                                               |                                                               |      |      |
|              |         | Zand                                                          |                                                              |                                                               |                                                               |                                      | Veen                                                          |                                                               |      |      |
| Bodem        | MV      |                                                               |                                                              |                                                               |                                                               | <div><div></div></div> <div>14</div> |                                                               |                                                               |      |      |
|              | MDA     | <div><div></div><div></div><div></div></div> <div>12 14</div> |                                                              | <div><div></div><div></div><div></div></div> <div>11 15</div> |                                                               |                                      | <div><div></div><div></div><div></div></div> <div>4 16</div>  |                                                               |      |      |
|              | MPD     | <div><div></div><div></div><div></div></div> <div>7 18</div>  | <div><div></div><div></div><div></div></div> <div>9 15</div> | <div><div></div><div></div><div></div></div> <div>18 28</div> | <div><div></div><div></div><div></div></div> <div>11 16</div> |                                      | <div><div></div><div></div><div></div></div> <div>14 16</div> | <div><div></div><div></div><div></div></div> <div>10 15</div> |      |      |

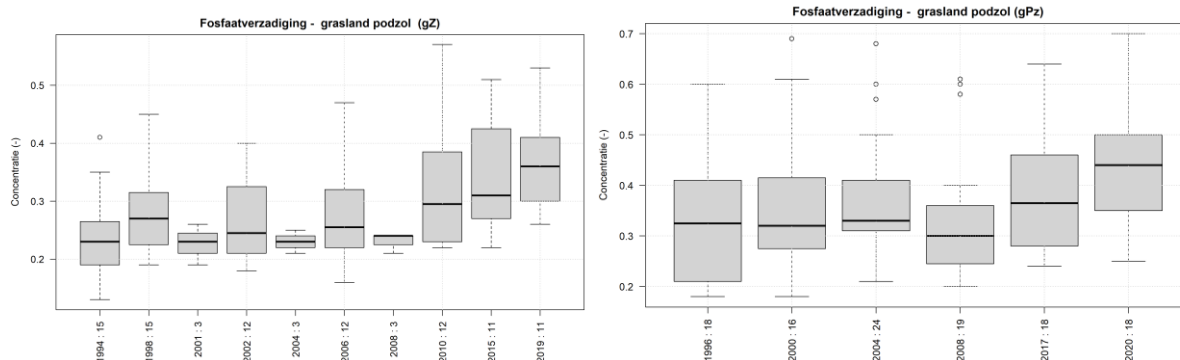
Figuur 4-22: Toestand en trends voor de fosfaatverzadiging.

Figuur 4-22 geeft het palet van toestand en trends van de fosfaatverzadiging van de bodem per meetnet. Hieruit blijkt dat bijna alle landbouwbodems sterk verzadigd zijn met fosfaat en dat zelfs 100% van de meetlocaties op bouwland op zandgronden van zowel het MDA als het MPD de streefwaarde overschrijdt (tabel 4-3). Bovendien is er sprake van een toenemende trend in zowel het MDA als het MPD op deze gronden (figuur 4-23).



Figuur 4-23: Boxplots voor de fosfaatverzadiging (weergegeven met een factor; 1 = 100%) voor bouwland podzol voor het MDA (links) en MPD (rechts).

Voor grasland is de mate van fosfaatverzadiging minder hoog, maar ook in het MDA en MPD wordt de laatste jaren een aanzienlijk hogere fosfaatverzadiging gemeten (figuur 4-24).



Figuur 4-24: Boxplots voor de fosfaatverzadiging (weergegeven met een factor; 1 = 100%) voor grasland podzol voor het MDA (links) en MPD (rechts).

Tabel 4-3: Percentage overschrijding van de streefwaarde voor fosfaatverzadiging in de bodem voor de verschillende meetnetten voor zandgronden.

| Code (MPD/MDA) | Homogeen type             | MPD  | MDA  |
|----------------|---------------------------|------|------|
| bMz            | Bouwland op moerig zand   | 100% |      |
| bPz /bZ        | Bouwland op podzol / zand | 100% | 100% |
| bVe            | Bouwland op veen          | 86%  |      |
| gMv /gV        | Grasland op (moerig) veen | 20%  | 0%   |
| gMz            | Grasland op moerig zand   | 82%  |      |
| gPz / gZ       | Grasland op podzol        | 94%  | 100% |

### Bodemvruchtbaarheid

In figuur 4-25 en figuur 4-26 is het palet van toestanden en trends van de parameters voor de bodemvruchtbaarheid (Pw-getal en P-Al-getal) weergegeven.

#### PAI en P-w getal (Bron: Alterra, 2008)

In de bemestingsadviezen van de akkerbouw, vollegrondsgroente en bloembollen wordt de fosfaattoestand van de bouwvoor (ca 25-30 cm) uitgedrukt in het Pw-getal (uitgedrukt in mg  $P_2O_5$  per liter grond). Het Pw-getal wordt bepaald aan de hand van een extractie van fosfaat uit de bodem met water bij een grond-vloeistofverhouding van 1 volumedeel grond met 60 volumedelen water. Het is een maat voor de direct beschikbare hoeveelheid fosfaat voor het gewas gedurende het seizoen (fosfaatintensiteit). Voor de bouwvoor van graslandpercelen (10 cm) en fruitteelt (ca. 25-30 cm) wordt het PAL-getal gehanteerd (mg  $P_2O_5$  per 100 gram droge grond). Het PAL-getal wordt bepaald door extractie van fosfaat uit de bodem met een zurige oplossing (AmmoniumLactaat; pH 3,75) waarbij 1 gewichtsdeel grond wordt geëxtraheerd met 20 gewichtsdelen extractievloeistof ammoniumlactaat. Het is een maat voor de capaciteit van de bodem om fosfaat na te leveren (fosfaatcapaciteit).

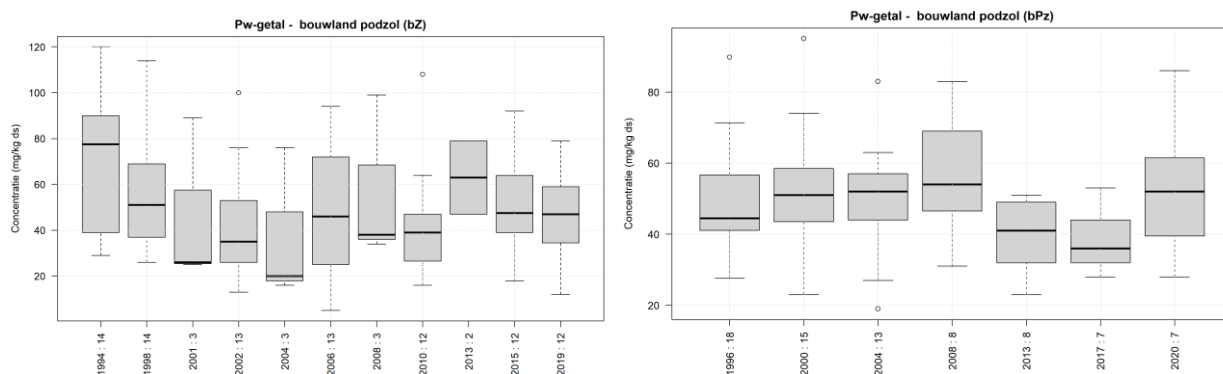
Dit geeft een gunstiger beeld in vergelijking met de fosfaatverzadiging. Voor graslanden is het bijbehorende streefgetal (P-Al) vaak lager dan de streefwaarde. Voor bouwland wordt het Pw-getal gehanteerd en deze wordt nog wel in grote mate overschreden. Er is ook niet sprake van een stijgende trend (figuur 4-27), zoals dit wel het geval was voor fosfaatverzadiging. Er moet wel worden opgemerkt dat Pw-getal en P-Al-getal waarden voor bemestingsadviezen zijn. Er is niet direct een relatie tussen deze waarden voor bemestingsadvies en risico op uitspoeling van fosfaat naar grond- en oppervlaktewater (zoals het geval is voor de fosfaatverzadigingsgraad).

| P-AI-Getal   |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |          |             |        |          |          |      |      |
|--------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|-------------|--------|----------|----------|------|------|
| Compartiment | Meetnet | Bouwland                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             | Grasland |             | Natuur | Bouwland | Grasland | Stad | Kwel |
|              |         | Podzol                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Moerig zand | Podzol   | Moerig zand |        |          |          |      |      |
|              |         | Zand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             |          |             |        | Veen     |          |      |      |
| Bodem        | MV      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |          |             |        |          |          |      |      |
|              | MDA     | <div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> |             |          |             |        |          |          |      |      |

Figuur 4-25: Toestand en trends voor het P-AI getal.

| Pw-Getal     |         |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |        |                                                                                      |                                                                                       |      |      |
|--------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
| Compartiment | Meetnet | Bouwland                                                                            |                                                                                     | Grasland                                                                            |                                                                                     | Natuur | Bouwland                                                                             | Grasland                                                                              | Stad | Kwel |
|              |         | Podzol                                                                              | Moerig zand                                                                         | Podzol                                                                              | Moerig zand                                                                         |        |                                                                                      |                                                                                       |      |      |
|              |         | Zand                                                                                |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |        | Veen                                                                                 |                                                                                       |      |      |
| Bodem        | MV      |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |        |                                                                                      |                                                                                       |      |      |
|              | MDA     |  |                                                                                     |  |                                                                                     |        |                                                                                      |  |      |      |
|              | MPD     |  |  |  |  |        |  |  |      |      |

Figuur 4-26: Toestand en trends voor het Pw getal.



Figuur 4-27: Boxplots het P-AI getal voor bouwland podzolgronden in het MDA meetnet (links) en MPD meetnet (rechts).

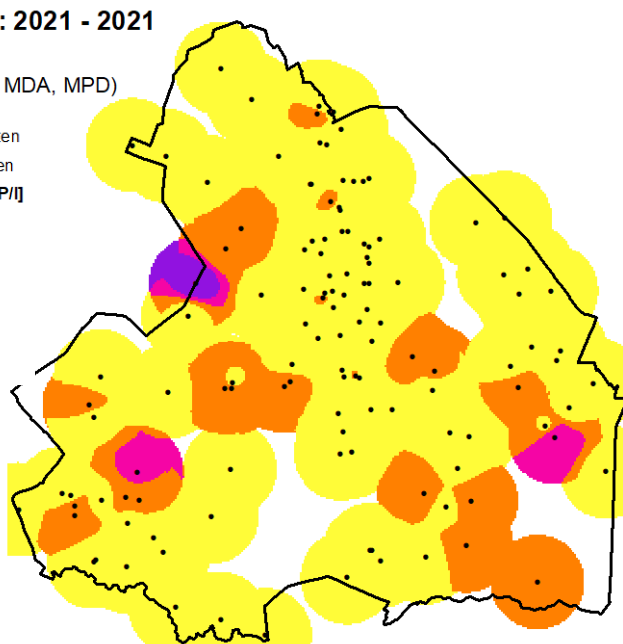
### Orthofosfaat

In de praktijk wordt voor de zandgronden een fosfaatverzadiging van 25% als streefwaarde aangehouden (Alterra, 2008). Bij een fosfaatverzadiging van 25% (op zandgronden) zal theoretisch voor het bovenste grondwater een orthofosfaat-concentratie worden aangetroffen die boven de 0,10 mg/l P zal liggen. Echter deze vuistregel blijkt in de praktijk anders uit te pakken. Voor de meeste meetpunten is de orthofosfaat-concentratie lager dan 0,1 mg/l P (figuur 4-28).

#### orthofosfaat: 2021 - 2021

Freatisch  
(meetnetten MV, MDA, MPD)

- interpolatiepunten
- provinciegrenzen
- orthofosfaat [mg P/l]
- < 0.01
- 0.01 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 10
- 10 - 60



Figuur 4-28: Gemeten ortho-fosfaatconcentratie in de freatische meetnetten in 2021.

In figuur 4-29 is het palet van toestand en trends van de orthofosfaat-concentraties ( $\text{PO}_4$ ) in het freatisch grondwater en grondwater weergegeven. De norm voor fosfaat (2 mg/l P) wordt nooit overschreden. In het freatisch grondwater wordt voor orthofosfaat vaak een stijgende trend gedetecteerd (figuur 4-29). Echter de concentraties zijn laag, de absolute veranderingen in concentraties zijn ook erg klein.

|                   |         | Orthofosfaat                                       |                                                   |                                                    |                                                    |                                                    |                                                    |                                                    |                                                  |                                                  |
|-------------------|---------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Compartiment      | Meetnet | Bouwland                                           |                                                   | Grasland                                           |                                                    | Natuur                                             | Bouwland                                           | Grasland                                           | Stad                                             | Kwel                                             |
|                   |         | Podzol                                             | Moerig zand                                       | Podzol                                             | Moerig zand                                        |                                                    |                                                    |                                                    |                                                  |                                                  |
|                   |         | Zand                                               |                                                   |                                                    |                                                    | Veen                                               |                                                    |                                                    |                                                  |                                                  |
| Bodem             | MV      |                                                    |                                                   |                                                    |                                                    |                                                    |                                                    |                                                    |                                                  |                                                  |
|                   | MDA     |                                                    |                                                   |                                                    |                                                    |                                                    |                                                    |                                                    |                                                  |                                                  |
|                   | MPD     |                                                    |                                                   |                                                    |                                                    |                                                    |                                                    |                                                    |                                                  |                                                  |
| Freatisch         | MV      |                                                    |                                                   |                                                    |                                                    | <div></div> <div>14</div>                          |                                                    |                                                    |                                                  |                                                  |
|                   | MDA     | <div><div></div><div></div></div> <div>12 14</div> |                                                   | <div><div></div><div></div></div> <div>10 15</div> |                                                    | <div><div></div><div></div></div> <div>16 20</div> |                                                    | <div><div></div><div></div></div> <div>8 16</div>  |                                                  |                                                  |
|                   | MPD     | <div><div></div><div></div></div> <div>8 18</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>9 15</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>29 47</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>11 16</div> |                                                    | <div><div></div><div></div></div> <div>14 16</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>10 15</div> |                                                  |                                                  |
| Ondiep grondwater | PMG     | <div><div></div><div></div></div> <div>5 7</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>2 7</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>3 4</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>6 12</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>3 5</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>1 1</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>1 2</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>6 6</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>4 8</div> |
| Diep grondwater   | PMG     | <div><div></div><div></div></div> <div>5 7</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>2 7</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>3 5</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>6 10</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>3 4</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>1 1</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>1 1</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>1</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>4 8</div> |

Figuur 4-29: Toestand en trends voor orthofosfaat.

### P-totaal

Voor P-totaal geldt een KRW-drempelwaarde van 2,0 mg/l P. In figuur 4-30 is het palet van toestand en trends van de totaal-fosforconcentraties (P) grondwater weergegeven. Uit de analyse van de toestand voor het grondwater (voor bodem is geen norm) blijkt dat P-totaal concentraties overschrijden niet de drempelwaarden, met uitzondering in het gebiedstype stad. De geringe mate van normoverschrijding komt deels doordat de norm voor grondwater veel ruimer is gesteld dan voor het oppervlaktewater (2,0 mg/l P-totaal voor het grondwater; 0,10 mg/l P-totaal voor het oppervlaktewater). Dit resultaat is goed verklaarbaar omdat fosfaat moeilijk uitspoelt naar het diepere grondwater. Fosfaat wordt aan de bodem gefixeerd en bij hoge grondwaterstanden tot in de fosfaatrijke bouwvoor (bijvoorbeeld na intensieve regenbuien) wordt fosfaat mobiel. Het gemobiliseerde fosfaat blijft dan niet in het grondwater, maar wordt meteen met het grondwater afgevoerd naar het oppervlaktewater. In hydrologische termen wordt dit 'het snelle systeem' genoemd.

Dit beeld komt overeen met andere zandgebieden in Nederland. De gemiddelde totale P-totaal concentratie in het grondwater in de ondergrond van dekzandgronden in het centrale, oostelijke en zuidelijke zandgebied is ongeveer 0,2 mg/l (Alterra, 2008).

| Fosfor Totaal     |         |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                           |                                                            |
|-------------------|---------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Compartiment      | Meetnet | Bouwland                                                    |                                                             | Grasland                                                    |                                                             | Natuur                                                      | Bouwland                                                    | Grasland                                                    | Stad                                                      | Kwel                                                       |
|                   |         | Podzol                                                      | Moerig zand                                                 | Podzol                                                      | Moerig zand                                                 |                                                             |                                                             |                                                             |                                                           |                                                            |
|                   |         | Zand                                                        |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             | Veen                                                        |                                                             |                                                           |                                                            |
| Bodem             | MV      |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                           |                                                            |
|                   | MDA     |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                           |                                                            |
|                   | MPD     |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                           |                                                            |
| Freatisch         | MV      |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             | <div></div> <div>14</div>                                   |                                                             |                                                             |                                                           |                                                            |
|                   | MDA     | <div><div></div><div></div><div>12</div><div>14</div></div> |                                                             | <div><div></div><div></div><div>10</div><div>15</div></div> |                                                             | <div><div></div><div></div><div>16</div><div>20</div></div> |                                                             | <div><div></div><div></div><div>8</div><div>16</div></div>  |                                                           |                                                            |
|                   | MPD     | <div><div></div><div></div><div>8</div><div>18</div></div>  | <div><div></div><div></div><div>9</div><div>15</div></div>  | <div><div></div><div></div><div>29</div><div>47</div></div> | <div><div></div><div></div><div>11</div><div>16</div></div> |                                                             | <div><div></div><div></div><div>14</div><div>16</div></div> | <div><div></div><div></div><div>10</div><div>15</div></div> |                                                           |                                                            |
| Ondiep grondwater | PMG     | <div><div></div><div></div><div>13</div><div>16</div></div> | <div><div></div><div></div><div>10</div><div>15</div></div> | <div><div></div><div></div><div>8</div><div>11</div></div>  | <div><div></div><div></div><div>11</div><div>19</div></div> | <div><div></div><div></div><div>10</div><div>14</div></div> | <div><div></div><div></div><div>4</div><div>4</div></div>   | <div><div></div><div></div><div>2</div><div>3</div></div>   | <div><div></div><div></div><div>6</div><div>7</div></div> | <div><div></div><div></div><div>7</div><div>12</div></div> |
| Diep grondwater   | PMG     | <div><div></div><div></div><div>14</div><div>16</div></div> | <div><div></div><div></div><div>3</div><div>16</div></div>  | <div><div></div><div></div><div>8</div><div>9</div></div>   | <div><div></div><div></div><div>6</div><div>19</div></div>  | <div><div></div><div></div><div>10</div><div>12</div></div> | <div><div></div><div></div><div>1</div><div>6</div></div>   | <div><div></div><div></div><div>1</div><div>2</div></div>   | <div><div></div><div></div><div>6</div><div></div></div>  | <div><div></div><div></div><div>4</div><div>15</div></div> |

Figuur 4-30: Toestand en trends voor P-totaal.

## 4.8 Samenvatting en conclusies vermisting

Nitraat komt verhoogd voor op de hogere (podzol)zandgronden waar het nitraat niet afgebroken kan worden. In 19% van de grondwatermeetpunten (op 10 tot 25 meter diepte) is de concentratie nitraat hoger dan de Europese 50 mg/l norm. Er is sprake van een overwegend dalende trend, maar de daling in concentraties nitraat stagneert sinds 2010. In de laatste jaren is zelfs weer een sprake van een stijging in concentraties, mogelijk mede veroorzaakt door de droge jaren. De meetnetten in het freatische grondwater, net onder maaiveld, geeft een beeld van de actuele belasting van het grondwater. Dan blijkt dat in het merendeel van de meetpunten onder bouwland en grasland op zandgrond de nitraatnorm wordt overschreden. Nitraat wordt beter afgebroken onder de veen en moerige gronden, hier zijn de nitraatconcentraties aanmerkelijk lager. Gemiddeld wordt in 36% van de freatische meetpunten de nitraatnorm overschreden.

Fosfaat bindt zich sterk aan de bodem en komt weinig voor in het grondwater. De KRW-drempelwaarde voor totaal fosfaat (P-totaal) wordt nauwelijks overschreden. Dit komt deels doordat de norm voor grondwater veel ruimer is gesteld dan voor het oppervlaktewater (2,0 mg/l P-totaal voor het grondwater; 0,10 mg/l P-totaal voor het oppervlaktewater). Echter, bij sterk met fosfaatverzadigde bodems kan fosfaat uitspoelen naar grond- en oppervlaktewater, vooral in natte omstandigheden. De meeste Drentse bodems zijn fosfaatverzadigd en de fosfaatverzadiging is verder toegenomen. Echter dit is (nog) niet merkbaar is verhoogde (ortho)-fosfaatconcentraties in het grondwater.

Een afgeleide van de nitraatbelasting zijn ook de waargenomen hogere sulfaatconcentraties in het grondwater. Door de aanwezigheid van natuurlijk pyriet in de bodem wordt nitraat afgebroken, maar komt sulfaat terug in het grondwater, wat ook voor verzuring zorgt.

Voor de andere parameters voor vermisting (ammonium, kalium, chloride en elektrisch geleidingsvermogen) wordt de norm of streefwaarde niet tot nauwelijks overschreden.

## 5 Verzuring

Bij verzuring van bodem of water is er sprake van een verhoogde concentratie  $H^+$ -ionen in bodem of water. Dit kan worden veroorzaakt door atmosferische depositie met stikstof- en zwavelverbindingen uit industrie en verkeer of door omzettingen van stikstofverbindingen uit dierlijke mest die aan landbouwbodems wordt toegediend. De zuurgraad (of pH) is een indicator voor de vermesting of verzuring van het milieu. Bij een lagere pH (verzuring) kunnen metalen, vooral aluminium, uit de bodem vrij komen en in oplossing gaan.

Voor het bepalen van de risico's en effecten van verzuring zijn, in de jaren 90 van de vorige eeuw, kritische depositieniveaus voor ecosystemen opgesteld (tabel 5-1). Deze kritische depositieniveaus zijn geen-effectniveaus, dat wil zeggen, niveaus waarbij geen enkele schade als gevolg van verzuring (door zuurdepositie) of vermesting (van stikstofdepositie) te verwachten is. Voor bodemverzuring wordt gekeken naar de maximale hoeveelheid zuur per hectare per jaar (mol potentieel zuur/ha/jaar)<sup>3</sup>.

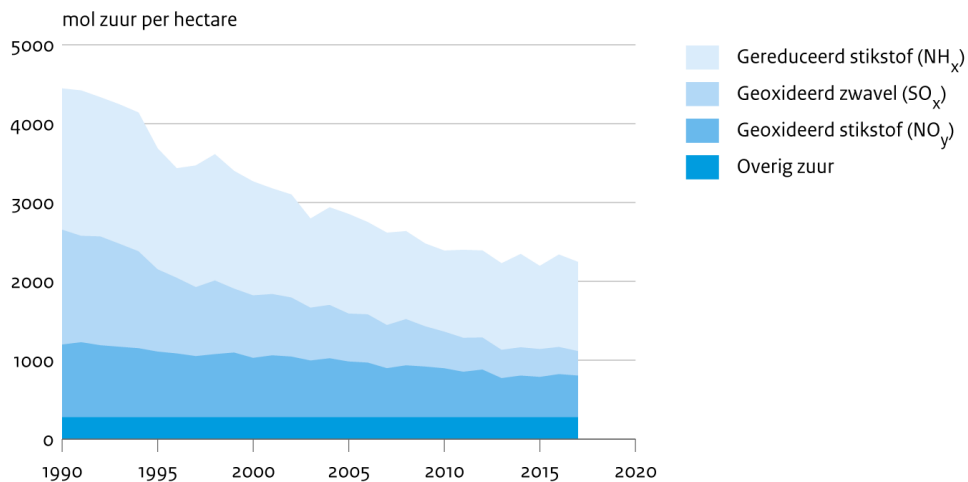
Tabel 5-1: Kritische depositieniveaus potentieel zuur voor ecosystemen (Bron: RIVM, 1995).

| Ecosysteem (effect/indicatie)                     | Kritisch depositieniveau (mol potentieel zuur/ha) |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Naaldbos (aluminiumuitputting)                    | 1.650                                             |
| Naaldbos (schade aan wortels, remming van opname) | 1.900                                             |
| Loofbos (aluminiumuitputting)                     | 1.800                                             |
| Loofbos (schade aan wortels, remming van opname)  | 2.450                                             |
| Droge heidevegetatie                              | 1.100-1.400                                       |
| Natte heidevegetatie                              | 1.100-1.400                                       |
| Heideschraallanden                                | 1.000-1.500                                       |
| Kalkgraslanden                                    | >5.000                                            |
| Duinvegetaties                                    | 1.000-1.500                                       |
| Zwak gebufferde wateren                           | 400                                               |
| Bronnen en stromend water                         | 500 – 1.000                                       |

In de jaren '80 en '90 van de vorige eeuw werd gevreesd dat de extreem hoge emissies van deze stoffen zouden leiden tot grote schade aan de natuur. De maatregelen die zijn getroffen hebben de emissies van deze stoffen sterk teruggedrongen (figuur 5-1). Ondanks de dalende trend van verzurende depositie is de hoeveelheid potentieel zuur nog steeds hoog en worden de opgestelde kritische niveaus nog steeds overschreden.

<sup>3</sup> Potentieel zuur is omschreven als de maximale verzuring die kan plaatsvinden in de bodem en het water door de stoffen zwaveldioxide, stikstofoxiden, ammoniak en alle omzettingsproducten van deze stoffen

### Verzurende depositie

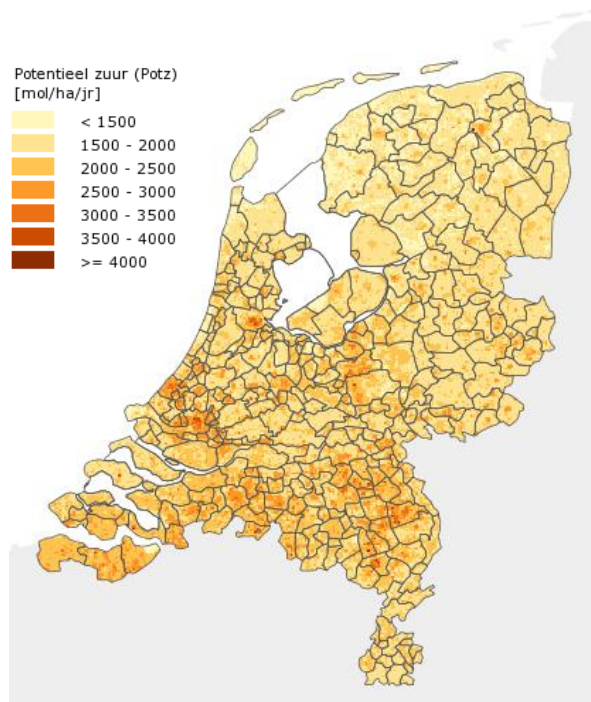


Bron: RIVM 2019

RIVM/jun19  
www.clo.nl/nl018418

Figuur 5-1: Trend in verzurende depositie in Nederland (Bron: RIVM.nl).

Regionaal komen in Nederland grote verschillen voor in de verzurende depositie. In de Gelderse Vallei en de Peel komen depositiepieken voor van meer dan 4.500 mol per hectare. Dat komt door hoge lokale ammoniakuitstoot ( $\text{NH}_3$ ) van intensieve veehouderij. In de Randstad is de depositie verhoogd door verkeer en industrie. In Drenthe zijn de depositiewaarden relatief laag, rond de 1.500 mol/ha/hr. Deze waarden zijn nog te hoog voor de meest kritische natuurtypes (tabel 5-1).



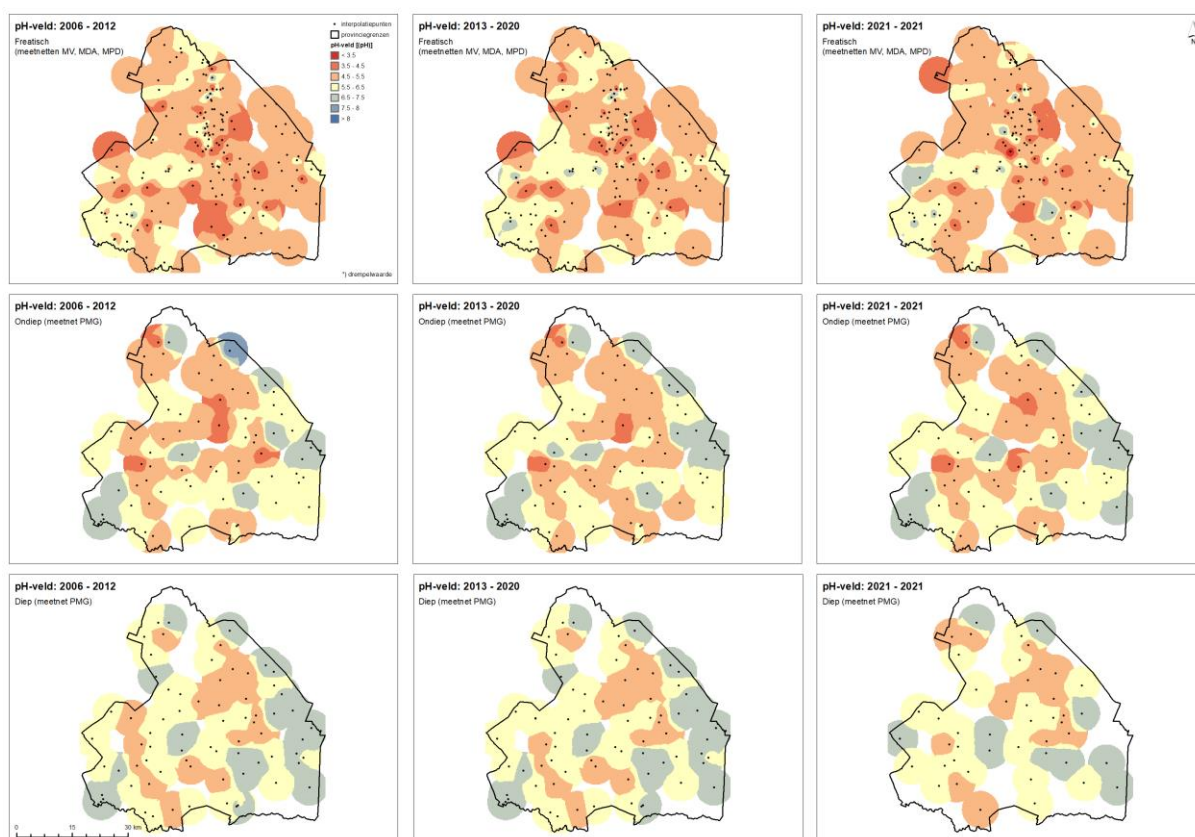
Figuur 5-2: Depositie potentieel zuur in Nederland in 2020 (Bron: <https://geodata.rivm.nl/gcn/>).

## 5.1 Zuurgraad (pH)

De bodem bevat van nature stoffen, zoals kalk, mineralen, humus, aluminium- en ijzeroxide die zuren kunnen bufferen. Ook door meststoffen treedt buffering op. In zure bodems zal meer denitrificatie plaats vinden (zie onder vermeting), waardoor nitraat vrijkomt. Vooral regenwater-gedomineerde of grondwaterafhankelijke systemen op kalkarme zandgronden (bijvoorbeeld heidevennen) zijn gevoelig voor verzuring. Grondwater dat door kalkrijke sedimenten stroomt of gevoed worden vanuit de grote rivieren zoals de IJssel, zijn ongevoelig voor verzuring.

Vooral de zandgronden op de Veluwe bevatten maar weinig van deze bufferende stoffen. Deze 'arme' gronden hebben maar een beperkte buffercapaciteit en zullen dus eerder verzuren.

figuur 5-3 geeft een ruimtelijk beeld van de zuurgraad van het grondwater. Lage pH-waarden betekent zuurder water. Te zien is dat de pH van het freatische grondwater kan dalen tot onder de pH van 4. Naar de diepte toe neemt de zuurgraad af. Aluminium, cadmium en zink zijn bij lage pH-waarden mobiel en kunnen daardoor uitspoelen naar het grondwater, wat negatieve gevolgen heeft voor natuur en milieu. Uitgespoelde aluminiumdeeltjes tasten de zeer fijne haarwortels aan. Ook voedingsstoffen als kalium, calcium en magnesium spoelen weg, wat bomen vatbaar maakt voor ziekten. Op landbouwgronden speelt dit minder omdat de pH van het ondiepe grondwater op peil wordt gehouden door te bekalken.



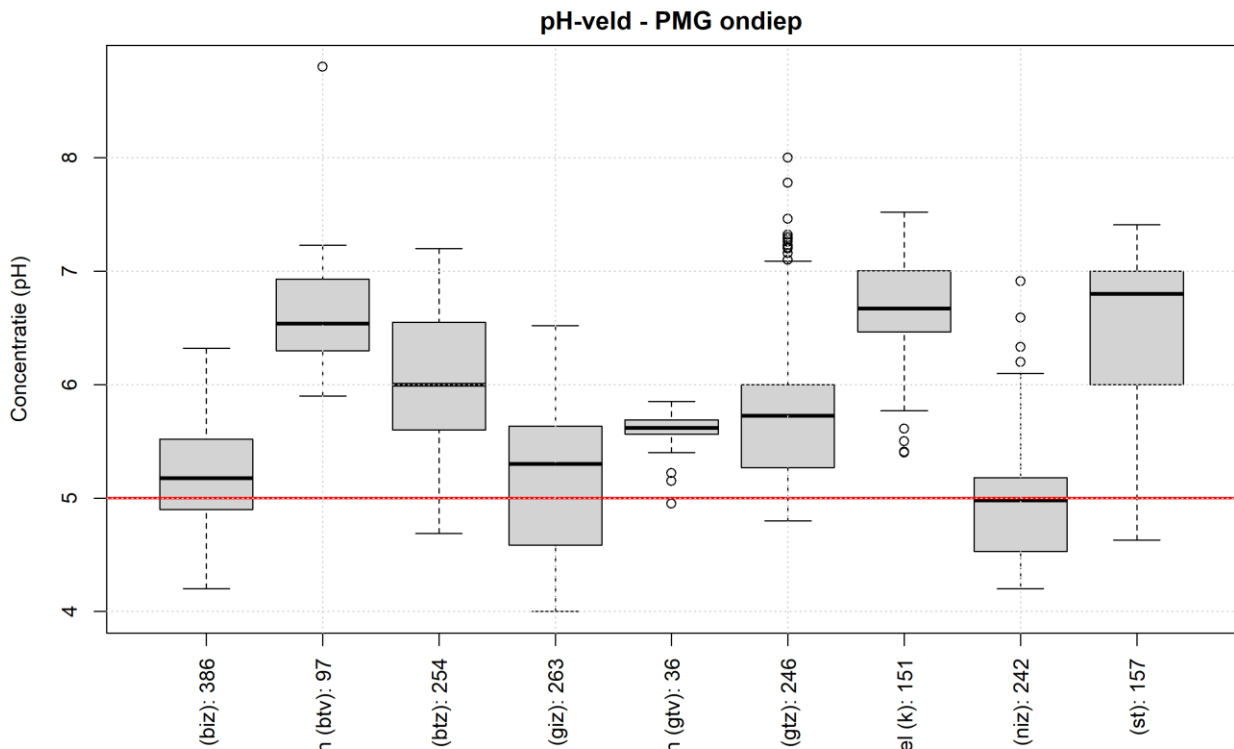
Figuur 5-3: Gemeten zuurgraad (pH-waarde) voor drie tijdperiodes (2006-2012, 2013-2020 en 2021) en drie filterdieptes (freatisch, 10 en 25 meter diep).

Voor de zuurgraad van het grondwater is een streefwaarde van 5,0 opgesteld.

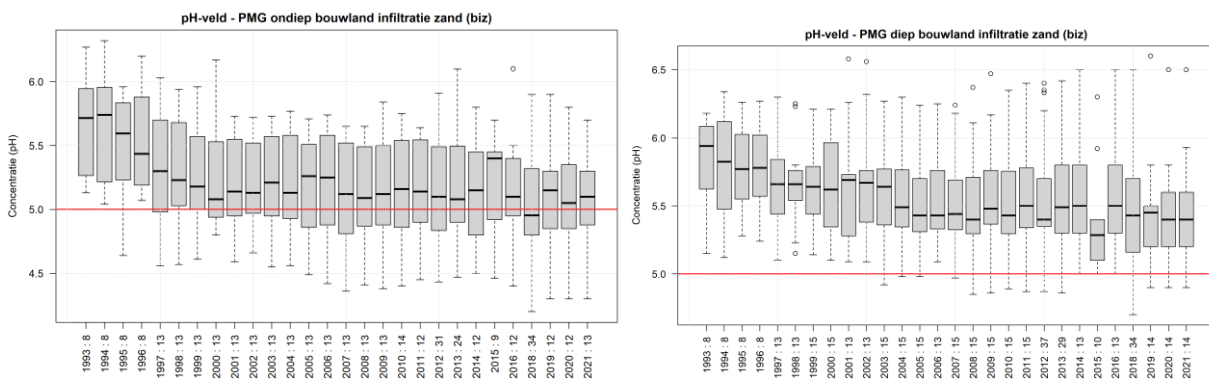
|                   |         | Zuurgraad (Ph)                                                                      |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|-------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Compartiment      | Meetnet | Bouwland                                                                            |                                                                                     | Grasland                                                                            |                                                                                     | Natuur                                                                              | Bouwland                                                                             | Grasland                                                                              | Stad                                                                                  | Kwel                                                                                  |
|                   |         | Podzol                                                                              | Moerig zand                                                                         | Podzol                                                                              | Moerig zand                                                                         |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                   |         | Zand                                                                                |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     | Veen                                                                                |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| Bodem             | MV      |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                   | MDA     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                   | MPD     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| Freatisch         | MV      |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |    |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                   | MDA     |   |                                                                                     |   |                                                                                     |   |                                                                                      |   |                                                                                       |                                                                                       |
|                   | MPD     |  |  |  |  |                                                                                     |  |  |                                                                                       |                                                                                       |
| Ondiep grondwater | PMG     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Diep grondwater   | PMG     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Figuur 5-4: Toestand en trends voor zuurgraad (pH).

Figuur 5-4 geeft het palet van toestand en trends van de zuurgraad voor het PMG. Het komt regelmatig voor dat het ondiepe grondwater onder de pH van 5,0 zakt (in dat geval is de toestand als slecht beoordeeld). Voor het diepe grondwater is de pH duidelijk hoger en bijna nooit problematisch. Er is overwegend sprake van een dalende trend, zowel in het ondiepe als diepe grondwater. Het grondwater wordt dus zuurder. De zuurgraad is het laagst onder natuurgebieden en in de infiltratiegebieden, zowel onder bouwland als onder grasland (figuur 5-5). Ook op de bemeste landbouwgronden is dus sprake van verzuring. De voortgaande verzuring is geïllustreerd voor bouwland zand infiltratie (figuur 5-6), de zuurgraad is hier gedaald tot ongeveer 5,0 op het ondiepe niveau en een pH van 5,5 op het diepe niveau. Veengronden hebben van nature een hogere pH-waarde.

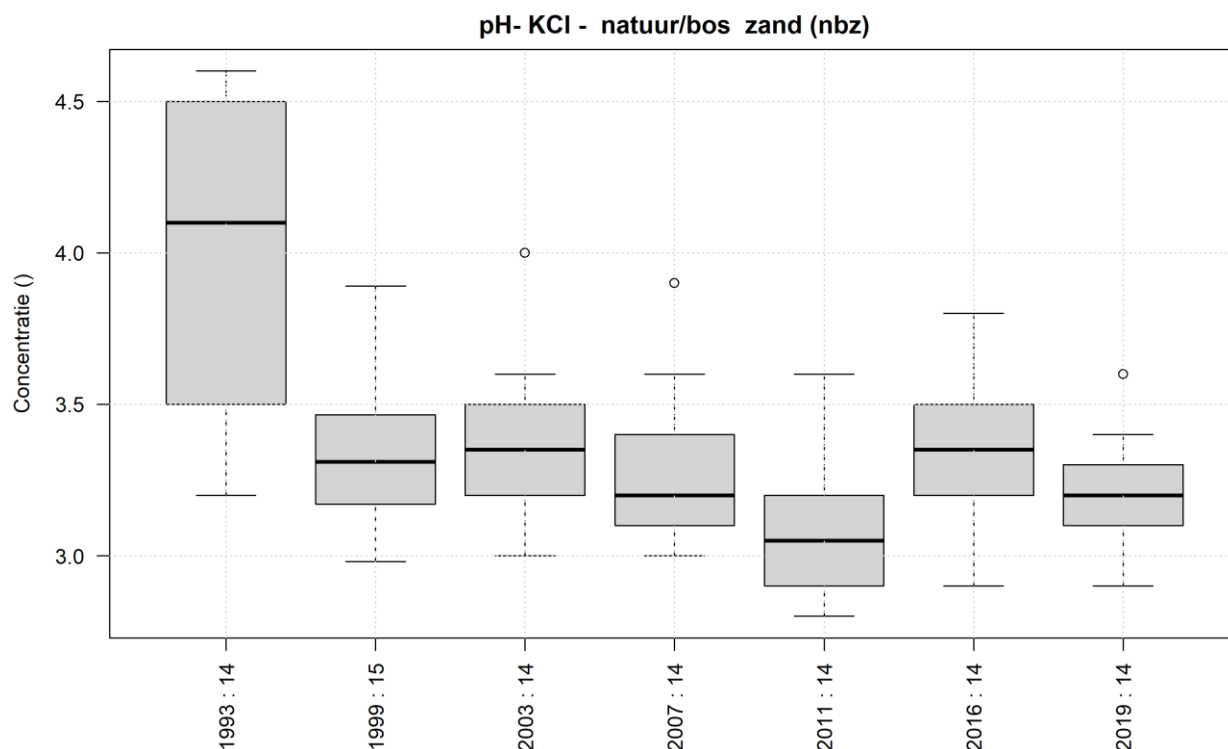


Figuur 5-5: Boxplot voor de zuurgraad in het PMG op het ondiepe niveau (10 meter diep) verdeeld per homogeen gebiedstype.



Figuur 5-6: Boxplot voor de zuurgraad voor bouwland infiltratie zand in het PMG op het ondiepe niveau (links; 10 meter diep) en het diepe niveau (rechts; 25 meter diep).

De laagste pH-waarden komen voor onder natuurgronden. Landbouwgronden worden gebufferd door gebruik van kalkmeststoffen, bij natuurgronden is dat niet het geval. Vooral zandgronden zijn daarom gevoelig voor verzuring. In het Meetnet Verzuring wordt de zuurgraad van de bodem gemeten sinds 1993. In de eerste meetronde was de pH aanzienlijk hoger dan in de volgende meetrondes (figuur 5-7).



Figuur 5-7: Boxplot voor de zuurgraad van de bodem in het MV voor natuurgronden.

## 5.2 Calcium

Om de zuurgraad van (landbouw)bodems te veranderen worden kalkmeststoffen gebruikt. In de kalkmeststoffen zit het element calcium, meestal in de vorm van calciumcarbonaat ( $\text{CaCO}_3$ ). Verder komt calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) vrij bij verwerking van kalkhoudende gesteente. In de bodem zijn calciumionen de meest voorkomende uitwisselbare positieve ionen. Calcium en magnesium bepalen de hardheid van het drinkwater. Hoe meer calcium en magnesium in de drinkwaterbronnen voorkomt, des te harder is het water. In het huidige Drinkwaterbesluit worden wel maximale waarden gesteld voor calcium en magnesium in het drinkwater. Deze waarden hebben geen gezondheidkundige betekenis, maar een esthetische achtergrond. Calcium is een nuttig mineraal nodig voor de opbouw van het botweefsel. Hoge concentraties calcium en magnesium kunnen wel kalkafzetting in huishoudelijke apparaten, warmwatertoestellen, bad en douche en de warmwataanvoerleidingen veroorzaken. Hard water komt niet voor in Drenthe. WMD onthardt tot ongeveer 8 °dH, dat is water met weinig kalkaanslag.

### 5.3 Aluminium

Aluminium komt van nature in de bodem voor. Het is een belangrijk onderdeel van minerale bodemdeeltjes. Klei bestaat hoofdzakelijk uit aluminiumsilicaten. Door verwerking komt aluminium in de bodemoplossing voor. Bij een hoge zuurgraad (lage pH) kan aluminium in oplossing gaan. Bij pH 7 komt aluminium vrijwel niet voor in opgeloste vorm. Opgeloste  $Al^{3+}$ -ionen kunnen giftig zijn voor planten, omdat de ionen wortelbeschadigingen kunnen veroorzaken en daardoor de nutriëntenopname verlagen.

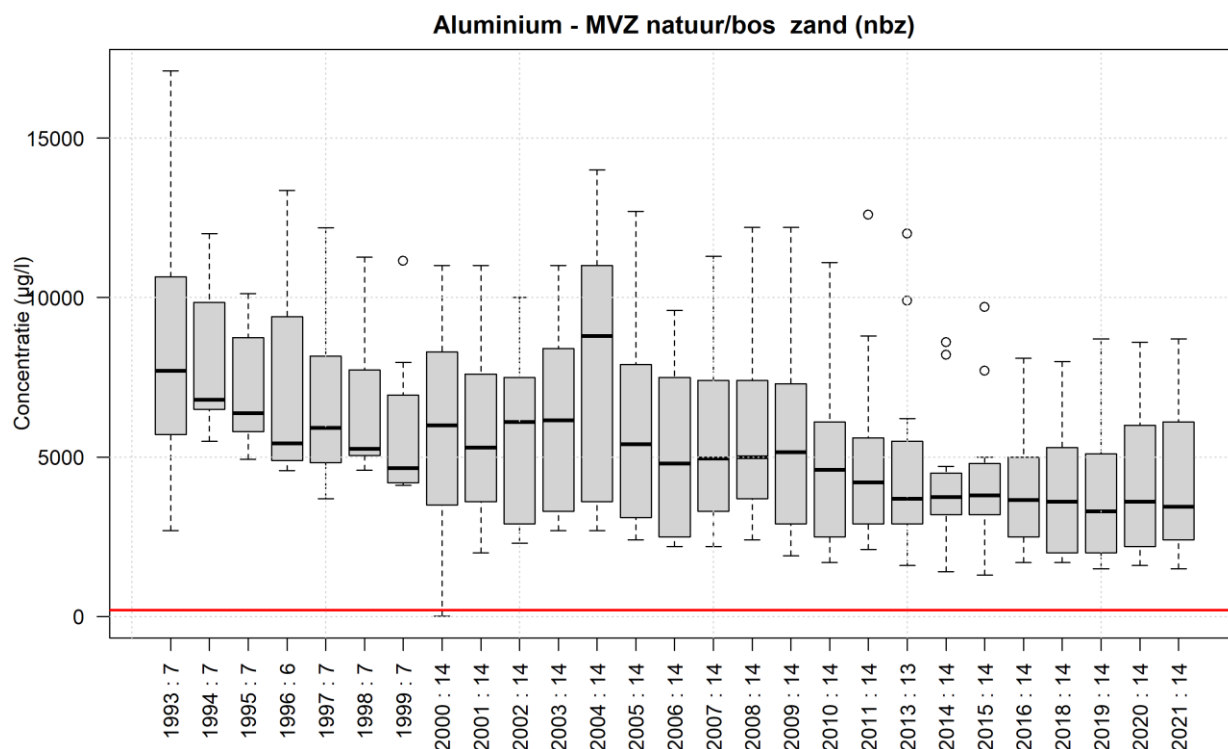
Voor het grondwater wordt getoetst aan de drinkwaternorm van 200  $\mu g/l$ . Deze norm is afgestemd op de risico's voor de menselijke gezondheid en niet op de risico's voor ecologie.

|                      |         | Aluminium                                                                           |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|----------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Compar-<br>timent    | Meetnet | Bouwland                                                                            |                                                                                     | Grasland                                                                            |                                                                                     | Natuur                                                                              | Bouwland                                                                             | Grasland                                                                              | Stad                                                                                  | Kwel                                                                                  |
|                      |         | Podzol                                                                              | Moerig<br>zand                                                                      | Podzol                                                                              | Moerig<br>zand                                                                      |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                      |         | Zand                                                                                |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     | Veen                                                                                 |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| Bodem                | MV      |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                      | MDA     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                      | MPD     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| Freatisch            | MV      |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |  |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                      | MDA     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                      | MPD     |  |  |  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| Ondiep<br>grondwater | PMG     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      | PMG     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Figuur 5-8: Toestand en trends voor aluminium.

Figuur 5-8 geeft het palet van toestand en trends van de aluminiumconcentraties in het grondwater in de verschillende meetnetten weer. Hieruit blijkt duidelijk de hoge mate van normoverschrijding voor het freatisch grondwater. In alle meetpunten wordt de drinkwaternorm overschreden. In het ondiepe grondwater zijn deze overschrijdingen al een stuk kleiner; in het diepe grondwater is er een uitzonderlijke overschrijding van de norm. Voor het freatisch grondwater in het MV wordt onder de natuurgronden een mediane aluminiumconcentratie van 4000  $\mu g/l$  aangetroffen (figuur 5-9). Dit is gerelateerd aan de zure

bodems van natuurgebieden. In gebieden met een geringe buffercapaciteit verzuurt de bodem door atmosferische depositie van stikstof- en zwavelverbindingen, waardoor aluminium oplost. Het opgeloste aluminium kan worden afgevoerd naar het grondwater. Bovendien vormt aluminium complexen met organische stoffen in de bodem, waardoor het in oplossing kan gaan (RIVM, 2010).



Figuur 5-9: Boxplot voor aluminiumconcentratie in het freatisch grondwater in het MV voor natuurgebieden.

## 5.4 Samenvatting en conclusies verzuring

De depositie van verzurende stoffen door landbouw, verkeer en industrie is de afgelopen decennia sterk afgenomen. Maar in grondwater is nog geen sprake van een verbetering:

- De zuurgraad van de bodem onder de natuurgebieden in Drenthe is hoog te noemen (lage pH). Dit is in overeenstemming met de bevindingen door Alterra (2013) en het landelijk beeld. Het ondiepe en diepe grondwater verzuurt nog steeds, ondanks de afgenomen zure depositie.
- De hoge zuurgraad (lage pH) van de bodem resulteert in hoge aluminiumconcentraties. Onder natuurgebieden wordt een gemiddelde aluminiumconcentratie van 4000 µg/l aangetroffen (drinkwaternorm voor aluminium is 200 µg/l). Echter voor aluminium is wel een positieve trend te zien. De aluminium concentraties in het ondiepe grondwater zijn ongeveer gehalveerd ten opzichte van de start van meten in 1993.

## 6 Verspreiding van metalen

In Nederland komen op diverse plaatsen verhoogde gehalten aan zware metalen in bodem en grondwater voor. Deze zijn veelal het gevolg van historische belasting of van andere bronnen dan de huidige industriële emissies. Voorbeelden zijn lokale verontreinigingen door vroegere lozingen van bedrijven, verhoogde gehalten aan lood en zink veroorzaakt door jarenlange uitloging uit bouwmaterialen (in stedelijke gebieden), verhoogde gehalten aan kwik in bloembollengebieden als gevolg van het toepassen van kwikhoudende fungiciden en sterk verhoogde concentraties lood in de bodem van schietterreinen. De directe bijdrage van de huidige industriële emissies aan de gehalten aan zware metalen in de bodem en het grondwater is zeer beperkt behalve voor chroom, dat door corrosie van en uitloging uit roestvast staal tot lokaal verhoogde concentraties kan leiden.

Zware metalen komen van nature in lage concentraties in bodem en grondwater voor. In grote hoeveelheden echter zijn zware metalen schadelijk voor mens en milieu. Bronnen van zware metalen zijn industrie, vuilverbranding, verkeer en landbouw. Door atmosferische depositie en bemesting van landbouwgronden kunnen verhoogde concentraties aan zware metalen in de bodem voorkomen. In combinatie met verzuring van bodem en grondwater (zie hoofdstuk 5) kunnen sommige zware metalen in oplossing gaan en zo in grond- en oppervlaktewater terecht komen. In de verschillende meetnetten is gekeken naar de aanwezigheid van de zware metalen arseen, cadmium, chroom, koper, lood en zink. Voor deze zware metalen zijn verschillende streefwaarden in het ondiepe en diepe grondwater opgesteld (zie paragraaf 3.3).

## 6.1 Koper

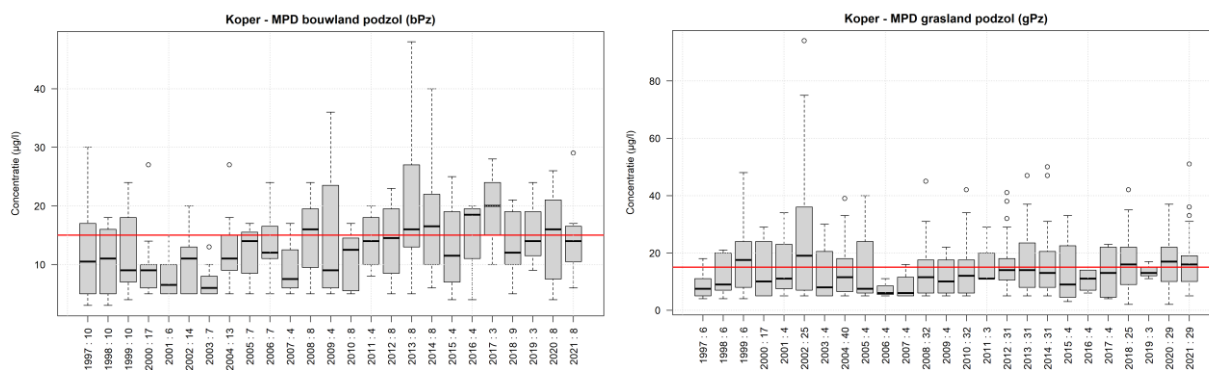
De herkomst van koper is gerelateerd aan het gebruik van dierlijke mest in de landbouw. Uit de meetresultaten blijkt dan ook dat hogere koperconcentraties worden waargenomen in de landbouwgebieden (figuur 6-1). De hoogste concentraties komen voor in het freatische grondwater (zie bijlage 4). In een aantal meetlocaties in de landbouwgebieden zijn de gehalten hoger dan de achtergrondwaarde. Vooral in bouwlandgronden zijn de gehalten vaak hoger dan de streefwaarden.

|                   |         | Koper                                                                               |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|-------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Compartiment      | Meetnet | Bouwland                                                                            |                                                                                     | Grasland                                                                            |                                                                                     | Natuur                                                                              | Bouwland                                                                             | Grasland                                                                              | Stad                                                                                  | Kwel                                                                                  |
|                   |         | Podzol                                                                              | Moerig zand                                                                         | Podzol                                                                              | Moerig zand                                                                         |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                   |         | Zand                                                                                |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     | Veen                                                                                 |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| Bodem             | MV      |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |    |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                   | MDA     |    |                                                                                     |    |                                                                                     |    |                                                                                      |    |                                                                                       |                                                                                       |
|                   | MPD     |   |   |   |   |                                                                                     |   |   |                                                                                       |                                                                                       |
| Freatisch         | MV      |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |  |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|                   | MDA     |  |                                                                                     |  |                                                                                     |  |                                                                                      |  |                                                                                       |                                                                                       |
|                   | MPD     |  |  |  |  |                                                                                     |  |  |                                                                                       |                                                                                       |
| Ondiep grondwater | PMG     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Diep grondwater   | PMG     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Figuur 6-1: Toestand en trends voor koper.

In het diepe grondwater wordt de streefwaarde minder vaak overschreden dan in het ondiepe grondwater, ondanks dat de streefwaarde voor het diepe grondwater veel strenger is (1,3 µg/l) in vergelijking met het ondiepe en freatische grondwater (15 µg/l). Uit het boxplot voor het bodemmeetnet blijkt dat voor de meetlocaties op bouwland (figuur 6-2) iets hogere waarden worden gevonden vergeleken met de meetlocaties op graslanden. Er wordt geen trend aangetoond, maar in het boxplot (figuur 6-2) is te zien dat de koperconcentraties onder bouwland wel op een lager niveau zaten dan in de laatste jaren het geval is. De koperconcentratie in het ondiepe en diepe grondwater zijn vaak lager dan de rapportagegrens (2 µg/l in de laatste jaren en 5 µg/l in eerdere jaren). Dit illustreert dat ook moeilijk conclusies over de trend in het ondiepe en diepe grondwater kunnen worden getrokken, omdat veel metingen zich in de buurt van de rapportagegrens bevinden.

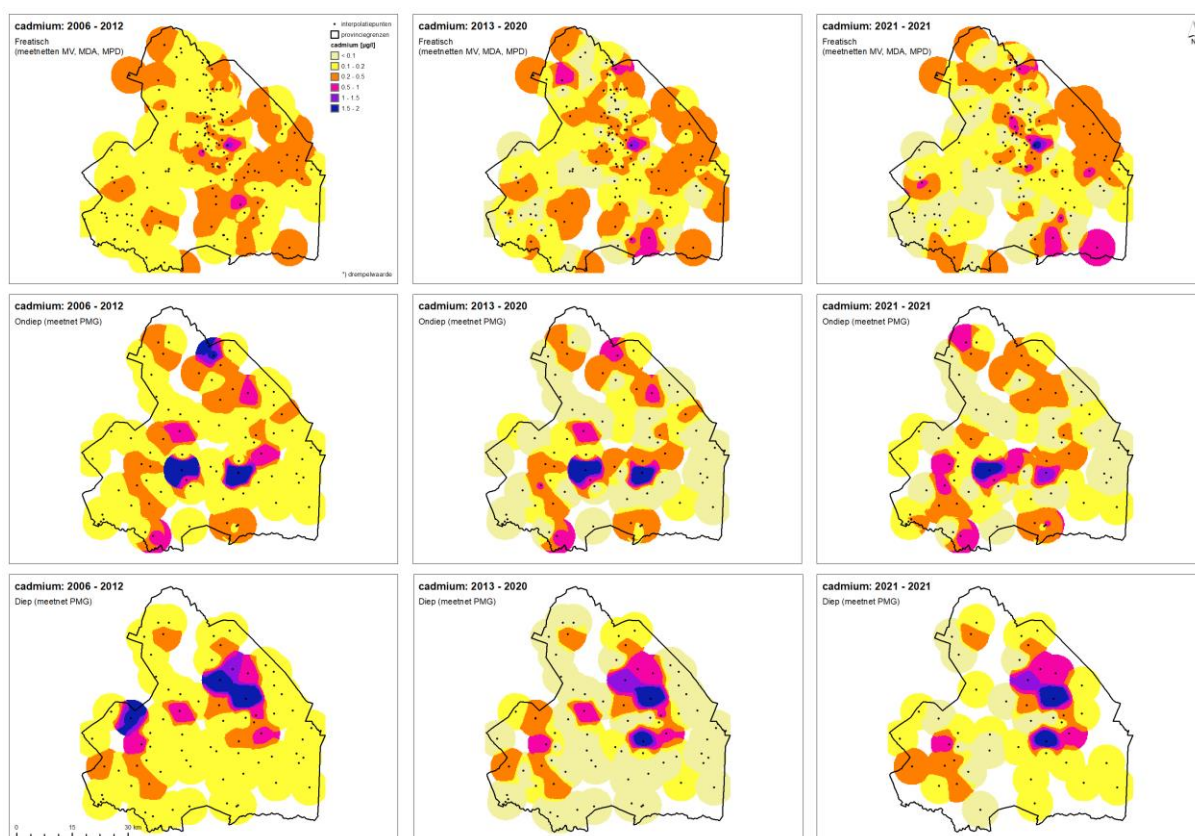
Voor de meeste meetlocaties wordt geen trend in de koperconcentraties geconstateerd. In enkele meetlocaties wordt een stijgende trend waargenomen. Voor de meetlocaties in de bodem in het MPD kan geen trend worden bepaald omdat het aantal meetmomenten te gering is.



Figuur 6-2: Boxplot voor koperconcentratie in provinciale bodemmeetnet (MPD) op podzolgronden onder bouwland (links) en grasland (rechts).

## 6.2 Cadmium

De herkomst van cadmium is gerelateerd aan het gebruik van kunstmest. Voor cadmium geldt een KRW-norm van 0,35 µg/l voor het grondwater; de norm voor grond in 0,6 mg/kg ds. Uit de meetresultaten blijkt dat onder landbouwgebieden alleen op veengronden de norm voor grond wordt overschreden (figuur 6-4). Vroeger werd voor gronden met hoge organische stofgehalte een hogere streefwaarde gehanteerd. In de nieuwe normen volgens de Regeling Bodemkwaliteit wordt dit verschil niet gehanteerd. Het risico op verspreiding van metalen uit veengronden naar het diepere grondwater is echter kleiner, omdat de metalen gebonden worden aan het organische stof. De norm voor grondwater wordt overschreden onder meerdere homogene gebiedstypes, maar vooral onder landbouwgrond. Opvallend is dat de hoogste concentraties in het diepe grondwater worden gemeten, en niet in het freatische grondwater (figuur 6-3). In het diepe grondwater wordt de KRW-drempelwaarde ook meer overschreden dan in het ondiepe en freatische grondwater (tabel 6-1).



Figuur 6-3: Gemeten cadmiumconcentraties voor drie tijdperiodes (2006-2012, 2013-2020 en 2021) en drie filterdieptes (freatisch, 10 en 25 meter diep).

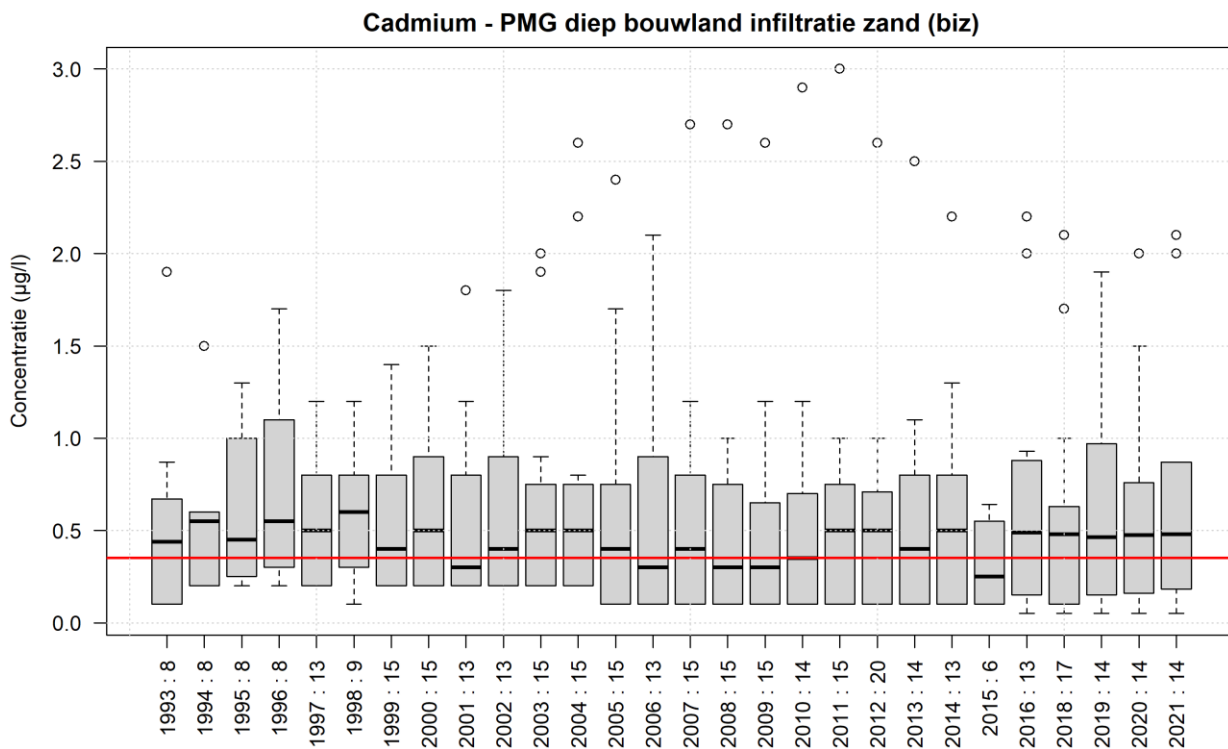
Tabel 6-1: Mate van normoverschrijding voor cadmium in de freatische meetnetten en het PMG.

| Freatisch grondwater |            |     | PMG        |      |
|----------------------|------------|-----|------------|------|
| MDA                  | MPD        | MV  | Ondiep     | Diep |
| 17%                  | 14%        | 14% | 17%        | 23%  |
| <b>TOTAAL</b>        | <b>15%</b> |     | <b>19%</b> |      |



Figuur 6-4: Toestand en trends voor cadmium.

De norm wordt het meest overschreden onder bouwland op podzolbodems. De boxplot voor de infiltratiegronden voor dit bodemtype is gepresenteerd in figuur 6-5. Te zien is dat de mediane concentratie vaak boven de norm ligt en dat ook sprake is van een dalende trend, vooral ook omdat er minder hoge uitschieters zijn. Voor andere homogene gebiedstypes wordt ook een overwegend dalende trend gevonden, maar bij lage concentraties kan dit ook het resultaat zijn van de trend in rapportagegrens door de jaren heen.



Figuur 6-5: Boxplot voor cadmiumconcentratie in PMG op het diepe niveau (25 meter) onder bouwland infiltratie zandgronden.

## 6.3 Zink

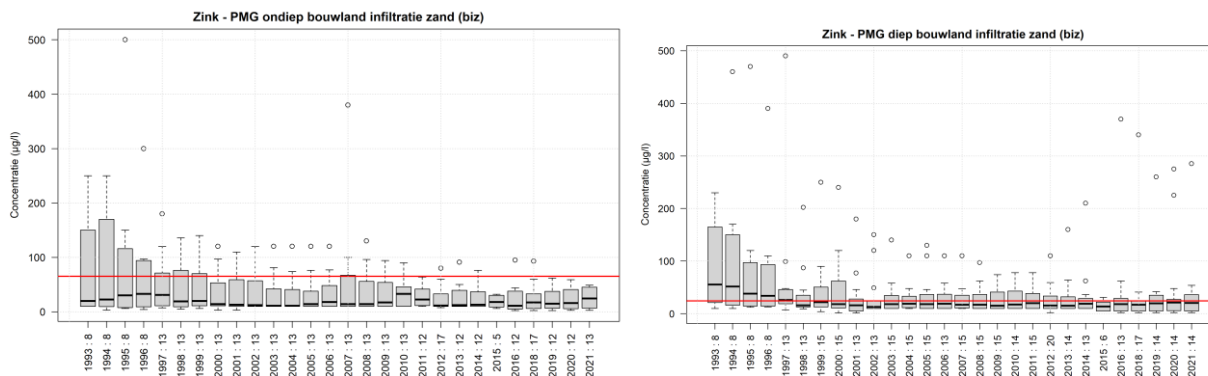
De herkomst van zink is gerelateerd aan het gebruik van dierlijke mest in de landbouw. Voor zink geldt een gedifferentieerde streefwaarde (65 µg/l voor het ondiepe en freatische grondwater; 24 µg/l voor het diepe grondwater). De norm voor grond in 140 mg/kg ds.

De norm voor grond wordt niet overschreden in de bodemmeetnetten (figuur 6-6), uitgezonderd één meting onder grasland veen. Voor het freatische en diepere grondwater is dit wel het geval, vooral voor de landbouw podzolbodems. Ook onder natuurgronden wordt de streefwaarde soms overschreden.

Op de meetlocaties in de natuurgebieden wordt de streefwaarde voor freatisch grondwater vaker overschreden. Net als voor koper en cadmium wordt in het ondiepe en diepe grondwater de streefwaarde overschreden. Voor podzolgronden wordt de norm relatief veel in het diepe grondwater overschreden. Ook hier is dit toe te rekenen aan een strengere streefwaarde voor het diepe grondwater (24 µg/l voor het diepe grondwater tegen 65 µg/l voor het freatisch en ondiep grondwater).

|                   |         | Zink                                                                                         |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                               |                                                                                                |                                                                                              |                                                                                               |
|-------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Compartiment      | Meetnet | Bouwland                                                                                     |                                                                                              | Grasland                                                                                     |                                                                                              | Natuur                                                                                       | Bouwland                                                                                      | Grasland                                                                                       | Stad                                                                                         | Kwel                                                                                          |
|                   |         | Podzol                                                                                       | Moerig zand                                                                                  | Podzol                                                                                       | Moerig zand                                                                                  |                                                                                              |                                                                                               |                                                                                                |                                                                                              |                                                                                               |
|                   |         | Zand                                                                                         |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              | Veen                                                                                          |                                                                                                |                                                                                              |                                                                                               |
| Bodem             | MV      |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |           |                                                                                               |                                                                                                |                                                                                              |                                                                                               |
|                   | MDA     | <br>12 14 |                                                                                              | <br>11 15 |                                                                                              | <br>21    |                                                                                               | <br>4 16  |                                                                                              |                                                                                               |
|                   | MPD     | <br>7 18  | <br>9 15  | <br>18 28 | <br>11 16 |                                                                                              | <br>14 16 | <br>10 15 |                                                                                              |                                                                                               |
| Freatisch         | MV      |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |           |                                                                                               |                                                                                                |                                                                                              |                                                                                               |
|                   | MDA     | <br>12 13 |                                                                                              | <br>10 13 |                                                                                              | <br>16 19 |                                                                                               | <br>8 15  |                                                                                              |                                                                                               |
|                   | MPD     | <br>8 18  | <br>9 15  | <br>29 47 | <br>11 15 |                                                                                              | <br>14 16 | <br>10 15 |                                                                                              |                                                                                               |
| Ondiep grondwater | PMG     | <br>13 15 | <br>10 13 | <br>8 11  | <br>11 15 | <br>10 12 | <br>4 4   | <br>2 2   | <br>6 6 | <br>7 11 |
| Diep grondwater   | PMG     | <br>14 16 | <br>3 13  | <br>8 8   | <br>6 16  | <br>10 12 | <br>1 5   | <br>1 2   | <br>6   | <br>4 11 |

Figuur 6-6: Toestand en trends voor zink.



Figuur 6-7: Boxplot voor zinkconcentraties in PMG onder bouwland infiltratie zandgronden op het ondiepe (10 meter) en diepe niveau (25 meter).

De streefwaarden op het diepe niveau worden meer overschreden dan op het ondiepe niveau. Dit heeft te maken met de gedifferentieerde normen per diepteniveau. Dit wordt geïllustreerd in figuur 6-7 voor de bouwland infiltratiezandgronden. De concentraties zink in het ondiepe en grondwater zitten in hetzelfde concentratie-interval, maar de norm verschilt. Ook te zien is dat gedurende de tijd er minder uitschieters en hoge waarden zink worden gemeten. Die afnemende trend is meer zichtbaar dan de afname in mediane concentraties in de tijd.

## 6.4 Chroom

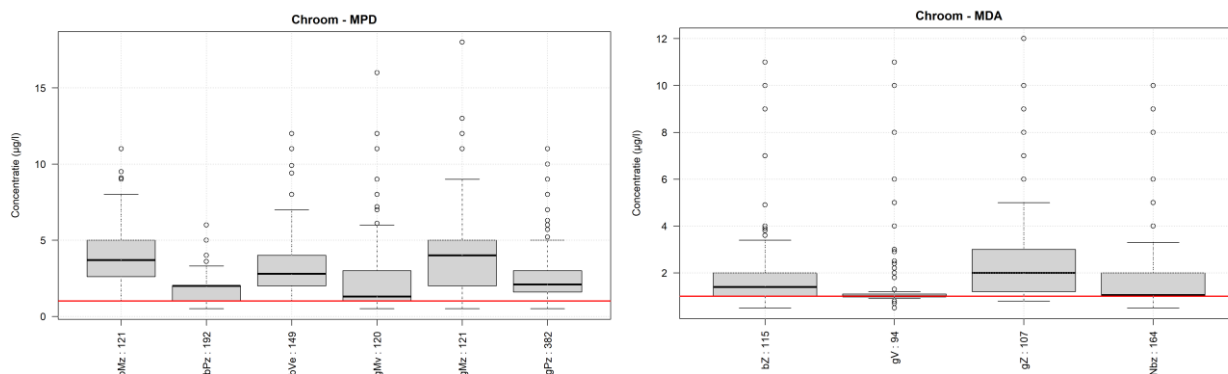
De herkomst van chroom is vooral gerelateerd aan consumenten (gebruik van gewolmaniseerd hout), maar ook vanuit meststoffen (zowel dierlijke mest als kunstmest) wordt chroom aangevoerd. Voor chroom geldt een gedifferentieerde streefwaarde (1 µg/l voor het ondiepe en freatische grondwater; 2,4 µg/l voor het diepe grondwater). De norm voor bodem in 55 mg/kg ds.

Uit de meetresultaten blijkt dat er voor chroom geen overschrijdingen van de streefwaarden in de bodem voorkomt (figuur 6-8). In het freatisch grondwater echter wordt de streefwaarde zeer regelmatig overschreden. Mogelijk speelt de verhoogde zuurgraad hierbij een rol. In tegenstelling tot de andere zware metalen is voor chroom een ruimere norm voor het diepe grondwater opgesteld (2,4 µg/l voor het diepe grondwater tegen 1 µg/l voor het freatisch en ondiep grondwater). Deze ruimere norm resulteert in een lagere overschrijding van de streefwaarde in het diepe grondwater (figuur 6-8).

| Chroom            |         |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                               |                                                                                                |                                                                                              |                                                                                               |
|-------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Compartiment      | Meetnet | Bouwland                                                                                     |                                                                                              | Grasland                                                                                     |                                                                                              | Natuur                                                                                       | Bouwland                                                                                      | Grasland                                                                                       | Stad                                                                                         | Kwel                                                                                          |
|                   |         | Podzol                                                                                       | Moerig zand                                                                                  | Podzol                                                                                       | Moerig zand                                                                                  |                                                                                              |                                                                                               |                                                                                                |                                                                                              |                                                                                               |
|                   |         | Zand                                                                                         |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              | Veen                                                                                          |                                                                                                |                                                                                              |                                                                                               |
| Bodem             | MV      |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |           |                                                                                               |                                                                                                |                                                                                              |                                                                                               |
|                   | MDA     | <br>12 14 |                                                                                              | <br>11 15 |                                                                                              | <br>21    |                                                                                               | <br>4 16  |                                                                                              |                                                                                               |
|                   | MPD     | <br>7 18  | <br>9 15  | <br>18 28 | <br>11 16 |                                                                                              | <br>14 16 | <br>10 15 |                                                                                              |                                                                                               |
| Freatisch         | MV      |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |           |                                                                                               |                                                                                                |                                                                                              |                                                                                               |
|                   | MDA     | <br>12 13 |                                                                                              | <br>10 13 |                                                                                              | <br>16 19 |                                                                                               | <br>8 15  |                                                                                              |                                                                                               |
|                   | MPD     | <br>8 18  | <br>9 15  | <br>29 47 | <br>11 15 |                                                                                              | <br>14 16 | <br>10 15 |                                                                                              |                                                                                               |
| Ondiep grondwater | PMG     | <br>13 15 | <br>10 13 | <br>8 11  | <br>11 15 | <br>10 12 | <br>4 4   | <br>2 2   | <br>6 6 | <br>7 11 |
| Diep grondwater   | PMG     | <br>14 16 | <br>3 13  | <br>8 8   | <br>6 16  | <br>10 12 | <br>1 5   | <br>1 2   | <br>6   | <br>4 11 |

Figuur 6-8: Toestand en trends voor chroom.

In figuur 6-9 zijn de boxplots per gebiedstype voor het chroomgehalte in het freatische grondwater voor de twee bodemkwaliteitsmeetnetten weergegeven. Hieruit blijkt dat de mediaanwaarde voor alle gebiedstypes op of boven de streefwaarde ligt.



Figuur 6-9: Boxplot voor chroomconcentraties voor verschillende gebiedstypen voor het MPD (links) en MDA (rechts).

In het ondiepe grondwater wordt de norm ook regelmatig overschreden en is er sprake van overwegend dalende trends. Echter de variërende rapportagegrens door de jaren heen speelt hier een grote rol.

## 6.5 Lood

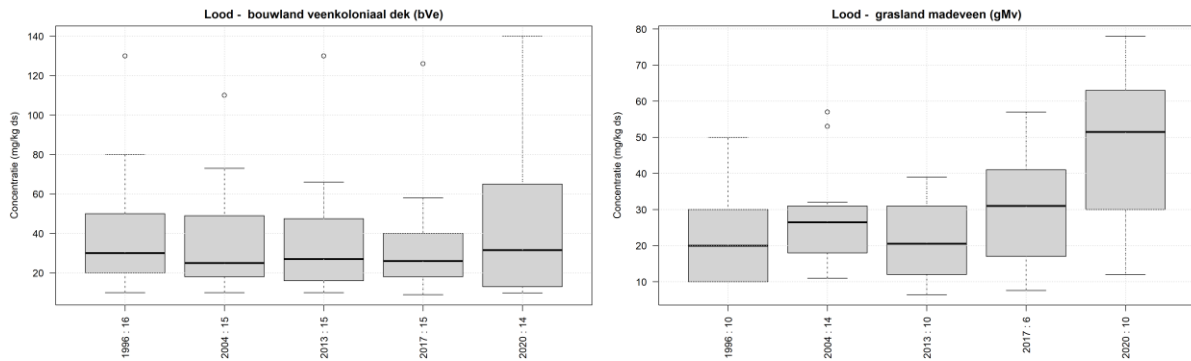
De herkomst van lood is vooral gerelateerd aan verkeer (loodhoudende benzine) en veel minder aan landbouw. Lood verplaatst zich erg langzaam door het grondwater. Dit is de reden dat de stof meestal niet boven de rapportagegrens wordt aangetroffen. Overschrijding van de norm voor lood in het grondwater vindt, op één uitzondering na, nooit plaats (figuur 6-10).

|                   |         | Lood                                                                                         |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                               |                                                                                                |                                                                                              |                                                                                               |
|-------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Compartiment      | Meetnet | Bouwland                                                                                     |                                                                                              | Grasland                                                                                     |                                                                                              | Natuur                                                                                       | Bouwland                                                                                      | Grasland                                                                                       | Stad                                                                                         | Kwel                                                                                          |
|                   |         | Podzol                                                                                       | Moerig zand                                                                                  | Podzol                                                                                       | Moerig zand                                                                                  |                                                                                              |                                                                                               |                                                                                                |                                                                                              |                                                                                               |
|                   |         | Zand                                                                                         |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              | Veen                                                                                          |                                                                                                |                                                                                              |                                                                                               |
| Bodem             | MV      |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |             |                                                                                               |                                                                                                |                                                                                              |                                                                                               |
|                   | MDA     | <br>12 14   |                                                                                              | <br>11 15   |                                                                                              | <br>21      |                                                                                               | <br>4 16    |                                                                                              |                                                                                               |
|                   | MPD     | <br>7 18  | <br>9 15  | <br>18 28 | <br>11 16 |                                                                                              | <br>14 16 | <br>10 15 |                                                                                              |                                                                                               |
| Freatisch         | MV      |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |                                                                                              |           |                                                                                               |                                                                                                |                                                                                              |                                                                                               |
|                   | MDA     | <br>12 13 |                                                                                              | <br>10 13 |                                                                                              | <br>16 19 |                                                                                               | <br>8 15  |                                                                                              |                                                                                               |
|                   | MPD     | <br>8 18  | <br>9 15  | <br>29 47 | <br>11 15 |                                                                                              | <br>14 16 | <br>10 15 |                                                                                              |                                                                                               |
| Ondiep grondwater | PMG     | <br>13 15 | <br>10 13 | <br>8 11  | <br>11 15 | <br>10 12 | <br>4 4   | <br>2 2   | <br>6 6 | <br>7 11 |
| Diep grondwater   | PMG     | <br>14 16 | <br>3 13  | <br>8 8   | <br>6 16  | <br>10 12 | <br>1 5   | <br>1 2   | <br>6   | <br>4 11 |

Figuur 6-10: Toestand en trends voor lood.

Lood komt wel verhoogd voor in de bodem. In het MPD komen de meeste overschrijdingen voor onder veengrond (figuur 6-10). De trend voor deze twee gebiedstypes is af te lezen uit figuur 6-11. Voor grasland geldt dat de loodconcentraties in de laatste meetronde van 2021 aanmerkelijk hoger was dan voorgaande jaren. De reden hiervan is onbekend.

In het diepere grondwater in het PMG zijn de concentraties laag, altijd onder de KRW-drempelwaarde (7,4 µg/l).



Figuur 6-11: Boxplot voor loodconcentraties in het MPD op veengronden voor bouwland (links) en grasland (rechts).

## 6.6 Arseen

Van oorsprong komt arseen van nature voor in pleistocene afzettingen, vooral in het oosten en zuiden van Nederland, maar ook in de kustgebieden. Door grondwaterstroming is het arseen verplaatst en in kwelgebieden geaccumuleerd en weer vastgelegd. Ook pyrietoxidatie door nitraat in het diepere grondwater speelt hierbij een rol. Arseen kan ook een menselijke bron hebben via atmosferische depositie (grotendeels afkomstig van emissies in het buitenland) en uitloging van gewolmaniseerd hout.

|                   |         | Arseen                                            |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                 |                                                  |
|-------------------|---------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Compartiment      | Meetnet | Bouwland                                          |                                                   | Grasland                                          |                                                   | Natuur                                            | Bouwland                                          | Grasland                                          | Stad                                            | Kwel                                             |
|                   |         | Podzol                                            | Moerig zand                                       | Podzol                                            | Moerig zand                                       |                                                   |                                                   |                                                   |                                                 |                                                  |
|                   |         | Zand                                              |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   | Veen                                              |                                                   |                                                 |                                                  |
| Bodem             | MV      |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                 |                                                  |
|                   | MDA     | <div><div></div><div></div></div> <div>1214</div> |                                                   | <div><div></div><div></div></div> <div>1115</div> |                                                   | <div><div></div><div></div></div> <div>21</div>   |                                                   | <div><div></div><div></div></div> <div>416</div>  |                                                 |                                                  |
|                   | MPD     | <div><div></div><div></div></div> <div>718</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>915</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>1828</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>1116</div> |                                                   | <div><div></div><div></div></div> <div>1416</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>1015</div> |                                                 |                                                  |
| Freatisch         | MV      |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   | <div><div></div><div></div></div> <div>14</div>   |                                                   |                                                   |                                                 |                                                  |
|                   | MDA     | <div><div></div><div></div></div> <div>1213</div> |                                                   | <div><div></div><div></div></div> <div>1013</div> |                                                   | <div><div></div><div></div></div> <div>1619</div> |                                                   | <div><div></div><div></div></div> <div>815</div>  |                                                 |                                                  |
|                   | MPD     | <div><div></div><div></div></div> <div>818</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>915</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>2947</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>1115</div> |                                                   | <div><div></div><div></div></div> <div>1416</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>1015</div> |                                                 |                                                  |
| Ondiep grondwater | PMG     | <div><div></div><div></div></div> <div>1315</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>1013</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>811</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>1115</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>1012</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>44</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>22</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>66</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>711</div> |
| Diep grondwater   | PMG     | <div><div></div><div></div></div> <div>1416</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>313</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>88</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>616</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>1012</div> | <div><div></div><div></div></div> <div>15</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>12</div>   | <div><div></div><div></div></div> <div>6</div>  | <div><div></div><div></div></div> <div>411</div> |

Figuur 6-12: Toestand en trends voor arseen.

Voor arseen is een KRW-drempelwaarde bepaald van 13,2 µg/l. Uit de meetresultaten blijkt dat er voor arseen nagenoeg geen gehalten of concentraties boven de norm voorkomen (figuur 6-12). In de bodem is alleen sprake van een overschrijding onder de veengronden op gras in het MPD. Voor het grondwater is sporadisch sprake van de overschrijding van de KRW-norm (13,2 µg/l). Overschrijding van de norm wordt dan veroorzaakt door een uitschieter in meetwaarde (figuur 6-12).

## 6.7 Samenvatting en conclusies verspreiding metalen

- Voor de meeste zware metalen wordt de streefwaarde in de bodem en het freatisch en ondiep grondwater niet overschreden.
- Voor de aan landbouw gerelateerde zware metalen (koper, zink en cadmium) wordt een enkele maal de streefwaarde overschreden in meetlocaties in de landbouwgebieden.
- Cadmium is de meest kritische parameter, omdat hiervoor een Europese KRW-drempelwaarde voor is afgeleid. Deze norm wordt in 19% van de meetpunten in het ondiepe en diepe grondwater overschreden. Er is overwegend sprake van een dalende trend.
- Het metaal chroom wijkt af van de andere zware metalen dat in het freatisch grondwater de streefwaarde voor chroom regelmatig wordt overschreden. In het diepere grondwater is voor chroom juist een ruimere streefwaarde opgesteld. Daar vinden dan ook minder overschrijdingen van de streefwaarde plaats.
- Trendafleiding voor metalen is lastig in geval veel van de meetwaarden onder de rapportagegrens liggen. Aangezien de rapportagegrens door de jaren heen verandert, wordt er mogelijk ten onrechte een trend geconstateerd.

## **7 Toestand en trends bestrijdingsmiddelen en metabolieten**

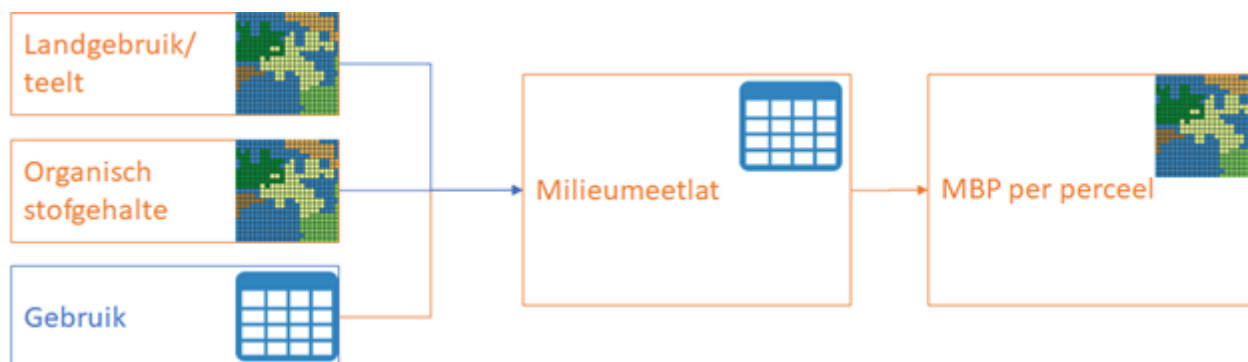
In dit hoofdstuk is een beeld gegeven van de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in het grondwater. Begonnen wordt met een beschouwing van de belasting met bestrijdingsmiddelen in Noordoost Nederland gerelateerd aan het type landgebruik en bodemtype (paragraaf 7.1). Daarna volgt een beschrijving van het algemene beeld van de aangetroffen bestrijdingsmiddelen en de verdeling hiervan over de provincie en de diepte (paragraaf 7.2). De volgende paragraaf gaat in op de verdeling van de bestrijdingsmiddelen per homogeen gebiedstype (paragraaf 7.3). In paragraaf 7.4 is voor vijf veel aangetroffen bestrijdingsmiddelen achtergrondinformatie gegeven en de ruimtelijke spreiding is op kaart toegelicht. De volgende paragrafen gaan in op de normoverschrijding (paragraaf 7.5) en een vergelijking met de voorgaande meetronden (paragraaf 7.6).

## 7.1 Belasting met bestrijdingsmiddelen

De aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in het grondwater is gerelateerd aan het gebruik van bestrijdingsmiddelen in landbouwgebied, maar ook door industrie, overheden en particulieren. De belasting van het grondwater verschilt sterk per regio in Noord en Oost-Nederland (figuur 7-1). Deze kaart is gebaseerd op het gebruik van bestrijdingsmiddelen, zowel binnen als buiten de landbouw. Dit is vertaald naar de belasting van het bovenste grondwater in de vorm van milieubelastingspunten (MBP) (RHDHV, 2020b). Dit is gedaan door het combineren van het gebruik van middelen per teelt en sector in combinatie met landgebruik en bodemtype (figuur 7-2). Hoe hoger het organisch stofgehalte in de bodem hoe lager de MBP voor het grondwater. Dit komt doordat bestrijdingsmiddelen kunnen worden vastgehouden en afgebroken worden in de bodem. In de systematiek van de MilieuMeetlat komen 100 MBP overeen met een concentratie van 0,1 µg/l. Berekende risico-scores van 500 en 1000 MBP komen daarmee overeen met concentraties van respectievelijk 0,5 en 1,0 µg/l. Te zien is dat de milieubelasting in Drenthe relatief lager is in vergelijking met Flevoland, de waddenkust en zuidoost Groningen.



