



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**De bodemkwaliteit in Nederland in
2006-2010 en de verandering ten
opzichte van 1993-1997**

*Resultaten van het Landelijk Meetnet
Bodemkwaliteit*

RIVM rapport 680718003/2012

E.J.W. Wattel-Koekkoek | M.E. van Vliet |

L.J.M. Boumans | J. Ferreira | J. Spijker |

T. C. van Leeuwen, LEI



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**De bodemkwaliteit in Nederland in
2006-2010 en de verandering ten
opzichte van 1993-1997**

Resultaten van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit

RIVM Rapport 680718003/2012

Colofon

© RIVM 2012

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

E.J.W. Wattel-Koekkoek
M.E. van Vliet
L.J.M. Boumans
J. Ferreira
J. Spijker
T. C. van Leeuwen, LEI

Contact:
Esther Wattel-Koekkoek
Centrum voor MilieuMonitoring
Esther.wattel@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van I&M, in het kader van Beleidsondersteuning Milieu en Ruimte (BMR).

Rapport in het kort

De bodemkwaliteit in Nederland in 2006-2010 en de verandering ten opzichte van 1993-1997. Resultaten van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit.

Tussen 2006 en 2010 is de bodemkwaliteit van Nederland gemeten in de derde meetronde van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB). Hierbij zijn 200 locaties bemonsterd: 10 combinaties van grondsoort en landgebruik (=categorie), en per categorie 20 locaties.

Huidige bodemkwaliteit

Conform de eerste doelstelling is de bodemkwaliteit van de tien categorieën geïnventariseerd en zijn die met elkaar vergeleken. De zandgronden onder bos hebben de laagste zuurgraad en hoogste aluminiumconcentratie van alle categorieën. De zandgronden onder landbouw hebben een hogere zuurgraad, waarschijnlijk door bekalking. Zoals verwacht bevatten kleigronden een groter aandeel van deeltjes die kleiner zijn dan twee micrometer, en hebben veengronden een hoger organisch stofgehalte dan zandgronden. Klei- en veengronden hebben significant hogere gehalten ijzer, mangaan en zware metalen dan zandgronden. Insecticiden als lindaan en dieldrin zijn vooral aangetroffen in gronden onder akkerbouw. Hoewel deze gewasbeschermingsmiddelen uit de handel zijn, kunnen er nog steeds resten van worden aangetroffen.

Veranderingen in bodemkwaliteit tussen eerste en derde ronde

Conform de tweede doelstelling zijn per categorie veranderingen tussen de eerste (1993-1997) en derde meetronde (2006-2010) in kaart gebracht. Daaruit blijkt onder andere dat vooral bij zandgronden onder bos de bodem -en grondwaterkwaliteit is veranderd. Deze gronden zijn significant minder zuur geworden. Ook zijn nitraat, sulfaat, chloride, aluminium, calcium, magnesium, natrium en strontium in grondwater afgenomen. Dit komt waarschijnlijk doordat de er minder verzurende en vermestende stoffen via de lucht worden afgezet, een positief gevolg van het emissiebeleid.

Lange termijnanalyses tonen bij elke categorie meerdere significante stijgingen en dalingen van stoffen in de bodem. Veranderingen in bemonsteringslocaties en in de werkwijze kunnen deze trendanalyse echter hebben verstoord. Zo is tussen de meetronden 10 tot 20 procent van de locaties waarop de monsters worden genomen, gewijzigd. Daarnaast veranderden soms in de loop van de jaren de procedures in de laboratoria, vooral die voor zware metalen. Hierdoor was het niet mogelijk de oorspronkelijke strategie van het LMB, namelijk om op gezette tijden dezelfde locaties te monitoren volgens vaste monsternamen- en analyseprocedures, te realiseren. Het meetnet is minder gevoelig gebleken om veranderingen in bodemkwaliteit te signaleren dan bij de start was berekend.

Aanbevelingen

Het is raadzaam om de doelstellingen van het LMB te heroverwegen, ook omdat de zware metaalconcentraties dankzij beleidsmaatregelen inmiddels minder grote veranderingen vertonen dan bij de start van het LMB. Aanbevolen wordt om het meetnet hoofdzakelijk in te zetten om de huidige kwaliteit van de bodem te bepalen en daarbij het effect van landgebruik te onderzoeken aan de hand van bodembelastinggegevens van het Landbouw Economisch Instituut (LEI).

Trefwoorden:

Meetnet, bodemkwaliteit, grondwaterkwaliteit, zware metalen, OCB, PAK

Abstract

Soil quality in the Netherlands for 2006-2010 and the change compared with 1993-1997. Results of the National Soil Quality Monitoring Network.

From 2006 to 2010 the soil quality of the Netherlands was analyzed during the third cycle of the National Soil Quality Monitoring Network (LMB). For this purpose, 200 locations were sampled: 10 combinations of soil type and land use (=category), and 20 locations per category.

Current soil quality

In accordance with the first goal, a survey was made of the soil quality of the ten categories and the categories were compared. Sandy soils under forest have the lowest acidity and the highest aluminium concentration of all categories. Sandy soils under agriculture have a higher pH, probably due to liming. As expected, clay soils contain a larger portion of particles smaller than two micrometers, and peat soils have a higher organic matter content than sandy soils. Clay and peat soils have significantly higher iron, manganese and heavy metal contents than sandy soils. Insecticides such as lindane and dieldrin were mainly found in soils under arable land. Even though these crop protection products are no longer for sale, remnants can still be found.

Changes in soil quality between the first and third cycle

In accordance with the second goal, for each category the changes between the first (1993-1997) and third cycles (2006-2010) were documented. Amongst other things, it was found that especially where sandy soils under forest are concerned, soil and groundwater quality has changed. These soils have become significantly less acidic. Also nitrate, sulphate, chlorine, aluminium, calcium, magnesium, sodium and strontium in groundwater have decreased. This has probably been caused by less acidifying and eutrophating substances being deposited through the air, a positive consequence of emission policy.

For each category long term analyses show several significant increases and decreases of substances in the soil. Changes in the sampling locations and in procedures used may have interfered with these trend analyses. For example, between the cycles ten to twenty percent of the locations at which samples were taken changed. Similarly, over the years procedures in laboratories sometimes changed, especially for heavy metals. Because of this, it was not possible to realize the original LMB strategy which was to monitor at fixed times and locations, following fixed sampling and analysis procedures. The monitoring program turned out to be less sensitive to observing changes in soil quality than was calculated at the start.

Recommendations

The advice here is to reconsider the goals of the LMB, also because thanks to policy measures, heavy metal concentrations show fewer large changes than at the start of the LMB. It is recommended to apply the monitoring network mainly to determine the current soil quality and

furthermore to study the effect of land use, using soil pressure data from the Agricultural Economics Institute (LEI).

Key words:

monitoring, soil quality, groundwater quality, heavy metals, OCB, PAK

Voorwoord

In 1993 is het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) opgezet om de chemische bodemkwaliteit te monitoren en beschrijven. Hiertoe worden op tweehonderd locaties verspreid over Nederland regelmatig grondmonsters genomen. In een vijfjaarlijkse cyclus worden tien verschillende combinaties van bodemtype en landgebruik bemonsterd. Dit rapport beschrijft de bodemkwaliteit zoals gemeten tijdens de derde ronde (2006-2010) en de verandering in bodemkwaliteit tussen de eerste (1993-1997) en derde ronde.

Het LMB wordt uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu. Voor de selectie en werving van de landbouwlocaties wordt samengewerkt met het LEI, onderdeel van Wageningen UR.

De auteurs bedanken Cor de Jong, Bertwin Stoffelsen, Frank Weijs en Johan Brunt voor hun zorgvuldige werkwijze bij het opstellen van de velddossiers. Tevens bedanken de auteurs Klaas van der Hoek, Ton van der Linden, Arnoud de Klijne en Birgit Loos voor hun bijdragen.

Esther Wattel-Koekkoek
Mariëlle van Vliet
Leo Boumans
Jose Ferreira
Job Spijker
Ton van Leeuwen (LEI)

april 2012

Inhoud

Samenvatting—13

1 Inleiding—17

- 1.1 Doelstellingen van het LMB—17
- 1.2 Doelstellingen van dit rapport—17
- 1.3 Eerdere rapportages—18
- 1.4 Verwachting resultaten derde ronde—18
- 1.5 Leeswijzer—20

2 Gegevensverzameling en -bewerking—23

- 2.1 Categorieën en locaties—23
- 2.2 In het LMB vertegenwoordigde bedrijven en arealen—26
- 2.3 Monsternamen derde ronde—27
 - 2.3.1 Reguliere bemonstering—27
 - 2.3.2 Duplo's—28
- 2.4 Parameterpakket en analysemethoden—29
 - 2.4.1 Beschrijving parameterpakket ronde 3—29
 - 2.4.2 Bijzonderheden laboratorium en analysetechnieken derde ronde—31
- 2.5 Kwaliteitscontrole bodem- en grondwaterdata—33
 - 2.5.1 Kwaliteitscontrole bodemdata—33
 - 2.5.2 Kwaliteitscontrole grondwaterdata—34
 - 2.5.3 Resultaten kwaliteitscontrole bodemdata—36
 - 2.5.4 Resultaten kwaliteitscontrole grondwaterdata—37
- 2.6 Methodiek voor analyse en grafische weergave van de gevalideerde data—37
 - 2.6.1 Toestand ronde 3 en vergelijking categorieën—37
 - 2.6.2 Verandering bodemkwaliteit in de tijd—39

3 De bodem – en grondwaterkwaliteit in Nederland—43

- 3.1 Algemene karakteristieken—43
 - 3.1.1 Lutum—43
 - 3.1.2 Organisch stof—47
 - 3.1.3 CEC—52
 - 3.1.4 pH H₂O en pH KCl—56
 - 3.1.5 Kalk—64
 - 3.1.6 DOC—67
- 3.2 Zware metalen—69
 - 3.2.1 Inleiding—69
 - 3.2.2 Toestand bodem—70
 - 3.2.3 Verandering bodem—81
 - 3.2.4 Conclusie bodem—89
 - 3.2.5 Toestand grondwater—89
 - 3.2.6 Verandering grondwater—97
 - 3.2.7 Conclusie zware metalen grondwater—102
- 3.3 Nutriënten—102
 - 3.3.1 Inleiding—102
 - 3.3.2 Toestand bodem—103
 - 3.3.3 Verandering bodem—107
 - 3.3.4 Grondwater toestand—111
 - 3.3.5 Verandering grondwater—116
 - 3.3.6 Conclusie nutriënten bodem en grondwater—120

3.4	Diversen—121
3.4.1	Inleiding—121
3.4.2	Toestand bodem—122
3.4.3	Grondwater Toestand—126
3.4.4	Grondwater verandering—133
3.4.5	Conclusie—140
3.5	PAK's—140
3.6	Organische micro's—140
3.7	PCB's—141
3.8	Minerale olie—141
4	Onderscheidingsvermogen trends in metaalconcentraties—143
4.1	Inleiding—143
4.2	Powerberekening—145
4.3	Statistisch karakteriseren van de gegevens van ronde 1 (origineel en herhaling)—145
4.3.1	DLO en Alterra data van de laag 0-10 cm—146
4.3.2	DL- data van de laag 30-50 cm—149
4.4	Karakteristieken van de data van ronde 2—150
4.4.1	Vergelijking van Alterra-E-, TNO-E- en TNO-TA-metingen van categorieën IX en X—151
4.4.2	Alterra-E-analyses van 1999 to 2002—153
4.5	Karakteristieken van de data van ronde 3—153
4.6	Correlaties en standaarddeviaties van verschillen tussen Alterra-E-meetresultaten van ronde 1 en 2—154
4.7	Karakterisering van de predicties van Alterra-E-meetresultaten van ronde 3—154
4.8	Correlaties en standaarddeviaties van verschillen tussen voorspelde Alterra-E-waarden ronde 3 en Alterra-E-waarden ronden 1 en 2—155
4.9	Overzicht van schattingen en voorbeelden van powerberekeningen—156
4.10	Discussie en conclusie—168
5	Vergelijking met andere landelijke bodemdata—169
5.1	Inleiding—169
5.2	Vergelijking PAK's—170
5.3	Vergelijking Metalen—173
5.4	Conclusie—176
6	Discussie—177
6.1	Inleiding—177
6.2	Samenvatting resultaten—177
6.2.1	Toestand en Trend—177
6.2.2	Beoogde en gerealiseerde power voor metalen—180
6.3	Evaluatie realisatie doelstellingen en opzet—181
6.3.1	Inleiding—181
6.3.2	Veranderingen locaties en beschikbaarheid BIN-bedrijfsgegevens—181
6.3.3	Monsternamen—183
6.3.4	Chemische analyses—183
6.4	Conclusie en aanbevelingen—184

7**Literatuurlijst—187**

- Bijlage 1 Toevoer van zware metalen naar landbouwgrond—191
- Bijlage 2 Laatste handelsjaren organische micro's—193
- Bijlage 3 Selectiecriteria van het LMB—195
- Bijlage 4 Overzicht verloop van de LMB-bedrijven—199
- Bijlage 5 Bemonsteringsprotocollen—205
- Bijlage 6 Analysemethoden en bepalingsgrenzen—241
- Bijlage 7 Analysemethode organisch stof—257
- Bijlage 8 Statistisch model voor verandering van laboratorium en analysemethode—259
- Bijlage 9 Prestatiekenmerken en predicties van de niet-parametrische en parametrische modellen—267
- Bijlage 10 Resultaten kwaliteitscontrole LMB-data van de derde meetronde—275
- Bijlage 11 Statistische karakteristieken van totaalanalysemetingen en voorspelde extractiemetingen van chroom, koper, nikkel en zink—299
- Bijlage 12 Boxplots van de concentraties van de organische micro's, triazines, PAK's, PCB's—303
- Bijlage 13 Resultaten Trendanalyse—321
- Bijlage 14 De formule voor de power berekening—329
- Bijlage 15 Karakterisering data ronde 1, laag 0-10 cm—333
- Bijlage 16 Schattingen en 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor de verschillen tussen gemiddelde log-concentraties (0-10 cm) van DLO (origineel) en Alterra (herhaling).—339
- Bijlage 17 Karakterisering data ronde 1, laag 30-50 cm—341
- Bijlage 18 Karakteristieken dataset 2003 (ronde 2)—345
- Bijlage 19 Karakteristieken dataset 2003: verdelingen en schattingen van gemiddelden en standaarddeviaties—347
- Bijlage 20 Verdelingen van verschillen tussen drie verschillende combinaties van methode en analyserend laboratorium.—351
- Bijlage 21 Karakteristieken van de verschillen uit data van 2003—355
- Bijlage 22 Alterra-E-analyses van 1999 to 2002—359
- Bijlage 23 Karakteristieken van data uit ronde 3: vergelijking duplo's—363
- Bijlage 24 Karakterisering van data uit ronde 3, laag 0-10 cm—367
- Bijlage 25 Karakterisering van data uit ronde 3, laag 30-50 cm—371
- Bijlage 26 Correlaties en standaarddeviaties van verschillen tussen Alterra-E-resultaten van ronden 1 en 2.—375
- Bijlage 27 Karakterisering van TNO-totaalanalyse- en voorspelde Alterra-E-metingen uit ronde 3—389
- Bijlage 28 Correlaties en standaarddeviaties tussen predicties ronde 3 en ronden 1/2—399
- Bijlage 29 Beoogde power LMB—409

Samenvatting

Inleiding

In 1993 is het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) van start gegaan. Het LMB omvat tweehonderd locaties, twintig natuurlocaties en honderdtachtig landbouwbedrijven. In een vijfjaarlijkse cyclus worden tien verschillende grondsoort/landgebruikcombinaties bemonsterd. In ieder meetjaar worden twee van de tien grondsoort/landgebruikcombinaties (categorieën, zie Tabel S.1) bemonsterd.

De doelstellingen van voorliggend rapport zijn:

- het beschrijven en waar mogelijk verklaren van de bodemkwaliteit van het landelijk gebied in de periode 2006-2010 (derde meetronde);
- het beschrijven en waar mogelijk verklaren van veranderingen in de bodemkwaliteit van het landelijk gebied tussen de eerste en de derde meetronde;
- het beschrijven van de gerealiseerde kans, of power, om een verandering in metaalgehalte voor een categorie te detecteren.

In Tabel S.1 staan de verwachte verschillen tussen de categorieën samengevat wat betreft de bodemkwaliteit en trends daarin.

Huidige bodemkwaliteit

In het algemeen geldt dat de tijdens de derde ronde (2006-2010) gevonden verschillen in bodemkwaliteit tussen grondsoort/landgebruikcombinaties, in de lijn der verwachting liggen. De zandgronden onder bos hebben de laagste zuurgraad en hoogste aluminiumconcentratie van alle categorieën. De zandgronden onder landbouw hebben een hogere zuurgraad, waarschijnlijk door bekalking. Zoals verwacht bevatten kleigronden een groter aandeel van deeltjes die kleiner zijn dan twee micrometer, en hebben veengronden een hoger organisch stofgehalte dan zandgronden. Klei- en veengronden hebben significant hogere gehalten ijzer, mangaan en zware metalen dan zandgronden. Insecticiden als lindaan en dieldrin zijn vooral aangetroffen in gronden onder akkerbouw. Hoewel deze gewasbeschermingsmiddelen uit de handel zijn, kunnen er nog steeds resten van worden aangetroffen.

Lutum (pipetmethode), CEC, organisch stof, P-Al en Pw wijken voor een aantal categorieën zo sterk af van de eerdere meetrondes, dat de waarden uit de derde ronde als onbetrouwbaar worden beschouwd. De bodemkwaliteit zoals bepaald voor het LMB, vertoont voor metalen en PAK's een vergelijkbaar beeld als de bodemdatasets van de Geochemische atlas en AW2000.

Veranderingen in bodemkwaliteit tussen eerste en derde ronde

Conform de tweede doelstelling zijn per categorie veranderingen tussen de eerste (1993-1997) en derde meetronde (2006-2010) in kaart gebracht. Daaruit blijkt onder andere dat vooral bij zandgronden onder bos de bodem -en grondwaterkwaliteit is veranderd. Deze gronden zijn significant minder zuur geworden. Ook zijn nitraat, sulfaat, chloride, aluminium, calcium, magnesium, natrium en strontium in grondwater afgenomen. Dit komt waarschijnlijk doordat de er minder verzurende en

vermestende stoffen via de lucht worden afgezet, een positief gevolg van het emissiebeleid.

Lange termijnanalyses tonen bij elke categorie meerdere significante stijgingen en dalingen van stoffen in de bodem. Werkelijke veranderingen zijn echter niet te onderscheiden van artificiële veranderingen als gevolg van veranderingen in werkwijze in veld- of labprotocollen, van laboratorium, van locaties en van bedrijfsamenstelling. Zo is tussen de meetronden 10 tot 20 procent van de locaties waarop de monsters worden genomen, gewijzigd. Daarnaast veranderden soms in de loop van de jaren de procedures in de laboratoria, vooral die voor zware metalen. Hierdoor was het niet mogelijk de oorspronkelijke strategie van het LMB, namelijk om op gezette tijden dezelfde locaties te monitoren volgens vaste monsternamen- en analyseprocedures, te realiseren. Veranderingen in bemonsteringslocaties en in de werkwijze kunnen de trendanalyse hebben verstoord.

Kans om verandering in metaalgehalte te detecteren

De kans om trends te kunnen vinden is gering voor metalen, zeker in verhouding tot veranderingen die verwacht kunnen worden. Gemiddeld is er 24 procent kans om een werkelijke toename van 5 procent in zware metaalgehalte te vinden. Dit is erg laag gegeven dat de verwachte verandering in zware metaalconcentraties ruwweg 0 tot 4 procent is in een periode van 10 jaar. Deze wijzigingen zijn te klein om te kunnen worden opgespoord met het LMB. Dit heeft onder andere te maken met de beperkte statistische kennis bij de start van het meetprogramma, waardoor het benodigde aantal locaties indertijd is onderschat. Daarnaast is dankzij beleidsmaatregelen de netto bodembelasting gedaald, waardoor er minder grote veranderingen worden verwacht dan bij de start van het LMB.

Aanbevelingen

Het is raadzaam om de doelstellingen van het LMB te heroverwegen. Aanbevolen wordt om het meetnet hoofdzakelijk in te zetten om de huidige kwaliteit van de bodem te bepalen voor verschillende combinaties van (landbouw) bedrijfsopzet en grondsoort. Daarnaast kan het effect van landgebruik worden onderzocht aan de hand van bodembelastinggegevens uit het BedrijvenInformatieNet van het LEI.

Ook wordt aanbevolen in de vierde ronde archiefmonsters te verzamelen, en bestaande archiefmonsters uit voorgaande ronden te gebruiken ten behoeve van het analyseren van effecten van veranderingen in laboratorium en analysemethode.

Tabel S.1: Verwachtingen resultaten van de derde ronde. Relatief hoge waarden ten opzichte van andere categorieën staan aangegeven met een H, relatief lage met een L. Verwachte stijgingen ten opzichte van de eerste meetronde worden aangegeven met een plusteken (+) en verwachte dalingen met een minteken (-).

Cat.	Grondgebruik	Bedrijfstype	Grondsoort	Lutum	Org. Stof	pH	Nutriënten	Zware metalen	PAK PCB	Gewasbescherming
I	Grasland/maïs	Melkveehouderij lage veedichtheid	Zand				+	+		
II	Grasland/maïs	Melkveehouderij hoge veedichtheid	Zand				+	+		
III	Grasland/maïs	Melkveehouderij met intensieve veehouderij	Zand				+	+		
IV	Bos (naald/loof)	N.v.t.	Zand			L +	L			
V	Bouwland	Akkerbouw	Zand				+	+		H
VI	Grasland	Melkveehouderij	Veen		H		+	H+		
VII	Bouwland	Akkerbouw	Zeeklei	H			+	H+		H
VIII	Grasland	Melkveehouderij	Rivierklei	H			+	H+		
IX	Grasland	Melkveehouderij	Zeeklei	H			+	H+		
X	Vollegronds- groenten	Vollegrondsgroenten	Zand							H

1 Inleiding

1.1 Doelstellingen van het LMB

Het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) is in 1993 van start gegaan (Van Duijvenbooden et al., 1995). Het LMB omvat tweehonderd locaties verspreid over Nederland: twintig natuurlocaties en honderdtachtig landbouwbedrijven. De tweehonderd locaties zijn verdeeld over tien verschillende combinaties van grondsoort en landgebruik (Tabel 1.1). De locaties zijn sinds de start drie maal bemonsterd. De eerste bemonsteringsronde vond plaats van 1993-1997, de tweede van 1999-2003 en de derde ronde van 2006-2010.

De doelstellingen van het LMB zijn:

1. het beschrijven en zo mogelijk verklaren van de huidige chemische bodemkwaliteit van het landelijk gebied (toestand);
2. het beschrijven en zo mogelijk verklaren van veranderingen in de bodemkwaliteit van het landelijk gebied onder invloed van diffuse belasting (trend).

Op een deel van de LMB-locaties wordt sinds de tweede meetronde ook bodembologisch onderzoek (Bodem Biologische Indicator) gedaan. Hierbij worden gegevens verzameld met betrekking tot de biologische bodemkwaliteit en fysische bodemkwaliteit (Breure et al., 2003; Rutgers et al., 2007; Schouten et al., 2001).

Het LMB is de afgelopen jaren zowel voor de eigen doelstellingen als voor andere doelen ingezet. Deze staan beschreven in de evaluatie van het LMB (Spijker et al., 2009). Zo zijn LMB-data bijvoorbeeld gebruikt voor het afleiden van normen. Ook in de toekomst is voorzien dat het LMB voor diverse doeleinden gebruikt zal worden: deels voor voortzetting van eerdere toepassingen en deels voor nieuwe toepassingen, zoals de Europese bodemstrategie en de Kaderrichtlijn Bodem.

1.2 Doelstellingen van dit rapport

De doelstellingen van voorliggend rapport zijn:

1. het beschrijven en waar mogelijk verklaren van de chemische bodemkwaliteit van het landelijk gebied in de periode 2006-2010 (toestand derde meetronde);
2. het beschrijven en waar mogelijk verklaren van veranderingen in de bodemkwaliteit van het landelijk gebied tussen de eerste en de derde meetronde (trend 1993-2010);
3. het beschrijven van de gerealiseerde kans, of *power*, om voor een categorie een verandering in een metaalconcentratie te detecteren tussen de eerste en de derde meetronde.

1.3 Eerdere rapportages

Dit rapport is een vervolg op de rapportages van de eerste (Bronswijk et al, 2003) en de tweede ronde (De Jong en Van der Hoek, 2009).

Uit de resultaten van de eerste LMB-meetronde bleek dat voor zware metalen in de bodem van het landelijk gebied enkele overschrijdingen van streefwaarden en achtergrondwaarden voorkwamen. De som-PAK-gehalten in de bodem van het landelijk gebied die gevonden werden, waren laag in vergelijking met de streefwaarde en vertoonden weinig variatie. De gehalten aan (inmiddels verboden) persistente bestrijdingsmiddelen als DDT, drins en HCH in de bodem waren op grote schaal hoger dan de streefwaarde. Onder bos/zand werden, in de lijn der verwachting, verhoudingsgewijs de laagste gehalten aan bestrijdingsmiddelen aangetroffen.

De Jong en Van der Hoek (2009) concludeerden dat de hoeveelheid organisch stof en zware metalen in de bodem tussen 1993 en 2003 niet aantoonbaar was veranderd. Waargenomen verschillen tussen ronde 1 en 2 vielen binnen de variatie van de meetresultaten.

1.4 Verwachting resultaten derde ronde

Voor de derde ronde wordt verwacht dat gehalten van lutum en organisch stof niet of nauwelijks gewijzigd zullen zijn ten opzichte van de eerste ronde. Deze parameters karakteriseren een bodemtype en zijn vrij constant. Zandgronden hebben per definitie een laag percentage lutum, en kleigronden een relatief hoog percentage lutum. Veengronden hebben per definitie een relatief hoog percentage organisch stof, en hetzelfde geldt voor de strooisellaag van bos.

De pH is een maat voor de zuurgraad in een bodem en ook deze parameter wordt beïnvloed door het bodemtype en landgebruik. De laagste pH wordt verwacht voor kalkarme zandgronden onder bos. De pH van vergelijkbare zandgronden onder landbouw zal door bekalking waarschijnlijk een stuk hoger liggen dan onder bos. Landbouwbedrijven voeren kalk toe, onder andere om de structuur te verbeteren en de beschikbaarheid van nutriënten te verhogen. Door afname van verzurende natte en droge depositie wordt een lichte stijging van de pH van zandgronden onder bos/heide verwacht en een daling in nitraatconcentratie in grondwater in bosgebieden (De Goffau et al., 2009).

Van de nutriënten N, P en K is de verwachting dat deze op locaties met landgebruik 'landbouw' aanmerkelijk hoger zullen zijn dan op de locaties met landgebruik 'natuur'. De Nederlandse landbouw heeft al jaren te maken met hoge mineralenoverschotten. Deze vinden hun oorsprong in het grootschalig gebruik van kunstmest en (grotendeels geïmporteerde) veevoedergrondstoffen die via dierlijke mest op de bodem komen. Hiermee worden veel meer mineralen op landbouwgrond aangevoerd dan er met landbouwproducten worden afgevoerd. Met name de stikstof- en fosforoverschotten uit de landbouw dragen in belangrijke mate bij aan de vermesting van het milieu. In 2009 bedroegen de mineralenoverschotten in de landbouw 375 miljoen kg stikstof, 14 miljoen kg fosfor en 40 miljoen kg kalium (CBS, 2011). Dit

is een sterke daling ten opzichte van midden jaren 1980: van stikstof met 54 procent, van fosfor met 86 procent en van kalium met 80 procent. Desalniettemin is er al jaren sprake van een netto overschot. Verwacht wordt dat met name P stijgende trends kan vertonen voor de gronden onder landbouw, omdat dit wordt vastgelegd in de bodem. N en K zijn relatief mobiel en spoelen uit.

Zware metalen zijn van nature aanwezig in de bodem. Daarnaast zijn zware metalen door de mens toegevoerd. Zware metalen kunnen organominerale complexen vormen met organisch stof in de bodem. Ook kleimineralen kunnen zware metalen binden. Relatief hoge gehalten van de zware metalen worden dan ook verwacht in veen- en kleigronden en relatief lage gehalten in zandgronden. Door diverse beleidsmaatregelen is de netto belasting de afgelopen jaren sterk gedaald (Bijlage 1). Er is nog wel sprake van een netto aanvoer op landbouwgronden. Voor de trends in zwaremetalengehalten verwachten we daarom dat ze in de derde ronde licht gestegen zijn ten opzichte van de eerste ronde.

Uit diverse onderzoeken (Groenenberg, 2011; Alterrapporten; Bijlage 1) blijkt dat de te verwachten trends voor metalen in de ordegrrootte liggen van enkele procenten per tien jaar. In Groenenberg (2011) zijn recent verschillende scenario's doorgerekend. Wanneer we gebruik maken van de scenario's die het meest overeenkomen met de bodembelastinggegevens van Tabel B1.1, zijn de volgende veranderingen te verwachten:

- cadmium: tussen de 11 en 27 procent toename in concentratie in de topsoil in 100 jaar, dus tussen de 1.1 en 2.7 procent in 10 jaar tijd;
- koper: tussen 37 en 133 procent toename in concentratie in 100 jaar, dus tussen de 3.7 en 13,3 procent in 10 jaar tijd;
- zink: tussen afname van 4 procent en toename van 40 procent in 100 jaar, dus tussen de -0.4 en +4 procent in 10 jaar tijd.

PAK's komen vooral via atmosferische depositie in de bodem. Verwacht wordt dat er geen invloed van lokale toediening is (landbouw) en dat de concentraties van de PAK's voor de verschillende categorieën vergelijkbaar zijn (Bronswijk et al., 2003).

In de periode 1980-1990 zijn de emissies van PCB's naar lucht, water en bodem sterk gedaald. De aanvoer van PCB's in Nederland is momenteel vooral afkomstig uit het buitenland. Het gaat dan om grensoverschrijdende instroom via de grote rivieren en via atmosferische depositie (Annema et al., 1995). PCB's kunnen in alle bodemtypen voorkomen. Relatief hoge concentraties PCB's kunnen verwacht worden in de strooisellaag van bossen, in veengronden en in kleihoudende gronden, door de vorming van complexen tussen PCB en humus of klei.

De binnen het LMB geanalyseerde organische micro's zijn gewasbeschermingsmiddelen, metaboliëten of bijproducten die al langere tijd niet meer zijn toegestaan in Nederland. Bijlage 2 geeft een overzicht van het laatste jaar dat de middelen in de handel zijn geweest. Indien de stoffen worden aangetroffen, is dit gerelateerd aan gebruik in het verleden en het persistente karakter van de stoffen. Verwacht wordt dat deze stoffen met name bij locaties onder akkerbouw zullen worden aangetroffen, omdat bestrijdingsmiddelen het meest zijn gebruikt in de akkerbouwsector.

In Tabel 1.1 zijn de verwachtingen van de resultaten samengevat.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de gegevensverzameling en -bewerking. Hoofdstuk 3 bevat de resultaten van de toestand- en trendanalyse van de bodem- en grondwaterkwaliteit. Per parametergroep worden de kwaliteit en eventuele veranderingen daarin van bovengrond, ondergrond en grondwater beschreven. Hoofdstuk 4 beschrijft de kans waarmee veranderingen in metaalconcentraties gevonden kunnen worden en in hoeverre het LMB-geschikt is als trendmeetnet. Hoofdstuk 5 bevat een globale vergelijking van de LMB resultaten met andere landelijke datasets. Tot slot volgen in hoofdstuk 6 een terugblik in hoeverre de doelstellingen van het rapport en het meetnet zijn gehaald, een discussie en aanbevelingen voor de toekomst.

Tabel 1.1: Verwachte resultaten van de derde ronde. Relatief hoge waarden ten opzichte van andere categorieën staan aangegeven met een H, relatief lage met een L. Verwachte stijgingen ten opzichte van de eerste meetronde worden aangegeven met een plusteken (+) en verwachte dalingen met een minteken (-).

Cat.	Grondgebruik	Bedrijfstype	Grondsoort	Lutum	Org. Stof	pH	Nutriënten	Zware metalen	PAK PCB	Gewas-bescherming
I	Grasland/maïs	Melkveehouderij lage veedichtheid	Zand				+	+		
II	Grasland/maïs	Melkveehouderij hoge veedichtheid	Zand				+	+		
III	Grasland/maïs	Melkveehouderij met intensieve veehouderij	Zand				+	+		
IV	Bos (naald/loof)	N.v.t.	Zand			L +	L			
V	Bouwland	Akkerbouw	Zand				+	+		H
VI	Grasland	Melkveehouderij	Veen		H		+	H+		
VII	Bouwland	Akkerbouw	Zeeklei	H			+	H+		H
VIII	Grasland	Melkveehouderij	Rivierklei	H			+	H+		
IX	Grasland	Melkveehouderij	Zeeklei	H			+	H+		
X	Vollegronds-groenten	Vollegrondsgroenten	Zand							H

2 Gegevensverzameling en -bewerking

2.1 Categorieën en locaties

Het LMB omvat tweehonderd locaties verspreid over Nederland. De locaties zijn verdeeld over tien verschillende combinaties van grondsoort en grondgebruik (zie Figuur 2.1). Deze combinaties – ook wel categorieën genoemd – zijn bij de start van het meetnet in 1993 afgestemd en gedefinieerd. Tezamen vormen ze het steekproefkader van het LMB. De reden dat er onderscheid wordt gemaakt op basis van grondsoort en grondgebruik is dat dit belangrijke verklarende factoren zijn voor variaties in bodemkwaliteit.

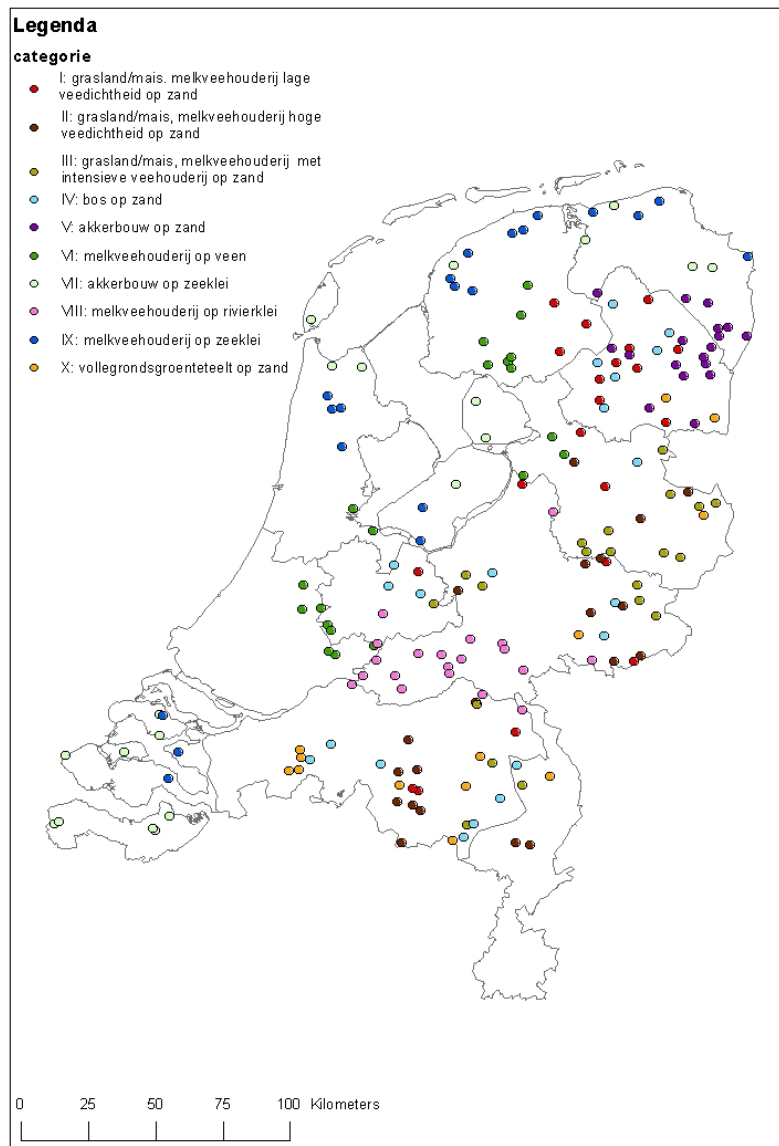
Bij de keuze en definiëring van de categorieën is enerzijds gekeken naar een zo hoog mogelijke dekking voor de bodemkwaliteit in landbouw- en natuurgebieden in Nederland, en anderzijds gestreefd naar voldoende homogene groepen waarvoor eventuele trends zijn waar te nemen. Verder is, behalve naar het aandeel dat een bepaalde combinatie in het grondgebruik in Nederland heeft, gekeken naar beleidsrelevantie en de verwachting waar hoge belastingen of gehalten zullen voorkomen.

In Tabel 2.1 staan de tien categorieën weergegeven die in de hier gerapporteerde derde meetronde zijn bemonsterd. Eén categorie betreft bosgebieden (categorie IV), de negen andere hebben betrekking op het agrarisch grondgebruik.

Categorieën I t/m IX vormen de vaste opzet van het LMB en zijn sinds de start driemaal bemonsterd. De eerste bemonsteringsronde vond plaats van 1993-1997, de tweede van 1999-2003. De bemonstering van de derde ronde is uitgevoerd van 2006 tot en met 2010. Categorie X kent geen vaste, maar per meetronde wisselende samenstelling.

Gedurende de eerste meetronde zijn voor elk van de negen vaste categorieën twintig locaties geselecteerd. De landbouwbedrijven daaronder zijn op basis van een gestratificeerde, aselechte steekproef uit het Bedrijven-Informatienet van het LEI (LEI-BIN) geselecteerd. In de tweede en derde meetronde waren de selecties beperkt tot het vervangen van deelnemers die, om uiteenlopende redenen, niet meer konden worden herbemonsterd.

Voor een overzicht van de geselecteerde selectiecriteria per categorie wordt verwezen naar Bijlage 3.



Figuur 2.1 Locaties van de derde ronde van het LMB.

Tabel 2.1: LMB-meetronde 3: 2006 – 2010

Cat.	Meetjaar	Grondgebruik	Bedrijfstype	Grondsoort
I	2006	Grasland/maïs	Melkveehouderij lage veedichtheid	Zand
II	2006	Grasland/maïs	Melkveehouderij hoge veedichtheid	Zand
III	2007	Grasland/maïs	Melkveehouderij met intensieve veehouderij	Zand
IV	2007	Bos (naald/loof)	N.v.t.	Zand
V	2008	Bouwland	Akkerbouw	Zand
VI	2008	Grasland	Melkveehouderij	Veen
VII	2009	Bouwland	Akkerbouw	Zeeklei
VIII	2009	Grasland	Melkveehouderij	Rivierklei
IX	2010	Grasland	Melkveehouderij	Zeeklei
X*	2010	Vollegrondsgroente	Vollegrondsgroente**	Zand

* Deze categorie wordt per meetronde anders ingevuld. In de eerste meetronde werden tuinbouw- en bloembollenbedrijven op klei en zandgrond bemonsterd, in de tweede meetronde diverse bedrijven op lössgrond en in de derde meetronde vollegrondsgroentebedrijven op zand.

** Bedrijven uit het LMM-programma Scouting Vollegrondsgroenten (Hooijboer, 2010), aangevuld met extra bedrijven.

Bijlage 4 bevat alle locaties die tijdens de drie meetronden zijn bemonsterd.

Om de kans op het vinden van trends zo groot mogelijk te maken, heeft het LMB als opzet om op vaste percelen van vaste bedrijven te bemonsteren. Uit Bijlage 4 en Buis et al. (2011) blijkt echter dat er door de tijd heen allerlei veranderingen hebben plaatsgevonden waardoor dit niet altijd mogelijk was. Van de bedrijven uit de eerste meetronde waren er in de derde meetronde nog 111 over (

Tabel 2.2, de boslocaties zijn hier achterwege gelaten). Bij de meeste categorieën was het verloop tussen meetronden 10 à 20 procent (bij categorie IV bos op zand zijn telkens dezelfde twintig locaties bemonsterd).

Tabel 2.2: Aantal locaties per meetronde LMB en aantal vaste locaties sinds de eerste en tweede meetronde in de betreffende meetronde

Categorie	eerste ronde	tweede ronde		derde ronde		
	in eerste ronde	in tweede ronde	van eerste ronde	in derde ronde	van eerste ronde	van tweede ronde
I MZE	19	20	17	20	14	3
II MZI	16	20	15	20	7	3
III MZH	20	20	18	20	14	2
V AZ	19	20	19	20	15	1
VI MV	18	20	16	20	15	2
VII AZK	20	20	17	20	13	3
VIII MRK	20	20	18	20	18	1
IX MZK	20	20	17	20	15	2
Totaal	152	160	137	160	111	17

2.2 In het LMB vertegenwoordigde bedrijven en arealen

In deze paragraaf staat het areaal centraal dat binnen de gekozen steekproefopzet van het LMB gedekt wordt. Op basis van de selectiecriteria (Bijlage 3) en landbouwtellingsgegevens in het jaar van bemonsteren is allereerst bepaald hoeveel bedrijven en hectares door elke categorie vertegenwoordigd worden. Het vertegenwoordigde areaal, afgezet tegen het totale areaal in Nederland, geeft inzicht in de dekkingspercentages per categorie. De som van deze percentages geeft een indicatie van de totale areaaldekking van het LMB in de derde meetronde.

Tabel 2.3 geeft de resultaten. Te zien is bijvoorbeeld dat de veertig locaties voor de categorieën I en II tezamen ruim tienduizend bedrijven en vierhonderdduizend hectares vertegenwoordigen. Op een totaal areaal van ruim 1.9 miljoen hectare bedraagt de dekking voor genoemde categorieën dan 21 procent. Andere categorieën met een relatief hoge areaaldekking zijn categorieën VII akkerbouw op zeeklei met 15 procent en de categorie III bos op zand met 12 procent. Over alle categorieën opgeteld komt het totale areaal dat binnen de steekproefopzet van het LMB gelegen is, uit op 1.429 duizend hectare. Dit is 74 procent van het Nederlandse onbebouwde areaal.

Tabel 2.3 Areaal en aantal bedrijven dat elke categorie representeert tijdens de derde meetronde met bijbehorend percentage van het totaal.

Meetjaar	Bedrijfstype en grondsoort	aantal landbouwbedrijven waarvoor de bemonsterde bedrijven in een categorie representatief zijn (% van totaal*)		areaal waarvoor de locaties in een categorie representa- tief zijn (in 1000 ha) (% van totale areaal land in Nederland**)	
2006	Melkveehouderij lage veedichtheid				
	Melkveehouderij hoge veedichtheid, beide op zand	10609	13%	405	21%
2007	Melkveehouderij met intensieve veehouderij op zand	533	1%	12	1%
2007	N.v.t.	nvt	nvt	235	12%
2008	Akkerbouw op zand	1160	2%	81	4%
2008	Melkveehouderij op veen	3695	5%	178	9%
2009	Akkerbouw op zeeklei	4545	6%	279	15%
2009	Melkveehouderij op rivierklei	1223	2%	60	3%
2010	Melkveehouderij op zeeklei	3065	4%	170	9%
2010	Vollegrondsgroente** op zand	311	0%	9	0
Totaal				1429	74%

Bron: Landbouwtelling, CBS/LEI, diverse jaren, in jaar van bemonsteren van betreffende categorie

* het exacte aantal landbouwbedrijven is per jaar apart vastgesteld via de Landbouwtelling. De percentages in de tabel zijn berekend op basis van het exacte aantal bedrijven in het bemonsteringsjaar. Nederland kende tijdens bovenstaande periode gemiddeld ongeveer 75.000 landbouwbedrijven.

**Ongeveer 1.9 miljoen hectare.

Het afgeleide dekkingspercentage van 74 procent moet echter als indicatie worden beschouwd. Een deel van de steekproefbedrijven (bemonsteringslocaties) blijkt door wijzigingen in de bedrijfsopzet of –omvang zelf niet meer tot het steekproefkader te behoren (zie paragraaf 6.3.2). Ter illustratie: als de veranderingen in bedrijfsopzet en bedrijfsoppervlak samen worden genomen, blijkt dat bij strikte hantering van criteria ongeveer 50 procent van de 160 landbouwbedrijven (alle categorieën met uitzondering van bos en vollegrondsgroenten) vervangen zouden moeten worden in een nieuwe vierde ronde.

2.3 **Monsternamen derde ronde**

2.3.1 *Reguliere bemonstering*

Werkwijze bodem- en grondwatermonstering

De bemonstering is in opdracht van TNO uitgevoerd door een veldwerkploeg van Grontmij. De bemonstering vindt plaats volgens een protocol dat ieder jaar opnieuw wordt gecontroleerd en vastgesteld (zie Bijlage 5). In de protocollen zijn doel, opzet, analysepakket, benodigde materialen, werkwijze en kwaliteitsbeheersing toegelicht.

Voor de bemonstering van het grondwater is RIVM Standaard Operating Procedure (SOP) LVM-BW-P435 gebruikt (Bijlage 5).

Hierna volgt een beknopte omschrijving van de protocollen.

Op landbouwlocaties wordt de toplaag (bovenste 10 cm) van de minerale bodem bemonsterd. Dit gaat als volgt. Eerst worden 320 stekende van de bovenste 10 cm van de bodem genomen. Deze stekende worden verspreid over het bedrijf genomen, evenredig verdeeld over de percelen naar perceelsgrootte. De 320 monsters worden vervolgens in een grote verzamelbak gehomogeniseerd. Hieruit wordt een pot met bodemonstermateriaal gevuld ter analyse.

Daarnaast wordt op vergelijkbare wijze van de laag op 30-50 cm diepte een mengmonster gemaakt op basis van zestien boringen met een edelmanboor. Ook deze zestien monsters worden verdeeld over de percelen genomen. Onder de percelen wordt eveneens op zestien punten het grondwater bemonsterd via tijdelijke filters.

Op boslocaties, verspreid over diverse natuurgebieden, wordt één strooiselmengmonster genomen, bestaande uit veertig uitgestoken plakken van de strooisellaag (opp. 20 x 20 cm, over de volledige diepte). Daarnaast wordt van diezelfde veertig plekken een zandmengmonster gemaakt, bestaande uit honderdzestig stekende (vier stekende op elke monsterplek) van de bovenste 10 cm van de onder het strooisel liggende zandlaag. De veertig monsterplekken worden *random* verdeeld over het bosperceel. Onder de bospercelen wordt eveneens van zestien deellocaties een monster genomen van het grondwater.

Bijzonderheden monsternamen derde ronde

Tijdens oneven meetronden wordt op alle locaties naast de toplaag (0-10 cm) ook de laag van 30-50 cm en het grondwater bemonsterd. Bij de derde meetronde is voor een aantal meetjaren van deze bemonsteringsstrategie afgeweken: wegens bezuinigingen zijn niet altijd grondwatermonsters genomen.

Tabel 2.4 geeft een overzicht van de bemonsterde bodemlagen en grondwater. Tevens is in deze tabel weergegeven hoeveel locaties zijn bemonsterd.

In categorie V is locatie Bourtange afgefallen, waardoor het aantal locaties op negentien komt. Voorafgaand aan de bemonstering van categorie X zijn veertien locaties geselecteerd, waarvan één eigenaar (locatie Rijsbergen) op het laatste moment heeft afgezegd. Hierdoor zijn binnen categorie X dertien locaties bemonsterd.

Uitgangspunt van het LMB is om door de tijd heen op vaste percelen van vaste bedrijven te bemonsteren. Bij bedrijven die ook tijdens de eerste en/of tweede ronde deelnamen aan het LMB, zouden tijdens de derde ronde nieuw aangekochte percelen in principe niet bemonsterd worden. Verkochte percelen die eerder waren bemonsterd, zouden tijdens de derde ronde opnieuw bemonsterd worden. In de praktijk is dit om diverse redenen anders gegaan dan oorspronkelijk bedoeld: bijna altijd is het gehele bedrijfsoppervlak bemonsterd, inclusief nieuw aangekochte percelen en exclusief verkochte percelen (Buis et al., 2011).

Tabel 2.4: Aantal bemonsterde locaties per categorie en per compartiment.

Cat.	Jaar	Ondiep 0-10 cm-mv	Diep 30-50 cm-mv	Strooisel bos	Grondwater
I	2006	20	20		
II	2006	20	20		
III	2007	20	20		
IV	2007	20	20	20	20
V	2008	19	19		19
VI	2008	20	20		20
VII	2009	20	20		
VIII	2009	20	20		
IX	2010	20	20		20
X	2010	13	13		13

2.3.2

Duplo's

Tijdens de derde meetronde zijn op 10 procent van de locaties duplomonsters genomen uit de gehomogeniseerde verzamelbak (zie paragraaf 2.3.1). Per locatie zijn duplo's genomen van de ondiepe laag (0-10 cm), de diepe laag (30-50 cm) en van het grondwater.

De grondwatermonsters zijn in duplo bemonsterd door achter elkaar het dubbele aantal flessen te vullen.

Bovenstaande duplo's geven informatie over variaties die in het laboratorium kunnen ontstaan (intralaboratoriumvariatie).

Deze duplo's geven geen informatie over de heterogeniteit van de locatie.

In 2003, het laatste jaar van tweede meetronde, zijn in het veld dubbele monsters genomen en zowel naar het lab van Alterra als van TNO gestuurd. De resultaten van deze duplo's worden in deze rapportage gebruikt om inzicht te krijgen in het effect van verandering van analyserend laboratorium en verandering van analysemethoden.

2.4 Parameterpakket en analysemethoden

De laboratoriumanalyses van de derde ronde zijn in het GeoMilieuLab van TNO/Deltares te Utrecht uitgevoerd. Uitzondering hierop is de analyse van kwik (Hg) in het freatische grondwater in meetjaar 2010. Deze analyse heeft TNO uitbesteed aan het RIVM.

2.4.1 Beschrijving parameterpakket ronde 3

Tabel 2.5 geeft weer waarop de bodem- en grondwatermonsters zijn geanalyseerd.

Tabel 2.5 Stoffen en parameters die zijn opgenomen in de derde ronde van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit.

Bodem	
bodemkenmerken	Organisch stof, lutum, pH KCl, pH-H ₂ O, CEC*, CaCO ₃ *
Diversen	Fe, Mn
zware metalen	Zn, Cu, Cr, Cd, Pb, Ni, Hg, Ba, Co*, Mo, Sn
Nutriënten	P-AL, Pw, P-totaal
PAK10*	NAP, ANT, PHE, FLU, BAA, CHR, BKF, BAP, BPE, IPY
organische micro's*	α-HCH, β-HCH, γ-HCH, δ-HCH, HCB, heptachloor, β-heptachloorepoxide, aldrin, dieldrin, endrin, α-endosulfan, β-endosulfan, DDT, DDE, DDD
Triazines*	simazine, atrazine
PCB's*	PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB153, PCB180, PCB138
Overig	Minerale olie*
Grondwater	
algemene karakteristieken	NPOC (non purgable organic carbon)
Nutrienten	N-totaal, NO ₃ , NH ₄ , ortho-P, P-totaal en K
Metalen/metalloïden	As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Co*, Mo*, Sn*, Hg**
diversen (o.a. macro-elementen)	Al, Ba, Ca, Cl, Fe, Mg, Mn, Na, SO ₄ , Sr
Veldparameters	NO ₃ , EC en pH

* niet voor alle categorieën bepaald.

** Hg alleen in 2010 bepaald en door TNO uitbesteed aan RIVM.

Sommige parameters zijn voor bodem niet voor alle categorieën bepaald.

- CEC en CaCO_3 zijn niet voor categorieën V en VI bepaald. CEC en CaCO_3 worden in principe alleen bepaald bij klei- en lössgronden. Voor meetronde 3 zijn ze voor een aantal zandcategorieën toch meegenomen. Alleen voor de categorieën V en VI ontbreken deze parameters.
- De strooisellaag is niet geanalyseerd op lutum en CEC.
- Co is niet voor voor grasland/maïs met lage en hoge veedichtheid op zand (categorieën I en II) bepaald.
- Grasland/maïs met lage en hoge veedichtheid op zand (categorieën I en II) zijn niet geanalyseerd op PAK's, organische micro's, PCB's en triazines.
- De diepe monsters van grasland/maïs met intensieve veehouderij op zand (cat. III) zijn niet geanalyseerd op minerale olie.
- Van bos op zand (categorie IV) zijn de diepe monsters niet geanalyseerd op minerale olie en slechts 13 monsters op PAK's.

Voor grondwater zijn de volgende analyses niet uitgevoerd:

- Uit bos op zand (cat. IV) zijn de monsters van de locaties De Leijen in Bilthoven (DL) en de Galgenberg (GB) in Deurne als geheel verloren gegaan en niet geanalyseerd.
- Co, Mo, Sn zijn alleen voor grasland op rivierklei en vollegrondsgroenteteelt (cat. IX en X) bepaald.
- Hg is alleen voor grasland op rivierklei en vollegrondsgroenteteelt (cat. IX en X) bepaald en door TNO uitbesteed aan RIVM.

