



ALTERRA
WAGENINGEN UR



Integrale rapportage bodem- en grondwaterkwaliteit Drenthe

Alterra-rapport 2419
ISSN 1566-7197

J. Roelsma, P.K. Baggelaar en E.C.J. van der Meulen



ALTERRA
WAGENINGEN UR



Integrale rapportage bodem- en
grondwaterkwaliteit Drenthe

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Provincie Drenthe.

Integrale rapportage bodem- en grondwaterkwaliteit Drenthe

J. Roelsma¹, P.K. Baggelaar² en E.C.J. van der Meulen³

- ¹ Alterra
- ² Icastat
- ³ AMO

Alterra-rapport 2419

Alterra Wageningen UR
Wageningen, 2013



Referaat

J. Roelsma, P.K. Baggelaar en E.C.J van der Meulen, 2013. *Integrale rapportage bodem- en grondwaterkwaliteit Drenthe*. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 2419. 178 blz.; 81 fig.; 12 tab.; 27 ref.

Dit rapport presenteert een integrale rapportage van toestanden en trends van de Drentse bodem- en grondwaterkwaliteit, waarbij gebruik is gemaakt van de meetgegevens van vier grootschalige Drentse meetnetten. De integrale aanpak was er op gericht meerwaarde te verschaffen ten opzichte van vier afzonderlijke meetnetrapportages. Voor elke beschouwde parameter van de bodem- en/of grondwaterkwaliteit is de toestand op verschillende wijzen weergegeven en beschreven. Tevens is voor elke beschouwde parameter een statistische trendanalyse uitgevoerd om objectief vast te kunnen stellen of er sprake is van een trend.

Uit deze studie komt de volgende top-3 naar voren van onderwerpen waar de beleidsdoelstellingen niet worden gehaald (in willekeurige volgorde):

- Nitraatconcentraties in het grondwater;
- Fosfaat in de bodem;
- Verzuring (pH) in de bodem en het grondwater en aluminiumconcentraties in het grondwater.

Voor de meeste beschouwde parameters kon geen eenduidige trend worden vastgesteld. Alleen voor fosfaat in de bodem is een duidelijke stijging vastgesteld. Deze stijging is gerelateerd aan de aanvoer van dierlijke mest vanuit de traditionele overschotgebieden.

Trefwoorden: meetnetten, Drenthe, nitraat, fosfaat, zuurgraad, zware metalen, bodemkwaliteit, grondwaterkwaliteit, toestand, trend, KRW-metpunten.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2013 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2419

Wageningen, maart 2013

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting en conclusies	9
Samenvatting en conclusies per milieuthema	11
1 Inleiding	15
1.1 Hoofdpijnen van onze aanpak	15
1.2 Over dit rapport	15
2 Basisgegevens	17
2.1 Overzicht meetnetten	17
2.2 Verzamelen en structureren basisgegevens	19
2.2.1 Verzamelen en structureren gegevens aangeleverd door de provincie Drenthe	19
2.2.2 Verzamelen en structureren gegevens verstrekt door TNO	21
2.2.3 Meetnetten zijn niet altijd scherp afgebakend	21
2.3 Controleren en voorbereiden meetgegevens	22
2.3.1 Controleren meetgegevens	22
2.3.2 Omzetten gecensureerde waarden	22
2.3.3 Behandelen uitschieters	23
2.3.4 Omrekenen parameters	23
2.3.5 Samenvoegen meetwaarden	24
3 Details van de aanpak	25
3.1 Indeling van gebiedstypen	25
3.2 Beschouwde parameters	27
3.3 Beschrijven van de toestand	27
3.4 Beschrijven van trends	29
3.5 Weergeven resultaten analyses per parameter	32
3.6 Bespreken resultaten analyses per milieuthema	33
4 Integrale rapportage over vermesting	35
4.1 Nitraat	38
4.2 Ammonium	47
4.3 Kalium	50
4.4 Chloride	52
4.5 Elektrisch geleidingsvermogen (EGV)	54
4.6 Fosfaat	56
4.7 Samenvatting en conclusies vermesting	65
5 Integrale rapportage over verzuring	67
5.1 Zuurgraad (pH)	67
5.2 Calcium	71
5.3 Aluminium	72
5.4 Samenvatting en conclusies verzuring	76
6 Integrale rapportage over verspreiding (zware metalen)	77
6.1 Koper	77
6.2 Cadmium	80

6.3	Zink	83
6.4	Chroom	86
6.5	Lood	89
6.6	Arseen	92
6.7	Samenvatting en conclusies verspreiding	95
7	Samenhang beleid en milieuthema's	97
7.1	Nitratconcentraties in het grondwater	97
7.2	Fosfaat in de bodem	97
7.3	Verzuring en aluminiumconcentraties	97
7.4	Beleidskaders	98
8	Representativiteit KRW-meetpunten	101
8.1	Achtergronden KRW-monitoring grondwater	101
8.1.1	EU-normen en drempelwaarden	101
8.1.2	Rol van drempelwaarden bij de toestandbepaling	102
8.1.3	Drentse KRW-grondwaterlichamen	102
8.2	Gevolgde aanpak om representativiteit KRW-meetpunten te beoordelen	103
8.3	Bevindingen	104
9	Aanbevelingen voor het meetnetbeheer	105
10	Literatuur	107
Bijlage 1	Toelichting op gebruikte presentatievormen	109
Bijlage 2	Voorbeeld presentatievormen nitraat	119
Bijlage 3	Tabellen met percentages normoverschrijding	129
Bijlage 4	Figuren representativiteit KRW-meetpunten	141
Bijlage 5	Gehanteerde kwaliteitsnormen	151
Bijlage 6	Landgebruik	153
Bijlage 7	Bodemtype	155
Bijlage 8	Geohydrologie	157
Bijlage 9	Ligging meetpunten	159
Bijlage 10	Nitratconcentratie grondwater	161
Bijlage 11	Fosfaatconcentratie grondwater	163
Bijlage 12	Zuurgraad grondwater	165
Bijlage 13	Koperconcentratie grondwater	167
Bijlage 14	Cadmiumconcentratie grondwater	169
Bijlage 15	Zinkconcentratie grondwater	171
Bijlage 16	Chroomconcentratie grondwater	173
Bijlage 17	Nikkelconcentratie grondwater	175
Bijlage 18	Bodemparameters	177

Woord vooraf

In opdracht van de provincie Drenthe is een integrale rapportage uitgevoerd van de milieukwaliteit van de bodem en het grondwater, op basis van meetwaarden van vier grootschalige Drentse meetnetten. De integrale aanpak was er op gericht meerwaarde te verschaffen ten opzichte van vier afzonderlijke meetnetrapportages. Bij deze studie zijn meetgegevens gebruikt van vier meetnetten: het Provinciaal Meetnet Verzuring (MV), het Meetnet Bodemkwaliteit Drentsche Aa / Elperstroom (MDA), het Provinciaal Meetnet Bodemkwaliteit (MBK) en een combinatie van Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit en Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (PMG/LMG). Het voorliggende rapport geeft de toestand en trends weer van de bodem- en grondwaterkwaliteit van Drenthe.

Een woord van dank gaat uit naar de begeleidingscommissie van dit project voor het meedenken over de opzet van de evaluatie van het bodemkwaliteitsmeetnet en het becommentariëren van dit rapport. De begeleidingscommissie bestond uit:

- Dhr. Anton Dries
- Mw. Gerda Brilleman
- Dhr. Eeuwe Dijk
- Mw. Thea Harmelink
- Dhr. Ben Hoentjen
- Mw. Janet Hof
- Dhr. Alex Scheper
- Dhr. Rinke van Veen

De personen in de begeleidingscommissie zijn alle werkzaam bij de afdeling Ruimtelijke Ontwikkeling, Milieu en Natuur van provincie Drenthe.

De auteurs bedanken Caroline van der Salm en Luc Bonten (beiden werkzaam bij Alterra) voor het kritisch doorlezen en becommentariëren van dit rapport.

Jan Roelsma
Paul Baggelaar
Eit van der Meulen

Samenvatting en conclusies

Dit rapport presenteert een integrale rapportage van toestanden en trends van de Drentse bodem- en grondwaterkwaliteit, waarbij gebruik is gemaakt van de meetgegevens van vier grootschalige Drentse meetnetten. De integrale aanpak was er op gericht meerwaarde te verschaffen ten opzichte van vier afzonderlijke meetnetrapportages.

Beschouwde Drentse meetnetten

Bij deze studie zijn meetgegevens gebruikt van de volgende meetnetten¹:

1. Provinciaal Meetnet Verzuring (MV) – meet sinds 1993 de kwaliteit van de bodem en het freatische grondwater en bestaat momenteel uit veertien meetpunten.
2. Meetnet Bodemkwaliteit Drentsche Aa / Elperstroom (MDA) – meet sinds 1994 elke vier jaar de kwaliteit van de bodem en sinds 1995 elk jaar de kwaliteit van het freatische grondwater. Dit meetnet bestaat momenteel uit 67 meetpunten.
3. Provinciaal Meetnet Bodemkwaliteit (MBK) – meet sinds 1996 elke vier jaar de kwaliteit van de bodem en sinds 1997 elk jaar de kwaliteit van het freatische grondwater. Het meetnet bestaat momenteel uit 124 meetpunten, waarvan er 31 meedoen vanaf 2002. Deze laatste subgroep is geïnstalleerd in het kader van het *Project Bedreven Bedrijven Drenthe* (PBB), dat gericht is op het verder terugdringen van nutriëntverliezen, door beter gebruik te maken van de nutriëntenkringlopen binnen de deelnemende melkveebedrijven.
4. Combinatie van Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit en Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (PMG/LMG). Deze combinatie omvat 90 meetpunten.
 - a. Het LMG meet sinds 1984 jaarlijks de kwaliteit van het ondiepe en het diepe grondwater in Nederland en omvat nu 28 meetpunten in Drenthe.
 - b. Het PMG meet sinds 1993 jaarlijks de kwaliteit van het ondiepe en het diepe grondwater en bestaat nu uit 68 meetpunten. Zes meetpunten zijn zowel in het PMG als in het LMG opgenomen.

Verzamelen, structureren en voorbereiden gegevens

Gezien het aantal bij deze studie betrokken meetnetten en de lange meetperioden, werd er veel tijd besteed aan het verzamelen en vervolgens zodanig structureren en voorbereiden van de meetgegevens dat ze integraal beschouwd konden worden.

Het grootste probleem daarbij was dat de meetgegevens over circa honderd bestanden waren verspreid (waarvan vele met meerdere tabbladen), met verschillen in opmaak, meetpuntcoderingen, parameternamen en meeteenheden.

Om te voorkomen dat uitschieterende foute meetwaarden het beeld vertroebelen, hebben we vooral verdelingsvrije statistische methoden gehanteerd. Deze zijn namelijk robuust en worden niet of nauwelijks beïnvloed door extreme waarden.

¹ Achter elke meetnetnaam staat tussen haakjes de afkorting vermeld waarmee dat meetnet in het vervolg van dit rapport wordt aangegeven.

Indelen van gebiedstypen

Om de informatie van de verschillende meetnetten te kunnen integreren, is een zodanige indeling van gebiedstypen gehanteerd dat: 1) elk meetpunt van de beschouwde meetnetten aan één van deze gebiedstypen kan worden toegedeeld, 2) de bodem- en grondwaterkwaliteit binnen een gebiedstype min of meer homogeen is te achten en 3) een gebiedstype niet te weinig meetpunten omvat. De resulterende indeling borduurt voort op de oorspronkelijke indelingen van de afzonderlijke meetnetten en is weergegeven in onderstaand schema. Voor elke combinatie van meetnet en gebiedstype is het aantal meetpunten vermeld dat daaraan is toege- deeld.

Meetnet	Bouwland		Grasland		Natuur/bos	Bouwland		Grasland	Stad
MV					14				
MDA	15		15		21			16	
MBK PBB	p 18	m 15	p 18	m 16		16		10	
			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	

Analyseren toestand

Voor elke beschouwde parameter van de bodem- en/of grondwaterkwaliteit is de toestand op verschillende manieren weergegeven en beschreven. Voor de kwantitatieve beschrijving van de toestand is per combinatie van meetnet en gebiedstype het percentage normoverschrijding² vastgesteld voor recente meetjaren. Voor de grondwaterkwaliteit zijn dit de meetjaren 2008 t/m 2011 en voor de bodemkwaliteit zijn dit het laatste en het voorlaatste meetjaar, mits het niet verder teruggaat dan 2004.

Analyseren trends

Om op een objectieve manier te kunnen vaststellen of een meetreeks een trend vertoont is een statistische trendanalyse uitgevoerd, met als onderdelen trenddetectie en trendkwantificering. De voor deze studie geanalyseerde meetreeksen van de bodem- en grondwaterkwaliteit bevatten hooguit één meetwaarde per jaar, zodat er geen rekening hoefde te worden gehouden met seizoenseffecten of autocorrelatie. Er kon dan worden volstaan met de lineaire regressietoets of - als er geen sprake is van een normale kansverdeling - de verdelingsvrije Mann-Kendalltoets. Voor elke meetreeks is de daarvoor meest geschikte trendtoets gehanteerd. Er is tweezijdig getoetst op een monotone trend, dat wil zeggen op een overwegende daling of een overwegende stijging vanaf het voor de trendanalyse gekozen startpunt, waarbij 95% betrouwbaarheid wordt gehanteerd.

Als een meetreeks op trend is getoetst met de lineaire regressietoets, dan is de trend geschat als de lineaire regressiehelling en als is getoetst met de Mann-Kendalltoets, dan is de trend geschat als de Theilhelling. Deze laatste is de mediaan van alle individuele hellingen tussen de afzonderlijke waarden in de tijdreeks en daarmee op te vatten als een verdelingsvrije schatter, die resistent is tegen de invloed van extremen.

² Voor wat betreft de bodemkwaliteit is het percentage streefwaardeoverschrijding vastgesteld. En voor wat betreft de pH is het percentage normonderschrijding vastgesteld.

Na verkenning van de mogelijkheden en beperkingen van het gegevensmateriaal is tijdens het dataoverleg van 22 mei 2012 in samenspraak met de begeleidingsgroep besloten voor deze studie de volgende trendanalyseperioden te hanteren.

- Meetreeksen bodemkwaliteit: gehele periode waarover meetwaarden beschikbaar zijn (maximaal 1993 t/m 2011). Een reeks is dan op trend geanalyseerd als de volgende twee criteria opgaan: a) de reeks bevat minstens drie meetwaarden en b) minder dan 80% van de waarden van de reeks is gecensureerd.
- Meetreeksen grondwaterkwaliteit: maximaal 1997 t/m 2011. Een reeks is op trend geanalyseerd als de volgende vier criteria opgaan: a) de reeks bevat minstens één meting in de periode 1997 t/m 2000, b) de reeks bevat minstens één meting in de periode 2001 t/m 2007, c) de reeks bevat minstens één meting in de periode 2008 t/m 2011 en d) minder dan 80% van de waarden van de reeks is gecensureerd.

Voor de 27 reeksen van het gebiedstype grasland op zand van het project Bedreven Bedrijven (onderdeel van het MBK) zijn noodgedwongen andere criteria gehanteerd, aangezien het betreffende project pas is gestart in 2002 (en circa de helft van de meetpunten daarvan zelfs pas in 2004).

Samenvatting en conclusies per milieuthema

Vermesting

- **Nitraatconcentraties** in het grondwater op de zandgronden in de landbouwgebieden overschrijden de norm. Over de gehele waarnemingsperiode wordt een gemiddelde nitraatconcentratie van circa 100 mg.l⁻¹ NO₃ in het freatisch grondwater gevonden. Bovendien wordt er weinig verandering vastgesteld. Ook in het diepere grondwater (ruim 20 meter onder maaiveld) wordt de norm voor nitraat (50 mg.l⁻¹ NO₃) regelmatig overschreden voor met name de zandgronden in landbouwgebieden in de infiltratiegebieden.
- Nagenoeg alle meetlocaties op de zandgronden hebben een **fosfaatverzadigingsgraad** die boven de streefwaarde van 25% ligt. Vooral voor bouwland worden hoge waarden aangetroffen. Daarbij wordt voor enkele meetlocaties in het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa een significante stijging van de fosfaatverzadiging van de bodem vastgesteld. Dit geldt vooral voor de meetlocaties op bouwland. Voor de andere meetlocaties wordt geen trend vastgesteld.
- Voor de andere parameters met betrekking tot vermisting (ammonium, kalium, chloride en elektrisch geleidingsvermogen) wordt de norm of streefwaarde niet of nauwelijks overtreden. In enkele gevallen wordt overschrijding van de norm veroorzaakt door natuurlijke processen, zoals door kwelwater (bijvoorbeeld ammonium in het diepe grondwater).

Verzuring

- De zuurgraad van de bodem onder de natuurgebieden in Drenthe is hoog te noemen (lage pH). Vergeleken met andere meetlocaties in natuurgebieden in Nederland liggen de metingen van de zuurgraad in Drenthe echter in dezelfde orde van grootte (pH 3,3 voor Drenthe; pH van 3,5 gemiddeld voor Nederland). Verder wordt er voor de meeste meetlocaties geen trend van de zuurgraad waargenomen. Voor enkele meetlocaties wordt echter een significante stijging van de zuurgraad waargenomen. Dit geldt vooral voor meetlocaties in het ondiepe grondwater, maar ook voor enkele in het freatisch grondwater (met name voor het provinciale bodemkwaliteitsmeetnet).
- De hoge zuurgraad (lage pH) van de bodem resulteert in hoge aluminiumconcentraties in vooral het freatisch grondwater. Onder natuurgebieden wordt een gemiddelde aluminiumconcentratie van 6000 µg.l⁻¹ aangetroffen (drinkwaternorm voor aluminium is 200 µg.l⁻¹). Onder landbouwgronden zijn de gemeten concentraties lager: grasland circa 2000 µg.l⁻¹ en bouwland circa 2500 µg.l⁻¹. Voor een groot deel van de meetlocaties wordt een daling in de aluminiumconcentraties vastgesteld, al lijkt deze daling in de periode na 2004 niet door te zetten.

Verspreiding

- Voor de meeste metalen wordt de streefwaarde in de bodem en het freatisch en ondiep grondwater niet overschreden.
- Voor de aan landbouw gerelateerde metalen (koper, zink en cadmium) wordt een enkele maal de streefwaarde overschreden in meetlocaties in de landbouwgebieden.
- In het diepe grondwater wordt de streefwaarde wel regelmatig overschreden. Dit komt niet door toename van de concentraties, maar door de strengere streefwaarde die voor het diepe grondwater is opgesteld.
- Het metaal chroom wijkt in zoverre af van de andere 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.
- Voor de meeste metalen geldt dat er geen trend is vastgesteld. Voor sommige metalen wordt een stijging van de concentratie gemeten (bijvoorbeeld cadmium) en voor andere metalen juist weer een daling (koper en zink in het diepere grondwater).

Samenhang beleid en milieuthema's

Uit deze studie komt de volgende top-3 naar voren van onderwerpen waar de beleidsdoelstellingen niet worden gehaald (in willekeurige volgorde):

- Nitraatconcentraties in het grondwater;
- Fosfaat in de bodem;
- Verzuring (pH) in de bodem en het grondwater en aluminiumconcentraties in het grondwater.

Het thema nitraatconcentraties in het grondwater alsmede fosfaat in de bodem is in Nederland verankerd in het mestbeleid. Het stikstofoverschot in de zandgebieden van Noord-Nederland is niet tot nauwelijks gedaald in de periode 2005 - 2009. Dit komt door de aanvoer van (dierlijke) mest uit de traditionele overschotgebieden in Zuid- en Oost-Nederland. Het fosfaatoverschot daalt weliswaar voor de zandgronden in Noord-Nederland in de periode 2005 - 2009, maar is in het referentiejaar 2009 nog tweemaal zo hoog als in Zuid-Nederland. Aangezien vooral de bouwlandgronden de grootste ontvangers zijn van de geïmporteerde (dierlijke) mest, is daar de fosfaatverzadiging van de bodem en de toename hiervan het grootst.

Het mestbeleid is recentelijk (in 2012) geëvalueerd en er wordt geen verdere aanscherping daarvan verwacht. Dit betekent dat gebieden waar nu de norm voor nitraatconcentraties in het grondwater en fosfaat in de bodem niet wordt gehaald, dit in de toekomst ook niet zullen halen. Aanvullend beleid en maatregelen in de regio moeten hier sturing aan geven. Met betrekking tot nitraatconcentraties in het grondwater heeft een aantal boeren in Drenthe, verenigd in het project Bedreven Bedrijven Drenthe (nu Duurzaam Boer blijven in Drenthe), laten zien dat het, met een bedrijfsvoering die is geënt op de kringloopgedachte, mogelijk is om te voldoen aan de norm van 50 mg.l⁻¹ NO₃ in het grondwater. Dit zijn echter graslanden. Er zijn nog geen voorbeelden van dergelijke resultaten voor de bouwlandgronden op zandgrond.

Om de fosfaatverzadiging van de bodem terug te dringen moet de onttrekking van fosfaat (door het gewas) groter zijn dan het toevoegen van fosfaat met meststoffen. Dit proces, waarbij onttrekking groter is dan de toevoeging (dus een negatief overschot) wordt fosfaatuitmijning genoemd. Gerichte fosfaatuitmijning kan ook het belasten van het oppervlaktewater met fosfaat sterk laat afnemen. Er moet dus gerichte sturing komen op fosfaatuitmijning. Hierbij moet vooral naar de bouwlandgronden worden gekeken.

De ammoniakemissie vanuit de landbouw is mede verantwoordelijke voor de verzuring van de natuurgebieden in Drenthe. Door de verwevenheid van landbouw en natuur in Drenthe, maar ook door de van nature armere zandgronden in Drenthe (dus weinig buffercapaciteit voor verzurende stoffen) zijn de natuurgebieden kwetsbaar voor verzuring. Alleen een (significante) afname van de mesthoeveelheid in de provincie kan een positieve bijdrage voor verzuring hebben.

Een ander belangrijk punt is de verarming van de grond door het verlies van organische stof in de bodem. Veel veengronden in Drenthe zijn door veenafgravingen en veenoxidatie (o.a. door verlaagde grondwaterstanden) nu verdwenen en omgevormd tot moerige zandgronden. Een lager organische stofgehalte betekent dat minder mineralen worden vastgehouden en gemakkelijker uitspoelen naar het grondwater.

Representativiteit KRW-meetpunten grondwaterkwaliteit

Op verzoek van de provincie Drenthe hebben we ook nog onderzocht hoe de grondwaterkwaliteit van de Drentse KRW-meetpunten van de combinatie PMG/LMG zich verhoudt tot die van alle Drentse meetpunten van dat meetnet, voor de afzonderlijke KRW-grondwaterlichamen in Drenthe.

Er zijn in Drenthe drie grondwaterlichamen, namelijk Eems, Rijn-Noord en Rijn-Oost, waarbij het grondwaterlichaam Rijn-Noord zich slechts voor een klein deel in Drenthe bevindt, in het noordoosten. Onderstaande tabel geeft de verdeling van de 90 meetpunten van de Drentse combinatie PMG/LMG over de drie Drentse grondwaterlichamen. Er is ook vermeld hoeveel van deze Drentse meetpunten worden gebruikt voor de KRW-grondwatermonitoring van het betreffende grondwaterlichaam.

Gw-lichaam	PMG/LMG	KRW
Eems	30	8
Rijn-Oost	52	15
Rijn-Noord	8	1
Totaal	90	24

Voor de beoordeling van de representativiteit van de KRW-meetpunten is afgegaan op de zeven parameters waarvoor een drempelwaarde of EU-norm beschikbaar is, namelijk nitraat, totaal-fosfor, chloride, arseen, cadmium, nikkel en lood. Daarbij is gebruik gemaakt van alle meetwaarden die beschikbaar zijn vanaf 1997 van de filters 1 (ondiep) en 3 (diep) van de betreffende meetpunten.

De vergelijking is uitgevoerd met beschrijvende statistische methoden, waarbij zowel de vergelijkbaarheid van toestandskenmerken is beschouwd (percentage normoverschrijding, maximum, 90-percentiel en mediaan), als van trendkenmerken (trend-boxplots en trendsoorten).

De resultaten verschillen echter per parameter en per grondwaterlichaam, zodat er geen algemene conclusie kan worden getrokken.

Bij het grondwaterlichaam Eems geven de KRW-meetpunten voor nitraat, totaal-fosfor, cadmium en nikkel een negatiever beeld van het percentage normoverschrijding dan alle meetpunten en voor arseen een positiever beeld. Het trendbeeld van de KRW-meetpunten is negatiever dan dat van alle meetpunten voor nikkel en positiever voor totaal-fosfor.

Bij het grondwaterlichaam Rijn-Oost geven de KRW-meetpunten voor totaal-fosfor en arseen een negatiever beeld van het percentage normoverschrijding dan alle meetpunten en voor cadmium een positiever beeld. Het trendbeeld van de KRW-meetpunten is voor alle beschouwde parameters vergelijkbaar met dat van alle meetpunten.

1 Inleiding

Dit rapport geeft een overzicht van de huidige toestand en van de toestandswijzigingen (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, zodat er meerwaarde kan ontstaan ten opzichte van vier afzonderlijke meetnetrapportages.

Daarnaast zijn we nagegaan hoe de grondwaterkwaliteit van de Drentse KRW-meetpunten van het Provinciaal/Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit zich verhoudt tot die van alle Drentse meetpunten van dat meetnet, voor de afzonderlijke KRW-grondwaterlichamen in Drenthe.

1.1 Hoofdpijnen van onze aanpak

Op verzoek van de provincie maakt deze integrale rapportage onderscheid tussen de milieuthema's Vermesting, Verzuring en Verspreiding, waarbij ook de samenhang tussen deze thema's is beschouwd. Elk thema is uitgediept aan de hand van daarvoor relevant te achten kwaliteitsparameters. De gegevens die van deze parameters zijn verzameld door de Drentse meetnetten zijn met statistische methoden verwerkt tot kwantitatieve informatie over toestanden en trends. Door vervolgens deze informatie van verschillende meetnetten samen te voegen tot handzame presentaties, is op een empirische manier de toestand en ontwikkeling van het betreffende milieuthema in Drenthe in beeld gebracht en vervolgens besproken en geïnterpreteerd. Daarbij is ook beoordeeld in hoeverre het beleid daar invloed op heeft gehad.

Om per KRW-grondwaterlichaam te kunnen beoordelen hoe de grondwaterkwaliteit van de Drentse KRW-meetpunten van het Provinciaal/Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit zich verhoudt tot die van alle Drentse meetpunten van dat meetnet, is gebruik gemaakt van beschrijvende statistische methoden.

1.2 Over dit rapport

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 t/m 6 geven vervolgens per afzonderlijk milieuthema - respectievelijk Vermesting, Verzuring en Verspreiding - een integrale interpretatie van de resultaten van de toestand- en trendanalyse. Hoofdstuk 7 bespreekt de samenhang van het beleid en de milieuthema's en noemt de top-3 van onderwerpen waar de beleidsdoelstellingen niet worden gehaald. Hoofdstuk 8 gaat in op hoe de grondwaterkwaliteit van de Drentse KRW-meetpunten van de combinatie PMG/LMG zich verhoudt tot die van alle Drentse meetpunten van dat meetnet, voor de afzonderlijke KRW-grondwaterlichamen in Drenthe. Tenslotte geeft hoofdstuk 9 een aantal aanbevelingen voor het beheer van de Drentse meetnetten bodem- en/of grondwaterkwaliteit. Het hoofddeel van dit rapport sluit af met de alfabetische lijst van de aangehaalde literatuur.

Dit rapport heeft vier bijlagen. Bijlage 1 geeft de achtergronddetails van de verschillende gehanteerde presentatievormen van toestand en trend.

Bijlage 2 geeft als voorbeeld de presentatievormen voor nitraat in het freatisch grondwater en het diepere grondwater. Gezien de omvang zijn de presentatievormen van de overige combinaties van parameter en compartiment digitaal beschikbaar gesteld aan de opdrachtgever, samen met dit rapport.

Bijlage 3 vermeldt per combinatie van meetnet, compartiment, parameter, filter en gebiedstype het percentage meetpunten met normoverschrijding. Voor het freatisch grondwater en het diepere grondwater is dit het gewogen gemiddelde percentage normoverschrijding over de periode 2008 t/m 2011 en voor de bodem is dit het percentage normoverschrijding van het meest recente meetjaar.

En tenslotte geeft bijlage 4 de figuren die zijn gebruikt om de representativiteit van de KRW-meetpunten grondwaterkwaliteit te beoordelen, zoals beschreven in hoofdstuk 8.

2 Basisgegevens

2.1 Overzicht meetnetten

Er zijn in de provincie Drenthe vier grootschalige meetnetten die de bodem- en/of grondwaterkwaliteit beschouwen. Dit zijn³:

1. Provinciaal Meetnet Verzuring (MV) – meet sinds 1993 de kwaliteit van de bodem en het freatische grondwater en bestaat op dit moment uit veertien meetpunten. Er is gestart met zeven meetpunten en in 1999 zijn daar acht meetpunten bijgekomen, waarvan er ook weer één is afgefallen in 2000. 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 jaar (alleen het interval tussen de eerste meetronde in 1993 en de tweede in 1999 bedroeg zes jaar). Bij elke bodemronde worden ook de zware metalen gemeten.
2. Meetnet Bodemkwaliteit Drentsche Aa / Elperstroom (MDA) – meet sinds 1994 elke vier 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. 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).
3. Provinciaal Meetnet Bodemkwaliteit (MBK) – 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 meetnet bestaat momenteel uit 124 meetpunten, die allemaal in landbouwgebieden liggen, op zand- of veengrond. Van de 124 meetpunten doen er 31 mee vanaf 2002. Deze subgroep is geïnstalleerd in het kader van het *Project Bedreven Bedrijven Drenthe* (PBB)⁴, dat gericht is op het verder terugdringen van nutriëntverliezen, door beter gebruik te maken van de nutriëntenkringlopen binnen de deelnemende melkveebedrijven. Het project is gestart met 40 melkveebedrijven en na twee jaar waren dat er circa 100.
4. Combinatie van Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit en Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (PMG/LMG). Deze combinatie omvat 90 meetpunten.
 - 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

³ Achter de meetnetnaam is tussen haakjes de afkorting vermeld die in het vervolg van dit rapport voor dat meetnet wordt gehanteerd.

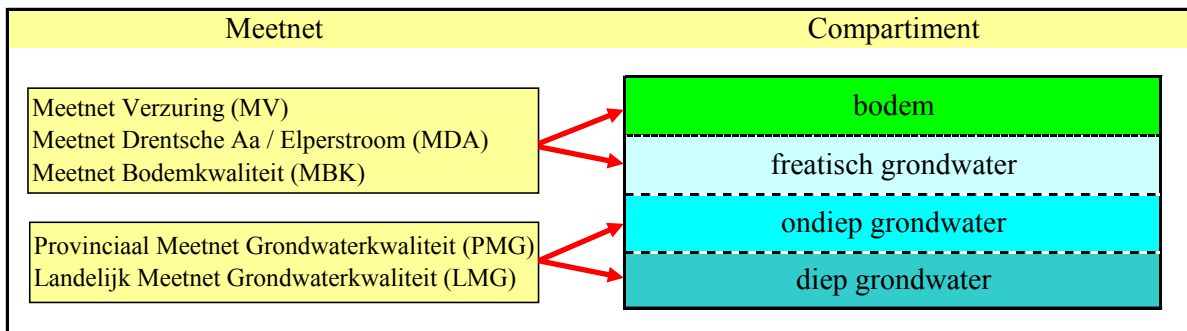
⁴ In 2006 is dit project opgevolgd door het project *Functionele Agrobiodiversiteit op Melkveehouderijen in Drenthe*, dat op haar beurt in 2009 is opgevolgd door het project *Duurzaam Boer Blijven In Drenthe*. Omdat de meetpunten zijn geplaatst bij het eerste project (*Bedreven Bedrijven Drenthe*), blijven wij dat deelmeetnet in dit rapport als zodanig aanduiden (afgekort als PBB).

nog een tussenliggend filter (aangeduid als filter 2), maar dat is een soort reservefilter dat slechts sporadisch wordt bemeeten.

- b. Het Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit (PMG) meet sinds 1993 jaarlijks de kwaliteit van het ondiepe en het diepe grondwater en bestaat momenteel 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). De door deze meetnetten beschouwde compartimenten zijn vermeld in figuur 2.1.



Figuur 2.1

De compartimenten waarvan de kwaliteit wordt gemeten door de grootschalige Drentse meetnetten.

Zowel het MV, het MDA als het 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.

Over het MDA is nog vrij recent gerapporteerd (Roelsma en Knotters, 2009). Maar omdat we hier uitgaan van een andere indeling van gebiedstypen (om te kunnen integreren) en ook andere verwerkingsmethoden hanteren, zijn de gegevens van alle meetnetten verwerkt, dus ongeacht of daar al of niet recent over is gerapporteerd.





Meetperioden

De bovengenoemde meetnetten meten in principe jaarlijks de grondwaterkwaliteit. De bodemkwaliteit wordt daarentegen met een veel lagere frequentie gemeten (zie tabel 2.1), omdat de kwaliteitsveranderingen in de bodem trager verlopen dan in het grondwater.

Tabel 2.1

Meetjaren van de grootschalige Drentse meetnetten bodem- en/of grondwaterkwaliteit, met onderscheid naar compartiment.

Meetnet	Meetnet	Compart.	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Verzuring	MV	bodem																			
Drentsche Aa	MDA									6				6				6			
Bodemkwaliteit	MBK																				
Verzuring	MV	freat. gw																			
Drentsche Aa	MDA																				
Bodemkwaliteit	MBK																				
PMG & LMG	PMG/LMG	ondiep gw																			
		middp gw																			

 of
  meetronde met ook zware metalen in bodem
 of  6 MDA-meetpunten meegenomen bij meetronde MBK

Bij de meetronden bodemkwaliteit van het MBK in de jaren 2000, 2004 en 2008 zijn ook zes meetpunten meegenomen van het MDA, om een betere verdeling van meetpunten over de provincie te verkrijgen. Het MBK bevatte namelijk nog geen meetpunten in het gebied van de Drentsche Aa/Elperstroom. De meetgegevens van deze zes meetpunten zijn opgeslagen bij die van het MBK, maar voor de analyse op meetpuntniveau hebben wij ze toegevoegd aan die van het MDA om meetreeksen met meer gegevens te verkrijgen (zie verder § 2.2.3).

Uit tabel 2.1 blijkt dat er voor elk van de beschikbare combinaties van meetnet en compartiment nu minimaal vier meetmomenten zijn geweest, zodat in principe alle meetreeksen statistisch kunnen worden getoetst op trend. Maar voor de meetreeksen met vier meetwaarden is het onderscheidend vermogen bij de statistische trendanalyse uiteraard lager dan voor de meetreeksen met bijvoorbeeld vijftien meetwaarden.

2.2 Verzamen en structureren basisgegevens

Bij deze integrale rapportage zijn gegevens van vijf meetnetten betrokken, waarbij drie meetnetten zowel de grondwaterkwaliteit als de bodemkwaliteit beoordelen. De gegevens van het MV, MDA, MBK en PMG zijn aangeleverd door de provincie Drenthe, terwijl de gegevens van het LMG zijn aangeleverd door TNO.

Het is niet ongebruikelijk dat er bij het verzamelen van gegevens van grootschalige meetnetten problemen naar voren komen, des te meer naarmate gegevens van een langere periode worden verzameld. Dat bleek ook het geval in deze studie. De vastgestelde problemen zijn opgesomd in de volgende drie sub-paragrafen, evenals de oplossingen die wij daarvoor hebben toegepast. Wij zijn van mening dat deze oplossingen voldoende effectief waren, zodat de zeggingskracht van de bevindingen van deze studie niet zijn ondermijnd door de dataproblemen.

2.2.1 Verzamen en structureren gegevens aangeleverd door de provincie Drenthe

De provincie Drenthe beschikt alleen over sterk gefragmenteerde gegevens van de meetnetten, in de vorm van een groot aantal Excelbestanden. Een dergelijk bestand bevat doorgaans slechts meetgegevens van één compartiment (bodem of grondwater) of zelfs deelcompartiment (strooisellaag, of 0-10 cm of 0-40 cm) van één meetnet van één jaar. We ontvingen van de provincie 99 Excelbestanden met meetgegevens van de meetnetten en zes Excelbestanden met metagegevens van de meetnetten. Bij meerdere meetgegevensbestanden waren de gegevens verspreid over verschillende tabbladen. De veldgegevens van pH en EGV in het

freatisch grondwater van het MV, het MDA en het MBK waren daarbij het meest verspreid, met grotendeels één tabblad per meetpunt per deelperiode.

Navraag bij WLN

Aangezien de provincie slechts beschikt over sterk gefragmenteerde gegevens van de meetnetten, hebben we ook gegevens opgevraagd bij WLN⁵, het laboratorium dat de bemonstering en de analyses van deze meetnetten uitvoert. Maar het bleek dat ook deze gegevens de nodige problemen vertoonden. Zo ontbraken alle gegevens tot 1998 en voor bepaalde meetnetten ontbraken er ook delen van de periode daarna, of ontbraken de gegevens van een compartiment. Bovendien bleken er bij een steekproefsgewijze controle meerdere gegevens te zijn gearchiveerd bij de verkeerde meetnetten. Uiteindelijk hebben we er daarom voor gekozen – mede na ruggespraak met de provincie⁶ – om uit te gaan van de door de provincie verstrekte bestanden.

Hieronder lichten we toe hoe we de door de provincie beschikbaar gestelde gegevens hebben gestructureerd.

Samenvoegen Excelbestanden

De door de provincie verstrekte Excelbestanden op jaarbasis zijn per meetnet samengevoegd om tot langjarige meetreeksen te kunnen komen. Dit bleek echter een zeer omvangrijke en complexe taak, niet alleen omdat het veel losse bestanden waren (99), maar vooral ook door de hieronder beschreven problemen van deze bestanden, die elk op zich bewerkelijke handmatige oplossingen vergden.

1. De bestanden hebben niet dezelfde opmaak. Zelfs voor hetzelfde meetnet kan de volgorde van de parameters (kolommen in het bestand) in het ene jaar anders zijn dan in het andere. In veel gevallen moesten daardoor per jaar handmatig kolommen worden verplaatst.
2. Er is door het uitvoerende laboratorium geen eenduidige en consistente naamgeving van de parameters gebruikt. Het ene jaar kan een parameternaam anders zijn uitgeschreven dan het andere jaar.
3. De meetpuntcoderingen van hetzelfde meetnet zijn niet altijd in hetzelfde formaat, of soms ontbreekt deze code zelfs en staat er alleen een omschrijving.
4. De meetgegevens van de zware metalen in de bodem zijn soms voor dezelfde parameter over meerdere kolommen verspreid, waarbij uit de toevoegingen niet duidelijk is of het verschillende analysemethoden zijn. Veel gebruikte toevoegingen zijn 'na destructie' en 'if4'. Uit navraag bij WLN bleek echter dat de analyse van zware metalen in de bodem altijd na destructie plaats vindt en dat ook de toevoeging 'if4' betekent dat als voorbehandeling destructie is uitgevoerd.
5. De meetgegevens van fosfaatverzadiging van de bodem van het MDA zijn voor een aantal jaar (1994, 1998 en 2002) vermeld voor een verkeerd diepte-interval (0-10 cm), terwijl deze voor de jaren daarna (2006 en 2010) wél voor het juiste diepte-interval zijn vermeld (0-25 cm of 0-40 cm). Dit hebben we handmatig gecorrigeerd.
6. De meeste kleiner-dan-tekens zijn verdwenen. Voor de grondwaterkwaliteitsgegevens van het MDA, het MBK en het PMG geldt dit voor de periode tot 2008 en voor het MV de periode tot 2009. Voor de

⁵ Deze gegevens zijn geleverd door Harm de Kleine, relatiebeheerder van WLN.

⁶ In deze vertegenwoordigd door Anton Dries.

bodemkwaliteitsgegevens van het MV, het MDA en het MBK kan de periode zonder kleiner-dan-tekens verschillen, afhankelijk van de parameter. Als kleiner-dan-tekens ontbreken kunnen gecensureerde waarden⁷ niet worden herkend en dus ook niet apart worden behandeld bij de trendanalyse (zie daarvoor § 2.3.2). Er is dan geen bescherming meer tegen het detecteren van kunstmatige trends die louter het gevolg zijn van veranderingen in rapportagegrenzen. We hebben daarom voor elk van de parameters gereconstrueerd welke rapportagegrenzen er golden vanaf 1993. Daarbij zijn we onder meer uitgegaan van de door WLN aangeboden bestanden. Op basis van deze reconstructie zijn de kleiner-dan-tekens teruggeplaatst.

2.2.2 Verzamelen en structureren gegevens verstrekt door TNO

TNO heeft een Excelbestand geleverd met de meetgegevens van de 28 Drentse meetpunten van het LMG over de periode 1984 t/m 2010, en ook een Excelbestand met de metagegegevens van deze meetpunten.⁸ Beide bestanden zijn al redelijk gestructureerd, zij het dat de kleiner-dan-tekens separaat zijn vermeld (in aparte kolommen). De volgende problemen zijn opgelost:

1. Er komen over 2008 vaak dubbele records voor. Eén van deze twee identieke records is dan door ons verwijderd.
2. Enkele parameters zijn in andere meeteenheden uitgedrukt dan bij het PMG. Voor de consistentie hebben we deze omgerekend (zie § 2.3.4).
3. De lijst met gebiedsindelingen van het LMG bleek voor een aantal meetpunten in tegenspraak met die van het PMG. Na overleg met de opdrachtgever is besloten voor deze studie uit te gaan van de lijst met gebiedsindelingen van het PMG.

2.2.3 Meetnetten zijn niet altijd scherp afgebakend

Een complicerende factor bij het structureren van de gegevens is dat de meetnetten niet altijd scherp afgebakend zijn, waardoor de meetinformatie extra versnipperd is.

Zes meetpunten van het MDA (mda017, mda018, mda019, mda032, mda035 en mda046) zijn ook meegenomen bij enkele meetronden van de bodemkwaliteit van het MBK. Deze meetpunten zijn aan het MBK toegevoegd om ook in het gebied van de Drentsche Aa meetpunten te hebben liggen. Dit is gedaan vanwege de mogelijkheid dat het Meetnet Drentsche Aa zou kunnen verdwijnen, omdat het niet meer aan de oorspronkelijke meetdoelen voldeed. Het betrof hier de meetronden van de jaren 2000⁹, 2004 en 2008. Voor elk van de zes meetpunten is ondiep (0 – 10 cm) in elk van deze drie meetronden het Pw-getal, het P-Al-getal en totaal-fosfaat bepaald, terwijl in 2004 ook nog enkele zware metalen zijn bepaald. En van het diepte-interval 0 – 40 cm is in elk van de drie meetronden de fosfaatverzadiging bepaald en in 2008 ook de droogrest. De meetgegevens van deze zes meetpunten zijn weliswaar geregistreerd bij het MBK, maar we hebben ze voor onze analyses toegevoegd aan de meetgegevens van het MDA. Zo ontstaan namelijk rijkere tijdreeksen en verder passen deze meetpunten ook beter bij de gebiedsindeling van het MDA. Om dubbelle meetgegevens te vermijden zijn die meetgegevens niet gebruikt bij de analyses van de meetgegevens van het MBK.

⁷ Een gecensureerde meetwaarde is bijvoorbeeld $< 0,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. De rapportagegrens is dan $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

⁸ Deze gegevens zijn geleverd door Gerrit van der Meer (TNO Geologische Dienst Nederland).

⁹ De meetpunten van het MBK zijn daarbij eind 2000 bemonsterd (23 november of 13 december 2000), terwijl de zes meetpunten van het MDA begin 2001 zijn bemonsterd (11 januari 2001).

Verder blijkt dat er meetgegevens van zes meetpunten zowel bij het PMG als het LMG zijn geregistreerd. Van één van deze zes meetpunten zijn meetgegevens van de filters 1 en 2 geregistreerd bij het LMG en die van filter 3 bij het PMG, terwijl van de overige vijf meetpunten meetgegevens van filter 3 zowel zijn geregistreerd bij het LMG als bij het PMG. Om dubbelingen te voorkomen hebben we vóórafgaand aan de bewerkingen de meetgegevens van deze vijf filters er drie verwijderd uit de LMG-data, aangezien de PMG-data vanaf 1999 meer meetgegevens bevatten van die filters. Het zijn de meetreeksen van filter 3 van de volgende vijf LMG-meetpunten: B16F0046, B16H0088, B17C0157, B17E0070 en B22A0098.

2.3 Controleren en voorbereken meetgegevens

De praktijk heeft geleerd dat vooral het controleren en voorbereken van de gegevens een intensieve, maar onmisbare activiteit is bij de statistische analyse van meetnetgegevens. Dat bleek ook bij deze studie.

2.3.1 Controleren meetgegevens

Na het verzamelen en structureren van de meetgegevens zijn verschillende controles toegepast. Per meetreeks (dit is een unieke combinatie van meetlocatie, compartiment, parameter en eenheid) is gecontroleerd op gelijke meetwaarden op dezelfde datum (en tijdstip), ongelijke meetwaarden op dezelfde datum (en tijdstip), gecensureerde waarden die zijn vervangen door een waarde ongelijk aan de helft van de rapportagegrens, meetwaarden groter dan maximaal mogelijk is voor die parameter (zoals een pH > 14), meetwaarden kleiner dan minimaal mogelijk is voor die parameter (zoals nulwaarden bij parameters waar deze niet voor kunnen komen) en twijfelachtige data.

Bij vastgestelde discrepanties is alleen een correctie uitgevoerd als deze voor de hand lag, anders is de meetwaarde verwijderd.

2.3.2 Omzetten gecensureerde waarden

Er zijn verschillende procedures mogelijk om het schadelijke effect van gecensureerde waarden op de resultaten van statistische analyses enigszins te verzachten. Maar de geschiktheid van een dergelijke procedure varieert, afhankelijk van het soort statistische analyse, het aantal meetwaarden, het percentage gecensureerde waarden, het aantal rapportagegrenzen, de relatieve hoogtes van die rapportagegrenzen ten opzichte van de meetwaarden boven de rapportagegrenzen en het soort kansverdeling waar de meetwaarden uit afkomstig zijn (zie bijvoorbeeld Helsel en Hirsch, 1992).

De enige procedure die bevredigende resultaten oplevert bij alle soorten statistische analyses en alle soorten gecensureerde datasets, is het opheffen van de censuur. Dit betekent dat alle gecensureerde waarden worden vervangen door de ongecensureerde meetwaarden. Aangezien deze laatste niet beschikbaar zijn, hebben wij gekozen voor de volgende pragmatische oplossingen.

1. *Voor toestandsanalyse*- Elke gecensureerde waarde is vervangen door de helft van de rapportagegrens. Deze substitutiemethode is internationaal gezien vermoedelijk de meest gebruikte voorbereking van gecensureerde gegevens, aangezien die bij elke soort statistische analyse kan worden gebruikt. Uit simulatiestudies is wel gebleken dat er procedures zijn waarmee soms betere schattingen van het gemiddelde en de standaardafwijking kunnen worden verkregen dan met deze substitutiemethode, zoals extrapolatie van de niet-gecensureerde data, of het gebruik van maximum likelihoodschatters, maar dat zijn zeer bewerkelijke methoden.

2. *Voor trendanalyse* – Voor de trendanalyse zijn alle gecensureerde waarden van een reeks op de helft van de *hoogste* rapportagegrens van die reeks gezet. Ook niet-gecensureerde meetwaarden die lager zijn dan de hoogste rapportagegrens zijn op de helft van die grens gezet (en zijn dan op te vatten als gecensureerde waarden). Deze aanpak kan informatieverlies en daarmee ook verlies aan onderscheidend vermogen geven, maar is nodig om het detecteren van kunstmatige trends te vermijden die alleen zijn veroorzaakt door veranderingen van de rapportagegrens (zie bijvoorbeeld Helsel en Hirsch, 1991). Door deze voorbewerking kan het overigens voorkomen dat een tijdreeks meer gecensureerde waarden bevat dan de oorspronkelijke meetreeks. Als echter voldaan werd aan beide volgende criteria, dan is een aangepaste aanpak gevolgd:
- de meetreeks bevat slechts één waarde die is gecensureerd ten opzichte van de hoogste rapportagegrens en
 - er komt minstens één niet-gecensureerde waarde voor, die tussen de hoogste rapportagegrens en de op één na hoogste rapportagegrens ligt, of die onder de hoogste rapportagegrens ligt als dat de enige rapportagegrens in de meetreeks is.

Alleen als werd voldaan aan beide criteria is de ene waarde die is gecensureerd ten opzichte van de hoogste rapportagegrens verwijderd en zijn vervolgens alle waarden (zowel de gecensureerde als de niet-gecensureerde) die onder de één na hoogste rapportagegrens liggen op de helft van die één na hoogste rapportagegrens gezet, tenzij de meetreeks maar één rapportagegrens omvat, in welk geval er na de verwijdering van de ene gecensureerde waarde ten opzichte van die grens geen verdere censuur is toegepast. Deze werkwijze voorkomt onnodig informatieverlies door een eenmalige, relatief hoge rapportagegrens.

2.3.3 Behandelen uitschieters

Uitschieters zijn meetwaarden die duidelijk afwijken van de andere meetwaarden. Ze kunnen zijn veroorzaakt door:

1. Bemonsterings- of meetfouten en/of transcriptiefouten (fouten bij het schrijven en/of typen), of
2. een extreme situatie.

Bij voorkeur worden meetwaarden veroorzaakt door fouten uiteraard niet meegenomen bij statistische analyses. Maar het vergt detailkennis van alle handelingen die tot een meetwaarde hebben geleid om objectief vast te kunnen stellen of er sprake is van een foute meetwaarde of van een meetwaarde die een extreme situatie weergeeft. Bij het ontbreken van deze detailkennis - en dit zal meer regel dan uitzondering zijn - is er geen objectieve rechtvaardiging voor het verwijderen van uitschieters en moet dit achterwege blijven. We hebben verschillende soorten meetreeksplots gemaakt om visueel te kunnen controleren op mogelijke fouten. Alleen onmiskenbare fouten hebben we verwijderd. Om te voorkomen dat niet-verwijderde uitschieters die zijn veroorzaakt door fouten het beeld kunnen vertroebelen, hebben we vooral verdelingsvrije statistische methoden gehanteerd. Deze zijn namelijk robuust en worden niet of nauwelijks beïnvloed door extreme waarden.

2.3.4 Omrekenen parameters

Voor enkele parameters van de grondwaterkwaliteit zijn omrekeningen uitgevoerd naar een andere meetschaal om tot consistentie over alle beschouwde meetnetten te komen.

Dit gaat om de parameters nitraat en ammonium, zoals hieronder toegelicht.

Omrekenen nitraat

De ontvangen meetresultaten van nitraat zijn uitgedrukt als mg $\text{NO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$ en/of als mg $\text{N} \cdot \text{l}^{-1}$. Voor het voorliggende onderzoek hebben we gekozen voor de uitdrukking van nitraat als mg $\text{NO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$. Omdat het LMG nitraat alleen heeft gerapporteerd als mg $\text{N} \cdot \text{l}^{-1}$, hebben we deze waarden omgerekend naar mg $\text{NO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$, door ze te vermenigvuldigen met de factor 4,4267 (afgeleid uit de molmassa's van N en NO_3).

Verder is deze omrekening ook uitgevoerd voor een aantal nitraatwaarden van het PMG, omdat daar niet voor elke waarde uitgedrukt als N mg $\cdot \text{l}^{-1}$ de bijbehorende waarde uitgedrukt als mg $\text{NO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$ aanwezig is.

Voor het MV, MDA en MBK waren geen omrekeningen nodig, omdat nitraatwaarden daar altijd minstens zijn uitgedrukt als mg $\text{NO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$ en vaak ook nog als mg $\text{N} \cdot \text{l}^{-1}$.

Omrekenen ammonium

De ontvangen meetresultaten van ammonium zijn uitgedrukt als mg $\text{NH}_4 \cdot \text{l}^{-1}$ en/of als mg $\text{N} \cdot \text{l}^{-1}$. Voor deze studie hebben we gekozen voor de uitdrukking van ammonium als mg $\text{NH}_4 \cdot \text{l}^{-1}$. Voor het LMG is ammonium alleen aanwezig uitgedrukt als mg $\text{N} \cdot \text{l}^{-1}$, de parameter is dan aangeduid als $\text{NH}_4(\text{N})$. Deze waarden hebben we omgerekend naar mg $\text{NH}_4 \cdot \text{l}^{-1}$ door te vermenigvuldigen met 1,2879.

Deze omrekening is ook uitgevoerd voor een aantal ammoniumwaarden van het PMG. Ammonium is daar uitgedrukt als mg $\text{N} \cdot \text{l}^{-1}$ en vaak ook als mg $\text{NH}_4 \cdot \text{l}^{-1}$. Als deze laatste waarde ontbreekt, is die berekend uit de eerste, door te vermenigvuldigen met 1,2879.

Voor MV, MDA en MBK waren geen omrekeningen nodig, omdat ammoniumwaarden daar altijd minstens zijn uitgedrukt als mg $\text{NH}_4 \cdot \text{l}^{-1}$ en vaak ook als mg $\text{N} \cdot \text{l}^{-1}$, zij het niet altijd.

2.3.5 Samenvoegen meetwaarden

Bij het LMG zijn van de parameters EGV en pH zowel veldmetingen als labmetingen beschikbaar. De labreeksen en de veldreeksen overlappen gedeeltelijk, maar vertonen beide ook grote hiaten. Om na te gaan of de labwaarden en veldwaarden kunnen worden samengevoegd om zo langere reeksen te maken, zijn we van beide parameters nagegaan of de veldmetingen en labmetingen al dan niet statistisch significant van elkaar verschillen.

Van beide parameters zijn 243 gepaarde meetwaarden beschikbaar van veldmeting en labmeting. Uit toepassing van de gepaarde t-toets bleek bij een gehanteerde betrouwbaarheid van 95% dat de metingen van EGV-lab niet statistisch significant verschillen van die van EGV-veld (het gemiddelde verschil bedroeg slechts 1,5%). De metingen van pH-lab bleken daarentegen wél statistisch significant te verschillen van die van pH-veld (het gemiddelde verschil bedroeg 3,4%). Op basis hiervan zijn de meetwaarden van EGV-lab en EGV-veld samengevoegd, waarbij in geval van dubbele meetwaarden de waarde van EGV-lab is genomen. En voor wat betreft de pH is alleen uitgegaan van de meetwaarden van pH-lab.

Het EGV en de pH van het freatisch grondwater zijn in het MV, MDA en MBK alleen in het veld gemeten, in vier ondiepe boringen per meetpunt. Wij hebben deze vier meetwaarden per meetpunt rekenkundig gemiddeld tot veld-EGV en veld-pH.

3 Details van de aanpak

Dit hoofdstuk licht toe op welke manier de gegevens van de verschillende Drentse meetnetten per milieuthema zijn geïntegreerd tot een empirisch beeld van de toestand en ontwikkeling van het betreffende milieuthema.

3.1 Indeling van gebiedstypen

Om de informatie van de verschillende meetnetten te kunnen integreren, is een zodanige indeling van gebiedstypen gehanteerd dat alle meetlocaties van de in § 2.1 beschreven meetnetten daaraan toegedeeld konden worden. De indeling borduurt voort op de oorspronkelijke indelingen van de afzonderlijke meetnetten. In tabel 3.1 is voor elk van de vier meetnetten aangegeven volgens welke factoren de meetpunten oorspronkelijk zijn ingedeeld. De hoofdfactoren zijn Landgebruik, Grondsoort en Hydrologische situatie.

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

Tabel 3.1

De oorspronkelijke indelingsfactoren van de vier Drentse meetnetten. Bij Grondsoort en Hydrologische situatie zijn ook de daarbij voorkomende grondwatertrappen vermeld.

		Meetnet				
		Verzuring	Drentsche Aa	Bodemkwal.	PMG & LMG	
Landgebruik	Bouwland					
	Grasland					
	Natuur	Natuur/bos				
		Loofbos				
		Naaldbos				
		Heide				
		Nat. grasland				
	Stad					
Grondsoort	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				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)	

Voor de integratie van de meetnetinformatie hebben wij gekozen voor een zodanige indeling van gebiedstypen, dat wordt voldaan aan de volgende voorwaarden:

1. elk meetpunt van de in § 2.1 beschreven meetnetten kan aan één van deze gebiedstypen toegedeeld worden;
2. de bodem- en grondwaterkwaliteit binnen een gebiedstype is min of meer homogeen;
3. een gebiedstype omvat niet te weinig meetpunten (als absoluut minimum zes, maar bij voorkeur minstens tien meetpunten).

De resulterende indeling naar gebiedstypen is weergegeven in figuur 3.1.

Meetnet	Bouwland		Grasland		Natuur/bos	Bouwland	Grasland	Stad
MV					14			
MDA	15		15		21		16	
MBK PBB	p 18	m 15	p 18	m 16		16	10	
			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 3.1

De bij deze integrale meetnetrapportage gehanteerde indeling van gebiedstypen. Voor elke combinatie van meetnet en gebiedstype is het aantal meetpunten vermeld dat daaraan is toegedeeld.

Bij de presentaties van onze resultaten worden de gebiedstypen in dit rapport aangegeven met combinaties van de volgende aanduidingen:

b: bouwland | g: grasland | n/b: natuur/bos | stad | Z: zand | pZ: podzolzand |

mZ: moerig zand | V: veen | if: infiltratie | im: intermediair | kwel | BB: Project Bedreven Bedrijven |

Deze indeling naar gebiedstype is een aanscherping van de bij de voorgaande integrale meetnetrapportage gehanteerde indeling (Boukes en Baggelaar, 2002). De aanscherping geldt vooral voor het MBK, waarbij voor zand nu onderscheid wordt gemaakt tussen podzol (p) en moerig zand (m). Ook zijn nu grasland en natuurlijk grasland op veen van het MDA samengevoegd, omdat beide typen slechts weinig meetpunten hebben en het onderscheid bij de voorgaande integrale meetnetrapportage ook weinig bleek toe te voegen. Tenslotte zijn de 31 meetpunten van het MBK, die deel uitmaken van het Project Bedreven Bedrijven (PBB), separaat ingedeeld, aangezien het mogelijk is dat de ontwikkeling van de bodem- en/of grondwaterkwaliteit daar afwijkt van die van de andere meetpunten van het MBK. De vier meetpunten van het PBB in grasland op veen zijn niet ingedeeld, aangezien die groep te klein is. Bij de vorige integrale rapportage was er overigens nog geen meetinformatie van het PBB.

3.2 Beschouwde parameters

De milieuthema's worden in deze studie besproken aan de hand van analyses van de meetgegevens van de volgende parameters:

1. Vermesting: nitraat, ammonium, fosfaat, totaal-fosfor, kalium, chloride, EGV, Pw-getal, P-Al-getal en fosfaatverzadiging.
2. Verzuring: pH, calcium en aluminium.
3. Verspreiding: arseen, cadmium, chroom, koper, lood en zink.

Deze parameters zijn geselecteerd in samenspraak met de begeleidingscommissie.

Meteorologische correctie meetgegevens nitraat nodig?

De meetgegevens van de freatische grondwaterkwaliteit - vooral die van nitraat - kunnen in meerdere of mindere mate zijn beïnvloed door de meteorologische omstandigheden in de periode voorafgaand aan de bemonstering. Het RIVM heeft een methode ontwikkeld om daarvoor te corrigeren. Deze methode maakt gebruik van jaarindices op basis van neerslagoverschot, maar deze methode staat enigszins ter discussie. Wij hebben ervoor gekozen geen meteorologische correcties toe te passen op de meetgegevens. Aangezien wij de toestand van de grondwaterkwaliteit niet alleen over één recent jaar bepalen, maar over de laatste vier jaar (2008 t/m 2011) is er namelijk al enige uitmiddeling van de meteorologische invloed. Dit geldt nog in sterkere mate voor de trendanalyse, aangezien die is toegepast over een nog langere periode.

3.3 Beschrijven van de toestand

Voor elke beschouwde parameter van de bodem- en/of grondwaterkwaliteit is de toestand op verschillende manieren weergegeven en beschreven. De grafische presentatievormen zijn toegelicht in bijlage 1.

Voor de kwantitatieve beschrijving van de toestand is per combinatie van meetnet en gebiedstype het percentage normoverschrijding¹⁰ vastgesteld voor recente meetjaren. Voor de grondwaterkwaliteit zijn dit de meetjaren 2008 t/m 2011 en voor de bodemkwaliteit zijn dit het laatste en het voorlaatste meetjaar, mits het niet verder teruggaat dan 2004.

Het percentage normoverschrijding x in een meetjaar is bepaald als:

$$x = \frac{c}{n} \cdot 100\%$$

met c het aantal meetpunten met normoverschrijding in het betreffende meetjaar en n het aantal meetpunten met een meetwaarde in dat meetjaar. De hiervoor gebruikte normen en streefwaarden zijn vermeld in tabel 3.2 en tabel 3.3.

Het zo bepaalde percentage meetpunten met normoverschrijding is op te vatten als een schatting van het oppervlaktepercentage van het betreffende gebiedstype met normoverschrijding en vormt daarmee een bruikbare maat om de toestand te beschrijven. Als de meetpunten bij de meetnetinrichting via verloting zijn geselecteerd, is het op deze manier bepaalde percentage zelfs een zuivere schatting van het oppervlaktepercentage met normoverschrijding, dus zonder een systematische fout. De schatting zal echter nog wel een toevallige fout vertonen, die afkomstig is uit een binomiale kansverdeling en die wordt bepaald door enerzijds

¹⁰ Voor de de bodemkwaliteit is het percentage streefwaarde-overschrijding vastgesteld. En voor de pH is het percentage norm-onderschrijding vastgesteld.

het totaal aantal meetpunten van dat gebiedstype (*n*) en anderzijds het werkelijke oppervlak met normoverschrijding voor de betreffende parameter. De steekproefinformatie is op deze wijze geëxtrapoleerd naar een uitspraak over het gehele gebiedstype en dit levert uiteraard een meerwaarde op.