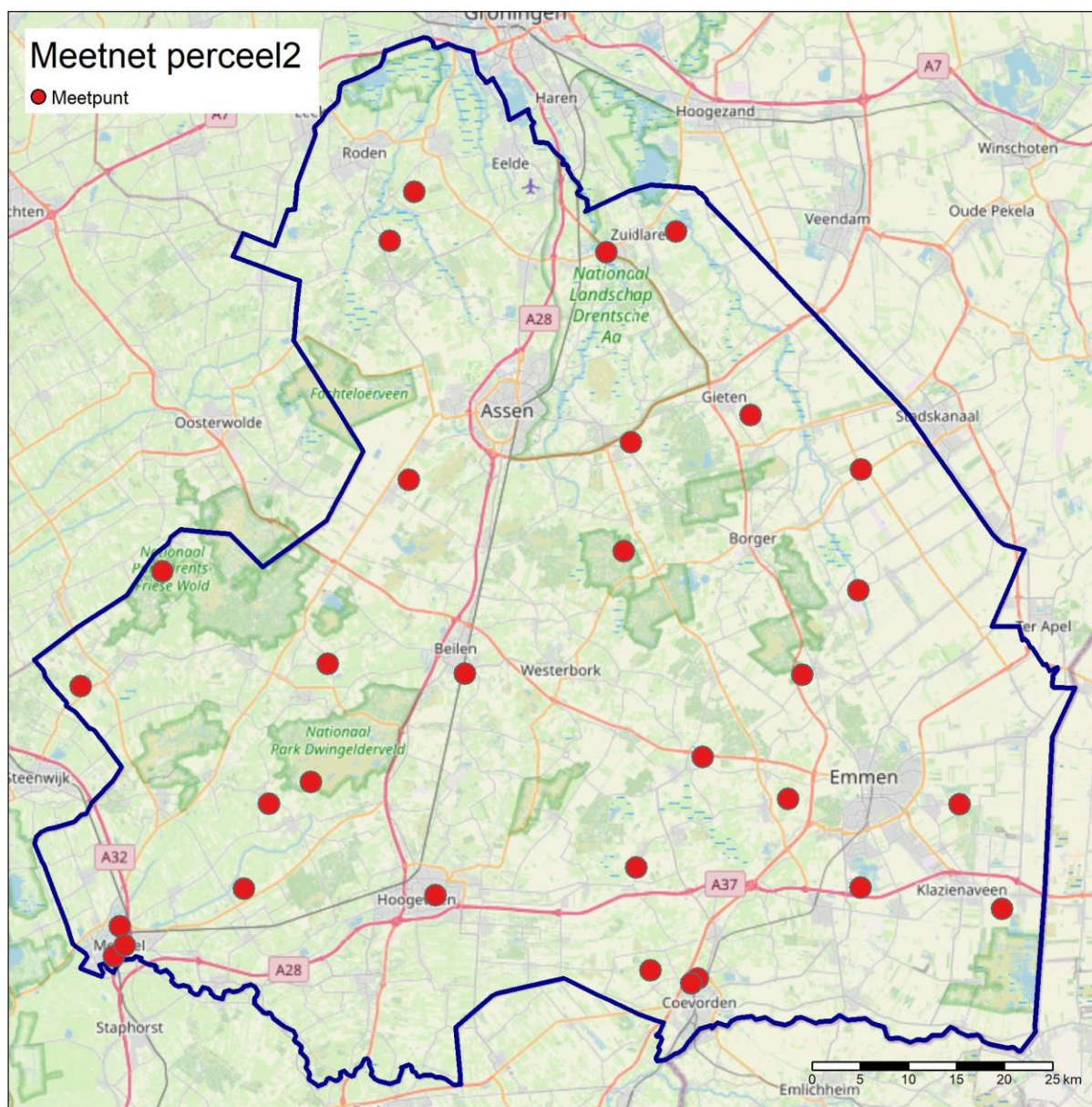
Figuur 7-1: Berekende milieubelastingspunten voor het bovenste grondwater voor 2018 (Bron: RHDHV 2020b).



Figuur 7-2: Gebruikte informatie om te komen tot de belasting van het bovenste grondwater door bestrijdingsmiddelen (Bron: RHDHV, 2020b).

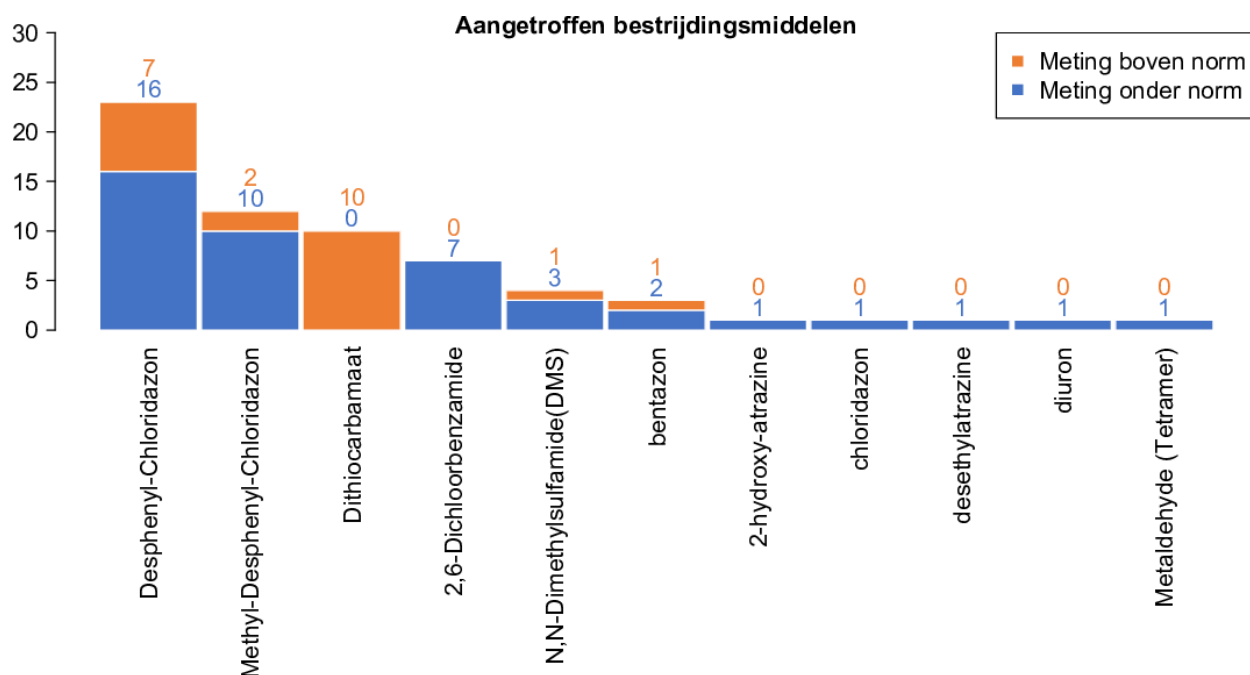
## 7.2 Algemeen beeld KRW-meetronde 2021

In totaal is op 96 verschillende bestrijdingsmiddelen / metabolieten geanalyseerd voor 56 bemonsterde peilbuisfilters, zoals weergegeven in figuur 7-3. Uit 25 peilbuizen is een monster genomen uit zowel het ondiepe en diepe filter. Uit 6 peilbuizen is alleen een monster uit het ondiepe filter genomen. Dit geeft samen 31 ondiepe monsters en 25 diepe monsters (56 in totaal).



Figuur 7-3: Meetnet met locaties waar in 2021 is geanalyseerd op het voorkomen van bestrijdingsmiddelen en hun metabolieten.

In totaal zijn er 5337 afzonderlijke metingen uitgevoerd. Bij 1,2 % van deze metingen bevindt de gemeten waarde zich boven de rapportagegrens van de gebruikte analyses. Dit zijn in totaal 64 metingen verdeeld over 11 verschillende bestrijdingsmiddelen. De overige 85 geanalyseerde bestrijdingsmiddelen / metabolieten zijn niet aangetroffen. De aangetroffen stoffen zijn gepresenteerd in figuur 7-4. De bestrijdingsmiddelen zijn zowel op het ondiepe als diepe niveau aangetroffen (tabel 7-1).



Figuur 7-4: Aantal aangetoonde bestrijdingsmiddelen / metabolieten in 2021 (onder en boven de norm).

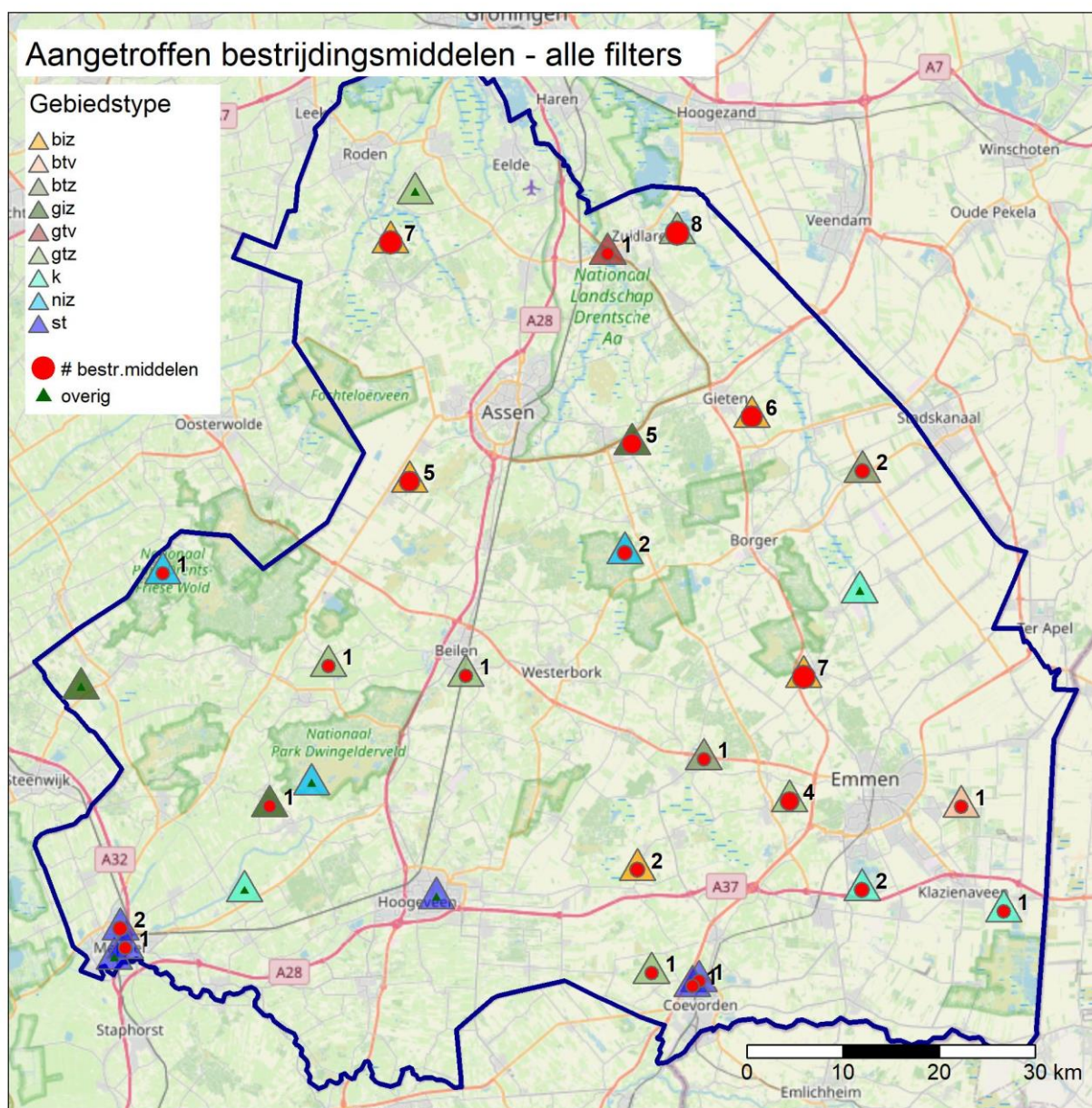
Tabel 7-1: Aangetroffen bestrijdingsmiddelen / metabolieten (gesorteerd per aantal keer aangetroffen) per diepteniveau.

| Parameter                     | Aantal keer aangetroffen |           | Aantal maal boven norm |           | Maximum concentratie (µg/l) |      |
|-------------------------------|--------------------------|-----------|------------------------|-----------|-----------------------------|------|
|                               | ondiep                   | diep      | ondiep                 | diep      | ondiep                      | diep |
| 2,6-Dichloorbenzamide (BAM)*  | 5                        | 2         |                        |           |                             |      |
| 2-Hydroxy-atrazine            | 1                        |           |                        |           |                             |      |
| Bentazon                      | 2                        | 1         |                        | 1         |                             | 2,5  |
| Methyl-Desphenyl-Chloridazon* | 6                        | 6         | 2                      |           | 1,5                         |      |
| Chloridazon                   | 1                        |           |                        |           |                             |      |
| N,N-Dimethylsulfamide(DMS)    | 3                        | 1         | 1                      |           | 0,18                        |      |
| Desphenyl-Chloridazon*        | 14                       | 9         | 2                      | 5         | 7,6                         | 7,9  |
| Diuron                        | 1                        |           |                        |           |                             |      |
| Metaldhyde (Tetramer)         | 1                        |           |                        |           |                             |      |
| Dithiocarbamaat               | 5                        | 5         | 5                      | 5         | 0,4                         | 0,4  |
| Desethylatrazine              |                          | 1         |                        |           |                             |      |
| <b>TOTAAL</b>                 | <b>39</b>                | <b>25</b> | <b>10</b>              | <b>11</b> |                             |      |

Voor bestrijdingsmiddelen en toxicologisch relevante metabolieten geldt een norm van 0,1 µg/l. \* die als humaan toxisch niet relevant zijn aangemerkt. Hiervoor geldt een hogere norm van 1 µg/l. Voor de KRW worden deze stoffen niet meegenomen in de toetsing.

### 7.3 Ruimtelijke verdeling per homogene gebiedstypen

Van de 96 geanalyseerde bestrijdingsmiddelen zijn er 11 stoffen in detecteerbare concentraties aangetroffen in 25 verschillende peilbuizen (figuur 7-5). Ofwel in 91% van de peilbuislocaties is een bestrijdingsmiddel aangetroffen. In 6 peilbuizen is geen enkel bestrijdingsmiddel aangetroffen. In sommige peilbuizen komen de bestrijdingsmiddelen in meerdere filters voor; in 33 van de 66 bemonsterde peilbuisfilters zijn bestrijdingsmiddelen aangetoond. In de meeste van deze filters zijn één tot twee bestrijdingsmiddelen aangetroffen; in één of meerdere van de bemonsterde filters. Het grootste aantal bestrijdingsmiddelen (8 stuks) is gemeten in peilbuis B12E0249; 5 verschillende stoffen in het diepe filter en 3 verschillende stoffen in het ondiepe filter. Deze peilbuis staat in een graslandperceel ongeveer 2 km ten oosten van Zuidlaren, vlak ten zuiden van het natuurgebied Tusschenwater.



Figuur 7-5: Aantal aangetoonde bestrijdingsmiddelen per peilbuis (som van alle bemonsterde filters per peilbuis). Groene punten geven peilbuizen aan waar geen bestrijdingsmiddelen zijn aangetoond.

In tabel 7-2 wordt samengevat welke bestrijdingsmiddelen in welk homogeen gebiedstype zijn aangetoond. Het aantal peilbuizen per homogeen gebiedstype verschilt. Bijvoorbeeld in grasland intermediair staan 12 meetlocaties terwijl er in het veengebied maar 4 meetlocaties zijn bemonsterd.

Tabel 7-2: Aangetroffen bestrijdingsmiddelen per homogeen gebiedstype (en totaal aantal filters waarin geanalyseerd).

| Stoffen                       | Bouwland zand      |                 | Grasland zand      |                 | Natuur<br>(6) | Veen<br>(4) | Stad<br>(6) | Kwel<br>(8) |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
|                               | Infiltratie<br>(4) | Interm.<br>(10) | Infiltratie<br>(6) | Interm.<br>(12) |               |             |             |             |
| 2-hydroxy atrazine            |                    |                 |                    | 1               |               |             |             |             |
| BAM                           |                    | 4               | 1                  | 1               |               |             | 1           |             |
| Bentazon                      |                    | 1               |                    | 2               |               |             |             |             |
| Chloridazon                   |                    |                 |                    | 1               |               |             |             |             |
| Desethylatrazine              | 1                  |                 |                    |                 |               |             |             |             |
| Desphenyl-Chloridazon*        | 1                  | 9               | 2                  | 5               |               | 2           | 1           | 3           |
| Dithiocarbamaat               | 1                  | 3               | 2                  | 1               | 3             |             |             |             |
| Diuron                        |                    |                 |                    | 1               |               |             |             |             |
| DMS                           |                    | 1               |                    | 1               |               |             | 2           |             |
| Metaldehyde (Tetramer)        |                    |                 |                    |                 |               |             | 1           |             |
| Methyl-desphenyl-chloridazon* | 1                  | 8               | 1                  | 2               |               |             |             |             |
| <b>TOTAAL</b>                 | <b>4</b>           | <b>26</b>       | <b>6</b>           | <b>15</b>       | <b>3</b>      | <b>2</b>    | <b>5</b>    | <b>3</b>    |

Het volgende patroon komt naar voren:

- Relatief de meeste middelen worden aangetroffen onder bouwland intermediair.
- Desphenyl-Chloridazon wordt in alle gebiedstypes, behalve natuur, aangetroffen.
- In natuurgebieden wordt alleen dithiocarbamaat aangetroffen.

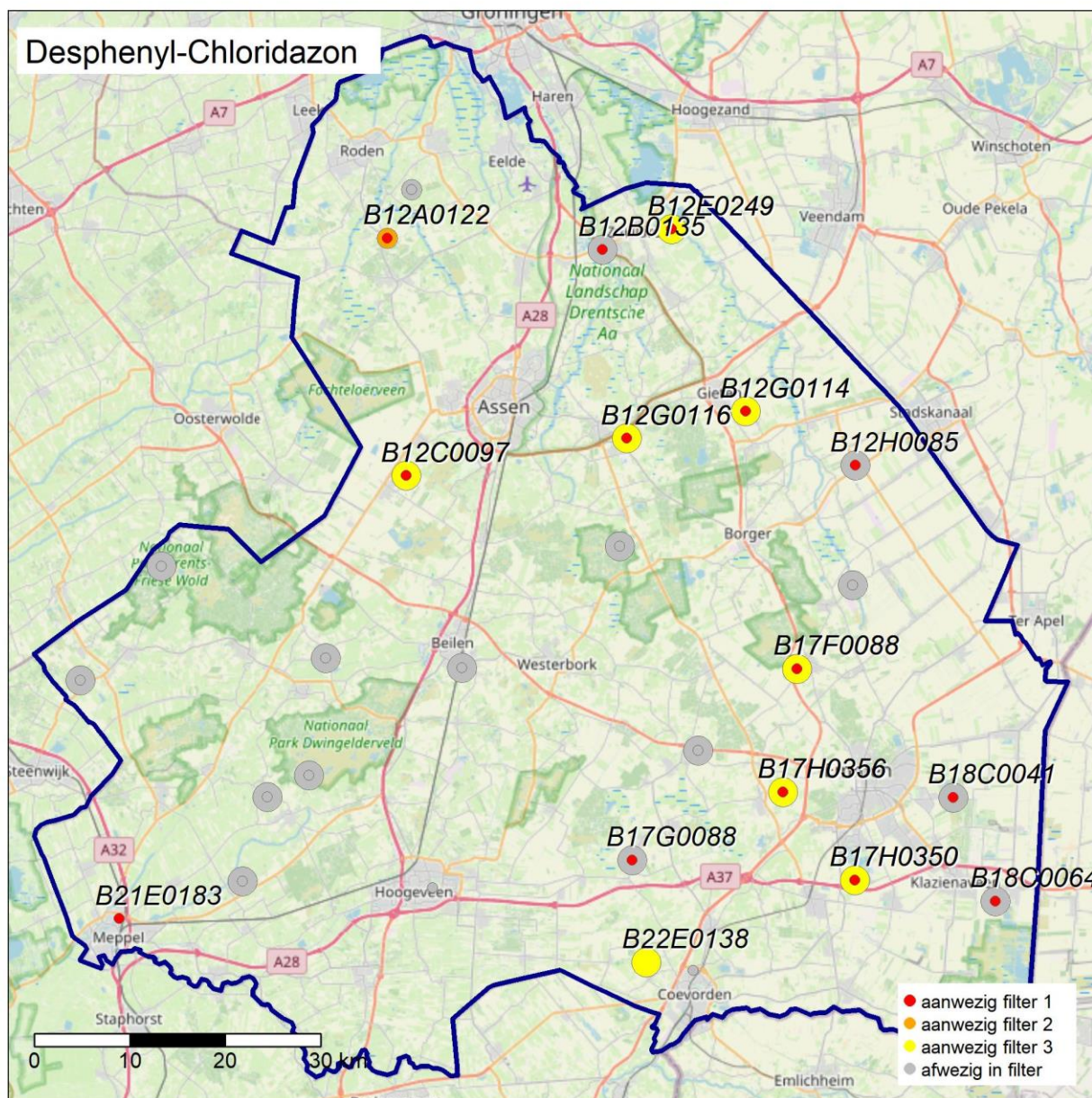
## 7.4 Toelichting per stof

### 7.4.1 Desphenyl-chloridazon en methyl-desphenyl-chloridazon

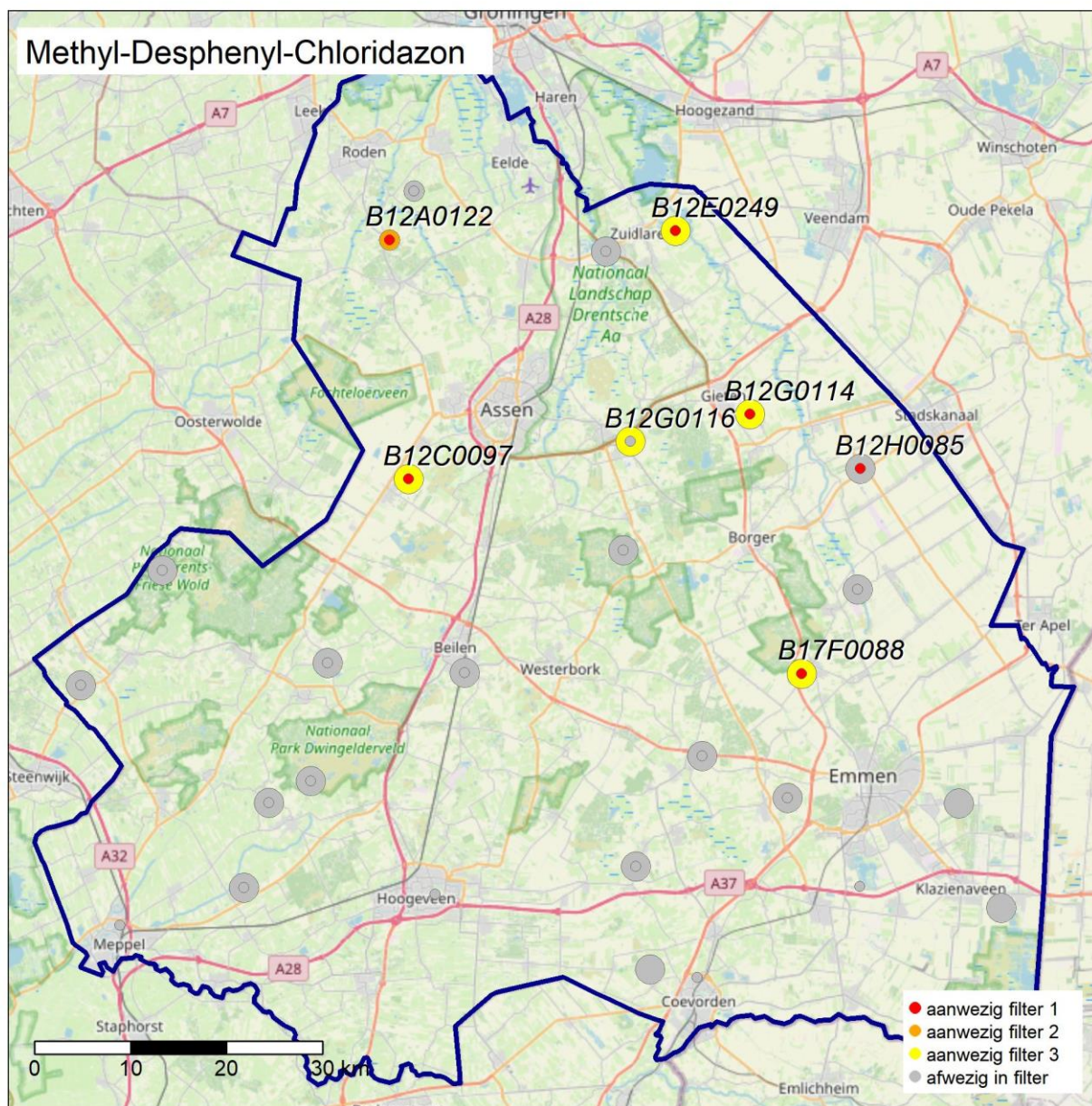
Chloridazon is een selectief herbicide dat sinds de jaren 60 op de markt is en gebruikt werd bij de teelt van bieten, bloembollen, bomen en uien. In 2020 is deze stof niet meer toegelaten door het Ctgb. Chloridazon spoelt nauwelijks uit (Swartjes et. al, 2016), maar het afbraakproduct chloridazon-desfenyl en in mindere mate het afbraakproduct chloridazon-methyl-desfenyl spoelen wel veel meer uit.

Van alle stoffen is desphenyl-chloridazon het meeste (23 keer) aangetroffen en overschrijdt in 7 gevallen de wettelijke norm (1 µg/l) (figuur 7-6). De gemethyleerde vorm van desphenyl-chloridazon is in totaal 12 keer aangetroffen (figuur 7-7), waarvan twee keer boven de wettelijke norm van 1 µg/l. Chloridazon zelf is één keer aangetroffen in 2021. Methyl-desphenyl-chloridazon komt alleen voor in het noordelijk deel van de provincie. Desphenyl-chloridazon komt in hetzelfde gebied voor en daarnaast ook in het zuid-oostelijk deel van de provincie. Mogelijk is de reden dat in dit deel van de provincie meer akkerbouw en bloementeelt voorkomt dan in de rest van de provincie.

Deze stoffen worden relatief veel onder bouwland aangetroffen en minder onder grasland of land dat niet in gebruik is door de landbouw. Beide stoffen worden zowel ondiep als diep teruggevonden in het grondwater.



Figuur 7-6: Aangetroffen desphenyl-chloridazon per peilbuis en per filter in 2021.

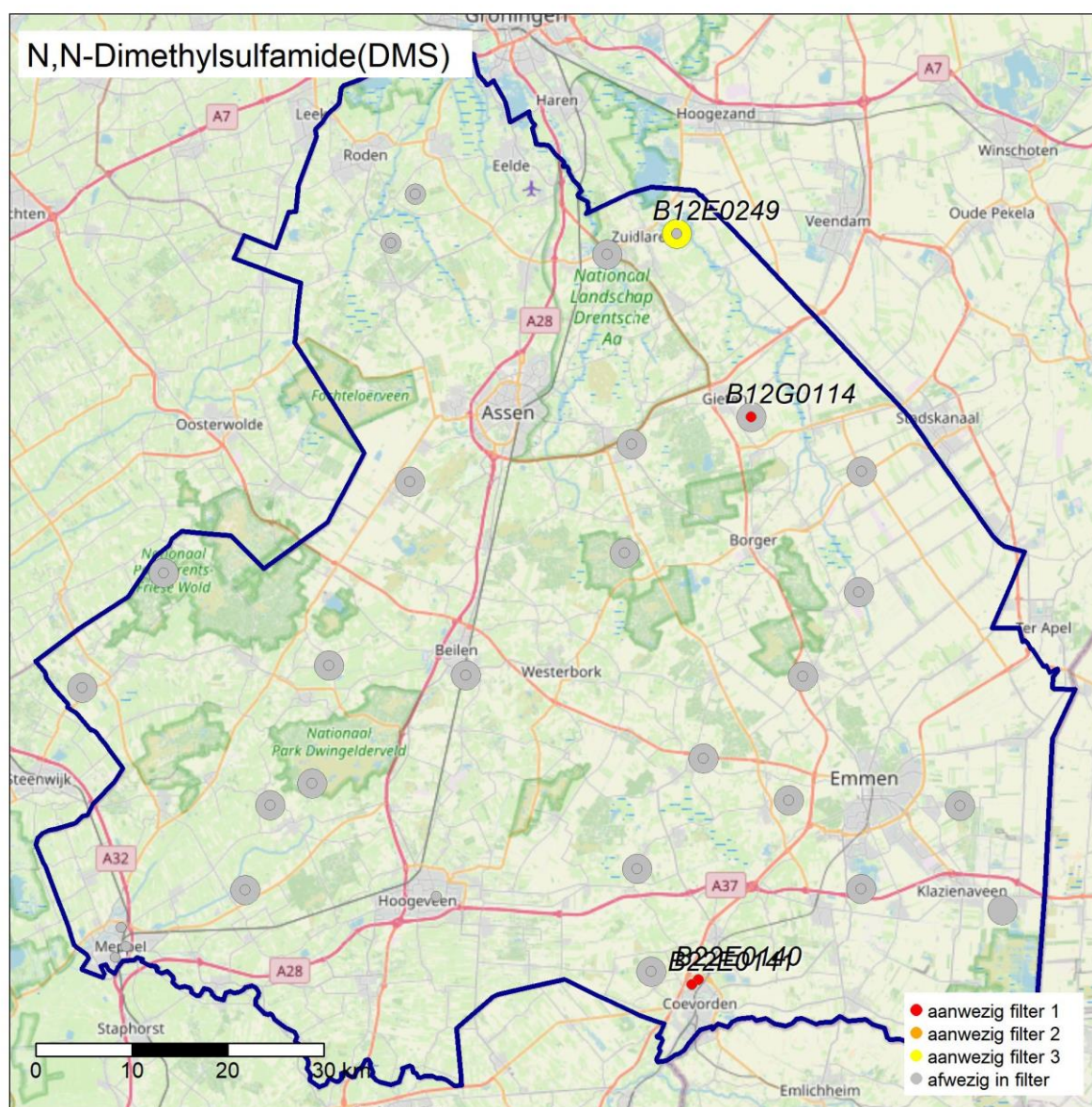


Figuur 7-7: Aangekomen methyl-desphenyl-chloridazon per peilbuis en per filter in 2021.

### 7.4.2 N,N-dimethylsulfamide

N,N-dimethylsulfamide is vier keer aangetroffen, waarvan relatief veel onder stedelijk gebied. Dit zijn twee nabij elkaar gelegen meetpunten binnen Coevorden. De stof is zowel in het ondiepe als diepe grondwater aangetroffen. In één geval komt de concentratie boven de wettelijke norm uit van 0,1 µg/l.

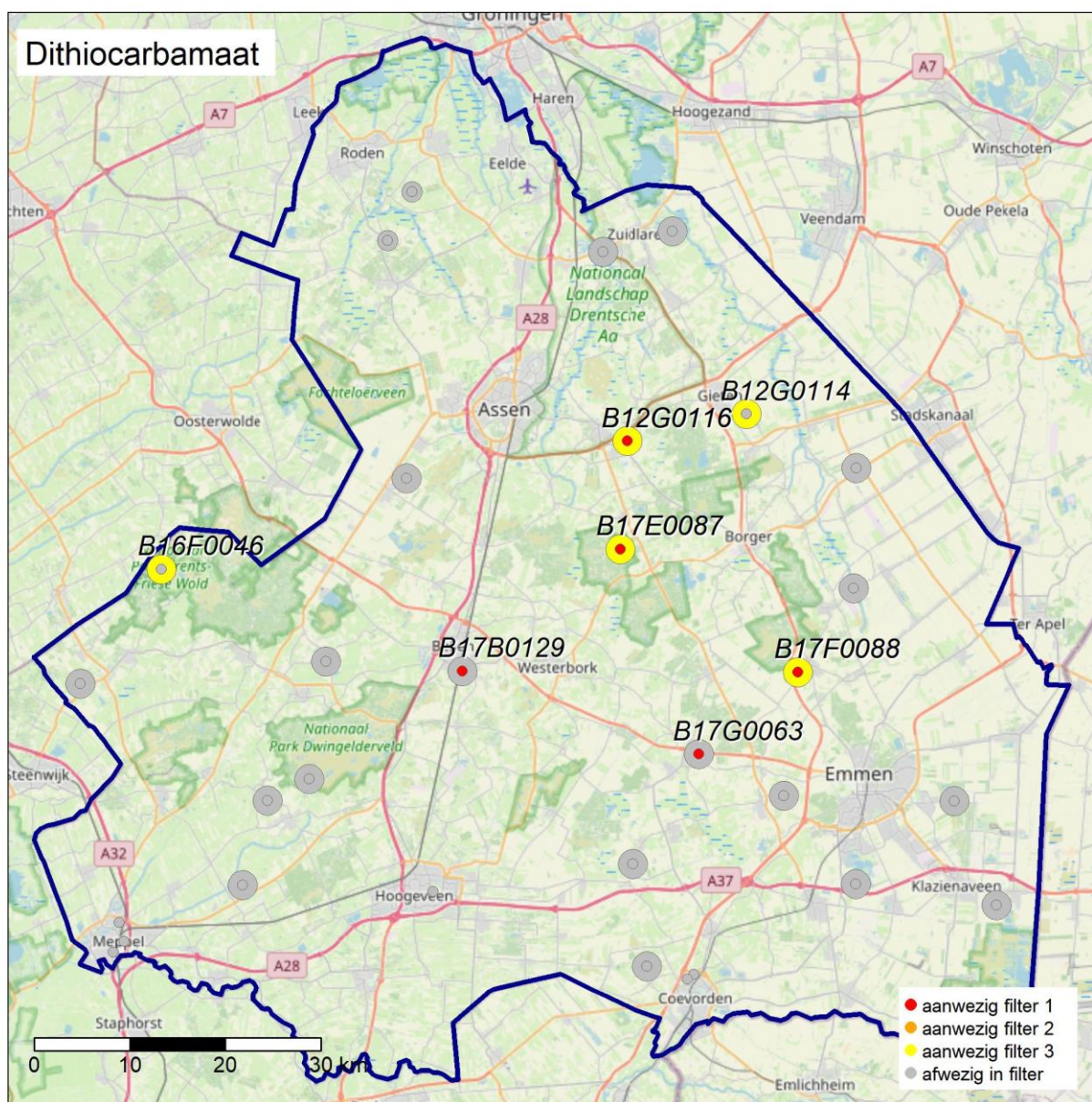
N,N-dimethylsulfamide wordt ook wel afgekort als DMS, maar moet niet verward worden met dimethylsulfide of dimethylsulfaat, die ook worden afgekort tot DMS. De stof ontstaat als metaboliet van de fungiciden dichlofluamide en tolylfluamide. Deze twee stoffen worden gebruikt in bestrijdingsmiddelen, antifouling op schepen en houtverduurzamingsmiddelen. De meeste middelen die tolylfluamide en dichlofluamide bevatten zijn sinds enkele jaren verboden. Bij behandeling met ozon van water dat N,N-dimethylsulfamide bevat, wordt het zeer toxische dimethylnitrosamine (DMN) gevormd (Hauswirth, 2008). In de waterzuiveringen van de WMD wordt ozon momenteel niet toegepast.



Figuur 7-8: Aangetroffen N,N-dimethylsulfamide per peilbuis en per filter.

### 7.4.3 Dithiocarbamaat

Dithiocarbomaten worden nog steeds gebruikt en zijn een verzameling van verschillende fungiciden, herbiciden of insecticiden (mancozeb, maneb, metam-natrium, metiram, natrium-dimethyldithiocarbamaat, thiram, tri-allaat, zineb, ziram) die niet direct gemeten kunnen worden in het laboratorium. Deze stoffen worden omgezet in koolstofdissulfide (CS<sub>2</sub>) ten behoeve van de chemische analyse. De gemeten dithiocarbamaat concentraties kunnen dus niet worden gelinkt aan het gebruik van een specifiek bestrijdingsmiddel, maar zijn wel een indicator van het gebruik van verschillende bestrijdingsmiddelen. Dithiocarbamaat (als CS<sub>2</sub>) is 10 keer aangetroffen (figuur 7-9), allemaal in concentraties boven de wettelijke norm van 0,1 µg/l. Het betreft 5 metingen in het bovenste filter en ook 5 metingen in het diepe filter. Deze stof is vooral in het centrum van de provincie aangetoond.



Figuur 7-9: Aangetroffen dithiocarbamaat per peilbuis en per filter in 2021.

#### 7.4.4 BAM (2,6-dichloorbenzamide)

De metabool BAM (2,6-dichloorbenzamide) is 7 keer aangetroffen (figuur 7-10), waarvan 5 metingen in het ondiepe filter en twee in het diepe filter. BAM wordt als humaan toxicologisch niet relevante metabool gezien waardoor er een hogere norm van 1,0 µg/l wordt gehanteerd. Deze norm wordt niet overschreden.

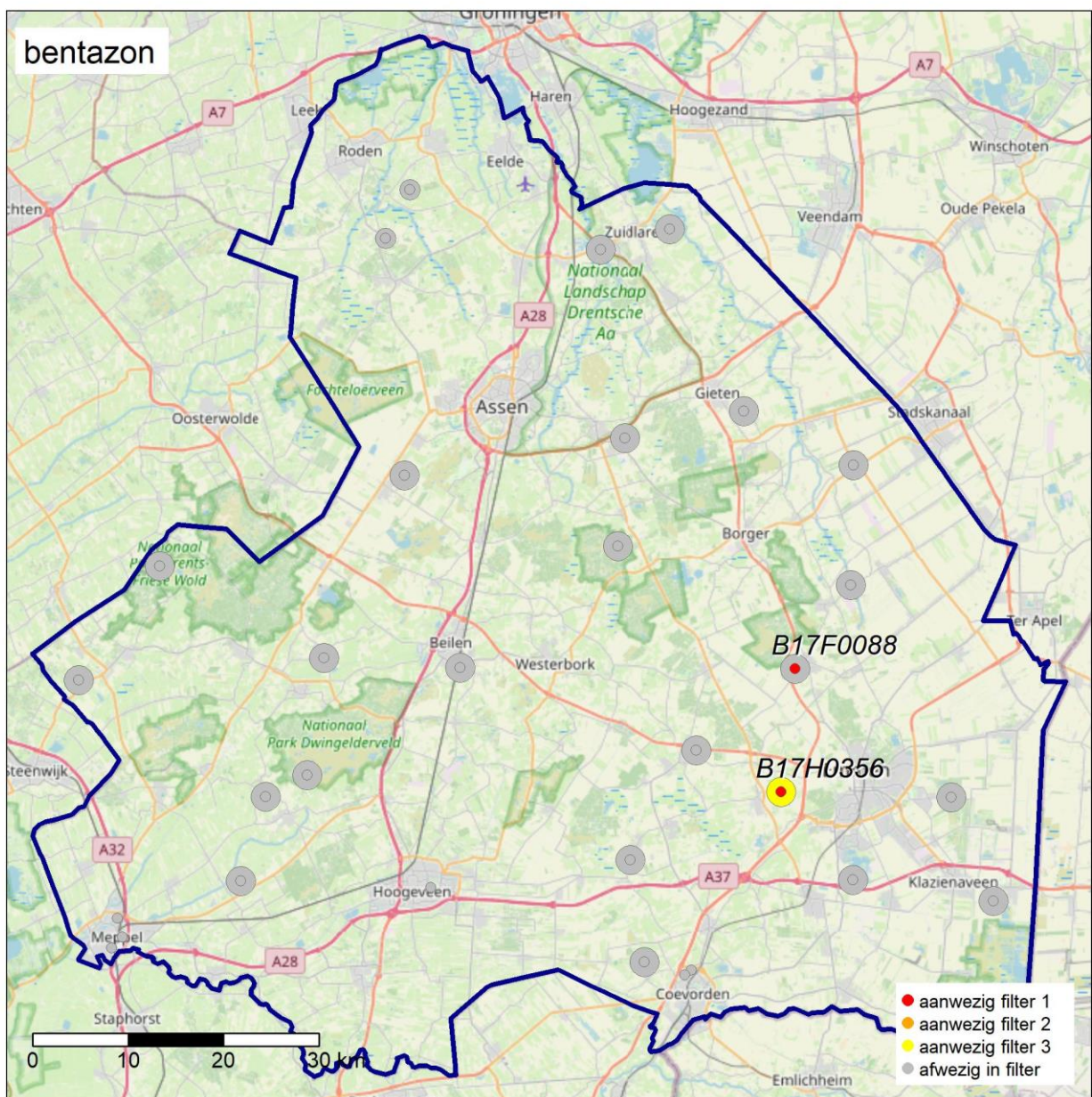
BAM is een metabool van de herbicide dichlobenil dat was toegelaten voor gebruik tot en met oktober 2008. Dichlobenil breekt af in de bodem en verdwijnt ook na toepassing via vervluchtiging. Dit middel werd voornamelijk gebruikt bij het onderhoud van openbaar groen, halfverhardingen en onbedeeld terrein in industriegebieden (Schuttelaar et al., 2007). Het gebruik in de agrarische sector was zeer beperkt. Het aantal meetpunten in stedelijk gebied is beperkt in Drenthe; alleen in Meppel is de stof teruggevonden. De overige zes metingen boven rapportagegrens zijn buiten stedelijk gebied. De metabool BAM is persistent en uitspoelingsgevoelig. Ook is BAM een metabool van het gewasbeschermingsmiddel fluopicolide. Deze stof zit onder meer in het middel InFinito dat beschermt tegen fytoftora (schimmelziekte bij aardappels).



Figuur 7-10: Aangetroffen BAM (2,6 dichloorbenzamide) per peilbuis en per filter in 2021.

#### 7.4.5 Bentazon

Bentazon is 3 keer aangetroffen (figuur 7-11). De meting in het diepe filter zat boven de norm van 0,1 µg/l; de twee metingen in het ondiepe filter waren lager dan deze norm. Het herbicide met merknaam basagran dat bentazon bevat is toegelaten voor de bestrijding van éénjarige onkruiden in grasland, maïs en andere akkerbouw- en groentegewassen. Het gebruik van bentazon is sinds 2000 sterk verminderd door etiketbeperkingen en de toelating van nieuwe onkruidbestrijdingsmiddelen. Verder heeft mais de laatste jaren meer last van andere onkruiden waardoor ook andere middelen zijn ingezet. De toepassing van bentazon mag nog tot eind 2022 gebruikt worden in grondwaterbeschermingsgebieden en is daarna verboden.



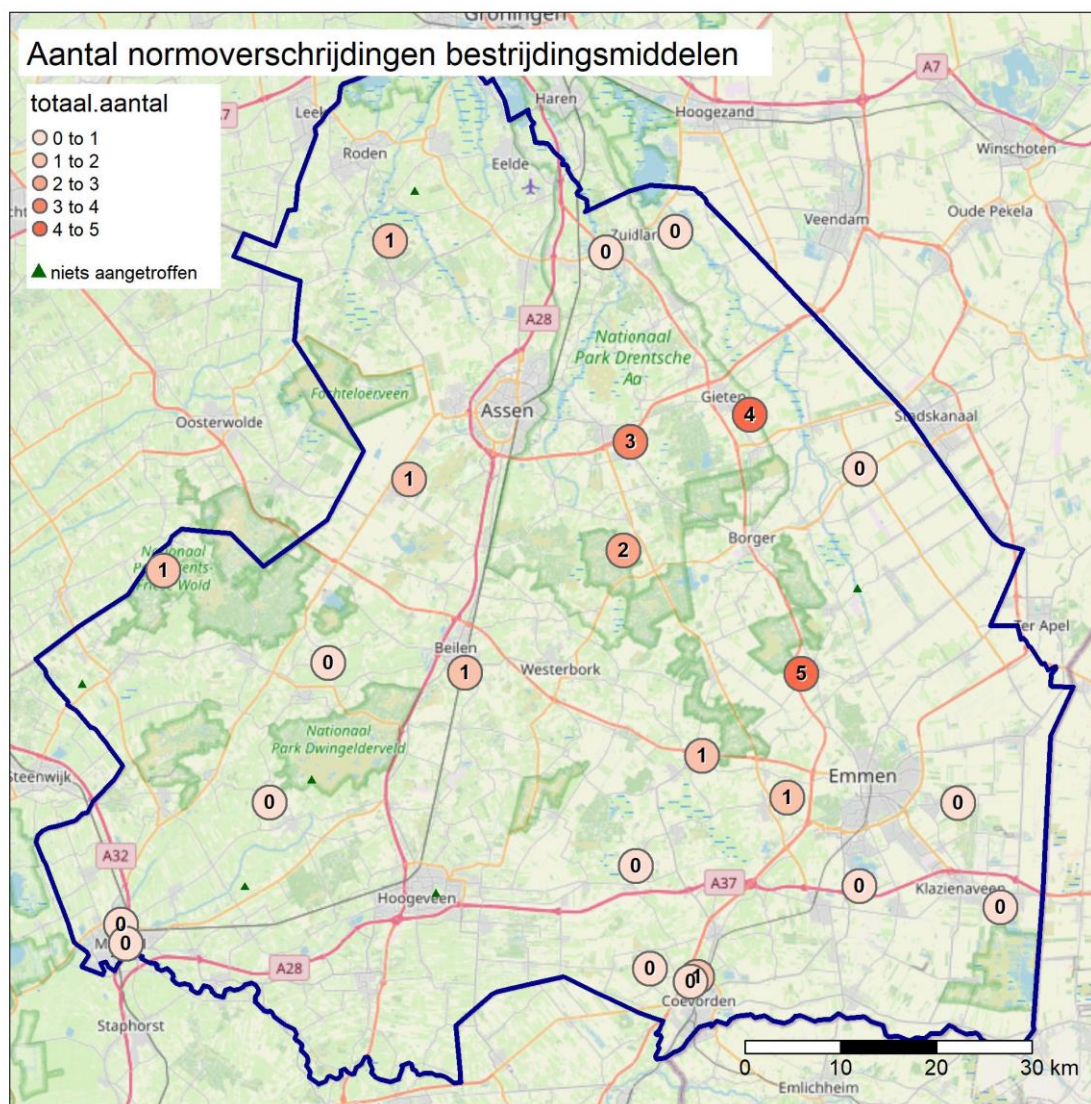
Figuur 7-11: Aangetroffen bentazon per peilbuis en per filter in 2021.

## 7.5 Normoverschrijding

In deze paragraaf wordt een vergelijking gemaakt met de wettelijke normen voor bestrijdingsmiddelen. In deze paragraaf beoordelen we welk percentage van de peilbuizen in Drenthe de norm overschrijdt. Er zijn vijf stoffen aangetroffen die de norm overschrijden. Dit zijn dithiocarbamaat, DMS, bentazon, desphenyl-Chloridazon en methyl-Desphenyl-Chloridazon. De laatste twee zijn humaan toxicologische niet relevante metabolieten.

### Individuele overschrijding drinkwaterbesluit per peilbuis

Van de 59 bemonsterde peilbuisfilters wordt in 22 filters (37% van het totaal) de drinkwaterbesluit norm voor één of meerdere bestrijdingsmiddelen in één of meerdere filters overschreden. Per filter worden maximaal drie verschillende stoffen boven de norm aangetoond. Aangezien vaak twee verschillende filters per peilbuizen zijn bemonsterd is het aantal stoffen boven de norm per peilbuis hoger. Er zijn 11 verschillende peilbuizen (figuur 7-12) waar één tot maximaal vijf verschillende stoffen boven de norm zijn aangetoond. De norm uit het drinkwaterbesluit wordt maximaal met een factor 25 overschreden (voor bentazon).



Figuur 7-12: Aantal stoffen per peilbuis die de drinkwater norm overschrijden in meetronde 2021.

### Aantal normoverschrijdingen bestrijdingsmiddelen

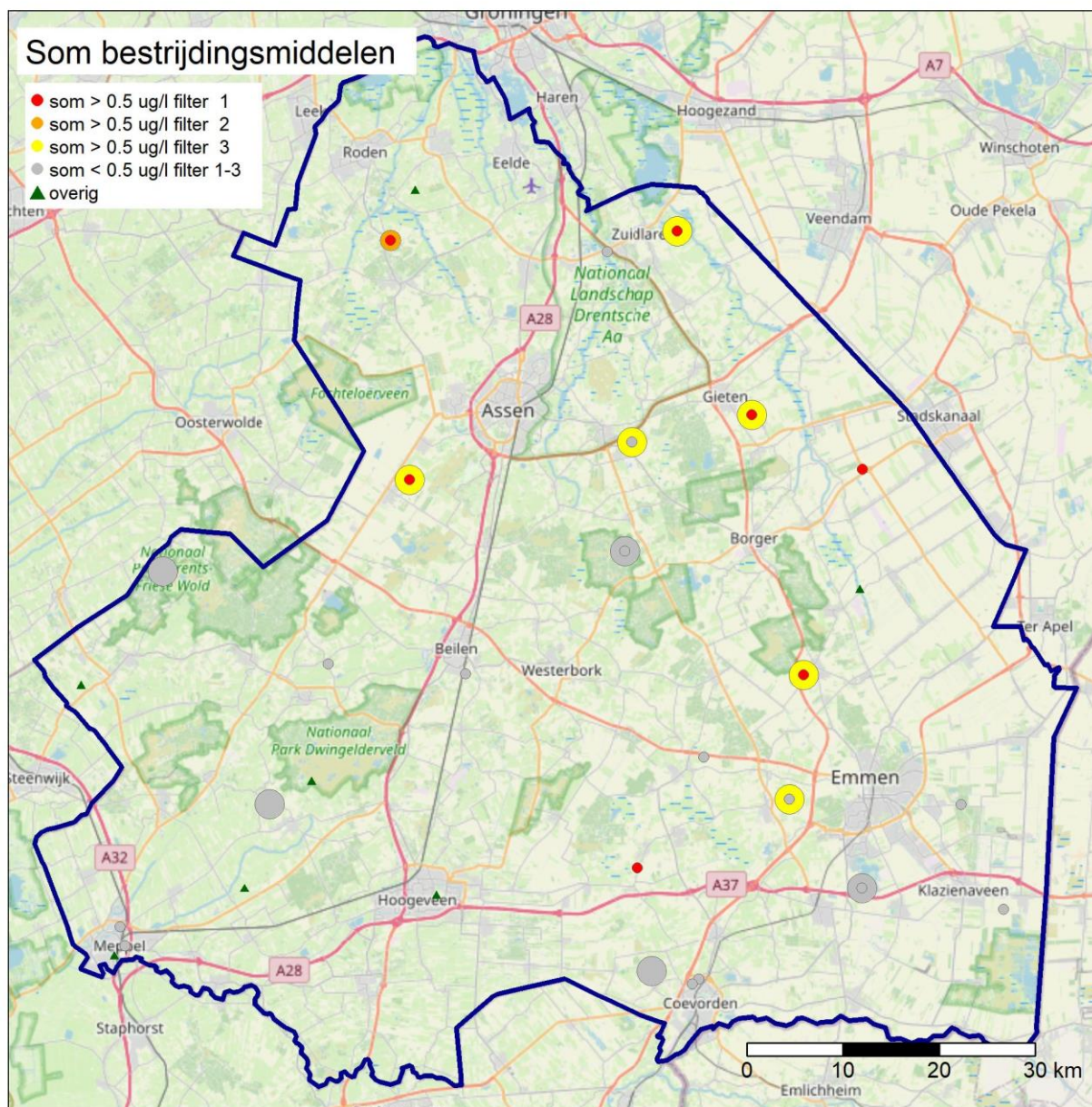
totaal.aantal  
○ 0 to 1  
● 1 to 2  
▲ niets aangetroffen

This map displays the number of pesticide norm violations across various locations in Drenthe. The legend indicates three categories: white circles for 0 to 1 violation, red circles for 1 to 2 violations, and green triangles for areas where nothing was detected. Locations with 1-2 violations include Zuidlaren, Assen, Gieteren, Borger, Beilen, Westerborg, Emmen, Klazienaveen, Coevorden, and Middelstum. Locations with 0-1 violations include Leel, Roden, Eelde, Haren, Hoogeveen, Meppel, and Staphorst. Green triangles are scattered throughout the province, particularly in the northern and western parts. Major roads like A7, A28, A32, and A37 are shown in pink. National parks such as Nationaal Park Drentsche Aa and Nationaal Park Dwingelderveld are highlighted in green. A scale bar at the bottom right shows distances up to 30 km.

3 november 2022

### Som van alle bestrijdingsmiddelen drinkwaterbesluit

Voor alle bestrijdingsmiddelen gesommeerd geldt een som-norm van maximaal 0,5 µg/l. Deze norm wordt bij negen peilbuizen en 14 filters overschreden (figuur 7-14). Het zijn vijf ondiepe filters en negen diepe filters.



Figuur 7-14: Overschrijding van de som-norm (0,5 µg/l) voor bestrijdingsmiddelen incl. niet relevante metabolieten in meetronde 2021.

Echter voor een groot aantal van deze peilbuizen wordt deze normoverschrijding veroorzaakt humaan toxicologisch niet-relevant verklaarde metabolieten. Wanneer deze stoffen buiten beschouwing worden gelaten blijft er één diep filter over waar de som-norm wordt overschreden (figuur 7-15).



Figuur 7-15: Overschrijding van de som-norm ( $0,5 \mu\text{g/l}$ ) voor bestrijdingsmiddelen excl. niet relevante metabolieten in meetronde 2021.

## 7.6 Vergelijking met vorige meetronden

Bestrijdingsmiddelen zijn eerder gemeten in de jaren 2007, 2008, 2012, 2015 en 2018. In 2006 is ook een meetronde uitgevoerd, maar deze gegevens zijn niet meer beschikbaar. Het analysepakket en het aantal bemonsterde filters verschilt per jaar (tabel 7-3). Het is daarom moeilijk om harde conclusies te trekken:

- De meetronde van 2007 en vooral 2008 was beperkt ten opzichte van de latere meetrondes. Vanaf 2012 is namelijk op een veel breder pakket stoffen geanalyseerd.
- De nauwkeurigheid van meten is de laatste jaren verbeterd en daardoor is de rapportagegrens lager geworden. Daarom is de statistische kans dat een stof wordt aangetroffen groter in 2021 ten opzichte van 2007.
- Het totaal aantal aangetroffen metingen waarin een bestrijdingsmiddel is aangetroffen schommelt tussen de 1%; het totaal aantal metingen dat boven de norm uitkomt schommelt rond de 0,5%.
- 2015 was een afwijkend jaar; alhoewel veel stoffen zijn gemeten, zijn relatief weinig stoffen aangetroffen.
- Het aandeel filters waar minimaal een bestrijdingsmiddel is aangetroffen schommelt tussen de 50%; en het aandeel filters waar een norm wordt overschreden is ongeveer 30%.
- Het totaal aantal verschillend aangetroffen stoffen schommelt rond de 10, met het jaar 2018 als een uitschieter (18).
- DMS, methyl-desphenyl-chloridazon en desphenyl-chloridazon zijn sinds 2015 of 2018 aan het analysepakket toegevoegd en komen relatief veel voor. Dit kan het beeld vertekenen.

Op grond van deze statistieken kan dus niet geconcludeerd worden of de problematiek met bestrijdingsmiddelen in het grondwater verslechterd is.

Tabel 7-3: Statistieken van aangetroffen bestrijdingsmiddelen en de metabolieten voor alle beschikbare meetrondes (2007-2021).

|                                                   | 2007               | 2008     | 2012      | 2015                 | 2018                  | 2021                  |
|---------------------------------------------------|--------------------|----------|-----------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Aantal onderzochte stoffen                        | 35-48              | 36       | 63        | 187-192 <sup>#</sup> | 187-192 <sup>#</sup>  | 92-96                 |
| Totaal aantal analyses                            | 1578               | 396      | 3149      | 9474                 | 9096                  | 5393                  |
| Totaal aantal gevonden stoffen                    | 29                 | 18       | 35        | 48                   | 64                    | 64                    |
| Aandeel totaal gevonden stoffen                   | 1,8%               | 4,5%     | 1,1%      | 0,5%                 | 0,7%                  | 1,2%                  |
| Aantal gevonden verschillende stoffen             | 9                  | 8        | 9         | 12                   | 18                    | 11                    |
| Meest aangetroffen stof                           | Bentazon           | Bentazon | Glyfosaat | DMS                  | Desphenyl-chloridazon | Desphenyl-chloridazon |
| Totaal aantal metingen boven norm                 | 7                  | 4        | 17        | 4                    | 18                    | 11                    |
| Meest aangetroffen boven norm                     | 1,2-Dichloorpropan | -        | Glyfosaat | Bentazon             | Desphenyl-chloridazon | Dithiocarbamaat       |
| Aantal gevonden stoffen boven norm                | 0,4%               | 1,0%     | 0,5%      | 0,04%                | 0,7%                  | 0,2%                  |
| Aantal bemonsterde filters                        | 45                 | 12       | 50        | 50                   | 49                    | 56                    |
| Aantal filters waar een stof is aangetoond        | 18                 | 10       | 21        | 27                   | 28                    | 33                    |
| Aandeel filters met een bestrijdingsmiddel        | 40,0%              | 83,3%    | 42,0%     | 54,0%                | 57,1%                 | 58,9%                 |
| Aantal filters met een stof boven de norm         | 7                  | 4        | 13        | 4                    | 15                    | 22                    |
| Aandeel filters met bestrijdingsmiddel boven norm | 15,6%              | 33,3%    | 26,0%     | 8,0%                 | 30,0%                 | 33,3%                 |

<sup>#</sup> In 2015 en 2018 waren er respectievelijk vijf monsters en één monster waar slechts zes bestrijdingsmiddelen waren gemeten (allen onder rapportagegrens). Deze waarnemingen zijn uit dit overzicht weggelaten.

De gevonden stoffen (in alle filters) zijn voor de zes monitoringrondes op kaart gezet (figuur 7-16). Hierin is te zien dat het beeld weinig verandert de afgelopen 14 jaar. Locaties waar veel bestrijdingsmiddelen worden aangetroffen komen in elke monitoringronde weer tevoorschijn.

Voor 8 veel voorkomende bestrijdingsmiddelen en metabolieten is een overzicht gemaakt van het aandeel filters waar deze stof is aangetroffen (tabel 7-4).

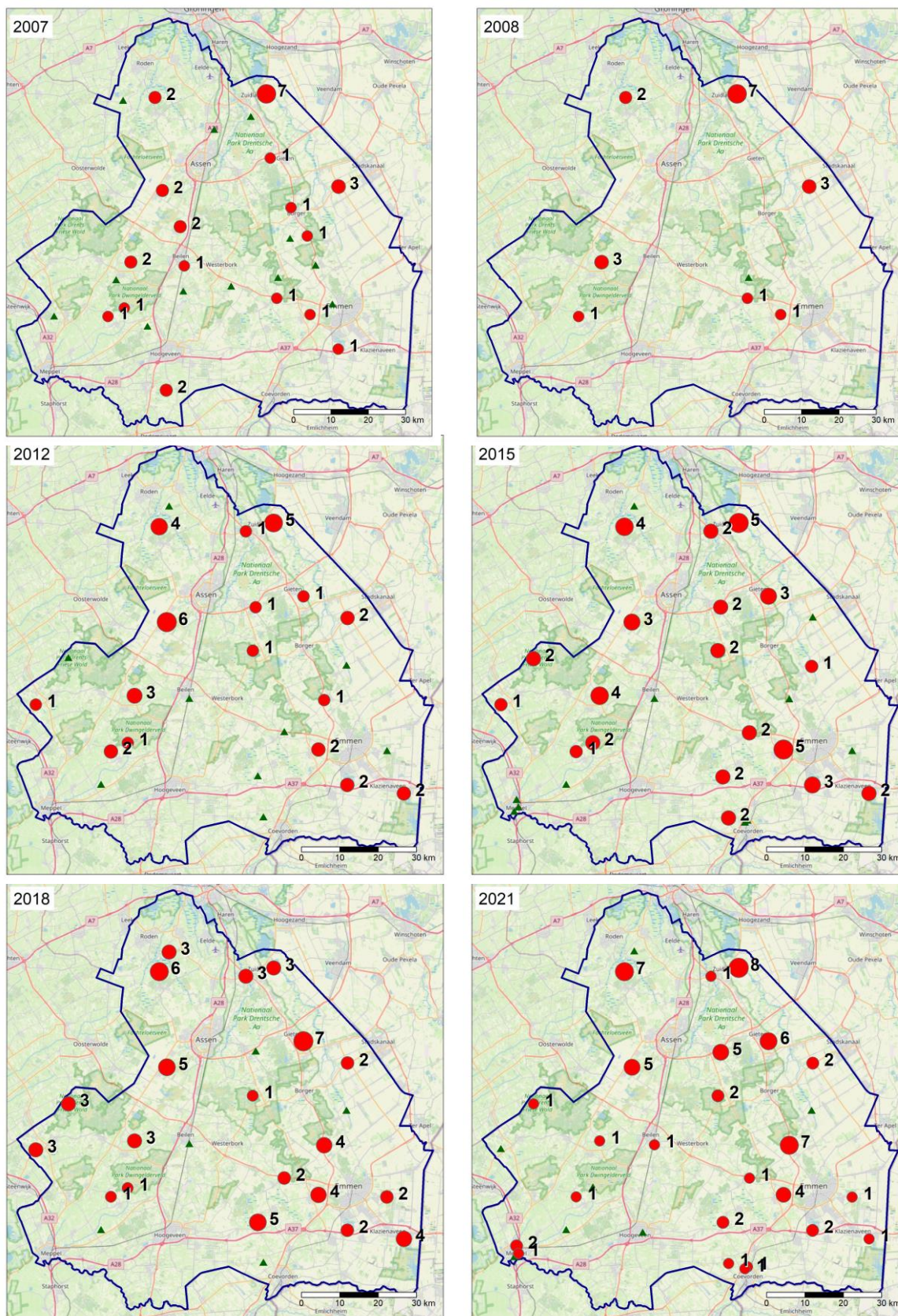
Tabel 7-4: Aantal van filters waar een bestrijdingsmiddel of afbraakproduct is aangetroffen per meetronde.

| Jaar                              | 2007      | 2008      | 2012      | 2015      | 2018      | 2021      |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Aantal filters met monster</b> | <b>45</b> | <b>12</b> | <b>50</b> | <b>50</b> | <b>49</b> | <b>56</b> |
| bentazon                          | 20,0%     | 41,7%     | 8,0%      | 20,0%     | 12,2%     | 5,4%      |
| BAM (2,6-dichloorbenzamide)       | 8,9%      | 33,3%     | 6,0%      | 4,0%      | 6,1%      | 12,5%     |
| MCP (mecoprop-p)                  | 2,2%      | 8,3%      | 8,0%      | 8,0%      | 8,2%      | 0,0%      |
| Diuron                            | 8,9%      | 16,7%     | 2,0%      | 6,0%      | 4,1%      | 1,8%      |
| Chloridazon                       | 4,4%      | 16,7%     | 2,0%      | 0,0%      | 2,0%      | 1,8%      |
| DMS (N,N-Dimethylsulfamide)       |           |           |           | 40,0%     | 12,2%     | 7,1%      |
| Desphenyl-chloridazon             |           |           |           |           | 32,7%     | 41,1%     |
| Methyl-desphenyl-chloridazon      |           |           |           |           | 24,5%     | 21,4%     |

Uit deze tabel blijkt ook niet een duidelijk trend in de tijd per stof:

- Het jaar 2008 is minder representatief vanwege het beperkte meetprogramma.
- BAM is relatief veel in de meetronde van 2021 aangetoond.
- MCP is voor het eerst in 2021 in geen enkel bemonsterde filter aangetoond.
- De stoffen DMS, methyl-desphenyl-chloridazon en desphenyl-chloridazon zijn pas recent aan het monitoringprogramma toegevoegd.

Voor een gedetailleerd beeld per jaar zijn grafieken met de aangetroffen middelen per meetronde opgenomen in bijlage 5.



Figuur 7-16: Totaal aangetroffen bestrijdingsmiddelen en metabolieten in zes monitoringrondes (2007-2021).

## 8 Geneesmiddelen, medische stoffen

In dit hoofdstuk wordt een beeld gegeven van de aanwezigheid van geneesmiddelen in het grondwater. Begonnen wordt met een beschrijving van het algemene beeld (paragraaf 8.1). In paragraaf 8.2 wordt voor de vijf aangetroffen geneesmiddelen achtergrondinformatie gegeven en de ruimtelijke spreiding wordt op kaart toegelicht. Daarna wordt een korte vergelijking gegeven met de eerdere meetrondes in de provincie Drenthe (paragraaf 8.3) en de landelijke meetronde (paragraaf 8.4). Locaties met opvallende meetresultaten worden soms uitgelicht. Dit is niet voor alle meetlocaties gedaan, ook omdat vaak een logische verklaring mist voor de verhoogde meetwaarden.

### 8.1 Algemene beeld

In totaal zijn 51 verschillende stoffen geanalyseerd in 35 verschillende monsters. Niet alle 51 stoffen zijn altijd geanalyseerd in alle filters. Het aantal analyseresultaten per filter varieert tussen de 41 en 51. In totaal zijn er 1635 afzonderlijke metingen uitgevoerd. In 0,37% van deze metingen is een geneesmiddel boven de rapportagegrens aangetoond. Het gaat in totaal om zes metingen waar een geneesmiddel of stof met medicinale werking is aangetroffen boven de rapportagegrens. Acesulfaam is twee keer aangetroffen. Daarnaast zijn de stoffen clopidol, gabapentine, johexol en sulfadimine één keer aangetroffen (tabel 8-1).

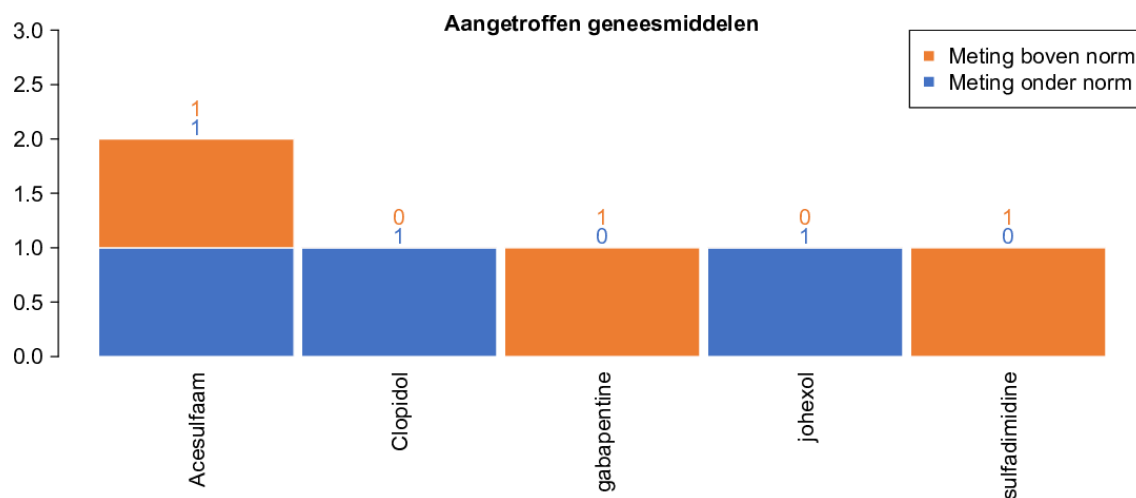
Het meetnet voor geneesmiddelen in 2021 bestond uit 31 ondiepe filters en vier diepe filters. Alle zes stoffen zijn in een ondiep filter aangetroffen. Bij het B12E0249\_01 zijn drie verschillende stoffen gevonden: acesulfaam, gabapentine en johexol. Dit was het meetpunt waar ook het meeste bestrijdingsmiddelen zijn aangetoond. Deze peilbuis staat in een graslandperceel ongeveer 2 km ten oosten van Zuidlaren, vlak ten zuiden van het natuurgebied Tusschenwater (figuur 8-2).

In 3 meetpunten is één geneesmiddel aangetoond en in de overige 31 meetpunten zijn dus geen geneesmiddelen of medische stoffen aangetoond. In 13% van de 31 onderzochte peilbuislocaties is een geneesmiddel aangetoond.

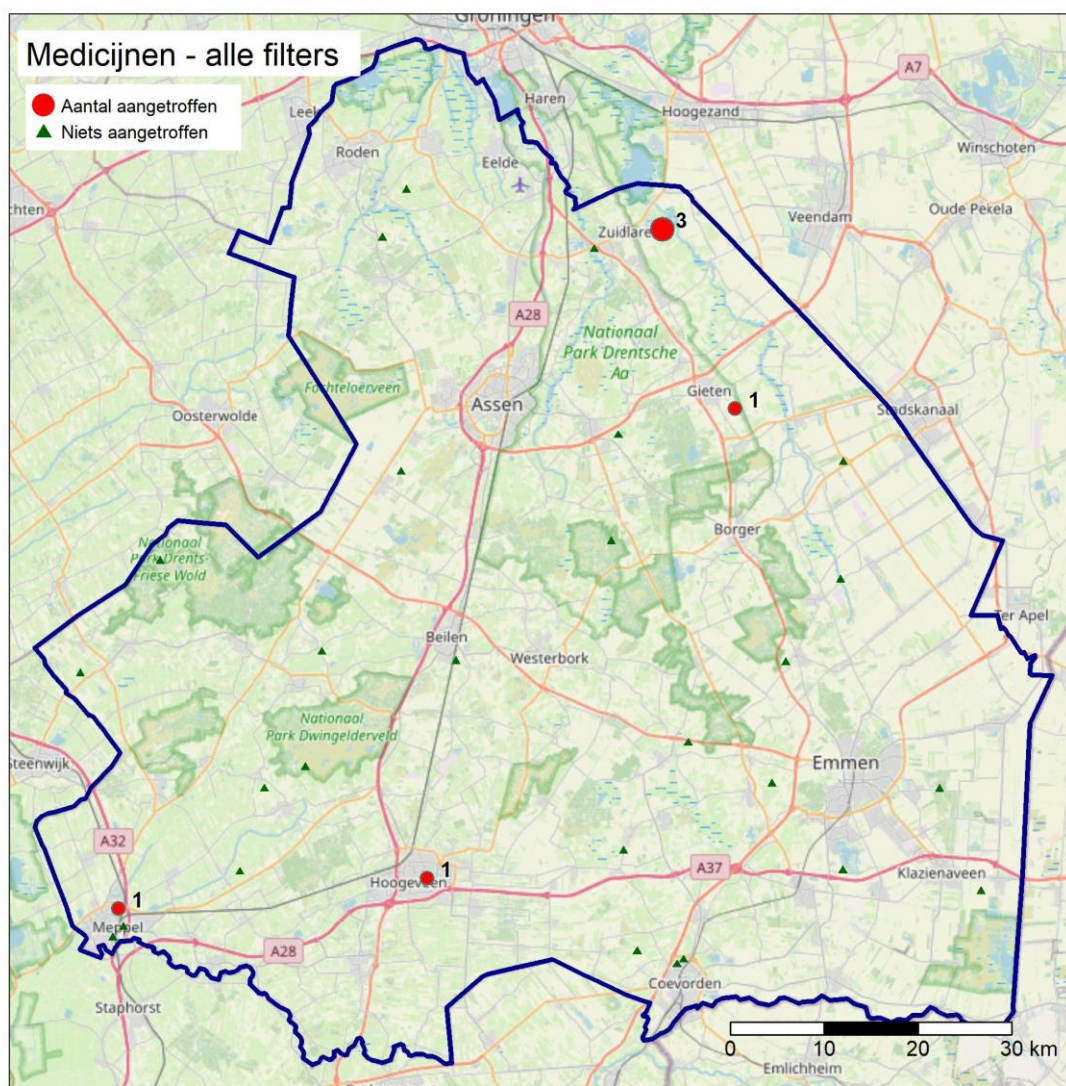
Tabel 8-1: Aangetroffen geneesmiddelen (Gesorteerd per aantal keer aangetroffen).

| Stofnaam      | Soort stof            | Aantal keer aangetroffen | Aantal maal boven 0,1 µg/l grens | Maximum concentratie (µg/l) |
|---------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Acesulfaam    | Zoetstof              | 2                        | 1                                | 0,39                        |
| Clopidol      | Antistollingsmedicijn | 1                        | 0                                | 0,06                        |
| Gabapentine   | Anti-epilepticum      | 1                        | 1                                | 0,15                        |
| Johexol       | Röntgencontrastmiddel | 1                        | 0                                | 0,04                        |
| Sulfadimidine | Diergeneesmiddel      | 1                        | 1                                | 0,17                        |

Acesulfaam, gabapentine en sulfadimidine zijn ook boven de 0,1 µg/l grens aangetroffen (figuur 8-1). De concentraties zijn nooit hoger dan 1 µg/l.



Figuur 8-1: Aantal aangetroffen geneesmiddelen in het grondwater onder en boven de norm.

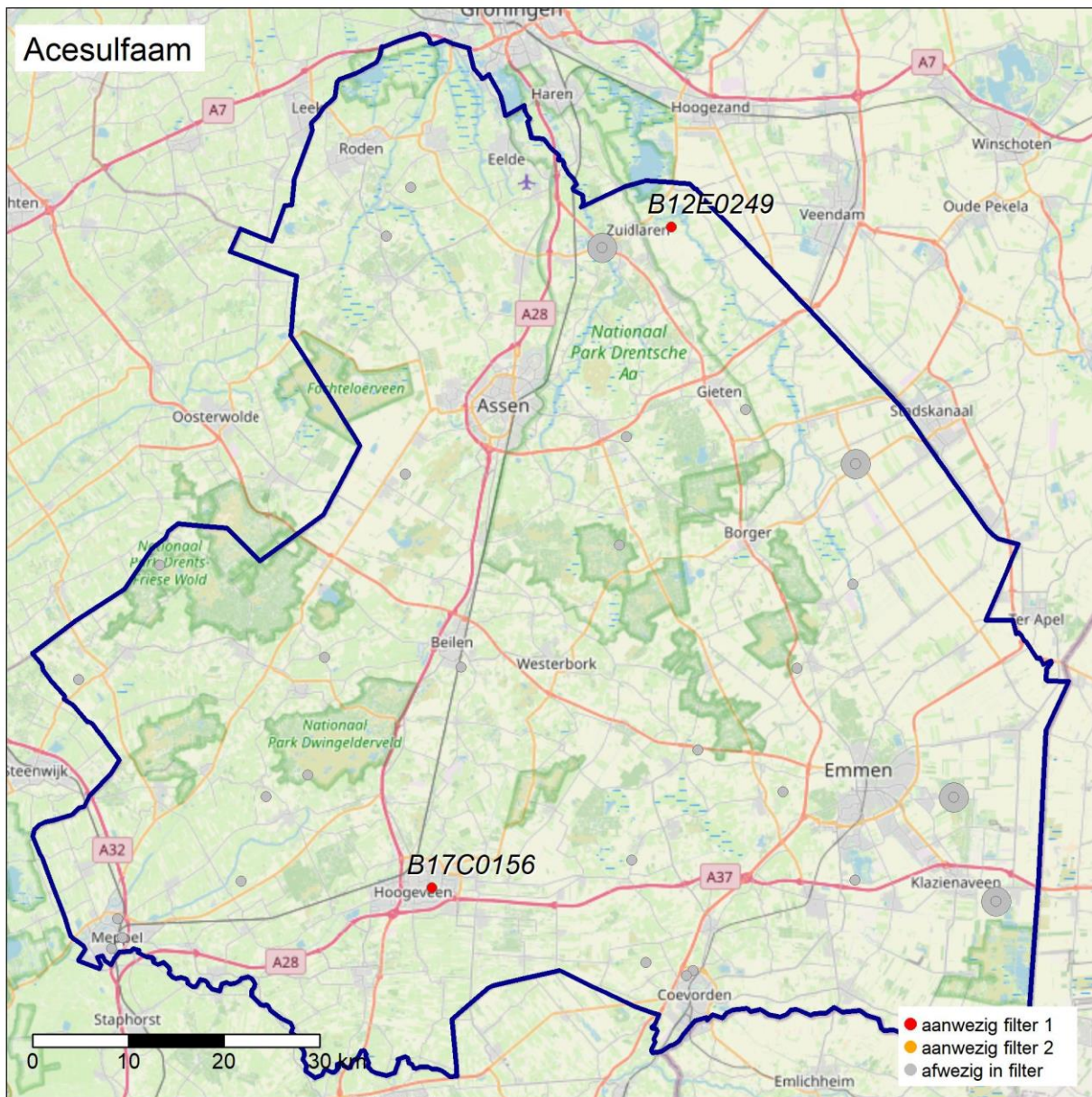


Figuur 8-2: Aantal aangetoonde geneesmiddelen per meetpunt in de meetronde 2021.

## 8.2 Toelichting per stof

### Acesulfaam

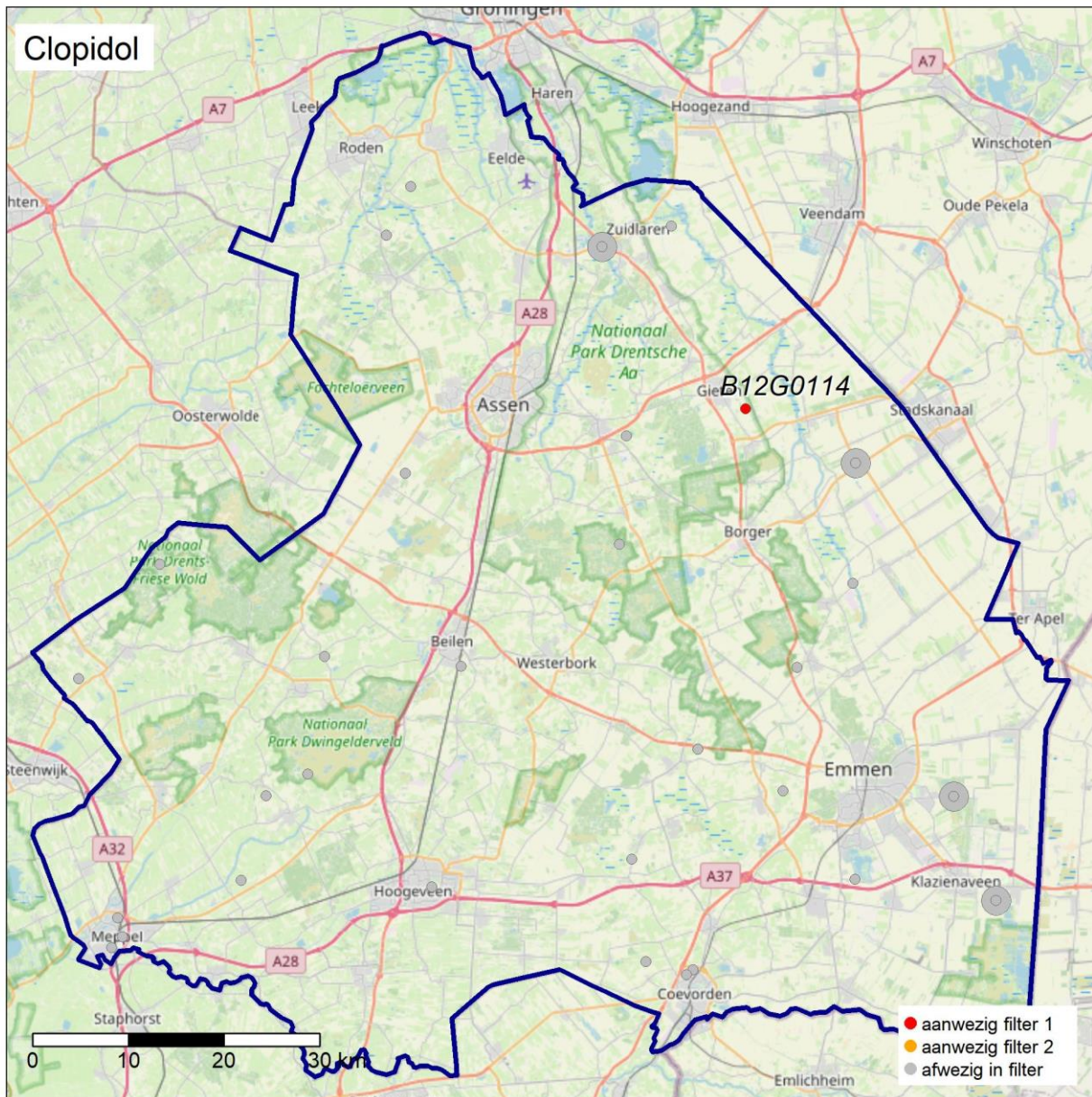
Acesulfaam-K is een synthetische zoetstof met een 200 maal sterkere zoetkracht dan normale suiker. Het wordt in voedingsmiddelen aangeduid met E950. De K duidt op het element kalium. Acesulfaam wordt op de markt verkocht met onder andere de merknamen Sunett en Sweet One. Acesulfaam is in twee ondiepe filters aangetroffen.



Figuur 8-3: Locaties waar 17 acesulfaam is aangetoond in de meetronde van 2021.

### Clopidol

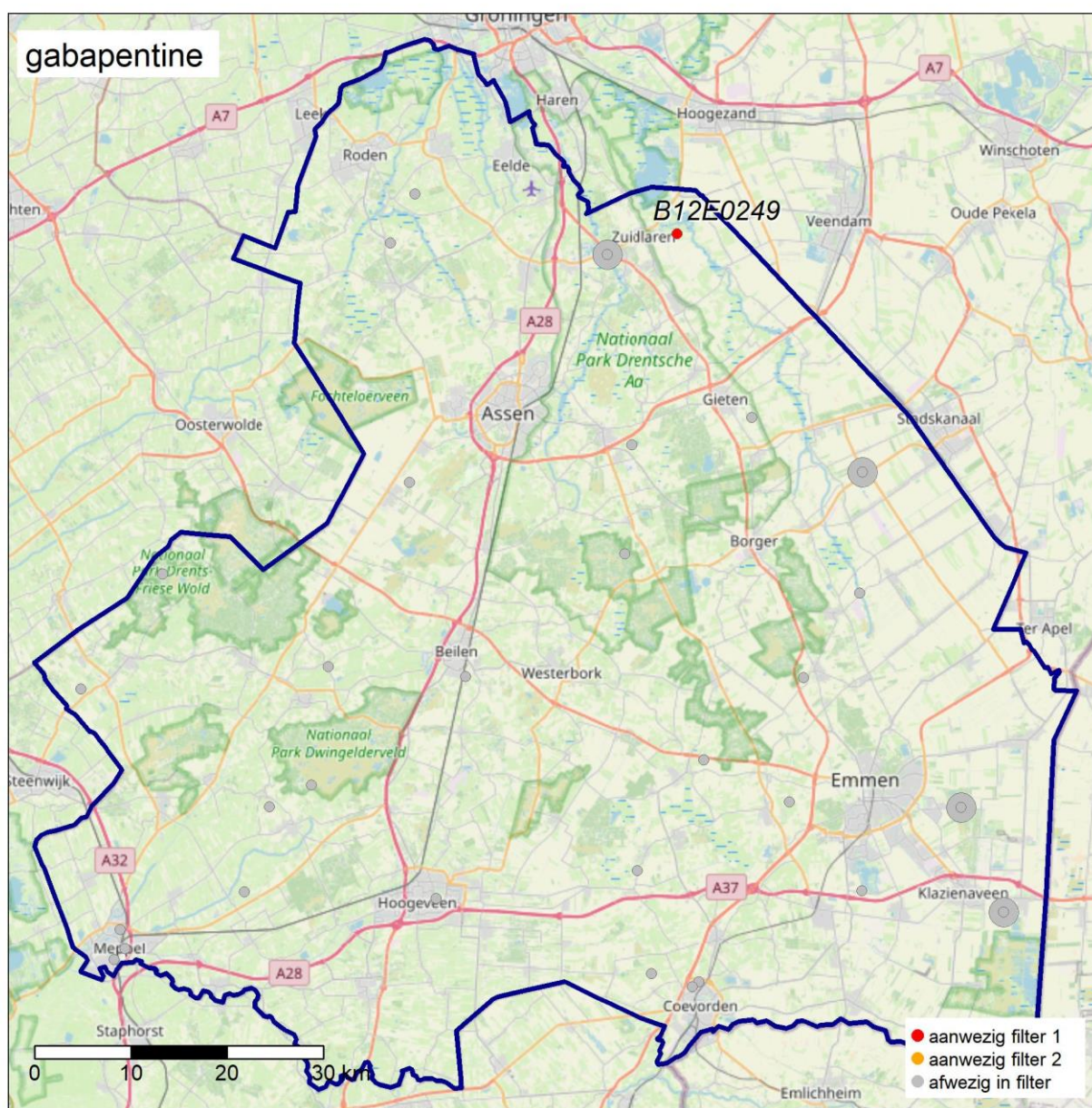
Clopidol is een antistollingsmedicijn; het zorgt ervoor dat bloed minder makkelijk samenklontert. Het wordt daarom gebruikt om de kans op trombose te verminderen na een hartinfarct, beroerte of hartkramp. Het middel wordt in een gel aangebracht. Clopidol is in één waarnemingsfilter aangetoond in de buurt van Gieten.



Figuur 8-4: Locatie waar clopidol is aangetoond in meetronde van 2021.

### Gabapentine

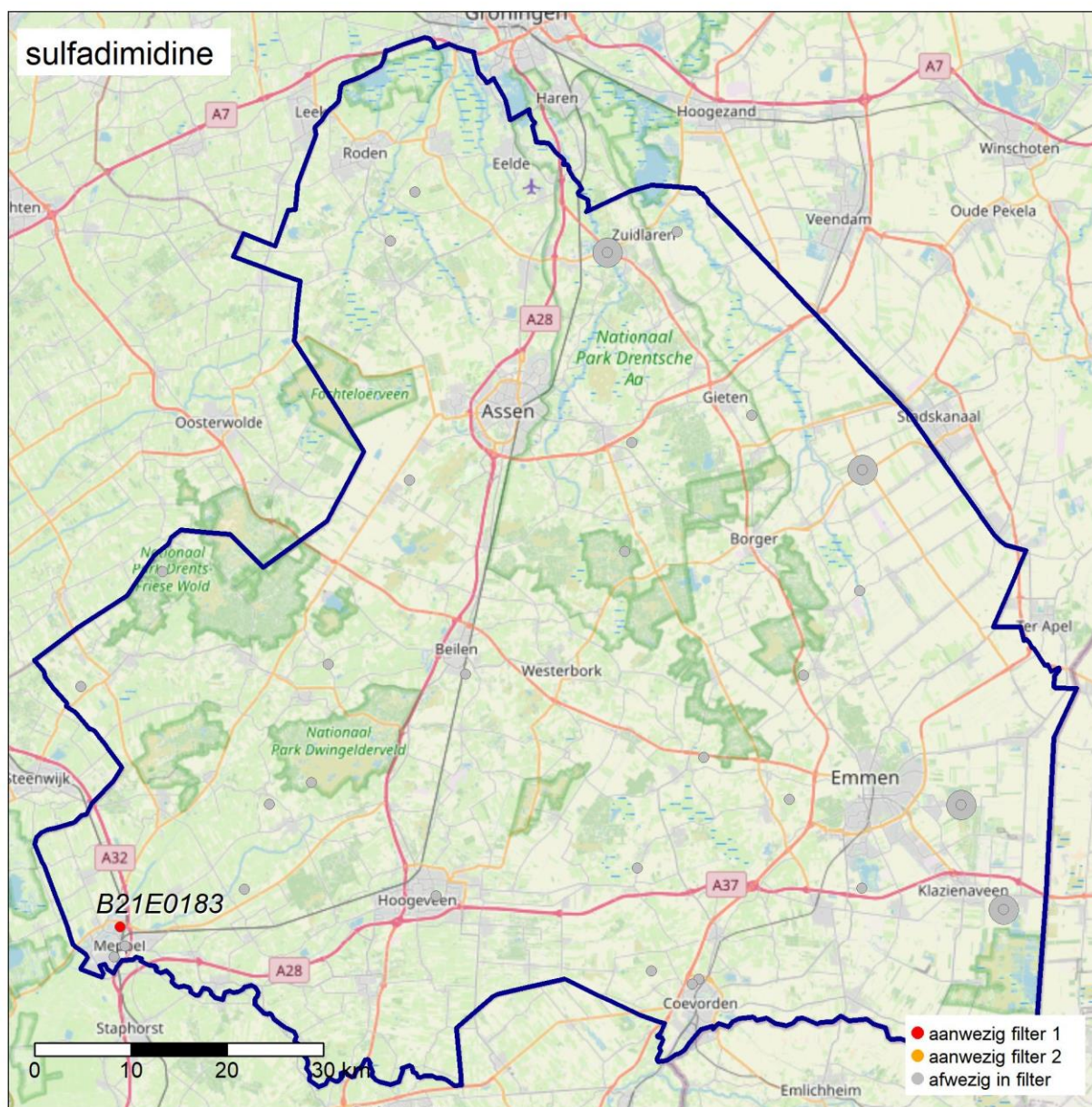
Gabapentine (of Neurontin) is een anti-epilepticum, maar wordt ook voorgeschreven voor zenuwpijn. De stof wordt maar beperkt in RWZI's verwijderd en komt daarom veel voor in het effluent (RIVM, 2016). Infiltrerend oppervlaktewater is daarom een mogelijke bron van verontreiniging van het grondwater. Gabapentine is één waarnemingsfilter aangetoond in de buurt van Zuidlaren in een concentratie boven de signaleringswaarde van 0,1 µg/l (0,17 µg/l). In Zuidlaren is een kleine RWZI die water loost op het aanliggende oppervlaktewater (figuur 8-5).



Figuur 8-5: Locatie waar Gabapentine is aangetoond in meetronde van 2021.

### Sulfadimidine

Sulfadimidine (sulfamethazine) is één keer aangetoond in het grondwater, in de buurt van Meppel (0,15 µg/l in B12F0168) boven de 0,1 µg/l signaleringswaarde (*figuur 8-6*).



Figuur 8-6: Locatie waar Sulfadimidine is aangetoond in meetronde van 2021.