Voor sommige metalenanalyses (ijzer, mangaan, zink, koper, chroom, lood en nikkel) zijn tijdens de derde ronde zowel XRF als totaaldestructie en ICP-MS gebruikt. De analyseresultaten zijn met elkaar vergeleken en vervolgens is per parameter voor deze rapportage een keuze gemaakt voor één van beide analysetechnieken. Het selectie criterium daarbij was dat per element zoveel mogelijk de meetresultaten worden gebruikt die door de tijd heen zijn verkregen met één analysemethode. De reden hiervoor is dat dit de vergelijkbaarheid van de meetresultaten van een stof tussen de jaren vergroot. De uiteindelijke keuze is in Tabel 2.6 weergegeven. Cadmium is voor de volledigheid ook in deze tabel opgenomen. Voor deze parameter zijn echter alleen ICP-MS-resultaten beschikbaar.

Tabel 2.6 Overzicht van de geselecteerde analysemethode voor metalen

Parameter	dieptelaag	2006	2007	2008	2009	2010
IJzer	strooisel	-	ICP-OES	-	-	-
	ondiep	XRF-p	XRF-t	XRF-p	XRF-p	XRF-t
	diep	XRF-p	XRF-t	XRF-p	XRF-t	XRF-t
Mangaan	strooisel	-	ICP-MS	-	-	-
	ondiep	XRF-p	XRF-t	XRF-p	XRF-p	XRF-t
	diep	XRF-p	XRF-t	XRF-p	XRF-t	XRF-t
Zink	strooisel	-	ICP-MS	-	-	-
	ondiep	XRF-t	XRF-t	XRF-t	XRF-t	XRF-t
	diep	XRF-t	XRF-t	XRF-t	XRF-t	XRF-t
Koper	strooisel	-	ICP-MS	-	-	-
	ondiep	ICP-MS	XRF-t	XRF-t	XRF-t	XRF-t
	diep	ICP-MS	XRF-t	XRF-t	XRF-t	XRF-t
Chroom	strooisel	-	ICP-MS	-	-	-
	ondiep	XRF-t	XRF-t	XRF-p	XRF-p	XRF-t
	diep	XRF-t	XRF-t	XRF-p	XRF-t	XRF-t
Cadmium	strooisel	-	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
	ondiep	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
	diep	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
Lood	strooisel	-	ICP-MS	-	-	-
	ondiep	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
	diep	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
Nikkel	strooisel	-	ICP-MS	-	-	-
	ondiep	XRF-t	XRF-t	XRF-p	XRF-p	XRF-t
	diep	XRF-t	XRF-t	XRF-p	XRF-t	XRF-t

XRF-t = XRF-tablet, XRF-p = XRF-parel

In het algemeen is besloten om de XRF-resultaten te gebruiken. Voor de strooiselmonsters is de XRF-methode niet bruikbaar in verband met het hoge organisch koolstofgehalte. Hier is gekozen voor ICP. In 2006 is bij koper gekozen voor ICP-MS, omdat bij XRF kopercontaminatie op heeft getreden. Hierdoor zijn de XRF-resultaten niet bruikbaar.

In Bijlage 6 zijn de in de derde ronde gebruikte analysemethoden, detectie- en rapportagrenzen zowel voor bodem als voor grondwater per parameter per meetjaar opgenomen.

2.4.2

Bijzonderheden laboratorium en analysetechnieken derde ronde

Verandering laboratorium

De grondwatermonsters zijn tijdens de derde meetronde geanalyseerd door het laboratorium van TNO (Tabel 2.7). Hierbij zijn soms andere analysetechnieken gebruikt dan in de eerdere meetronden.

Tabel 2.7 Verandering van laboratorium gedurende de drie meetronden

meetronde	bodem		grondwater
	anorganisch	organisch	
eerste meetronde	AB-DLO ¹	RIVM	RIVM
tweede meetronde	Alterra	n.v.t.	n.v.t.
derde meetronde	TNO	TNO	TNO

AB-DLO te Haren

Veranderingen in analysetechniek

Organisch stof

De organisch stofanalyse is tijdens meetronde 1 en 2 uitgevoerd volgens de gloeiverliesmethode, gelijkwaardig aan NEN-5754. De NEN kijkt naar verschil in massa van stoofdroge grond (105 graden) en gegloeide grond bij 550 graden en berekent zo gloeiverlies. In de NEN wordt het gloeiverlies omgerekend naar gehalte organisch stof met behulp van lutumpercentage en gehalte aan vrij ijzer uitgedrukt als Fe_2O_3 .

TNO heeft voor de data van de derde ronde een andere methode toegepast, namelijk de TGA-methode. Hierbij is het gewichtsverlies gemeten bij 105, 450, 550, 800 en 1000 graden. Uit het gewichtsverlies bij 105 graden is het vochtgehalte bepaald, uit die bij 450 graden is het organisch-stofgehalte bepaald en uit het verlies bij 800 graden het carbonaat of kalkgehalte. In Bijlage 7 is een uitgebreidere werkwijze van organisch-stofbepaling door TNO opgenomen.

Metalen

In de eerste en tweede meetronde is gebruik gemaakt van een extractie van stoffen uit de grond (De Jong en Van der Hoek, 2009). In de derde meetronde zijn totale gehalten bepaald. De gehalten van de eerste en tweede meetronde zijn hierdoor niet zonder meer te vergelijken met die van de derde meetronde.

In de eerste ronde (1993-1998) zijn metalen geanalyseerd door de bodemonsters eerst te extraheren met Fleischmannzuur en vervolgens te meten met ICP-MS.

In de tweede ronde (1999-2003) zijn metalen geanalyseerd door de bodemonsters eerst te extraheren met Fleischmannzuur en vervolgens te meten met ICP-MS. Waarschijnlijk is in 2000 of 2001 overgestapt van Fleischmann zuur naar Koningswater (= Aqua Regia) als extractiemiddel, maar dit is niet met zekerheid te achterhalen. In ieder geval zijn de metaalanalyses van de tweede ronde uitgevoerd op extracten.

In de derde ronde (2006-2010) heeft TNO voor de metalen alleen totaalanalyses uitgevoerd. De meeste analyses zijn gedaan met XRF, sommige met totaaldestructie door middel van HF en ICP-MS. Deze wijziging in methode betreft de volgende stoffen: ijzer, mangaan, zink, koper, chroom, cadmium, lood en nikkel.

Om deze verandering in laboratorium en analysetechniek zo goed mogelijk te ondervangen, is op basis van de beschikbare data een predictiemodel gemaakt (Bijlage 8). In het laatste meetjaar van de tweede ronde, in 2003, zijn de monsters van categorieën IX en X zowel door TNO als door Alterra geanalyseerd. TNO heeft hierbij voor de bepaling van de metaalconcentraties verschillende analysetechnieken gebruikt. Hierdoor zijn voor veertig monsters de analyseresultaten van chroom, koper, nikkel en zink beschikbaar, verkregen met de volgende behandelingen:

- a. Aqua Regia-extractie in combinatie met ICP-MS door Alterra;
- b. Aqua Regia-extractie in combinatie met ICP-MS door TNO;
- c. XRF-tablet (= een totaalanalyse) óf totaaldestructie met HF in combinatie met ICP-MS door TNO. Deze twee totaalanalysemethoden zijn voortgezet in de derde ronde.

Bovengenoemde data zijn gebruikt om een predictiemodel te maken voor chroom, koper, nikkel en zink, waarmee op basis van de totaalanalyses van de derde ronde de waarde voorspeld wordt indien de monsters door middel van extractie geanalyseerd zouden zijn. In Bijlage 8 staat een uitgebreide toelichting van de opbouw en beperkingen van het model.

Lutum

Lutum is tijdens alle drie de ronden bepaald met behulp van de pipetmethode zoals omschreven in NEN5753: tijdens de eerste en tweede meetronde door DLO/Alterra en tijdens de derde meetronde door TNO. Daarnaast is tijdens de derde ronde het lutumgehalte bepaald met behulp van de Malvern- lasermethode.

P-AI

Deze extractiemethode is tijdens de derde ronde uitgevoerd volgens NEN 5793. In 2006 was de meetmethode ICP-AES. Van 2007 t/m 2010 is hiervoor een autoanalyzer gebruikt. De berekening is in alle jaren op dezelfde wijze uitgevoerd.

P_w

Tijdens de derde ronde is hierbij net als tijdens voorgaande ronden de methode van Houba (1995) gevolgd. In afwijking van de methode van Houba is tijdens de derde ronde meer monstermateriaal in behandeling genomen en zijn de volumes daarop aangepast.

In 2006 is ongeveer van tweederde van de monsters het fosfaatgehalte met autoanalyzer (AA) gemeten en eenderde van de monsters met ICP-AES. In de overige jaren (2007 t/m 2010) is de meetmethode AA geweest. De eenheid van rapporteren is mg P₂O₅/kg ds.

OCB, PAK

Er is geen onderzoek gedaan naar het eventuele effect van overgang in laboratorium op de analyseresultaten van OCB en PAK.

2.5 Kwaliteitscontrole bodem- en grondwaterdata

2.5.1 Kwaliteitscontrole bodemdata

De kwaliteit van de analyseresultaten is gecontroleerd aan de hand van een validatieprotocol, dat de volgende stappen omvat:

- organisch-stofgehalte in boven- en ondergrond;
- grondsoort en lutumgehalte;
- pH H₂O of pH KCl en CaCO₃ (calciumcarbonaat);
- P-totaal en ijzer;
- vergelijking duplo's;
- controle resultaten referentiemonsters;
- meerjarengrafieken.

Deze stappen staan hieronder verder uitgewerkt.

Indien uit de controlestappen bijzonderheden boven kwamen, hebben de meetresultaten een label 'opmerkelijk' of eventueel 'onwaarschijnlijk' gekregen. Alle beschikbare meetresultaten van de derde ronde zijn echter verwerkt in deze rapportage, er zijn geen opmerkelijke of onwaarschijnlijke meetresultaten achterwege gelaten. De resultaten van de kwaliteitscontroles staan in paragraaf 2.5.3 en 2.5.4.

Organisch-stofgehalte in boven- en ondergrond

Per locatie is het organisch-stofgehalte van de twee dieptetrajecten met elkaar vergeleken. Het is in het algemeen onwaarschijnlijk dat het organisch-stofgehalte in de ondergrond (30-50 cm) hoger is dan de bovengrond (0-10 cm), omdat de bovengrond rijker is aan plantenresten.

Grondsoort en lutumgehalte

Het lutumgehalte (gronddeeltjes $< 2 \mu\text{m}$) verschilt per grondsoort. Kleigronden zijn door Stichting voor Bodemkartering (Stiboka) gedefinieerd als gronden met een lutumgehalte groter dan 25 procent (De Bakker en Schelling, 1966). Zavel- en zandgronden zijn gedefinieerd als gronden met een lutumgehalte onder 25 procent. Voor alle monsters genomen op kleigronden (categorieën VII, VIII en IX) is gecontroleerd of de lutumgehalten hoger dan 25 procent zijn en voor de overige gronden of de lutumgehalten lager dan 25 procent zijn.

pH-H₂O of pH KCl en CaCO₃ (calciumcarbonaat)

Veel kalk in de bodem betekent een hoge pH-waarde ofwel: een lage pH-waarde en een hoog kalkgehalte gaan niet samen. Deze waarden zijn tegen elkaar uitgezet.

P-totaal en ijzer

Fosfaat wordt vooral gebonden aan bodemdeeltjes met hoog ijzergehalte, dat een grote rol speelt in het fosfaatbindend vermogen van die grond (Groot et al., 1996). In een grafiek die het verband tussen gehalten ijzer en P-totaal toont, komen hoge gehalten van ijzer overeen met hoge gehalten van totaalfosfaat.

Meerdere meetronden grafieken

Voor organisch stof, lutum, CEC, Pw en P-Al zijn grafieken gemaakt, waarin zowel de data van de eerste, tweede en derde meetronde per locatie zijn weergegeven. Indien de data van de eerste twee meetronden dicht bij elkaar liggen en de derde meetronde daarvan afwijkt, is uitgezocht of onderbouwd kan worden waarom deze data afwijken van de voorgaande ronden. Indien dit niet kan worden onderbouwd, zijn deze gegevens niet geselecteerd voor verdere analyses.

2.5.2 Kwaliteitscontrole grondwaterdata

De kwaliteit van de grondwaterdataset is gecontroleerd met behulp van verschillende stappen:

- Ionenbalans;
- vergelijking van de som van ammonium en nitraat met totaal-N;
- vergelijking van ortho-P met P-totaal;
- controle op relatie ijzer met nitraat;

- controle op relatie ijzer en arseen;
- vergelijking cadmium met zink;
- vergelijking nikkel met zink;
- controle relatie sulfaat met nitraat;
- vergelijking ammonium met nitraat.

Hieronder wordt een aantal van de kwaliteitscontroles verder toegelicht.

Ionenbalans

De ionenbalans is als volgt bepaald:

$$[1] \quad \text{Ionenbalans (procent)} = \left\{ \frac{\text{som kationen} - \text{som anionen}}{\text{som kationen} + \text{som anionen}} \right\} * 100$$

De ionenbalans geeft weer in welke mate de analyse afwijkt van elektroneutraliteit. Deze afwijkingen worden veroorzaakt door bemonsterings- of analysefouten. We hebben bij deze controle een afwijking van de ionenbalans kleiner dan 5 procent als 'goed' aangeduid. Een afwijking kleiner dan 10 procent kreeg een 'voldoende'. Bij grotere afwijkingen dan 15 procent is het analyseresultaat gelabeld met 'betrouwbaarheid onzeker'.

Vergelijking van de som van ammonium en nitraat met totaal-N

De concentraties van ammonium en nitraat zijn omgerekend naar concentraties uitgedrukt in mg stikstof per liter. Vervolgens zijn deze concentraties bij elkaar opgeteld en uitgezet tegen de concentratie van totaal-N. De som van ammonium-N en nitraat-N mag niet hoger zijn dan de concentratie van totaal-N, aangezien deze parameter de totale stikstofconcentratie weergeeft.

Ortho-P versus P-totaal

Ook de ortho-P-concentratie behoort een lagere concentratie te zijn dan P-totaal. Een hogere waarde voor ortho-P dan P-totaal betekent dat een van beide meetresultaten niet betrouwbaar is.

Controle relatie ijzer met nitraat

Het is onwaarschijnlijk dat ijzer en nitraat gezamenlijk in hoge concentraties voorkomen. IJzer is alleen in hoge concentraties aanwezig als het milieu anaeroob is, terwijl in een anaeroob milieu nitraat wordt afgebroken (denitrificatie).

Controle op relatie ijzer en arseen

Arseen en ijzer worden vaak tegelijkertijd in het grondwater aangetroffen. IJzer en arseen gaan namelijk in oplossing als ijzerhydroxide waar arseen aan gebonden zit, in een zuurstofarm milieu terechtkomt. Ook lost arseen op in water als zuurstof wordt toegevoegd aan pyriet, dat daardoor oxideert.

Vergelijking ammonium met nitraat

Ammonium en nitraat komen zelden gezamenlijk in hoge concentraties voor, omdat onder aerobe omstandigheden ammonium snel wordt omgezet naar nitraat (nitrificatie), terwijl onder anaerobe omstandigheden nitraat wordt afgebroken (denitrificatie).

2.5.3 Resultaten kwaliteitscontrole bodemdata

De grafieken en resultaten van de kwaliteitscontroles zijn opgenomen in Bijlage 10. De belangrijkste resultaten worden in deze paragraaf besproken.

Lutum

Uit de kwaliteitscontrole 'grondsoort en lutumgehalte' blijkt dat de lutumpercentages zoals geanalyseerd met de pipetmethode, bij de categorieën met kleigronden (VI, VII en VIII) bijna niet boven de 25 procent uitkomen. Een grond wordt als kleigrond aangeduid indien het lutumpercentage boven 25 procent uitkomt. Vervolgens zijn voor lutum de grafieken geanalyseerd waarin meerdere meetronden per locatie zijn weergegeven (zie Bijlage 10). Hieruit blijkt dat bij de categorieën met kleigronden de lutumpercentages gemeten met de pipetmethode tijdens de derde ronde consequent lager liggen dan in andere meetronden. Het is onwaarschijnlijk dat een bodemkarakteristiek als lutumpercentage sterk daalt in de tijd (zie paragraaf 1.4). De lutumresultaten afkomstig van de Malvern-methode (fractie < 8 µm) zijn wel hoger dan 25 procent en komen wel overeen met de resultaten van eerdere meetronden.

Vermoed wordt dat de kleicolloïden onvoldoende gedispergeerd zijn voorafgaand aan het nemen van de submonsters door middel van de pipet (Wattel-Koekkoek, 2002). Hierdoor ontstaat een onderschatting van het lutumpercentage bij de pipetmethode. Bij lasermethoden zoals de Malvern wordt de bodemoplossing in het apparaat door middel van ultrasoontrillingen gedispergeerd.

De lutumresultaten afkomstig van de pipetmethode worden daarom als onbetrouwbaar beschouwd voor grasland op veen, bouwland op zeeklei, grasland op rivierklei en grasland op zeeklei (cat. VI, VII, VIII en IX).

Organisch stof

Uit de vergelijkingsgrafieken per meetronde blijkt dat voor een aantal categorieën het organisch-stofgehalte van de derde ronde (bijna) altijd hoger is dan de eerste en, indien beschikbaar, de tweede meetronde. Dit is het geval bij de categorieën bouwland op zand, grasland op veen, bouwland op zeeklei, grasland op rivierklei en grasland op zeeklei (V, VI, VII, VIII en IX). Dit is opmerkelijk, omdat organisch-stofgehalte bekend staat als een vrij constante bodemkarakteristiek waarbij weinig verandering verwacht wordt. De meetresultaten zijn wel gebruikt bij verdere data-analyse, maar daarin aangemerkt als aandachtspunt.

CEC

Ook uit de vergelijkingsgrafieken per meetronde voor CEC blijkt dat binnen de categorieën grasland op rivierklei en grasland op zeeklei (cat. VIII en IX) CEC van de derde ronde (bijna) altijd hoger is dan de eerste en, indien beschikbaar, de tweede meetronde (zie Bijlage 10). Ook hiervoor geldt dat deze meetresultaten wel zijn gebruikt bij verdere data-analyse, maar daarin aangemerkt als aandachtspunt.

Pw en P-AI

De grafieken (Bijlage 10) laten zien dat de data in de eerste en tweede ronde op elkaar lijken en dat in de derde ronde Pw lager en P-AI hoger ligt voor een groot aantal categorieën.

Uit de grafieken blijkt dat het Pw-getal voor met name de categorieën VII en VIII duidelijk aan de lage kant is. TNO heeft de ruwe Pw-data gecontroleerd en geen rekenfout geconstateerd.

Mogelijk zijn de monsters tijdens de derde ronde anders voorbehandeld en geanalyseerd dan tijdens de eerste twee ronden. Ook hiervoor geldt dat deze meetresultaten wel zijn gebruikt bij verdere data-analyse, maar daarin zijn aangemerkt als aandachtspunt.

2.5.4 *Resultaten kwaliteitscontrole grondwaterdata*

De resultaten zijn opgenomen in Bijlage 10.

2.6 **Methodiek voor analyse en grafische weergave van de gevalideerde data**

2.6.1 *Toestand ronde 3 en vergelijking categorieën*

Behandeling detectiegrens bij toestandbepaling

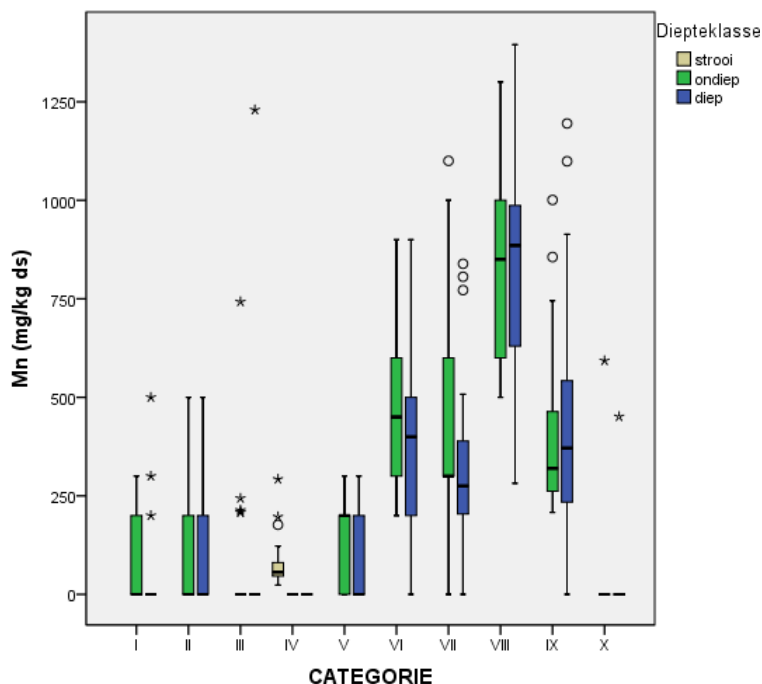
Per parameter is nagegaan wat de hoogste detectiegrens is over de datareeks van de derde meetronde. Alle data kleiner dan de hoogste detectiegrens hebben de waarde '0' toegekend gekregen.

Detectiegrenzen kunnen variëren tussen monsters en in de tijd: nikkel heeft bijvoorbeeld in sommige jaren als detectiegrens 1.4 mg/kg, in andere jaren 2.0 mg/kg. Door alle nikkelanalyses van de derde ronde die kleiner of gelijk zijn aan 2 de waarde '0' te geven, wordt voorkomen dat er verschillen ontstaan tussen categorieën die worden veroorzaakt door verschillen in detectiegrenzen. Indien geen detectiegrens bekend is maar wel een rapportagegrens, is hiervan gebruik gemaakt.

Boxplots en PPAIR

Voor de vergelijking van de verschillende categorieën binnen de derde meetronde zijn de gevalideerde data op twee manieren geanalyseerd.

Ten eerste zijn boxplots gemaakt om een beeld te krijgen van de hoogte en de spreiding van de concentraties. In één figuur worden de ondiepe, diepe en strooisellaagboxplots per categorie naast elkaar getoond (21 boxplots, zie voorbeeld in Figuur 2.2).



Figuur 2.2 Voorbeeld figuur met boxplots. Op de x-as staan de tien categorieën en op de y-as de parameter. De boxplotkleuren geven de verschillende diepteklassen weer.

De donkere dikke lijn in de box geeft de mediane waarde weer, de onderkant van de box de 25-percentiel en de bovenkant de 75-percentiel. De reikwijdte van de T-bars omvatten 1,5 keer de hoogte van de box. Als er geen waarden hoger of lager zijn dan deze waarden, geven ze tevens de maximum- en minimumwaarden weer. De meetwaarden weergegeven met rondjes die buiten de T-bars vallen, zijn doorgaans als 'uitschieters' of 'extreme waarden' beschouwd. De meetwaarden weergegeven met sterretjes (of asterisks) zijn extreme uitschieters. Deze asterisks geven de waarden weer die meer dan drie keer de hoogte van de box overschrijden.

Ten tweede zijn de significante verschillen tussen de categorieën berekend aan de hand van de zogenaamde PPAIR-procedure (t-test) in het statistische programma GenStat (Goedhart en Thissen, 2010). Met letters wordt aangegeven wanneer groepen al dan niet significant verschillen ($p \leq 0,05$, zie bijvoorbeeld Tabel 3.4). De PPAIR-procedure is niet uitgevoerd voor de PAK's, organische micro's, PCB's en minerale olie.

Voor de vergelijking van categorieën is niet gecorrigeerd naar standaard bodem en niet vergeleken met achtergrondwaarden, streef- en interventiewaarden zoals in eerdere LMB-rapportages wel is gedaan. De bodemtypecorrectie en vergelijking met normen kon niet uitgevoerd worden, omdat er onvoldoende betrouwbare organisch-stofanalyses beschikbaar waren (zie 2.5.1 en 3.1.2).

2.6.2 Verandering bodemkwaliteit in de tijd

Verwacht wordt dat de met het LMB waar te nemen veranderingen in bodem- en grondwaterkwaliteit slechts kleine, geleidelijke toe- en afnames in de tijd zijn (zie paragraaf 1.4). Om de kans op het vinden van veranderingen zo groot mogelijk te maken, zijn per categorie alleen gepaarde gegevens vergeleken in de tijd. Dat wil zeggen dat per locatie de waarde op tijdstip t_1 wordt vergeleken met de waarde van *dezelfde locatie* op tijdstip t_2 . Locaties die niet in de eerste én in de derde ronde deelnamen aan het LMB zijn niet gebruikt voor het analyseren van eventuele veranderingen in de tijd.

Tabel 2.8 toont hoeveel locaties zowel in meetronde 1 als in meetronde 3 zijn bemonsterd en geanalyseerd. Dit zijn de bedrijven die in de trendanalyse als gepaard zijn behandeld. Aangezien categorie X een wisselcategorie is, wordt deze categorie niet meegenomen bij de trendanalyse.

Tabel 2.8 Het aantal gepaarde bedrijven, dat gebruikt is bij de trendanalyse.

<i>Categorie</i>	<i>bodem</i>	<i>Grondwater</i>
I	14	-
II	7	-
III	14	-
IV	20	18
V	15	15
VI	15	15
VII	13	-
VIII	18	-
IX	15	15

Behandeling detectiegrens bij trendbepaling

Per parameter is nagegaan wat de hoogste detectiegrens is over de totale datareeks van het meetnet, dat wil zeggen meetronde 1, 2 en 3. Alle data kleiner dan de hoogste detectiegrens zijn vervangen door 0,5 maal de hoogste detectielimiet. Dit is gedaan om te voorkomen dat trends ontstaan door verschillen in de hoogte van de detectielimiet tussen jaren. Indien geen detectiegrens bekend was maar wel een rapportagegrens, is hiervan gebruik gemaakt.

T-test

Binnen een categorie is per bedrijvenpaar de absolute verandering bepaald tussen meetronde 1 en meetronde 3. De afzonderlijke verschillen per bedrijvenpaar (binnen één categorie en per dieptelaag) zijn onderzocht met een t-toets. De kans op toeval van het gevonden gemiddelde verschil wordt getoetst, onder de hypothese dat er in werkelijkheid geen verschil is. Er is sprake van een significante verandering binnen een categorie van meetronde 1 naar meetronde 3 als de kans op toeval kleiner is dan 5 procent ($p \leq 0,05$).

Indien de kans kleiner is dan 5 procent, is aangegeven wat de grootte van de kans is:

< 0.05 (*), < 0.01 (**), < 0.001 (***) of < 0.0001 (****).

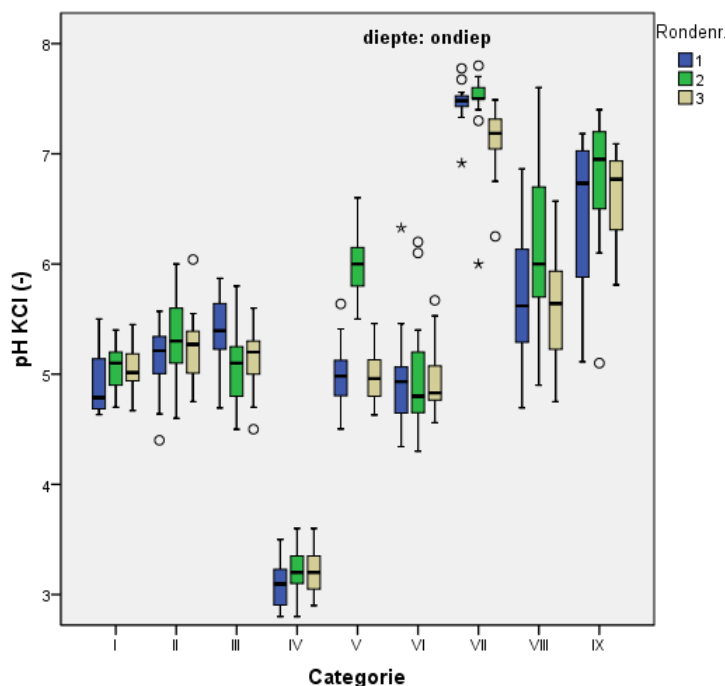
Hoe kleiner het getal, hoe kleiner de kans dat het verschil door toeval is ontstaan. In dat geval wordt een daadwerkelijk verschil tussen meetronde 1 en 3 vermoed.

De gemiddelde verandering per categorie per bodemlaag is weergegeven in tabelvorm (zie bijvoorbeeld Tabel 3.3). De tabellen bevatten de volgende informatie:

- N: aantal veranderingen ofwel aantal bedrijvenparen die voor de betreffende categorie in beide ronden bemonsterd werden;
- Verandering: gemiddelde verandering in tijd tussen ronde 1 en 3;
- Kans: kans op toeval van de gevonden gemiddelde verandering indien er geen verandering is:
* < 0.05; ** < 0.01; *** < 0.001; **** < 0.0001;
- **Geel**: significante afname van de concentratie;
- **Groen**: significante toename van de concentratie.

Aanvullende test ronde 2

In aanvulling op de t-test zijn boxplots gebruikt. De boxplots zijn gemaakt met alle beschikbare data per categorie en per bodemlaag (zie bijvoorbeeld Figuur 2.3). Met behulp van de boxplots is nagegaan of de uitkomsten van de t-test waarbij gebruik wordt gemaakt van meetronde 1 en 3, overeenkomen of in tegenspraak zijn met de data uit meetronde 2 zoals weergegeven in de boxplots. Zo wordt bijvoorbeeld een trend alleen als stijgend aangeduid wanneer de meetwaarde van ronde 3 significant hoger is dan van ronde 1, én wanneer de waarde in ronde 2 ook hoger is dan van ronde 1.



Figuur 2.3 Voorbeeldfiguur met boxplots voor trendanalyse. Op de x-as staan de tien categorieën en op de y-as de parameter. De verschillende boxplotskleuren geven de meetronden weer.

Parameters

Voor de volgende bodem- en grondwaterparameters is de verandering in kwaliteit tussen ronde 1 en 3 bepaald (Tabel 2.9):

Tabel 2.9 Bodem- en grondwaterparameters waarvoor de verandering in kwaliteit tussen ronde 1 en 3 is bepaald.

Bodem	Grondwater
CaCO ₃	Cl
pH KCl	NO ₃
pH H ₂ O	Ortho-P
CEC	P-totaal
Cu	NH ₄
Zn	SO ₄
Cr	K
P-totaal	Ca
Hg	Mg
Organisch stof	Na
Lutum	Fe
Pw	Mn
P-Al	Al
Cu (met door model voorspelde waarden)	Ba
Zn (met door model voorspelde waarden)	Sr
Cr (met door model voorspelde waarden)	DOC
	Cd
	Pb
	Cr
	Cu
	Zn
	As
	Ni

De voorspelde waarden van koper, zink en chroom zijn afkomstig van een statistisch model, dat is besproken in hoofdstuk 2.4.2 en Bijlage 8). Met dit model is voorspeld wat de uitkomsten zouden zijn geweest als de metaalanalyses van de grondmonsters van de derde ronde volgens de extractiemethode van de tweede ronde waren uitgevoerd in het laboratorium van Alterra.

3 De bodem – en grondwaterkwaliteit in Nederland

3.1 Algemene karakteristieken

3.1.1 *Lutum*

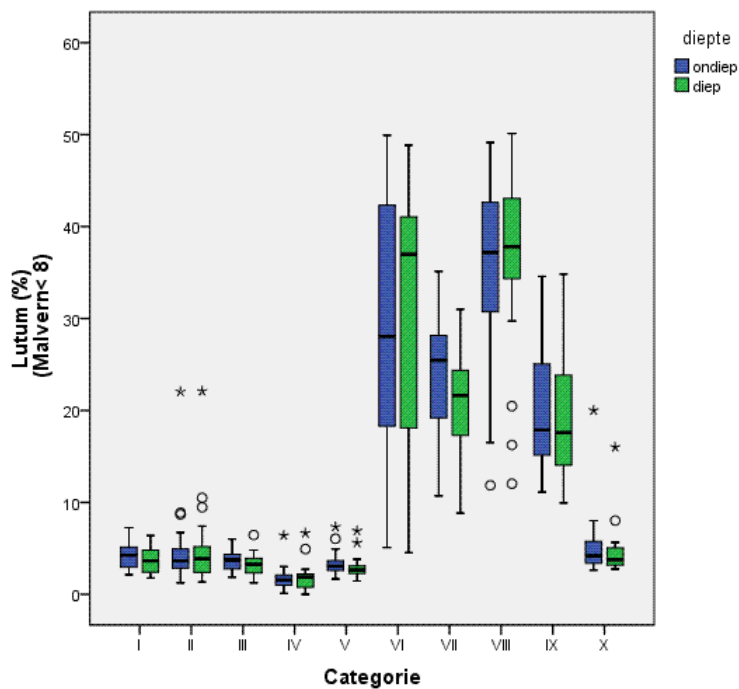
Inleiding

Het lutumpercentage van een grondmonster is een maat voor de korrelgrootteverdeling. Lutum is gedefinieerd als het gewichtsperscentage van de deeltjes $< 2\mu\text{m}$. Kleideeltjes zijn negatief geladen en dragen daardoor bij aan het vasthouden van kationen zoals (zware) metalen.

Toestand

Figuur 3.1 toont de boxplots van de lutumpercentages bepaald met de Malvernmethode. Tabel 3.1 en 3.2 tonen de PPAIR-resultaten van lutumpercentages van de Malvern8-gegevens.

Zoals verwacht hebben de kleigronden hoge lutumgehalten ten opzichte van de zandgronden. Uit Figuur 3.1 blijkt dat in de zandgebieden (cat. I t/m V en X) de lutumgehalten onder 10 procent liggen. In het veengebied (cat. VI) en de kleigebieden (cat. VII t/m IX) is de spreiding in de gehalten groot. In het veengebied (cat. VI) variëren de gehalten tussen 5-50 procent. In het rivierkleigebied (cat. VIII) is het mediane gehalte met circa 35 procent het hoogst. Voor deze kleigebieden is de spreiding in de lutumgehalten van de diepere lagen kleiner dan in de ondiepe bodemlaag. Soms is binnen deze gebieden de mediane waarde van de diepe laag hoger en soms lager dan de mediane waarde van de ondiepe laag.



Figuur 3.1 Lutumpercentage in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010). Lutumpercentages zijn bepaald met Malvern8-methode.

Tabel 3.1 Gemiddelde lutumpercentage in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën. Lutumpercentages zijn bepaald met Malvern8-methode.

categorie	gemid.	verschil
IV	1.70	a . . .
V	3.46	a . . .
III	3.64	a . . .
I	4.22	a . . .
II	5.21	a . . .
X	5.65	a . . .
IX	20.09	. b . .
VII	23.94	. b . .
VI	28.34	. . c .
VIII	35.64	. . . d

Tabel 3.2 Gemiddelde lutumpercentage in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën. Lutumpercentages zijn bepaald met Malvern8-methode.

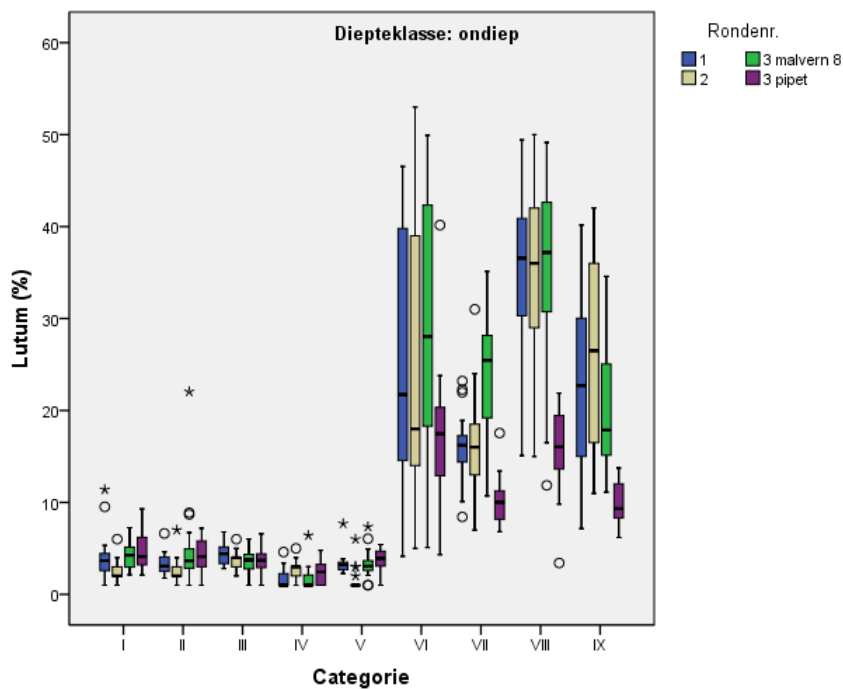
categorie	gemid.	verschil
IV	1.88	a . . .
V	2.93	a . . .
III	3.27	a . . .
I	3.72	a . . .
X	5.09	a . . .
II	5.38	a . . .
IX	19.34	. b . .
VII	20.91	. b . .
VI	29.58	. . c .
VIII	36.28	. . . d

Verandering

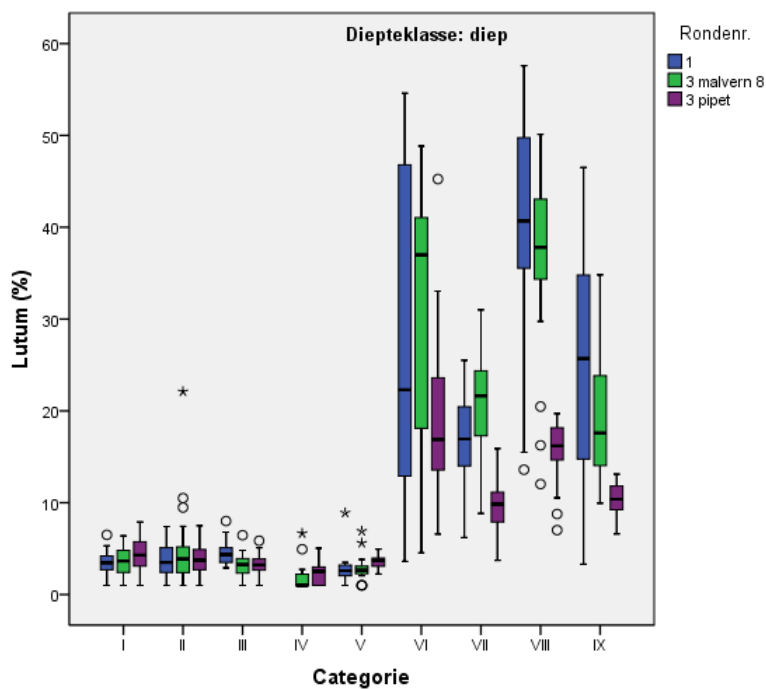
Over het algemeen worden slechts enkele significante veranderingen in lutumpercentage aangetroffen (zie Figuur 3.2, Figuur 3.3 en Tabel 3.3). Een voorbeeld is de significante stijging in lutumgehalte bij de bovengrond en ondergrond van akkerbouw op zeelei (cat. VII). Dit kan mogelijk verklaard worden doordat akkerbouwbedrijven tussen de eerste en derde ronde soms sterk zijn veranderd qua bedrijfspercelen (Buis et al., 2011). Alhoewel het oorspronkelijk niet de bedoeling was om tussentijds nieuw aangekochte percelen in latere ronden te bemonsteren, is dit om diverse redenen in de praktijk vaak wel gedaan (zie ook paragraaf 2.3.1). Daarnaast kunnen de verschillende analysetechnieken (pipetmethode tijdens ronde 1 en 2; lasermethode tijdens ronde 3) variatie geven. Tijdens de derde ronde zijn beide methoden toegepast, maar bleken de uitkomsten van de pipetmethoden onwaarschijnlijk laag (zie paragraaf 2.5.3). Hier hebben we ervoor gekozen de best beschikbare data te gebruiken, ondanks het verschil in methoden.

Tabel 3.3 Gemiddelde verandering van de concentratie van lutum uitgedrukt in percentage in dertien jaar in boven- en ondergrond per categorie. Veranderingen zijn bepaald op basis van pipetdata van de eerste meetronde en Malvern8-data voor de derde meetronde.

		ondiep			diep	
cat	N	verandering	kans	N	verandering	kans
I	14	0,36		14	0,14	
II	7	0,76		6	0,35	
III	14	-0,71	*	14	-1,13	***
IV	20	0,02				
V	15	0,25		15	0,31	
VI	15	2,85	*	15	1,09	
VII	13	6,06	****	13	3,29	**
VIII	18	1,27		18	-3,98	**
IX	15	-3,04		15	-6,56	



Figuur 3.2 Lutumpercentage in de bovengrond per categorie en voor de verschillende meetronden. Voor de derde meetronde zijn zowel de pipet- als de Malvern8-gegevens weergegeven.



Figuur 3.3 Lutumpercentage in de ondergrond per categorie en voor de verschillende meetronden. Voor de derde meetronde zijn zowel de pipet- als de Malvern8-gegevens weergegeven.

Conclusie lutum

Zoals verwacht hebben de zandgronden lagere lutumgehalten dan klei- en veengronden, en zijn er in het algemeen tussen de ronden weinig veranderingen opgetreden. Kleine veranderingen in de tijd kunnen diverse oorzaken hebben, zoals wijziging in bedrijfsoppervlak door aankoop van nieuwe percelen (zie 2.3.1) en verschillen in analysetechniek.

3.1.2

Organisch stof

Inleiding

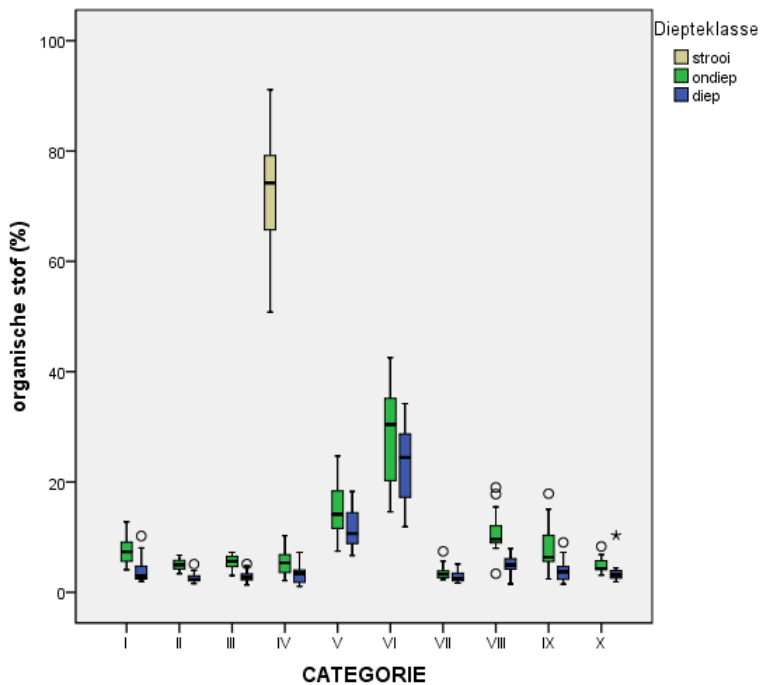
Organisch stof in de bodem is grotendeels afkomstig van planten. Veengronden hebben meer dan > 25 procent organisch stof. Bij verdroging kan organisch stof die zich voorheen in de anaerobe zone in de bodem bevond, in aanraking komen met zuurstof en mineraliseren. In het algemeen geldt dat organisch stof bijdraagt aan de capaciteit van de bodem om water vast te houden. Ook kan organisch stof complexen vormen met verschillende stoffen, bijvoorbeeld met nutriënten en zware metalen. Dit vermindert de uitspoeling van bijvoorbeeld meststoffen.

Toestand

Zoals verwacht mag worden, is in de strooisellaag het organisch-stofgehalte het hoogste van alle lagen met een mediaan van circa 75 procent (Figuur 3.4). Voor de ondiepe en diepe bodemlagen is het organisch-stofgehalte het hoogste in de veengronden van categorie V (bovengrond 30 procent en ondergrond 24 procent). Voor alle categorieën is het organisch-stofgehalte in de bovengrond hoger dan in de ondergrond.

In de laag 0-10 cm verschillen bouwland op zand, grasland op veen en bouwland op zeeklei (resp. cat. V, VI en VIII) zowel onderling als van de overige categorieën significant (Tabel 3.4). Ditzelfde geldt in de ondergrond voor bouwland op zand, grasland op veen (cat. V en VI, zie

Tabel 3.5).



Figuur 3.4 Organisch-stofgehalte (%) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.4 Gemiddelde organisch-stofgehalte (%) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
VII	3.521	a
X	4.946	a b
II	4.961	a b
IV	5.335	a b
III	5.559	a b c
I	7.517	. b c
IX	7.851	. . c
VIII	10.789	. . . d
V	14.577	 e
VI	28.946	 f

Tabel 3.5 Gemiddelde organisch-stofgehalte (%) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
II	2.693	a
III	2.885	a
VII	2.946	a
IV	3.389	a b
X	3.678	a b
IX	3.900	a b
I	3.916	a b
VIII	5.071	. b
V	11.488	. . c
VI	23.533	. . . d

Verandering

In de bovengrond wordt in bos op zand (cat. IV) een significante afname aangetroffen (zie Tabel 3.6). Significante toenames in de bovengrond zijn er bij bouwland op zand, grasland op veen, bouwland op zeeklei, grasland op rivierklei en op zeeklei (respectievelijk cat. V, VI, VII, VIII en IX).

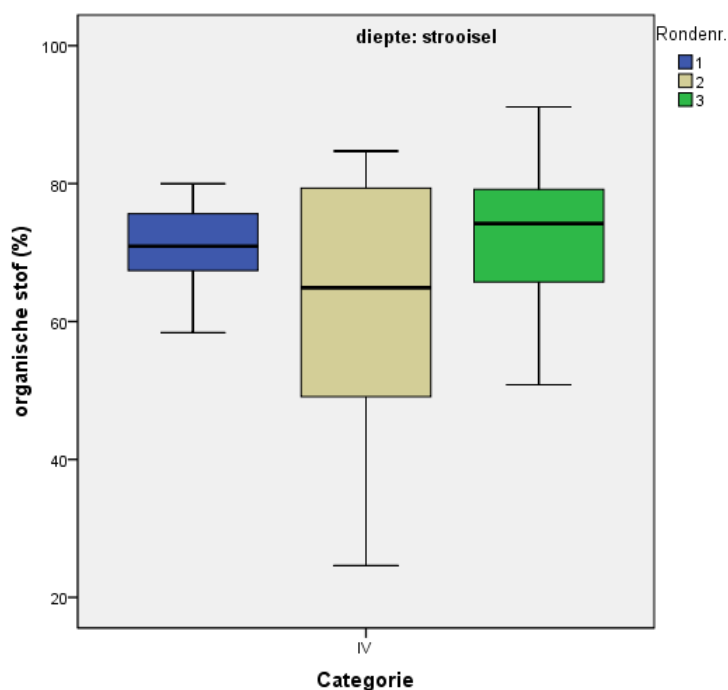
In de ondergrond zijn er significante toenames in bouwland op zand en op zeeklei, grasland op rivierklei en op zeeklei (respectievelijk cat. V, VII, VIII en IX).

De daling in organisch stof in de bovengrond van bos op zand (cat. IV) wordt bevestigd door de data van meetronde 2, zoals weergegeven in Figuur 3.6. De stijgingen in organisch-stofgehalte in de bovengrond van categorieën V t/m VIII worden niet bevestigd door de resultaten van de tweede meetronde. Ook is de orde van grootte van stijgingen die hier gevonden zijn, onwaarschijnlijk groot: tussen 0.69 en 4.01 procent toename in absolute zin, dat is verhoudingsgewijs een stijging in organisch-stofgehalte van 20 tot 40 procent. Ook is het opmerkelijk dat het organisch-stofgehalte bij deze categorieën in zowel boven- als ondergrond lijkt toe te nemen (zie Figuur 3.5 t/m Figuur 3.7). Reijneveld et al. (2009) vonden op basis van duizenden BLGG-analyseresultaten een toename van ongeveer 0.1 g C/kg per jaar. Dit komt ruwweg overeen met een stijging in organisch stof van 0.2 g bodem organisch stof (SOM) per 100 g in dertien jaar (tussen de eerste en derde LMB ronde, en aangenomen dat 1 g C overeenkomt met ongeveer 1.7 g SOM).

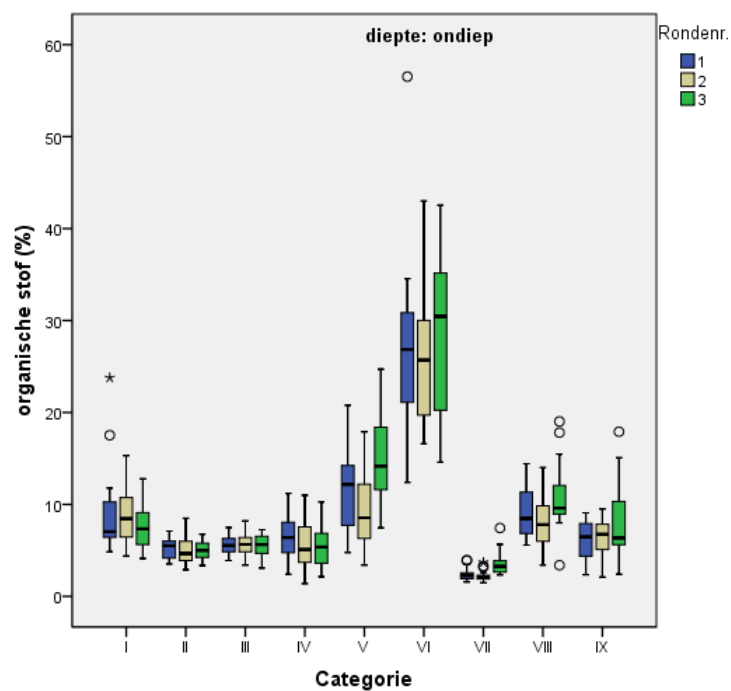
Het zou kunnen zijn dat er werkelijk een stijging in organisch-stofgehalte plaatsvindt, maar het is zeer onwaarschijnlijk dat de toenames zo groot zijn als hier berekend. Het zou kunnen dat de gevonden toename wordt veroorzaakt door onbedoelde verandering in monsternametechniek, bijvoorbeeld door minder diepe monsternamen. Ook zou het een artefact kunnen zijn veroorzaakt door verandering in analysetechniek tussen de meetronden (zie 2.4.2). De organisch-stofresultatengehalten van de derde ronde worden, gegeven deze onwaarschijnlijke trends, als onbetrouwbaar gezien. Als gevolg hiervan zijn de gemeten metaalconcentraties niet vergeleken met achtergrondconcentraties, streef- en interventiewaarden (zie paragraaf 3.2).

Tabel 3.6 Gemiddelde verandering van de concentratie van organisch stof uitgedrukt in percentage in dertien jaar in de strooisellaag, boven- en ondergrond per categorie.

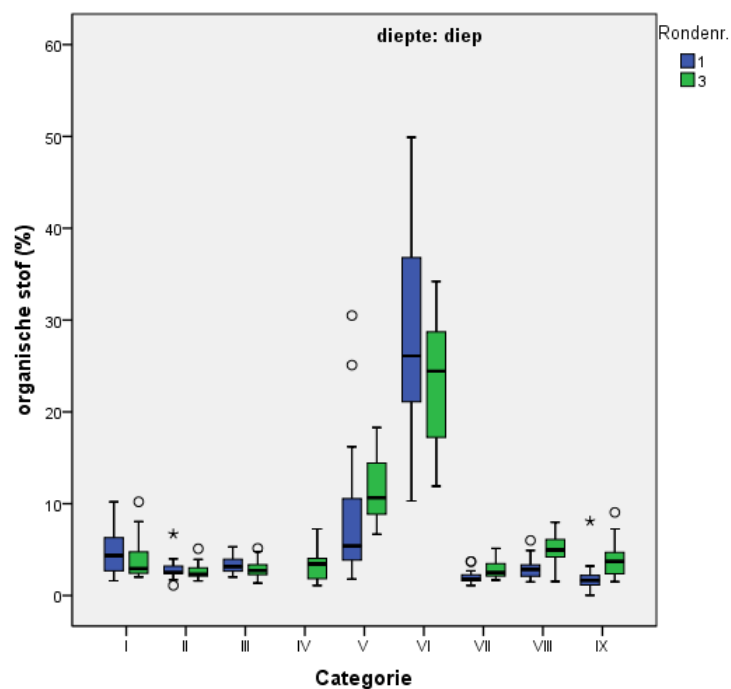
cat	strooisellaag			ondiep			diep		
	N	verandering	kans	N	verandering	kans	N	verandering	kans
I				14	-1,03		14	-0,42	
II				7	0,18		6	-0,21	
III				14	0,10		14	-0,62	
IV	20	2,58		20	-1,07	*			
V				15	3,17	**	15	4,01	*
VI				15	2,57	**	15	-3,89	
VII				13	0,69	**	13	0,92	****
VIII				18	2,10	***	18	2,15	****
IX				15	2,34	**	15	1,94	****



Figuur 3.5 Organisch-stofgehalte(%) in de strooisellaag en voor de verschillende meetronden.



Figuur 3.6 Organisch-stofgehalte (%) in de bovengrond per categorie en voor de verschillende meetronden.



Figuur 3.7 Organisch-stofgehalte (%) in de ondergrond per categorie en voor de verschillende meetronden.

Conclusie

Zoals verwacht zijn de hoogste organisch-stofgehalten aangetroffen in de strooisellaag van bos op zand en in veengronden. Verwacht werd dat de organisch-stofgehalten vrijwel hetzelfde zouden zijn als tijdens

voorgaande ronden. De tijdens de derde ronde gevonden gehalten van categorieën V tot en met IX zijn veel hoger dan van dezelfde bedrijven ten tijde van de eerste ronde. Deze toenames worden als onbetrouwbaar beschouwd. Het zijn waarschijnlijk artefacten, ontstaan door veranderingen in werkwijze in de tijd bij bemonstering en/of analyse.