Tabel 3.2

De normen die zijn gebruikt om het percentage normoverschrijding vast te stellen (of het percentage normonderschrijding voor de pH).

Parameter	Eenheid	Norm of streefwaarde gwk			
		Ondiep (< 10 m - mv)		Diep (> 10 m -mv)	
		Zand	Klei/veen	Zand	Klei/veen
Nitraat	mg·l ⁻¹	50			
Ammonium	mg·l ⁻¹	2,57	12,8	2,57	12,8
Fosfaat	mg P·l ⁻¹	geen			
Totaal-fosfor(P)	mg P·l ⁻¹	2*			
Kalium	mg·l ⁻¹	12			
Chloride	mg·l ⁻¹	100			
EGV	mS·m ⁻¹	125			
pH	-	5,0			
Calcium	mg·l ⁻¹	geen			
Aluminium	µg·l ⁻¹	200			
Arseen	µg·l ⁻¹	10		7,2	
Cadmium	µg·l ⁻¹	0,4		0,06	
Chroom	µg·l ⁻¹	1		2,5	
Koper	µg·l ⁻¹	15		1,3	
Lood	µg·l ⁻¹	15		1,7	
Nikkel	µg·l ⁻¹	15		2,1	
Zink	µg·l ⁻¹	65		24	

* : KRW-grenswaarde voor grondwater (nog concept)

Streefwaarden, interventiewaarden en normen bodemkwaliteit

De streefwaarden en ook de interventiewaarden van de zware metalen in de bodem zijn geen vaste waarden, maar een functie van het lutumgehalte en het percentage organische stof van de bodem. In tabel 3.3 zijn per zwaar metaal vier constanten vermeld waarmee de streefwaarde en de interventiewaarde bepaald kunnen worden. De streefwaarde wordt berekend als:

$$\text{Streefwaarde} = A + (B \times \% \text{lutum}) + (C \times \% \text{org.stof})$$

en heeft de eenheid mg/kg ds. Omdat geldt:

$$\% \text{org. stof} = \% \text{gloeiverlies} - 0,07 \times \% \text{lutum}$$

Volgt hieruit:

$$\text{Streefwaarde} = A + (B \times \% \text{lutum}) + (C \times \% \text{gloeiverlies}) - (C \times 0,07 \times \% \text{lutum})$$

Tabel 3.3

De constanten waarmee de streefwaarde en de interventiewaarde van een zwaar metaal in de bodem worden bepaald.

	A	B	C	D
Arseen	15	0,4	0,4	1,90
Cadmium	0,4	0,007	0,021	15
Chroom	50	2	0	3,8
Koper	15	0,6	0,6	5,28
Kwik	0,2	0,0034	0,0017	33,33
Lood	50	1	1	6,24
Nikkel	10	1	0	6
Zink	50	3	1,5	5,14

De interventiewaarde wordt berekend als streefwaarde x D (ook als mg/kg ds). Aangezien bij deze studie de bodemkwaliteit in geen van de gevallen een overschrijding gaf van de interventiewaarde, is de toestand van de bodemkwaliteit uitgedrukt als percentage streefwaardeoverschrijdingen.

Verder zijn voor wat betreft de bodemkwaliteit de volgende grenswaarden gehanteerd:

- Pw-getal: 45 mg P₂O₅·l⁻¹ grond (waardering 'ruim voldoende'). Deze geldt alleen voor bouwland.
- P-Al-getal: 50 mg P₂O₅ per 100 g grond (waardering 'ruim voldoende'). Deze geldt alleen voor grasland.
- Fosfaatverzadiging: 0,25 (oftewel 25%). Deze geldt alleen voor zandgrond. Voor veengronden is er geen grenswaarde.

3.4 Beschrijven van trends

Onder het begrip trend verstaan we hier een permanente of semi-permanente verandering van het niveau van de meetreeks over een tijdshorizon van tenminste enkele jaren. Seizoensmatige veranderingen en kortstondige calamiteiten vallen daar dus niet onder.

Om objectief te kunnen vaststellen of een meetreeks een trend vertoont is statistische trendanalyse uitgevoerd, met het door ons ontwikkelde programma *Trendanalist* (Baggelaar en Van der Meulen, 2012).

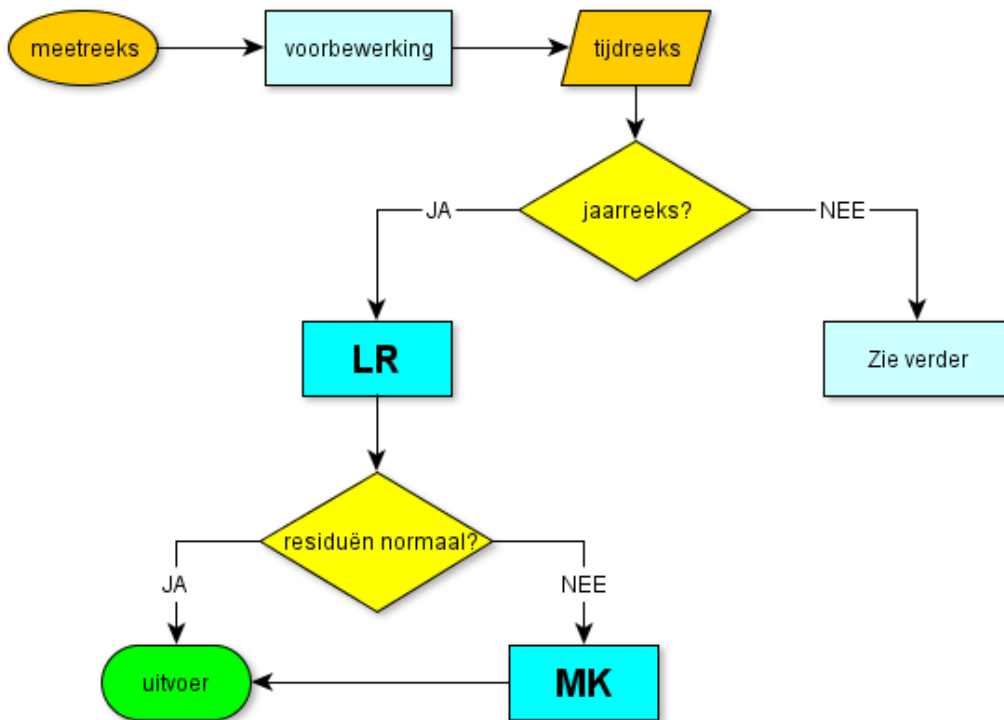
Statistische trendanalyse omvat per geanalyseerde reeks twee onderdelen, namelijk:

- (1) Trenddetectie, leidend tot een (objectieve) uitspraak over het al of niet optreden van een statistisch significante trend;
- (2) Trendkwantificering, leidend tot een schatting van de grootte van de trend (uitgedrukt als verandering per jaar).

Trendanalist is speciaal ontwikkeld voor milieuonderzoek en kan dus ook rekening houden met de specifieke eigenschappen van variabelen van de bodem- en waterkwaliteit, zoals een niet-normale kansverdeling (al of niet door uitschieters), autocorrelatie, seizoenseffecten, gecensureerde meetwaarden en ontbrekende meetwaarden. Afhankelijk van de eigenschappen van de betreffende meetreeks hanteert *Trendanalist* de trenddetectietoets en bijbehorende trendschatter die het best aansluiten op die eigenschappen. Daarbij kan het interne expertsysteem van *Trendanalist* kiezen uit zes trenddetectietoetsen en vier trendschatters. Het zijn drie toetsen die gebaseerd zijn op de lineaire regressietoets en drie toetsen die gebaseerd zijn op de Mann-Kendalltoets, het verdelingsvrije equivalent van de lineaire regressietoets. Dit geldt ook voor toetsen die rekening kunnen houden met seizoenseffecten en/of autocorrelatie. Deze flexibele aanpak geeft maatwerk en garandeert per reeks een maximaal onderscheidend vermogen bij de trenddetectie en ook een maximale

precisie bij het trendschatten. Dit zorgt er voor dat de in de meetreeksen aanwezige informatie - die vaak een grote inspanning aan bemonsterings- en analysekosten heeft gekost - zo goed mogelijk wordt benut.

De voor deze studie geanalyseerde meetreeksen van de bodem- en grondwaterkwaliteit bevatten hooguit één meetwaarde per jaar, zodat er geen rekening hoeft te worden gehouden met seizoenseffecten of auto-correlatie. Er kon dan worden volstaan met de lineaire regressietoets of de Mann-Kendalltoets. Om tot een passende keuze te komen is van elke meetreeks eerst een lineair regressiemodel geschat, waarbij het meetjaar de verklarende variabele is. Als vervolgens uit statistische toetsing (met de Lilliefors-toets op normaliteit) bleek dat de modelresiduën afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, is voor die meetreeks het resultaat van de lineaire regressietoets op trend gepresenteerd. Anders is de verdelingsvrije Mann-Kendalltoets toegepast. Deze aanpak is weergegeven in het stroomschema van figuur 3.2.

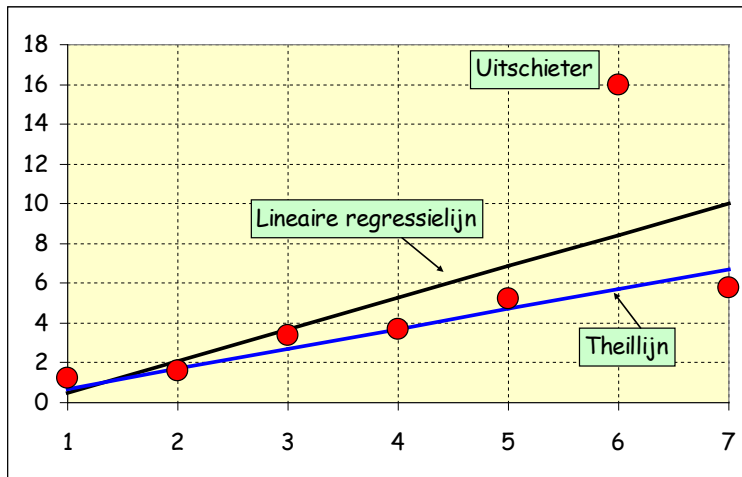


Figuur 3.2

Stroomschema van trendanalyse. LR = lineaire regressietoets, MK = Mann-Kendalltoets. Het activveld 'Zie verder' is hier niet van toepassing, omdat deze studie alleen jaarreeksen gebruikt.

Er is tweezijdig getoetst op een monotone trend, dat wil zeggen op een overwegende daling of een overwegende stijging vanaf het voor de trendanalyse gekozen startpunt, waarbij 95% betrouwbaarheid wordt gehanteerd. Dit startpunt is bij het dataoverleg vastgesteld in samenspraak met de begeleidingscommissie (zie ook verder).

Als een meetreeks op trend is getoetst met de lineaire regressietoets, dan is de trend geschat als de lineaire regressiehelling en als is getoetst met de Mann-Kendalltoets, dan is de trend geschat als de Theilhelling (Theil, 1950; Sen, 1968). Deze laatste is de mediaan van alle individuele hellingen tussen de afzonderlijke waarden in de tijdreeks en daarmee op te vatten als een verdelingsvrije schatter, die resistent is tegen de invloed van extremen (zie het voorbeeld in figuur 3.3).



Figuur 3.3

Illustratie van de robuustheid van de Theilhelling vergeleken met de lineaire regressiehelling bij een uitschieter in de reeks.

Deze hellingschatter is zuiver – dit wil zeggen zonder systematische fout - en heeft verder een grotere nauwkeurigheid dan de lineaire regressiehelling bij tijdreeksen met waarden afkomstig uit een scheve kansverdeling. Dit speelt zelfs al bij geringe afwijkingen van normaliteit, die op steekproefniveau praktisch niet visueel zijn te onderkennen. Dit laatste is bijvoorbeeld met een simulatiestudie geïllustreerd door (Hirsch et al. 1991).

Trendanalyseperiode

De in § 2.1 besproken Drentse meetnetten meten jaarlijks de grondwaterkwaliteit. De bodemkwaliteit wordt daarentegen met een lagere frequentie gemeten (zie tabel 2.1), omdat de kwaliteitsveranderingen in de bodem trager verlopen dan in het grondwater.

De periode van overlap van de meetreeksen van de verschillende meetnetten verschilt per compartiment:

- Bodem: 1996 t/m 2011;
- Freatisch grondwater: 1997 t/m 2011;
- Ondiep grondwater: 1993 t/m 2011;
- Middeldiep grondwater: 1993 t/m 2011.

Voor de trendanalyse wordt vooraf de periode gedefinieerd waarover wordt geanalyseerd op trend. Het hypothetisch startpunt van de trend is daarbij het begin van die periode. Na verkenning van de mogelijkheden en beperkingen van het gegevensmateriaal is tijdens het dataoverleg van 22 mei 2012 in samenspraak met de begeleidingsgroep besloten voor deze studie de volgende trendanalyseperioden te hanteren:

1. *Meetreeksen bodemkwaliteit*: gehele periode waarover meetwaarden beschikbaar zijn. Een reeks is dan op trend geanalyseerd als de volgende twee criteria opgaan:
 - a. De reeks bevat minstens drie meetwaarden;
 - b. Minder dan 80% van de waarden van de reeks is gecensureerd.
2. *Meetreeksen grondwaterkwaliteit*: periode 1997 t/m 2011. Een reeks is dan op trend geanalyseerd als de volgende vier criteria opgaan (zie ook figuur 3.4):
 - a. De reeks bevat minstens één meting in de periode 1997 t/m 2000;
 - b. De reeks bevat minstens één meting in de periode 2001 t/m 2007;
 - c. De reeks bevat minstens één meting in de periode 2008 t/m 2011;
 - d. Minder dan 80% van de waarden van de reeks is gecensureerd.

begin											eind			
1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
				tussen										

Figuur 3.4

Tijdvensters die zijn gehanteerd bij de selectie van meetreeksen van de grondwaterkwaliteit voor de trendanalyse.

Voor de 27 reeksen van het gebiedstype BB g-pZ van het MBK zijn noodgedwongen andere criteria gehanteerd, omdat het project Bedreven Bedrijven pas is gestart in 2002 (en circa de helft van de meetpunten daarvan zelfs pas in 2004). De gehanteerde vensters voor gebiedstype BB g-pZ van het MBK zijn weergegeven in figuur 3.5.

begin								eind		
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
			tussen							

Figuur 3.5

Tijdvensters die zijn gehanteerd bij de selectie van meetreeksen van de grondwaterkwaliteit van het gebiedstype BB g-pZ van het MBK voor de trendanalyse.

Gezien het geringe aantal meetmomenten van de bodemkwaliteit is het startpunt voor de trendanalyse van de meetreeksen bodemkwaliteit eerder gekozen (namelijk als start van de meetreeks), dan dat voor de trendanalyse van de meetreeksen grondwaterkwaliteit (namelijk ergens in de periode 1997 t/m 2000, of voor het project Bedreven Bedrijven ergens in de periode 2002 t/m 2004). Omdat de kwaliteitsveranderingen in de bodem doorgaans veel trager verlopen dan in het grondwater, hoeft dat echter geen bezwaar op te leveren.

3.5 Weergeven resultaten analyses per parameter

Om het bespreken en interpreteren van de resultaten van de hiervoor genoemde analyses te vergemakkelijken is voor elke parameter de verzamelde informatie weergegeven met de volgende presentatievormen:

1. Palet van toestanden en trends;
2. Normoverschrijdings-staafdiagrammen;
3. Periode-boxplots;
4. Jaar-boxplots;
5. Trendsoort-staafdiagrammen;
6. Trend-boxplots.

Deze presentatievormen zijn toegelicht in bijlage 1. Voor elke beschouwde combinatie van parameter en compartiment zijn de presentatievormen 2 t/m 6 digitaal meegeleverd met dit rapport. Bijlage 2 geeft als voorbeeld de presentatievormen van nitraat. Bijlage 3 geeft een tabelmatig overzicht van alle normoverschrijdingen.

In de volgende hoofdstukken is van elke parameter in ieder geval het palet van toestanden en trends weergegeven, aangezien daarin de belangrijkste informatie over toestanden en trends is samengevat, met onderscheid naar compartiment, meetnet en gebiedstype. In die gevallen waar een verduidelijking van het palet verhelderend kon werken, of waar een kanttekening bij het palet nodig was, is één of meer van de andere presentatievormen toegevoegd.

3.6 Bespreken resultaten analyses per milieuthema

De gemaakte empirische beelden van de toestand en ontwikkeling van bodem- en grondwaterkwaliteitsparameters worden in de volgende drie hoofdstukken per afzonderlijk milieuthema besproken en geïnterpreteerd. Ook de verbanden tussen de milieuthema's worden daarbij in ogenschouw genomen. Er is beoordeeld in hoeverre het beleid invloed op de vastgestelde ontwikkelingen heeft gehad.

Eerst is op basis van het palet van toestanden en trends vastgesteld wélke problemen er optreden en wáár dat is (gebiedstype, compartiment). Daarna is geprobeerd daar een verklaring voor te geven, waarbij ook alle informatie is meegenomen van andere meetnetten, van andere compartimenten en van gerelateerde parameters. Op deze manier is het daadwerkelijk integreren van alle verzamelde informatie uitgevoerd.

4 Integrale rapportage over vermesting

Er wordt gesproken van vermesting van het milieu bij een overmaat van nutriënten in het (aquatisch) milieu. De belangrijkste nutriënten die vermesting veroorzaken zijn de elementen stikstof en fosfor (ook wel vaak fosfaat genoemd, al spreken we feitelijk van fosfaat als het in de vorm 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 vermesting 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 diervoeders 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 (Wageningen World, 2012). 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 1).

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 $50 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$.

1998

Het *MINAS-boekhoudsysteem* 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 (zie tabel K1.1 en K1.2).

2013

De Europese Commissie en Nederland gaan onderhandelen over de acties die Nederland heeft uitgevoerd en de komende periode nog wil uitvoeren om de doelen van de Nitraatrichtlijn te halen. Ook worden de hoogtes van de gebruiksnormen voor de verschillende gewassen vastgelegd.

2014

Het **Vijfde Actieprogramma Nitraatrichtlijn** gaat van kracht en loopt tot en met 2017.

Tabel K1.1

Fosfaatgebruiksnormen (kg P₂O₅.ha⁻¹.jr⁻¹) voor grasland en maisland (DR-loket, ministerie van EZ).

Fosfaat	Categorie fosfaattoestand	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Grasland	Laag	110	105	100	100	100	100	100	100
	Neutraal					95	95	95	95
	Hoog					95	90	85	85
Mais	Laag	95 (85)*	90 (85)*	85	85	85	85	85	85
	Neutraal					80	75	70	65
	Hoog					75	70	65	55

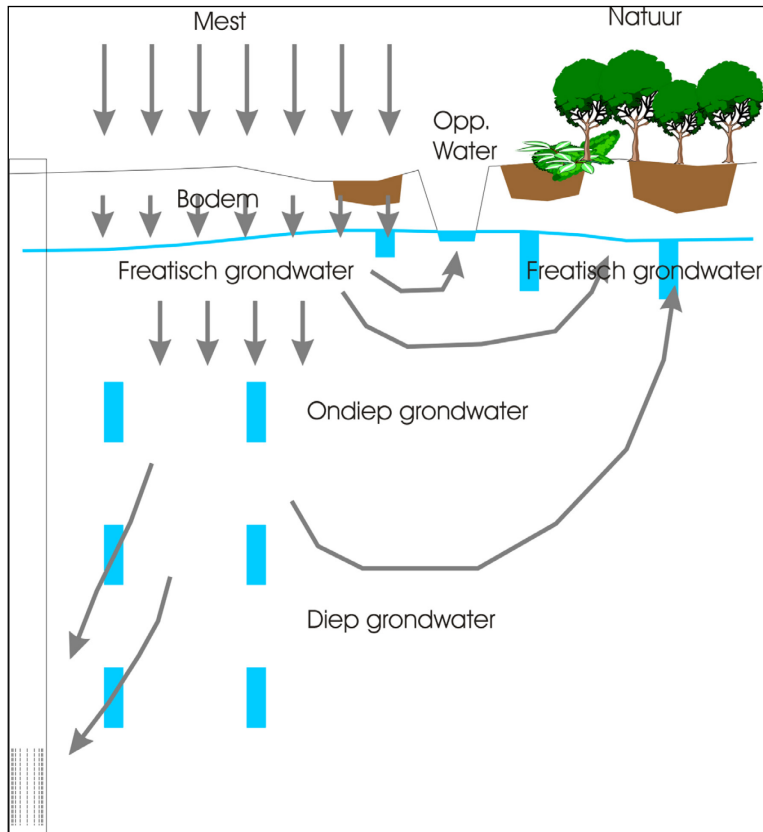
* Tussen haakjes de maximale aanvoer via dierlijke mest.

Tabel K1.2

Fosfaatgebruiksnormen (kg P₂O₅.ha⁻¹.jr⁻¹) voor bouwland (DR-loket, ministerie van EZ).

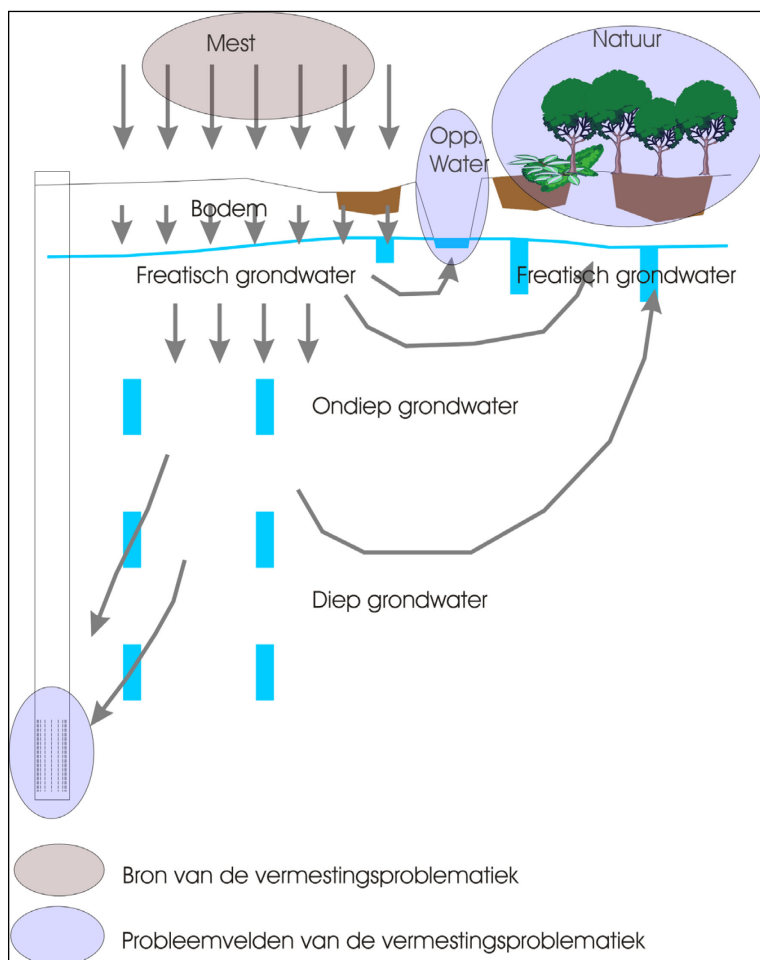
	Categorie fosfaattoestand	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Bouwland	Laag	95	90	85	85	85	85	85	85
	Neutraal					80	75	70	65
	Hoog					75	70	65	55

In figuur 4.1 is de vermistingsproblematiek schematisch weergegeven. 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
Vermistingsproblematiek geprojecteerd over de beschreven meetnetten (Boukes en Baggelaar, 2002).

In figuur 4.2 is de problematiek op een andere manier schematisch weergegeven. De mestdosering is daarin de oorzaak van het probleem en ook het punt waar beleidsmatige sturing het meest effectief zal zijn. De gevolgen van het probleem zijn pas veel later merkbaar in het oppervlaktewater, de vegetatie en/of het opgepompte grondwater. Als er pas wordt ingegrepen als de problemen een feit zijn, is er al zo veel mineralenrijk water onomkeerbaar onderweg, dat bijsturing van de problemen op korte termijn niet meer mogelijk is. Dat maakt dat monitoring van de problematiek over het hele traject zinvol is.



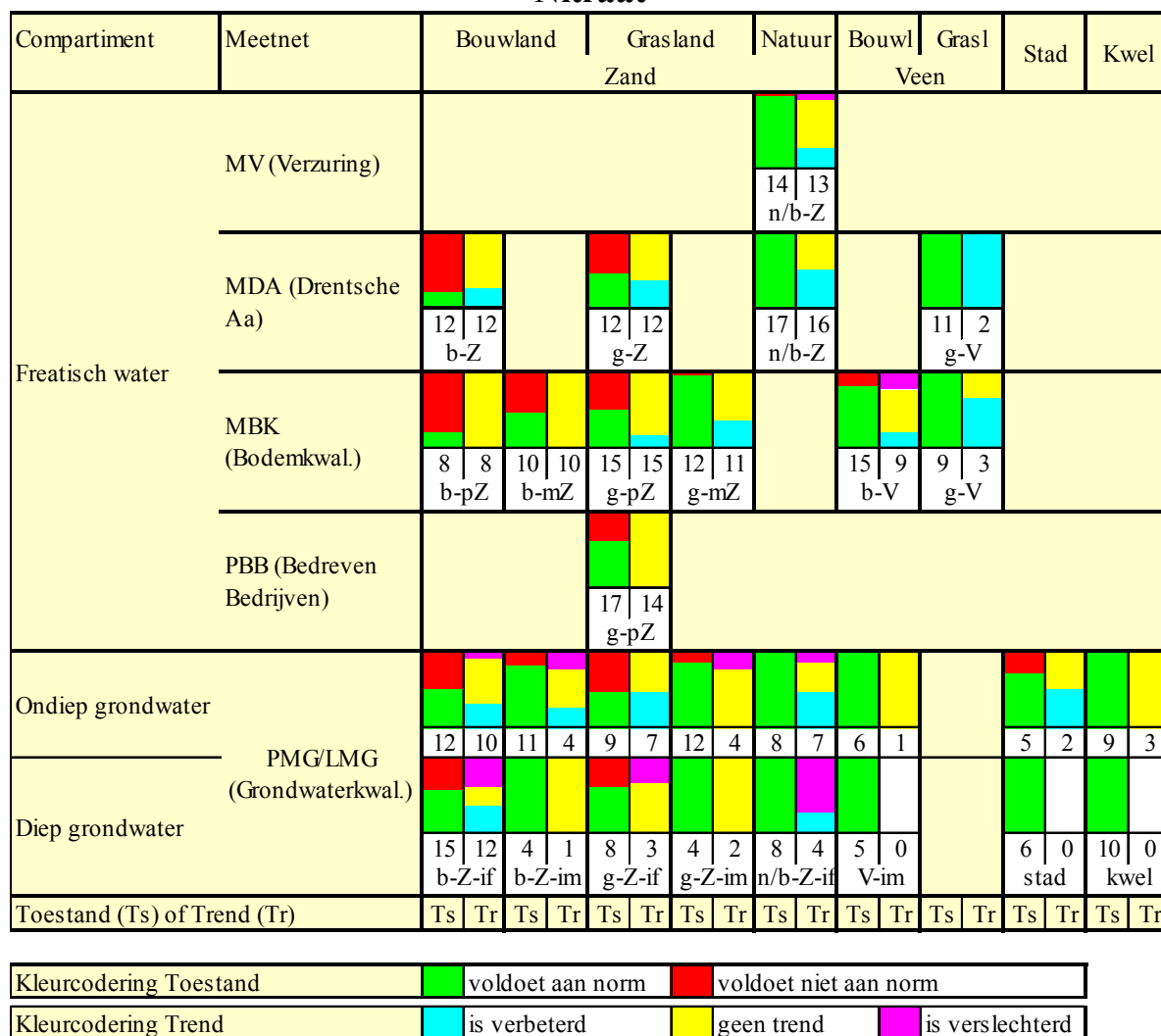
Figuur 4.2

Vermistingsproblematiek: bronnen en probleemvelden (Boukes en Baggelaar, 2002).

4.1 Nitraat

Nitraat in het grondwater is een belangrijke parameter in meetnetten. Het overschot aan stikstof (overschot = aangevoerde stikstof door bemesting en atmosferische depositie minus opname door het gewas) 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 $50 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ in het grondwater mag voorkomen.

Nitraat



Figuur 4.3

Palet van toestanden en trends van nitraat.

Figuur 4.3 geeft het palet van de toestanden en trends van de nitraatconcentraties in het grondwater voor de verschillende meetnetten weer. Uit het palet blijkt dat vooral onder de uitspoelingsgevoelige zandgronden (gebiedstype Z of pZ) van de landbouwgebieden de norm voor nitraat in het **freatisch grondwater** op veel meetlocaties wordt overschreden. Vooral bouwland op zand (b-Z en b-pZ) kent veel overschrijdingen van de norm, maar ook onder grasland op zand wordt in de helft van het aantal meetlocaties de norm van 50 mg.l⁻¹ NO₃ overschreden.

Onder natuurgronden wordt de norm niet tot nauwelijks overschreden. Voor de veengronden (gebiedstype g-V) geldt dat de norm niet wordt overschreden. Voor gebiedstype bouwland op veenkoloniale gronden (b-V) geldt dat in circa een kwart van de meetlocaties de waarnemingen de norm overschrijden. Een aparte groep van waarnemingen zijn de metingen van nitraat op landbouwbedrijven van deelnemers aan het project Bedreven Bedrijven (nu genoemd: *Duurzaam Boer blijven in Drenthe*). De landbouwbedrijven die deelnemen aan dit project hebben tot doel het verder terugdringen van verliezen van nutriënten door beter gebruik te maken van de nutriëntenkringlopen binnen het bedrijf. Met het project wordt gestreefd naar een duurzame en weerbare

melkveehouderijsector. Uit de meetwaarden blijkt dat de norm op deze bedrijven (iets) minder vaak wordt overschreden dan op andere meetlocaties. In het MDA wordt de norm in gebiedstype g-Z¹¹ in 54% van de gevallen overschreden. Voor het MBK is dit 48%. In het PBB is het percentage dat de norm van 50 mg.l⁻¹ NO₃ overschrijdt verder teruggelopen tot 42%. In tabel 4.1 is een overzicht gegeven van de overschrijdingen van de norm voor nitraat voor de verschillende gebiedstypen van de meetnetten.

Tabel 4.1

Percentage overschrijding van de nitraatnorm voor de verschillende meetnetten voor het freatisch grondwater.

% normoverschrijding	Omschrijving	MDA	MBK	PBB	MV
g-pZ	Grasland op podzol	54%	48%	42%	-
b-pZ	Bouwland op podzol	77%	78%	-	-
g-mZ	Grasland op moerig zand	-	4%	-	-
b-mZ	Bouwland op moerig zand	-	58%	-	-
g-V	Grasland op veengronden	0%	0%	-	-
b-V	Bouwland op veenkoloniale gronden	-	20%	-	-
n/b-Z	Natuur of bos op zandgrond	0%	-	-	2%

Voor de meeste meetlocaties in het freatisch grondwater geldt dat er geen **trend** wordt gedetecteerd. In een aantal gevallen is er een significante daling van de nitraatconcentratie waar te nemen. Dit geldt vooral voor het MDA. Alleen voor gebiedstype bouwland op veenkoloniale gronden (b-V) en voor de meetlocaties in de natuurgebieden in het MV is een significante stijging van de nitraatconcentraties waar te nemen. De gebiedstypen waarvoor geldt dat de norm wordt overschreden en die geen verbetering van de trend laten zien gelden als 'probleem-gebiedstypen'. Voor nitraat geldt dat vooral voor bouwland op podzol (b-pZ en b-Z) en in mindere mate voor grasland op podzol (g-pZ en g-Z) en bouwland op moerig zand (b-mZ).

De hoge waarnemingen van nitraat in het freatisch grondwater van enkele gebiedstypen zetten zich voort in het **ondiepe** (tussen 8-12 m-m.v.) en **diepe grondwater** (tussen 20-27 m-m.v.). Dit is goed te zien aan de waarnemingen in de infiltratiegebieden (code if in figuur 4.3). De kwaliteit van het grondwater in de infiltratiegebieden wordt beïnvloed door bodemvocht en grondwater dat naar diepere locaties infiltreert. De meetlocaties in de intermediaire gebieden (code in in figuur 4.3) worden daarnaast ook beïnvloed door kwelwater vanuit andere gebieden en/of diepten. Uit figuur 4.3 blijkt dat de norm van 50 mg.l⁻¹ NO₃ op veel meetlocaties wordt overschreden voor gebiedstype bouwland op zandgronden in de infiltratiegebieden (b-Z-if) en gebiedstype grasland op zandgronden in de infiltratiegebieden (g-Z-if). In het ondiepe grondwater wordt de norm nog in 50% (b-Z-if) tot 57% (g-Z-if) van het aantal meetlocaties overschreden. In het diepe grondwater is dit nog 45% (b-Z-if) tot 39% (g-Z-if) van het aantal meetlocaties. In tabel 4.2 is een overzicht gegeven van de overschrijdingen van de norm voor nitraat voor de verschillende gebiedstypen van de meetnetten PMG en LMG.

Ook voor het ondiepe en diepe grondwater geldt dat op de meeste meetlocaties geen trend wordt gedetecteerd. Voor de 'probleem-gebiedstypen' (b-Z en g-Z) is voor circa 60% van de meetlocaties geen trend gedetecteerd; voor 30% is een verbetering vastgesteld en voor 10% een verslechtering. Alleen voor bouwland op zandgrond in het diepe grondwater is voor meer dan 40% van de meetlocaties een significante stijging van de nitraatconcentraties waar te nemen.

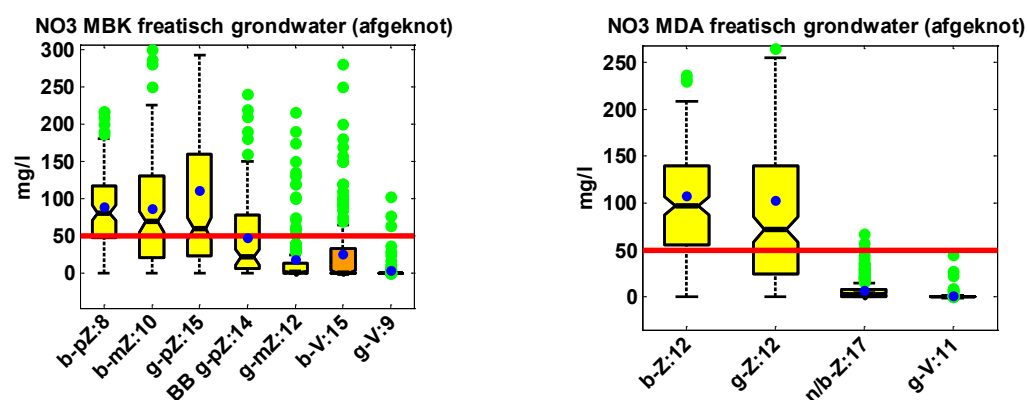
¹¹ Gebiedstype g-Z van het MDA is hetzelfde als gebiedstype g-pZ in de andere meetnetten, omdat alle meetlocaties op zand in het MDA podzolgronden zijn.

Tabel 4.2

Percentage overschrijding van de nitraatnorm voor de meetnetten PMG en LMG voor het diepere grondwater.

% normoverschrijding	Omschrijving	PMG/LMG ondiep	PMG/LMG diep
g-Z-if	Grasland op zand in infiltratiegebied	57%	39%
g-Z-im	Grasland op zand in intermediair gebied	13%	0%
b-Z-if	Bouwland op zand in infiltratiegebied	50%	45%
b-Z-im	Bouwland op zand in intermediair gebied	21%	0%
n/b-Z-if	Natuur of bos op zand in infiltratiegebied	0%	0%
V-im		0%	0%
stad	Stedelijk gebied	29%	0%
kwel	Kwelgebieden	0%	0%

In figuur 4.4 is goed te zien dat de gemeten nitraatconcentraties in de gebiedstypen landbouw op zandgronden (b-Z/b-pZ en g-Z/g-pZ) hoger zijn dan op veengronden, moerig zand, veenkoloniale gronden of natuurgebieden. Opvallend zijn de verschillen in mediane waarden voor nitraatconcentraties per gebiedstype en gemiddelde waarden. Voor bouwland liggen de mediane en gemiddelde waarden dicht bij elkaar, voor grasland op zand ligt het gemiddelde veel hoger dan de mediaan. Deze verschillen worden veroorzaakt door enkele piekconcentraties. Deze piekconcentraties kunnen worden veroorzaakt door het scheuren van grasland (Roelsma en Knotters, 2009). Bij het scheuren van grasland en het tijdelijk braak liggen van de grond kan een snelle mineralisatie van het aanwezige organische materiaal in de bodem plaatsvinden. Daarbij komt stikstof vrij, meestal in de vorm van nitraat, dat weer kan uitspoelen naar het grondwater.

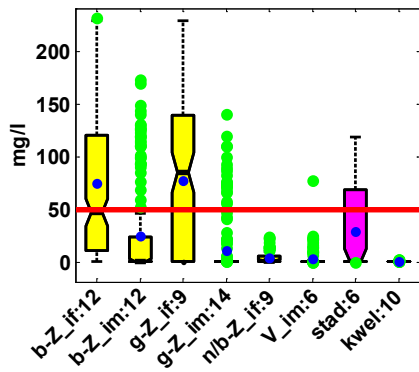


Figuur 4.4

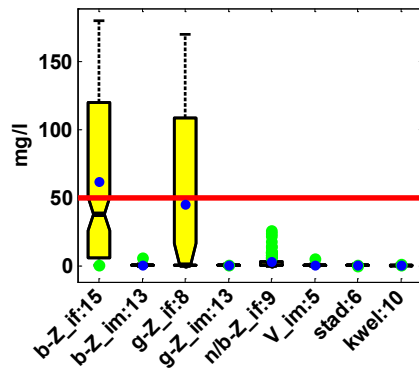
Periode-boxplots van de gemeten nitraatconcentraties in het freatisch grondwater per gebiedstype voor het MBK (links) en het MDA (rechts).

Uit figuur 4.4 blijkt dat de gemiddelde nitraatconcentratie voor de gebiedstypen bouwland op podzol, bouwland op moerig zand en grasland op podzol in zowel het MBK als het MDA rond de 100 mg.l⁻¹ NO₃ ligt. Voor gebiedstype grasland op podzol voor deelnemers van het project Bedreven Bedrijven ligt het gemiddelde rondom de 50 mg.l⁻¹ NO₃. Voor de natuurgebieden, veengronden, veenkoloniale gronden en grasland op moerig zand wordt een gemiddelde nitraatconcentratie waargenomen die onder de norm van 50 mg.l⁻¹ NO₃ ligt. Voor een volledig overzicht van de boxplots van alle gebiedstypen wordt de lezer verwezen naar de digitale bijlage van dit rapport.

NO3 PMG_LMG ondiep grondwater (afgeknot)



NO3 PMG_LMG diep grondwater (afgeknot)

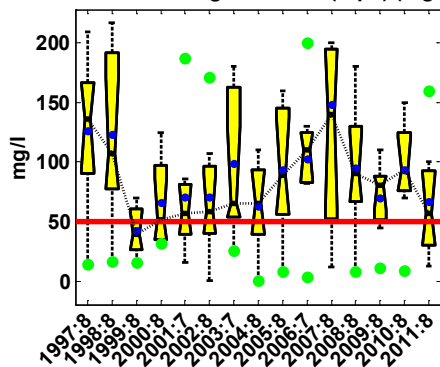


Figuur 4.5

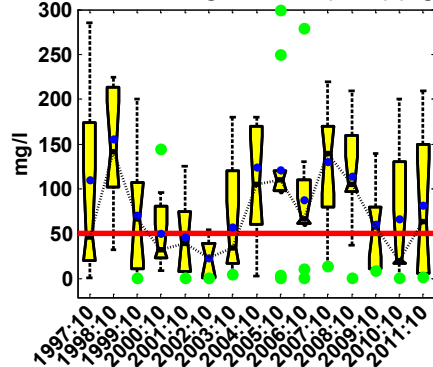
Periode-boxplots van de gemeten nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (links) en het diepe grondwater (rechts) per gebiedstype voor het PMG/LMG.

Uit figuur 4.5 blijkt dat de hoge nitraatconcentraties in het diepere grondwater vooral voorkomen in de gebiedstypen landbouw (bouwland (b) of grasland (g)) op zand (Z) in de infiltratiegebieden (if).

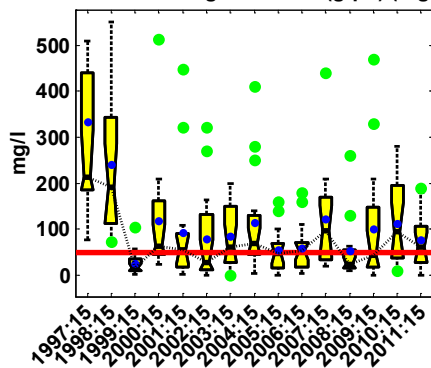
NO3 MBK freatisch grondwater (b-pZ) (afgeknot)



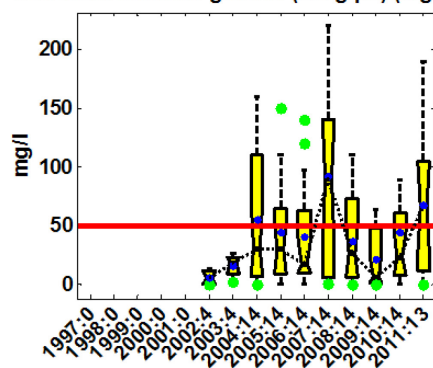
NO3 MBK freatisch grondwater (b-mZ) (afgeknot)



NO3 MBK freatisch grondwater (g-pZ) (afgeknot)



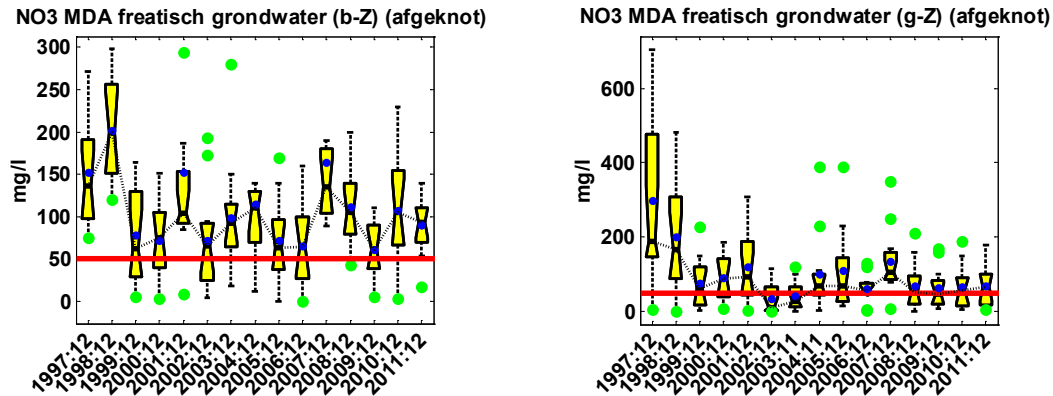
NO3 MBK freatisch grondw (BB g-pZ) (afgeknot)



Figuur 4.6

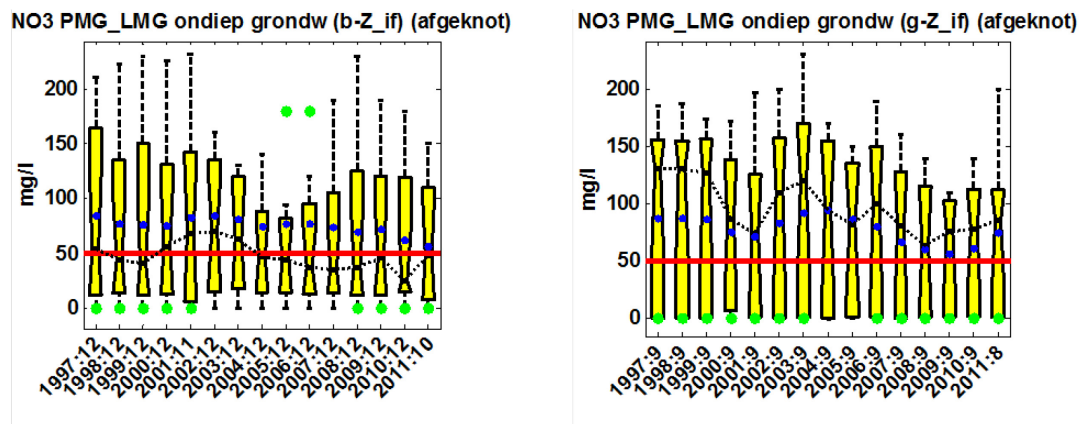
Jaar-boxplots van de gemeten nitraatconcentraties in het freatisch grondwater van het MBK voor de gebiedstypen bouwland op podzol (linksboven), bouwland op moerig zand (rechtsboven), grasland op podzol (linksonder) en grasland op podzol voor de deelnemers van het project Bedreven Bedrijven (rechtsonder).

In de figuren 4.6 t/m 4.9 is het verloop in tijd van de gemeten nitraatconcentraties voor de gebiedstypen die gemiddeld boven of rondom de norm van 50 mg.l⁻¹ NO₃ liggen voor de verschillende meetnetten weergegeven met jaar-boxplots. Zoals in het palet al is aangegeven geldt dat voor de meeste meetlocaties geen trend is gedecteerd (zie ook figuur 4.3).



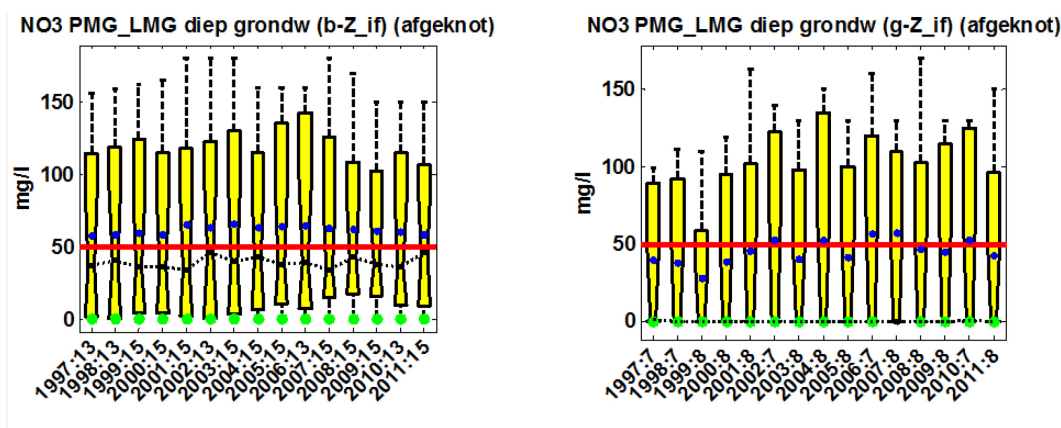
Figuur 4.7

Jaar-boxplots van de gemeten nitraatconcentraties in het freatisch grondwater van het MDA voor de gebiedstypen bouwland op podzol (links) en grasland op podzol (rechts).



Figuur 4.8

Jaar-boxplots van de gemeten nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (tussen de acht en twaalf meter onder maaiveld) van het PMG/LMG voor de gebiedstypen bouwland op podzol (links) en grasland op podzol (rechts) voor de infiltratiegebieden.

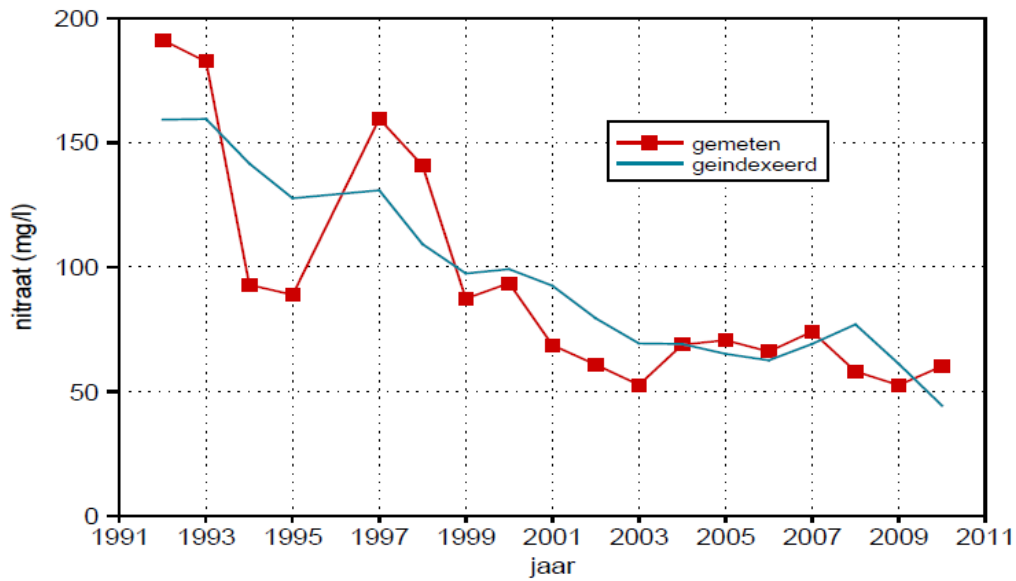


Figuur 4.9

Jaar-boxplots van de gemeten nitraatconcentraties in het diepe grondwater (tussen de 20 en 27 meter onder maaiveld) van het PMG/LMG voor de gebiedstypen bouwland op podzol (links) en grasland op podzol (rechts) voor de infiltratiegebieden.

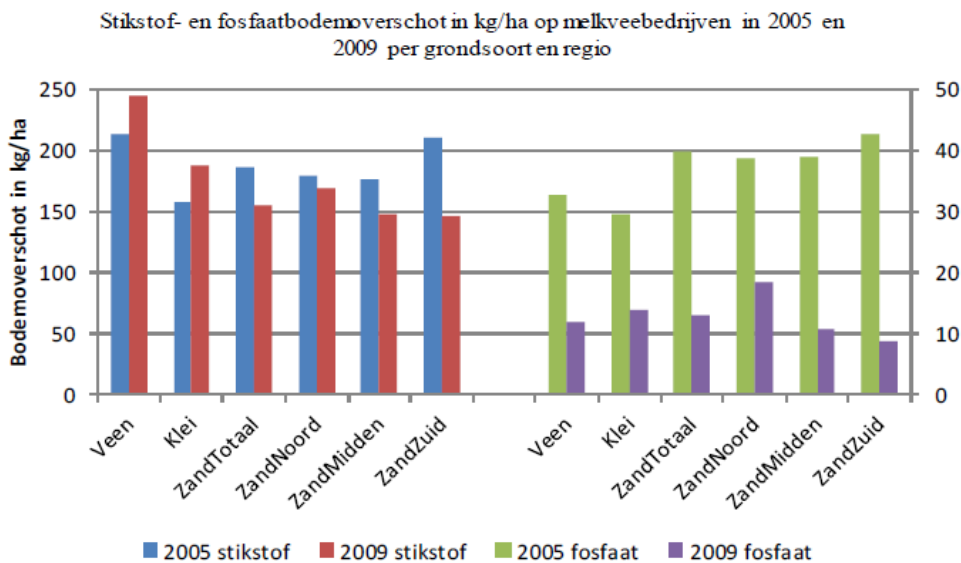
Voor de gemeten nitraatconcentraties is niet tot nauwelijks een trend gedetecteerd (figuur 4.3). In het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) is in de periode 1992 - 2010 een dalende trend waargenomen (figuur 4.10). Een mogelijke verklaring waarom in de provincie Drenthe geen daling van de nitraatconcentraties in het freatisch grondwater wordt gevonden over de waarnemingsperiode is de volgende:

- 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 (Roelsma et al., 2012). Deze trend is ook goed waarneembaar op basis van de stikstof- en fosfaatoverschotten op landbouwbedrijven (figuur 4.11). 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 (Van den Ham en Daatselaar, 2012). Aangezien het stikstofoverschot een drijvende factor is voor nitraatconcentraties in het freatisch grondwater, is het niet vinden van een dalende trend in Drenthe hiermee grotendeels te verklaren.
- De meetlocaties in de zandgebieden in het LMM bestaan niet geheel uit zandgronden, maar ook voor een deel uit klei- en veengronden. Op klei- en veengronden worden significante lagere nitraatconcentraties in het grondwater gemeten. Daarnaast zijn de bemonsterde percelen op de zandgronden in het LMM minder als droog aan te merken dan de zandgronden in Drenthe. Hierdoor is de kans op uitspoeling van nitraat naar het grondwater in het LMM ook kleiner.



Figuur 4.10

De gemiddelde gemeten nitraatconcentratie van LMM en de geïndexeerde nitraatconcentraties in het uitspoelingswater van de LMM-bedrijven in het zandgebied (Hooijboer en De Klijne, 2012).



Figuur 4.11

Stikstof- en fosfaatoverschotten op melkveebedrijven in 2005 en 2009 per hoofdgrondsoortregio. Bron: Bedrijveninformatienet van het LEI.

Voor het beoordelen of het (mest)beleid effectief is voor het nitraatgehalte in het grondwater speelt de variatie in gemeten nitraatconcentraties veroorzaakt door weersinvloeden een rol. In kader 2 wordt dit nader toegelicht.

Kader 2 Invloed van het weer op gemeten nitraatconcentraties

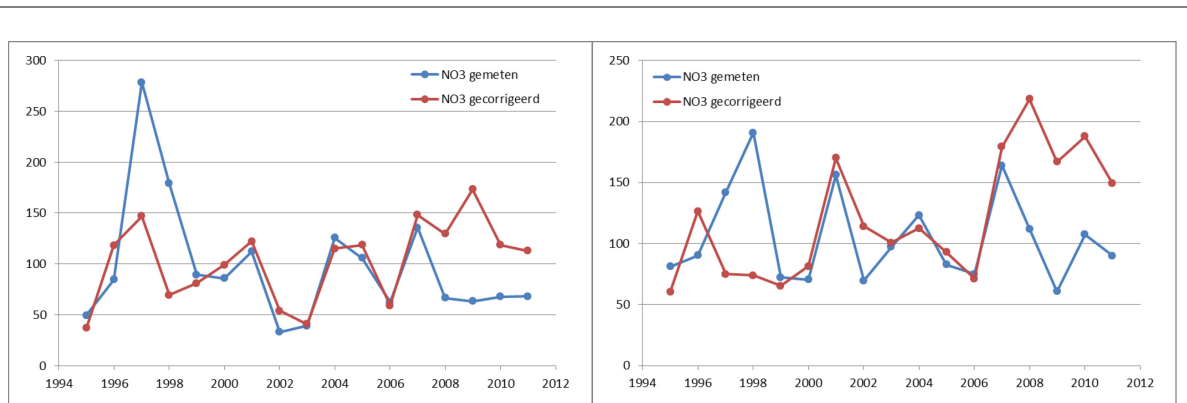
De gemeten nitraatconcentraties in het bovenste grondwater wordt ruwweg door twee factoren bepaald: het stikstofoverschot (bemesting plus atmosferische depositie minus onttrekking door het gewas) en weersinvloeden (hoeveelheid neerslag, periode en duur van de neerslag en gewasverdamping). De weersinvloeden bepalen uiteindelijk het neerslagoverschot en als gevolg hiervan de grondwateraanvulling. Om de effecten van het terugdringen van de bodemoverschotten te kunnen evalueren, door monitoring van nitraatconcentraties in het grondwater, is het wenselijk om de variatie die wordt veroorzaakt door weersinvloeden te kunnen elimineren. Het RIVM heeft een methodiek ontwikkeld die een correctie op de neerslag toepast. Deze methodiek is echter bewerkelijk en weinig regiospecifiek. Een andere manier om te kunnen corrigeren voor de weersinvloeden is gebruik te maken van de gemeten nitraatconcentraties onder natuurgronden in de Drentsche Aa. Omdat voor deze gronden geldt dat het stikstofoverschot over de waarnemingsperiode gemiddeld genomen vrijwel nul is, wordt de variatie in de waargenomen nitraatconcentraties alleen veroorzaakt door weersinvloeden. Op deze manier kan een jaarlijkse indexcijfer voor de correctie van de weersinvloeden worden verkregen.

In tabel K2.1 zijn de indexcijfers voor de natuurgebieden in de Drentsche Aa weergegeven. Een indexcijfer van 1 geeft aan dat gemeten nitraatwaarde overeenkomt met het langjarig gemiddelde waargenomen nitraatconcentratie. Een indexcijfer <1 geeft aan de waarneming onder het langjarig gemiddelde is; een indexcijfer >1 geeft aan dat de waarneming boven het langjarig gemiddelde is. In tabel K2.1 zijn ook de gecorrigeerde nitraatmetingen voor de gebiedstypen grasland op zandgronden en bouwland op zandgronden, op basis van de indexcijfers weergegeven. In figuur K2.1 staan de gemeten nitraatconcentraties voor de homogene deelgebieden grasland op podzol en bouwland op podzol na correctie voor weersinvloeden weergegeven.

Tabel K2.1

Jaarlijkse indexcijfers voor weersinvloeden en oorspronkelijke en gecorrigeerde nitraatconcentraties in het freatisch grondwater van het MDA.

Jaar	Indexcijfer	Grasland op podzol		Bouwland op podzol	
		Oorspronkelijk	Gecorrigeerd	Oorspronkelijk	Gecorrigeerd
1995	1.3411	49	37	81	61
1996	0.7143	85	118	90	127
1997	1.8967	278	147	142	75
1998	2.5826	179	69	191	74
1999	1.1045	89	81	72	65
2000	0.8662	86	99	71	81
2001	0.9185	112	122	156	170
2002	0.6085	33	54	70	114
2003	0.9648	39	41	97	101
2004	1.0950	126	115	123	113
2005	0.8901	106	119	83	93
2006	1.0520	62	59	75	71
2007	0.9145	136	148	164	179
2008	0.5134	67	130	112	218
2009	0.3645	63	173	61	167
2010	0.5712	68	119	107	188
2011	0.6023	68	113	90	149



Figuur K2.1

Oorspronkelijk gemeten nitraatconcentraties in het freatisch grondwater voor de gebiedstypen grasland op zand (links) en bouwland op zand (rechts) van het MDA en de gecorrigeerde nitraatconcentraties op basis van de metingen in de natuurgebieden in de Drentsche Aa.

Uit deze correctie blijkt duidelijk dat de gemeten hoge nitraatconcentraties in 1997 en 1998 terug zijn te voeren naar weerjaarsinvloeden. Ook de nitraatconcentraties in de natuurgebieden waren in die jaren tweemaal zo hoog als gemiddelde over de gehele waarnemingsperiode. Uit deze correctie blijkt dat vanaf 2007 de gecorrigeerde nitraatconcentraties voor zowel grasland als bouwland structureel hoger zijn dan de oorspronkelijke gemeten concentraties. In de periode 2007 - 2011 zijn de nitraatconcentraties in de natuurgebieden sterker gedaald dan de concentraties in de landbouwgebieden.

4.2 Ammonium

Ammonium (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 $2 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NH}_4\text{-N}$ (dit is $2,6 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NH}_4$) voor zandgronden en van $10 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NH}_4\text{-N}$ (dit is $12,8 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NH}_4$) voor klei- en veengronden).

Figuur 4.12 geeft het palet van toestanden en trends van de ammoniumconcentraties in de verschillende meetnetten weer. Uit figuur 4.12 blijkt dat vooral in het freatisch grondwater onder de organische stofrijke zandgronden (gebiedstype mZ: moerig zand) en de veengronden (gebiedstype V) een geringe overschrijding van de norm wordt gevonden.

Ammonium

Compartiment	Meetnet	Bouwland	Grasland	Natuur	Bouwl	Grasl	Stad	Kwel
		Zand			Veen			
Freatisch water	MV (Verzuring)			14 2 n/b-Z				
	MDA (Drentsche Aa)	12 4 b-Z	12 10 g-Z	17 8 n/b-Z	11 9 g-V			
	MBK (Bodemkwal.)	8 2 b-pZ	10 10 b-mZ	15 12 g-pZ	12 12 g-mZ	15 15 b-V	9 9 g-V	
	PBB (Bedreven Bedrijven)		17 12 g-pZ					
Ondiep grondwater	12 4 PMG/LMG (Grondwaterkwal.)	11 8	9 4	12 11	8 3	6 6	5	8
Diep grondwater	15 4 b-Z-if	4 10 b-Z-im	8 5 g-Z-if	4 8 g-Z-im	8 5 n/b-Z-if	5 4 V-im	6	8
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts Tr	Ts Tr	Ts Tr	Ts Tr	Ts Tr	Ts Tr	Ts Tr

Kleurcodering Toestand	■ voldoet aan norm	■ voldoet niet aan norm	
Kleurcodering Trend	■ is verbeterd	■ geen trend	■ is verslechterd

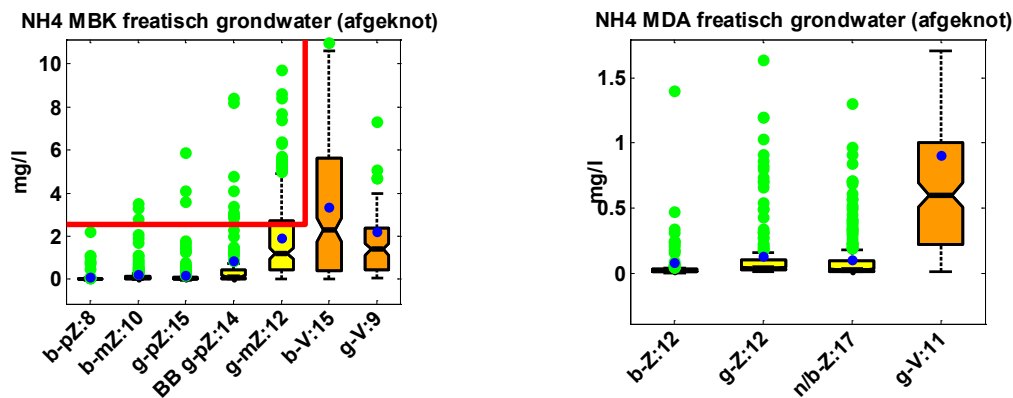
Figuur 4.12

Palet van toestanden en trends van ammonium.