Sulfadimidine is een diergeneesmiddel (antibioticum) gebruikt bij pluimvee, varkens en rundvee (informatie van fabrikant Dopharma). Het middel is niet geschikt voor dieren die melk of eieren voor humane consumptie produceren. In tegenstelling tot sommige andere antibiotica wordt sulfadimidine niet humaan gebruikt. Het middel wordt gebruikt bij bacteriële infecties. Sulfadimidine is een geregistreerd diergeneesmiddel, maar kwam niet naar voren als een recent in de praktijk gebruikt middel uit de gebruiksgegevens van dierartspraktijken (mededeling CLM, C. Rougoor). Sulfadiazine is landelijk regelmatig aangetroffen in de mest van melkvee, kalveren en zeugen en verspreidt zich goed via het grondwater (Kivits e.a., 2018). De risico's van sulfadimidine zijn nog niet bekend (STOWA, 2019).

Sulfadimidine is landelijk ook het diergeneesmiddel dat het meest frequent werd aangetroffen in het grondwater. Vanaf 1990 werd de stof steeds vaker aangetroffen, met een piek rond 2005-2007 en een afname in meer recente jaren (STOWA, 2019). Dit patroon komt overeen met de verkoop van sulfonamiden (de verzamelnaam van deze stoffen) in Nederland.

Geneesmiddelen kunnen zowel door de mens als door dieren gebruikt zijn en zo in het milieu terecht komen. Restanten van diergeneesmiddelen kunnen via urine en mest van (landbouw)huisdieren op de bodem en uiteindelijk in het grond- en oppervlaktewater terechtkomen. Een andere emissieroute is de lozing van het effluent van mestverwerking op het riool en vervolgens via de rioolwaterzuiveringsinstallatie naar het oppervlaktewater. Er is echter geen centrale registratie van het gebruik van diergeneesmiddelen. Er is daarom nog weinig bekend over de verhouding in humaan en dierlijk gebruik en bijbehorende risico's.

### 8.3 Vergelijking met eerdere jaren

Geneesmiddelen zijn eerder in Drenthe onderzocht in de jaren 2015 en 2018.

In 2018 zijn nauwelijks geneesmiddelen aangetoond. In één monster is jopromide (een röntgencontrastmiddel) aangetoond in het grondwater in een lage concentratie (0,02 µg/l). Het analysepakket was toen groter (93 stoffen ten opzichte van 51 stoffen in 2021), maar veel van deze stoffen hadden een verhoogde rapportagegrens (1 µg/l) en zijn daarom niet toetsbaar op de drinkwaternorm. Het aantal onderzochte locaties was kleiner (25 ten opzichte van 35).

In 2015 waren er 9 resultaten boven de rapportagegrens verdeeld over zes stoffen. Evenals in 2021 werd sulfadimidine twee keer gevonden. Daarnaast werden carbamazepine (1 keer), gemfibrozil (1 keer), joxitalaminezuur (1 keer), jopromide (1 keer) en 17-beta-estradiol (3 keer) aangetoond in het grondwater. Alle concentraties waren relatief laag en altijd onder de 0,1 µg/l grens.

2021 is daarom het eerste jaar dat geneesmiddelen boven de 0,1 µg/l signaleringswaarde in het grondwater van Drenthe zijn aangetoond.

### 8.4 Vergelijking met landelijk beeld

Door KWR (2020) is een landelijk overzicht gemaakt van de aanwezigheid van geneesmiddelen in het grondwater in Nederland. De meetresultaten van de meetrondes van 2015/2015 en 2018/2019 zijn hiervoor gecombineerd.

|                                            | Aangetroffen in filters | Aangetroffen boven signaleringswaarde | Meest aangetroffen stof  |
|--------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Nederland meetronde 2015/2016 en 2018/2019 | 35%                     | 7%                                    | Fenazon en carbamazepine |
| Drenthe meetronde 2015                     | 30%                     | 0%                                    | 17-Beta-estradiol        |
| Drenthe meetronde 2018                     | 4%                      | 0%                                    | Jopromide                |
| Drenthe meetronde 2021                     | 11%                     | 9%                                    | Sulfadimine              |

Ten opzichte van het landelijke beeld zijn in Drenthe minder geneesmiddelen aangetroffen.

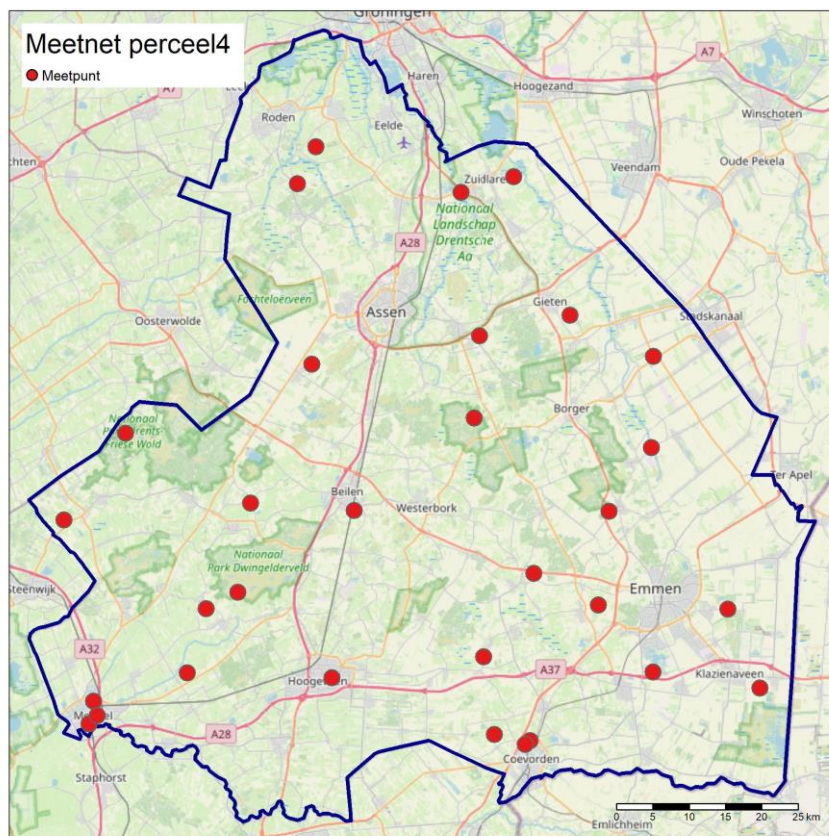
## 9 Overig verontreinigende stoffen

In dit hoofdstuk wordt een beeld gegeven van de aanwezigheid van overig verontreinigende stoffen (PAK's, VOCL's en exotische stoffen) in het grondwater. Begonnen wordt met een beschrijving van het algemene beeld (paragraaf 9.1). In paragraaf 9.2 wordt een toelichting gegeven op enkele relevante stoffen en de ruimtelijke spreiding wordt op kaart toegelicht. Locaties met opvallende meetresultaten worden soms uitgelicht. Dit is niet voor alle meetlocaties gedaan, ook omdat vaak een logische verklaring mist voor de verhoogde meetwaarden.

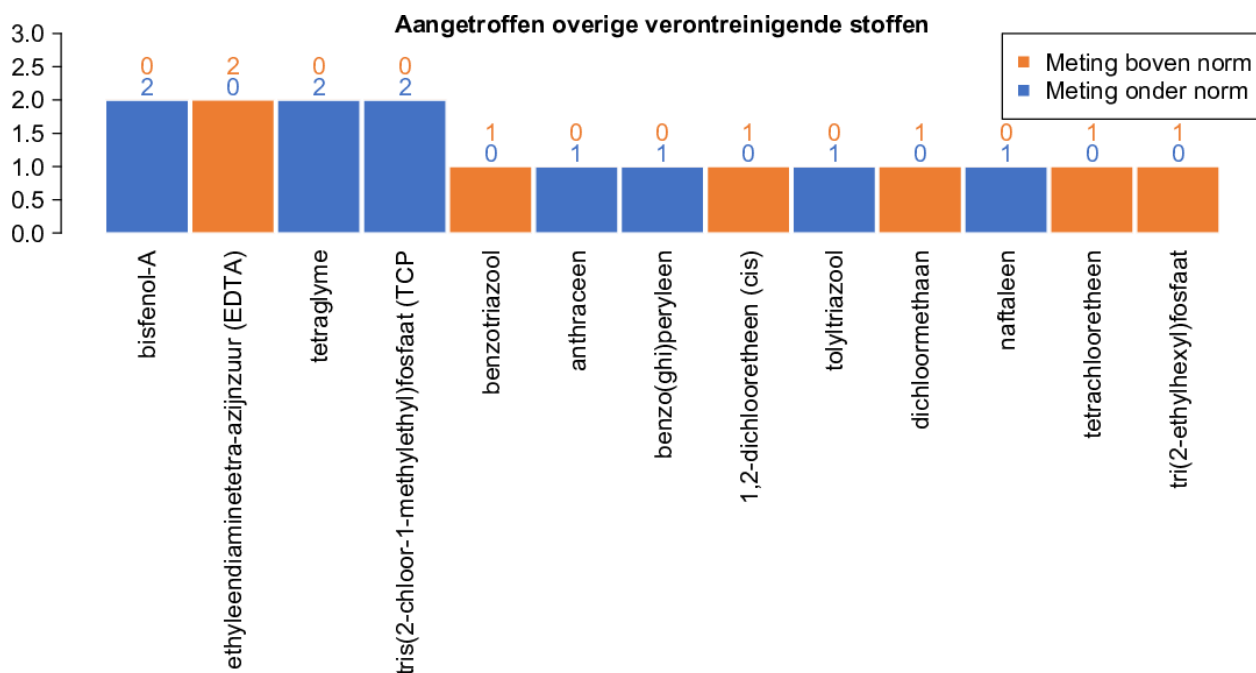
### 9.1 Algemeen beeld

In totaal is op 98 verschillende overige stoffen geanalyseerd in 113 verschillende monsters. Overige stoffen zijn chemicaliën (microverontreinigingen) die niet van nature in het grondwater thuishoren, exclusief bestrijdingsmiddelen, geneesmiddelen en PFAS-verbindingen.

In totaal zijn maximaal 68 verschillende stoffen geanalyseerd in 32 verschillende monsters. Niet alle 68 stoffen zijn altijd geanalyseerd in alle filters. Het aantal beschikbare analyseresultaten per filter varieert tussen de 55 en 68. In totaal zijn er 1889 afzonderlijke metingen uitgevoerd. In 0,90% van deze metingen is een overige verontreinigende stof boven de rapportagegrens aangetoond. Het gaat in totaal om 17 metingen. Er zijn vier stoffen die twee keer zijn aangetoond: bisfenol-A, EDTA, tetraglyme en TCP. Deze stoffen worden nader toegelicht in paragraaf 9.2. Daarnaast zijn negen stoffen één keer aangetoond. (tabel 9-1). Van de 68 geanalyseerde stoffen zijn er dus 13 stoffen in detecteerbare concentraties aangetroffen (tabel 9-1).



Figuur 9-1: Meetnet voor analyse overig verontreinigende stoffen in 2021.



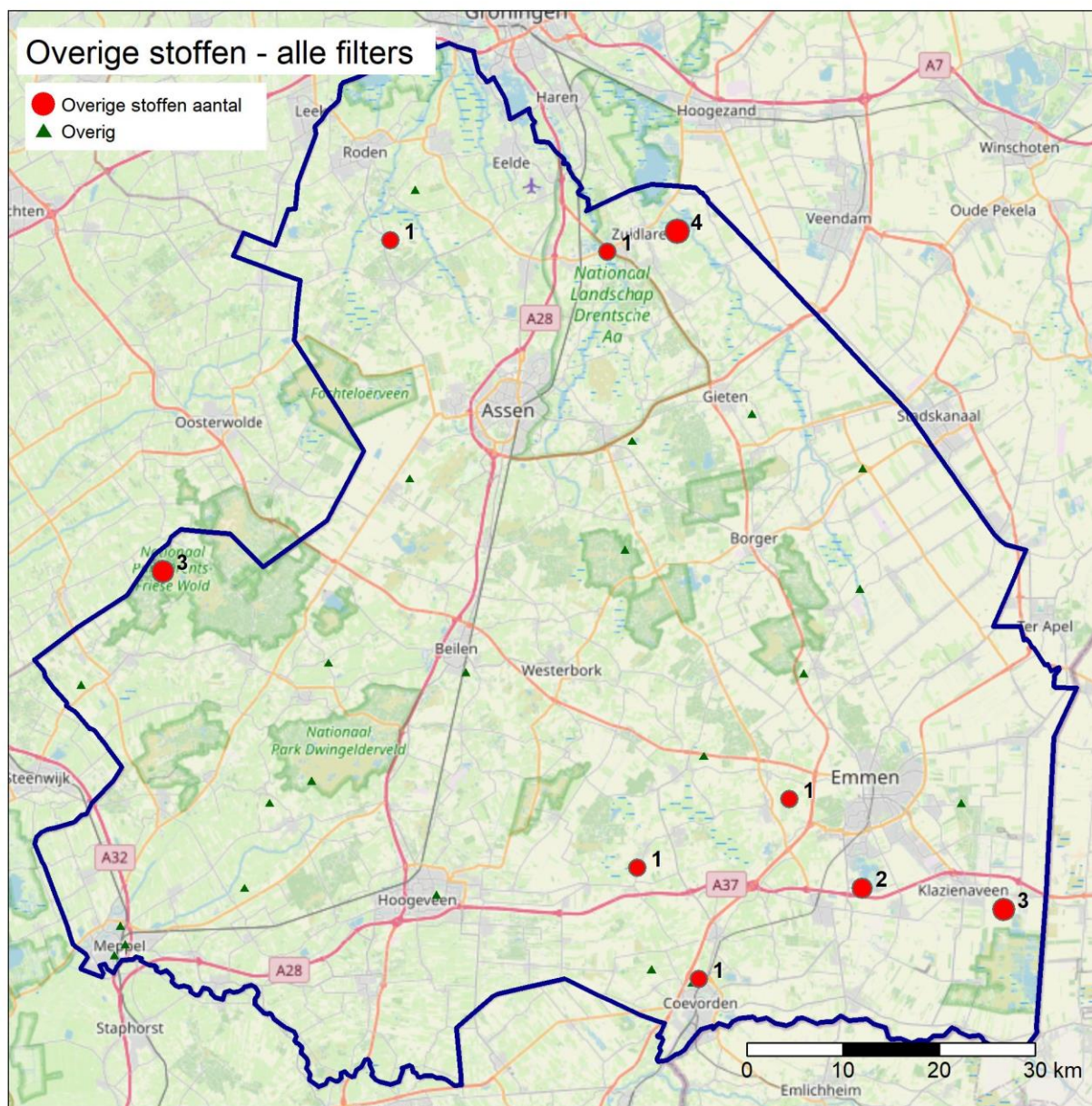
Figuur 9-2: Aantal aangetroffen overige verontreinigende stoffen in het grondwater onder en boven de norm.

Tabel 9-1: Aangetroffen overige verontreinigende stoffen (alfabetisch gesorteerd).

| Stofnaam                                  | Soort stof / toepassing | Aantal keer aangetroffen | Aantal maal boven norm | Maximum concentratie (µg/l), boven norm |
|-------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------------------|
| 1,2-Dichlooretheen(cis)                   | Oplosmiddel             | 1                        | 1                      | 0,11                                    |
| Anthraceen                                | PAK                     | 1                        | 0                      |                                         |
| Benzo(ghi)peryleen                        | PAK                     | 1                        | 0                      |                                         |
| Benzotriazool                             | Complexvormer           | 1                        | 1                      | 0,32                                    |
| Bisfenol-A                                | In plastics             | 2                        | 0                      |                                         |
| Dichloormethaan                           | Oplosmiddel             | 1                        | 1                      | 0,40                                    |
| Ethyleendiaminetetra-azijnzuur(EDTA)*     | Complexvormer           | 2                        | 2                      | 3,0                                     |
| Naftaleen                                 | PAK                     | 1                        | 0                      |                                         |
| Tetrachlooretheen                         | Ontvettingsmiddel       | 1                        | 1                      | 0,44                                    |
| Tetraglyme                                | Oplosmiddel             | 2                        | 0                      |                                         |
| Tolyltriazool                             | Corrosieremmer          | 1                        | 0                      |                                         |
| Tri(2-ethylhexyl)fosfaat                  | Lijcomponent            | 1                        | 1                      | 0,12                                    |
| Yris(2-chloor-1-methylethyl)fosfaat (TCP) | Brandvertrager          | 2                        | 0                      |                                         |
| <b>TOTAAL</b>                             |                         | <b>17</b>                | <b>7</b>               |                                         |

# EDTA heeft een grenswaarde van 1 µg/l. Op deze waarde is getoetst

Het meetnet voor overige verontreinigende stoffen in 2021 bestond uit 31 ondiepe filters en één diep filter (B12G0114\_03). In het diepe filter zijn geen verontreinigen aangetroffen. In negen filters zijn wel overige verontreinigende stoffen aangetoond (1 tot maximaal 4 stoffen). In 22 filters zijn dus geen overige verontreinigende stoffen gevonden. In 29% van de 31 onderzochte peilbuislocaties is een overig verontreinigende stof aangetoond.



Figuur 9-3: Totaal aantal aangetoonde overige verontreinigende stoffen in 2021.

In meetpunt B12E0249 bij Zuidlaren zijn de meeste (4) stoffen aangetoond (TCP, benzo(ghi)peryleen, dichloormethaan en tri(2-ethylhexyl)fosfaat). Dit meetpunt wordt mogelijk beïnvloed door infiltrerend oppervlaktewater vanuit de nabijgelegen RWZI (figuur 9-2). Ook rond Emmen/Klazienaveen en in het meetpunt bij het natuurgebied Friesche Wold worden relatief veel stoffen aangetoond.

## 9.2 Vergelijking met eerdere jaren

Overig verontreinigende stoffen zijn eerder in 2015 en 2018 onderzocht. In 2015 werden 15 verschillende stoffen aangetroffen; in 2018 waren dit zes stoffen. EDTA en bisfenol-A zijn in voorgaande meetrondes ook regelmatig aangetroffen in het grondwater.

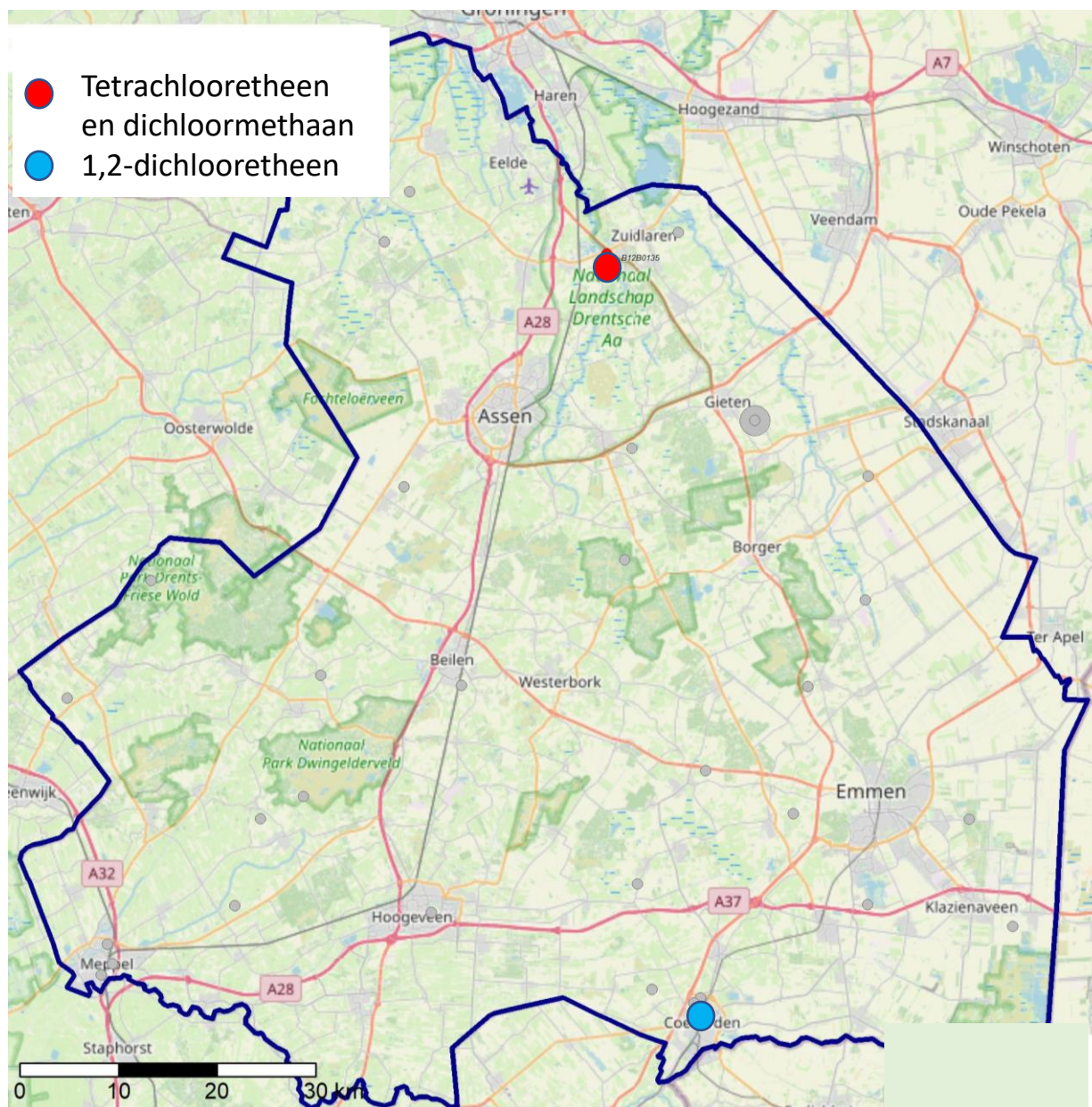
## 9.3 Toelichting per stof

### VOCI's

VOCI's zijn Vluchtige Organo Chloor Verbindingen. Ze kennen veel toepassingsmogelijkheden, met name als oplosmiddel of ontvettingsmiddel. Omdat ze zo veel gebruikt werden, zijn er vroeger veel locaties verontreinigd geraakt met deze stoffen. Bekende middelen zijn Tri en Per (tri en tetrachlooretheen) die zwaarder zijn dan water. Hierdoor verspreidt dit zich goed in verticale richting. VOCI's kunnen onder bepaalde omstandigheden afbreken naar andere stoffen, die soms toxischer zijn dan het hoofdproduct (bijvoorbeeld vinylchloride).

Zowel dichloormethaan als cis-1,2-dichlooretheen zijn aangetoond in het meetpunt in de buurt van Zuidlaren (B12E0249). De RWZI van Zuidlaren ligt hier in de buurt, maar verwacht mag worden dat vluchtige stoffen in de waterzuivering ontsnappen na beluchting en daarom niet in het effluent voorkomen.

Tetrachlooretheen is aangetroffen in het noordelijk deel van Coevorden (B22E0140). Coevorden heeft diverse elkaar overlappende grondwater verontreinigen, maar deze liggen ten zuiden en stroomafwaarts van het meetpunt. Er moet hier sprake zijn van een lokale bron.

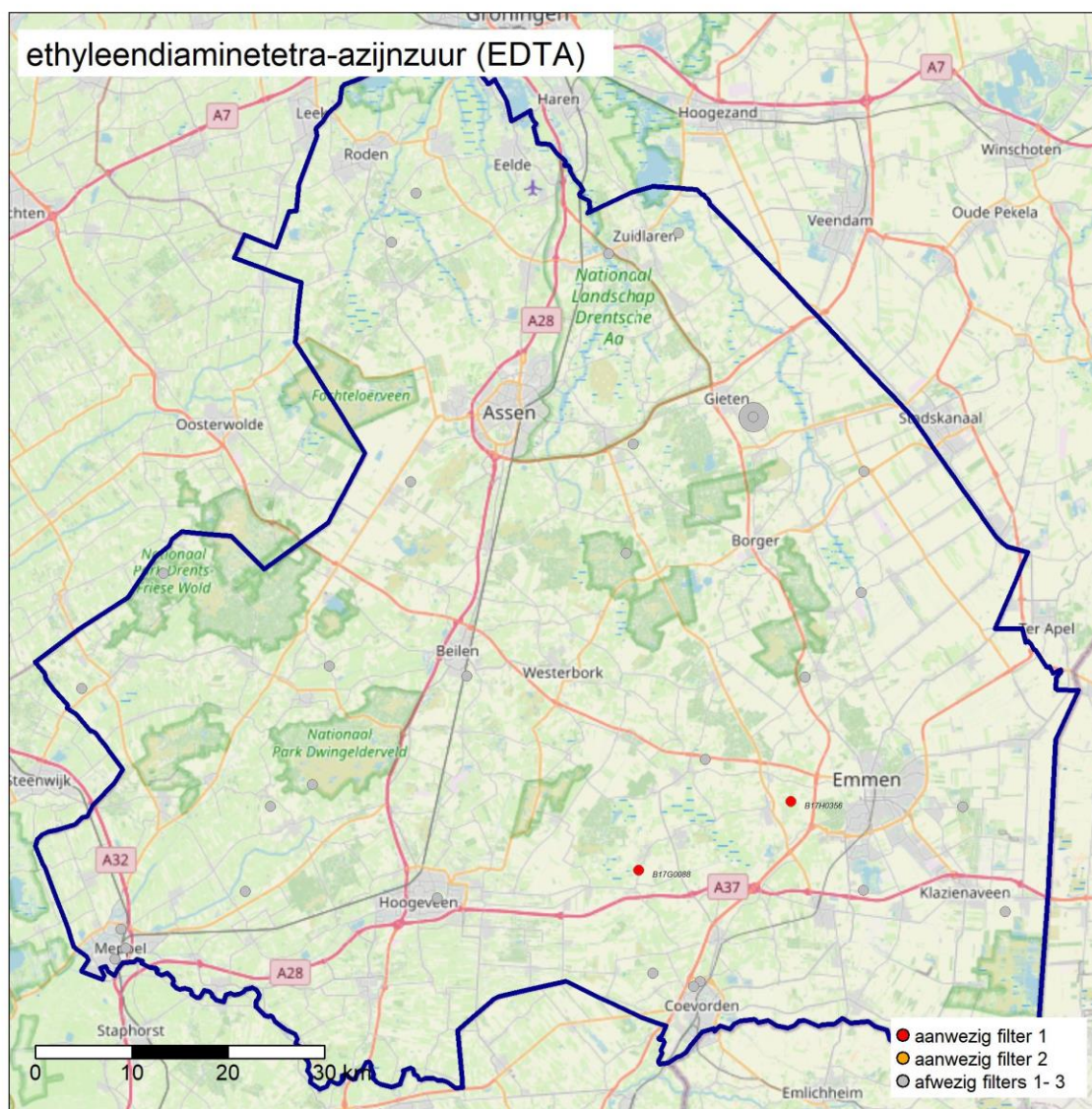


Figuur 9-4: Locaties waar dichloormethaan, cis-1,2-dichlooretheen en tetrachlooretheen zijn aangetoond in meetronde van 2021 in filter 1.

### EDTA

EDTA is twee keer aangetroffen, beide in een concentratie (3 en 4 µg/l) hoger dan de norm in het drinkwaterbesluit (1 µg/l). In vergelijking met het landelijk beeld (KWR, 2020) is dit weinig. In heel Nederland werd in 60% van de filters sporen van EDTA teruggevonden, in Drenthe is dit 6%.

EDTA (ethyleendiaminetetra-azijnzuur) is een complexvormer gebruikt in onder andere voeding, cosmetica, shampoo, kunstmest en industriële toepassingen (foto, textiel, papier). De stof wordt in wasmiddel gebruikt als waterontharder om calcium te binden. EDTA-verbindingen kunnen helpen om de zuurgraad (pH waarde) van een product optimaal te houden. Uit onderzoek van de Internationale commissie ter bescherming van de Rijn (ICBR) blijkt dat het merendeel van de complexvormers wordt geloosd door industrie en MKB, maar ook de huishoudens dragen bij aan emissies. De stof komt voor als een wit amorf poeder, dat slecht oplosbaar is in water en slecht afbreekbaar is. EDTA werd tot voor kort niet gezien als een gevaarlijke stof en heeft daarom een vrij hoge streefwaarde (22 µg/l) en een hogere norm in het drinkwaterbesluit (1 µg/l).



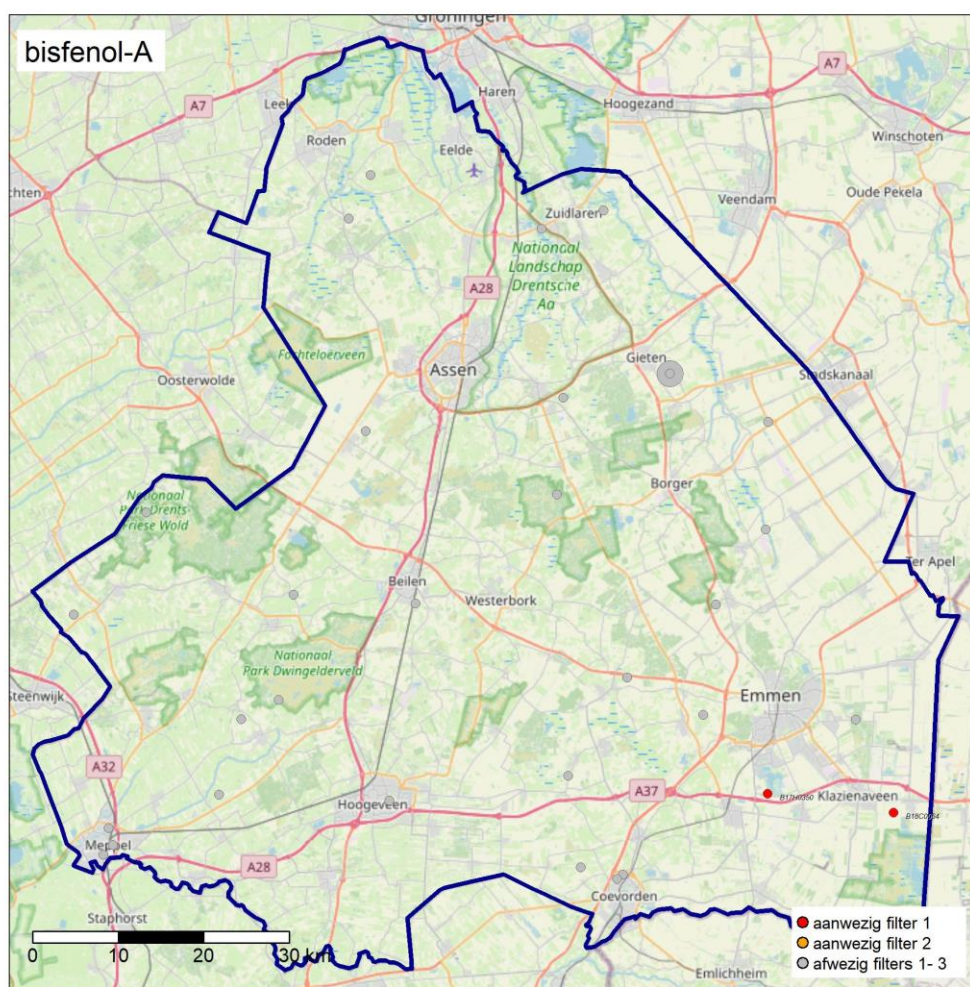
Figuur 9-5: Locaties waar EDTA is aangetoond in meetronde van 2021.

### Bisfenol-A

Bisfenol-A (BPA) is 2 keer aangetroffen ten zuiden van Emmen, maar overschrijdt niet de 0,1 µg/l grens (figuur 9-6). In vergelijking met landelijk beeld (KWR, 2020) is dit weinig. In heel Nederland werd in 19% van de filters sporen van EDTA teruggevonden, in Drenthe is dit 6%.

Bisfenol-A is een industriële stof die op commerciële schaal al gebruikt wordt sinds 1957. Het is één van de meest geproduceerde chemicaliën ter wereld met een jaarlijkse productie van meer dan 2,2 miljoen ton in 2009 (Wikipedia). Het wordt voornamelijk (>95%) gebruikt in polycarbonaat plastic en epoxyhars (RIVM, 2013). Bisfenol-A zit in harde soorten plastic; plastic drinkbeker, broodtrommels, bestek, waterleidingpijpen, PVC en plastic speelgoed. Epoxyharsen zijn het plastic dat aan de binnenkant van blikjes zit of aan de binnenkant van deksel van potjes. Tot slot zit bisfenol-A ook vaak in epoxy-verven en lijmen, cd's, bouwmaterialen en inkt en bijvoorbeeld kassabonnen. Bisfenol-a heeft hormoonverstorende eigenschappen, maar wordt niet specifiek gebruikt in farmaceutische toepassingen (KWR, 2020). Volgens de ECHA CLP Inventory database heeft bisfenol-A huidsensibilisatie en mogelijke effecten op vruchtbaarheid van mens en dier.

Bisfenol-A is ook in andere Europese landen in verhoogde concentraties aangetoond in het grondwater zoals in Spanje, Zwitserland en Engeland (Careghini et al. 2015). Mogelijke bronnen waren hier pesticiden (onder andere druiventeelt) en een munitieverniegingsdepot.



Figuur 9-6: Locaties waar bisfenol-A is aangetoond in meetronde van 2021.

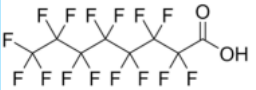
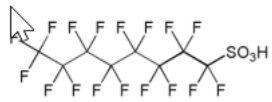
## 10 PFAS-verbindingen

In dit hoofdstuk wordt een beeld gegeven van de aanwezigheid van PFAS-verbindingen in het grondwater. Er wordt begonnen met een algemene inleiding over wat PFAS-verbindingen zijn en wat de risico's zijn (Paragraaf 10.1). Daarna wordt het algemene beeld beschreven met welke verbindingen zijn aangetroffen (paragraaf 10.2). In paragraaf 10.3 wordt voor de drie aangetroffen PFAS-verbindingen achtergrondinformatie gegeven en de ruimtelijke spreiding wordt op kaart toegelicht. Locaties met opvallende meetresultaten worden soms uitgelicht. Dit is niet voor alle meetlocaties gedaan, ook omdat vaak een logische verklaring mist voor de verhoogde meetwaarden.

### 10.1 PFAS verbindingen en risico's

De groep poly- en geperfluoreerde alkyl verbindingen (PFAS) omvat een grote groep van meer dan 6000 individuele stoffen. PFAS hebben als overeenkomst dat ze een compleet (per-) of gedeeltelijk (poly-) geperfluoreerde koolstofketen bevatten, met een variërende lengte, normaal gesproken 2 tot 16 koolstofatomen. Twee belangrijke families zijn de geperfluoreerde sulfonzuren en de geperfluoreerde carbonzuren. De stofnaam binnen deze familie wordt bepaald door de lengte van de keten (het aantal C-atomen). Vanuit de milieu- en toxicologisch oogpunt zijn langketenige verbindingen het meest zorgwekkend, omdat deze accumuleren in het lichaam (Expertisecentrum PFAS, 2018).

Tabel 10-1: Geperfluoreerde sulfonzuren en de geperfluoreerde carbonzuren.

| Stofnaam                                                  | Afkorting | Lengte van de keten<br>(Aantal C atomen)                                             |
|-----------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Perfluorcarbonzuren (met hiernaast voorbeeld PFOA)</b> |           |  |
| Perfluorbutaanzuur                                        | PFBA      | 4                                                                                    |
| Perfluorpentaanzuur                                       | PFPeA     | 5                                                                                    |
| Perfluorhexaanzuur                                        | PFHxA     | 6                                                                                    |
| Perfluorheptaanzuur                                       | PFHpA     | 7                                                                                    |
| Perfluoroctaanzuur                                        | PFOA      | 8                                                                                    |
| Perfluornonaanzuur                                        | PFNA      | 9                                                                                    |
| Perfluordecaanzuur                                        | PFDA      | 10                                                                                   |
| Perfluorundecaanzuur                                      | PFUnA     | 11                                                                                   |
| <b>Perfluorsulfonzuren (met hiernaast voorbeeld PFOS)</b> |           |  |
| Perfluorbutaansulfonaat                                   | PFBS      | 4                                                                                    |
| Perfluorhexaansulfonaat                                   | PFHxS     | 6                                                                                    |
| Perfluoroctaansulfonaat                                   | PFOS      | 8                                                                                    |

Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) Poly- en perfluoralkylstoffen zijn chemische stoffen die door de mens zijn gemaakt. Zij komen van nature niet in het milieu voor. Stoffen die landelijk in het nieuws kwamen waren GenX (lozing bij Chemours te Dordrecht) en FBSA met lozing door 3M op de Schelde. PFAS zijn

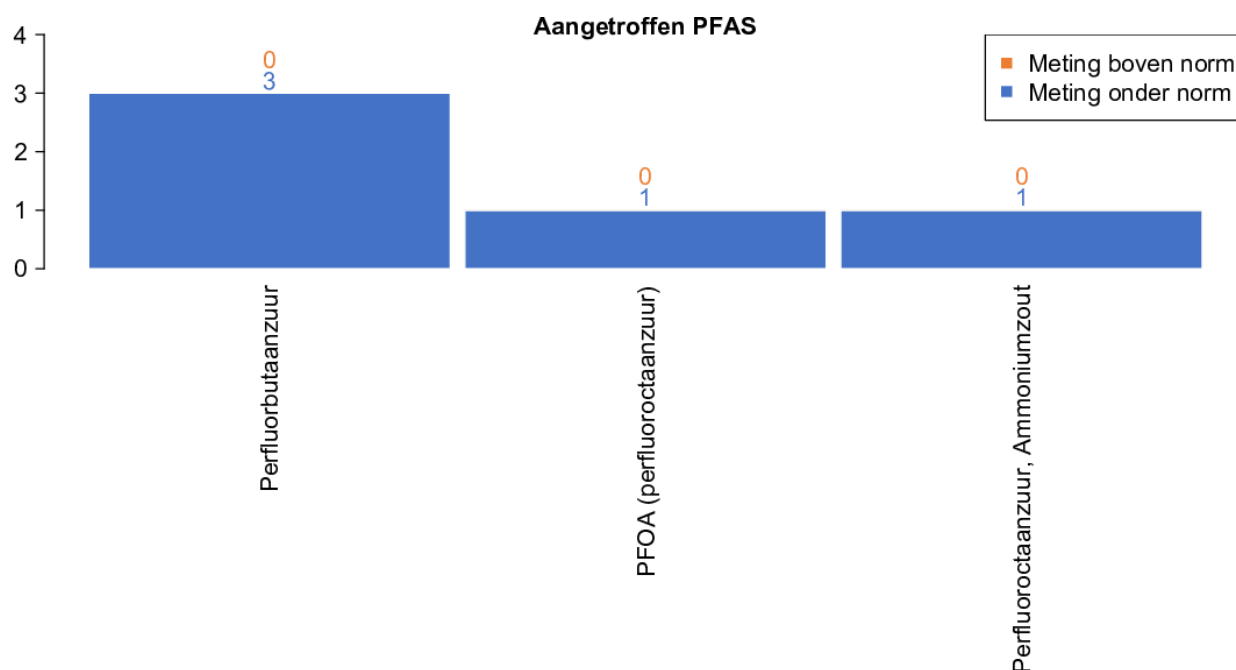
water-, vet- en vuilafstotend en daarom verwerkt in verschillende producten. Bijvoorbeeld in smeermiddelen, antiaanbaklagen van pannen, voedselverpakkingsmaterialen, blusschuim, kleding, textiel en cosmetica. Ook worden ze gebruikt in verschillende industriële toepassingen en processen.

In Nederland wordt veelvuldig met PFOS-houdend blusschuim gewerkt. Bij incidenten bestaat het risico dat de grond en het grondwater vervuild raken met PFOS. Inmiddels worden op oefenterreinen van de brandweer verspreid over heel Nederland verhoogde concentraties PFAS gevonden. Vaak gaat het daar om nieuwe PFAS-soorten die niet of nauwelijks met standaardanalyses worden gevonden.

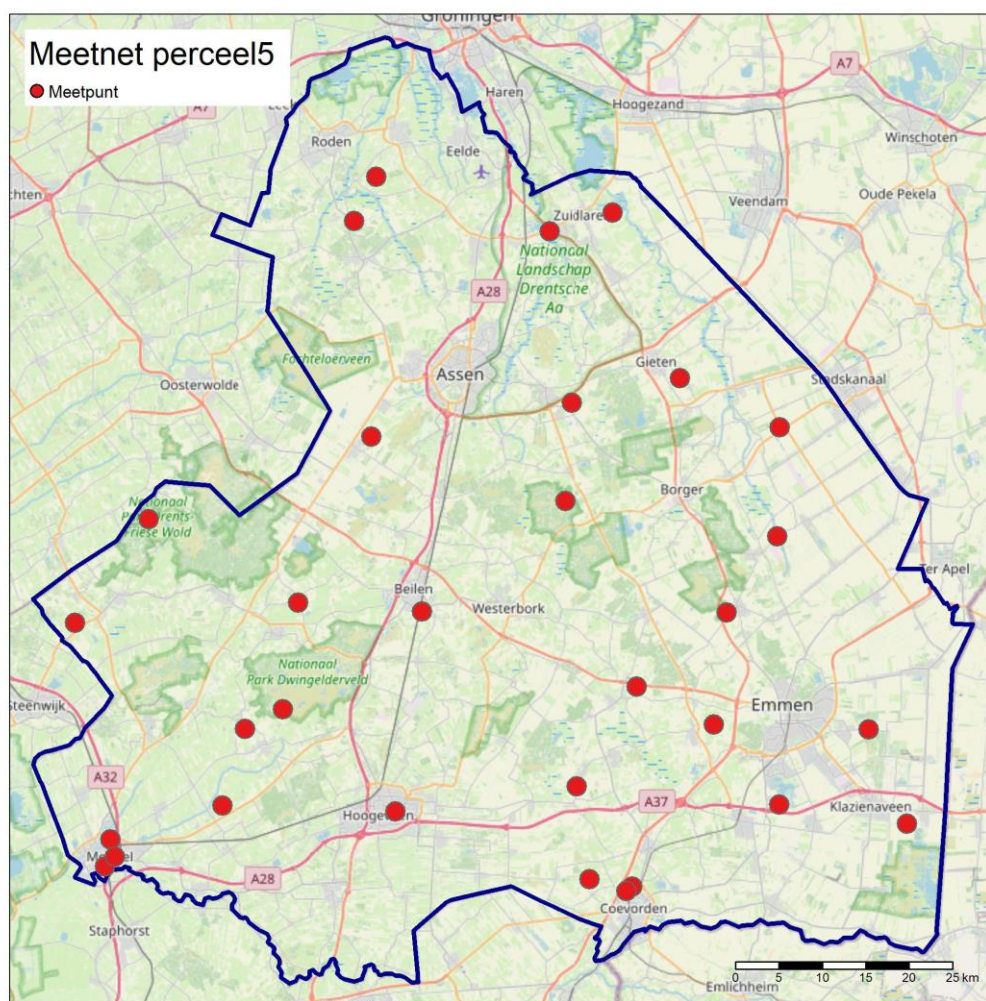
Van PFAS is bekend dat ze schadelijke effecten kunnen hebben op de gezondheid van mensen en dieren (rivm.nl). De stoffen kunnen effect hebben op het immuunsysteem, op de voortplanting en ontwikkeling van het ongeboren kind. Ook kunnen PFAS een effect hebben op cholesterol in het bloed, effecten op de lever geven en nier- en testiskanker veroorzaken. De stoffen kunnen verder schadelijk zijn voor dieren in de top van de voedselketen, zoals vogels en zoogdieren. PFOA en PFOS zijn inmiddels verboden, maar dit geldt niet voor alle PFAS-soorten.

## 10.2 Algemene beeld

In totaal zijn 34 verschillende PFAS-verbindingen geanalyseerd in 31 verschillende monsters. Alle monsters zijn genomen uit een ondiep filter (circa 10 meter diep). Dit geeft in totaal 1054 afzonderlijke metingen uitgevoerd. In 0,47% van deze metingen is een PFAS-verbinding boven de rapportagegrens aangetoond.



Figuur 10-1: Aantal aangetroffen PFAS-verbindingen in het grondwater onder en boven de norm.



Figuur 10-2: Locaties waar in 2021 een grondwatermonster is geanalyseerd op PFAS-verbindingen.

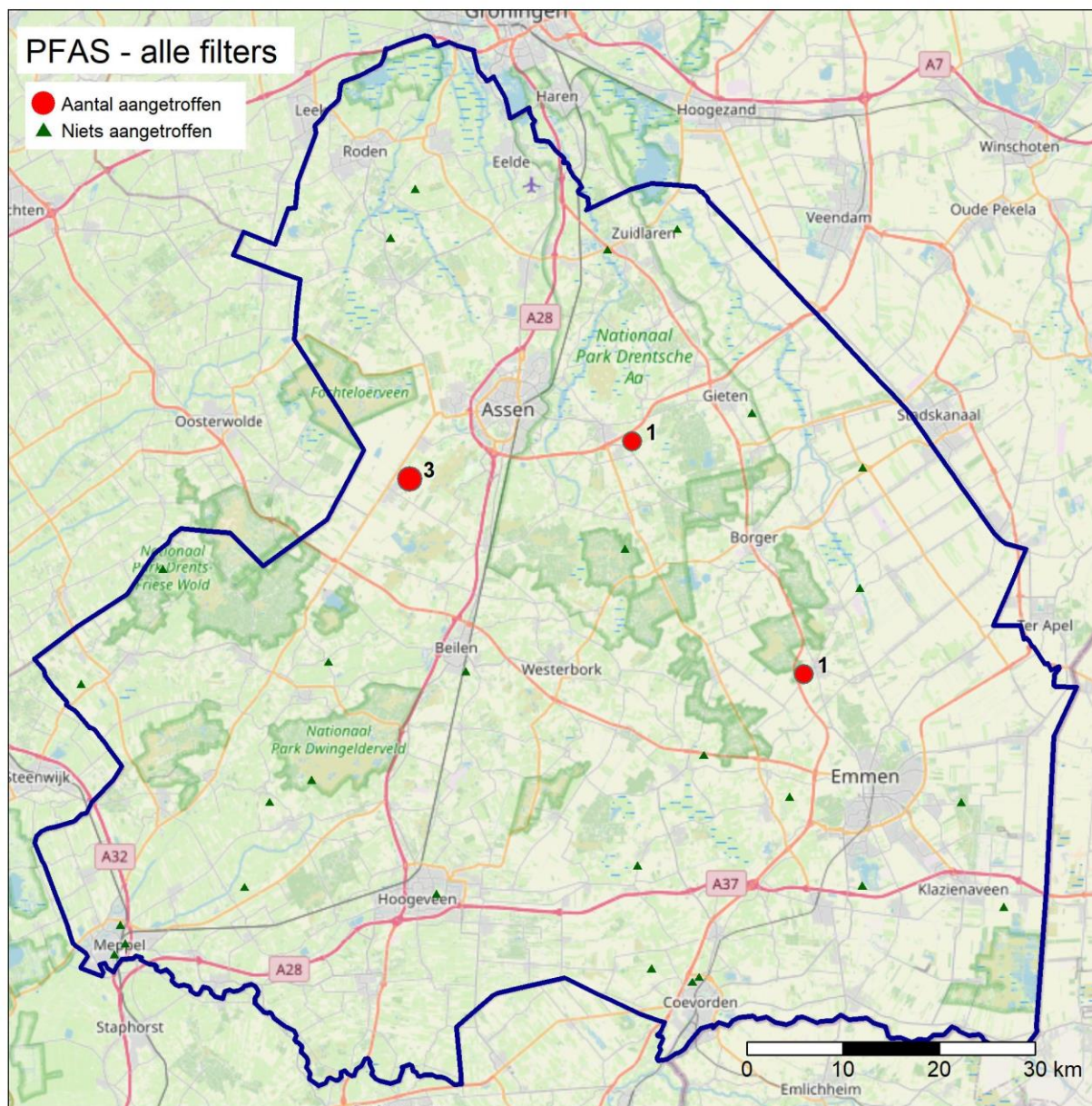
Van de 34 geanalyseerde stoffen zijn er 5 analyses van PFAS-verbindingen in detecteerbare concentraties aangetroffen (tabel 10-2 en figuur 10-1). In 3 van de 31 meetpunten (10%) zijn PFAS-verbindingen aangetoond.

Bij het meetpunt B12C0097\_01 zijn drie verschillende stoffen gevonden: PFBA, PFOA en PFOA\_NH4. Deze peilbuis ligt tussen de dorpen Smilde en Bovensmilde, ongeveer 1,5 km ten westen van het schietterrein Witterveld. In twee andere peilbuizen is PFBA aangetroffen.

Tabel 10-2: Aangetroffen PFAS-verbindingen.

| Afkorting | Volledige naam                     | Aantal keer aangetroffen | Aantal maal boven 0,1 µg/l grens | Maximum concentratie (µg/l) |
|-----------|------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| PFBA      | Perfluorbutaan zuur                | 3                        | 0                                | 0.0208                      |
| PFOA      | perfluor octaan zuur               | 1                        | 0                                | 0.0154                      |
| PFOA_NH4  | Perfluor octaan zuur, Ammoniumzout | 1                        | 0                                | 0.0156                      |

De gemeten concentraties liggen voor de drie stoffen altijd ruim onder de signaleringswaarde van 0,1 µg/l (figuur 8-1). Voor PFOA geldt sinds 2021 ook een strengere risicogrens van 0,02 µg/l (RIVM, 2021b), ook deze grens wordt niet overschreden. Voor alle PFAS verbindingen is de rapportagegrens 0,01 µg/l, alle stoffen kunnen getoetst worden.



Figuur 10-3: Aantal aangetoonde PFAS-verbindingen per meetpunt.

## 10.3 Toelichting per stof

### 10.3.1 PFBA (Perfluorbutaanzuur)

Er is er weinig bekend over het gebruik van PFBA door de industrie. Deze stof werd vroeger gebruikt voor de productie van filmrollen (OECD, 2015), maar dit wordt nu niet meer toegepast. PFBA heeft een korte C-keten en wordt daarom nauwelijks door de waterzuivering tegengehouden. De stof komt daarom veelvuldig in RWZI-effluent voor (RIVM, 2020). Infiltrerend oppervlaktewater is een mogelijke bron van verontreiniging van het grondwater.

### 10.3.2 PFOA (Perfluoroctaanzuur)

PFOA is in het verleden veel gebruikt als hulpstof voor de productie van PTFE/Teflon (Expertisecentrum PFAS, 2018). Het gebruik van PFOA is niet meer toegestaan. In Nederland is de bekendste locatie de Teflon-fabriek in Dordrecht, maar sinds 2013 is het gebruik van PFOA in de productieprocessen vervangen door het gebruik van GenX (Expertisecentrum PFAS, 2018). PFOA breekt niet af in de bodem en grondwater en hoopt zich daarom op.

### 10.3.3 PFOA\_NH4 (Perfluoroctaanzuur-ammoniumzout)

PFOA\_NH4 lijkt sterk op PFOA; het is PFOA met ammoniumzout eraan.

## 10.4 Vergelijking met eerdere jaren

PFAS-verbindingen zijn eerder in Drenthe in zeer beperkte mate onderzocht in de jaren 2015 en 2018.

In 2018 is er alleen onderzoek gedaan naar PFOA en PFOS. In geen van de 25 onderzochte filters zijn deze stoffen toen aangetroffen. Ook in 2015 is er alleen onderzoek gedaan naar deze twee verbindingen. En ook toen zijn deze niet aangetroffen in het grondwater.

2021 is daarom het eerste jaar dat er PFAS-verbindingen in het grondwater van Drenthe zijn aangetoond.

## 10.5 Vergelijking met landelijk beeld

Door RIVM (2021) is een landelijk overzicht gemaakt van de aanwezigheid van PFAS-verbindingen in het grondwater in Nederland. Hiervoor zijn op voorhand verdachte LMG meetpunten bemonsterd. Het is dus een selecte steekproef. In totaal zijn er 100 LMG meetpunten (waarvan 9 in Drenthe) en 101 freatische meetpunten (waarvan 3 in Drenthe). Dit onderzoek liet zien dat PFAS zowel in freatisch als in ouder en dieper gelegen grondwater worden aangetroffen (tabel 10-3). Van de 30 PFAS-componenten die zijn geanalyseerd zijn er 13 teruggevonden in het grondwater. Er is sprake van een duidelijke relatie tussen de concentraties en aantallen aangetroffen PFAS en reistijd van het grondwater. De hoogste concentraties en de meeste waarnemingen boven de rapportagegrens worden aangetroffen in het freatisch grondwater dat zich direct onder de grondwaterspiegel bevindt. Dit grondwater wordt het meest direct beïnvloed door de bodem. De laagste concentraties en de geringste aantallen waarnemingen boven de rapportagegrens worden aangetroffen in de putfilters van het LMG met 'oud grondwater', de dieper gelegen putfilters (25 m-mv). De putfilters met jong en doorgaans ondiep grondwater (~10 m) vormen een tussencategorie. Voor dit grondwater geldt dat in de meerderheid van de filters (70 %) PFAS is aangetroffen.

Tabel 10-3: Vergelijking tussen landelijke en Drentse meetronde PFAS.

|                                                          | Aangetroffen in filters | Meest aangetroffen stof |
|----------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Nederland meetronde 2020<br>Freatisch (onder gw spiegel) | 96%                     | L-PFOA, PFBA en PFBS    |
| Nederland meetronde 2020<br>(ondiep: 10 meter diep)      | 70%                     | FFBA, L-PFOA en V-PFOA  |
| Nederland meetronde 2020<br>(diep: 25 meter diep)        | 22%                     |                         |
| Drenthe meetronde 2021                                   | 10%                     | PFBA                    |

Het landelijk beeld is dus niet helemaal vergelijkbaar, met het uitgevoerde onderzoek in Drenthe. De meetronde in Drenthe is gedaan op het ondiepe niveau (10 meter diep). Het landelijk onderzoek laat zien dat in het freatisch grondwater meer PFAS-verbindingen zijn te verwachten en in het diepe grondwater minder.

## 11 Conclusies en aanbevelingen voor meetnetoptimalisatie

### 11.1 Conclusies

Het Drentse grondwatermeetnet is begin jaren negentig van de vorige eeuw opgezet met als doel het volgen van de vermessing, verzuring en verspreiding van metalen in het grondwater. Deze drie thema's zijn nog steeds actueel:

- Wat betreft vermessing is nitraat de grootste probleemstof. Nitraat komt verhoogd voor op de hogere (podzol)zandgronden waar het nitraat niet afgebroken kan worden. In het freatische grondwater wordt in 40% van de meetpunten op landbouwgrond (MDA en MPD) de nitraatnorm overschreden. In het meetnet op 10 en 25 meter diepte, de KRW toetsdiepte, wordt in bijna 20% van de meetpunten de norm overschreden.
- Het freatische grondwater op de hoge zandgronden blijft zuur (pH-waarde van 5) en in het ondiepe en diepe grondwater is zelfs sprake van een verzurende trend (op 10 meter diepte).
- Aluminiumconcentratie in het freatische grondwater in natuurgebieden zijn hoger dan de norm ten gevolge van verzuring. Ook de andere metalen zijn gevoelig voor verdere verspreiding bij zuurder grondwater, zoals cadmium. De trends zijn echter dalend.

De laatste jaren komt er steeds meer aandacht voor milieuvreemde stoffen, die van nature niet in het grondwater voorkomen. Op veel locaties in Drenthe maar ook andere delen van Nederland worden deze stoffen in lage concentraties aangetroffen, maar komen soms boven gestelde normen of signaleringswaarden uit. Dit wordt de vergrijzing van het grondwater genoemd, puur schoon grondwater wordt steeds zeldzamer:

- Bestrijdingsmiddelen en hun afbraakproducten zijn aangetroffen in het ondiepe en diepe grondwater. In 91% van de onderzochte locaties komen resten van bestrijdingsmiddelen voor. Ten opzichte van eerdere onderzoeken vanaf het jaar 2007 is de situatie niet wezenlijk verbeterd.
- Er zijn vijf type geneesmiddelen gevonden in het Drentse grondwater (in 13% van de onderzochte locaties).
- De PFAS-verbindingen zijn voor het eerst in 2021 uitgebreid onderzocht en ook drie PFAS-verbindingen zijn aangetroffen. Deze stoffen komen in 10% van de onderzochte locaties in het ondiepe grondwater voor. Voor PFAS bestaan nog geen wettelijke normen. De tijdelijke indicatieve risicogrenzen worden niet overschreden.
- De overige soorten verontreinigingen zijn aangetroffen in 29% van de onderzochte locaties. Hieronder vallen de overige microverontreinigingen die al bekend zijn uit historische bodemverontreinigingen (oplosmiddelen, PAK-verbindingen), maar ook nieuwe type verontreinigingen zoals vlamvertragers (TCP) of industriële stoffen (bisfenol-A en EDTA).
- In totaal zijn 12 verschillende soorten milieuvreemde stoffen boven de norm aangetroffen.

### 11.2 Aanbevelingen voor meetnetoptimalisatie

De provinciale bodem- en grondwatermeetnetten van de provincie Drenthe zijn opgezet in de jaren '90 van de vorige eeuw. De meetnetten hebben als doel om de toestand en trends ten aanzien van vermessing, verzuring en verspreiding van metalen in beeld te brengen. De laatste jaren komt er steeds meer aandacht voor milieuvreemde stoffen. In een meetnetevaluatie kan uitgezocht worden op welke manier het meetprogramma aangepast kan worden aan de actuele vragen.

Aandachtspunten om nader te onderzoeken zijn:

- Een betere relatie tussen monitoring van het oppervlaktewater en grondwater, met name op locaties waar veel interactie is tussen grond- en oppervlaktewater.
- Afstemmen met monitoringprogramma's van waterschappen en de waterbedrijven. Zo kan beoordeeld worden of er specifieke probleemstoffen ontbreken in de verschillende meetprogramma's. Metingen van andere partijen kunnen gebruikt worden voor een betere beschrijving van de verspreiding van stoffen.
- Een optimalisatie van het meetnet waarbij grondwatermeetpunten geselecteerd worden met een relatie tussen bronnen van verontreiniging (bijvoorbeeld stedelijk gebied met lekkende riolering, industriegebied, infiltrerend RWZI-effluent). Zo ontstaat een beter beeld van de problematiek en kan meer over trends worden gezegd. Bedoeling is niet om de effecten van individuele puntbronnen in beeld te brengen; hier zijn meer metingen voor nodig.
- Het uitbreiden van metingen van milieuvreemde stoffen in (een selectie) van de meetlocaties in het freatische grondwater. Dit kan als een early-warning meetnet worden gezien.
- Het uitbreiden van metingen in de diepte. We weten nu dat het grondwater tot 25 meter is beïnvloed met bestrijdingsmiddelen, maar niet tot hoe diep dit front rijkt. Mogelijk kunnen bestaande diepere (kwantiteits)meetpunten hiervoor gebruikt worden.
- Aan de andere kant kan gekeken worden of het grondwatermeetnet op andere locaties verminderd kan worden. Het is echter minder gewenst om lange meetreeksen te onderbreken. In de meetnetevaluatie kan beoordeeld worden of er meetreeksen zijn, die veel onderbroken en daarom minder waardevol zijn.
- Overwegen of de huidige monsternamen in het bodemkwaliteitsmeetnet efficiënter kan. In hoeverre zijn deze metingen nog van belang? En kan het meetprogramma geoptimaliseerd worden (minder metingen in de tijd, minder boringen per meetpunt of minder meetpunten)?
- Overwegen of een leeftijdsbepaling van het grondwater van toegevoegde waarde is. Dit geeft meer inzicht in de herkomst van het water en de reistijd van grondwater. Met dit gegeven kunnen betere trendanalyses worden uitgevoerd.

## Literatuur

Alterra (2008). 30 vragen en antwoorden over fosfaat in relatie tot landbouw en milieu.

Alterra (2013). Integrale rapportage bodem- en grondwaterkwaliteit Drenthe. Alterra-rapport 2419.

Bkmw (2009). Besluit kwaliteitseisen en monitoring water. Besluit van 30 november 2009, houdende regels ter uitvoering van de milieudoelstellingen van de kaderrichtlijn water.

Careghini, A., F. Mastorgio, S. Saponaro en E. Sezenna (2015). Bisphenol A, nonylphenols, benzophenones, and benzotriazoles in soils, groundwater, surface water, sediments, and food: a review, *Environ Sci Pollut Res* 22:5711–5741 DOI 10.1007/s11356-014-3974-5.

Drinkwaterbesluit (2011). Besluit van 23 mei 2011, houdende bepalingen inzake de productie en distributie van drinkwater en de organisatie van de openbare drinkwatervoorziening.

Expertisecentrum PFAS (2018). Poly- en PerFluor Alkyl Stoffen (PFAS) Kennisdocument over stofeigenschappen, gebruik, toxicologie, onderzoek en sanering van PFAS in grond en grondwater.

Hauswirth S. (2008). Dimethylsulfamid im Grund- und Trinkwasser – der Schadstoff des Jahres? In: *Das Gesundheitswesen*. Band 70, Nr. 3, 2008, 38, doi:10.1055/s-2008-1076545.

Kivits, T., H.P. Broers, H. Beeltje, M. van Vliet en J. Griffioen (2018). Presence and fate of veterinary antibiotics in age-dated groundwater in areas with intensive livestock farming. *Environmental Pollution* 241: 988-998.

KIWA, 1999. Prognose van de chemische samenstelling van het onttrokken grondwater op pompstation Dinxperlo. Opdrachtnummer 30.3178.018. december 1999.

KWR (2020). Grondwaterkwaliteit Nederland 2020 Anorganische parameters, bestrijdingsmiddelen, farmaceutica en overige verontreinigende stoffen in de grondwatermeetnetten van de provincies KWR 2020.067.

Landelijke Werkgroep Grondwater (2019). Protocol voor toestand- en trendbeoordeling van grondwaterlichamen KRW - Herzien 2019.

LNV (2019). Niet alles kan – Eerste advies van het Adviescollege Stikstofproblematiek. In Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

LNV (2020). Niet alles kan overal- Eindadvies over structurele aanpak Adviescollege Stikstofproblematiek. In Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

OECD (2015). Working towards a global emission inventory of pfass: focus on PFCAS - status quo and the way forward. OECD Environment, Health and Safety Publications Series on Risk Management No. 30.

PBL (2010). Zure regen. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

Regeling bodemkwaliteit (2007). Regeling van 13 december 2007, nr. DJZ2007124397, houdende regels voor de uitvoering van de kwaliteit van de bodem.

RIVM (1995) Eindrapport Additioneel Programma Verzuuringsonderzoek, derde fase (1991-1994). Rapport 200-09.

RIVM (2010). De kwaliteit van ondiep en middeldiep grondwater in Nederland in het jaar 2008 en de verandering daarvan in 1984-2008.

RIVM (2013). De risico's van Bisfenol A (BPA). Factsheet december 2013.

RIVM (2014). Sulfaat in grondwater en oppervlaktewater in Nederland Overzicht van meetresultaten van nationale meetnetten RIVM Briefrapport 2014-0120.

RIVM (2016). Geneesmiddelen en waterkwaliteit. RIVM Briefrapport 2016-0111.

RIVM (2016b) Bestrijdingsmiddelen in grondwater bij drinkwaterwinningen: huidige belasting en mogelijke maatregelen. RIVM Rapport 2016-0083.

RIVM (2017). Actualisering van de trendmodellering van gemeten nitraatconcentraties bij landbouwbedrijven Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid. RIVM Rapport 2016-0211.

RIVM (2020). Bronnen van PFAS voor het Nederlandse oppervlaktewater.

RIVM (2020b). Memo: beleidsmatig vaststellen niet-relevantie van metabolieten van gewasbeschermingsmiddelen.

RIVM (2020c). Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland; toestand (2016-2019) en trend (1992-2019). RIVM rapport 2020-0121.

RIVM (2021). Landsdekkend beeld van PFAS in Nederlands grondwater. RIVM-briefrapport 2021-0205.

RIVM (2021b). Risicogrenzen ten behoeve van de vaststelling van Interventiewaarden voor PFOS, PFOA en GenX. RIVM briefrapport 20 juli 2021.

RIVM (2022). Impact Assessment Interventiewaarden PFAS. Bijlage 1 horend bij DMG-2022-0014.

RIWA (2015). Jaarrapport 2014 De Maas. RIWA - Vereniging van Rivierwaterbedrijven.

Royal HaskoningDHV (2020). KRW Trendanalyse Grondwaterkwaliteit.

Royal HaskoningDHV (2020b). Belasting van grondwater met gewasbeschermingsmiddelen.

Swartjes, F.A., A.M.A. van der Linden en N.G.F.M. van der Aa 2016. Bestrijdingsmiddelen in grondwater bij drinkwaterwinningen: huidige belasting en mogelijke maatregelen RIVM Rapport 2016-0083.

TNO-IGG (1991). Ontwerp van het primaire grondwaterkwaliteit meetnet van de provincie Drenthe.

VROM (1997). Ministerie van VROM, Integrale Normstelling Stoffen, Milieukwaliteitsnormen bodem, water, lucht.

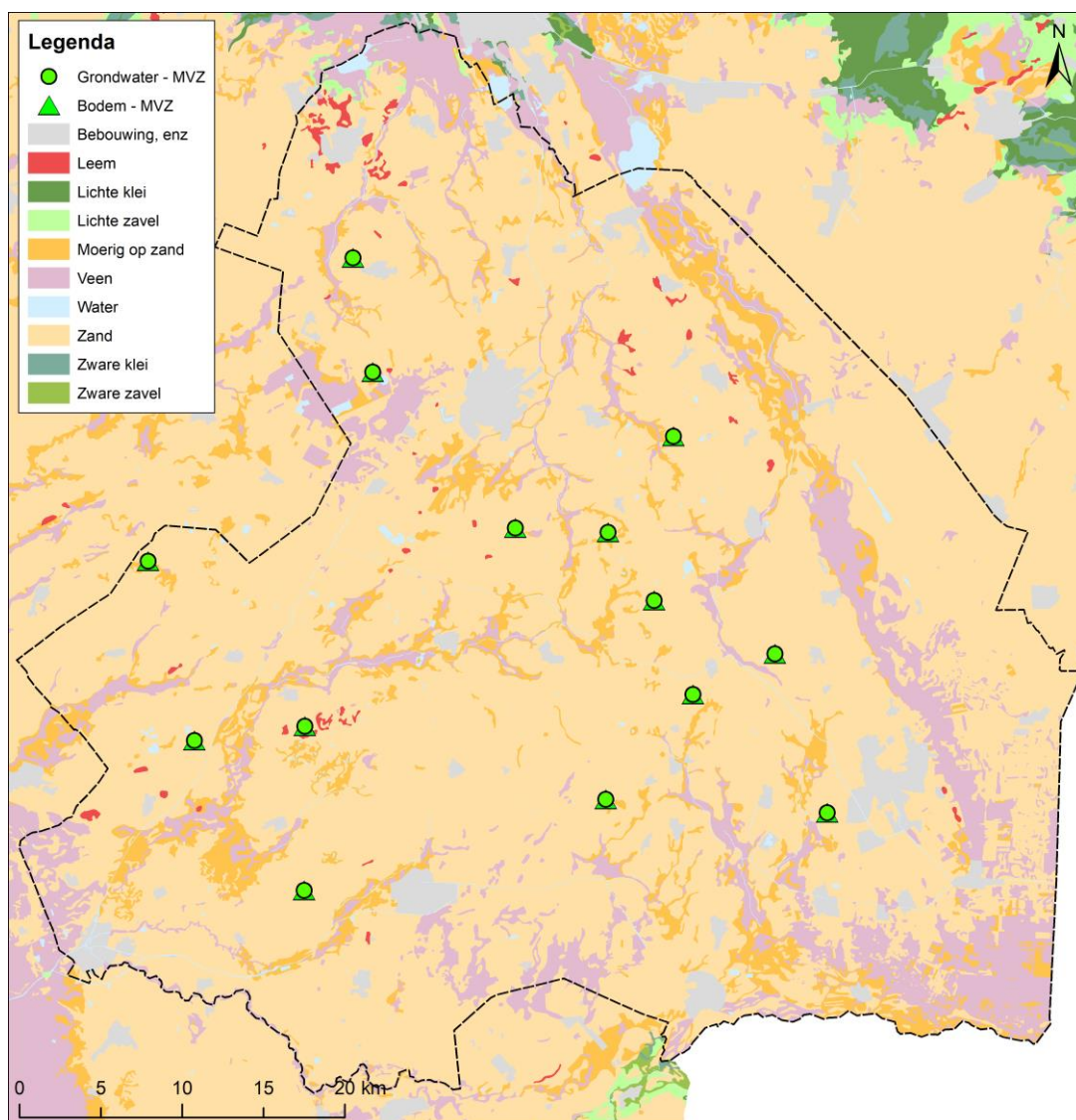
Werkgroep pyriet (2002). Over het voorkomen en de afbraak van pyriet in de Nederlandse ondergrond.

## **Bijlage 1**

### **Provinciale meetnetten bodem en grondwaterkwaliteit**

### Provinciaal Meetnet Verzuring (MV)

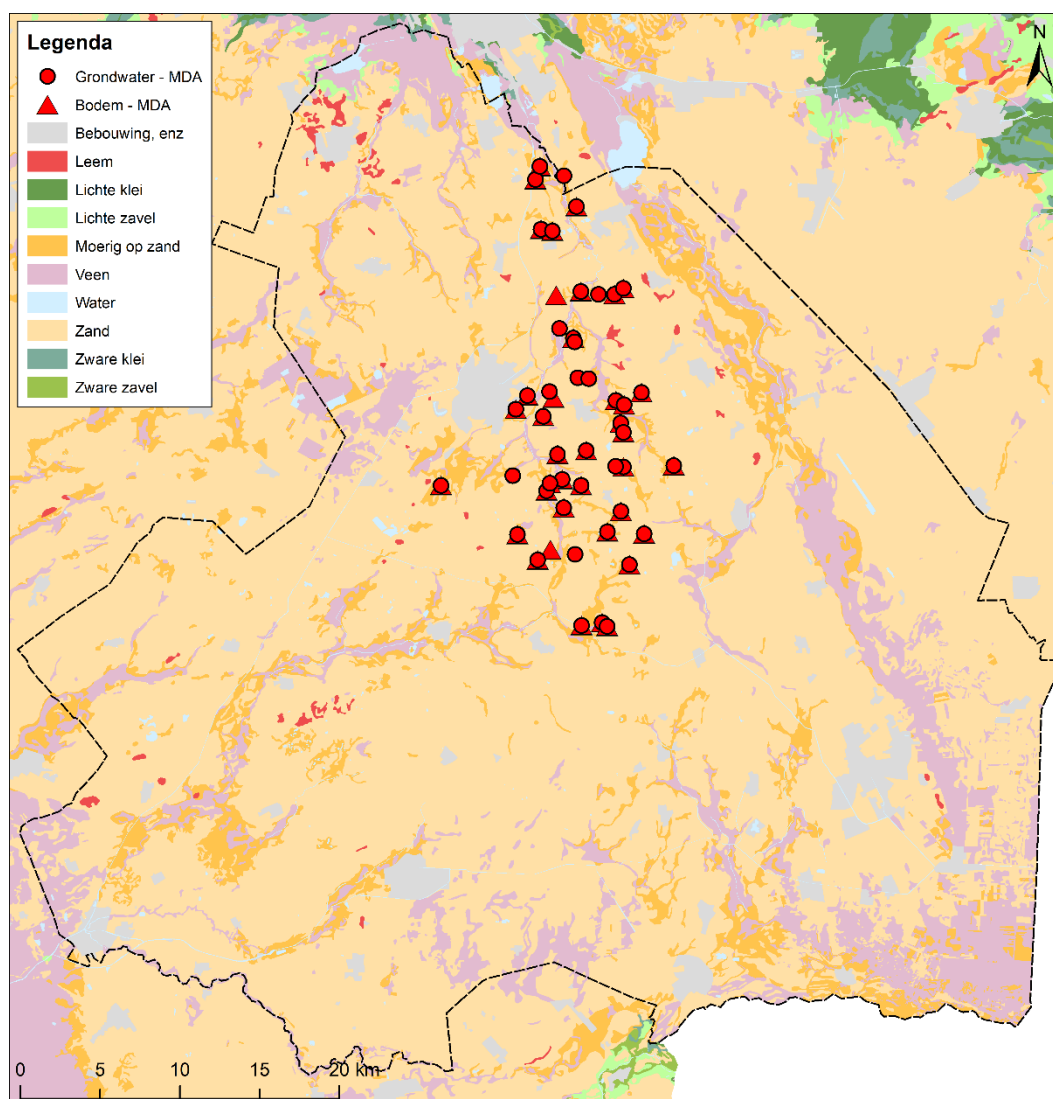
Het Provinciaal Meetnet Verzuring (MV) meet sinds 1993 de kwaliteit van de bodem en het freatische grondwater uit peilbuizen. Er is gestart met zeven meetpunten en in 1999 zijn daar acht meetpunten bijgekomen, waarvan er ook weer één is afgefallen in 2000. Er zijn dus 14 meetpunten (figuur b1- 1). De meetpunten liggen allen in naaldbossen op zandgrond, omdat daar de meeste verzuring optreedt. De kwaliteit van het freatisch grondwater wordt jaarlijks gemeten en die van de bodem doorgaans elke vier. Bij elke bodemronde worden ook de zware metalen gemeten. Freatisch grondwater is elk jaar met uitzondering van 2017 bemonsterd.



Figuur B1- 1: Locaties van de meetpunten (bodem en grondwater) van het Provinciaal Meetnet Verzuring.

### Meetnet Bodemkwaliteit Drentsche Aa / Elperstroom (MDA)

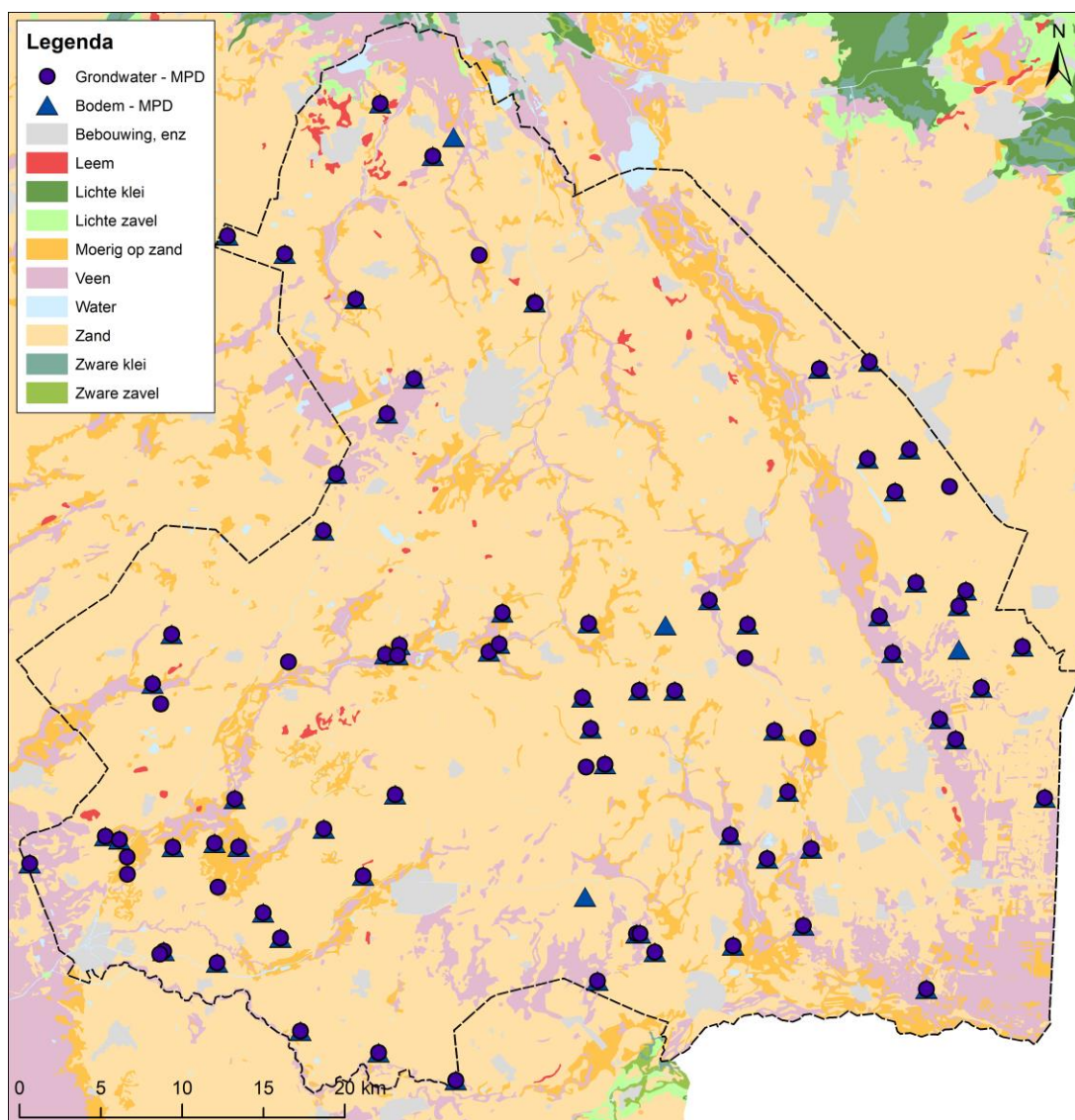
Het meetnet Bodemkwaliteit Drentsche Aa / Elperstroom (MDA) meet sinds 1994 regelmatig, circa elke twee jaar, de kwaliteit van de bodem (met daarbij elke acht jaar ook de zware metalen) en meet sinds 1995 elk jaar de kwaliteit van het freatisch grondwater. Het grondwater wordt bemonsterd met de snelle peilbuismethode. Dat wil zeggen dat een tijdelijk boorgat wordt gemaakt waaruit een grondwatermonster wordt genomen. Dit meetnet bestaat nu uit 67 meetpunten (figuur b1- 2) op zand- of veengrond, waarvan 37 in landbouwgebieden en 30 in natuurgebieden (21 in natuur/bos en negen in natuurlijk beheerd grasland). In de laatste 10 jaar is alleen in 2013, 2015 en 2018/2019 een meetronde uitgevoerd voor de bodemkwaliteit. Freatisch grondwater is elk jaar bemonsterd.



Figuur B1- 2: Locaties van de meetpunten (bodem en grondwater) van meetnet Bodemkwaliteit Drentsche Aa / Elperstroom (MDA).

### Meetnet Provincie Drenthe Bodemkwaliteit (MPD)

Het meetnet Provincie Drenthe Bodemkwaliteit (MPD) meet sinds 1996 elke vier jaar de kwaliteit van de bodem (met daarbij elke acht jaar ook de zware metalen) en meet sinds 1997 elk jaar de kwaliteit van het freatisch grondwater. Het grondwater wordt bemonsterd met de snelle peilbuismethode. Dat wil zeggen dat een tijdelijk boorgat wordt gemaakt waaruit een grondwatermonster wordt genomen. Het meetnet bestaat momenteel uit 124 meetpunten, die allemaal in landbouwgebieden liggen, op zand- of veengrond. Het meetnet is in 2002 uitgebreid met 31 meetpunten bij landbouwbedrijven bij circa 100 melkveebedrijven. De monitoring is gericht op het terugdringen van nutriëntverliezen, door beter gebruik te maken van de nutriëntenkringlopen. In de laatste 10 jaar zijn alleen in 2013, 2017 en 2020 een meetronde uitgevoerd voor de bodemkwaliteit. Freatisch grondwater is elk jaar bemonsterd.



Figuur B1- 3: Locaties van de meetpunten (bodem en grondwater) van meetnet Provincie Drenthe Bodemkwaliteit (MPD).

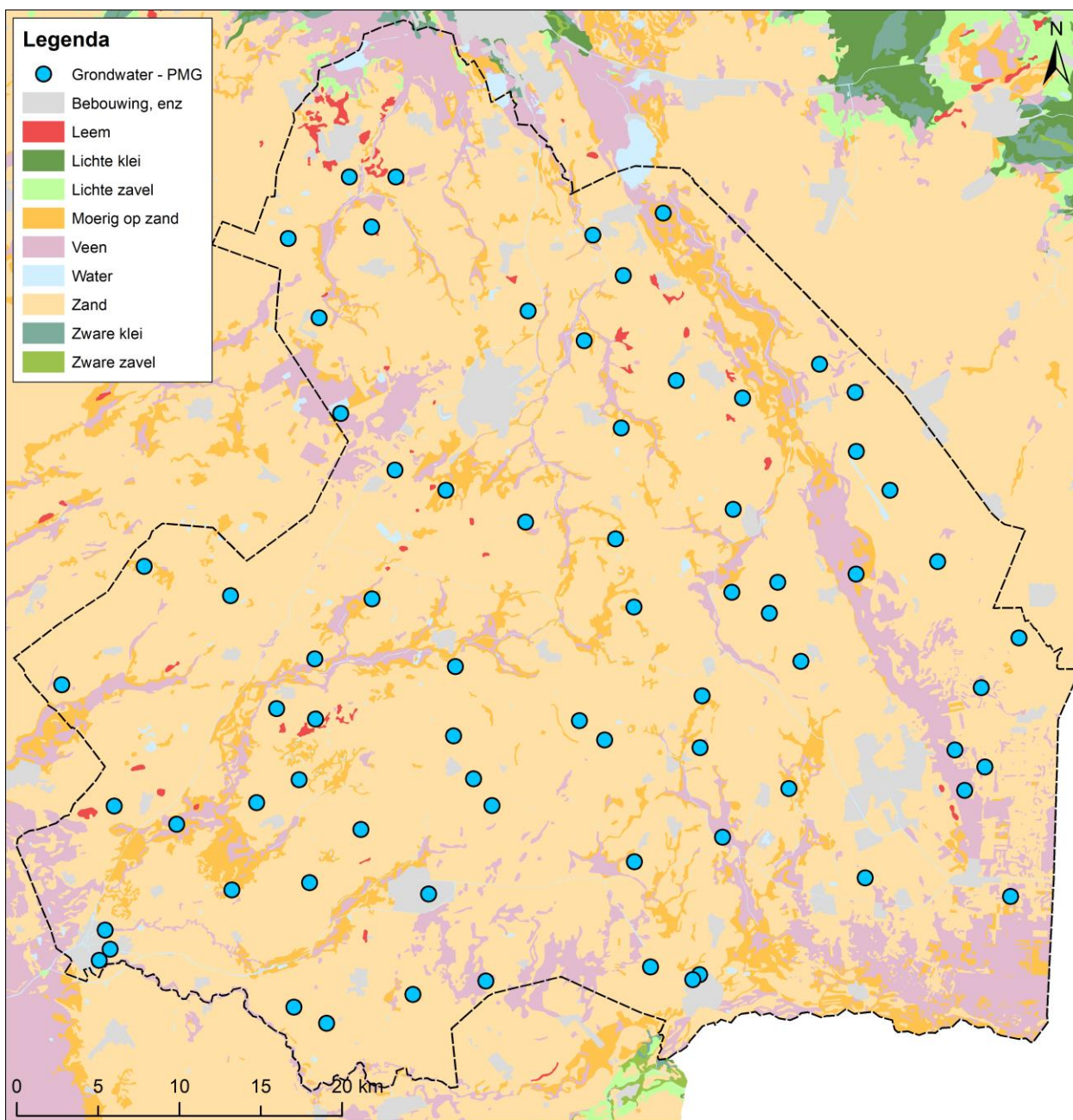
**Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit en Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (PMG/LMG)**

Combinatie van PMG en LMG omvat 90 peilbuisfilters (figuur b1- 4).

- a. Het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) meet sinds 1984 jaarlijks de kwaliteit van het ondiepe en het diepe grondwater in Nederland en omvat momenteel 28 meetpunten in Drenthe. De meetpunten zijn geselecteerd op basis van landgebruik, bodemtype en geohydrologische situatie (met als klassen infiltratie, intermediair en kwel). De meeste meetpunten hebben drie filters van elk twee meter lang. De ondiepe filters (aangeduid als filter 1) liggen meestal ergens tussen acht en twaalf meter onder maaiveld en de diepe filters (aangeduid als filter 3) ergens tussen 20 en 27 meter onder maaiveld. Er is ook nog een tussenliggend filter (aangeduid als filter 2), maar dat is een reservefilter dat slechts sporadisch wordt bemeten.
- b. Het Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit (PMG) meet sinds 1993 jaarlijks de kwaliteit van het ondiepe en het diepe grondwater en bestaat uit 68 meetpunten. Deze zijn net als de meetpunten van het LMG geselecteerd op basis van landgebruik, bodemtype en geohydrologische situatie. Verder hebben ze dezelfde filterdiepten als de meetpunten van het LMG.

Het PMG/LMG bestaat uit 90 meetpunten en niet uit 96 (= 68 + 28), aangezien zes meetpunten zowel in het PMG als in het LMG zijn opgenomen. In één van deze zes meetpunten meet het LMG filters 1 en 2 en het PMG filter 3, terwijl in de overige vijf het LMG de drie filters meet en het PMG alleen filter 3. Elk van deze meetnetten heeft als belangrijkste doelstellingen het beschrijven van de toestand en van de toestandswijzigingen (trends).

Metingen in het PMG worden gedaan ten behoeve van de KRW monitoring. Hiervoor is uit het PMG en LMG een deelverzameling van meetpunten geselecteerd. Alleen deze meetpunten worden gebruikt voor de KRW monitoring. Recente KRW meetjaren waren 2012, 2015, 2018 en 2021. Er worden ook meetrondes uitgevoerd in de PMG meetpunten die niet in het KRW meetnet zijn opgenomen. Dit is de afgelopen 10 jaar gebeurd in 2013, 2014, 2016, 2018 en 2021.