3.1.3

CEC

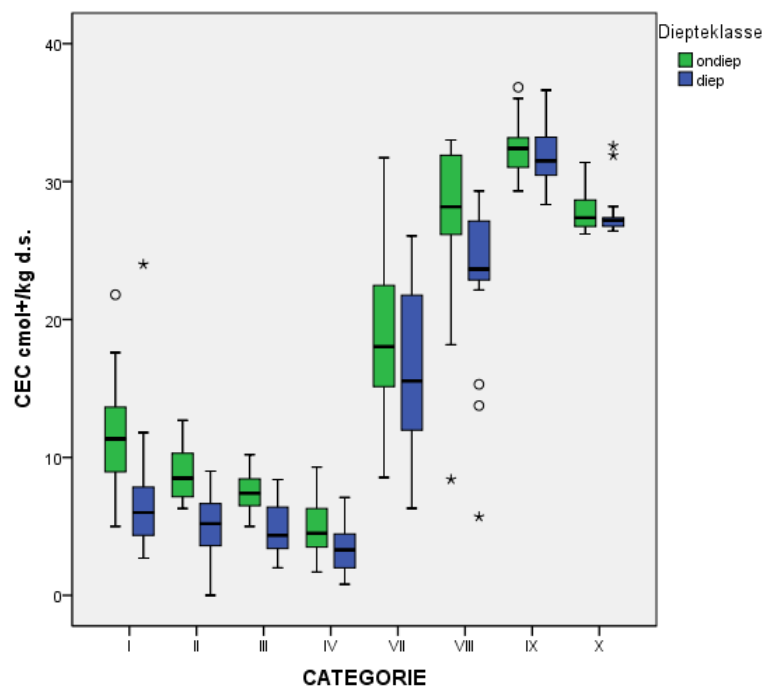
Inleiding

De kationuitwisselingscapaciteit (CEC) geeft aan hoeveel kationen aan de grond gebonden kunnen worden. Met name klei, organisch stof en ijzerhydroxiden dragen bij aan een relatief hoge CEC.

Toestand

Zoals verwacht mag worden, is de CEC bij zandgronden lager dan bij gronden rijk aan organisch stof en/of klei. Bij de grasland/maïs zandgronden (cat. I t/m III) is de mediane waarde van CEC niet hoger dan 11 cmol+/kg ds. Voor grasland op rivierklei en op zeeklei (resp. VIII en IX) en vollegrondsgroenteteelt op zand (cat. X) is de CEC rond 30 cmol+/kg ds. Bij bouwland op zeeklei (cat. VII) is de spreiding het grootst van circa 10-30 cmol+/kg ds. De CEC van grasland op zeeklei (cat. IX) is zowel in de boven- als in de ondergrond significant hoger dan in de overige gebieden (Tabel 3.7 en Tabel 3.8).

Voor alle categorieën is de CEC van de bovengrond hoger dan de ondergrond.



Figuur 3.8 CEC-concentratie (cmol+/kg ds) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.7 Gemiddelde CEC-concentratie (cmol+/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	4.89	a
III	7.50	. b
II	8.86	. b
I	11.61	. . c
VII	18.95	. . . d
VIII	27.32	 e
X	28.04	 e
IX	32.47	 f

Tabel 3.8 Gemiddelde CEC-concentratie (cmol+/kg ds) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	3.34	a
III	4.84	a b
II	4.94	a b
I	6.94	. b
VII	16.66	. . c
VIII	23.20	. . . d
X	27.86	 e
IX	31.83	 f

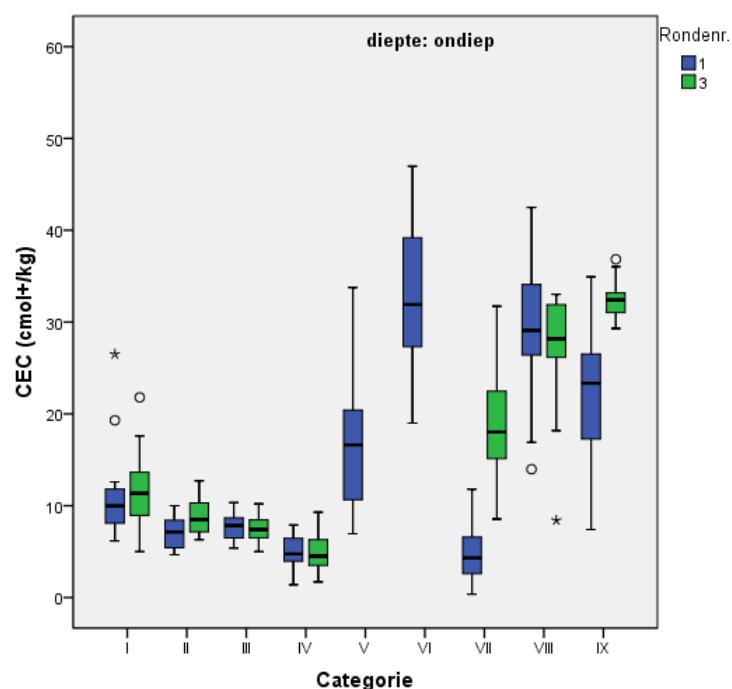
Verandering

In de bovengrond van grasland/maïs met melkveehouderij met hoge veedichtheid op zand (cat. II) is een significante stijging aangetroffen (Tabel 3.9). In zowel de bovengrond als de ondergrond worden significante stijgingen aangetroffen onder bouwland op zeeklei en grasland op zeeklei (cat. VII en IX). De orde van grootte van stijgingen die hier gevonden zijn, is opmerkelijk groot. Onder grasland op rivierklei (cat. VIII) worden in boven- en ondergrond significante afnames waargenomen.

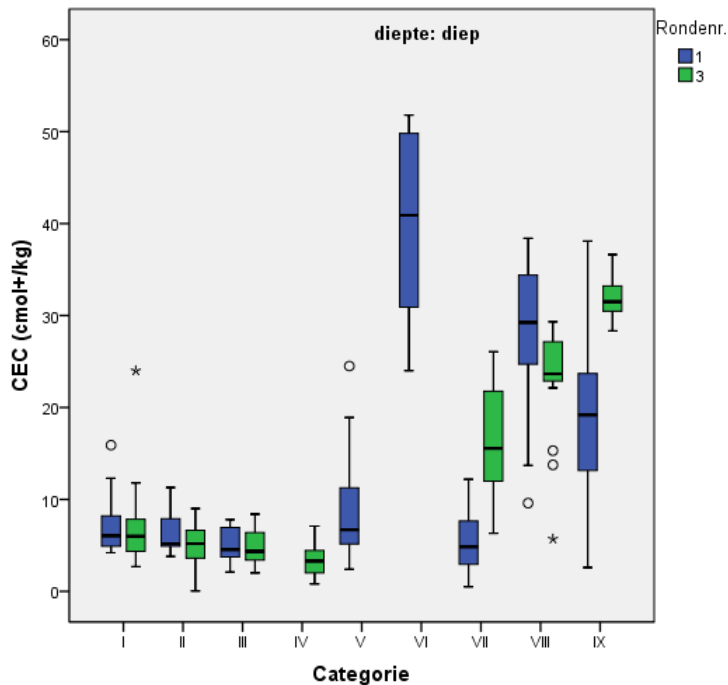
CEC-data zijn niet beschikbaar voor meetronde 2, waardoor de gevonden trends hieraan niet getoetst kunnen worden (Figuur 3.9 en Figuur 3.10).

Tabel 3.9 Gemiddelde verandering van de concentratie van CEC uitgedrukt in cmol+/kg in dertien jaar in boven- en ondergrond per categorie.

	ondiep				diep		
cat	N	verandering	kans		N	verandering	kans
I	14	1,37			14	0,39	
II	7	1,98	*		6	-0,98	
III	14	-0,25			14	-0,84	
IV	20	-0,14					
V							
VI							
VII	13	12,93	****		13	10,59	***
VIII	18	-1,15	*		18	-5,09	****
IX	15	10,09	****		15	11,91	****



Figuur 3.9 Kationuitwisselingscapaciteit (cmol+/kg) in de bovengrond per categorie en voor de verschillende meetronden.



Figuur 3.10 Kationuitwisselingscapaciteit (cmol+/kg) in de ondergrond per categorie en voor de verschillende meetronden.

Conclusie

Zoals verwacht werd, is de CEC bij zandgronden lager dan bij gronden rijk aan organisch stof en/of klei. Verwacht werd dat de CEC's vrijwel hetzelfde zouden zijn als tijdens voorgaande ronden. De tijdens de derde ronde gevonden CEC's van categorieën VII en IX zijn veel hoger dan van dezelfde bedrijven ten tijde van de eerste ronde. Deze toenames worden als onbetrouwbaar beschouwd. Het zijn waarschijnlijk artefacten, ontstaan door veranderingen in werkwijze in de tijd bij bemonstering en/of analyse. Het feit dat deze beide categorieën ook bij de organisch-stofanalyse onwaarschijnlijke stijgingen lieten zien, en daarnaast categorie VII ook voor lutum een stijging liet zien, zou erop kunnen duiden dat de bemonstering tijdens de derde ronde voor deze categorieën mogelijk iets minder diep is uitgevoerd dan tijdens de eerste ronde. Dit heeft dan ook effect op andere parameters zoals metalen. Ook zou verandering van percelen bij de bedrijven een rol kunnen spelen in gevonden veranderingen.

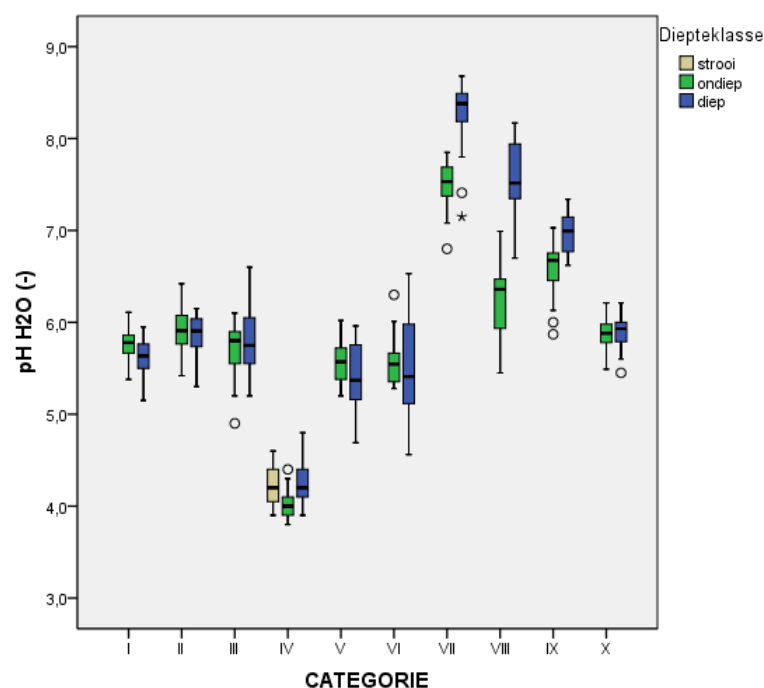
3.1.4 pH H₂O en pH KCl

Inleiding

De pH is een maat voor de zuurgraad in een bodem. De pH bepaalt in grote mate de beschikbaarheid van micronutriënten in de bodem. Sommige micronutriënten, zoals ijzer, mangaan, boor, koper en zink, zijn relatief gemakkelijk beschikbaar bij een (licht) zure pH. Enkele micronutriënten, zoals molybdeen, zijn juist goed beschikbaar voor gewassen bij een relatief hoge pH. De meeste nutriënten, zoals stikstof, fosfor, kalium, magnesium, calcium en zwavel, zijn beschikbaar rondom een neutrale pH (tussen 6,5 en 7,5).

Toestand

De pH ligt in de kalkarme zandcategorieën tussen 5 en 6. De pH wordt hier kunstmatig rond pH-waarde 5 gehouden. Uitzondering hierop is het bos op zandgebied (cat. IV); hier is zoals verwacht de pH significant lager. De grond is hier door strooisel en het ontbreken van bekalking van nature al zuurder. Daarnaast vindt door atmosferische depositie verzuring plaats. Door de aanwezigheid van onder andere natuurlijke kalk ligt in de kleigebieden (cat. VII, VIII en IX) de pH significant hoger, namelijk tussen 6 en 9.



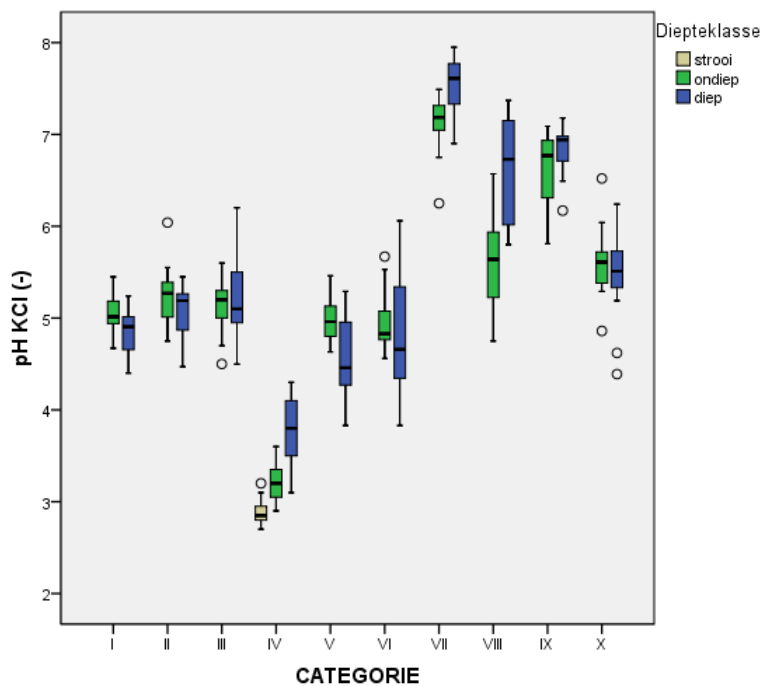
Figuur 3.11 pH H₂O (-) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.10 Gemiddelde pH-H₂O-concentratie (-) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	4.015	a
VI	5.579	. b
V	5.585	. b
III	5.720	. b c
I	5.762	. . c
X	5.886	. . c d
II	5.928	. . . d
VIII	6.245	 e
IX	6.582	 f
VII	7.516	 g

Tabel 3.11 Gemiddelde pH-H₂O-concentratie (-) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	4.258	a
V	5.410	. b
VI	5.513	. b
I	5.606	. b c
III	5.790	. . c d
II	5.837	. . . d
X	5.887	. . . d
IX	6.969	 e
VIII	7.582	 f
VII	8.256	 g



Figuur 3.12 pH KCl (-) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.12 Gemiddelde pH-KCl-concentratie (-) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	3.200	a
VI	4.955	. b
V	4.984	. b
I	5.060	. b c
III	5.135	. b c
II	5.227	. . c
VIII	5.593	. . . d
X	5.618	. . . d
IX	6.619	 e
VII	7.131	 f

Tabel 3.13 Gemiddelde pH-KCl-concentratie (-) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	3.795	a
V	4.573	. b
VI	4.828	. b c
I	4.851	. . c
II	5.077	. . c d
III	5.200	. . . d e
X	5.445	 e
VIII	6.616	 f
IX	6.845	 f
VII	7.536	 g

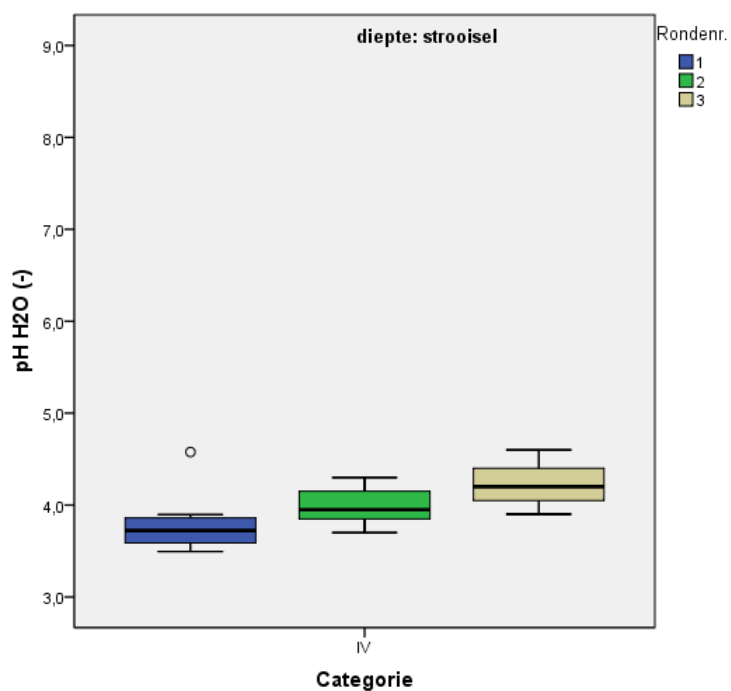
Verandering pH H2O

In de bovengrond is een significante afname zichtbaar onder grasland/maïs op zand met lage veedichtheid en met intensieve veehouderij, bouwland op zand, grasland op veen, bouwland op zeeklei, grasland op rivierklei en op zeeklei (resp. cat. I, III, V, VI, VII, VIII en XI) (Tabel 3.14). Een significante toename wordt aangetroffen in de bovengrond van bos op zand (cat. IV). Deze toename zou verband kunnen houden met de afname van verzurende depositie (De Goffau et al., 2009). In de ondergrond neemt de pH af onder grasland/maïs op zand (cat. I, II en III) en vollegrondsgroenteteelt op zand (cat. IX). Voor de strooisellaag van het bosgebied wordt een duidelijke significante toename aangetroffen.

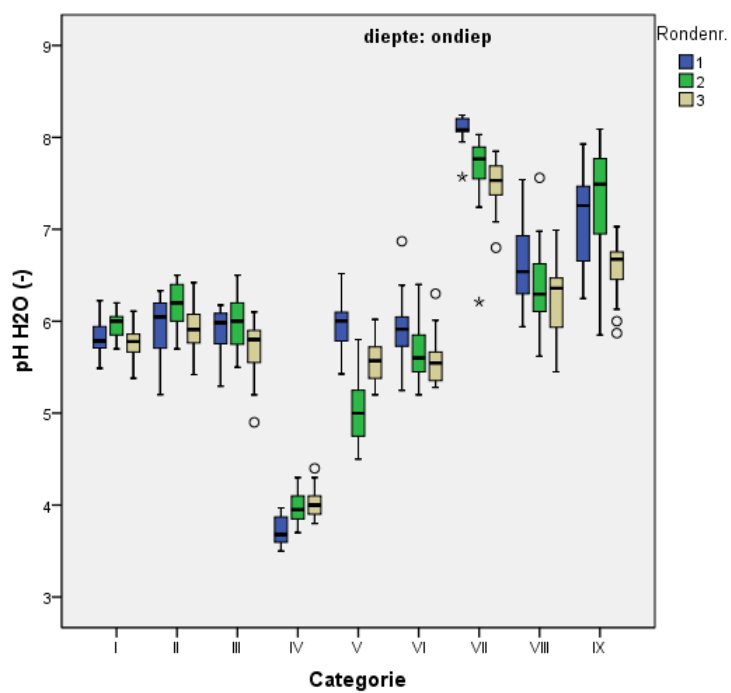
De significante stijgingen en daling in de bovengrond worden op één stijging na bevestigd door de data weergegeven in de boxplots (Figuur 3.13 t/m Figuur 3.15). In de bovengrond van grasland op zeeklei neemt de pH in meetronde 2 af ten opzichte van meetronde 1, terwijl in meetronde 3 de pH toeneemt ten opzichte van meetronde 1. Uit de statistische berekening van de t-test blijkt dat de significante stijgingen van de pH, zowel in de boven- als in de ondergrond, zeer duidelijk zijn. De kans op toeval van de gevonden gemiddelde verandering, indien er geen verandering is, is zeer klein.

Tabel 3.14 Gemiddelde verandering van de concentratie van pH H₂O uitgedrukt in eenheden in dertien jaar in strooisellaag, boven- en ondergrond per categorie.

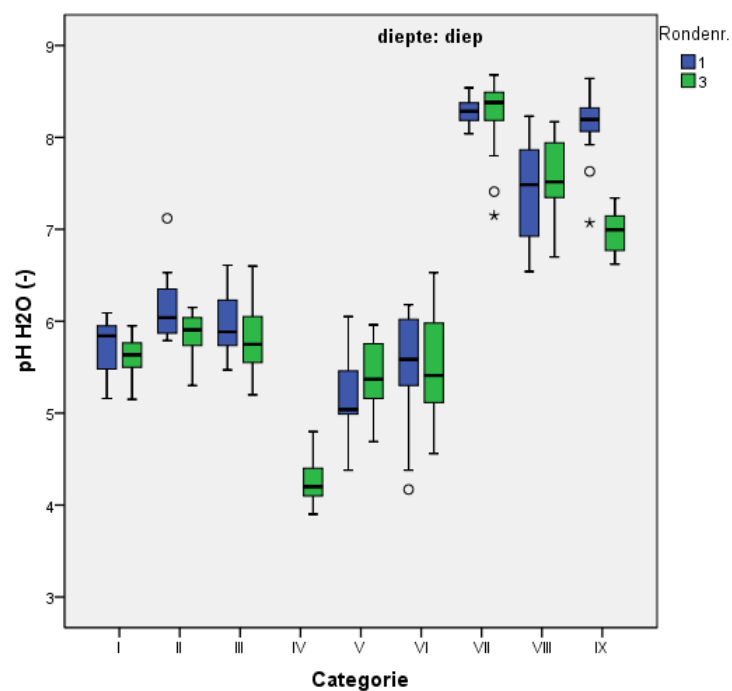
cat	strooisellaag			Ondiep			diep		
	N	verandering	kans	N	verandering	kans	N	verandering	kans
I				14	-0,13	*	14	-0,20	*
II				7	-3,93E-03		6	-0,43	*
III				14	-0,22	**	14	-0,28	*
IV	20	0,47	****	20	0,29	****			
V				15	-0,32	***	15	0,13	
VI				15	-0,31	**	15	0,13	
VII				13	-0,57	****	13	-0,13	
VIII				18	-0,42	***	18	0,17	
IX				15	-0,67	****	15	-1,18	****



Figuur 3.13 pH H₂O (-) in de strooisellaag en voor de verschillende meetronden.



Figuur 3.14 pH H₂O (-) in de bovengrond per categorie en voor de verschillende meetronden.



Figuur 3.15 pH H₂O (-) in de ondergrond per categorie en voor de verschillende meetronden.

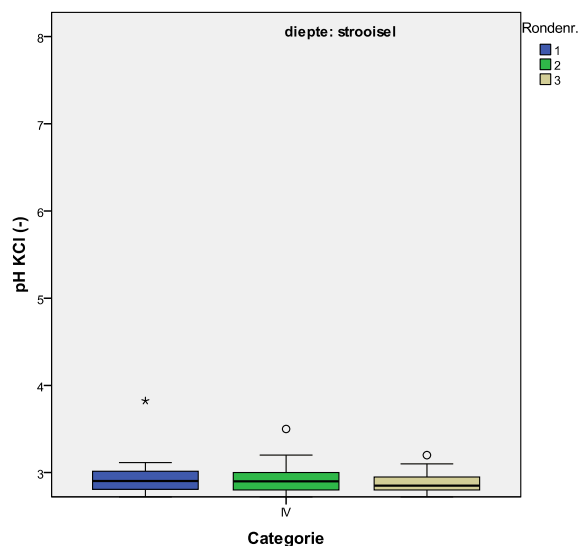
Verandering pH KCl

Voor pH KCl zijn er minder significante trends dan voor pH H₂O (Tabel 3.15). In de bovengrond zijn er significante afnames onder grasland/maïs-intensieve veehouderij op zand en bouwland op zeeklei (cat. III en VII). Een significante toename wordt gevonden in de bovengrond van bos op zand (cat. IV). In de ondergrond zijn er significante toenames voor bouwland op zand en grasland op zeeklei (cat. V en VIII) en afnames voor grasland op zeeklei (cat. IX).

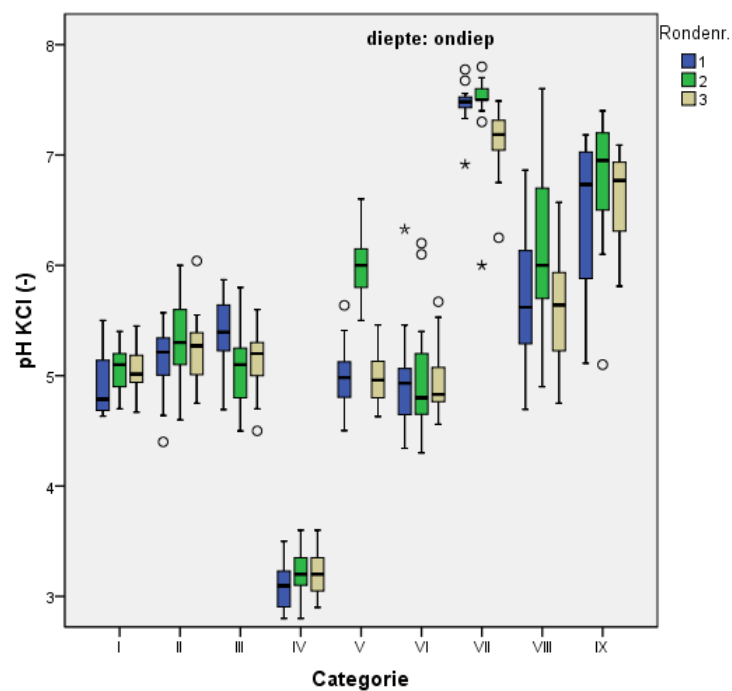
De significante veranderingen in de bovengrond komen overeen met de verwachtingen naar aanleiding van de verandering tussen meetronde 1 en 2. De verandering onder bouwland op zeeklei is echter niet heel duidelijk zichtbaar tussen meetronde 1 en 2, maar niet onwaarschijnlijk. De boxplots zijn weergegeven in Figuur 3.16 t/m 3.18.

Tabel 3.15 Gemiddelde verandering van de concentratie van pH KCl uitgedrukt in eenheden in dertien jaar in strooisellaag, boven- en ondergrond per categorie.

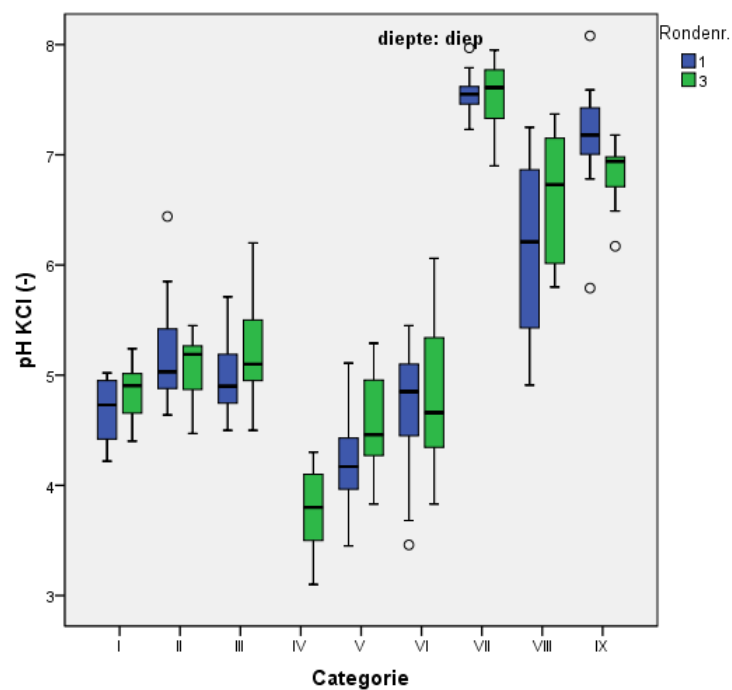
cat	strooisellaag				Ondiep				diep		
	N	verandering	kans		N	verandering	kans		N	verandering	kans
I					14	0,14			14	0,10	
II					7	0,14			6	-0,20	
III					14	-0,21	**		14	0,17	
IV	20	-0,07			20	0,09	*				
V					15	0,06			15	0,26	*
VI					15	0,09			15	0,23	
VII					13	-0,27	**		13	0,03	
VIII					18	-0,20			18	0,39	*
IX					15	-0,03			15	-0,32	**



Figuur 3.16 pH KCl (-) in de strooisellaag en voor de verschillende meetronden.



Figuur 3.17 pH KCl (-) in de bovengrond per categorie en voor de verschillende meetronden.



Figuur 3.18 pH KCl (-) in de ondergrond per categorie en voor de verschillende meetronden.

Conclusie

Zoals verwacht is de pH het laagst bij zandgronden, en dan met name onder bos, omdat daar, in tegenstelling tot locaties onder landbouw, geen bekalking plaatsvindt. De significante stijging van pH H₂O bij bos op zand wordt waarschijnlijk veroorzaakt door afname van de

verzurende depositie. De significante dalingen in pH die zijn gevonden onder landbouwgronden werden niet verwacht, omdat bij landbouwgronden de pH door beheersmaatregelen (met name bekalking) in het algemeen vrij constant gehouden wordt.

3.1.5

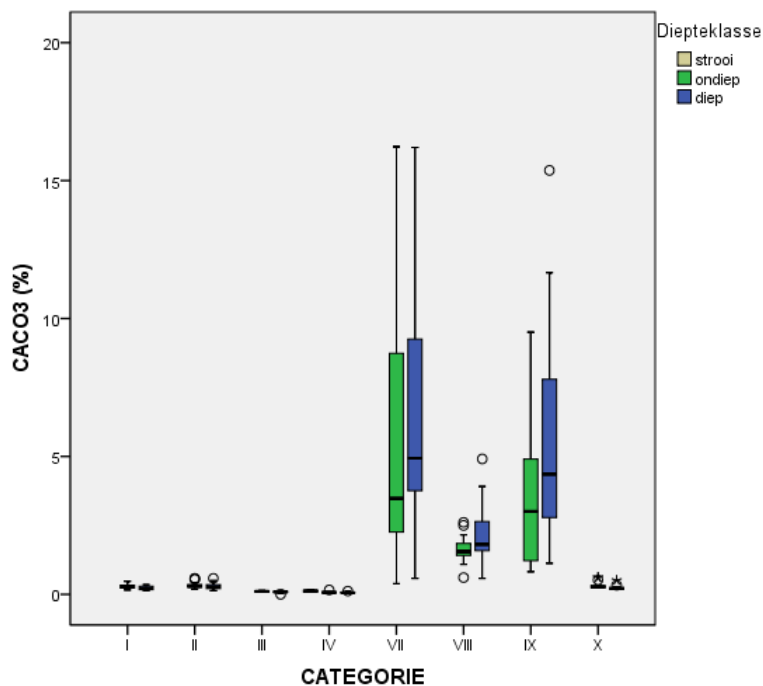
Kalk

Inleiding

Kalk (CaCO_3) komt voor in mariene en fluviatiele afzettingen. Calcium is goed oplosbaar en spoelt gemakkelijk uit. Tweewaardige calciumionen worden geadsorbeerd door negatief geladen kleimineralen en dragen bij aan een goede bodemstructuur. Vaak worden landbouwgronden voorafgaand aan graslandvernieuwing bemest met kalk. Verhoging van de pH kan leiden tot verbetering van de bodemstructuur, toename van N-mineralisatie, maar ook tot afname van de beschikbaarheid van ijzer.

Toestand

Zoals verwacht bevatten de zandcategorieën (I t/m IV en X) geen of weinig kalk. In de kleigronden is wel kalk aanwezig. In de zeekleigebieden (cat. VII en IX) liggen de gehalten tussen 1 en 16 procent, in het rivierkleigebied (cat. VIII) is spreiding minder groot (1 tot 8 procent). Uit de PPAIR-analyse blijkt dat de verschillen tussen de zandcategorieën (I t/m IV en X) en de kleicategorieën (VII, VIII en IX) voor zowel de bovengrond als ondergrond significant zijn (Tabel 3.16 en 3.17). In de kleigebieden is ondiep minder kalk in de bodem aanwezig dan in de diepe bodemlagen.



Figuur 3.19 Kalkpercentage in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.16 Gemiddelde kalkpercentage in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	0.078	a
III	0.108	a
I	0.287	a
II	0.329	a
X	0.336	a
VIII	1.626	. b
IX	3.662	. . c
VII	5.344	. . . d

Tabel 3.17 Gemiddelde kalkpercentage in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	0.067	a
III	0.087	a
I	0.228	a
X	0.247	a
II	0.290	a
VIII	2.193	. b
IX	5.588	. . c
VII	6.101	. . c

Verandering

Voor kalk waren alleen gegevens voor de zeeklei- en rivierkleicategorieën (cat. VII t/m IX) beschikbaar voor trendanalyse (Tabel 3.18).

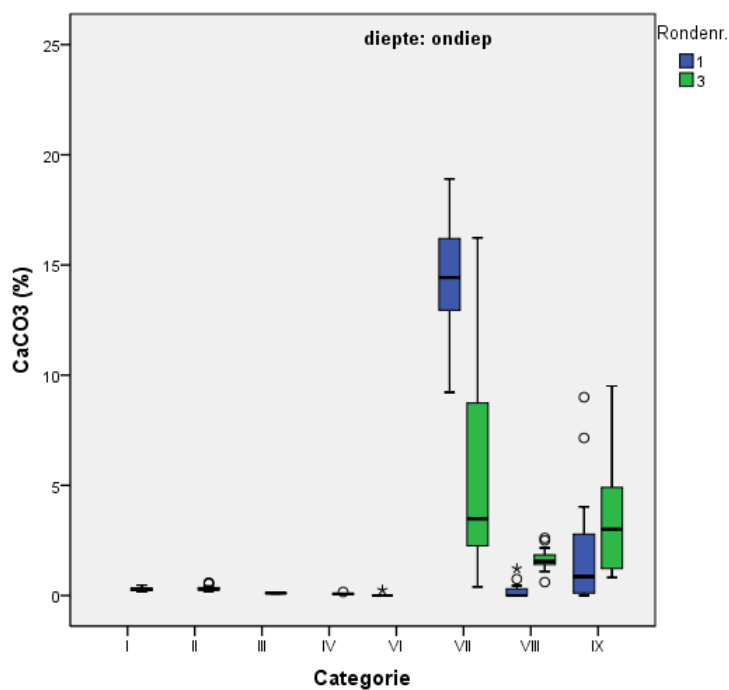
In de bovengrond van bouwland op zeeklei (VII) is een significante afname van circa 9 procent zichtbaar. Deze afname komt overeen met een significante daling van de pH (zowel pH H₂O als pH KCl). In de bovengrond van grasland op rivierklei en grasland op zeeklei (resp. VIII en IX) is een duidelijke maar kleine significante toename van circa 1 procent aangetoond. In tegenstelling tot deze stijging van het kalkpercentage neemt in deze twee gebieden de pH H₂O echter met 0,5 eenheid significant af.

In de ondergrond van bouwland op zeeklei (VII) is ook een significante afname van circa 8 procent zichtbaar. In de bovengrond van grasland op rivierklei (cat. VIII) vindt een kleine, maar wel duidelijke significante stijging van 1 procent plaats. Ook de pH KCl neemt hier significant toe.

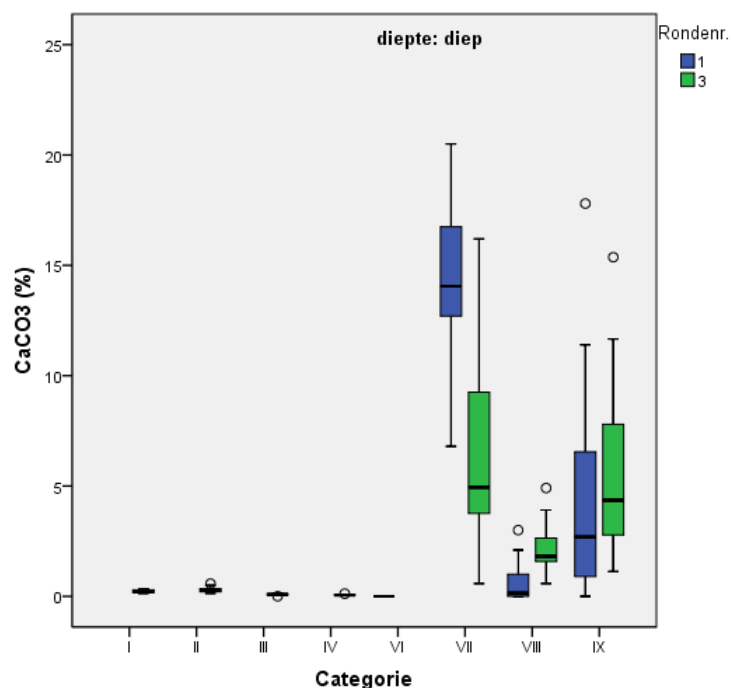
De significante veranderingen worden bevestigd door de resultaten van de tweede meetronde (zie Figuur 3.20 en Figuur 3.21).

Tabel 3.18 Gemiddelde verandering van de concentratie van kalk uitgedrukt in percentage in dertien jaar in boven- en ondergrond per categorie.

	ondiep				diep		
cat	N	verandering	kans		N	verandering	kans
I							
II							
III							
IV							
V							
VI							
VII	13	-9,31	****		13	-8,24	***
VIII	18	1,39	****		18	1,47	****
IX	15	1,05	****		15	0,43	



Figuur 3.20 Kalkpercentage in de bovengrond per categorie en voor de verschillende meetronden.



Figuur 3.21 Kalkpercentage in de ondergrond per categorie en voor de verschillende meetronden.

Conclusie

Zoals verwacht bevatten de zandgronden die binnen het LMB bemonsterd worden geen of nauwelijks kalk, en worden de hoogste gehalten aangetroffen in zeeklei. In de bovengrond van bouwland op zeeklei (VII) is een significante afname in kalkgehalte zichtbaar. Deze afname komt overeen met een significante daling van de pH (zowel pH H₂O als pH KCl). Categorie VII vertoont ook veranderingen voor organisch stof, lutum, CEC (zie voorgaande paragrafen). Waarschijnlijk zijn al deze veranderingen artefacten veroorzaakt door veranderingen in de bemonstering, bijvoorbeeld door veranderingen in bedrijfspercelen van de betreffende locaties.

3.1.6

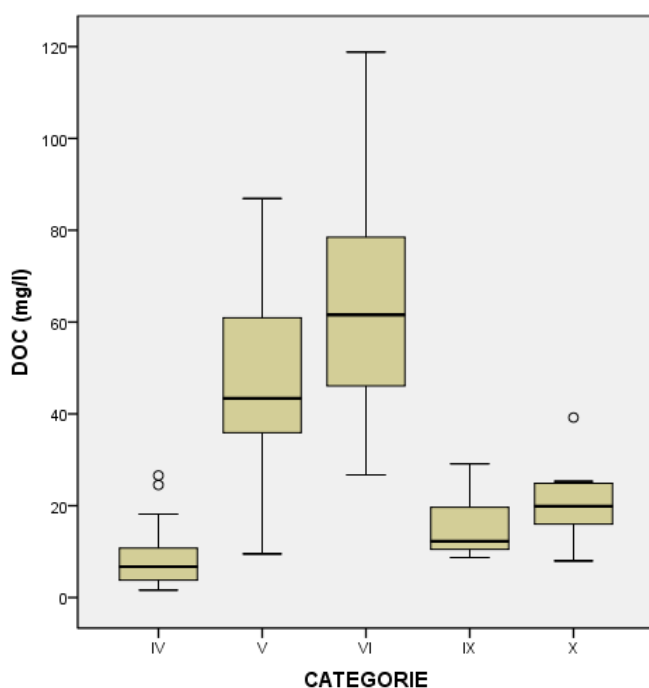
DOC

Inleiding

Opgeloste organische koolstof (dissolved organic carbon, DOC) bestaat, zoals de naam al zegt, uit kleine (< 0.45 µm) in water opgeloste resten van planten en dieren. Het is een verzamelnaam voor zeer diverse organische moleculen. Dit kunnen eenvoudige eiwitten en suikers zijn, maar ook meer complexe humuszuren, cutinen en suberinen. Deze moleculen kunnen polair zijn en daardoor bijvoorbeeld zware metalen adsorberen. Door bindingen aan te gaan met organische colloïden kunnen de metalen in oplossing komen en uitspoelen naar sloot- en grondwater. DOC speelt dan ook een belangrijke rol bij het transport van zware metalen en de denitrificatie van nitraat. De DOC-concentratie in het water dat uitspoelt uit de wortelzone wordt onder andere beïnvloed door het bodemtype, organisch-stofgehalte en het gebruik van dierlijke meststoffen.

Toestand

DOC in het grondwater onder bos op zand, grasland op zeeklei en vollegrondsgroenteteelt op zand (cat. IV, IX en X) is significant lager (10-20 mg/l) dan in de overige twee categorieën. Zowel onder bouwland op zand (cat. V) en onder grasland op veen (cat. VI) is de concentratie significant verschillend met respectievelijk gemiddelde concentratie van 48 en 64 mg/l. Het ligt in de lijn der verwachting dat het DOC voor grasland op veen het hoogste is: veen bestaat uit plantenresten.



Figuur 3.22 DOC-concentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.19 Gemiddelde DOC-concentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

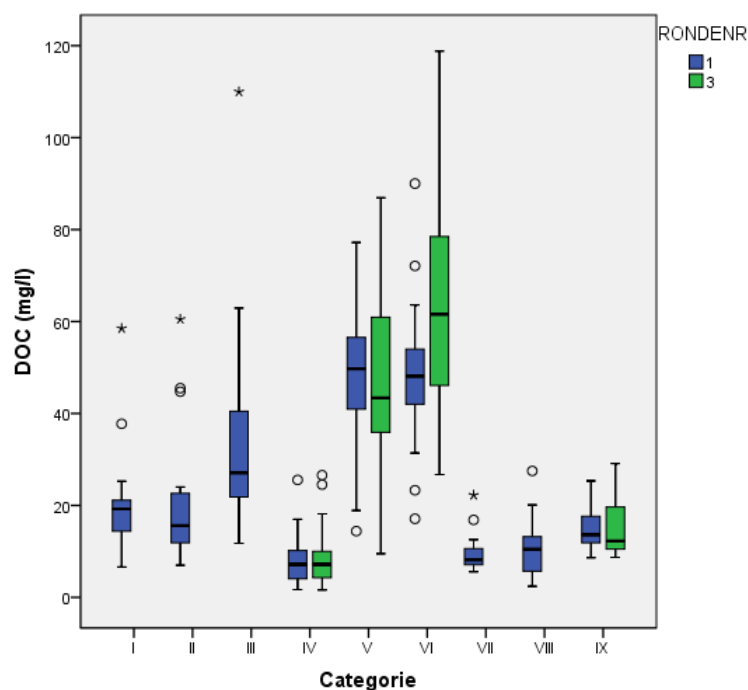
categorie	gemid.	verschil
IV	9.19	a
IX	15.33	a
X	20.28	a
V	47.79	. b
VI	63.60	. . c

Verandering

In het grondwater onder grasland op veen (cat. VI) is de DOC-concentratie significant stijgend (Tabel 3.20). De stijging is opmerkelijk groot en daarom mogelijk een artefact: ongeveer 25 procent. De boxplots zijn weergegeven in Figuur 3.23.

Tabel 3.20 Gemiddelde verandering van de concentratie van DOC uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	0,95	
V	15	4,16	
VI	15	13,49	**
IX	15	-0,10	



Figuur 3.23 DOC-gehalte (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Conclusie

Zoals verwacht werd de hoogste concentratie opgelost organisch stof in grondwater aangetroffen bij de categorie grasland op veen. Er is geen verklaring voor de stijging in DOC-gehalte voor grasland op veen. Mogelijk is het een artefact door veranderingen in monsternamen en analyses.

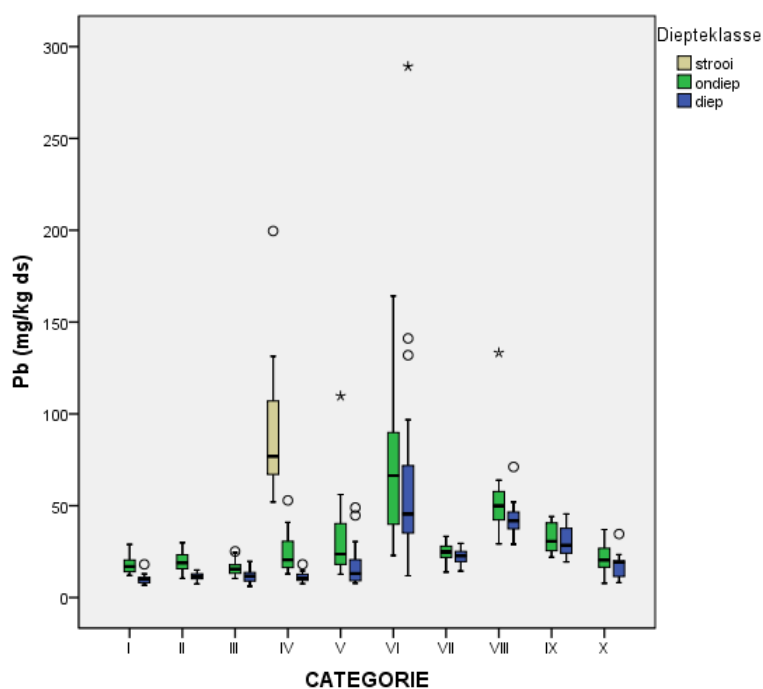
3.2 Zware metalen

3.2.1 Inleiding

Zware metalen komen van nature in de bodem voor en worden ook door menselijk handelen aan de bodem toegevoegd. Sommige zware metalen zoals koper en zink zijn essentieel voor levensfuncties. Voor alle essentiële zware metalen geldt dat ze in lage concentraties groeibevorderend zijn en in hogere concentraties toxisch worden. Voor niet-essentiële zware metalen geldt dat ze in lage concentraties geen effect hebben op de groei en bij hogere concentraties ook toxisch worden (De Jong en Van der Hoek, 2009).

3.2.2 Toestand bodem

Een aantal zware metalen (lood, cadmium, zink, tin, molybdeen en kwik) vertoont een vergelijkbaar beeld in het boxplotpatroon. Voor deze metalen is de spreiding in concentratie binnen grasland op veen (cat. VI) het grootst, en met uitzondering van zink zijn de waargenomen concentraties in deze categorie significant hoger dan in andere categorieën. Binnen grasland op rivierklei (cat. VIII) zijn de concentraties hiermee vergelijkbaar en voor zink significant het hoogst. Verder is de concentratie in de strooisellaag hoger dan in de bovengrond en in de bovengrond hoger dan in de ondergrond. Bij kobalt, chroom, nikkel, zink en barium zijn de concentraties binnen grasland op rivierklei (cat. VIII) zowel ondiep als diep significant het hoogst ten opzichte van de andere categorieën. Voor deze parameters is binnen alle categorieën de concentratie in de ondergrond hoger dan in de bovengrond. Voor koper en tin geldt dat cat. VI en VIII samen significant hogere concentraties hebben dan de overige categorieën. Bovenstaande bevindingen liggen in de lijn der verwachting (paragraaf 1.4). Zoals eerder aangegeven zijn de gegevens niet gecorrigeerd voor lutum- en organisch-stofgehalte.