Ook uit figuur 4.13 blijkt duidelijk dat de veengronden en veenkoloniale gronden (gebiedstype V) en de moerige zandgronden hogere ammoniumconcentraties laten zien. De hoge organische stofgehalten in de moerige zandgronden en veengronden is hiervoor een verklaring. Er geldt ook voor de veengronden dat door de hoge verzadiging van (bodem)water in deze gronden en dus een laag zuurstofgehalte de omzetting van ammonium naar nitraat (nitrificatie) in deze gronden nauwelijks een rol speelt.

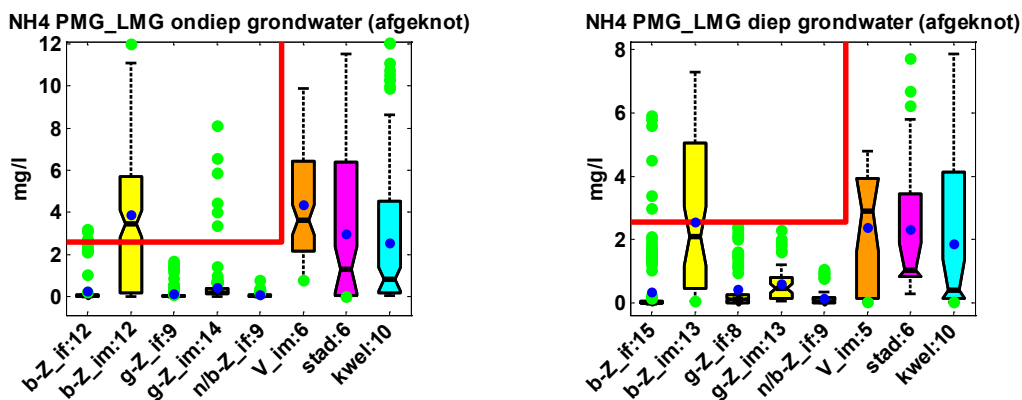
In het diepere grondwater (ondiep en diep grondwater) wordt specifiek de norm voor gebiedstype bouwland op zand voor intermediaire gebieden overschreden (zie figuur 4.12, 4.14 en 4.16). De intermediaire gronden worden gekenmerkt doordat ze (gedeeltelijk) worden beïnvloed door kwelgebieden. Gronden die door kwel worden beïnvloed hebben te maken met een sterk gereduceerd milieu (ontbreken van zuurstof) en hebben van nature een hogere ammoniumgehalte. Waarom alleen gebiedstype b-Z-im een verhoging in het ammoniumgehalte laat zien voor het diepere grondwater en gebiedstype g-Z-im niet is vooralsnog niet duidelijk.

Voor verreweg de meeste meetlocaties in het freatisch grondwater geldt dat er geen trend wordt gedetecteerd (figuur 4.12). In een aantal gevallen is er een significante daling van de ammoniumconcentraties waar te nemen. Voor het diepere grondwater is de verscheidenheid in de bepaalde trend wat groter. Zo zie je binnen sommige gebiedstypen zowel meetlocaties die een significante daling laten zien, als meetlocaties die een significante stijging van de ammoniumconcentraties laten zien (bijvoorbeeld: gebiedstype b-Z-if in het ondiepe grondwater).



Figuur 4.13

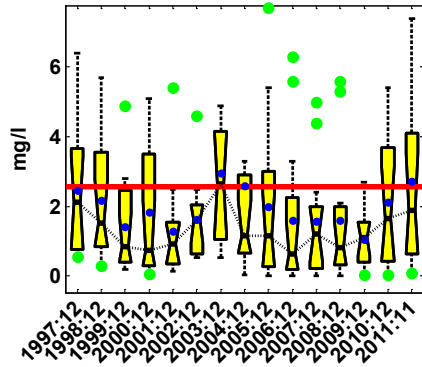
Periode-boxplots van de gemeten ammoniumconcentraties in het freatisch grondwater per gebiedstype van het MBK (links) en het MDA (rechts).



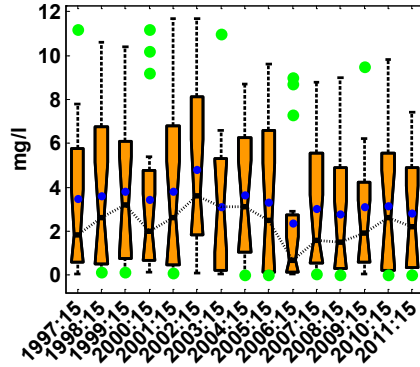
Figuur 4.14

Periode-boxplots van de gemeten ammoniumconcentraties in het ondiepe grondwater (links) en het diepe grondwater (rechts) per gebiedstype voor het PMG/LMG.

NH4 MBK freatisch grondwater (g-mZ) (afgeknot)



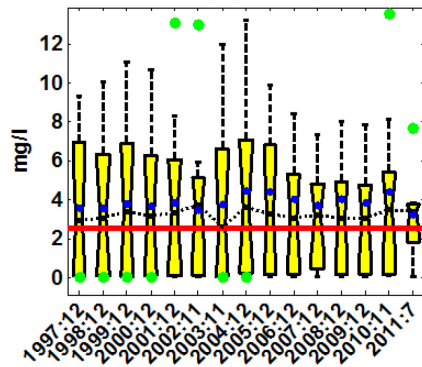
NH4 MBK freatisch grondwater (b-V) (afgeknot)



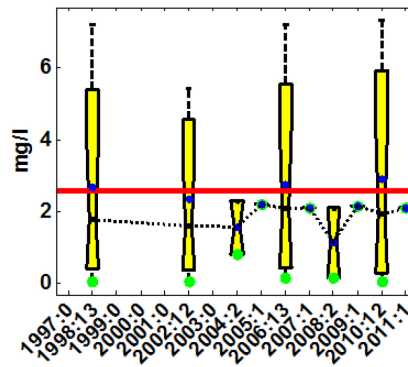
Figuur 4.15

Jaar-boxplots van de gemeten ammoniumconcentraties in het freatisch grondwater van het MBK voor de gebiedstypen grasland op moerige zandgronden (links) en bouwland op veenkoloniale gronden (rechts).

NH4 PMG_LMG ondiep grondw (b-Z_im) (afgeknot)



NH4 PMG_LMG diep grondw (b-Z_im) (afgeknot)



Figuur 4.16

Jaar-boxplots van de gemeten ammoniumconcentraties in het ondiepe (links) en het diepe grondwater (rechts) van het PMG/LMG voor gebiedstype bouwland op zand voor de intermediaire gebieden.

4.3 Kalium

Een andere parameter bij vermessing van het milieu is kalium. Naast stikstof en fosfaat is kalium een voedingstof voor het gewas. Door bemesting (vooral kunstmest) wordt kalium op landbouwgronden aangevoerd. Voor het grondwater is een drinkwaternorm voor kalium opgesteld van 12 mg.l⁻¹ 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 overschrijdingen van de norm vooral op landbouwgronden op zandgronden plaatsvindt. Ook uit de periode-boxplots blijkt dat de meetlocaties op de landbouwgronden op zandgronden verhoogde kaliumconcentraties laten zien (figuur 4.18). Ook grasland op podzol van het MBK (gebiedstype g-pZ en BB-pZ) laat hogere kaliumconcentraties zien. Waarom juist deze gebiedstypen hoger uitpakken is voorsnog niet duidelijk.

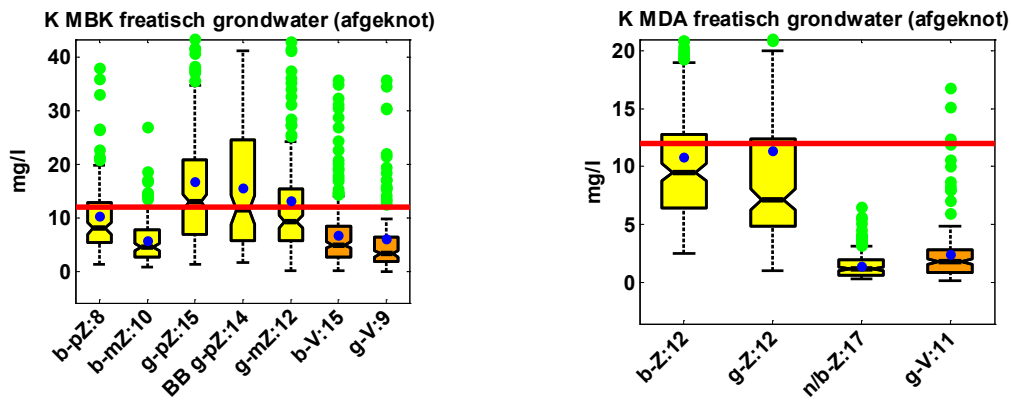
Kalium

Compartiment	Meetnet	Bouwland		Grasland		Natuur		Bouwl	Grasl	Stad	Kwel
		Zand						Veen			
Bodem	MV (Verzuring)										
Freatisch water	MV (Verzuring)										
	MDA (Drentsche Aa)										
Freatisch water	MBK (Bodemkwal.)										
	PBB (Bedreven Bedrijven)										
Ondiep grondwater	PMG/LMG (Grondwaterkwal.)										
Diep grondwater											
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr

Kleurcodering Toestand	■ voldoet aan norm	■ voldoet niet aan norm	
Kleurcodering Trend	■ is verbeterd	■ geen trend	■ is verslechterd

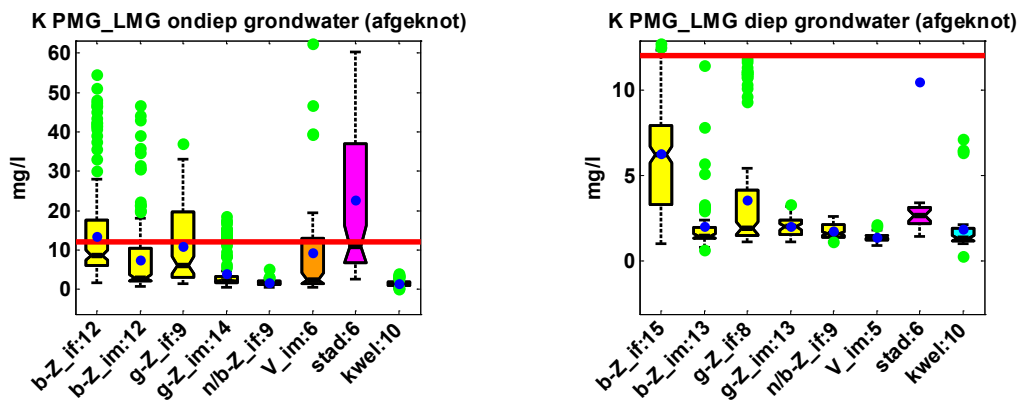
Figuur 4.17

Palet van toestanden en trends van kalium.



Figuur 4.18

Periode-boxplots van de gemeten kaliumconcentraties in het freatisch grondwater per gebiedstype van het MBK (links) en het MDA (rechts).



Figuur 4.19

Periode-boxplots van de gemeten kaliumconcentraties in het ondiepe grondwater (links) en het diepe grondwater (rechts) per gebiedstype van het PMG/LMG.

Ook voor verreweg de meeste meetlocaties in het freatisch grondwater geldt dat er geen trend in kaliumconcentraties wordt gedetecteerd (figuur 4.17). Voor enkele meetlocaties is een significante daling van de kaliumconcentraties waargenomen. Voor het diepere grondwater is de verscheidenheid in de bepaalde trend wat groter.

4.4 Chloride

Een andere parameter voor vermessing van het milieu is 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 streefwaarde van 100 mg.l⁻¹ Cl opgesteld.

Chloride

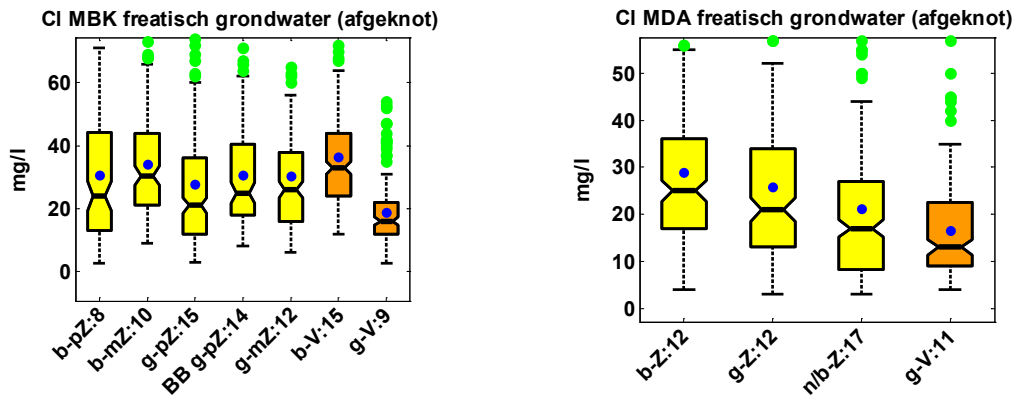
Compartiment	Meetnet	Bouwland		Grasland		Natuur		Bouwl	Grasl	Stad	Kwel				
		Zand				Veen									
Freatisch water	MV (Verzuring)					14 0 n/b-Z									
	MDA (Drentsche Aa)	12 12 b-Z			12 12 g-Z	17 17 n/b-Z		11 11 g-V							
	MBK (Bodemkwal.)	8 8 b-pZ	10 10 b-mZ	15 15 g-pZ	12 12 g-mZ			15 15 b-V	9 9 g-V						
	PBB (Bedreven Bedrijven)			17 14 g-pZ											
Ondiep grondwater	PMG/LMG (Grondwaterkwal.)	12 12	11 12	9 9	12 14	8 9	6 6			5 6	9 10				
		15 15 b-Z-if	4 13 b-Z-im	8 8 g-Z-if	4 13 g-Z-im	8 9 n/b-Z-if	5 5 V-im			6 6 stad	10 10 kwel				
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr
Kleurcodering Toestand		voldoet aan norm		voldoet niet aan norm											
Kleurcodering Trend		is verbeterd		geen trend		is verslechterd									

Figuur 4.20

Palet van toestanden en trends van chloride.

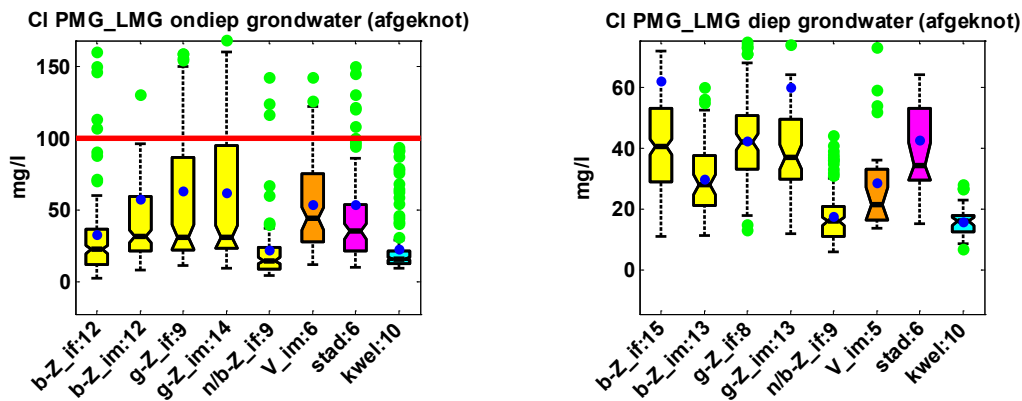
Figuur 4.20 geeft het palet van toestanden en trends van het chloridegehalte in de verschillende meetnetten weer. Hieruit blijkt dat voor het freatisch grondwater op geen enkele meetlocatie de norm wordt overschreden. Voor het diepere grondwater wordt de norm wel op enkele meetlocaties en/of meetmomenten overschreden.

Op basis van metingen uit het LMG en het PMG is voor chloride een achtergrondwaarde van 25 mg.l⁻¹ Cl⁻ voor het ondiepe en diepe grondwater bepaald (Verbruggen et al., 2008). Alleen regio's met beïnvloeding van brak water in de ondergrond laten hogere chlorideconcentraties in het grondwater zien. Dit gaat om de regio's in de zeeleigebieden en de laagveengebieden. Voor het diepere grondwater hebben alleen de gebiedstypen op natuurgronden (nb-Z-if) en de kwelgebieden (kwel) een waargenomen chloridegehalte dat overeenkomt met de achtergrondwaarde voor chloride (figuur 4.22). Vooral de twee gebiedstypen grasland op zand (g-Z-if en g-Z-im) laten verhoogde chlorideconcentraties zien. Waarom juist deze gebiedstypen hoger uitpakken is vooralsnog niet duidelijk.



Figuur 4.21

Periode-boxplots van de gemeten chlorideconcentraties in het freatisch grondwater per gebiedstype van het MBK (links) en het MDA (rechts).



Figuur 4.22

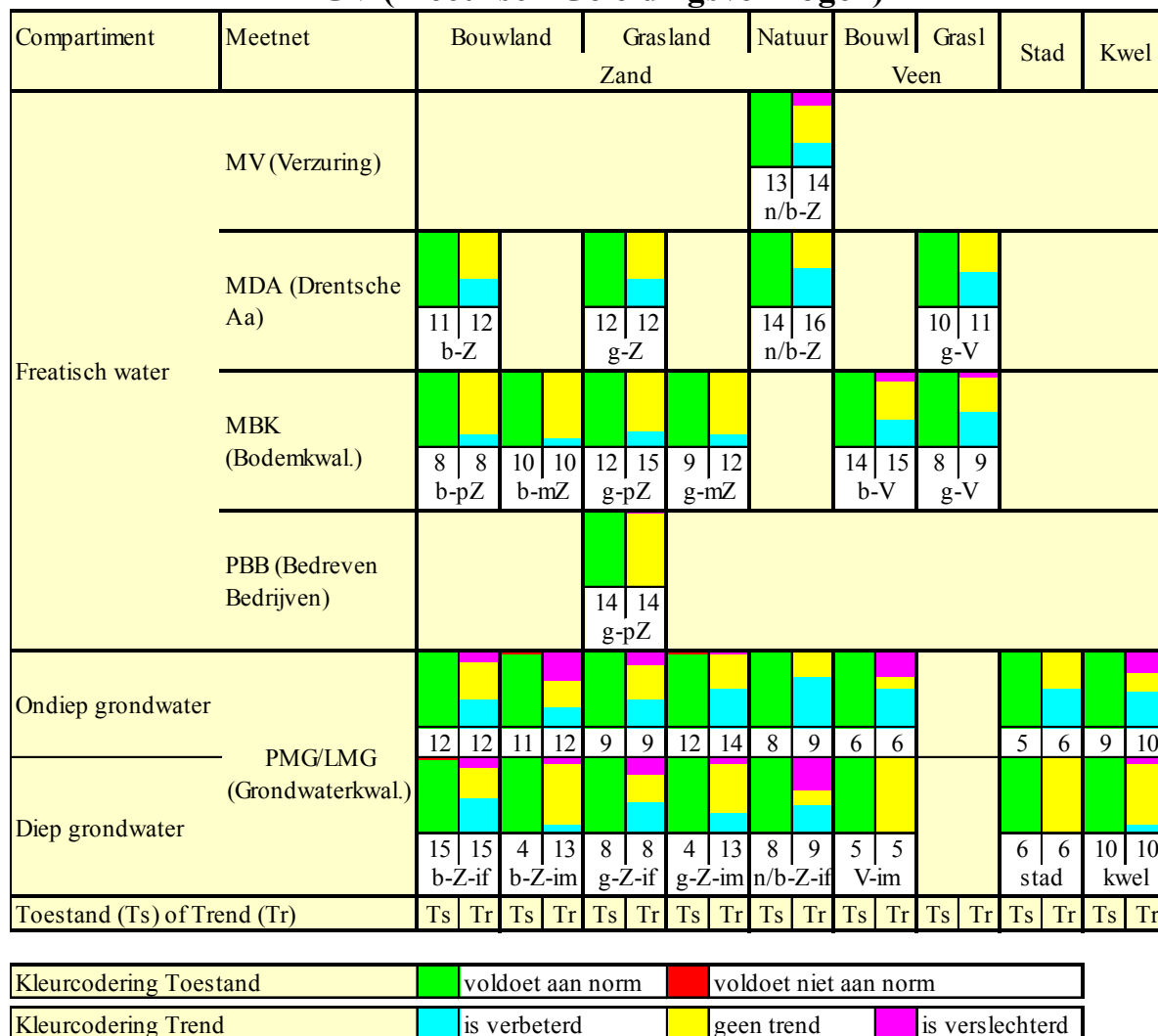
Periode-boxplots van de gemeten chlorideconcentraties in het ondiepe grondwater (links) en het diepe grondwater (rechts) per gebiedstype van het PMG/LMG.

Ook voor chloride geldt dat voor verreweg de meeste meetlocaties in het freatisch grondwater er geen trend wordt gedetecteerd (figuur 4.20). Voor enkele meetlocaties is een significante daling van de chloridegehalten waargenomen. Maar voor andere meetlocaties juist weer een stijging. Voor het diepere grondwater is de verscheidenheid in de bepaalde trend zelfs nog groter.

4.5 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. Dit beeld is ook goed te zien in figuur 4.23. Voor het EGV is voor het grondwater een norm van $125 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$ opgesteld.

EGV (Electrisch Geleidingsvermogen)



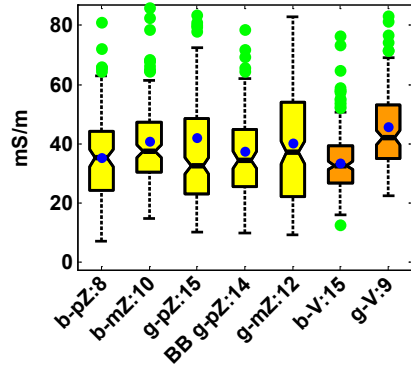
Figuur 4.23

Palet van toestanden en trends van EGV.

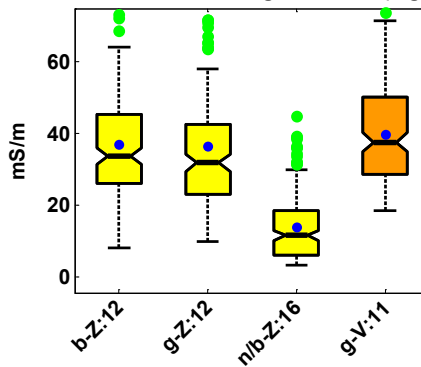
Uit figuur 4.23 blijkt dat vrijwel op geen enkele meetlocatie de norm voor EGV wordt overschreden. Ook uit de periode-boxplots blijkt dit (figuren 4.24 en 4.25).

Voor het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) geldt dat voor verreweg de meeste meetlocaties in het freatisch grondwater er geen trend wordt gedetecteerd (figuur 4.23). Voor enkele meetlocaties is een significante daling van de EGV waargenomen. Voor andere meetlocaties wordt echter een stijging waargenomen. Voor het diepere grondwater is de verscheidenheid in de bepaalde trend zelfs nog groter.

EGV-veld MBK freatisch grondwater (afgeknot)



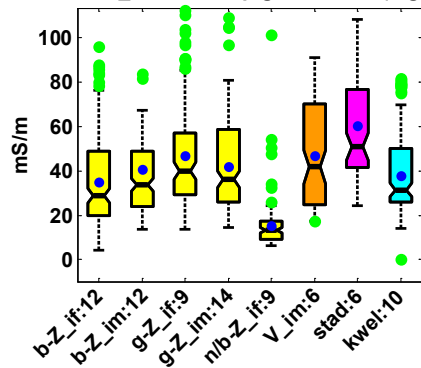
EGV-veld MDA freatisch grondwater (afgeknot)



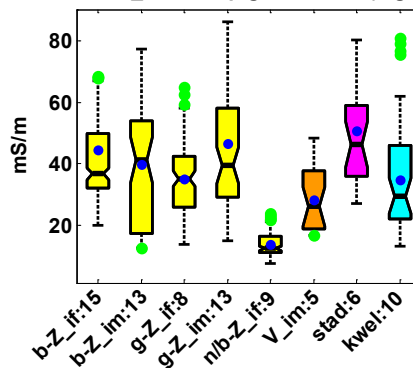
Figuur 4.24

Periode-boxplots van het gemeten elektrisch geleidingsvermogen (EGV) in het freatisch grondwater per gebiedstype van het MBK (links) en het MDA Aa (rechts).

EGV PMG_LMG ondiep grondwater (afgeknot)



EGV PMG_LMG diep grondwater (afgeknot)



Figuur 4.25

Periode-boxplots van het gemeten elektrisch geleidingsvermogen (EGV) in het ondiepe grondwater (links) en het diepe grondwater (rechts) per gebiedstype van het PMG/LMG.

4.6 Fosfaat

Een andere belangrijke parameter voor vermessing 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 fosfaat verzadigde 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. Voor het grondwater zijn streefwaarden voor fosfaat opgesteld van 0,40 mg.l⁻¹ totaal-fosfor en 0,10 mg.l⁻¹ ortho-fosfaat.

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. Bij een fosfaatverzadiging van 25% (op zandgronden) zal voor het bovenste grondwater een ortho-fosfaatconcentratie worden aangetroffen die boven de 0,10 mg.l⁻¹ P zal liggen. In de praktijk wordt voor de zandgronden een fosfaatverzadiging van 25% als streefwaarde aangehouden.

Tabel 4.3

Waardering van de fosfaattoestand van de bouwvoor (0-25 cm) voor bouwland (Pw-getal in mg P₂O₅ per l grond) en de bouwvoor (0-10 cm) voor grasland (P-Al-getal in mg P₂O₅ per 100 gram grond) (Schoumans et al., 2008).

Waardering	Pw-getal	P-Al-getal		
	(bouwland)	(grasland)		
	Alle gronden	Zeeklei, veen, zand, dalgrond	Rivierklei	Löss
Zeer laag	<11	-	-	-
Laag	11 – 20	<16	<14	<13
Vrij laag	-	16 – 26	14 – 22	13 – 19
Voldoende	21 – 30	27 – 35	23 – 30	20 – 29
Ruim voldoende	31 – 45	36 – 50	31 – 46	30 – 45
Vrij hoog	46 – 60	-	-	-
Hoog	>60	>50	>46	>45

Andere parameters om de fosfaattoestand van de bodem te beschrijven is in termen van bodemvruchtbaarheid. De bodemvruchtbaarheid (hoeveelheid beschikbaar fosfaat voor het gewas in de bodem) wordt uitgedrukt als Pw-getal voor bouwlandgronden en als P-Al-getal voor graslanden. 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). Voor zowel het Pw-getal als het P-Al-getal is een systeem van waarderingen van de bodemvruchtbaarheid vanaf zeer laag (Pw-getal) tot hoog (tabel 4.3). Als grenswaarde voor het Pw-getal en P-Al-getal is de overgang van ruim voldoende naar vrij hoog / hoog, respectievelijk 45 mg P₂O₅ per l grond en 50 mg P₂O₅ per 100 gram grond. Deze grenswaarde komt overeen met de doelstelling uit het - inmiddels niet meer van toepassing zijnde - Provinciaal OmgevingsPlan (Boukes en Baggelaar, 2002).

Figuur 4.26 geeft het palet van toestanden en trends van de fosfaatverzadiging van de bodem in de verschillende meetnetten weer. Hieruit blijkt dat de landbouwbodems sterk zijn verzadigd met fosfaat en dat zelfs 100% van de meetlocaties op bouwland van het MDA de streefwaarde overschrijdt (zie tabel 4.4). Voor de andere gebiedstypen is dit 67% (grasland op zand/podzol, MDA), 88% (bouwland op podzol, MBK), 80% bouwland op moerig zand, MBK), 60% (grasland op podzol, MBK), 80% (grasland op moerig zand, MBK) en 50% (grasland op podzol, PBB). Ook uit de periode-boxplots per gebiedstype blijkt de hoge fosfaatverzadiging van de bodem voor de verschillende meetnetten (figuur 4.27). Daarnaast blijkt ook dat specifiek voor de twee gebiedstypen op landbouwgronden in het MDA (bouwland op podzol en grasland op podzol) een significante stijging van de fosfaatverzadiging wordt geconstateerd. Vooral bouwland op podzol laat een stijgende trend zien.

Tabel 4.4

Percentage overschrijding van de streefwaarde voor fosfaatverzadiging in de bodem voor de verschillende meetnetten voor zandgronden.

% normoverschrijding	Omschrijving	MDA	MBK	PBB
g-pZ	Grasland op podzol	67%	60%	50%
b-pZ	Bouwland op podzol	100%	88%	-
g-mZ	Grasland op moerig zand	-	80%	-
b-mZ	Bouwland op moerig zand	-	80%	-

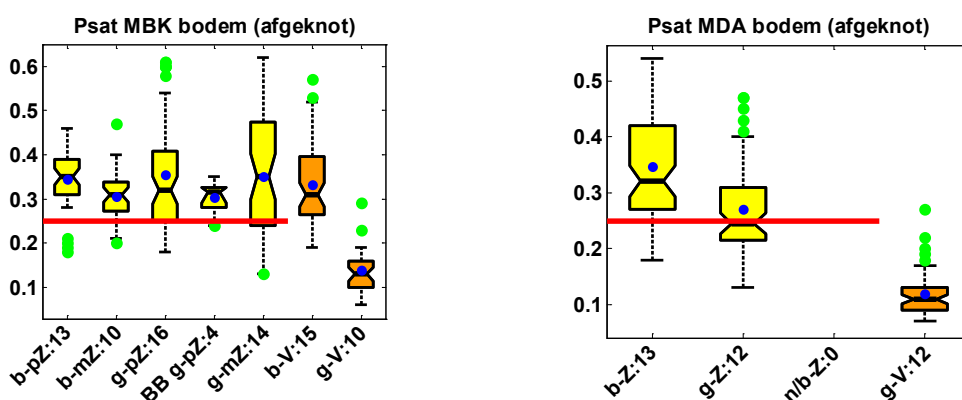
Psat (fosfaatverzadiging)

Compartiment	Meetnet	Bouwland				Grasland				Natuur		Bouwl Veen		Grasl Veen		Stad	Kwel
		Zand								Veen							
Bodem	MDA (Drentsche Aa)	12 13 b-Z				12 12 g-Z				0 0 n/b-Z				12 g-V			
	MBK (Bodemkwal.)	8 13 b-pZ		10 10 b-mZ		15 16 g-pZ		10 14 g-mZ				15 b-V		10 g-V			
	PBB (Bedreven Bedrijven)					4 0 g-pZ											
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr

Kleurcodering Toestand	■ voldoet aan norm	■ voldoet niet aan norm	
Kleurcodering Trend	■ is verbeterd	■ geen trend	■ is verslechterd

Figuur 4.26

Palet van toestanden en trends van fosfaatverzadiging van de bodem.

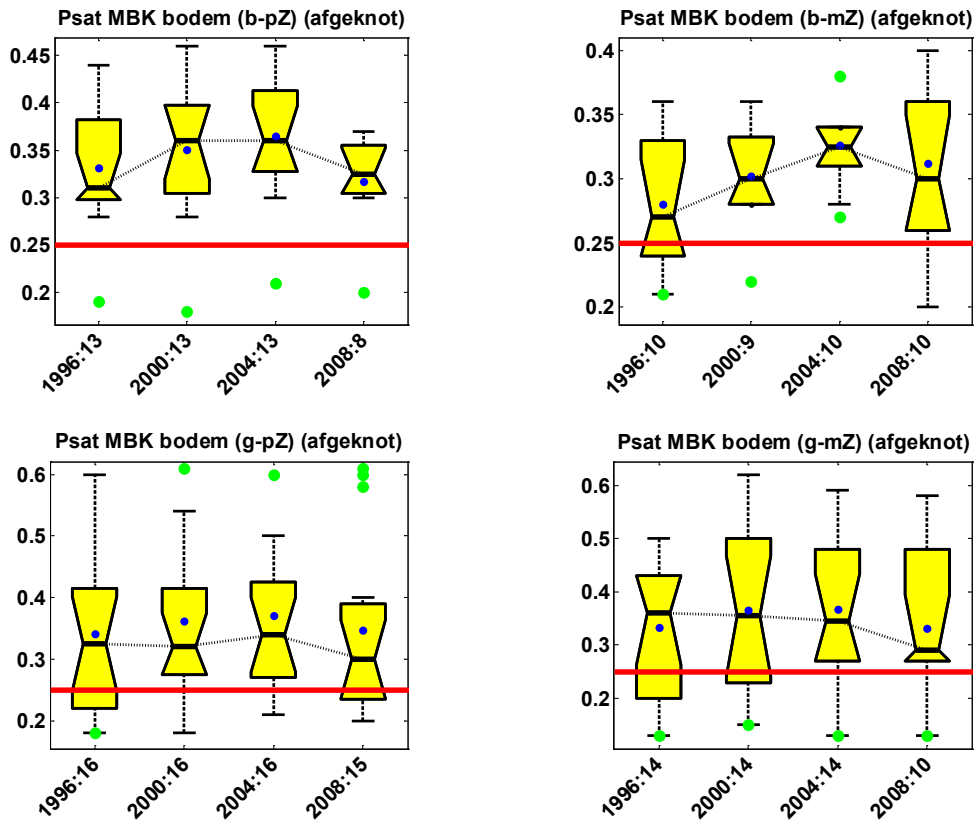


Figuur 4.27

Periode-boxplots van de fosfaatverzadiging van de bodem per gebiedstype voor het MBK (links) en het MDA (rechts).

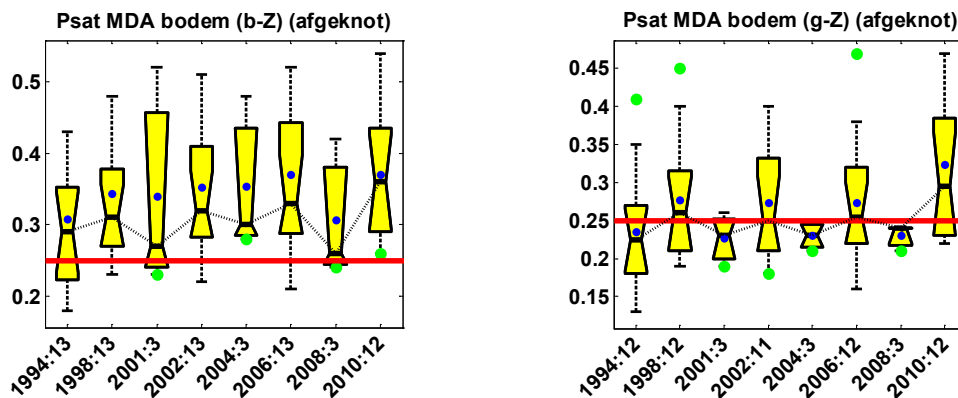
In de figuren 4.28 en 4.29 zijn per gebiedstype de jaar-boxplots voor de fosfaatverzadiging van de bodem voor de verschillende meetnetten weergegeven. Opvallend is de daling in fosfaatverzadiging van de bodem in het meetjaar 2008 voor het MBK (figuur 4.28). Voor het MDA wordt in het meetjaar 2010 juist weer een stijging van de fosfaatverzadiging waargenomen (figuur 4.29). Voor dit laatstgenoemde meetnet worden in de meetjaren 2001, 2004 en 2008 op drie locaties aanvullende metingen van onder andere fosfaat in de bodem uitgevoerd, voor de rapportage voor het MBK (figuur 4.29). Het is opvallend dat de meetwaarden voor deze drie meetlocaties in zowel 2001 en 2004 als in 2008 lager uitvallen dan in de meetjaren dat alle meetlocaties in de Drentsche Aa worden bemonsterd. Blijkbaar zijn deze drie meetlocaties minder representatief voor het

gemiddelde van de dertien meetlocaties. Als deze aanvullende metingen voor het MDA buiten beschouwing worden gelaten, wordt het beeld voor de fosfaatverzadiging van de bodem in het gebied van de Drentsche Aa consistent (figuur 4.30). Voor zowel bouwland als voor grasland wordt dan een stijging van de fosfaatverzadiging van de bodem gevonden.



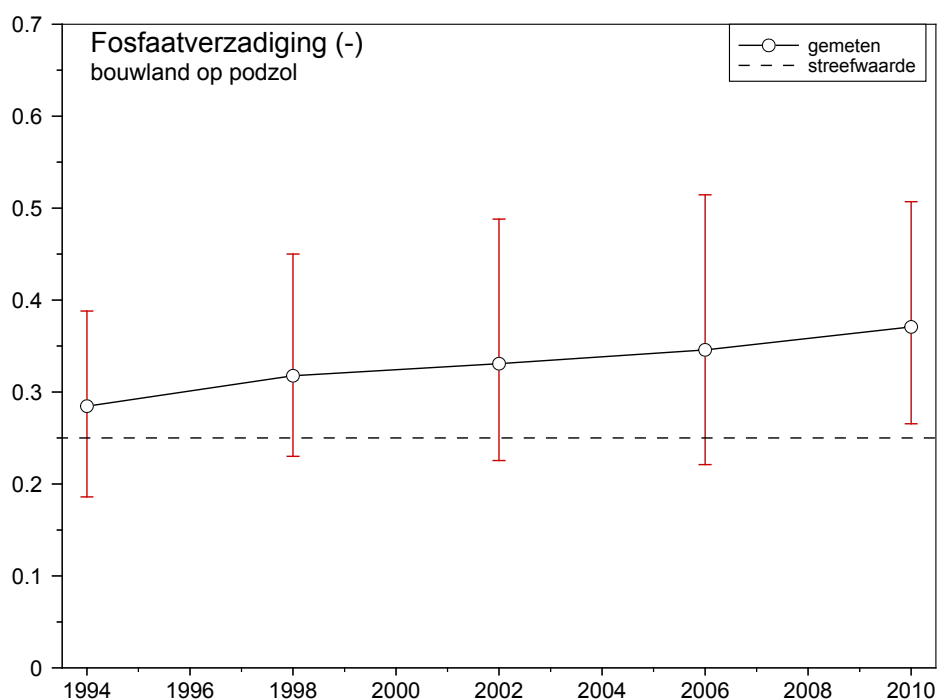
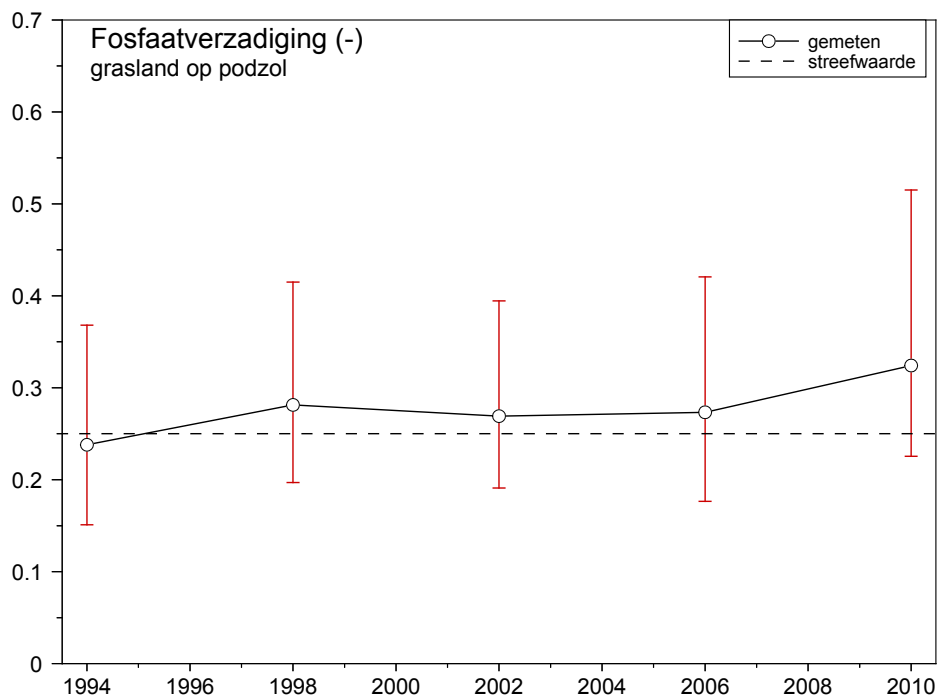
Figuur 4.28

Jaar-boxplots van de gemeten fosfaatverzadiging in de bodem van het MBK voor de gebiedstypen bouwland op podzol (linksboven), bouwland op moerig zand (rechtsboven), grasland op podzol (linksonder) en grasland op moerig zand (rechtsonder).



Figuur 4.29

Jaar-boxplots van de gemeten fosfaatverzadiging in de bodem van het MDA voor de gebiedstypen bouwland op podzol (links) en grasland op podzol (rechts).



Figuur 4.30

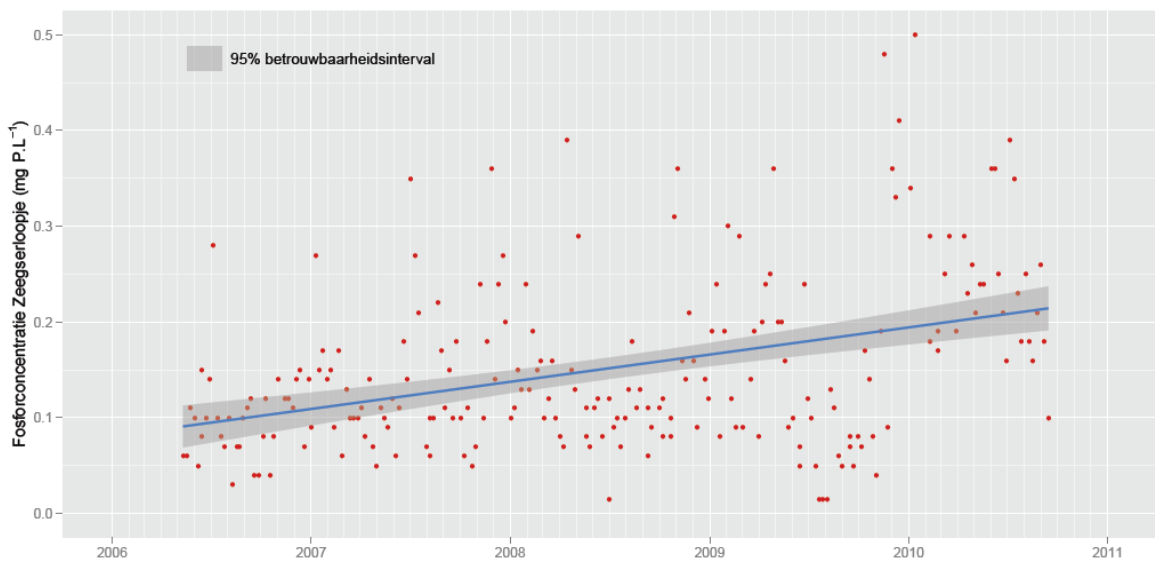
Gemiddelde fosfaatverzadiging in de bodem voor gebiedstype grasland op podzol (boven) en bouwland op podzol (onder) van het MDA. In rood is de spreiding weergegeven (5-percentiel en 95-percentiel van de meetwaarden).

Een hoge fosfaatverzadiging van de bodem geeft een verhoogd risico tot uitspoelen van fosfaat naar het grond- en oppervlaktewater. Of er ook daadwerkelijk meer fosfaat in het grond- en oppervlaktewater terecht komt kan blijken uit monitoring. In het kader van het project Monitoring Stroomgebieden is in de periode 2004 - 2010 een intensieve monitoringstudie in het stroomgebied van de Drentsche Aa uitgevoerd met als

doel de effecten van het Mestbeleid op de waterkwaliteit in beeld te brengen (Woestenburg en Van Tol-Leenders, 2011). In kader 3 is een korte weergave van de resultaten voor fosfaat in deze studie beschreven. Uit deze meetcampagne is duidelijk gebleken dat in de waarnemingsperiode 2006 - 2010 de fosforconcentratie in het oppervlaktewater in het door landbouw gedomineerde stroomgebied van het Zeegserloopje (een deelstroomgebied van de Drentsche Aa) is gestegen. Het opladen van de (landbouw)bodem met fosfaat en het stijgen van de fosforconcentraties in het oppervlaktewater lijkt voor dit gebied duidelijk gerelateerd.

Kader 3 Gerichtere sturing van de oppervlaktewaterkwaliteit

De fosforconcentraties in het oppervlaktewater stijgen in de door landbouw gedomineerde delen van de Drentsche Aa. Ondanks dat het gebruik van meststoffen, door aangescherpt mestbeleid, flink is afgenomen. In het project Monitoring Stroomgebieden is in detail gekeken naar de relatie tussen het mestbeleid en de oppervlaktewaterkwaliteit. De stijgende trend in delen van het stroomgebied van de Drentsche Aa kan worden verklaard door de toegenomen fosfaatverzadiging van de landbouwbodems in combinatie met toename van regen en hogere grondwaterstanden. Door bij de interpretatie van de oppervlaktewatermetingen beter gebruik te maken van de informatie uit het bodemkwaliteitsmeetnet kan zeer gericht worden gestuurd op een goede oppervlaktewaterkwaliteit.



Trendanalyse concentratie totaal-fosfor in het door landbouw gedomineerde Zeegserloopje, een deelstroomgebied van de Drentsche Aa.

Bron: Roelsma et al., 2012.

Pw-getal

Compartiment	Meetnet	Bouwland				Grasland				Natuur	Bouwl		Grasl		Stad	Kwel	
		Zand									Veen						
Bodem	MDA (Drentsche Aa)																
		12	13				12				0				5		
		b-Z		g-Z		n/b-Z		g-V									
Bodem	MBK (Bodemkwal.)																
		8	13	10	10	16	14			15	15		10				
		b-pZ		b-mZ		g-pZ		g-mZ		b-V		g-V					
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr

Kleurcodering Toestand		voldoet aan norm		voldoet niet aan norm		
Kleurcodering Trend		is verbeterd		geen trend		is verslechterd

Figuur 4.31

Palet van toestanden en trends van het Pw-getal van de bodem.

P-Al-getal

Compartiment	Meetnet	Bouwland				Grasland				Natuur	Bouwl		Grasl		Stad	Kwel	
		Zand									Veen						
Bodem	MDA (Drentsche Aa)																
			12			12	12				0			11	12		
		b-Z		g-Z		n/b-Z		g-V									
Bodem	MBK (Bodemkwal.)																
			13	10	10	15	16	10	14			15	9	10			
		b-pZ		b-mZ		g-pZ		g-mZ		b-V		g-V					
Bodem	PBB (Bedreven Bedrijven)																
						3	0										
		b-Z		g-Z		n/b-Z		g-V									
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr

Kleurcodering Toestand		voldoet aan norm		voldoet niet aan norm		
Kleurcodering Trend		is verbeterd		geen trend		is verslechterd

Figuur 4.32

Palet van toestanden en trends van het P-Al-getal van de bodem.

In de figuren 4.31 en 4.32 is het palet van toestanden en trends van de parameters voor de bodemvruchtbaarheid (Pw-getal en P-Al-getal) weergegeven. Hieruit komt ruwweg hetzelfde beeld naar voren als voor de fosfaatverzadiging: hoge fosfaatwaarden voor bouwland (Pw-getal) en iets minder hoog voor graslanden (P-Al-getal). 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).

Ortho-fosfaat

Compartiment	Meetnet	Bouwland		Grasland		Natuur		Bouwl		Grasl		Stad	Kwel		
		Zand													
								Veen							
Freatisch water	MDA (Drentsche Aa)	0		1		4		11							
		b-Z		g-Z		n/b-Z		g-V							
	MBK (Bodemkwal.)	0	5	6	10		14	9							
		b-pZ	b-mZ	g-pZ	g-mZ		b-V	g-V							
	PBB (Bedreven Bedrijven)			6											
				g-pZ											
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr

Kleurcodering Toestand		voldoet aan norm		voldoet niet aan norm
Kleurcodering Trend		is verbeterd		geen trend
		is verslechterd		

Figuur 4.33

Palet van toestanden en trends van ortho-fosfaat (PO_4).

In de figuren 4.33 en 4.34 is het palet van toestanden en trends van de ortho-fosfaatconcentraties (PO_4) in het freatisch grondwater en de totaal-fosforconcentraties in bodem en grondwater weergegeven. Uit de analyse van de toestand voor het grondwater (voor bodem is geen norm) blijkt dat de norm nagenoeg niet wordt overschreden. Dit komt deels doordat de norm voor grondwater veel ruimer is gesteld dan voor het oppervlaktewater (2,0 mg.l⁻¹ P-totaal voor het grondwater; 0,10 mg.l⁻¹ P-totaal voor het oppervlaktewater). Daarnaast wordt het aan bodem gefixeerd fosfaat mobiel bij hoge grondwaterstanden (bijvoorbeeld na intensieve regenbuien), waarbij de grondwaterstand tot in de fosfaatrijke bouwvoor komt. 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.

Voor ortho-fosfaat (PO_4) gelden geen normen meer voor het grondwater. Voor deze parameter kan dan, door het ontbreken van de norm, ook geen toestand worden bepaald.

In het freatisch grondwater wordt voor ortho-fosfaat in de meeste gevallen van de meetlocaties geen trend gedetecteerd. Binnen dezelfde gebiedstypen wordt slechts in enkele meetlocaties een dalende trend vastgesteld, maar er zijn ook enkele meetlocaties met een stijgende trend (figuur 4.33).

Voor totaal-fosfor in het grondwater wordt in een enkel geval de norm in het diepere grondwater overschreden. Het gaat hier om 1 meetlocatie in gebiedstype stedelijke gebied en 1 meetlocatie in het meetnet MBK, freatisch grondwater in gebiedstype bouwland op veenkoloniale gronden. De reden voor de verhoogde fosforconcentraties op deze 2 meetlocaties is voornamelijk niet duidelijk. Ook voor totaal-fosfor in het freatisch grondwater wordt in de meeste gevallen van de meetlocaties geen trend gedetecteerd. Voor het diepere grondwater wordt in enkele gevallen een dalende trend gevonden (bijvoorbeeld voor gebiedstype b-Z-if in het ondiepe grondwater), maar in andere gebiedstypen wordt voor enkele meetlocaties zowel een dalende als een stijgende trend gevonden.

Totaal-fosfor

Compartiment	Meetnet	Bouwland		Grasland		Natuur		Bouwl		Grasl		Stad	Kwel				
		Zand				Veen											
Bodem	MDA (Drentsche Aa)	13 b-Z		12 g-Z		0 n/b-Z		12 g-V									
	MBK (Bodemkwal.)	8 b-pZ	10 b-mZ	15 g-pZ	10 g-mZ			15 b-V	8 g-V								
Freatisch water	MV (Verzuring)					14 n/b-Z											
	MDA (Drentsche Aa)	12 b-Z		12 g-Z		17 n/b-Z		11 g-V									
	MBK (Bodemkwal.)	8 b-pZ	10 b-mZ	15 g-pZ	12 g-mZ			15 b-V	14 g-V	9 g-V	9						
	PBB (Bedreven Bedrijven)					17 g-pZ											
Ondiep grondwater	PMG/LMG (Grondwaterkwal.)	12	2	11	6	9	3	12	10	8	0	6	5	5	3	9	10
Diep grondwater		15 b-Z-if	6 b-Z-im	4 b-Z-im	13 g-Z-if	8 g-Z-if	6 g-Z-im	4 n/b-Z-if	13 V-im	8	6	5	4	6	6	10	10
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr

Kleurcodering Toestand	■ voldoet aan norm	■ voldoet niet aan norm	
Kleurcodering Trend	■ is verbeterd	■ geen trend	■ is verslechterd

Figuur 4.34

Palet van toestanden en trends van totaal-fosfor.

4.7 Samenvatting en conclusies vermessing

- **Nitraatconcentraties** in het grondwater op de zandgronden in de landbouwgebieden overschrijden de norm. Over de waarnemingsperiode wordt een gemiddelde nitraatconcentratie van circa 100 mg.l⁻¹ NO₃ in het freatisch grondwater gevonden. Daarnaast wordt er geen verandering vastgesteld. Ook in het diepere grondwater wordt de norm voor nitraat (50 mg.l⁻¹ NO₃) regelmatig overschreden voor vooral de zandgronden in landbouwgebieden in de infiltratiegebieden.
- Nagenoeg alle meetlocaties op de zandgronden hebben een **fosfaatverzadigingsgraad** die boven de streefwaarde van 25% ligt. Vooral voor bouwland worden hoge meetwaarden aangetroffen. Daarnaast wordt voor enkele meetlocaties in het MDA een significante stijging van de fosfaatverzadiging van de bodem vastgesteld. Dit geldt vooral voor de meetlocaties op bouwland. Voor de andere meetlocaties wordt geen trend geconstateerd (dus geen verbetering of verslechtering van de fosfaatverzadiging van de bodem).
- Voor de andere parameters voor vermessing (ammonium, kalium, chloride en elektrisch geleidingsvermogen) wordt de norm of streefwaarde niet tot nauwelijks overtreden. In enkele gevallen wordt overschrijding van de norm veroorzaakt door natuurlijke processen zoals door kwelwater (bijvoorbeeld ammonium in het diepe grondwater).

5 Integrale rapportage over 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 (stikstof- en zwavelverbindingen) 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.

5.1 Zuurgraad (pH)

Zoals aangegeven in hoofdstuk 4 is er bij verzuring van bodem of water sprake van een verhoogde concentratie H⁺-ionen in bodem of water. Voor de zuurgraad is een streefwaarde van 5,0 opgesteld.

Figuur 5.1 geeft het palet van toestanden en trends van de zuurgraad in de verschillende meetnetten weer. Hieruit blijkt duidelijk de hoge overschrijding van de norm voor bodem en het freatisch grondwater voor de natuurgronden. In het MV is die zelfs 100%. Ook op de bemeste landbouwgronden is er sprake van verzuring, vooral voor gebiedstype bouwland op zand en in mindere mate voor gebiedstype grasland op zand, zowel voor het MDA als het MBK. Dat op deze locaties minder overschrijdingen plaats vinden heeft te maken met het gebruik van zuurbufferende middelen als kalkmeststoffen in de landbouw (zie § 5.2). Ook op diepere locaties (ondiep grondwater PMG/LMG) vindt nog regelmatig overschrijding van de norm plaats. Voor trends geldt dat er voor de meeste meetlocaties geen trend is vastgesteld en voor enkele locaties een stijgende trend (toename van verzuring) is geconstateerd. Vooral op locaties in het ondiepe grondwater (gebiedstype b-Z-if) is de toename in verzuring zichtbaar.

Uit de periode-boxplots per gebiedstype blijkt ook duidelijk de hoge zuurgraad (lage pH) voor de natuurgronden (figuren 5.2, 5.3 en 5.4). Voor de bovenste 10 cm van de bodem wordt voor de meetlocaties op natuurgronden in het MV een gemiddelde pH van 3,3 gevonden (figuur 5.2). Deze waarde voor de pH ligt dicht bij de pH van 3,5 die landelijk werd gevonden op meetlocaties in naaldbos op zandgrond door Mol (2002). Dieper in het bodemsysteem stijgt de pH naar circa 4,5 voor het freatisch grondwater (figuren 5.2 en 5.3). Nog dieper in het bodemsysteem stijgt de pH naar 5,0 voor het ondiepe grondwater tot 5,5 voor het diepe grondwater (figuur 5.4).

pH (zuurgraad)

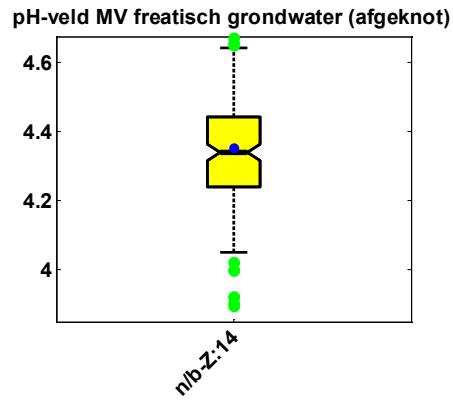
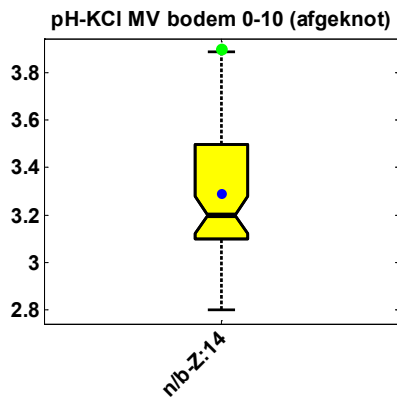
Compartiment	Meetnet	Bouwland	Grasland		Natuur	Bouwl	Grasl	Stad	Kwel								
		Zand		Veen													
Bodem (pH-KCl)	MV (Verzuring)																
						14 14 n/b-Z											
Freatisch water	MV (Verzuring)																
						13 14 n/b-Z											
	MDA (Drentsche Aa)																
		11 12 b-Z		12 12 g-Z		15 17 n/b-Z		10 11 g-V									
Freatisch water	MBK (Bodemkwal.)																
		8 8 b-pZ	10 10 b-mZ	12 15 g-pZ	9 12 g-mZ		14 15 b-V	8 9 g-V									
Freatisch water	PBB (Bedreven Bedrijven)																
						15 14 g-pZ											
Ondiep grondwater	PMG/LMG (Grondwaterkwal.)																
		12 10	11 7	9 8	12 7	8 6	6 4		5 5	9 4							
Diep grondwater	PMG/LMG (Grondwaterkwal.)																
		15 15 b-Z-if	4 8 b-Z-im	8 8 g-Z-if	4 7 g-Z-im	8 9 n/b-Z-if	5 3 V-im		6 5 stad	10 4 kwel							
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr

Kleurcodering Toestand		voldoet aan norm		voldoet niet aan norm
Kleurcodering Trend		is verbeterd		geen trend
		is verslechterd		

Figuur 5.1

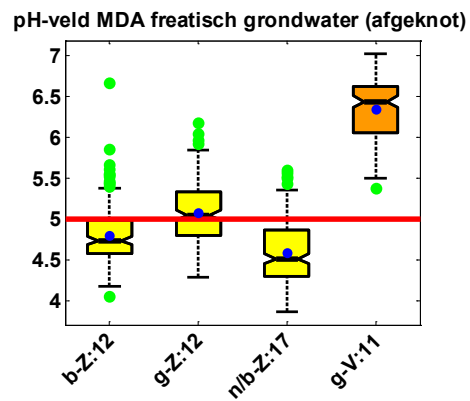
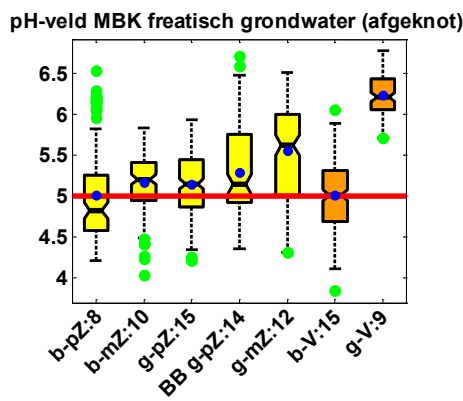
Palet van toestanden en trends van de zuurgraad (pH).

Veengronden hebben van nature een hogere pH-waarde. Dit is ook goed te zien in de periode-boxplots (figuur 5.3 en 5.4). Opvallend is dat de meetlocaties op landbouwgronden in het MDA een lagere pH kennen dan de meetlocaties op landbouwgronden in het MBK. Wellicht dat op deze gronden iets minder kalkmeststoffen worden gebruikt. Verder verschillen de meetlocaties in MDA en MBK voor hydrologie. In het algemeen zijn de meetlocaties in MDA op iets drogere gronden (esgronden) gesitueerd dan de meetlocaties in MBK. Deze verschillen kunnen doorwerken in de verzuringstoestand van de bodem.



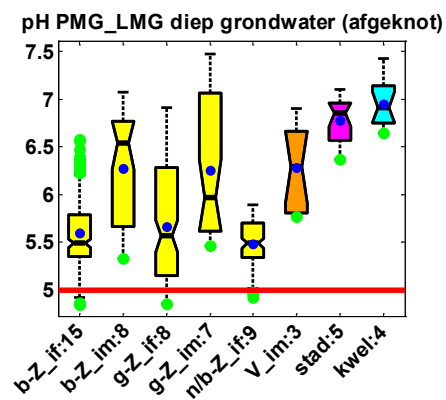
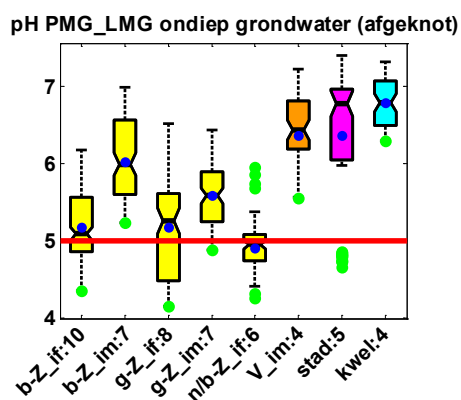
Figuur 5.2

Periode-boxplots van de zuurgraad van de bodem (links) en het freatisch grondwater (rechts) voor de meetlocaties op natuurgronden voor het MV.



Figuur 5.3

Periode-boxplots van de zuurgraad van het freatisch grondwater per gebiedstype van het MBK (links) en het MDA (rechts).

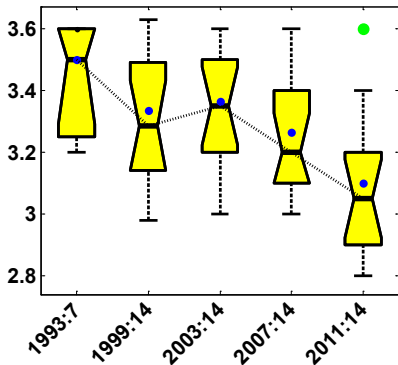


Figuur 5.4

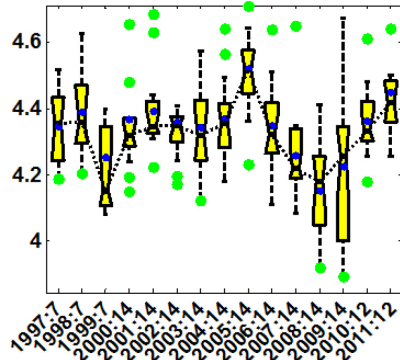
Periode-boxplots van de zuurgraad in het ondiepe grondwater (links) en het diepe grondwater (rechts) per gebiedstype van het PMG/LMG.