*Figuur B1- 4: Locaties van de meetpunten (grondwater van het Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit en Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (PMG/LMG)).*

## **Bijlage 2**

### **Lijst met monsterpunten**

**Bijlage 2a Meetnet verzuring**

| <b>Naam</b> | <b>X</b> | <b>Y</b> | <b>Landgebruik</b> | <b>Bodem</b> | <b>Gebiedstype</b> |
|-------------|----------|----------|--------------------|--------------|--------------------|
| MVZ001      | 225028   | 565775   | natuur/bos         | zand         | nbz                |
| MVZ002      | 235017   | 549145   | natuur/bos         | zand         | nbz                |
| MVZ003      | 240720   | 548884   | natuur/bos         | zand         | nbz                |
| MVZ004      | 245945   | 538905   | natuur/bos         | zand         | nbz                |
| MVZ005      | 222072   | 536949   | natuur/bos         | zand         | nbz                |
| MVZ006      | 215283   | 536066   | natuur/bos         | zand         | nbz                |
| MVZ007      | 222022   | 526855   | natuur/bos         | zand         | nbz                |
| MVZ008      | 226239   | 558745   | natuur/bos         | zand         | nbz                |
| MVZ009      | 212436   | 547102   | natuur/bos         | zand         | nbz                |
| MVZ010      |          |          | natuur/bos         | zand         | nbz                |
| MVZ011      | 244735   | 554794   | natuur/bos         | zand         | nbz                |
| MVZ012      | 250992   | 541412   | natuur/bos         | zand         | nbz                |
| MVZ013      | 243557   | 544686   | natuur/bos         | zand         | nbz                |
| MVZ014      | 240583   | 532455   | natuur/bos         | zand         | nbz                |
| MVZ015      | 254194   | 531632   | natuur/bos         | zand         | nbz                |

**Bijlage 2b Meetnet Bodemkwaliteit Drentsche Aa / Elperstroom (MDA)**

| Naam   | X      | Y      | Landgebruik  | Hydrologie | Gebiedstype |
|--------|--------|--------|--------------|------------|-------------|
| MDA001 | 240785 | 563271 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA002 | 239020 | 562180 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA003 | 238338 | 561131 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA004 | 239520 | 566480 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA005 | 236850 | 572850 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA006 | 238620 | 570703 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA007 | 235410 | 551908 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA008 | 242310 | 545980 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA009 | 238420 | 548130 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA010 | 236830 | 570461 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA011 | 237531 | 550963 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA012 | 237580 | 552930 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA013 | 238608 | 549908 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA014 | 238175 | 546930 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA015 | 241006 | 542706 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA016 | 232400 | 553600 | Nat grasland | Eerdveen   | gV          |
| MDA017 | 237119 | 571288 | Grasland     | Podzol     | gZ          |
| MDA018 | 237179 | 567353 | Grasland     | Podzol     | gZ          |
| MDA019 | 238128 | 563211 | Grasland     | Podzol     | gZ          |
| MDA020 | 241792 | 563270 | Grasland     | Podzol     | gZ          |
| MDA021 | 237323 | 555636 | Grasland     | Podzol     | gZ          |
| MDA022 | 242190 | 555217 | Grasland     | Podzol     | gZ          |
| MDA023 | 238000 | 554150 | Grasland     | Podzol     | gZ          |
| MDA024 | 230907 | 551301 | Grasland     | Podzol     | gZ          |
| MDA025 | 237898 | 567236 | Grasland     | Podzol     | gZ          |
| MDA026 | 235400 | 550650 | Grasland     | Podzol     | gZ          |
| MDA027 | 236800 | 551750 | Grasland     | Podzol     | gZ          |
| MDA028 | 239703 | 551298 | Grasland     | Podzol     | gZ          |
| MDA029 | 243700 | 549600 | Grasland     | Podzol     | gZ          |
| MDA030 | 242723 | 546338 | Grasland     | Podzol     | gZ          |
| MDA031 | 239721 | 542528 | Grasland     | Podzol     | gZ          |
| MDA032 | 242347 | 563647 | Bouwland     | Podzol     | bZ          |
| MDA033 | 241100 | 564570 | Bouwland     | Podzol     | bZ          |
| MDA034 | 239204 | 560535 | Bouwland     | Podzol     | bZ          |
| MDA035 | 241884 | 556625 | Bouwland     | Podzol     | bZ          |
| MDA036 | 243490 | 557131 | Bouwland     | Podzol     | bZ          |
| MDA037 | 242396 | 556349 | Bouwland     | Podzol     | bZ          |
| MDA038 | 235598 | 556072 | Bouwland     | Podzol     | bZ          |
| MDA039 | 242347 | 554620 | Bouwland     | Podzol     | bZ          |
| MDA040 |        |        | Bouwland     | Podzol     | bZ          |
| MDA041 | 238213 | 553252 | Bouwland     | Podzol     | bZ          |
| MDA042 | 240019 | 553490 | Bouwland     | Podzol     | bZ          |
| MDA043 | 242355 | 552460 | Bouwland     | Podzol     | bZ          |
| MDA044 | 238512 | 551675 | Bouwland     | Podzol     | bZ          |
| MDA045 | 238870 | 551020 | Bouwland     | Podzol     | bZ          |
| MDA046 | 241335 | 542473 | Bouwland     | Podzol     | bZ          |
| MDA047 | 239398 | 568780 | natuur/bos   | Podzol     | Nbz         |
| MDA048 | 239686 | 563449 | natuur/bos   | Podzol     | Nbz         |

|        |        |        |            |        |     |
|--------|--------|--------|------------|--------|-----|
| MDA049 | 237739 | 551444 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA050 | 242203 | 549685 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA051 | 243650 | 548271 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA052 | 236326 | 556933 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA053 | 237970 | 556780 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA054 | 245504 | 552541 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA055 | 233770 | 548135 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA056 | 235700 | 548225 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA057 | 236976 | 546634 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA058 | 237776 | 547270 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA059 | 239320 | 546987 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA060 | 241347 | 548399 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA061 | 235800 | 549375 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA062 | 239293 | 560294 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA063 | 239488 | 558046 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA064 | 240176 | 557995 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA065 | 230340 | 554240 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA066 | 237714 | 557180 | natuur/bos | Podzol | Nbz |
| MDA067 | 241869 | 552500 | natuur/bos | Podzol | Nbz |

**Bijlage 2c Meetnet Provincie Drenthe Bodemkwaliteit (MPD)**

| Naam   | Compartiment    | X      | Y      | Landgebruik | Hydrologie | Bodem             | Gebiedstype |
|--------|-----------------|--------|--------|-------------|------------|-------------------|-------------|
| MPD001 | GrondwaterBodem | 226710 | 575267 | grasland    | droog      | Podzol            | gPz         |
| MPD003 | GrondwaterBodem | 231220 | 573185 | grasland    | droog      | Podzol            | gPz         |
| MPD004 | GrondwaterBodem | 229953 | 572025 | grasland    | droog      | Moerig zand       | gMz         |
| MPD005 | GrondwaterBodem | 228175 | 570680 | grasland    | nat        | Moerig zand       | gMz         |
| MPD006 | GrondwaterBodem | 217313 | 567121 | grasland    | droog      | Podzol            | gPz         |
| MPD011 | GrondwaterBodem | 236204 | 563016 | grasland    | droog      | Podzol            | gPz         |
| MPD015 | GrondwaterBodem | 256795 | 559376 | bouwland    | droog      | Moerig zand       | bMz         |
| MPD016 | GrondwaterBodem | 253724 | 558937 | bouwland    | droog      | Moerig zand       | bMz         |
| MPD017 | GrondwaterBodem | 228792 | 558328 | bouwland    | nat        | Veenkoloniaal dek | bVe         |
| MPD018 | GrondwaterBodem | 247785 | 555890 | bouwland    | droog      | Podzol            | bPz         |
| MPD021 | GrondwaterBodem | 259259 | 553977 | bouwland    | droog      | Veenkoloniaal dek | bVe         |
| MPD022 | GrondwaterBodem | 256685 | 553402 | bouwland    | droog      | Moerig zand       | bMz         |
| MPD025 | GrondwaterBodem | 258381 | 551381 | bouwland    | droog      | Moerig zand       | bMz         |
| MPD029 | GrondwaterBodem | 223213 | 548985 | grasland    | droog      | Moerig zand       | gMz         |
| MPD033 | GrondwaterBodem | 217697 | 545520 | grasland    | nat        | Moerig zand       | gMz         |
| MPD036 | GrondwaterBodem | 234217 | 543931 | grasland    | droog      | Podzol            | gPz         |
| MPD037 | GrondwaterBodem | 244250 | 543150 | bouwland    | droog      | Podzol            | bPz         |
| MPD038 | GrondwaterBodem | 246945 | 544703 | bouwland    | nat        | Veenkoloniaal dek | bVe         |
| MPD039 | GrondwaterBodem | 249035 | 544729 | bouwland    | droog      | Podzol            | bPz         |
| MPD041 | GrondwaterBodem | 259663 | 545775 | bouwland    | droog      | Moerig zand       | bMz         |
| MPD042 | GrondwaterBodem | 262302 | 544347 | bouwland    | droog      | Moerig zand       | bMz         |
| MPD043 | GrondwaterBodem | 262727 | 545293 | bouwland    | droog      | Moerig zand       | bMz         |
| MPD044 | GrondwaterBodem | 257407 | 543717 | bouwland    | droog      | Veenkoloniaal dek | bVe         |
| MPD045 | GrondwaterBodem | 213886 | 542613 | grasland    | droog      | Podzol            | gPz         |
| MPD046 | GrondwaterBodem | 266216 | 541837 | bouwland    | droog      | Podzol            | bPz         |
| MPD047 | GrondwaterBodem | 262300 | 541658 | bouwland    | nat        | Veenkoloniaal dek | bVe         |
| MPD048 | GrondwaterBodem | 241372 | 540965 | bouwland    | droog      | Podzol            | bPz         |
| MPD051 | GrondwaterBodem | 212715 | 539556 | grasland    | nat        | Madeveen          | gMv         |
| MPD052 | GrondwaterBodem | 227031 | 541368 | grasland    | nat        | Madeveen          | gMv         |
| MPD054 | GrondwaterBodem | 251947 | 541073 | bouwland    | droog      | Podzol            | bPz         |
| MPD055 | GrondwaterBodem | 263682 | 539308 | bouwland    | droog      | Veenkoloniaal dek | bVe         |
| MPD057 | GrondwaterBodem | 261124 | 537388 | bouwland    | nat        | Veenkoloniaal dek | bVe         |
| MPD058 | GrondwaterBodem | 250954 | 536671 | bouwland    | droog      | Podzol            | bPz         |
| MPD059 | GrondwaterBodem | 241689 | 536478 | bouwland    | droog      | Moerig zand       | bMz         |
| MPD060 | GrondwaterBodem | 234348 | 537473 | bouwland    | droog      | Podzol            | bPz         |
| MPD061 | GrondwaterBodem | 227633 | 532743 | grasland    | droog      | Podzol            | gPz         |

|        |                 |        |        |          |       |                   |     |
|--------|-----------------|--------|--------|----------|-------|-------------------|-----|
| MPD064 | GrondwaterBodem | 237250 | 535550 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD065 | GrondwaterBodem | 230450 | 534450 | bouwland | droog | Podzol            | bPz |
| MPD066 | GrondwaterBodem | 267576 | 532540 | bouwland | droog | Veenkoloniaal dek | bVe |
| MPD067 | GrondwaterBodem | 251781 | 532913 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD070 | GrondwaterBodem | 248231 | 530247 | grasland | nat   | Madeveen          | gMv |
| MPD072 | GrondwaterBodem | 209804 | 530175 | grasland | droog | Moerig zand       | gMz |
| MPD073 | GrondwaterBodem | 210676 | 529972 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD074 | GrondwaterBodem | 213955 | 529512 | grasland | nat   | Moerig zand       | gMz |
| MPD075 | GrondwaterBodem | 217998 | 529515 | grasland | nat   | Madeveen          | gMv |
| MPD076 | GrondwaterBodem | 223240 | 530645 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD078 | GrondwaterBodem | 253216 | 529407 | grasland | nat   | Madeveen          | gMv |
| MPD080 | GrondwaterBodem | 250517 | 528799 | bouwland | droog | Podzol            | bPz |
| MPD082 | GrondwaterBodem | 237466 | 528617 | bouwland | droog | Moerig zand       | bMz |
| MPD083 | GrondwaterBodem | 205158 | 528502 | grasland | droog | Moerig zand       | gMz |
| MPD084 | GrondwaterBodem | 214890 | 527542 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD085 | GrondwaterBodem | 225652 | 527742 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD086 | GrondwaterBodem | 254950 | 527900 | bouwland | droog | Moerig zand       | bMz |
| MPD089 | GrondwaterBodem | 239300 | 526450 | bouwland | droog | Moerig zand       | bMz |
| MPD090 | GrondwaterBodem | 225462 | 526144 | grasland | nat   | Madeveen          | gMv |
| MPD091 | GrondwaterBodem | 217629 | 526608 | grasland | nat   | Moerig zand       | gMz |
| MPD092 | GrondwaterBodem | 219517 | 525464 | grasland | droog | Moerig zand       | gMz |
| MPD093 | GrondwaterBodem | 260551 | 523971 | bouwland | droog | Moerig zand       | bMz |
| MPD095 | GrondwaterBodem | 248408 | 523449 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD096 | GrondwaterBodem | 243599 | 523054 | grasland | droog | Moerig zand       | gMz |
| MPD097 | GrondwaterBodem | 242484 | 524187 | bouwland | droog | Veenkoloniaal dek | bVe |
| MPD098 | GrondwaterBodem | 213390 | 523113 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD100 | GrondwaterBodem | 238650 | 522050 | bouwland | nat   | Veenkoloniaal dek | bVe |
| MPD102 | GrondwaterBodem | 260300 | 520777 | bouwland | droog | Veenkoloniaal dek | bVe |
| MPD105 | GrondwaterBodem | 221810 | 518189 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD106 | GrondwaterBodem | 231365 | 515160 | grasland | nat   | Moerig zand       | gMz |
| MPD107 | GrondwaterBodem | 231050 | 574300 | grasland | nat   | Madeveen          | gMv |
| MPD108 | GrondwaterBodem | 225195 | 563224 | grasland | nat   | Madeveen          | gMv |
| MPD109 | GrondwaterBodem | 217759 | 532472 | grasland | nat   | Madeveen          | gMv |
| MPD110 | GrondwaterBodem | 232550 | 536100 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD116 | GrondwaterBodem | 231285 | 530640 | grasland | droog | Moerig zand       | gMz |
| MPD117 | GrondwaterBodem | 262104 | 536144 | bouwland | nat   | Veenkoloniaal dek | bVe |
| MPD118 | GrondwaterBodem | 252725 | 524680 | bouwland | nat   | Veenkoloniaal dek | bVe |
| MPD119 | GrondwaterBodem | 224013 | 552473 | bouwland | droog | Veenkoloniaal dek | bVe |
| MPD120 | GrondwaterBodem | 258226 | 541445 | bouwland | droog | Moerig zand       | bMz |

|        |                 |        |        |          |       |                   |     |
|--------|-----------------|--------|--------|----------|-------|-------------------|-----|
| MPD121 | GrondwaterBodem | 244821 | 539136 | bouwland | droog | Podzol            | bPz |
| MPD122 | GrondwaterBodem | 239655 | 536793 | bouwland | droog | Podzol            | bPz |
| MPD123 | GrondwaterBodem | 223628 | 549818 | bouwland | droog | Moerig zand       | bMz |
| MPD124 | GrondwaterBodem | 249306 | 543205 | bouwland | droog | Moerig zand       | bMz |
| MPD127 | GrondwaterBodem | 220697 | 539526 | grasland | nat   | Madeveen          | gMv |
| MPD128 | GrondwaterBodem | 216677 | 522393 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD129 | GrondwaterBodem | 226611 | 516860 | grasland | nat   | Moerig zand       | gMz |
| MPD130 | GrondwaterBodem | 216527 | 529751 | grasland | droog | Moerig zand       | gMz |
| MPD131 | GrondwaterBodem | 240076 | 521280 | bouwland | nat   | Veenkoloniaal dek | bVe |
| MPD132 | GrondwaterBodem | 227128 | 556169 | bouwland | droog | Veenkoloniaal dek | bVe |
| MPD134 | GrondwaterBodem | 248120 | 539583 | bouwland | droog | Podzol            | bPz |
| MPD135 | GrondwaterBodem | 239158 | 538711 | bouwland | droog | Podzol            | bPz |
| MPD136 | GrondwaterBodem | 235140 | 537609 | bouwland | droog | Podzol            | bPz |
| MPD137 | GrondwaterBodem | 234200 | 541750 | bouwland | droog | Podzol            | bPz |
| MPD138 | GrondwaterBodem | 247066 | 532403 | bouwland | droog | Podzol            | bPz |
| MPD139 | GrondwaterBodem | 242650 | 539145 | bouwland | droog | Podzol            | bPz |
| MPD140 | GrondwaterBodem | 242153 | 534961 | grasland | nat   | Moerig zand       | gMz |
| MPD141 | GrondwaterBodem | 233397 | 541531 | grasland | nat   | Moerig zand       | gMz |
| MPD143 | GrondwaterBodem | 220836 | 566015 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD144 | GrondwaterBodem | 220580 | 523925 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD145 | GrondwaterBodem | 242685 | 524178 | grasland | nat   | Madeveen          | gMv |
| MPD250 | GrondwaterBodem | 239375 | 534440 | bouwland | droog | Podzol            | bPz |
| MPD201 | GrondwaterBodem |        |        | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD202 | GrondwaterBodem | 242685 | 524178 | grasland | nat   | Madeveen          | gMv |
| MPD203 | GrondwaterBodem |        |        | grasland | nat   | Madeveen          | gMv |
| MPD204 | GrondwaterBodem |        |        | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD205 | GrondwaterBodem |        |        | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD206 | GrondwaterBodem | 227899 | 541935 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD207 | GrondwaterBodem | 234032 | 542011 | grasland | nat   | Madeveen          | gMv |
| MPD208 | GrondwaterBodem | 240536 | 534612 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD209 | GrondwaterBodem | 239524 | 543274 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD210 | GrondwaterBodem |        |        | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD211 | GrondwaterBodem |        |        | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD212 | GrondwaterBodem |        |        | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD213 | GrondwaterBodem | 227776 | 541308 | grasland | nat   | Madeveen          | gMv |
| MPD220 | GrondwaterBodem | 213163 | 522924 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD221 | GrondwaterBodem | 211160 | 527850 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD222 | GrondwaterBodem | 213211 | 538322 | grasland | droog | Podzol            | gPz |
| MPD223 | GrondwaterBodem | 211144 | 528905 | grasland | droog | Podzol            | gPz |

|        |                 |        |        |          |       |        |     |
|--------|-----------------|--------|--------|----------|-------|--------|-----|
| MPD224 | GrondwaterBodem |        |        | grasland | droog | Podzol | gPz |
| MPD225 | GrondwaterBodem |        |        | grasland | droog | Podzol | gPz |
| MPD228 | GrondwaterBodem |        |        | grasland | droog | Podzol | gPz |
| MPD229 | GrondwaterBodem | 236265 | 562970 | grasland | droog | Podzol | gPz |
| MPD230 | GrondwaterBodem | 232798 | 565935 | grasland | droog | Podzol | gPz |
| MPD231 | GrondwaterBodem | 261728 | 551687 | grasland | droog | Podzol | gPz |
| MPD232 | GrondwaterBodem | 249146 | 541139 | grasland | droog | Podzol | gPz |
| MPD233 | GrondwaterBodem |        |        | grasland | droog | Podzol | gPz |
| MPD234 | GrondwaterBodem |        |        | grasland | droog | Podzol | gPz |
| MPD235 | GrondwaterBodem |        |        | grasland | droog | Podzol | gPz |
| MPD236 | GrondwaterBodem |        |        | grasland | droog | Podzol | gPz |
| MPD240 | GrondwaterBodem | 253017 | 536228 | grasland | droog | Podzol | gPz |
| MPD241 | GrondwaterBodem | 221065 | 540905 | grasland | droog | Podzol | gPz |
| MPD242 | GrondwaterBodem | 216734 | 527041 | grasland | droog | Podzol | gPz |

**Bijlage 2d: Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit en Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (PMG/LMG)**

| Naam     | Compartiment | X      | Y      | Landgebruik | Hydrologie   | Bodem     |  |  |
|----------|--------------|--------|--------|-------------|--------------|-----------|--|--|
| B07C0193 | grondwater   | 229103 | 578641 | grasland    | kwel         | zand/veen |  |  |
| B12A0122 | grondwater   | 226347 | 567529 | bouwland    | infiltratie  | zand      |  |  |
| B12A0150 | grondwater   | 227843 | 570606 | grasland    | intermediair | zand      |  |  |
| B12A0151 | grondwater   | 221213 | 566821 | grasland    | infiltratie  | zand      |  |  |
| B12A0123 | grondwater   | 224944 | 570597 | natuur/bos  | infiltratie  | zand      |  |  |
| B12C0097 | grondwater   | 227781 | 552588 | bouwland    | infiltratie  | zand      |  |  |
| B12C0098 | grondwater   | 223120 | 561950 | bouwland    | intermediair | zand      |  |  |
| B12C0084 | grondwater   | 224457 | 556063 | bouwland    | intermediair | zand      |  |  |
| B12D0284 | grondwater   | 237879 | 554097 | grasland    | intermediair | zand      |  |  |
| B12D0285 | grondwater   | 235970 | 562365 | grasland    | infiltratie  | zand      |  |  |
| B12D0286 | grondwater   | 230905 | 551338 | grasland    | intermediair | zand      |  |  |
| B12D0269 | grondwater   | 239471 | 560570 | natuur/bos  | infiltratie  | zand      |  |  |
| B12E0258 | grondwater   | 241819 | 564541 | bouwland    | infiltratie  | zand      |  |  |
| B16F2055 | grondwater   | 217666 | 544862 | natuur/bos  | infiltratie  | zand      |  |  |
| B12G0114 | grondwater   | 249161 | 557010 | bouwland    | infiltratie  | zand      |  |  |
| B12G0115 | grondwater   | 248581 | 550170 | bouwland    | infiltratie  | zand      |  |  |
| B12G0116 | grondwater   | 241700 | 555170 | grasland    | infiltratie  | zand      |  |  |
| B12G0104 | grondwater   | 245069 | 558075 | bouwland    | infiltratie  | zand      |  |  |
| B12H0101 | grondwater   | 258221 | 551344 | bouwland    | intermediair | zand      |  |  |
| B12H0102 | grondwater   | 256091 | 557361 | bouwland    | intermediair | veen      |  |  |
| B12H0103 | grondwater   | 253890 | 559094 | bouwland    | intermediair | zand      |  |  |
| B16E0095 | grondwater   | 207294 | 539389 | grasland    | infiltratie  | zand      |  |  |
| B16F0046 | grondwater   | 212353 | 546664 | natuur/bos  | infiltratie  | zand      |  |  |
| B16F0014 | grondwater   | 217659 | 544817 | natuur/bos  | infiltratie  | zand      |  |  |
| B16H0088 | grondwater   | 210517 | 531929 | bouwland    | infiltratie  | zand      |  |  |
| B16H0107 | grondwater   | 219270 | 532130 | grasland    | infiltratie  | zand      |  |  |
| B16H0108 | grondwater   | 214359 | 530800 | grasland    | kwel         | zand/veen |  |  |
| B17A0101 | grondwater   | 226368 | 544659 | grasland    | intermediair | zand      |  |  |
| B17A0102 | grondwater   | 220500 | 537920 | grasland    | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17A0098 | grondwater   | 220517 | 547672 | ov          | ov           | ov        |  |  |
| B17B0150 | grondwater   | 235820 | 549385 | natuur/bos  | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17B0154 | grondwater   | 230740 | 546820 | bouwland    | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17C0157 | grondwater   | 221867 | 533541 | natuur/bos  | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17C0184 | grondwater   | 225680 | 530490 | grasland    | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17C0185 | grondwater   | 222880 | 537260 | natuur/bos  | infiltratie  | zand      |  |  |

|          |            |        |        |            |              |           |  |  |
|----------|------------|--------|--------|------------|--------------|-----------|--|--|
| B17C0186 | grondwater | 222530 | 527220 | natuur/bos | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17D0072 | grondwater | 233750 | 531950 | grasland   | intermediair | zand      |  |  |
| B17D0087 | grondwater | 232620 | 533600 | bouwland   | intermediair | zand      |  |  |
| B17D0090 | grondwater | 231380 | 536240 | grasland   | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17D0091 | grondwater | 239120 | 537180 | bouwland   | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17E0070 | grondwater | 242558 | 544216 | natuur/bos | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17E0087 | grondwater | 241352 | 548354 | natuur/bos | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17E0088 | grondwater | 246673 | 538705 | bouwland   | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17E0089 | grondwater | 248500 | 545070 | bouwland   | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17F0063 | grondwater | 253476 | 538225 | bouwland   | intermediair | zand      |  |  |
| B17F0086 | grondwater | 251320 | 545680 | bouwland   | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17F0088 | grondwater | 252740 | 540820 | bouwland   | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17F0089 | grondwater | 250800 | 543790 | natuur/bos | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17G0086 | grondwater | 240677 | 535982 | bouwland   | intermediair | zand      |  |  |
| B17G0087 | grondwater | 247923 | 530015 | grasland   | kwel         | zand/veen |  |  |
| B17G0088 | grondwater | 242500 | 528500 | bouwland   | infiltratie  | zand      |  |  |
| B17H0356 | grondwater | 252000 | 533000 | grasland   | intermediair | zand      |  |  |
| B17H0359 | grondwater | 255560 | 534600 | bouwland   | infiltratie  | zand      |  |  |
| B18A0097 | grondwater | 266162 | 542260 | bouwland   | intermediair | zand      |  |  |
| B18A0098 | grondwater | 261150 | 546960 | bouwland   | intermediair | zand      |  |  |
| B18A0099 | grondwater | 263832 | 539202 | bouwland   | intermediair | veen      |  |  |
| B18C0062 | grondwater | 264059 | 534329 | bouwland   | intermediair | veen      |  |  |
| B18C0063 | grondwater | 262222 | 535369 | bouwland   | kwel         | zand/veen |  |  |
| B18C0064 | grondwater | 265640 | 526368 | bouwland   | kwel         | zand/veen |  |  |
| B21E0182 | grondwater | 209591 | 522433 | stedelijk  |              |           |  |  |
| B21E0183 | grondwater | 209956 | 524298 | stedelijk  |              |           |  |  |
| B21F0168 | grondwater | 210260 | 523121 | stedelijk  |              |           |  |  |
| B22A0098 | grondwater | 228888 | 520345 | grasland   | infiltratie  | zand      |  |  |
| B22A0136 | grondwater | 223572 | 518573 | grasland   | intermediair | zand      |  |  |
| B22A0074 | grondwater | 221537 | 519576 | grasland   | intermediair | zand      |  |  |
| B22B0111 | grondwater | 233372 | 521173 | grasland   | intermediair | veen      |  |  |
| B22E0087 | grondwater | 245973 | 524031 | grasland   | intermediair | zand      |  |  |
| B22E0138 | grondwater | 243500 | 522030 | grasland   | intermediair | zand      |  |  |
| B22E0140 | grondwater | 246514 | 521560 | stedelijk  |              |           |  |  |
| B22E0141 | grondwater | 246095 | 521250 | stedelijk  |              |           |  |  |
| B22E0095 | grondwater | 247868 | 523327 | grasland   | infiltratie  | zand      |  |  |

## **Bijlage 3**

### **Databeheer**

### Databeheer en gemaakte verbeteringen

Alle meetgegevens van bodem- en grondwaterkwaliteit zijn opgeslagen in een Dawaco-databestand. De Dawaco-database bevat alle gevalideerde meetgegevens, ook van voorgaande jaren en de kenmerken van de peilbuizen en bodemmeetpunten. Uit Dawaco zijn exportbestanden gemaakt ten behoeve van de data-analyse.

### Consistente lijst van monsterpunten en bemonsteringstrajecten

Als eerste is een overzicht gemaakt met unieke en logische namen van de meetpunten van de verschillende meetnetten. Het is belangrijk dat voor een uniek monsterpunt altijd dezelfde naam wordt gebruikt. Op die manier wordt de data in Dawaco onder dezelfde velden opgeslagen en is het mogelijk om trendanalyses per monsterpunt uit te kunnen voeren. Meetpunten met monsters voor bodem en grondwater hebben we eenzelfde code gegeven, zodat gegevens van bodem en grondwater met elkaar vergeleken kunnen worden. Bij de controle kwamen we de volgende aandachtspunten tegen:

1. Voor bodemmonsters worden in de aangeleverde data verschillende namen gehanteerd per dieptetraject. Bijvoorbeeld:
  - a. mda010gm BKM DA perceel 10 G mengmonster.
  - b. mda010ba BKM DA perceel 10 traject 0-10.
  - c. mda010bb BKM DA perceel 10 traject 0-25.
2. Dit is opgelost door in Dawaco het monsterpunt mda010 te noemen en een specificatie op te nemen van het monstertraject. Voor mengmonsters is het totale bemonsterde traject gebruikt.
3. Bij verschillende bestanden is niet opgegeven welk dieptetraject het betreft. Deze gegevens zijn aangevuld op basis van aangeleverde informatie door de provincie.
4. Inconsistenties in format en naamgeving van monsterpunten zijn verbeterd.
5. Missende gegevens van monsterpunten zijn aangevuld.

De gehele lijst met monsterpunten is opgenomen in bijlage 2.

### Nieuwe parameterlijst

We hebben een nieuwe parameterlijst opgesteld met vermelding van de Aquo-code en het CAS-nummer. Dit geeft een lijst met unieke stofnamen. In het originele Dawaco bestand kwamen nog dubbele of soms drie dubbele stofnamen voor. Een voorbeeld is het afbraakproduct BAM dat drie keer voorkwam in de originele Dawaco database met de volgende namen:

- 2,6-Dichloorbenzamide
- 2,6-dichloorbenzamide BAM
- BAM

De aanwezige stofnamen zijn gekoppeld aan de BRO-tabel. Van de in totaal 450 unieke parameters waren er 350 stoffen snel te koppelen via de naam, omschrijving of CAS-nummer. Voor 100 stoffen was dit niet het geval. Hiervoor moest uitgebreider gezocht worden om te kunnen koppelen. Soms is dit een kwestie van Nederlandse en Engelse stofnamen, maar het kan ook zijn dat er meerdere synoniemen per stofnaam gebruikt worden. Aan de hand van de molecuulformule en internetbronnen is bepaald welke synoniemen voor een stof gebruikt worden. Wanneer de stofnaam ontbrak is een nieuwe stofnaam toegevoegd aan Dawaco.

Sommige parameters waren in het originele bestand opgeslagen met twee verschillende meeteenheden. Bijvoorbeeld NH<sub>4</sub> en NO<sub>3</sub> kunnen als N mg/l worden weergegeven of als de concentratie voor het gehele molecuul (NH<sub>4</sub> of NO<sub>3</sub>). We lezen standaard de concentratie in als N mg/l. Hetzelfde geldt voor PO<sub>4</sub> dat we inlezen als P mg/l. Hardheid was zowel opgenomen in Duitse hardheid (Dh) als in mmol/l.

Er waren de nodige vragen over de betekenis van sommige stofnamen. De omschrijving van sommige namen was cryptisch en hiervoor was een nadere verklaring nodig van de provincie of het laboratorium dat de analyses had uitgevoerd.

De verbetering in stofnamen is integraal uitgevoerd voor de Dawaco database van Drenthe en Groningen, zodat voor beide provincies dezelfde unieke stofnamen en parameternummers worden gebruikt. In tabel b3- 1 wordt samengevat welke stofnamen zijn samengevoegd en voor welke naam is gekozen. Het kwam soms ook voor dat er dubbele stofnamen voorkwamen waarbij onderliggende data niet was ingevoerd bij één van twee stofnamen, voor zowel provincie Groningen als Drenthe. In dat geval is de stofnaam met ontbrekende data verwijderd uit de database (tabel b3- 2).

*Tabel B3- 1: Verbetering in dubbele stofnamen met vermelding van de oude en verwijderde naam en de gehanteerde naam. De stofnamen zijn integraal verbeterd voor de Groningen en Dawaco database.*

| Data aanwezig | Oude naam (vervallen)                                | Gehanteerde naam                        | Eenheid | Casnr.      |
|---------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------|-------------|
| Gr en Dr      | 2,4-DP (dichlorprop)                                 | dichloorprop                            | µg/l    | 120-36-5    |
| Gr en Dr      | BAM<br>2,6-dichloorbenzamide BAM                     | 2,6-Dichloorbenzamide                   | µg/l    | 2008-58-4   |
| Gr en Dr      | simazin                                              | simazine                                | µg/l    | 122-34-9    |
| Gr en Dr      | opgz-t                                               | Totaal opgeloste zouten<br>(berekend)   | mg/l    |             |
| Gr en Dr      | 12CL2PA                                              | 1,2-dichloorpropan                      | µg/l    | 78-87-5     |
| Gr en Dr      | Methyl tert-butylether<br>methyl-t-butylether (MtBE) | MTBE, methyl-tertiar-<br>butylether     | µg/l    | 1634-04-4   |
| Gr            | boor                                                 | B                                       | µg/l    | 7440-42-8   |
| Gr en Dr      | geleidendheid                                        | EGV - Lab                               | mS/m    | NVT         |
| Gr            | IC-BROMI-W                                           | bromide                                 | µg/l    | 24959-67-9  |
| Gr            | IC-CHLOR-W                                           | Cl                                      | mg/l    | 16887-00-6  |
| Gr            | IC-FLUOR-W                                           | fluoride                                | mg/l    | 16984-48-8  |
| Gr            | n-decaan                                             | decaan                                  | µg/l    | 124-18-5    |
| Gr en Dr      | OPGPO4                                               | Totaal fosfaat                          | mg/l P  |             |
| Gr            | SO4-IC(W2)                                           | SO4                                     | mg/l    | 14808-79-8  |
| Gr            | xyleen (som m+p)                                     | (som) 1,3-xyleen + 1,4-xyleen           | µg/l    | NVT         |
| Gr            | Chloorantraniliprol                                  | chloorantraniliprole                    | µg/l    | 500008-45-7 |
| Gr            | Dimethyltolylsulfamide(DMST)                         | DMST                                    | µg/l    | 66840-71-9  |
| Gr            | MCPB                                                 | 2-methyl-4-<br>chloorfenoxycarboxylzuur | µg/l    | 94-81-5     |
| Gr            | Metabenzthiazuron                                    | methabenzthiazuron                      | µg/l    | 18691-97-9  |
| Gr            | Propham                                              | profam                                  | µg/l    | 122-42-9    |
| Gr            | Metolachloor (R/S)                                   | metolachlor                             | µg/l    | 51218-45-2  |
| Gr en Dr      | pH – KCl                                             | pH lab                                  | -       | NVT         |
| Gr en Dr      | CS2                                                  | Dithiocarbamaat als CS2                 | µg/l    | 75-15-0     |

Tabel B3- 2: Verbetering in dubbele stofnamen met vermelding van de oude en verwijderde naam en de gehanteerde naam. Onder de oude naam was geen meetdata opgeslagen in de Dawaco database van Groningen en Drenthe.

| Oude naam (vervallen)                    | Gehanteerde naam                 | Eenheid | CAS nr.    |
|------------------------------------------|----------------------------------|---------|------------|
| (som) 2,4-dichlooraniline + 2,5 dichloor | 2,4-/2,5-Dichlooraniline         | µg/l    | NVT        |
| 1,3 diphenylguanidine                    | 1.3-difenyguanidine              | µg/l    | 102-06-7   |
| 4-(4-chloor-2-methylfenoxy)boterzuur     | 2-methyl-4-chloorfenoxyboterzuur | µg/l    | 94-81-5    |
| atraquinone                              | Anthrachinon                     | µg/l    | 84-65-1    |
| bezafibrate                              | bezafibraat                      | µg/l    | 41859-67-0 |
| chlooretheen                             | vinylchloride                    | µg/l    | 75-01-4    |
| chloramphenicol                          | chlooramfenicol                  | µg/l    | 56-75-7    |
| ciclofenac                               | diclofenac                       | µg/l    | 15307-86-5 |
| cis-1,2-dichlooretheen                   | 1,2-dichlooretheen (cis)         | µg/l    | 156-59-2   |
| clofibril acid                           | clofibrinezuur                   | µg/l    | 882-09-7   |
| desethylsimazin                          | Desisopropylatrazine             | µg/l    | 1007-28-9  |
| di(2-methyl-propyl)ftalaat               | di-isobutylftalaat               | µg/l    | 84-69-5    |
| di(ethylhexyl)ftalaat                    | di(2-ethylhexyl)ftalaat          | µg/l    | 117-81-7   |
| diethyl ftalaat                          | diethylftalaat                   | µg/l    | 84-66-2    |
| ETBE, 2-ethoxy-2-methylpropaan           | Ethyl-tert-butylether (ETBE)     | µg/l    | 637-92-3   |
| iopromide                                | jopromide                        | µg/l    | 73334-07-3 |
| lohexol                                  | johexol                          | µg/l    | 66108-95-0 |
| lomeprol                                 | jomeprol                         | µg/l    | 78649-41-9 |
| lopamidol                                | jopamidol                        | µg/l    | 62883-00-5 |
| methylbenzeen Tolueen                    | tolueen                          | µg/l    | 108-88-3   |
| trans-1,2-dichlooretheen                 | 1,2-dichlooretheen (trans)       | µg/l    | 156-60-5   |
| xyleen (1,2 dimethylbenzeen)             | xyleen (ortho)                   | µg/l    | 95-47-6    |
| Aldicarbulfon                            | aldicarb-SO                      | µg/l    | 1646-88-4  |
| Aldicarbulfoxide                         | aldicarb-SO <sub>2</sub>         | µg/l    | 1646-87-3  |
| 24DP                                     | dichloorprop                     | µg/l    | 120-36-5   |

### Invoeren van ontbrekende data en samenvoegen van bestanden

Vervolgens is een nieuw verbeterd Dawaco bestand gemaakt in een nieuwe lege (off-line) werkomgeving door het combineren van:

- Van de reeds ingevoerde data voor bodem- en grondwaterkwaliteit uit het originele Dawaco-bestand. In dit bestand zit data vanaf 1993 voor zowel de provincie Groningen als de provincie Drenthe. Alleen de data van het Bodemmeetnet, Verzuring en Drentsche Aa van voor 2014 zijn overgenomen in de nieuwe dataset.
- Verbeterde dataset voor de LMG/PMG data. In opdracht van het Informatiehuis Water (IHW) is door Sweco een landelijke controle uitgevoerd op de PMG dataset (grondwaterkwaliteit). Het betreft data tot en met 2018. Door Sweco zijn verbeteringen uitgevoerd en daarmee is dit het meest accurate databestand. Daarom zijn de PMG metingen vervangen met deze dataset.
- Ontbrekende data is toegevoegd (rode markerings in tabel b3- 3). Provincie Drenthe heeft hiervoor verschillende spreadsheets per meetnet en per perceel aangeleverd.

Alle beschikbare data per meetnet en per jaar is samengevat in tabel b3- 1. Deze tabel toont de data vanaf het jaar 1993 omdat toen de provinciale meetnetten zijn gestart. In de periode 1983 – 1992 zijn ook metingen uit het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit beschikbaar. In rood is weergegeven welke data we hebben toegevoegd aan de bestaande Dawaco database. Het gaat voornamelijk om data vanaf 2014, maar soms ontbraken ook oudere metingen.

Tabel B3- 3: Beschikbare data in het Dawaco bestand. In blauw was al beschikbaar. Rood is nieuw ingevoerd voor dit project.

| Jaar | Drentsche Aa    |    | Grondwater / Bodem |    | PMG - KRW     | Verzuring |    |
|------|-----------------|----|--------------------|----|---------------|-----------|----|
|      | Bodem Strooisel | GW | Bodem              | GW | GW            | Bodem     | GW |
| 1993 |                 |    |                    |    | Perceel 1     | X         | X  |
| 1994 | X               |    |                    |    | Perceel 1     |           | X  |
| 1995 |                 | X  |                    |    | Perceel 1     |           | X  |
| 1996 |                 | X  | X                  |    | Perceel 1     |           | X  |
| 1997 |                 | X  |                    | X  | Perceel 1     |           | X  |
| 1998 | X               | X  |                    | X  | Perceel 1     |           | X  |
| 1999 |                 | X  |                    | X  | Perceel 1     | X         | X  |
| 2000 |                 | X  | X                  | X  | Perceel 1     |           | X  |
| 2001 | X               | X  |                    | X  | Perceel 1     |           | X  |
| 2002 | X               | X  |                    | X  | Perceel 1     |           | X  |
| 2003 |                 | X  |                    | X  | Perceel 1     | X         | X  |
| 2004 | X               | X  | X                  | X  | Perceel 1     |           | X  |
| 2005 |                 | X  |                    | X  | Perceel 1     |           | X  |
| 2006 | X               | X  |                    | X  | Perceel 1     |           | X  |
| 2007 |                 | X  |                    | X  | Perceel 1 / 2 | X         | X  |
| 2008 | X               | X  | X                  | X  | Perceel 1 / 2 |           | X  |
| 2009 |                 | X  |                    | X  | Perceel 1     |           | X  |
| 2010 | X               | X  |                    | X  | Perceel 1     |           | X  |

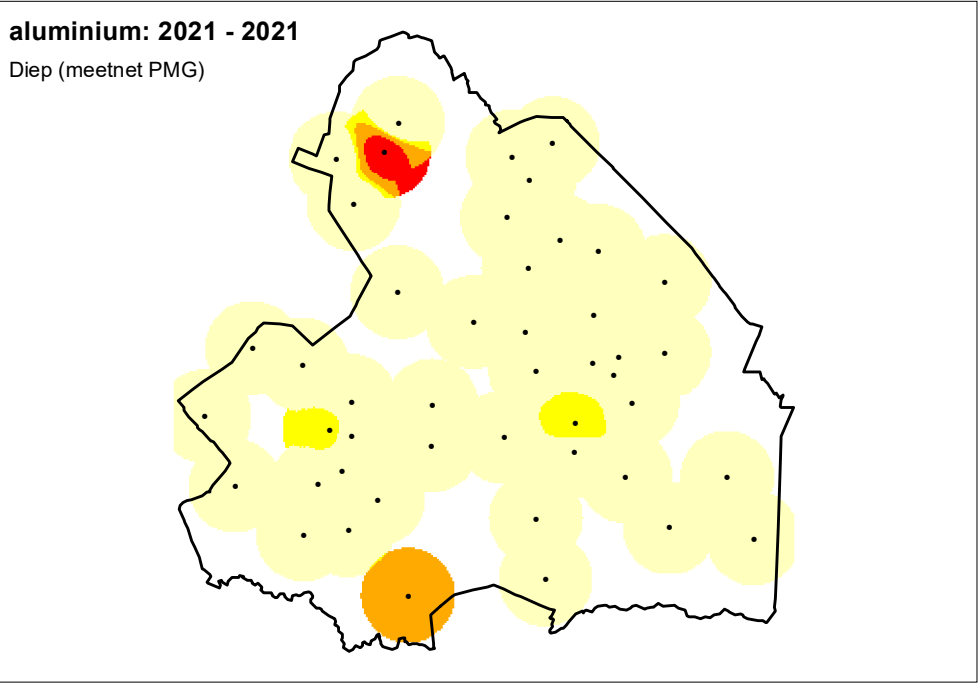
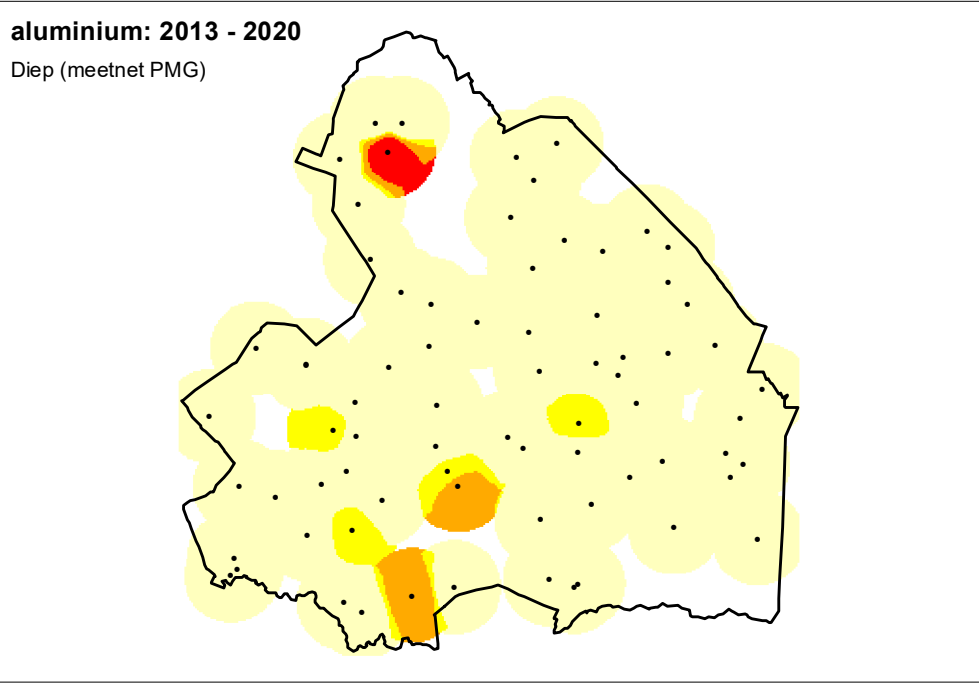
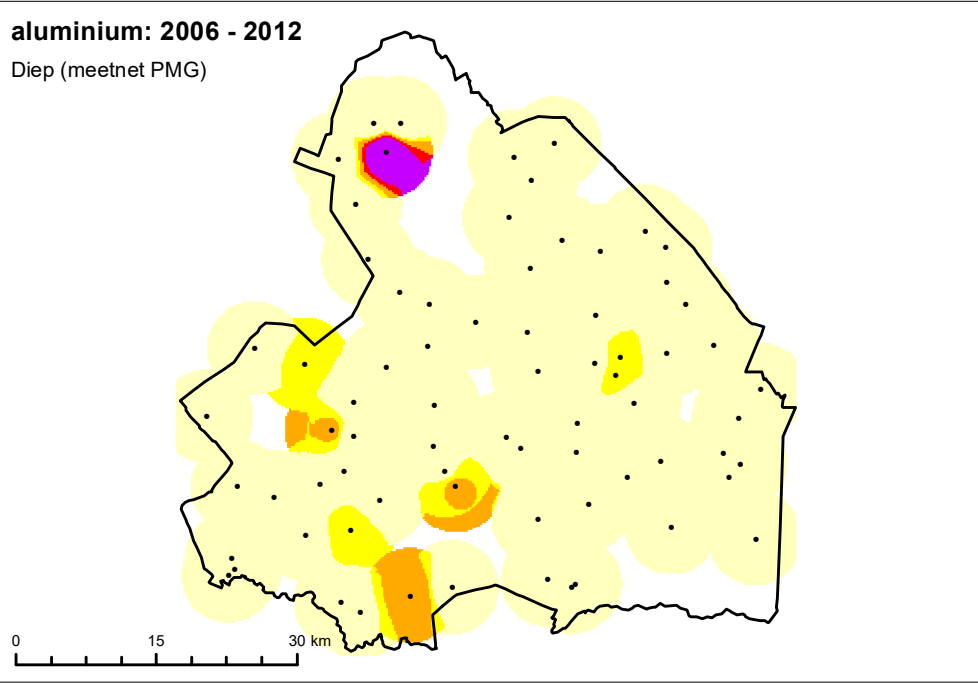
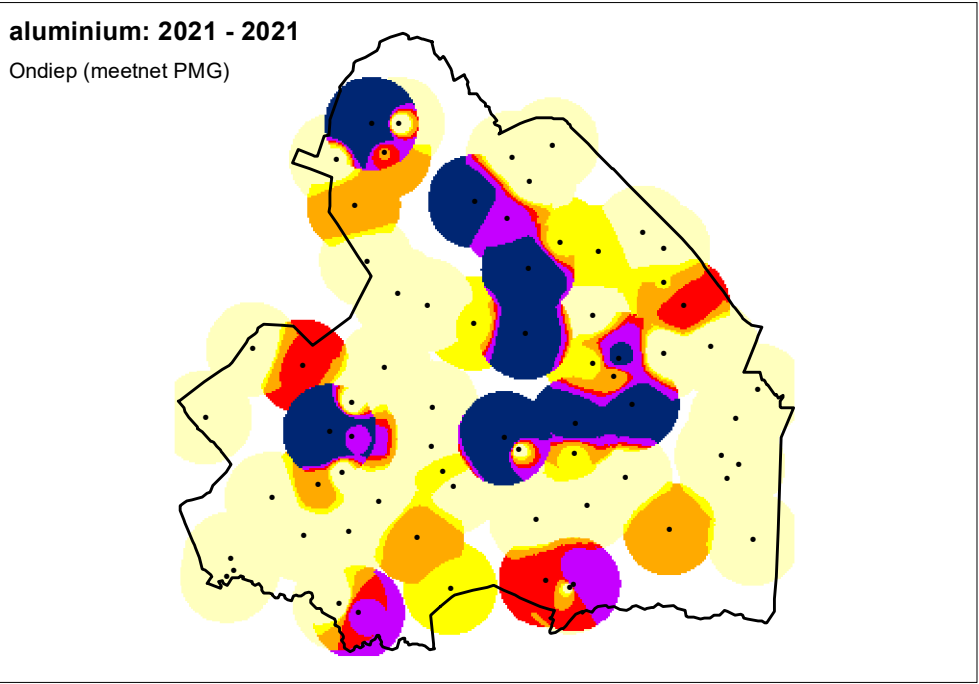
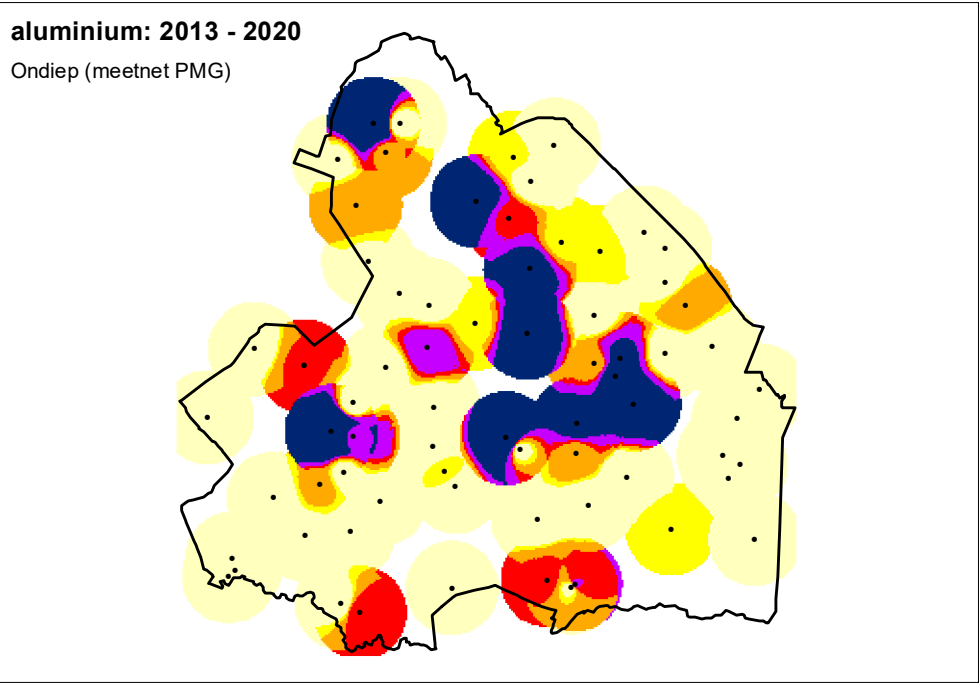
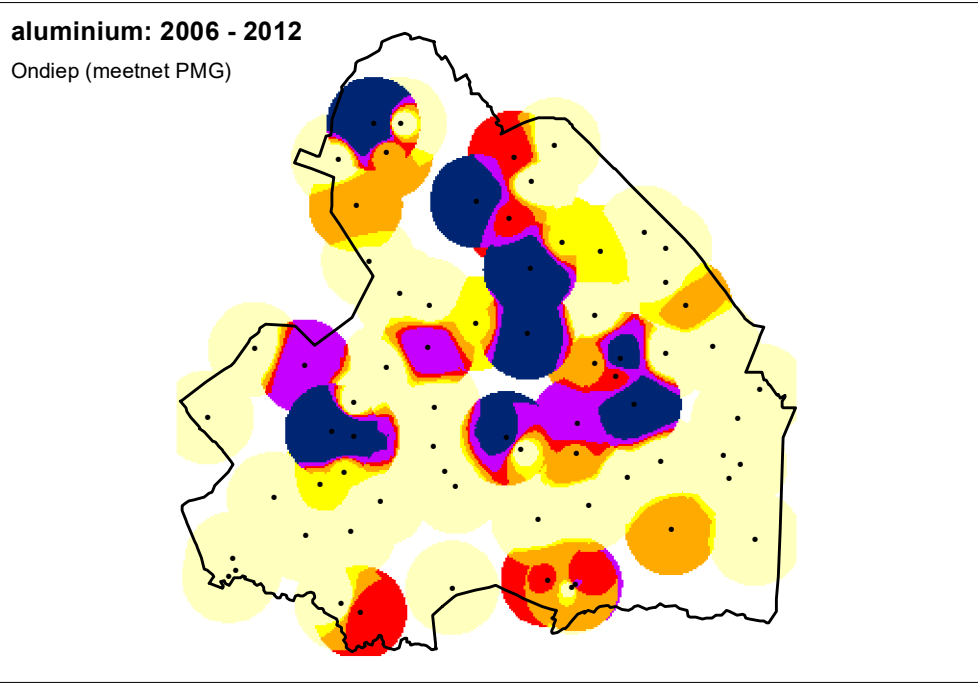
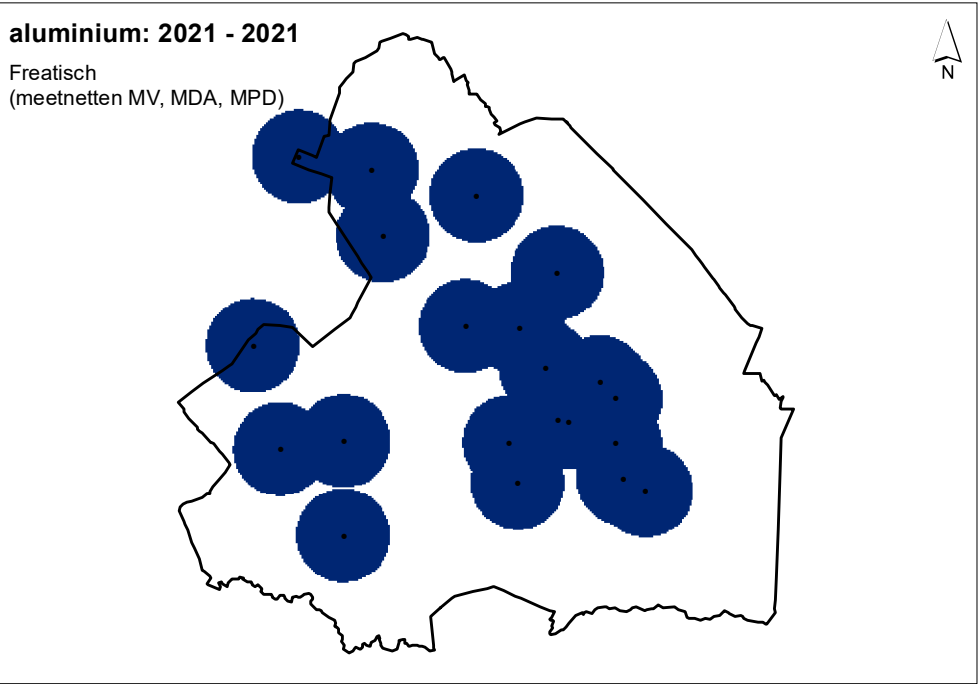
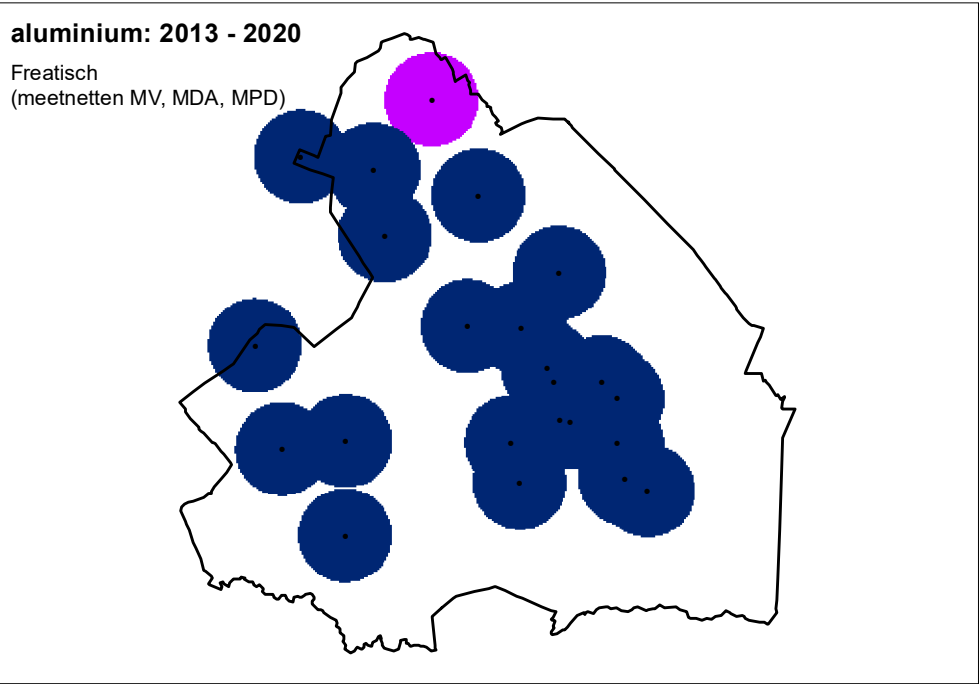
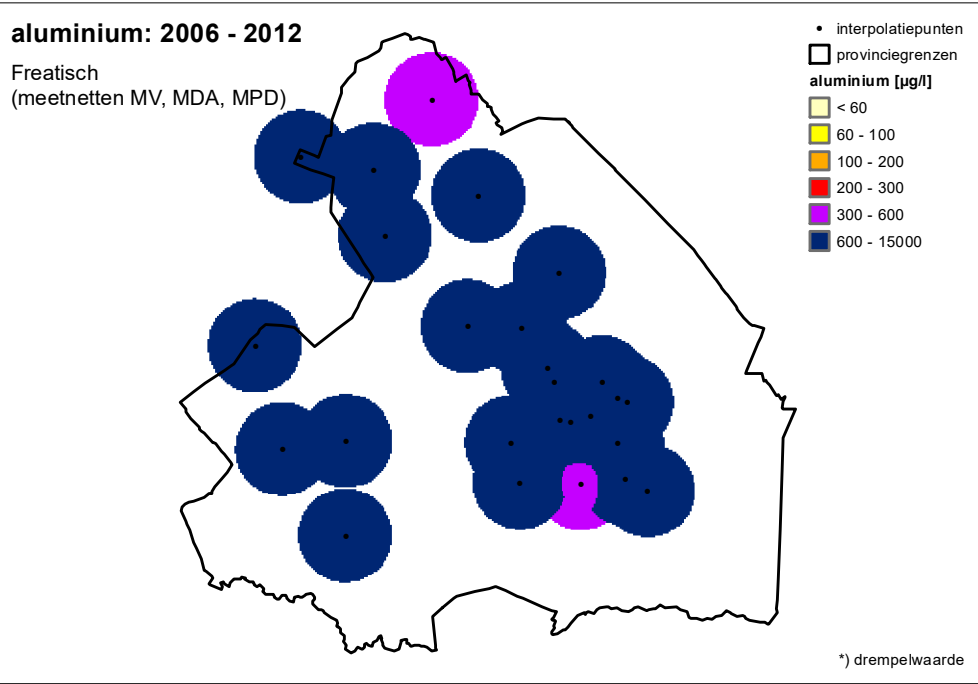
| Jaar | Drentsche Aa    |    | Grondwater / Bodem |    | PMG - KRW                  | Verzuring |    |
|------|-----------------|----|--------------------|----|----------------------------|-----------|----|
|      | Bodem Strooisel | GW | Bodem              | GW | GW                         | Bodem     | GW |
| 2011 |                 | X  |                    | X  | Perceel 1                  | X         | X  |
| 2012 |                 | X  |                    | X  | Perceel 1 /2               |           | X  |
| 2013 | X               | X  | X                  | X  | Perceel 1 <sup>4</sup>     |           | X  |
| 2014 |                 | X  |                    | X  | Perceel 1 <sup>1</sup>     |           | X  |
| 2015 | X               | X  |                    | X  | Perceel 1 <sup>5</sup> 234 |           | X  |
| 2016 |                 | X  |                    | X  | Perceel 1                  | X         | X  |
| 2017 |                 | X  | X                  | X  |                            |           |    |
| 2018 | X               | X  |                    | X  | Perceel 1 <sup>1</sup> 234 |           | X  |
| 2019 | X               | X  |                    | X  | Perceel 1                  | X         | X  |
| 2020 |                 | X  | X                  | X  | Perceel 1                  |           | X  |
| 2021 |                 | X  |                    | X  | Perceel 1-5                |           | X  |

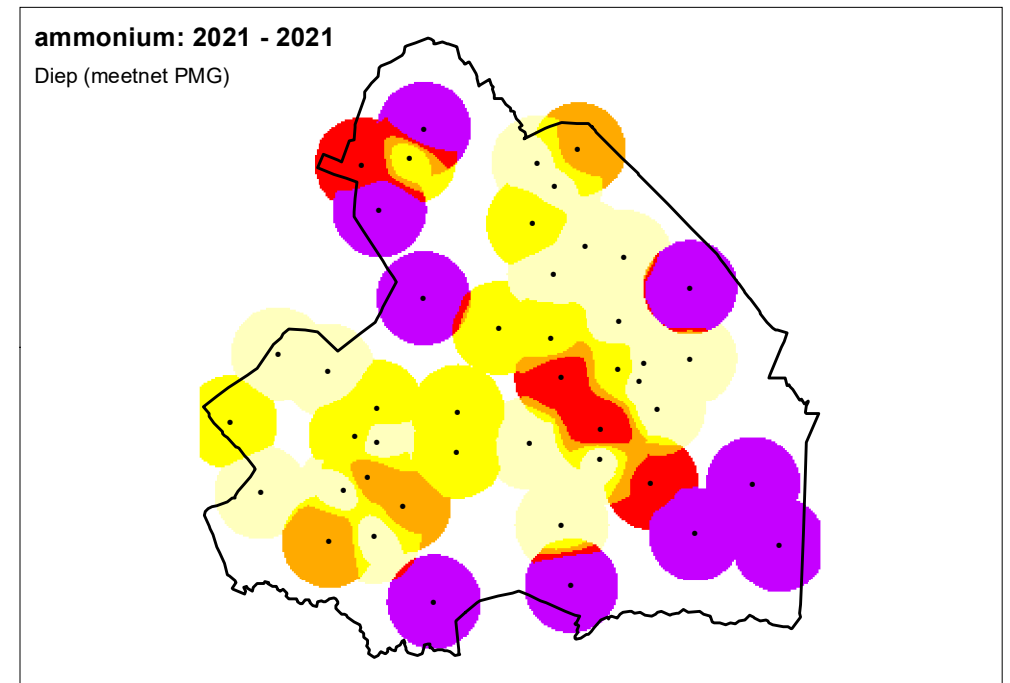
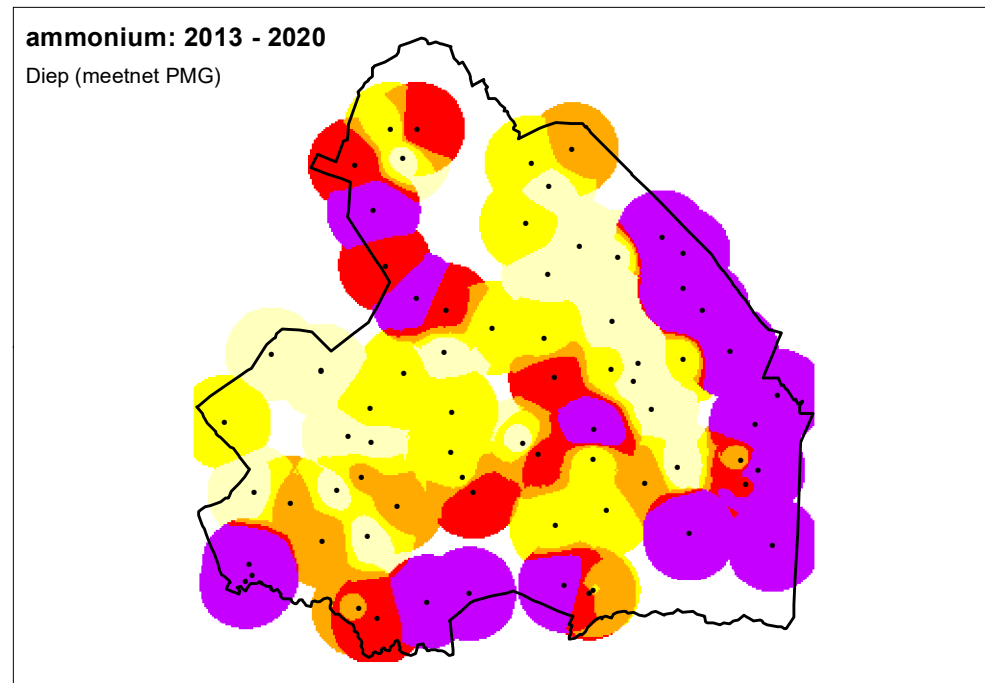
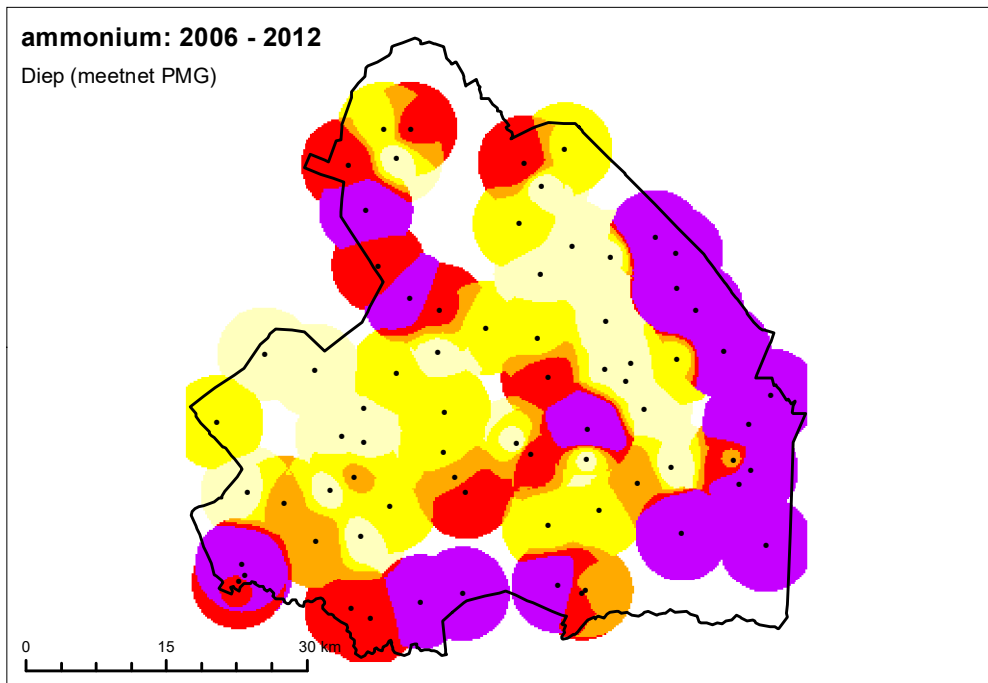
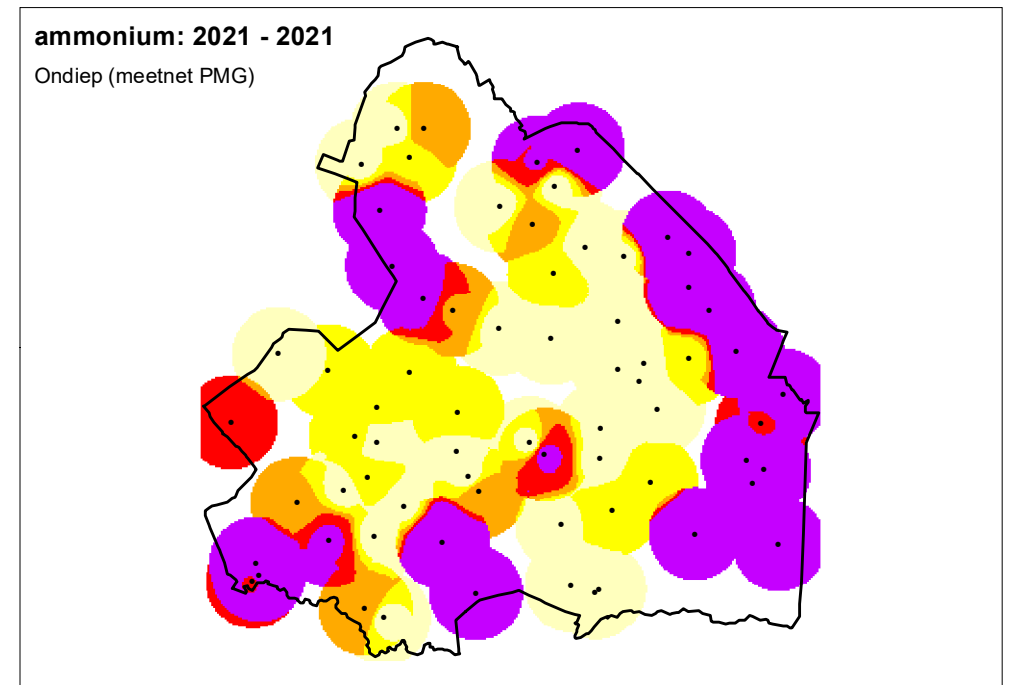
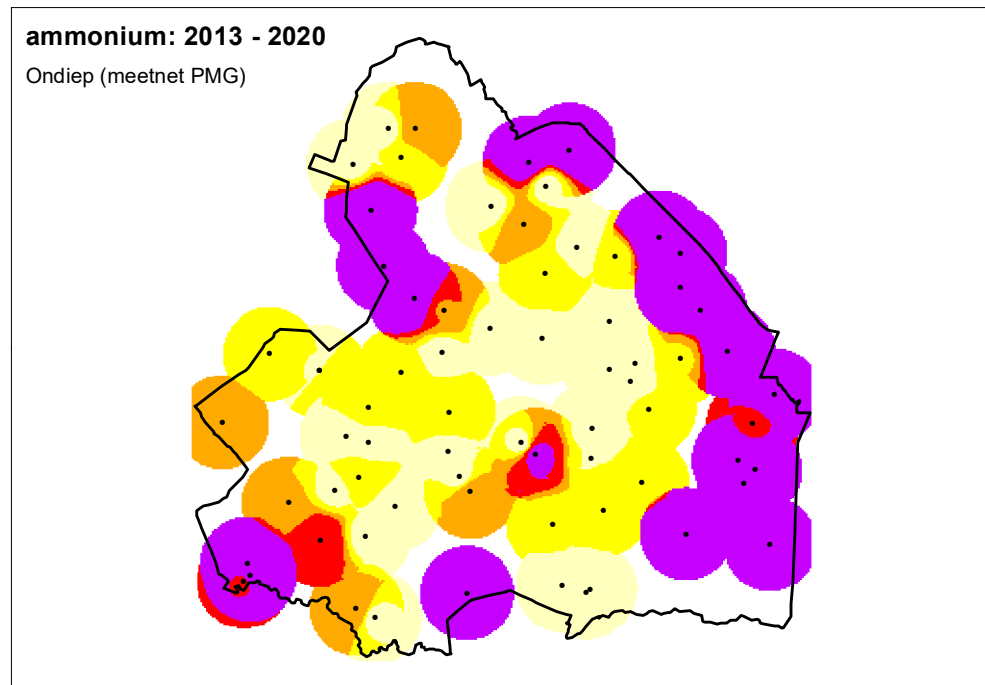
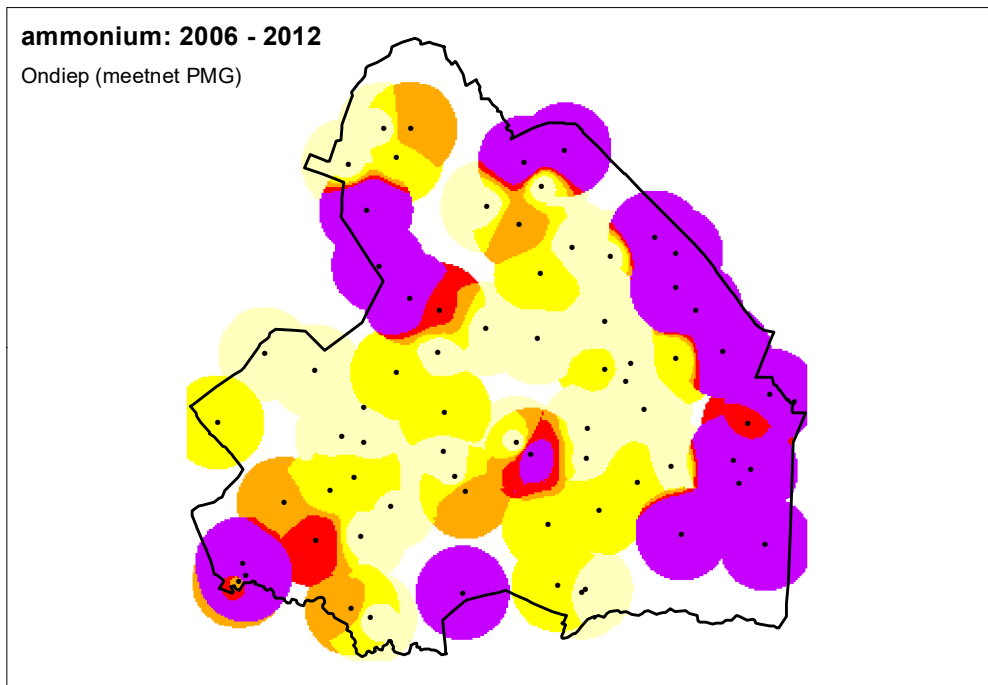
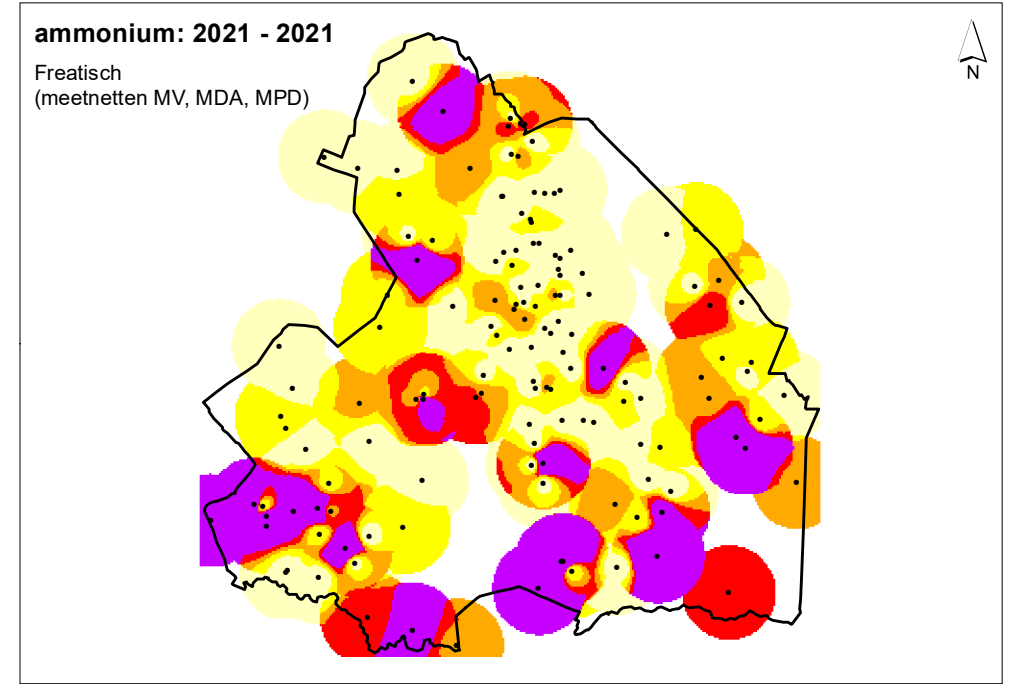
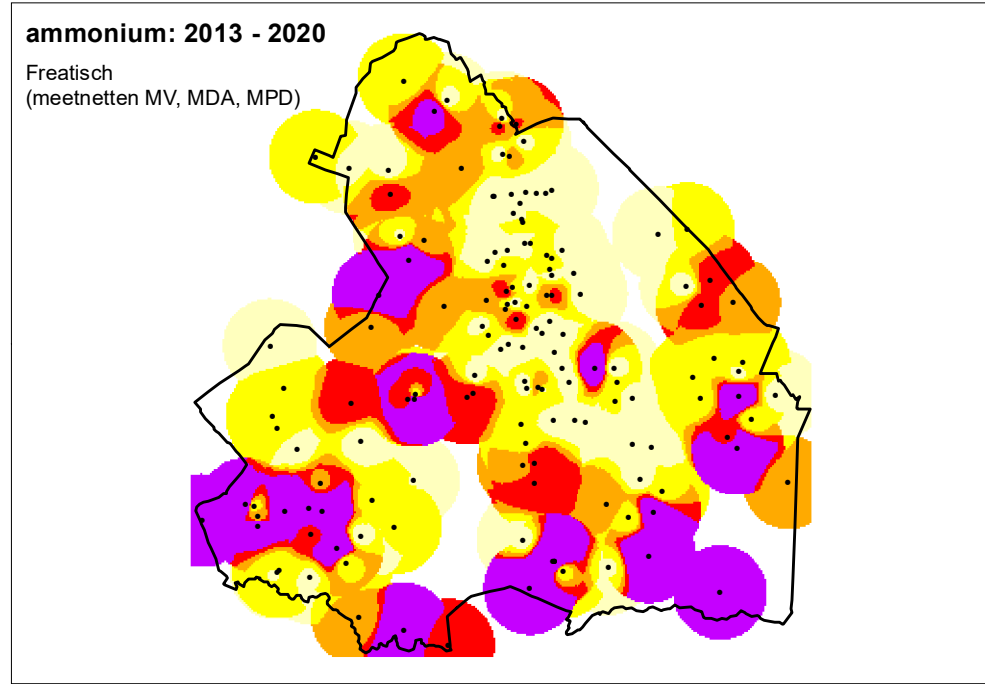
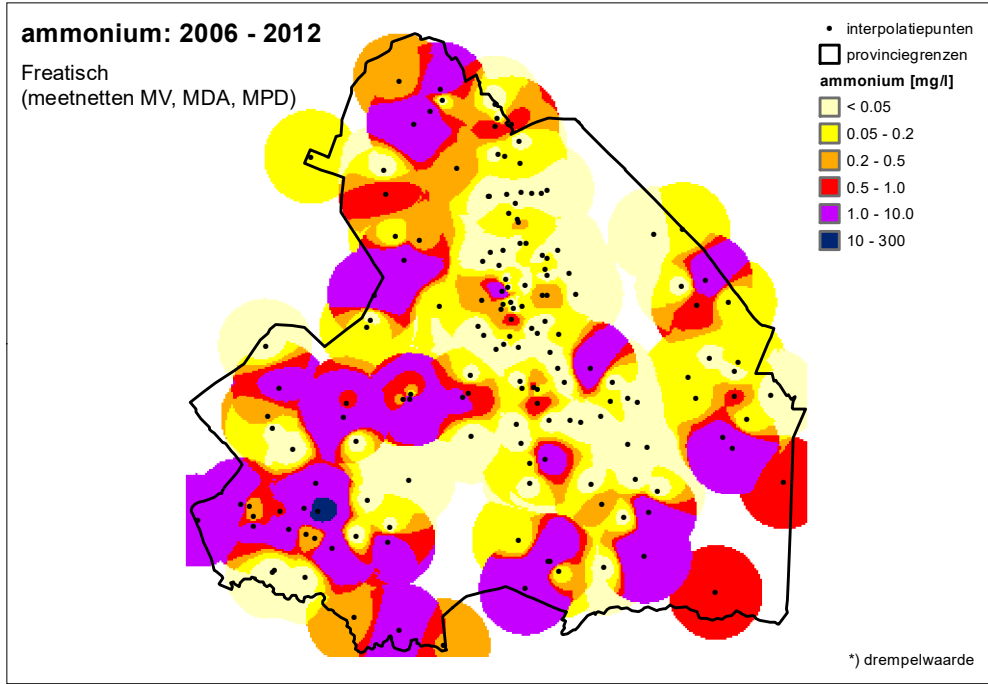
<sup>4</sup> Alleen het KRW meetnet was ingevoerd. Aanvullende metingen uit het eigen Drentse meetnet zijn ingevoerd.

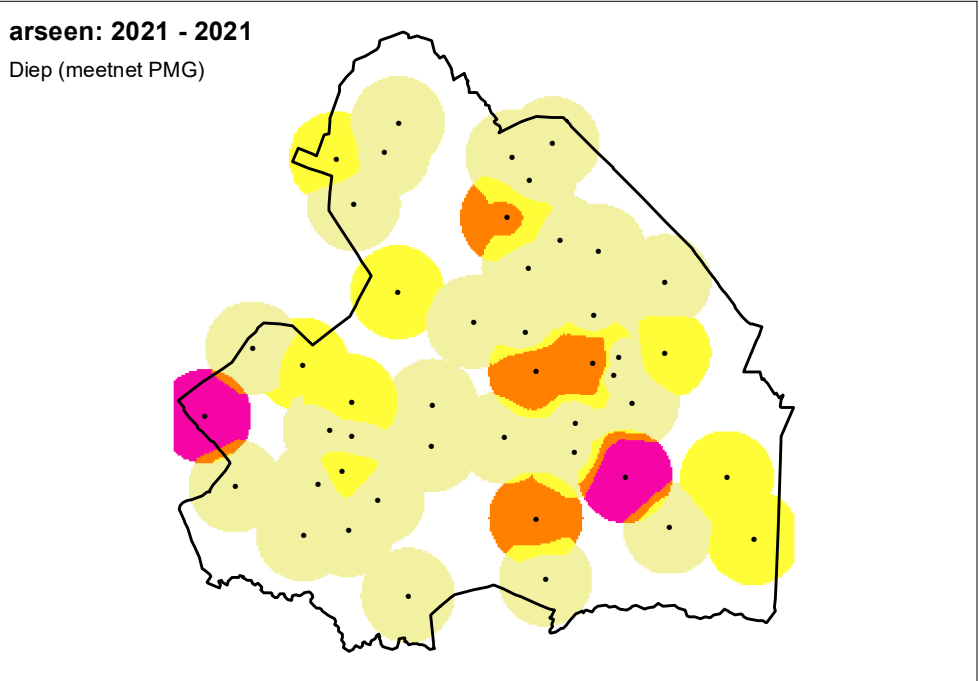
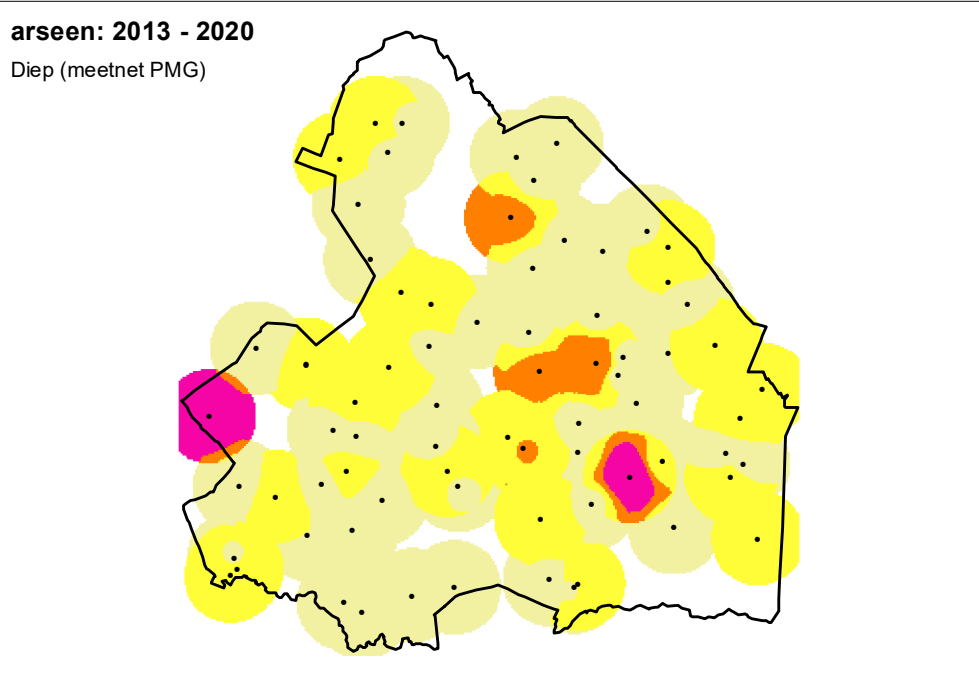
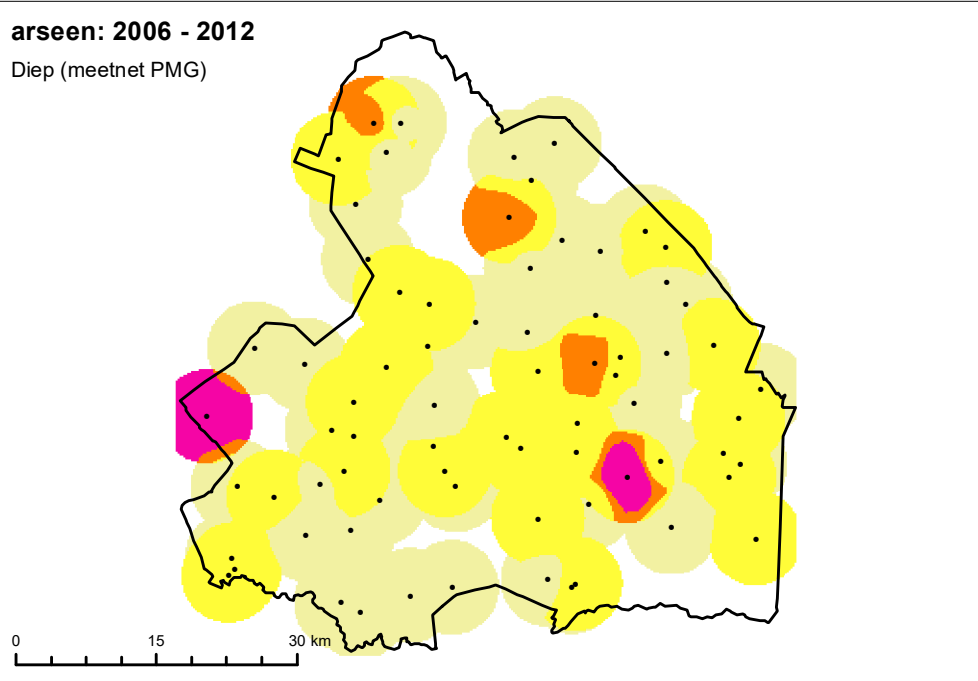
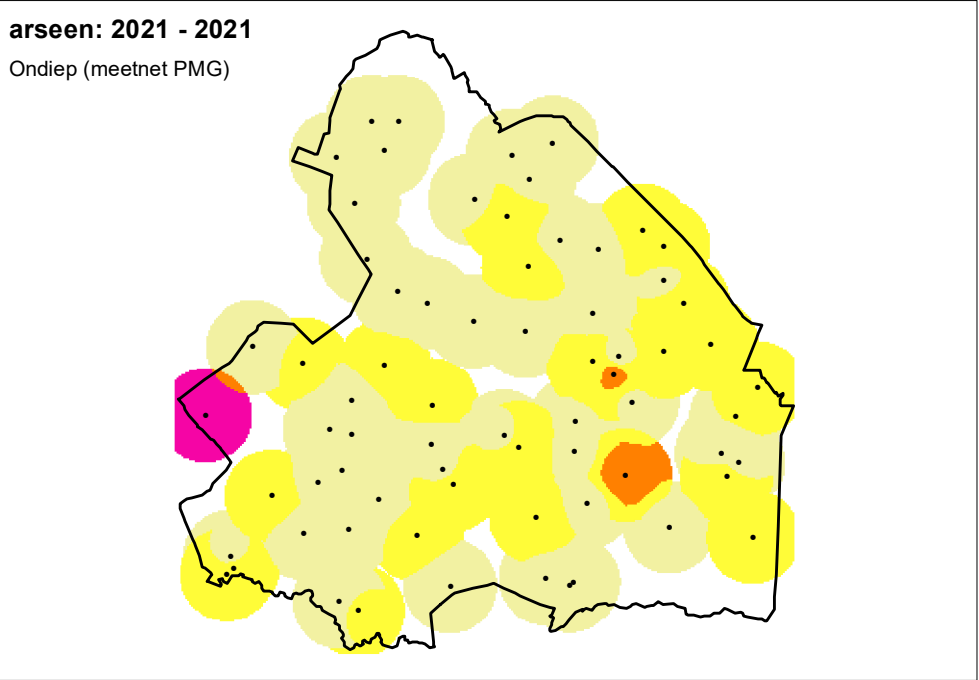
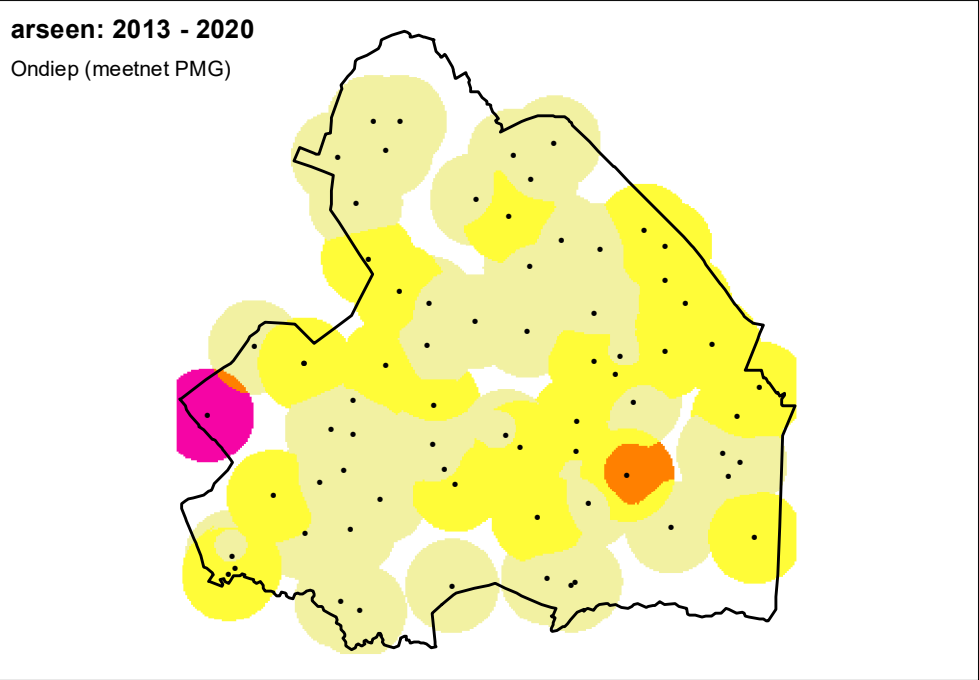
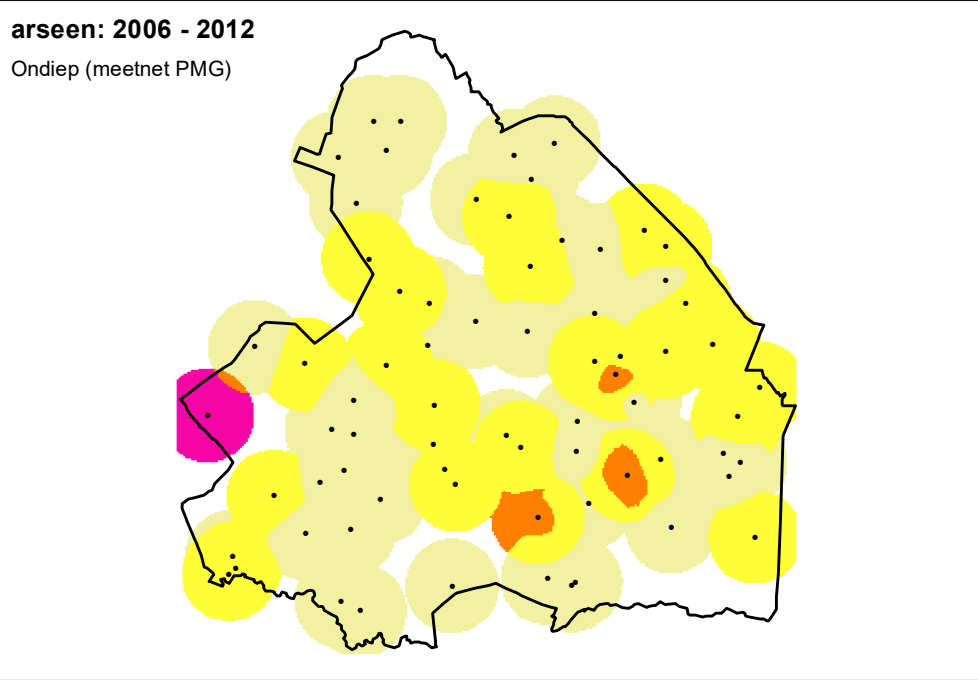
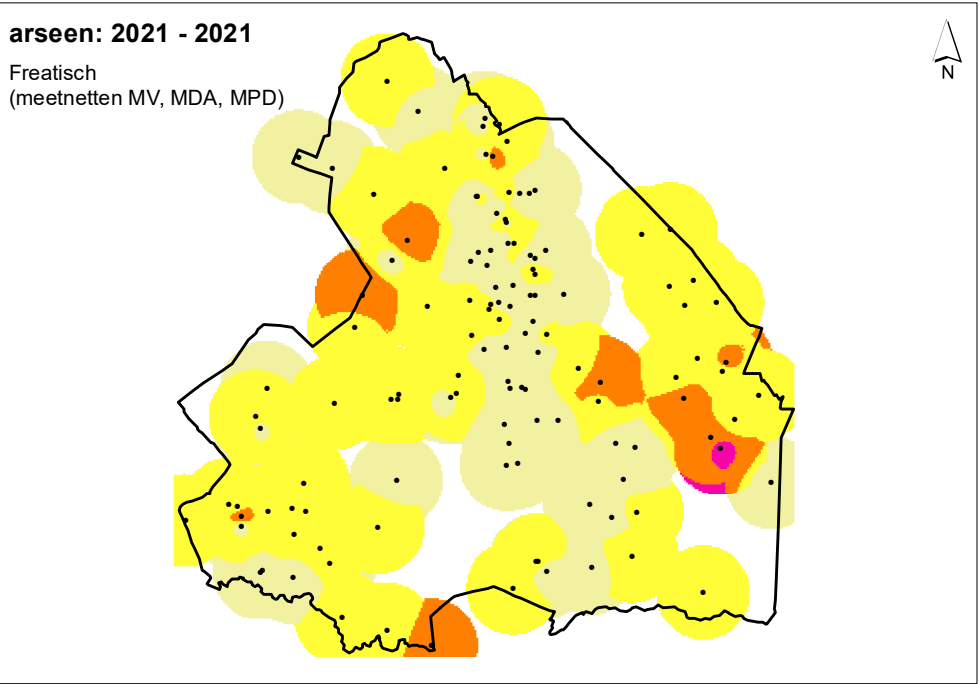
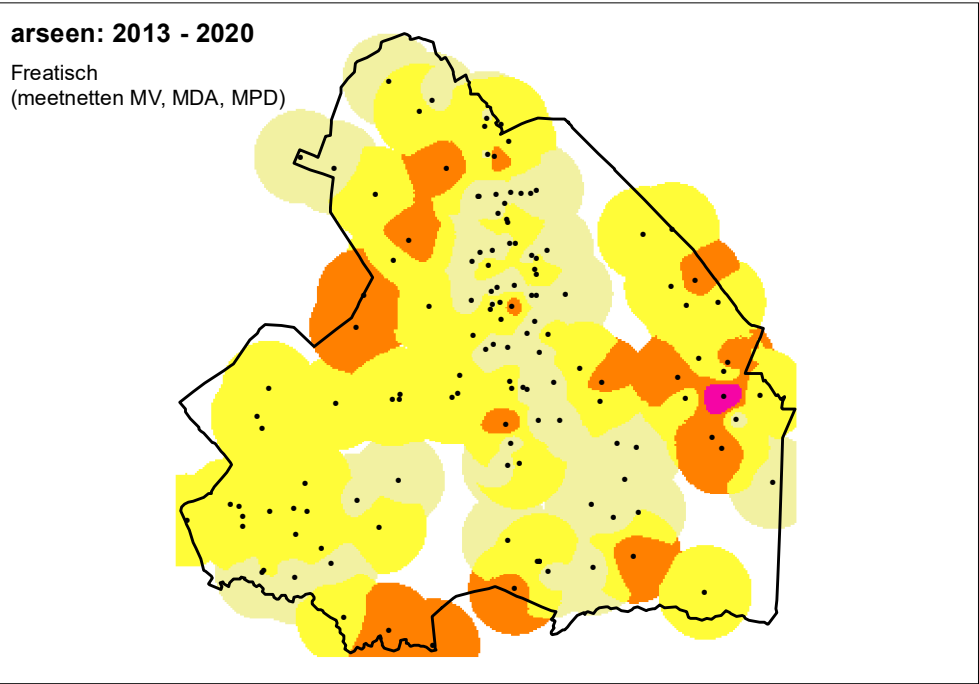
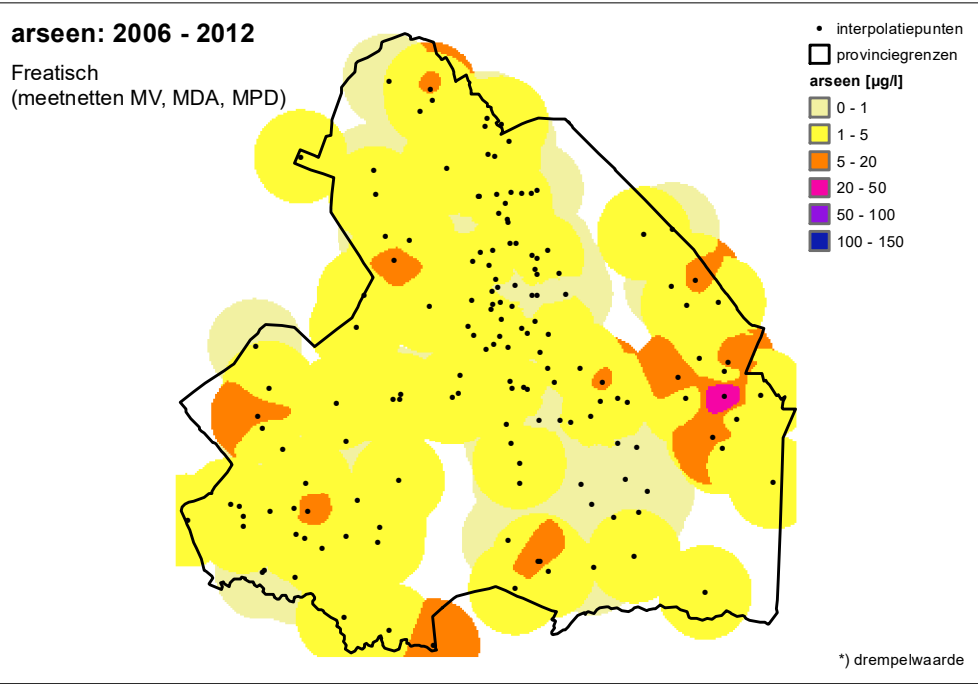
<sup>5</sup> Voor perceel 1 zijn 27 filters aanvullend. 24 filters waren al beschikbaar in het IHW-bestand. Het IHW bestand is hiervoor leidend.