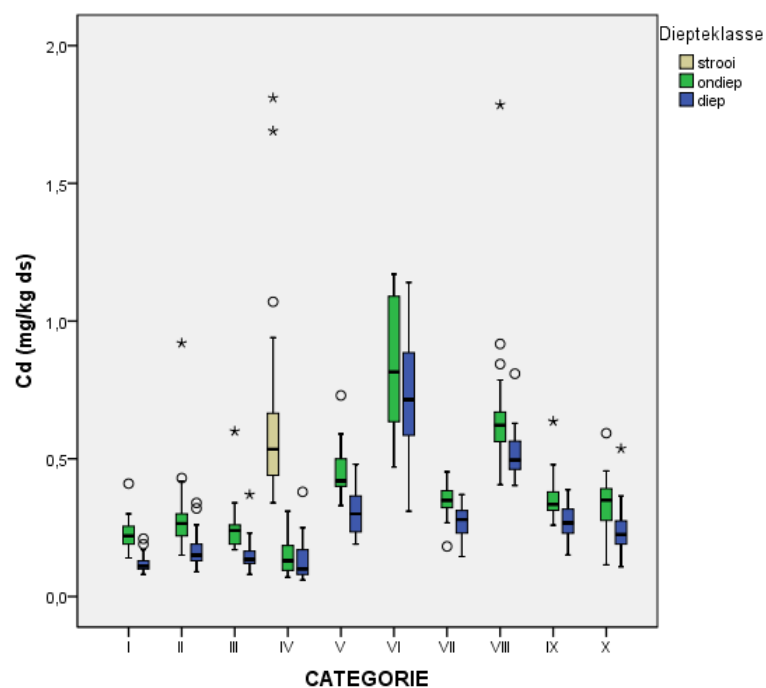
Figuur 3.24 Loodconcentratie (mg/kg ds) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.21 Gemiddelde loodconcentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
III	16.21	a
I	17.65	a
II	19.61	a
X	21.81	a b
IV	24.28	a b
VII	24.96	a b
V	32.43	. b
IX	32.45	. b
VIII	52.43	. . c
VI	73.46	. . . d

Tabel 3.22 Gemiddelde loodconcentratie (mg/kg ds) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
I	10.06	a
IV	11.26	a
II	11.56	a
III	11.61	a
X	17.47	a b
V	17.70	a b
VII	22.45	a b
IX	29.89	. b c
VIII	42.89	. . c
VI	67.23	. . . d



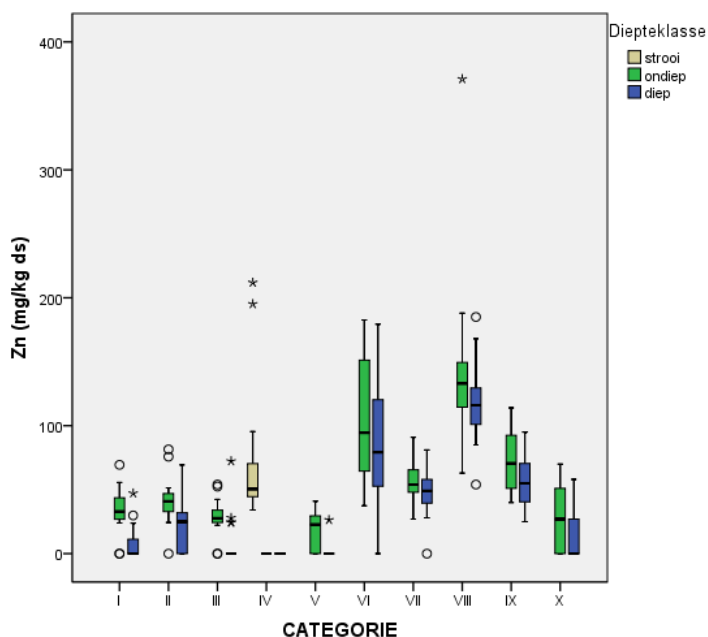
Figuur 3.25 Cadmiumconcentratie (mg/kg ds) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.23 Gemiddelde cadmiumconcentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	0.1450	a
I	0.2270	a b
III	0.2515	. b c
II	0.3030	. b c d
X	0.3375	. . c d
VII	0.3503	. . . d
IX	0.3617	. . . d e
V	0.4558	 e
VIII	0.6864	 f
VI	0.8375	 g

Tabel 3.24 Gemiddelde cadmiumconcentratie (mg/kg ds) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
I	0.1220	a
IV	0.1337	a
III	0.1520	a
II	0.1730	a
X	0.2476	. b
VII	0.2711	. b
IX	0.2713	. b
V	0.3032	. b
VIII	0.5231	. . c
VI	0.7205	. . . d



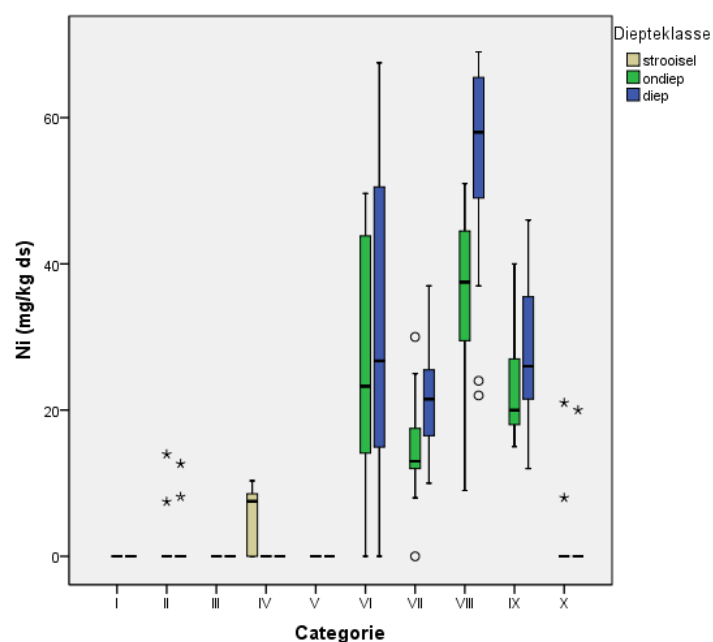
Figuur 3.26 Zinkconcentratie (mg/kg ds) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.25 Gemiddelde zinkconcentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	0.00	a
V	16.31	a b
III	28.76	. b c
X	29.23	. b c
I	34.38	. b c
II	41.05	. . c d
VII	57.00	. . . d e
IX	70.45	 e
VI	107.08	 f
VIII	144.00	 g

Tabel 3.26 Gemiddelde zinkconcentratie (mg/kg ds) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	0.00	a
V	1.38	a
I	7.33	a
III	7.45	a
X	11.85	a b
II	21.99	. b
VII	48.45	. . c
IX	56.45	. . c
VI	86.01	. . . d
VIII	117.55	 e



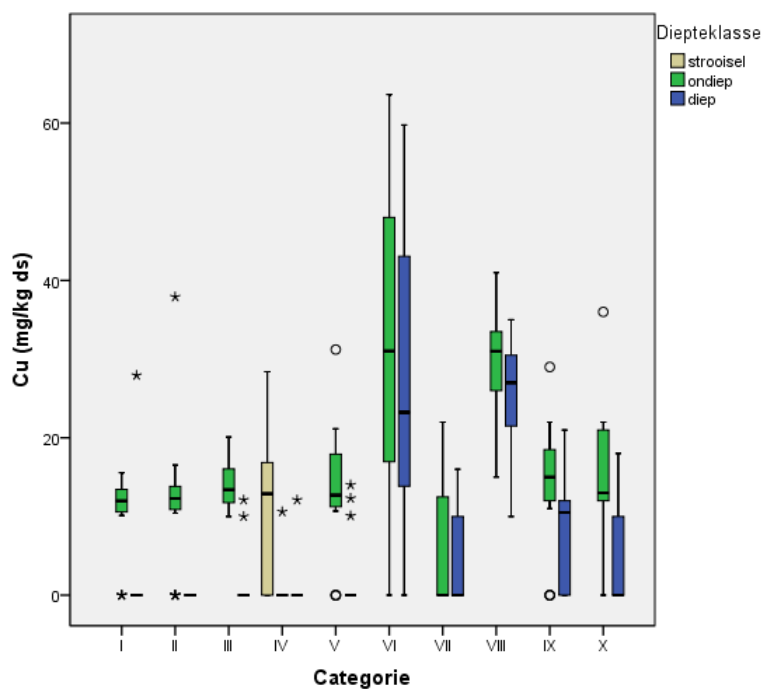
Figuur 3.27 Nikkelconcentratie (mg/kg ds) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.27 Gemiddelde nikkelconcentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
I	0.00	a
III	0.00	a
IV	0.00	a
V	0.00	a
II	1.07	a
X	2.23	a
VII	14.65	. b
IX	23.60	. . c
VI	26.76	. . c
VIII	36.65	. . . d

Tabel 3.28 Gemiddelde nikkelconcentratie (mg/kg ds) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
V	0.00	a
IV	0.00	a
I	0.00	a
III	0.00	a
II	1.04	a
X	1.54	a
VII	21.70	. b
IX	27.25	. b c
VI	31.23	. . c
VIII	54.70	. . . d



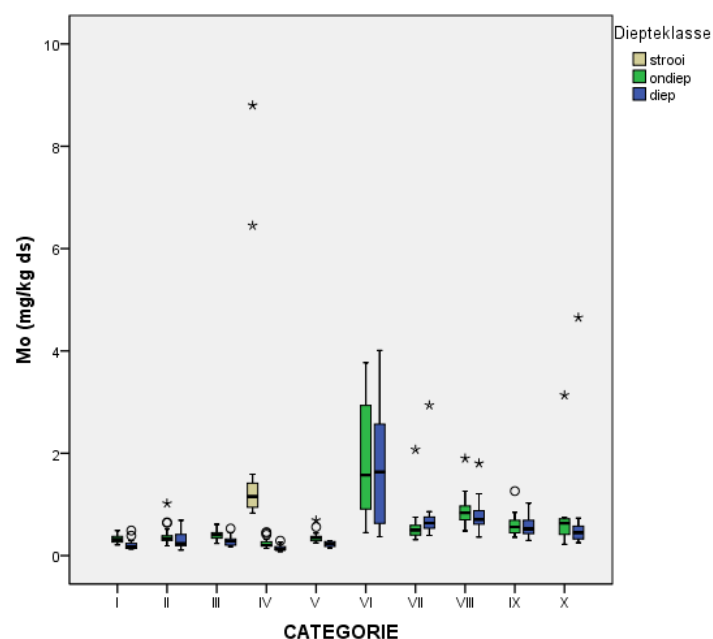
Figuur 3.28 Koperconcentratie (mg/kg ds) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.29 Gemiddelde koperconcentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	0.53	a
VII	5.85	. b
I	10.60	. b c
II	11.64	. . c
V	13.42	. . c
IX	14.20	. . c
III	14.27	. . c
X	14.62	. . c
VIII	29.85	. . . d
VI	31.98	. . . d

Tabel 3.30 Gemiddelde koperconcentratie (mg/kg ds) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
II	0.000	a
IV	0.637	a
III	1.105	a
I	1.397	a
V	1.916	a
VII	4.250	a b
X	4.692	a b
IX	7.550	. b
VIII	25.900	. . c
VI	27.437	. . c



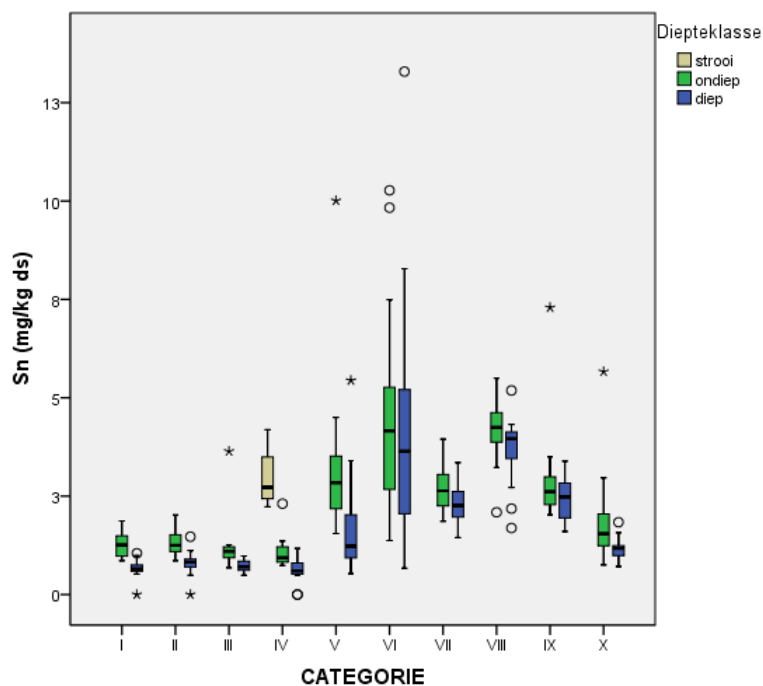
Figuur 3.29 Molybdeenconcentratie (mg/kg ds) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.31 Gemiddelde molybdeenconcentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	0.2435	a
I	0.3230	a b
V	0.3647	a b
II	0.3960	a b
III	0.4005	a b
VII	0.5693	. b c
IX	0.5997	. b c d
X	0.7423	. . c d
VIII	0.8812	. . . d
VI	1.9215	 e

Tabel 3.32 Gemiddelde molybdeenconcentratie (mg/kg ds) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	0.1495	a
I	0.2080	a
V	0.2274	a
III	0.2915	a b
II	0.3065	a b
IX	0.5694	. b c
VII	0.7388	. . c
X	0.7596	. . c
VIII	0.7830	. . c
VI	1.7165	. . . d



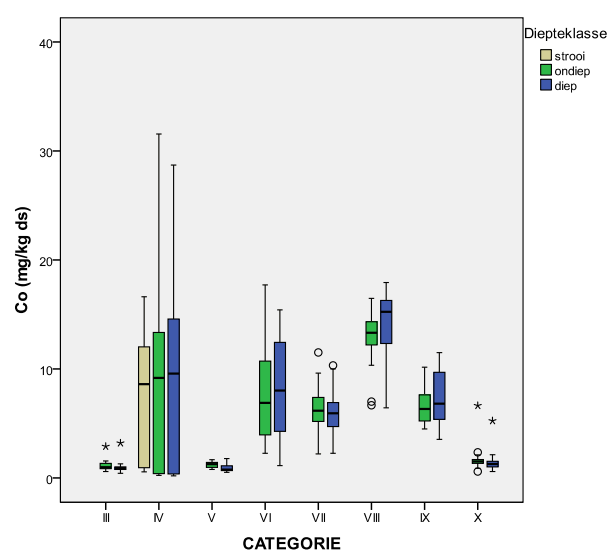
Figuur 3.30 Tinconcentratie (mg/kg ds) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.33 Gemiddelde tinconcentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	1.031	a
III	1.185	a b
I	1.256	a b
II	1.306	a b
X	1.957	. b c
VII	2.702	. . c d
IX	2.859	. . . d
V	3.164	. . . d
VIII	4.192	 e
VI	4.471	 e

Tabel 3.34 Gemiddelde tinconcentratie (mg/kg ds) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	0.630	a
I	0.670	a
III	0.727	a
II	0.802	a
X	1.180	a b
V	1.666	. b c
VII	2.325	. . c d
IX	2.458	. . . d
VIII	3.693	 e
VI	4.186	 e



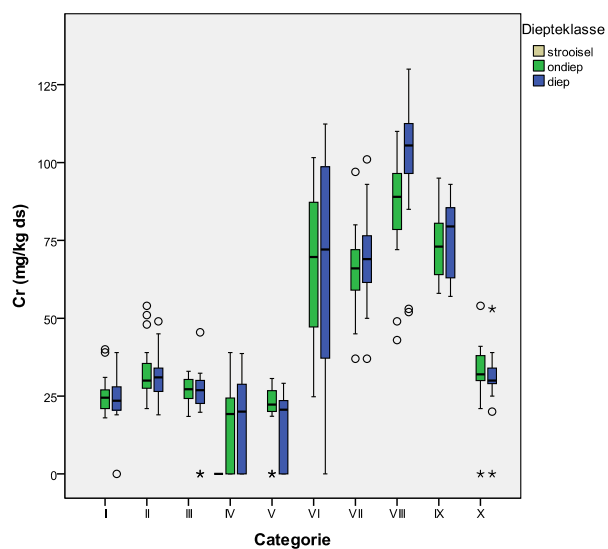
Figuur 3.31 Kobaltconcentratie (mg/kg ds) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.35 Gemiddelde kobaltconcentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
III	1.150	a
V	1.218	a
X	1.881	a
VII	6.361	. b
IX	6.774	. b
VI	7.216	. b
IV	8.557	. b
VIII	12.862	. . c

Tabel 3.36 Gemiddelde kobaltconcentratie (mg/kg ds) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
V	0.924	a
III	0.979	a
X	1.602	a
VII	6.034	. b
IX	7.263	. b c
VI	7.793	. b c
IV	9.534	. . c
VIII	14.268	. . . d



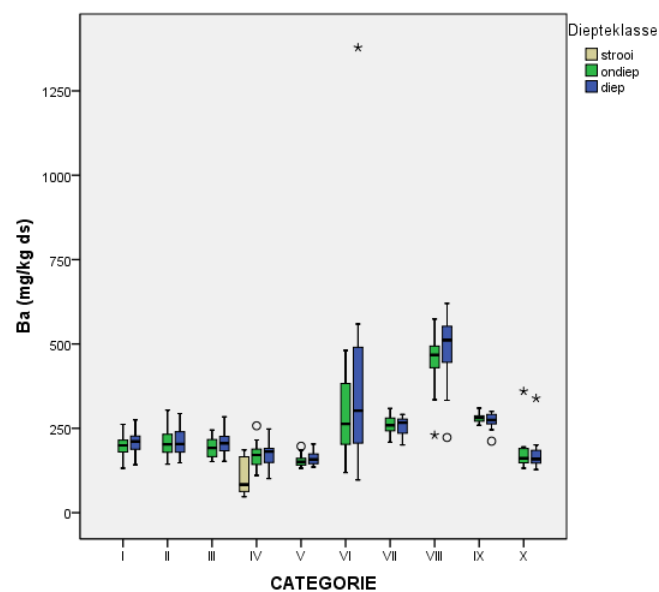
Figuur 3.32 Chromconcentratie (mg/kg ds) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.37 Gemiddelde chroomconcentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	16.03	a
V	21.44	a b
I	25.25	. b c
III	27.01	. b c
X	31.46	. . c
II	32.70	. . c
VII	65.30	. . . d
VI	66.11	. . . d e
IX	73.90	 e
VIII	85.85	 f

Tabel 3.38 Gemiddelde chroomconcentratie (mg/kg ds) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
V	15.57	a
IV	17.01	a
I	23.75	a b
III	25.07	a b
X	30.23	. b
II	31.15	. b
VI	67.05	. . c
VII	69.45	. . c
IX	76.40	. . c
VIII	101.15	. . . d



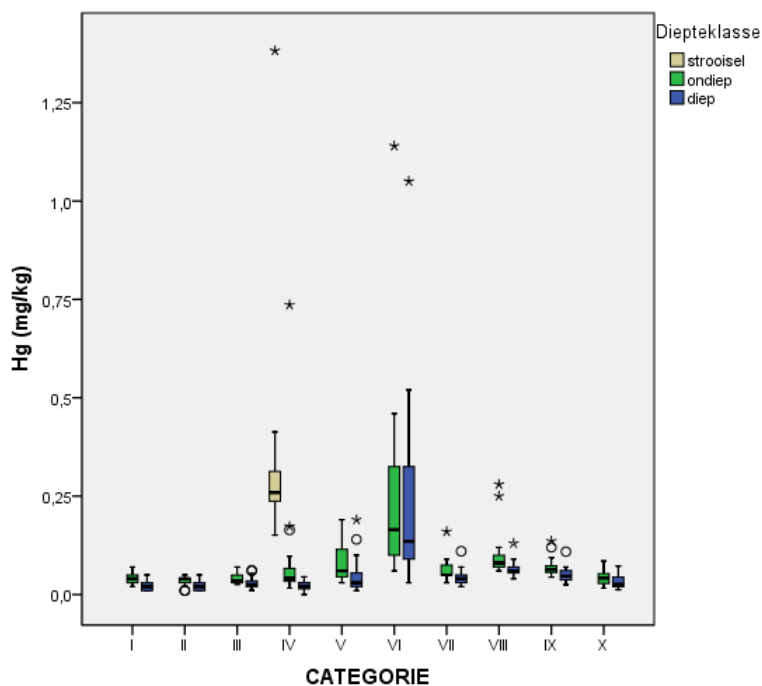
Figuur 3.33 Bariumconcentratie (mg/kg ds) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.39 Gemiddelde bariumconcentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
V	154.8	a
IV	168.8	a b
X	178.3	a b c
III	192.2	. b c
I	198.3	. b c
II	206.9	. . c
VII	259.8	. . . d
IX	281.1	. . . d
VI	286.7	. . . d
VIII	456.2	 e

Tabel 3.40 Gemiddelde bariumconcentratie (mg/kg ds) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
V	161.1	a
IV	174.4	a
X	175.6	a
III	207.3	a b
I	208.5	a b
II	210.8	a b
VII	256.2	. b c
IX	273.3	. . c
VI	377.7	. . . d
VIII	487.5	 e



Figuur 3.34 Kwikconcentratie (mg/kg ds) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.41 Gemiddelde kwikconcentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
II	0.03400	a
I	0.04000	a
III	0.04005	a
X	0.04331	a b
VII	0.06150	a b
IX	0.06960	a b
V	0.08316	a b
IV	0.09170	a b
VIII	0.10250	. b
VI	0.24200	. . c

Tabel 3.42 Gemiddelde kwikconcentratie (mg/kg ds) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
I	0.02000	a
II	0.02200	a
IV	0.02226	a
III	0.02960	a
X	0.03300	a
VII	0.04650	a
V	0.04842	a
IX	0.05000	a
VIII	0.06500	a
VI	0.22350	. b

3.2.3

Verandering bodem

Waar gebruik is gemaakt van 'predicted' waarden, is dit expliciet aangegeven.

Zink

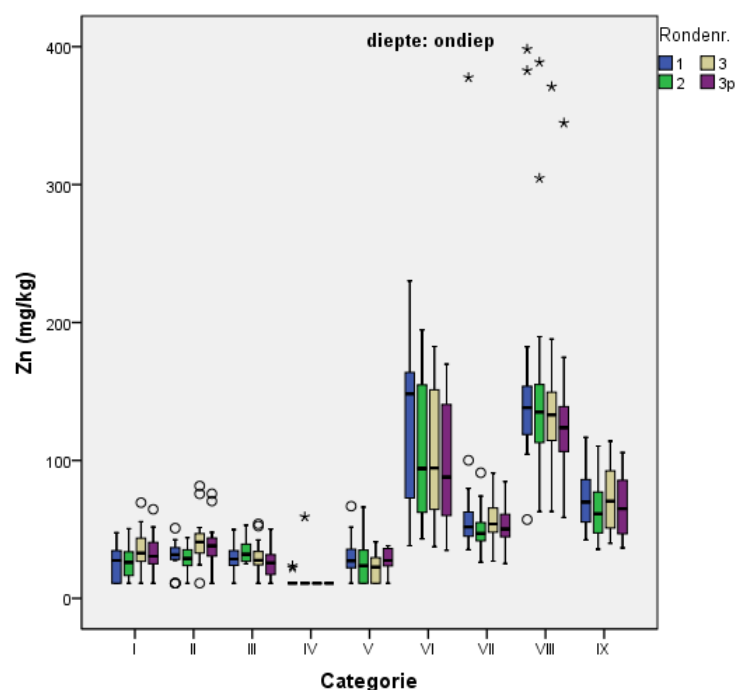
In de bovengrond van bouwland op zand en grasland op veen (cat. V en VI) worden significante dalingen van de gemeten zinkconcentraties aangetroffen. Met de 'predicted' data worden in meer categorieën significant dalende concentraties waargenomen, namelijk in grasland/maïs op zand met melkveehouderij met intensieve veeteelt, grasland op veen, bouwland op zeeklei en vollegrondsgroenteteelt (resp. cat. III, VI, VII en IX) (Tabel 3.43). Uit de figuur met de boxplots (zie Figuur 3.35) blijkt dat de resultaten van meetronde 2 (van cat. V VI, VII en IX) ook een dalende lijn laten zien ten opzichte van de eerste meetronde. De significante daling van categorie III is niet zichtbaar in de resultaten van de tweede meetronde. Deze dalingen, van zowel gemeten als voorspelde data, wijken af van de verwachting dat voor de zware metalen het gehalte in de bodem licht zou stijgen door de netto toevoer van zware metalen naar landbouwgrond (paragraaf 1.4). We hebben hiervoor binnen de voor dit onderzoek beschikbare tijd geen verklaring gevonden.

In de ondergrond van grasland op veen (cat. VI) wordt een significante stijging van de gemeten zinkconcentraties aangetroffen. Met de

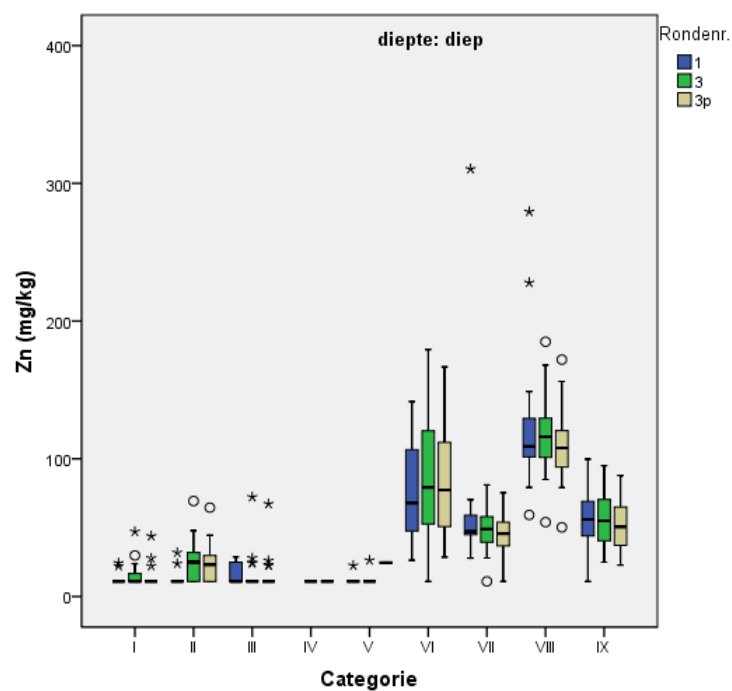
'predicted' data worden in meer categorieën significante veranderingen in concentraties waargenomen: wederom significante stijging in grasland op veen (cat. VI), maar ook significante daling onder grasland op zeeklei (IX).

Tabel 3.43 Gemiddelde verandering van de concentratie van zink uitgedrukt in mg/kg ds in dertien jaar in boven- en ondergrond per categorie. De bovenste helft van de tabel geeft de gemiddelde verandering weer op basis van de gemeten gegevens. De onderste helft van de tabel geeft de gemiddelde verandering weer op basis van de 'predicted' data.

gemeten data							
	ondiep				diep		
cat	N	verandering	kans		N	verandering	kans
I	14	8,88			14	2,64	
II	14	0,58			14	-2,39	
III	20	-1,18					
IV							
V	15	-6,27	*		15	0,25	
VI	15	-7,35	*		15	20,26	**
VII	13	-1,85			13	-2,23	
VIII	18	-14,62			18	-7,72	
IX	15	-1,19			15	-1,71	
'predicted' data							
	ondiep				diep		
cat	N	verandering	kans		N	verandering	kans
I	14	6,70			14	1,40	
II	7	7,67			6	5,14	
III	14	-2,64	*		14	-2,51	
IV	15	-1,58					
V	7	-5,34					
VI	15	-15,35	***		14	15,79	**
VII	13	-5,52	*		13	-5,46	
VIII	18	-24,95			18	-15,93	
IX	15	-6,83	*		15	-6,37	**



Figuur 3.35 Zinkconcentratie (mg/kg) in de bovengrond per categorie en voor de verschillende meetronden. Rondenummers (1, 2, 3) geven de meetresultaten van deze meetronden weer en 3p zijn de predicties van Alterra-E-metingen op basis van TNO-TA-metingen (zie Bijlage 8).



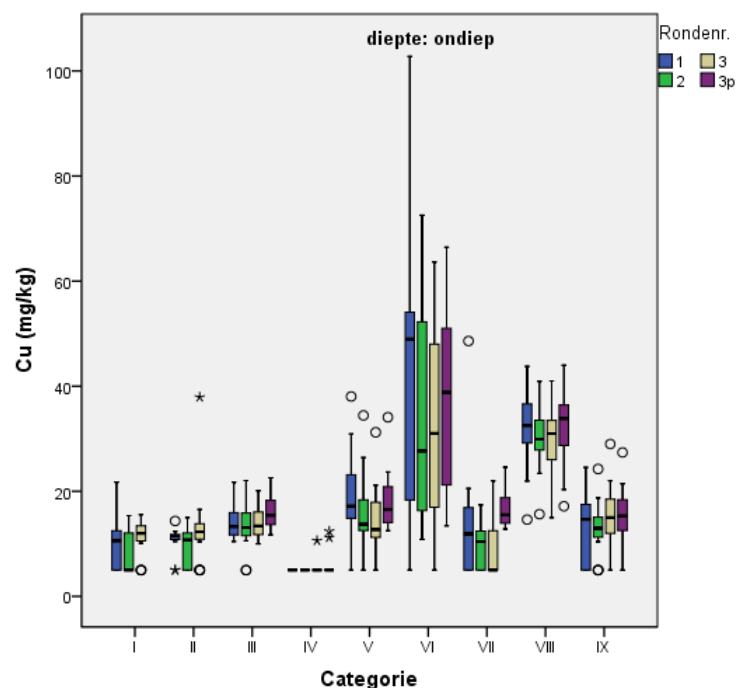
Figuur 3.36 Zinkconcentratie (mg/kg) in de ondergrond per categorie en voor de verschillende meetronden. Rondenummers (1, 3) geven de meetresultaten van deze meetronden weer en 3p zijn de predicties van Alterra-E-metingen op basis van TNO-TA-metingen (zie Bijlage 8).

Koper

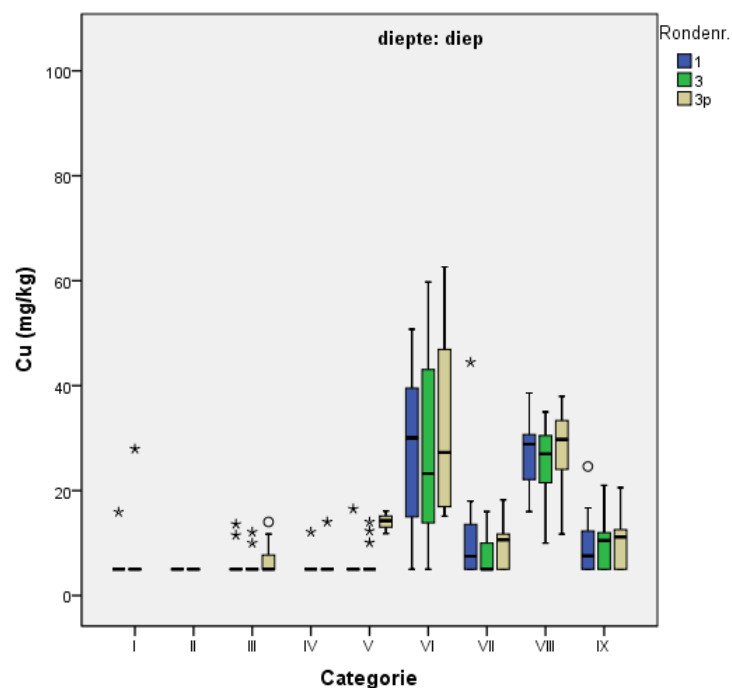
In de bovengrond van bouwland op zand, grasland op veen en bouwland op zeeklei (resp. cat. V, VI, VII) zijn er significante dalingen van circa 4 mg/kg. In de ondergrond en in het grondwater zijn er geen significante veranderingen (Tabel 3.44). Dit verloop wordt bevestigd door de resultaten van de tweede meetronde (zie Figuur 3.37 en Figuur 3.38). Gebruikmakend van de 'predicted' data voor koper worden er geen significante veranderingen aangetoond in de boven- en ondergrond. Uit Bijlage 1 blijkt dat we voor koper (en zink) een toename mogen verwachten. Op basis van dit onderzoek en op basis van de 'predicted data' is het niet waarschijnlijk dat de koperconcentratie in de bovengrond daadwerkelijk toeneemt.

Tabel 3.44 Gemiddelde verandering van de concentratie van koper uitgedrukt in mg/kg ds in dertien jaar in boven- en ondergrond per categorie. De bovenste helft van de tabel geeft de gemiddelde verandering weer op basis van de gemeten gegevens. De onderste helft van de tabel geeft de gemiddelde verandering weer op basis van de 'predicted' data.

gemeten data						
	ondiep				diep	
cat	N	verandering	kans		N	verandering kans
I	14	0,63			14	0,86
II	7	4,27				
III	14	0,37			14	-0,72
IV	20	0,28				
V	15	-4,13	**		15	0,66
VI	15	-3,64	*		15	4,60
VII	13	-3,89	**		13	-0,84
VIII	18	-1,79			18	-1,92
IX	15	1,02			15	-1,00
'predicted' data						
	ondiep				diep	
cat	N	verandering	kans		N	verandering kans
I						
II						
III	14	2,48	***		14	-0,16
IV	20	0,68				
V	12	-1,33			3	5,22
VI	14	-1,16			14	7,57 *
VII	2	0,19			13	0,61
VIII	18	1,00			18	0,73
IX	15	1,07			15	-0,72



Figuur 3.37 Koperconcentratie (mg/kg) in de bovengrond per categorie en voor de verschillende meetronden.



Figuur 3.38 Koperconcentratie (mg/kg) in de ondergrond per categorie en voor de verschillende meetronden.

Chroom

In de bovengrond van alle categorieën, behalve van grasland op veen en op rivierklei (cat. VI en VIII), worden significante stijgingen aangetroffen (bepaald met de gemeten chroomconcentraties). De 'predicted' data voor chroom zijn in de bovengrond slechts beschikbaar

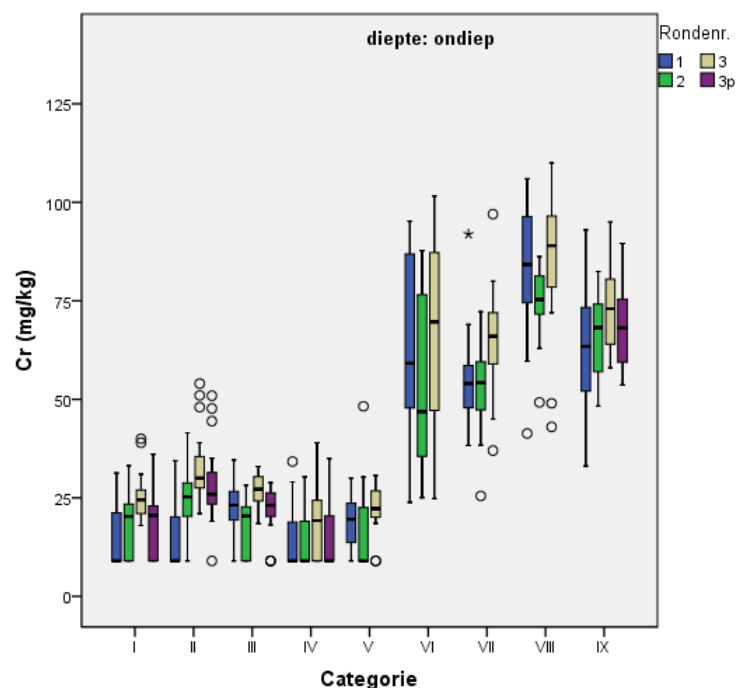
voor cat. I t/m IV en IX (Tabel 3.45). Hiermee wordt alleen onder grasland/maïs met melkveehouderij met hoge veedichtheid op zand (cat. II) een significante stijging aangetoond. Op basis van de resultaten van de tweede meetronde (zie Figuur 3.39 en Figuur 3.40) worden stijgingen verwacht in categorieën I, II en IX.

In de ondergrond is een significante stijging zichtbaar onder alle grasland/maïs op zandgronden (cat. I t/m III) en bouwland op zand, bouwland op zeeklei, grasland op rivierklei en grasland op zeeklei (resp. cat. V, VII, VIII en IX). Vier van de zeven stijgende trends worden met de 'predicted' data ook significant stijgend aangetoond, namelijk onder cat. I, III, VII en VIII.

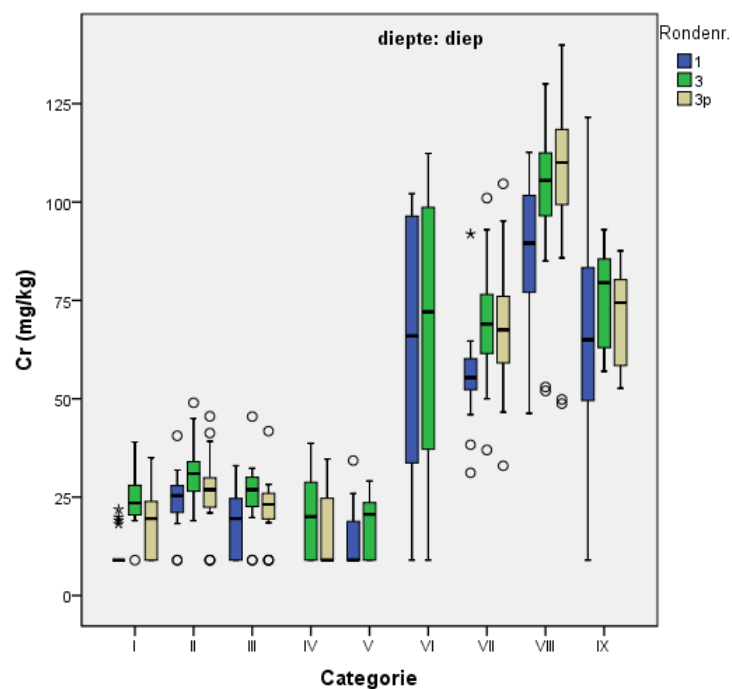
Waarschijnlijk zijn de stijgingen bij chroom artificieel: het zijn er dusdanig veel, dat ze waarschijnlijk veroorzaakt worden door verandering in analysetechniek.

Tabel 3.45 Gemiddelde verandering van de concentratie van chroom uitgedrukt in mg/kg ds in dertien jaar in boven- en ondergrond per categorie. De bovenste helft van de tabel geeft de gemiddelde verandering weer op basis van de gemeten gegevens. De onderste helft van de tabel geeft de gemiddelde verandering weer op basis van de 'predicted' data.

gemeten data							
	ondiep				diep		
cat	N	verandering	kans		N	verandering	kans
I	14	9,58	****		14	12,14	****
II	7	14,07	***		6	4,02	***
III	14	4,23	*		14	10,02	***
IV	20	5,34	***				
V	15	4,46	**		15	5,86	**
VI	15	1,76			15	6,97	
VII	13	9,63	**		13	14,57	****
VIII	18	2,93			18	14,08	****
IX	15	8,32	**		15	9,17	**
'predicted' data							
	ondiep				diep		
cat	N	verandering	kans		N	verandering	kans
I	14	3,09			14	5,42	*
II	7	14,07	***		6	4,02	***
III	14	-0,71			14	5,79	**
IV	20	5,34	***				
V							
VI							
VII					13	13,16	***
VIII					18	18,01	****
IX	15	3,41			15	4,16	



Figuur 3.39 Chromconcentratie (mg/kg) in de bovengrond per categorie en voor de verschillende meetronden. Rondenummers (1, 2, 3) geven de meetresultaten van deze meetronden weer en 3p zijn de predicties van Alterra-E-metingen op basis van TNO-TA-metingen (zie Bijlage 8).



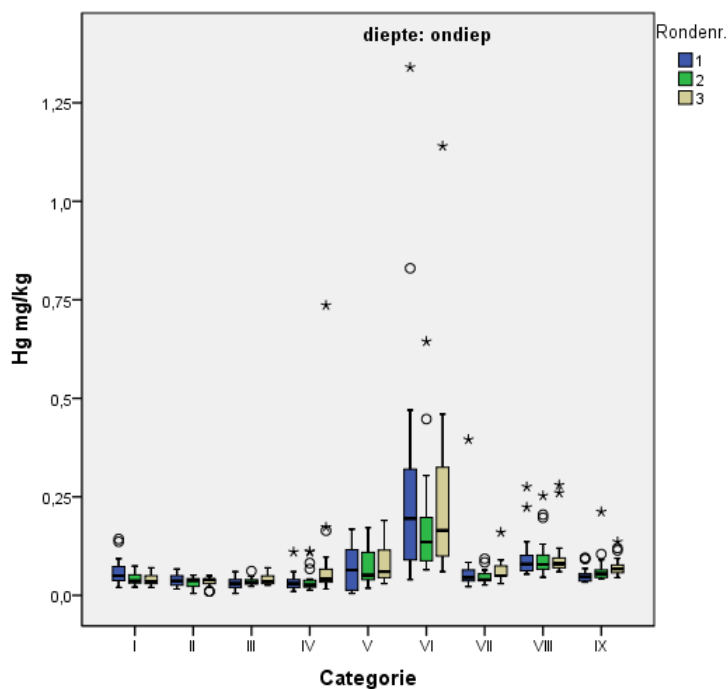
Figuur 3.40 Chromconcentratie (mg/kg) in de ondergrond per categorie en voor de verschillende meetronden. Rondenummers (1, 3) geven de meetresultaten van deze meetronden weer en 3p zijn de predicties van Alterra-E-metingen op basis van TNO-TA-metingen (zie Bijlage 8).

Kwik

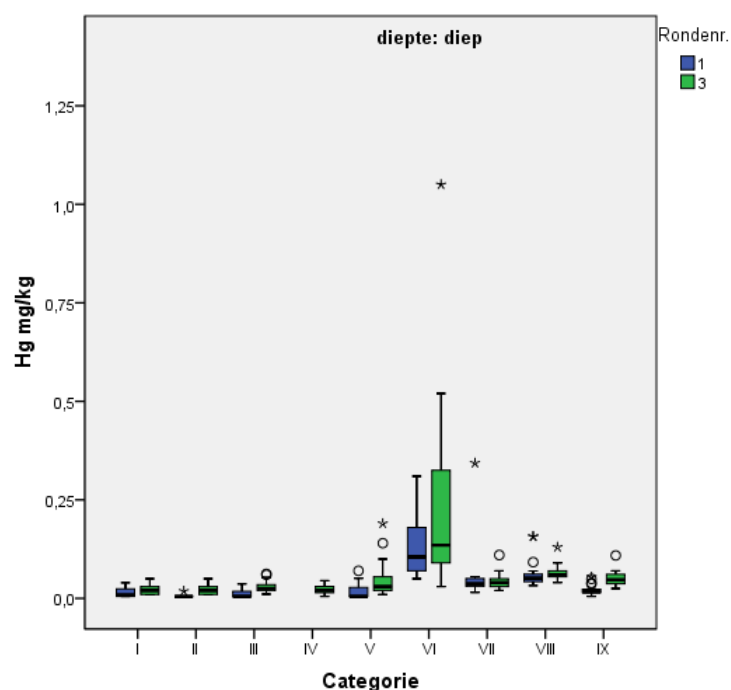
Voor kwik kan alleen voor twee bodemcategorieën een trendberekening worden uitgevoerd, namelijk voor grasland/maïs met intensieve veehouderij op zand en bos op zand (cat. III en IV) (zie Tabel 3.46). In zowel de bovengrond als de ondergrond van cat. III is een kleine significant stijgende trend zichtbaar. De boxplots spreken dit niet tegen (Figuur 3.41 en Figuur 3.42).

Tabel 3.46 Gemiddelde verandering van de concentratie van kwik uitgedrukt in mg/kg in dertien jaar in boven- en ondergrond per categorie.

	ondiep				diep		
cat	N	verandering	kans		N	verandering	kans
I							
II							
III	14	0,01	**		14	0,02	***
IV	20	0,06					
V							
VI							
VII							
VIII							
IX							



Figuur 3.41 Kwikconcentratie (mg/kg) in de bovengrond per categorie en voor de verschillende meetronden.



Figuur 3.42 Kwikconcentratie (mg/kg) in de ondergrond per categorie en voor de verschillende meetronden.

3.2.4 Conclusie bodem

Voor de toestand van de zware metalen werden de hoogste concentraties verwacht in gronden rijk aan organisch stof en klei (categorieën VI t/m IX). Dit is bevestigd door de resultaten van de derde ronde, waarbij de significant hoogste concentraties werden aangetroffen bij grasland op veen en grasland op rivierklei (categorie VI en VIII).

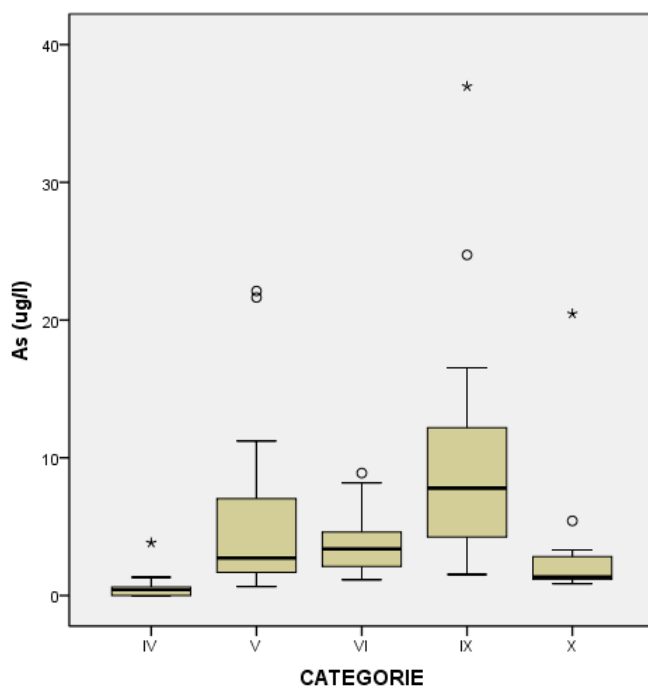
Er werden voor de categorieën onder landbouw geringe toenames verwacht tussen de eerste en derde ronde (1.4). Er zijn voor enkele categorieën tussen de eerste en derde ronde toenames gevonden voor kwik, chroom en koper. Voor zink zijn voor diverse categorieën dalingen gevonden. Het is niet mogelijk om voor de berekende veranderingen aan te geven in hoeverre deze veroorzaakt worden door werkelijke veranderingen in de bodem, en in hoeverre de veranderingen artefacten zijn, veroorzaakt door wijzigingen in locaties (bijv. bedrijfsomvang), wijze van monsternamen en analyse.

3.2.5 Toestand grondwater

Bij lood, chroom en koper zien de boxplots van de concentraties in het freatisch grondwater er onderling vergelijkbaar uit. Bij deze parameters is de concentratie onder bouwland op zand (cat. V) significant het hoogst en de concentraties onder grasland op zeeklei (cat. IX) significant het laagst. Tevens is de spreiding van de concentraties binnen grasland op zeeklei (cat. IX) kleiner dan in de overige categorieën. Voor cadmium en zink is de spreiding in concentraties onder bos op zand (cat. IV) duidelijk groter dan de overige categorieën.

Arseen onder grasland op zeeklei (cat. IX) is significant hoger dan de overige categorieën. De cadmiumconcentratie in het grondwater onder grasland op zeeklei, grasland op veen en bouwland op zand (resp. cat. IX, VI en V) is significant lager dan onder vollegrondsgroenteteelt en bos (cat. X en IV).

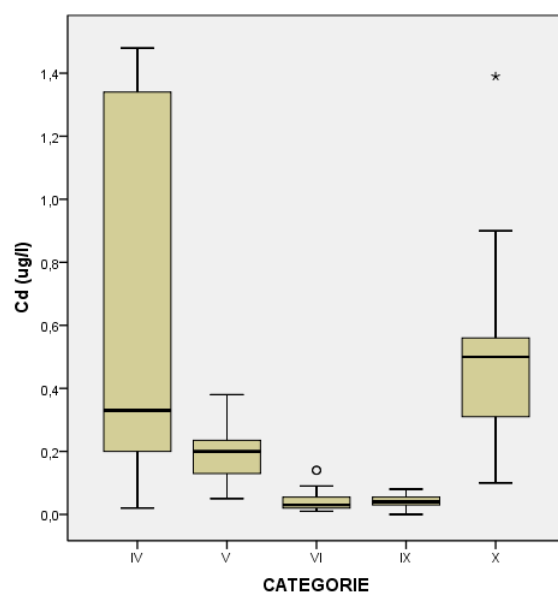
De nikkelconcentratie is significant het hoogst onder vollegrondsgroenteteelt (cat. X) en significant het laagst onder grasland op zeeklei en grasland op veen (cat. IX en VI).



Figuur 3.43 Arseenconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.47 Gemiddelde arseenconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

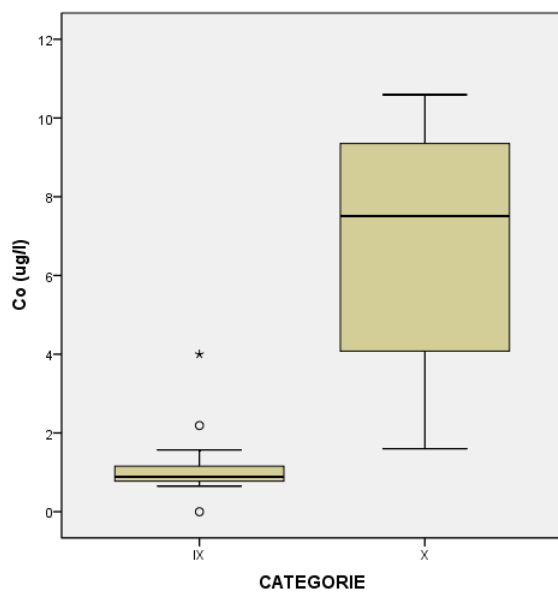
categorie	gemid.	verschil
IV	0.589	a
X	3.390	a b
VI	3.766	a b
V	5.517	. b
IX	10.058	. . c



Figuur 3.44 Cadmiumconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.48 Gemiddelde cadmiumconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

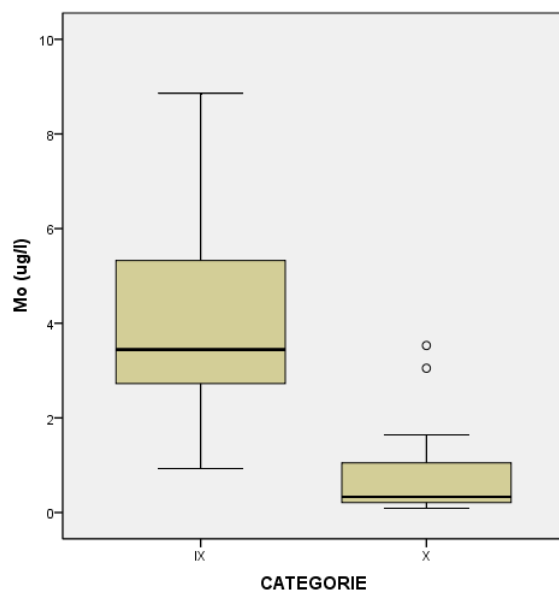
categorie	gemid.	verschil
IX	0.0425	a
VI	0.0430	a
V	0.1847	a
X	0.5062	. b
IV	0.6613	. b



Figuur 3.45 Kobaltconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.49 Gemiddelde kobaltconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

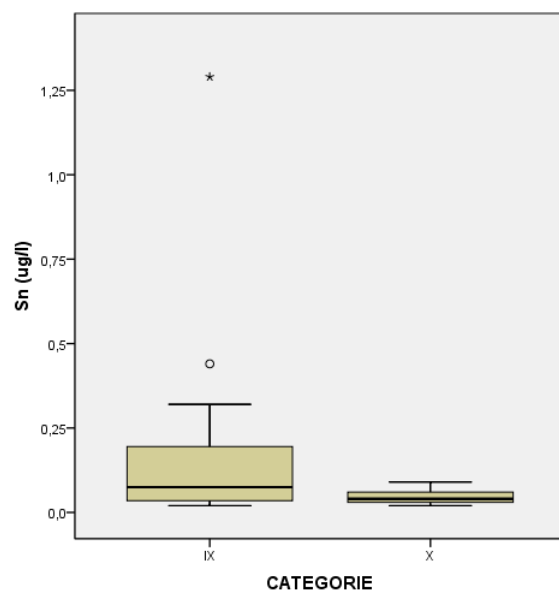
categorie	gemid.	verschil
IX	1.110	a
X	6.798	. b



Figuur 3.46 Molybdeenconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.50 Gemiddelde molybdeenconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

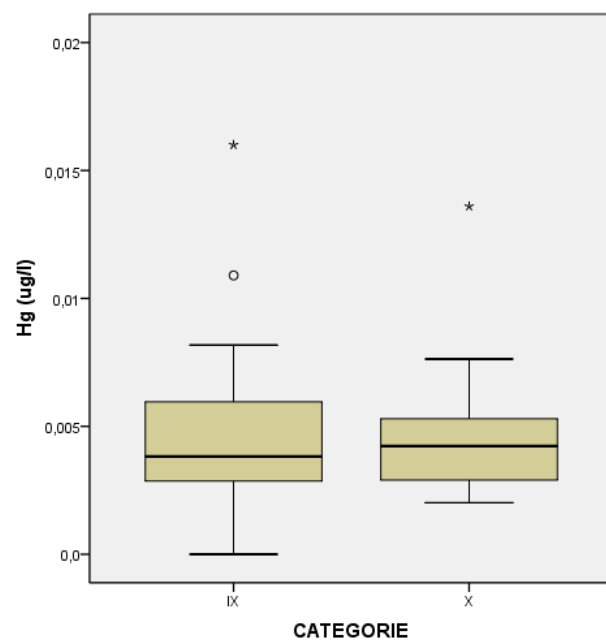
categorie	gemid.	verschil
X	0.900	a
IX	3.921	. b



Figuur 3.47 Tinconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.51 Gemiddelde tinconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

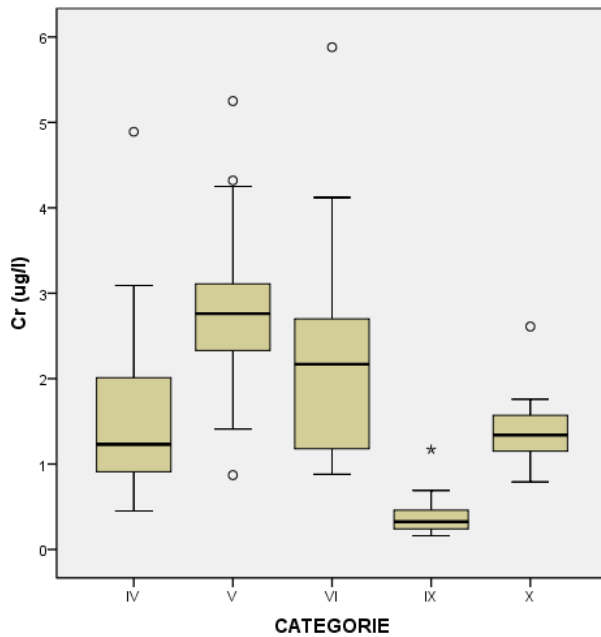
categorie	gemid.	verschil
X	0.0462	a
IX	0.1770	a



Figuur 3.48 Kwikconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.52 Gemiddelde kwikconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

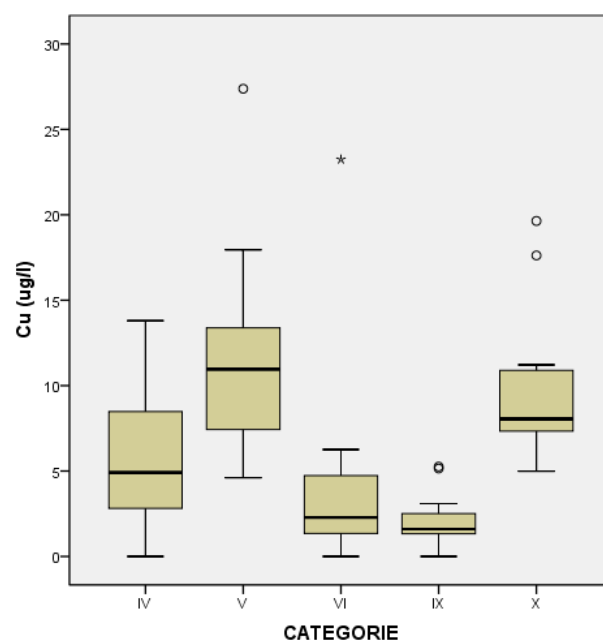
categorie	gemid.	verschil
X	0.004903	a
IX	0.004934	a



Figuur 3.49 Chroomconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.53 Gemiddelde chroomconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

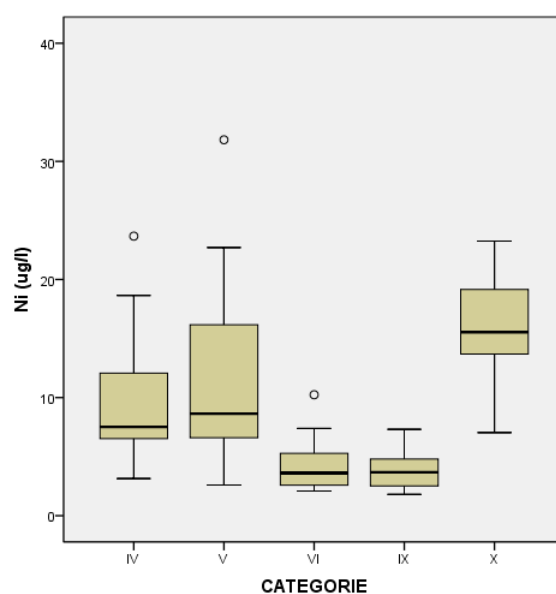
categorie	gemid.	verschil
IX	0.377	a
X	1.415	. b
IV	1.641	. b c
VI	2.184	. . c
V	2.839	. . . d



Figuur 3.50 Koperconcentratie (µg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.54 Gemiddelde koperconcentratie (µg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

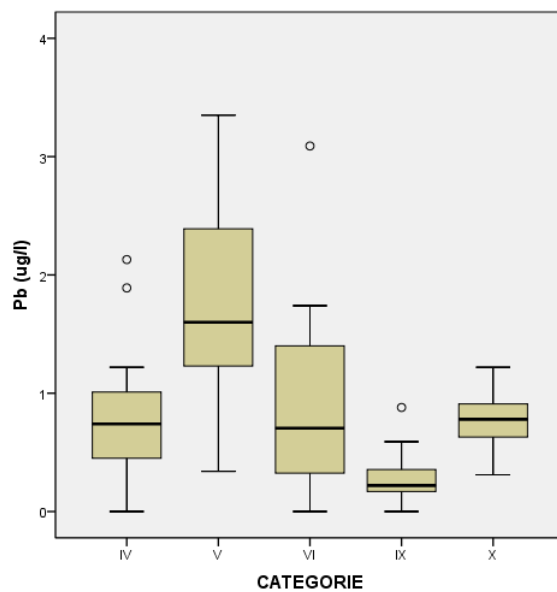
categorie	gemid.	verschil
IX	1.942	a
VI	3.690	a b
IV	5.601	. b
X	9.616	. . c
V	11.239	. . c



Figuur 3.51 Nikkelconcentratie (µg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.55 Gemiddelde nikkelconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

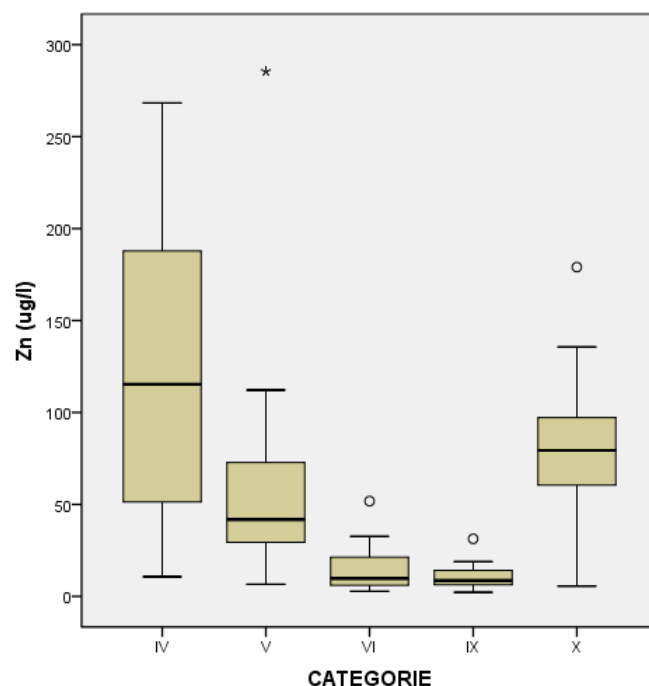
categorie	gemid.	verschil
IX	3.732	a
VI	4.223	a
IV	9.808	. b
V	11.975	. b
X	15.740	. . c



Figuur 3.52 Loodconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.56 Gemiddelde loodconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IX	0.2495	a
X	0.7646	. b
IV	0.8133	. b
VI	0.8895	. b
V	1.8237	. . c



Figuur 3.53 Zinkconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.57 Gemiddelde zinkconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
Zn gw		
IX	10.54	a
VI	14.85	a
V	59.92	. b
X	82.86	. b
IV	121.57	. . c

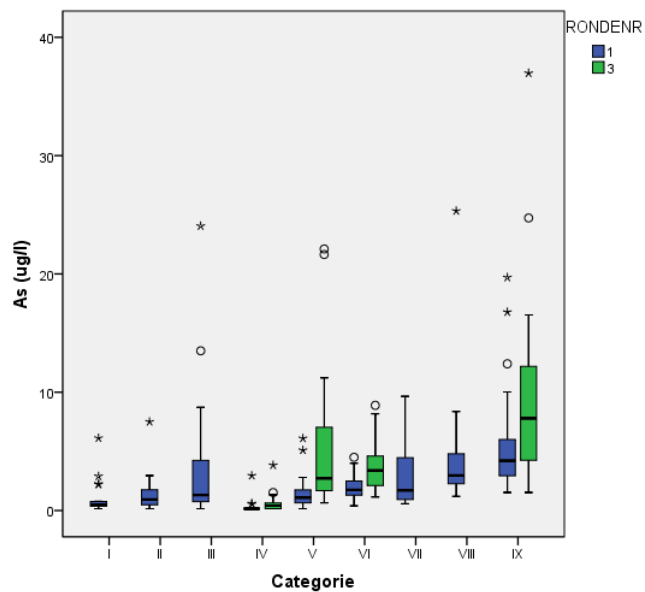
3.2.6 Verandering grondwater

Arseen

In drie van de vier categorieën zijn in het grondwater significant stijgende trends zichtbaar: bouwland op zand, grasland op veen en grasland op zeeklei (cat. V, VI en IX). De resultaten zijn weergegeven in Tabel 3.58 en Figuur 3.54.