In de figuren 5.5 t/m 5.8 zijn de jaar-boxplots van de gemeten zuurgraad voor bouwland op zandgrond en natuur op zandgrond op verschillende diepten in het systeem weergegeven. Uit de metingen in de bodem blijkt een gestage daling van de zuurgraad voor de meetlocaties in de natuurgebieden (figuur 5.5). In het freatisch grondwater wordt voor de meeste meetlocaties geen trend geconstateerd. Dat geldt zowel voor de natuurgronden (figuren 5.5 en 5.6) als voor de bouwlandgronden (figuur 5.6).

pH-KCl MV bodem 0-10 (n/b-Z) (afgeknot)



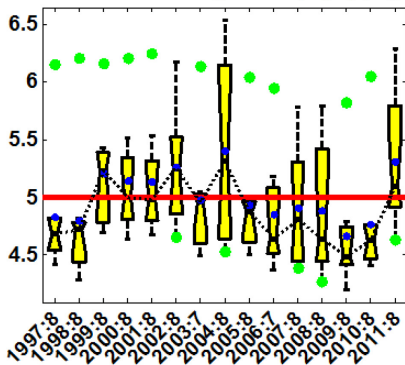
pH-velld MV freatisch grondw (n/b-Z) (afgeknot)



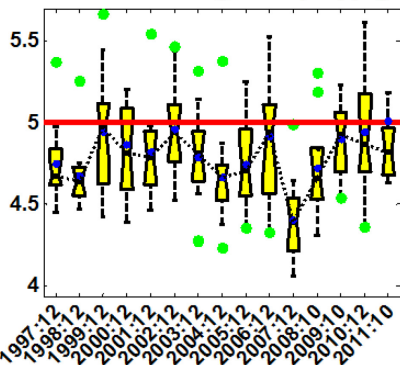
Figuur 5.5

Jaar-boxplots van de gemeten zuurgraad (pH) in de bodem (links) en het freatisch grondwater (rechts) voor gebiedstype natuur op zandgronden van het MV.

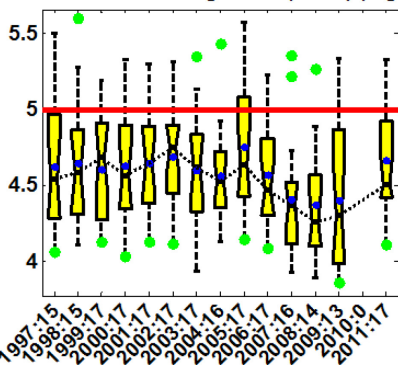
pH-velld MBK freatisch grondw (b-pZ) (afgeknot)



pH-velld MDA freatisch grondw (b-Z) (afgeknot)



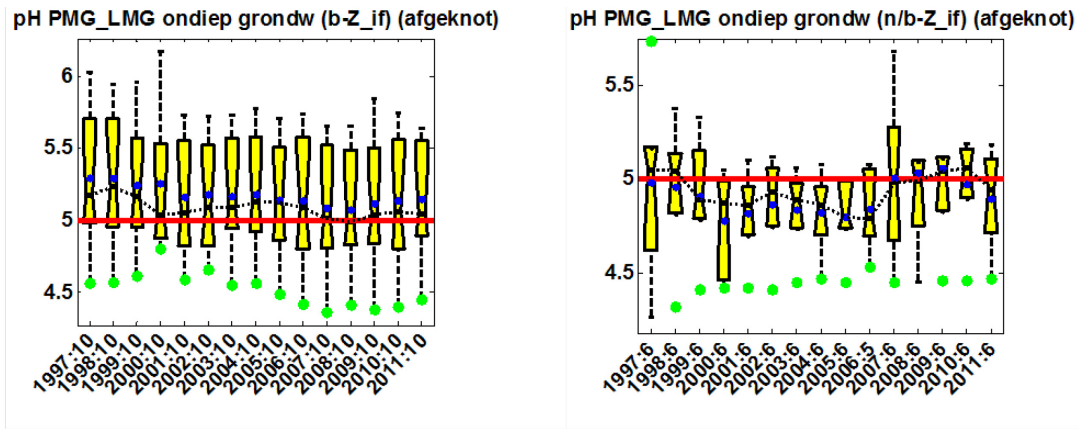
pH-velld MDA freatisch grondw (n/b-Z) (afgeknot)



Figuur 5.6

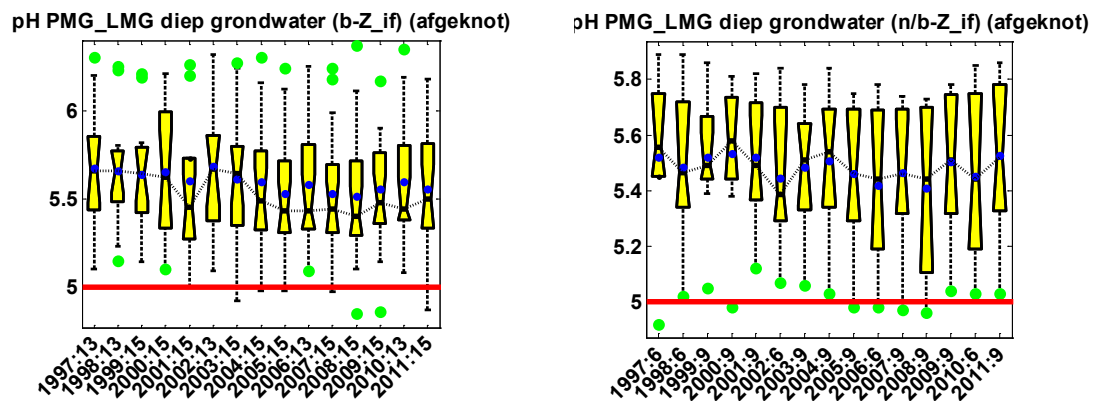
Jaar-boxplots van de gemeten zuurgraad (pH) in het freatisch grondwater voor bouwland op zandgronden in het MBK (linksboven) en het MDA (rechtsboven) en voor natuur op zandgronden in het MDA (linksonder).

Dieper in het grondwatersysteem is de waargenomen zuurgraad iets hoger, al is die voor de meetlocaties op de natuurgronden gemiddeld genomen nog onder de pH 5,0 (figuur 5.7). Nog dieper in het grondwatersysteem (diep grondwater) liggen nagenoeg alle waarnemingen boven de pH 5,0 (figuur 5.8).



Figuur 5.7

Jaar-boxplots van de gemeten zuurgraad in het ondiepe grondwater voor bouwland op zandgronden in de infiltratiegebieden (links) en natuur op zandgronden in de infiltratiegebieden (rechts) van het PMG/LMG.



Figuur 5.8

Jaar-boxplots van de gemeten zuurgraad in het diepe grondwater voor bouwland op zandgronden in de infiltratiegebieden (links) en natuur op zandgronden in de infiltratiegebieden (rechts) van het PMG/LMG.

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 (CaCO_3). Verder komt calcium (Ca^{2+}) vrij bij vertering van kalkhoudende gesteente. In de bodem zijn calciumionen de meest voorkomende uitwisselbare positieve ionen.

Omdat voor calcium geen norm geldt kan voor deze parameter ook geen toestand worden bepaald (zie figuur 5.9).

Calcium

Compartiment	Meetnet	Bouwland				Grasland		Natuur		Bouwl	Grasl	Stad	Kwel
		Zand						Veen					
Bodem	MV (Verzuring)												
								14 n/b-Z					
Freatisch water	MV (Verzuring)												
								14 n/b-Z					
	MBK (Bodemkwal.)												
		4 b-pZ	1 b-mZ	4 g-pZ	0 g-mZ	0 b-V	0 g-V						
Ondiep grondwater	PMG/LMG (Grondwaterkwal.)												
		12	12	9	14	9	6	6	10				
Diep grondwater													
		15 b-Z-if	11 b-Z-im	8 g-Z-if	13 g-Z-im	9 n/b-Z-if	5 V-im	6 stad	10 kwel				
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr

Kleurcodering Toestand	■ voldoet aan norm	■ voldoet niet aan norm	
Kleurcodering Trend	■ is verbeterd	■ geen trend	■ is verslechterd

Figuur 5.9

Palet van toestanden en trends van calcium.

Voor de meetlocaties in de bodem en het freatisch grondwater van het MBK geldt dat er geen trend in calciumconcentraties wordt gedetecteerd (figuur 5.9). Echter, in het MV wordt voor gebiedstype natuur op zandgrond voor het leeuwendeel van de meetlocaties een dalende trend geconstateerd.

Voor het diepere grondwater is de verscheidenheid in de bepaalde trend groter. Voor verschillende gebiedstypen wordt daar voor een aantal meetlocaties een significante daling van de calciumconcentraties vastgesteld, terwijl andere gebiedstypen voor een aantal metingen juist een significante stijging van de calciumconcentraties laat zien.

5.3 Aluminium

Aluminium komt van nature in de bodem voor. Het is een belangrijk onderdeel van minerale bodemdeeltjes. Klei bestaat hoofdzakelijk uit aluminumsilicaten. Door verwerking komt aluminium in de bodemoplossing voor. Bij een hoge zuurgraad (lage pH) kan aluminium in oplossing gaan. Opgeloste Al³⁺-ionen kunnen giftig zijn voor planten, omdat de ionen wortelbeschadigingen kunnen veroorzaken en daardoor de nutriëntenopname verlagen.

Voor het grondwater is er feitelijk geen norm voor aluminium opgesteld. Voor drinkwater geldt er echter een norm van 200 µg.l⁻¹ ofwel 0,2 mg.l⁻¹. Omdat het meeste drinkwater in Nederland uit het (diepe) grondwater wordt gewonnen en de belasting van het freatisch grondwater naar het diepere grondwater een risico voor de (toekomstige) winning van het drinkwater met zich meebrengt is in deze studie gekozen voor het toetsen aan de drinkwaternorm van 0,2 mg.l⁻¹.

Aluminium

Compartiment	Meetnet	Bouwland	Grasland		Natuur	Bouwl	Grasl	Stad	Kwel								
		Zand				Veen											
Freatisch water	MV (Verzuring)					14	14										
	MBK (Bodemkwal.)	4	4	1	1	4	4	0	0	0	0						
Ondiep grondwater	PMG/LMG (Grondwaterkwal.)	12	12	11	9	9	8	12	6	8	8	6	4	5	5	9	2
		15	12	4	9	8	7	4	4	8	7	5	3	6	4	10	4
Diep grondwater		b-Z-if	b-Z-im	g-Z-if	g-Z-im	n/b-Z-if	V-im				stad	kwel					
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr

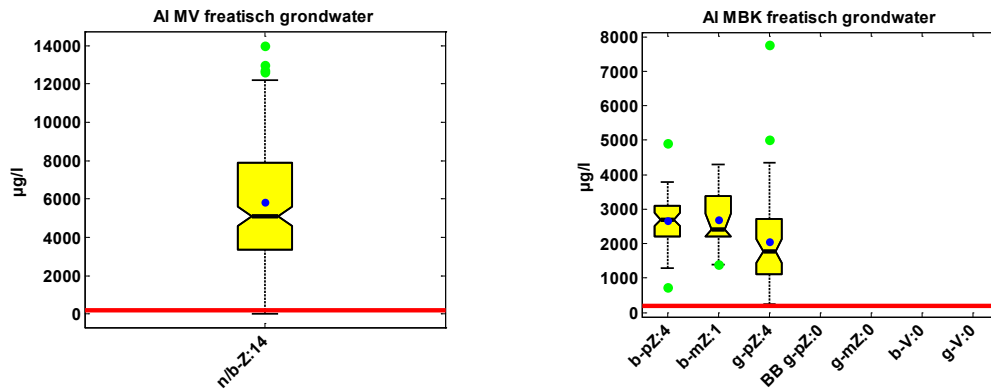
Kleurcodering Toestand	■ voldoet aan norm	■ voldoet niet aan norm	
Kleurcodering Trend	■ is verbeterd	■ geen trend	■ is verslechterd

Figuur 5.10

Palet van toestanden en trends van aluminium.

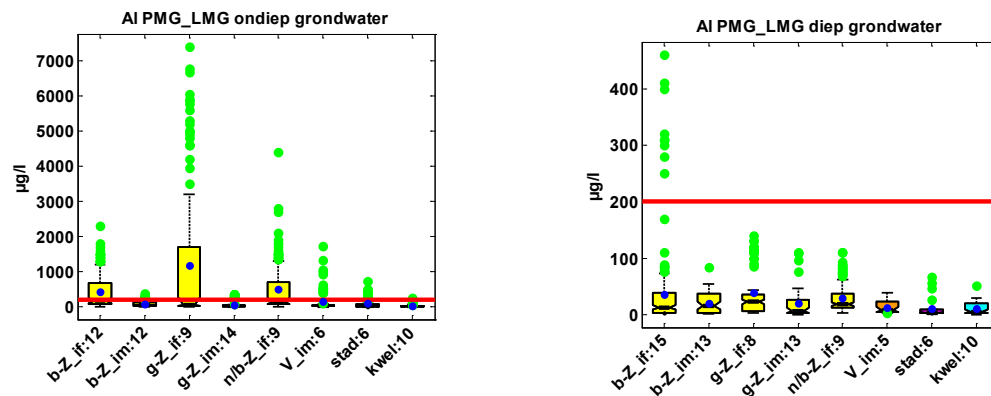
Figuur 5.10 geeft het palet van toestanden en trends van de aluminiumconcentraties in het grondwater in de verschillende meetnetten weer. Hieruit blijkt duidelijk de hoge overschrijdingen van de norm voor het freatisch grondwater. In het ondiepe grondwater zijn deze overschrijdingen al een stuk kleiner; in het diepe grondwater komt er zelfs al geen overschrijdingen van de norm meer voor.

Voor het freatisch grondwater worden onder de natuurgronden een gemiddelde aluminiumconcentratie van 6000 µg.l⁻¹ ofwel 6 mg.l⁻¹ aangetroffen (figuur 5.11). In de studie van Mol (2002) werd op ruim 90 meetlocatie op natuurgronden (naaldbos) op verschillende locaties in Nederland een gemiddelde aluminiumconcentratie gevonden van 6,0 mg.l⁻¹ voor de diepte van 0-20 cm in de bodem en 7,3 mg.l⁻¹ op een diepte van 60 - 110 cm onder maaiveld. Omdat de verwachting is dat, onder de natuurgronden, de pH niet sterk stijgt vanaf de bouwvoor en B/C-horizont (60 - 100 cm –m.v.) tot aan het freatisch grondwater, mag hier geconcludeerd worden dat de aluminiumconcentraties die in het freatisch grondwater worden gevonden van het MV min of meer een gemiddelde waarde hebben.



Figuur 5.11

Periode-boxplots van de aluminiumconcentratie in het freatisch grondwater voor de meetlocaties in het MV (links) en voor de meetlocaties in het MBK (rechts).



Figuur 5.12

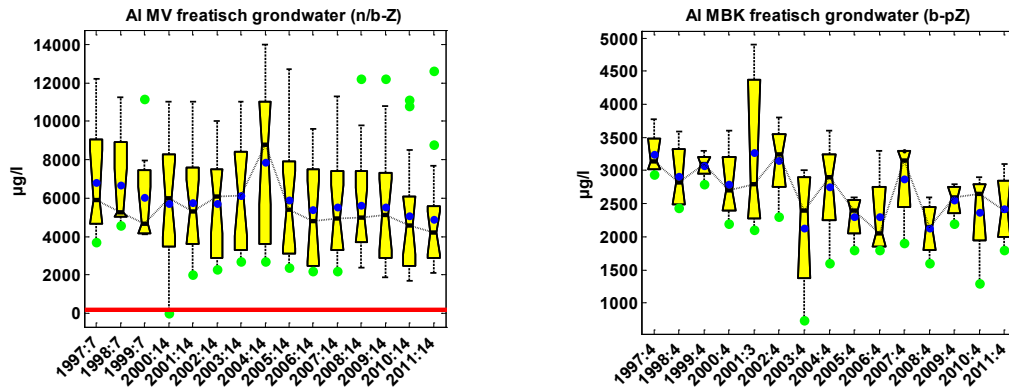
Periode-boxplots van de aluminiumconcentraties in het ondiepe grondwater (links) en het diepe grondwater (rechts) per gebiedstype van het PMG/LMG.

Onder de landbouwgronden wordt een gemiddelde aluminiumconcentratie gevonden van circa 2000 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (grasland) tot 2500 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (bouwland). Dat onder bouwland hogere aluminiumconcentraties worden aangetroffen kan worden verklaard doordat daar een lagere pH wordt aangetroffen (zie § 5.1). Bij waarden van de pH onder 5,0 neemt de aluminiumconcentratie sterk toe (Boukes en Baggelaar, 2002). Onder bouwland wordt een pH waargenomen tussen de 4,5 en 5,0. Voor grasland liggen deze waarden tussen de 5,0 en 5,5 (zie figuur 5.3). Onder veengronden zijn geen metingen beschikbaar, maar gezien de hoge pH-waarden zijn de aluminiumconcentraties hier laag.

In het diepere grondwater dalen de waargenomen aluminiumconcentraties sterk ten opzichte van het freatisch grondwater (figuur 5.12). Deze daling komt overeen met het afnemen van de zuurgraad (dus stijging van de pH) voor het diepere grondwater (zie § 5.1). In het ondiepe grondwater wordt de norm nog regelmatig overschreden (vooral de infiltratiegebieden laten overschrijdingen zien); in het diepe grondwater liggen nagenoeg alle waarnemingen onder de norm van 200 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

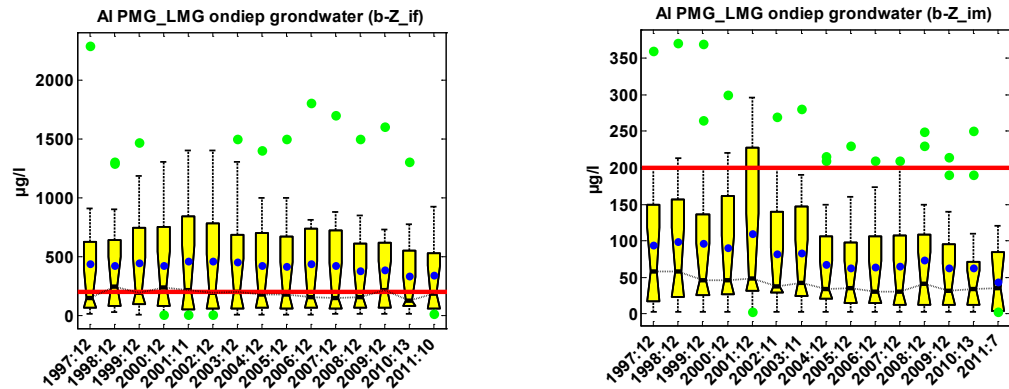
Voor enkele gebiedstypen die hoge(re) gemeten aluminiumconcentraties laten zien zijn in de figuren 5.13, 5.14 en 5.15 jaar-boxplots voor de verschillende diepten in het bodemsysteem weergegeven. Uit deze figuren en uit het palet (figuur 5.11) blijkt dat over de waarnemingsperiode de concentraties (licht) dalen. Dit is opvallend omdat aluminiumconcentraties sterk zijn gerelateerd aan de zuurgraad en voor de zuurgraad van het

freatische en het diepere grondwater geen trend tot een lichte stijging van de zuurgraad is geconstateerd (zie § 5.1). Voor de periode na 2004 lijkt de daling in concentraties geringer te worden.



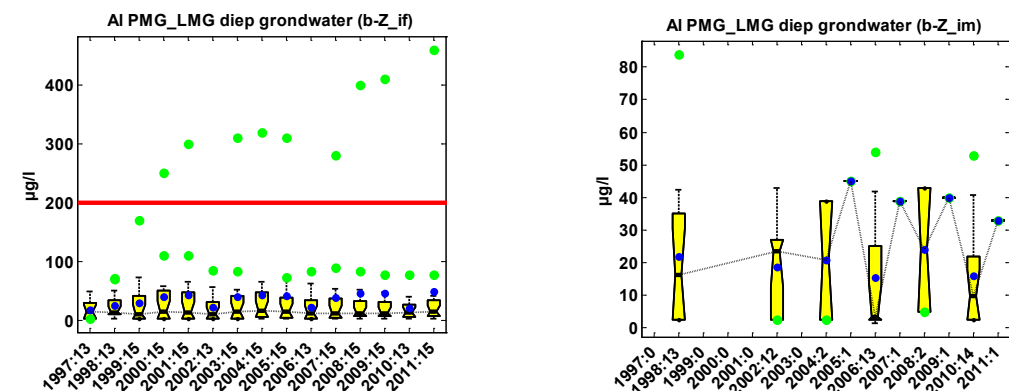
Figuur 5.13

Jaar-boxplots van de gemeten aluminiumconcentraties in het freatisch grondwater voor meetlocaties in de natuurgebieden van het MV (links) en meetlocaties in bouwland op zandgrond van het MBK (rechts).



Figuur 5.14

Jaar-boxplots van de gemeten aluminiumconcentraties in het ondiepe grondwater voor bouwland op zandgronden in de infiltratiegebieden (links) en bouwland op zandgronden in de intermediaire gebieden (rechts) van het PMG/LMG.



Figuur 5.15

Jaar-boxplots van de gemeten aluminiumconcentraties in het diepe grondwater voor bouwland op zandgronden in de infiltratiegebieden (links) en bouwland op zandgronden in de intermediaire gebieden (rechts) van het PMG/LMG.

5.4 Samenvatting en conclusies verzuring

- De **zuurgraad** van de bodem onder de natuurgebieden in Drenthe is hoog te noemen (lage pH). Ten opzichte van andere meetlocaties in natuurgebieden in Nederland liggen de metingen van de zuurgraad in Drenthe echter in dezelfde orde van grootte (pH 3,3 voor Drenthe; pH van 3,5 gemiddeld voor Nederland). Verder wordt er voor de meeste meetlocaties geen trend van de zuurgraad waargenomen. Voor enkele meetlocaties wordt echter een significante stijging van de zuurgraad waargenomen. Dit geldt vooral voor meetlocaties in het ondiepe grondwater, maar ook voor enkele in het freatisch grondwater (met name voor het MBK).
- De hoge zuurgraad (lage pH) van de bodem resulteert in hoge **aluminiumconcentraties** in vooral het freatisch grondwater. Onder natuurgronden wordt een gemiddelde aluminiumconcentratie van 6000 $\mu\text{g.l}^{-1}$ aangetroffen (drinkwaternorm voor aluminium is 200 $\mu\text{g.l}^{-1}$). Onder landbouwgronden zijn de gemeten concentraties lager: grasland circa 2000 $\mu\text{g.l}^{-1}$ en bouwland circa 2500 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Voor een groot deel van de meetlocaties wordt een daling in de aluminiumconcentraties vastgesteld, al lijkt deze daling in de periode na 2004 niet door te zetten.

6 Integrale rapportage over verspreiding (zware metalen)

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 (tabel 6.1). 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 paragraaf 5.1) 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 freatisch grondwater (bovenste grondwater) en het diepere grondwater opgesteld (zie § 3.3).

Tabel 6.1

*Emissie van zware metalen naar de bodem ingedeeld naar bronnen.
(RIVM, <http://www.rivm.nl/rvs/stoffen/prio>).*

	Landbouw	Industrie	Doelgroepen consumenten	Verkeer en vervoer	Afvalverwijderingsbedrijven	Handel, diensten en overheid	Natuurlijke bronnen
Arseen	X*	-	-	-	-	X*	-
Cadmium	70%	-	-	1%	4%	-	25%
Chroom	**	8%	92%	-	-	-	-
Koper	74%	15%	15%	4%	-	3%	4%
Lood	10%	-	8%	1%	-	81%	-
Zink	82%	-	-	10%	-	-	8%

* Niet gekwantificeerd; de belasting van de bodem met arseen vindt plaats door atmosferische depositie (grotendeels afkomstig van emissies in het buitenland), uitloging van gewolmaniseerd hout bij de doelgroep Consumenten.

** Niet onderzocht in de emissieregistratie.

6.1 Koper

De herkomst van koper is gerelateerd aan het gebruik van dierlijke mest in de landbouw (zie tabel 6.1). Uit de meetresultaten blijkt dan ook dat hogere koperconcentraties worden waargenomen in de landbouwgebieden (figuur 6.1). In een aantal meetlocaties in de landbouwgebieden zijn de gehalten hoger dan de achtergrondwaarde (vooral in bouwlandgronden zijn de gehalten vaak hoger dan achtergrondwaarden).

Koper

Compartiment	Meetnet	Bouwland	Grasland		Natuur	Bouwl	Grasl	Stad	Kwel								
		Zand		Veen		Stad	Kwel										
Bodem	MV (Verzuring)																
						14 14											
						n/b-Z											
Bodem	MDA (Drentsche Aa)																
		12 12		12 12		0 0	11 11										
		b-Z		g-Z		n/b-Z	g-V										
Bodem	MBK (Bodemkwal.)																
		13 0	10 0	16 0	14 0		15 0	10 0									
		b-pZ	b-mZ	g-pZ	g-mZ		b-V	g-V									
Bodem	PBB (Bedreven Bedrijven)																
				8 0													
				g-pZ													
Freatisch water	MV (Verzuring)																
						14 5											
						n/b-Z											
Freatisch water	MDA (Drentsche Aa)																
		12 8		12 11		17 2	11 4										
		b-Z		g-Z		n/b-Z	g-V										
Freatisch water	MBK (Bodemkwal.)																
		6 8	6 10	9 14	12 8		15 7	9 2									
		b-pZ	b-mZ	g-pZ	g-mZ		b-V	g-V									
Freatisch water	PBB (Bedreven Bedrijven)																
				17 13													
				g-pZ													
Ondiep grondwater	PMG/LMG (Grondwaterkwal.)																
		12 3	11 2	9 2	12 2	8 1	6 1		5 0	9 0							
Diep grondwater	PMG/LMG (Grondwaterkwal.)																
		15 0	4 1	8 1	4 0	8 0	5 0		6 0	10 0							
		b-Z-if	b-Z-im	g-Z-if	g-Z-im	n/b-Z-if	V-im		stad	kwel							
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr

Kleurcodering Toestand		voldoet aan norm		voldoet niet aan norm
Kleurcodering Trend		is verbeterd		geen trend
		is verslechterd		

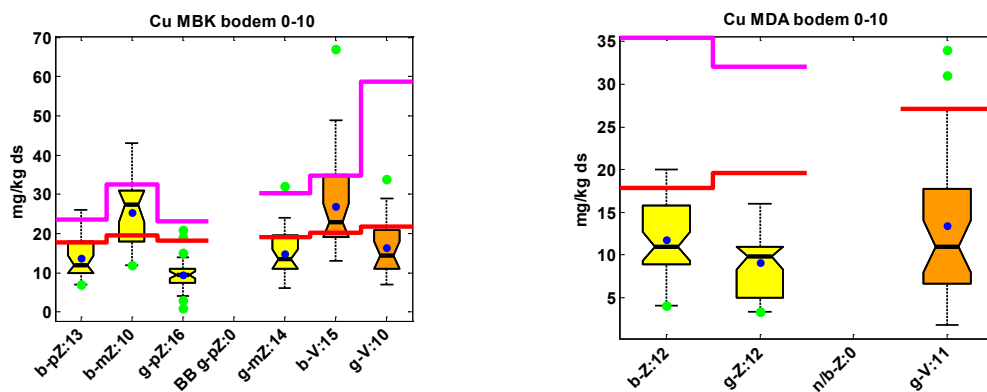
Figuur 6.1

Palet van toestanden en trends van koper.

In het diepe grondwater wordt de streefwaarde zeer regelmatig overschreden. Dit is geen gevolg van gestegen koperconcentraties in het diepe grondwater, maar wordt veroorzaakt doordat de streefwaarde voor het diepe grondwater veel strenger is ($1,3 \mu\text{g.l}^{-1}$ voor het diepe grondwater tegen $15 \mu\text{g.l}^{-1}$ voor het freatisch en ondiep grondwater).

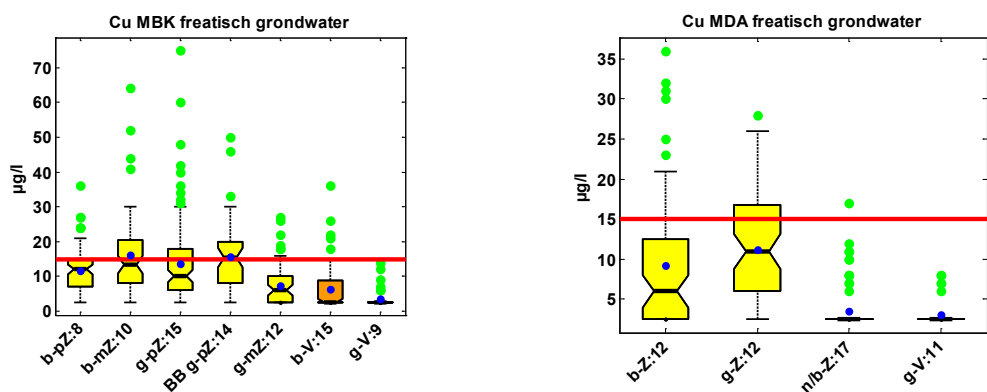
In figuur 6.2 zijn de periode-boxplots per gebiedstype voor het kopergehalte in de bodem weergegeven. Ook hieruit blijkt dat in de meetlocaties op bouwland hogere waarden worden gevonden vergeleken met de meetlocaties op graslanden. Dieper in het bodemsysteem wordt dit verschil tussen bouwland en grasland niet meer aangetroffen (figuur 6.3 en 6.4).

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 MBK kan geen trend worden bepaald omdat het aantal meetmomenten te gering is.



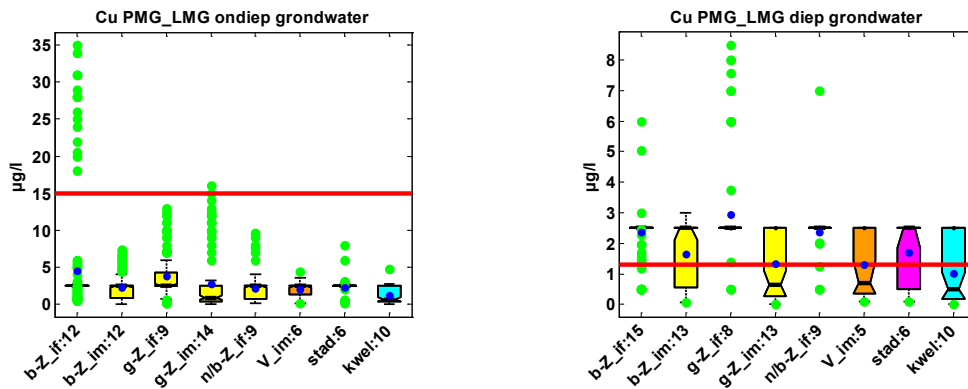
Figuur 6.2

Periode-boxplots van het kopergehalte in de bodem per gebiedstype voor de meetlocaties van het MBK (links) en voor de meetlocaties van het MDA (rechts). De rode lijn en paarse lijn geven respectievelijk de laagste en de hoogste streefwaarde aan op basis van het organisch stofgehalte en percentage lutum in de bodem.



Figuur 6.3

Periode-boxplots van de koperconcentraties in het freatisch grondwater per gebiedstype voor de meetlocaties van het MBK (links) en voor de meetlocaties van het MDA (rechts).



Figuur 6.4

Periode-boxplots van de koperconcentraties in het ondiepe grondwater (links) en het diepe grondwater (rechts) per gebiedstype voor het PMG/LMG.

6.2 Cadmium

De herkomst van cadmium is net als koper gerelateerd aan het gebruik van meststoffen in de landbouw (zie tabel 6.1), maar dan vooral kunstmest. Toch blijkt uit de meetresultaten dat er geen hoge overschrijdingen van de streefwaarden zijn onder de landbouwgebieden (figuur 6.5). Op enkele meetlocaties op bouwland en grasland zijn de gehalten sporadisch hoger dan de achtergrondwaarden, maar dat geldt ook voor de meetlocaties in de natuurgebieden.

Net als voor koper wordt in het diepe grondwater de streefwaarde regelmatig overschreden. Ook hier is dit toe te rekenen aan een strengere streefwaarde voor het diepe grondwater ($0,06 \mu\text{g.l}^{-1}$ voor het diepe grondwater tegen $0,4 \mu\text{g.l}^{-1}$ voor het freatisch en ondiep grondwater).

In figuur 6.6 zijn de periode-boxplots per gebiedstype voor het cadmiumgehalte in de bodem weergegeven. Ook hieruit blijkt dat er geen hoge cadmiumgehalten in de bodem worden aangetroffen. Het enige gebiedstype dat hogere waarden laat zien is grasland op veengrond van het MBK. Door het hoge organische stofgehalte van deze gronden wordt de streefwaarde echter niet overschreden. Opvallend is dat hetzelfde gebiedstype (grasland op veengrond) geen hoge meetwaarden laat zien in het MDA (figuur 6.6). De reden voor dit verschil is vooralsnog niet duidelijk.

Ook dieper in het bodemsysteem (freatisch en ondiep grondwater) worden geen hoge meetwaarden voor cadmium aangetroffen (figuren 6.7 en 6.8). In het diepe grondwater komen de cadmiumconcentraties voor de infiltratiegebieden boven de streefwaarde van $0,06 \mu\text{g.l}^{-1}$ uit (figuur 6.8). Hieruit blijkt dat cadmium komt vanuit het bovenliggend systeem (bodem – freatisch grondwater – ondiep grondwater), aangezien de intermediaire gebieden door kwelwater worden beïnvloed.

Voor de meeste meetlocaties wordt geen trend in de cadmiumconcentraties vastgesteld. In enkele meetlocaties, vooral in het diepere systeem, wordt een stijgende trend waargenomen. Voor de meetlocaties in de bodem van het MBK kan geen trend worden bepaald omdat het aantal meetmomenten te gering is.

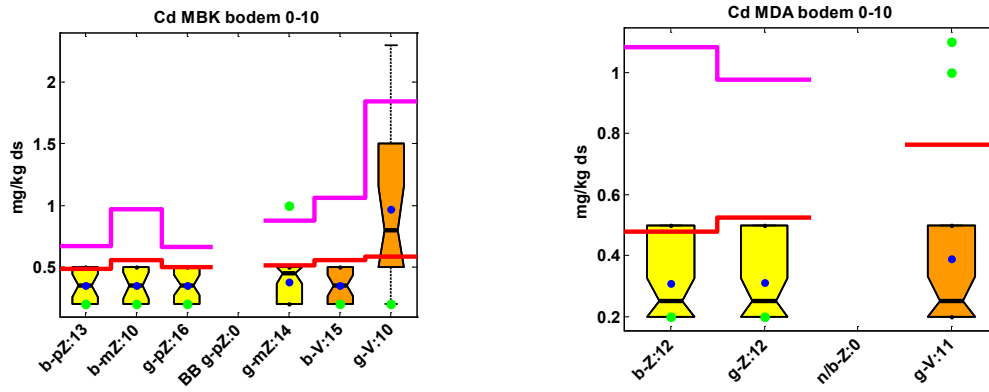
Cadmium

Compartiment	Meetnet	Bouwland	Grasland	Natuur	Bouwl	Grasl	Stad	Kwel	
		Zand			Veen				
Bodem	MV (Verzuring)								
				14 0					
				n/b-Z					
	MDA (Drentsche Aa)								
	12 12		12 12	0 0		11 11			
	b-Z		g-Z	n/b-Z		g-V			
	MBK (Bodemkwal.)								
	13 0	10 0	16 0	14 0		15 0	10 0		
	b-pZ	b-mZ	g-pZ	g-mZ		b-V	g-V		
	PBB (Bedreven Bedrijven)								
				8 0					
				g-pZ					
Freatisch water	MV (Verzuring)								
				14 12					
				n/b-Z					
	MDA (Drentsche Aa)								
	12 8		12 6	17 8		11 0			
	b-Z		g-Z	n/b-Z		g-V			
	MBK (Bodemkwal.)								
	6 4	6 8	9 10	12 1		15 4	9 0		
	b-pZ	b-mZ	g-pZ	g-mZ		b-V	g-V		
	PBB (Bedreven Bedrijven)								
				17 10					
				g-pZ					
Ondiep grondwater	PMG/LMG (Grondwaterkwal.)								
	12 8	11 5	9 5	12 3	8 4	6 1		5 1	
								9 0	
Diep grondwater	PMG/LMG (Grondwaterkwal.)								
	15 10	4 1	8 3	4 0	8 3	5 0		6 0	
	b-Z-if	b-Z-im	g-Z-if	g-Z-im	n/b-Z-if	V-im		10 0	
								stad	
								kwel	
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr

Kleurcodering Toestand	voldoet aan norm	voldoet niet aan norm
Kleurcodering Trend	is verbeterd	geen trend
	is verslechterd	

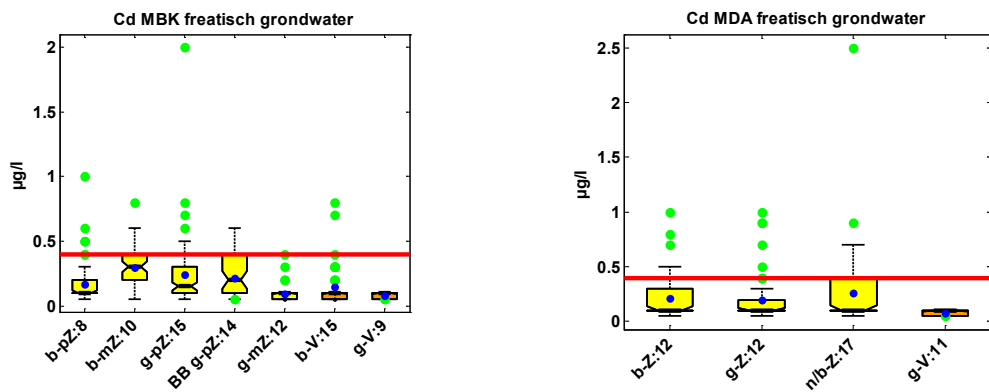
Figuur 6.5

Palet van toestanden en trends van cadmium.



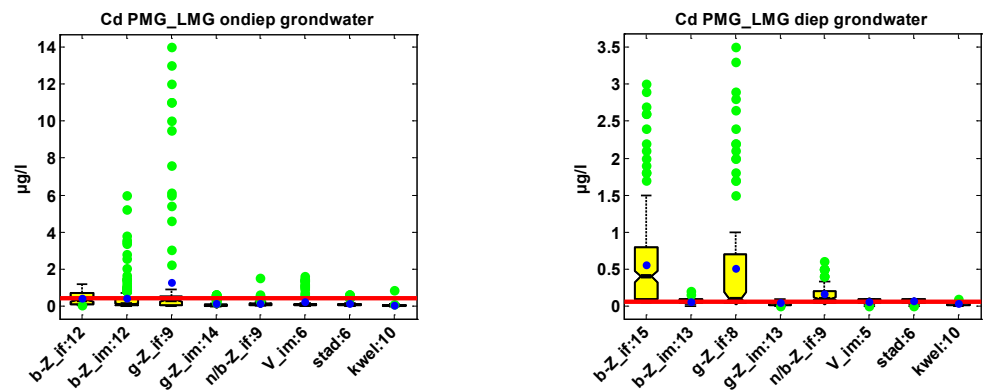
Figuur 6.6

Periode-boxplots van het cadmiumgehalte in de bodem per gebiedstype voor de meetlocaties van het MBK (links) en voor de meetlocaties van het MDA (rechts). De rode lijn en paarse lijn geven respectievelijk de laagste en de hoogste streefwaarde aan op basis van het organisch stofgehalte en percentage lutum in de bodem.



Figuur 6.7

Periode-boxplots van de cadmiumconcentraties in het freetisch grondwater per gebiedstype voor de meetlocaties van het MBK (links) en voor de meetlocaties van het MDA (rechts).



Figuur 6.8

Periode-boxplots van de cadmiumconcentraties in het ondiepe grondwater (links) en het diepe grondwater (rechts) per gebiedstype van het PMG/LMG.

6.3 Zink

De herkomst van zink is net als koper gerelateerd aan het gebruik van dierlijke mest in de landbouw (zie tabel 6.1). Toch blijkt uit de meetresultaten dat er geen hoge overschrijdingen van de streefwaarden zijn onder de landbouwgebieden (figuur 6.9). Alleen op een enkele meetlocatie op bouwland op zand zijn de gehalten sporadisch hoger dan de achtergrondwaarde. Op de meetlocaties in de natuurgebieden worden echter de streefwaarde vaker overschreden. Net als voor koper en cadmium wordt in het diepe grondwater de streefwaarde overschreden. Ook hier is dit toe te rekenen aan een strengere streefwaarde voor het diepe grondwater ($24 \mu\text{g.l}^{-1}$ voor het diepe grondwater tegen $65 \mu\text{g.l}^{-1}$ voor het freatisch en ondiep grondwater).

In figuur 6.10 zijn de boxplots per gebiedstype voor het cadmiumgehalte in de bodem van het MBK weergegeven. Ook hieruit blijkt dat er geen hoge cadmiumgehalten in de bodem worden aangetroffen. Ook dieper in het bodemsysteem (freatisch en ondiep grondwater) worden geen hoge meetwaarden voor zink aangetroffen (figuren 6.11 en 6.12). Opvallend zijn de hogere meetwaarden in het freatisch grondwater voor zink in de natuurgebieden (figuur 6.11). De hogere concentraties in deze gebieden zijn vooral gerelateerd aan verzuring van natuurgebieden (Japenga et al., 2000; Römkens, 1989; Römkens et al., 2003; Bonten et al., 2003). In het diepe grondwater liggen de waargenomen zinkconcentraties voor de infiltratiegebieden rondom de streefwaarde van $24 \mu\text{g.l}^{-1}$ uit (figuur 6.12). Hieruit blijkt dat zink komt vanuit het bovenliggend systeem (bodem – freatisch grondwater – ondiep grondwater), aangezien de intermediaire gebieden door kwelwater worden beïnvloedt.

Voor de meeste meetlocaties wordt geen trend in de zinkconcentraties geconstateerd. In enkele meetlocaties, vooral in het diepere systeem, wordt een dalende trend waargenomen. Voor de meetlocaties in de bodem van het MBK kan geen trend worden bepaald omdat het aantal meetmomenten te gering is.

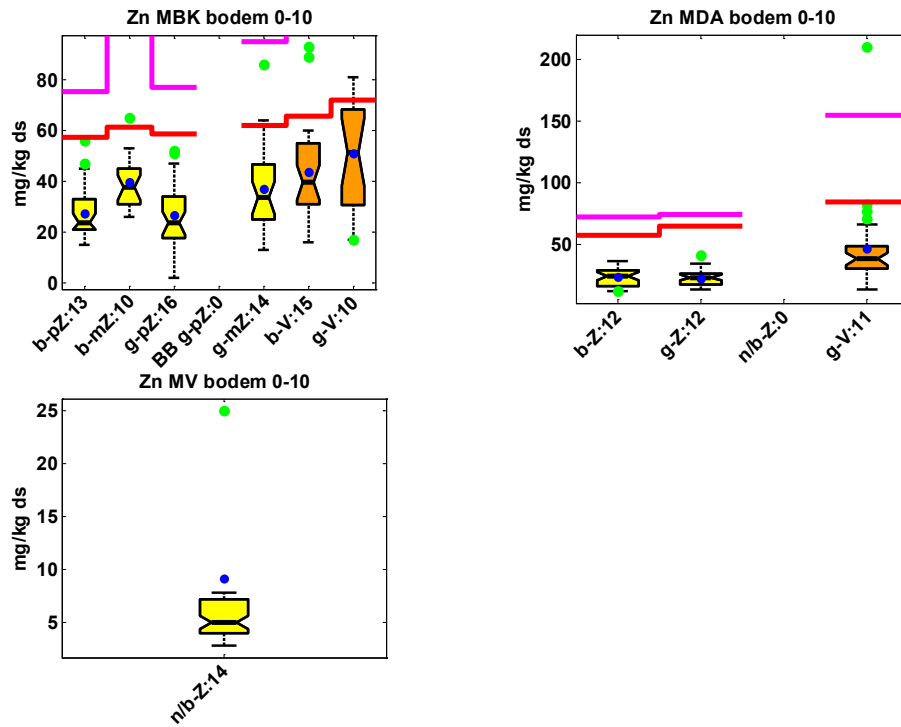
Zink

Compartiment	Meetnet	Bouwland	Grasland	Natuur	Bouwl	Grasl	Stad	Kwel											
		Zand			Veen														
Bodem	MV (Verzuring)																		
				14	5														
				n/b-Z															
	MDA (Drentsche Aa)																		
	12	12	12	12	0	0	11	11											
	b-Z		g-Z		n/b-Z		g-V												
	MBK (Bodemkwal.)																		
	13	0	10	0	16	0	14	0											
	b-pZ	b-mZ	g-pZ	g-mZ		b-V	g-V												
	PBB (Bedreven Bedrijven)																		
			8	0															
			g-pZ																
Freatisch water	MV (Verzuring)																		
				14	14														
				n/b-Z															
	MDA (Drentsche Aa)																		
	12	11	12	11	17	17	11	0											
	b-Z		g-Z		n/b-Z		g-V												
	MBK (Bodemkwal.)																		
	6	7	6	7	9	12	12	3											
	b-pZ	b-mZ	g-pZ	g-mZ		b-V	g-V												
	PBB (Bedreven Bedrijven)																		
			17	11															
			g-pZ																
Ondiep grondwater	PMG/LMG (Grondwaterkwal.)																		
		12	10	11	5	9	6	12	3	8	8	6	1		5	1	9	0	
Diep grondwater																			
		15	13	4	4	8	3	4	4	8	6	5	0		6	0	10	1	
		b-Z-if	b-Z-im	g-Z-if	g-Z-im	n/b-Z-if	V-im							stad			kwel		
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr

Kleurcodering Toestand		voldoet aan norm		voldoet niet aan norm		
Kleurcodering Trend		is verbeterd		geen trend		is verslechterd

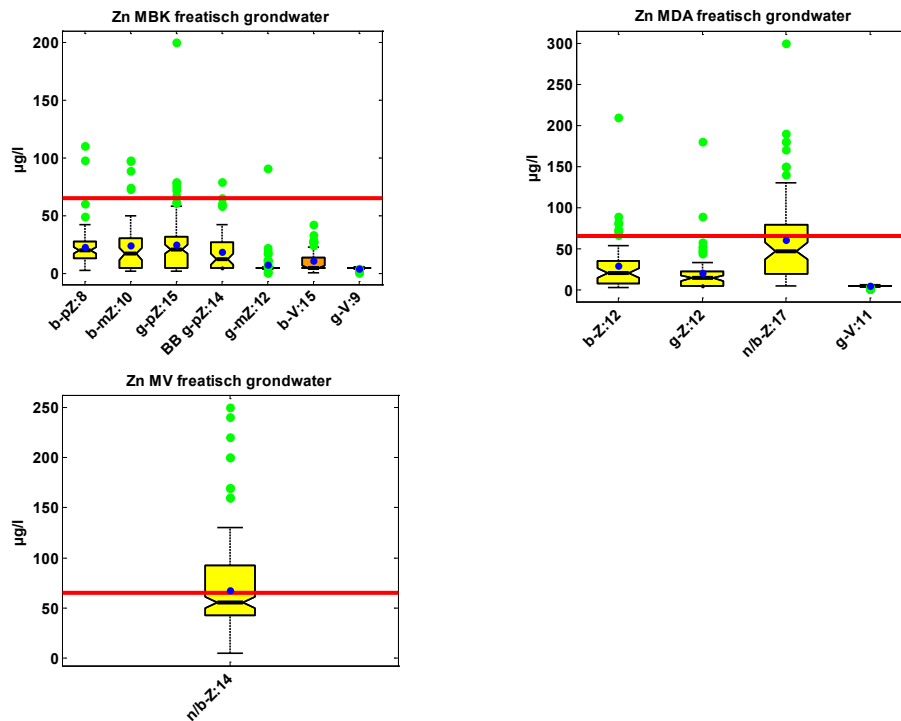
Figuur 6.9

Palet van toestanden en trends van zink.



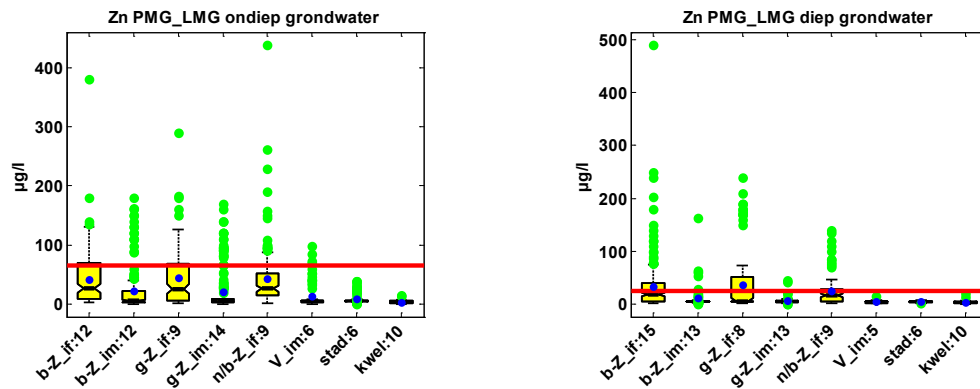
Figuur 6.10

Periode-boxplots van het zinkgehalte in de bodem per gebiedstype voor de meetlocaties van het MBK (linksboven), voor de meetlocaties van het MDA (rechtsboven) en voor de meetlocaties van het MV (linksonder). De rode lijn en paarse lijn geven respectievelijk de laagste en de hoogste streefwaarde aan op basis van het organisch stofgehalte en percentage lutum in de bodem.



Figuur 6.11

Periode-boxplots van de zinkconcentraties in het freatisch grondwater per gebiedstype voor de meetlocaties van het MBK (linksboven), voor de meetlocaties van het MDA (rechtsboven) en voor de meetlocaties van het MV (linksonder).



Figuur 6.12

Periode-boxplots van de zinkconcentraties in het ondiepe grondwater (links) en het diepe grondwater (rechts) per gebiedstype van het PMG/LMG.

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 (Delahaye et al., 2003). Uit de meetresultaten blijkt dat er voor chroom geen overschrijdingen van de streefwaarden in de bodem voorkomt (figuur 6.13). In het freatisch grondwater echter wordt de streefwaarde regelmatig overschreden. Of de verhoogde zuurgraad hierbij een rol speelt is vooralsnog niet duidelijk. In tegenstelling tot de andere zware metalen is voor chroom een ruimere norm voor het diepe grondwater opgesteld ($2.5 \mu\text{g.l}^{-1}$ voor het diepe grondwater tegen $1 \mu\text{g.l}^{-1}$ voor het freatisch en ondiep grondwater). Deze ruimere norm resulteert in een lagere overschrijding van de streefwaarde in het diepe grondwater (figuur 6.13).

Chroom

Compartiment	Meetnet	Bouwland		Grasland		Natuur		Bouwl		Grasl		Stad	Kwel				
		Zand				Veen											
Bodem	MV (Verzuring)							14	9								
								n/b-Z									
	MDA (Drentsche Aa)	12	12		12	11		0	0	11	11						
		b-Z		g-Z		n/b-Z		g-V									
Bodem	MBK (Bodemkwal.)	13	0	10	0	16	0	14	0	15	0	10	0				
		b-pZ		b-mZ		g-pZ		g-mZ		b-V		g-V					
	PBB (Bedreven Bedrijven)							8	0								
								g-pZ									
Freatisch water	MV (Verzuring)							14	3								
								n/b-Z									
	MDA (Drentsche Aa)	12	8		12	11		17	9	11	5						
		b-Z		g-Z		n/b-Z		g-V									
Freatisch water	MBK (Bodemkwal.)	6	6	6	10	9	14	12	12	15	14	9	7				
		b-pZ		b-mZ		g-pZ		g-mZ		b-V		g-V					
	PBB (Bedreven Bedrijven)							17	14								
								g-pZ									
Ondiep grondwater	PMG/LMG (Grondwaterkwal.)	12	4	11	8	9	1	12	4	8	2	6	4	5	3	9	4
Diep grondwater		15	6	4	6	8	5	4	7	8	4	5	1	6	4	10	2
		b-Z-if		b-Z-im		g-Z-if		g-Z-im		n/b-Z-if		V-im		stad		kwel	
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr

Kleurcodering Toestand	■ voldoet aan norm	■ voldoet niet aan norm	
Kleurcodering Trend	■ is verbeterd	■ geen trend	■ is verslechterd

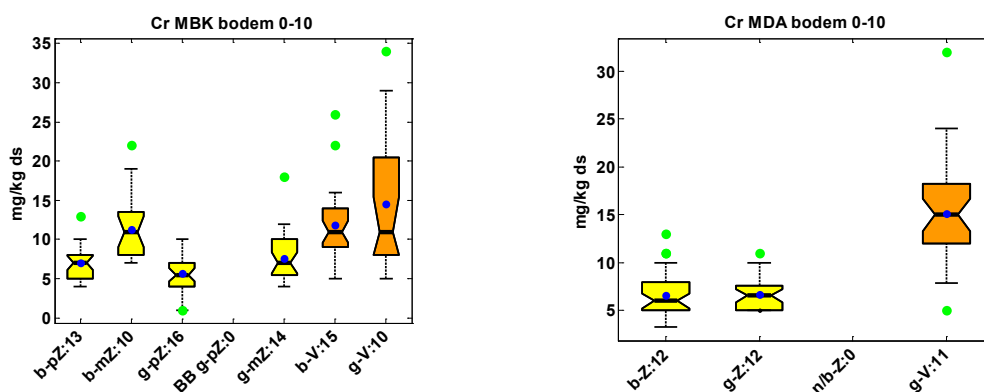
Figuur 6.13

Palet van toestanden en trends van chroom.

In figuur 6.14 zijn de periode-boxplots per gebiedstype voor het chroomgehalte in de bodem voor de twee bodemkwaliteitsmeetnetten weergegeven. Ook hieruit blijkt dat er geen hoge chroomgehalten in de bodem (allen onder de streefwaarde) worden aangetroffen.

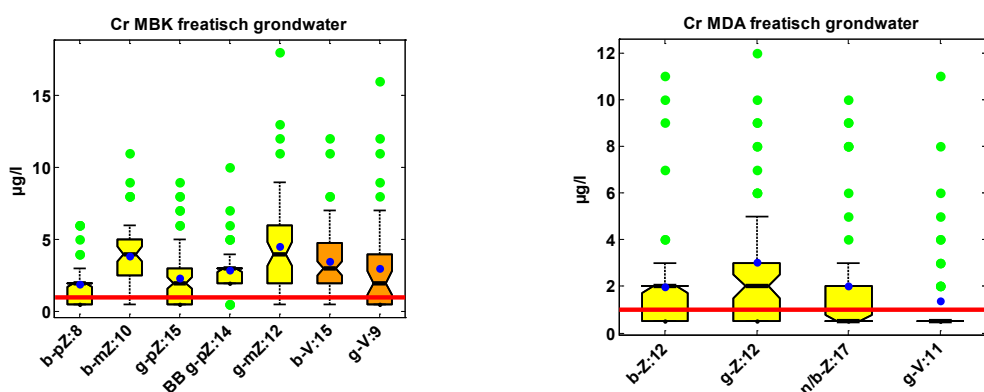
Dieper in het bodemsysteem, vooral voor het freatisch grondwater, wordt de streefwaarde van $1 \mu\text{g.l}^{-1}$ zeer regelmatig overtreden (figuur 6.15). Dit geldt zowel voor de landbouwgebieden als voor de natuurgebieden. In het ondiepe grondwater laten vooral de intermediaire gebieden hogere concentraties zien. Dit verschil is voor het diepe grondwater weer verdwenen (figuur 6.16).

Voor de meeste meetlocaties wordt geen trend in de chroomconcentraties geconstateerd. In enkele meetlocaties, vooral in het diepere systeem, wordt een dalende trend waargenomen, maar voor andere meetlocaties juist weer een stijgende trend. Voor de meetlocaties in de bodem van het MBK kan geen trend worden bepaald omdat het aantal meetmomenten te gering is.



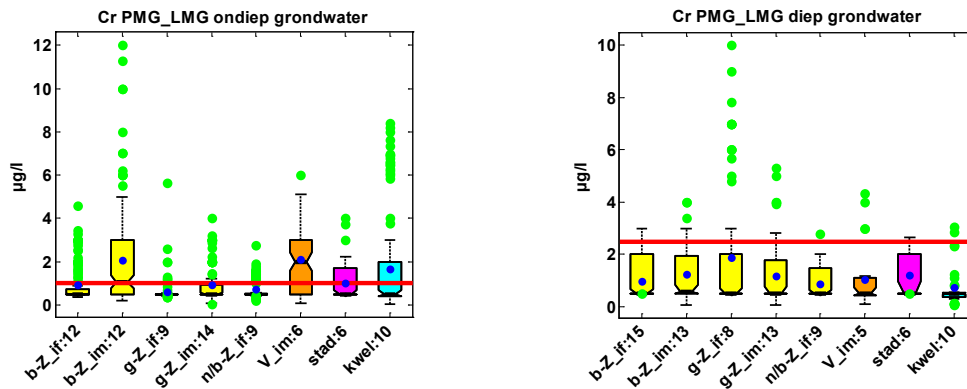
Figuur 6.14

Periode-boxplots van het chroomgehalte in de bodem per gebiedstype voor de meetlocaties van het MBK (links) en voor de meetlocaties van het MDA (rechts). De rode lijn en paarse lijn geven respectievelijk de laagste en de hoogste streefwaarde aan op basis van het organisch stofgehalte en percentage lutum in de bodem.



Figuur 6.15

Periode-boxplots van de chroomconcentraties in het freatisch grondwater per gebiedstype voor de meetlocaties van het MBK (links) en voor de meetlocaties van het MDA (rechts).



Figuur 6.16

Periode-boxplots van de chroomconcentraties in het ondiepe grondwater (links) en het diepe grondwater (rechts) per gebiedstype van het PMG/LMG.

6.5 Lood

De herkomst van lood is vooral gerelateerd aan de bron verkeer (loodhoudende benzine) en veel minder aan landbouw (tabel 6.1). Uit de meetresultaten blijkt dat er voor lood nagenoeg geen gehalten of concentraties boven de achtergrondwaarde voorkomen (figuur 6.17). Alleen in het MBK wordt in de bodem sporadisch de streefwaarde overschreden.

In figuur 6.18 zijn de boxplots per gebiedstype voor het loodgehalte in de bodem voor de twee bodemkwaliteitsmeetnetten weergegeven. Ook hieruit blijkt dat er geen hoge loodgehalten in de bodem (alle onder de streefwaarde) worden aangetroffen. Ook dieper in het bodemsysteem (freatisch, ondiep en diep grondwater) wordt de streefwaarde niet overschreden (figuren 6.19 en 6.20).

Voor geen enkele meetlocatie wordt een trend in de loodconcentratie gevonden. Al moet hierbij worden opgemerkt dat het aantal meetlocaties waarvoor een trendanalyse kon worden uitgevoerd beperkt is.

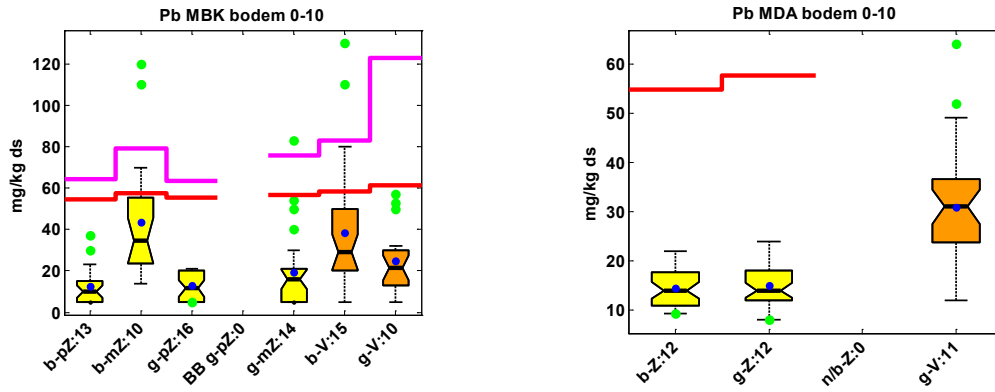
Lood

Compartiment	Meetnet	Bouwland	Grasland		Natuur	Bouwl	Grasl	Stad	Kwel						
		Zand		Veen											
Bodem	MV (Verzuring)				14 14 n/b-Z										
	MDA (Drentsche Aa)	12 12 b-Z		12 12 g-Z		0 0 n/b-Z	11 11 g-V								
	MBK (Bodemkwal.)	13 0 b-pZ	10 0 b-mZ	16 0 g-pZ	14 0 g-mZ		15 0 b-V	10 0 g-V							
	PBB (Bedreven Bedrijven)			8 0 g-pZ											
Freatisch water	MV (Verzuring)				14 0 n/b-Z										
	MDA (Drentsche Aa)	12 3 b-Z		12 4 g-Z	17 2 n/b-Z		11 0 g-V								
	MBK (Bodemkwal.)	6 3 b-pZ	6 3 b-mZ	9 6 g-pZ	12 2 g-mZ		15 3 b-V	9 0 g-V							
	PBB (Bedreven Bedrijven)			17 8 g-pZ											
Ondiep grondwater	PMG/LMG (Grondwaterkwal.)	12 0	11 0	9 1	12 0	8 1	6 0	5 0	9 0						
		15 0 b-Z-if	4 0 b-Z-im	8 0 g-Z-if	4 0 g-Z-im	8 0 n/b-Z-if	5 0 V-im		6 0 stad	10 0 kwel					
Diep grondwater															
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr

Kleurcodering Toestand	■ voldoet aan norm	■ voldoet niet aan norm	
Kleurcodering Trend	■ is verbeterd	■ geen trend	■ is verslechterd

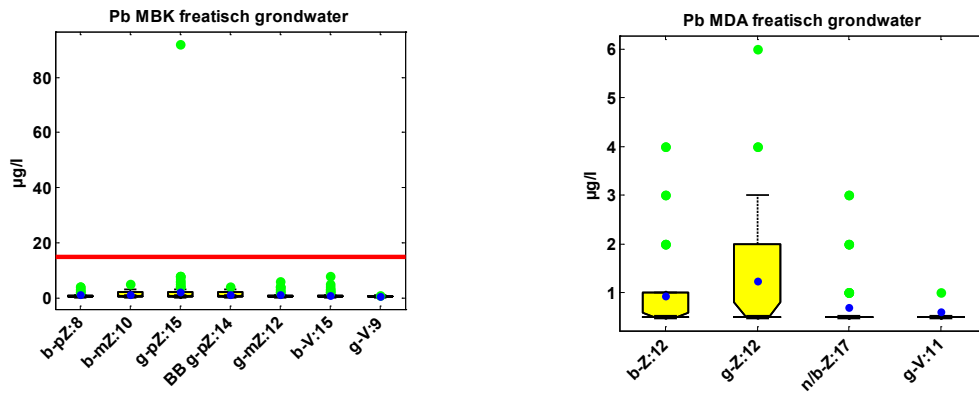
Figuur 6.17

Palet van toestanden en trends van lood.