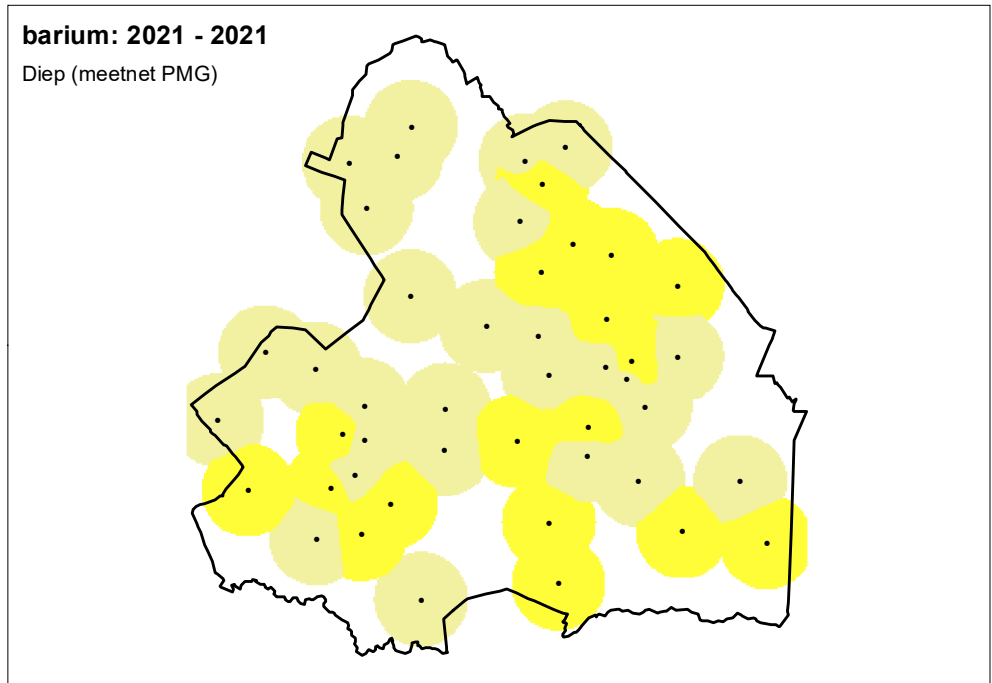
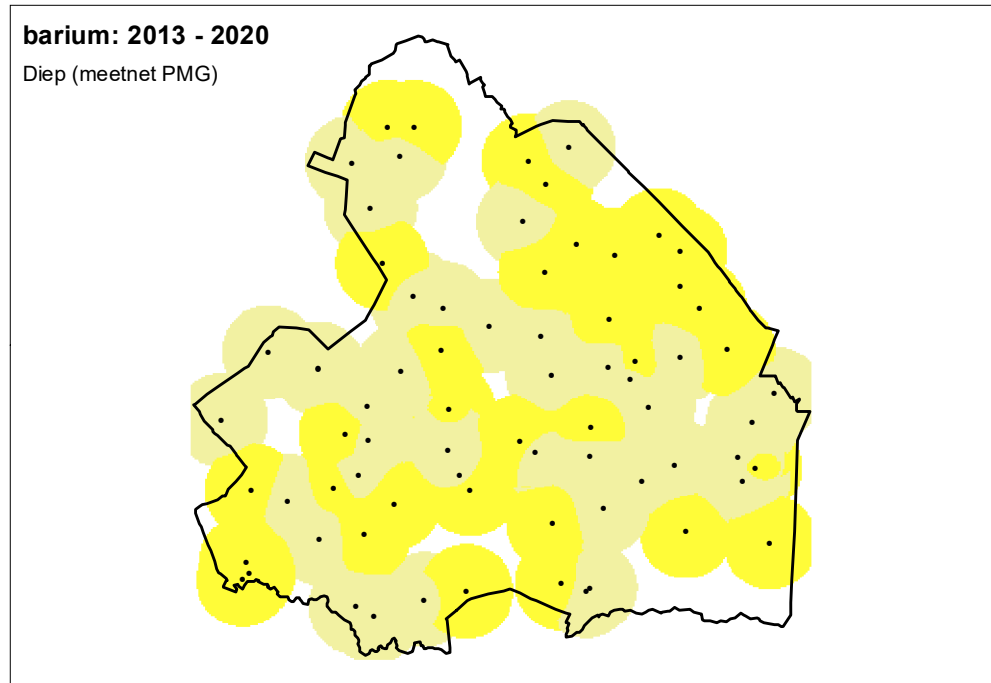
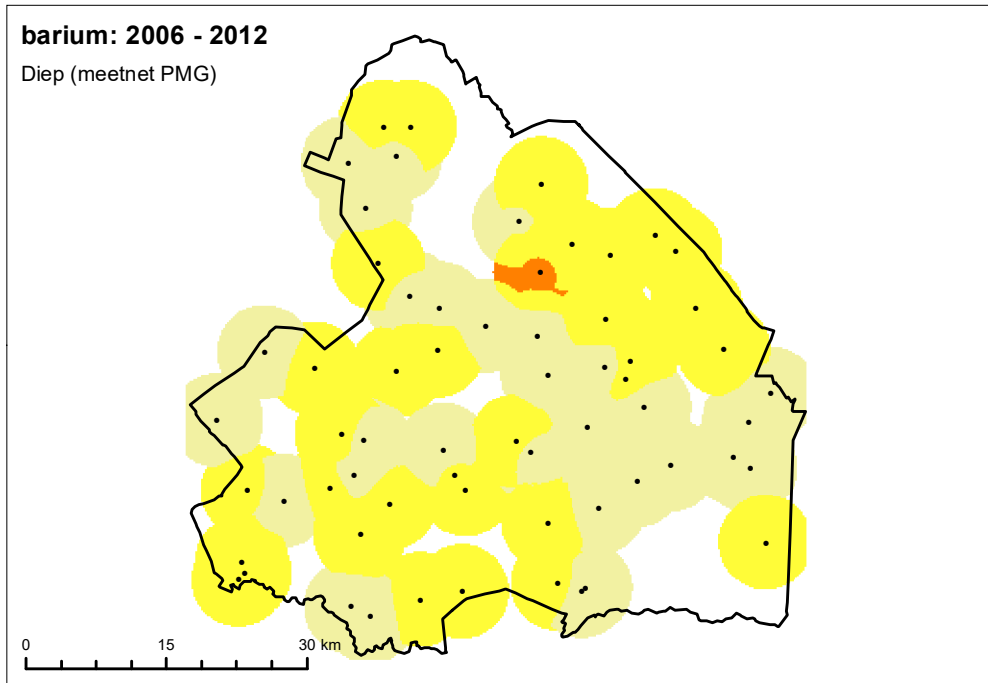
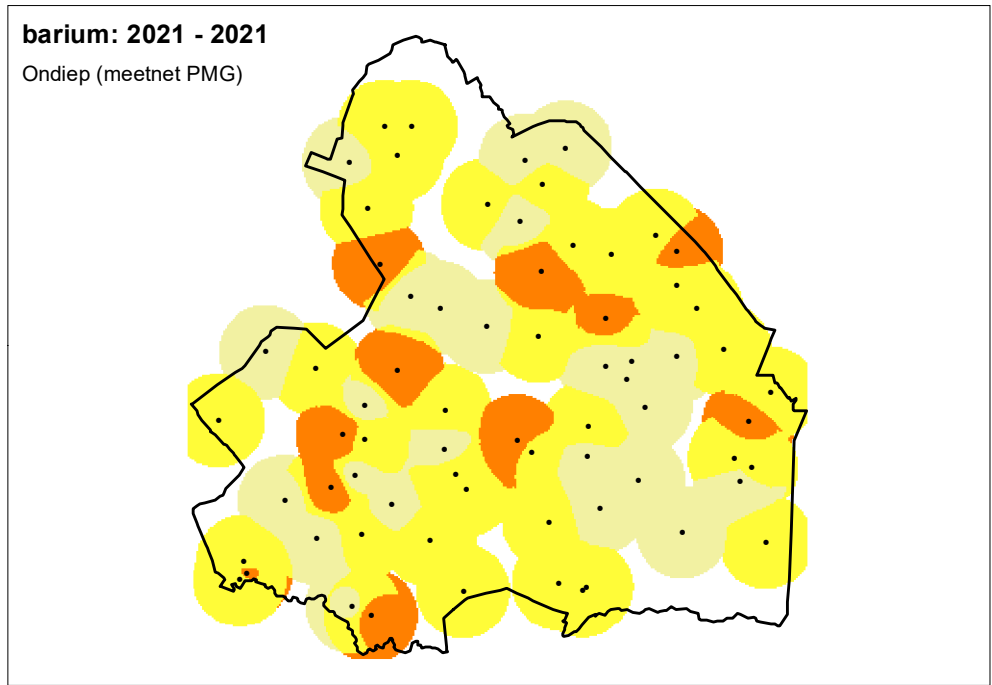
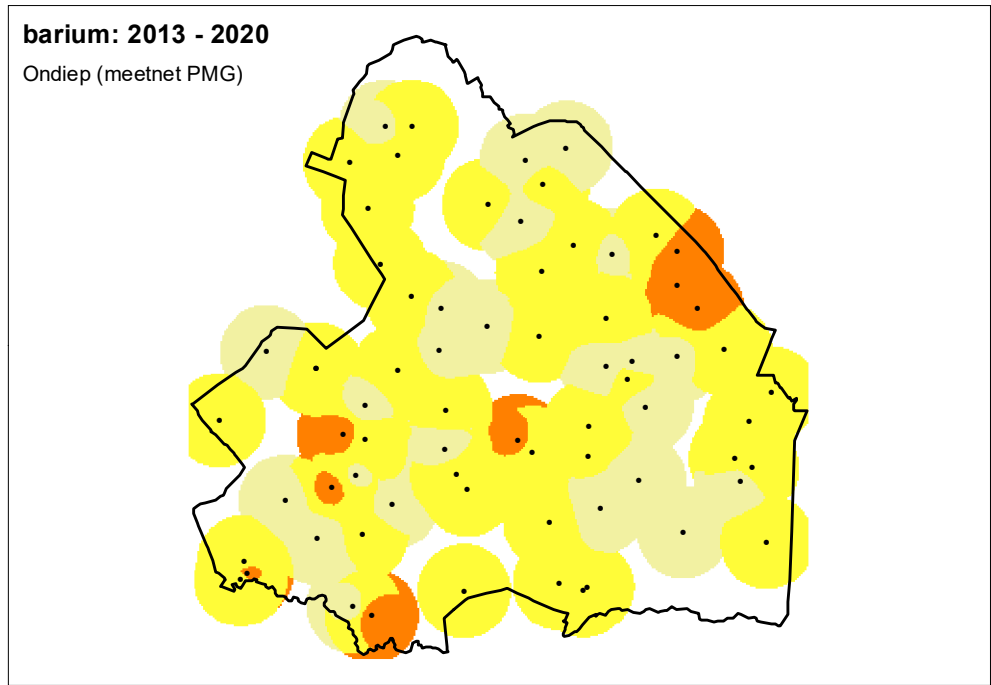
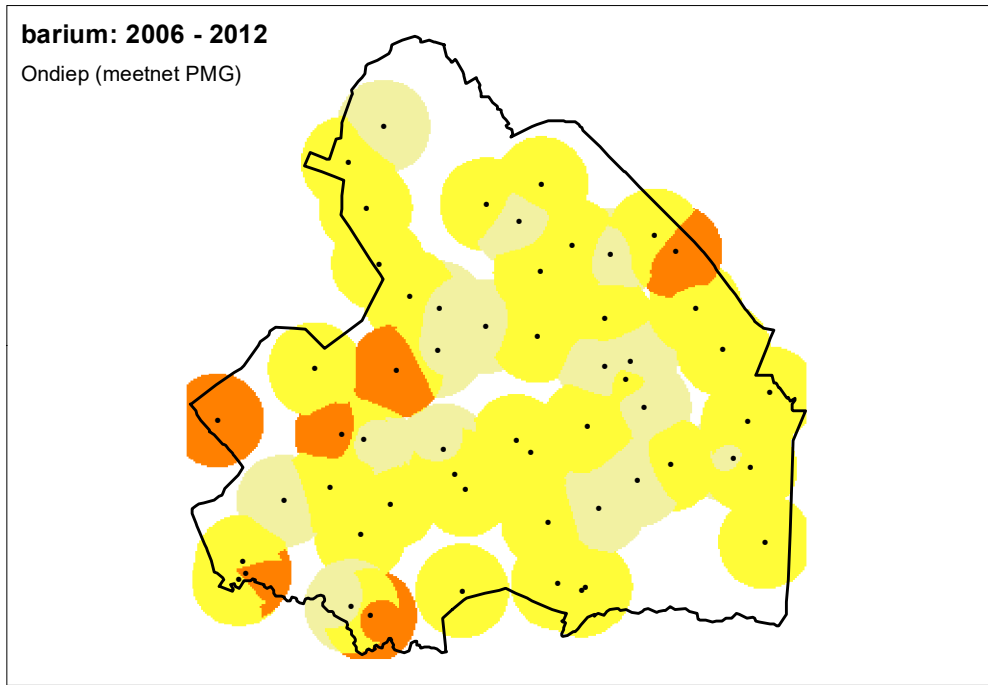
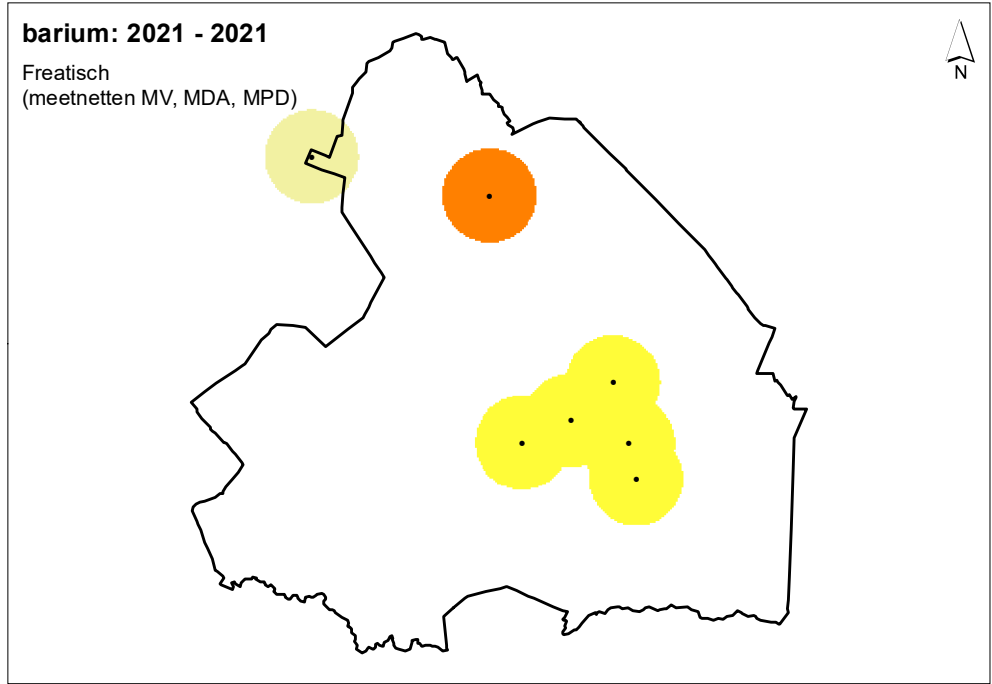
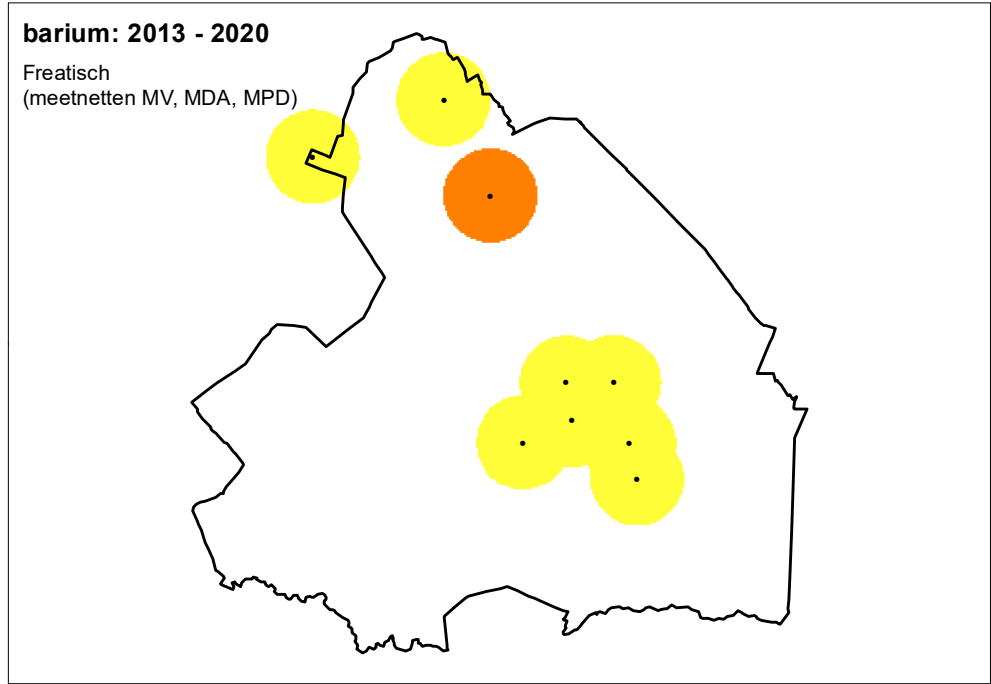
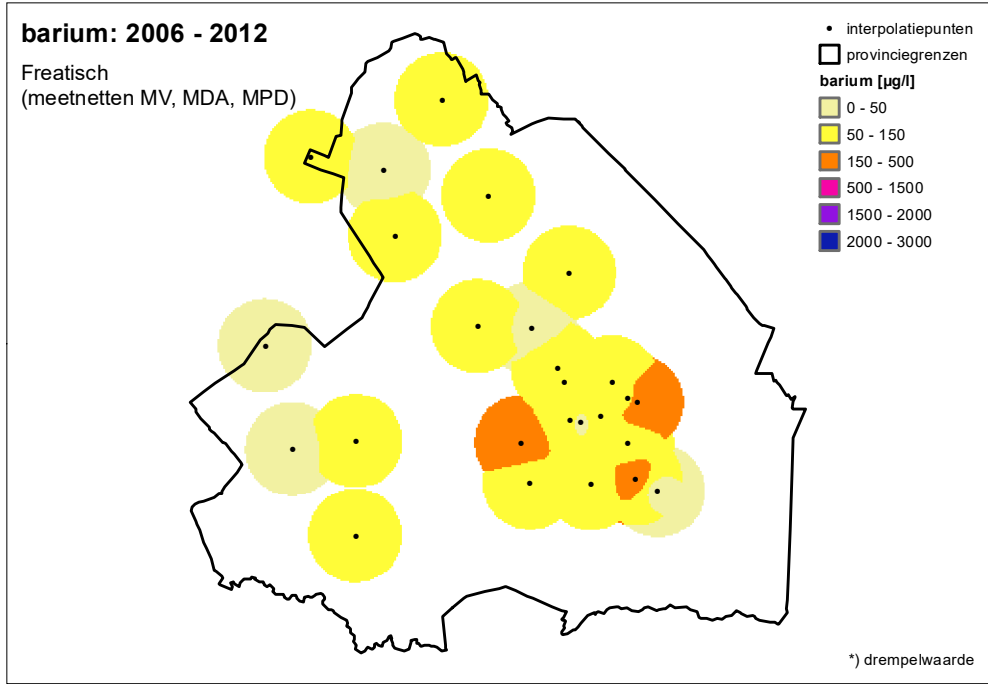
## **Bijlage 4**

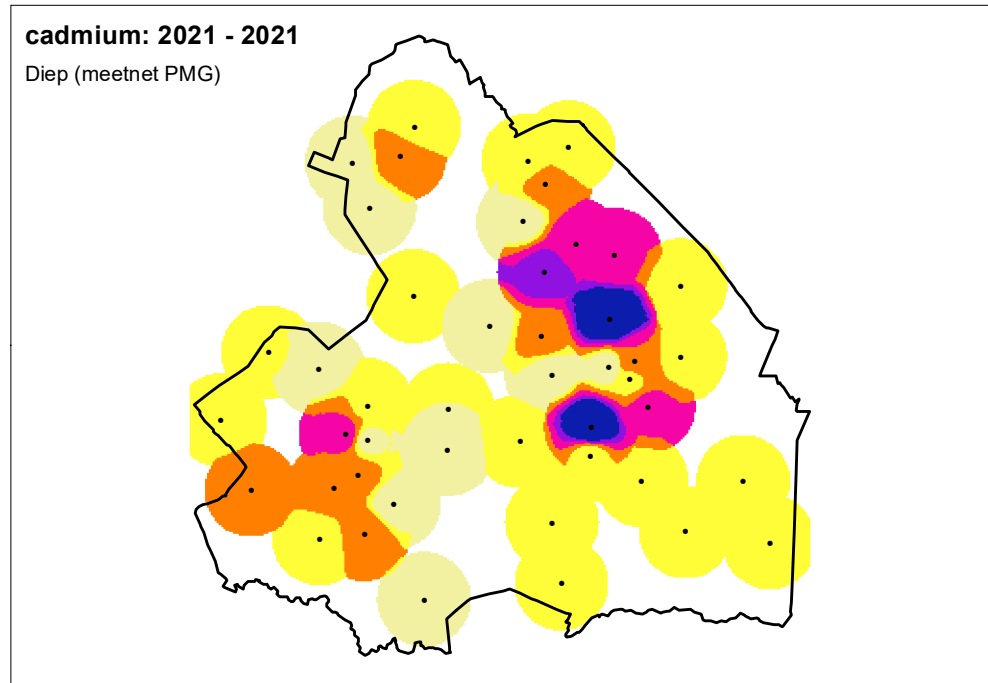
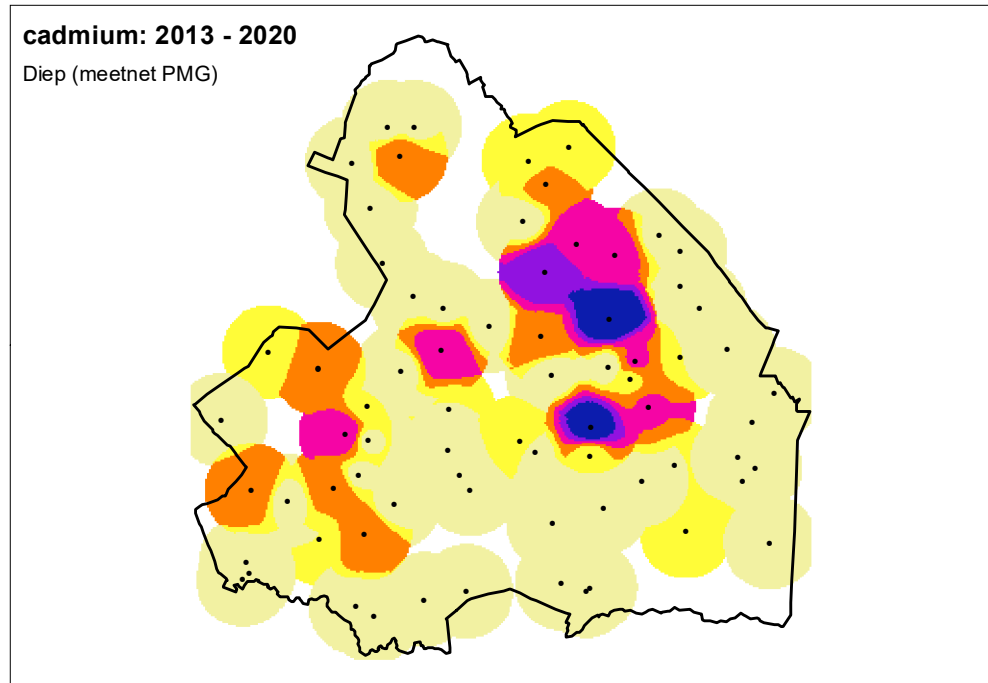
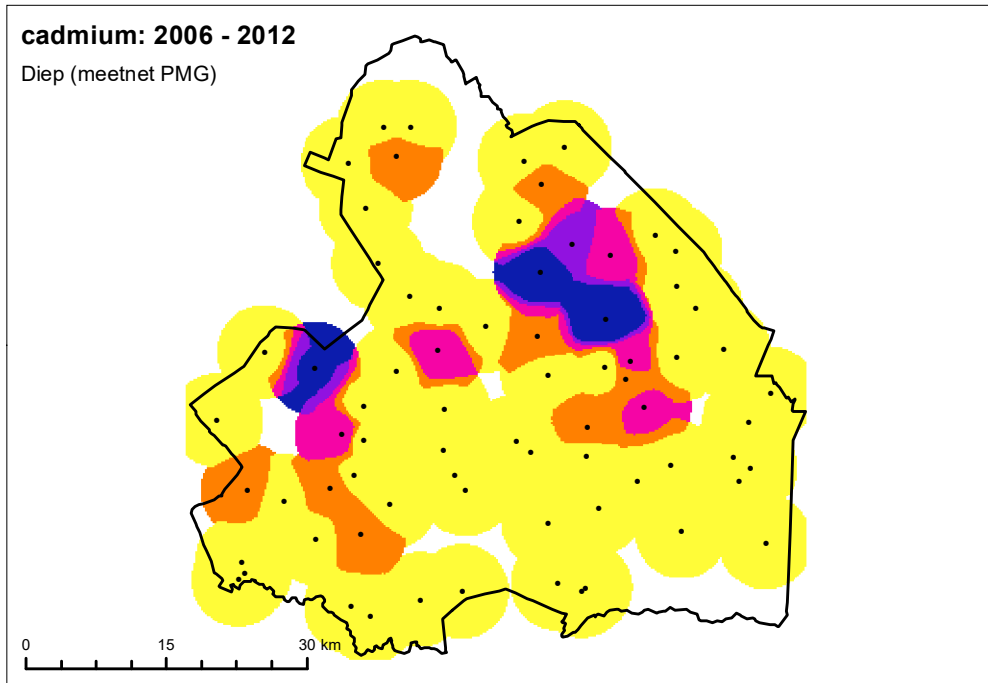
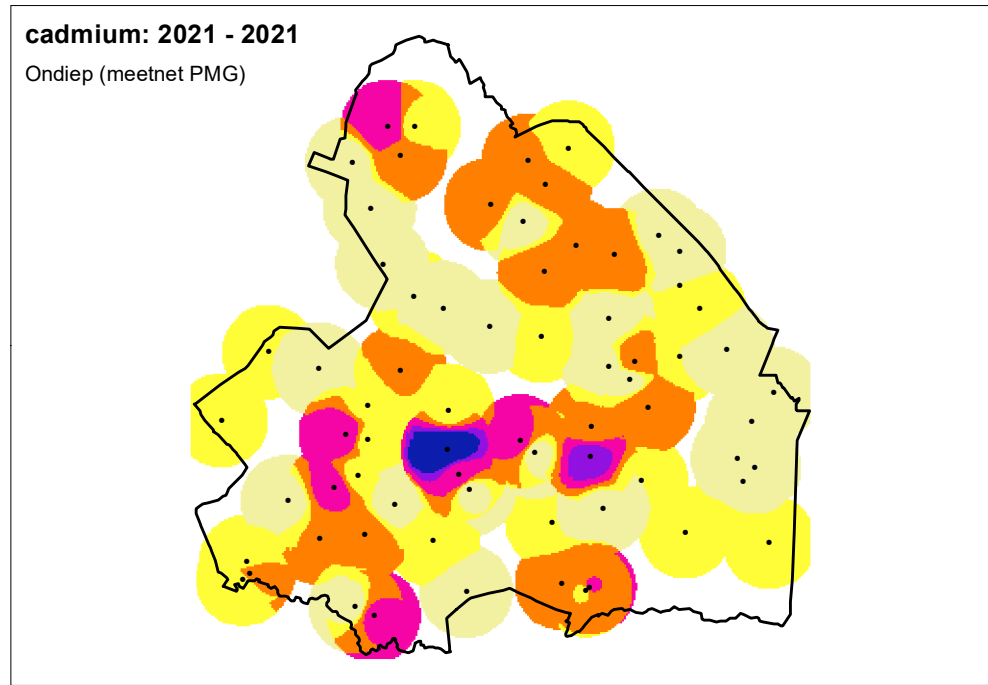
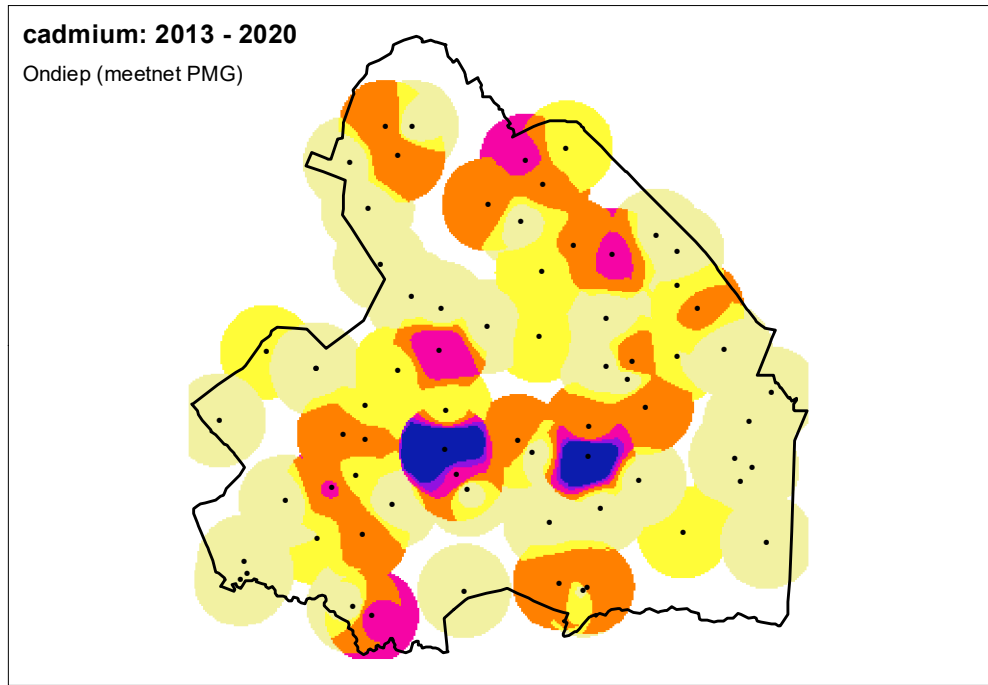
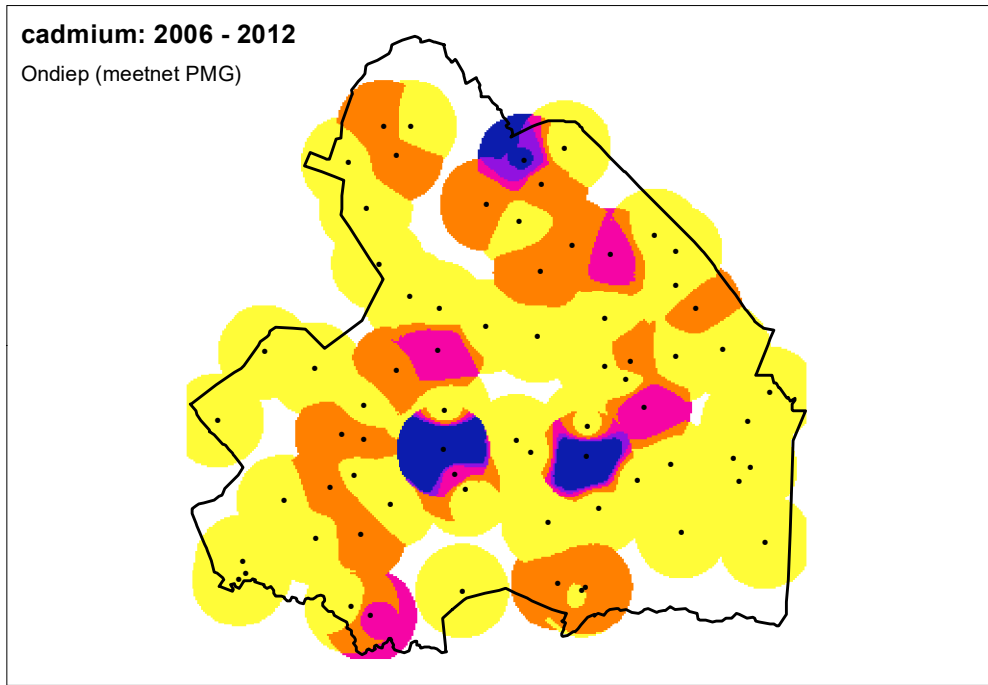
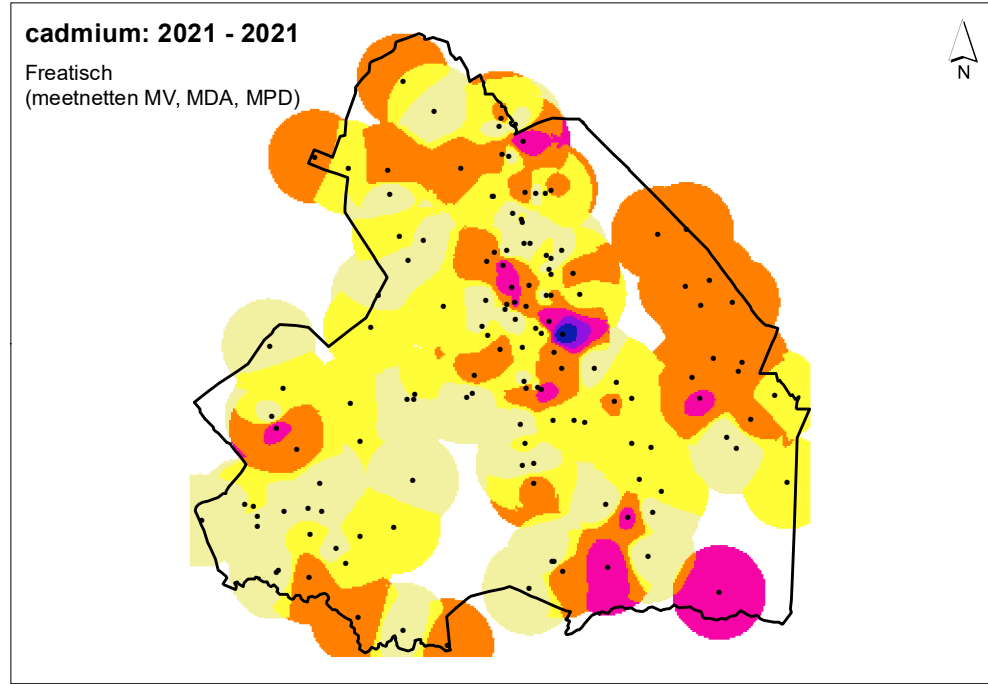
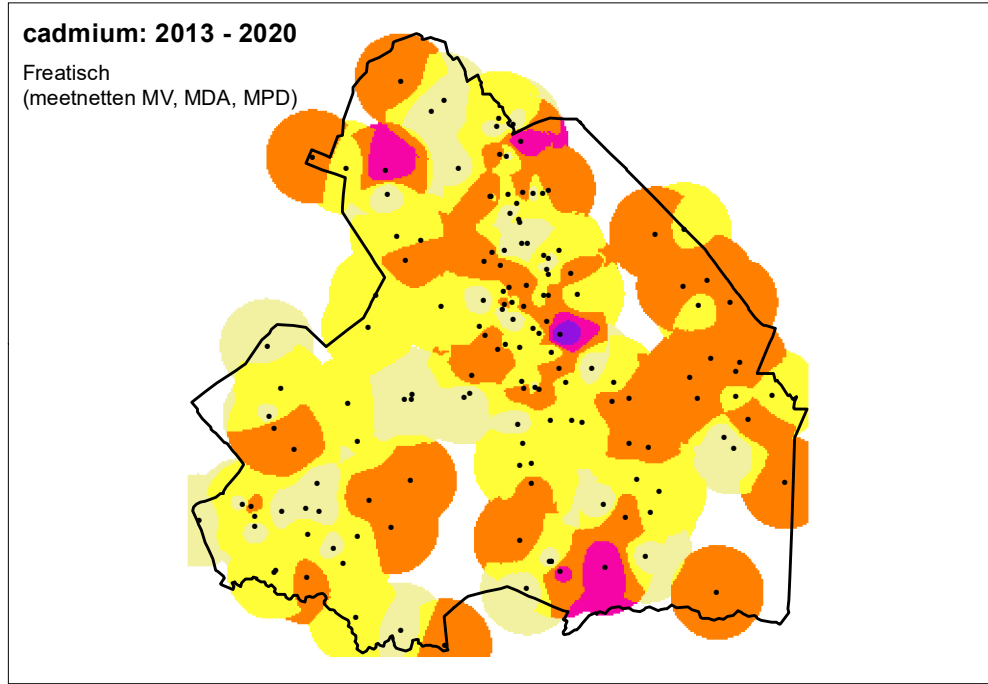
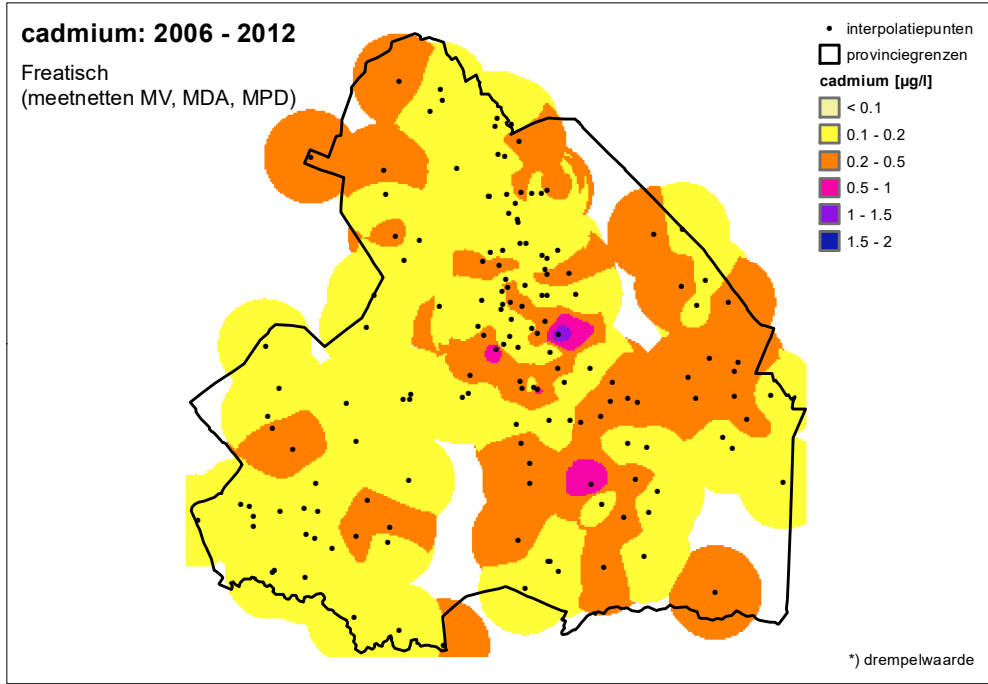
**Kaarten (23 algemene parameters)  
voor drie tijdsperiodes en drie  
filterdieptes**

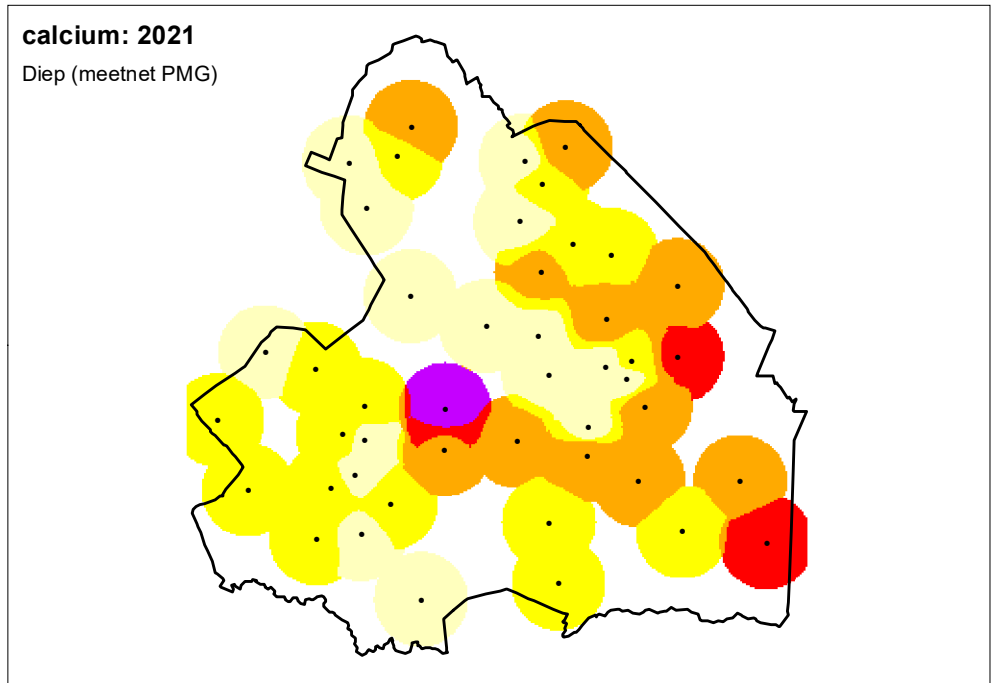
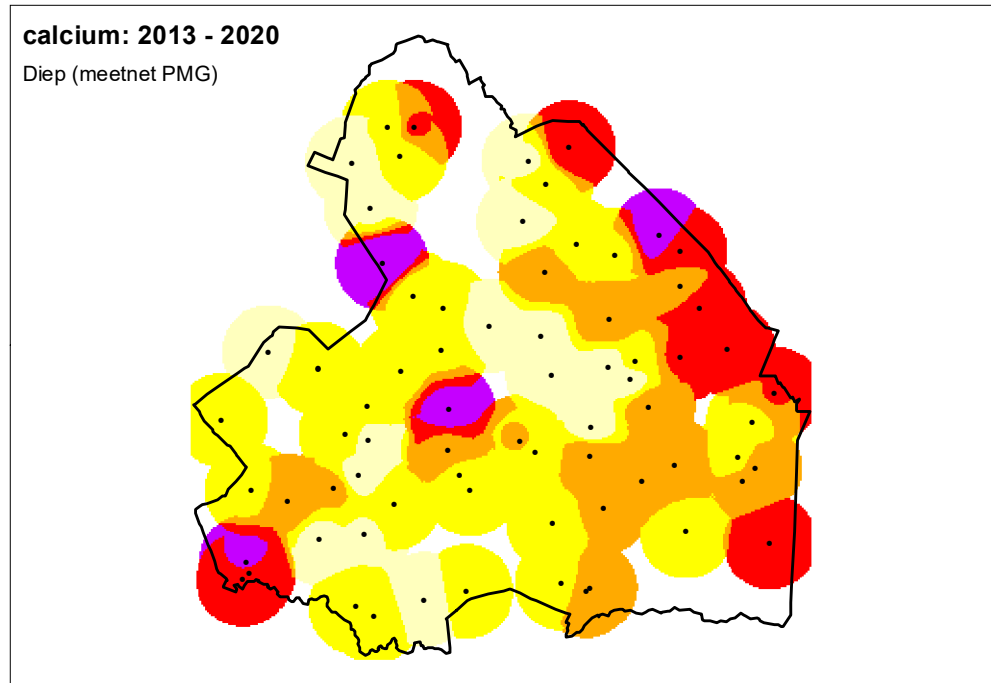
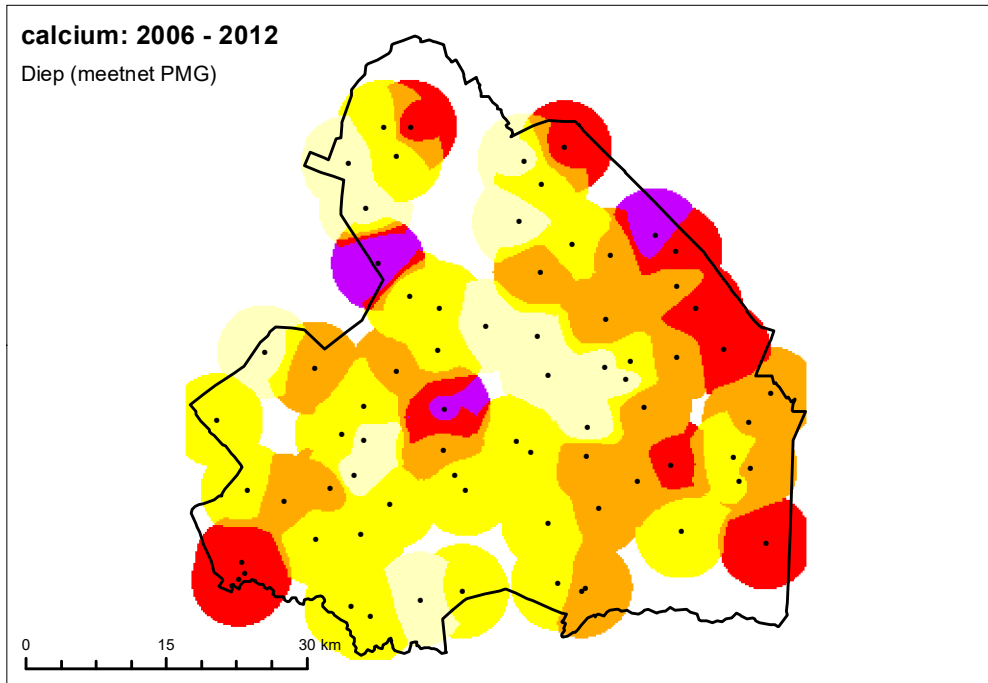
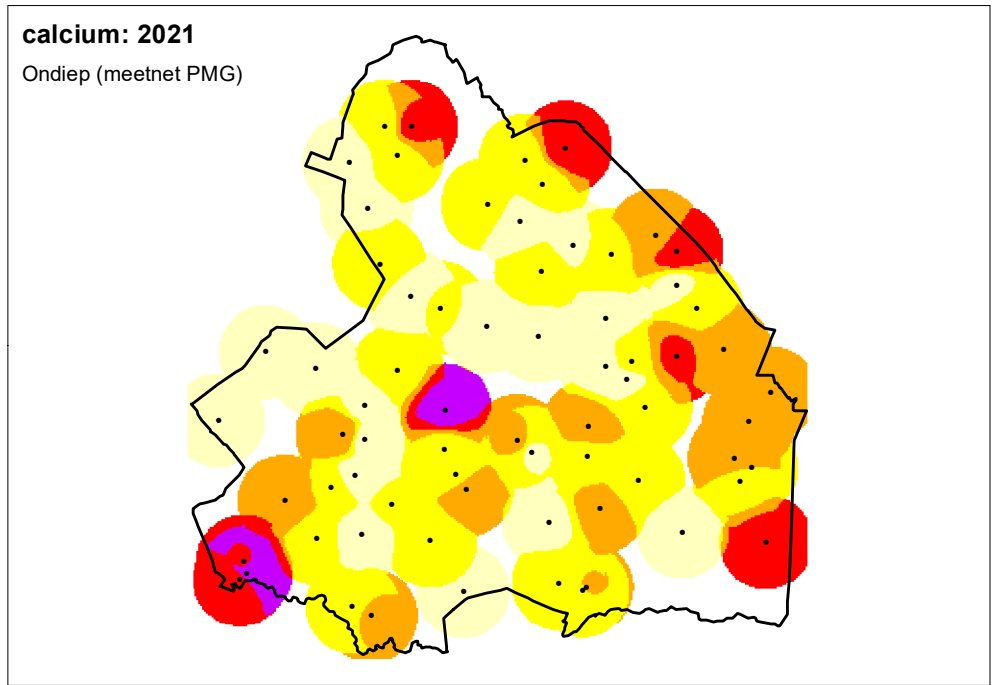
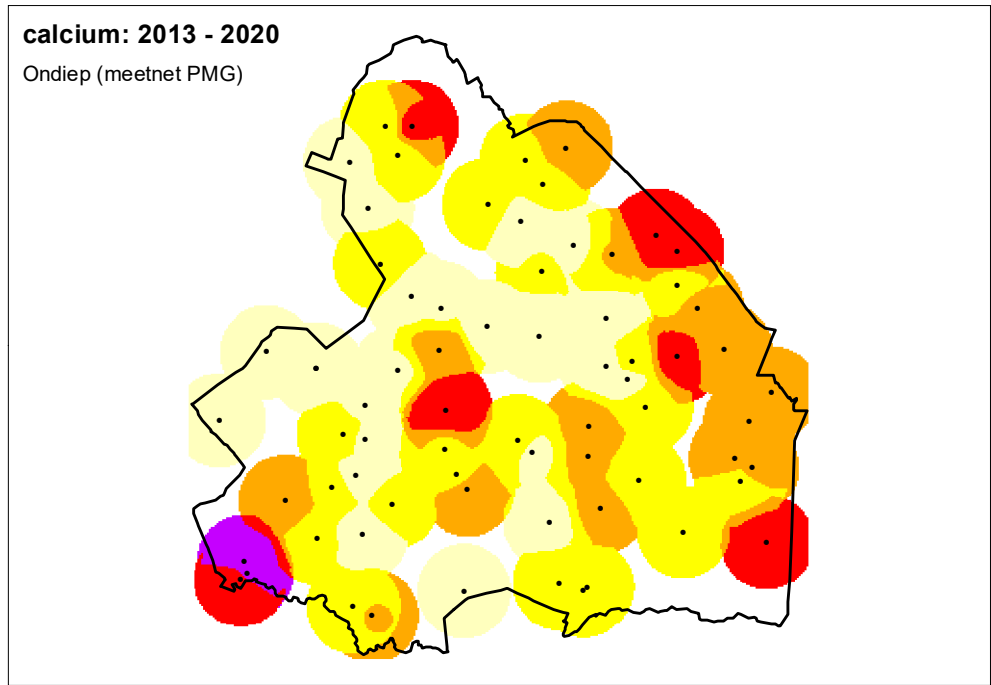
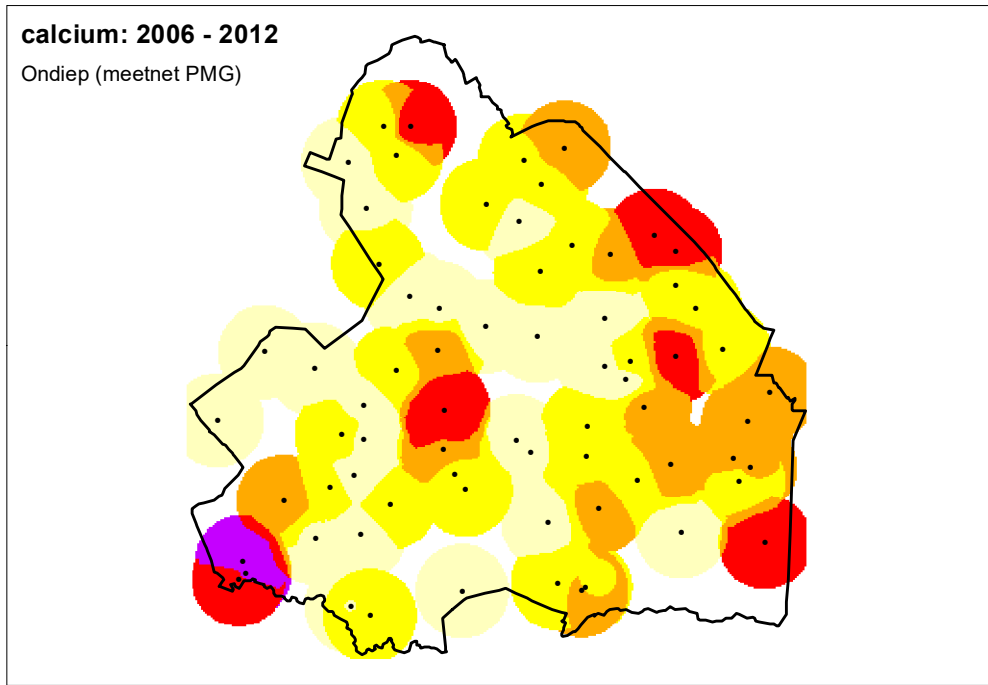
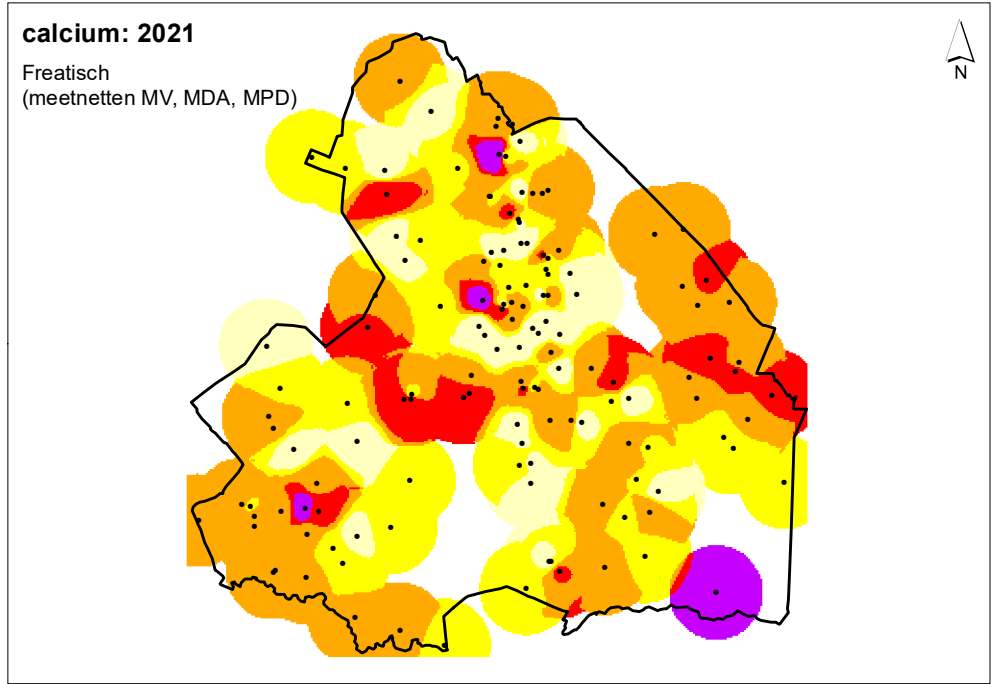
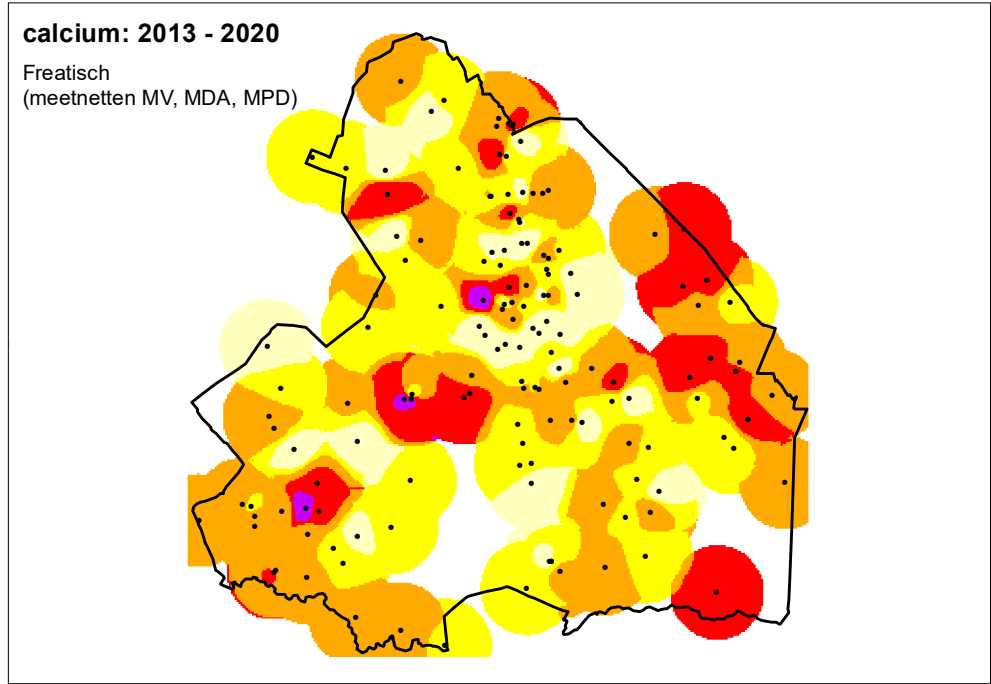
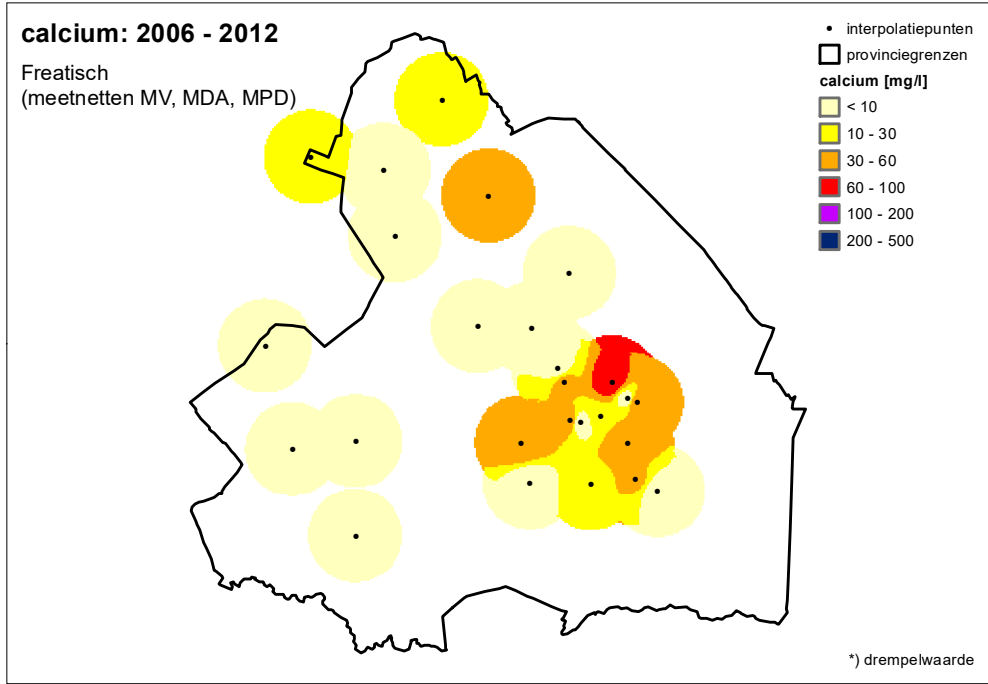


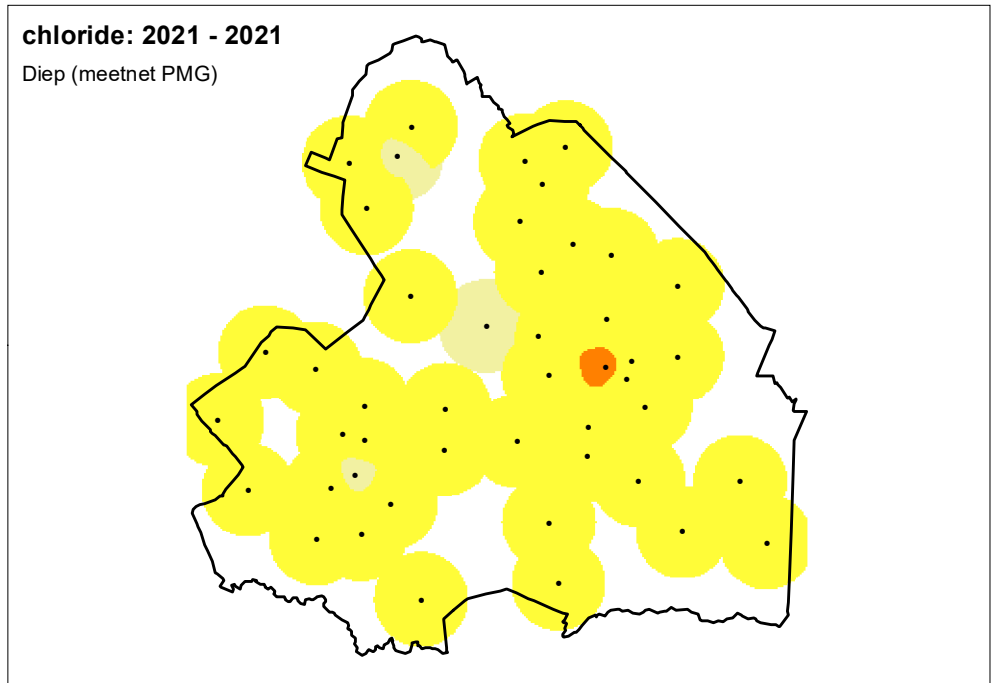
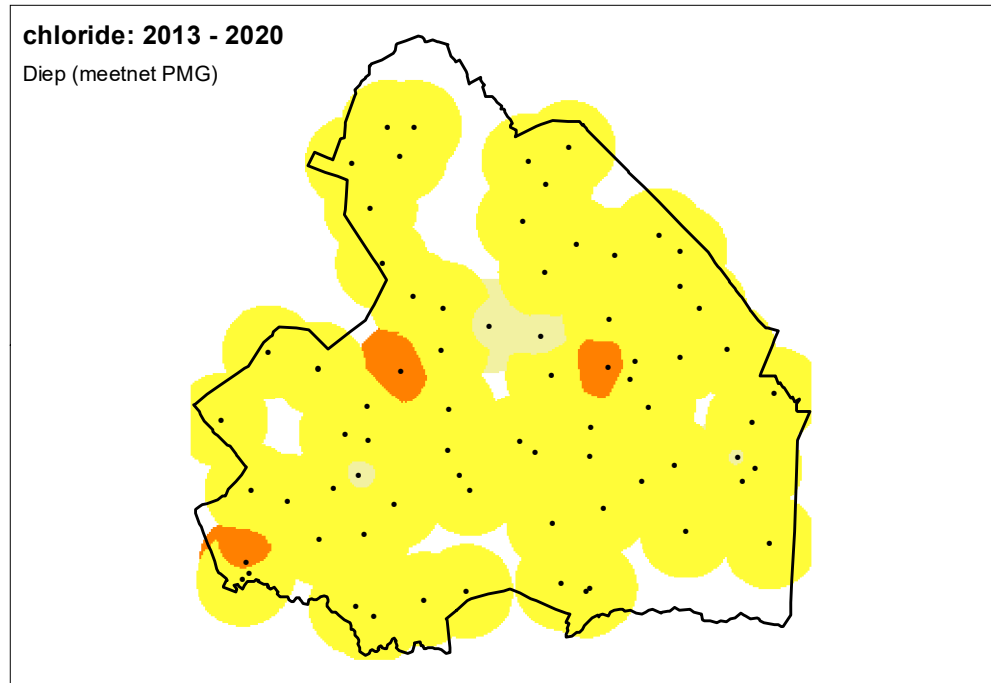
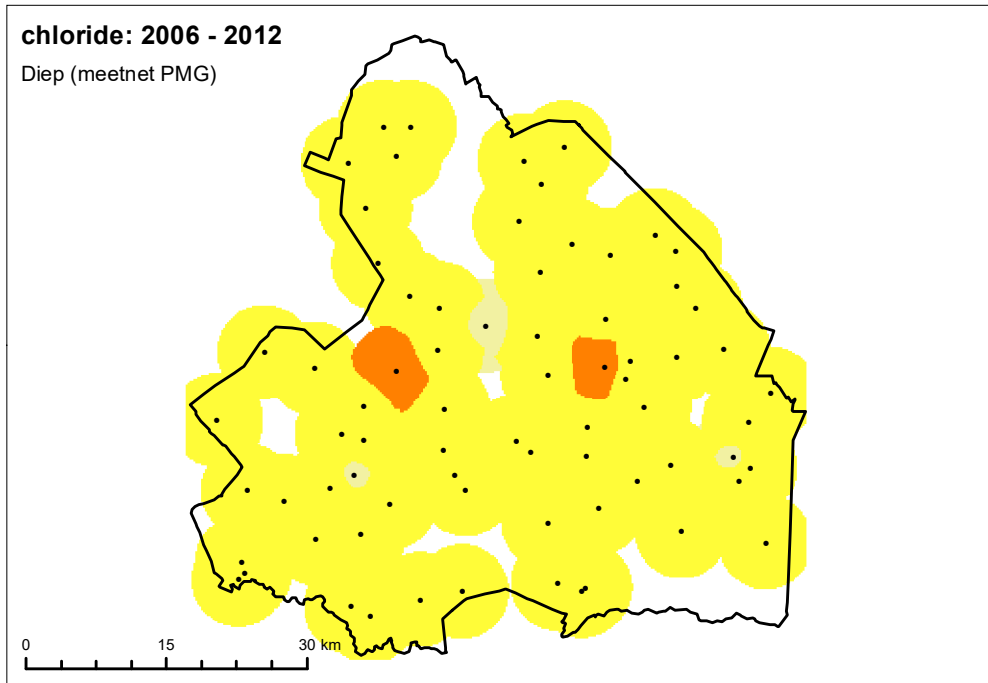
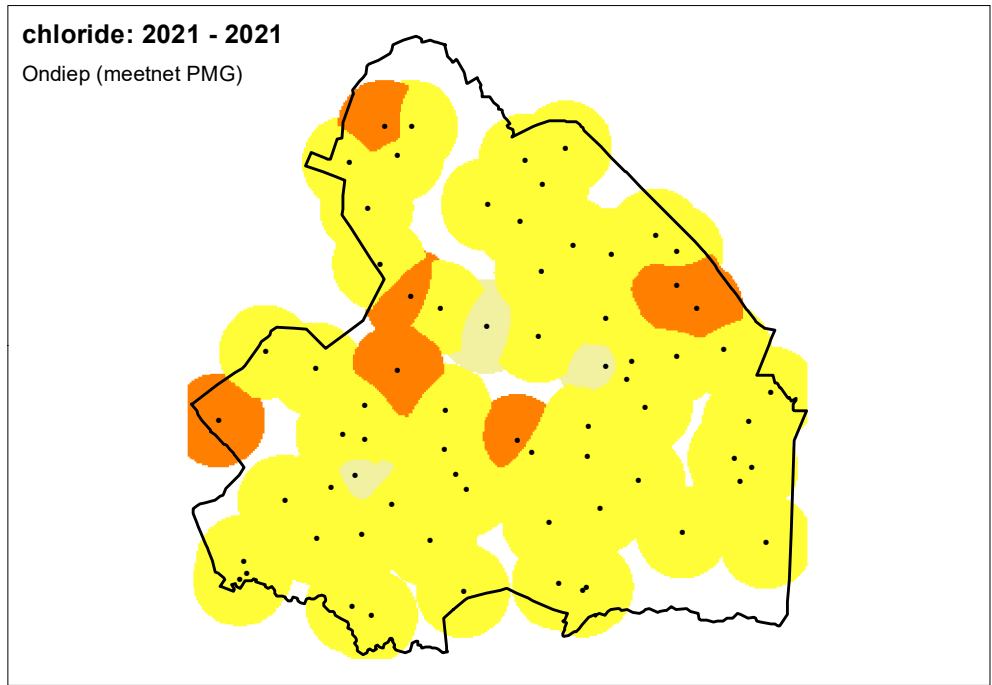
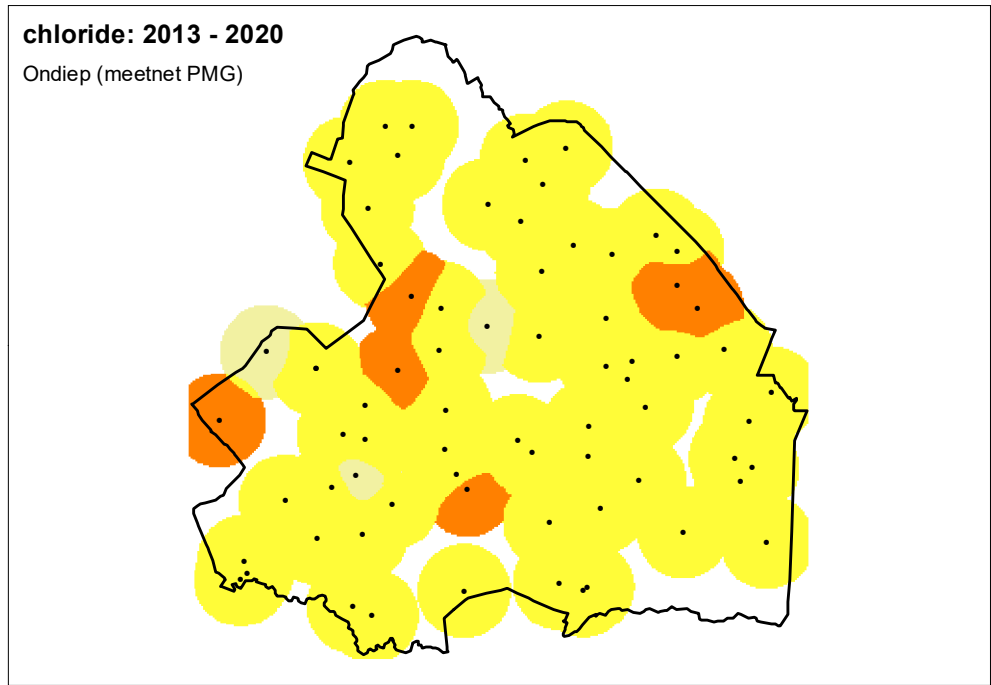
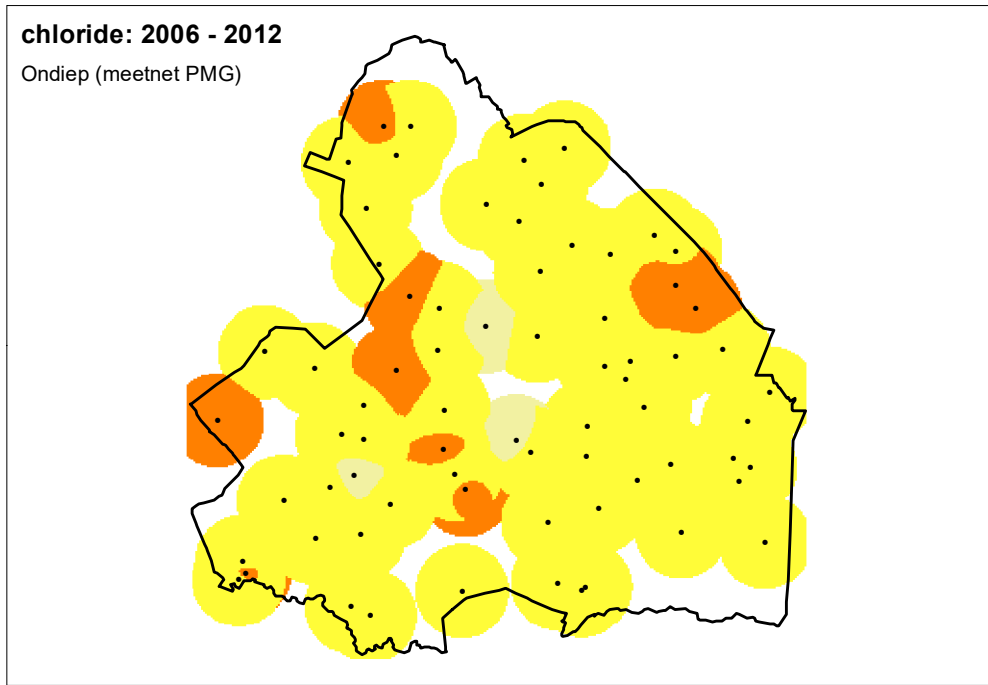
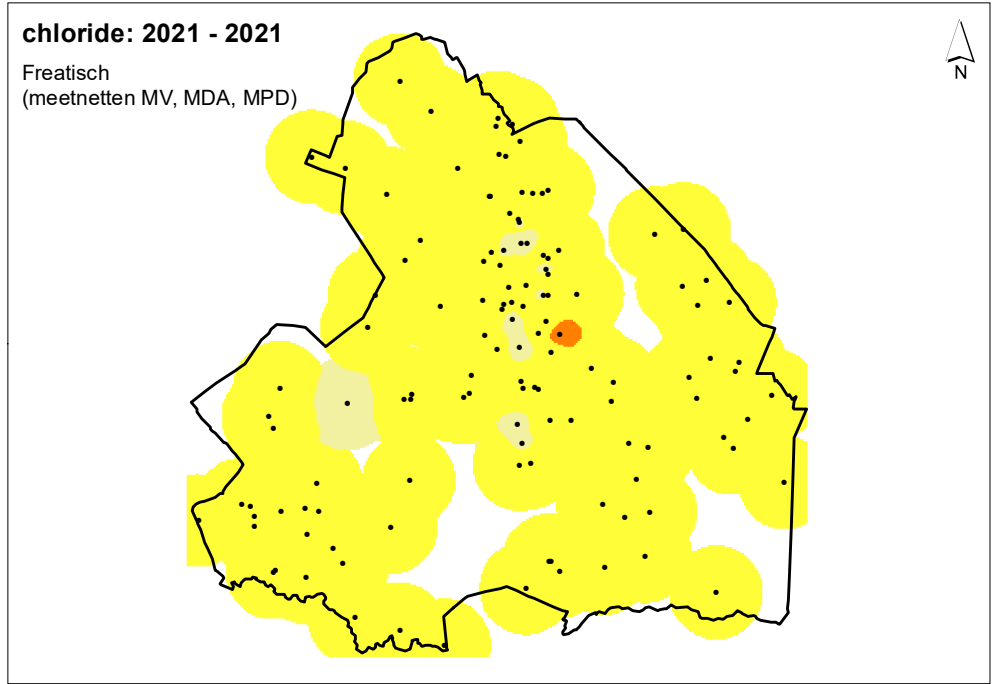
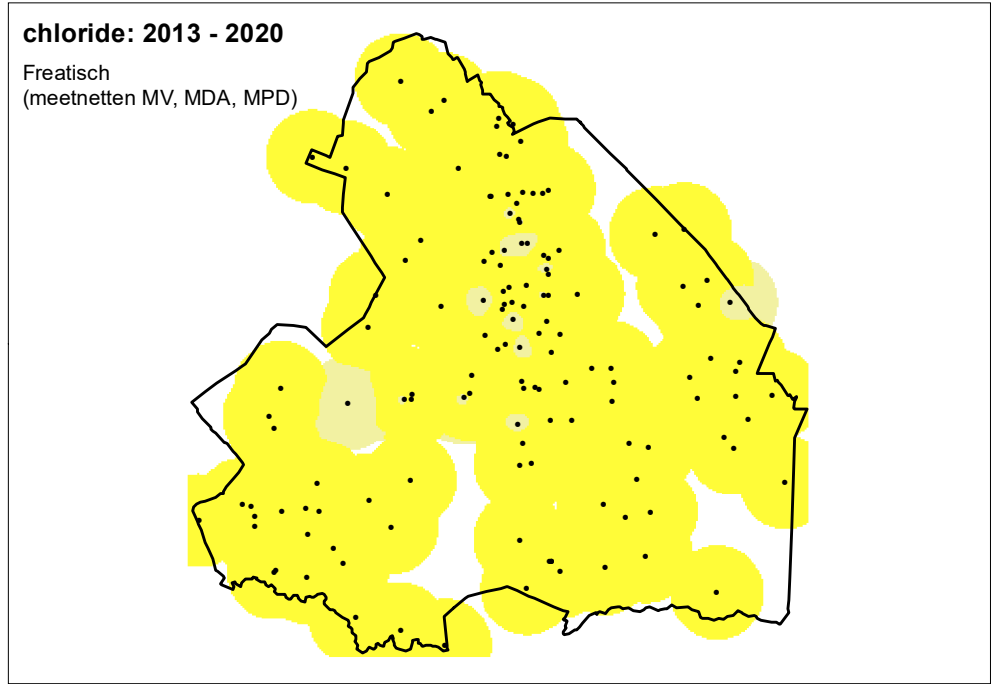
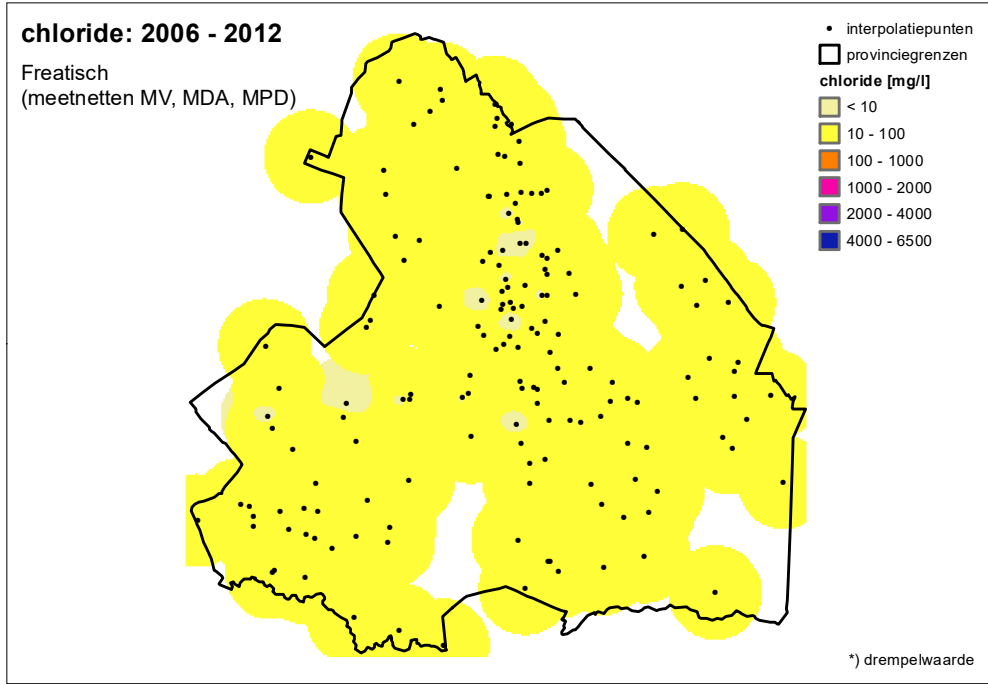












**chroom: 2006 - 2012**

Freatisch  
(meetnetten MV, MDA, MPD)

- interpolatiepunten
- provinciegrenzen
- chroom [µg/l]
- < 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 1.5
- 1.5 - 2
- 2 - 5
- 5 - 15

\*) drempelwaarde

**chroom: 2013 - 2020**

Freatisch  
(meetnetten MV, MDA, MPD)

**chroom: 2021 - 2021**

Freatisch  
(meetnetten MV, MDA, MPD)



**chroom: 2006 - 2012**

Ondiep (meetnet PMG)

**chroom: 2013 - 2020**

Ondiep (meetnet PMG)

**chroom: 2021 - 2021**

Ondiep (meetnet PMG)

**chroom: 2006 - 2012**

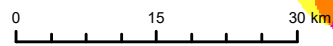
Diep (meetnet PMG)

**chroom: 2013 - 2020**

Diep (meetnet PMG)

**chroom: 2021 - 2021**

Diep (meetnet PMG)



**fosfor\_totaal: 2006 - 2012**

Freatisch  
(meetnetten MV, MDA, MPD)

- interpolatiepunten
- provinciegrenzen
- fosfor\_totaal [mg P/l]
- < 0.01
- 0.01 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 10
- 10 - 60

\*) drempelwaarde

**fosfor\_totaal: 2013 - 2020**

Freatisch  
(meetnetten MV, MDA, MPD)

**fosfor\_totaal: 2021 - 2021**

Freatisch  
(meetnetten MV, MDA, MPD)



**fosfor\_totaal: 2006 - 2012**

Ondiep (meetnet PMG)

**fosfor\_totaal: 2013 - 2020**

Ondiep (meetnet PMG)

**fosfor\_totaal: 2021 - 2021**

Ondiep (meetnet PMG)

**fosfor\_totaal: 2006 - 2012**

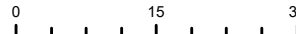
Diep (meetnet PMG)