Tabel 3.58 Gemiddelde verandering van de concentratie van arseen uitgedrukt in $\mu\text{g/l}$ in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	0,30	
V	15	4,42	*
VI	15	1,90	**
IX	15	5,93	**



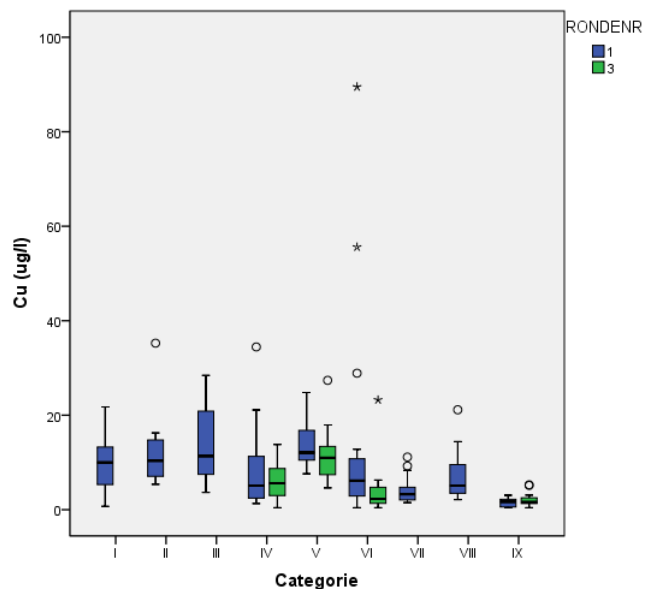
Figuur 3.54 Arseenconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Koper

In het grondwater zijn er voor koper geen significante veranderingen (Tabel 3.59 en Figuur 3.55).

Tabel 3.59 Gemiddelde verandering van de concentratie van koper uitgedrukt in $\mu\text{g/l}$ in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-1,33	
V	15	-1,54	
VI	15	-12,74	
IX	15	0,67	



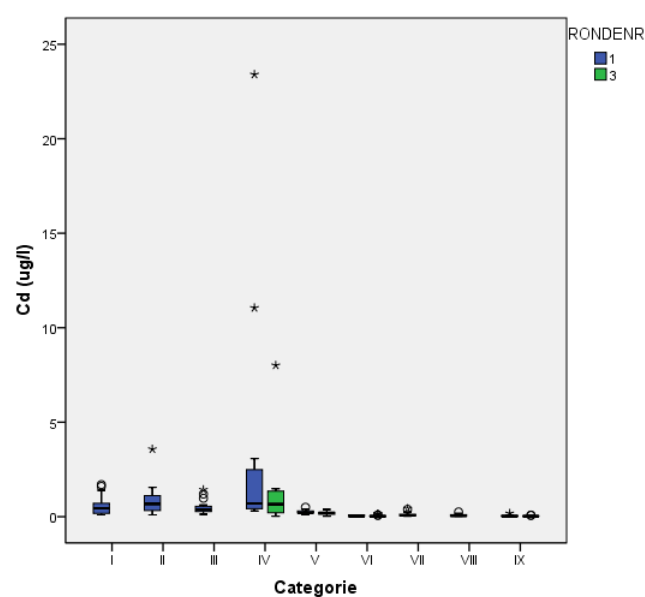
Figuur 3.55 Koperconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Cadmium

In het grondwater van bouwland op zand (cat. V) is een significante afname zichtbaar (zie Tabel 3.60 en Figuur 3.56).

Tabel 3.60 Gemiddelde verandering van de concentratie van cadmium uitgedrukt in $\mu\text{g/l}$ in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-1,27	
V	15	-0,07	***
VI	15	-0,01	
IX	15	-0,01	



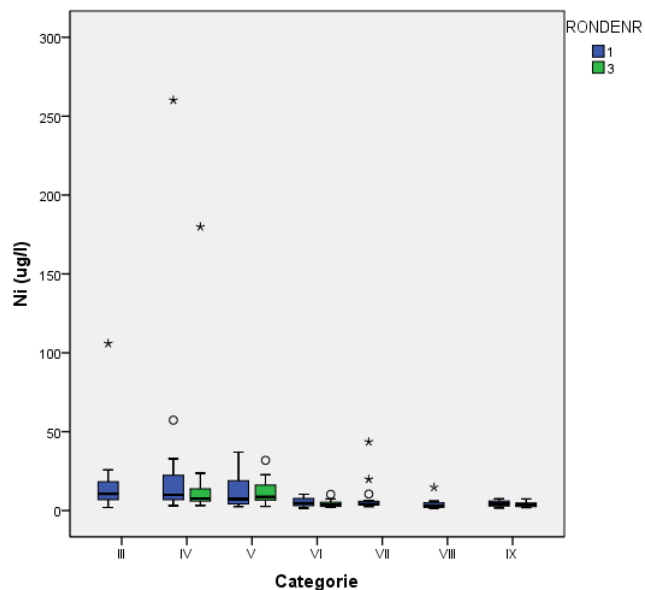
Figuur 3.56 Cadmiumconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Nikkel

In het grondwater van grasland op veen (cat. VI) is een significante afname zichtbaar (Tabel 3.61 en Figuur 3.57).

Tabel 3.61 Gemiddelde verandering van de concentratie van nikkel uitgedrukt in $\mu\text{g/l}$ in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-6,58	
V	15	-0,91	
VI	15	-1,60	*
IX	15	-0,35	



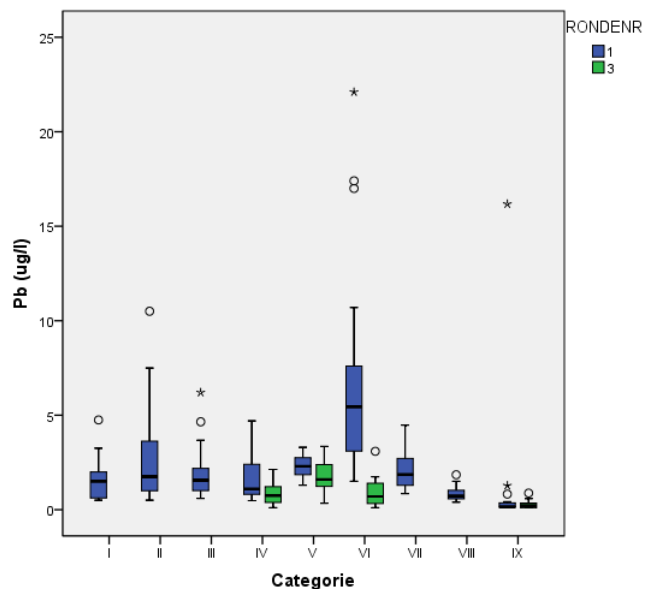
Figuur 3.57 Nikkelconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Lood

In het grondwater is een significante afname zichtbaar onder bos op zand en grasland op veen (cat. IV en VI) (Tabel 3.62 en Figuur 3.58).

Tabel 3.62 Gemiddelde verandering van de concentratie van lood uitgedrukt in $\mu\text{g/l}$ in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-0,63	*
V	15	-0,35	
VI	15	-6,59	***
IX	15	-1,11	



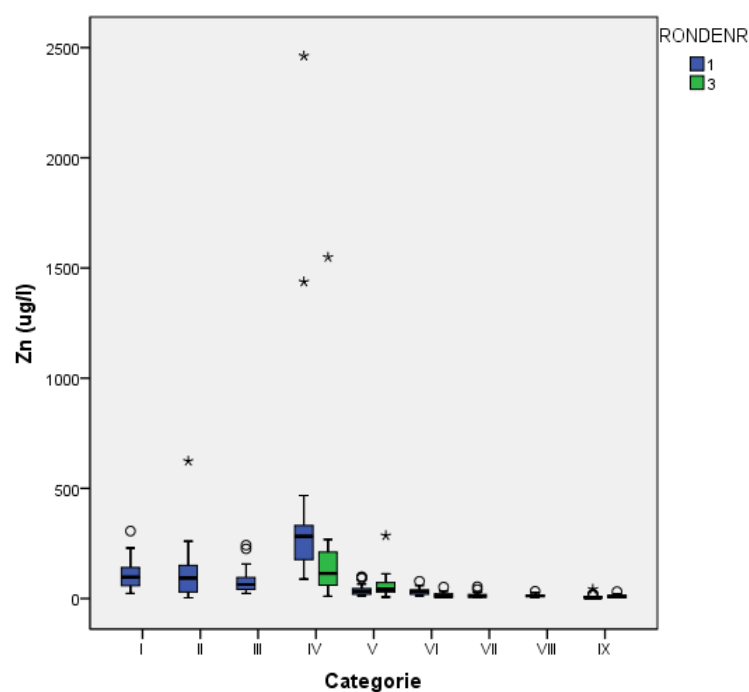
Figuur 3.58 Loodconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Zink

In het grondwater vindt er voor zink een significante daling plaats in bos op zand en in grasland op veen (cat. IV en VI) (Tabel 3.63 en Figuur 3.59).

Tabel 3.63 Gemiddelde verandering van de concentratie van zink uitgedrukt in $\mu\text{g/l}$ in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-172,18	**
V	15	21,05	
VI	15	-18,66	***
IX	15	1,47	



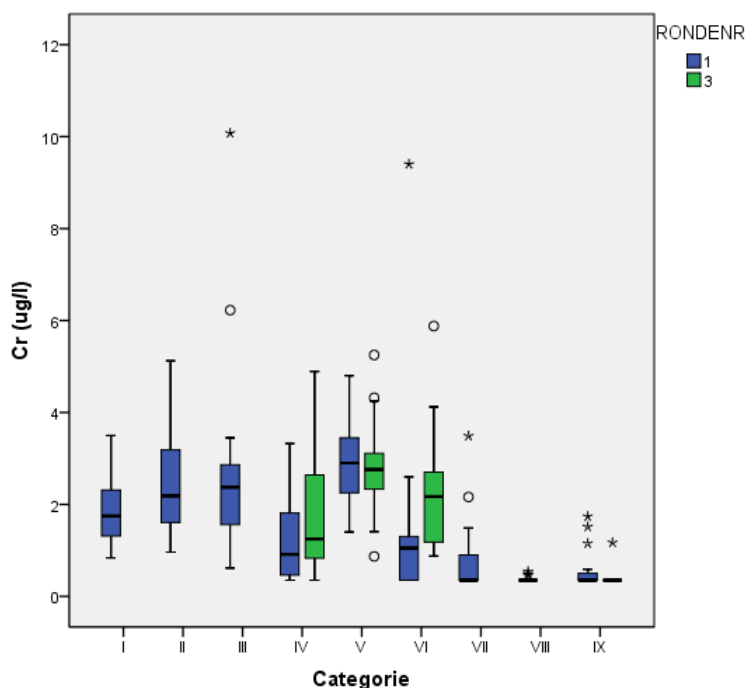
Figuur 3.59 Zinkconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Chroom

In het grondwater, onder bos op zand (cat. IV), stijgt de chroomconcentratie significant (Tabel 3.64 en Figuur 3.60).

Tabel 3.64 Gemiddelde verandering van de concentratie van chroom uitgedrukt in $\mu\text{g/l}$ in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	gemiddelde	kans
IV	18	0,48	*
V	15	0,04	
VI	15	0,53	
IX	15	-0,20	



Figuur 3.60 Chroomconcentratie ($\mu\text{g/l}$) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

3.2.7 Conclusie zware metalen grondwater

Voor de toestand van de zware metalen in grondwater zijn geen opmerkelijke waarden aangetroffen. Bij lood, chroom en koper zien de boxplots van de concentraties in het freatisch grondwater er onderling vergelijkbaar uit. Bij deze parameters is de concentratie onder bouwland op zand (cat. V) significant het hoogst en de concentraties onder grasland op zeeklei (cat. IX) significant het laagst.

Als we kijken naar de veranderingen van zware metalen in grondwater, valt op dat de concentratie van Pb en Zn onder bos afneemt. Mogelijk is dit gerelateerd aan de afname van verzuring en stijging in pH (3.1.4). Ook valt op dat bij categorie VI een significante afname is in het grondwater van nikkel, lood en zink.

3.3 Nutriënten

3.3.1 Inleiding

Stikstof

Stikstof in de bodem is aanwezig in organische en anorganische vorm. Het grootste deel van de stikstof in de bodem komt voor in organische structuren zoals in aminozuren. Bij afbraak (mineralisatie) van organisch stof komt stikstof primair in de vorm van ammonium (NH_4) vrij. Ammonium kan door planten worden opgenomen, door microben worden geïmmobiliseerd en door kleimineralen worden gefixeerd. Het merendeel van de uit de organisch stof vrijgekomen ammonium wordt door chemoautotrofe bacteriën onder aerobe omstandigheden geoxideerd naar nitraat via het nitrificatieproces. Nitraat is goed opneembaar voor planten, maar kan ook gemakkelijk uitspoelen. Onder anaerobe omstandigheden kan nitraat door denitrificerende bacteriën

omgezet worden in N_2O en N_2 en zo verdwijnen in de atmosfeer. De nitraatconcentratie in het grondwater wordt beïnvloed door de mate waarin denitrificatie optreedt.

Bij bemesting van de bodem met stikstof wordt over het algemeen een grotere hoeveelheid toegediend dan door het gewas kan worden opgenomen. Dit overschot kan worden vastgelegd, denitrificeren, uitspoelen of vervluchtigen. De mate van uitspoeling van stikstof uit de bouwvoor is afhankelijk van een groot aantal factoren, zoals de grootte van de stikstofgift, de wijze en het tijdstip van toediening, het bodemgebruik, de grondwaterstand, het bodemtype, de gewasopname en het neerslagoverschot.

Fosfor

Fosfor komt zowel in organische als in anorganische vorm voor. Organische fosfor komt via bladafval en andere plantaardige en dierlijke resten in de grond. Bij mineralisatie van organisch stof komt fosfor vrij als fosfaat. Fosfaat is relatief immobiel. Er zijn verschillende processen die ervoor zorgen dat fosfaat snel vastgelegd kan worden in de bodem. Ten eerste worden (negatief geladen) fosfaationen gemakkelijk geadsorbeerd door (positief geladen) ijzer- en aluminium (hydr)oxiden en kleimineralen. De hoeveelheid fosfaat die in de bodem gebonden wordt, is afhankelijk van het gehalte aan ijzer- en aluminiumoxiden in de bodem. Dit adsorptieproces speelt met name bij lage pH. Ook slaat fosfaat gemakkelijk neer, met name in zuur milieu, in de vorm van (slecht oplosbare) aluminium-, ijzer- en calciumfosfaten. Ten slotte kan fosfaat geïmmobiliseerd worden door microben.

Bij gebruik van fosfaathoudende meststoffen zal het toegediende fosfaat dan ook grotendeels accumuleren in de bouwvoor. Als de bouwvoor verzadigd raakt, kan het verzadigde fosfaatfront zich verplaatsen naar diepere bodemlagen. Uiteindelijk kan fosfaat uitspoelen via het grondwater. Ook kan fosfaat verloren gaan wanneer het gebonden zit aan kleine bodemdeeltjes en oppervlakkig over het maaiveld afspoelt naar sloten.

Kalium

Kalium is naast stikstof en fosfaat een van de drie belangrijkste nutriënten voor gewassen. Kalium komt van origine vooral voor als onderdeel van mineralen zoals veldspaten en mica's. Door verwerking van deze mineralen kan kalium in oplossing komen en zo beschikbaar komen voor gewassen. Tevens wordt kalium via meststoffen aangevoerd. Kalium zit wat betreft mobiliteit tussen nitraat (mobiel) en fosfaat (relatief immobiel) in. Het positief geladen kaliumion kan aan negatief geladen wanden van kleimineralen en aan negatief polaire organisch stof gebonden worden.

3.3.2

Toestand bodem

Pw

De hoogste Pw-getallen zijn zoals verwacht aangetroffen onder landbouw, namelijk onder grasland/maïs met intensieve veehouderij op zand (cat. III) en vollegrondsgroenteteelt op zand (cat. X). De laagste Pw-getallen zijn aangetroffen bij categorie VIII, IV, VII en VI. Van categorie IV, bos op zand, ligt dit in de lijn der verwachting. Uit de

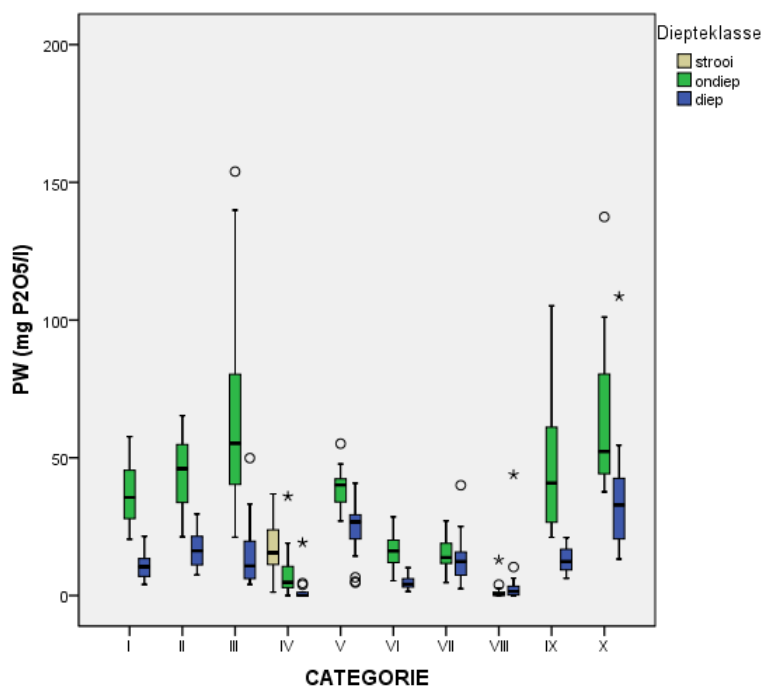
kwakeitscontrole van de bodemdata (paragraaf 2.5.3) bleek eerder dat het Pw-getal voor met name de categorieën VII en VIII duidelijk aan de lage kant is in vergelijking met voorgaande jaren.

P-AI

De hoogste P-AI waarden zijn, zoals verwacht werd, aangetroffen onder landbouw, namelijk onder grasland/maïs met intensieve veehouderij op zand (cat. III) en vollegrondsgroenteteelt op zand (cat. X). De laagste P-AI waarden zijn zoals verwacht aangetroffen onder bos (cat. IV). Voor alle categorieën is de P-AI in de bovengrond hoger dan in de ondergrond.

P-totaal

Verwacht wordt dat relatief lage P-totaal-gehalten voorkomen bij zandgronden, en relatief hoge bij veengronden (door organisch gebonden P) en kleigronden (bijvoorbeeld via mariene afzettingen). Dit wordt in grote lijnen bevestigd door de meetresultaten. Onder grasland op veen (cat. VI) is de spreiding in concentraties het grootst en worden de hoogste concentraties aangetroffen. Voor alle categorieën is de concentratie van P-totaal in de bovengrond hoger dan in de ondergrond.



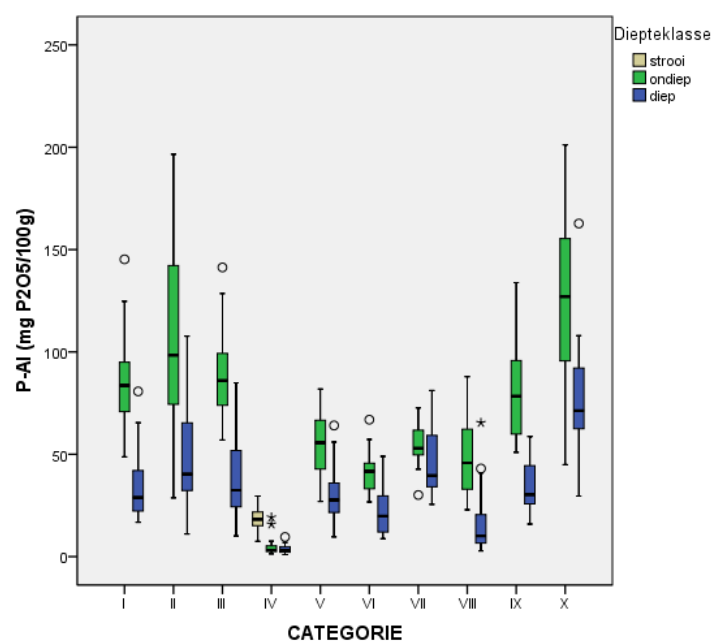
Figuur 3.61 Pw-gehalte (mg P₂O₅/l) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.65 Gemiddelde Pw-concentratie (P_2O_5/l) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
VIII	1.39	a
IV	8.19	a b
VII	15.22	. b
VI	16.16	. b
I	36.80	. . c
V	38.68	. . c
IX	45.02	. . c
II	45.22	. . c
III	65.37	. . . d
X	65.48	. . . d

Tabel 3.66 Gemiddelde Pw-concentratie (P_2O_5/l) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	1.78	a
VIII	4.22	a
VI	4.76	a
I	11.20	. b
VII	12.86	. b
IX	12.89	. b
III	14.72	. b
II	16.78	. b
V	23.91	. . c
X	37.49	. . . d



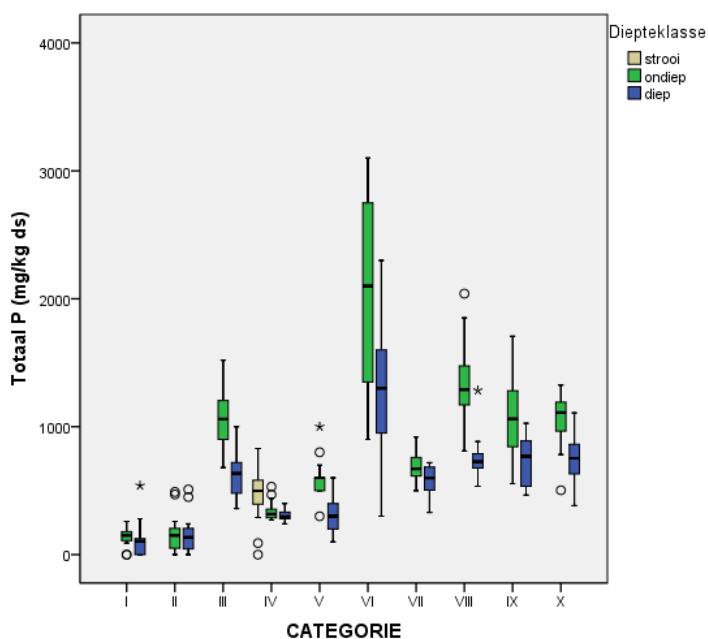
Figuur 3.62 P-Al-gehalte (mg $P_2O_5/100g$) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.67 Gemiddelde P-Al-concentratie ($P_2O_5/100g$) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	4.98	a
VI	41.40	. b
VIII	48.58	. b
VII	54.92	. b
V	56.40	. b
IX	80.47	. . c
I	84.83	. . c
III	88.92	. . c
II	106.55	. . . d
X	125.57	 e

Tabel 3.68 Gemiddelde P-Al-concentratie ($P_2O_5/100g$) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	3.67	a
VIII	16.94	. b
VI	21.71	. b c
V	30.78	. . c d
IX	35.02	. . . d
I	35.05	. . . d
III	39.10	. . . d e
VII	46.58	 e
II	48.68	 e
X	78.36	 f



Figuur 3.63 P-totaal (mg/kg ds) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.69 Gemiddelde P-totaal-concentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
I	142.0	a
II	157.0	a b
IV	335.4	. b
V	594.7	. . c
VII	691.0	. . c
III	1053.0	. . . d
X	1061.3	. . . d
IX	1067.7	. . . d
VIII	1357.5	 e
VI	2055.0	 f

Tabel 3.70 Gemiddelde P-totaal-concentratie (mg/kg ds) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
I	113.0	a
II	150.5	a
V	300.0	. b
IV	311.3	. b
VII	584.4	. . c
III	646.5	. . c d
IX	729.6	. . . d
VIII	749.3	. . . d
X	780.0	. . . d
VI	1305.0	 e

3.3.3

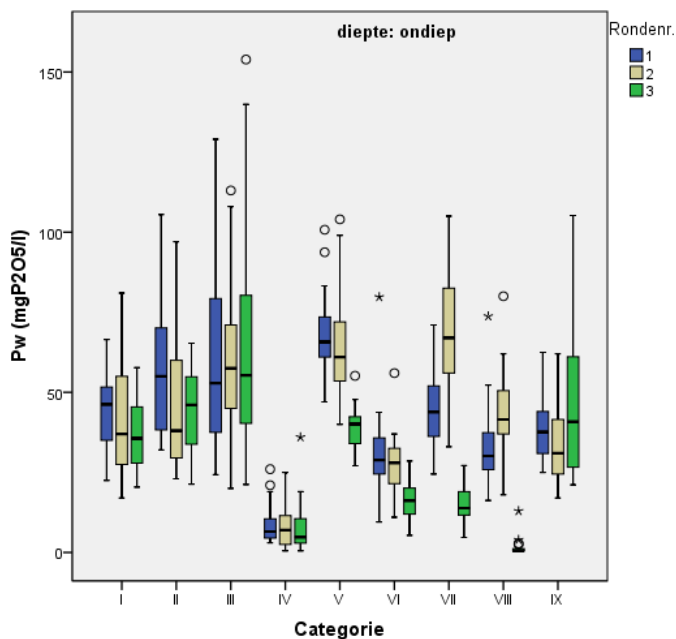
Verandering bodem

Pw

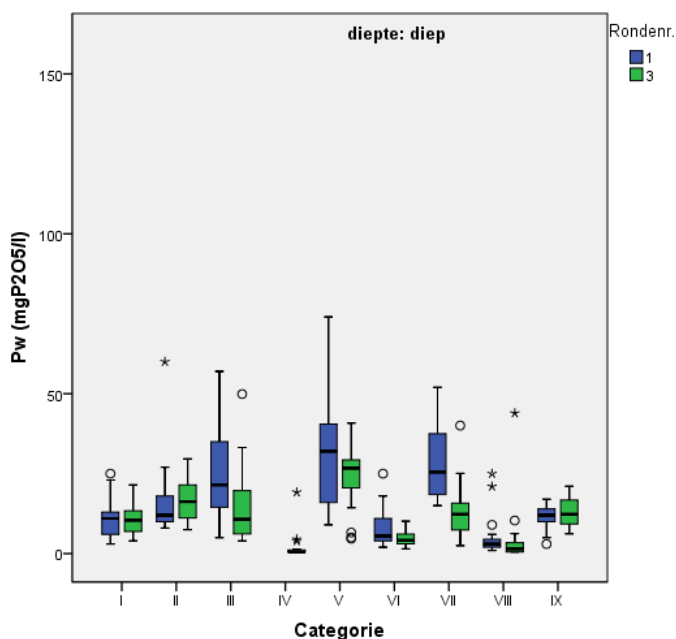
In de bovengrond worden in grasland/maïs met lage en hoge veedichtheid op zand, bouwland op zand, grasland op veen, bouwland op zeeklei en grasland op zeeklei (cat. I, II, V, VI, VII, VIII) significante dalingen aangetroffen die in ordegrootte onwaarschijnlijk zijn (Tabel 3.71). De resultaten van de tweede ronde (zie Figuur 3.64) tonen een stijgende concentratie in plaats van een dalende concentratie. De Pw-resultaten van de derde ronde worden onbetrouwbaar geacht.

Tabel 3.71 Gemiddelde verandering van de concentratie van Pw uitgedrukt in mg P₂O₅/l in dertien jaar in de boven- en ondergrond per categorie.

cat	ondiep				diep		
	N	verandering	kans		N	verandering	kans
I	14	-8,83	***		14	0,27	
II	7	-7,94	*		6	1,63	
III	14	-8,90			14	-13,37	**
IV	20	-0,71					
V	15	-31,15	****		15	-9,97	*
VI	15	-13,60	****		15	-3,55	*
VII	13	-29,46	****		13	-10,80	****
VIII	18	-29,95	****		18	0,10	
IX	15	7,20			15	2,18	



Figuur 3.64 Pw (mg P₂O₅/l) in de bovengrond per categorie en voor de verschillende meetronden.



Figuur 3.65 Pw (mg P₂O₅/l) in de ondergrond per categorie en voor de verschillende meetronden.

P-AI

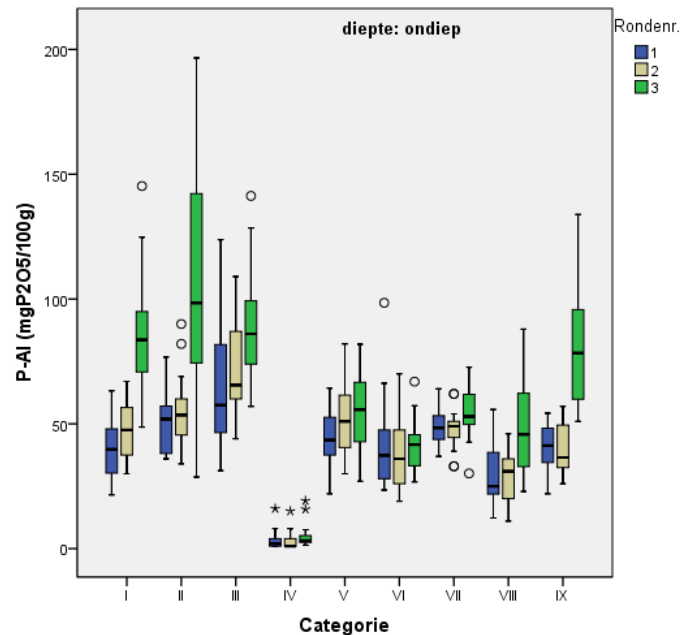
In de bovengrond worden in grasland/maïs op zandgronden, bos op zand, bouwland op zand, grasland op rivierklei en vollegrondsgroenteteelt op zand (cat. I, II, III, IV, V, VIII, IX) significante stijgingen aangetroffen (Tabel 3.72). De resultaten van de tweede ronde tonen voor de categorieën I, II, III, V en VIII deze stijging in concentratie ook, maar de stijging is minder groot (Figuur 3.66). De stijgingen zijn niet zichtbaar in categorie IV en IX.

In de ondergrond worden bij grasland/maïs met lage veedichtheid op zand, bouwland op zand, bouwland op zeeklei, grasland op rivierklei en grasland op zeeklei (cat. I, V, VII, VIII en IX) significante stijgingen aangetroffen (Figuur 3.67).

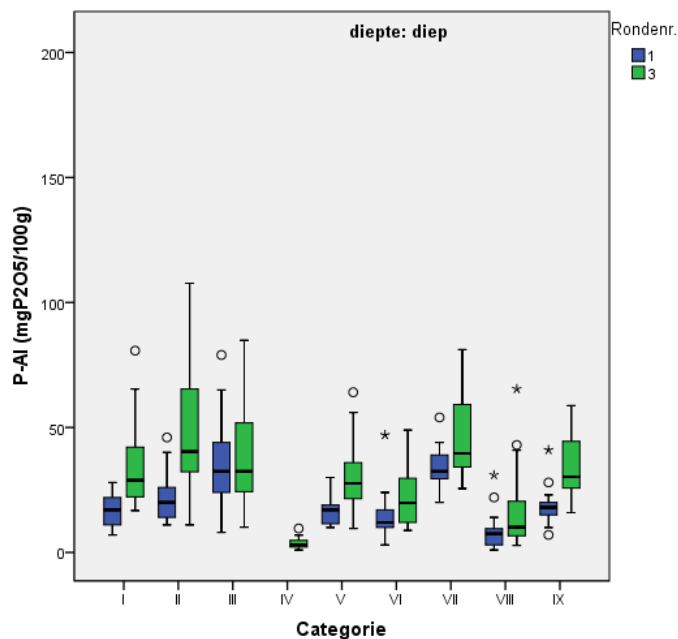
Alhoewel toename mogelijk is, is de orde grootte van de stijgingen zo groot (cat. I zelfs bijna een verdubbeling), dat ze als onbetrouwbaar worden beschouwd.

Tabel 3.72 Gemiddelde verandering van de concentratie van P-AI uitgedrukt in mg P₂O₅/100g in dertien jaar in de boven- en ondergrond per categorie.

	ondiep				diep		
cat	N	verandering	kans		N	verandering	kans
I	14	37,24	****		14	19,86	***
II	7	34,92	***		6	9,22	
III	14	20,93	****			-5,93	
IV	20	1,63	***				
V	15	9,84	**		15	10,24	**
VI	15	1,73			15	7,06	
VII	13	5,24			13	19,87	***
VIII	18	20,65	****		18	6,97	**
IX	15	39,20	****		15	16,98	***



Figuur 3.66 P-AI (mg P₂O₅/100g) in de bovengrond per categorie en voor de verschillende meetronden.



Figuur 3.67 P-Al (mg P_2O_5 /100g) in de ondergrond per categorie en voor de verschillende meetronden.

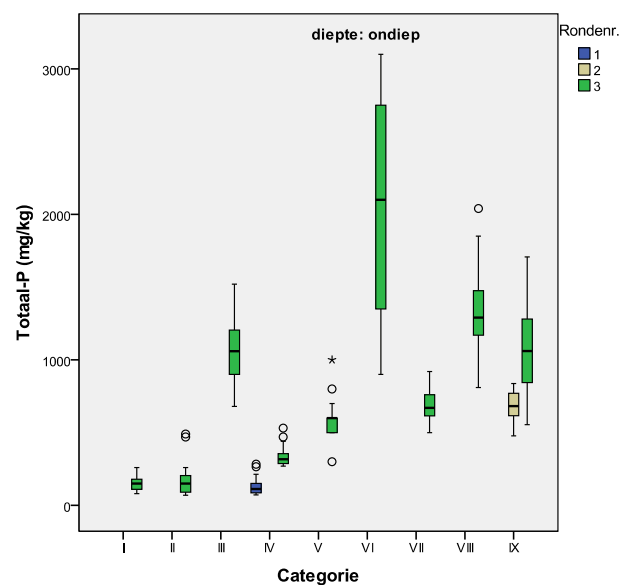
P-totaal

In de bodem zijn trends voor P-totaal berekend voor de ondergrond met uitzondering van bos op zand (cat. IV) waarvoor wel trendanalyse in de bovengrond is bepaald. In de bovengrond van bos op zand (cat. IV) is een significant stijgende P-totaal concentratie zichtbaar (zie Tabel 3.73 en Figuur 3.68).

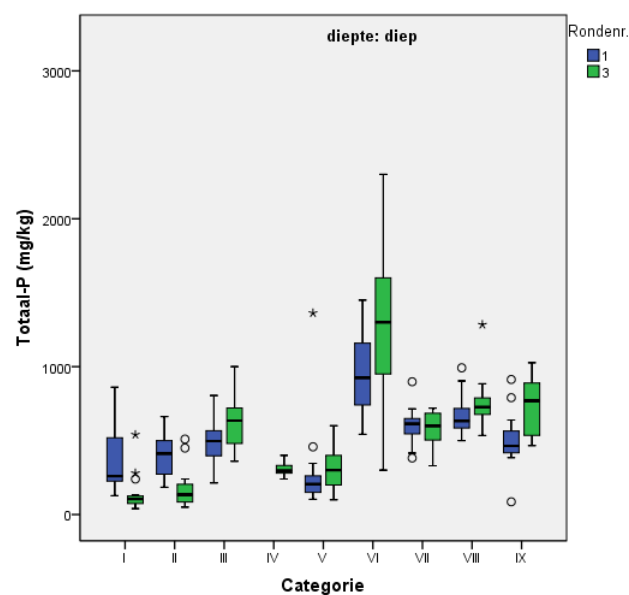
In de ondergrond zijn zowel significant stijgende als dalende trends zichtbaar (Tabel 3.73). Significante toenames zijn er in bouwland op zand, grasland op veen en grasland op zeeklei (cat. V, VI en IX) en significante afnames onder grasland/maïs met melkveehouderij met lage en hoge veedichtheid op zand (cat. I en II) (zie Figuur 3.69).

Tabel 3.73 Gemiddelde verandering van de concentratie van P-totaal uitgedrukt in mg/kg ds in dertien jaar in de boven- en ondergrond per categorie.

cat	ondiep				diep		
	N	verandering	kans		N	verandering	kans
I					14	-261,43	***
II					6	-217,00	**
III							
IV	20	205,48	****				
V					15	75,83	*
VI					15	454,82	***
VII					13	16,38	
VIII					18	54,39	
IX					15	206,47	***



Figuur 3.68 P-totaal-concentratie (mg/kg) in de bovengrond per categorie en voor de verschillende meetronden.



Figuur 3.69 P-totaal-concentratie (mg/kg) in de ondergrond per categorie en voor de verschillende meetronden.

3.3.4

Grondwater toestand

Stikstof

In de analyseresultaten van grondwater in de derde ronde blijkt dat totaal-N en nitraat een vergelijkbaar beeld tonen. Onder vollegrondsgroenteteelt op zand (cat. X) is de concentratie significant het hoogst en de spreiding in concentratie het grootst. De EU-norm voor nitraat is 50 mg/l (Kaderrichtlijn Water). Bij vollegrondsgroenten ligt de gemiddelde nitraatconcentratie een factor 4 boven de norm. De concentratie onder bouwland op zand (cat. V) is lager, maar ook significant hoger dan de overige categorieën. Onder bos op zand

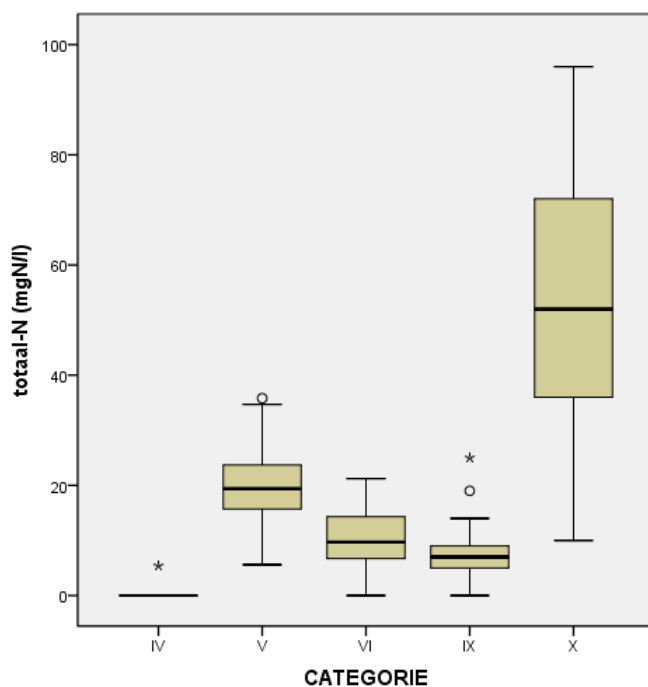
(cat. IV) wordt geen of weinig ammonium en totaal-N aangetroffen. Het grondwater onder grasland op veen (cat. VI) bevat geen nitraat. De ammoniumconcentratie en de spreiding zijn in deze categorie significant het hoogst van alle categorieën.

Fosfor

Op enkele uitschieters na bevat alleen het grondwater onder grasland op zeelei (cat. IX) ortho-P. De P-totaal-concentratie in het freatische grondwater is hoger. Met uitzondering van bos op zand (cat. IV) wordt in alle categorieën P-totaal aangetroffen. Onder grasland op zeelei en grasland op veen (cat. IX en VI) is de P-totaal-concentratie significant hoger dan onder de overige drie categorieën.

Kalium

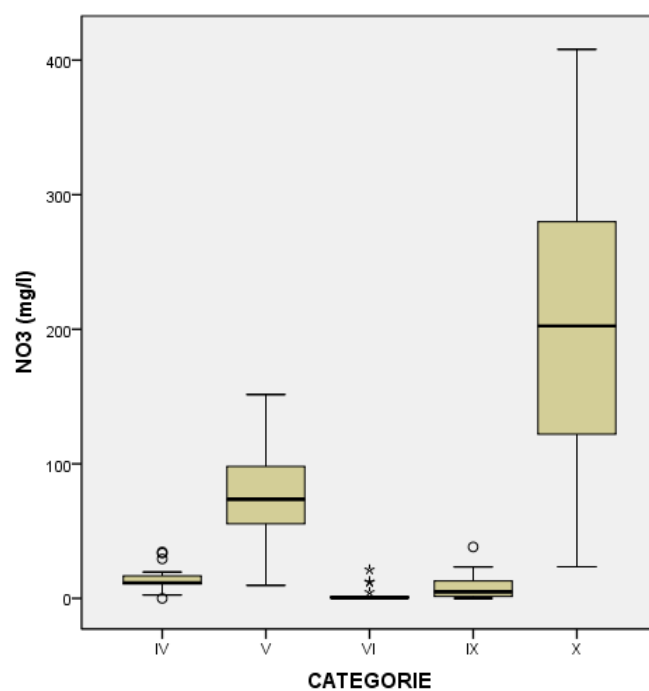
Onder bos op zand, grasland op veen en bouwland op zand (cat. IV, VI en V) is de kaliumconcentratie significant het laagst. De kaliumconcentratie onder grasland op zeelei (cat. IX) is significant hoger dan deze drie categorieën en onder vollegrondsgroenteteelt (cat. X) is de kaliumconcentratie significant het hoogst. Bij vollegrondsgroenteteelt op zand is de gemiddelde concentratie 53 mg/l en varieert de concentratie van 15 tot 115 mg/l.



Figuur 3.70 Totaal-N-concentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.74 Gemiddelde totaal-N-concentratie (mgN/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

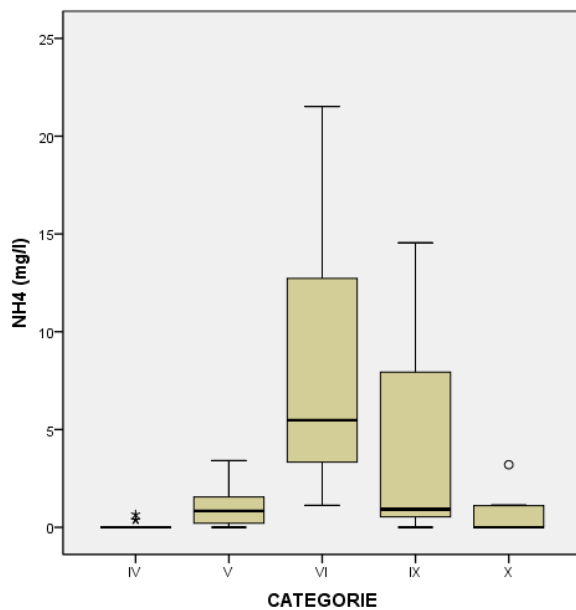
categorie	gemid.	verschil
IV	0.36	a
IX	7.55	a b
VI	10.13	. b
V	20.43	. . c
X	54.54	. . . d



Figuur 3.71 Nitraatconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.75 Gemiddelde nitraatconcentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

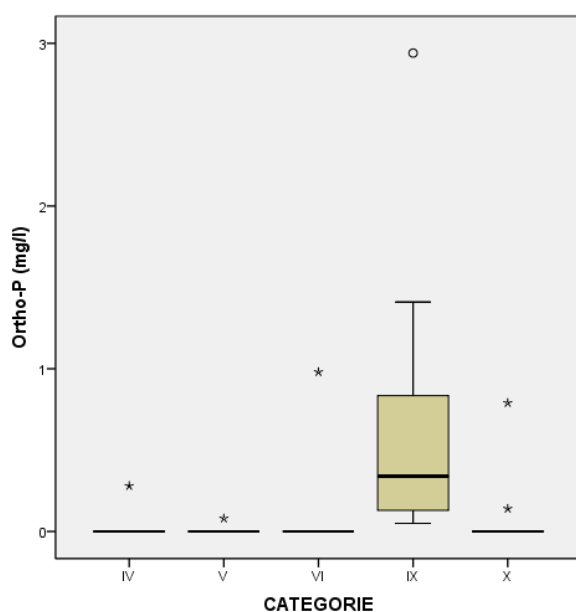
categorie	gemid.	verschil
VI	2.91	a
IX	8.74	a
IV	14.93	a
V	78.14	. b
X	215.02	. . c



Figuur 3.72 Ammoniumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.76 Gemiddelde ammoniumconcentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

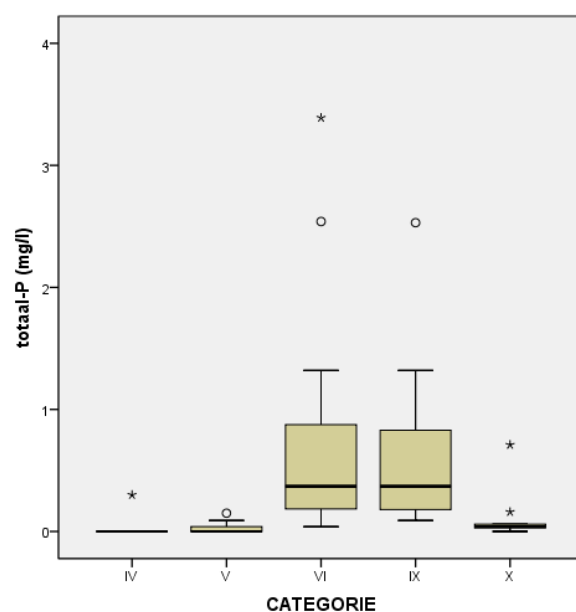
categorie	gemid.	verschil
IV	0.095	a
X	0.576	a
V	1.036	a b
IX	3.641	. b
VI	8.574	. . c



Figuur 3.73 Ortho-P-concentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.77 Gemiddelde ortho-P-concentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

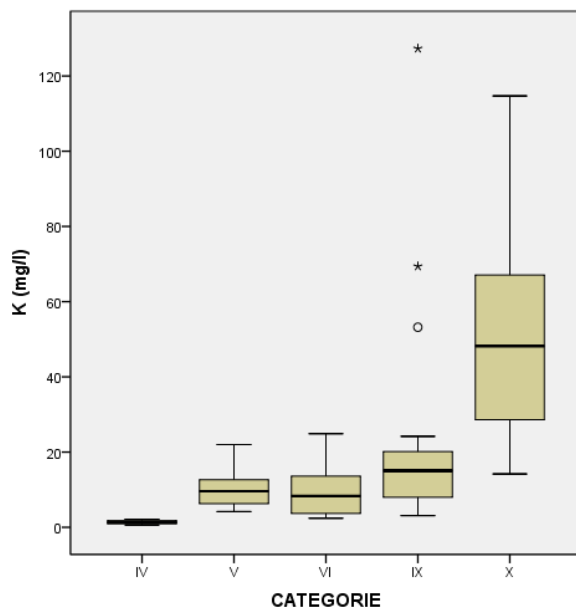
categorie	gemid.	verschil
V	0.0042	a
IV	0.0187	a
VI	0.0490	a
X	0.0715	a
IX	0.5940	. b



Figuur 3.74 P-totaal-concentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.78 Gemiddelde P-totaal-concentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	0.0200	a
V	0.0232	a
X	0.0946	a
IX	0.5805	. b
VI	0.7070	. b



Figuur 3.75 Kaliumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.79 Gemiddelde kaliumconcentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	1.36	a
VI	9.63	a
V	10.04	a
IX	23.51	. b
X	52.75	. . c

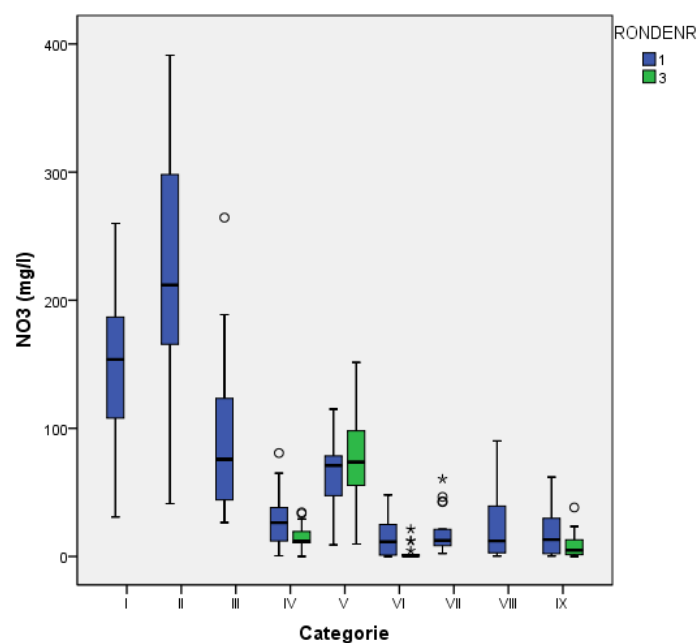
3.3.5 Verandering grondwater

Nitraat

In het grondwater is een significante afname zichtbaar onder bos op zand en grasland op veen (cat. IV en VI). De resultaten staan in Tabel 3.80 en Figuur 3.76. De daling in nitraatconcentratie bij bos op zand (cat. IV) kan verklaard worden door de afname in depositie van verzurende en vermestende stoffen (zie bijvoorbeeld ook paragraaf 1.4 en 3.1.4).

Tabel 3.80 Gemiddelde verandering van de concentratie van nitraat uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-10,24	*
V	15	12,23	
VI	15	-13,01	**
IX	15	-7,77	



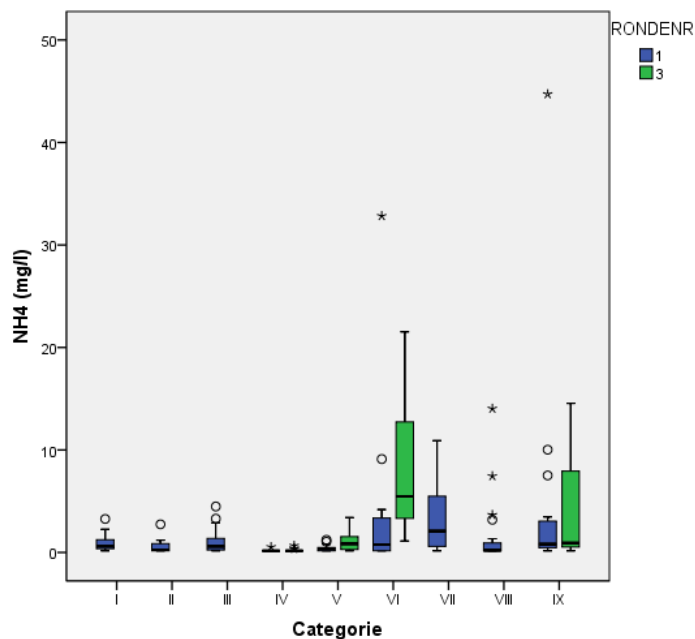
Figuur 3.76 Nitraatconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Ammonium

In het grondwater is een significante toename zichtbaar onder bouwland op zand en grasland op veen (cat. V en VI). De resultaten staan in Tabel 3.81 en Figuur 3.77.