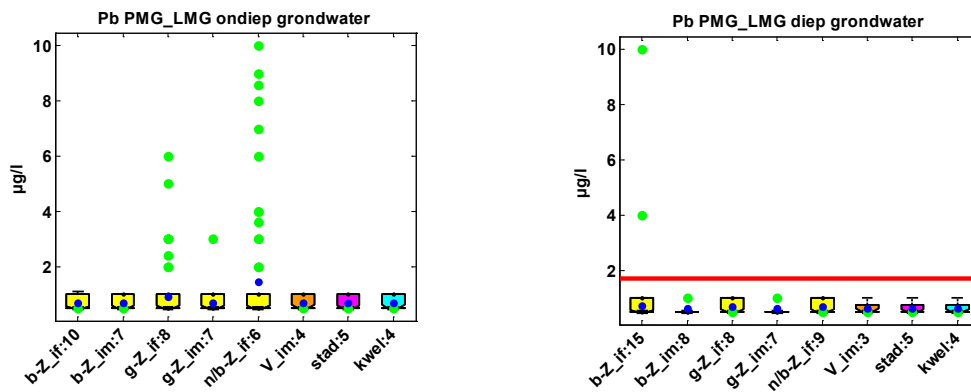
Figuur 6.18

Periode-boxplots van het loodgehalte in de bodem per gebiedstype voor de meetlocaties van het MBK (links) en voor de meetlocaties van het MDA (rechts). De rode lijn en paarse lijn geven respectievelijk de laagste en de hoogste streefwaarde aan op basis van het organisch stofgehalte en percentage lutum in de bodem.



Figuur 6.19

Periode-boxplots van de loodconcentraties in het freatisch grondwater per gebiedstype voor de meetlocaties van het MBK (links) en voor de meetlocaties in het MDA (rechts).



Figuur 6.20

Periode-boxplots van de loodconcentraties in het ondiepe grondwater (links) en het diepe grondwater (rechts) per gebiedstype van het PMG/LMG.

6.6 Arseen

De herkomst van arseen is niet gekwantificeerd met betrekking tot bronnen (tabel 6.1). Wel is duidelijk dat de belasting van de bodem plaatsvindt door atmosferische depositie (grotendeels afkomstig van emissies in het buitenland) en uitloging van gewolmaniseerd hout bij de doelgroep consumenten. Van oorsprong komt arseen van nature voor in pleistocene afzettingen, vooral in het oosten en zuiden van Nederland, maar ook in de kustgebieden. Door grondwaterstromingen is het arseen verplaatst en in kwelgebieden geaccumuleerd en weer vastgelegd. Ook pyrietoxidatie door nitraat in het diepere grondwater speelt hierbij een rol.

Uit de meetresultaten blijkt dat er voor arseen nagenoeg geen gehalten of concentraties boven de achtergrondwaarde voorkomen (figuur 6.21). Alleen voor de veengronden en veenkoloniale gronden van het MBK wordt voor het freatisch grondwater sporadisch de streefwaarde overschreden. Verder wordt in het diepe grondwater de streefwaarde sporadisch overschreden. Hier zou de invloed van kwelwater een rol kunnen spelen.

In figuur 6.22 zijn de boxplots per gebiedstype voor het arseengehalte in de bodem voor de twee bodemkwaliteitsmeetnetten weergegeven. Ook hieruit blijkt dat er geen hoge arseengehalten in de bodem (alle onder de streefwaarde) worden aangetroffen. Ook dieper in het bodemsysteem (freatisch, ondiep en diepgrondwater) wordt de streefwaarde niet tot nauwelijks overschreden (figuur 6.23 en 6.24).

Voor de meeste meetlocaties wordt geen trend in de arseenconcentratie geconstateerd. In enkele meetlocaties, vooral in het diepere grondwatersysteem, wordt een stijgende trend waargenomen, maar voor andere meetlocaties juist weer een dalende trend. Voor de meetlocaties in de bodem van het MBK kan geen trend worden bepaald omdat het aantal meetmomenten te gering is.

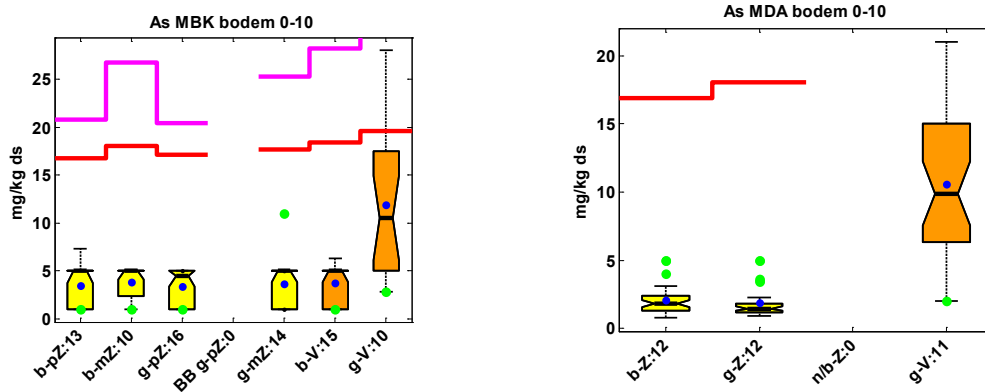
Arseen

Compartiment	Meetnet	Bouwland		Grasland		Natuur		Bouwl		Grasl		Stad		Kwel			
		Zand				Veen											
Bodem	MDA (Drentsche Aa)																
	MBK (Bodemkwal.)																
	PBB (Bedreven Bedrijven)																
Freatisch water	MV (Verzuring)																
	MDA (Drentsche Aa)																
	MBK (Bodemkwal.)																
	PBB (Bedreven Bedrijven)																
Ondiep grondwater	PMG/LMG (Grondwaterkwal.)																
Diep grondwater																	
Toestand (Ts) of Trend (Tr)		Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr

Kleurcodering Toestand		voldoet aan norm		voldoet niet aan norm		
Kleurcodering Trend		is verbeterd		geen trend		is verslechterd

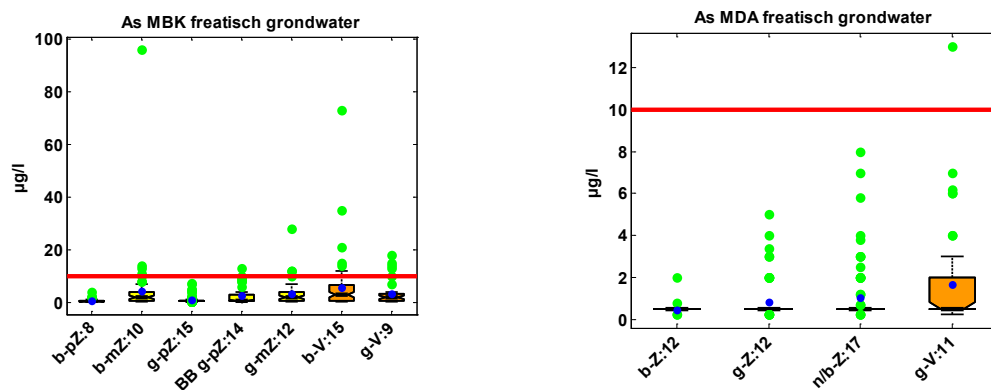
Figuur 6.21

Palet van toestanden en trends van arseen.



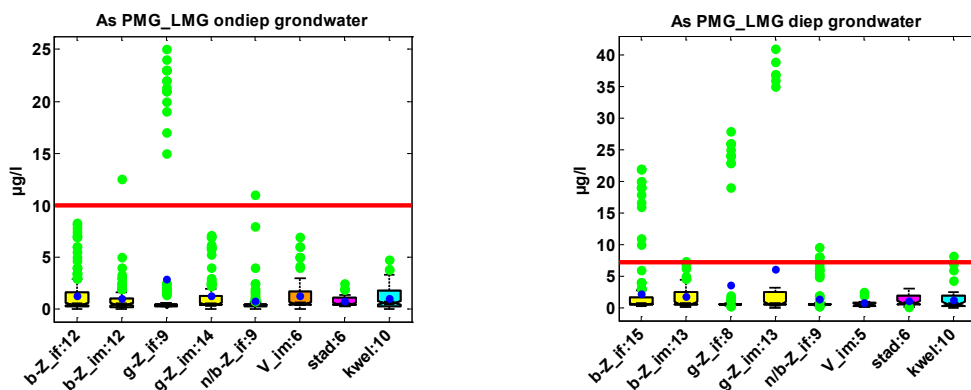
Figuur 6.22

Periode-boxplots van het arseengehalte in de bodem per gebiedstype voor de meetlocaties van het MBK (links) en voor de meetlocaties van het MDA (rechts). De rode lijn en paarse lijn geven respectievelijk de laagste en de hoogste streefwaarde aan op basis van het organisch stofgehalte en percentage lutum in de bodem.



Figuur 6.23

Periode-boxplots van de arseenconcentraties in het freetisch grondwater per gebiedstype voor de meetlocaties van het MBK (links) en voor de meetlocaties van het MDA (rechts).



Figuur 6.24

Periode-boxplots van de arseenconcentraties in het ondiepe grondwater (links) en het diepe grondwater (rechts) per gebiedstype van het PMG/LMG.

6.7 Samenvatting en conclusies verspreiding

- 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.
- In het diepe grondwater wordt de streefwaarde wel regelmatig overschreden. Dit komt niet door toename van de concentraties, maar door de strengere streefwaarde die voor het diepe grondwater is opgesteld.
- Het metaal chroom wijkt in zoverre 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.
- Voor de meeste zware metalen geldt dat er geen trend is gevonden. Voor sommige zware metalen wordt een stijging van de concentratie geconstateerd (bijvoorbeeld cadmium) en voor andere zware metalen juist weer een daling (koper en zink in het diepere grondwater).

7 Samenhang beleid en milieuthema's

Het milieubeleid is gericht op het tegengaan en voorkomen van aantasting van het leefmilieu. Hiervoor zijn bepaalde doelstellingen binnen de verschillende beleidskaders geformuleerd. Deze doelstellingen zijn zoveel mogelijk vertaald naar meetbare doelen en door monitoring wordt gekeken of deze doelstellingen worden gehaald of in de (nabije) toekomst in gevaar komen.

Uit de monitoringsresultaten van de bodemkwaliteitsmeetnetten en grondwatermeetnetten in de provincie Drenthe kan de volgende Top-3 van knelpunten worden opgesteld waar de doelstellingen niet worden gehaald. De Top-3 is hier weergegeven in een willekeurige volgorde. Er wordt hier geen uitspraak gedaan over de prioriteit van het halen van de verschillende doelstellingen.

7.1 Nitraatconcentraties in het grondwater

Het grondwater in de landbouwgebieden op de zandgronden wordt zodanig belast met nitraten uit meststoffen dat de norm van 50 mg.l⁻¹ NO₃ wordt overschreden. Voor zowel bouwland als grasland op zandgrond wordt voor de gehele waarnemingsperiode voor het freatisch grondwater een gemiddelde nitraatconcentratie van circa 100 mg.l⁻¹ NO₃ waargenomen. Ook in het diepere grondwater wordt de norm regelmatig overschreden. Op een diepte van 8 - 12 meter onder maaiveld wordt in de infiltratiegebieden onder landbouwgronden een gemiddelde nitraatconcentratie van circa 75 mg.l⁻¹ NO₃ waargenomen. Op een diepte van 20 - 27 meter onder maaiveld is dit nog circa 50 mg.l⁻¹ NO₃. Bovendien is er voor de waarnemingsperiode nagenoeg geen trend gevonden. Dat wil zeggen dat er geen zicht is op verbetering van de grondwaterkwaliteit onder de huidige omstandigheden.

7.2 Fosfaat in de bodem

Uit de monitoringsresultaten is gebleken dat de meeste landbouwgronden op zandgrond in Drenthe boven de streefwaarde voor de fosfaatverzadiging liggen. Bij een fosfaatverzadiging van de bodem boven de streefwaarde van 25% neemt de risico op het uitspoelen van fosfaat naar grond- en oppervlaktewater (sterk) toe. Vooral de bouwlandgronden op zandgrond laten een hoge fosfaatverzadingsgraad van de bodem zien. Daarnaast wordt een stijging van de fosfaatverzadiging van de bodem voor de waarnemingsperiode geconstateerd. Hierbij neemt de risico op fosfaatuitspoeling alleen maar toe. Dat deze risico op sommige locaties al werkelijkheid is geworden wordt ondersteund door de stijging in gemeten fosforconcentraties in deelstroomgebieden van de Drentsche Aa de laatste jaren.

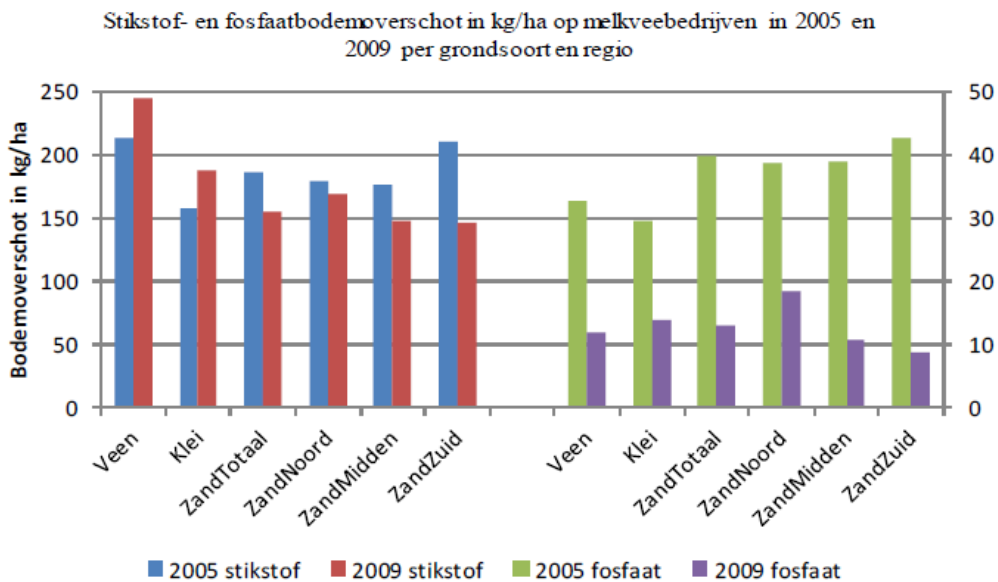
7.3 Verzuring en aluminiumconcentraties

Onder natuurgronden in Drenthe wordt een hoge zuurgraad (lage pH) gemeten. Deze hoge zuurgraad resulteert in hoge aluminiumconcentraties die de (drinkwater)norm ruimschoots overschrijden; in de natuurgebieden met een factor 30. Ook onder landbouwgronden worden hoge aluminiumconcentraties gemeten. Vooral onder bouwland op zandgrond worden hoge aluminiumconcentraties gemeten. Deze hoge concentraties komen overeen met een hogere gemeten zuurgraad onder de bouwlandgronden. Voor de

zuurgraad wordt in de meetnetten geen tot een (licht) stijgende trend geconstateerd. Voor de aluminiumconcentraties wordt geen dalende trend gevonden.

7.4 Beleidskaders

Het thema nitraatconcentraties in het grondwater en fosfaat in de bodem is in Nederland verankerd in het mestbeleid (zie kader 1, hoofdstuk 4). De meetresultaten voor de provincie Drenthe, van nitraat en fosfaat, geven dan ook een duidelijke reflectie van de uitwerking van het mestbeleid voor Drenthe. De export van (dierlijke) mest van de traditionele overschotgebieden in Zuid- en Oost-Nederland naar Noord-Nederland heeft tot nagenoeg geen daling geleid van het stikstofoverschot in de periode 2005 - 2009 voor de zandgebieden in Noord-Nederland (figuur 7.1). Hiermee is ook het ontbreken van een dalende trend voor nitraatconcentraties in het grondwater voor de provincie Drenthe verklaard. Uit verschillende onderzoeken is gebleken dat voor zandgronden het stikstofoverschot een sterk verklarende variabele is voor de nitraatconcentraties in het (freatisch) grondwater (ten Berge, 2001; Roelsma et al., 2003).

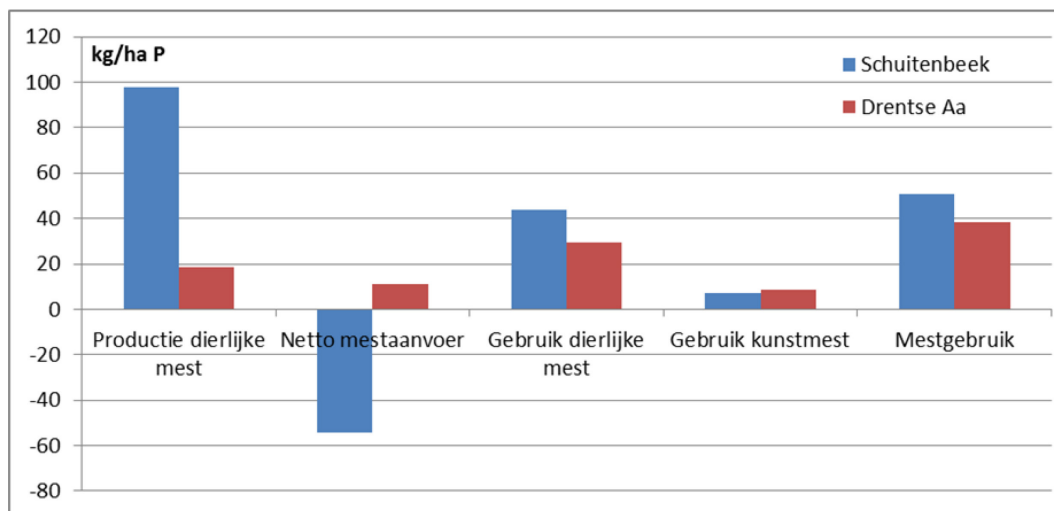


Figuur 7.1

Stikstof- en fosfaatoverschotten op melkveebedrijven in 2005 en 2009 per hoofdgrondsoortregio (bron: Bedrijveninformatienet van het LEI).

Het fosfaatoverschot daalt voor de zandgronden in Noord-Nederland wel van 2005 naar 2009, maar is in het referentiejaar 2009 voor Noord-Nederland wel tweemaal zo hoog als voor Zuid-Nederland (figuur 7.1). Een reden voor de hogere fosfaatoverschot voor Noord-Nederland kan worden verklaard door de samenstelling van de geïmporteerde dierlijke mest. In de meeste gevallen gaat dat om varkensmest, dat een hogere fosforfractie heeft (dus hogere gehalten aan fosfor in de mest) in vergelijking met rundveemest. De hogere fosfaatoverschot voor Noord-Nederland verklaart de hoge fosfaatverzadiging van de bodem en de toename daarvan. Aangezien vooral de bouwlandgronden de grootste ontvangers zijn van de geïmporteerde (dierlijke) mest, is daar de absolute waarde van de fosfaatverzadiging van de bodem, en ook de toename hiervan, het grootst. In het kader van het project Monitoring Stroomgebieden is voor het stroomgebied van de Drentsche Aa en Schuitenbeek (noordrand van de Veluwe) op een rijtje gezet hoe groot de mestproductie en mesttransport in

deze gebieden is (Roelsma et al., 2011). De aanvoer van (dierlijke) mest in gebieden met lagere mestproductie (zoals de Drentsche Aa) komt vanuit gebieden die een hoge mestproductie (zoals de Schuitenbeek) kennen en wordt afgezet binnen de akkerbouwgebieden (vooral in de aardappelteelt). Binnen de mestwetgeving krijgen boeren die nog dierlijke mest kunnen gebruiken (aanvullen van de norm voor aanwenden van dierlijke mest) een financiële vergoeding voor het accepteren van deze mest. Omgekeerd moeten boeren die dierlijke mest moeten afvoeren (door hoge productie van dierlijke mest) betalen voor het afvoeren van de mest. In figuur 7.2 zijn de mestproducties, aan- en afvoer van mest en het gebruik van dierlijke mest, in hoeveelheden fosfor in $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{ P}$ voor het jaar 2008, voor de twee zandgebieden Schuitenbeek en Drentse Aa weergegeven. Hieruit blijkt duidelijk het verschil in productie van dierlijke mest (hoog in Schuitenbeek, laag in de Drentse Aa) en het verschil in mesttransport (afvoer in Schuitenbeek, aanvoer in de Drentse Aa). Het uiteindelijke gebruik van dierlijke mest (bemesting) is in Schuitenbeek iets hoger dan in de Drentse Aa. Dit komt omdat in Schuitenbeek relatief meer graslanden zijn. Op graslanden zijn de mestgiften hoger dan op bouwlanden.



Figuur 7.2

Productie, aanvoer, afvoer en gebruik van dierlijke mest (in $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{ P}$) voor het jaar 2008 (bron: Statline CBS).

Het mestbeleid is recentelijk (in 2012) geëvalueerd. Er wordt geen verdere aanscherping van het mestbeleid verwacht. Dit betekent dat gebieden waar nu de norm voor nitraatconcentraties in het grondwater en fosfaat in de bodem niet wordt gehaald, dit in de toekomst ook niet zullen halen. Aanvullend beleid en maatregelen in de regio moeten hier sturing aan geven. Voor de nitraatconcentraties in het grondwater laten een aantal boeren in Drenthe, verenigd in de projectgroep Bedreven Bedrijven Drenthe (thans *Duurzaam boer blijven in Drenthe* geheten), zien dat het mogelijk is om de $50\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}\text{ NO}_3$ in het grondwater te realiseren. Dit zijn waarnemingen van meetlocaties in grasland. Momenteel zijn er nog geen voorbeelden van dergelijke resultaten voor de bouwlandgronden op zandgrond.

Het probleem voor fosfaat in de bodem ligt iets complexer. Het (landelijk) mestbeleid is gericht op het terugbrengen van (fosfaat)overschotten. Maar zelfs een laag fosfaatoverschot doet de bodem verder opladen met fosfaat. Om de fosfaatverzadiging van de bodem terug te dringen moet de onttrekking van fosfaat (door het gewas) groter zijn dan het toevoegen van fosfaat door meststoffen. Dit proces, waarbij onttrekking groter is dan de toevoeging (dus een negatief overschot), wordt fosfaatuitmijning genoemd. Gerichte fosfaatuitmijning kan het belasting van het oppervlaktewater met fosfaat sterk doen afnemen (Roelsma et al., 2011). Om de fosfaatverzadiging van de landbouwbodems in Drenthe te laten dalen, moet gerichtere sturing op fosfaatuitmijning plaatsvinden. Hierbij moet vooral naar de bouwlandgronden worden gekeken.

Ook het milieuthema verzuring is gerelateerd aan landbouw en dus het mestbeleid. De ammoniakemissie vanuit de landbouw is mede verantwoordelijke voor de verzuring van de natuurgebieden in Drenthe. Door de verwevenheid van landbouw en natuur in Drenthe, maar ook door de van nature armere zandgronden in Drenthe (dus weinig buffercapaciteit voor verzurende stoffen) zijn de natuurgebieden kwetsbaar voor verzuring. In de voorgaande integrale rapportage (Boukes en Baggelaar, 2002) is al geconstateerd dat alleen een (significante) afname van mesthoeveelheid in de provincie een positieve bijdrage voor verzuring kan hebben. De toename van de export van dierlijke mest van Zuid- en Oost-Nederland naar Noord-Nederland, als onderdeel van het landelijk mestbeleid, heeft niet geleid tot de gewenste afname van de mesthoeveelheid.

8 Representativiteit KRW-meetpunten

In dit hoofdstuk wordt per KRW-grondwaterlichaam nagegaan hoe de grondwaterkwaliteit van de Drentse KRW-meetpunten van het PMG/LMG zich verhoudt tot die van alle Drentse meetpunten van dat meetnet. Daartoe worden beschrijvende statistische methoden gebruikt.

8.1 Achtergronden KRW-monitoring grondwater

Voor de KRW-monitoring van het grondwater wordt zowel de grondwaterkwaliteit als de grondwaterkwantiteit beschouwd. In elk van de 23 Nederlandse KRW-grondwaterlichamen wordt de grondwaterkwaliteit alleen bepaald voor een aantal chemische parameters. Een grondwaterlichaam is volgens de KRW-definitie (2000/60EG) een afzonderlijke grondwatermassa in één of meer watervoerende lagen. De doelen en maatregelen van de KRW hebben dan ook betrekking op grondwaterlichamen en niet op afzonderlijke watervoerende pakketten.

8.1.1 EU-normen en drempelwaarden

De Grondwaterrichtlijn (2006/EG/118) hanteert drempelwaarden voor de normering van stoffen in het grondwater. Deze milieukwaliteitseisen zijn te vergelijken met die in bijlage I van de richtlijn zelf, waar al voor nitraat een EU-norm is gesteld van $50 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en voor bestrijdingsmiddelen van $0,1 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (en $0,5 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ voor hun som). Het verschil is dat lidstaten voor de andere relevante stoffen zelf drempelwaarden moeten vaststellen, op basis van de aanbevolen stoffen in bijlage II en een eigen risico-inschatting. In Nederland is dat tot dusverre gebeurd voor zes stoffen (zie tabel 8.1). Nederland hanteert namelijk een groeimodel, waarbij het aantal stoffen waarvoor een drempelwaarde is afgeleid in de eerste planperiode 2010-2015 wordt uitgebreid. Er is gekozen voor drie stoffen waarvoor geen uitsplitsing is gemaakt naar grondwaterlichamen (dus overal dezelfde norm) en drie stoffen die wel per grondwaterlichaam kunnen verschillen. Uniforme drempelwaarden zijn opgesteld voor nikkel ($30 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), cadmium ($0,5 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) en lood ($11 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). De stoffen waarvoor de drempelwaarde kan variëren zijn arseen, chloride en totaal-fosfor (Ptot). Voor enkele zoute grondwaterlichamen is geen drempelwaarde afgeleid voor chloride omdat deze stof daar van nature aanwezig kan zijn in hogere concentraties. De drempelwaarden zijn juridisch vastgelegd in het Besluit Kwaliteitseisen en Monitoring Water 2009, afgekort BKMW, dat eind 2009 door de Ministerraad is vastgesteld.

Tabel 8.1

De Nederlandse keuzen voor drempelwaarden, als aanvulling op de reeds bestaande EU-normen voor nitraat en bestrijdingsmiddelen. De drempelwaarden zijn hier alleen vermeld voor de drie Drentse grondwaterlichamen (zie ook § 8.1.3).

Lichaam	Stof en meeteenheid					
	Cl $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	P-tot $\text{mg P}\cdot\text{l}^{-1}$	As $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	Cd $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	Ni $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	Pb $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$
Eems	140	1.0	15	0.5	30	11
Rijn-Noord	140	0.6	15	0.5	30	11
Rijn-Oost	140	0.6	15	0.5	30	11

8.1.2 Rol van drempelwaarden bij de toestandbepaling

Bij het bepalen van de toestand van een grondwaterlichaam spelen drempelwaarden (en ook de communautaire normen uit bijlage I van de Grondwaterrichtlijn) een belangrijke rol. Volgens het protocol 'Toetsen grondwaterkwaliteit' moet bij overschrijding van de drempelwaarde een passend onderzoek worden uitgevoerd. Daarbij is van belang op welk percentage van de meetpunten een overschrijding van de drempelwaarde is vastgesteld. In Nederland is vooralsnog afgesproken dat het eindoordeel voor een stof ontoereikend is als het aantal meetpunten met een overschrijding meer dan 20% bedraagt van het totaal aantal meetpunten van het grondwaterlichaam. Deze norm van 20% is overgenomen uit de EU guidance no. 18.

Het KRW-monitoringprogramma grondwaterkwaliteit (KMG) heeft een aantal meetpunten van zowel het landelijk meetnet grondwaterkwaliteit (LMG) als van provinciale meetnetten grondwaterkwaliteit (PMG's). Veelal zijn dit meetpunten met filters rond 10 en 25 meter diepte.

Volgens het voorlopig protocol voor de beoordeling van de chemische toestand van grondwaterlichamen in Nederland (RIVM, 2008) geldt elk filter van het KMG als monitoringspunt. Per monitoringspunt (filter) worden jaargemiddelden berekend en het gemiddelde daarvan over de planperiode fungeert dan als de toetswaarde van de toestand. Er vindt dus geen aggregatie in de ruimte plaats, alleen in de tijd. Als slechts één keer per jaar gemeten wordt, dan wordt het jaargemiddelde gelijkgesteld aan de gemeten concentratie.

8.1.3 Drentse KRW-grondwaterlichamen

Er zijn in Drenthe drie KRW-grondwaterlichamen, namelijk Eems, Rijn-Noord en Rijn-Oost, waarbij het grondwaterlichaam Rijn-Noord zich slechts voor een klein deel in Drenthe bevindt, in het noordoosten. Tabel 8.2 vermeldt enkele kenmerken van deze grondwaterlichamen.

Tabel 8.2

Oppervlakte, gemiddelde dikte, aantal watervoerende pakketten en volume van elk van de drie Drentse KRW-grondwaterlichamen.

Code	Soort	Lichaam	Oppervlak km ²	Gem. dikte m	# wvp	Volume km ²
NLGW0001	Zand	Eems	1982	180	3	356
NLGW0002	Zand	Rijn-Noord	1513	177	3	268
NLGW0003	Zand	Rijn-Oost	6141	150	1 tot 3	921

Tabel 8.3 geeft aan hoe de 90 meetpunten van de Drentse combinatie PMG/LMG zijn verdeeld over deze drie grondwaterlichamen, waarbij ook is vermeld hoeveel van deze meetpunten worden gebruikt voor de KRW-grondwatermonitoring.

Tabel 8.3

Verdeling van de 90 meetpunten van de Drentse combinatie PMG/LMG over de drie Drentse grondwaterlichamen. Er is ook vermeld hoeveel van deze Drentse meetpunten worden gebruikt voor de KRW-grondwatermonitoring van het betreffende grondwaterlichaam.

Gw-lichaam	PMG/LMG	KRW
Eems	30	8
Rijn-Oost	52	15
Rijn-Noord	8	1
Totaal	90	24

8.2 Gevolgde aanpak om representativiteit KRW-meetpunten te beoordelen

Om per grondwaterlichaam te kunnen beoordelen of de KRW-meetpunten representatief zijn, moet het kwaliteitsbeeld dat deze meetpunten schetsen vergeleken worden met de *werkelijke* kwaliteit van het betreffende grondwaterlichaam. Maar de werkelijke kwaliteit is uiteraard niet bekend, zodat we daarvoor slechts af kunnen gaan op de kwaliteit die de PMG/LMG-meetpunten van het betreffende grondwaterlichaam schetsen.

We voeren de beoordeling uit op basis van beschrijvende statistiek, omdat deze situatie zich niet eenvoudig leent voor toetsende statistiek. Dit komt doordat de twee steekproeven waarvan we het kwaliteitsbeeld willen vergelijken - de KRW-meetpunten en de PMG/LMG-meetpunten - niet onafhankelijk van elkaar zijn. De KRW-meetpunten vormen immers een subset van de PMG/LMG-meetpunten. Daar komt nog eens bij dat er ook binnen deze steekproeven geen sprake is van onafhankelijke meetwaarden, aangezien er per meetpunt meetgegevens van twee filters (monitoringspunten) worden meegenomen, die doorgaans sterk gecorreleerd zullen zijn.

De beoordeling op basis van beschrijvende statistiek omvatte de volgende elementen:

1. Alleen de grondwaterlichamen Eems en Rijn-Oost zijn beschouwd, aangezien er in het grondwaterlichaam Rijn-Noord slechts één Drents KRW-meetpunt voorkomt.
2. Er is afgegaan op de zeven parameters waarvoor een drempelwaarde of EU-norm beschikbaar is, namelijk nitraat, totaal-fosfor, chloride, arseen, cadmium, nikkel en lood.
3. Daarbij is gebruik gemaakt van alle meetwaarden die beschikbaar zijn vanaf 1997 van de filters 1 (ondiep) en 3 (diep) van de betreffende meetpunten.
4. Voor de vergelijkbaarheid van het toestandbeeld volgens de KRW-meetpunten en dat van de PMG/LMG-meetpunten is voor elk van de jaren vanaf 1997 beoordeeld op de volgende kengetallen (zie de figuren in bijlage 4):
 - a. percentage normoverschrijding (aantal monitoringspunten met een normoverschrijding gedeeld door het totaal aantal monitoringspunten);
 - b. maximum;
 - c. 90-percentiel (P90);
 - d. mediaan (P50).
5. En voor de vergelijkbaarheid van het trendbeeld volgens de KRW-meetpunten en dat van de PMG/LMG-meetpunten is beoordeeld op de trend-boxplots en op de verdeling van de trendsoorten (zie de figuren in bijlage 4). Daarbij is uitgegaan van de trendanalyseresultaten van de reeksen die voldoen aan de in § 3.4 vermelde criteria voor trendanalyse.

8.3 Bevindingen

De resultaten van de vergelijking volgens de hiervoor beschreven aanpak zijn vermeld in tabel 8.4, waarbij de oordelen zijn aangegeven met stoplichtkleuren.




Tabel 8.4

Resultaten van de vergelijking van het kwaliteitsbeeld volgens de KRW-meetpunten en dat volgens de PMG/LMG-meetpunten, afzonderlijk voor het grondwaterlichaam Eems (boven) en het grondwaterlichaam Rijn-Oost (onder), met onderscheid naar parameter. De oordelen zijn aangegeven met stoplichtkleuren.

Grondwaterlichaam Eems							
	Nitraat	Totaal-P	Chloride	Arseen	Cadmium	Lood	Nikkel
%Overschrijding	Red	Red	Yellow	Green	Red	Yellow	Red
Maximum	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
90-percentiel	Red	Yellow	Yellow	Green	Red	Yellow	Red
Mediaan	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow
Trends	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red

Grondwaterlichaam Rijn-Oost							
	Nitraat	Totaal-P	Chloride	Arseen	Cadmium	Lood	Nikkel
%Overschrijding	Yellow	Red	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow
Maximum	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green
90-percentiel	Red	Red	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow
Mediaan	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Trends	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow

Kwaliteitsbeeld volgens KRW-meetpunten versus dat volgens alle meetpunten

	positiever
	vergelijkbaar
	negatiever

N.B.: Let op dat een rode kleur in deze tabel niet aangeeft dat de grondwaterkwaliteit niet voldoet, maar louter dat de subgroep van KRW-meetpunten een minder goed kwaliteitsbeeld schetst dan de gehele groep van meetpunten.

Uit tabel 8.4 blijkt dat de resultaten van de vergelijking verschillen per parameter en per grondwaterlichaam, zodat er geen algemene conclusie getrokken kan worden.

Bij het grondwaterlichaam Eems geven de KRW-meetpunten voor nitraat, totaal-fosfor, cadmium en nikkel een negatiever beeld van het percentage normoverschrijding dan alle meetpunten en voor arseen een positiever beeld. Het trendbeeld van de KRW-meetpunten is negatiever dan dat van alle meetpunten voor nikkel en positiever voor totaal-fosfor.

Bij het grondwaterlichaam Rijn-Oost geven de KRW-meetpunten voor totaal-fosfor en arseen een negatiever beeld van het percentage normoverschrijding dan alle meetpunten en voor cadmium een positiever beeld. Het trendbeeld van de KRW-meetpunten is voor alle beschouwde parameters vergelijkbaar met dat van alle meetpunten.

9 Aanbevelingen voor het meetnetbeheer

1. Het is dringend nodig om de opslag van de meetgegevens en de metagegevens van de bij deze studie onderzochte Drentse meetnetten bodem- en/of grondwaterkwaliteit te structureren en te uniformeren. Daarvoor moet in samenspraak met het aanleverende laboratorium een procedure worden opgesteld voor het binnenhalen, controleren en opslaan van de gegevens. Verder moet daarvoor een toegankelijke database beschikbaar komen. De efficiëntie van een meetinspanning wordt namelijk mede bepaald door de manier waarop de meetgegevens zijn opgeslagen. Deze opslag moet geen drempel op werpen voor de verwerking van de data tot de gewenste informatie (zie bijvoorbeeld (Ward et al., 1990)). Hier bleek de sterk gefragmenteerde en inconsistente dataopslag echter een zodanig grote drempel op te werpen, dat er buitensporig veel inspanning moest worden geleverd om de data geschikt te maken voor verwerking. Dit is niet alleen inefficiënt (en foutgevoelig), het belemmert ook tussentijdse raadplegingen van deze rijke informatiebron en kan daarmee zelfs het bestaansrecht van dergelijke grootschalige meetinspanningen verminderen. Overigens heeft de provincie inmiddels al een goede stap in deze richting genomen, door te besluiten een database (Dawaco) in te richten voor het opslaan van de meetgegevens en metagegevens van de Drentse meetnetten bodemkwaliteit, grondwaterkwaliteit en grondwaterkwantiteit.
2. Het is belangrijk dat de procedure voor gegevenscontrole voorschrijft dat het laboratorium bij zeer verdachte meetwaarden de analyse direct herhaalt. Als dat hetzelfde twijfelachtige beeld oplevert, moet er een nieuw monster worden genomen en aansluitend worden geanalyseerd. Dit is nodig om te voorkomen dat de database 'vervuild' raakt met twijfelachtige meetgegevens. Voor deze gegevenscontrole moet er per combinatie van parameter en compartiment intervallen van fysisch/chemisch plausible meetwaarden worden gedefinieerd. Ook moeten statistische toetsmethoden worden opgesteld om te besluiten of een meetwaarde aannemelijk is, gegeven: i) voorgaande meetwaarden van de betreffende meetreeks, ii) parallelle meetwaarden van hetzelfde meetpunt van gerelateerde parameters en iii) parallelle meetwaarden van naburige meetpunten van dezelfde parameter en/of gerelateerde parameters.
3. Het wordt aanbevolen regelmatig te rapporteren over de informatie die deze Drentse meetnetten bodem- en/of grondwaterkwaliteit verstrekken. Bij elke nieuwe meetronde komt er immers verse informatie beschikbaar die in staat stelt om ontwikkelingen te volgen en om eventuele nieuwe bedreigingen te kunnen constateren. Een bijkomend - en niet te onderschatten - voordeel van frequentere meetnetrapportages is dat deze grotere zichtbaarheid de meetinspanning meer bestaansrecht verleent en zo ook meer bescherming biedt tegen bezuinigingsoperaties. Deze meetronde-rapportages kunnen overigens kort en bondig zijn. Ze kunnen efficiënt worden uitgevoerd als daarvoor eenmalig een sjabloonrapport wordt ontwikkeld, zo mogelijk ook met bijbehorende software voor het uitvoeren van de verschillende verwerkingsmethoden en het vervaardigen van de verschillende presentatievormen. De kosten van een meetronde-rapportage kunnen daarmee beperkt blijven, zeker als ze worden afgezet tegen de kosten van het bemonsteren en analyseren. Ook hier is overigens al een goede stap genomen door de provincie, door jaarlijks te rapporteren over enkele belangrijke parameters via het webportaal van de provincie.
4. Gezien de grote kosten van het grootschalig meten van de bodem- en grondwaterkwaliteit, is het raadzaam op gezette tijden – zoals om de vijf jaar - een optimalisatieslag van de meetinspanning uit te voeren. Daar toe moet ook worden beoordeeld in hoeverre de meetinspanning nog aansluit op de informatiebehoefte. Dit kan door de doelgroepen van de meetnetinformatie te vragen zo concreet mogelijk aan te geven met welke figuren, kaarten, tabellen, statistische toetsresultaten, etc. hun informatiebehoefte het best wordt ingevuld. Deze concretisering tot op het niveau van presentatievormen sluit namelijk aan op wat meetnetten in de

praktijk kunnen presteren en creëert daarmee realistischere verwachtingspatronen. De onderhavige integrale meetnetrapportage biedt een goed uitgangspunt voor de peiling van de doelgroepvertegenwoordigers, aangezien deze vele voorbeelden biedt van informatie die de meetnetten met de huidige meetinspanning kunnen leveren.

5. Een aandachtspunt voor de optimalisatiediscussie is ook of het zinvol kan zijn om het beschouwde parameterpakket op maat te snijden voor verschillende gebiedstypen. Zo geeft bijvoorbeeld het meten van nitraat in veengebieden weinig zinvolle informatie, aangezien de concentratie daar altijd zeer laag is.

10 Literatuur

- Baggelaar, P.K. en C.G.E.M. van Beek, 1995. *Suggesties voor optimalisatie van grootschalige meetnetten grondwaterkwaliteit*. Kiwa-rapport KOA 95.107, december 1995, Nieuwegein.
- Baggelaar, P.K. en E.C.J. van der Meulen, 2012. *Trendanalist Gebruikershandleiding*. Icastat, Amstelveen en AMO, Hengelo, maart 2012.
- Berge, H.F.M. ten (editor), 2001. *A review of potential indicators for nitrate loss from cropping and farming systems in the Netherlands*. Reeks Sturen op Nitraat 2, Report 31. Plant Research International, Wageningen.
- Bonten, L.T.C., P.F.A.M. Römkens en R.P.J.J. Rietra, 2003, *Zware metalen in het bovenste grondwater onder landbouwgronden op zand*. H2O, 23, 28-30
- Boukes, H. en P.K. Baggelaar, 2002. *Integrale rapportage bodem- en grondwatermeetnetten Provincie Drenthe*. Hoofdrapport en bijlagenbundel. Adviesburo Harry Boukes en Icastat, mei 2002.
- Delahaye, R., P.K.N. Fong, M.M. van Eerdt, K.W. van der Hoek en C.S.M. Olsthoorn, 2003. *Emissie van zeven zware metalen naar landbouwgrond*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg/Heerlen.
- Gilbert, R.O., 1987. *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*. Van Nostrand Reinhold, New York, 320 blz.
- Helsel, D.R. en R.M. Hirsch, 1992. *Statistical Methods in Water Resources*. Studies in Environmental Science 49. Elsevier, Amsterdam, 510 blz.
- Hirsch, R.M., R.B. Alexander en R.A. Smith, 1991. *Selection of methods for the detection and estimation of trends in water quality*. Water Resources Research, vol. 27, no. 5, May 1991, blz. 803 – 813.
- Hooijboer, A.E.J. en A. de Klijne, 2011. *Waterkwaliteit op Landbouwbedrijven, Evaluatie Meststoffenwet 2012*. RIVM Rapport 680123001/2011.
- Japenga, J., J. Bril en W. Schuurmans, 2000. *Het meetnet bodemkwaliteit van de provincie Gelderland. Opzet en resultaten 1997-1999*. Alterra-rapport 138. Alterra, Wageningen.
- Mol, G., 2002. *Soil acidification monitoring in the Netherlands*. Geologica. Ultraiectina, Universiteit van Utrecht.
- RIVM, 2008. *Voorlopig protocol voor de beoordeling van de chemische toestand van grondwaterlichamen in Nederland*. Rapport 607300011/2008, M.C. Zijp et al., 46 blz.
- Roelsma, J., C.W. Rougoor en P.E. Dik, 2003. *Regionaal nitraatmonitoringsconcept RENIM. Ontwikkeling en toetsing van een eenvoudige methodiek voor het monitoren van de uitspoeling van nitraat naar het grondwater in zand- en lössgebieden*. Reeks Sturen op Nitraat 7, Alterra-rapport 911. Alterra, Wageningen.
- Roelsma, J. en M. Knotters, 2009. *Evaluatie van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom*. Alterra-rapport 1911, Wageningen, 126 blz.

Roelsma, J., B. van der Griff, H.M. Mulder en T.P. van Tol-Leenders, 2011. *Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Drentse Aa; bronnen, routes en sturingsmogelijkheden*. Alterra-rapport 2218. Reeks Monitoring Stroomgebieden 25-I. Alterra, Wageningen.

Roelsma, J., T.P. van Tol-Leenders, A. Dries en M.van Dongen, 2012. *Gerichtere sturing van de oppervlaktewaterkwaliteit*. H2O, 10/2012.

Römkens, P.F.A.M., 1989. *Effects of land use changes on organic matter dynamics and trace metal solubility in soils*. Rijksuniversiteit Groningen.

Römkens, P.F.A.M., L.T.C Bonten, R.P.J.J. Rietra, J. E Groenenberg, A.C.C. Plette en J. Bril, 2003. *Uitspoeling van zware metalen uit landbouwgronden. Schatting van de bijdrage van uitspoeling uit landbouwgronden aan de belasting van het oppervlaktewater: modelaanpak en resultaten*. Alterra-rapport 791. Alterra, Wageningen.

Schoumans, O.F., J. Willems en G. van Duinhoven, 2008. *30 vragen en antwoorden over fosfaat in relatie tot landbouw en milieu*. Wageningen, Alterra.

Sen, P.K., 1968. *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau*. Journ. Am. Statist. Assoc., 63, blz. 1379 - 1389, 1968.

Theil, H., 1950. *A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis, 1,2 and 3*. Ned. Akad. Wetensch. Proc., 53, blz. 386 - 392, 521 - 525 en 1397 - 1412.

Van den Ham, A. en C.H.G. Daatselaar, 2012. *Bodemoverschotten op landbouwbedrijven. Evaluatie Meststoffenwet 2012: deelrapport ex post*. Den Haag, LEI. LEI-rapport 2012-012. LEI, Den Haag, 2012.

Van der Meulen, E.C.J., 2007. *Handleiding Tijdreeksanalist*. AMO (Adviesbureau Modelling en Optimalisatie), Hengelo.

Wageningen World, 2012. *Van Water en Mest*. No. 3, blz 33 – 37.

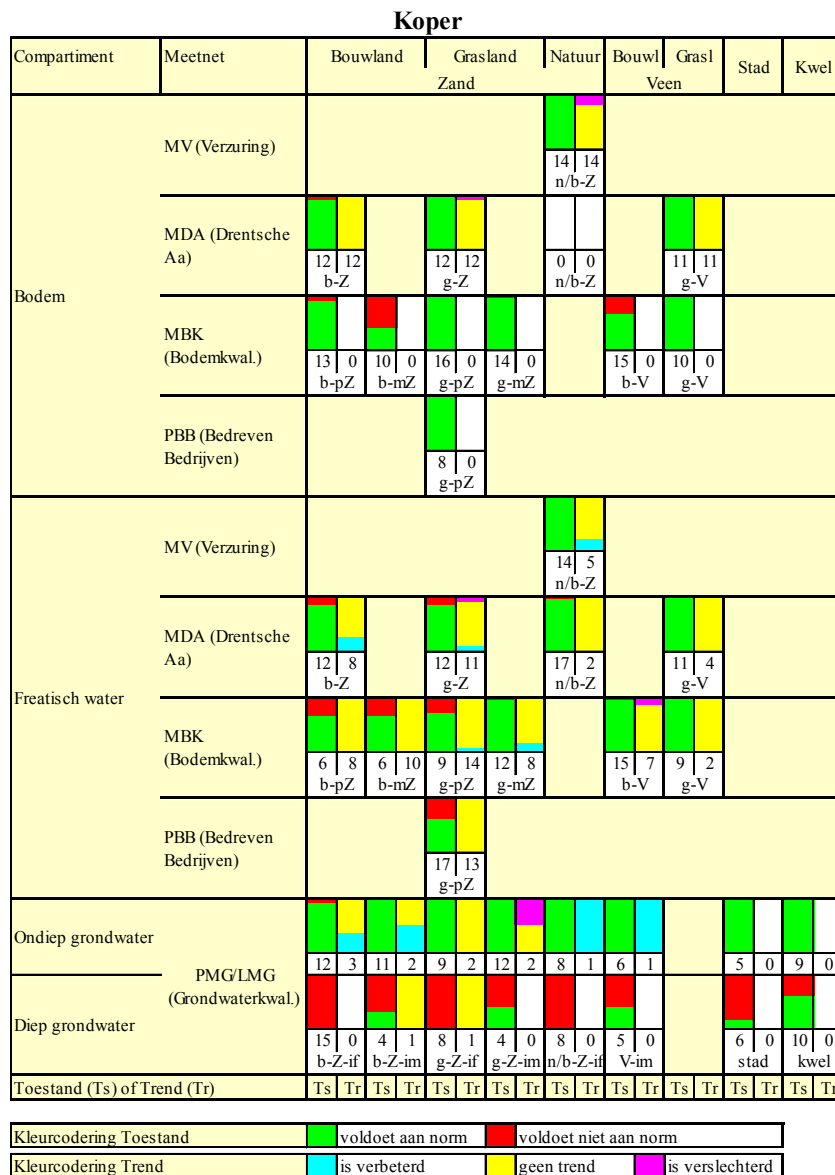
Ward, R.C., J.C. Loftis en G.B. McBride, 1990. *Design of Water Quality Monitoring Systems*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Woestenburg, M. en T.P. van Tol-Leenders, 2011. *Sturen op schoon water: eindrapportage project Monitoring Stroomgebieden*. Alterra, november 2011, 79 blz.

Bijlage 1 Toelichting op gebruikte presentatievormen

Palet van toestanden en trends

De grote hoeveelheid informatie die beschikbaar komt over toestanden en trends is per parameter samengevat in het palet van toestanden en trends. Onderstaande figuur geeft als voorbeeld het palet van koper.



De relatieve hoogte van een kleur in één van de ingekleurde velden is gelijk aan het geraamde oppervlaktepercentage van het betreffende gebiedstype met die eigenschap (zoals 'normoverschrijding' voor de toestand, of 'is verbeterd' voor de trend). Elk verticaal kleurveld heeft twintig subvelden, zodat deze percentages tot op 5% afgerond kunnen worden weergegeven.

De gebiedstypen zijn in het palet aangegeven met combinaties van de volgende aanduidingen:

b: bouwland g: grasland n/b: natuur/bos stad Z: zand pZ: podzolzand mZ: moerig zand V: veen if: infiltratie im: intermediair kwel BB: Project Bedreven Bedrijven

Het aantal dat is vermeld onder een verticaal kleurveld is het aantal meetpunten waar het betreffende oordeel over toestand of trend is gebaseerd.

Het oordeel over de toestand is voor wat betreft de kwaliteit van het freatisch, ondiep en diep grondwater gebaseerd op het gewogen gemiddelde van de percentages normoverschrijding in 2008, 2009, 2010 en 2011. Dit is gedaan om eventuele meteorologische invloeden uit te middelen. Het daarbij vermelde aantal meetpunten is dan het gemiddelde van het aantal betrokken meetpunten op jaarbasis.

Voor wat betreft de bodemkwaliteit is het oordeel over de toestand gebaseerd op het percentage normoverschrijding in het meest recente meetjaar, mits dat niet verder teruggaat dan 2004.

De trends van de kwaliteit van het freatisch, ondiep en diep grondwater zijn bepaald over maximaal de periode 1997 t/m 2011, terwijl die van de bodemkwaliteit zijn bepaald over maximaal de periode 1993 t/m 2011 (zie ook verder). Als een trend niet statistisch significant is (bij een gehanteerde betrouwbaarheid van 95%) luidt het oordeel 'geen trend', anders is het oordeel 'is verbeterd', of 'is verslechterd', afhankelijk van het teken van de gedetecteerde trend en de parameter.

Het palet van toestanden en trends integreert op compacte en krachtige manier de meest relevante informatie van de verschillende meetnetten over een bepaalde parameter, namelijk de oordelen over toestanden en trends. De stoplichtkleuren stellen in staat direct de problemen te onderkennen. Bovendien stelt het palet in staat om situaties te vergelijken, namelijk:

1. van verschillende compartimenten binnen hetzelfde gebiedstype (van boven naar beneden gaande in dezelfde kolom);
2. van verschillende gebiedstypen binnen hetzelfde compartiment (van links naar rechts gaande in dezelfde rij).

Het palet zal daarom een centrale rol spelen bij het bespreken van de milieuthema's aan de hand van verschillende parameters.

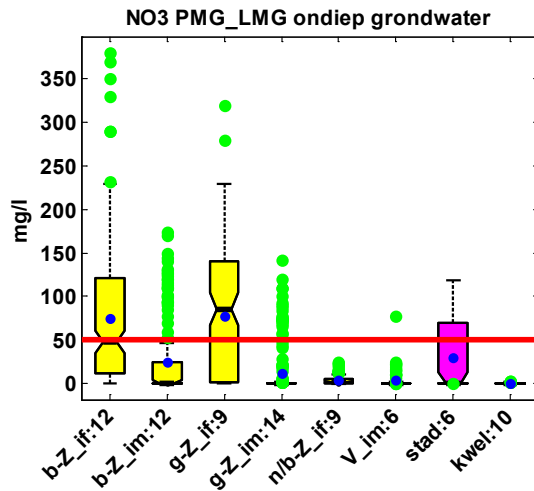
Dit palet is overigens op een aantal punten een verscherping van het palet dat centraal stond bij de voorgaande integrale meetnetrapportage (Boukes en Baggelaar, 2002), namelijk:

- Bij de toestandsbeschrijving wordt nu de relatieve hoogte van een kleur gebruikt om het percentage meetpunten met normoverschrijding aan te geven¹²;
- Bij de trendbeschrijving wordt nu uitgegaan van de resultaten van statistisch toetsen op trend, terwijl er bij het voorgaande palet werd uitgegaan van het (subjectieve) resultaat van een visuele beoordeling van een boxplot van alle geschatte hellingen;
- Bij de trendbeschrijving wordt nu voor drie trendsoorten (statistisch significante verbetering, geen statistisch significante trend en statistisch significante verslechtering) het percentage meetpunten aangegeven, terwijl er bij het vorige palet slechts een subjectieve uitspraak over de bulk van de meetpunten werd gedaan (verbeterend, neutraal, of verslechterend).

¹² Voor de exacte percentages wordt verwezen naar het tabelmatige overzicht in bijlage 3.

Periode-boxplots

Een figuur met periode-boxplots geeft per combinatie van meetnet, compartiment en parameter voor elk gebiedstype de boxplot van de meetwaarden over maximaal de periode 1997 t/m 2011 van de tot die combinatie behorende meetpunten.



Per gebiedstype wordt in deze figuur de boxplot weergegeven die is bepaald uit de meetreeksen die voldoen aan de hieronder beschreven selectiecriteria.

Toelichting op de boxplot

De boxplot, of ook wel box-whisker-plot¹³ is een handzame manier om de kenmerken van een onderzochte populatie zo compact mogelijk grafisch samen te vatten. Deze toont de posities van de schattingen van de belangrijkste percentielen van de populatie (kansverdeling) waar de betreffende meetwaarden uit afkomstig zijn. Het middendeel, de 'box' (doos), loopt van het 25-percentiel naar het 75-percentiel, terwijl het 50-percentiel, of de mediaan, is aangegeven als een dikke streep in de box. Het rekenkundig gemiddelde is weergegeven met een blauwe punt. De 'whiskers' (snorharen) lopen van de box naar de uiteinden van de steekproef. Eventuele extreme waarden worden apart weergegeven boven de bovenste whisker of onder de onderste whisker, als een groen bolletje. Die waarde ligt dan verder dan 1,5-maal de boxlengte vanaf de rand van de box.

De inkervingen ('notches') rond de mediaan geven een impressie van het betrouwbaarheidsinterval van de geschatte mediaan. De breedte van dat interval neemt toe als het aantal meetwaarden afneemt.

Voor de kwaliteit van freatisch, ondiep en diep grondwater is uitgegaan van de meetwaarden van alle meetreeksen van het betreffende gebiedstype die voldoen aan elk van de volgende drie criteria:

1. Reeks bevat minstens één waarde in (begin)periode 1997 t/m 2000 (reeks valt af als deze periode leeg is);
2. Reeks bevat minstens één waarde in (tussen)periode 2001 t/m 2007 (reeks valt af als deze periode leeg is);

¹³ Letterlijk te vertalen als 'doos-met-snorharen'-plot.

3. Reeks bevat minstens één waarde in (eind)periode 2008 t/m 2011 (reeks valt af als deze periode leeg is).

begin							eind							
1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
				tussen										

Voor de 27 reeksen van het gebiedstype BB g-pZ van het MBK zijn noodgedwongen enigszins aangepaste criteria gehanteerd, aangezien het betreffende project Bedreven Bedrijven pas start in 2002 (en circa de helft van de meetpunten daarvan zelfs pas in 2004). De selectiecriteria voor de meetwaarden van het gebiedstype BB g-pZ van het MBK zijn:

1. Reeks bevat minstens één waarde in (begin)periode 2002 t/m 2004 (reeks valt af als deze periode leeg is);
2. Reeks bevat minstens één waarde in (tussen)periode 2005 t/m 2009 (reeks valt af als deze periode leeg is);
3. Reeks bevat minstens één waarde in (eind)periode 2010 t/m 2011 (reeks valt af als deze periode leeg is).

begin							eind			
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
			tussen							

Voor bodemkwaliteit is uitgegaan van de meetwaarden van alle meetreeksen van het betreffende gebiedstype die voldoen aan de hieronder, per bodemmeetnet vermelde criteria.

MBK

1. Reeks bevat minstens één waarde in (begin)periode 1996 t/m 2000;
2. Reeks bevat minstens één waarde in (eind)periode 2004 t/m 2011.

Voor BB g-pZ geldt alleen het volgende criterium: reeks bevat minstens twee waarden.

MDA

1. Reeks bevat minstens één waarde in (begin)periode 1994 t/m 2002;
2. Reeks bevat minstens één waarde in (eind)periode 2006 t/m 2011.

MV

1. Reeks bevat minstens één waarde in (begin)periode 1993 t/m 1999;
2. Reeks bevat minstens één waarde in (eind)periode 2007 t/m 2011.

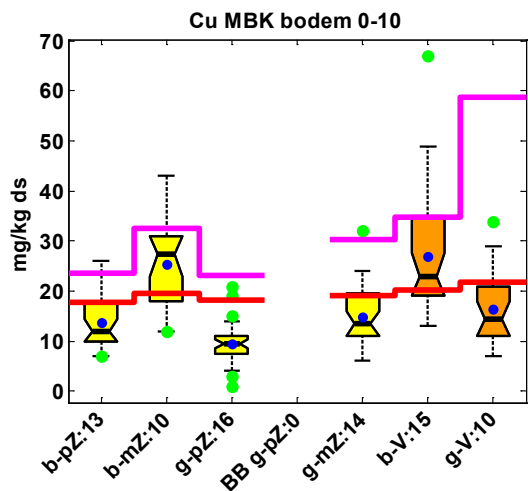
De figuur met periode-boxplots heeft als X-as-labels de gebiedstypen en de Y-as heeft als schaal de betreffende meeteenheid (zoals mg/l, of - voor de pH).

Achter elk gebiedstype-label is het aantal meetpunten vermeld waarop de boxplot is gebaseerd (voorbeeld b-Z_if: 15).

De boxplots zijn als volgt gekleurd: zand is geel, veen is oranje, stad is paars en kwel is lichtblauw.

De norm (dan wel streefwaarde) is in deze figuur aangegeven met een rode horizontale lijn (mits die in het bereik ligt van de meetwaarden).

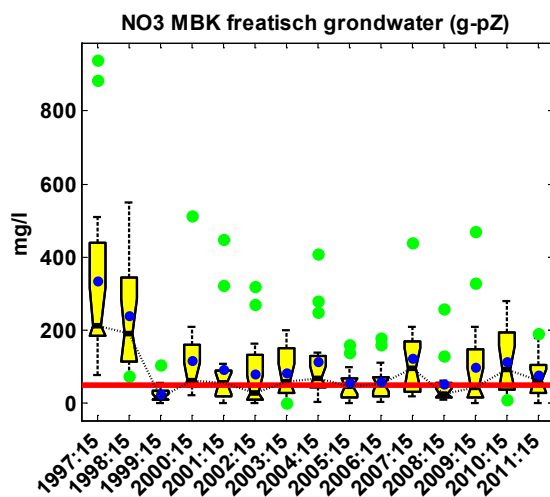
Aangezien de streefwaarden van de zware metalen afhankelijk zijn van het lutumgehalte en het percentage organische stof, is voor die parameters zowel het minimum (rood) als het maximum (paars) van die streefwaarden weergegeven, mits ze niet te ver boven het bereik van de meetwaarden liggen (zie onderstaand voorbeeld).



We maken hier dus nog geen onderscheid naar individuele jaren, zie daarvoor de jaar-boxplots hieronder.

Jaar-boxplots

Een figuur met jaar-boxplots geeft per combinatie van meetnet, compartiment, parameter en gebiedstype voor elk meetjaar de boxplot van de meetwaarden van de tot die combinatie behorende meetpunten.



Voor een figuur met jaar-boxplots worden dezelfde meetreeksen gebruikt als voor de figuur met de periode-boxplots.

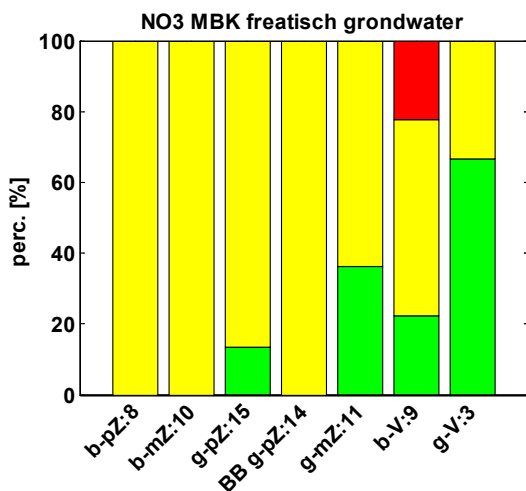
De figuur met jaar-boxplots heeft als X-as-labels de jaren en de Y-as heeft als schaal de betreffende meeteenheid. Per jaar wordt in deze figuur de boxplot weergegeven die is bepaald uit de meetwaarden in dat jaar van alle meetreeksen van het betreffende gebiedstype die voldoen aan de eerder vermelde criteria.