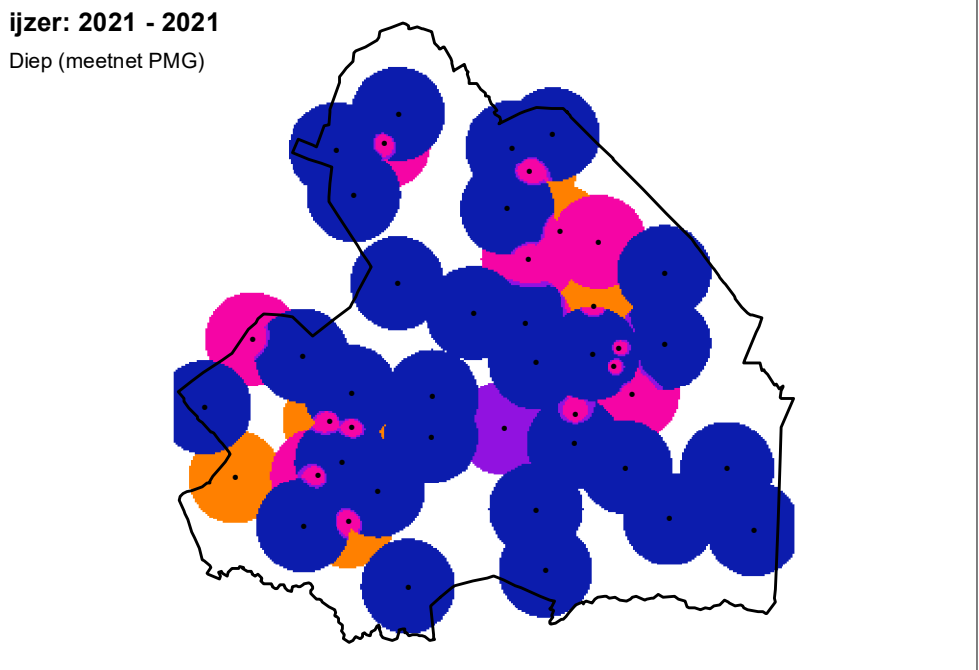
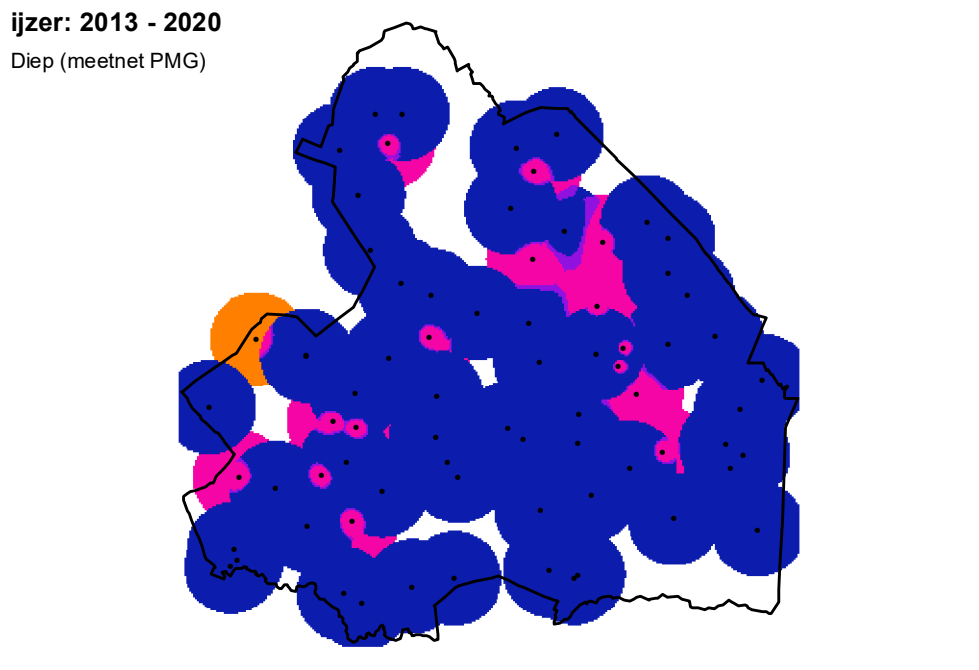
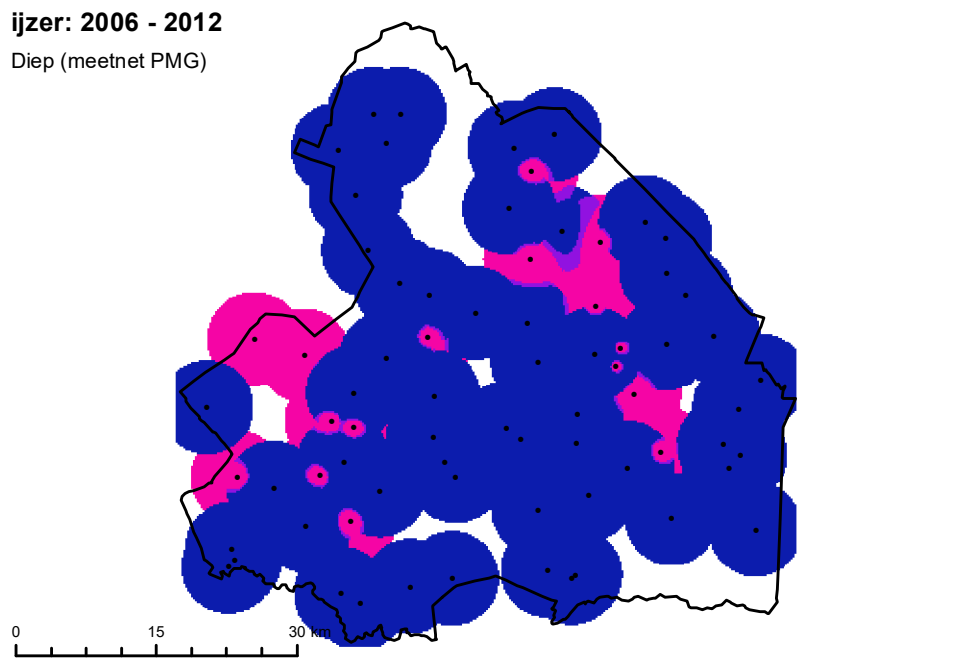
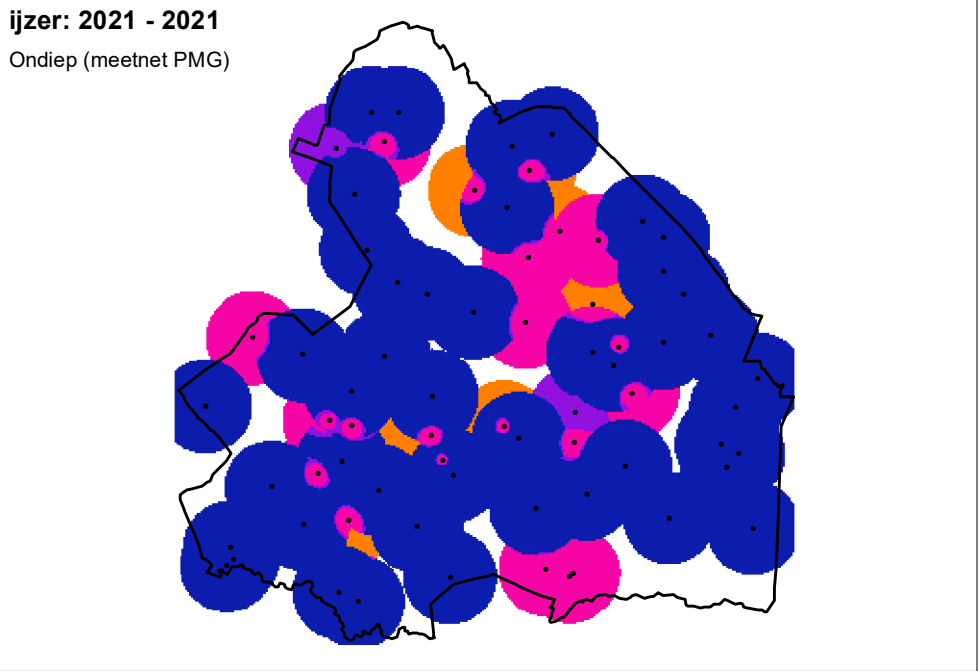
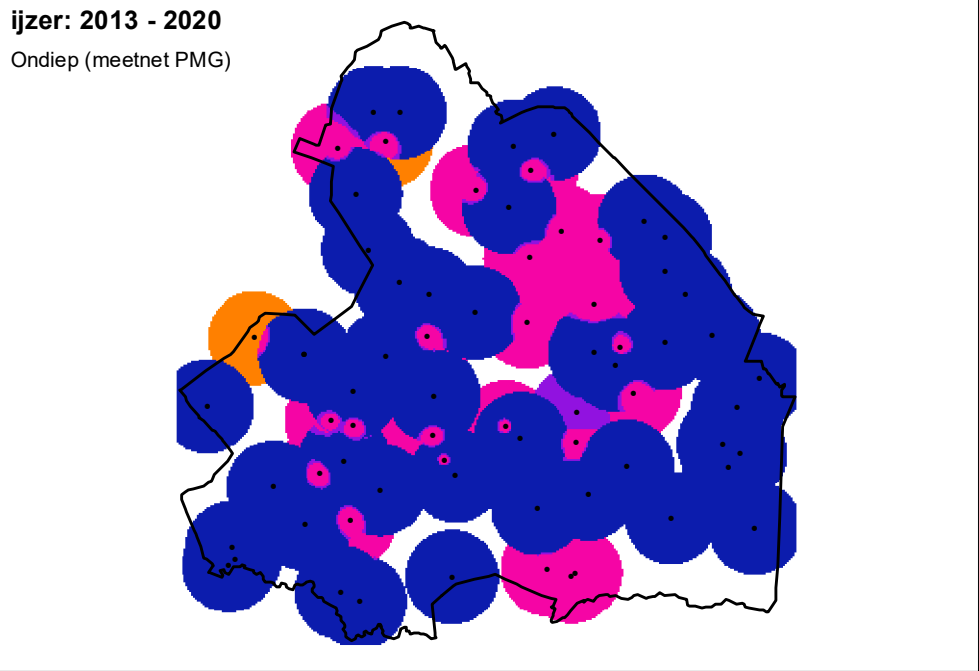
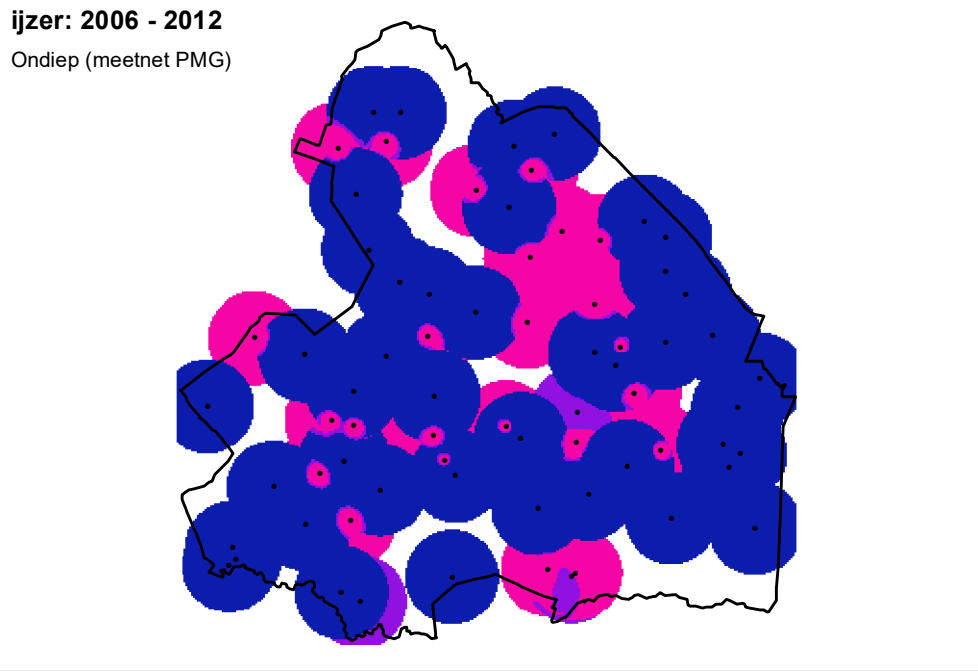
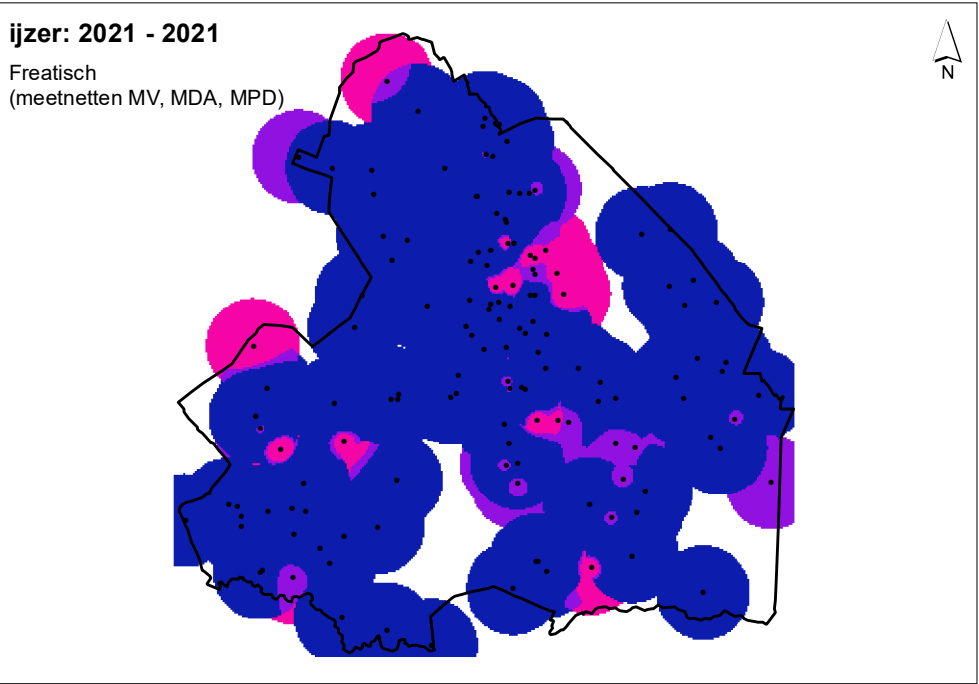
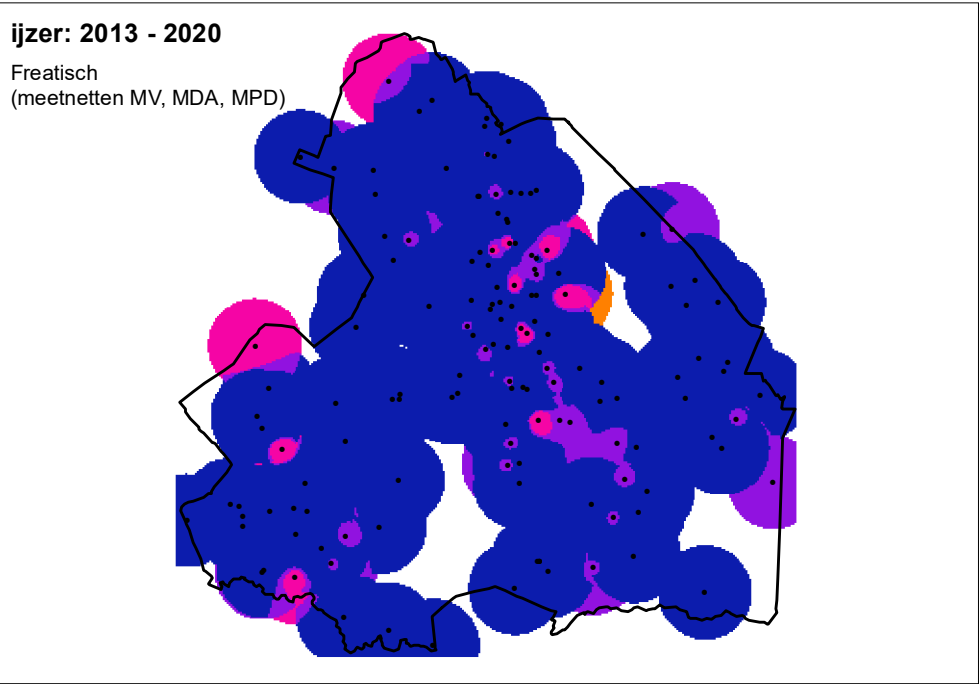
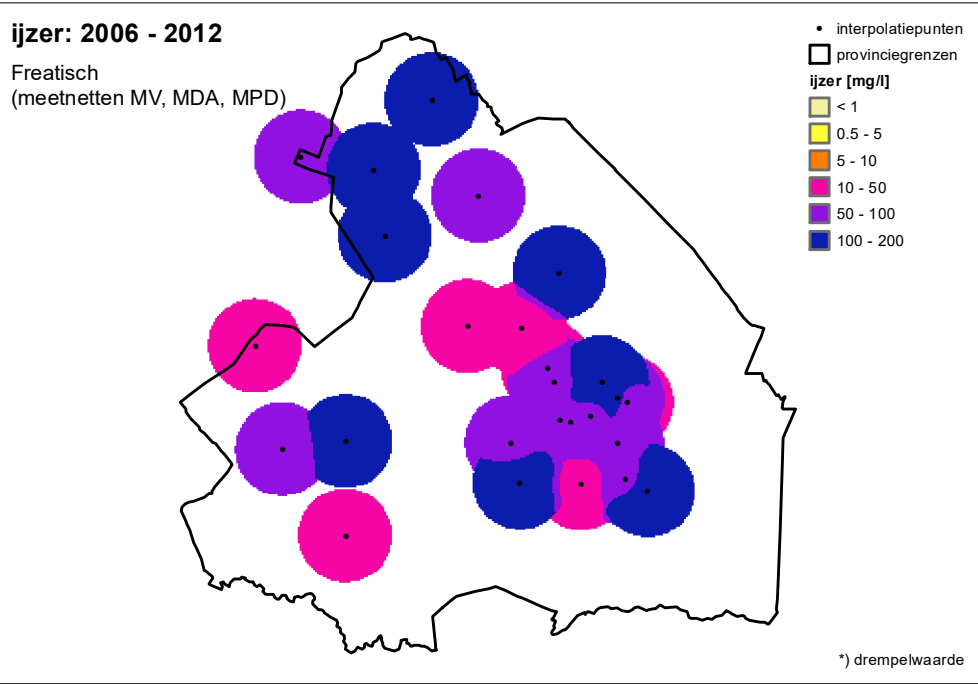
**fosfor\_totaal: 2013 - 2020**

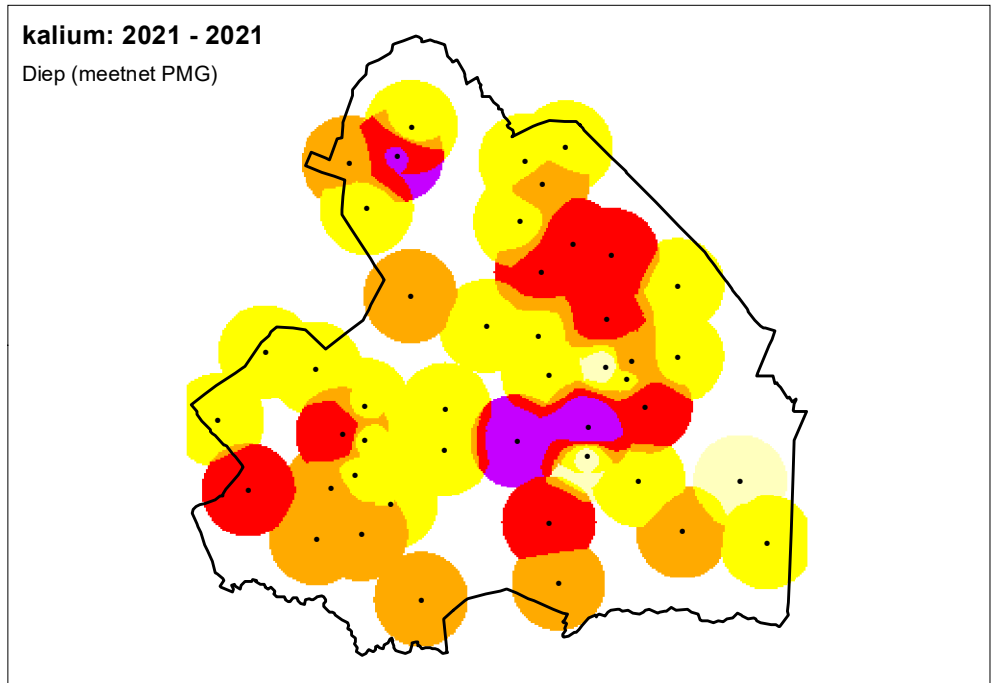
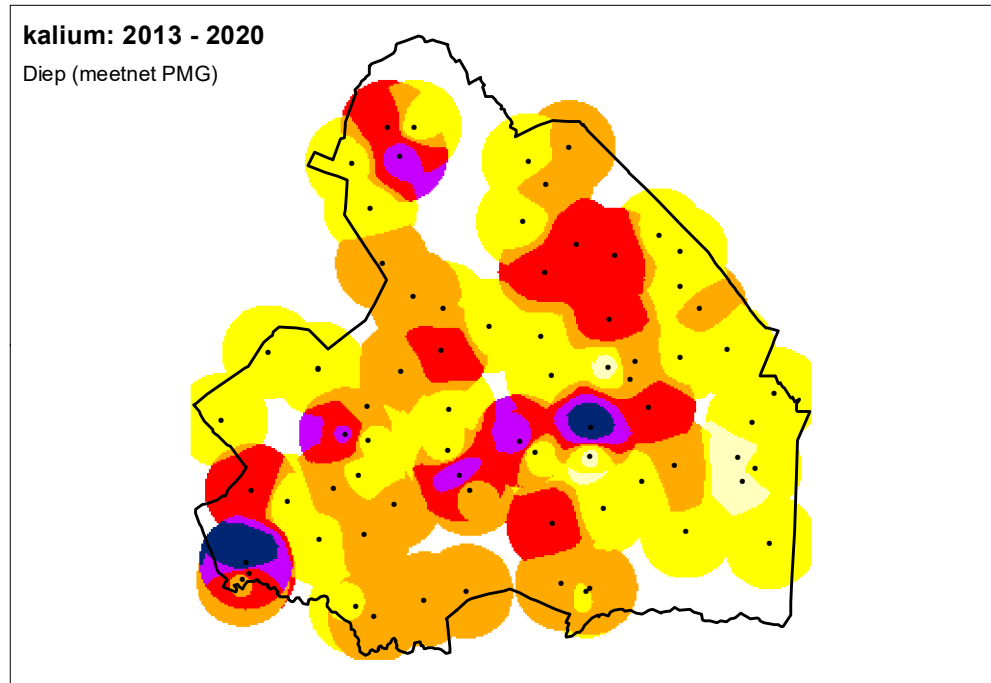
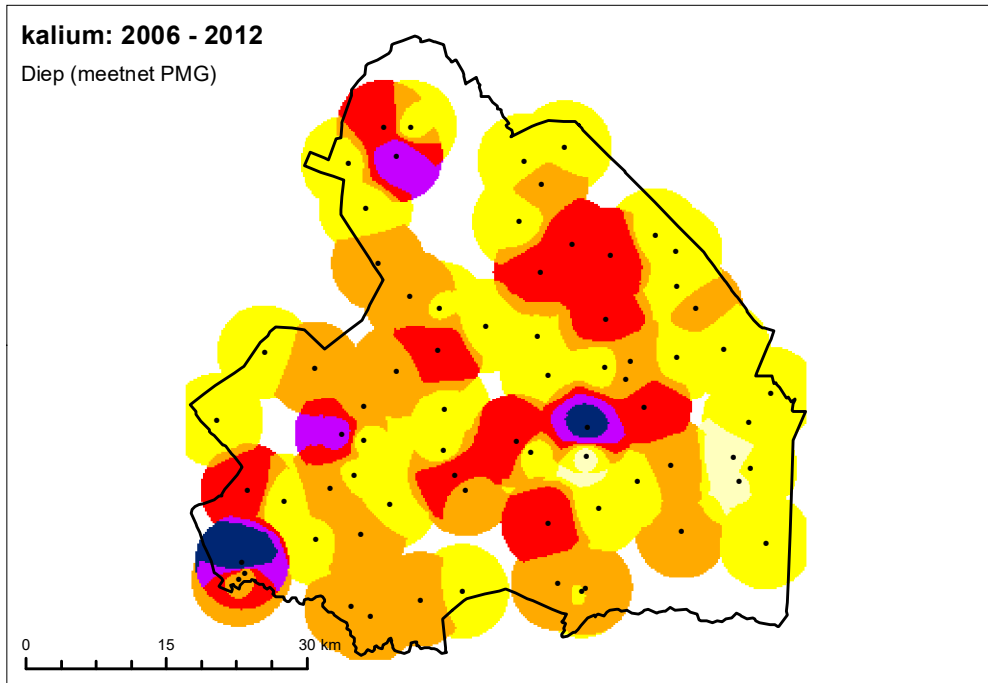
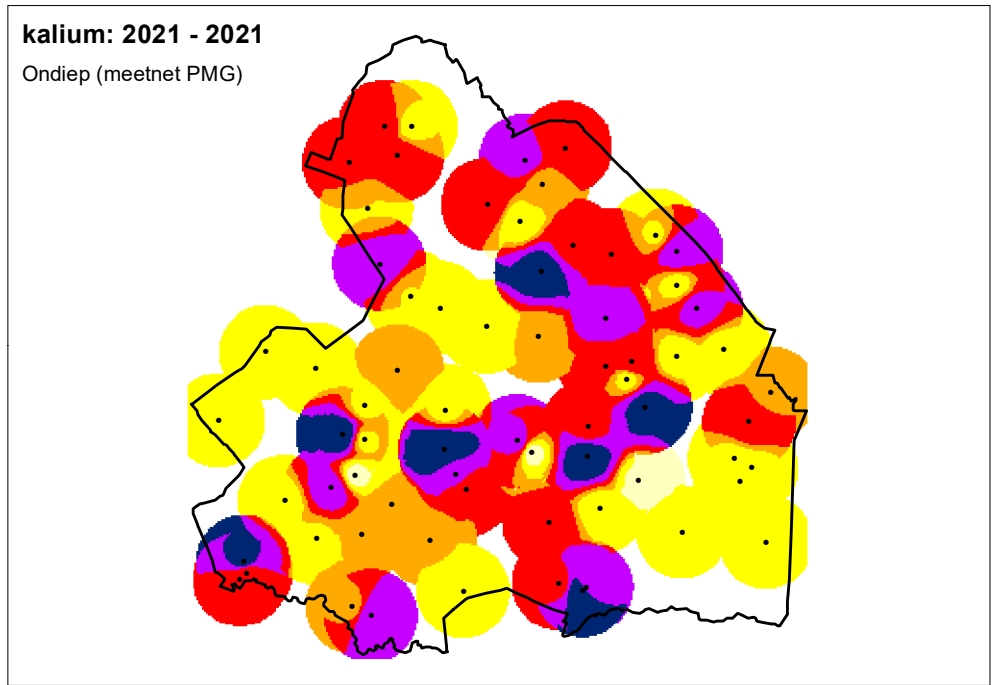
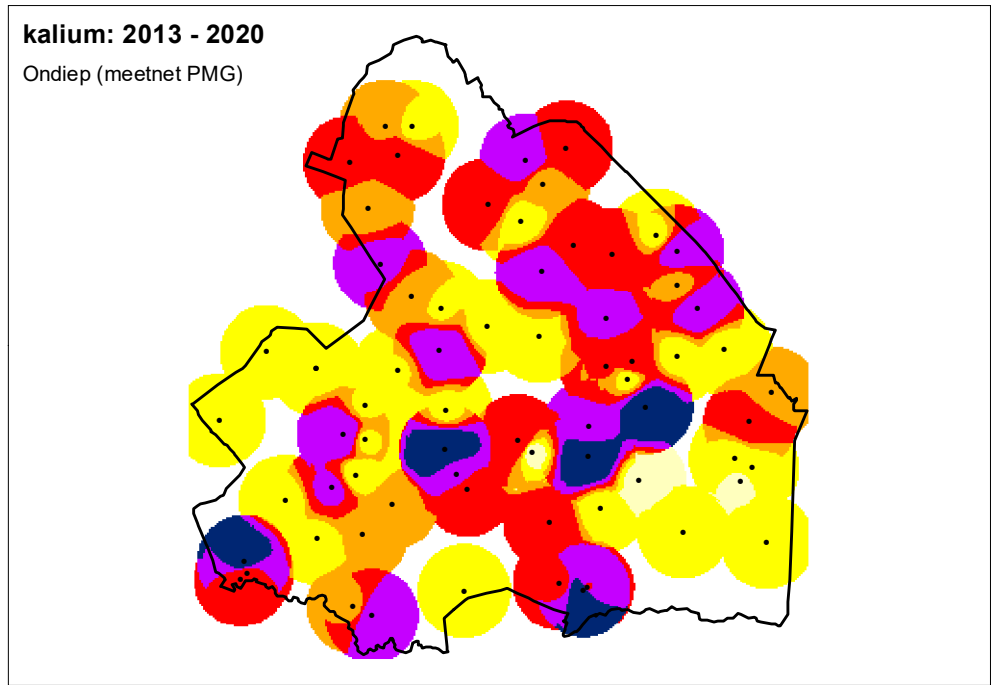
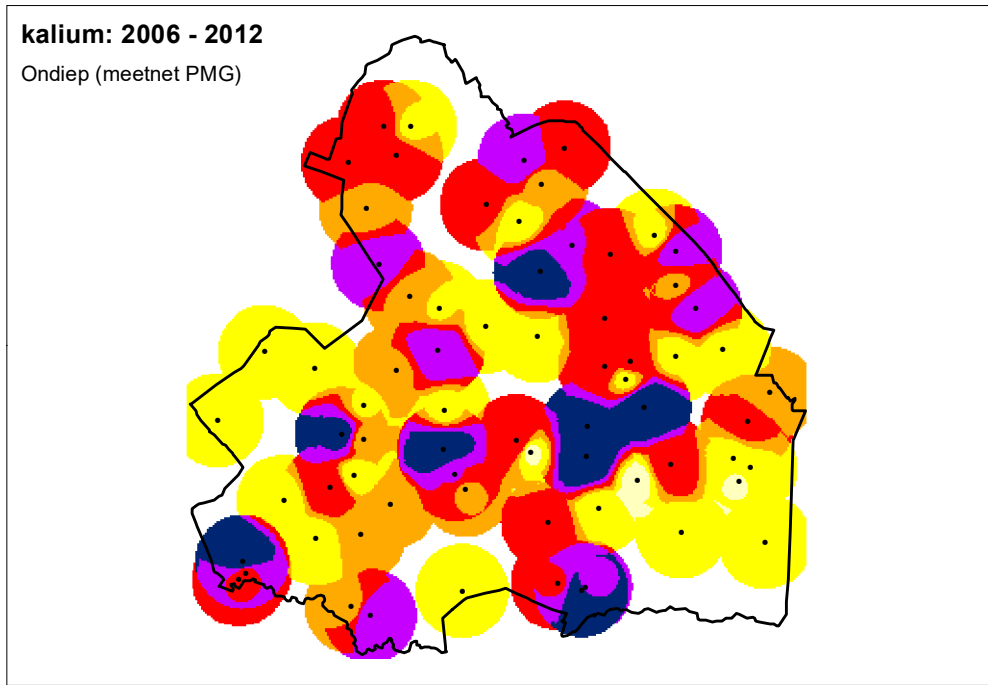
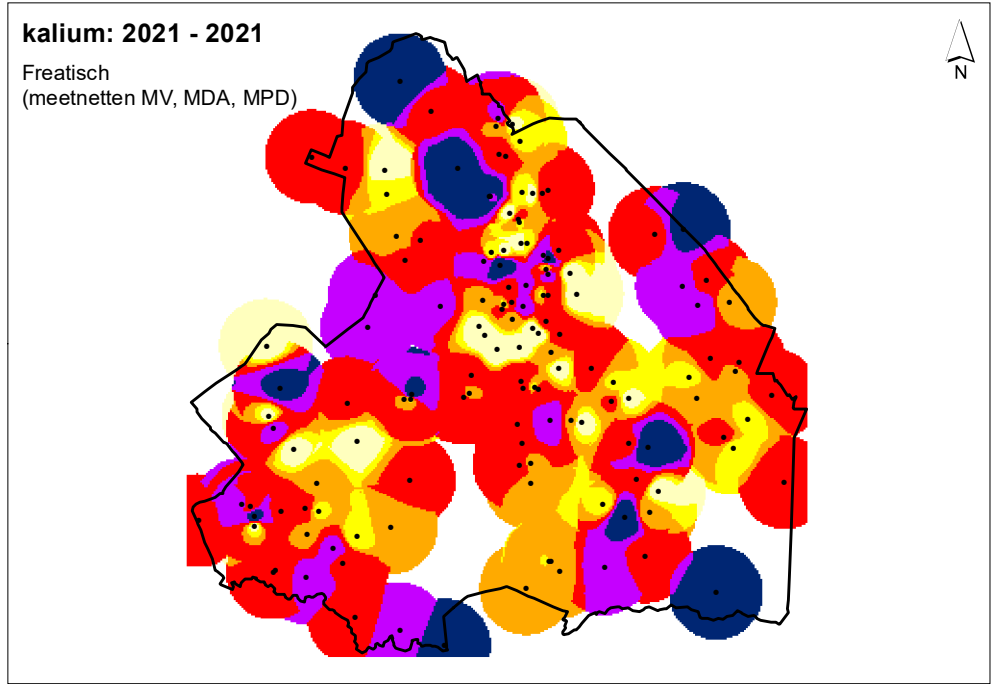
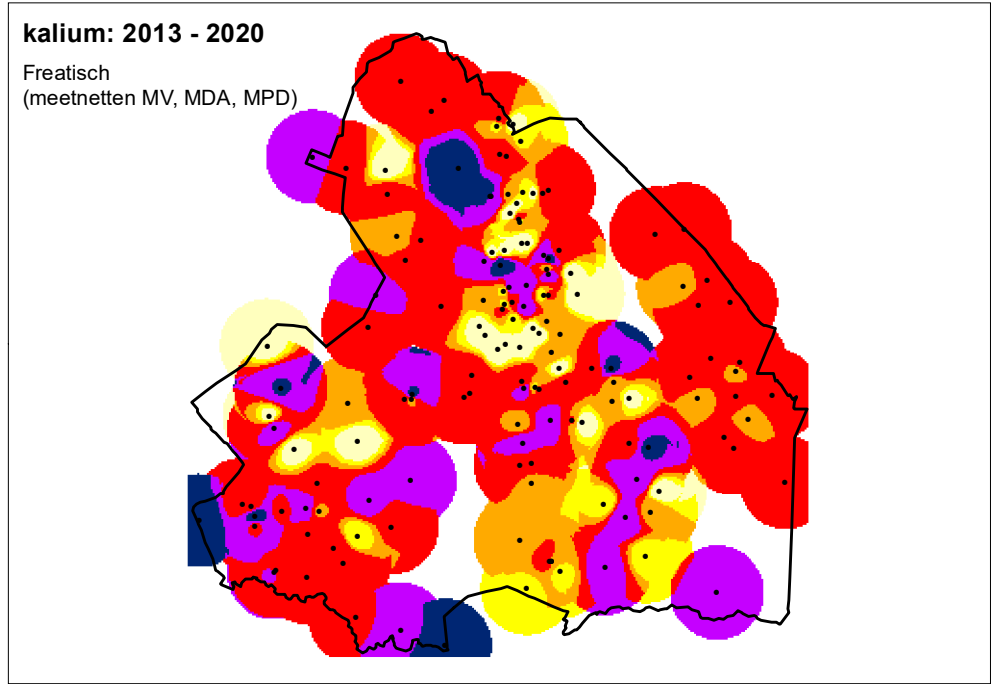
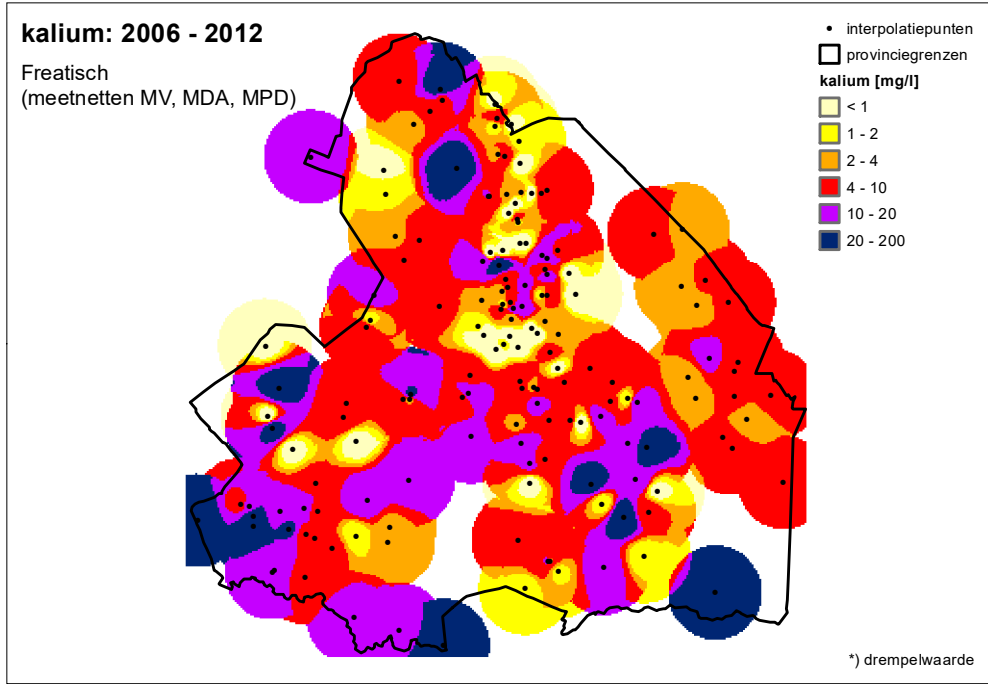
Diep (meetnet PMG)

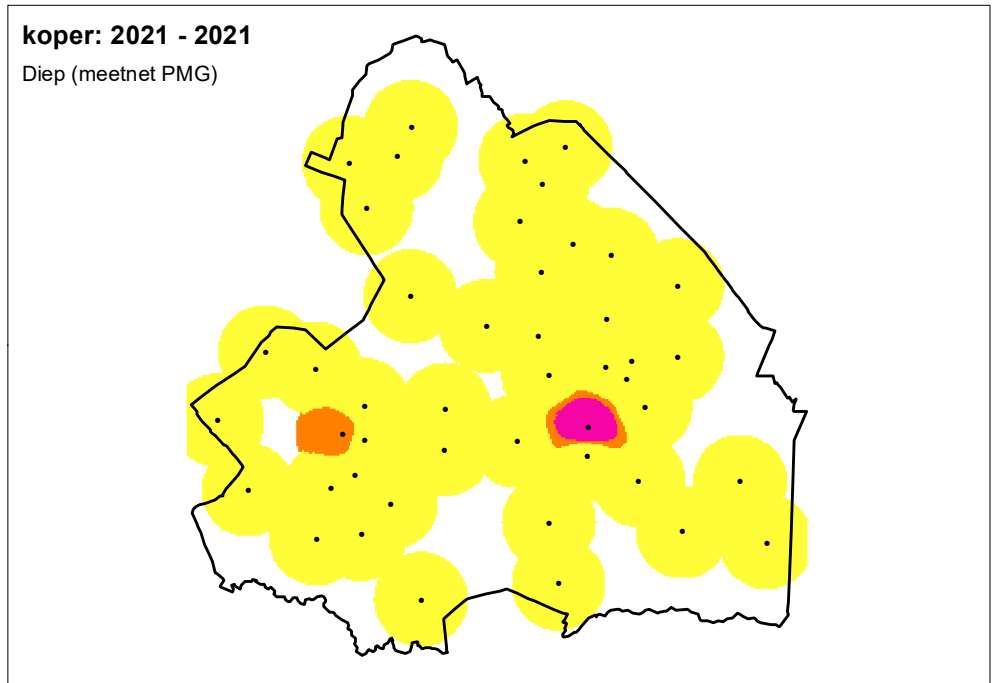
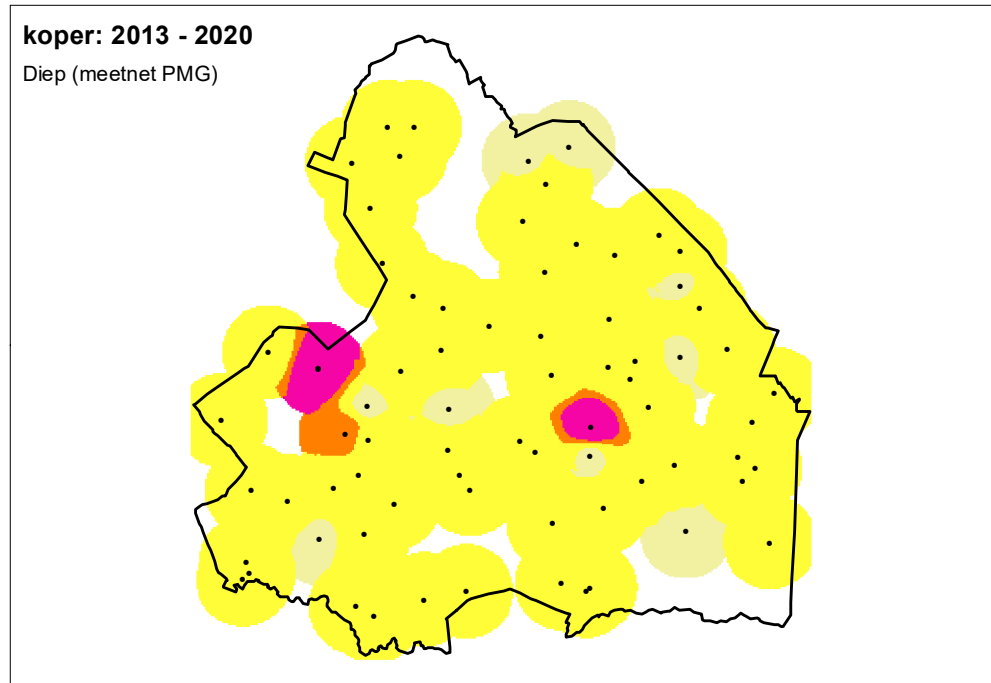
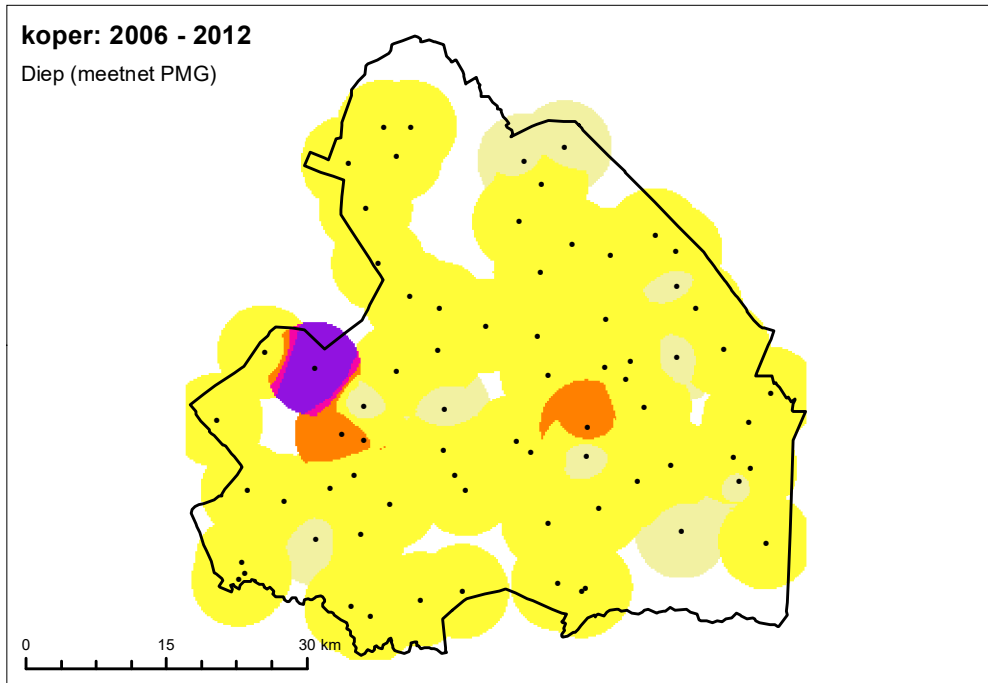
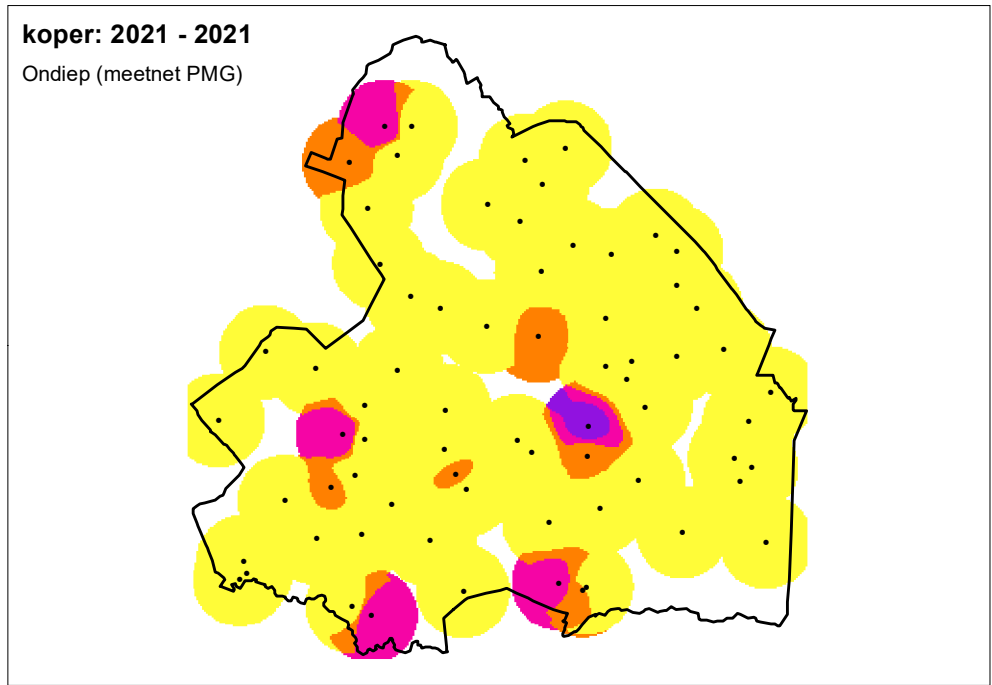
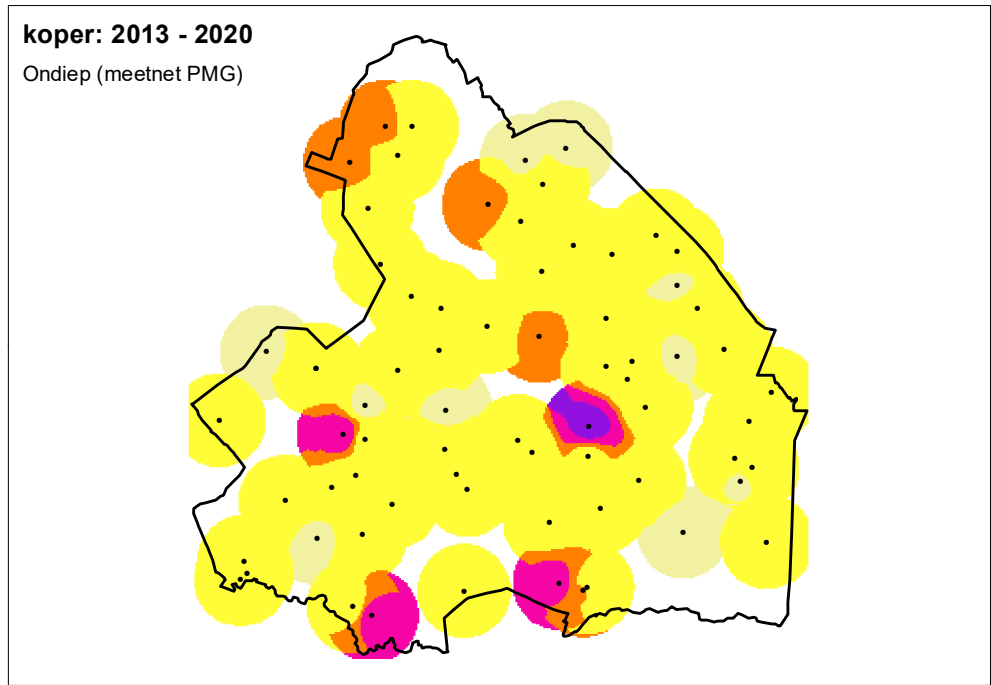
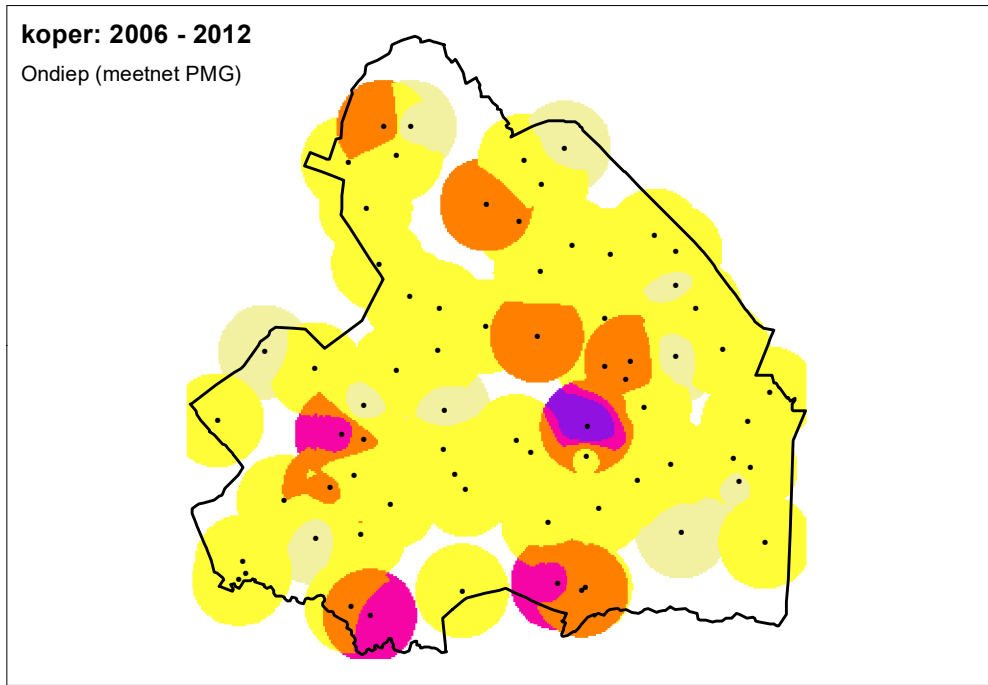
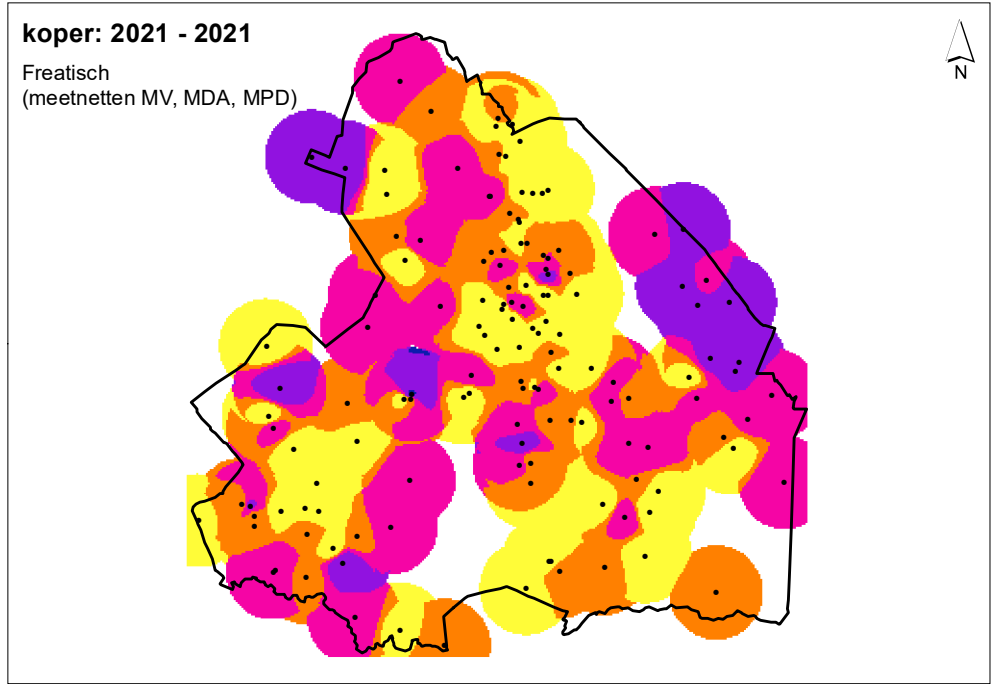
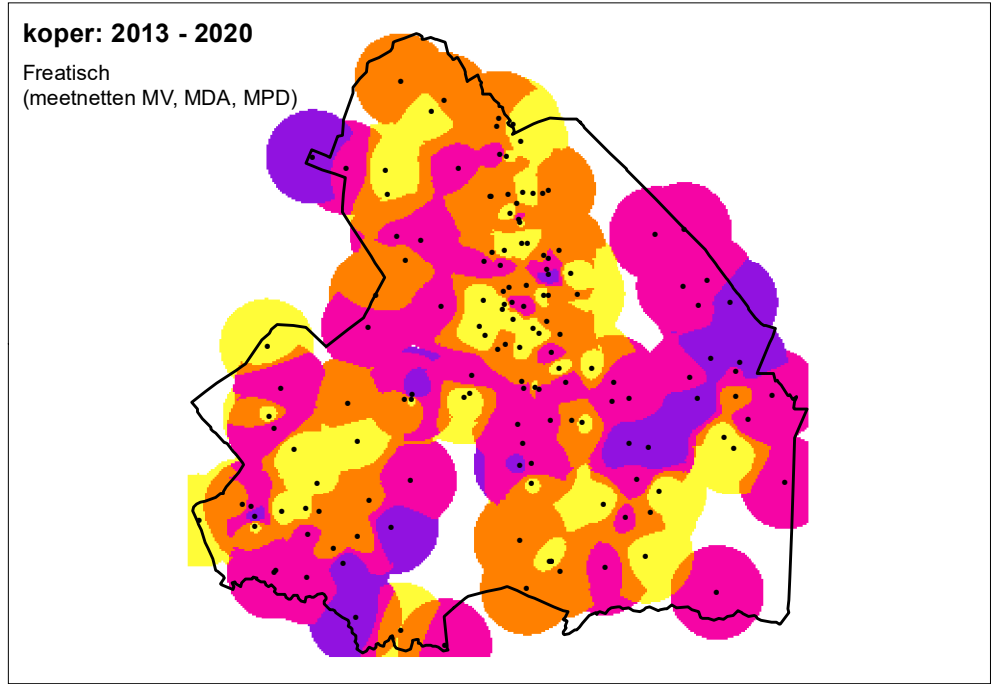
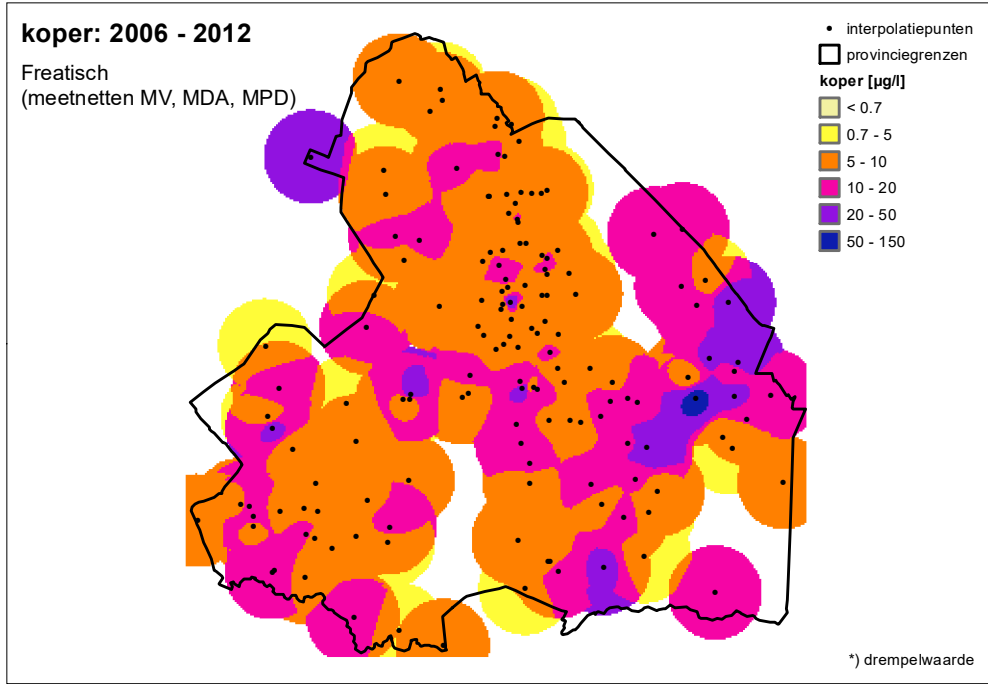
**fosfor\_totaal: 2021 - 2021**

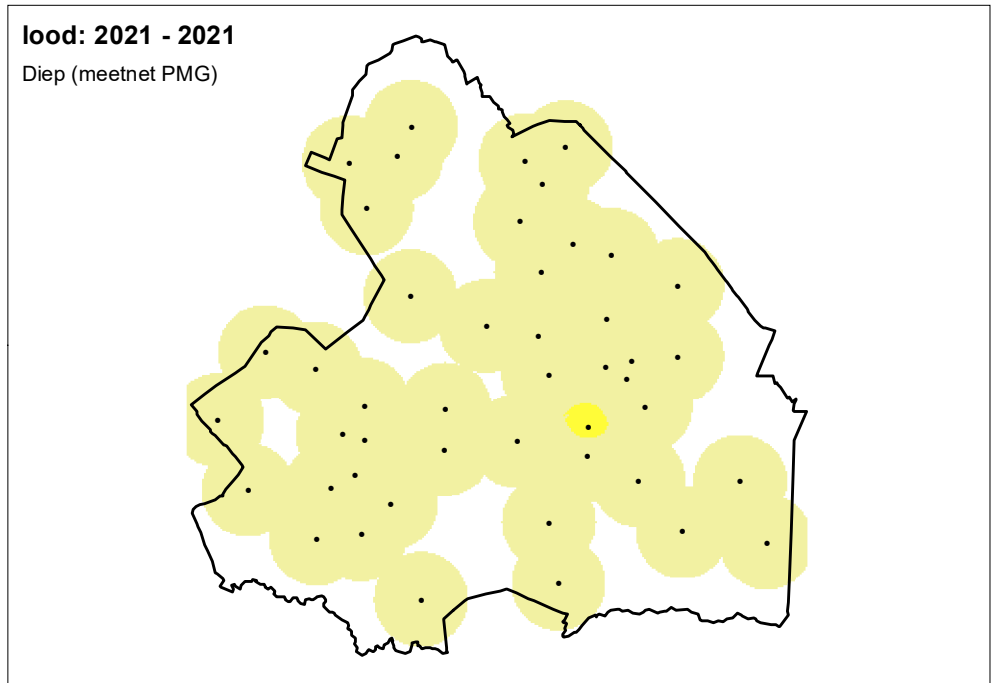
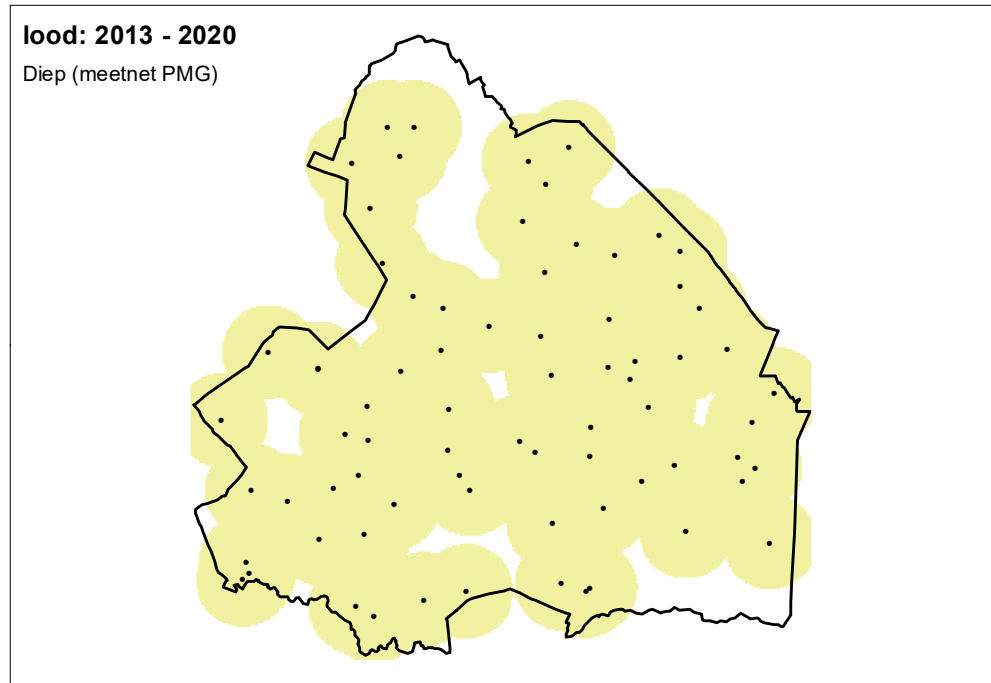
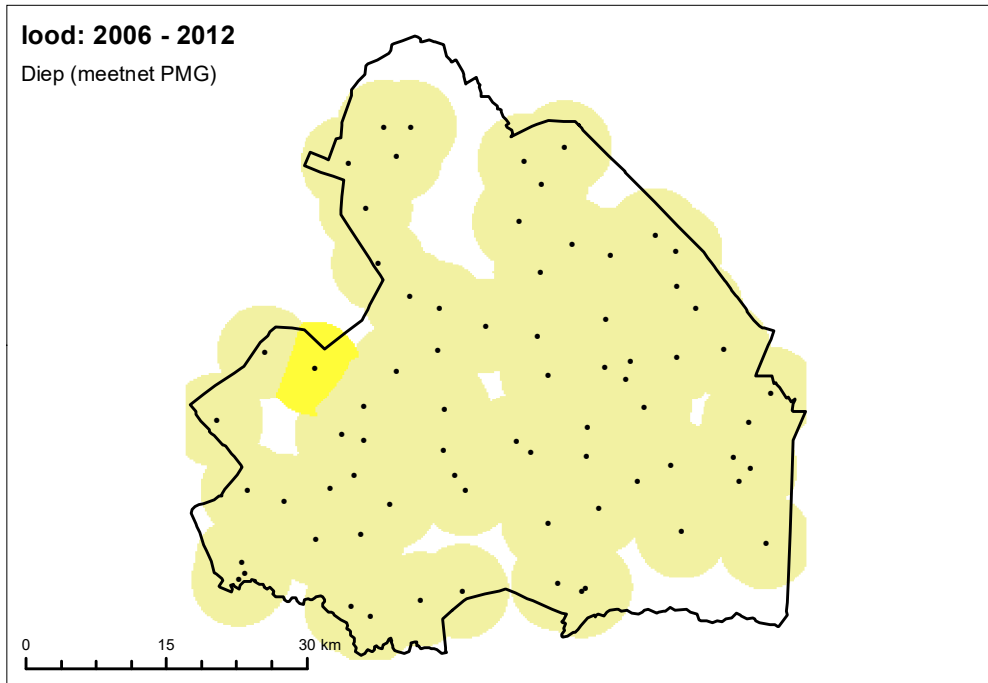
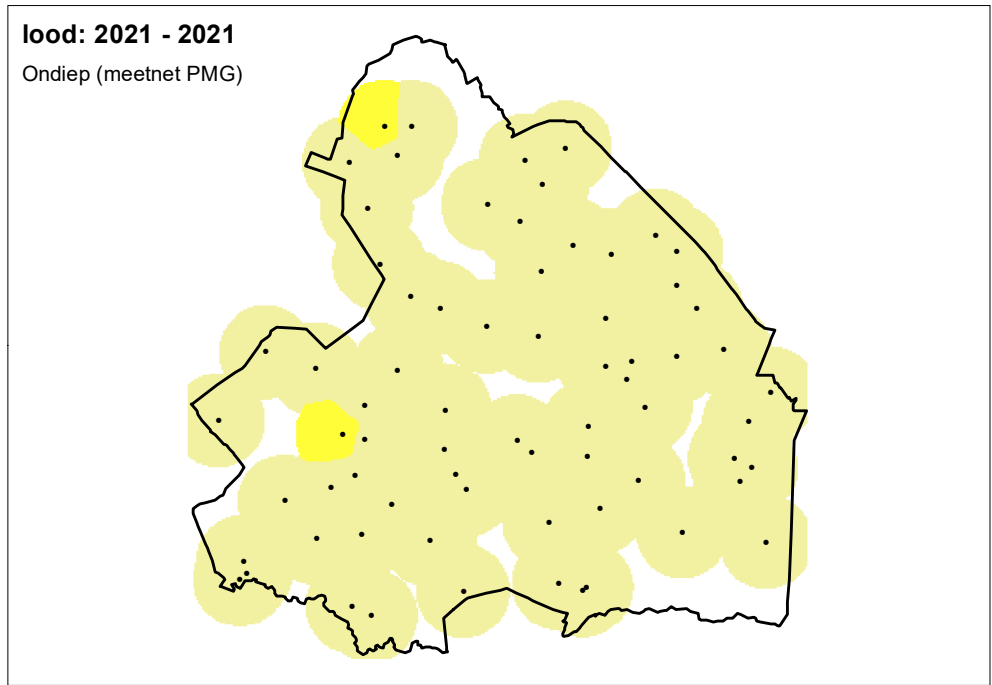
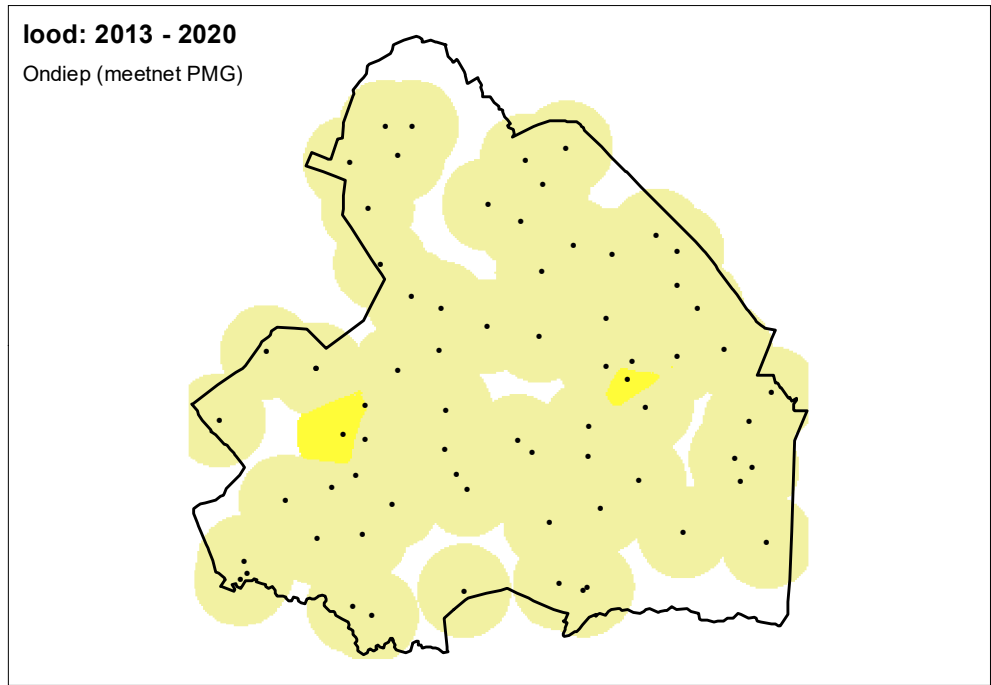
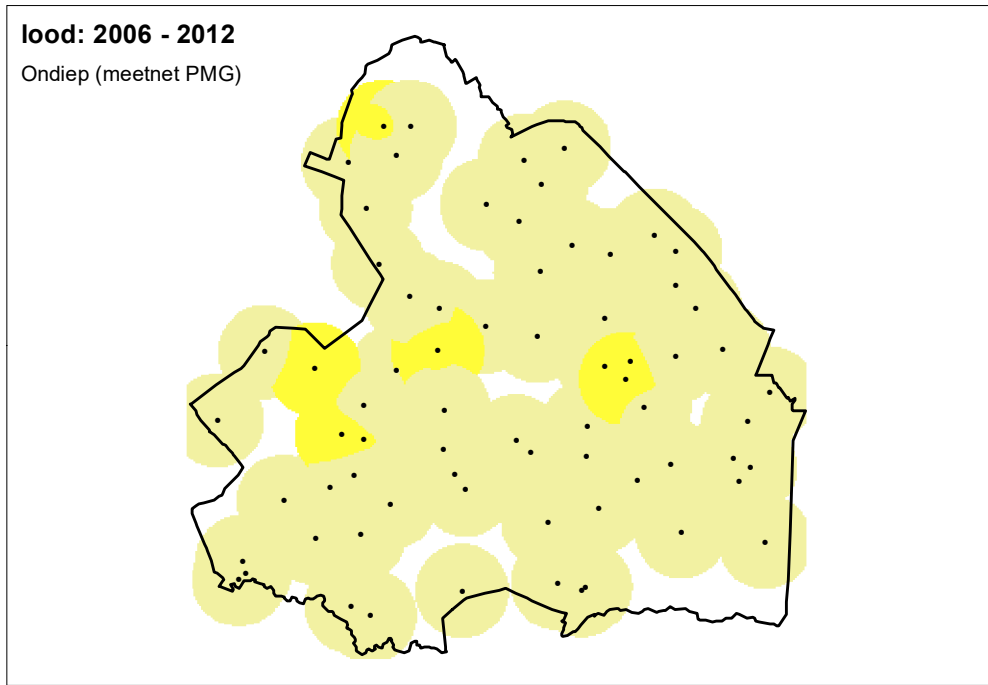
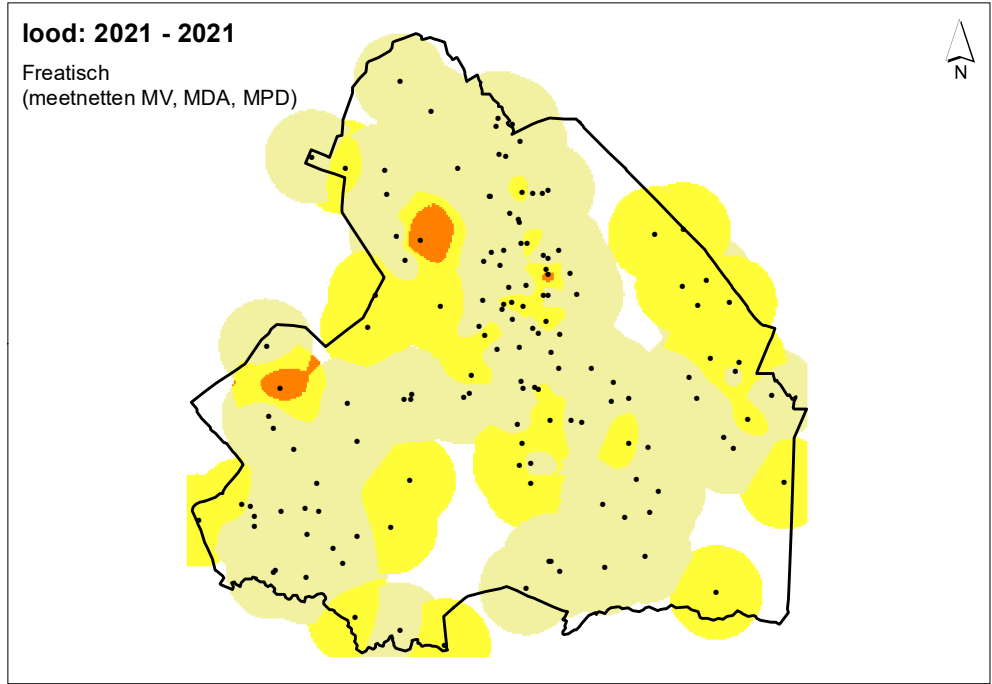
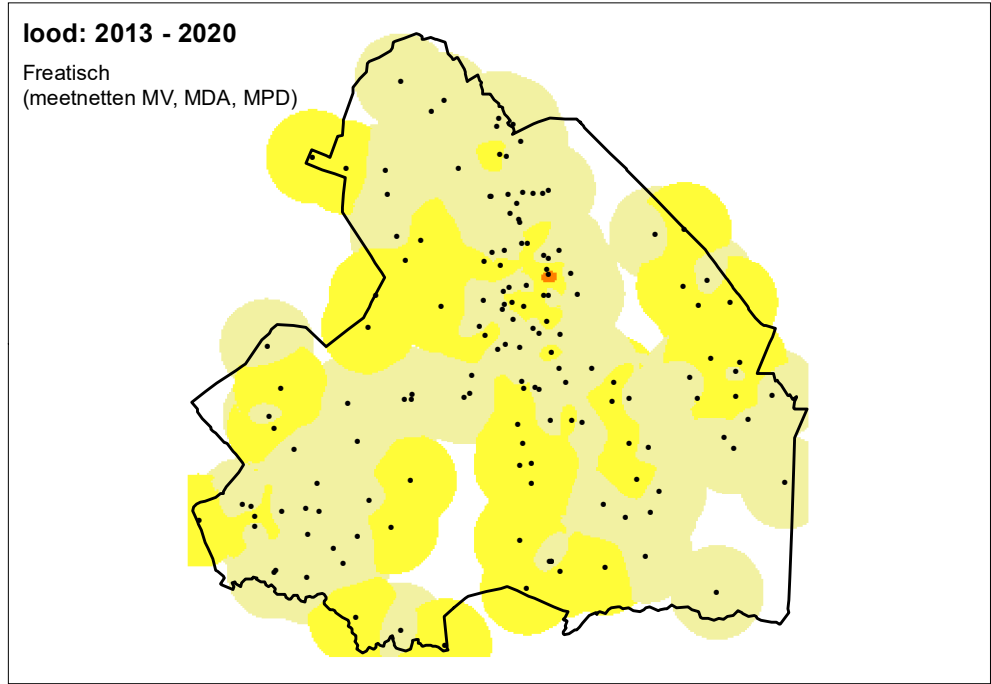
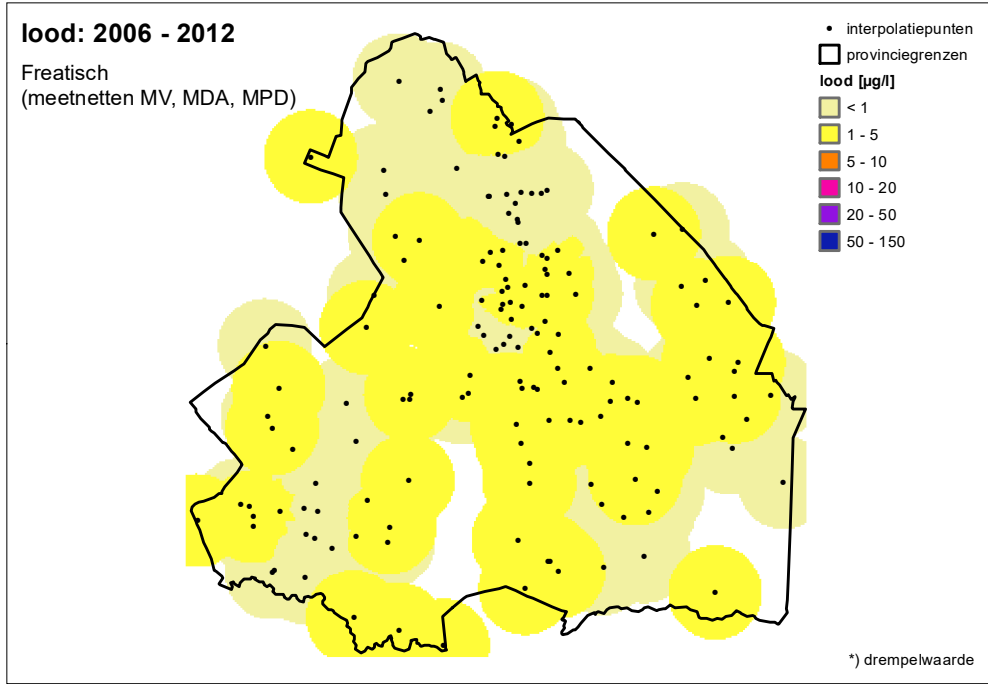
Diep (meetnet PMG)

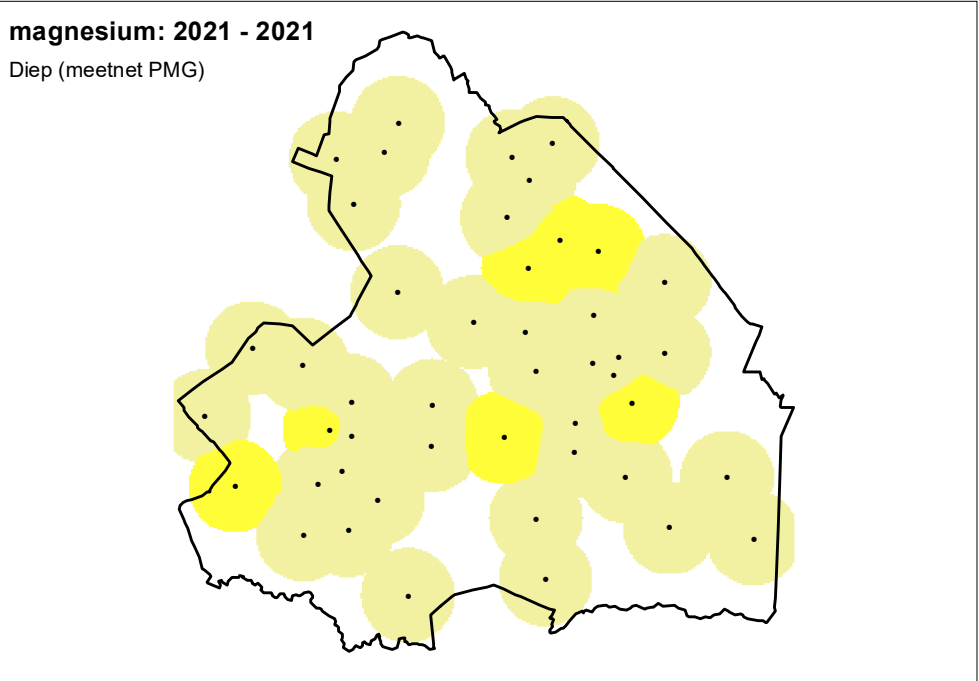
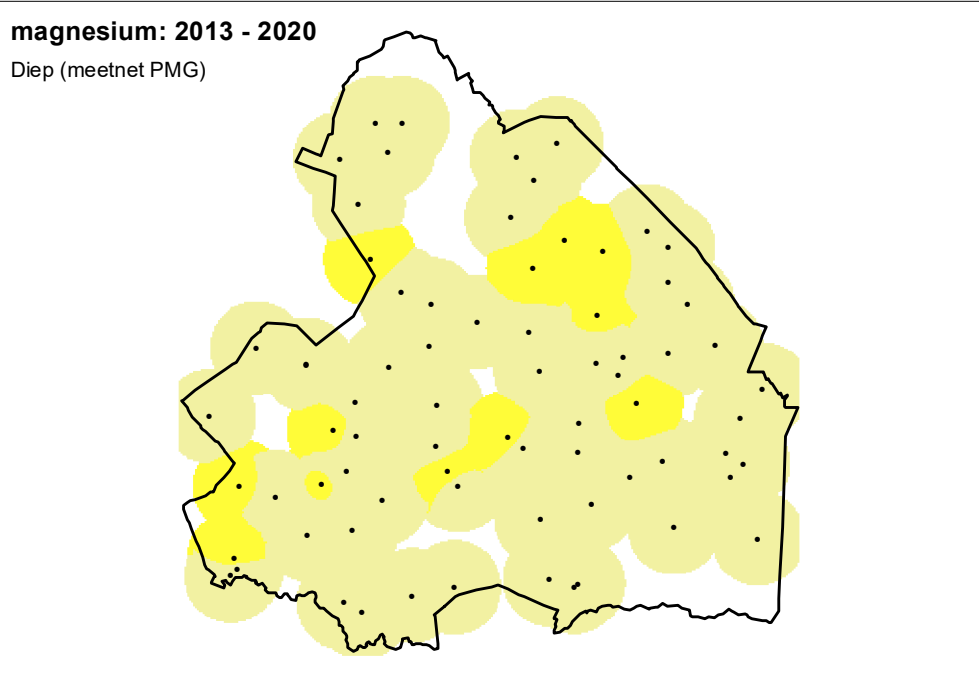
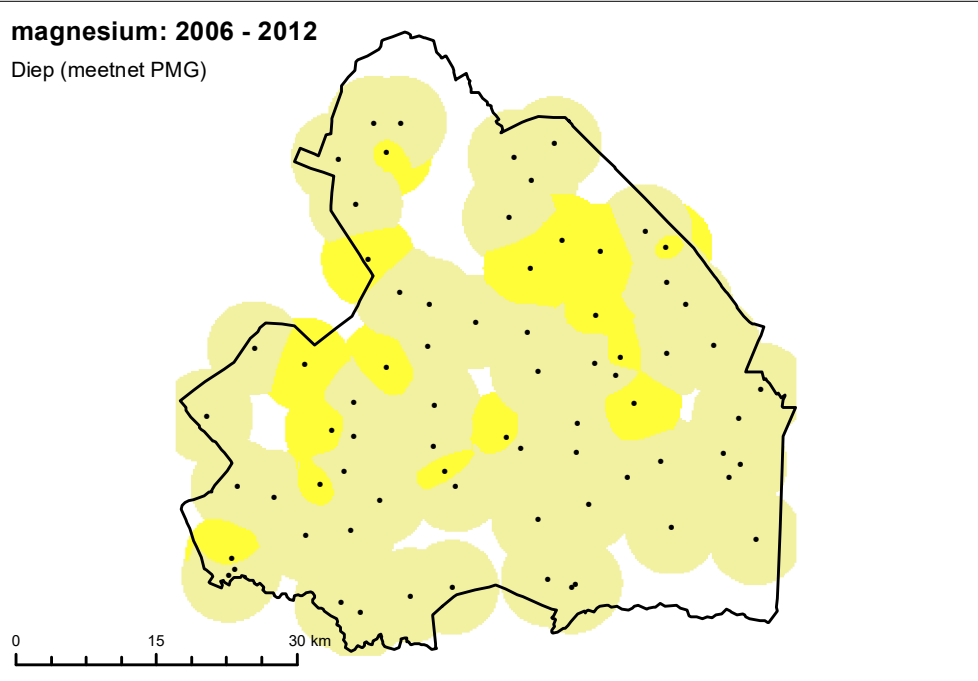
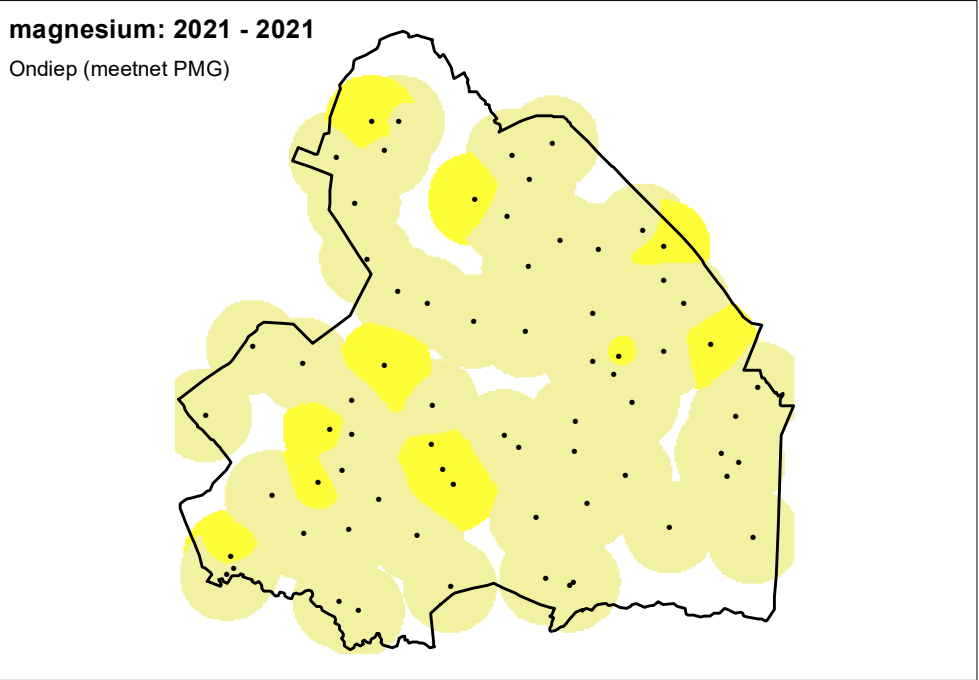
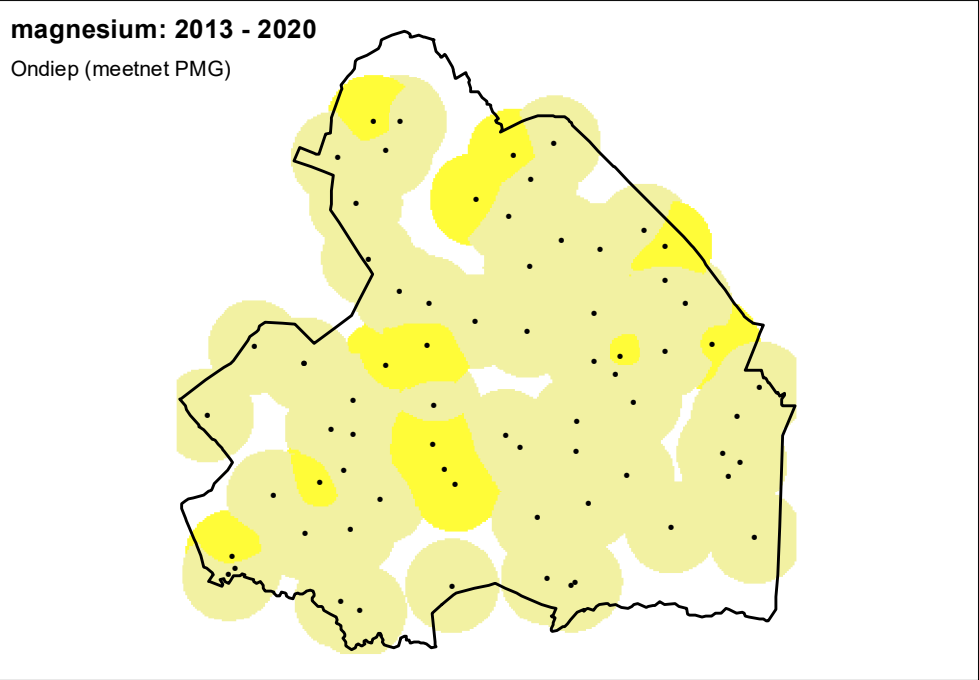
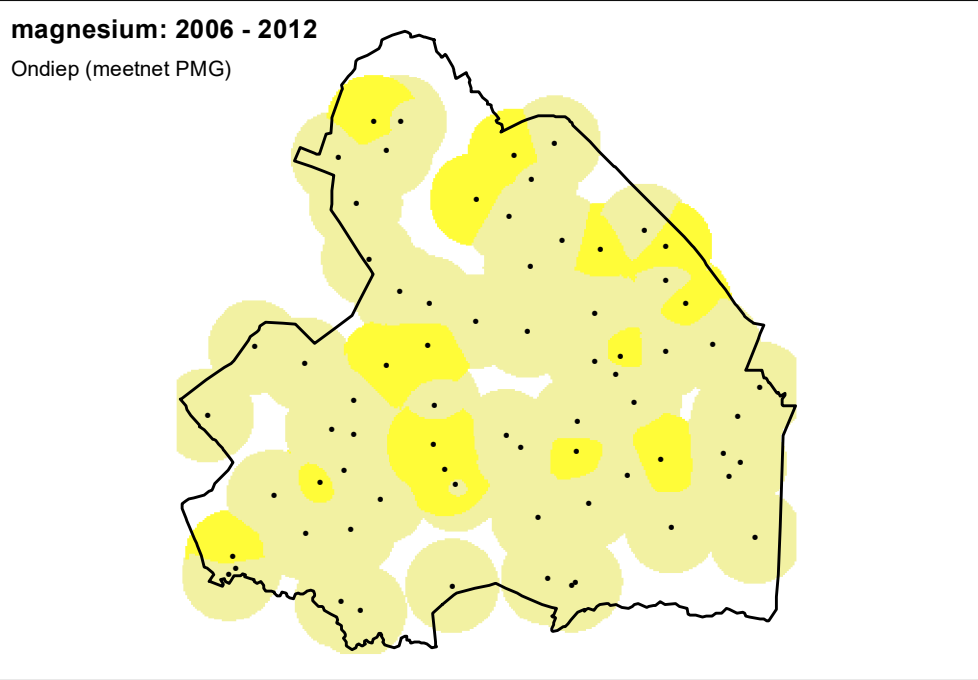
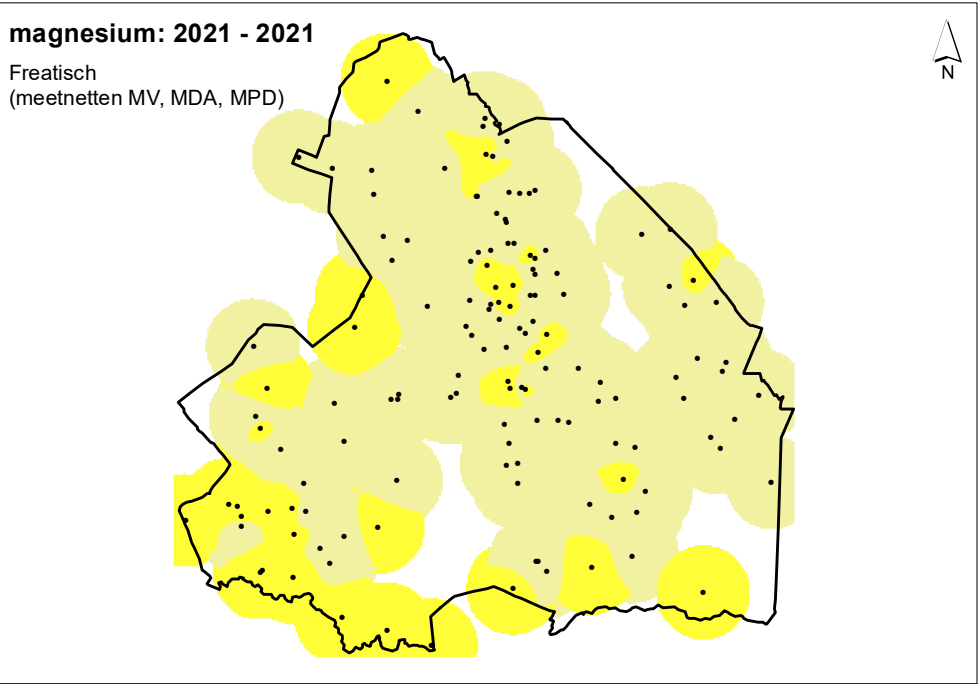
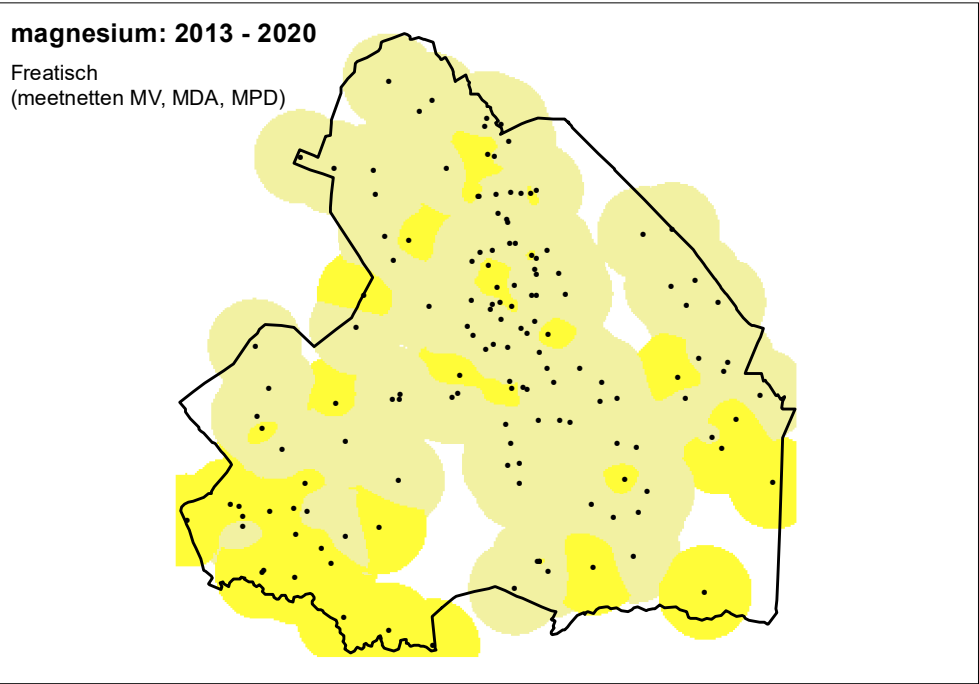
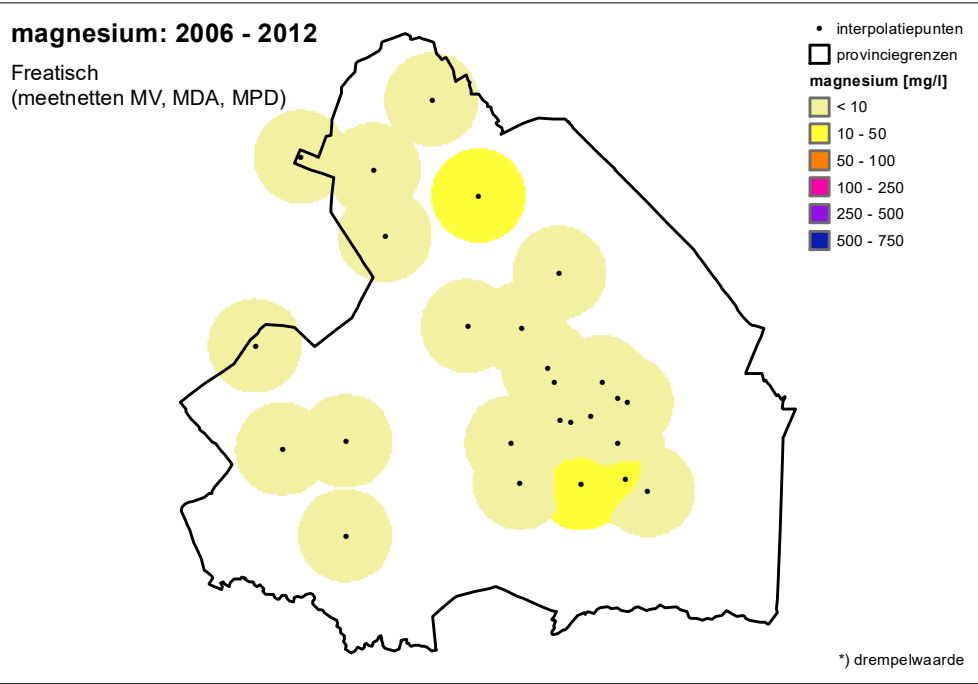