Tabel 3.81 Gemiddelde verandering van de concentratie van ammonium uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	0,03	
V	15	0,54	*
VI	15	5,94	*
IX	15	-2,08	



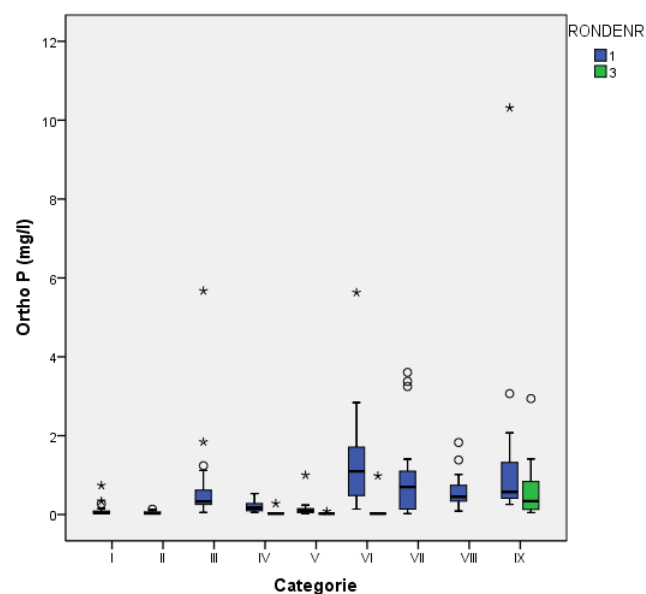
Figuur 3.77 Ammoniumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Ortho-P

In het grondwater is een significante afname zichtbaar onder bos op zand, bouwland op zand en grasland op veen (cat. IV, V en VI). De resultaten staan in Tabel 3.82 en Figuur 3.78.

Tabel 3.82 Gemiddelde verandering van de concentratie van ortho-P uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-0,17	****
V	15	-0,07	**
VI	15	-1,06	****
IX	15	-1,01	



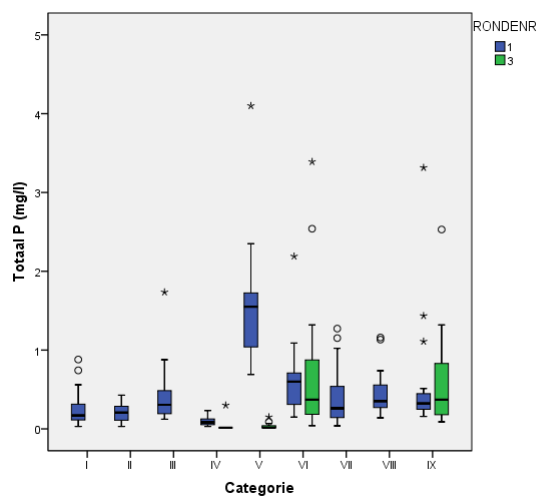
Figuur 3.78 Ortho-P-concentratie (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

P-totaal

In het grondwater is een significante afname van P-totaal zichtbaar onder bos op zand en bouwland op zand (cat. IV en V) (Figuur 3.79 en Tabel 3.83).

Tabel 3.83 Gemiddelde verandering van de concentratie van P-totaal uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-0,07	***
V	15	-1,35	****
VI	15	0,10	
IX	15	4,08E-03	



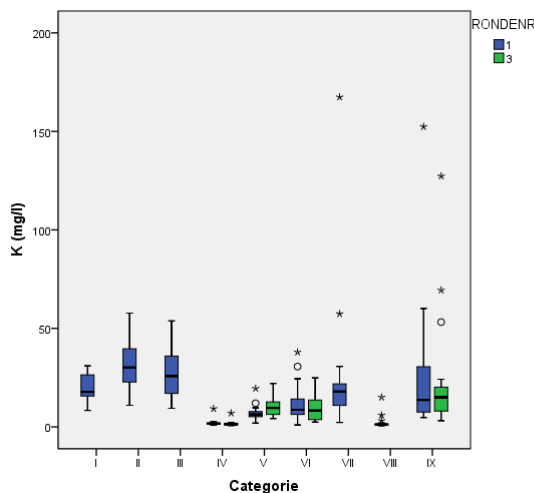
Figuur 3.79 P-totaal concentratie (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Kalium

In het grondwater is een significante afname zichtbaar onder bos op zand en grasland op zeeklei (cat. IV en IX). Dit ligt voor categorie IV in de lijn der verwachting: door afname van de verzurende depositie kon de pH stijgen (zie paragraaf 3.1.4) en lossen minder kationen op. De resultaten staan in Tabel 3.84 en Figuur 3.80.

Tabel 3.84 Gemiddelde verandering van de concentratie van kalium uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-0,46	**
V	15	1,05	
VI	15	-0,75	
IX	15	-7,00	*



Figuur 3.80 Kaliumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

3.3.6 Conclusie nutriënten bodem en grondwater

Verwacht werd dat N, P en K door de netto aanvoer van nutriënten naar landbouwgronden stijgende trends kunnen vertonen voor de gronden onder landbouw (paragraaf 1.4). De dalingen in Pw en stijgingen in P-Al die gevonden zijn in de bodem, zijn echter dusdanig groot, dat ze als onwaarschijnlijk worden beschouwd. Er is geen verklaring voor gevonden. Mogelijk is er sprake van een onbedoelde verandering in monsternamen of analysetechniek.

In grondwater zijn dalingen in nitraat en kalium aangetroffen bij bos op zand (cat. IV). Dit kan verklaard worden door de afname in depositie van verzurende en vermestende stoffen.

3.4 Diversen

3.4.1 Inleiding

IJzer

IJzer is een belangrijk bestanddeel van de vaste fase. Het komt veelvuldig voor in silicaatmineralen en ijzer(hydr)oxides. Het merendeel van het in de bodem aanwezige ijzer is niet oplosbaar en daardoor niet door planten opneembaar. IJzergebrek in gewassen doet zich vooral voor op carbonaatrijke vochtige gronden met een hoge pH. IJzergebrek is meestal geen gevolg van een absoluut tekort aan ijzer. Hierdoor heeft bemesting met ijzer geen zin; ijzer wordt dan direct geïmmobiliseerd in allerlei verbindingen (De Goffau et al, 2010).

Natrium

Natrium is een veelvoorkomend ion in het grondwater. Het is net als chloride zeer goed oplosbaar en met name in kleirijke mariene gronden aanwezig. Hier heeft een overmaat aan natrium een negatief effect op de structuur van een bodem. De overmaat aan natriumionen kan dan de tweewaardige calciumionen verdrijven die gecomplexeerd zitten aan de kleimineralen. Hierbij kunnen de kleiplaatjes dispergeren.

Calcium

Calcium komt in de bodem voor in anorganische vorm, bijvoorbeeld in silicaten. In mariene en fluviatiele afzettingen komt het voor als kalk (CaCO_3). Calcium is goed oplosbaar en spoelt gemakkelijk uit. Tweewaardige calciumionen worden geadsorbeerd door negatief geladen kleimineralen en dragen bij aan een goede bodemstructuur. Vaak worden landbouwgronden voorafgaand aan graslandvernieuwing bemest met kalk. Verhoging van de pH kan leiden tot verbetering van de bodemstructuur, toename van N-mineralisatie, maar ook tot afname van de beschikbaarheid van ijzer.

Magnesium

Magnesium is qua gedrag vergelijkbaar met calcium, alleen zijn de gehalten in de bodem in het algemeen lager dan van calcium. Magnesium komt voor in carbonaten en silicaten, bijvoorbeeld kleimineralen. Het magnesiumion kan worden geadsorbeerd door kleimineralen en worden uitgewisseld met de bodemoplossing. Normaliter wordt er niet met magnesium bemest, omdat er voldoende beschikbaar is voor de plant. Wel kunnen meststoffen magnesium bevatten als 'bijproduct'.

Sulfaat

Evenals fosfaat komt zwavel zowel in de organische (als onderdeel van eiwitten) als in de anorganische (bijvoorbeeld als ijzersulfide in pyriet) vaste fase voor. Wanneer ijzersulfide oxideert (bijvoorbeeld bij ontwatering van mariene afzettingen), ontstaat zwavelzuur. Als er onvoldoende kalk aanwezig is om het zuur te neutraliseren, kunnen zogenaamde katekleien ontstaan: bodems waarvan de pH rond de 3 ligt. Andere mechanismen die voor aanvoer van zwavel zorgen of hebben gezorgd, zijn atmosferische depositie (inmiddels verminderd door rookgasreiniging), meststoffen, mineralisatie van organisch stof en toepassing als bestrijdingsmiddel.

Chloride

Chloride is net als natrium goed oplosbaar. De aanvoer van chloride geschiedt voornamelijk door kunstmest, dierlijke mest, atmosferische depositie en in de kustgebieden via zout kwelwater. Chloride wordt niet omgezet of gebonden in de bodem. De chlorideconcentratie is een indicatie voor de saliniteit: bij kwel van zout water zal de concentratie hoog zijn. De aanwezigheid van chloride in grondwater is in principe geen probleem.

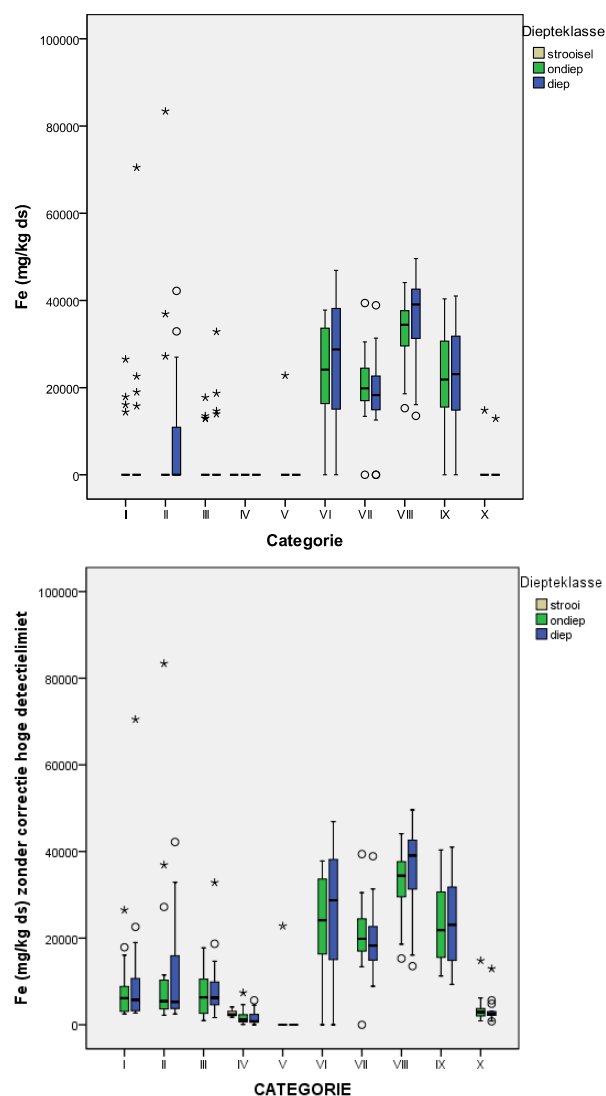
3.4.2

Toestand bodem

IJzer

Voor ijzer zijn twee boxplots gemaakt: een waarvoor gecorrigeerd is voor de hoogste rapportagegrens (11600 mg/kg) (bovenste figuur van Figuur 3.81) en een waarbij deze hoogste rapportagegrens is genegeerd en gecorrigeerd is naar de een na hoogste grens (onderste figuur van Figuur 3.81). Achteraf zijn er door het laboratorium alsnog Fe-concentraties opgeleverd onder de rapportagegrens van 11600 mg/kg. Deze data hebben we echter niet meer in deze rapportage kunnen verwerken. Alleen de onderste figuur wordt besproken, aangezien deze de meeste informatie over de toestand van de verschillende categorieën bevat.

Onder zandgronden (cat. I t/m V en X) liggen de ijzerconcentraties lager dan onder veen en kleigronden (cat. VI en VII t/m IX). Wel worden de extreme waarden ('uitschieters') onder zandgronden aangetroffen. Onder de grasland/maïs op zandgronden (cat. I t/m III) is de maximum concentratie in de bovengrond 83400 mg/kg en bij vollegrondsgroenteteelt 14810 mg/kg. De bodem onder bouwland op zand bevat geen ijzer (uitgezonderd een uitschieter in de bovengrond). In de boven- en ondergrond van grasland op rivierklei (cat. VIII) zijn de ijzerconcentraties significant hoger dan in de overige categorieën (Tabel 3.85 t/m 3.88).



Figuur 3.81 IJzerconcentratie in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetrunde (2006-2010). Boven: ijzerconcentratie gecorrigeerd naar de hoogste rapportagegrens van 11600 mg/kg. Onder: ijzerconcentratie gecorrigeerd naar de één na hoogste limiet.

Tabel 3.85 Gemiddelde ijzerconcentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	0	a
X	1139	a b
V	1200	a b
III	2857	a b
I	3745	a b
II	7375	. b
VII	20640	. . c
IX	22162	. . c
VI	22470	. . c
VIII	33225	. . . d

Tabel 3.86 Gemiddelde ijzerconcentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën, waarbij de ijzerconcentratie is gecorrigeerd naar de een na hoogste limiet.

categorie	gemid.	verschil
V	1200	a
IV	1765	a
X	3821	a b
III	6858	a b c
I	7825	. b c
II	12315	. . c
VII	20640	. . . d
VI	22470	. . . d
IX	22726	. . . d
VIII	33225	 e

Tabel 3.87 Gemiddelde ijzerconcentratie (mg/kg ds) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën

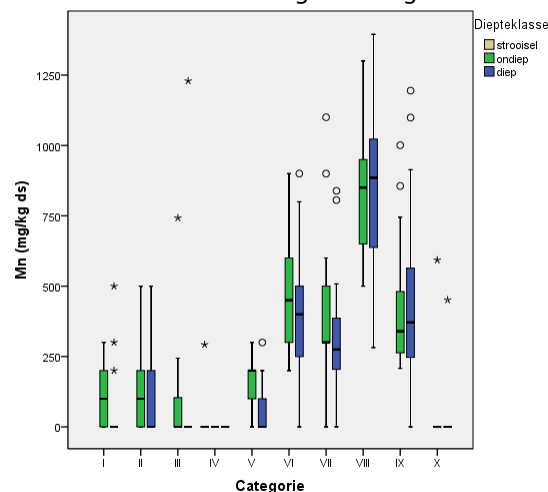
categorie	gemid.	verschil
V	0	a
IV	0	a
X	995	a b
III	4007	a b
I	6395	a b
II	7395	. b
VII	18705	. . c
IX	22501	. . c d
VI	25550	. . . d
VIII	36290	 e

Tabel 3.88 Gemiddelde ijzerconcentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën, waarbij de ijzerconcentratie is gecorrigeerd naar de een na hoogste limiet.

categorie	gemid.	verschil
V	0	a
IV	1780	a
X	3418	a b
III	8542	. b c
I	10690	. . c
II	11100	. . c
VII	19663	. . . d
IX	23516	. . . d
VI	25550	. . . d
VIII	36290	 e

Mangaan

De spreiding van de mangaanconcentraties is in alle categorieën groot. Uitzondering hierop zijn het bos op zandgebied (cat. IV) en vollegroondsgroenteteelt (cat. X). Hier liggen alle concentraties van de verschillende bodemlagen rond de detectiegrens met respectievelijk een uitschieter op circa 300 en circa 600 mg/kg. Onder grasland op rivierklei (cat. VIII) zijn de concentraties in zowel boven- als ondergrond significant het hoogst. Behalve in de categorieën grasland op rivierklei en grasland op zeelei (resp. cat. VIII en IX) is de concentratie in de bovengrond hoger dan in de ondergrond.



Figuur 3.82 Mangaanconcentratie in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.89 Gemiddelde mangaanconcentratie (mg/kg ds) in de bovengrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	0.0	a
X	45.6	a b
III	80.9	a b
I	105.0	a b
II	135.0	. b
V	168.4	. b
VII	405.0	. . c
IX	419.8	. . c
VI	440.0	. . c
VIII	835.0	. . . d

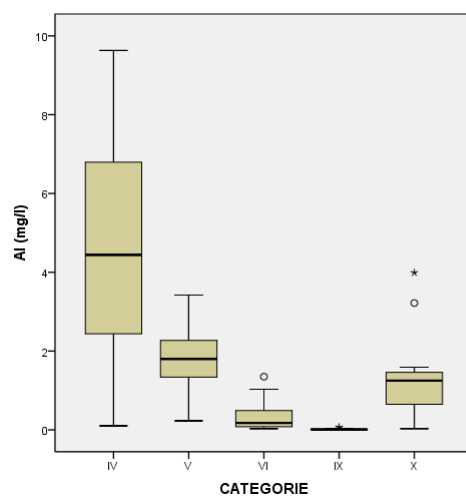
Tabel 3.90 Gemiddelde mangaanconcentratie (mg/kg ds) in de ondergrond en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	0.0	a
X	34.7	a
I	50.0	a
V	57.9	a
III	61.5	a
II	95.0	a
VII	303.3	. b
VI	385.0	. b c
IX	461.1	. . c
VIII	844.6	. . . d

3.4.3

Grondwater Toestand

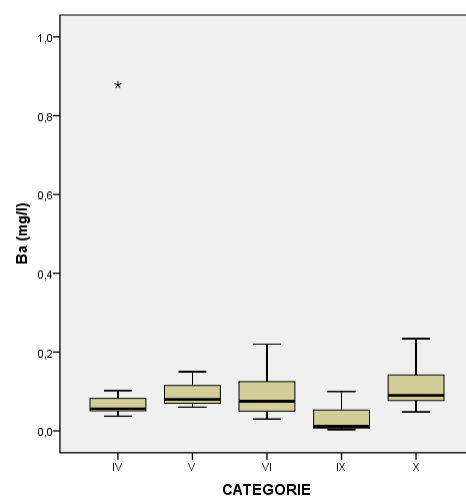
Voor de parameters calcium, chloride, magnesium, mangaan, natrium, sulfaat en strontium zijn uitschieters zichtbaar onder grasland op zeeklei (categorie IX). Voor al deze parameters, behalve voor mangaan, is concentratie in deze categorie ook significant hoger dan in de overige categorieën. Onder bos op zand is de aluminiumconcentratie significant het hoogst en de spreiding het grootst. Dit ligt in de lijn der verwachting, omdat de pH voor bos op zand het laagst is (paragraaf 3.1.4), waardoor aluminium kan oplossen. In het grasland op veengebied (cat. VI) zijn de concentraties ijzer en mangaan het hoogst. Onder grasland op zeeklei (cat. IX) is de bariumconcentratie significant het laagst.



Figuur 3.83 Aluminiumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.91 Gemiddelde aluminiumconcentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

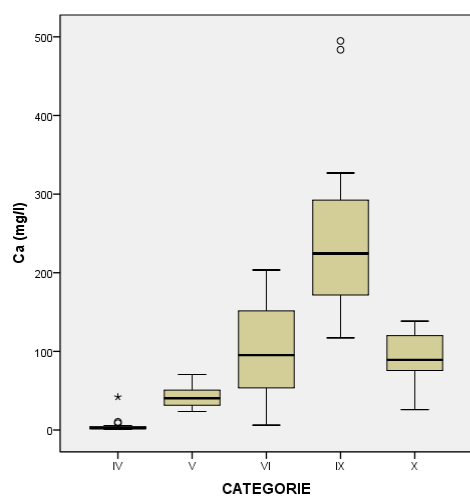
categorie	gemid.	verschil
IX	0.020	a
VI	0.344	a
X	1.400	. b
V	1.817	. b
IV	4.701	. . c



Figuur 3.84 Bariumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.92 Gemiddelde bariumconcentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

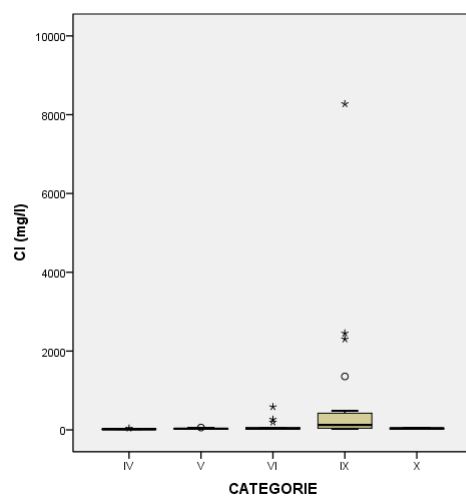
categorie	gemid.	verschil
IX	0.02745	a
V	0.09316	. b
VI	0.09550	. b
X	0.10800	. b
IV	0.11715	. b



Figuur 3.85 Calciumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.93 Gemiddelde calciumconcentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

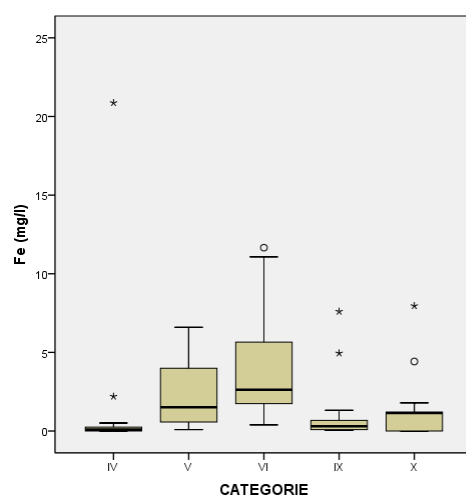
categorie	gemid.	verschil
IV	5.77	a
V	42.10	a
X	88.38	. b
VI	100.52	. b
IX	246.94	. . c



Figuur 3.86 Chlorideconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.94 Gemiddelde chlorideconcentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

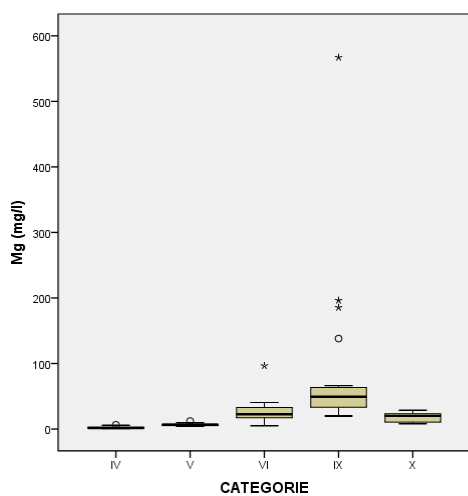
categorie	gemid.	verschil
IV	18.6	a
V	31.6	a
X	35.9	a
VI	81.1	a
IX	828.8	. b



Figuur 3.87 IJzerconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.95 Gemiddelde ijzerconcentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

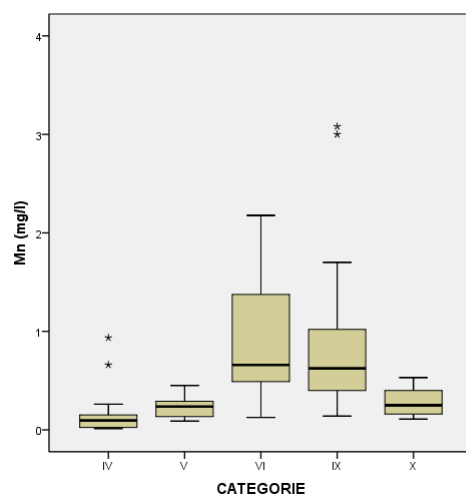
categorie	gemid.	verschil
IX	0.973	a
X	1.539	a
IV	1.625	a
V	2.392	a b
VI	3.976	. b



Figuur 3.88 Magnesiumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.96 Gemiddelde magnesiumconcentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

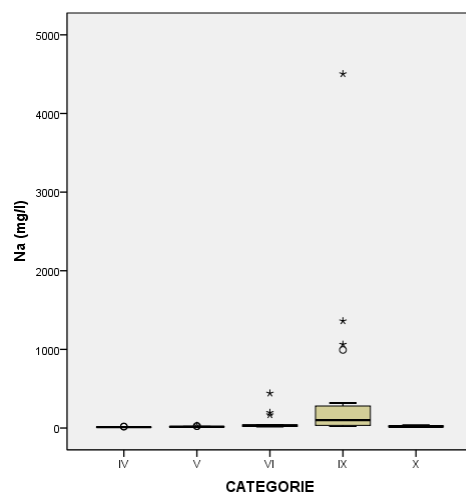
categorie	gemid.	verschil
IV	2.24	a
V	6.85	a
X	18.87	a
VI	26.60	a
IX	87.45	. b



Figuur 3.89 Mangaanconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.97 Gemiddelde mangaanconcentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

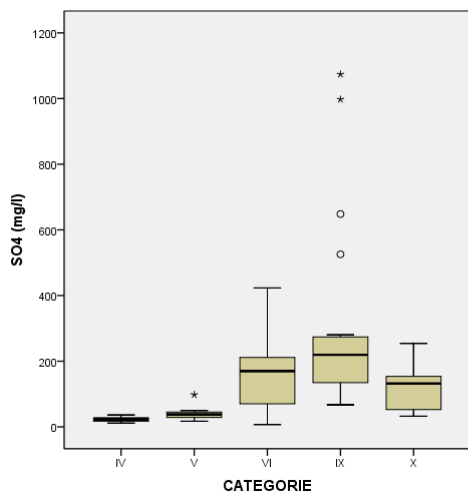
categorie	gemid.	verschil
IV	0.1770	a
V	0.2377	a
X	0.2846	a
IX	0.9010	. b
VI	0.9315	. b



Figuur 3.90 Natriumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.98 Gemiddelde natriumconcentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

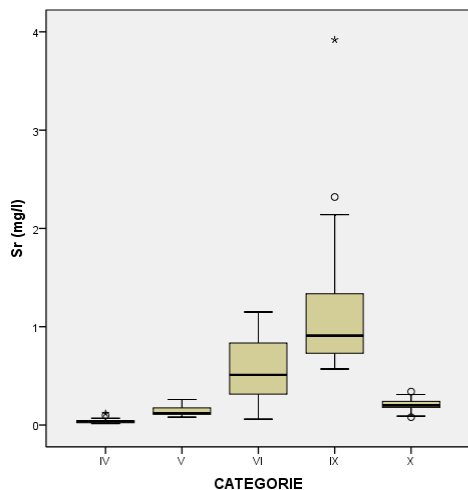
categorie	gemid.	verschil
IV	11.3	a
V	17.5	a
X	22.1	a
VI	64.5	a
IX	477.9	. b



Figuur 3.91 Sulfaatconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.99 Gemiddelde sulfaatconcentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	23.0	a
V	38.7	a
X	124.6	a b
VI	161.3	. b
IX	304.8	. . c



Figuur 3.92 Strontiumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Tabel 3.100 Gemiddelde strontiumconcentratie (mg/l) in het grondwater en het verschil tussen de categorieën.

categorie	gemid.	verschil
IV	0.0425	a
V	0.1437	a
X	0.2062	a
VI	0.5605	. b
IX	1.2180	. . c

3.4.4

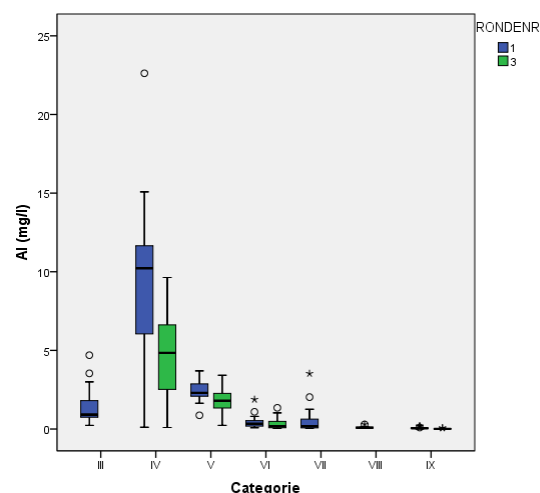
Grondwater verandering

Aluminium

In het grondwater is een significante afname zichtbaar onder bos op zand, bouwland op zand en grasland op zeeklei (cat. IV, V en IX) (Tabel 3.101 en Figuur 3.93). De daling bij bos op zand is in overeenstemming met de afname van de verzurende depositie en de gevonden stijging in pH (paragraaf 3.1.4).

Tabel 3.101 Gemiddelde verandering van de concentratie van aluminium uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-3,80	****
V	15	-0,51	*
VI	15	-0,23	
IX	15	-0,05	**



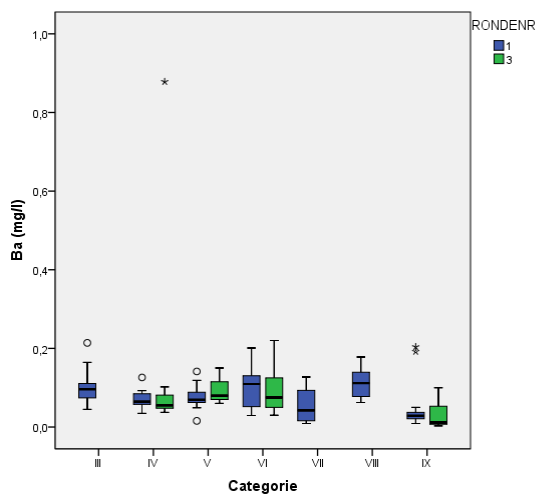
Figuur 3.93 Aluminiumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Barium

In het grondwater is een significante afname zichtbaar onder grasland op zeeklei (cat. IX). In bouwland op zand stijgt de bariumconcentratie significant (Tabel 3.102 en Figuur 3.94). Beide veranderingen zijn gering.

Tabel 3.102 Gemiddelde verandering van de concentratie van barium uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	0,03	
V	15	0,01	*
VI	15	0,01	
IX	15	-0,03	*



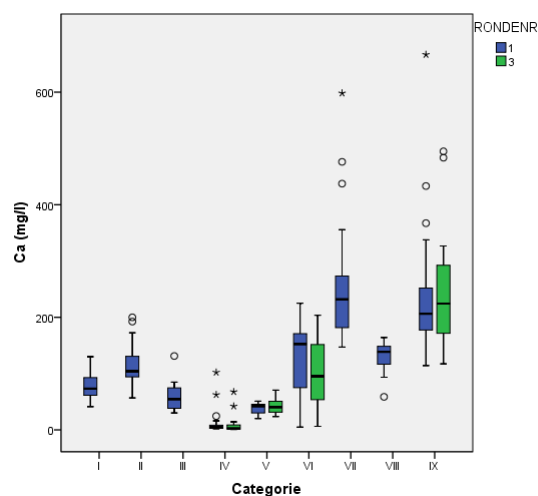
Figuur 3.94 Bariumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Calcium

In het grondwater is een significante toename zichtbaar onder bouwland op zand (cat. V) en een significante daling onder bos op zand (cat. IV) (zie Tabel 3.103 en Figuur 3.95). De daling in calcium bij bos op zand wordt mogelijk veroorzaakt door verminderde verzurende depositie.

Tabel 3.103 Gemiddelde verandering van de concentratie van calcium uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-5,24	*
V	15	6,09	*
VI	15	-16,82	
IX	15	-33,42	



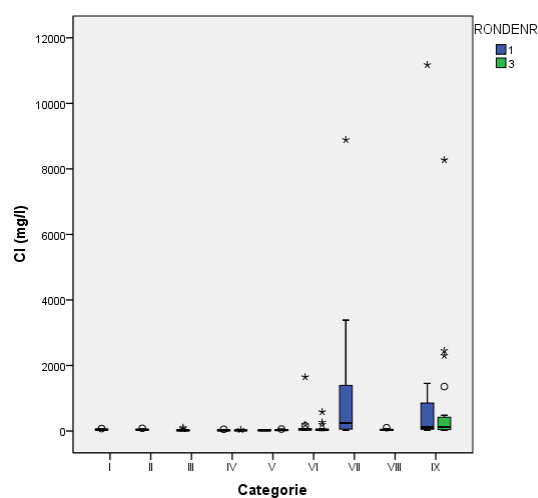
Figuur 3.95 Calciumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Chloride

In het grondwater is een significante toename zichtbaar onder bouwland op zand (cat. V) en een significante daling onder bos op zand (cat. IV) (Tabel 3.104 en Figuur 3.96).

Tabel 3.104 Gemiddelde verandering van de concentratie van chloride uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-6,15	*
V	15	8,87	*
VI	15	-3,76	
IX	15	-403,82	



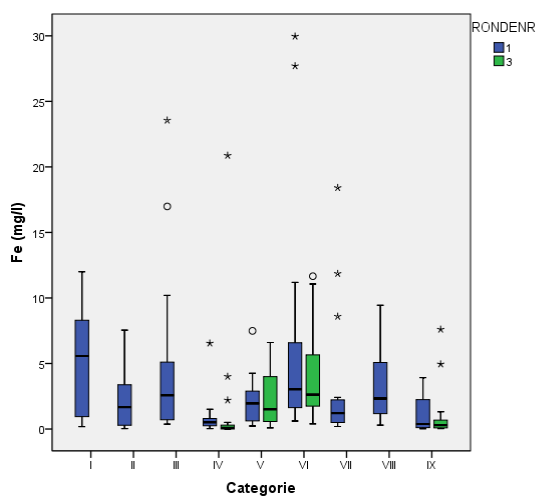
Figuur 3.96 Chlorideconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

IJzer

Er zijn geen significante trends in het grondwater aangetroffen. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 3.105 en Figuur 3.97.

Tabel 3.105 Gemiddelde verandering van de concentratie van ijzer uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	0,68	
V	15	0,35	
VI	15	-1,49	
IX	15	-0,46	



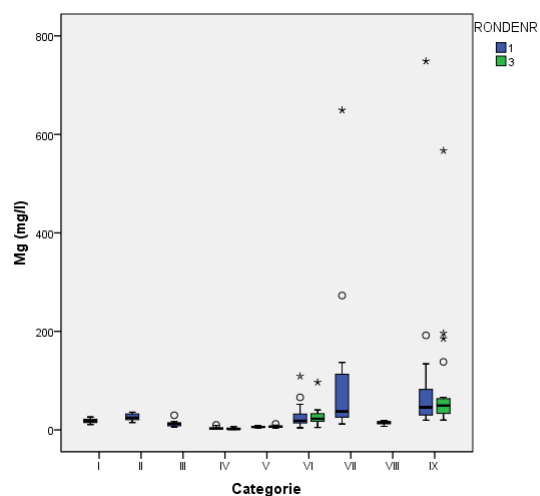
Figuur 3.97 IJzerconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Magnesium

In het grondwater is een significante afname zichtbaar onder bos op zand (cat. IV) (Tabel 3.106 en **Error! Reference source not found.**).

Tabel 3.106 Gemiddelde verandering van de concentratie van magnesium uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-0,99	**
V	15	0,90	
VI	15	-2,84	
IX	15	-27,92	



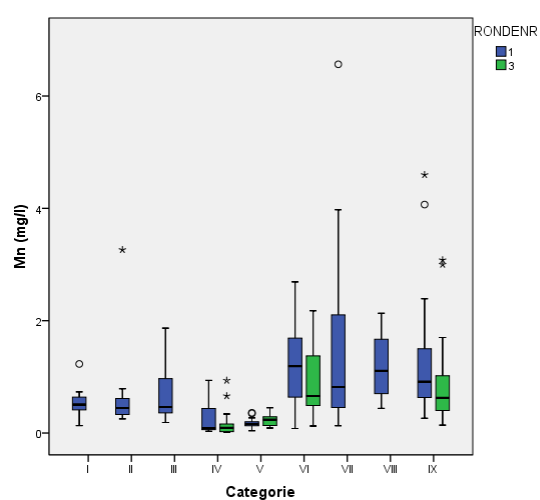
Figuur 3.98 Magnesiumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Mangaan

In het grondwater is een significante afname zichtbaar onder grasland op zeelei (cat. IX) (Tabel 3.107 en Figuur 3.99).

Tabel 3.107 Gemiddelde verandering van de concentratie van mangaan uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-0,05	
V	15	0,05	
VI	15	-0,20	
IX	15	-0,71	**



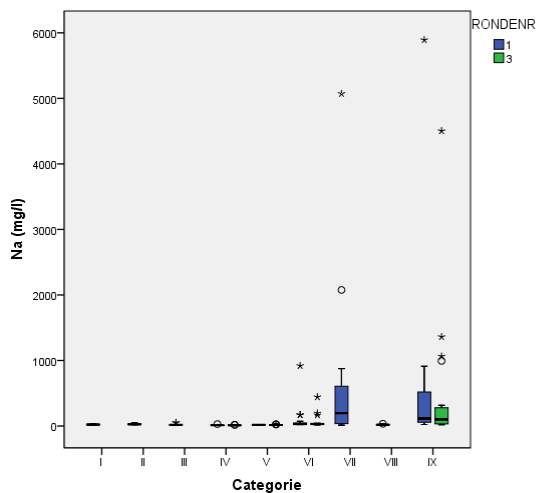
Figuur 3.99 Mangaanconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Natrium

In het grondwater is een significante afname zichtbaar onder bos op zand en grasland op zeeklei (cat. IV en IX) (Tabel 3.108 en Figuur 3.100).

Tabel 3.108 Gemiddelde verandering van de concentratie van natrium uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-3,49	**
V	15	-0,29	
VI	15	-2,09	
IX	15	-240,29	*



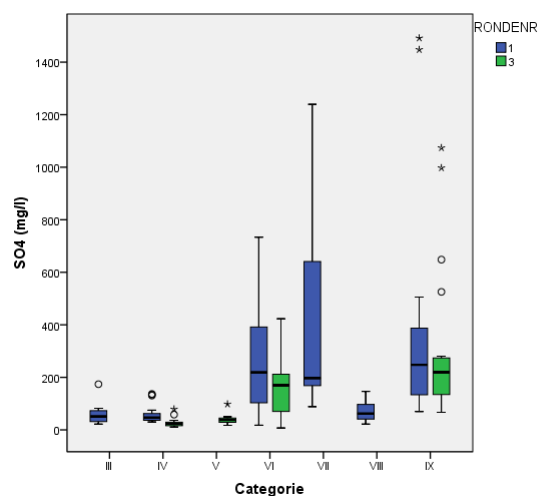
Figuur 3.100 Natriumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Sulfaat

In het grondwater is een significante afname zichtbaar onder bos op zand, grasland op veen en grasland op zeeklei (cat. IV, VI en IX, zie Tabel 3.109 en Figuur 3.101).

Tabel 3.109 Gemiddelde verandering van de concentratie van sulfaat uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-32,41	****
V			
VI	15	-112,12	**
IX	15	-121,79	*



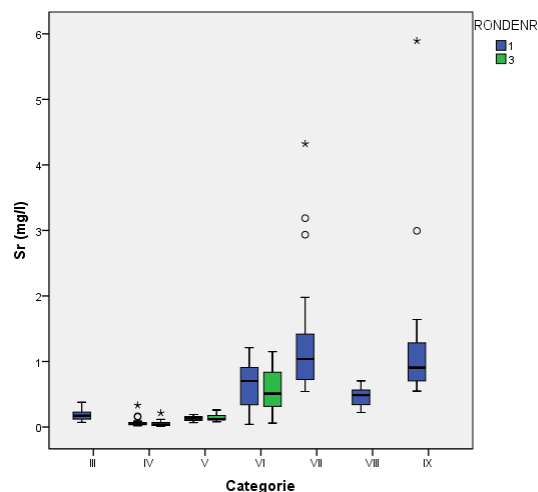
Figuur 3.101 Sulfaatconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

Strontium

In het grondwater is een significante afname zichtbaar onder bos op zand (cat. IV) (zie Tabel 3.110 en Figuur 3.102).

Tabel 3.110 Gemiddelde verandering van de concentratie van strontium uitgedrukt in mg/l in dertien jaar in het grondwater per categorie.

cat	N	verandering	kans
IV	18	-0,02	**
V	15	0,02	
VI	15	-0,05	
IX			



Figuur 3.102 Strontiumconcentratie (mg/l) in het grondwater per categorie en voor de verschillende meetronden.

3.4.5 *Conclusie*

Calcium, chloride, magnesium, mangaan, natrium, sulfaat en strontium komen in hoge gehalten voor onder grasland op zeeklei (categorie IX). De rijke mariene afzettingen dragen hieraan bij. Onder bos op zand is de aluminiumconcentratie significant het hoogst en de spreiding het grootst. Dit ligt in de lijn der verwachting, omdat de pH voor bos op zand het laagst is (paragraaf 3.1.4), waardoor aluminium kan oplossen. De meeste en opvallendste veranderingen in de tijd zijn aangetroffen voor de categorie bos op zand: significant dalende concentraties sulfaat, chloride, aluminium, calcium, magnesium, natrium en strontium. Door de verminderde verzurende depositie (paragraaf 1.4) gaan minder mineralen oplossen.

3.5 **PAK's**

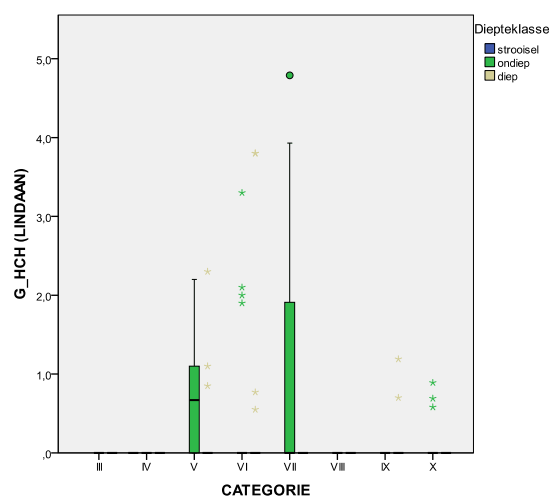
PAK's komen vooral via atmosferische depositie in de bodem. Verwacht wordt dat er geen invloed van lokale toediening (landbouw) is (Bronswijk et al., 2003).

De concentraties van de PAK's liggen redelijk bij elkaar in de buurt met uitzondering van de categorie grasland op veen en naftaleen (zie Bijlage 12). Onder grasland op veen zijn de concentraties zowel in de bovengrond als in de ondergrond hoger dan bij de overige categorieën. Naftaleen wordt niet in alle categorieën in de bodem aangetroffen, namelijk niet onder bos op zand, grasland op veen en vollegrondsgroenteteelt (resp. cat. IV, VI en X). Over het algemeen is, zoals verwacht bij depositie, de concentratie in de bovengrond hoger dan in de ondergrond.

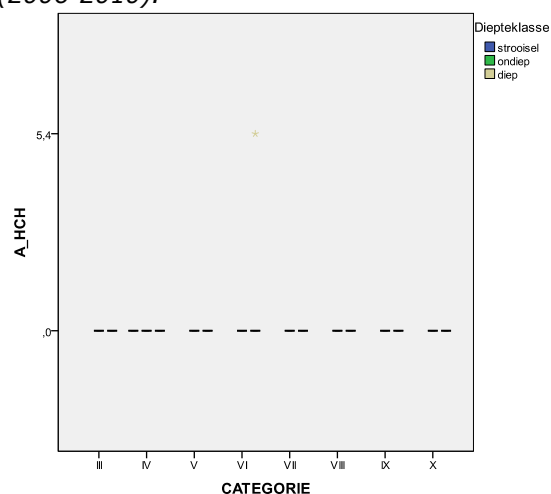
3.6 **Organische micro's**

De analyse van gewasbeschermingsmiddelen is een gevoelige analysemethode. De meetresultaten van deze stoffen zijn erg afhankelijk van de werkvoorschriften van het laboratorium (bijvoorbeeld gebruik van blanco's, schoonmaakapparatuur, controlemonsters, etc.). Bij concentraties rond de detectiegrens - bij de derde meetronde bijna altijd 0,5 ug/kg - is het daarom twijfelachtig of de stof werkelijk aanwezig is.

Uit de boxplots blijkt dat organische micro's zowel voorkomen met concentraties rond de detectielimiet als met concentraties tot honderd keer de detectielimiet. Figuur 3.103 en Figuur 3.104 geven de respectievelijk de resultaten van de derde meetronde weer van lindaan (γ -HCH) en α -HCH (een bijproduct in de productie van lindaan). De stof lindaan wordt in meerdere categorieën aangetroffen. De concentratie van α -HCH is overal op de detectielimiet. Bijlage 12 toont alle boxplots van de organische micro's geanalyseerd in de derde LMB-meetronde.



Figuur 3.103 Lindaanconcentratie in de bodem ($\mu\text{g/kg}$) per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



Figuur 3.104 a-HCH-concentratie in de bodem ($\mu\text{g/kg}$) per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

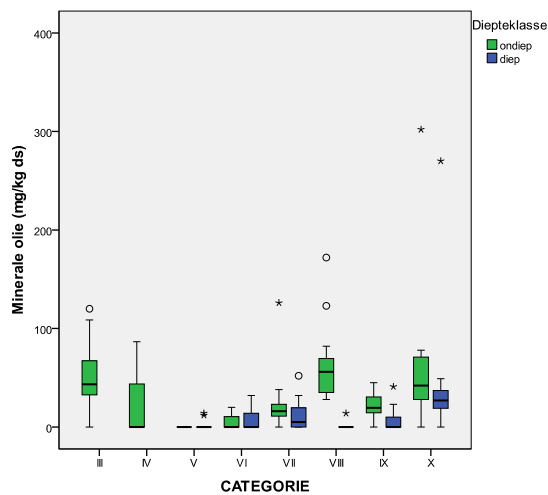
3.7 PCB's

PCB28 en PCB52 worden niet aangetroffen in de bodem (zie Bijlage 12). Voor de overige PCB's geldt dat ze in één of meerdere categorieën worden aangetroffen. De strooisellaag bevat de hoogste concentraties PCB's. Verder is in met name de categorie grasland op veen de concentratie hoog.

3.8 Minerale olie

Olie is in tegenstelling tot veel andere verontreinigingen een mengsel van diverse koolwaterstofverbindingen. Koolwaterstoffen zijn chemische stoffen die uitsluitend bestaan uit koolstof (C) en waterstofatomen (H). De koolwaterstofverbindingen kunnen ketens en ringverbindingen zijn. Ondanks de complexiteit wordt olie in het beleid toch vaak gewoon als een enkelvoudige stof met eenduidige eigenschappen behandeld en uitgedrukt in de parameter minerale olie (m.o.; C10- C40) (SKB, 2007)

De minerale-oliegehalten in de boven- en ondergrond reiken tot uitschieters van 300 mg/kg ds. De mediane concentraties variëren tussen circa 20 en 60 mg/kg ds. De concentratie is bijna altijd hoger in de bovengrond dan in de ondergrond.



Figuur 3.105 Minerale-oliegehalten (mg/kg ds) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

4 Onderscheidingsvermogen voor trends in metaalconcentraties

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de kans, of *power*, berekend om een procentuele verandering in de mediane concentratie van een gegeven metaal voor een gegeven categorie te detecteren. De powerberekening wordt uitgevoerd en de power geschat aan de hand van metingen van Cr (chroom), Cu (koper), Ni (nikkel) and Zn (zink). Hiermee wordt het onderscheidingsvermogen van het LMB voor trends van de betreffende metalen gekwantificeerd.

De powerberekening is afhankelijk van de basiskarakteristieken van de meetgegevens. Deze basiskarakteristieken worden gebruikt om te testen of er sprake is van een procentuele verandering tussen twee tijdstippen, bijvoorbeeld 'jaar 1' en 'jaar 2'. De basiskarakteristieken die de power bepalen, zijn: de standaarddeviaties van de log-concentraties in jaar 1 en jaar 2, die we schrijven als σ_1 en σ_2 , en de correlatie ρ tussen een paar van log-concentraties gemeten op dezelfde locaties in de twee jaren. Daarnaast vereist de powerberekening het specificeren van monsteraantal n_1 en n_2 in jaar 1 en 2 en het aantal locaties m van bedrijven die in beide jaren zijn bemonsterd (de 'kernbedrijven') (waarbij uiteraard $m \leq \min\{n_1, n_2\}$), en het specificeren van de **proportionele verandering** c .

Ter vereenvoudiging (en zonder verlies van algemene geldigheid) beschouwen we de situatie waarbij c correspondeert met een **proportionele (procentuele) toename** van jaar 1 naar jaar 2. Per definitie, als M_1 en M_2 de **mediane concentraties** zijn in jaar 1 en jaar 2, is $c = M_2 / M_1 - 1$. Als gevolg geldt,¹

$$\log(c + 1) = \log(M_2) - \log(M_1) = -(\log(M_1) - \log(M_2)) = -(\mu_1 - \mu_2)$$

waarin μ_1 en μ_2 de notaties zijn voor de gemiddelden van de log-concentraties in jaar 1 en 2. Als we vervolgens $\Delta = \mu_1 - \mu_2$ noteren voor het **gemiddelde verschil tussen log-concentraties** in jaar 1 en jaar 2, geldt de volgende relatie tussen Δ en c :

$$\Delta = -\log(c + 1) \quad \text{en} \quad c = \exp(-\Delta) - 1.$$

¹ Met 'log' wordt in dit hoofdstuk de natuurlijke logaritme bedoeld. In Excel wordt deze aangeduid met 'ln'. Zie Bijlage 14 voor de motivatie om de logaritmen van de concentraties in plaats van de concentraties zelf te gebruiken.

Stel dat we geïnteresseerd zijn in het detecteren van een toename van 10 procent van jaar 1 naar jaar 2. Dan is $c = 0.1$ en $\Delta = -\log(1.1) \approx -0.095 \approx -0.1 = -c$. Meer in het algemeen geldt dat als c klein is (tussen 0 en 0.2), dan $\Delta = -\log(c + 1) \approx -c$, zodat de proportionele toename bij benadering gelijk is aan de **netto toename in de log-schaal**, $\mu_2 - \mu_1$.²

De methode van de powerberekening wordt toegelicht in paragraaf 4.2 van dit hoofdstuk en is uitgewerkt in Bijlage 14. Omdat power een functie is van monsteraantallen en van σ_1 , σ_2 en ρ , bestaat een belangrijk deel uit het schatten van deze parameters per categorie, jaar en analysemethode, en in de visuele beoordeling van de data om aannames te controleren en eventuele outliers eruit te halen. Dit zal beschreven worden in paragraaf 4.3 t/m 4.8.

Deze analyses geven tevens informatie over mogelijke verschillen in bias en variantie tussen verschillende analysemethoden. Op de voorwaarde dat de biases van een bepaalde analysemethode min of meer constant zijn in de tijd, vallen ze tegen elkaar weg bij het vergelijken van gemiddelden van twee verschillende jaren, en daarom zullen ze geen effect hebben op de powerberekening. Tevens geldt dat als de biases tegen elkaar weggestreept kunnen worden, de varianties de enige parameters zijn die de power bepalen. De methode met de grotere power zal dan de methode met de kleinere variantie zijn. Wanneer de analysemethode verschilt tussen de twee tijdstippen die vergeleken worden, dient voor de berekening van de power echter rekening te worden gehouden met mogelijke verschillen in bias. Dit zal aan bod komen in paragraaf 4.4.1, waarbij er statistische en praktisch significante verschillen zijn gevonden tussen analyseresultaten die zijn uitgevoerd via verschillende methoden en in verschillende laboratoria, namelijk tussen Alterra Koningswater-extractie (**Alterra-E**), TNO Koningswater extractie (**TNO-E**) en TNO XRF-totaal-analyses (**TNO-TA**). Hierdoor is het de vraag in hoeverre het testen voor verschillen tussen ronde 3 en bijvoorbeeld ronde 1 zinnig is, omdat de resultaten van ronde 1 bestaan uit Alterra-E-metingen en die van ronde 3 uit TNO-TA-metingen, omdat een eventueel gevonden trend een schijntrend kan zijn.

Om voor mogelijke verschillen in bias van de TNO-TA-en Alterra-E-metingen te kunnen corrigeren en om na te gaan of dergelijke verschillen in bias bestaan, zijn in Bijlage 8 door middel van een predictiemodel Alterra-E-metingen voor ronde 3 afgeleid uit TNO-TA-analyseresultaten in ronde 3. Uit nader onderzoek van de predicties van Bijlage 8 blijkt dat de voorspelde Alterra-E-metingen van ronde 3 vergelijkbare standaarddeviaties hebben als de TNO-TA-metingen waarmee ze berekend zijn en ook vergelijkbaar met de Alterra-E-

² Wanneer de logaritmen van de meetresultaten in jaar 1 en jaar 2 normaal (of Gaussisch) verdeeld zijn en dezelfde standaarddeviatie hebben, is de ratio van de medianen, M_2/M_1 , gelijk aan de *ratio van de gemiddelden*, zo dat c correspondeert met de verhoudingsgewijze toename in het gemiddelde van jaar 1 naar jaar 2. In het algemeen hebben de log-concentraties van een gegeven metaal van een gegeven categorie *ruwweg* normale verdelingen en hun standaarddeviaties lijken min of meer onafhankelijk van het jaar, zodat het beschouwen van c in term van gemiddelden (in plaats van in term van medianen) bij benadering correct kan worden beschouwd.

metingen van ronde 1 en 2. Ook blijkt dat de voorspelde metingen en de TNO-TA-metingen op vergelijkbare wijze correleren met metingen uit eerdere ronden. Als gevolg hiervan is de power min of meer ongevoelig voor de toegepaste analysetechniek. Hierbij is verondersteld dat de bias van de techniek constant is tussen ronden, zodat ze tegen elkaar wegvallen bij het vergelijken van gemiddelde categorieconcentraties tussen twee ronden.