Achter elk jaarlabel het aantal meetpunten vermeld waarop de jaar-boxplot is gebaseerd (voorbeeld 2001: 15). De jaarmedianen zijn verbonden met een lijn om een visuele beoordeling makkelijker te maken. Gezien de doorgaans grote scheefheid van deze data is de mediaan een betere (stabielere, robuustere) centrummaat dan het gemiddelde.

De boxplots zijn gekleurd als volgt: zand is geel, veen is oranje, stad is paars en kwel is lichtblauw. De norm (dan wel streefwaarde) is in deze figuur aangegeven met een rode horizontale lijn (mits die in het bereik ligt van de meetwaarden). Aangezien de streefwaarden van de zware metalen afhankelijk zijn van het lutumgehalte en het percentage organische stof, is voor die parameters zowel het minimum als het maximum van die streefwaarden weergegeven, mits ze niet te ver boven het bereik van de meetwaarden liggen.

Trendsoort-staafdiagram

Een figuur met trendsoort-staafdiagrammen toont per combinatie van meetnet, compartiment en parameter voor elk gebiedstype de procentuele verdeling van de drie trendsoorten. Deze figuur bestaat uit gestapelde staafdiagrammen en heeft als X-as-labels de gebiedstypen en de Y-as loopt van 0% tot 100%. De onderste soort is verbetering (statistisch significante negatieve trend, groen gekleurd), de middelste soort is geen trend (geel gekleurd) en de bovenste soort is verslechtering (statistisch significante positieve trend, rood gekleurd). Voor pH is een negatieve trend echter een verslechtering en een positieve trend een verbetering. De procentuele verdeling is berekend door per trendsoort het aantal meetpunten met die soort te delen door het aantal bij de trendanalyse beschouwde meetpunten.



Achter elk gebiedstype-label is het aantal meetpunten vermeld waarop het diagram is gebaseerd.

Voor de kwaliteit van freatisch, ondiep en diep grondwater is elke meetreeks betrokken bij de trendanalyse die voldoet aan de volgende criteria:

1. Reeks bevat minstens één waarde in (begin)periode 1997 t/m 2000 (reeks valt af als deze periode leeg is);
2. Reeks bevat minstens één waarde in (tussen)periode 2001 t/m 2007 (reeks valt af als deze periode leeg is);
3. Reeks bevat minstens één waarde in (eind)periode 2008 t/m 2011 (reeks valt af als deze periode leeg is);
4. Minder dan 80% van de waarden van de meetreeks is gecensureerd.

begin											eind			
1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
				tussen										

De ruimere criteria voor gebiedstype BB g-pZ van het MBK zijn:

1. Reeks bevat minstens één waarde in (begin)periode 2002 t/m 2004 (reeks valt af als deze periode leeg is);
2. Reeks bevat minstens één waarde in (tussen)periode 2005 t/m 2009 (reeks valt af als deze periode leeg is);
3. Reeks bevat minstens één waarde in (eind)periode 2010 t/m 2011 (reeks valt af als deze periode leeg is);
4. Minder dan 80% van de waarden van de meetreeks is gecensureerd.

begin								eind	
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
			tussen						

Voor de bodemkwaliteit is elke meetreeks betrokken bij de trendanalyse die voldoet aan de hieronder, per bodemmeetnet vermelde criteria.

MBK

1. Reeks bevat minstens één waarde in (begin)periode 1996 t/m 2000;
2. Reeks bevat minstens één waarde in (eind)periode 2004 t/m 2011;
3. Reeks bevat minstens drie waarden;
4. Minder dan 80% van de waarden van de meetreeks is gecensureerd.

Voor BB g-pZ gelden alleen de standaardcriteria, namelijk: 1. reeks minstens 5 jaar lang, 2. omvat minstens 3 waarden en 3. minder dan 80% van de waarden is gecensureerd.

MDA

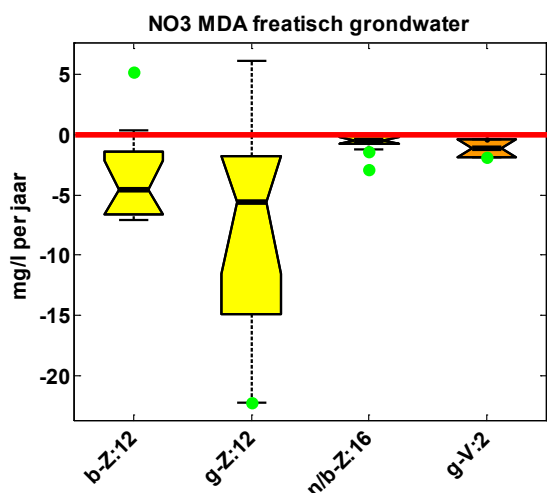
1. Reeks bevat minstens één waarde in (begin)periode 1994 t/m 2002;
2. Reeks bevat minstens één waarde in (eind)periode 2006 t/m 2011;
3. Reeks is minstens vijf jaar lang;
4. Reeks bevat minstens drie waarden;
5. Minder dan 80% van de waarden van de meetreeks is gecensureerd.

MV

1. Reeks bevat minstens één waarde in (begin)periode 1993 t/m 1999;
2. Reeks bevat minstens één waarde in (eind)periode 2007 t/m 2011;
3. Reeks bevat minstens drie waarden;
4. Minder dan 80% van de waarden van de meetreeks is gecensureerd.

Trend-boxplots

Een figuur met trend-boxplots geeft per combinatie van meetnet, compartiment en parameter voor elk gebiedstype de boxplot van de geschatte trends van de meetreeksen van de tot die combinatie behorende meetpunten. Per gebiedstype wordt in deze figuur de boxplot weergegeven van de trendgroottes die zijn bepaald voor alle meetreeksen van dat gebiedstype die volgens de hierboven vermelde criteria geschikt bleken voor de trendanalyse (ongeacht of de trend al of niet statistisch significant is).



Deze figuur heeft als X-as-labels de gebiedstypen en de Y-as heeft als schaal de betreffende meeteenheid per jaar (zoals mg/l per jaar). De boxplots zijn gekleurd. Zand is geel, veen is oranje, stad is paars en kwel is lichtblauw. Achter elk gebiedstype-label is het aantal meetpunten vermeld waarop de boxplot is gebaseerd. Om te helpen bij de visuele beoordeling van de boxplots is een horizontale lijn toegevoegd voor de waarde 0 mg/l per jaar.

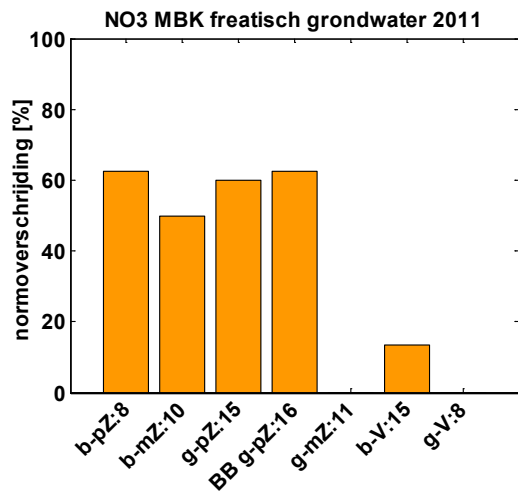
Normoverschrijdings-staafdiagram

Een figuur met normoverschrijdings-staafdiagrammen toont per combinatie van meetnet, compartiment en parameter voor elk gebiedstype het percentage meetpunten met norm- of streefwaardeoverschrijding (x) in een bepaald meetjaar, dat is bepaald als:

$$x = \frac{c}{n} \cdot 100\%$$

met c het aantal meetpunten met normoverschrijding in het betreffende meetjaar en n het aantal meetpunten met een meetwaarde in dat meetjaar.¹⁴ Voor wat betreft de kwaliteit van freatisch, ondiep en diep grondwater is deze figuur afzonderlijk weergegeven voor 2008, 2009, 2010 en 2011 en voor wat betreft de bodemkwaliteit is deze figuur afzonderlijk weergegeven voor het laatste en het voorlaatste meetjaar, mits dat niet vóór 2004 is.

¹⁴ Voor pH is de normoverschrijding bepaald.



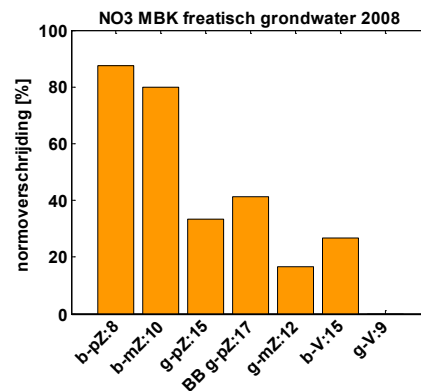
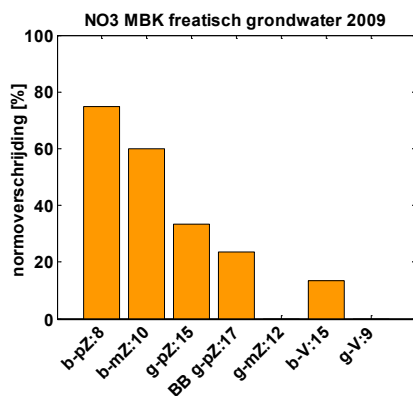
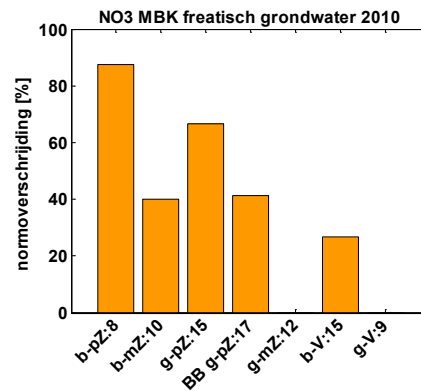
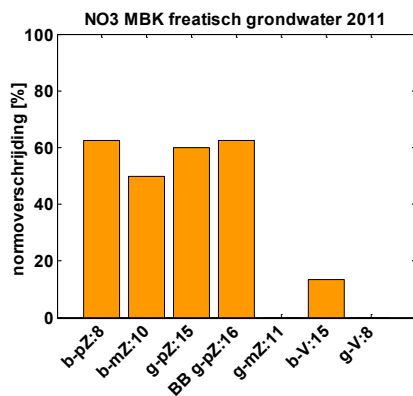
Achter elk gebiedstype-label is het aantal meetpunten vermeld waaruit het percentage is berekend (voorbeeld b-pZ: 8). De exacte percentages zijn vermeld in bijlage 3.

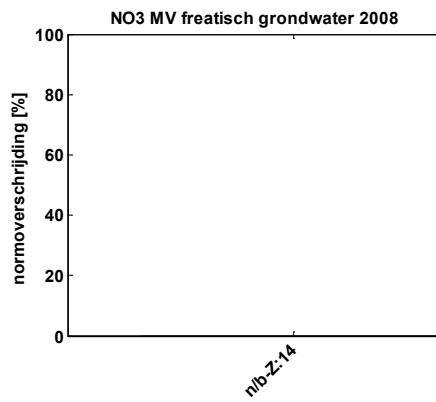
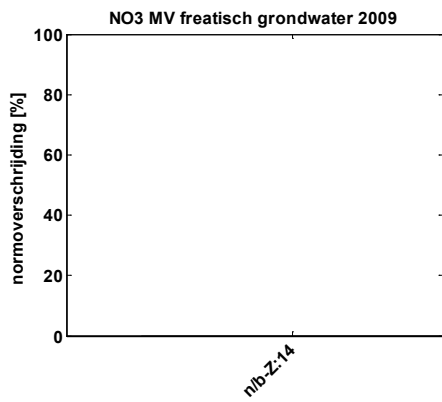
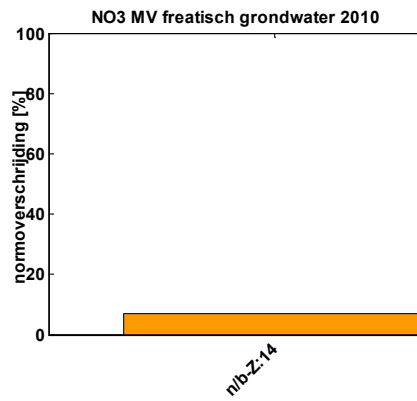
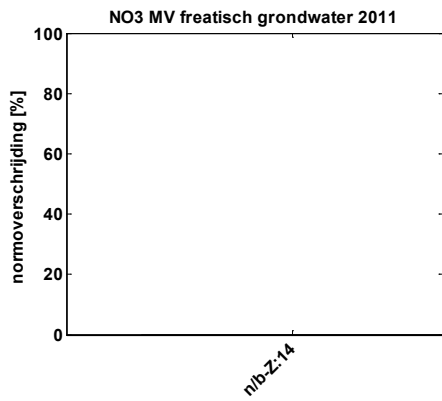
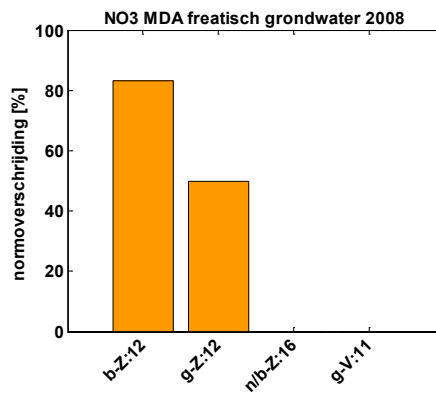
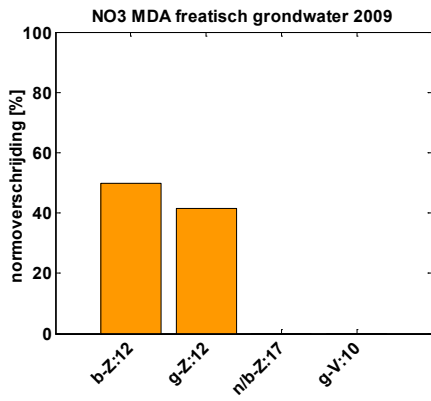
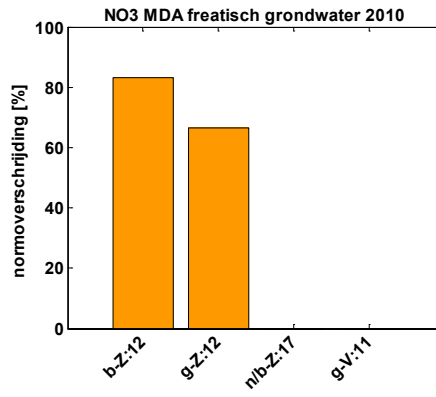
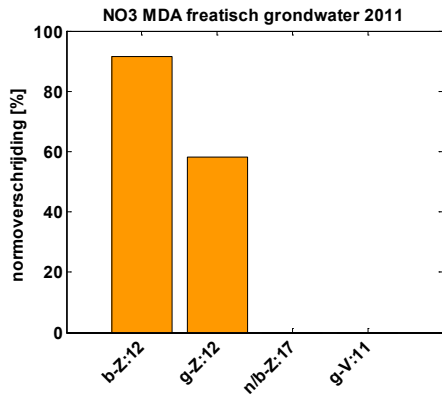
Bijlage 2 Voorbeeld presentatievormen nitraat

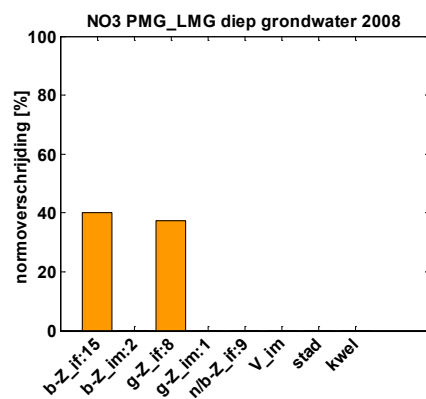
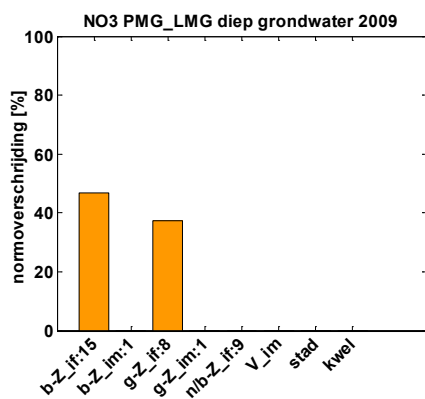
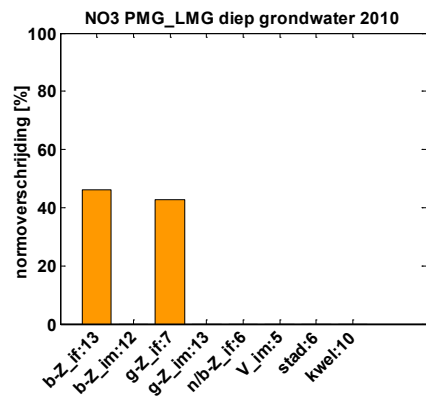
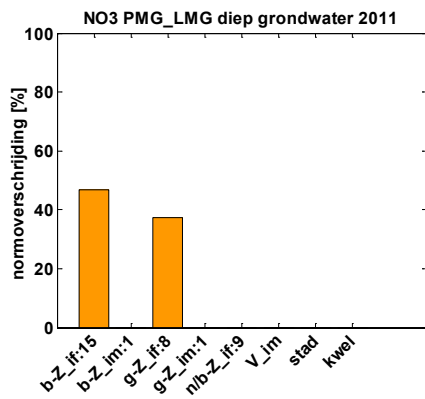
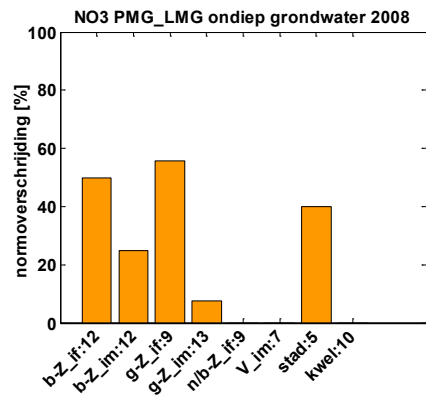
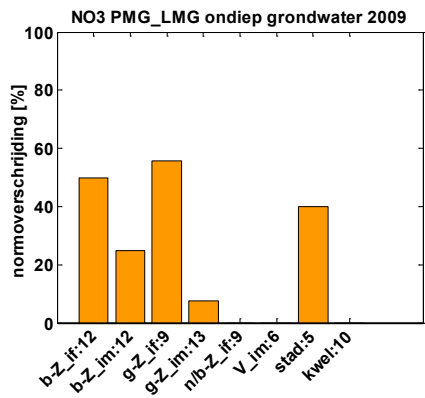
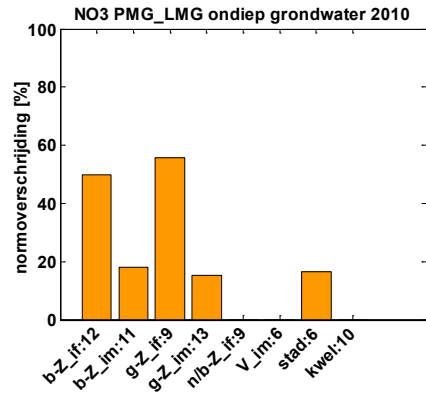
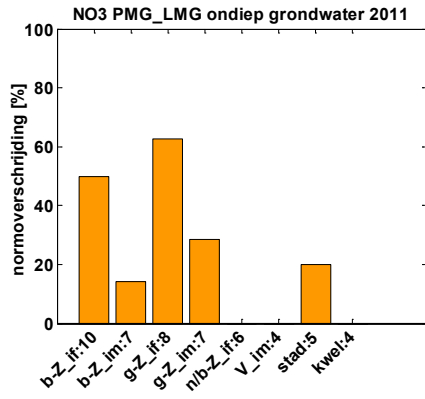
Als voorbeeld hier de presentatievormen voor nitraat in het freatisch grondwater en het grondwater. Gezien de omvang zijn de presentatievormen van de overige combinaties van parameter en compartiment digitaal beschikbaar gesteld aan de opdrachtgever, samen met dit rapport.

Rapportage NO3

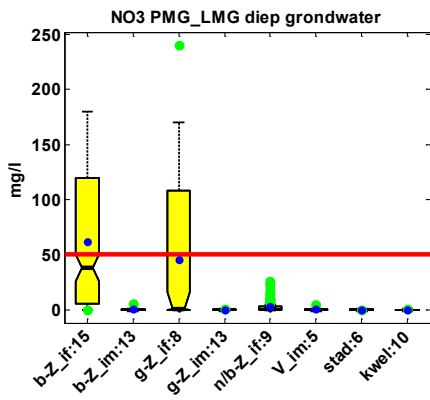
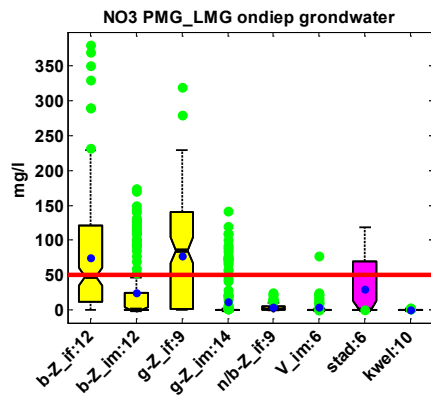
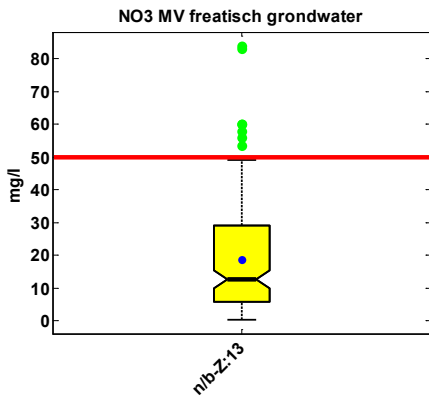
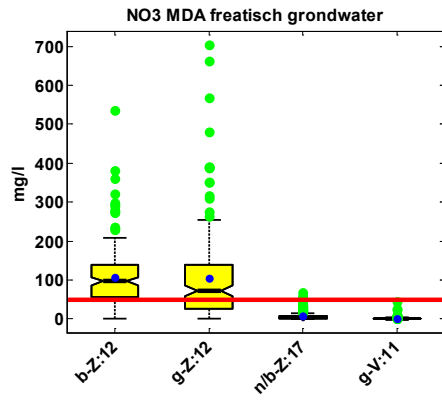
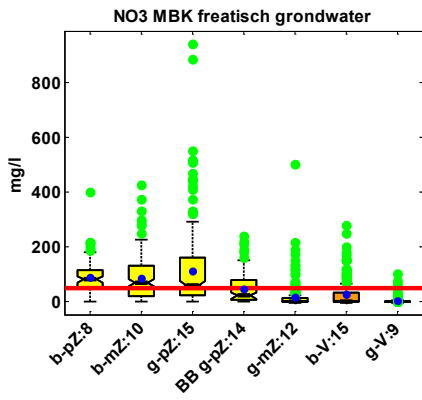
Normoverschrijdings-staafdiagrammen



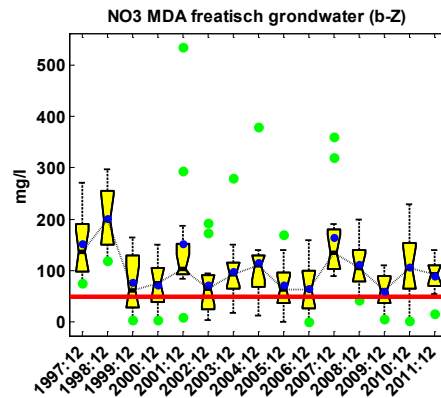
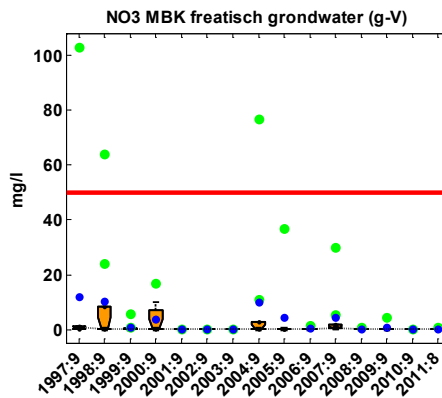
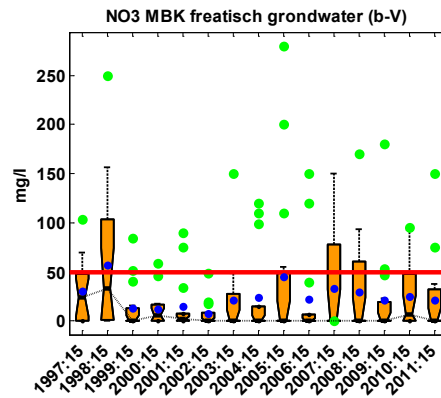
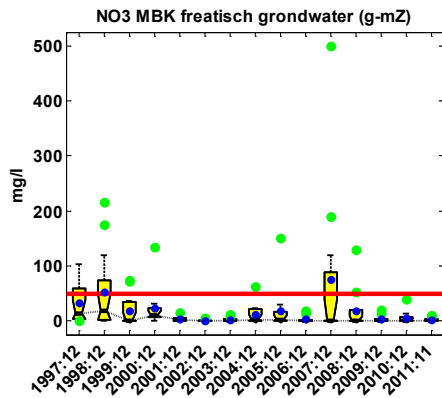
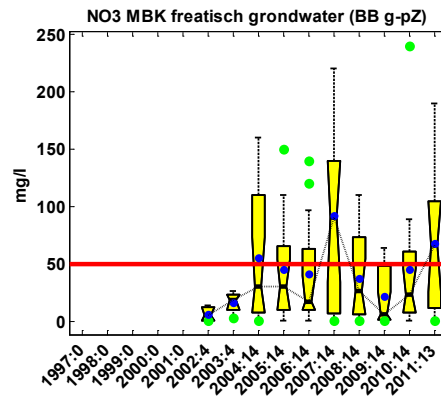
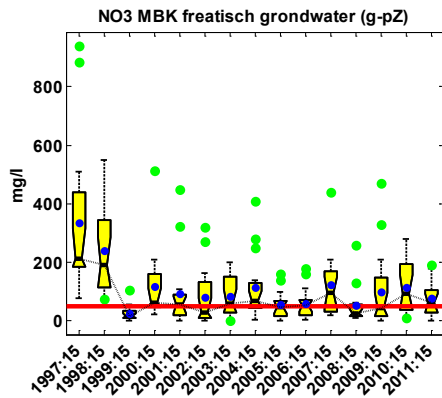
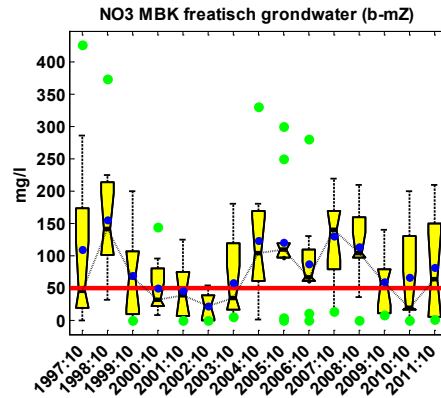
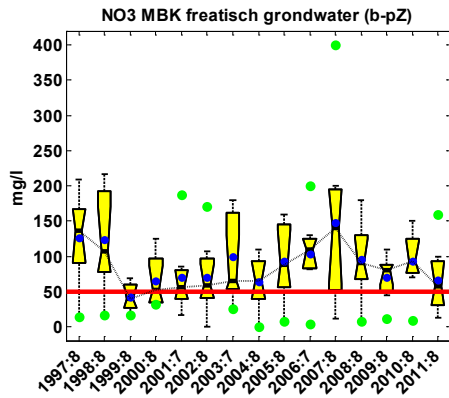


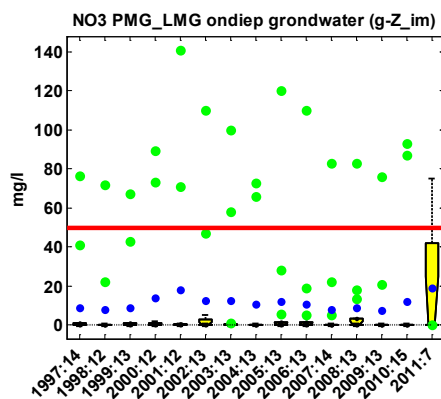
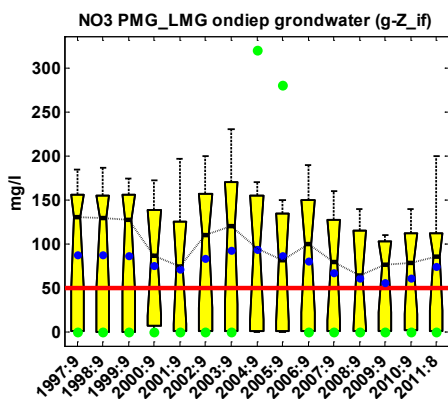
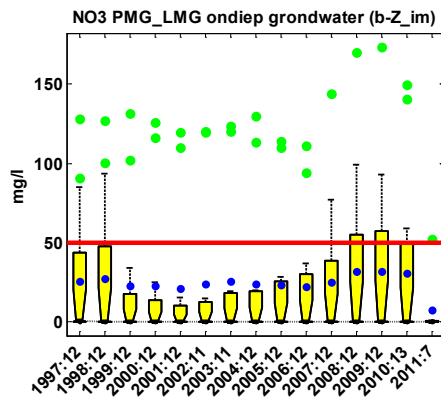
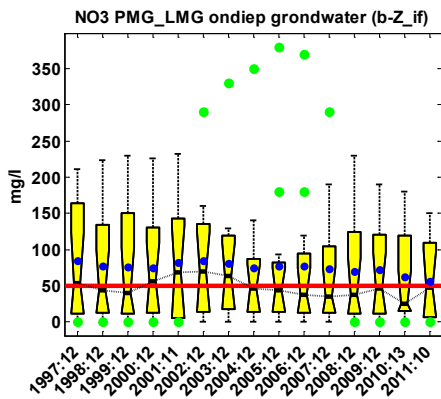
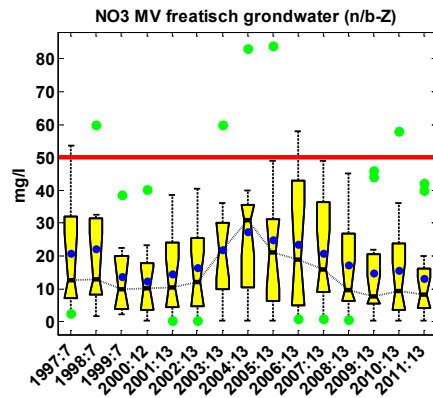
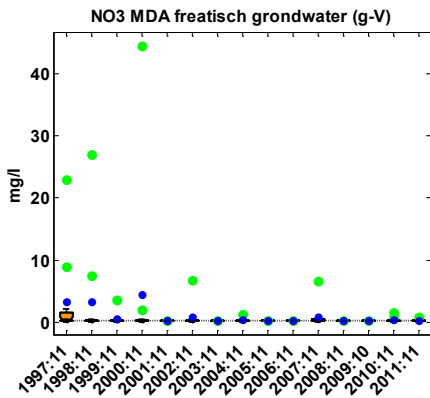
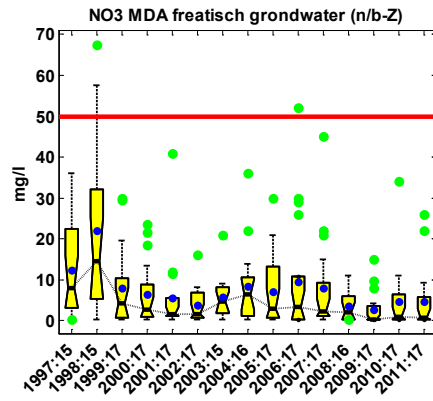
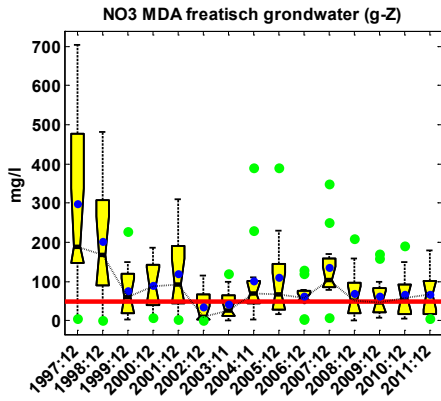


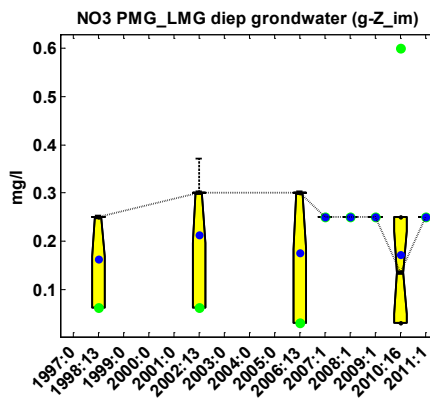
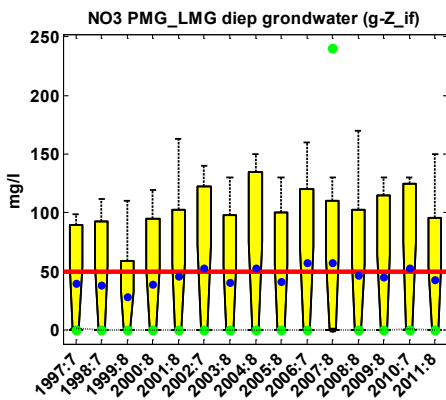
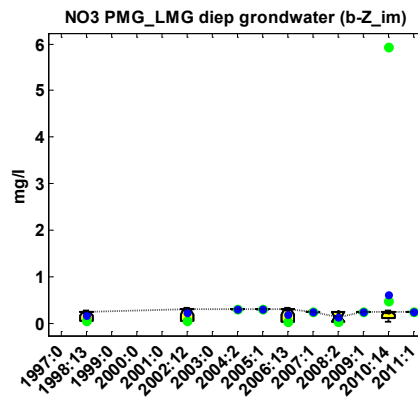
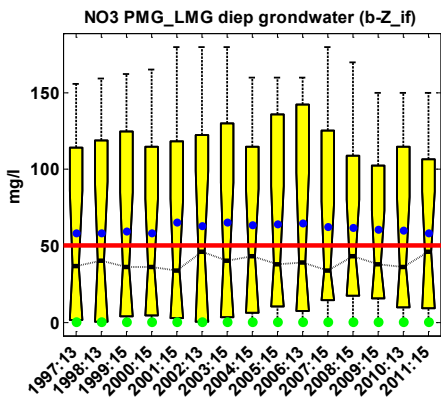
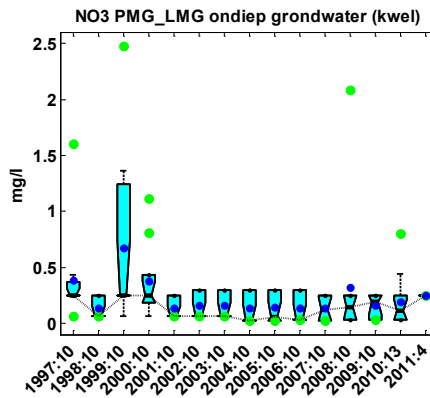
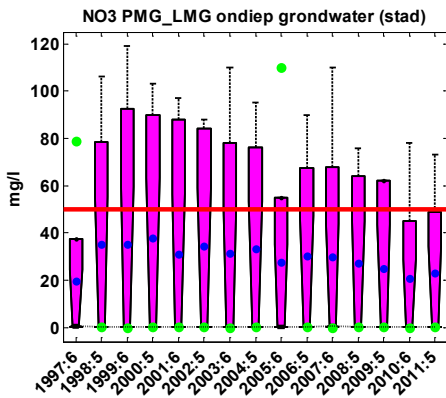
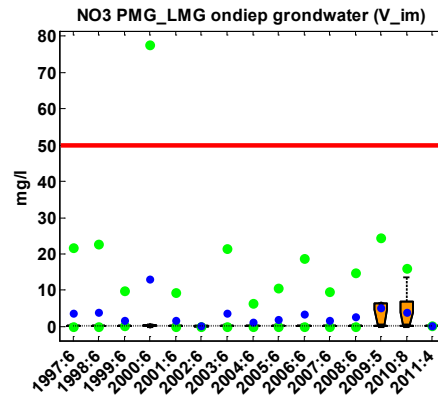
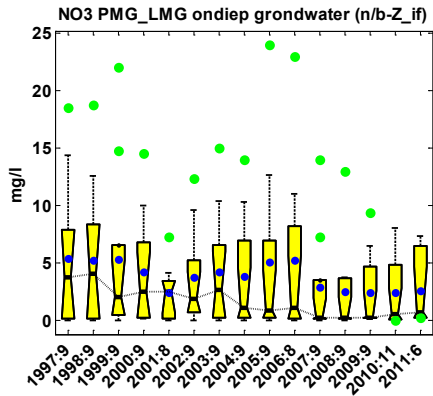
Periode-boxplots

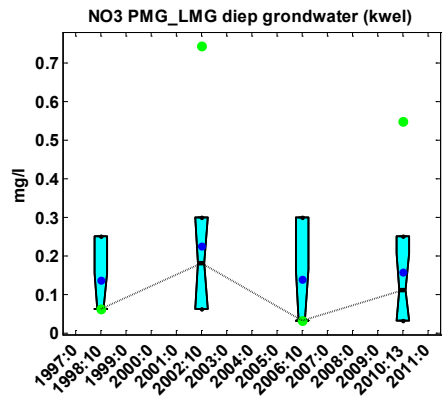
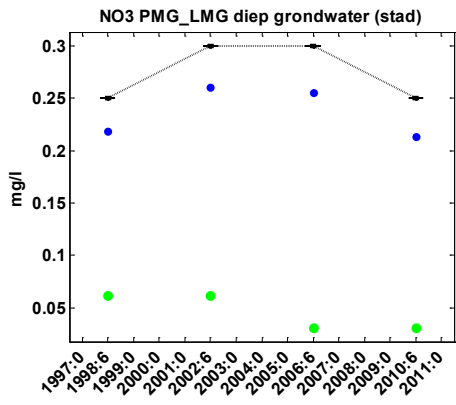
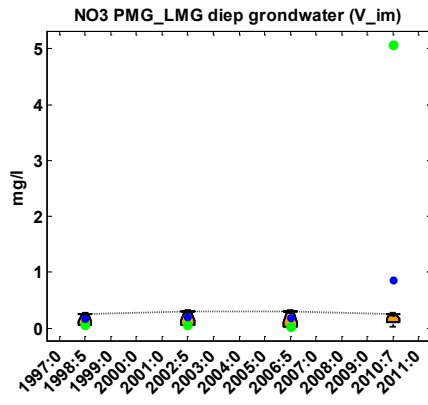
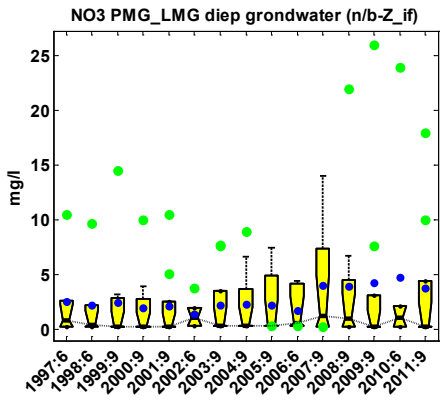


Jaar-boxplots

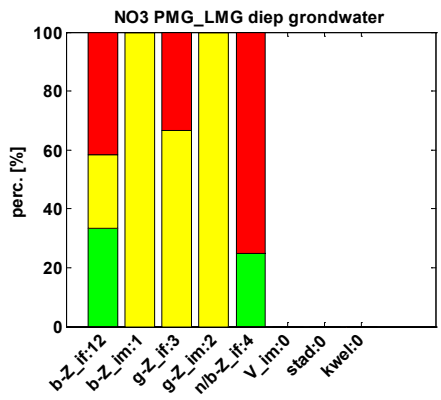
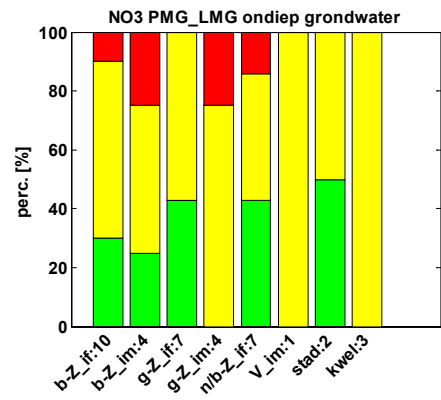
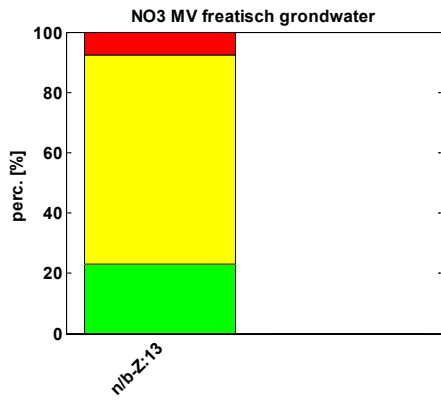
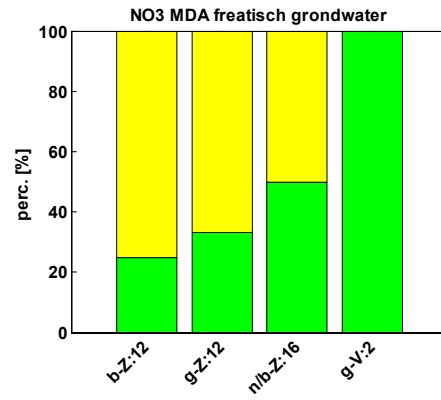
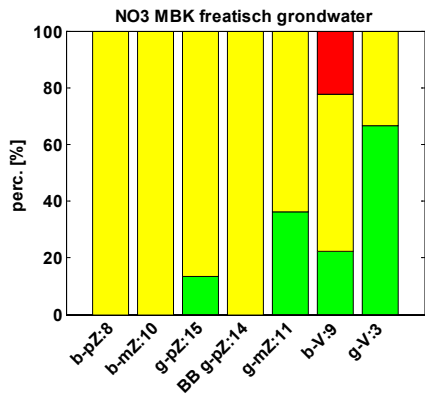




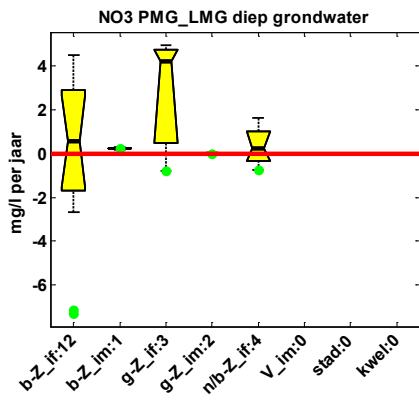
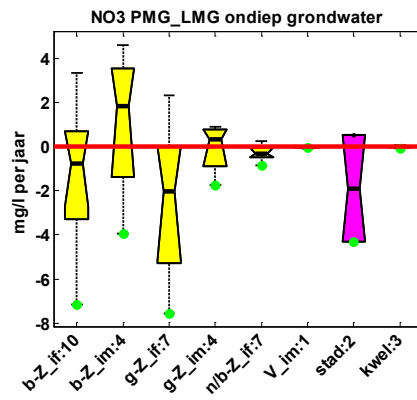
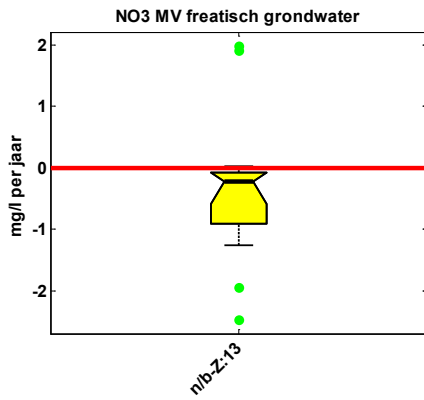
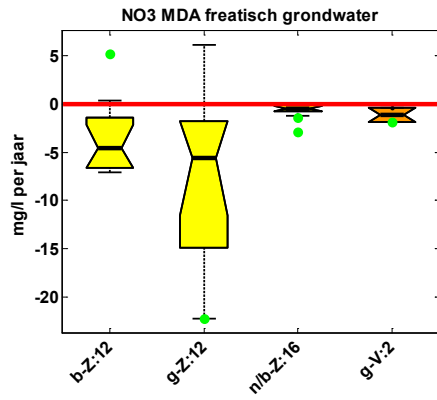
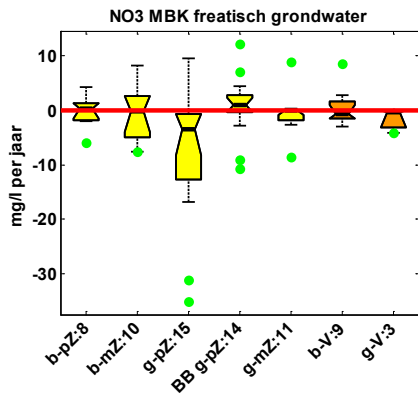




Trendsoort-staafdiagrammen



Trend-boxplots



Bijlage 3 Tabellen met percentages normoverschrijding

Normoverschrijdingen freatisch water en grondwater

Toelichting

c: totaal aantal normoverschrijdingen in periode 2008 t/m 2011

n: totaal aantal meetwaarden in periode 2008 t/m 2011 (maximaal één meetwaarde per meetpunt per jaar)

n_{gem} : gemiddeld aantal meetwaarden per meetronde ($n_{\text{gem}} = n/\text{aantal meetronden}$).

Meetnet	Parameter	Eenheid	Filter	Gebiedstype	Norm	2008 t/m 2011			voldoet	
						c	n	n _{gem}	%wel	%niet
MBK	NO3	mg/l	1	b-pZ	50	25	32	8	21,9	78,1
MBK	NO3	mg/l	1	b-mZ	50	23	40	10	42,5	57,5
MBK	NO3	mg/l	1	g-pZ	50	29	60	15	51,7	48,3
MBK	NO3	mg/l	1	BB g-pZ	50	28	67	17	58,2	41,8
MBK	NO3	mg/l	1	g-mZ	50	2	47	12	95,7	4,3
MBK	NO3	mg/l	1	b-V	50	12	60	15	80,0	20,0
MBK	NO3	mg/l	1	g-V	50	0	35	9	100,0	0,0
MDA	NO3	mg/l	1	b-Z	50	37	48	12	22,9	77,1
MDA	NO3	mg/l	1	g-Z	50	26	48	12	45,8	54,2
MDA	NO3	mg/l	1	n/b-Z	50	0	67	17	100,0	0,0
MDA	NO3	mg/l	1	g-V	50	0	43	11	100,0	0,0
MV	NO3	mg/l	1	n/b-Z	50	1	56	14	98,2	1,8
PMG/LMG	NO3	mg/l	1	b-Z if	50	23	46	12	50,0	50,0
PMG/LMG	NO3	mg/l	1	b-Z im	50	9	42	11	78,6	21,4
PMG/LMG	NO3	mg/l	1	g-Z if	50	20	35	9	42,9	57,1
PMG/LMG	NO3	mg/l	1	g-Z im	50	6	46	12	87,0	13,0
PMG/LMG	NO3	mg/l	1	n/b-Z if	50	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	NO3	mg/l	1	V im	50	0	23	6	100,0	0,0
PMG/LMG	NO3	mg/l	1	stad	50	6	21	5	71,4	28,6
PMG/LMG	NO3	mg/l	1	kwel	50	0	34	9	100,0	0,0
PMG/LMG	NO3	mg/l	3	b-Z if	50	26	58	15	55,2	44,8
PMG/LMG	NO3	mg/l	3	b-Z im	50	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	NO3	mg/l	3	g-Z if	50	12	31	8	61,3	38,7
PMG/LMG	NO3	mg/l	3	g-Z im	50	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	NO3	mg/l	3	n/b-Z if	50	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	NO3	mg/l	3	V im	50	0	5	5	100,0	0,0
PMG/LMG	NO3	mg/l	3	stad	50	0	6	6	100,0	0,0
PMG/LMG	NO3	mg/l	3	kwel	50	0	10	10	100,0	0,0
MBK	NH4	mg/l	1	b-pZ	2,57	0	32	8	100,0	0,0
MBK	NH4	mg/l	1	b-mZ	2,57	0	40	10	100,0	0,0
MBK	NH4	mg/l	1	g-pZ	2,57	1	60	15	98,3	1,7
MBK	NH4	mg/l	1	BB g-pZ	2,57	5	67	17	92,5	7,5
MBK	NH4	mg/l	1	g-mZ	2,57	12	47	12	74,5	25,5
MBK	NH4	mg/l	1	b-V	12,8	1	60	15	98,3	1,7
MBK	NH4	mg/l	1	g-V	12,8	4	35	9	88,6	11,4
MDA	NH4	mg/l	1	b-Z	2,57	0	48	12	100,0	0,0
MDA	NH4	mg/l	1	g-Z	2,57	0	48	12	100,0	0,0
MDA	NH4	mg/l	1	n/b-Z	2,57	0	67	17	100,0	0,0
MDA	NH4	mg/l	1	g-V	12,8	0	43	11	100,0	0,0
MV	NH4	mg/l	1	n/b-Z	2,57	0	56	14	100,0	0,0
PMG/LMG	NH4	mg/l	1	b-Z if	2,57	4	46	12	91,3	8,7
PMG/LMG	NH4	mg/l	1	b-Z im	2,57	25	42	11	40,5	59,5
PMG/LMG	NH4	mg/l	1	g-Z if	2,57	0	35	9	100,0	0,0

Meetnet	Parameter	Eenheid	Filter	Gebiedstype	Norm	2008 t/m 2011			voldoet	
						c	n	n _{gem}	%wel	%niet
PMG/LMG	NH4	mg/l	1	g-Z im	2,57	2	46	12	95,7	4,3
PMG/LMG	NH4	mg/l	1	n/b-Z if	2,57	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	NH4	mg/l	1	V im	12,8	0	23	6	100,0	0,0
PMG/LMG	NH4	mg/l	1	stad		0	21			
PMG/LMG	NH4	mg/l	1	kwel		0	34			
PMG/LMG	NH4	mg/l	3	b-Z if	2,57	4	58	15	93,1	6,9
PMG/LMG	NH4	mg/l	3	b-Z im	2,57	5	16	4	68,8	31,3
PMG/LMG	NH4	mg/l	3	g-Z if	2,57	0	31	8	100,0	0,0
PMG/LMG	NH4	mg/l	3	g-Z im	2,57	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	NH4	mg/l	3	n/b-Z if	2,57	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	NH4	mg/l	3	V im	12,8	0	5	5	100,0	0,0
PMG/LMG	NH4	mg/l	3	stad		0	6			
PMG/LMG	NH4	mg/l	3	kwel		0	10			
MBK	PO4	mg P/l	1	b-pZ		0	32			
MBK	PO4	mg P/l	1	b-mZ		0	40			
MBK	PO4	mg P/l	1	g-pZ		0	60			
MBK	PO4	mg P/l	1	BB g-pZ		0	67			
MBK	PO4	mg P/l	1	g-mZ		0	47			
MBK	PO4	mg P/l	1	b-V		0	60			
MBK	PO4	mg P/l	1	g-V		0	35			
MDA	PO4	mg P/l	1	b-Z		0	48			
MDA	PO4	mg P/l	1	g-Z		0	48			
MDA	PO4	mg P/l	1	n/b-Z		0	67			
MDA	PO4	mg P/l	1	g-V		0	43			
MV	PO4	mg P/l	1	n/b-Z		0	14			
MBK	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	b-pZ	2	0	32	8	100,0	0,0
MBK	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	b-mZ	2	0	40	10	100,0	0,0
MBK	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	g-pZ	2	0	60	15	100,0	0,0
MBK	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	BB g-pZ	2	0	67	17	100,0	0,0
MBK	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	g-mZ	2	0	47	12	100,0	0,0
MBK	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	b-V	2	3	60	15	95,0	5,0
MBK	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	g-V	2	2	35	9	94,3	5,7
MDA	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	b-Z	2	0	48	12	100,0	0,0
MDA	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	g-Z	2	0	48	12	100,0	0,0
MDA	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	n/b-Z	2	0	67	17	100,0	0,0
MDA	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	g-V	2	0	43	11	100,0	0,0
MV	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	n/b-Z	2	0	14	14	100,0	0,0
PMG/LMG	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	b-Z if	2	0	46	12	100,0	0,0
PMG/LMG	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	b-Z im	2	0	42	11	100,0	0,0
PMG/LMG	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	g-Z if	2	0	35	9	100,0	0,0
PMG/LMG	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	g-Z im	2	0	46	12	100,0	0,0
PMG/LMG	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	n/b-Z if	2	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	V im	2	0	23	6	100,0	0,0
PMG/LMG	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	stad	2	4	21	5	81,0	19,0
PMG/LMG	Totaal-fos for(P)	mg P/l	1	kwel	2	0	34	9	100,0	0,0
PMG/LMG	Totaal-fos for(P)	mg P/l	3	b-Z if	2	0	58	15	100,0	0,0
PMG/LMG	Totaal-fos for(P)	mg P/l	3	b-Z im	2	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	Totaal-fos for(P)	mg P/l	3	g-Z if	2	0	31	8	100,0	0,0
PMG/LMG	Totaal-fos for(P)	mg P/l	3	g-Z im	2	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	Totaal-fos for(P)	mg P/l	3	n/b-Z if	2	0	33	8	100,0	0,0

Meetnet	Parameter	Eenheid	Filter	Gebiedstype	Norm	2008 t/m 2011			voldoet	
						c	n	n _{gem}	%wel	%niet
PMG/LMG	Totaal-fosfor(P)	mg P/l	3	V im	2	0	5	5	100,0	0,0
PMG/LMG	Totaal-fosfor(P)	mg P/l	3	stad	2	0	6	6	100,0	0,0
PMG/LMG	Totaal-fosfor(P)	mg P/l	3	kwel	2	0	10	10	100,0	0,0
MBK	K	mg/l	1	b-pZ	12	7	32	8	78,1	21,9
MBK	K	mg/l	1	b-mZ	12	3	40	10	92,5	7,5
MBK	K	mg/l	1	g-pZ	12	27	60	15	55,0	45,0
MBK	K	mg/l	1	BB g-pZ	12	28	67	17	58,2	41,8
MBK	K	mg/l	1	g-mZ	12	14	47	12	70,2	29,8
MBK	K	mg/l	1	b-V	12	10	60	15	83,3	16,7
MBK	K	mg/l	1	g-V	12	2	35	9	94,3	5,7
MDA	K	mg/l	1	b-Z	12	13	48	12	72,9	27,1
MDA	K	mg/l	1	g-Z	12	7	48	12	85,4	14,6
MDA	K	mg/l	1	n/b-Z	12	0	67	17	100,0	0,0
MDA	K	mg/l	1	g-V	12	1	43	11	97,7	2,3
MV	K	mg/l	1	n/b-Z	12	0	56	14	100,0	0,0
PMG/LMG	K	mg/l	1	b-Z if	12	15	46	12	67,4	32,6
PMG/LMG	K	mg/l	1	b-Z im	12	9	42	11	78,6	21,4
PMG/LMG	K	mg/l	1	g-Z if	12	12	35	9	65,7	34,3
PMG/LMG	K	mg/l	1	g-Z im	12	4	46	12	91,3	8,7
PMG/LMG	K	mg/l	1	n/b-Z if	12	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	K	mg/l	1	V im	12	7	23	6	69,6	30,4
PMG/LMG	K	mg/l	1	stad	12	8	21	5	61,9	38,1
PMG/LMG	K	mg/l	1	kwel	12	0	34	9	100,0	0,0
PMG/LMG	K	mg/l	3	b-Z if	12	7	58	15	87,9	12,1
PMG/LMG	K	mg/l	3	b-Z im	12	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	K	mg/l	3	g-Z if	12	0	31	8	100,0	0,0
PMG/LMG	K	mg/l	3	g-Z im	12	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	K	mg/l	3	n/b-Z if	12	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	K	mg/l	3	V im	12	0	5	5	100,0	0,0
PMG/LMG	K	mg/l	3	stad	12	1	6	6	83,3	16,7
PMG/LMG	K	mg/l	3	kwel	12	0	10	10	100,0	0,0
MBK	Cl	mg/l	1	b-pZ	100	0	32	8	100,0	0,0
MBK	Cl	mg/l	1	b-mZ	100	0	40	10	100,0	0,0
MBK	Cl	mg/l	1	g-pZ	100	1	60	15	98,3	1,7
MBK	Cl	mg/l	1	BB g-pZ	100	0	67	17	100,0	0,0
MBK	Cl	mg/l	1	g-mZ	100	0	47	12	100,0	0,0
MBK	Cl	mg/l	1	b-V	100	1	60	15	98,3	1,7
MBK	Cl	mg/l	1	g-V	100	0	35	9	100,0	0,0
MDA	Cl	mg/l	1	b-Z	100	0	48	12	100,0	0,0
MDA	Cl	mg/l	1	g-Z	100	0	48	12	100,0	0,0
MDA	Cl	mg/l	1	n/b-Z	100	0	67	17	100,0	0,0
MDA	Cl	mg/l	1	g-V	100	0	43	11	100,0	0,0
MV	Cl	mg/l	1	n/b-Z	100	0	14	14	100,0	0,0
PMG/LMG	Cl	mg/l	1	b-Z if	100	4	46	12	91,3	8,7
PMG/LMG	Cl	mg/l	1	b-Z im	100	6	42	11	85,7	14,3
PMG/LMG	Cl	mg/l	1	g-Z if	100	10	35	9	71,4	28,6
PMG/LMG	Cl	mg/l	1	g-Z im	100	6	46	12	87,0	13,0
PMG/LMG	Cl	mg/l	1	n/b-Z if	100	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	Cl	mg/l	1	V im	100	2	23	6	91,3	8,7
PMG/LMG	Cl	mg/l	1	stad	100	2	21	5	90,5	9,5

Meetnet	Parameter	Eenheid	Filter	Gebiedstype	Norm	2008 t/m 2011			voldoet	
						c	n	n _{gem}	%wel	%niet
PMG/LMG	Cl	mg/l	1	kwel	100	0	34	9	100,0	0,0
PMG/LMG	Cl	mg/l	3	b-Z if	100	4	58	15	93,1	6,9
PMG/LMG	Cl	mg/l	3	b-Z im	100	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	Cl	mg/l	3	g-Z if	100	0	31	8	100,0	0,0
PMG/LMG	Cl	mg/l	3	g-Z im	100	2	16	4	87,5	12,5
PMG/LMG	Cl	mg/l	3	n/b-Z if	100	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	Cl	mg/l	3	V im	100	0	5	5	100,0	0,0
PMG/LMG	Cl	mg/l	3	stad	100	0	6	6	100,0	0,0
PMG/LMG	Cl	mg/l	3	kwel	100	0	10	10	100,0	0,0
MBK	EGV-veld	mS/m		b-pZ	125	0	32	8	100,0	0,0
MBK	EGV-veld	mS/m		b-mZ	125	0	38	10	100,0	0,0
MBK	EGV-veld	mS/m		g-pZ	125	0	47	12	100,0	0,0
MBK	EGV-veld	mS/m		BB g-pZ	125	0	56	14	100,0	0,0
MBK	EGV-veld	mS/m		g-mZ	125	0	37	9	100,0	0,0
MBK	EGV-veld	mS/m		b-V	125	0	55	14	100,0	0,0
MBK	EGV-veld	mS/m		g-V	125	0	30	8	100,0	0,0
MDA	EGV-veld	mS/m		b-Z	125	0	44	11	100,0	0,0
MDA	EGV-veld	mS/m		g-Z	125	0	46	12	100,0	0,0
MDA	EGV-veld	mS/m		n/b-Z	125	0	41	14	100,0	0,0
MDA	EGV-veld	mS/m		g-V	125	0	40	10	100,0	0,0
MV	EGV-veld	mS/m		n/b-Z	125	0	53	13	100,0	0,0
PMG/LMG	EGV	mS/m	1	b-Z if	125	0	46	12	100,0	0,0
PMG/LMG	EGV	mS/m	1	b-Z im	125	3	42	11	92,9	7,1
PMG/LMG	EGV	mS/m	1	g-Z if	125	0	35	9	100,0	0,0
PMG/LMG	EGV	mS/m	1	g-Z im	125	1	46	12	97,8	2,2
PMG/LMG	EGV	mS/m	1	n/b-Z if	125	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	EGV	mS/m	1	V im	125	0	23	6	100,0	0,0
PMG/LMG	EGV	mS/m	1	stad	125	0	21	5	100,0	0,0
PMG/LMG	EGV	mS/m	1	kwel	125	0	34	9	100,0	0,0
PMG/LMG	EGV	mS/m	3	b-Z if	125	2	58	15	96,6	3,4
PMG/LMG	EGV	mS/m	3	b-Z im	125	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	EGV	mS/m	3	g-Z if	125	0	31	8	100,0	0,0
PMG/LMG	EGV	mS/m	3	g-Z im	125	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	EGV	mS/m	3	n/b-Z if	125	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	EGV	mS/m	3	V im	125	0	5	5	100,0	0,0
PMG/LMG	EGV	mS/m	3	stad	125	0	6	6	100,0	0,0
PMG/LMG	EGV	mS/m	3	kwel	125	0	10	10	100,0	0,0
MBK	pH-veld			b-pZ	5	21	32	8	34,4	65,6
MBK	pH-veld			b-mZ	5	13	38	10	65,8	34,2
MBK	pH-veld			g-pZ	5	16	48	12	66,7	33,3
MBK	pH-veld			BB g-pZ	5	16	58	15	72,4	27,6
MBK	pH-veld			g-mZ	5	11	37	9	70,3	29,7
MBK	pH-veld			b-V	5	28	56	14	50,0	50,0
MBK	pH-veld			g-V	5	0	30	8	100,0	0,0
MDA	pH-veld			b-Z	5	28	42	11	33,3	66,7
MDA	pH-veld			g-Z	5	18	47	12	61,7	38,3
MDA	pH-veld			n/b-Z	5	39	44	15	11,4	88,6
MDA	pH-veld			g-V	5	0	41	10	100,0	0,0
MV	pH-veld			n/b-Z	5	52	52	13	0,0	100,0
PMG/LMG	pH		1	b-Z if	5	24	46	12	47,8	52,2