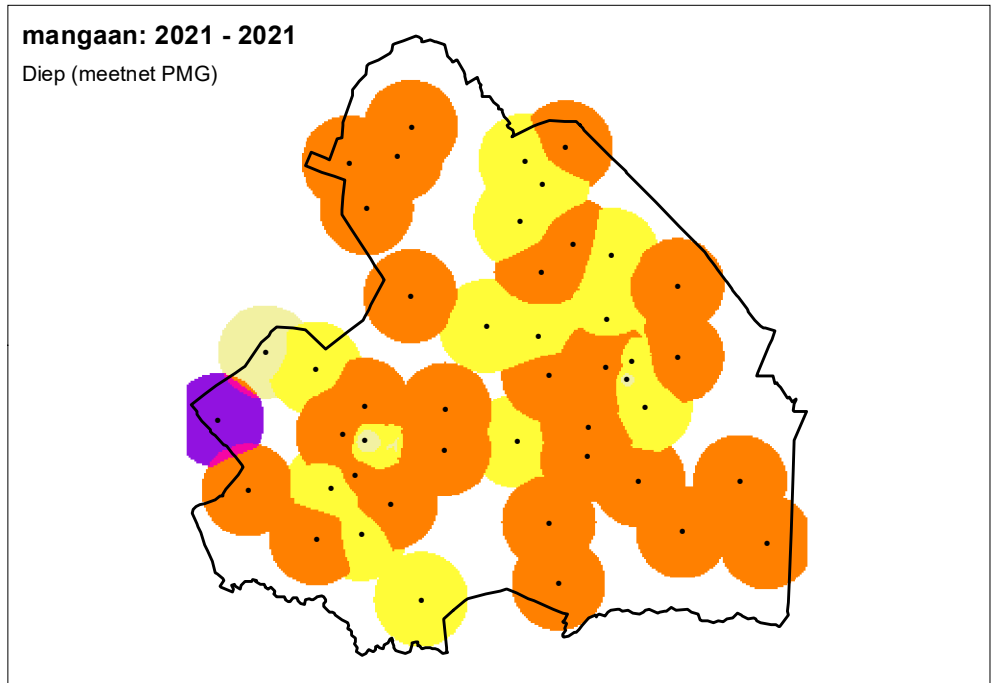
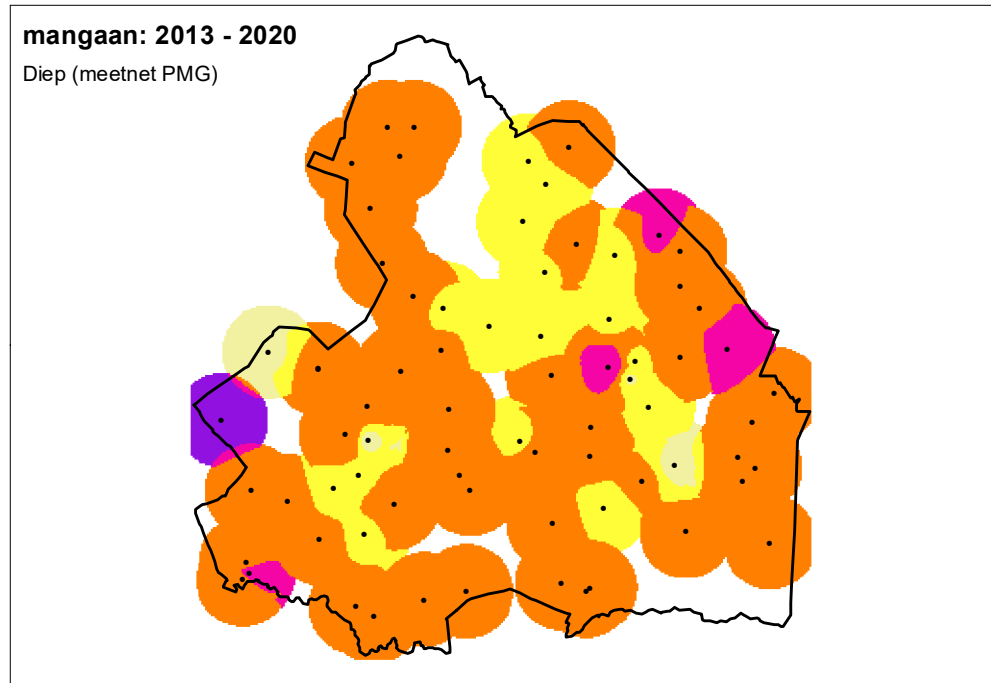
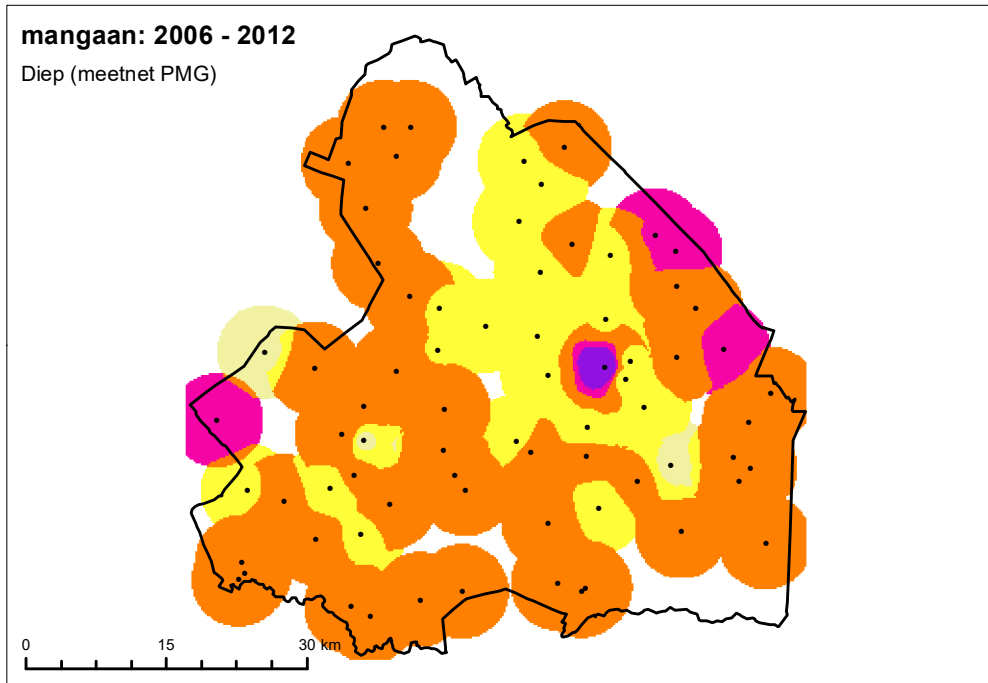
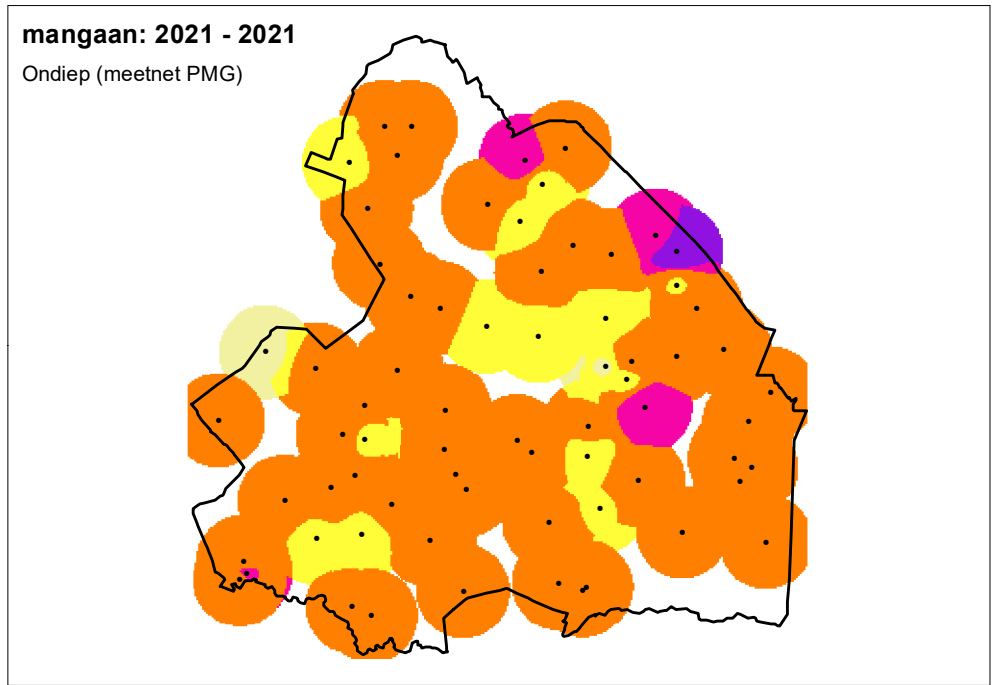
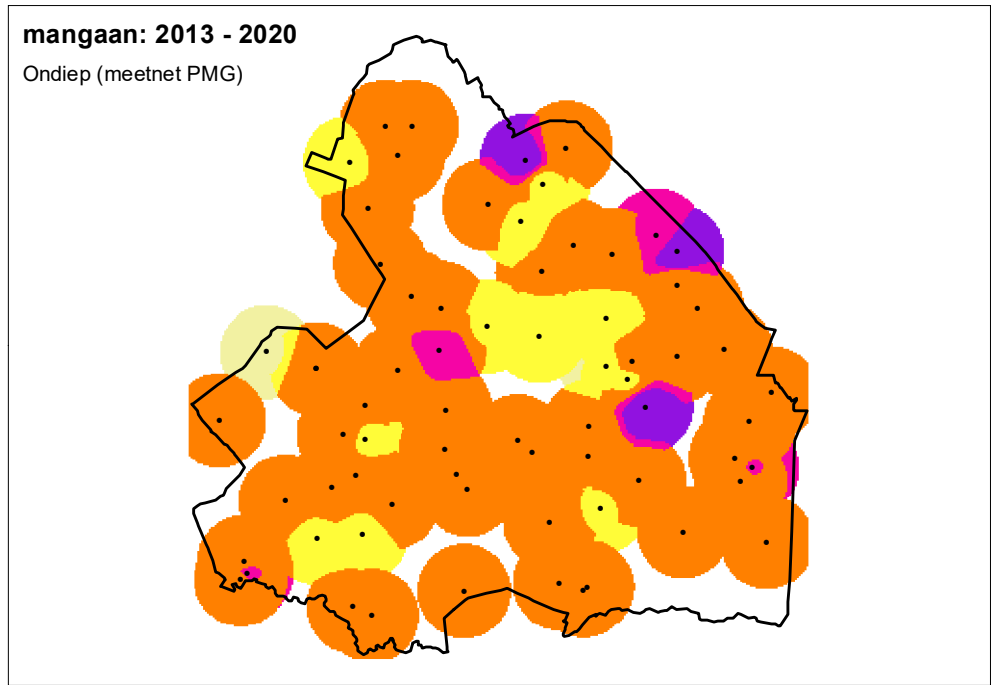
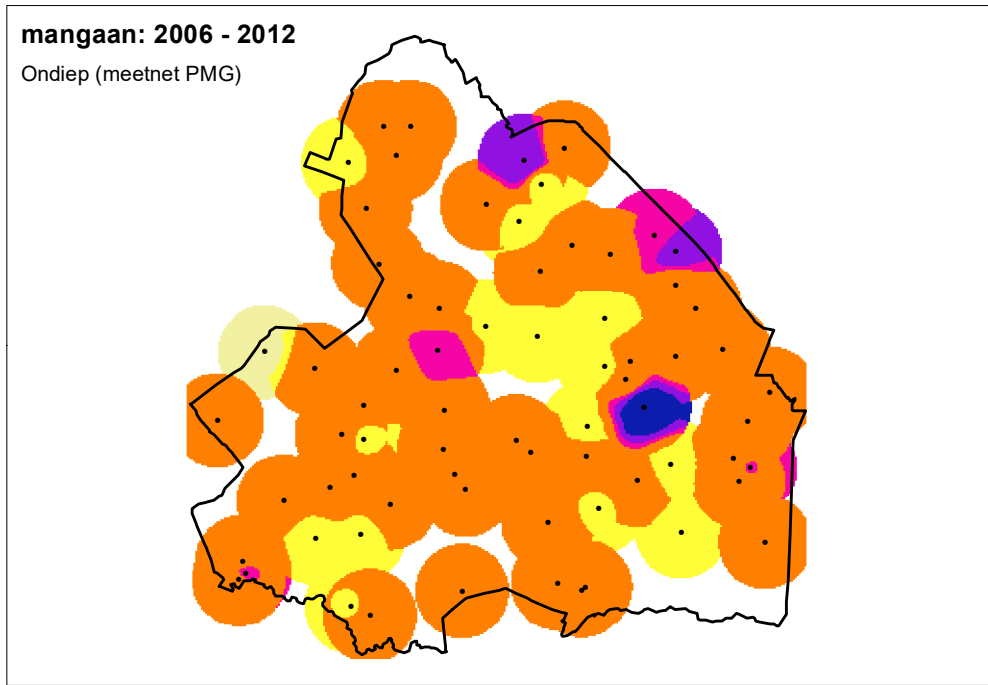
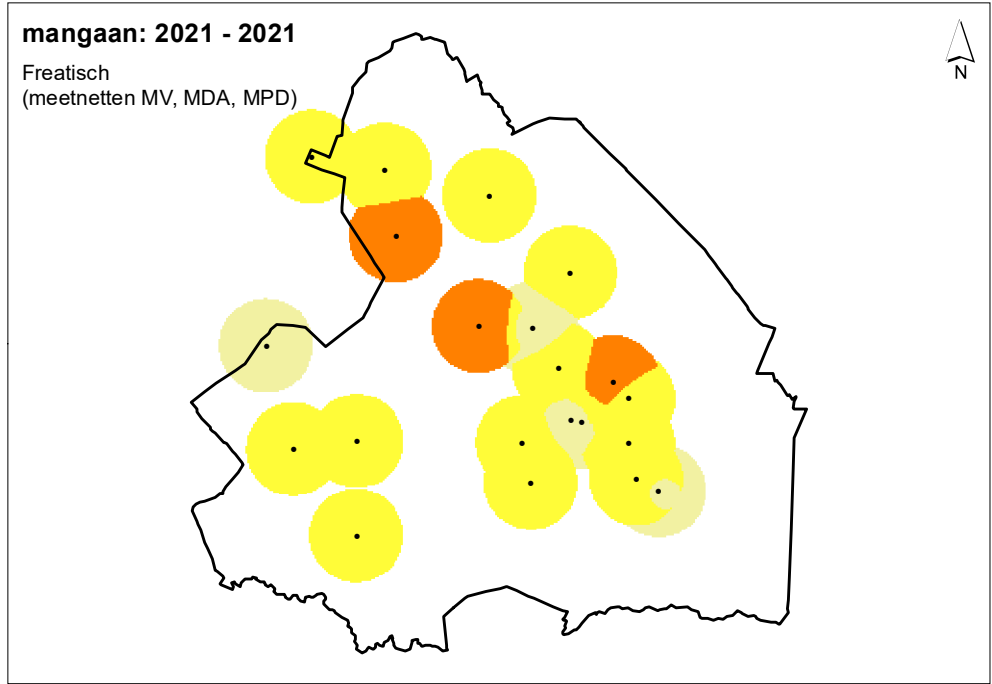
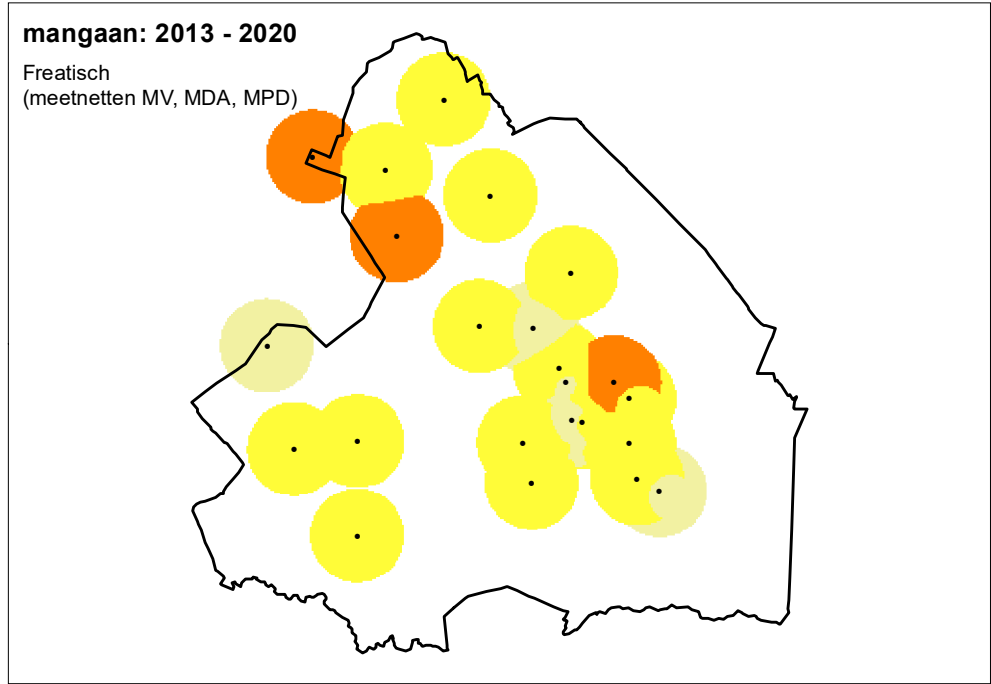
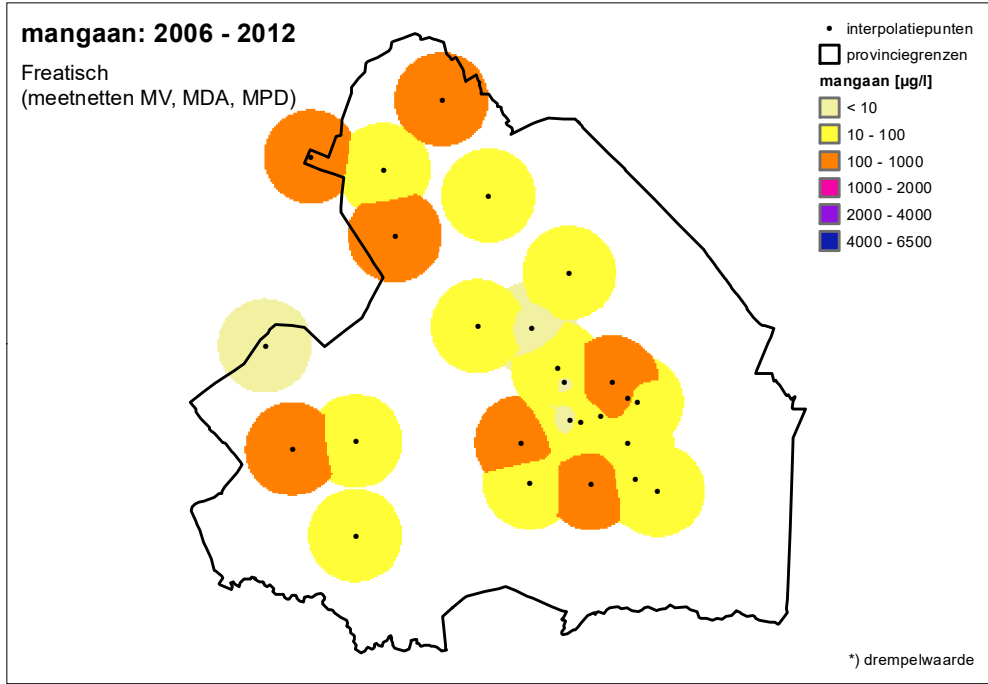


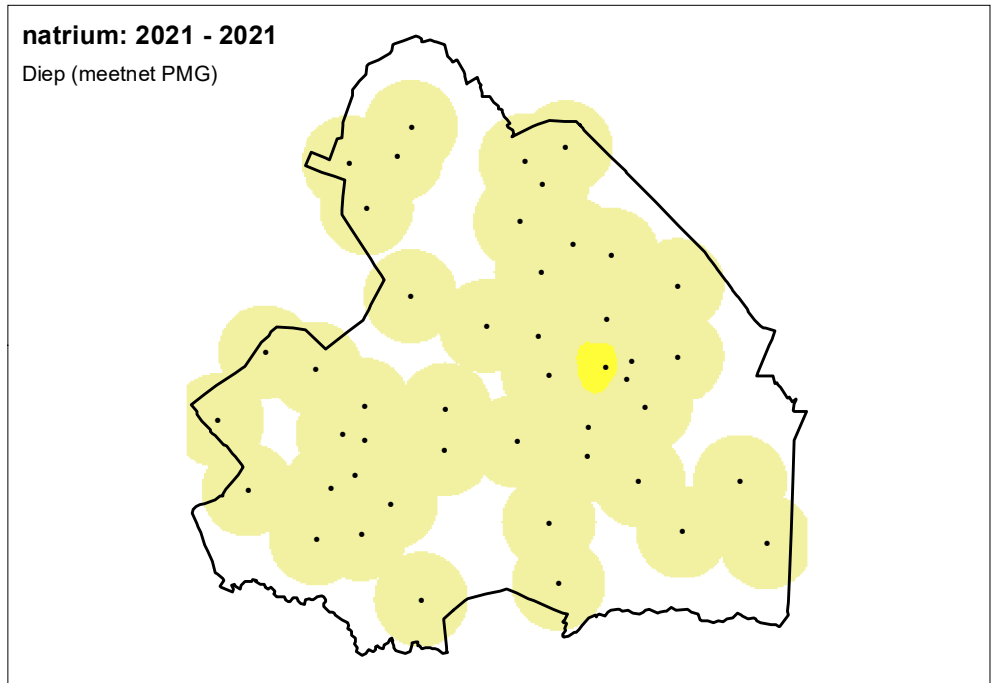
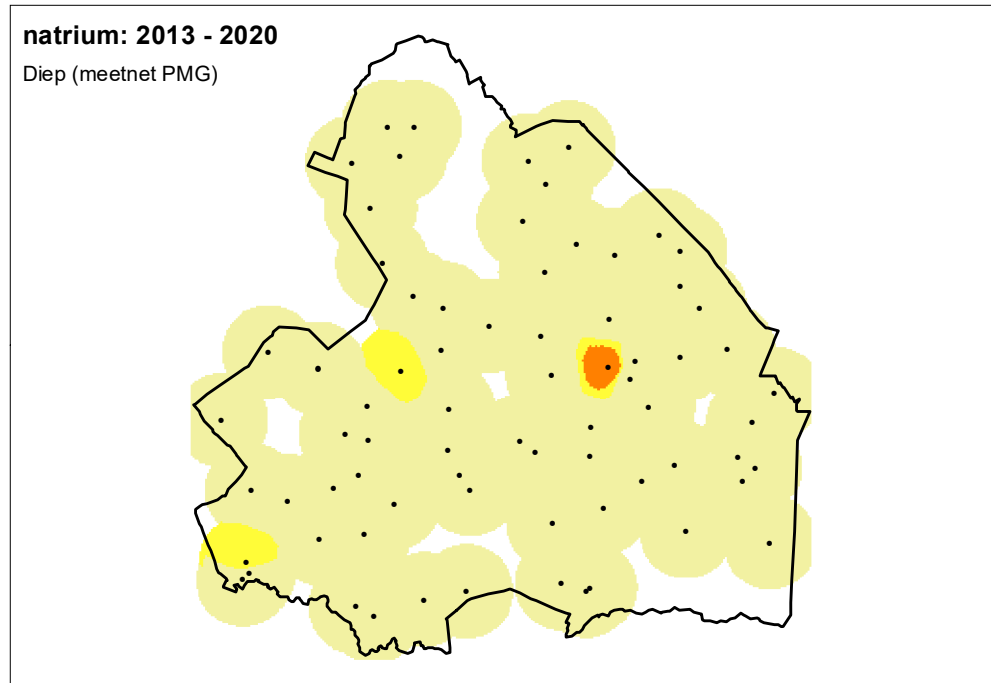
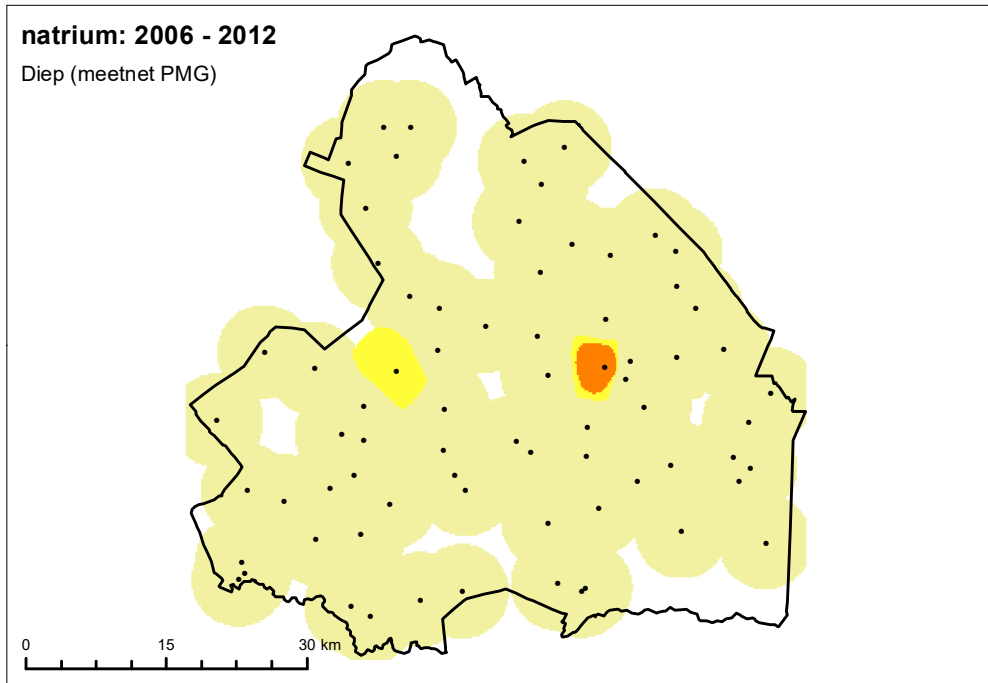
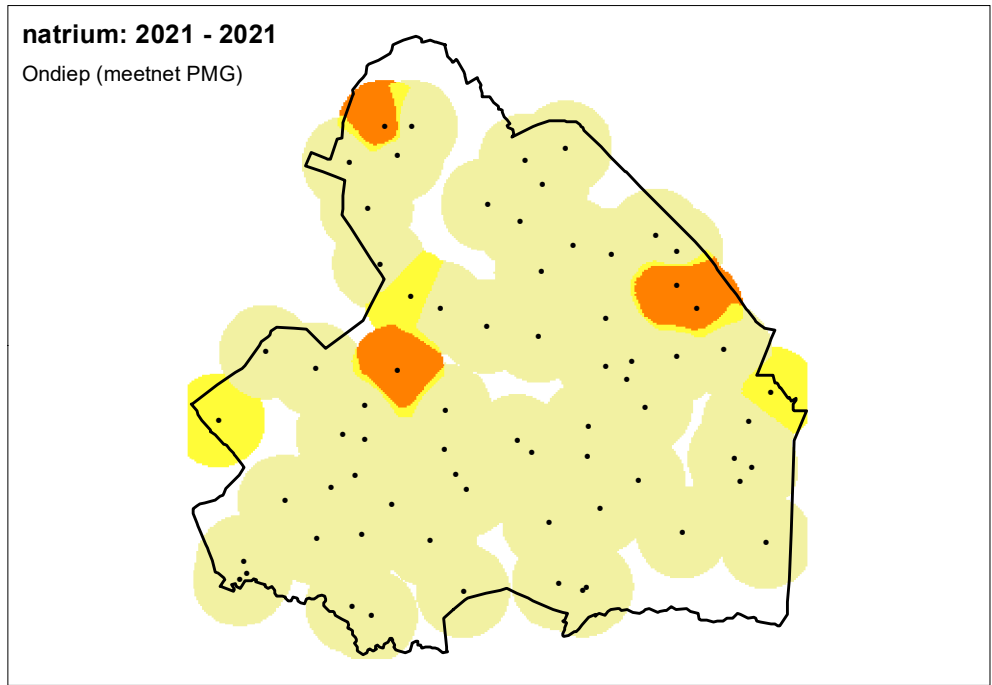
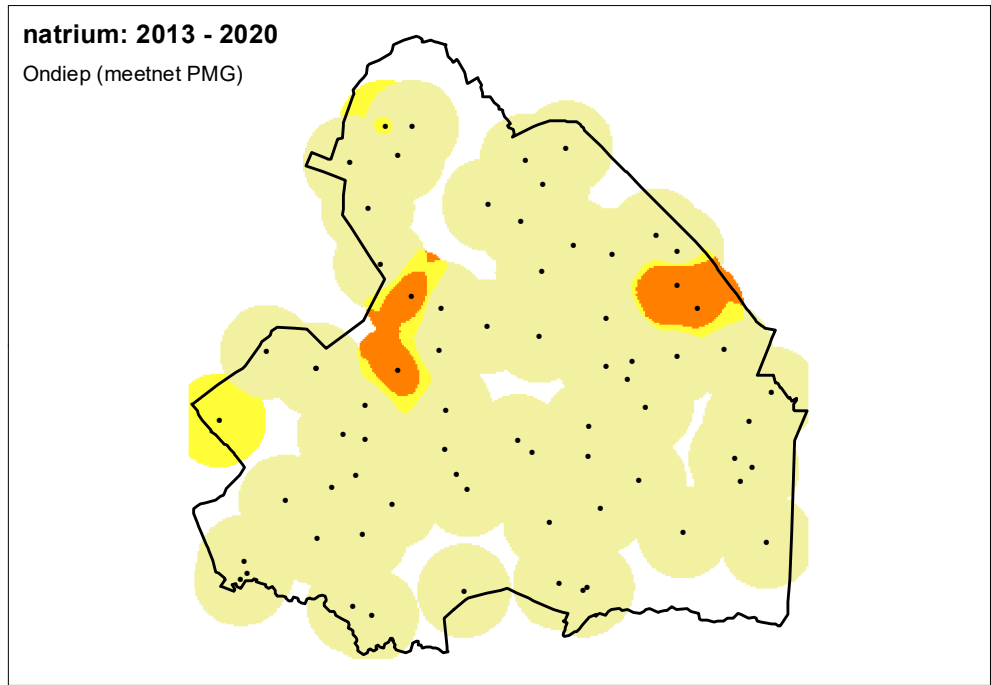
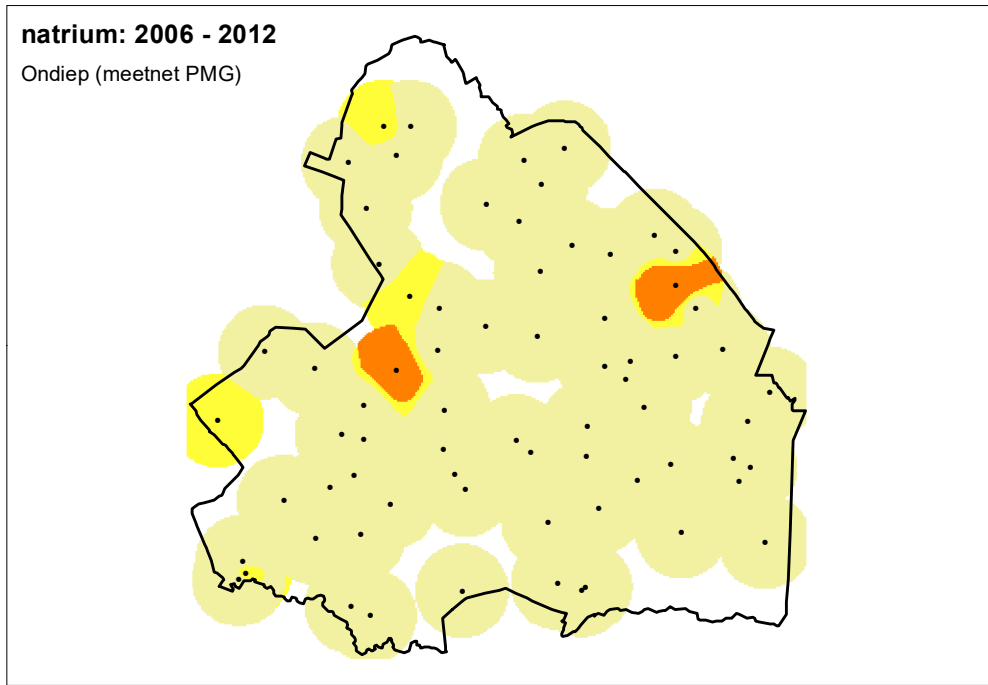
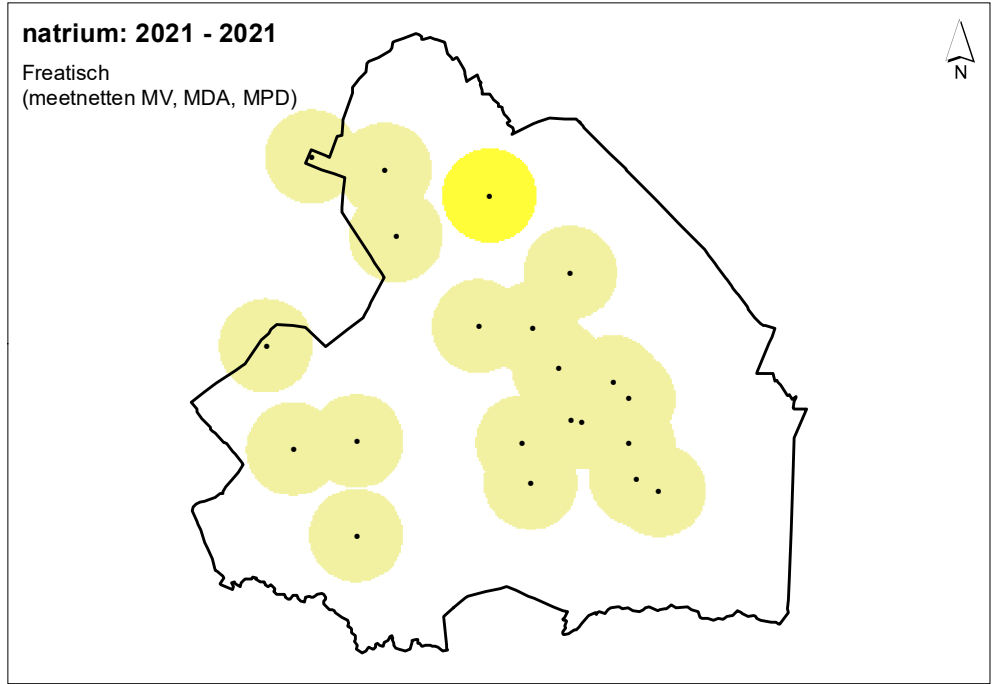
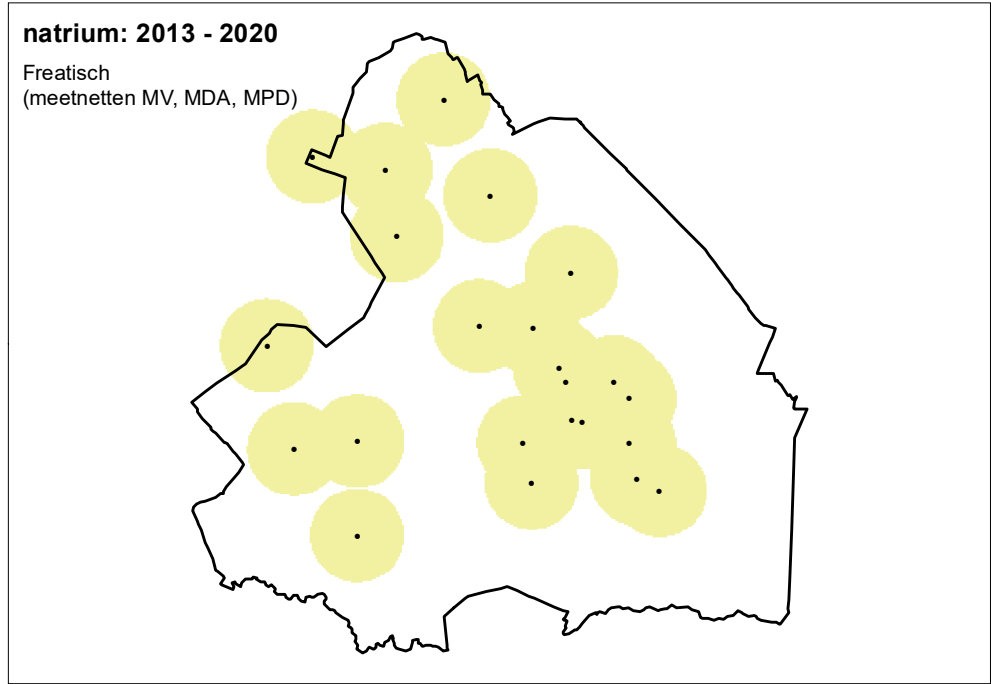
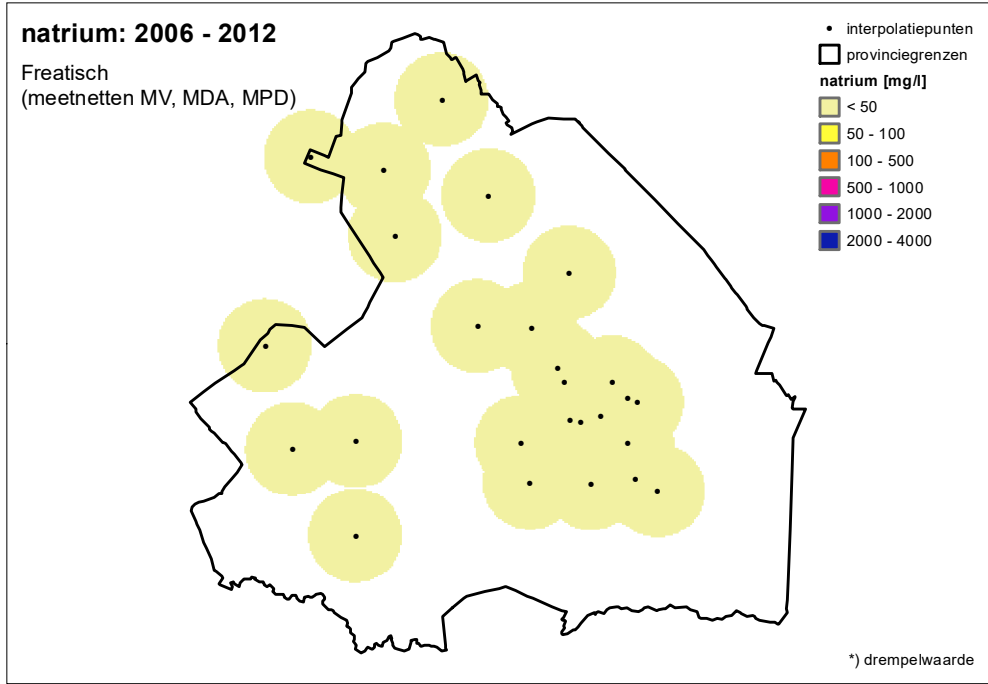


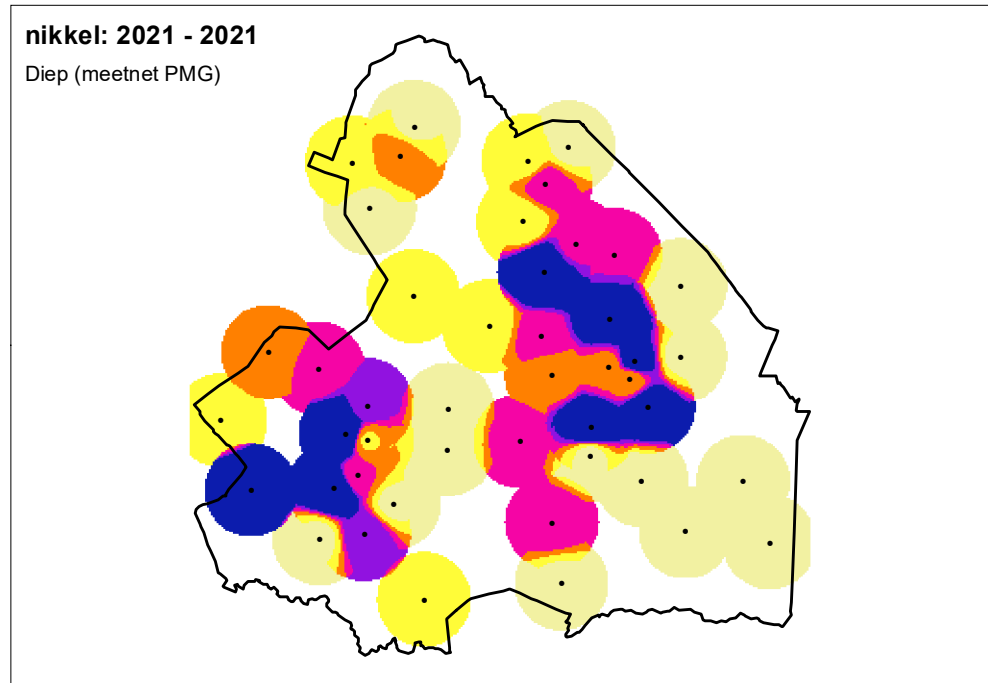
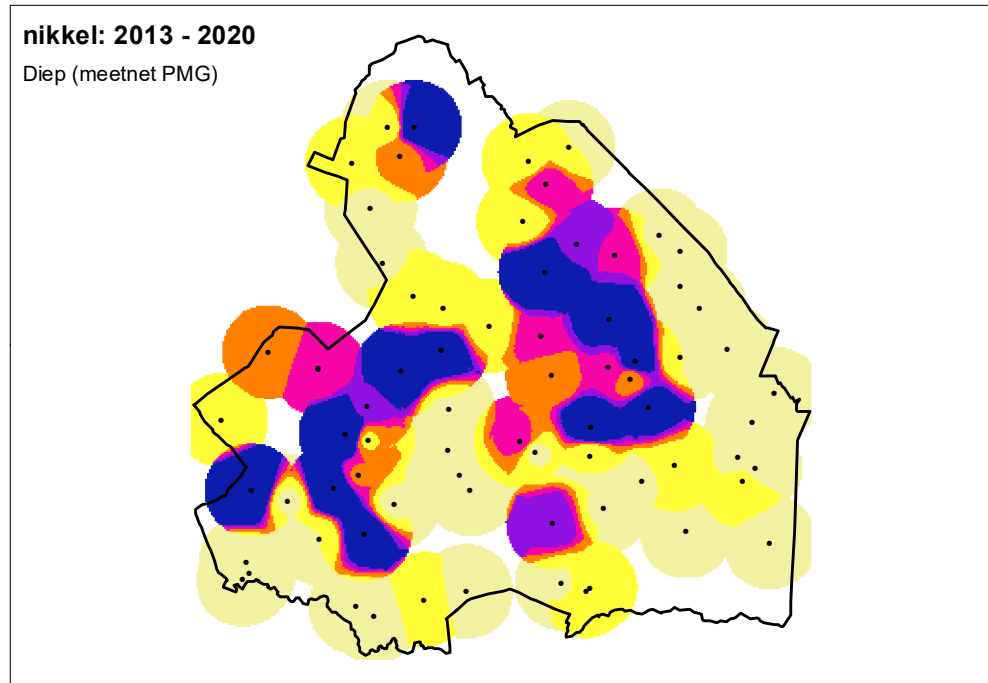
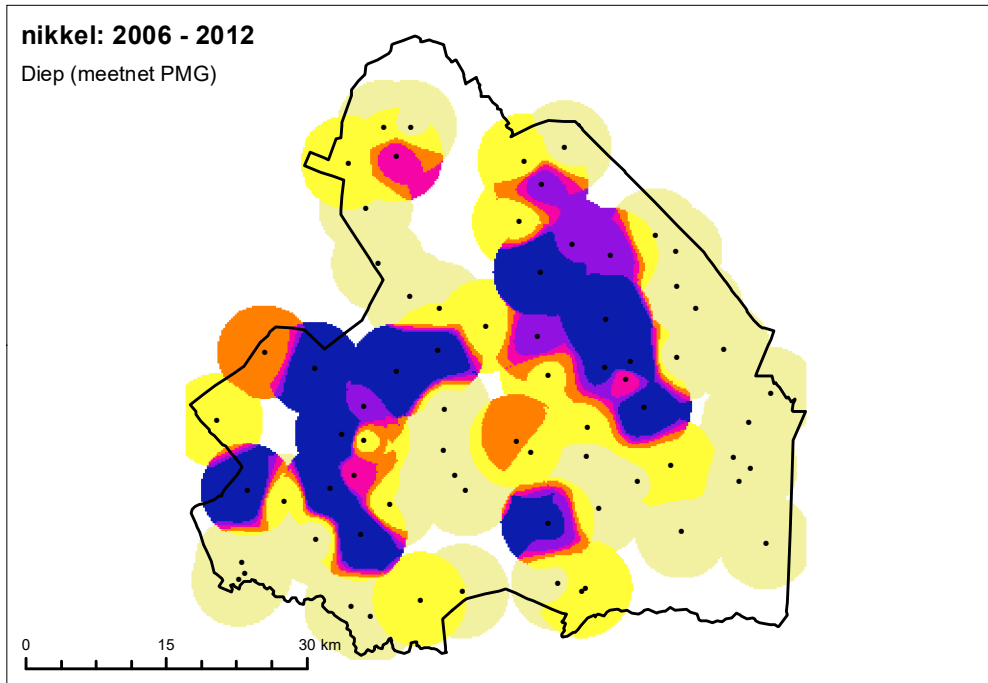
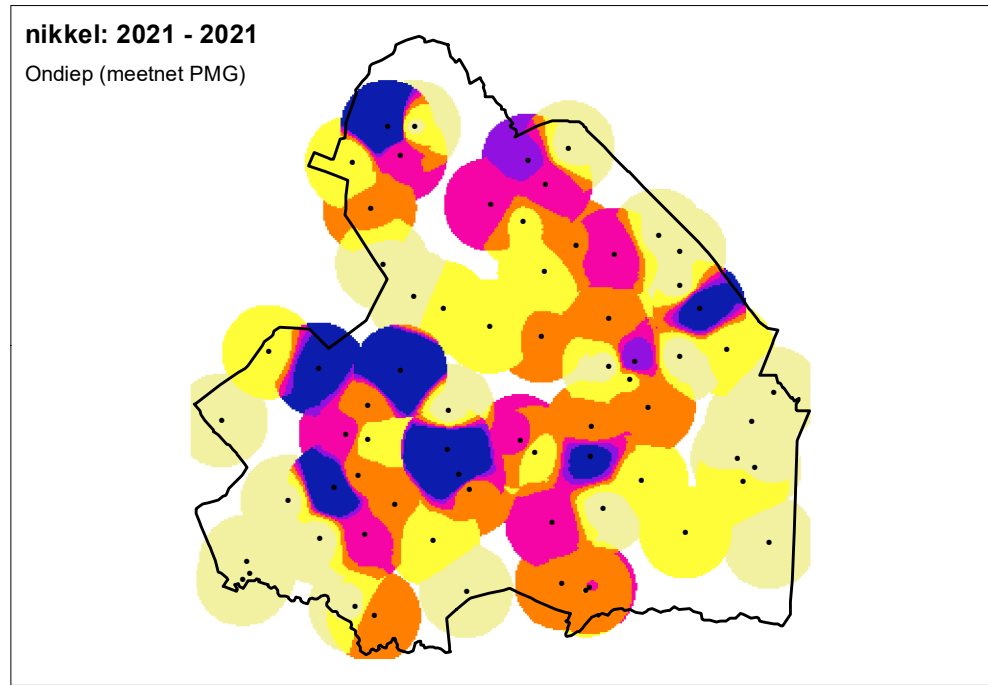
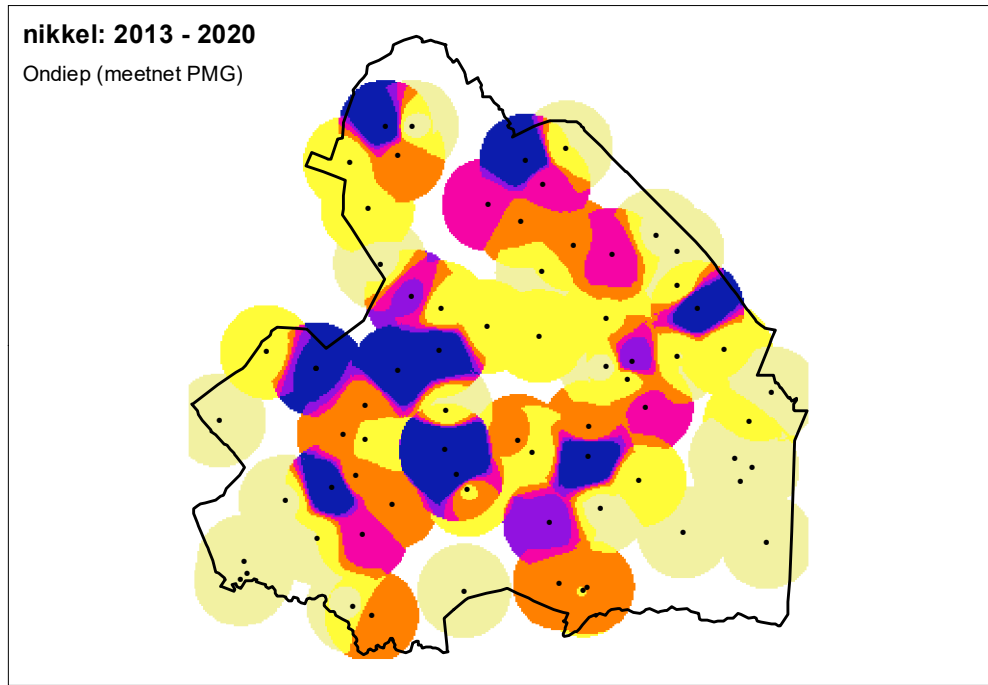
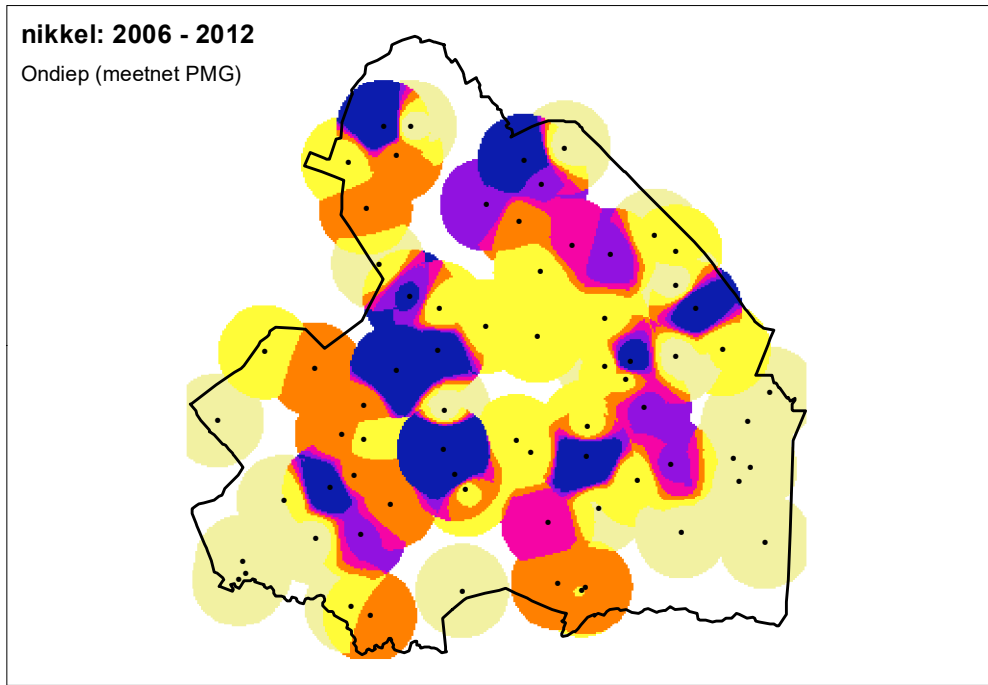
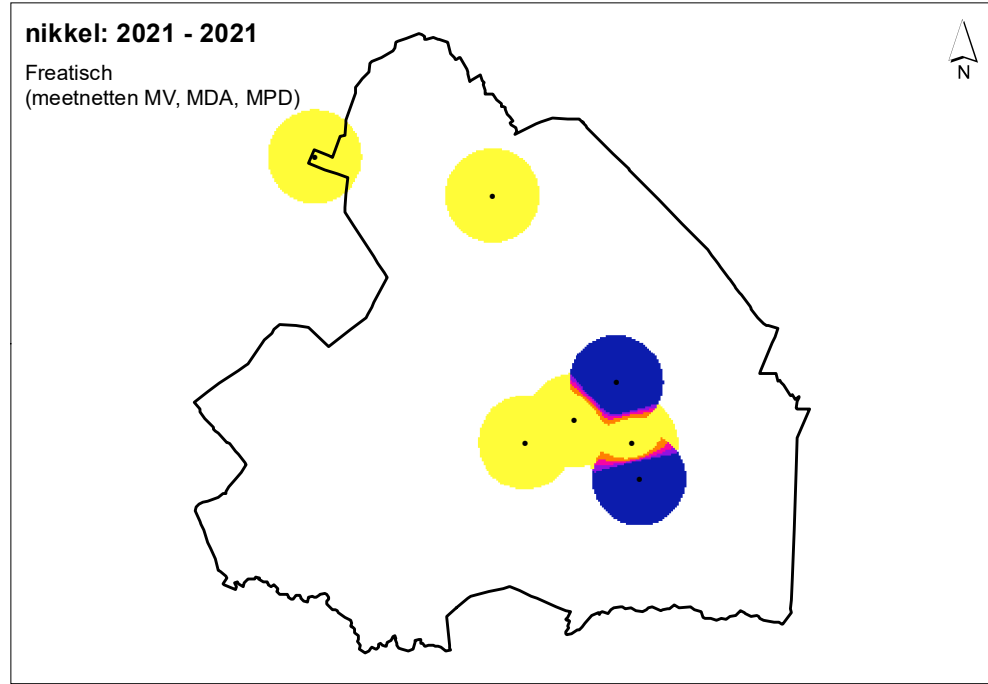
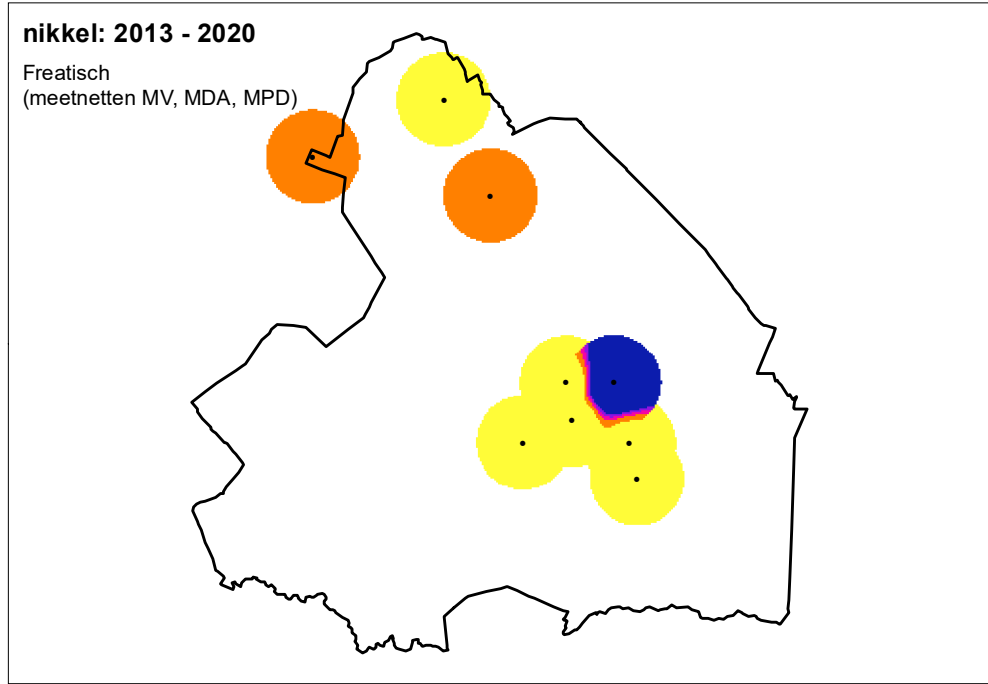
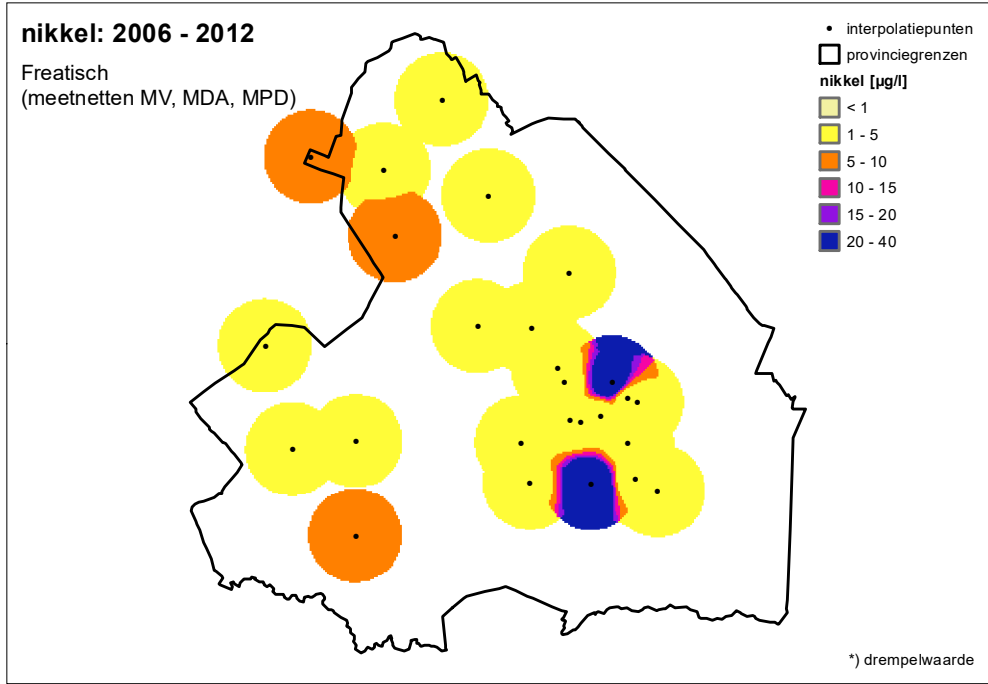


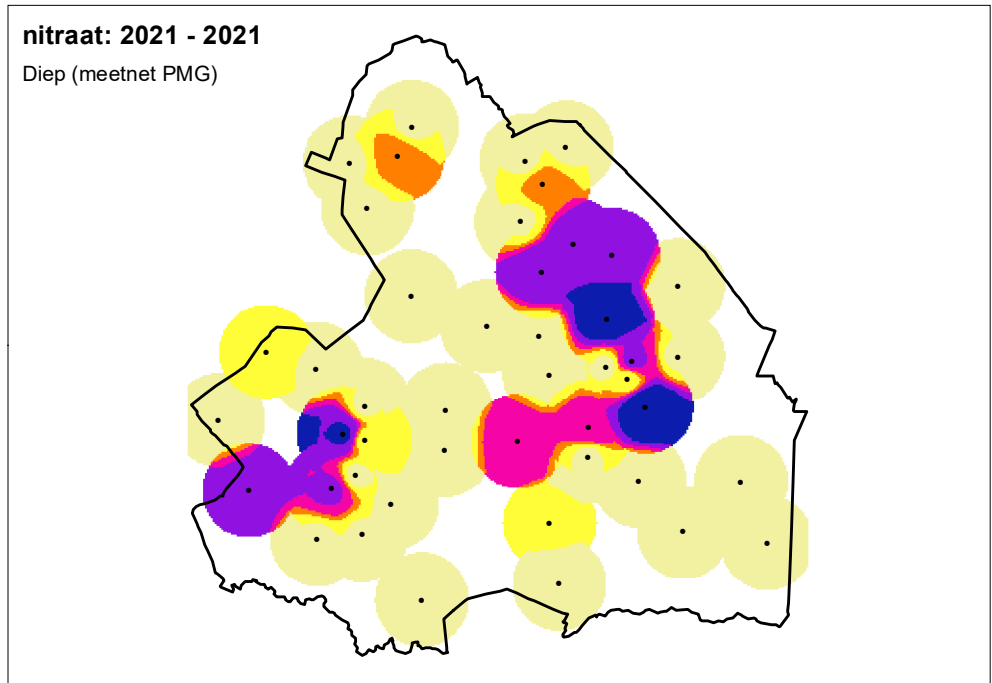
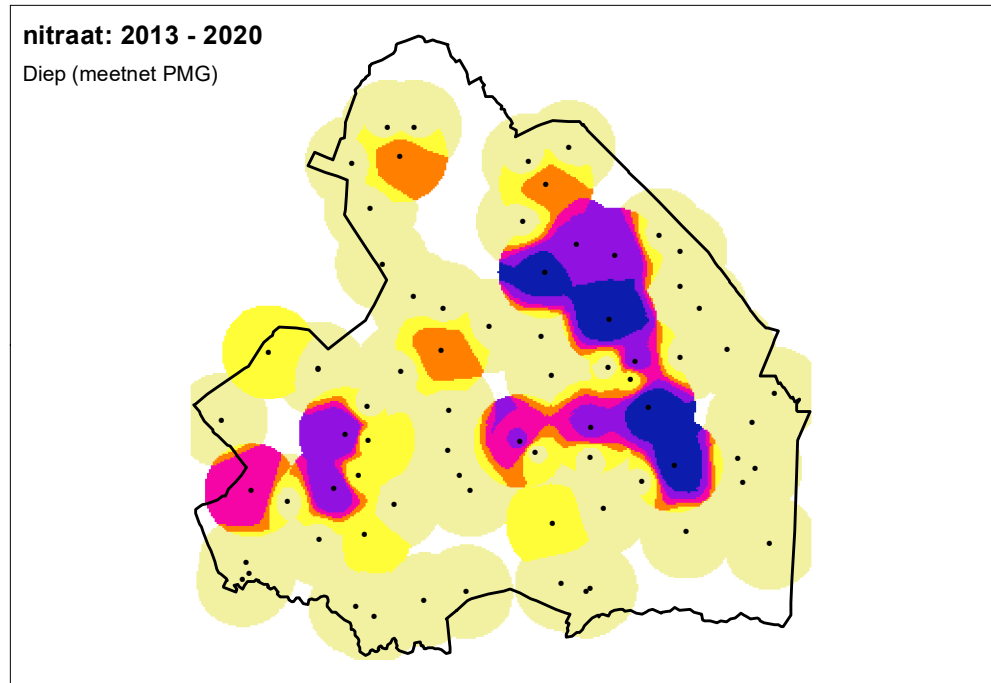
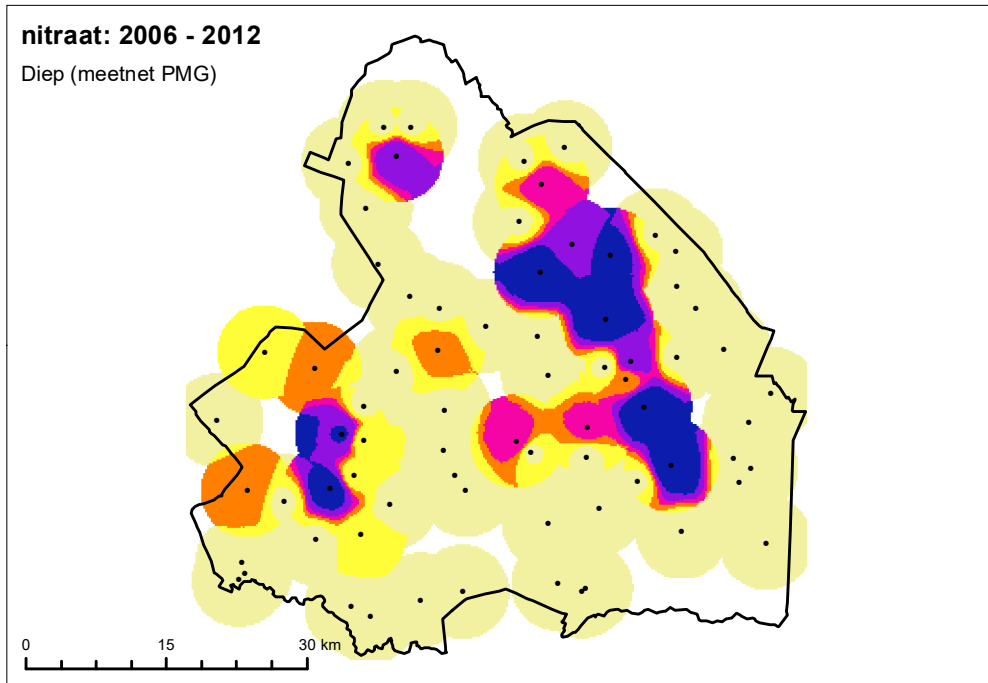
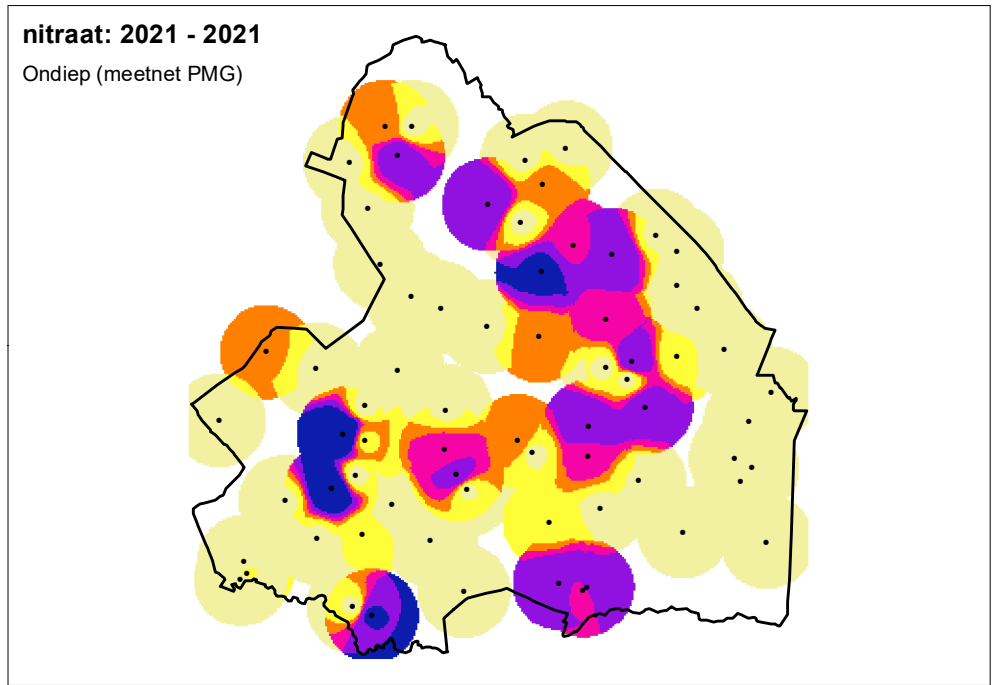
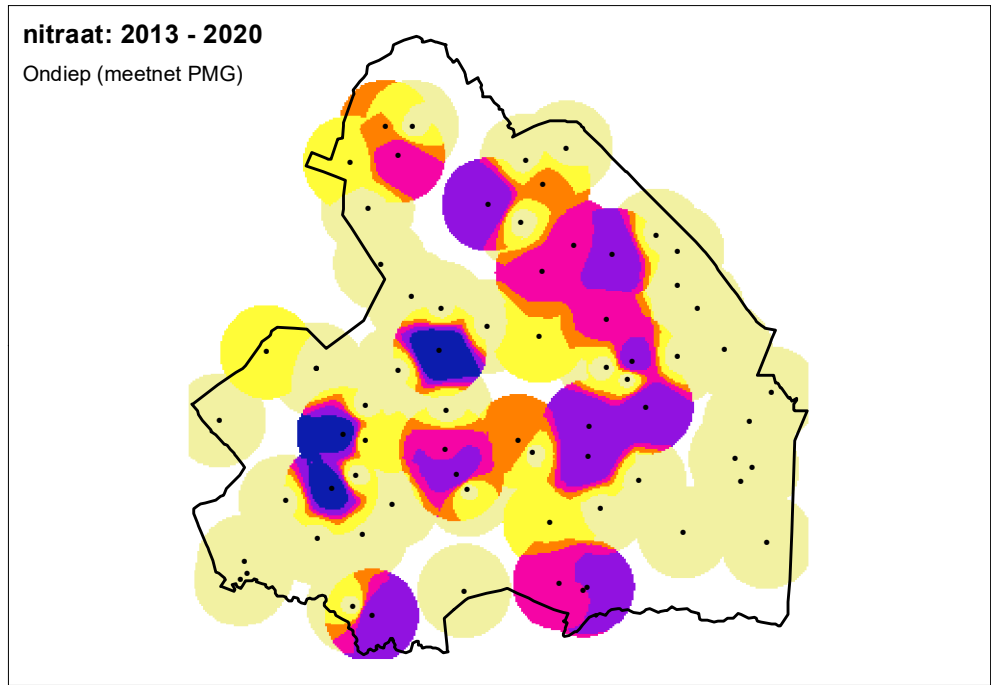
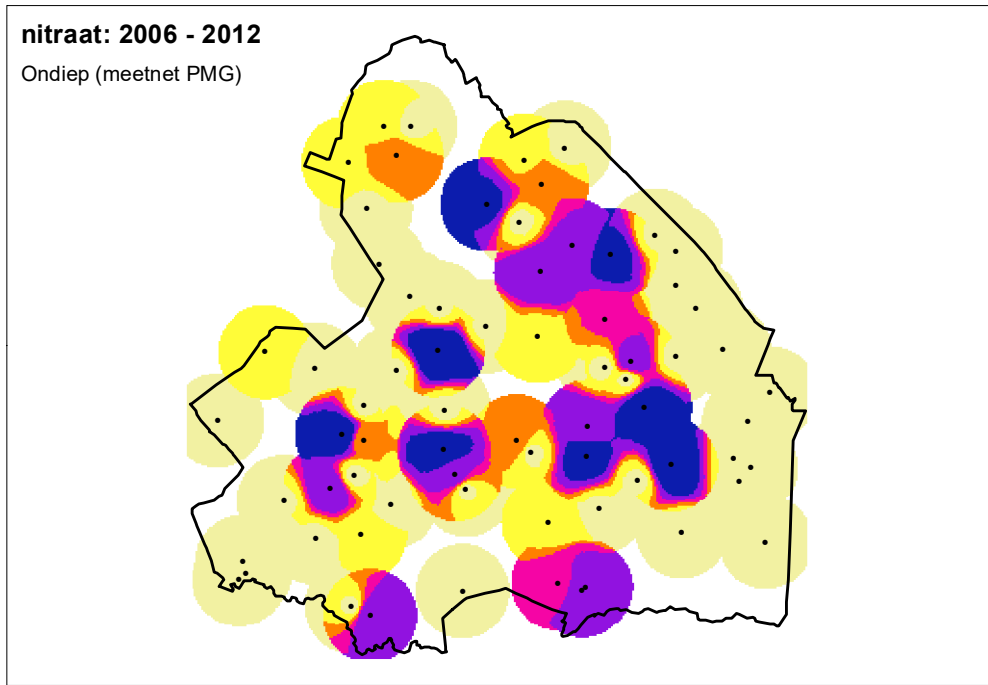
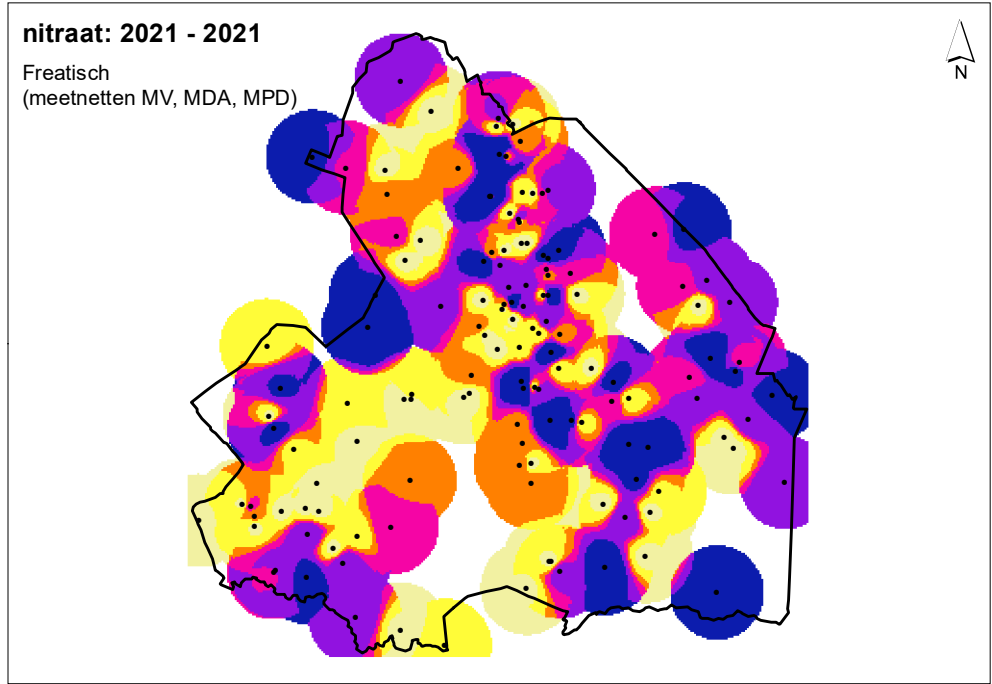
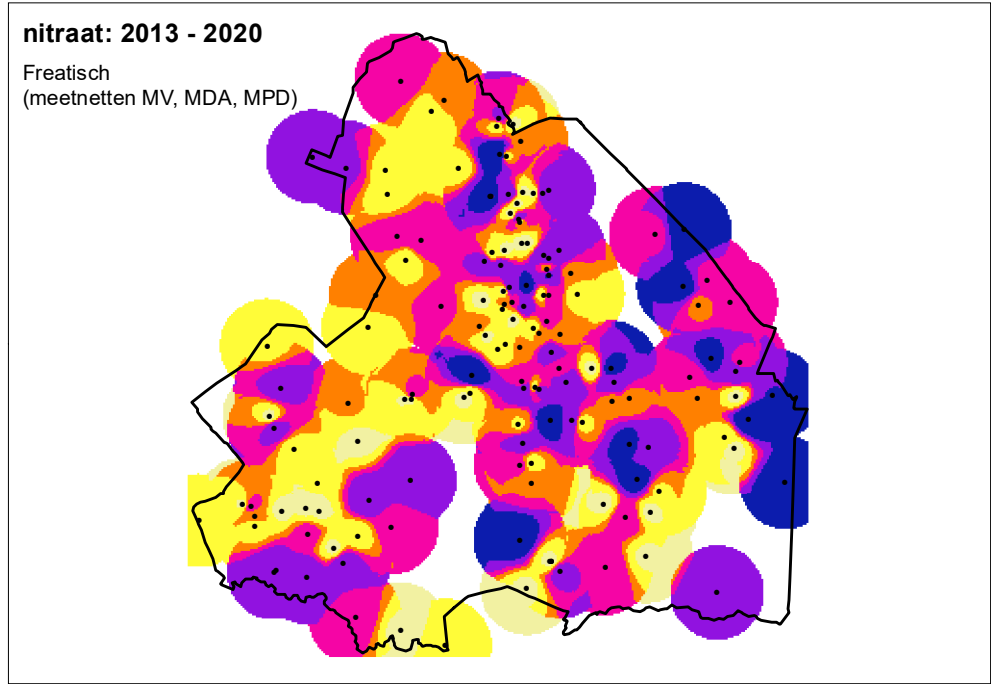
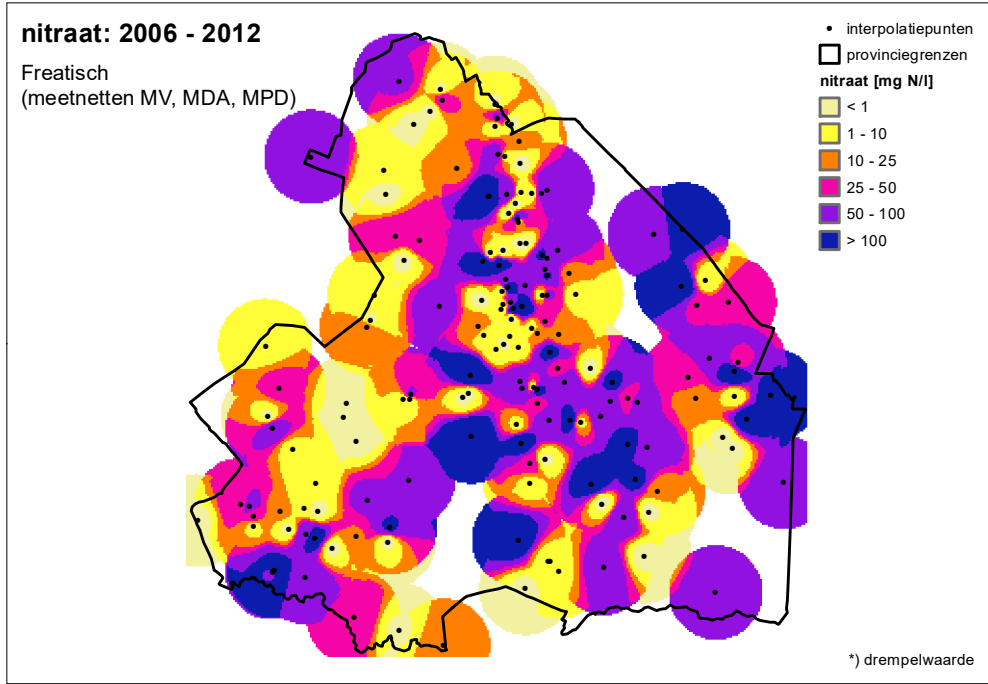