In paragraaf 4.9 wordt de power geschat tussen ronde 1 en ronde 3 voor een aantal metalen.

4.2 Powerberekening

Stel dat n_1 , n_2 , m , σ_1 , σ_2 , ρ en $c = \exp(-\Delta) - 1$ gespecificeerd zijn (zie Bijlage 14). Dan is de power van een test op het significantieniveau van 5 procent gebaseerd op $\hat{\Delta} = \hat{\mu}_1 - \hat{\mu}_2$, waarbij $\hat{\mu}_1$ en $\hat{\mu}_2$ de monstergemiddelden zijn van de log-concentraties in jaar 1 en jaar 2, bij benadering gegeven door

$$1 - \Phi\left(-\frac{\Delta}{\sqrt{\text{Var}\hat{\Delta}}} + 1.96\right) + \Phi\left(-\frac{\Delta}{\sqrt{\text{Var}\hat{\Delta}}} - 1.96\right)$$

waarbij Φ de standaard normale verdeling is,

$$\begin{aligned} \text{Var}(\hat{\Delta}) = & f_1^2 \frac{\sigma_1^2}{m} + f_2^2 \frac{\sigma_2^2}{m} - 2f_1f_2 \frac{\rho\sigma_1\sigma_2}{m} + \\ & (1-f_1)^2 \frac{\sigma_1^2}{n_1-m} + (1-f_2)^2 \frac{\sigma_2^2}{n_2-m} \end{aligned}$$

en $f_1 = m/n_1$, $f_2 = m/n_2$ de fracties zijn van locaties die zowel in jaar 1 als jaar 2 bemonsterd zijn (de 'kernbedrijven').

4.3 Statistisch karakteriseren van de gegevens van ronde 1 (origineel en herhaling)

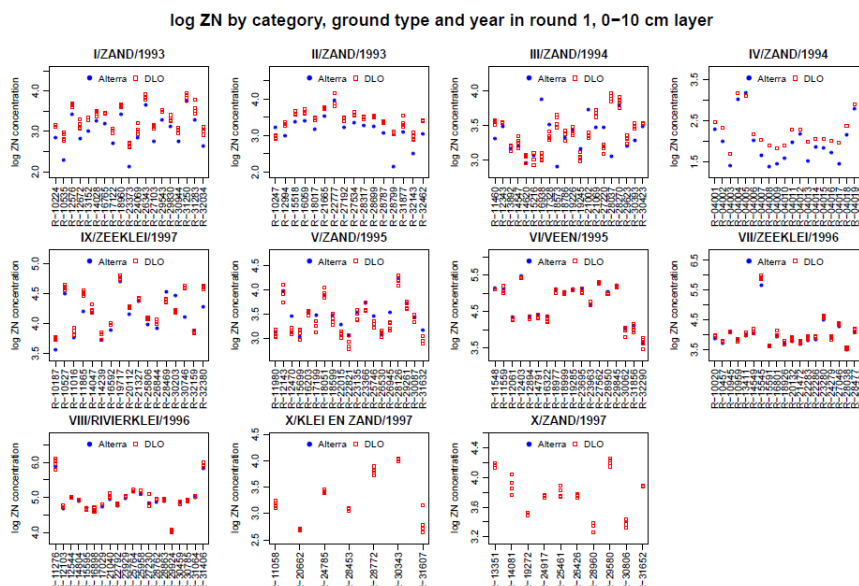
Tijdens ronde 1 zijn mengmonsters samengesteld van de lagen 0-10 cm en 30-50 cm; daarnaast zijn op boslocaties monsters genomen van de strooisellaag (0-0 cm). De metaalconcentraties zijn bepaald op basis van extractiemethoden van DLO of Alterra.

Van de laag 0-10 cm zijn op ieder bedrijf vier mengmonsters genomen: voor ieder mengmonster zijn verspreid over de hele locatie tachtig monsters genomen en deze zijn gemengd tot een van de vier mengmonsters. Ieder mengmonster is tijdens de eerste ronde apart door DLO in Haren (GR) (=originelen) geanalyseerd, en tijdens de tweede ronde zijn van ieder bedrijf dezelfde vier mengmonsters uit ronde 1 uit het archief gehaald en tot één bedrijfsmengmonster gemengd en opnieuw geanalyseerd, maar nu door Alterra in

Wageningen (=herhaling).³ De quadruplo's kunnen gebruikt worden om de variabiliteit te bepalen van onafhankelijke metingen uitgevoerd op dezelfde locatie. Dit is uitgevoerd, waarbij bleek dat de standaarddeviaties van de extratiemethode door DLO binnen een bedrijf in de orde grootte tussen 0.05 en 0.10 zitten. Hier zullen we daar verder niet op ingaan. Tegelijk kunnen de paren van quadruplo's van DLO en enkele metingen van Alterra uit de monsters van ronde 1 gebruikt worden om paren van standaarddeviaties te schatten, voor de verschillende categorieën, en ook om de gemiddelde verschillen tussen DLO- en Alterra-extractiemethoden te schatten. De gegevens van de laag 30-50 cm bevatten voor ieder bedrijf één mengmonster geanalyseerd door DLO. Deze data geven informatie over de schattingen van de standaarddeviaties binnen de verschillende categorieën.

4.3.1 DLO en Alterra data van de laag 0-10 cm

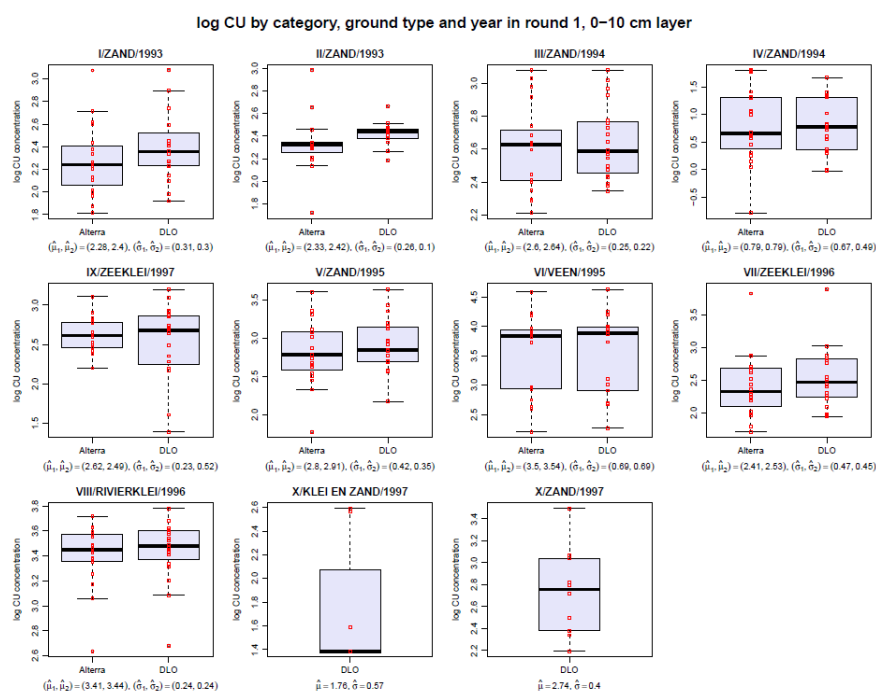
In Figuur 4.1 zijn voor zink de DLO-quadruplo's en bijbehorende enkele Alterra-meetresultaten weergegeven (zie Bijlage 15 voor de resultaten van chroom, koper en nikkel). Sommige van de DLO-quadruplo's bevatten 'outliers'; we zullen deze hier niet verwijderen. De DLO- en Alterra-metingen lijken over het algemeen redelijk overeen te komen, maar het is duidelijk dat er systematische verschillen zijn tussen beide. Onderstaande figuur laat bijvoorbeeld zien dat de Alterra-metingen in categorie 1 (linksboven) van zink vrijwel altijd onder die van DLO liggen, wat geen toeval kan zijn. Er zijn meerdere significante verschillen tussen de metingen van Alterra en DLO (Bijlage 15).



Figuur 4.1 DLO-quadruplo's en de corresponderende enkele Alterra-meetresultaten van zink, laag 0-10 cm, ronde 1.

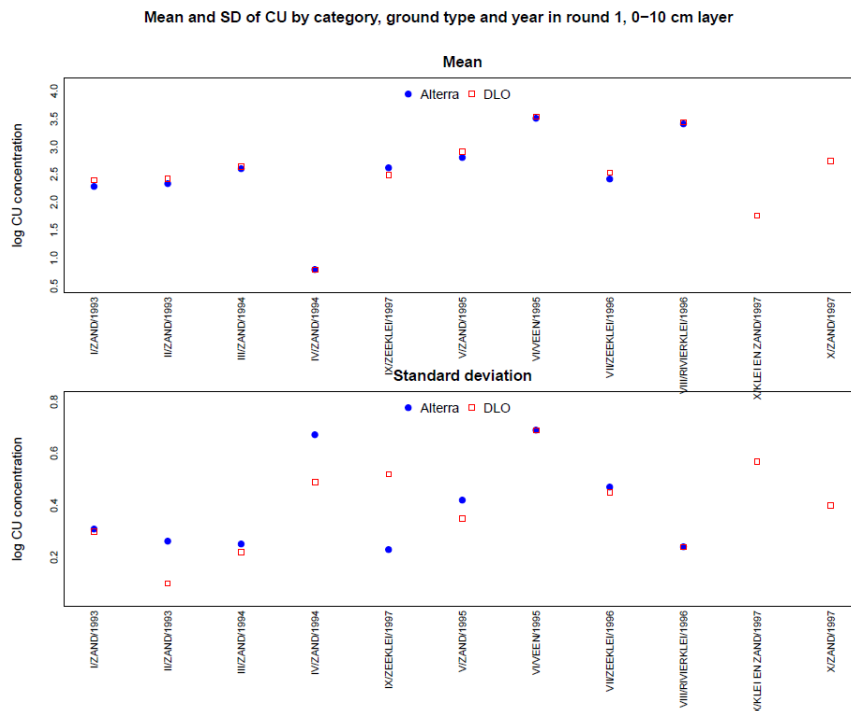
³ De vier door DLO uitgevoerde metingen zijn gedaan op vier verschillende bodem(meng)monsters; deze vier geven een beeld van het gehele proces van het verzamelen van de monsters op een bedrijf tot het analyseren ervan in het laboratorium. De metingen van Alterra zijn uitgevoerd op een mengmonster gebaseerd op een mix van de vier monsters.

In Figuur 4.2 worden de verdelingen van de Alterra metingen vergeleken met die van de gemiddelden van de quadruplo's van DLO voor koper.⁴ De verdelingen zijn min of meer symmetrisch, en paren van de verdelingen geven ongeveer dezelfde mate van spreiding; de medianen van de Alterra- en DLO-verdelingen tonen soms echter systematische verschillen: de DL- medianen van koper zijn bijvoorbeeld hoger dan die van koper van Alterra. In Figuur 4.3 (en Bijlage 15) staan de geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie en jaar. Deze schattingen gebruiken we verderop in dit hoofdstuk om plausibele waarden af te leiden voor σ_1 en σ_2 voor de powerberekening. De meeste standaarddeviaties liggen in de range van 0.2 tot 0.6.



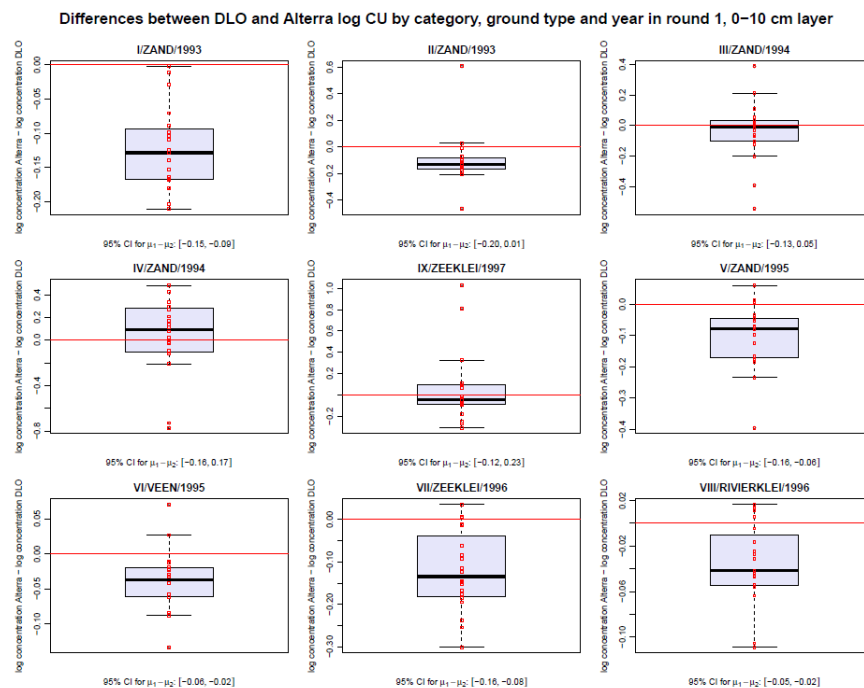
Figuur 4.2 Vergelijking van de verdelingen van de metingen van DLO en Alterra van ronde 1.

⁴ Het nemen van de logaritme van het gemiddelde van de DLO-quadruplo's en het nemen van het gemiddelde van de logaritmen van de quadruplo's leiden tot praktisch dezelfde resultaten; wij hebben hier voor de laatstgenoemde optie gekozen.



Figuur 4.3 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor koper (overige: zie Bijlage 15).

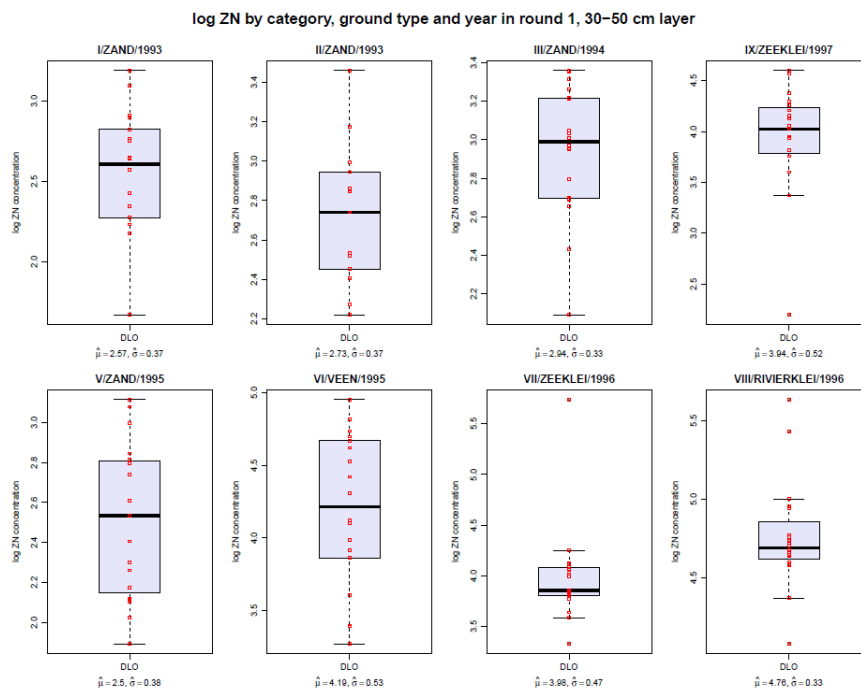
In Figuur 4.4 en Bijlage 16 staan de schattingen en 95 procent-betrouwbaarheidsintervallen voor de verschillen tussen gemiddelde log-concentraties van DLO en Alterra. Hieruit kunnen we opmaken of er sprake is van statistisch significante verschillen tussen DLO- en Alterra-analyses van monsters uit ronde 1 en of deze significant en in praktische zin relevant zijn. Zoals eerder aangegeven geldt dat, omdat $\Delta = -\log(c + 1) \approx -c$ voor een kleine c , een verschil tussen de gemiddelden van de log-DLO- en log-Alterra-concentraties van 0.1 overeenkomt met een proportioneel verschil tussen hun medianen van ongeveer 10 procent. De discrepanties tussen de twee methoden liggen rond de 10 procent voor koper, maar voor zink kunnen ze drie maal zo groot zijn.



Figuur 4.4 Verschillen in gemiddelde log-concentratie van koper tussen DLO en Alterra uit ronde 1.

4.3.2 DL- data van de laag 30-50 cm

Ook voor de laag 30-50 cm uit de eerste ronde zijn schattingen gemaakt van de standaarddeviaties op basis van de DLO-metingen, om aannemelijke waarden voor σ_1 en σ_2 te krijgen ten behoeve van de powerberekening (zie Figuur 4.5 en Bijlage 17).



Figuur 4.5 Verdelingen en schattingen van gemiddelden en standaarddeviaties van de DLO-log-concentraties van zink.

Over het algemeen komen de schattingen van de standaarddeviaties van de log-concentraties voor Cu van de laag 30-50 cm redelijk overeen met die van de laag 0-10 cm. Er zijn een paar discrepanties tussen de geschatte standaarddeviaties van de twee lagen; die van chroom binnen de categorie IX/ZEEKLEI/1997 liggen bijvoorbeeld rond 0.5 voor de laag 30-50 cm en rond 0.25 voor de laag 0-10 cm, hoewel de bijbehorende schattingen van de gemiddelden van beide dicht bij 4 liggen (zie Bijlage 17).

4.4 Karakteristieken van de data van ronde 2

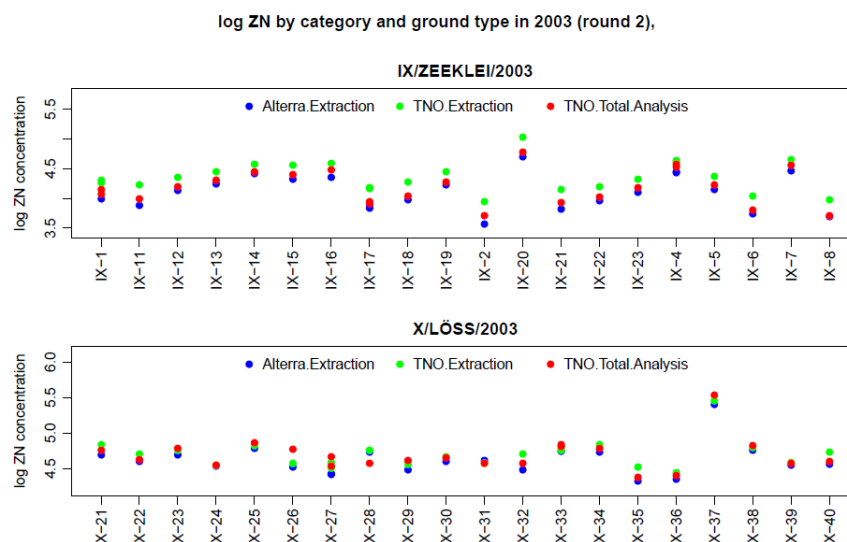
Voor de data van ronde 2 maken we onderscheid tussen twee subsets. De ene set bestaat uit de 'triplo's' van metingen die uitgevoerd zijn in 2003 waarbij Alterra en TNO Koningswaterextractie (of Alterra Fleischmannzuurextractie; zie paragraaf 2.4.2) hebben toegepast, en waarbij TNO totaal analyse heeft toegepast; deze zijn alle gebaseerd op dezelfde monsters van de laag 0-10 cm en categorieën IX en X. Vergelijking van deze data geeft informatie over de drie verschillende combinaties van methode/laboratorium, en schattingen voor de gemiddelden en standaarddeviaties van de log-concentraties voor de categorieën IX en X.

De andere dataset van ronde 2 bestaat uit 'enkele' meetresultaten van de laag 0-10 cm uitgevoerd door Alterra van 1999 tot 2002, en ook deze geven ons de schattingen van de gemiddelden en standaarddeviaties van de log-concentraties per categorie.

4.4.1 *Vergelijking van Alterra-E-, TNO-E- en TNO-TA-metingen van categorieën IX en X*

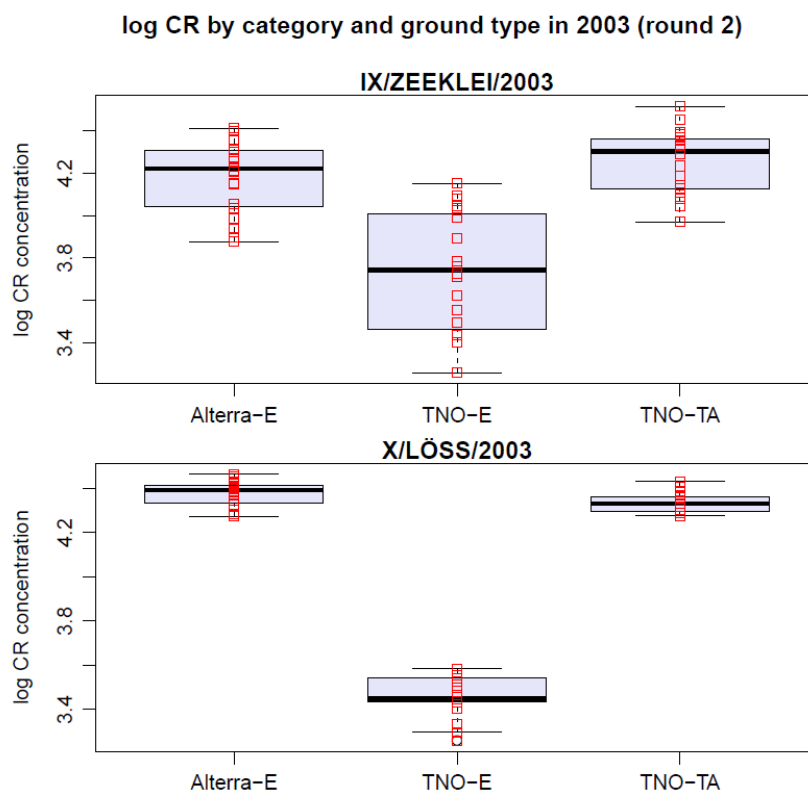
Zoals aangegeven in paragraaf 2.4.2 zijn in 2003 op dezelfde monsters de zware metalen drie maal geanalyseerd: Alterra en TNO hebben Koningswaterextractie (of Alterra mogelijk Fleischmannzuurextractie) toegepast, en TNO heeft totaalanalyse toegepast. Dit is zo uitgevoerd, omdat bekend was dat vanaf 2003 TNO de analyses zou overnemen, om inzicht te krijgen in interlaboratoriumvariabiliteit. De drievoudige analyses zijn uitgevoerd op dezelfde mengmonsters van de laag 0-10 cm en categorieën IX en X.

Wanneer we de karakteristieken van de analyseresultaten uit 2003 onder de loep nemen, valt op dat er systematische verschillen zijn tussen Alterra-E en TNO-E bijvoorbeeld voor zink; zie Figuur 4.6 (zie Bijlage 18 voor koper, chroom en nikkel).



Figuur 4.6 Gemiddelden en standaarddeviaties van log-concentraties van de verschillende type metingen van zinkconcentraties uit 2003 in twee bedrijfscategorieën (IX en X).

De TNO-E-analyses van chroom wijken sterk af; zie de verdeling in Figuur 4.7. Hier is waarschijnlijk iets misgegaan. De verdelingen en schattingen van de gemiddelden en standaarddeviaties van de overige metalen staan in Bijlage 19. De standaarddeviaties variëren tussen 0.15 en 0.35, en geen enkele van de analysemethoden lijkt altijd meer nauwkeurig te zijn dan de andere twee: de standaarddeviaties komen redelijk overeen.



Figuur 4.7 Verdelingen van de log-concentraties van chroom gemeten door de drie methoden in 2003 binnen twee bedrijfscategorieën.

In Bijlage 20 zijn zowel de empirische verdelingen als de schattingen van de gemiddelden en standaarddeviaties van de verschillen tussen de drie verschillende combinaties van methode en analyserend laboratorium gegeven. De meeste standaarddeviaties liggen tussen 0.05 en 0.15. Uit de figuren blijkt dat veel van de gemiddelde verschillen tussen de methoden statistisch significant zijn. Om na te gaan of ze ook in praktische zin significant verschillen kan de benadering $\Delta = -\log(c + 1) \approx -c$ gebruikt worden, waarbij het gemiddelde verschil in log-concentraties als gemiddelde toename (als deze negatief is) of afname (als deze positief is) geïnterpreteerd is. De gemiddelde verschillen van log-concentraties van Cu in de categorie X/LÖSS/2003 liggen bijvoorbeeld tussen 0.05 tot 0.25, die overeenkomen met mediaanratio's tussen 1.05 en 1.25, en met relatieve toename van de ene methode ten opzichte van de andere tussen 5 en 25% (Bijlage 21 en Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Schattingen van de gemiddelde verschillen tussen paren van Alterra-E-, TNO-E- en TNO-TA-log-concentrations per metaal en stratum.

Element	Stratum	Alterra-E vs.TNO-E	Alterra-E vs. TNO-TA	TNO-E vs. TNO-TA
Cr	IX/ZEEKLEI/2003	0.46	-0.07	-0.52
Cr	X/LÖSS/2003	0.92	0.04	-0.87
Cu	IX/ZEEKLEI/2003	0.07	0.05	-0.02
Cu	X/LÖSS/2003	0.16	0.25	0.08
Ni	IX/ZEEKLEI/2003	0.03	-0.02	-0.06
Ni	X/LÖSS/2003	0.01	-0.10	-0.11
Zn	IX/ZEEKLEI/2003	-0.26	-0.08	0.18
Zn	X/LÖSS/2003	-0.08	-0.06	0.02

Als we de analyseresultaten van chroom achterwege laten, is de mediaan van de absolute gemiddelde log-verschillen in concentratie 0.07, en de kwartielen 0.04 en 0.11. Deze verschillen zijn niet alleen in statistische maar ook in praktische zin relevant, omdat ze in dezelfde orde grootte liggen als de trends die verwacht kunnen worden. Hier zal in de discussie (hoofdstuk 6) nader op in worden gegaan.

4.4.2 Alterra-E-analyses van 1999 to 2002

De analyseresultaten van de metalen uit ronde 2, 1999-2002, zijn wat betreft verdelingen en schattingen van de gemiddelden en standaarddeviaties vergelijkbaar met die van de data van ronde 1. De meeste standaarddeviaties liggen tussen 0.2 en 0.6 (Bijlage 22).

4.5 Karakteristieken van de data van ronde 3

De analyses voor ronde 3 zijn alle uitgevoerd door TNO, waarbij een aantal verschillende methoden voor totaalanalyses zijn uitgevoerd (zie hoofdstuk 2.4). In enkele gevallen zijn resultaten voor hetzelfde metaal op hetzelfde landbouwbedrijf met twee of meer analysetechnieken beschikbaar; soms zijn bijvoorbeeld zowel Cu-analyseresultaten beschikbaar van XRF-tablet als totaaldestructie en ICP-MS. Voor de karakterisering van de data van ronde 3 hebben we de volgende regels toegepast met betrekking tot de beschikbaarheid van data. We hebben gebruikt gemaakt van:

- Cr-XRF-tablet of, indien niet beschikbaar, Cr-XRF-parel;
- Cu-XRF-tablet of, indien niet beschikbaar, Cu-ICP-MS;
- Ni-XRF-tablet of, indien niet beschikbaar, Ni-XRF-parel;
- Zn-XRF-tablet.

In deze analyses laten we de strooisellaag buiten beschouwing vanwege het geringe aantal metingen. We karakteriseren alleen de gegevens van de lagen 0-10 cm en 10-30 cm.

Naast de 'basis'-analyses zijn ook replicametingen uitgevoerd op hetzelfde monstermateriaal. Deze kunnen in principe informatie geven over de intralaboratoriumvariabiliteit (en eventuele biases). Er zijn echter slechts 49 paren beschikbaar, en na splitsing per categorie blijven er per stratum onvoldoende waarnemingen over om zinnige schattingen te maken met betrekking tot de binnenlaboratorium

variabiliteit. Op het oog liggen replica's redelijk bij elkaar in de buurt (Bijlage 23).

Uit analyse van de data van ronde 3 (exclusief de hierboven genoemde duplo's) blijkt dat, net als in ronden 1 en 2, de standaarddeviaties tussen 0 en 0.6 liggen. Er zijn echter een aantal grote standaarddeviaties in de Ni- en Zn-metingen van de laag 0-10 cm en vier of vijf in de Cu-, Ni- en Zn-metingen van de laag 30-50 cm. Opvallend is dat de meeste van deze grote standaarddeviaties voorkomen in categorie IV/ZAND/2007, en dat ze samengaan met lage concentraties (zie Bijlage 24 en Bijlage 25 voor schattingen van gemiddelden en standaarddeviaties voor monsters van respectievelijk 0-10 cm en 30-50 cm).

4.6 Correlaties en standaarddeviaties van verschillen tussen Alterra-E-meetresultaten van ronde 1 en 2

In Bijlage 26 worden de Alterra-E-metingen van ronden 1 en 2 per categorie vergeleken. De meerderheid van de locaties die in ronde 1 is bemonsterd is ook in ronde 2 bemonsterd, waardoor een substantieel aantal gepaarde metingen beschikbaar is om schattingen te kunnen maken van de correlatiecoëfficiënten tussen metingen van twee verschillende jaren voor een gegeven categorie.

Ook worden in Bijlage 26 de verdelingen en de standaarddeviaties van de twee ronden vergeleken per categorie, en de verdelingen en schattingen van de gemiddelden (met de bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen) en standaarddeviaties van de gepaarde verschillen tussen de data uit ronde 1 en ronde 2, en scatterplots met een schatting van de correlatiecoëfficiënten.

Op enkele categorieën na zijn de correlatiecoëfficiënten vrij hoog, in de orde grootte tussen 0.75 en 1. Uitzonderingen zijn te vinden in grasland/maïs met intensieve veehouderij op zand (cat. III) voor alle metalen, in categorie bouwland op zand (cat. V) voor Cr, en in categorie grasland/maïs met lage veedichtheid op zand (cat. II) voor Cu. Opvallend is dat de meeste van deze categorieën geen verschillen laten zien tussen populatiegemiddelden van ronde 1 en 2.

4.7 Karakterisering van de predicties van Alterra-E-meetresultaten van ronde 3

In Bijlage 8 staat beschreven hoe aan de hand van een statistisch model de TNO-TA-gegevens zijn gebruikt om predicties te doen voor de meetresultaten indien de monsters tijdens de derde ronde door Alterra zouden zijn geëxtraheerd met Koningswater (of Fleischmannzuur). Om uiteindelijk de power tussen ronden 1 en 3 te berekenen dienen ook deze predicties eerst gekarakteriseerd te worden.

Bijlage 27 bevat de gemiddelden en standaarddeviaties van TNO-TA-en voorspelde Alterra-E-waarden per categorie.

De standaarddeviaties van de voorspelde Alterra-E-meetresultaten liggen dicht bij de TNO-TA-meetresultaten, en dichtbij die van de Alterra-E-metingen van voorgaande ronden. Met uitzondering van Zink

is er gemiddeld 15 procent verschil tussen de voorspelde Alterra-E-waarden en de TNO-TA-waarden. Dit is een aanzienlijk verschil in verhouding tot de veranderingen die verwacht kunnen worden (0-10%).⁵ Hierbij geldt dat het onmogelijk is om te zeggen hoe accuraat de conversies van TNO-TA-naar Alterra-E-waarden zijn, gegeven de beperkte omvang van de dataset uit 2003 (zie Bijlage 8). In ieder geval zijn de schattingen van de gemiddelde verschillen tussen TNO-TA-en Alterra-E-waarden van de categorie IX/ZEEKLEI, waar de conversie (in theorie) minder *biased* zou moeten zijn, inderdaad relatief laag (ze zijn 0.07, -0.02, 0.03 en 0.08 in Cr, Cu, Ni and Zn, respectievelijk).

4.8 Correlaties en standaarddeviaties van verschillen tussen voorspelde Alterra-E-waarden van ronde 3 en Alterra-E-waarden van rondes 1 en 2

In paragraaf 4.6 staan de correlaties beschreven tussen paren Alterra-E-metwaarden van rondes 1 en 2 en de standaarddeviaties van de verschillen tussen de paren van meetwaarden. In deze paragraaf worden op vergelijkbare wijze de paren van *voorspelde* Alterra-E-waarden van ronde 3 en Alterra-E-metwaarden van ronde 1 beschreven, en de paren van voorspelde Alterra-E-waarden van ronde 3 en Alterra-E-metingen van ronde 2.

De enige Alterra-E-metwaarden van ronde 1 en 2 die gepaard kunnen worden met de voorspelde waarden van Alterra-E van ronde 3 komen uit de laag 0-10 cm.

Bijlage 28 bevat de meetresultaten van ronde 1 en ronde 2 (beide Alterra-E), de meetresultaten van ronde 3 (TNO-TA), en de voorspelde Alterra-E-waarden van ronde 3. De verdelingen, gemiddelden, standaarddeviaties, correlaties, de gemiddelde verschillen (met 95%-betrouwbaarheidsintervallen) en standaarddeviaties worden er gegeven. In de figuren van de bijlage worden de *voorspelde* Alterra-E-waarden van ronde 3 aangegeven met 'predicted Alterra-E, 3', 'Alterra-E round 3' of, om ruimte te besparen, met 'Alterra-E, 3'.

Over het algemeen komen de gemiddelden en standaarddeviaties redelijk overeen. Grotere afwijkingen komen voor bij nikkel, hoewel die gerelateerd zouden kunnen zijn aan de beperkte aantallen (negen metingen of minder).

De correlaties zijn alleen weergegeven indien er minstens tien paren waren. Hoewel de meeste correlaties hoog zijn (boven 0.7), zijn een aantal juist laag.

⁵ Merk op dat het bereik van de grafieken van de gemiddelden twee tot tien keer groter is dan van de grafieken van de standaardafwijkingen.

4.9 Overzicht van de schattingen en voorbeelden van powerberekeningen

Voorbeelden

(i) Stel dat $n_1 = 19$, $n_2 = 20$, $m = 14$ en $\sigma_1 = \sigma_2 = 0.3$. Dit scenario zou van toepassing kunnen zijn op de test van de nulhypothese dat $c = 0$ (equivalent $\Delta = 0$) in Cu-analyseresultaten van landbouwbedrijven van categorie I uit 1993 als jaar 1 en 2006 als jaar 2, onder de voorwaarde dat de standaarddeviaties ongeveer gelijk blijven in de tijd. Uit Bijlage 15 blijkt inderdaad dat voor de DLO-metingen van categorie I en van de herhaling tijdens de tweede ronde op het archiefmonster door Alterra, beide voor koper een geschatte standaarddeviatie hadden van 0.3 en 0.31. Uit Tabel 2.2 in hoofdstuk 2 blijken de waarden voor de aantallen bedrijven voor n_1 , n_2 en m . In categorie I zijn negentien bedrijven tijdens ronde 1 ($n_1=19$) bemonsterd, en zijn twintig bedrijven tijdens ronde 3 bemonsterd ($n_2=20$), en daarvan zijn er veertien die tijdens beide rondes zijn bemonsterd ($m=14$ 'kernbedrijven'). Op basis van de meetresultaten van Alterra die tijdens rondes 1 en 2 zijn gedaan op dezelfde bedrijven, zijn de correlatiecoëfficiënten geschat (paragraaf 4.6). Deze berekening suggereert $\rho = 0.85$ als realistische waarde voor de correlatiecoëfficiënt tussen rondes 1 en 2. Stel, tenslotte, dat we de power willen weten voor een proportionele toename van 0.1 (10%) van jaar 1 naar jaar 2. Als alle waarden ingevuld worden voor n_1 , n_2 , m , σ_1 , σ_2 , ρ , komen we tot een power van 0.36 (36% kans om een werkelijke toename van 10% in koperconcentratie van categorie I tussen ronde 1 en 3 te kunnen detecteren).

(ii) Uitgaande van dezelfde settings als in **(i)** behalve dat alleen bedrijven die tijdens beide rondes bemonsterd zijn meegenomen worden in de berekening, zodat $n_1 = n_2 = m = 14$. De power om een proportionele toename van 0.1 te vinden neemt dan toe tot 0.58 (58%). Dit komt door de hogere waarde van $\text{Var}(\hat{\Delta})$ (zie paragraaf 4.2, met name de laatste twee termen in de formule voor $\text{Var}(\hat{\Delta})$).

(iii) Wanneer dezelfde standaarddeviaties en correlatiecoëfficiënten gebruikt worden uit bovenstaande, maar we uitgaan van de ideale situatie waarin alle twintig landbouwbedrijven in beide jaren bemonsterd zijn: $n_1 = n_2 = m = 20$, stijgt de power om een toename van 10% te detecteren naar 0.74 (74%).

Figuur 4.8 tot en met Figuur 4.13 geven een overzicht van de schattingen van de gemiddelden, standaarddeviaties en correlatiecoëfficiënten berekend per categorie,⁶ waarbij de Alterra-waarden van ronde 3 altijd voorspelde (*predicted*) waarden zijn. Tabel

⁶ Hoewel hier het schatten van populatiegemiddelden niet ons hoofddoel is, kan het nuttig zijn om een overzicht te geven over hoe de gemiddelde log-concentratie tussen meetronden en verschillende soorten metingen variëren.

4.2 en Tabel 4.3 geven schattingen van de standaarddeviaties en correlaties. Alleen schattingen gebaseerd op tenminste tien paren van observaties zijn gebruikt.

Van de vier metalen lijkt Ni degene te zijn met de grotere standaarddeviaties. Bos op zand (cat. IV) en grasland op veen (cat. VI) hebben consistent grotere standaarddeviaties dan de andere strata. Ondanks het feit dat er een aantal grote verschillen is tussen schattingen van de verschillende datasets, bijvoorbeeld de drie verschillende correlaties van de chroomanalyses van de grasland/maïs met intensieve veehouderij op zand (cat. III), die niet door toeval verklaard kunnen worden, suggereren Figuur 4.8 en Tabel 4.3 een redelijke overeenkomst tussen de schattingen. Enkele, zoals die van Cr en Zn van het VI/VEEN-stratum, tonen zelfs zeer sterke overeenkomsten.

De verschillende schattingen van de standaarddeviaties en correlaties vormen input om de power te berekenen. Figuur 4.14 en Tabel 4.4 geven schattingen van de kans op een toename van 5 procent of 10 procent in mediaanconcentratie van een ronde van metingen naar de andere, gebruikmakend van een tweezijdige test met significantieniveau van 0.05 gebaseerd op twintig gepaarde log-concentraties ($n_1 = n_2 = m = 20$ in de formule van paragraaf 4.2).

Over het algemeen is de power groter als alle locaties tijdens beide ronden bemonsterd worden; in de praktijk is er binnen iedere categorie bijna altijd een aantal locaties die slechts eenmaal bemonsterd worden in een ronde; de weergegeven powers zijn dus wat aan de optimistische kant.

De waarden van σ_1 , σ_2 en ρ die gebruikt worden in Tabel 4.4 zijn berekend door de waarden uit Tabel 4.2 en Tabel 4.3 per rij te middelen.

Conclusie

Over het algemeen is per categorie van twintig bedrijven de power om een toename van 5 procent te detecteren laag (gemiddeld 24 procent). De power om een toename van 10 procent te detecteren is gemiddeld 50 procent is. Veranderingen in Ni lijken het lastigst te detecteren door de relatief grote standaarddeviaties van de analyseresultaten.

Tabel 4.2 Schattingen van de standaardafwijkingen die uit de diverse gegevensreeksen zijn verkregen, per metaal en per grondsoort/ grondgebruikcombinatie (stratum).

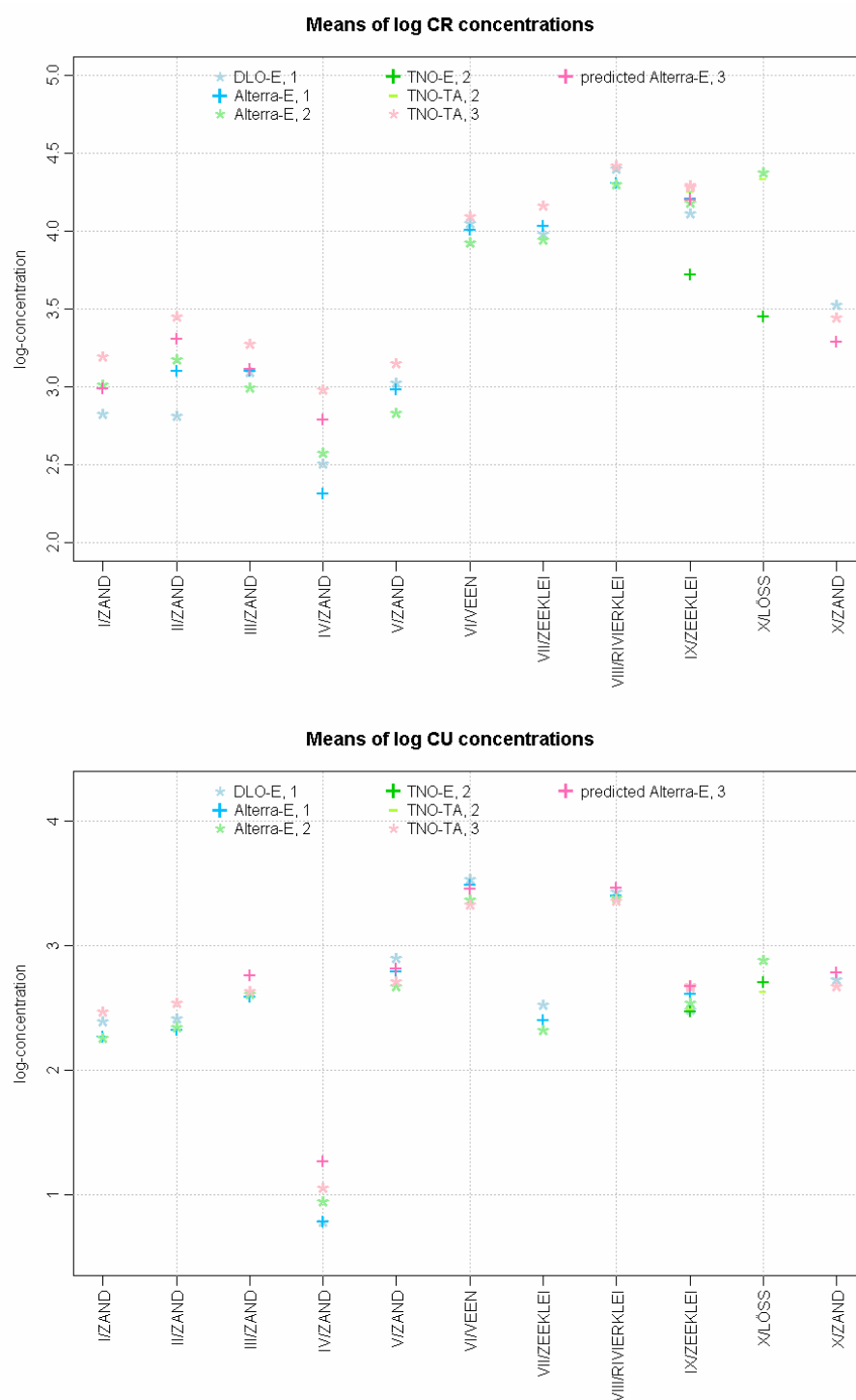
metal	stratum	DLO-E, 1	Alterra-E, 1	Alterra-E, 2	TNO-E, 2	TNO-TA, 2	TNO-TA, 3	predicted Alterra-E, 3
CR	I/ZAND	0.3	0.26	0.24			0.22	0.26
	II/ZAND	0.3	0.35	0.28			0.25	0.28
	III/ZAND	0.26	0.21	0.2			0.17	0.19
	IV/ZAND	0.59	0.74	0.53			0.35	0.41
	V/ZAND	0.19	0.35	0.43			0.17	
	VI/VEEN	0.44	0.46	0.42			0.41	
	VII/ZEEKLEI	0.2	0.16	0.23			0.22	
	VIII/RIVIERKLEI	0.22	0.17	0.13			0.23	
	IX/ZEEKLEI	0.26	0.19	0.17	0.29	0.15	0.14	0.14
	X/LÖSS			0.05	0.09	0.04		
	X/ZAND	0.44					0.31	0.33
CU	I/ZAND	0.3	0.31	0.27			0.15	
	II/ZAND	0.1	0.26	0.19			0.3	
	III/ZAND	0.22	0.25	0.25			0.2	0.19
	IV/ZAND	0.49	0.67	0.52			0.7	0.73
	V/ZAND	0.35	0.42	0.43			0.3	0.28
	VI/VEEN	0.69	0.69	0.64			0.52	0.50
	VII/ZEEKLEI	0.45	0.47	0.29				
	VIII/RIVIERKLEI	0.24	0.24	0.21			0.25	0.23
	IX/ZEEKLEI	0.52	0.23	0.29	0.26	0.31	0.34	0.36
	X/LÖSS			0.2	0.18	0.23		
	X/ZAND	0.4					0.42	0.38
NI	I/ZAND		0.68				0.64	0.88
	II/ZAND		1				0.8	0.94
	III/ZAND		0.79	0.17			0.46	0.46
	IV/ZAND						1.22	1.27
	V/ZAND							
	VI/VEEN		1.02	0.83			0.56	
	VII/ZEEKLEI		0.38	0.26			0.29	
	VIII/RIVIERKLEI		0.25	0.22			0.4	
	IX/ZEEKLEI		0.36	0.36	0.33	0.34	0.3	0.31
	X/LÖSS			0.34	0.12	0.12		
	X/ZAND						0.53	0.53
ZN	I/ZAND	0.33	0.43	0.26			0.33	0.34
	II/ZAND	0.26	0.4	0.27			0.35	0.34
	III/ZAND	0.26	0.27	0.23			0.29	0.31
	IV/ZAND	0.41	0.52	0.69			1.35	1.28
	V/ZAND	0.36	0.33	0.41			0.22	0.21
	VI/VEEN	0.53	0.53	0.5			0.5	0.53
	VII/ZEEKLEI	0.5	0.46	0.27			0.32	0.32
	VIII/RIVIERKLEI	0.41	0.39	0.4			0.33	0.38
	IX/ZEEKLEI	0.29	0.32	0.3	0.26	0.29	0.32	0.34
	X/LÖSS			0.23	0.21	0.24		
	X/ZAND	0.29					0.62	0.59

Tabel 4.3 Schattingen van de correlaties tussen log-concentraties uit verschillende ronden, per metaal en landgebruik/grondsoortcombinatie (stratum).

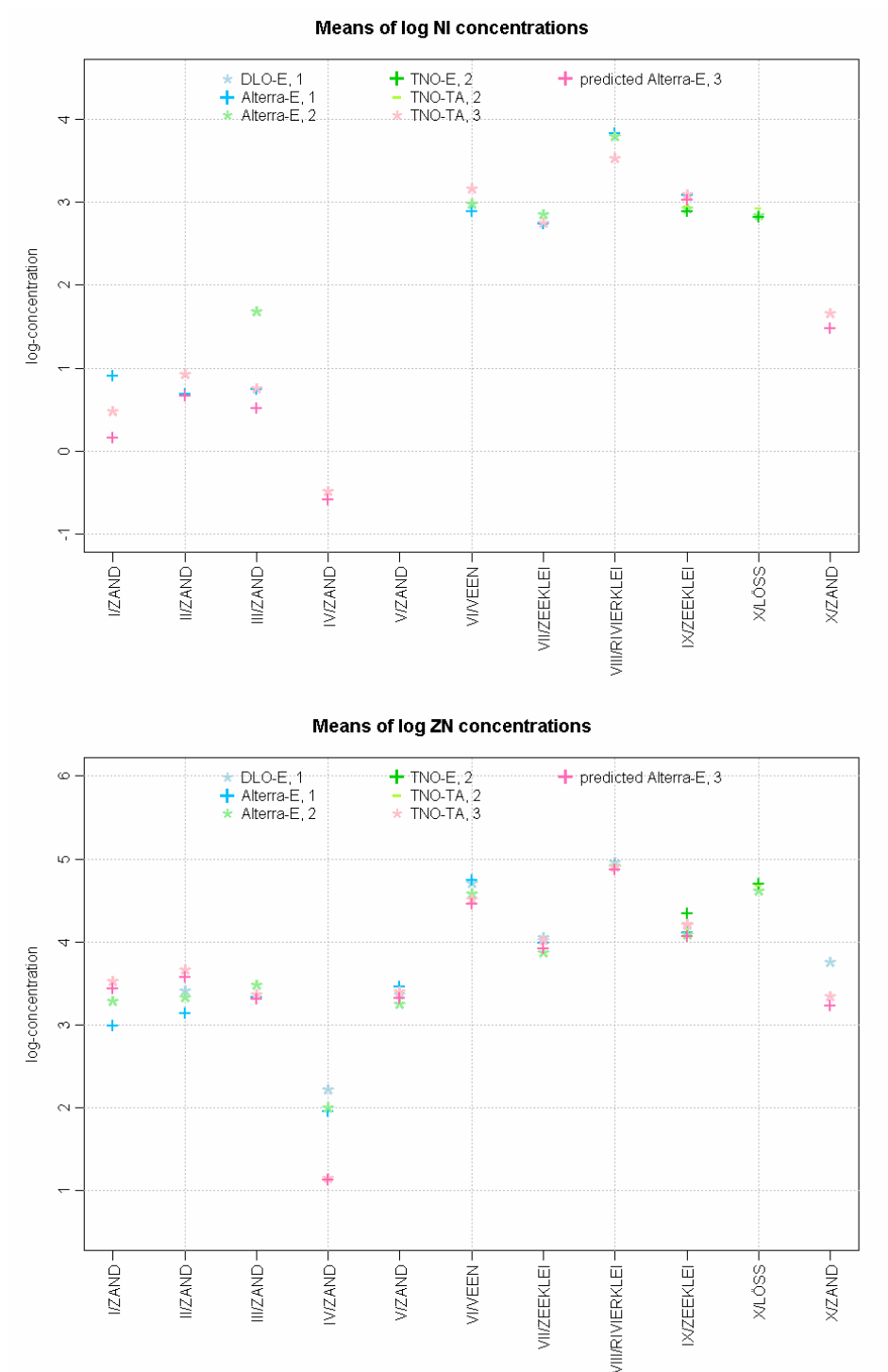
metal	stratum	Alterra-E, 1 & Alterra-E, 2	TNO-TA, 2 & TNO-TA, 3	Alterra-E, 1 & Predicted Alterra-E, 3	Alterra-E, 2 & Predicted Alterra-E, 3
CR	I/ZAND	0.84		0.73	0.88
	II/ZAND	0.79			
	III/ZAND	0.01		0.43	0.88
	IV/ZAND	0.93		0.89	0.94
	V/ZAND	-0.27			
	VI/VEEN	0.95			
	VII/ZEEKLEI	0.78			
	VIII/RIVIERKLEI	0.90			
	IX/ZEEKLEI	0.96	0.94	0.89	0.88
	X/LÖSS				
	X/ZAND				
CU	I/ZAND	0.79			
	II/ZAND	0.24			
	III/ZAND	0.42		0.49	0.73
	IV/ZAND	0.81		0.01	-0.01
	V/ZAND	0.91		0.85	0.86
	VI/VEEN	0.95		0.96	0.96
	VII/ZEEKLEI	0.91			
	VIII/RIVIERKLEI	0.90		0.66	0.87
	IX/ZEEKLEI	0.93	0.84	0.91	0.92
	X/LÖSS				
	X/ZAND				
NI	I/ZAND				
	II/ZAND				
	III/ZAND	-0.11		0.59	0.15
	IV/ZAND				
	V/ZAND				
	VI/VEEN	0.94			
	VII/ZEEKLEI	0.79			
	VIII/RIVIERKLEI	0.98			
	IX/ZEEKLEI	0.90	0.94	0.88	0.87
	X/LÖSS				
	X/ZAND				
ZN	I/ZAND	0.75		0.05	0.41
	II/ZAND	0.66			
	III/ZAND	0.08		0.40	0.94
	IV/ZAND	0.92		0.48	0.43
	V/ZAND	0.90			
	VI/VEEN	0.92		0.98	0.93
	VII/ZEEKLEI	0.87		0.78	0.89
	VIII/RIVIERKLEI	0.95		0.75	0.87
	IX/ZEEKLEI	0.99	0.96	0.98	0.96
	X/LÖSS				
	X/ZAND				

Tabel 4.4 Schattingen van de power om toenames van 5% en 10% in mediane metaalconcentraties tussen twee meetronden te detecteren, d.m.v. een gepaarde t-toets op de log-concentraties, significantieniveau van 5%. Het veronderstelde aantal gepaarde metingen is 20.