Meetnet	Parameter	Eenheid	Filter	Gebiedstype	Norm	2008 t/m 2011			voldoet	
						c	n	n _{gem}	%wel	%niet
PMG/LMG	pH		1	b-Z im	5	2	42	11	95,2	4,8
PMG/LMG	pH		1	g-Z if	5	12	35	9	65,7	34,3
PMG/LMG	pH		1	g-Z im	5	0	46	12	100,0	0,0
PMG/LMG	pH		1	n/b-Z if	5	11	33	8	66,7	33,3
PMG/LMG	pH		1	V im	5	2	23	6	91,3	8,7
PMG/LMG	pH		1	stad	5	4	21	5	81,0	19,0
PMG/LMG	pH		1	kwel	5	0	34	9	100,0	0,0
PMG/LMG	pH		3	b-Z if	5	3	58	15	94,8	5,2
PMG/LMG	pH		3	b-Z im	5	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	pH		3	g-Z if	5	0	31	8	100,0	0,0
PMG/LMG	pH		3	g-Z im	5	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	pH		3	n/b-Z if	5	1	33	8	97,0	3,0
PMG/LMG	pH		3	V im	5	0	5	5	100,0	0,0
PMG/LMG	pH		3	stad	5	0	6	6	100,0	0,0
PMG/LMG	pH		3	kwel	5	0	10	10	100,0	0,0
MBK	Al	µg/l	1	b-pZ	200	16	16	4	0,0	100,0
MBK	Al	µg/l	1	b-mZ	200	4	4	1	0,0	100,0
MBK	Al	µg/l	1	g-pZ	200	15	15	4	0,0	100,0
MV	Al	µg/l	1	n/b-Z	200	56	56	14	0,0	100,0
PMG/LMG	Al	µg/l	1	b-Z if	200	22	46	12	52,2	47,8
PMG/LMG	Al	µg/l	1	b-Z im	200	4	42	11	90,5	9,5
PMG/LMG	Al	µg/l	1	g-Z if	200	12	35	9	65,7	34,3
PMG/LMG	Al	µg/l	1	g-Z im	200	6	46	12	87,0	13,0
PMG/LMG	Al	µg/l	1	n/b-Z if	200	14	33	8	57,6	42,4
PMG/LMG	Al	µg/l	1	V im	200	5	23	6	78,3	21,7
PMG/LMG	Al	µg/l	1	stad	200	4	21	5	81,0	19,0
PMG/LMG	Al	µg/l	1	kwel	200	0	34	9	100,0	0,0
PMG/LMG	Al	µg/l	3	b-Z if	200	3	58	15	94,8	5,2
PMG/LMG	Al	µg/l	3	b-Z im	200	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	Al	µg/l	3	g-Z if	200	0	31	8	100,0	0,0
PMG/LMG	Al	µg/l	3	g-Z im	200	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	Al	µg/l	3	n/b-Z if	200	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	Al	µg/l	3	V im	200	0	5	5	100,0	0,0
PMG/LMG	Al	µg/l	3	stad	200	0	6	6	100,0	0,0
PMG/LMG	Al	µg/l	3	kwel	200	0	10	10	100,0	0,0
MBK	As	µg/l	1	b-pZ	10	0	24	6	100,0	0,0
MBK	As	µg/l	1	b-mZ	10	0	22	6	100,0	0,0
MBK	As	µg/l	1	g-pZ	10	0	37	9	100,0	0,0
MBK	As	µg/l	1	BB g-pZ	10	0	34	17	100,0	0,0
MBK	As	µg/l	1	g-mZ	10	0	24	12	100,0	0,0
MBK	As	µg/l	1	b-V	10	3	30	15	90,0	10,0
MBK	As	µg/l	1	g-V	10	3	18	9	83,3	16,7
MDA	As	µg/l	1	b-Z	10	0	24	12	100,0	0,0
MDA	As	µg/l	1	g-Z	10	0	24	12	100,0	0,0
MDA	As	µg/l	1	n/b-Z	10	0	33	17	100,0	0,0
MDA	As	µg/l	1	g-V	10	0	22	11	100,0	0,0
MV	As	µg/l	1	n/b-Z	10	0	14	14	100,0	0,0
PMG/LMG	As	µg/l	1	b-Z if	10	0	46	12	100,0	0,0
PMG/LMG	As	µg/l	1	b-Z im	10	0	42	11	100,0	0,0
PMG/LMG	As	µg/l	1	g-Z if	10	4	35	9	88,6	11,4

Meetnet	Parameter	Eenheid	Filter	Gebiedstype	Norm	2008 t/m 2011			voldoet	
						c	n	n _{gem}	%wel	%niet
PMG/LMG	As	µg/l	1	g-Z im	10	0	46	12	100,0	0,0
PMG/LMG	As	µg/l	1	n/b-Z if	10	2	33	8	93,9	6,1
PMG/LMG	As	µg/l	1	V im	10	0	23	6	100,0	0,0
PMG/LMG	As	µg/l	1	stad	10	0	21	5	100,0	0,0
PMG/LMG	As	µg/l	1	kwel	10	0	34	9	100,0	0,0
PMG/LMG	As	µg/l	3	b-Z if	7,2	4	58	15	93,1	6,9
PMG/LMG	As	µg/l	3	b-Z im	7,2	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	As	µg/l	3	g-Z if	7,2	4	31	8	87,1	12,9
PMG/LMG	As	µg/l	3	g-Z im	7,2	4	16	4	75,0	25,0
PMG/LMG	As	µg/l	3	n/b-Z if	7,2	2	33	8	93,9	6,1
PMG/LMG	As	µg/l	3	V im	7,2	0	5	5	100,0	0,0
PMG/LMG	As	µg/l	3	stad	7,2	0	6	6	100,0	0,0
PMG/LMG	As	µg/l	3	kwel	7,2	0	10	10	100,0	0,0
MBK	Cd	µg/l	1	b-pZ	0,4	1	24	6	95,8	4,2
MBK	Cd	µg/l	1	b-mZ	0,4	4	22	6	81,8	18,2
MBK	Cd	µg/l	1	g-pZ	0,4	5	37	9	86,5	13,5
MBK	Cd	µg/l	1	BB g-pZ	0,4	3	34	17	91,2	8,8
MBK	Cd	µg/l	1	g-mZ	0,4	0	24	12	100,0	0,0
MBK	Cd	µg/l	1	b-V	0,4	1	30	15	96,7	3,3
MBK	Cd	µg/l	1	g-V	0,4	0	18	9	100,0	0,0
MDA	Cd	µg/l	1	b-Z	0,4	3	24	12	87,5	12,5
MDA	Cd	µg/l	1	g-Z	0,4	2	24	12	91,7	8,3
MDA	Cd	µg/l	1	n/b-Z	0,4	4	33	17	87,9	12,1
MDA	Cd	µg/l	1	g-V	0,4	0	22	11	100,0	0,0
MV	Cd	µg/l	1	n/b-Z	0,4	5	56	14	91,1	8,9
PMG/LMG	Cd	µg/l	1	b-Z if	0,4	15	46	12	67,4	32,6
PMG/LMG	Cd	µg/l	1	b-Z im	0,4	9	42	11	78,6	21,4
PMG/LMG	Cd	µg/l	1	g-Z if	0,4	6	35	9	82,9	17,1
PMG/LMG	Cd	µg/l	1	g-Z im	0,4	6	46	12	87,0	13,0
PMG/LMG	Cd	µg/l	1	n/b-Z if	0,4	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	Cd	µg/l	1	V im	0,4	3	23	6	87,0	13,0
PMG/LMG	Cd	µg/l	1	stad	0,4	2	21	5	90,5	9,5
PMG/LMG	Cd	µg/l	1	kwel	0,4	0	34	9	100,0	0,0
PMG/LMG	Cd	µg/l	3	b-Z if	0,06	38	58	15	34,5	65,5
PMG/LMG	Cd	µg/l	3	b-Z im	0,06	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	Cd	µg/l	3	g-Z if	0,06	12	31	8	61,3	38,7
PMG/LMG	Cd	µg/l	3	g-Z im	0,06	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	Cd	µg/l	3	n/b-Z if	0,06	12	33	8	63,6	36,4
PMG/LMG	Cd	µg/l	3	V im	0,06	0	5	5	100,0	0,0
PMG/LMG	Cd	µg/l	3	stad	0,06	0	6	6	100,0	0,0
PMG/LMG	Cd	µg/l	3	kwel	0,06	0	10	10	100,0	0,0
MBK	Cr	µg/l	1	b-pZ	1	17	24	6	29,2	70,8
MBK	Cr	µg/l	1	b-mZ	1	22	22	6	0,0	100,0
MBK	Cr	µg/l	1	g-pZ	1	24	37	9	35,1	64,9
MBK	Cr	µg/l	1	BB g-pZ	1	27	34	17	20,6	79,4
MBK	Cr	µg/l	1	g-mZ	1	20	24	12	16,7	83,3
MBK	Cr	µg/l	1	b-V	1	27	30	15	10,0	90,0
MBK	Cr	µg/l	1	g-V	1	12	18	9	33,3	66,7
MDA	Cr	µg/l	1	b-Z	1	12	24	12	50,0	50,0
MDA	Cr	µg/l	1	g-Z	1	19	24	12	20,8	79,2

Meetnet	Parameter	Eenheid	Filter	Gebiedstype	Norm	2008 t/m 2011			voldoet	
						c	n	n _{gem}	%wel	%niet
MDA	Cr	µg/l	1	n/b-Z	1	16	33	17	51,5	48,5
MDA	Cr	µg/l	1	g-V	1	5	22	11	77,3	22,7
MV	Cr	µg/l	1	n/b-Z	1	11	56	14	80,4	19,6
PMG/LMG	Cr	µg/l	1	b-Z if	1	7	46	12	84,8	15,2
PMG/LMG	Cr	µg/l	1	b-Z im	1	24	42	11	42,9	57,1
PMG/LMG	Cr	µg/l	1	g-Z if	1	3	35	9	91,4	8,6
PMG/LMG	Cr	µg/l	1	g-Z im	1	16	46	12	65,2	34,8
PMG/LMG	Cr	µg/l	1	n/b-Z if	1	6	33	8	81,8	18,2
PMG/LMG	Cr	µg/l	1	V im	1	15	23	6	34,8	65,2
PMG/LMG	Cr	µg/l	1	stad	1	4	21	5	81,0	19,0
PMG/LMG	Cr	µg/l	1	kwel	1	16	34	9	52,9	47,1
PMG/LMG	Cr	µg/l	3	b-Z if	2,5	3	58	15	94,8	5,2
PMG/LMG	Cr	µg/l	3	b-Z im	2,5	6	16	4	62,5	37,5
PMG/LMG	Cr	µg/l	3	g-Z if	2,5	8	31	8	74,2	25,8
PMG/LMG	Cr	µg/l	3	g-Z im	2,5	2	16	4	87,5	12,5
PMG/LMG	Cr	µg/l	3	n/b-Z if	2,5	1	33	8	97,0	3,0
PMG/LMG	Cr	µg/l	3	V im	2,5	1	5	5	80,0	20,0
PMG/LMG	Cr	µg/l	3	stad	2,5	1	6	6	83,3	16,7
PMG/LMG	Cr	µg/l	3	kwel	2,5	0	10	10	100,0	0,0
MBK	Cu	µg/l	1	b-pZ	15	8	24	6	66,7	33,3
MBK	Cu	µg/l	1	b-mZ	15	8	22	6	63,6	36,4
MBK	Cu	µg/l	1	g-pZ	15	12	37	9	67,6	32,4
MBK	Cu	µg/l	1	BB g-pZ	15	15	34	17	55,9	44,1
MBK	Cu	µg/l	1	g-mZ	15	1	24	12	95,8	4,2
MBK	Cu	µg/l	1	b-V	15	2	30	15	93,3	6,7
MBK	Cu	µg/l	1	g-V	15	0	18	9	100,0	0,0
MDA	Cu	µg/l	1	b-Z	15	3	24	12	87,5	12,5
MDA	Cu	µg/l	1	g-Z	15	4	24	12	83,3	16,7
MDA	Cu	µg/l	1	n/b-Z	15	1	33	17	97,0	3,0
MDA	Cu	µg/l	1	g-V	15	0	22	11	100,0	0,0
MV	Cu	µg/l	1	n/b-Z	15	0	56	14	100,0	0,0
PMG/LMG	Cu	µg/l	1	b-Z if	15	5	46	12	89,1	10,9
PMG/LMG	Cu	µg/l	1	b-Z im	15	0	42	11	100,0	0,0
PMG/LMG	Cu	µg/l	1	g-Z if	15	0	35	9	100,0	0,0
PMG/LMG	Cu	µg/l	1	g-Z im	15	1	46	12	97,8	2,2
PMG/LMG	Cu	µg/l	1	n/b-Z if	15	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	Cu	µg/l	1	V im	15	0	23	6	100,0	0,0
PMG/LMG	Cu	µg/l	1	stad	15	0	21	5	100,0	0,0
PMG/LMG	Cu	µg/l	1	kwel	15	0	34	9	100,0	0,0
PMG/LMG	Cu	µg/l	3	b-Z if	1,3	58	58	15	0,0	100,0
PMG/LMG	Cu	µg/l	3	b-Z im	1,3	11	16	4	31,3	68,8
PMG/LMG	Cu	µg/l	3	g-Z if	1,3	31	31	8	0,0	100,0
PMG/LMG	Cu	µg/l	3	g-Z im	1,3	10	16	4	37,5	62,5
PMG/LMG	Cu	µg/l	3	n/b-Z if	1,3	33	33	8	0,0	100,0
PMG/LMG	Cu	µg/l	3	V im	1,3	3	5	5	40,0	60,0
PMG/LMG	Cu	µg/l	3	stad	1,3	5	6	6	16,7	83,3
PMG/LMG	Cu	µg/l	3	kwel	1,3	4	10	10	60,0	40,0
MBK	Pb	µg/l	1	b-pZ	15	0	24	6	100,0	0,0
MBK	Pb	µg/l	1	b-mZ	15	0	22	6	100,0	0,0
MBK	Pb	µg/l	1	g-pZ	15	0	37	9	100,0	0,0

Meetnet	Parameter	Eenheid	Filter	Gebiedstype	Norm	2008 t/m 2011			voldoet	
						c	n	n _{gem}	%wel	%niet
MBK	Pb	µg/l	1	BB g-pZ	15	0	34	17	100,0	0,0
MBK	Pb	µg/l	1	g-mZ	15	0	24	12	100,0	0,0
MBK	Pb	µg/l	1	b-V	15	0	30	15	100,0	0,0
MBK	Pb	µg/l	1	g-V	15	0	18	9	100,0	0,0
MDA	Pb	µg/l	1	b-Z	15	0	24	12	100,0	0,0
MDA	Pb	µg/l	1	g-Z	15	0	24	12	100,0	0,0
MDA	Pb	µg/l	1	n/b-Z	15	0	33	17	100,0	0,0
MDA	Pb	µg/l	1	g-V	15	0	22	11	100,0	0,0
MV	Pb	µg/l	1	n/b-Z	15	0	56	14	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	1	b-Z if	15	0	46	12	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	1	b-Z im	15	0	42	11	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	1	g-Z if	15	0	35	9	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	1	g-Z im	15	0	46	12	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	1	n/b-Z if	15	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	1	V im	15	0	23	6	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	1	stad	15	0	21	5	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	1	kwel	15	0	34	9	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	3	b-Z if	1,7	0	58	15	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	3	b-Z im	1,7	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	3	g-Z if	1,7	0	31	8	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	3	g-Z im	1,7	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	3	n/b-Z if	1,7	0	33	8	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	3	V im	1,7	0	5	5	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	3	stad	1,7	0	6	6	100,0	0,0
PMG/LMG	Pb	µg/l	3	kwel	1,7	0	10	10	100,0	0,0
MBK	Ni	µg/l	1	b-pZ	15	0	16	4	100,0	0,0
MBK	Ni	µg/l	1	b-mZ	15	4	4	1	0,0	100,0
MBK	Ni	µg/l	1	g-pZ	15	0	15	4	100,0	0,0
MV	Ni	µg/l	1	n/b-Z	15	0	14	14	100,0	0,0
PMG/LMG	Ni	µg/l	1	b-Z if	15	23	46	12	50,0	50,0
PMG/LMG	Ni	µg/l	1	b-Z im	15	13	42	11	69,0	31,0
PMG/LMG	Ni	µg/l	1	g-Z if	15	12	35	9	65,7	34,3
PMG/LMG	Ni	µg/l	1	g-Z im	15	5	46	12	89,1	10,9
PMG/LMG	Ni	µg/l	1	n/b-Z if	15	1	33	8	97,0	3,0
PMG/LMG	Ni	µg/l	1	V im	15	3	23	6	87,0	13,0
PMG/LMG	Ni	µg/l	1	stad	15	0	21	5	100,0	0,0
PMG/LMG	Ni	µg/l	1	kwel	15	0	34	9	100,0	0,0
PMG/LMG	Ni	µg/l	3	b-Z if	2,1	54	58	15	6,9	93,1
PMG/LMG	Ni	µg/l	3	b-Z im	2,1	2	16	4	87,5	12,5
PMG/LMG	Ni	µg/l	3	g-Z if	2,1	17	31	8	45,2	54,8
PMG/LMG	Ni	µg/l	3	g-Z im	2,1	2	16	4	87,5	12,5
PMG/LMG	Ni	µg/l	3	n/b-Z if	2,1	30	33	8	9,1	90,9
PMG/LMG	Ni	µg/l	3	V im	2,1	0	5	5	100,0	0,0
PMG/LMG	Ni	µg/l	3	stad	2,1	2	6	6	66,7	33,3
PMG/LMG	Ni	µg/l	3	kwel	2,1	0	10	10	100,0	0,0
MBK	Zn	µg/l	1	b-pZ	65	1	24	6	95,8	4,2
MBK	Zn	µg/l	1	b-mZ	65	2	22	6	90,9	9,1
MBK	Zn	µg/l	1	g-pZ	65	1	37	9	97,3	2,7
MBK	Zn	µg/l	1	BB g-pZ	65	0	34	17	100,0	0,0
MBK	Zn	µg/l	1	g-mZ	65	0	24	12	100,0	0,0

Meetnet	Parameter	Eenheid	Filter	Gebiedstype	Norm	2008 t/m 2011			voldoet	
						c	n	n _{gem}	%wel	%niet
MBK	Zn	µg/l	1	b-V	65	0	30	15	100,0	0,0
MBK	Zn	µg/l	1	g-V	65	0	18	9	100,0	0,0
MDA	Zn	µg/l	1	b-Z	65	3	24	12	87,5	12,5
MDA	Zn	µg/l	1	g-Z	65	0	24	12	100,0	0,0
MDA	Zn	µg/l	1	n/b-Z	65	10	33	17	69,7	30,3
MDA	Zn	µg/l	1	g-V	65	0	22	11	100,0	0,0
MV	Zn	µg/l	1	n/b-Z	65	17	56	14	69,6	30,4
PMG/LMG	Zn	µg/l	1	b-Z if	65	5	46	12	89,1	10,9
PMG/LMG	Zn	µg/l	1	b-Z im	65	5	42	11	88,1	11,9
PMG/LMG	Zn	µg/l	1	g-Z if	65	9	35	9	74,3	25,7
PMG/LMG	Zn	µg/l	1	g-Z im	65	7	46	12	84,8	15,2
PMG/LMG	Zn	µg/l	1	n/b-Z if	65	1	33	8	97,0	3,0
PMG/LMG	Zn	µg/l	1	V im	65	2	23	6	91,3	8,7
PMG/LMG	Zn	µg/l	1	stad	65	0	21	5	100,0	0,0
PMG/LMG	Zn	µg/l	1	kwel	65	0	34	9	100,0	0,0
PMG/LMG	Zn	µg/l	3	b-Z if	24	20	58	15	65,5	34,5
PMG/LMG	Zn	µg/l	3	b-Z im	24	1	16	4	93,8	6,3
PMG/LMG	Zn	µg/l	3	g-Z if	24	8	31	8	74,2	25,8
PMG/LMG	Zn	µg/l	3	g-Z im	24	0	16	4	100,0	0,0
PMG/LMG	Zn	µg/l	3	n/b-Z if	24	13	33	8	60,6	39,4
PMG/LMG	Zn	µg/l	3	V im	24	0	5	5	100,0	0,0
PMG/LMG	Zn	µg/l	3	stad	24	0	6	6	100,0	0,0
PMG/LMG	Zn	µg/l	3	kwel	24	0	10	10	100,0	0,0

Norm-/streefwaardeoverschrijdingen bodem

Toelichting

De streefwaarden van zware metalen hangen af van %organische stof en %lutum en variëren daardoor per bodemmonster

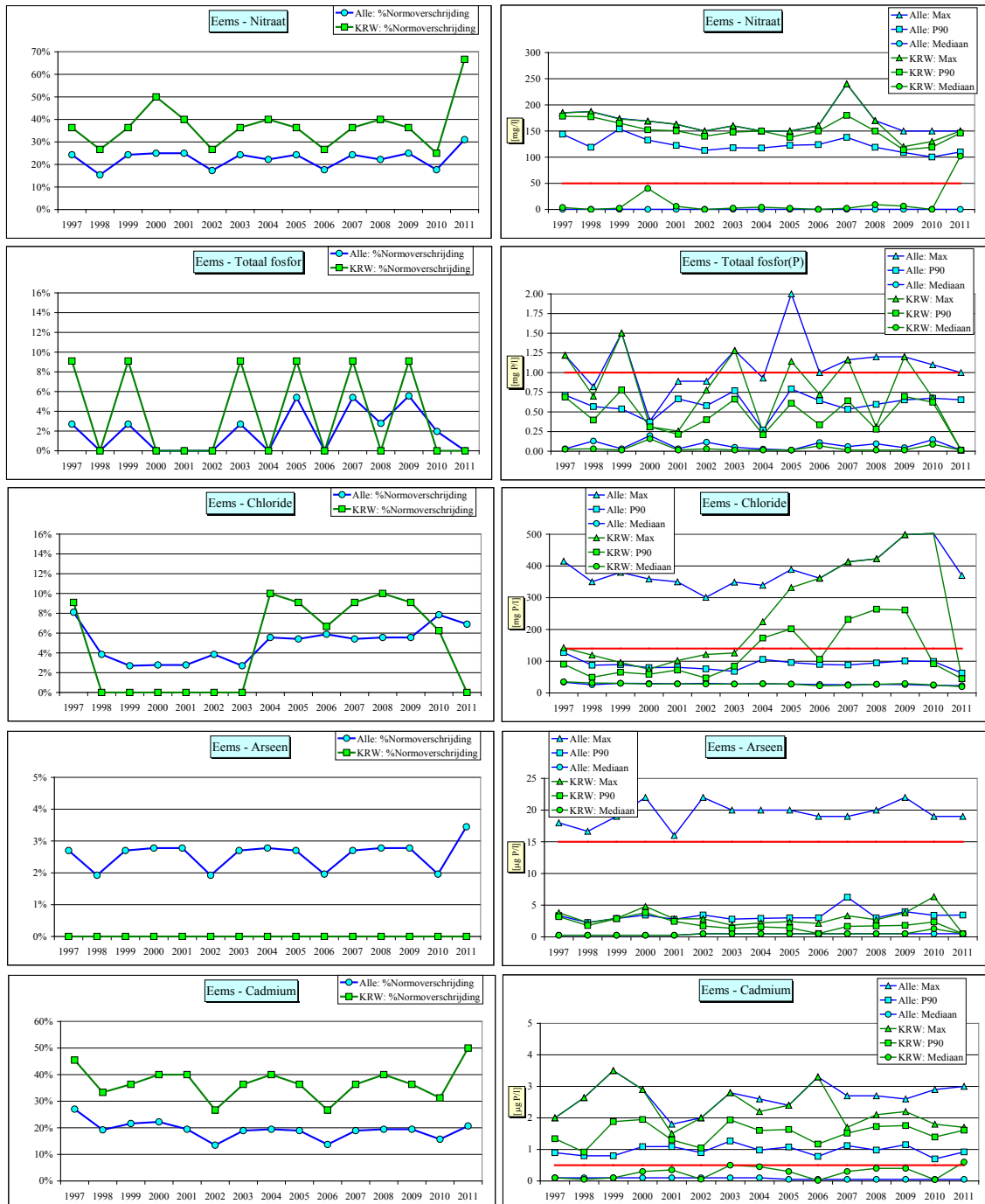
c: aantal meetpunten met norm-/streefwaardeoverschrijding in recentste meetjaar

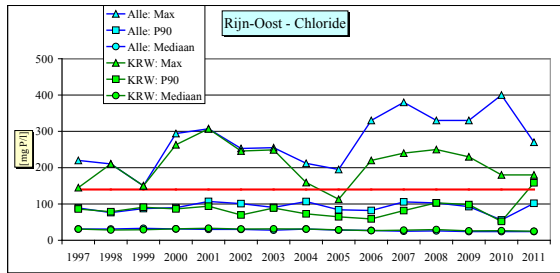
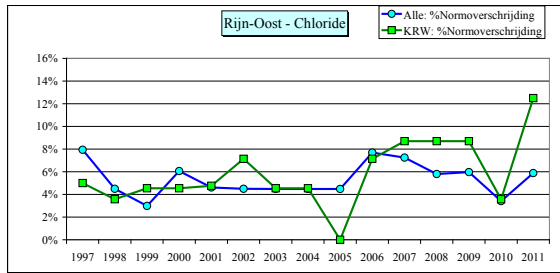
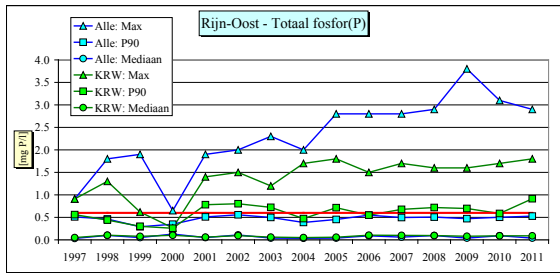
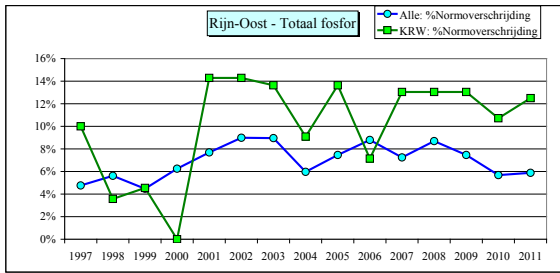
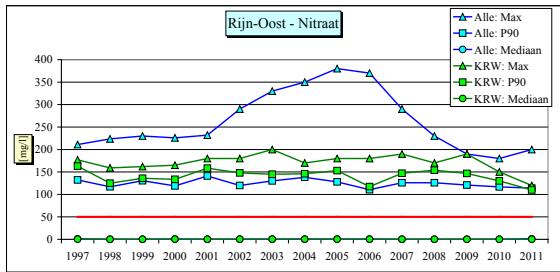
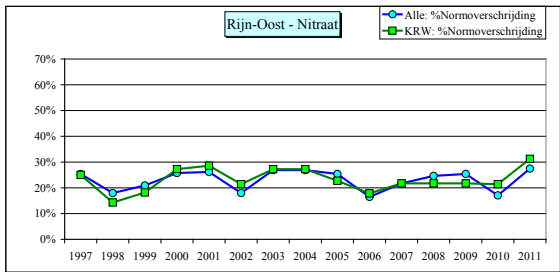
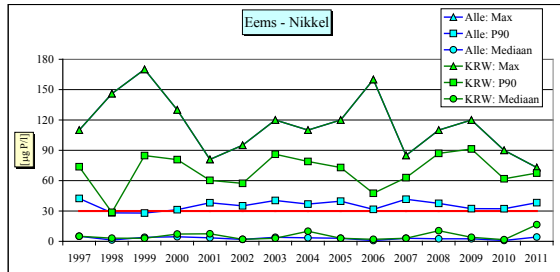
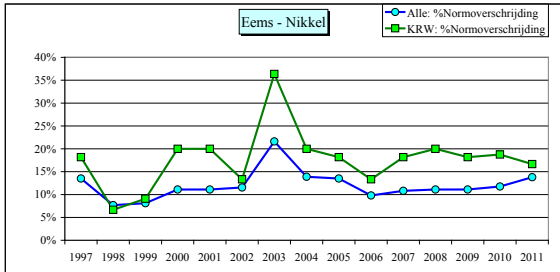
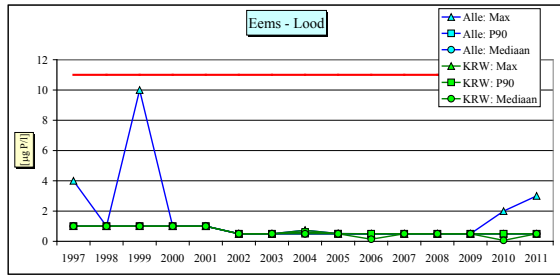
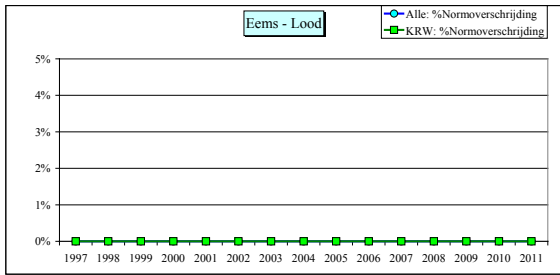
n: aantal meetpunten met meetwaarde in betreffende recentste meetjaar

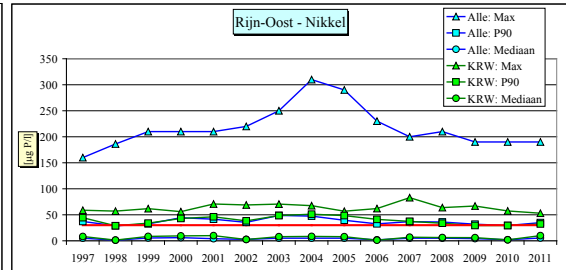
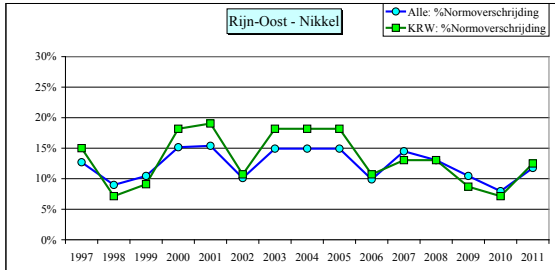
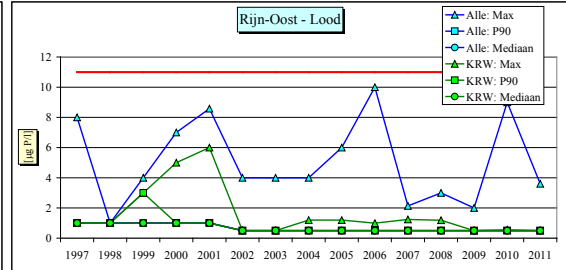
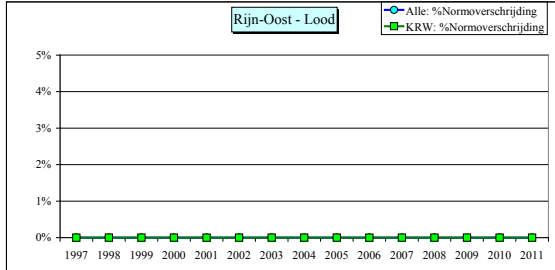
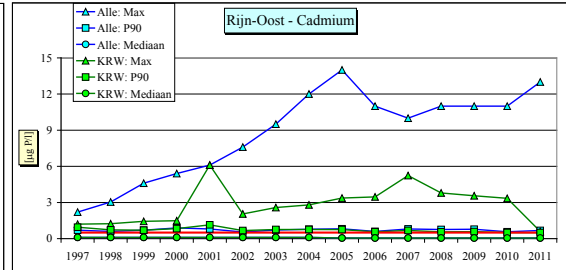
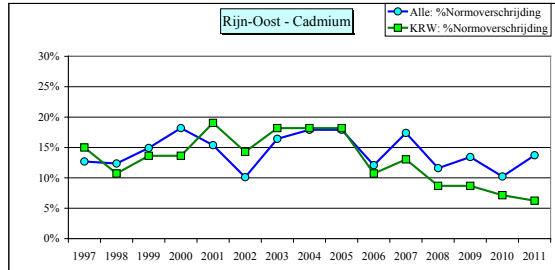
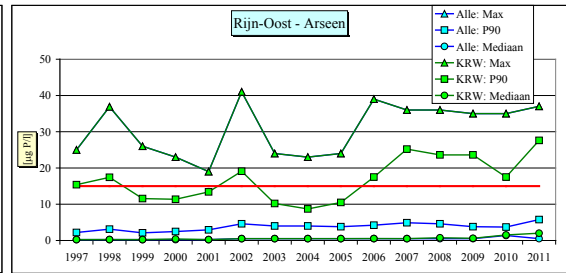
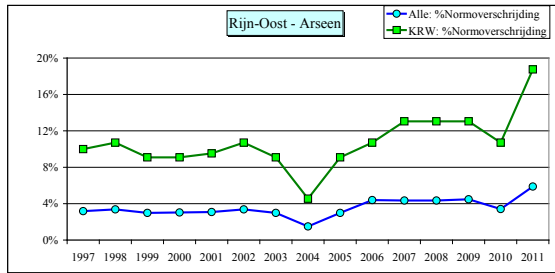
Meetnet	Parameter	Eenheid	Gebiedstype	Jaar	Norm of streefwaarde			c	n	voldoet	
					min	gemidd	max			%wel	%niet
MBK	As	mg/kg ds	b-pZ	2004	16,8	17,9	19,6	0	13	100,0	0,0
MBK	As	mg/kg ds	b-mZ	2004	18,0	21,1	23,3	0	10	100,0	0,0
MBK	As	mg/kg ds	g-pZ	2004	17,1	18,7	20,4	0	16	100,0	0,0
MBK	As	mg/kg ds	BB g-pZ	2004	18,2	19,2	21,2	0	8	100,0	0,0
MBK	As	mg/kg ds	g-mZ	2004	17,7	20,0	23,9	0	14	100,0	0,0
MBK	As	mg/kg ds	b-V	2004	18,4	23,1	28,2	0	15	100,0	0,0
MBK	As	mg/kg ds	g-V	2004	19,6	29,0	40,3	0	10	100,0	0,0
MDA	As	mg/kg ds	b-Z	2010	16,9	18,0	20,0	0	12	100,0	0,0
MDA	As	mg/kg ds	g-Z	2010	18,0	18,8	20,0	0	12	100,0	0,0
MDA	As	mg/kg ds	g-V	2010	23,1	27,2	41,0	0	11	100,0	0,0
MBK	Cd	mg/kg ds	b-pZ	2004	0,5	0,5	0,6	0	13	100,0	0,0
MBK	Cd	mg/kg ds	b-mZ	2004	0,6	0,7	0,8	0	10	100,0	0,0
MBK	Cd	mg/kg ds	g-pZ	2004	0,5	0,6	0,7	0	16	100,0	0,0
MBK	Cd	mg/kg ds	BB g-pZ	2004	0,5	0,6	0,6	0	8	100,0	0,0
MBK	Cd	mg/kg ds	g-mZ	2004	0,5	0,6	0,9	0	14	100,0	0,0
MBK	Cd	mg/kg ds	b-V	2004	0,6	0,8	1,1	0	15	100,0	0,0
MBK	Cd	mg/kg ds	g-V	2004	0,6	1,1	1,7	0	10	100,0	0,0
MDA	Cd	mg/kg ds	b-Z	2010	0,5	0,5	0,6	0	12	100,0	0,0
MDA	Cd	mg/kg ds	g-Z	2010	0,5	0,6	0,6	0	12	100,0	0,0
MDA	Cd	mg/kg ds	g-V	2010	0,8	1,0	1,7	0	11	100,0	0,0
MV	Cd	mg/kg ds	n/b-Z	2011	0,5	0,6	0,6	0	14	100,0	0,0
MBK	Cr	mg/kg ds	b-pZ	2004	50,1	52,9	57,8	0	13	100,0	0,0
MBK	Cr	mg/kg ds	b-mZ	2004	50,1	52,5	55,0	0	10	100,0	0,0
MBK	Cr	mg/kg ds	g-pZ	2004	51,0	53,3	60,6	0	16	100,0	0,0
MBK	Cr	mg/kg ds	BB g-pZ	2004	51,0	54,9	61,2	0	8	100,0	0,0
MBK	Cr	mg/kg ds	g-mZ	2004	51,0	53,3	57,4	0	14	100,0	0,0
MBK	Cr	mg/kg ds	b-V	2004	51,0	53,3	59,0	0	15	100,0	0,0
MBK	Cr	mg/kg ds	g-V	2004	51,0	56,7	66,8	0	10	100,0	0,0
MDA	Cr	mg/kg ds	b-Z	2010	52,4	53,9	57,0	0	12	100,0	0,0
MDA	Cr	mg/kg ds	g-Z	2010	52,4	55,0	57,4	0	12	100,0	0,0
MDA	Cr	mg/kg ds	g-V	2010	55,4	60,5	67,8	0	11	100,0	0,0
MV	Cr	mg/kg ds	n/b-Z	2011	52,8	55,0	56,8	0	14	100,0	0,0
MBK	Cu	mg/kg ds	b-pZ	2004	17,7	19,4	21,9	1	13	92,3	7,7
MBK	Cu	mg/kg ds	b-mZ	2004	19,5	24,2	27,5	6	10	40,0	60,0
MBK	Cu	mg/kg ds	g-pZ	2004	18,2	20,5	23,1	0	16	100,0	0,0
MBK	Cu	mg/kg ds	BB g-pZ	2004	19,8	21,4	24,2	0	8	100,0	0,0
MBK	Cu	mg/kg ds	g-mZ	2004	19,0	22,4	28,4	1	14	92,9	7,1
MBK	Cu	mg/kg ds	b-V	2004	20,1	27,1	34,8	5	15	66,7	33,3
MBK	Cu	mg/kg ds	g-V	2004	21,9	36,0	52,9	0	10	100,0	0,0
MDA	Cu	mg/kg ds	b-Z	2010	17,8	19,6	22,5	1	12	91,7	8,3
MDA	Cu	mg/kg ds	g-Z	2010	19,6	20,7	22,4	0	12	100,0	0,0
MDA	Cu	mg/kg ds	g-V	2010	27,1	33,3	54,0	0	11	100,0	0,0
MV	Cu	mg/kg ds	n/b-Z	2011	17,1	20,3	23,1	0	14	100,0	0,0
MBK	Pb	mg/kg ds	b-pZ	2004	54,5	57,3	61,6	0	13	100,0	0,0
MBK	Pb	mg/kg ds	b-mZ	2004	57,5	65,4	70,8	1	10	90,0	10,0
MBK	Pb	mg/kg ds	g-pZ	2004	55,3	59,2	63,5	0	16	100,0	0,0
MBK	Pb	mg/kg ds	BB g-pZ	2004	58,0	60,6	65,4	0	8	100,0	0,0

Meetnet	Parameter	Eenheid	Gebiedstype	Jaar	Norm of streefwaarde			c	n	voldoet	
					min	gemidd	max			%wel	%niet
MBK	Pb	mg/kg ds	g-mZ	2004	56,7	62,4	72,4	1	14	92,9	7,1
MBK	Pb	mg/kg ds	b-V	2004	58,6	70,2	83,0	2	15	86,7	13,3
MBK	Pb	mg/kg ds	g-V	2004	61,4	85,0	113,2	0	10	100,0	0,0
MDA	Pb	mg/kg ds	b-Z	2010	54,7	57,6	62,4	0	12	100,0	0,0
MDA	Pb	mg/kg ds	g-Z	2010	57,6	59,5	62,4	0	12	100,0	0,0
MDA	Pb	mg/kg ds	g-V	2010	70,2	80,4	115,0	0	11	100,0	0,0
MV	Pb	mg/kg ds	n/b-Z	2011	53,5	58,9	63,5	0	14	100,0	0,0
MBK	Zn	mg/kg ds	b-pZ	2004	57,4	63,2	70,5	0	13	100,0	0,0
MBK	Zn	mg/kg ds	b-mZ	2004	61,4	74,9	85,0	0	10	100,0	0,0
MBK	Zn	mg/kg ds	g-pZ	2004	58,6	66,2	76,9	0	16	100,0	0,0
MBK	Zn	mg/kg ds	BB g-pZ	2004	65,4	69,5	81,5	0	8	100,0	0,0
MBK	Zn	mg/kg ds	g-mZ	2004	62,1	71,1	84,3	0	14	100,0	0,0
MBK	Zn	mg/kg ds	b-V	2004	65,6	82,8	103,3	1	15	93,3	6,7
MBK	Zn	mg/kg ds	g-V	2004	72,9	107,6	145,5	0	10	100,0	0,0
MDA	Zn	mg/kg ds	b-Z	2010	59,3	64,3	72,0	0	12	100,0	0,0
MDA	Zn	mg/kg ds	g-Z	2010	64,7	67,9	74,1	0	12	100,0	0,0
MDA	Zn	mg/kg ds	g-V	2010	84,4	103,6	154,5	0	11	100,0	0,0
MV	Zn	mg/kg ds	n/b-Z	2011	57,6	67,0	75,3	0	14	100,0	0,0
MV	pH-KCl		n/b-Z	2011	5	5	5	14	14	0,0	100,0
MBK	Pw-getal	mg P2O5/l grond	b-pZ	2008	45	45	45	7	8	12,5	87,5
MBK	Pw-getal	mg P2O5/l grond	b-mZ	2008	45	45	45	9	10	10,0	90,0
MBK	Pw-getal	mg P2O5/l grond	g-pZ	2008				0	15		0,0
MBK	Pw-getal	mg P2O5/l grond	BB g-pZ	2008				0	3		0,0
MBK	Pw-getal	mg P2O5/l grond	g-mZ	2008				0	10		0,0
MBK	Pw-getal	mg P2O5/l grond	b-V	2008	45	45	45	14	15	6,7	93,3
MBK	Pw-getal	mg P2O5/l grond	g-V	2008				0	9		0,0
MDA	Pw-getal	mg P2O5/l grond	b-Z	2010	45	45	45	4	12	66,7	33,3
MDA	Pw-getal	mg P2O5/l grond	g-Z	2010				0	12		0,0
MDA	Pw-getal	mg P2O5/l grond	g-V	2010				0	11		0,0
MBK	P-Al-getal	mg P2O5/ 100g grond	b-pZ	2008				0	8		0,0
MBK	P-Al-getal	mg P2O5/ 100g grond	b-mZ	2008				0	10		0,0
MBK	P-Al-getal	mg P2O5/ 100g grond	g-pZ	2008	50	50	50	0	15	100,0	0,0
MBK	P-Al-getal	mg P2O5/ 100g grond	BB g-pZ	2008	50	50	50	0	3	100,0	0,0
MBK	P-Al-getal	mg P2O5/ 100g grond	g-mZ	2008	50	50	50	0	10	100,0	0,0
MBK	P-Al-getal	mg P2O5/ 100g grond	b-V	2008				0	15		0,0
MBK	P-Al-getal	mg P2O5/ 100g grond	g-V	2008	50	50	50	0	9	100,0	0,0
MDA	P-Al-getal	mg P2O5/ 100g grond	b-Z	2010				0	12		0,0
MDA	P-Al-getal	mg P2O5/ 100g grond	g-Z	2010	50	50	50	0	12	100,0	0,0
MDA	P-Al-getal	mg P2O5/ 100g grond	g-V	2010	50	50	50	0	11	100,0	0,0
MBK	Psat		b-pZ	2008	0,25	0,25	0,25	7	8	12,5	87,5
MBK	Psat		b-mZ	2008	0,25	0,25	0,25	8	10	20,0	80,0
MBK	Psat		g-pZ	2008	0,25	0,25	0,25	9	15	40,0	60,0
MBK	Psat		BB g-pZ	2008	0,25	0,25	0,25	2	4	50,0	50,0
MBK	Psat		g-mZ	2008	0,25	0,25	0,25	8	10	20,0	80,0
MBK	Psat		b-V	2008				0	15		0,0
MBK	Psat		g-V	2008				0	9		0,0
MDA	Psat		b-Z	2010	0,25	0,25	0,25	12	12	0,0	100,0
MDA	Psat		g-Z	2010	0,25	0,25	0,25	8	12	33,3	66,7
MDA	Psat		g-V	2010				0	11		0,0

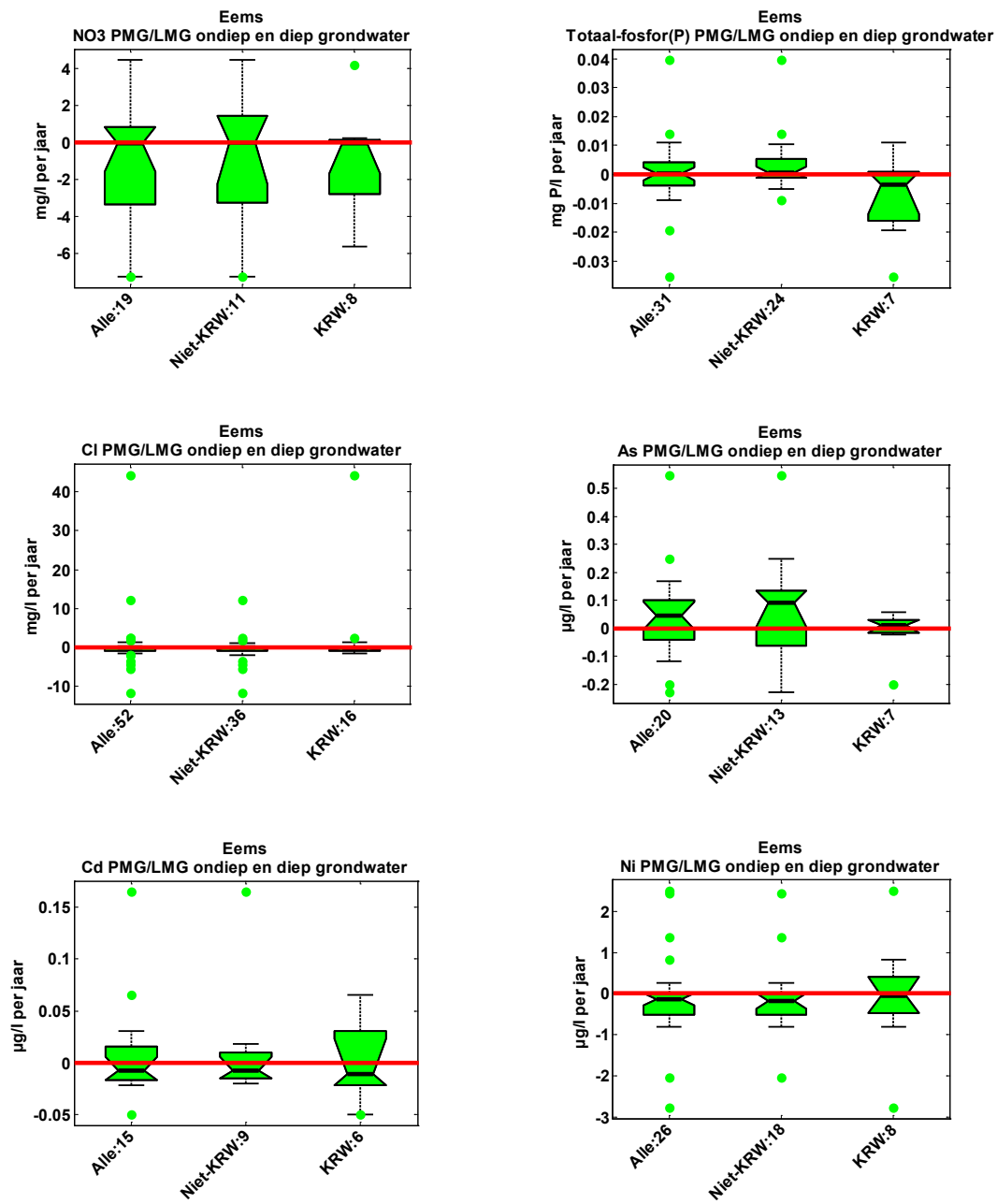
Bijlage 4 Figuren representativiteit KRW-meetpunten

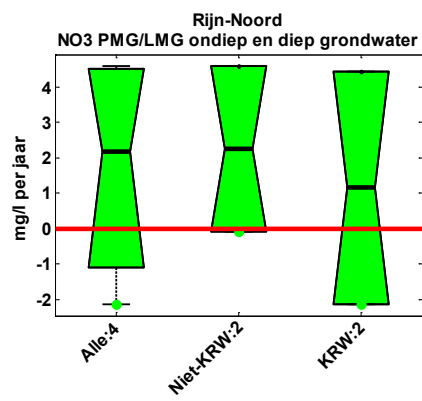
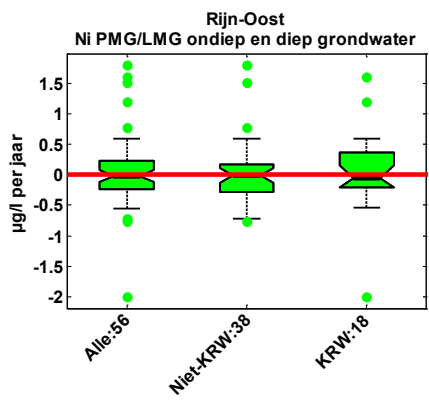
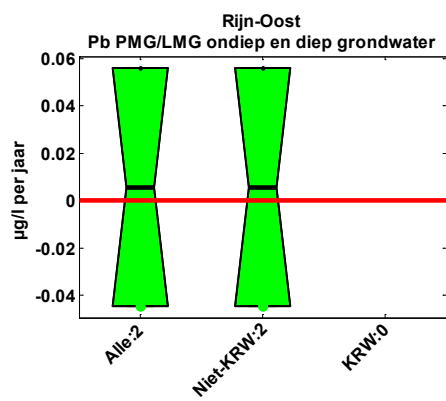
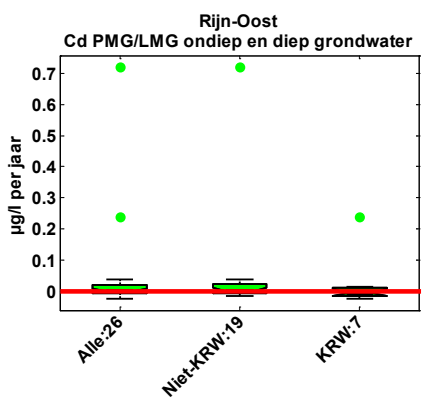
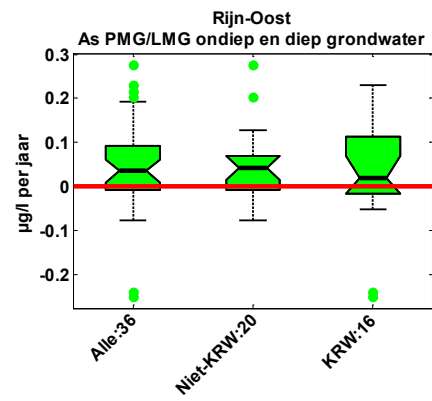
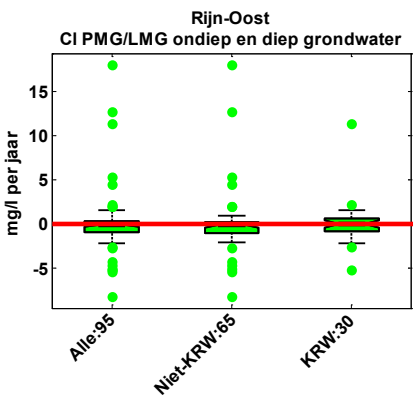
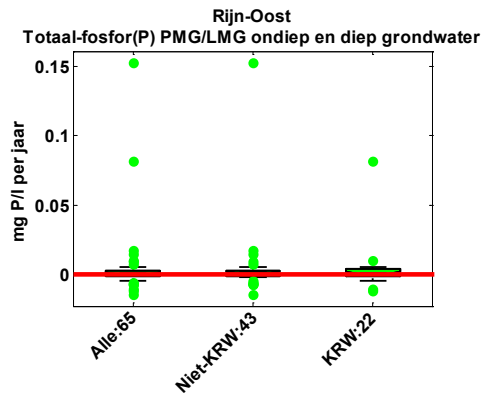
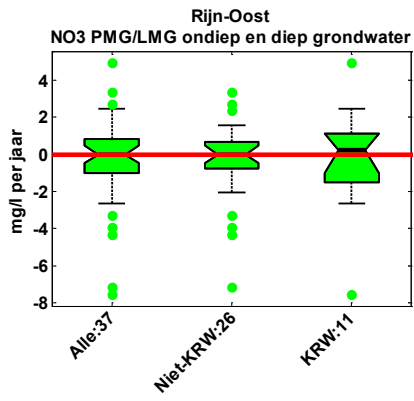




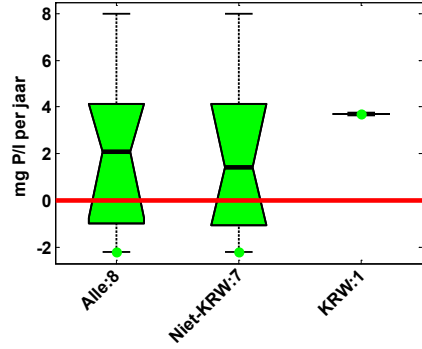


Trend-boxplots

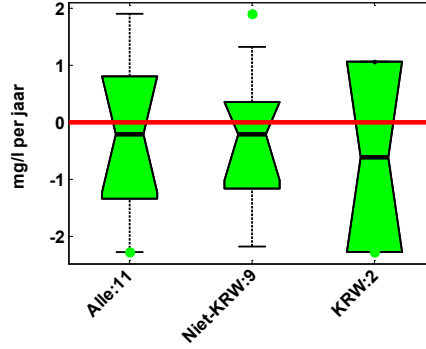




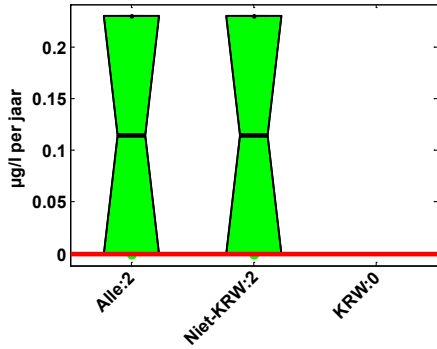
Totaal fosfor (P) PMG/LMG ondiep en diep grondwater



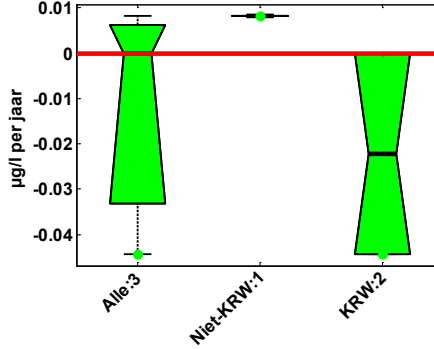
CI PMG/LMG ondiep en diep grondwater



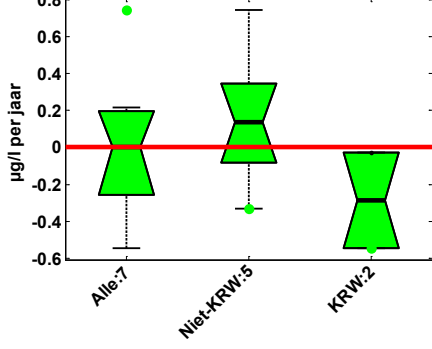
As PMG/LMG ondiep en diep grondwater



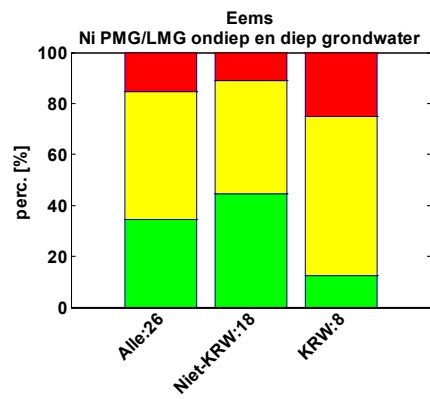
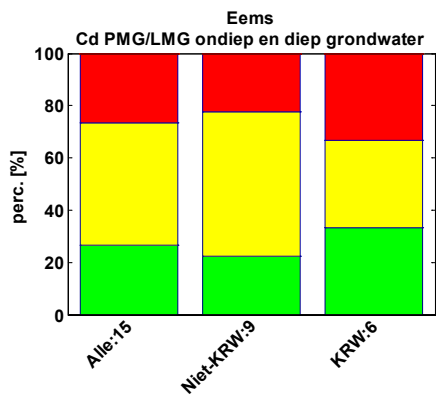
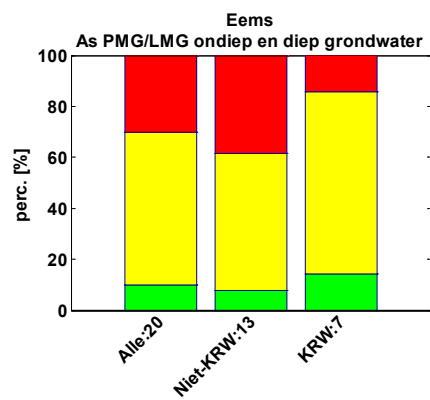
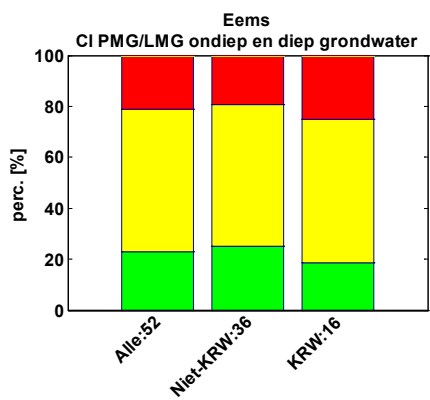
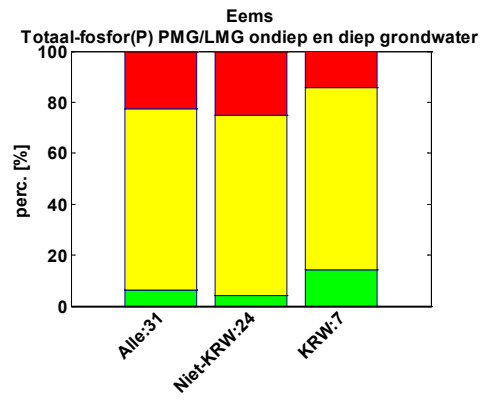
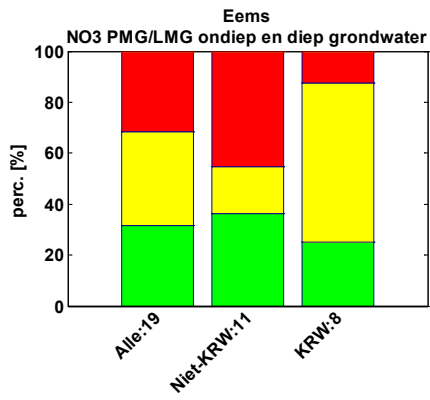
Cd PMG/LMG ondiep en diep grondwater

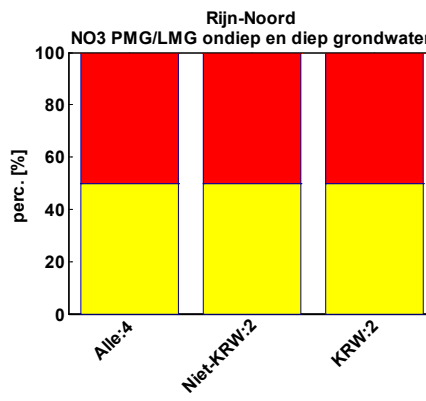
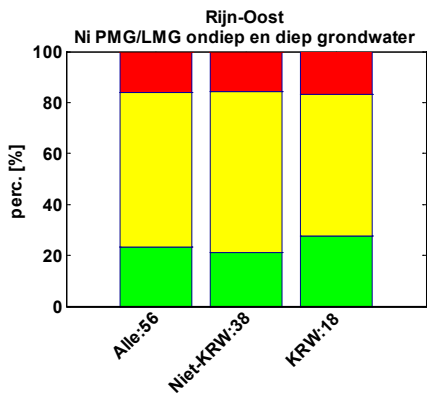
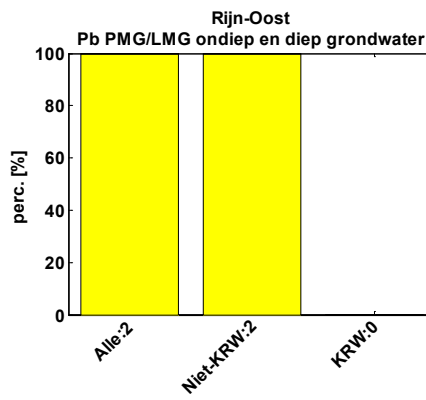
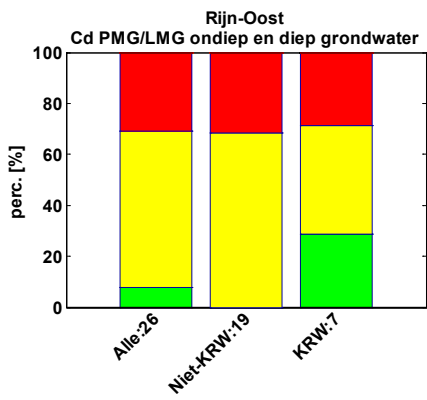
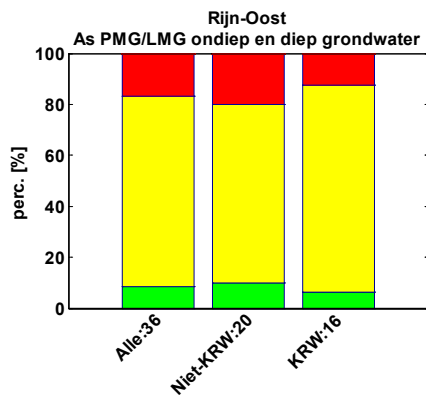
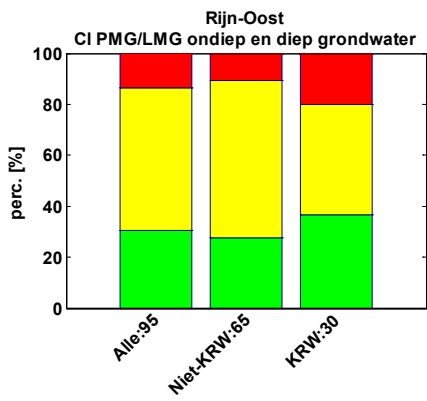
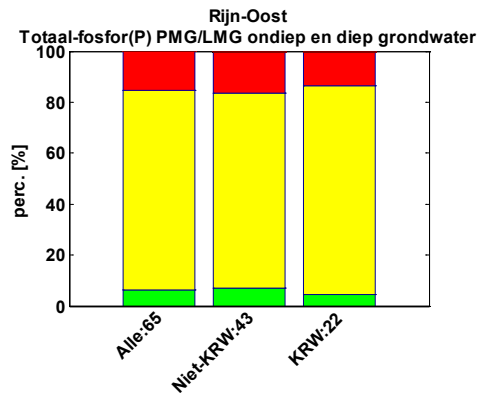
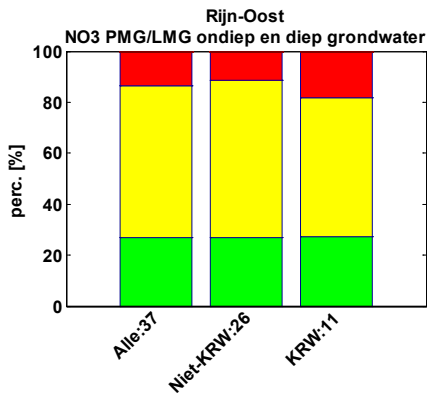


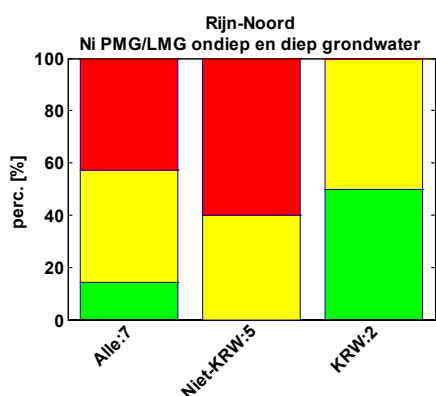
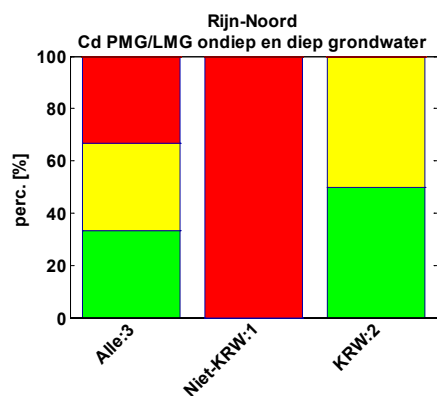
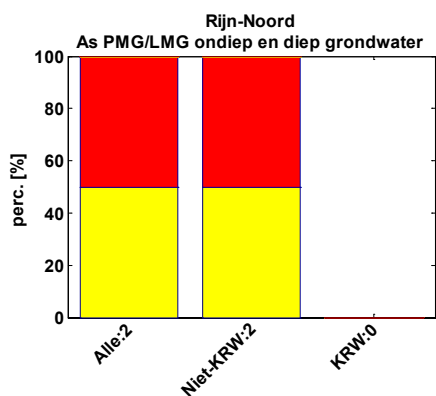
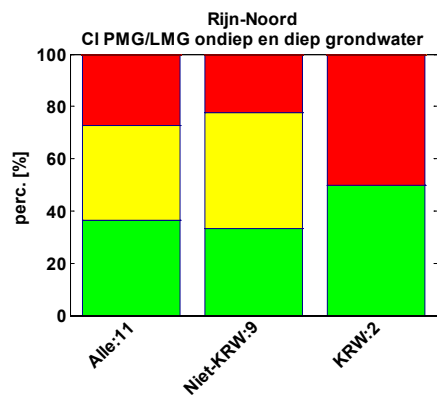
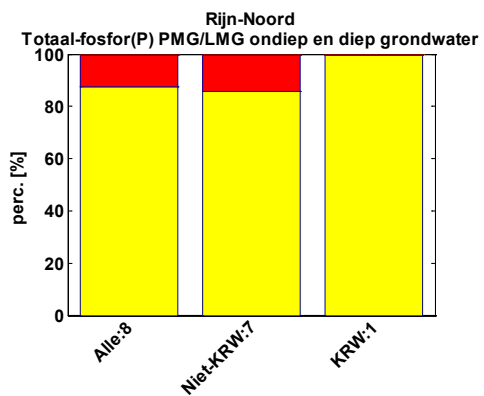
Ni PMG/LMG ondiep en diep grondwater



Trendsoort-staafdiagrammen







Bijlage 5 Gehanteerde kwaliteitsnormen

De normen die zijn gebruikt om het percentage normoverschrijding vast te stellen (of het percentage normonderschrijding voor de pH).