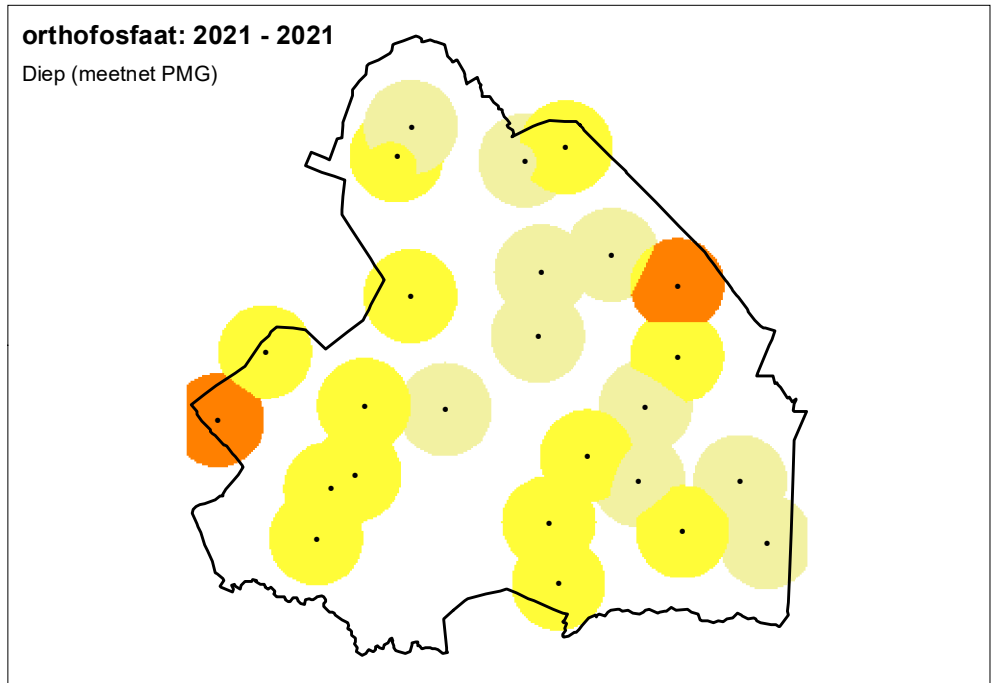
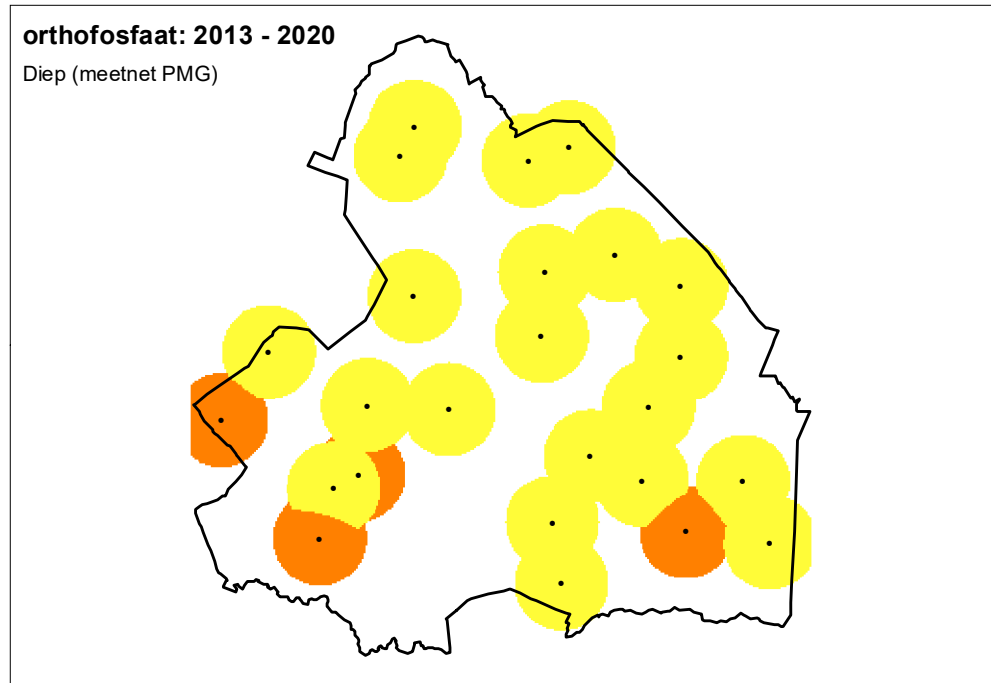
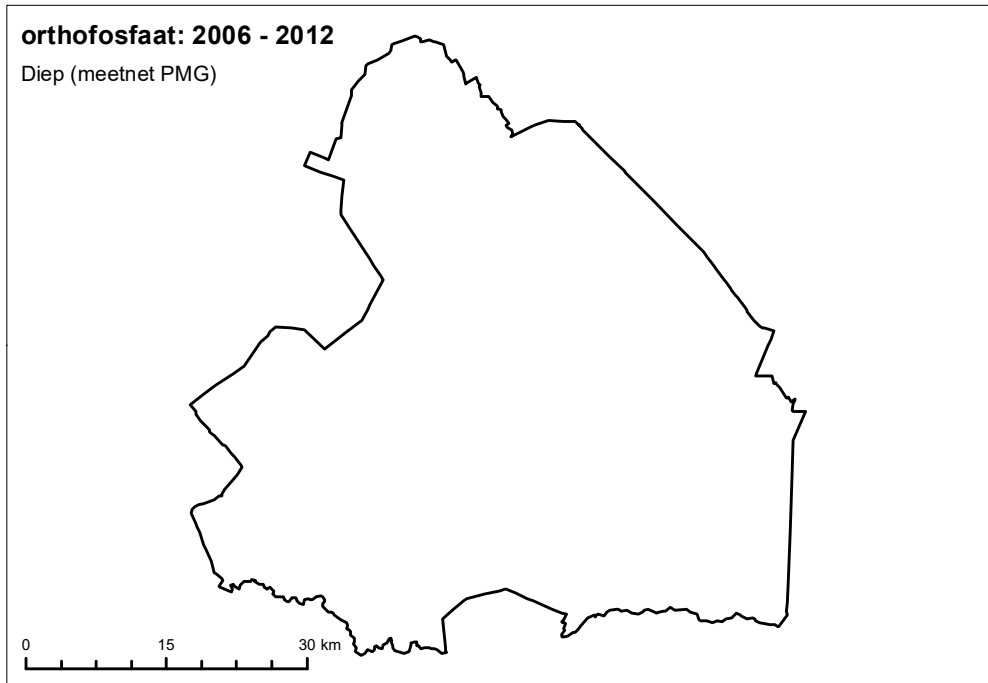
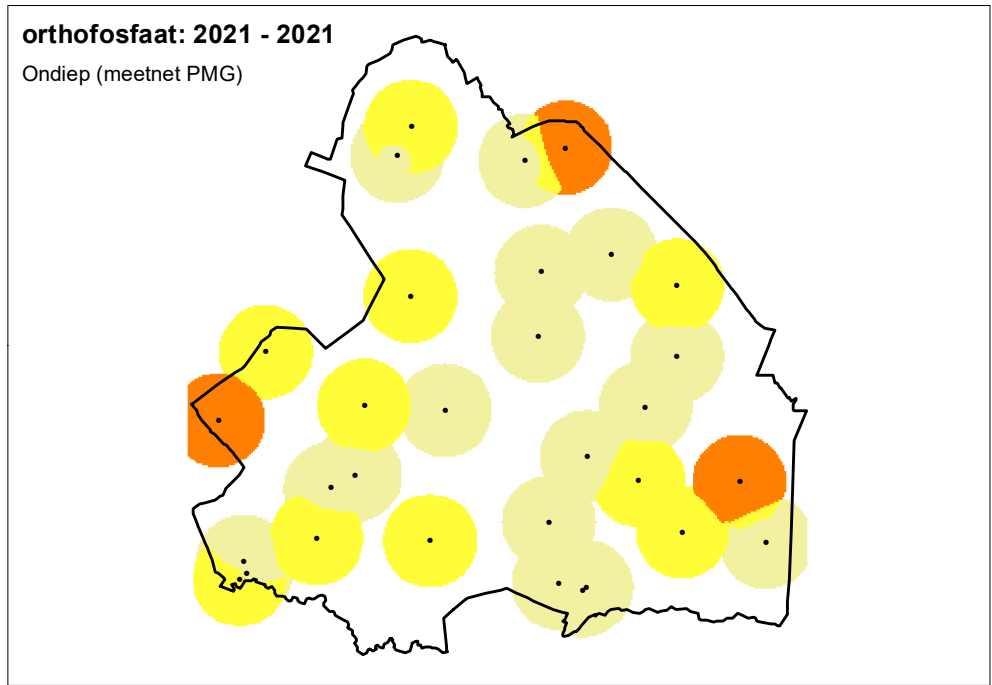
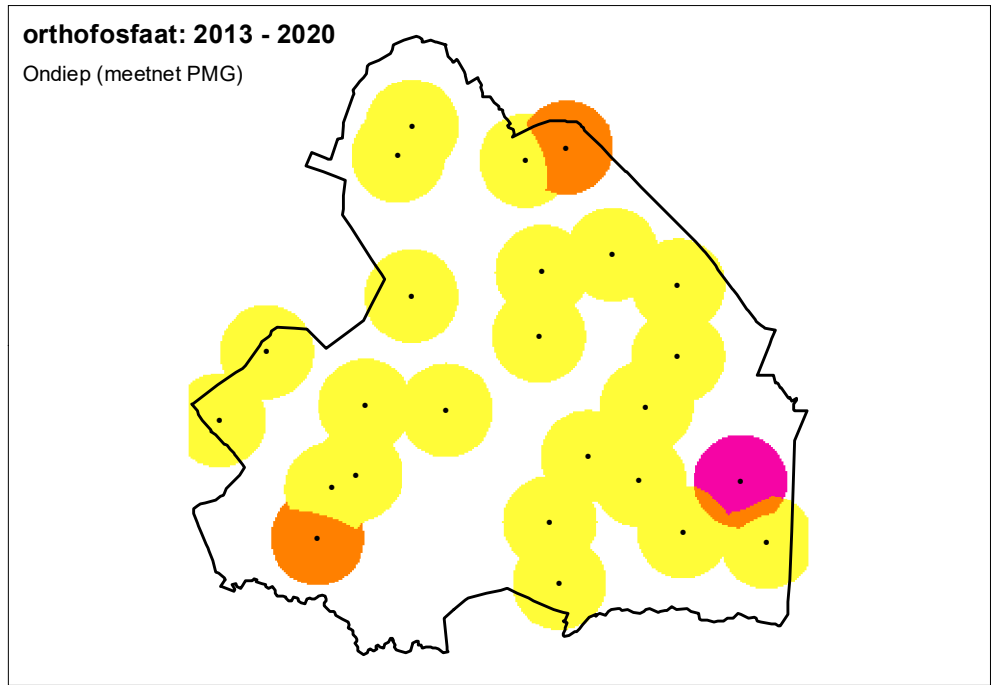
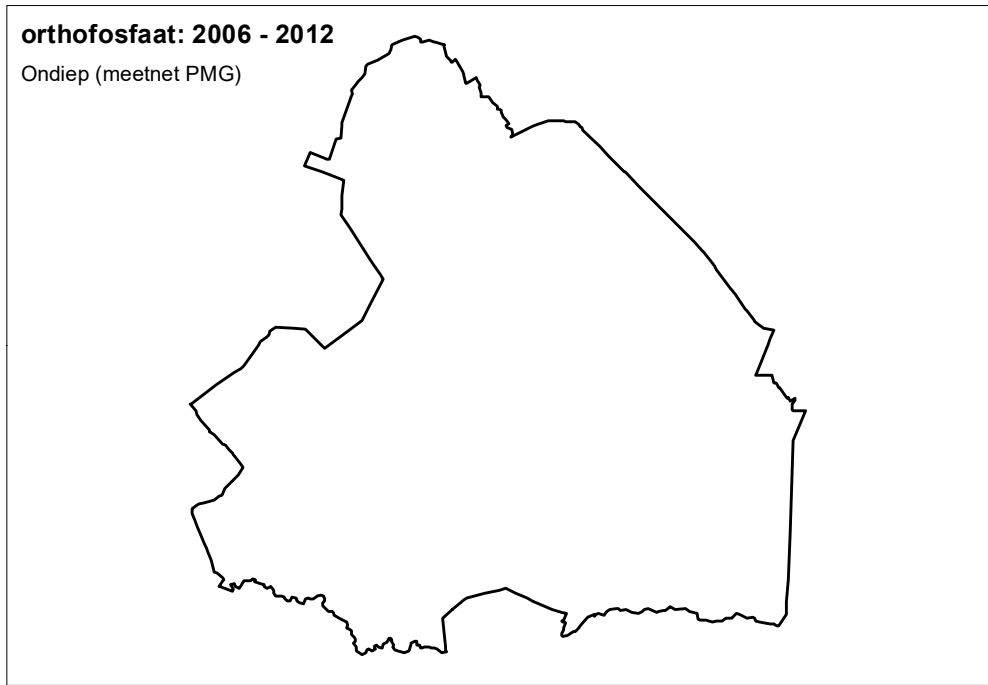
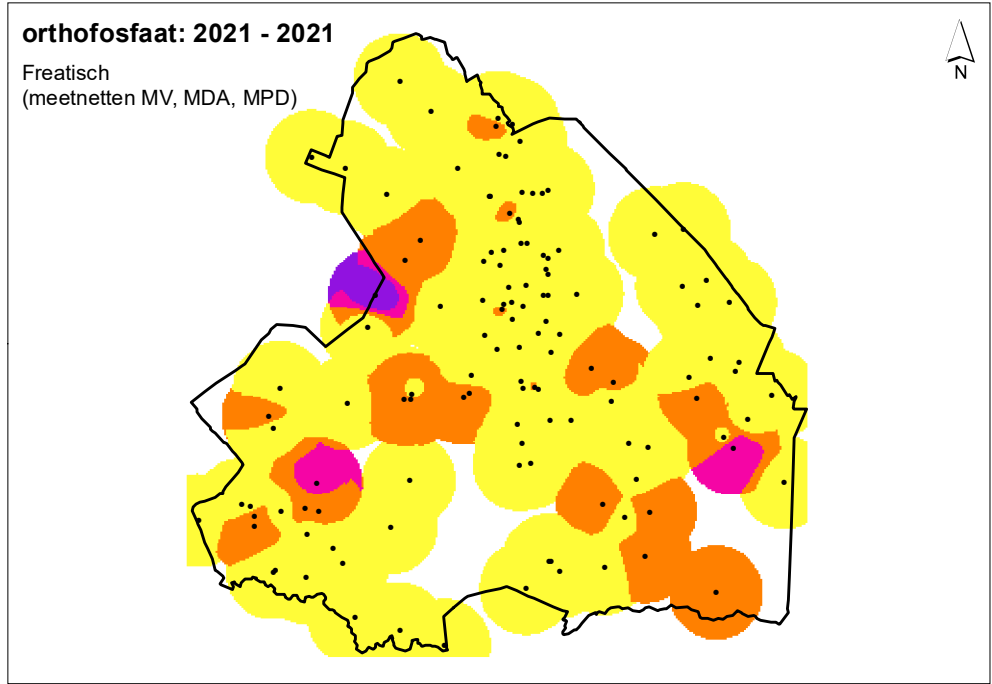
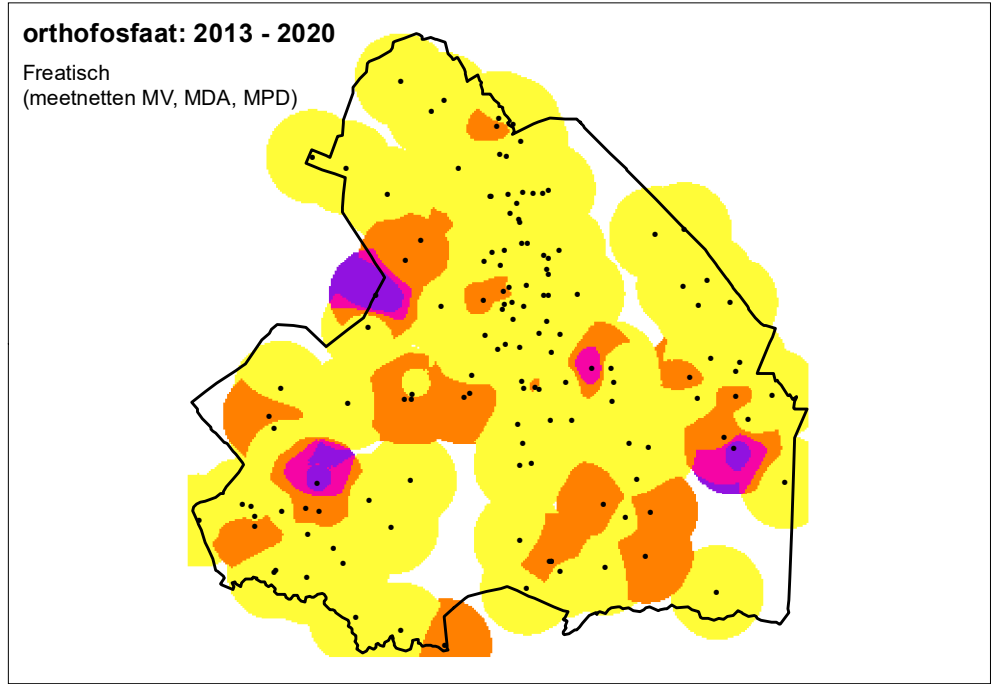
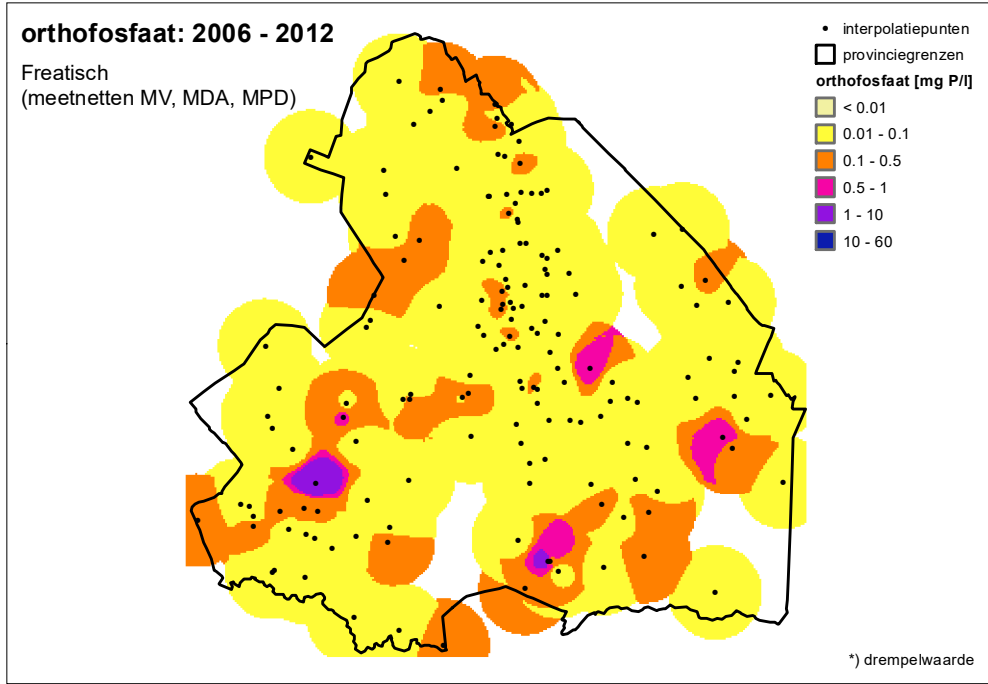


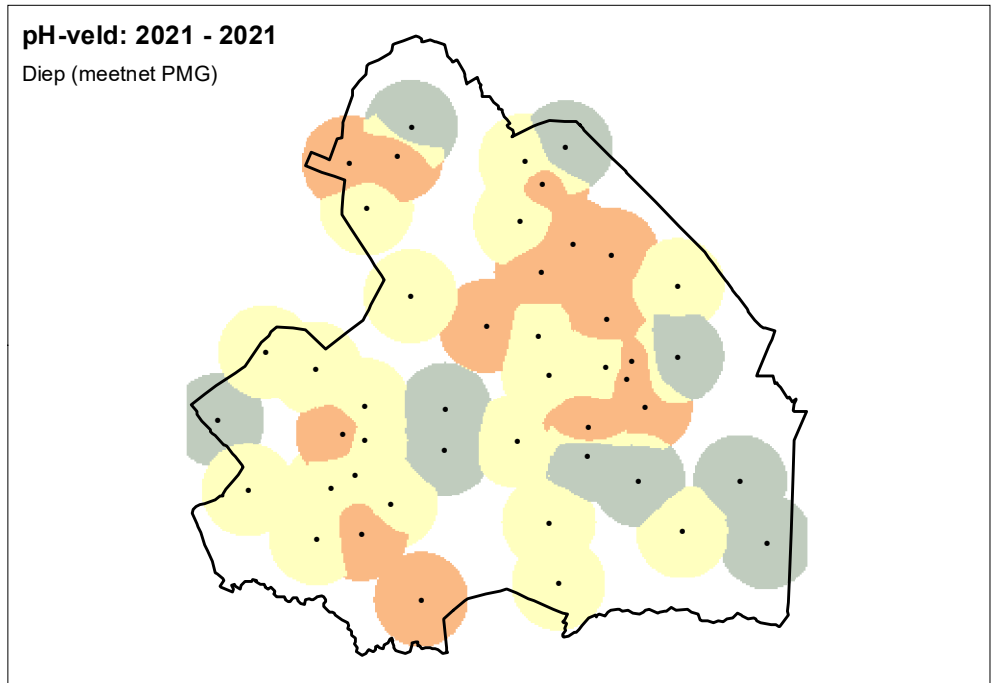
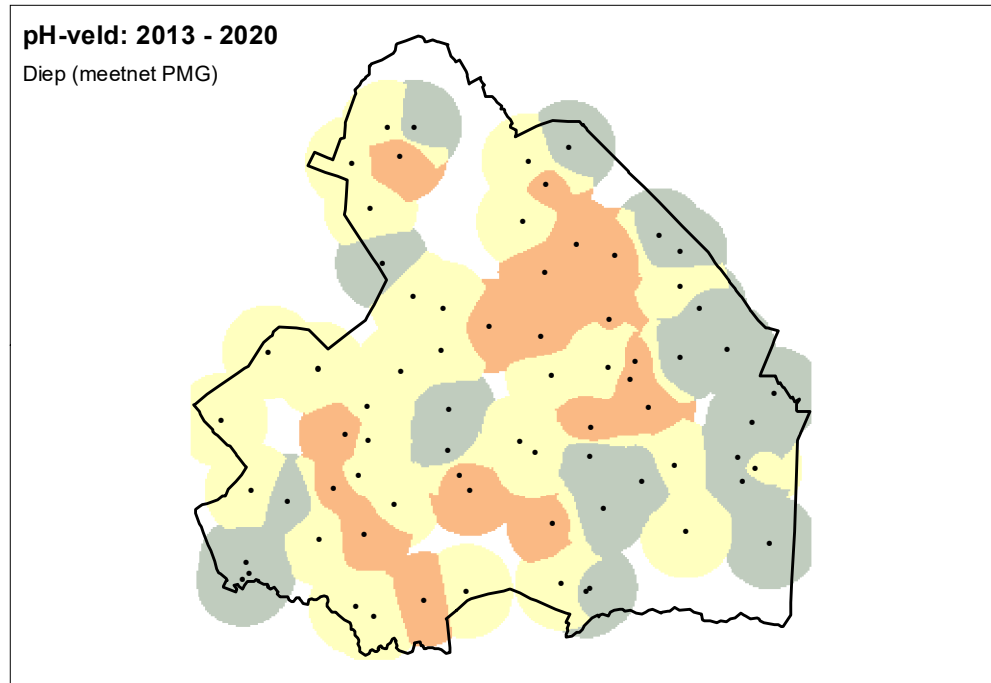
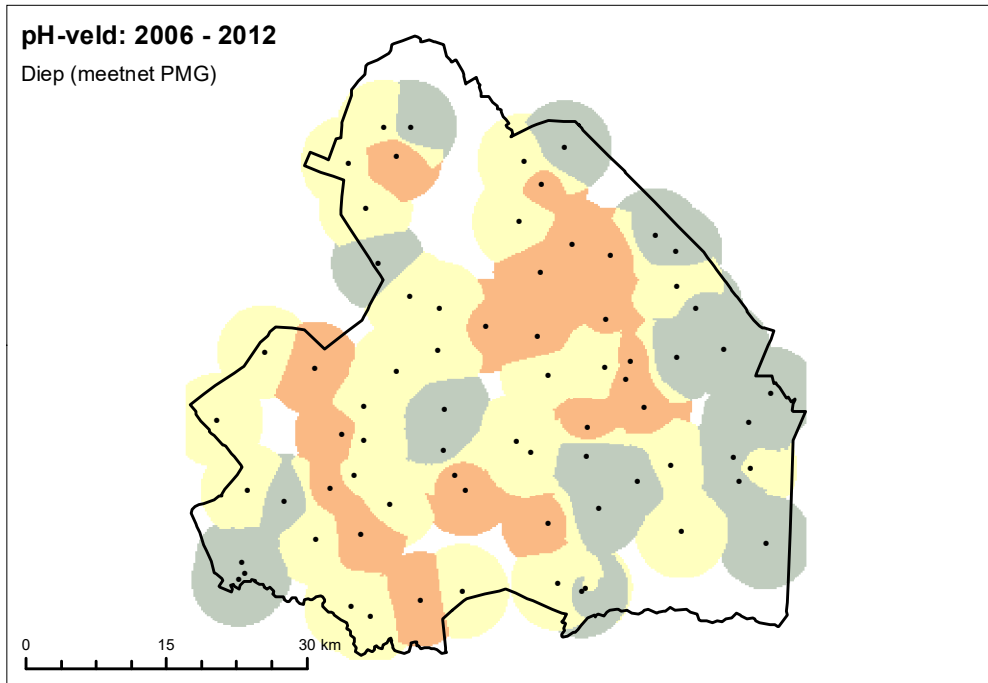
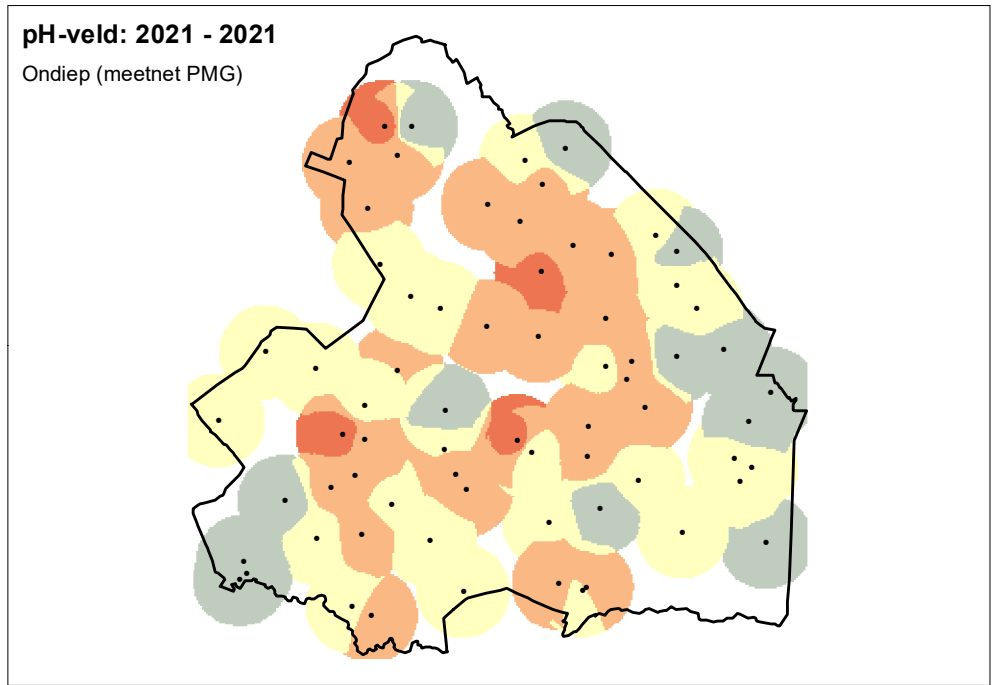
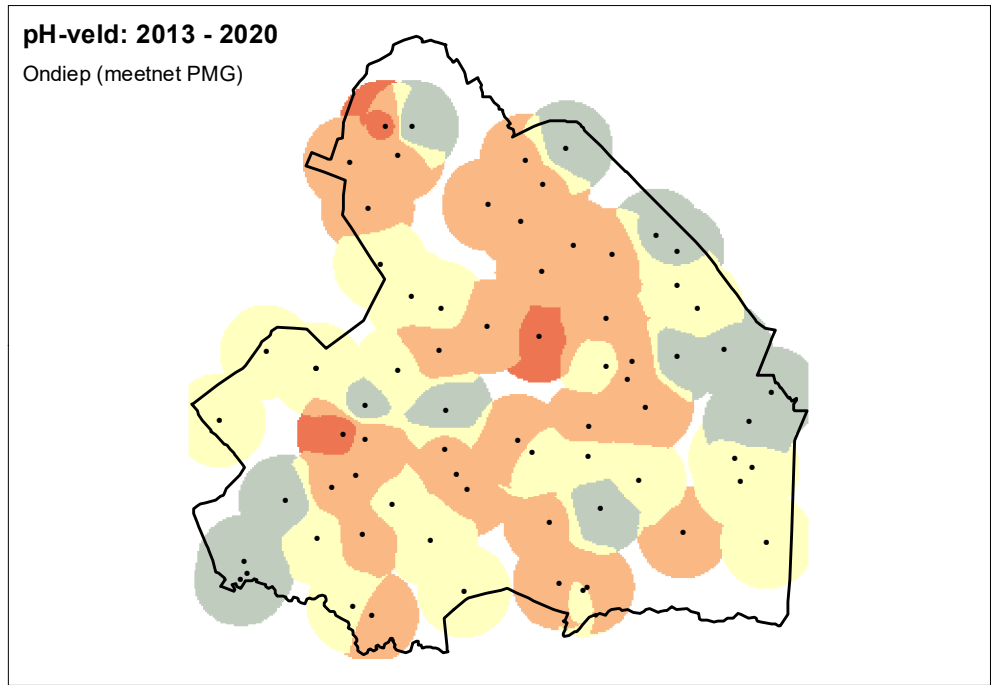
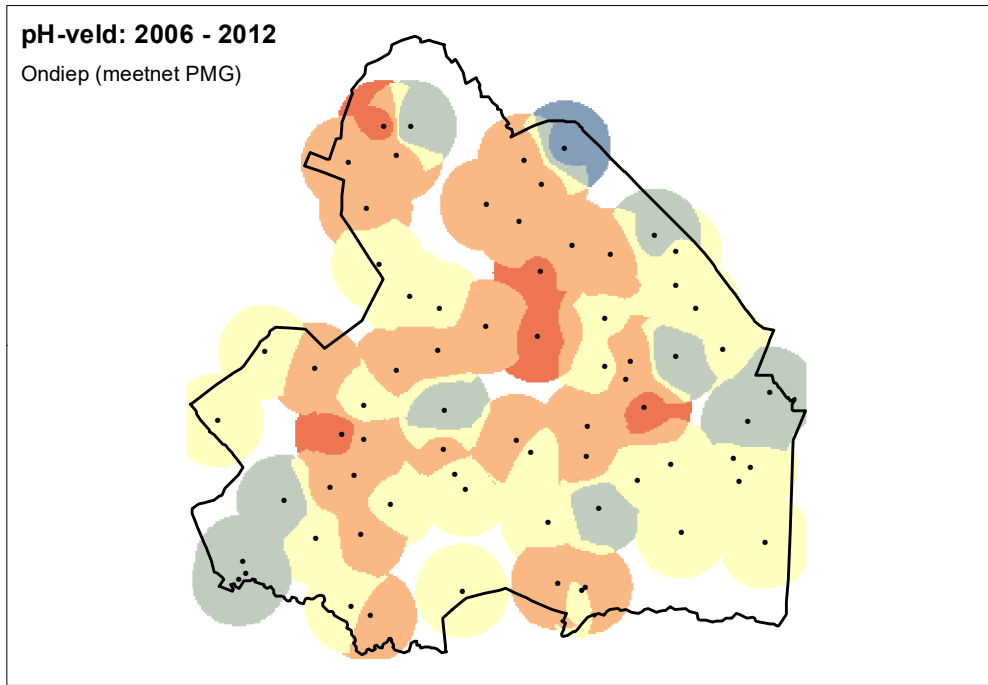
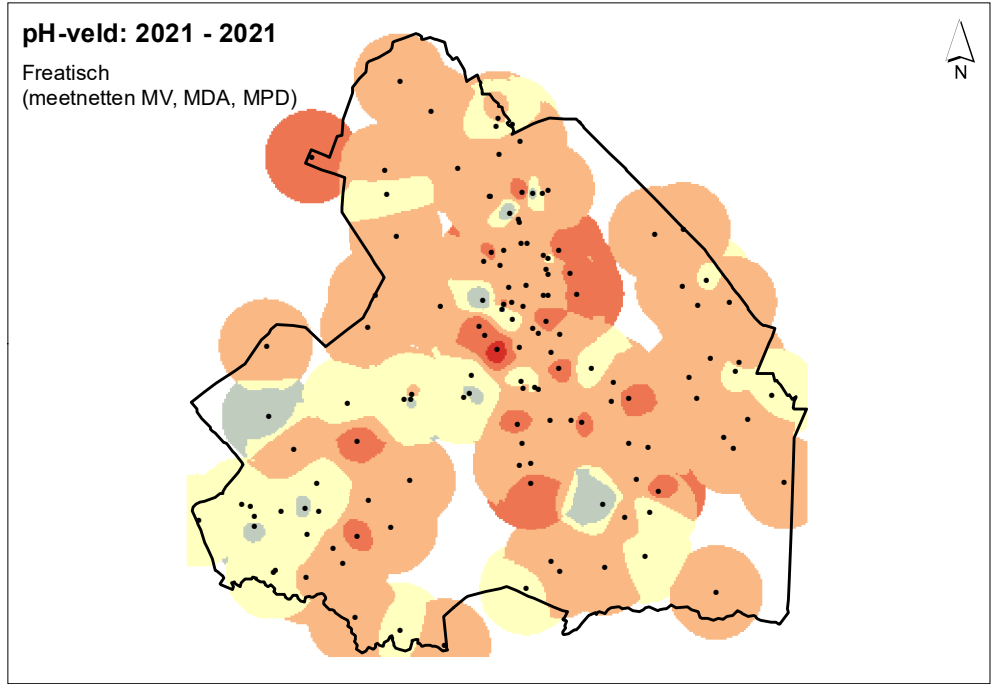
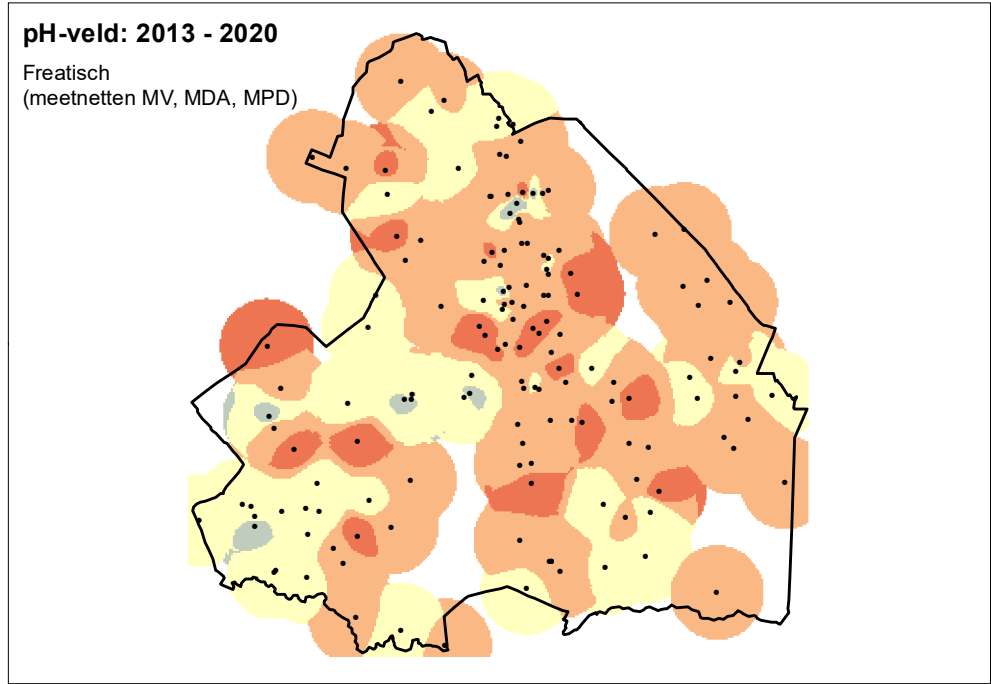
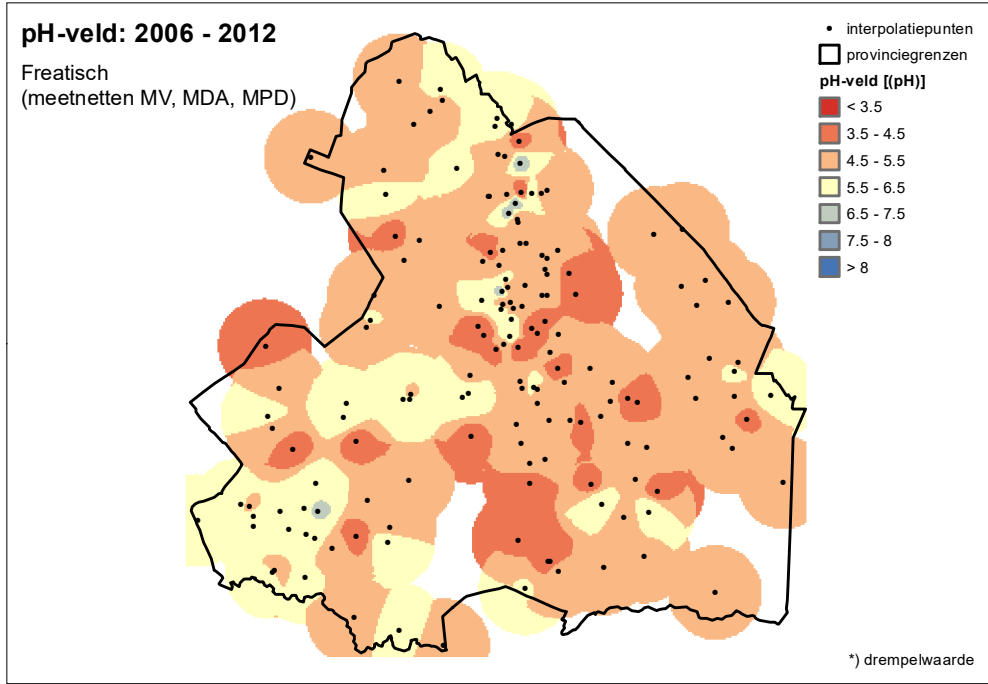


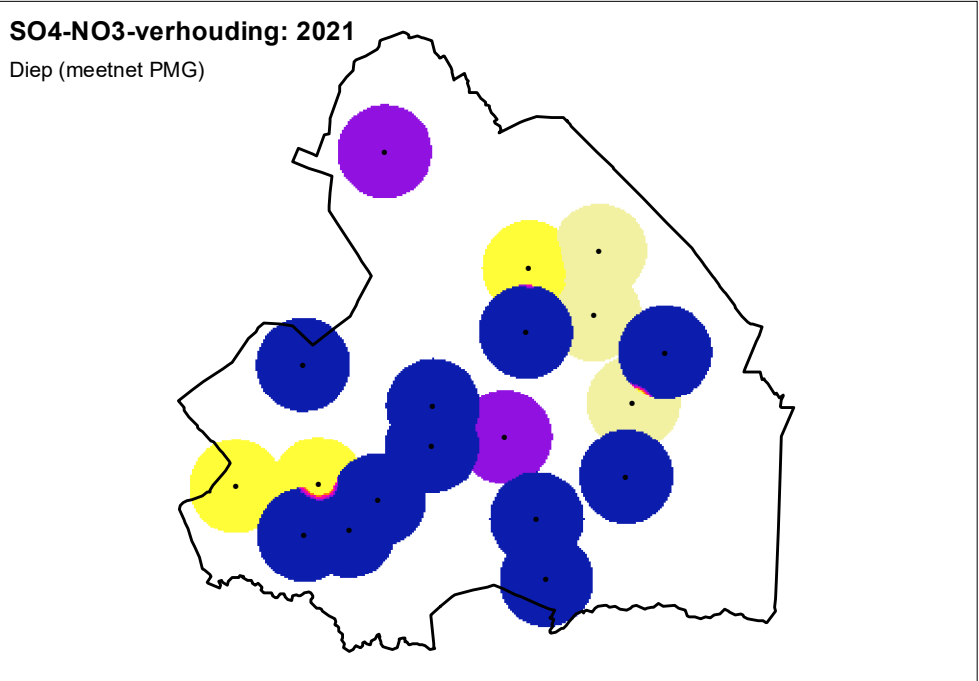
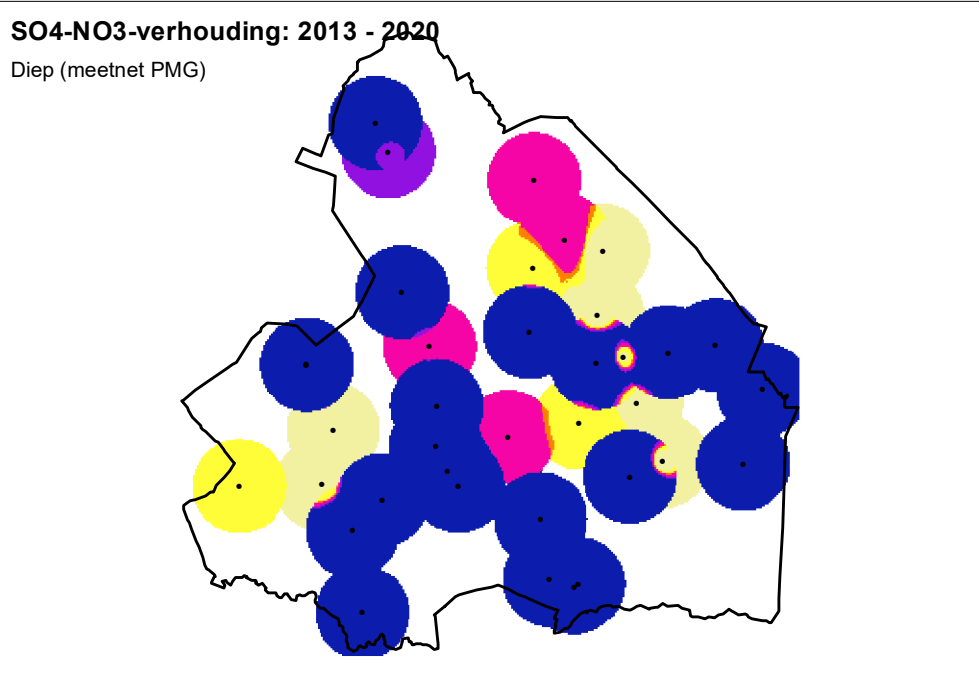
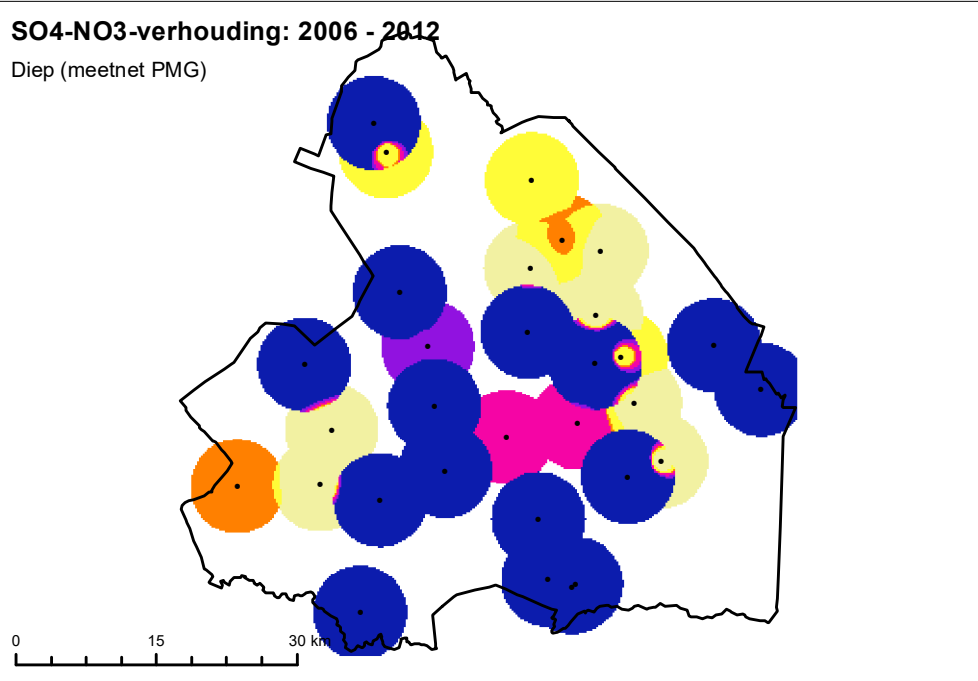
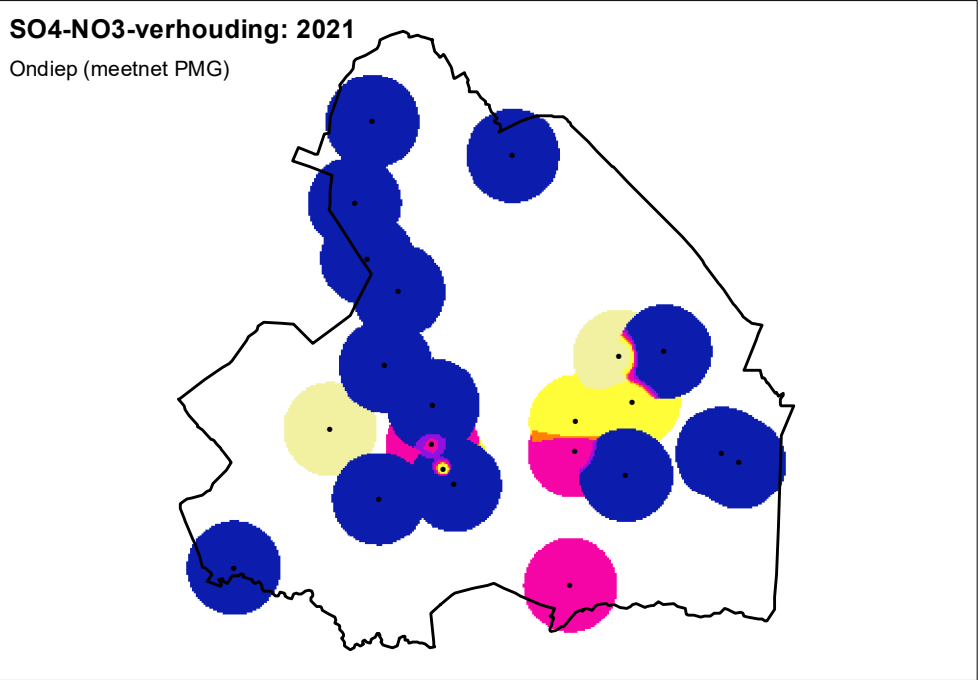
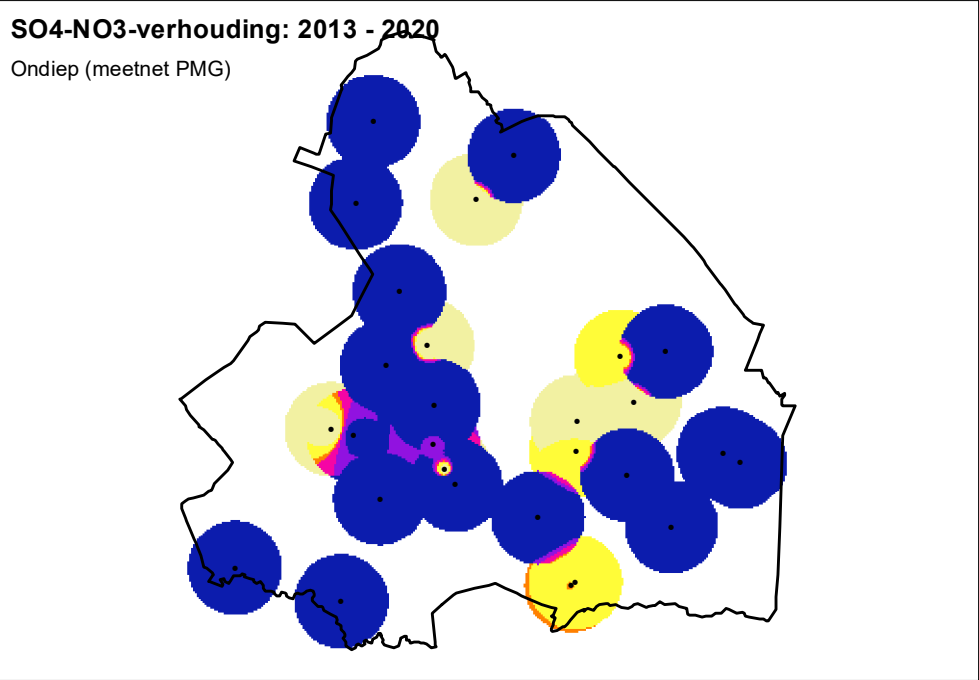
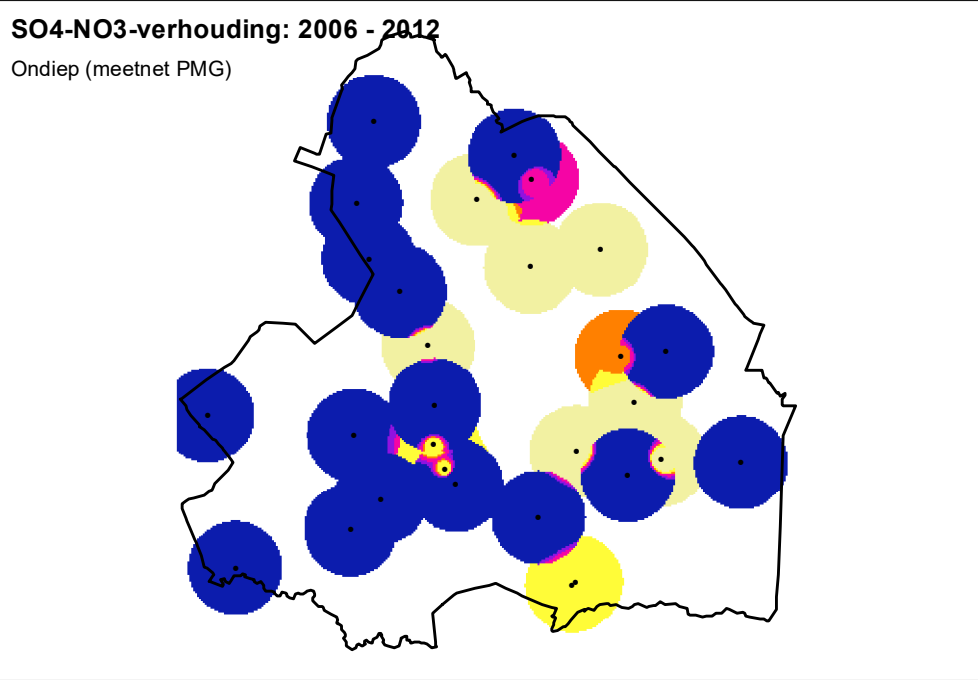
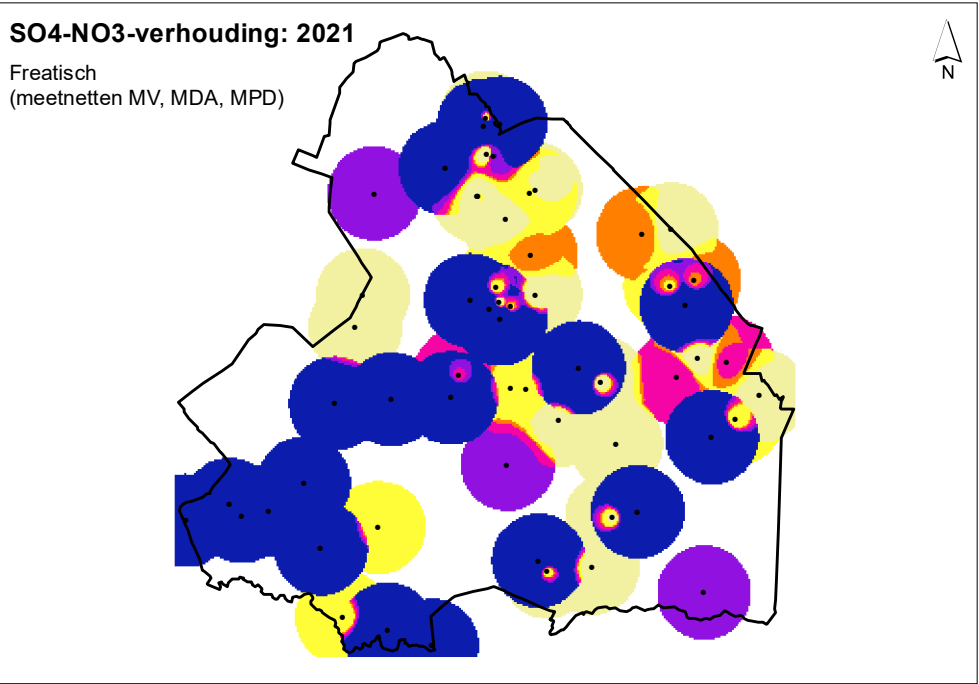
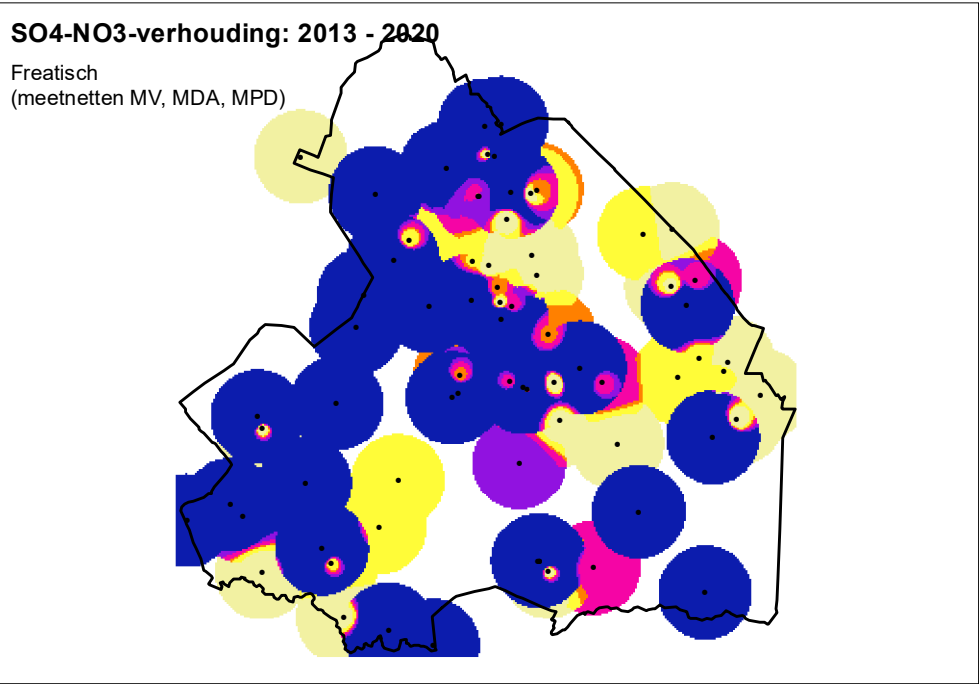
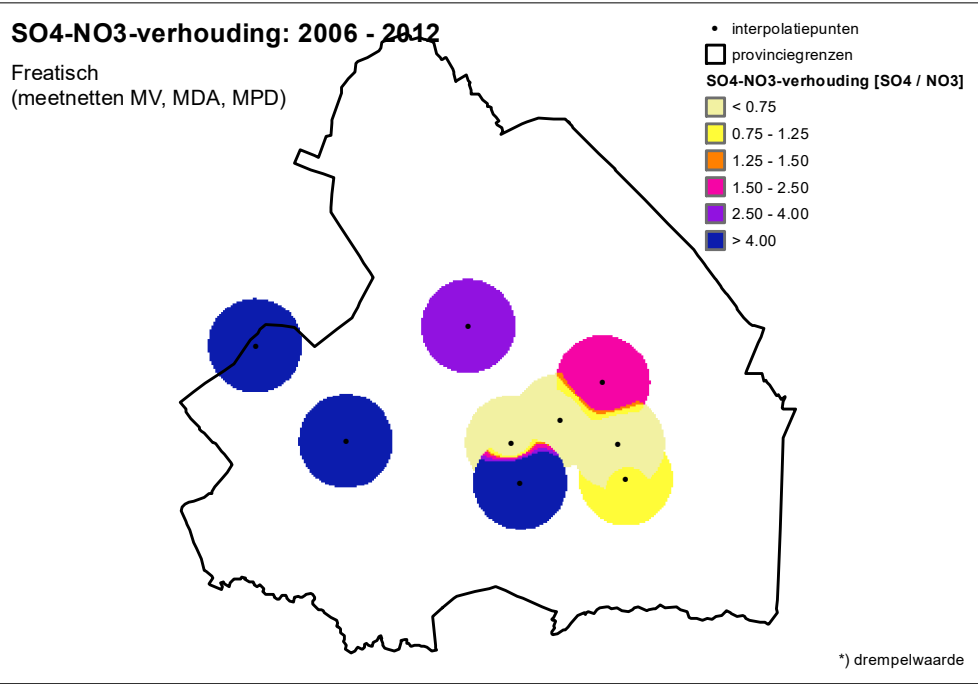


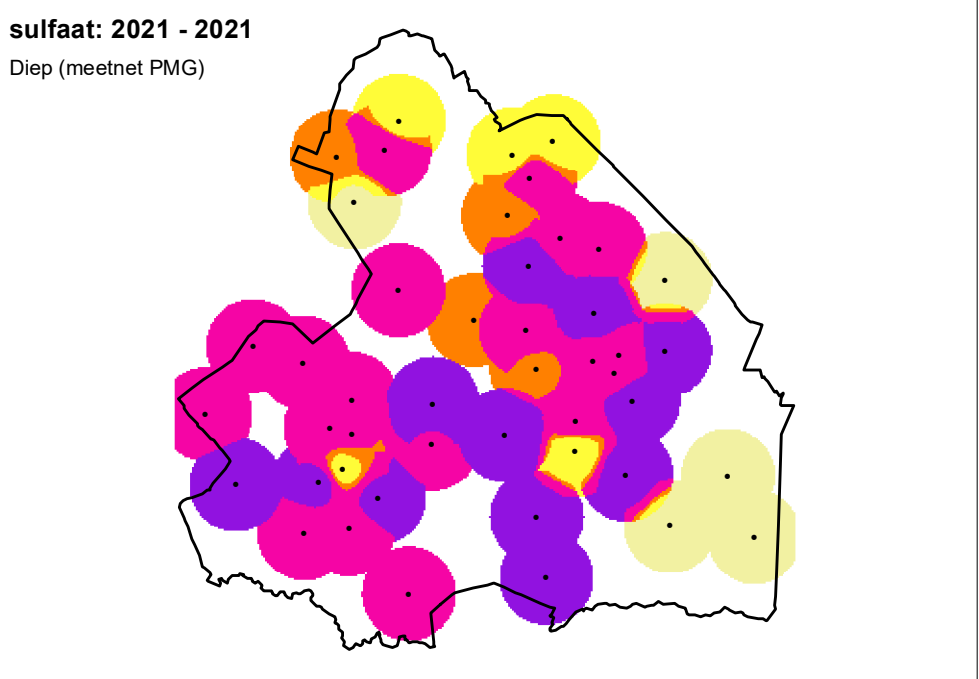
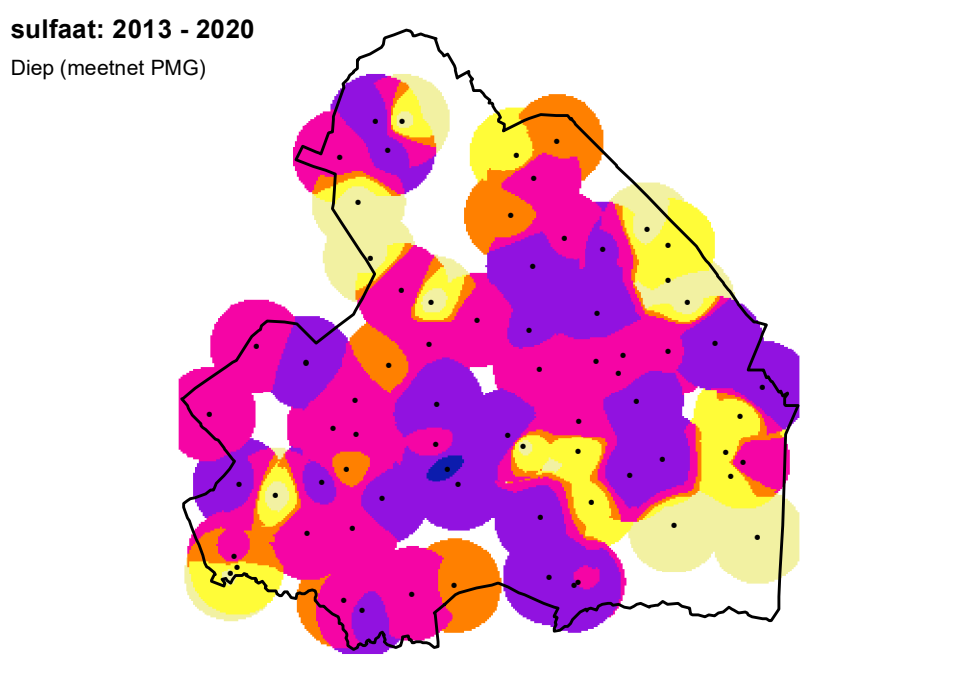
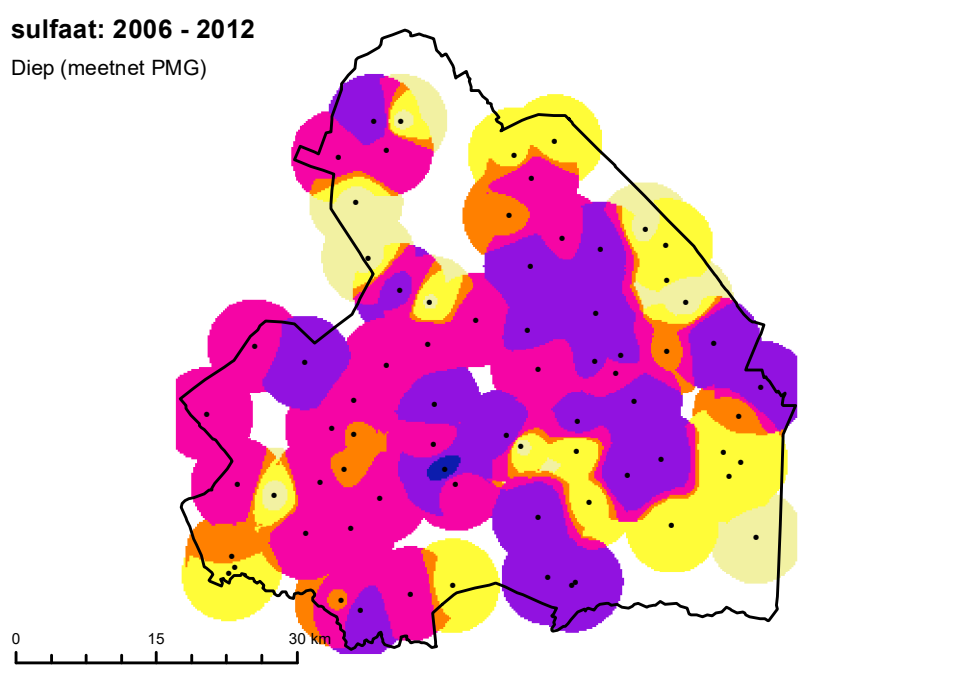
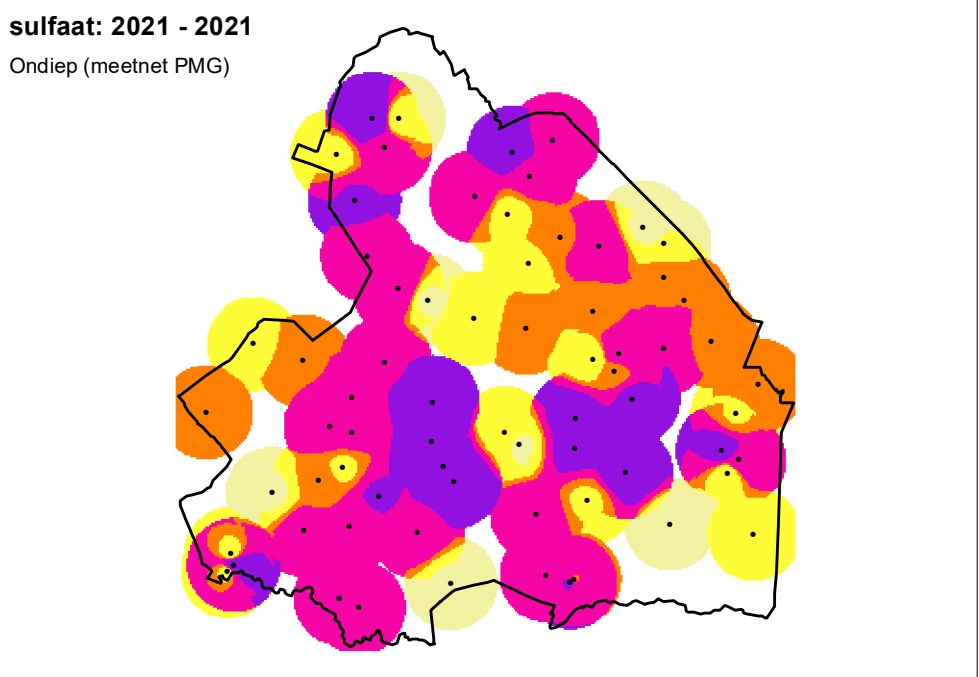
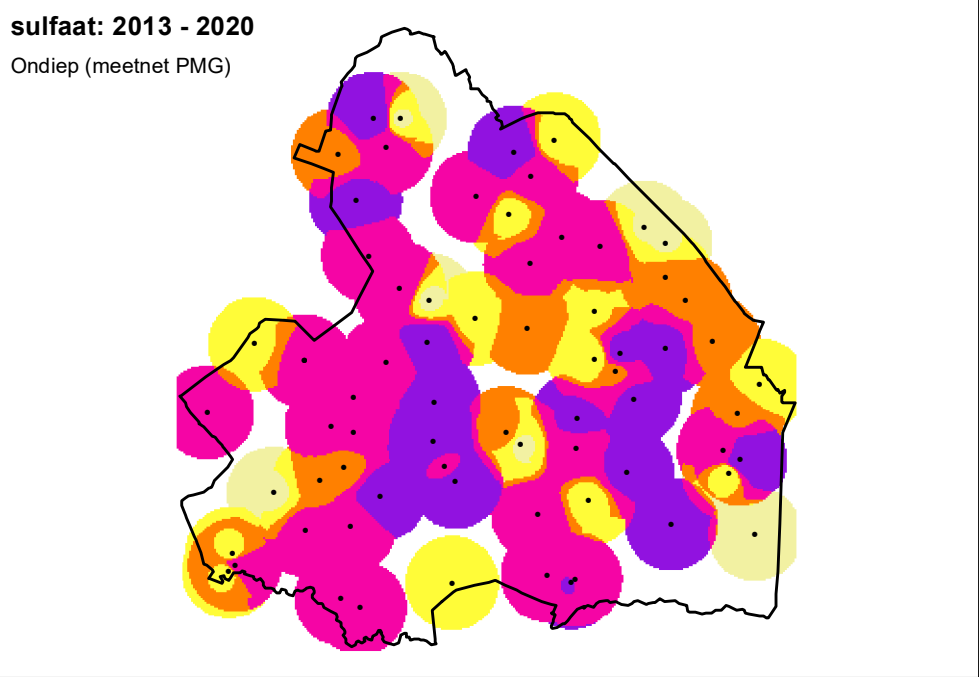
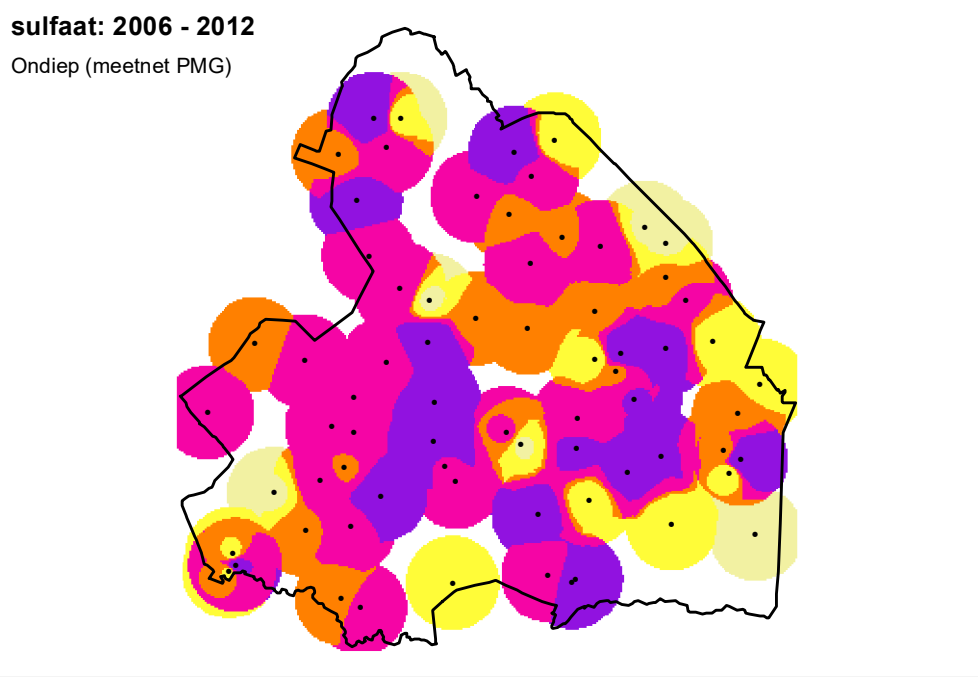
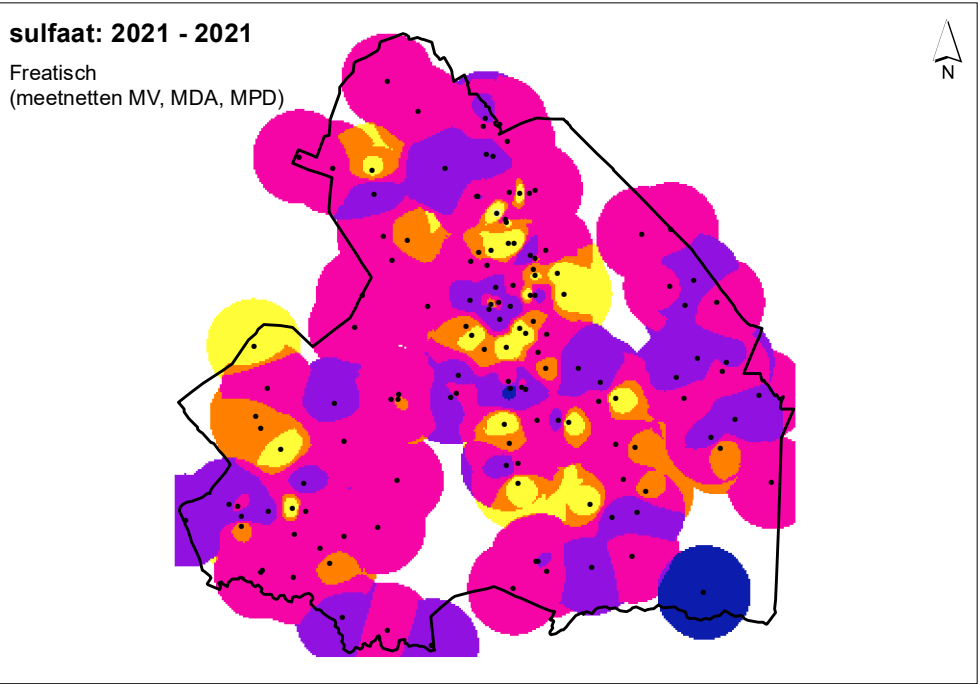
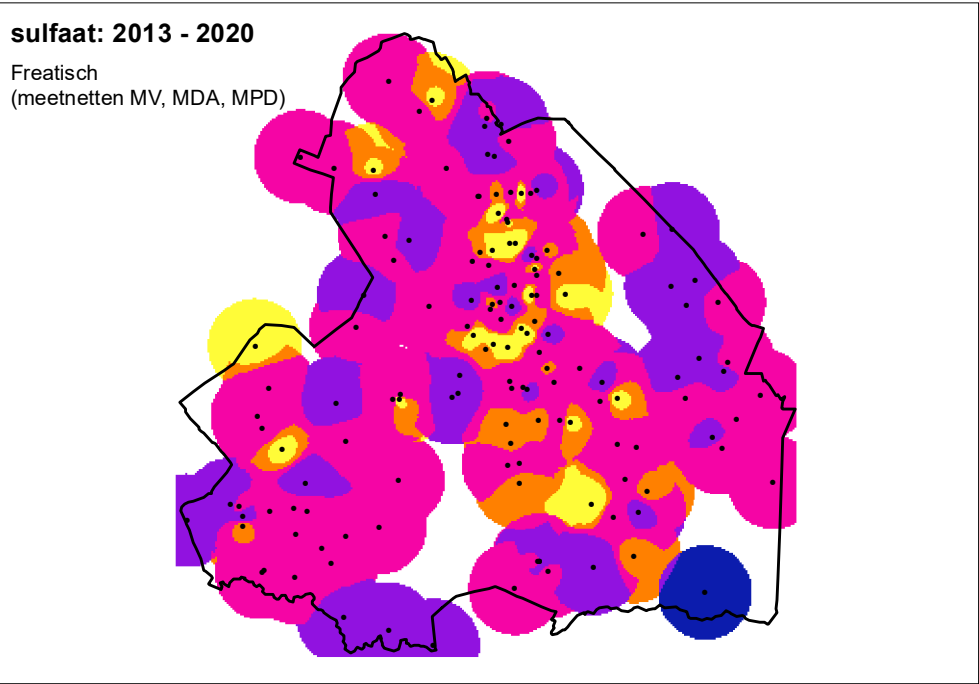
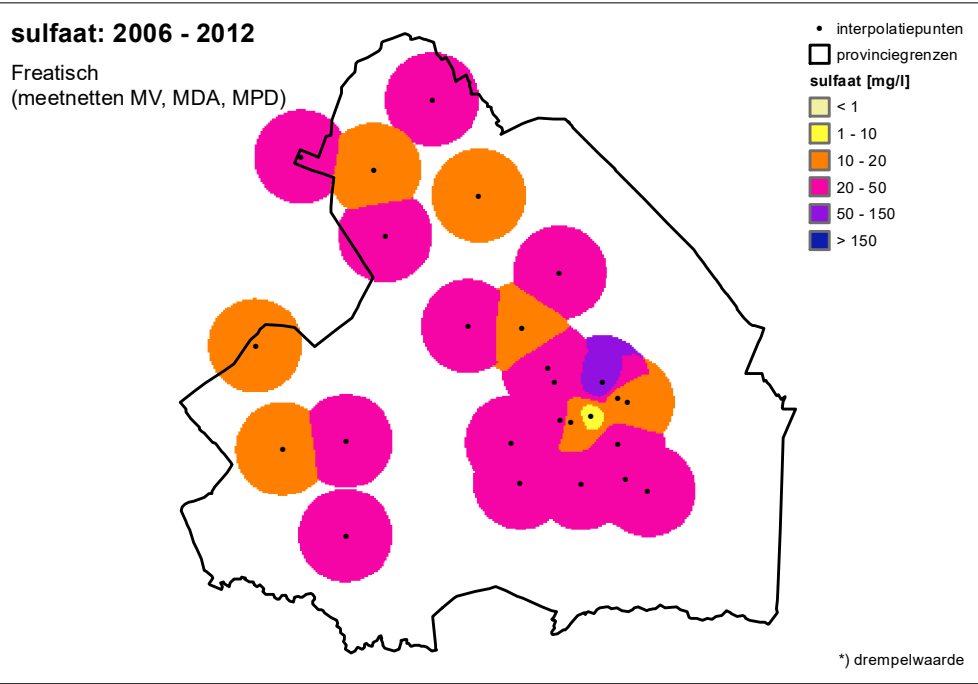


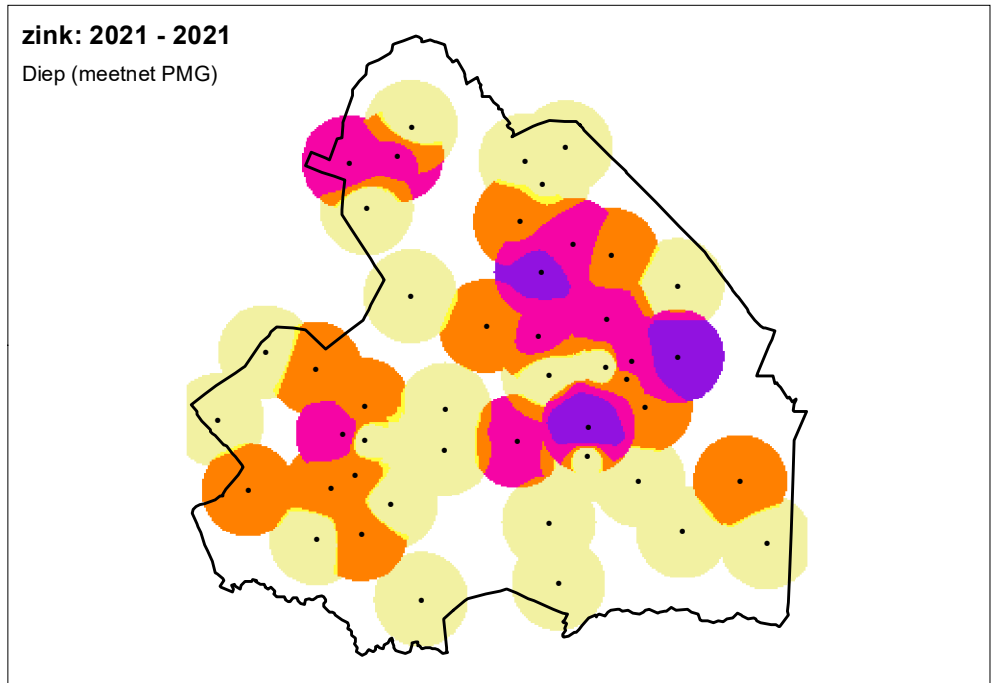
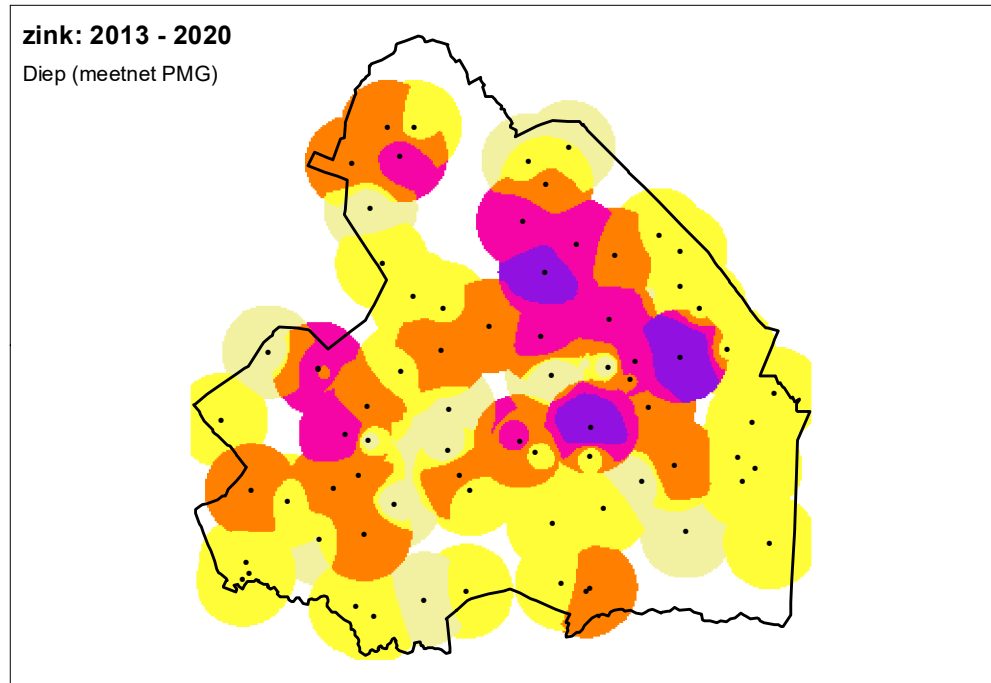
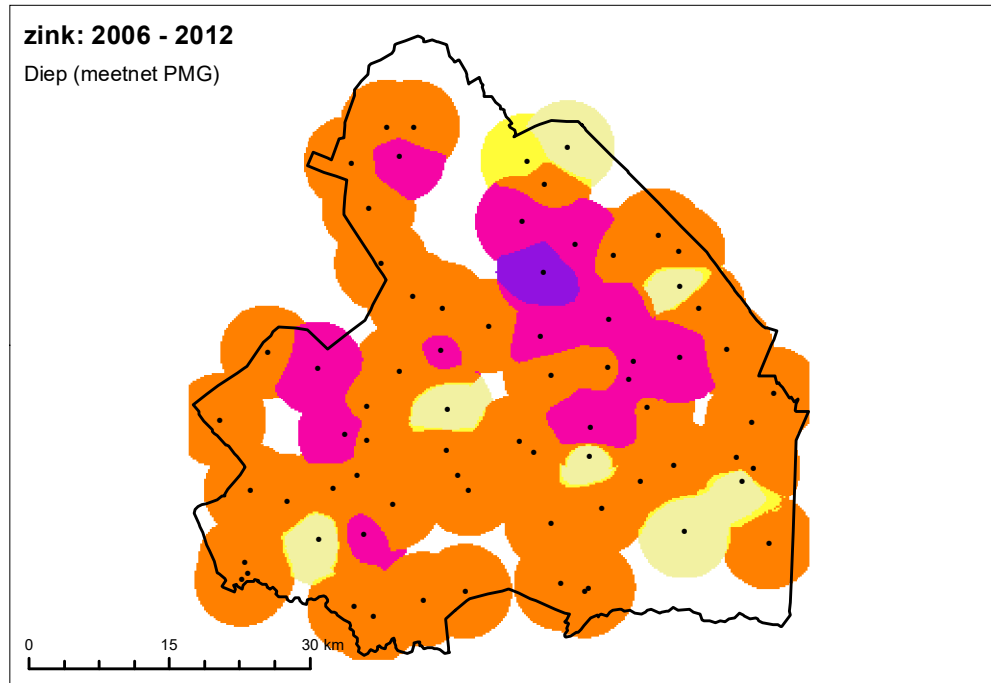
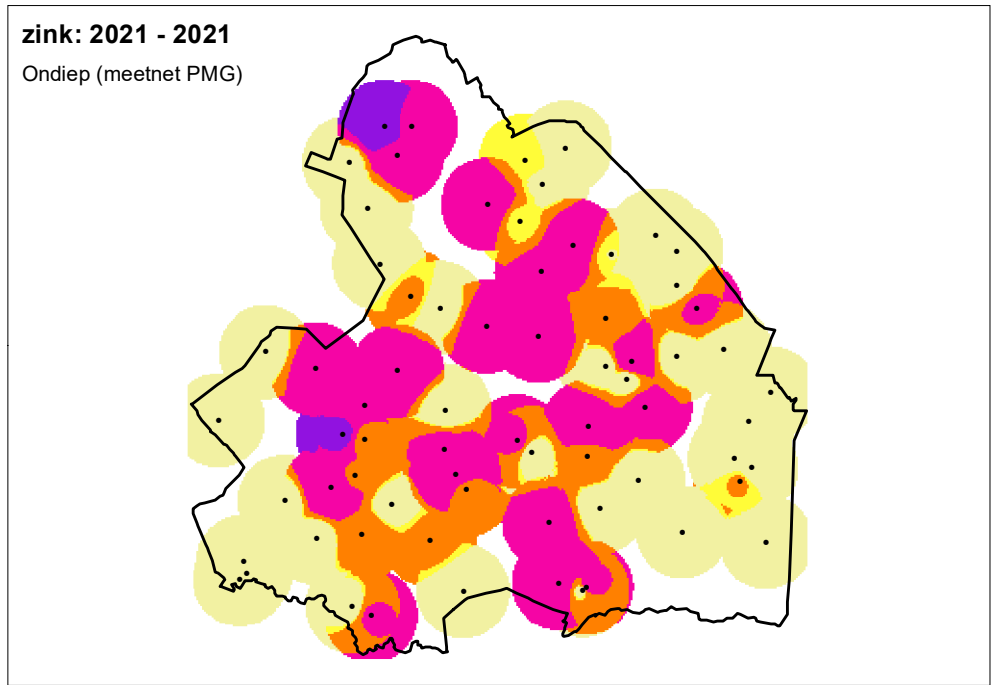
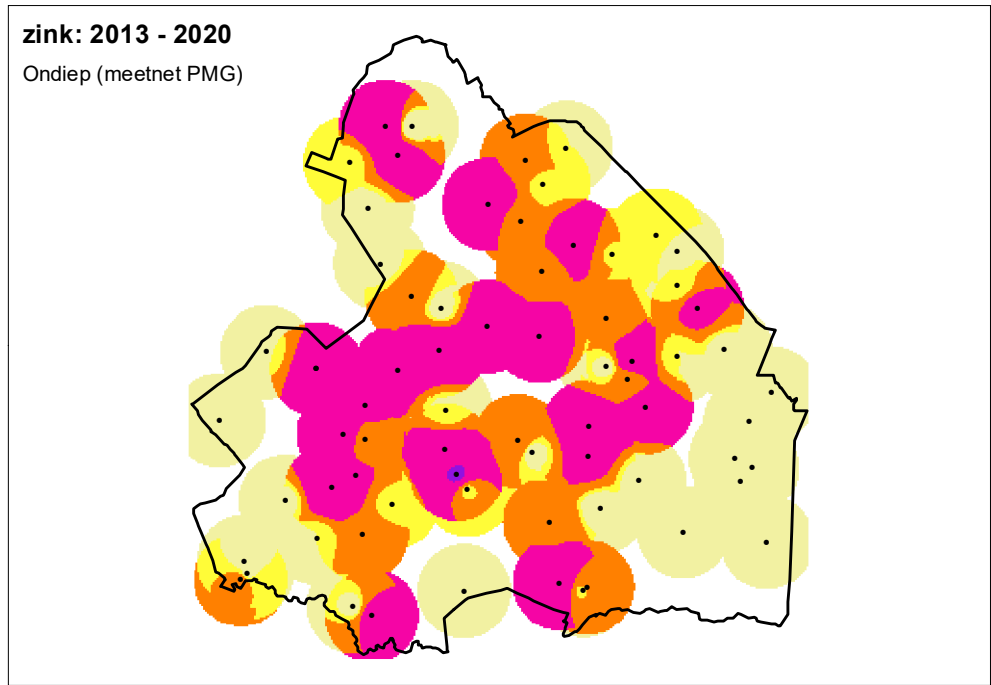
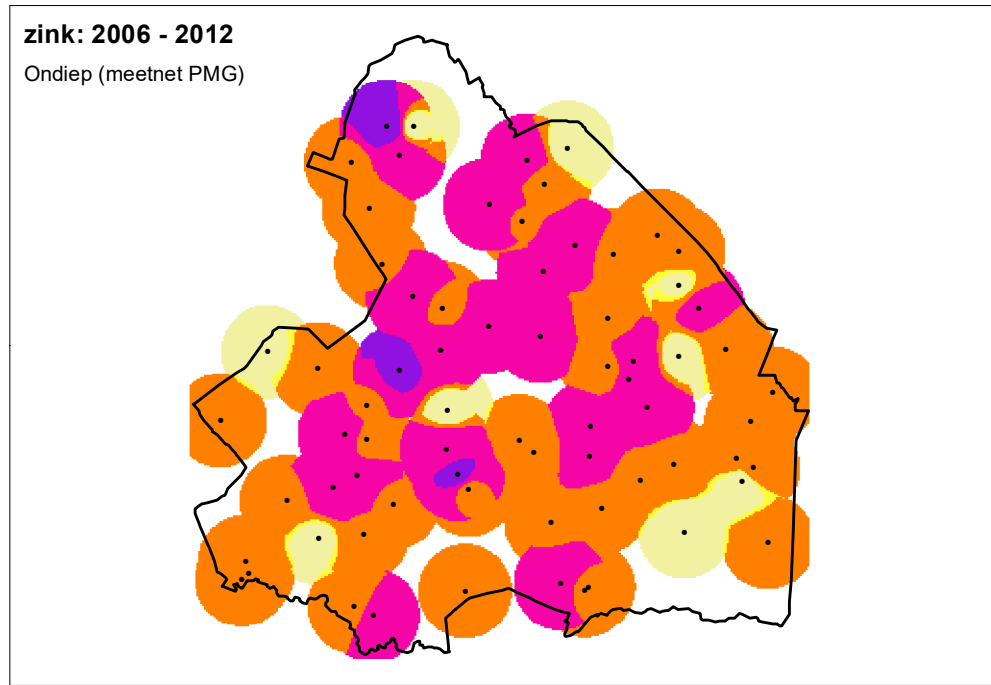
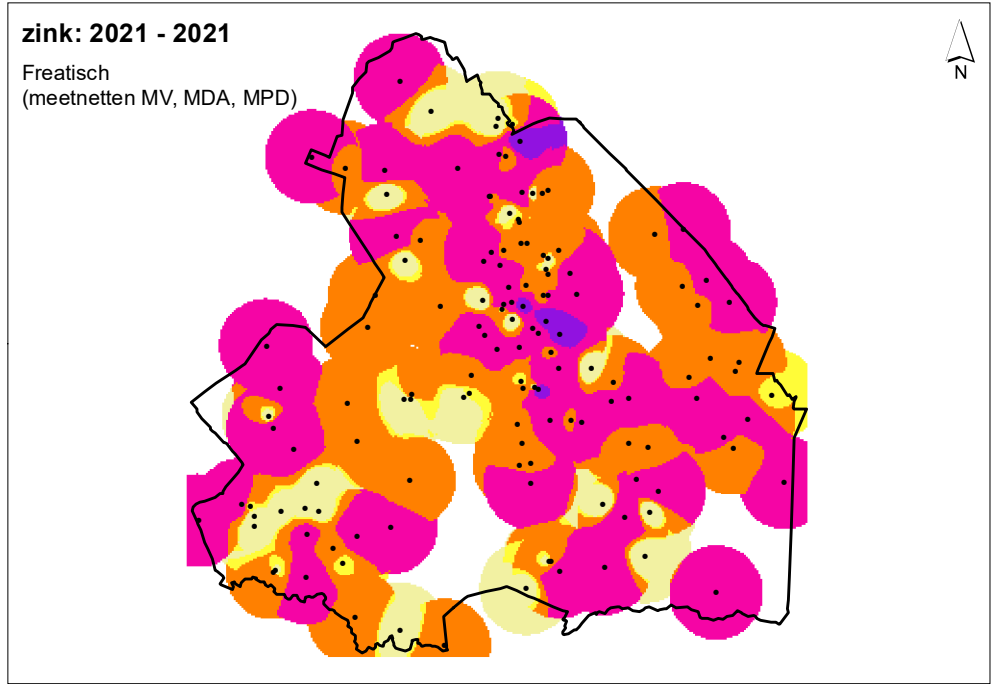
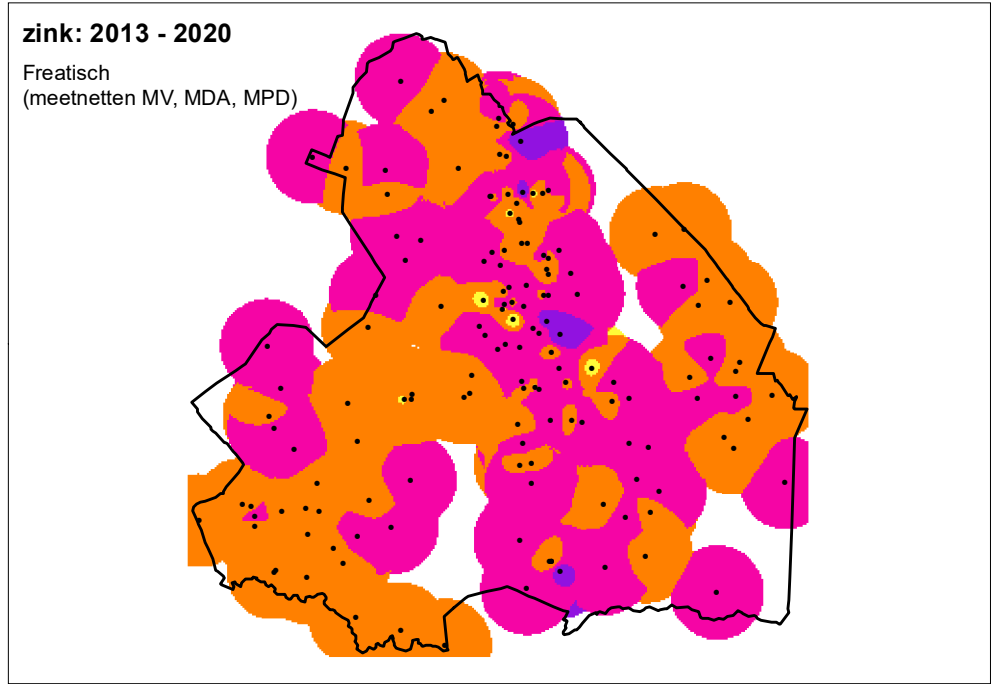
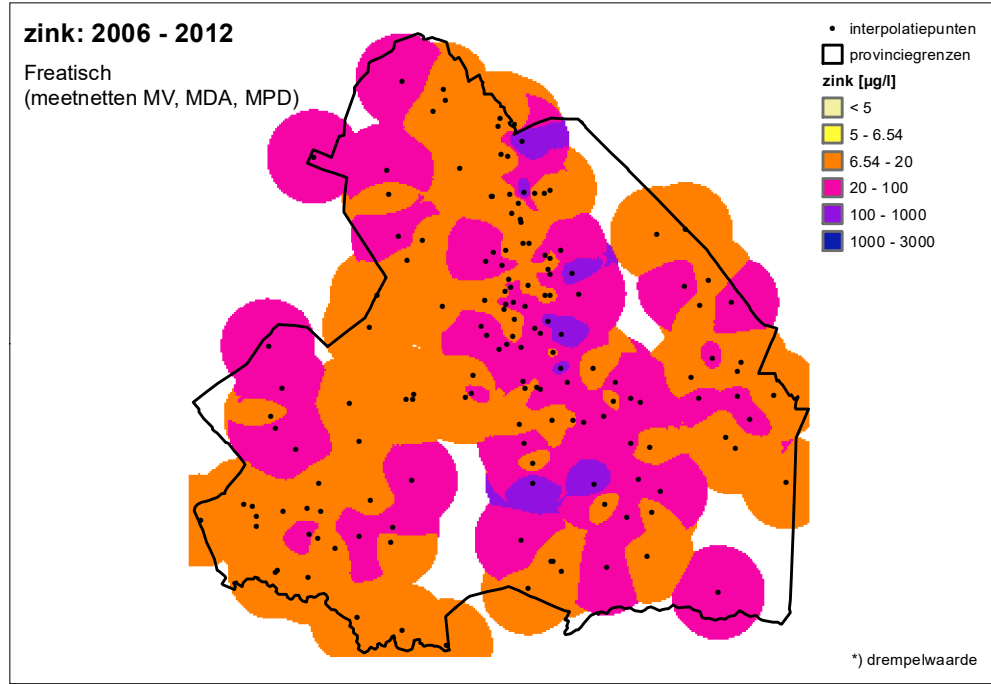












## **Bijlage 5**

### **Aangetroffen bestrijdingsmiddelen in eerdere jaren**