Parameter	Eenheid	Norm of streefwaarde gwk			
		Ondiep (< 10 m - mv)		Diep (> 10 m -mv)	
		Zand	Klei/veen	Zand	Klei/veen
Nitraat	mg·l ⁻¹	50			
Ammonium	mg·l ⁻¹	2,57	12,8	2,57	12,8
Fosfaat	mg P·l ⁻¹	geen			
Totaal-fosfor(P)	mg P·l ⁻¹	2*			
Kalium	mg·l ⁻¹	12			
Chloride	mg·l ⁻¹	100			
EGV	mS·m ⁻¹	125			
pH	-	5,0			
Calcium	mg·l ⁻¹	geen			
Aluminium	µg·l ⁻¹	200			
Arseen	µg·l ⁻¹	10		7,2	
Cadmium	µg·l ⁻¹	0,4		0,06	
Chroom	µg·l ⁻¹	1		2,5	
Koper	µg·l ⁻¹	15		1,3	
Lood	µg·l ⁻¹	15		1,7	
Nikkel	µg·l ⁻¹	15		2,1	
Zink	µg·l ⁻¹	65		24	

* : KRW-grenswaarde voor grondwater (nog concept)

Streefwaarden, interventiewaarden en normen bodemkwaliteit

De streefwaarden en ook de interventiewaarden van de zware metalen in de bodem zijn geen vaste waarden, maar een functie van het lutumgehalte en het percentage organische stof van de bodem. Hieronder zijn per zwaar metaal vier constanten vermeld waarmee de streefwaarde en de interventiewaarde bepaald kunnen worden. De streefwaarde wordt berekend als:

Streefwaarde = A + (B x %lutum) + (C x %org.stof) en heeft de eenheid mg/kg ds.

Omdat geldt: %org. stof = %gloeiverlies – 0,07 x %lutum

Volgt hieruit: Streefwaarde = A + (B x %lutum) + (C x %gloeiverlies) – (C x 0,07 x %lutum)

De constanten waarmee de streefwaarde en de interventiewaarde van een zwaar metaal in de bodem worden bepaald.

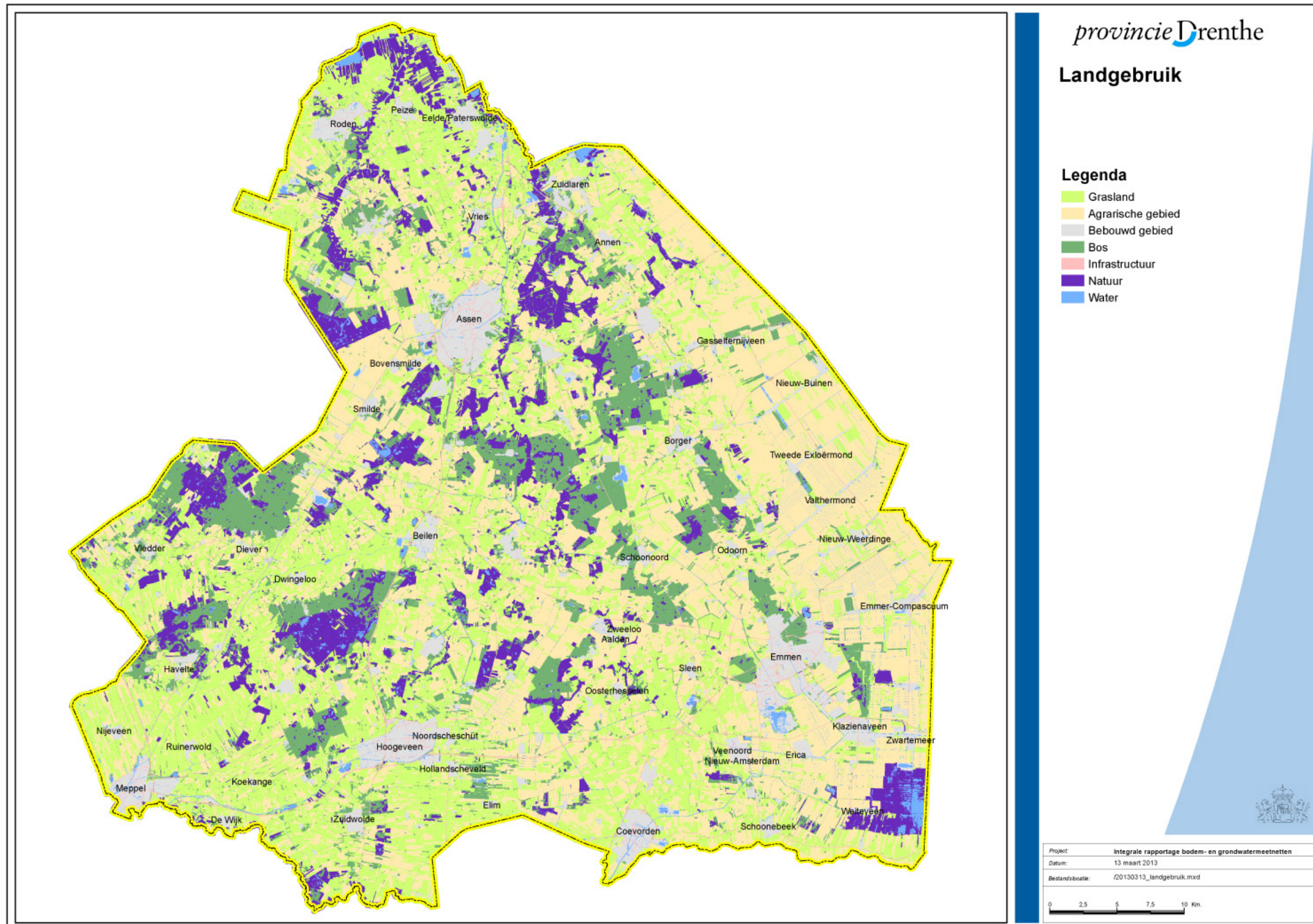
	A	B	C	D
Arseen	15	0,4	0,4	1,90
Cadmium	0,4	0,007	0,021	15
Chroom	50	2	0	3,8
Koper	15	0,6	0,6	5,28
Kwik	0,2	0,0034	0,0017	33,33
Lood	50	1	1	6,24
Nikkel	10	1	0	6
Zink	50	3	1,5	5,14

De interventiewaarde wordt berekend als streefwaarde x D (ook als mg/kg ds). Aangezien bij deze studie de bodemkwaliteit in geen van de gevallen een overschrijding gaf van de interventiewaarde, is de toestand van de bodemkwaliteit uitgedrukt als percentage streefwaardeoverschrijdingen.

Verder is voor wat betreft de bodemkwaliteit de volgende grenswaarden gehanteerd:

- Fosfaatverzadiging: 0,25 (oftewel 25%). Deze geldt alleen voor zandgrond. Voor veengronden is er geen grenswaarde.

Bijlage 6 Landgebruik



provincie **Drenthe**

Landgebruik

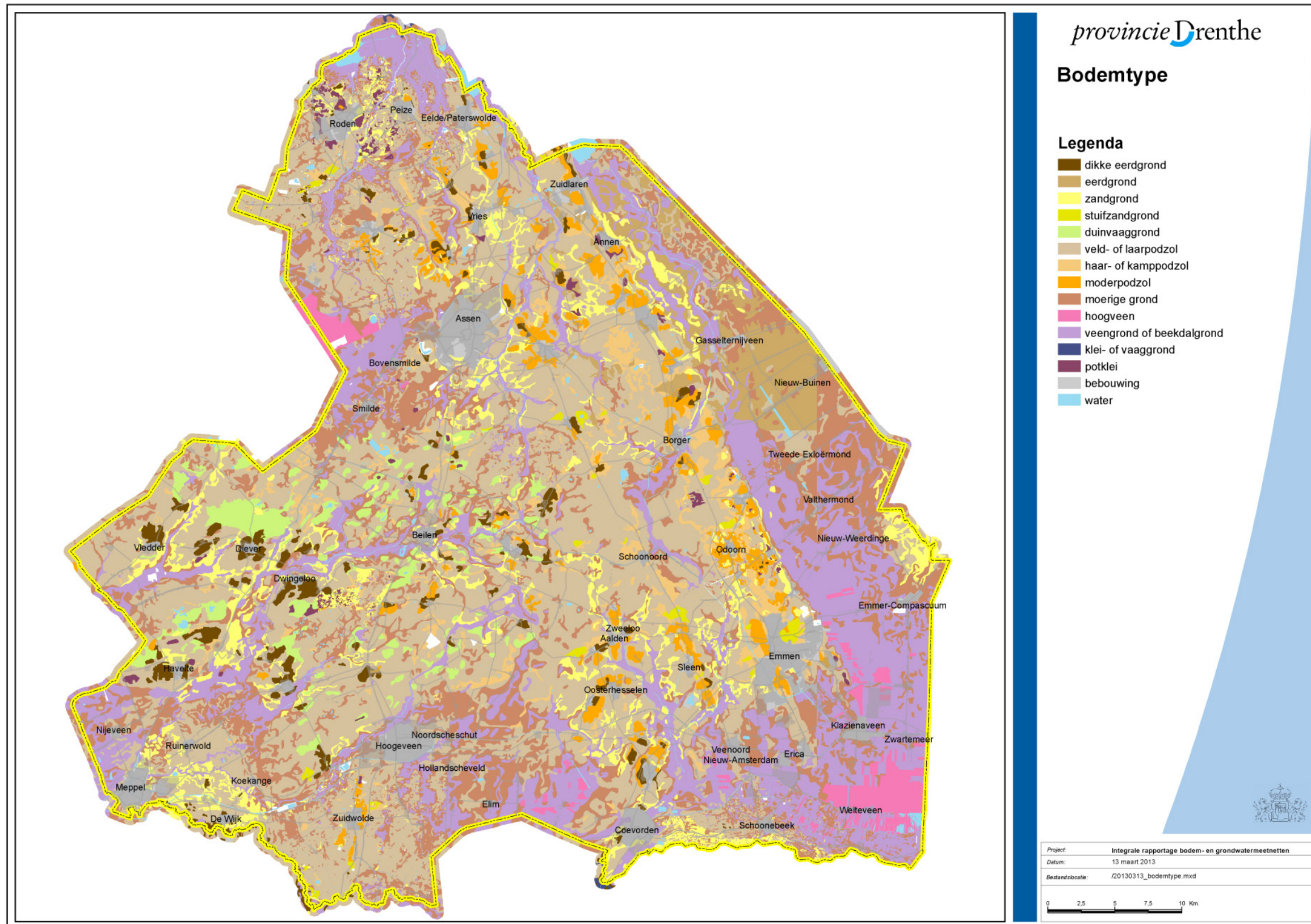
Legenda

- Grasland
- Agrarische gebied
- Bebouwd gebied
- Bos
- Infrastructuur
- Natuur
- Water

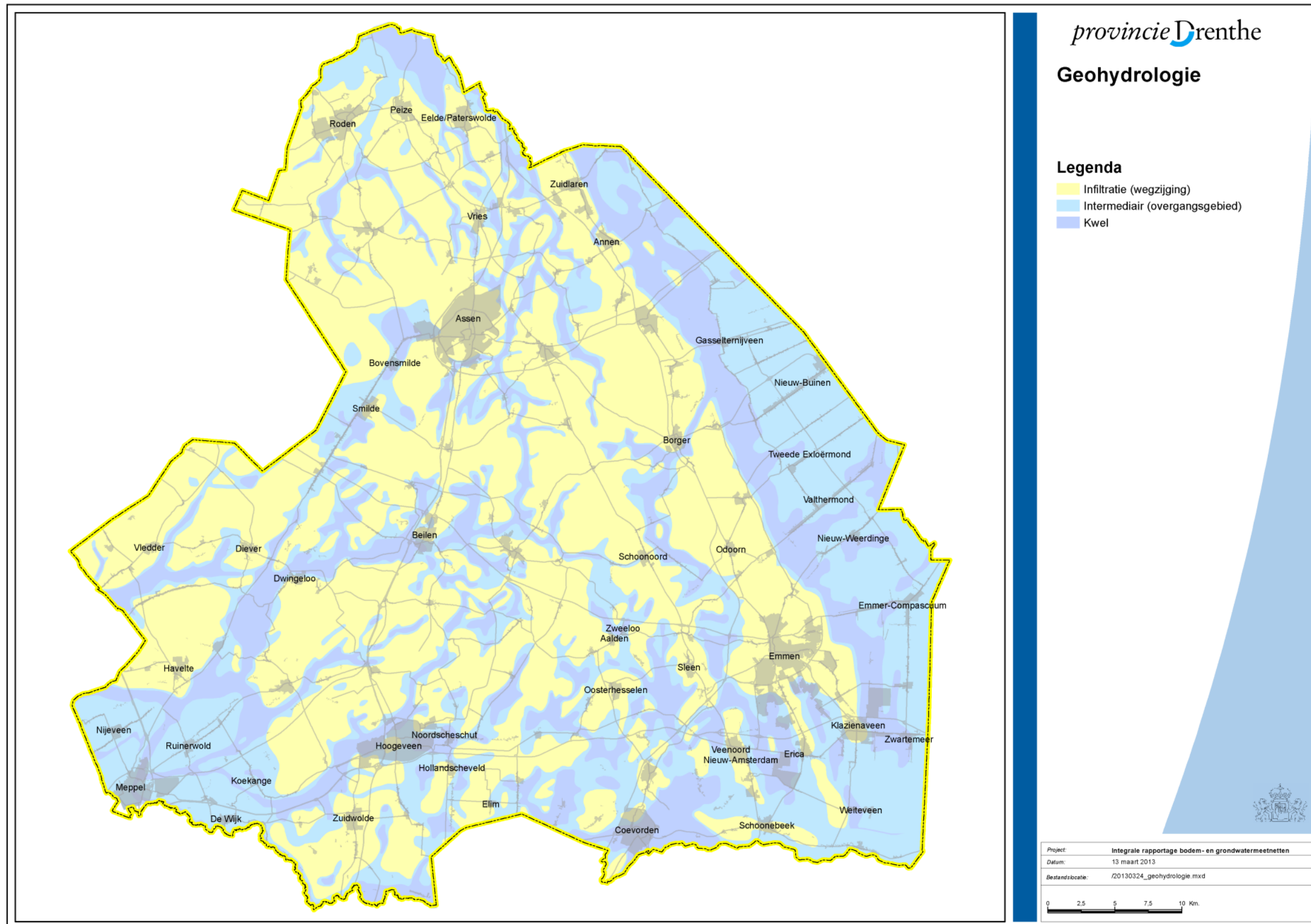
Project:	Integrale rapportage bodem- en grondwatermeetnetten
Datum:	13 maart 2013
Bestandslocatie:	/20130313_landgebruik.mxd



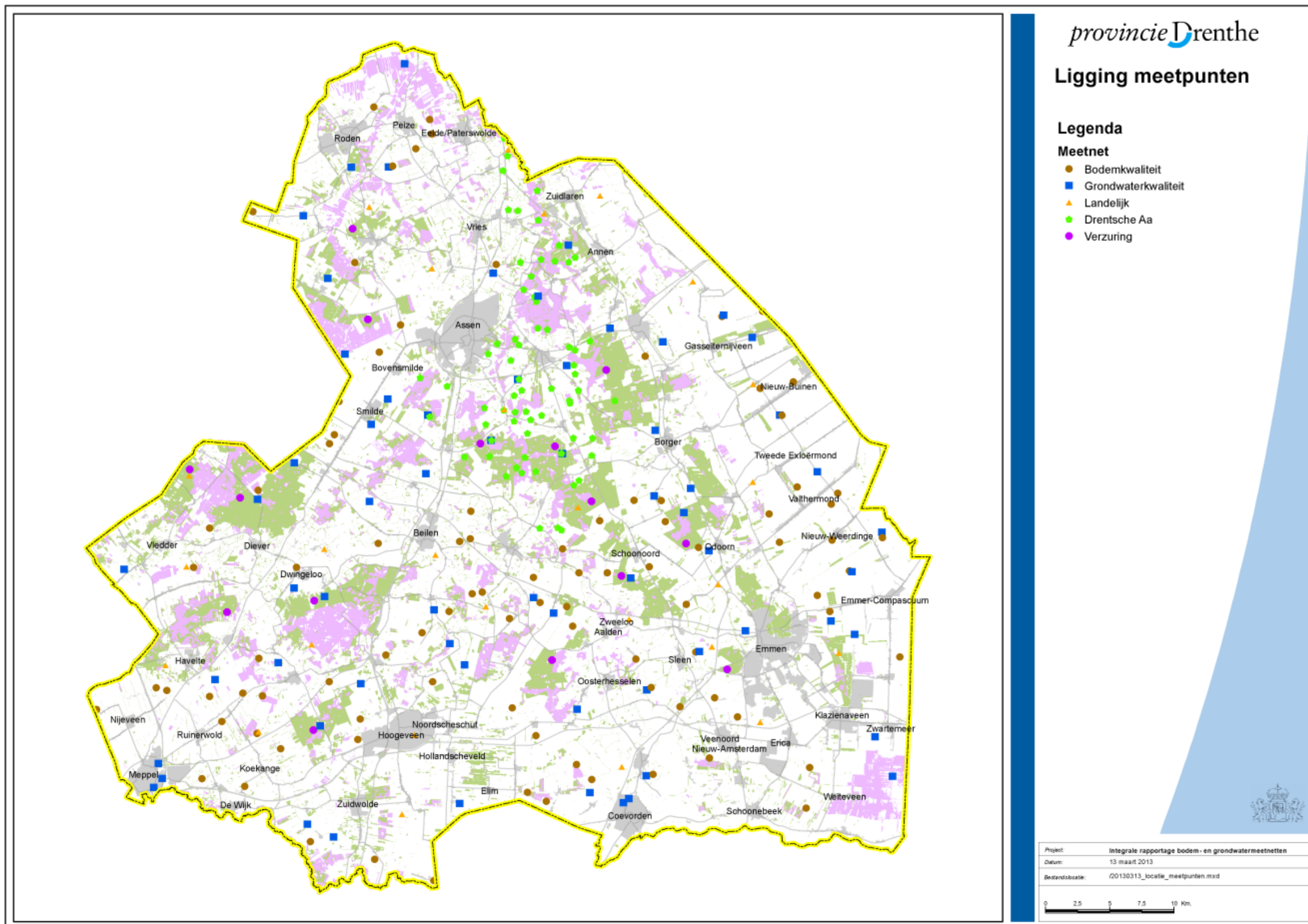
Bijlage 7 Bodemtype



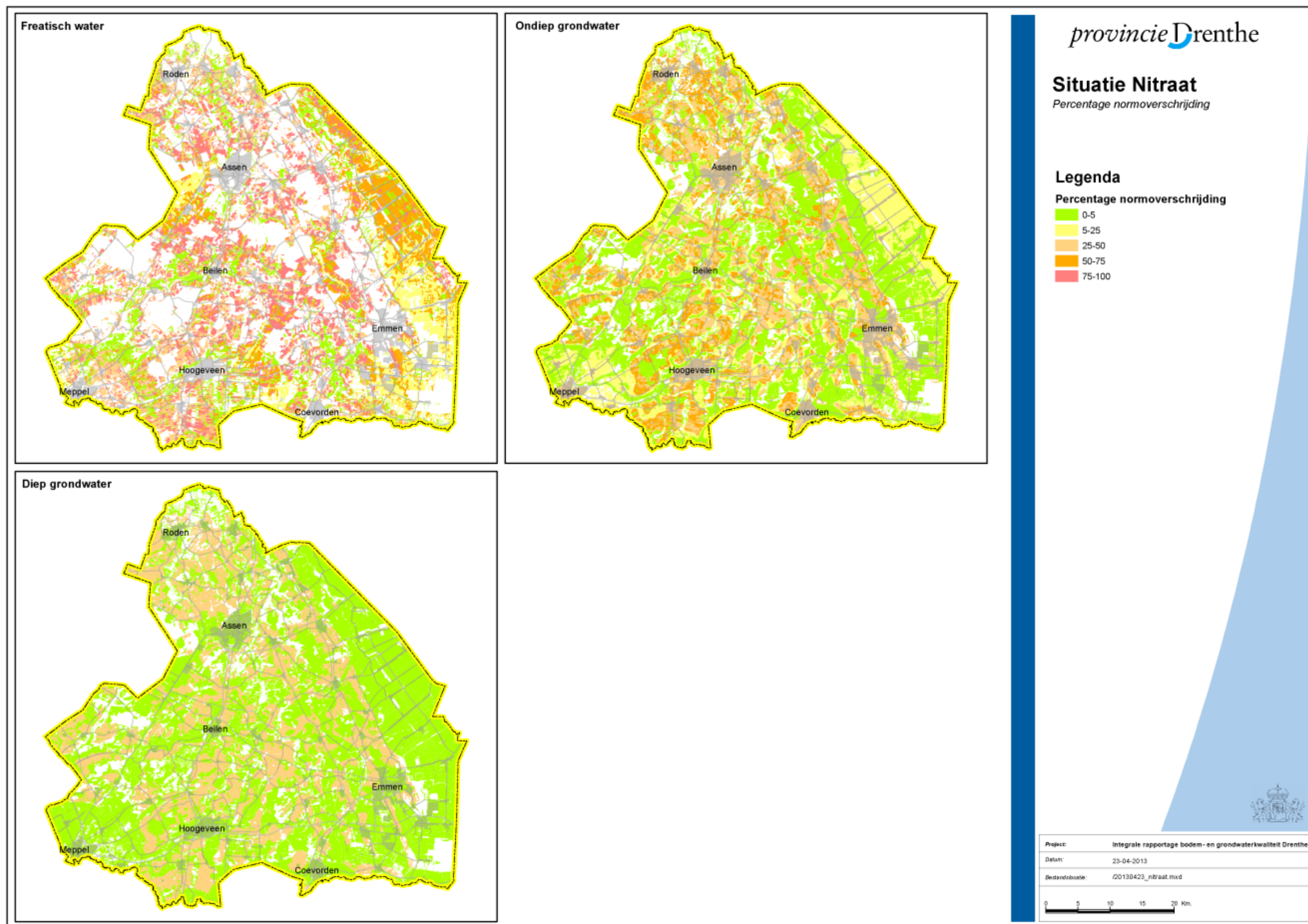
Bijlage 8 Geohydrologie



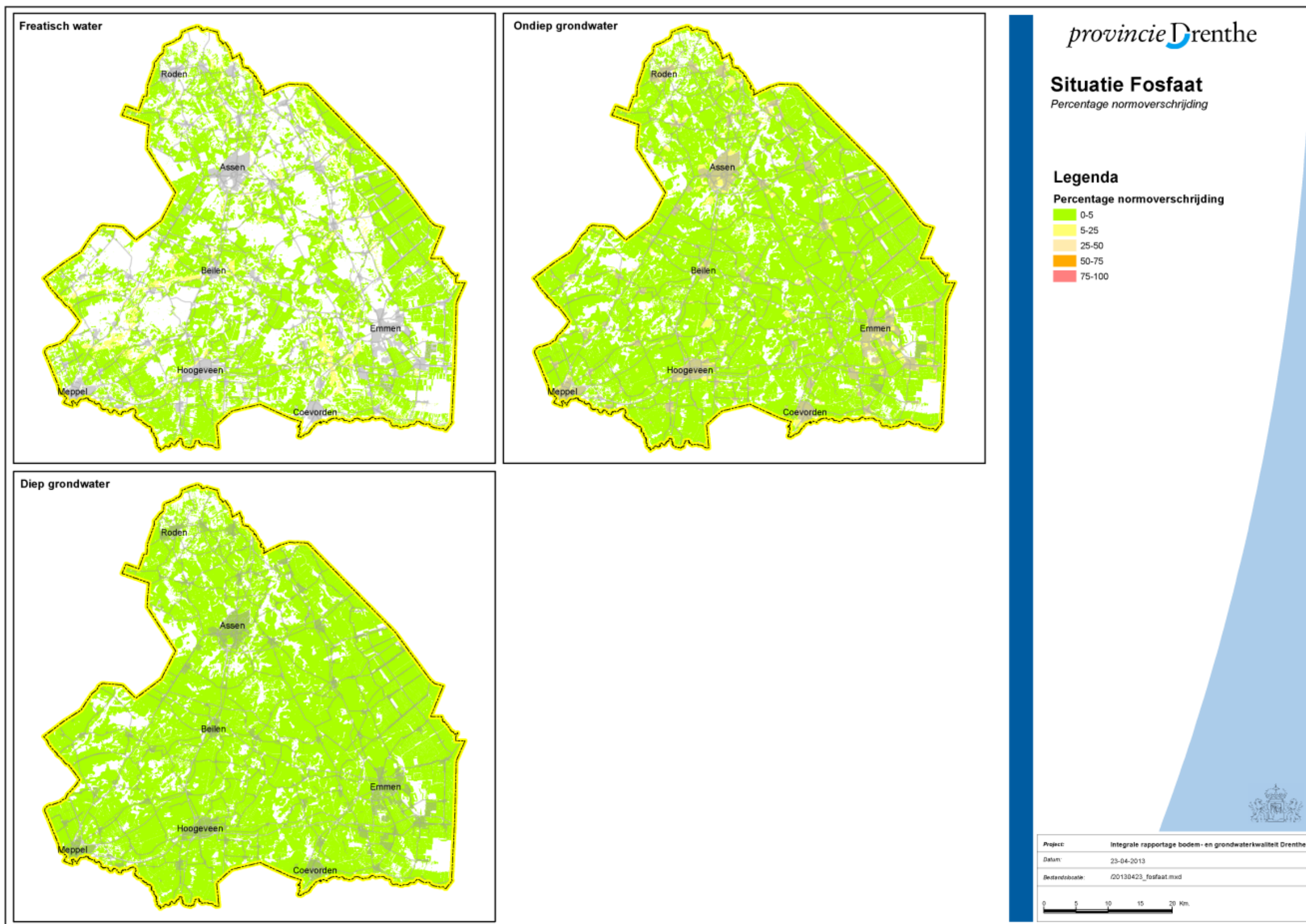
Bijlage 9 Ligging meetpunten



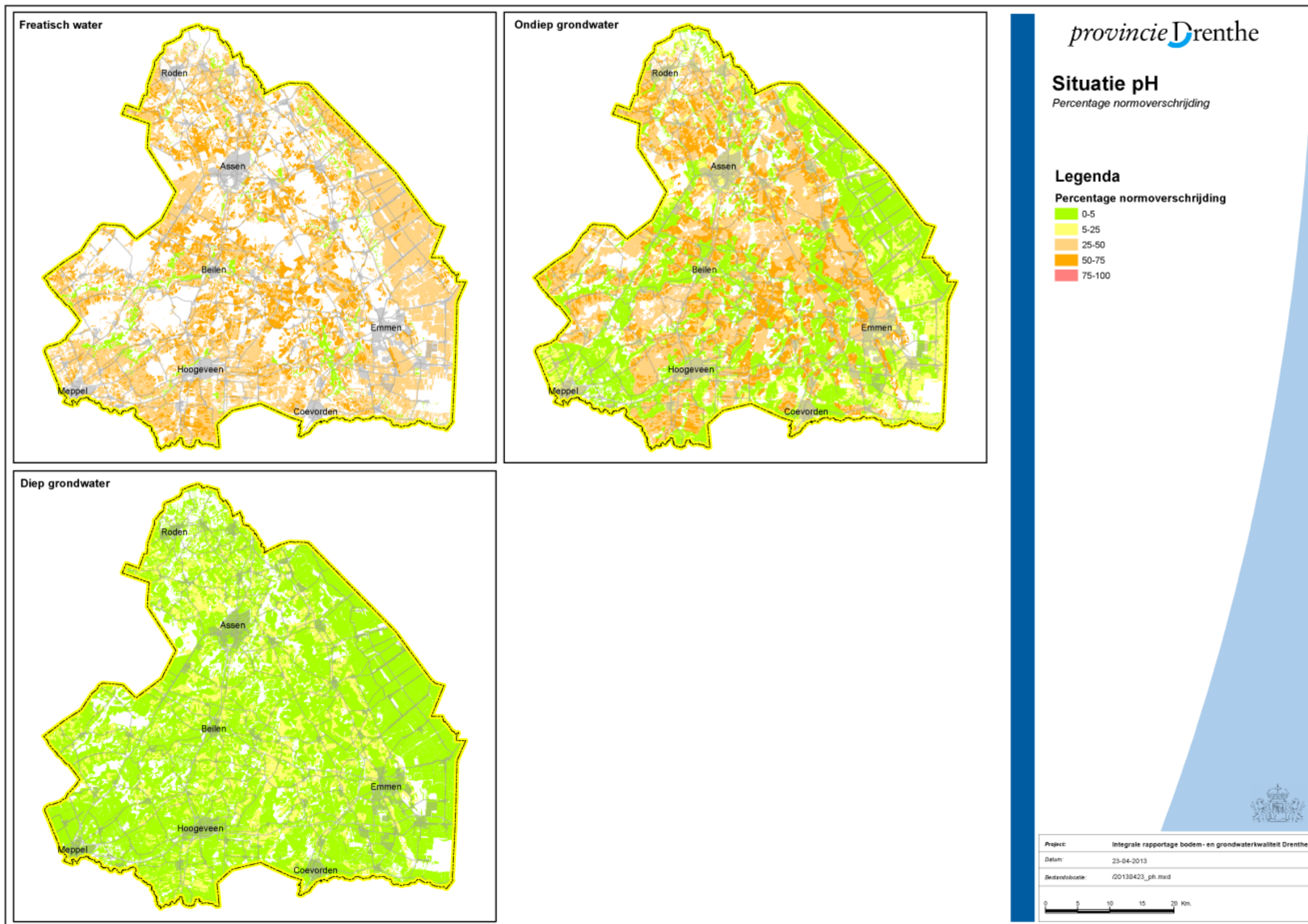
Bijlage 10 Nitraatconcentratie grondwater



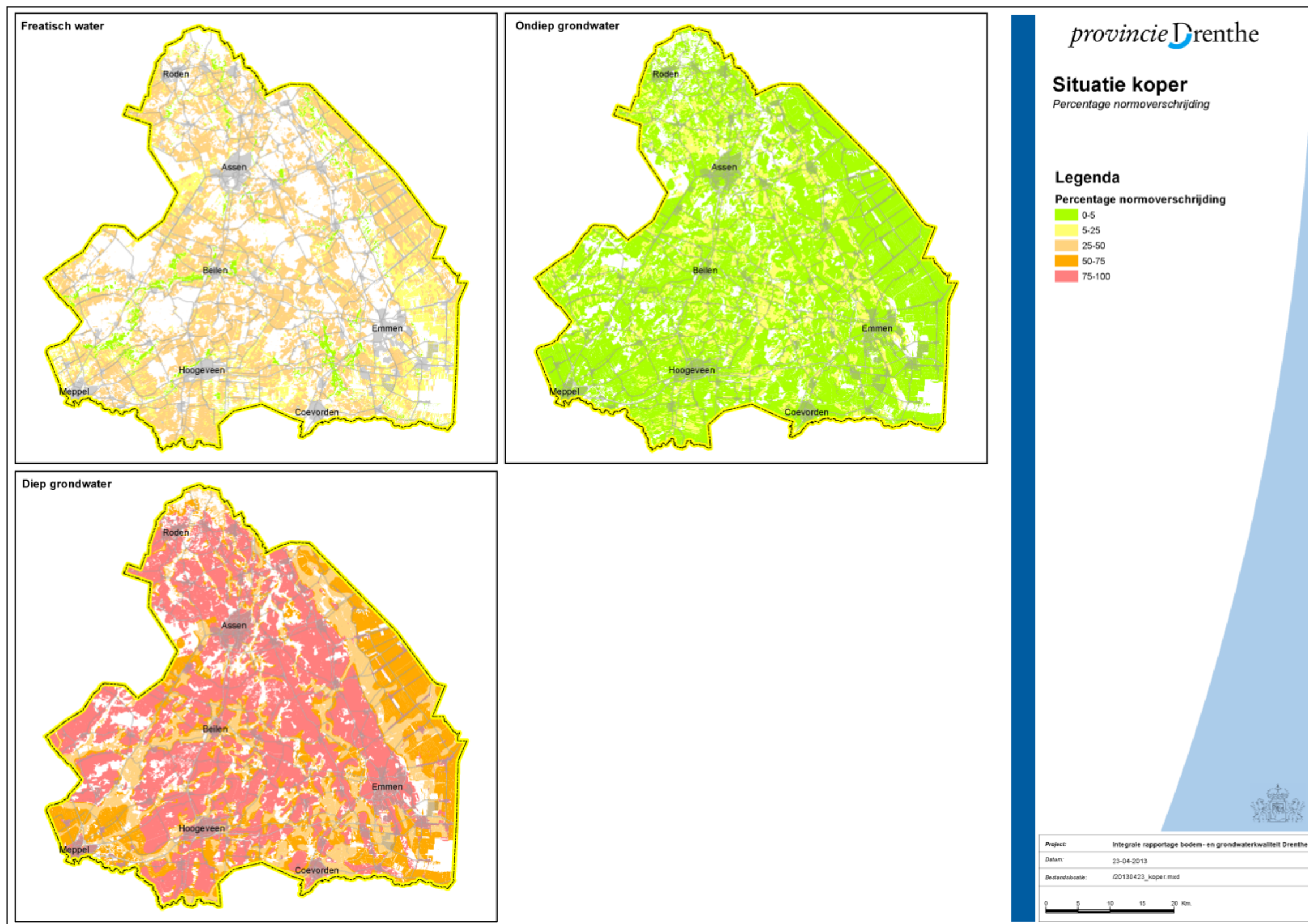
Bijlage 11 Fosfaatconcentratie grondwater



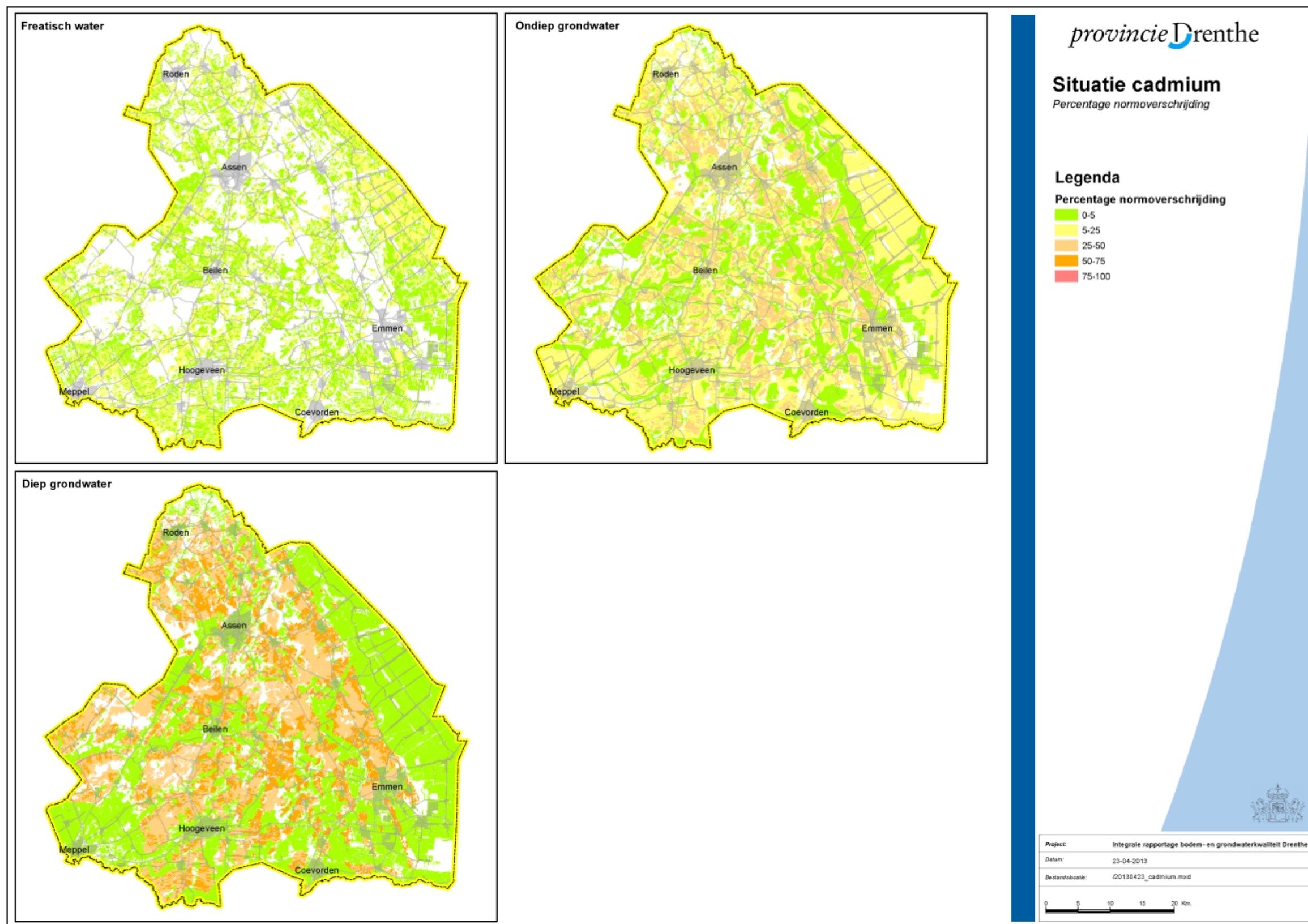
Bijlage 12 Zuurgraad grondwater



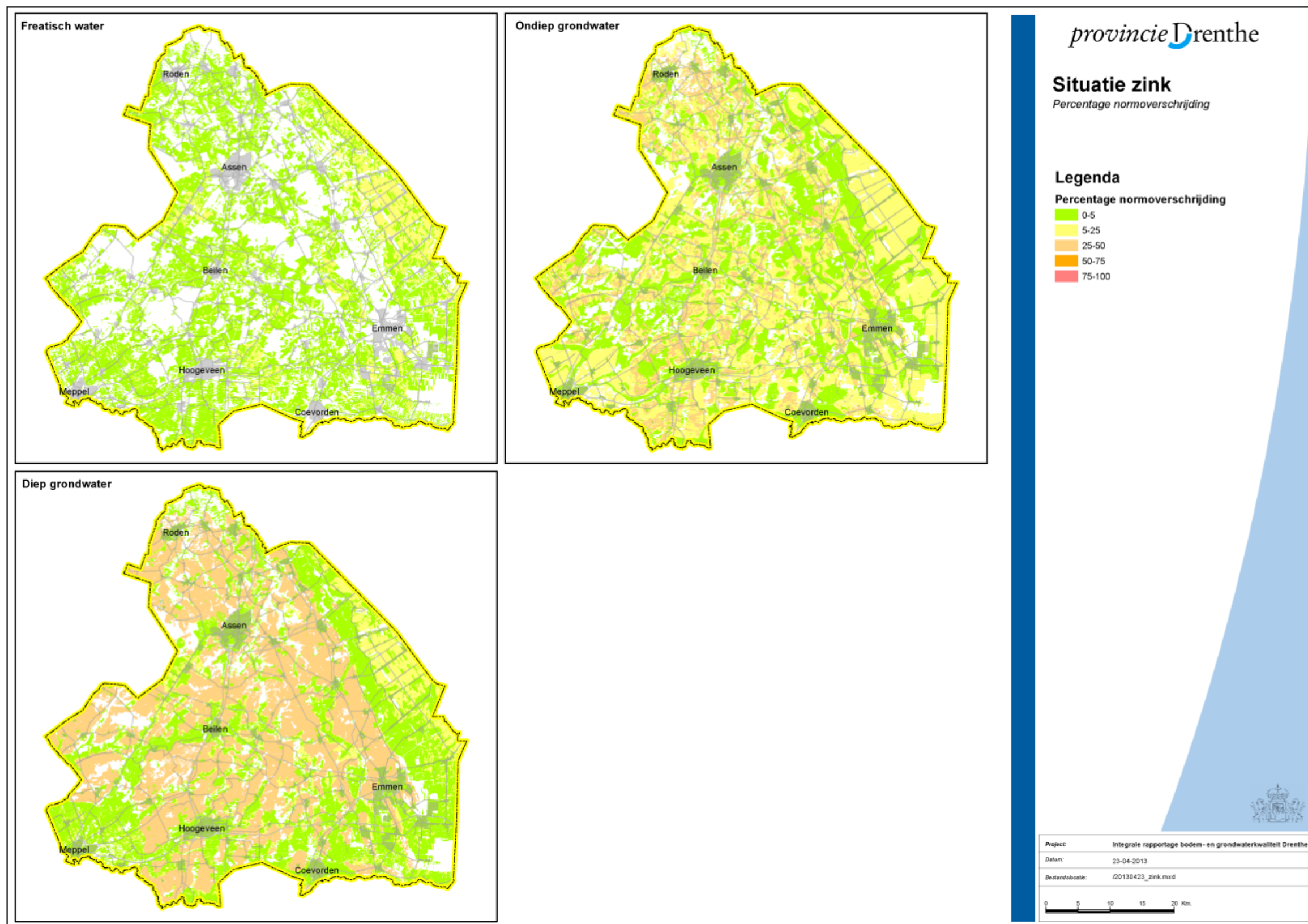
Bijlage 13 Koperconcentratie grondwater



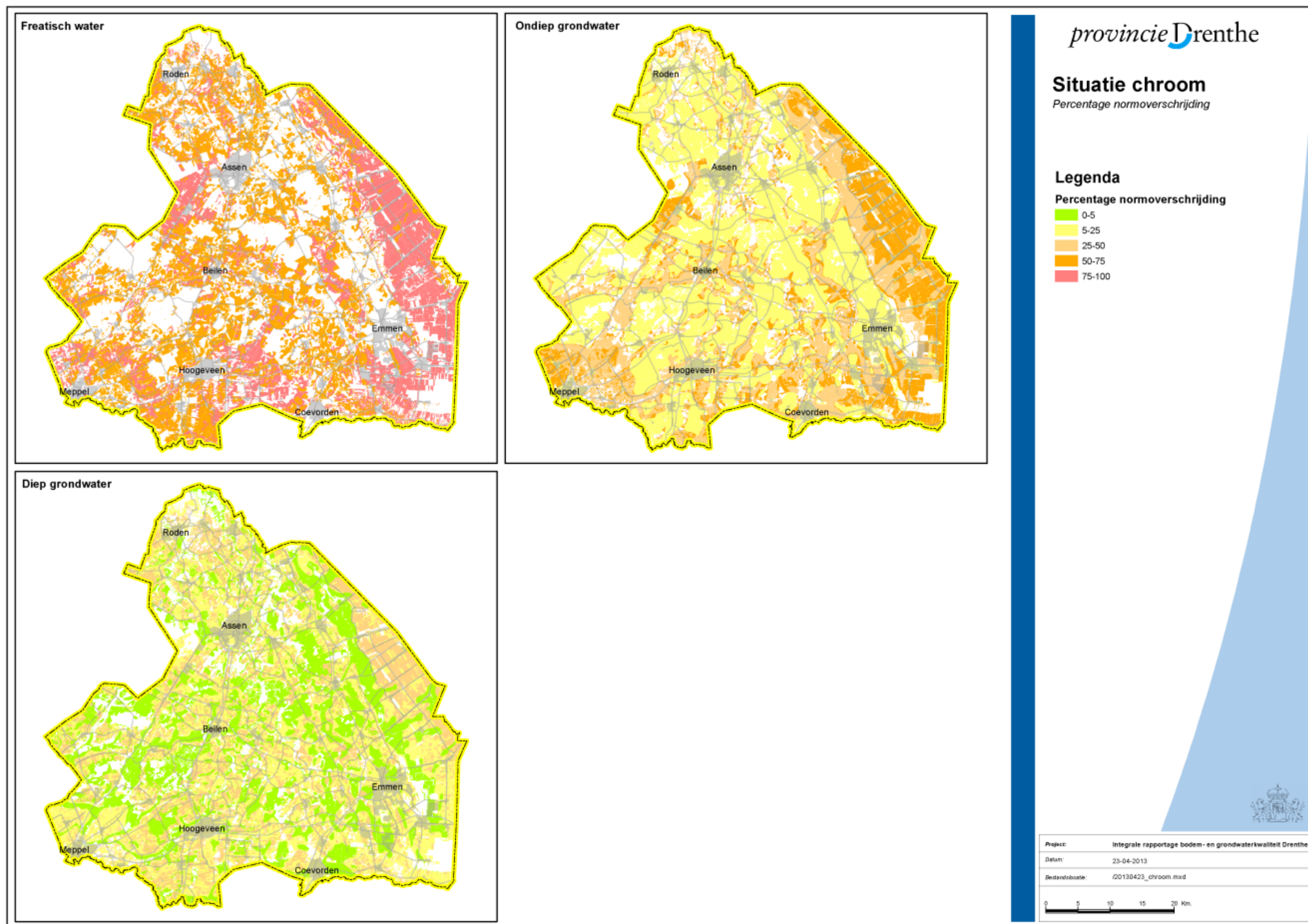
Bijlage 14 Cadmiumconcentratie grondwater



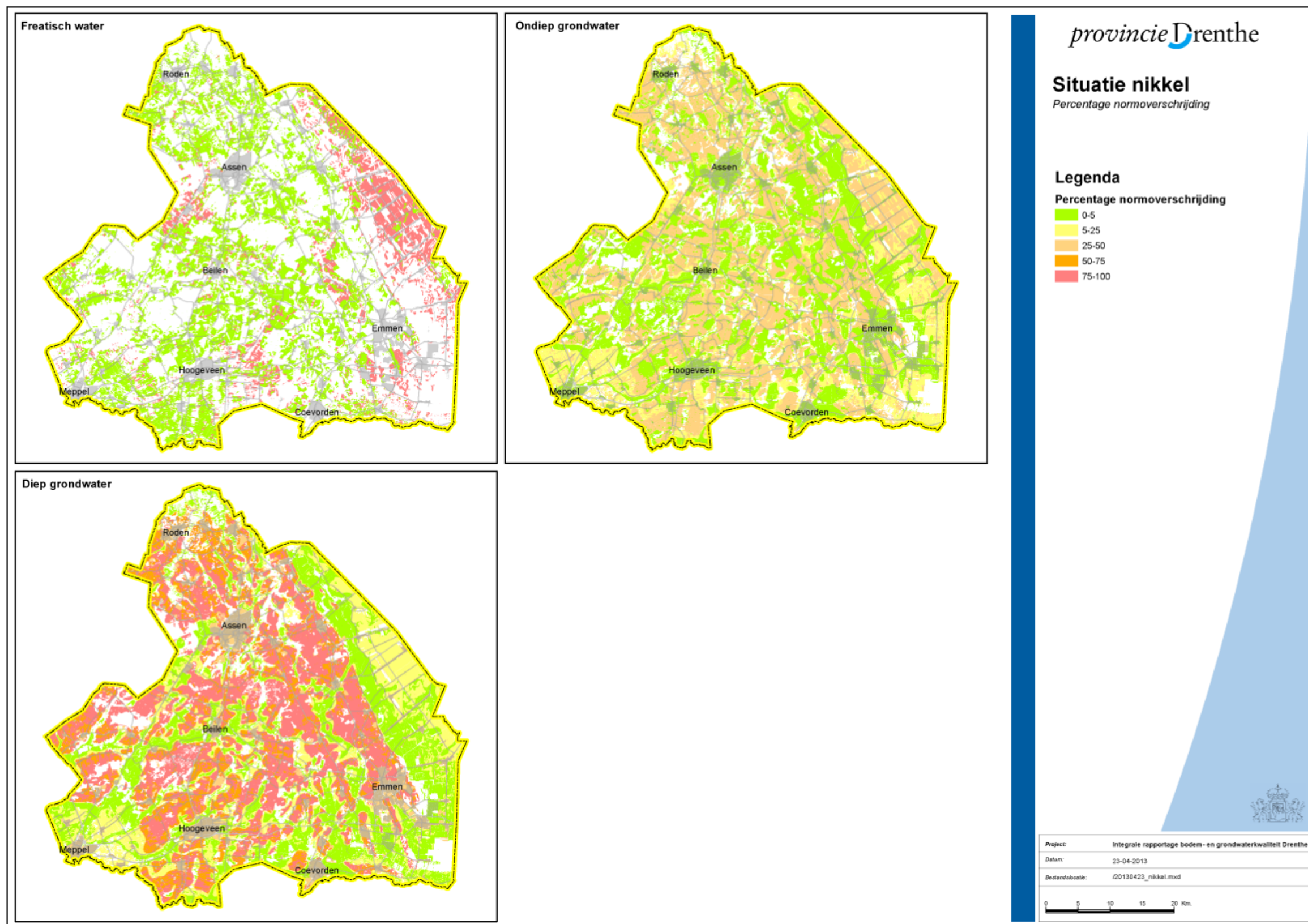
Bijlage 15 Zinkconcentratie grondwater



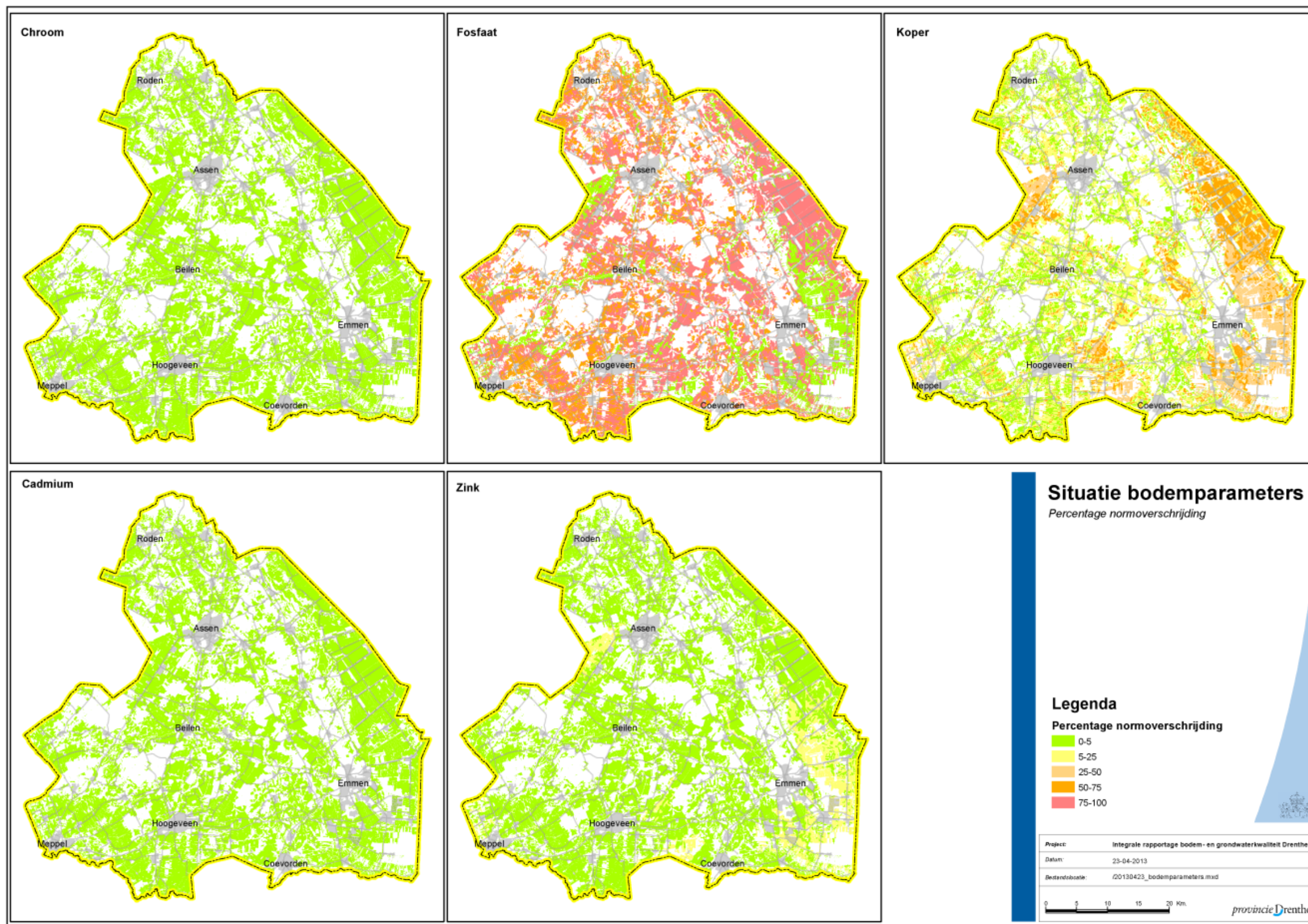
Bijlage 16 Chromconcentratie grondwater

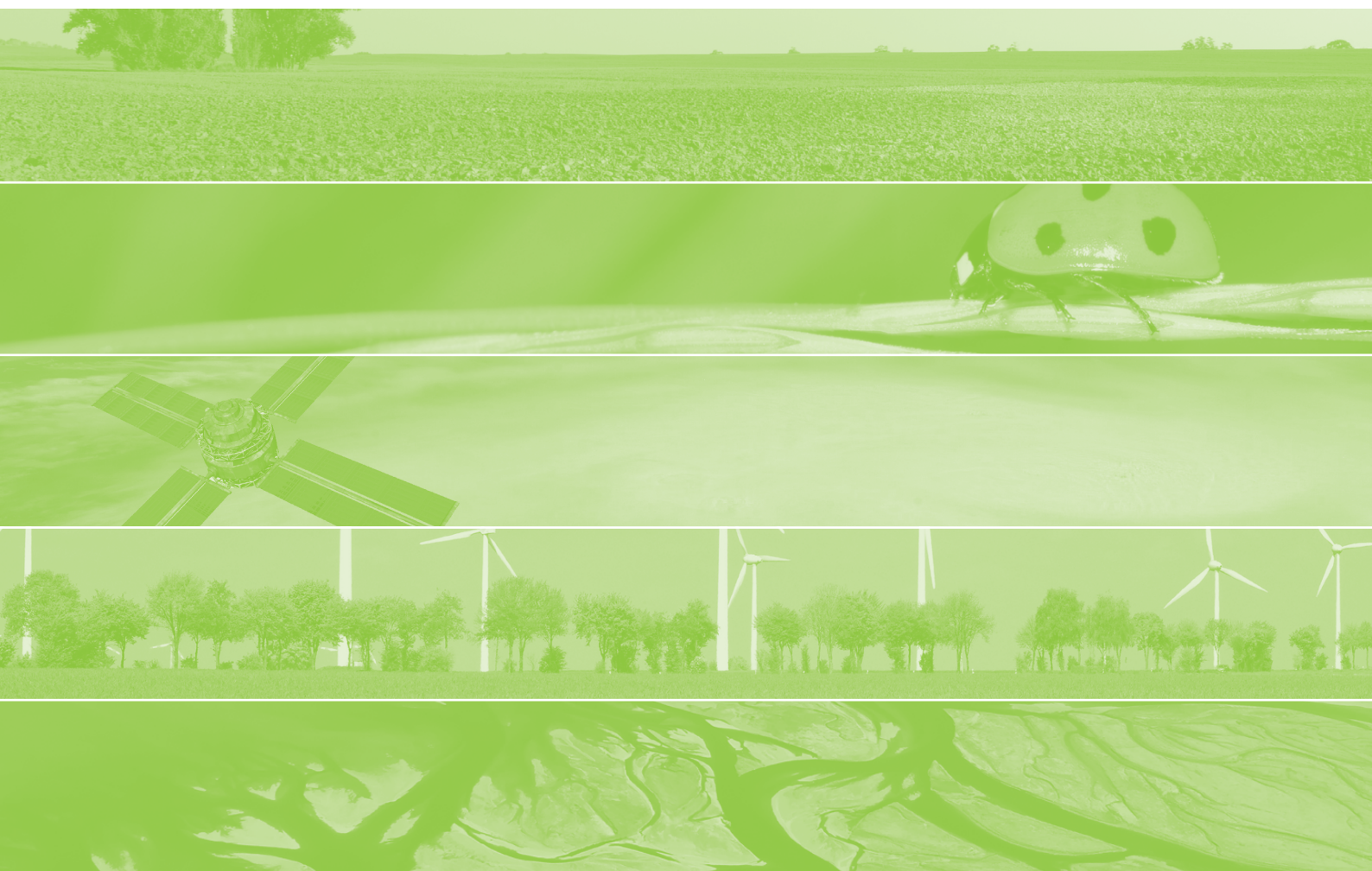


Bijlage 17 Nikkelconcentratie grondwater



Bijlage 18 Bodemparameters





Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.wageningenUR.nl/alterra