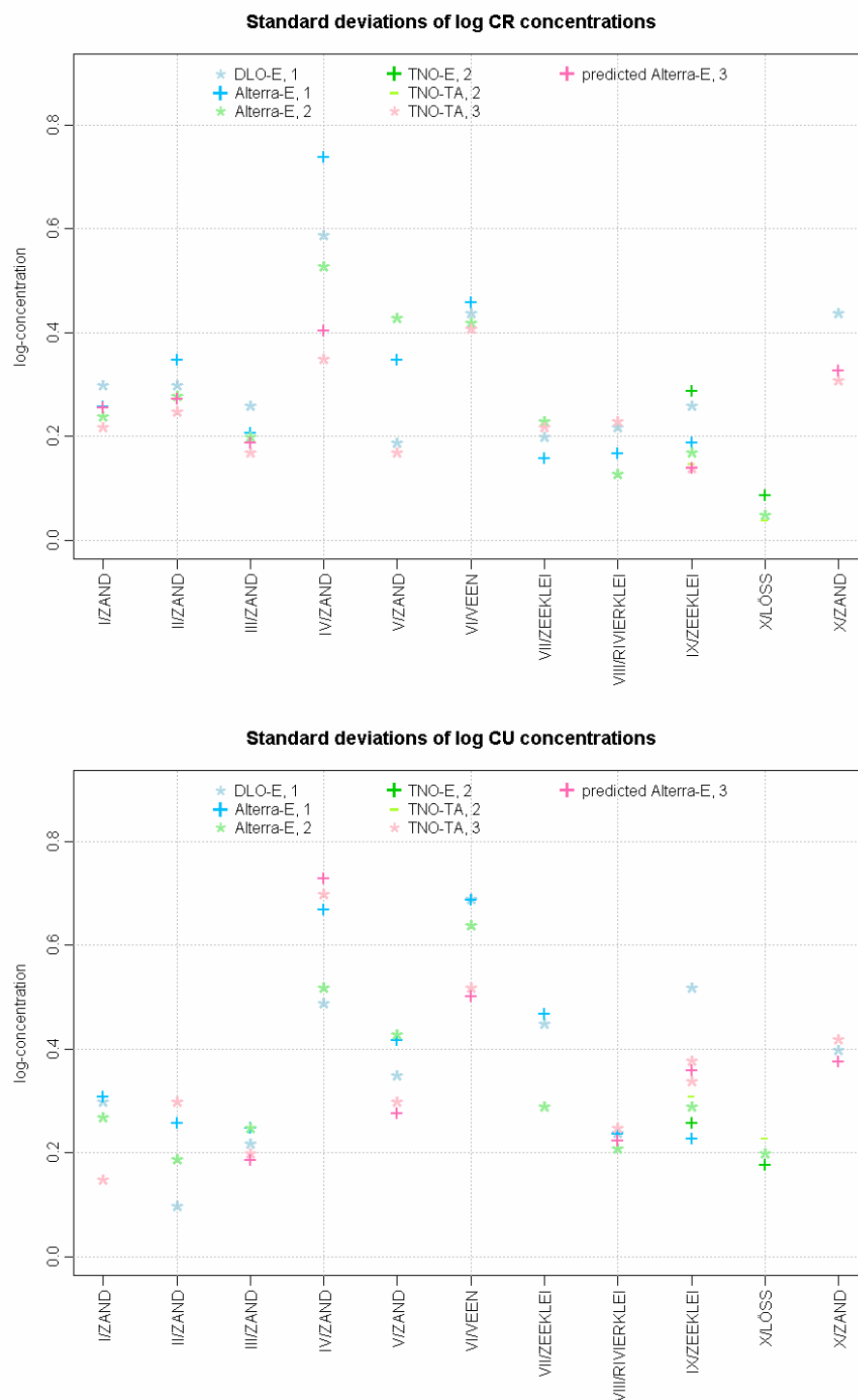
Metaal	Categorie	σ_1	σ_2	ρ	Power voor 5% toename	Power voor 10% toename
Cr	I/ZAND	0.26	0.26	0.82	0.29	0.79
	II/ZAND	0.29	0.29	0.79	0.21	0.61
	III/ZAND	0.21	0.21	0.44	0.17	0.50
	IV/ZAND	0.52	0.52	0.92	0.18	0.53
	V/ZAND	0.29	0.29	-0.27	0.08	0.15
	VI/VEEN	0.43	0.43	0.95	0.33	0.85
	VII/ZEEKLEI	0.20	0.20	0.78	0.38	0.89
	VIII/RIVIERKL	0.19	0.19	0.90	0.74	1.00
	IX/ZEEKLEI	0.19	0.19	0.92	0.80	1.00
	X/LÖSS	0.06	0.06		0.73	1.00
	X/ZAND	0.36	0.36		0.07	0.13
Cu	I/ZAND	0.26	0.26	0.79	0.25	0.72
	II/ZAND	0.21	0.21	0.24	0.13	0.37
	III/ZAND	0.22	0.22	0.54	0.18	0.52
	IV/ZAND	0.62	0.62	0.27	0.06	0.09
	V/ZAND	0.36	0.36	0.88	0.23	0.67
	VI/VEEN	0.61	0.61	0.95	0.22	0.64
	VII/ZEEKLEI	0.40	0.40	0.91	0.24	0.69
	VIII/RIVIERKL	0.23	0.23	0.81	0.33	0.84
	IX/ZEEKLEI	0.33	0.33	0.90	0.31	0.82
	X/LÖSS	0.20	0.20		0.12	0.32
	X/ZAND	0.40	0.40		0.07	0.12
Ni	I/ZAND	0.73	0.73		0.06	0.07
	II/ZAND	0.91	0.91		0.05	0.06
	III/ZAND	0.47	0.47	0.21	0.07	0.11
	IV/ZAND	1.24	1.24		0.05	0.06
	V/ZAND					
	VI/VEEN	0.80	0.80	0.94	0.12	0.32
	VII/ZEEKLEI	0.31	0.31	0.79	0.19	0.57
	VIII/RIVIERKL	0.29	0.29	0.98	0.96	1.00
	IX/ZEEKLEI	0.33	0.33	0.90	0.30	0.80
	X/LÖSS	0.19	0.19		0.13	0.34
	X/ZAND	0.53	0.53		0.06	0.09
Zn	I/ZAND	0.34	0.34	0.40	0.09	0.21
	II/ZAND	0.32	0.32	0.66	0.13	0.36
	III/ZAND	0.27	0.27	0.47	0.12	0.33
	IV/ZAND	0.85	0.85	0.61	0.06	0.09
	V/ZAND	0.31	0.31	0.90	0.36	0.88
	VI/VEEN	0.52	0.52	0.94	0.25	0.70
	VII/ZEEKLEI	0.37	0.37	0.85	0.18	0.54
	VIII/RIVIERKL	0.38	0.38	0.86	0.19	0.55
	IX/ZEEKLEI	0.30	0.30	0.97	0.83	1.00
	X/LÖSS	0.23	0.23		0.10	0.26
	X/ZAND	0.50	0.50		0.06	0.09



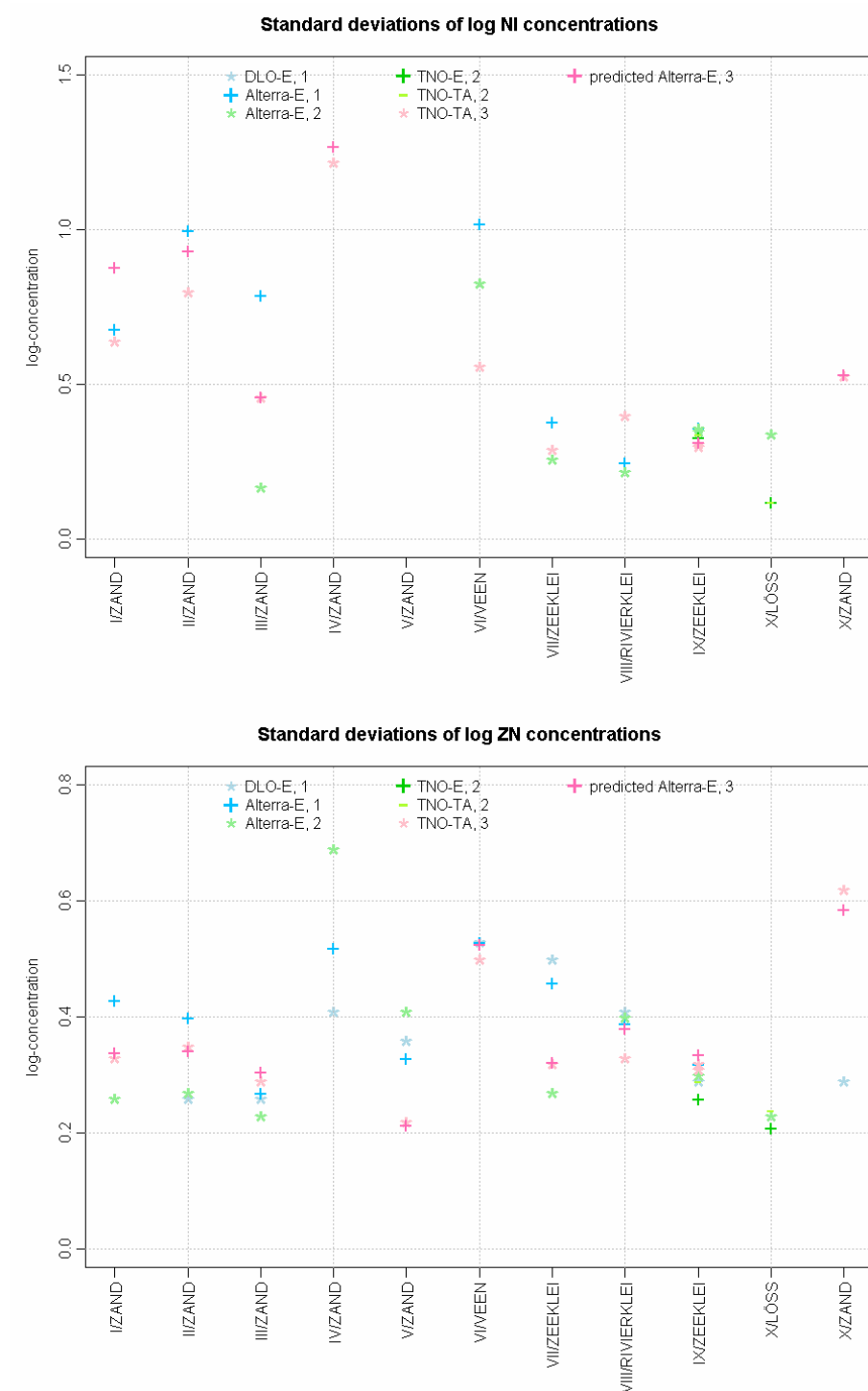
Figuur 4.8 Schattingen van gemiddelden van log-concentraties voor Cr en Cu per categorie.



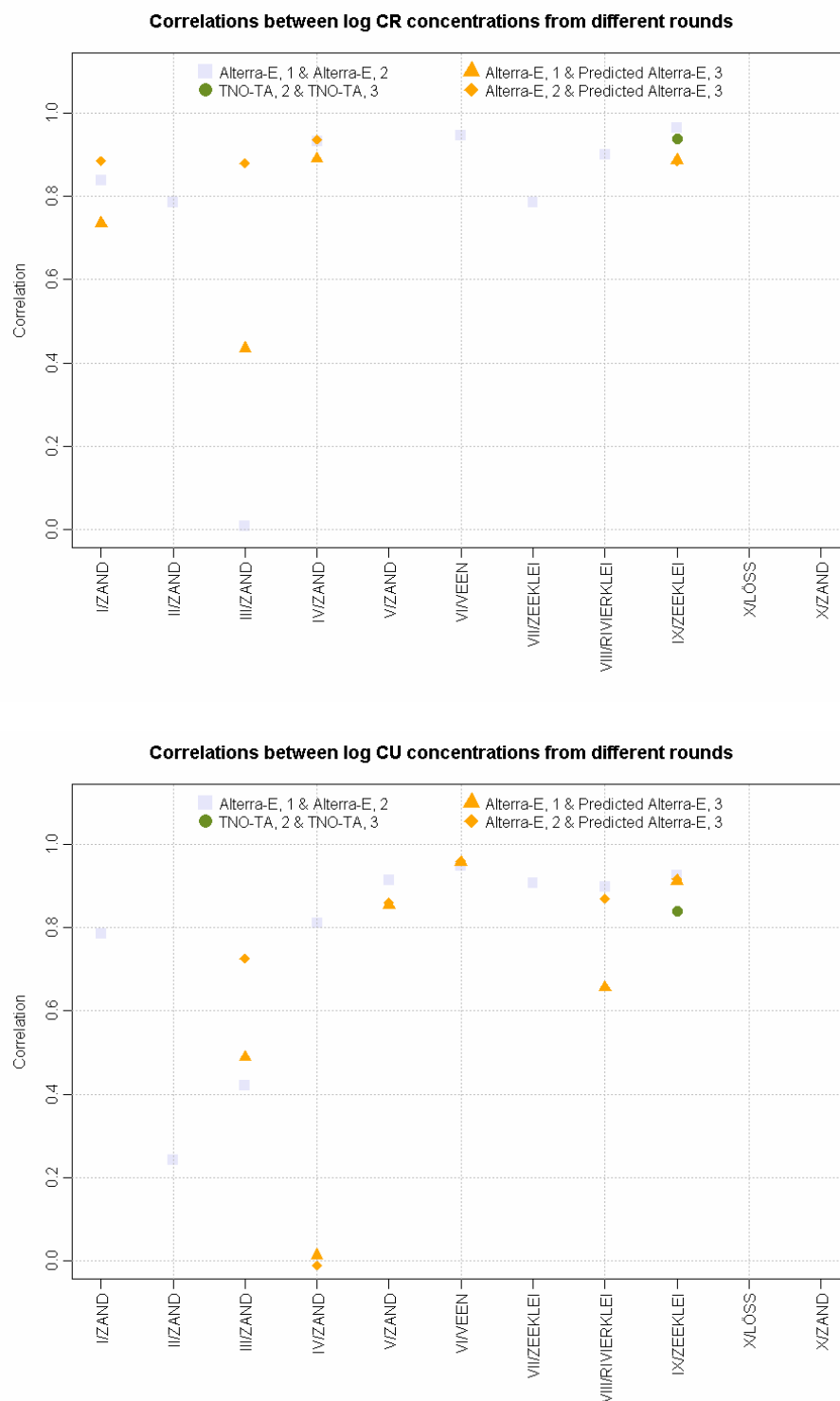
Figuur 4.9 Schattingen van gemiddelden van log-concentraties voor Ni en Zn per categorie.



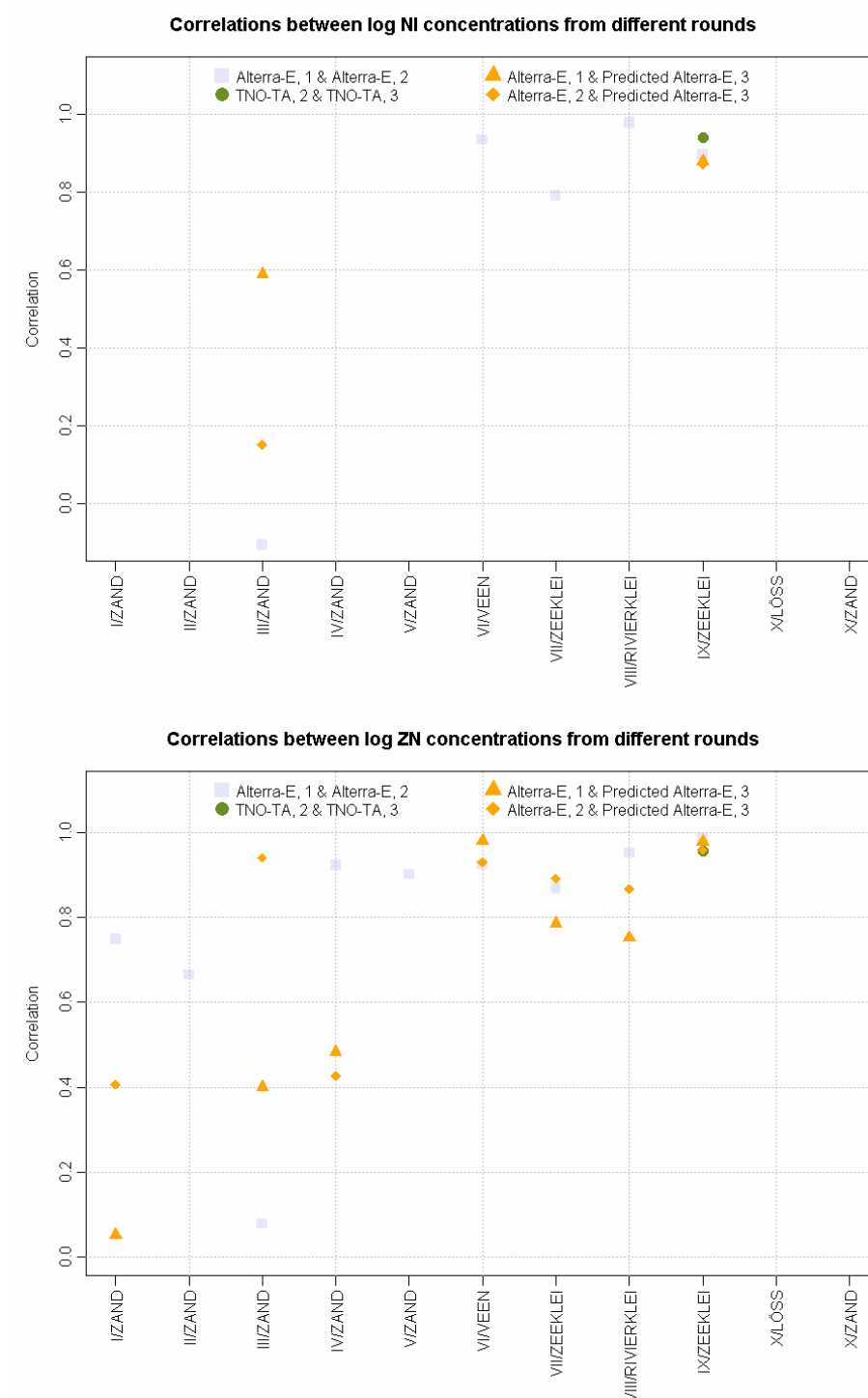
Figuur 4.10 Schattingen van standaarddeviaties van log-concentraties voor Cr en Cu per categorie.



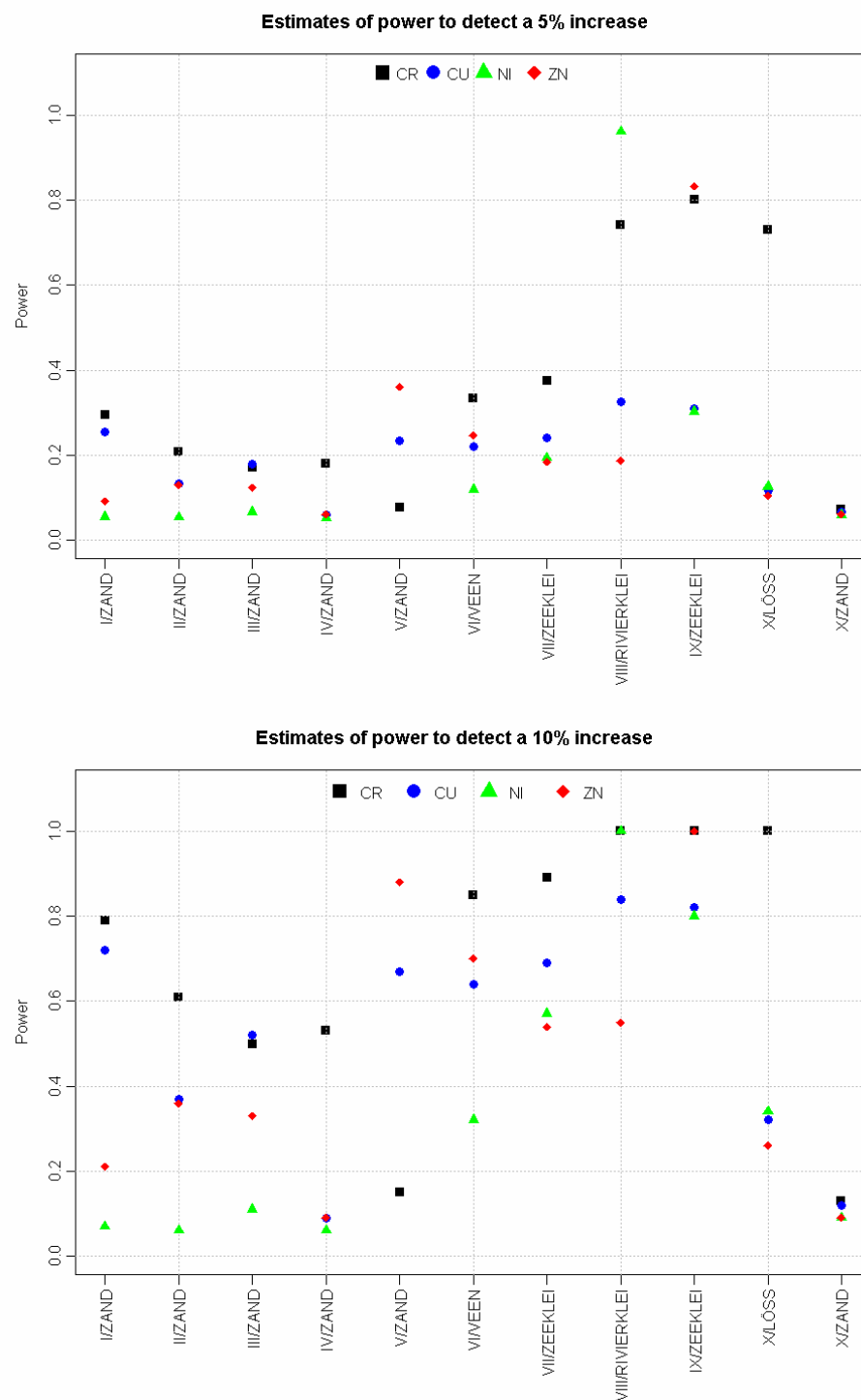
Figuur 4.11 Schattingen van standaarddeviaties van log-concentraties voor Ni en Zn per categorie.



Figuur 4.12 Schattingen van correlaties tussen log-concentraties van Cr en Cu uit verschillende meetronden, per categorie.



Figuur 4.13 Schattingen van correlaties tussen log-concentraties van Ni en Zn uit verschillende meetronden, per categorie.



Figuur 4.14 Schattingen van de power om verhogingen van 5 en 10% in mediane metaalconcentraties tussen twee verschillende meetronden te detecteren, door middel van een gepaarde t-toets op de log-concentraties met een significantieniveau van 5%. Verondersteld is dat het gepaarde aantal metingen 20 is.

4.10 Discussie en conclusie

De powerberekeningen zijn alleen afhankelijk van de schattingen van de standaarddeviaties en correlatiecoëfficiënten. Omdat deze redelijk vergelijkbaar zijn in orde van grootte voor de verschillende laboratoria, verschillende analysemethoden en meetcampagnes/ronden (zie de samenvattingen in Tabel 4.2 en Tabel 4.3), verwachten we dat de powerberekeningen redelijk nauwkeurig zijn. Aan de andere kant wordt bij een powerberekening uitgegaan van de ideale situatie waarin de metingen van de twee momenten in de tijd worden vergeleken, beide uitgevoerd zijn volgens een vaste methode en een vast protocol. In deze ideale situatie wordt het bestaan van bias niet uitgesloten, maar wordt aangenomen dat de bias op beide tijdstippen gelijk is. Als de metingen altijd dezelfde bias hebben, heffen de biases elkaar op bij de bepaling van het verschil (op logaritmische schaal) tussen het gemiddelde op het ene tijdstip en het gemiddelde op het andere tijdstip. Wanneer de bias echter varieert door de tijd heen, is een eventuele trend in metaalconcentratie in de tijd niet te onderscheiden van de trend in de bias.

Helaas blijkt uit de analyses van de verschillende datasets uit de drie ronden dat de metingen die uitgevoerd zijn met de verschillende methoden en/of verschillende laboratoria verschillende biases hebben en dat sommige meetresultaten onbetrouwbaar zijn. Zo zijn bijvoorbeeld statistisch significante verschillen te zien bij het vergelijken van de Alterra- en DLO-meetresultaten van ronde 1 uitgevoerd met de extractiemethode op dezelfde grondmonsters. 'Statistisch significant' betekent dat die verschillen zo groot zijn dat ze niet verklaard kunnen worden door toevallige variaties in de manier waarop de metingen zijn uitgevoerd. Deze verschillen zouden in principe veroorzaakt kunnen worden door het feit dat de Alterra-analyses later zijn uitgevoerd (tijdens ronde 2) dan de DLO-metingen, als effect van de tijd dat de monsters opgeslagen lagen, maar dit is onwaarschijnlijk voor metalen. Daarnaast laat de vergelijking van de meetresultaten van 2003 van Alterra-E (E='extractie'), TNO-E en TNO-TA (TA='totaalanalyse'), alle uitgevoerd op dezelfde monsters, nog meer inconsistenties zien tussen de laboratoria en/of methoden.

In het licht van deze observaties is het de vraag in hoeverre het mogelijk is om conclusies te trekken over trends in metaalconcentraties op basis van metingen gemaakt door verschillende laboratoria en/of volgens verschillende methoden: er zijn in het LMB onvoldoende data beschikbaar om het effect van de verschillende meetmethoden en laboratoria en de interacties tussen deze factoren nauwkeurig te beschrijven.

5 Vergelijking met andere landelijke bodemdata

5.1 Inleiding

In Nederland zijn op dit moment drie landsdekkende datasets beschikbaar met bodemconcentraties. Naast de dataset van het LMB zijn dat de dataset van Achtergrondwaarden 2000 (AW2000, Lamé et al., 2004) en de Geochemische Atlas van Nederland (Van der Veer, 2006). Het doel van dit hoofdstuk is om een eerste, globale, vergelijking te maken tussen de verschillende datasets, waarbij voor het LMB alleen de gegevens uit de derde ronde worden gebruikt. De vergelijking wordt op een statistisch eenvoudige wijze uitgevoerd, omdat dit voldoende is voor een algemeen inzicht over de resultaten van het LMB ten opzichte van de andere datasets.

De data van AW2000 zijn afkomstig uit een onderzoek om de achtergrondgehalten van 113 genormeerde stoffen in te schatten. Het onderzoek vervult een behoefte van het bouwbedrijfsleven om over een consistent databestand te beschikken voor de toetsing aan de streef- en samenstellingswaarde. Het uitgangspunt van een dergelijke toetsing is dat 'de kans dat een partij uit het niet door puntbronnen belaste areaal zou worden goedgekeurd, c.q. als 'schoon' zou worden geïdentificeerd, 95 procent bedraagt' (Lamé et al., 2004).

Het AW2000-onderzoek heeft de cijfers opgeleverd voor de achtergrondwaarden in niet-direct belaste gebieden. Deze resultaten zijn gebruikt voor de afleiding van de Maximale Waarden voor bodem in het Besluit Bodemkwaliteit (VROM, 2007).

De locaties in AW2000 zijn geselecteerd op basis van een aselechte trekking (loting; kanssteekproef), gevolgd door een toetsing aan de randvoorwaarden voor een terrein dat alleen door diffuse bronnen is belast. Het meetprogramma is een steekproef uit het landbouwareaal en de natuurgebieden die niet specifiek zijn belast (verontreinigd). Het onderzoek had niet tot doel om de oorspronkelijke natuurlijke gehalten van stoffen in de bodem vast te stellen, maar de toestand (of beter, concentratieverdeling) rond het jaar 2000 vast te leggen bij gangbaar gebruik.

De data van de Geochemische Atlas zijn het resultaat van een promotiestudie van de Universiteit Utrecht, uitgevoerd in de periode 2002 – 2006. Tijdens deze studie is een geochemische kartering van Nederland opgesteld. Het primaire doel van deze kartering is het verkrijgen van een ruimtelijk representatief multi-element overzicht van de bovenlaag en minerale samenstelling van de bodem. Dit overzicht is gepresenteerd in de vorm van een atlas met kaarten en statistische kengetallen voor elk gemeten element.

Voor de bemonsteringsopzet van de Geochemische Atlas is gebruik gemaakt van beschikbare digitale kaarten van de bodem, geologie en het bodemgebruik in Nederland. Hieruit is een selectie gemaakt (doelgebied) van de bodems in het landelijk gebied, waarbij zeer ongewone types moedermateriaal (bijvoorbeeld pre-kwartaire afzettingen) en sterk gelaagde profielen (bijvoorbeeld dunne

kustafzettingen op fluviatiele klei) buiten beschouwing zijn gelaten. Het overgebleven doelgebied beslaat 76 procent van het totale Nederlandse landoppervlak en bestaat uit landbouwgebieden en bossen/natuurgebieden. Op basis van de lithologie (eigenschappen van de ondergrond), landgebruik, en in sommige gevallen ook regio, is het doelgebied weer onderverdeeld in een aantal subgebieden (strata). Hierover zijn, naar rato van het oppervlak van deze strata, 400 monsterlocaties willekeurig verdeeld (gestratificeerde random bemonstering). Uiteindelijk zijn tijdens het onderzoek 358 van de 400 geplande locaties bemonsterd (90 procent van het totaal). Hierbij zijn met name de zuidelijke zandgronden (Noord-Brabant) en zuidelijke zeekleigronden (Zeeland) in lichte mate onder-gerepresenteerd in vergelijking tot de rest van Nederland (Van der Veer, 2006).

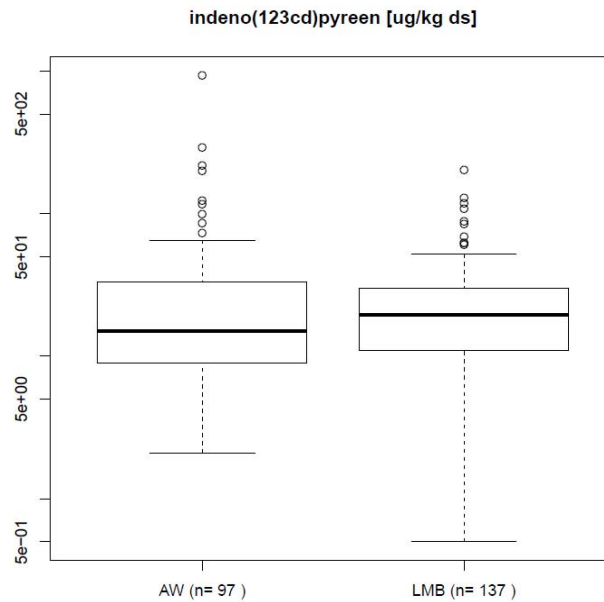
Bij de vergelijking van de gegevens van de derde ronde van het LMB met AW2000 en de Geochemische Atlas is geen rekening gehouden met weging van de categorieën (c.q. strata, zie ook de representativiteit van het LMB voor het landbouwareaal en totaal Nederlands areaal zoals beschreven in paragraaf 2.2) zoals die in drie onderzoeken zijn gedefinieerd. De vergelijking vindt plaats op de ruwe, ongewogen, data. Uit de drie datasets, LMB-ronde 3, AW2000 en de Geochemische Atlas, zijn de bovengrondmonsters geselecteerd om onderling te vergelijken. In de vergelijking is geen onderscheid gemaakt tussen natuur- of landbouwgrond of ander landgebruik.

Er zijn twee stofgroepen met elkaar vergeleken die in de volgende twee paragrafen worden besproken. De PAK-concentraties uit het LMB zijn vergeleken met de PAK-concentraties uit AW2000. De Geochemische Atlas bevat geen PAK-metingen. De metalen en metalloïden uit het LMB zijn vergeleken met de concentraties uit zowel AW2000 als de Geochemische Atlas. Overige stofgroepen zoals organochloorbestrijdingsmiddelen of PCB's zijn niet vergeleken; deze stoffen worden te weinig aangetoond boven de detectielimiet in de datasets om tot een goede vergelijking te komen.

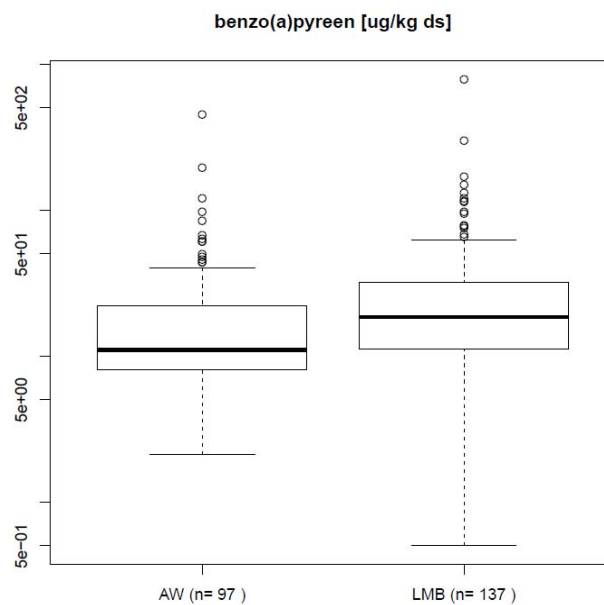
Om de concentraties van de verschillende onderzoeken eenvoudig met elkaar te kunnen vergelijken is gekozen voor een grafische methode. De (statistische) verdeling van de concentraties is weergegeven in de zogenaamde boxplots (zie Figuur 5.1 t/m Figuur 5.8).

5.2 Vergelijking PAK's

De gemeten PAK-concentraties uit het LMB zijn vergeleken met de PAK-concentraties uit AW2000. Voor de metingen van de bodemconcentraties zijn in beide onderzoeken gelijkwaardige meetmethoden gebruikt. Over het algemeen zijn de verdelingen van de concentraties van de meeste PAK's uit het LMB vergelijkbaar met de verdeling van de concentraties uit AW2000 (zie Figuur 5.1 en Figuur 5.2). Dit betekent dat globaal de concentraties PAK's die voorspeld worden op basis van de LMB-resultaten vergelijkbaar zijn met de concentraties PAK's op basis van AW2000. Het is mogelijk dat door weging van de verschillende categorieën in het LMB of van de verschillende strata van AW2000 wel verschillende verdelingen van concentraties zichtbaar worden.

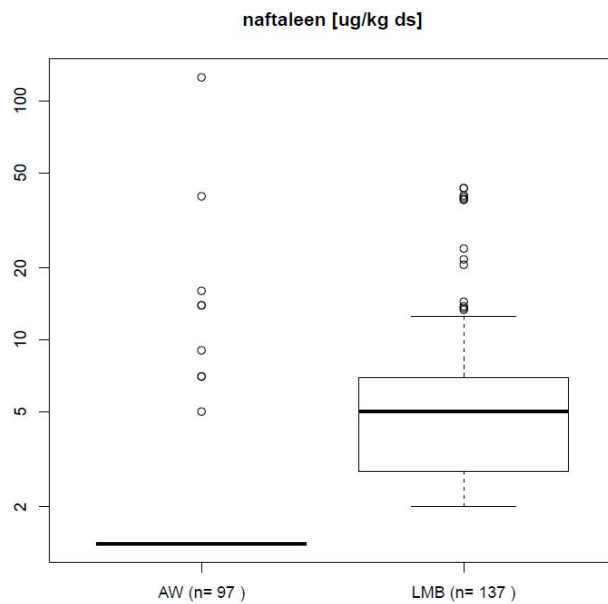


Figuur 5.1: Boxplot van de verdeling van de concentraties indeno(123cd)pyreen, een relatief zware PAK, in AW2000 (AW) en het LMB (derde ronde). De y-as geeft de concentratie op log-schaal, n is het aantal meetpunten.

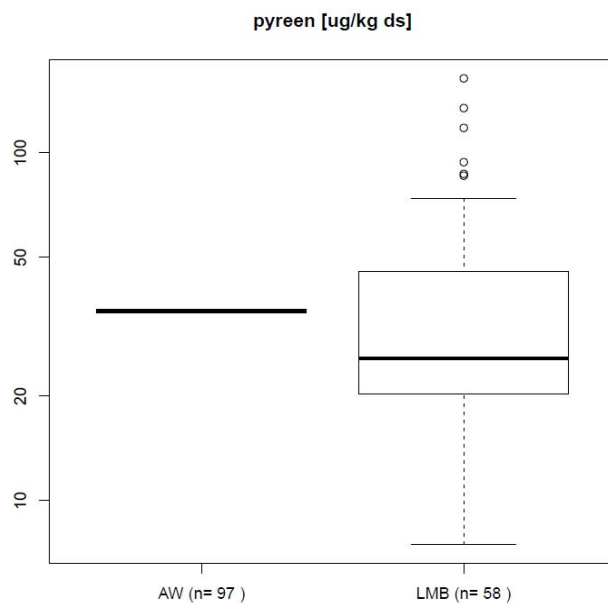


Figuur 5.2 Boxplot van de verdeling van de concentraties benzo(a)pyreen, een relatief toxische PAK, in AW2000 (AW) en het LMB (derde ronde). De y-as geeft de concentratie op log-schaal, n is het aantal meetpunten.

Slechts twee PAK's vertonen in het LMB duidelijk verschillen met AW2000. Dit zijn naftaleen en pyreen (zie respectievelijk Figuur 5.3 en Figuur 5.4). In de AW2000-dataset wordt de verdeling van deze twee PAK's vooral gedomineerd door de aanwezigheid van meetwaarden onder de detectielimiet. In het LMB zijn wel resultaten boven de detectielimiet gevonden, met name bij de categorie grasland op veen.



Figuur 5.3 Boxplot van de verdeling van de concentraties naftaleen in AW2000 (AW) en het LMB (derde ronde). De y-as geeft de concentratie op log-schaal, n is het aantal meetpunten.



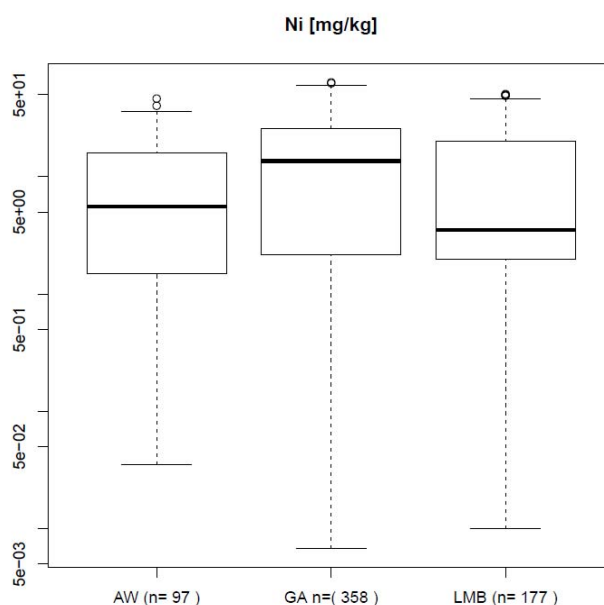
Figuur 5.4 Boxplot van de verdeling van de concentraties pyreen in AW2000 (AW) en het LMB (derde ronde). De y-as geeft de concentratie op log-schaal, n is het aantal meetpunten.

Voor de PAK's kan geconcludeerd worden dat de concentraties die in het LMB gemeten worden, overeenkomen met de concentraties uit AW2000. Waar deze concentraties afwijken (naftaleen en pyreen), worden deze afwijkingen waarschijnlijk veroorzaakt door afwijkende laboratoriummethodes.

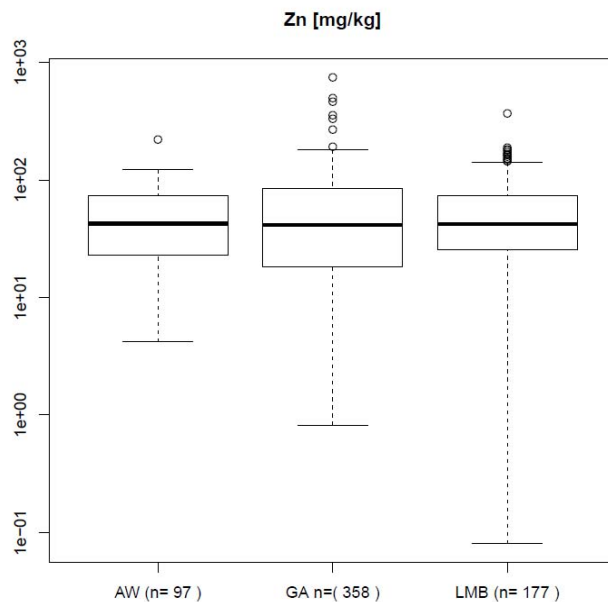
5.3 Vergelijking Metalen

De metaalconcentraties van de derde ronde van het LMB zijn vergeleken met de data van de Geochemische Atlas en AW2000. In zowel de derde ronde van het LMB als de Geochemische Atlas is gebruik gemaakt van methoden die de totaalmetaalconcentratie bepalen (met name XRF). In AW2000 is gebruikt gemaakt van Koningswaterextractie (Aqua regia). Hierbij wordt een deel van metalen die ingesloten zijn in de minerale matrix van de bodem niet gemeten met een totaalmethode wordt die concentratie wel gemeten. Daarom levert een totaalmethode meestal hogere concentraties op dan de aqua-regia-extractie. Omdat het voor deze globale vergelijking te ver voert om alle vergelijkingen van de metalen afzonderlijk toe te lichten, zijn vier representatieve voorbeelden geselecteerd.

De eerste twee voorbeelden, Ni en Zn, laten een goede overeenkomst zien van de gemeten concentraties over de drie studies. De bandbreedtes van de verdeling (de *box*) komen tussen de drie studies grotendeels met elkaar overeen. De mediane waarden komen voor Zn goed overeen tussen de studie, terwijl die voor Ni duidelijk onderling verschillen. Het verschil in mediane waarden kan veroorzaakt worden doordat de bodemtypen of landgebruikcategorïeën per studie verschillen; dit is mogelijk een effect van het ongewogen vergelijken.

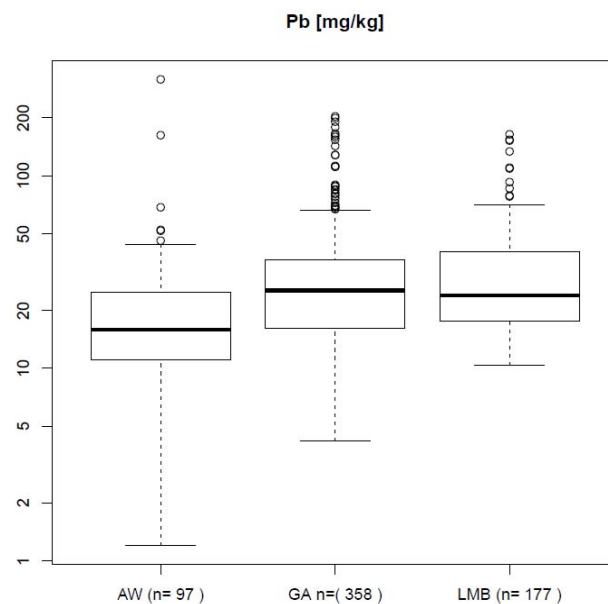


Figuur 5.5 Boxplot van de verdeling van de concentraties Ni in AW2000 (AW), de Geochemische Atlas (GA) en het LMB (derde ronde). De y-as geeft de concentratie op log-schaal, n is het aantal meetpunten.

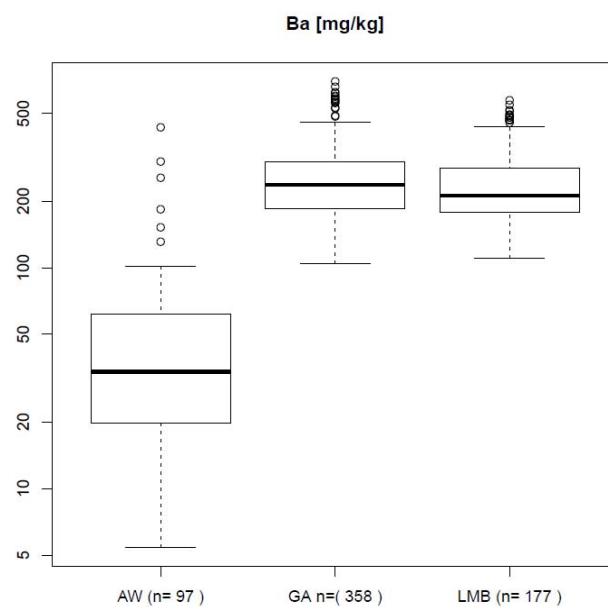


Figuur 5.6 Boxplot van de verdeling van de concentraties Zn in AW2000 (AW), de Geochemische Atlas (GA) en het LMB (derde ronde). De y-as geeft de concentratie op log-schaal, n is het aantal meetpunten.

Andere metalen laten een duidelijk verschil zien tussen enerzijds AW2000 en anderzijds het LMB en de Geochemische Atlas. Voorbeelden hiervan zijn Pb (Figuur 5.7) en Ba (Figuur 5.8). De concentraties van Ba en Pb zijn gelijkwaardig voor de Geochemische Atlas en het LMB. De afwijking met AW2000 wordt, zeer waarschijnlijk, veroorzaakt door de in AW2000 gebruikte aqua-regia methode. Deze methode geeft voor deze elementen lagere concentraties.



Figuur 5.7 Boxplot van de verdeling van de concentraties Pb in AW2000 (AW), de Geochemische Atlas (GA) en het LMB. De y-as geeft de concentratie op log-schaal, n is het aantal meetpunten.



Figuur 5.8 Boxplot van de verdeling van de concentraties Ba in AW2000 (AW), de Geochemische Atlas (GA) en het LMB. De y-as geeft de concentratie op log-schaal, n is het aantal meetpunten.

De vergelijking van de verdeling van concentraties in het LMB met de verdeling van concentraties uit de Geochemische Atlas en AW2000 laat zien dat de gemeten waarden uit het LMB het best overeenkomen met die van de Geochemische Atlas. In de vergelijking met AW2000 zijn,

soms grote, verschillen te zien die waarschijnlijk veroorzaakt worden door de in AW2000 gebruikte afwijkende meetmethode. In Tabel 5.1 is een overzicht opgenomen van welke metalen verschillen tussen AW2000 en het LMB.

Tabel 5.1 Overzicht van de metaal- (en metalloïden-)concentraties waarvan de data uit het LMB en de Geochemische Atlas vergelijkbaar zijn met AW2000.

LMB en AW2000 vergelijkbaar	LMB en AW2000 niet vergelijkbaar
As	Cd
Co	Mo
Ni	Sn
Zn	Ba
	Cr

5.4

Conclusie

Uit de vergelijking tussen de drie datasets blijkt dat voor de PAK's het LMB en de dataset van AW2000 vergelijkbaar zijn, maar de Geochemische Atlas bevat geen gegevens over PAK's. Voor de metalen komen de LMB-gegevens in deze globale analyses goed overeen met die van de Geochemische Atlas. Dit ligt in de lijn der verwachting, omdat beide gebruikmaken van totaalanalyses. De vergelijking met AW2000 laat in het algemeen lagere concentraties zien, veroorzaakt door verschil in analysemethoden.

6 Discussie

6.1 Inleiding

De doelstellingen van dit rapport waren:

1. het beschrijven en waar mogelijk verklaren van de chemische bodemkwaliteit van het landelijk gebied in de periode 2006-2010 (derde meetronde);
2. het beschrijven en waar mogelijk verklaren van veranderingen in de bodemkwaliteit van het landelijk gebied tussen de eerste en de derde meetronde;
3. het beschrijven van de gerealiseerde kans, of *power*, om voor een categorie een verandering in een metaalconcentratie te detecteren tussen de eerste en de derde meetronde.

In dit hoofdstuk zullen eerst de resultaten samengevat worden.

Vervolgens zal worden geëvalueerd in hoeverre in de derde ronde het LMB is uitgevoerd conform de oorspronkelijke doelstellingen en opzet.

6.2 Samenvatting resultaten

6.2.1 *Toestand en Trend*

Lutum

Zoals verwacht hebben de zandgronden lagere lutumgehalten dan klei- en veengronden, en zijn er in het algemeen tussen de ronden weinig veranderingen opgetreden.

Organisch stof

De hoogste organisch-stofgehalten zijn zoals verwacht aangetroffen in veengronden en in de strooisellaag van bos op zand. Verwacht werd dat de organisch-stofgehalten vrijwel hetzelfde zouden zijn als tijdens voorgaande ronden. De tijdens de derde ronde gevonden gehalten van categorieën V tot en met IX zijn echter veel hoger dan van dezelfde bedrijven ten tijde van de eerste ronde. Deze toenames worden als onbetrouwbaar beschouwd. Het zijn waarschijnlijk artefacten, ontstaan door veranderingen in werkwijze in de tijd bij bemonstering en/of analyse.

Kationuitwisselingscapaciteit (CEC)

Zoals verwacht werd, is de CEC bij zandgronden lager dan bij gronden rijk aan organisch stof en/of klei.

Verwacht werd dat de CEC's vrijwel hetzelfde zouden zijn als tijdens voorgaande ronden. De tijdens de derde ronde gevonden CEC's van categorieën VII en IX zijn veel hoger dan van dezelfde bedrijven ten tijde van de eerste ronde. Deze toenames worden als onbetrouwbaar beschouwd. Het zijn waarschijnlijk artefacten, ontstaan door veranderingen in werkwijze in de tijd bij bemonstering en/of analyse. Het feit dat deze beide categorieën ook bij de organisch stofanalyse onwaarschijnlijke stijgingen lieten zien, en daarnaast categorie VII ook voor lutum een stijging liet zien, zou erop kunnen duiden dat de bemonstering tijdens de derde ronde voor deze categorieën mogelijk iets minder diep is uitgevoerd dan tijdens de eerste ronde. Ook zou

verandering van percelen bij de bedrijven een rol kunnen spelen in gevonden veranderingen.

pH

Zoals verwacht is de pH het laagst bij zandgronden, en dan met name onder bos omdat daar, in tegenstelling tot locaties onder landbouw, geen bekalking plaatsvindt.

De gevonden significante stijging van pH H₂O bij bos op zand wordt waarschijnlijk veroorzaakt door afname van de verzurende depositie.

De significante dalingen in pH die zijn gevonden onder landbouwgronden werden niet verwacht, omdat de pH van deze gronden door middel van bekalking relatief constant gehouden wordt.

Kalk

De zandgronden die binnen het LMB bemonsterd worden, bevatten nauwelijks of geen kalk. De hoogste kalkgehalten zijn zoals verwacht werd, aangetroffen in zeeklei. In de bovengrond van bouwland op zeeklei (VII) is een significante afname in kalkgehalte zichtbaar. Deze afname komt overeen met een significante daling van de pH (zowel pH H₂O als pH KCl). Categorie VII vertoont ook veranderingen voor organisch stof, lutum en CEC. Waarschijnlijk zijn al deze veranderingen artefacten veroorzaakt door veranderingen in de bemonstering, bijvoorbeeld door veranderingen in bedrijfspercelen van de betreffende locaties.

Dissolved organic carbon (DOC grondwater)

Zoals verwacht werd de hoogste concentratie opgelost organisch stof in grondwater aangetroffen bij de categorie grasland op veen. Er is geen verklaring voor de stijging in DOC-gehalte voor grasland op veen.

Mogelijk is het een artefact door veranderingen in monsternamen en analyses.

Zware metalen

Voor de toestand van de zware metalen in de bodem werden de hoogste concentraties verwacht in gronden rijk aan organisch stof en klei (categorieën VI t/m IX). Dit is bevestigd door de resultaten van de derde ronde, waarbij de significant hoogste concentraties werden aangetroffen bij grasland op veen en grasland op rivierklei (categorie VI en VIII).

Er werden voor de categorieën onder landbouw geringe toenames verwacht tussen de eerste en derde ronde. Er zijn voor enkele categorieën toenames gevonden tussen de eerste en derde ronde voor kwik, chroom en koper. Voor zink zijn voor diverse categorieën dalingen gevonden. Het is niet mogelijk om voor de berekende veranderingen aan te geven in hoeverre deze veroorzaakt worden door werkelijke veranderingen in de bodem, en in hoeverre de veranderingen artefacten zijn veroorzaakt door wijzigingen in locaties (bijvoorbeeld bedrijfsomvang), wijze van monsternamen en analyse.

Voor de toestand van de zware metalen in grondwater zijn geen opmerkelijke waarden aangetroffen. Bij lood, chroom en koper zien de boxplots van de concentraties in het freatisch grondwater er onderling vergelijkbaar uit. Bij deze parameters is de concentratie onder

bouwland op zand (cat. V) significant het hoogst en de concentraties onder grasland op zeeklei (cat. IX) significant het laagst.

Als we kijken naar de veranderingen van zware metalen in grondwater, valt op dat de concentratie van Pb en Zn onder bos afneemt. Mogelijk is dit gerelateerd aan de afname van verzuring en stijging in pH. Ook valt op dat bij categorie VI een significante afname is van nikkel, lood en zink in het grondwater.

Uit een globale vergelijking tussen de datasets van LMB, AW2000 en de Geochemische Atlas blijkt dat voor de metalen de LMB-gegevens goed overeenkomen met die van de Geochemische Atlas. Dit ligt in de lijn der verwachting, omdat beide gebruikmaken van totaalanalyses. AW2000 laat in het algemeen lagere concentraties zien, veroorzaakt door verschil in analysemethoden (extractie in plaats van totaalanalyse).

Nutriënten

Verwacht werd dat N, P en K door de netto aanvoer van nutriënten naar landbouwgronden stijgende trends zouden vertonen voor de gronden onder landbouw. Er zijn echter sterke dalingen in Pw en stijgingen in P-Al gevonden. Deze zijn dusdanig groot, dat ze als onwaarschijnlijk worden beschouwd. Er is geen verklaring voor gevonden. Mogelijk is er sprake van een onbedoelde verandering in monsternamen of analysetechniek.

In grondwater zijn dalingen in nitraat en kalium aangetroffen bij bos op zand (cat. IV). Dit kan verklaard worden door de afname in depositie van verzurende en vermestende stoffen.

Diversen

Calcium, chloride, magnesium, mangaan, natrium, sulfaat en strontium komen in hoge gehalten voor onder grasland op zeeklei (categorie IX). De rijke mariene afzettingen dragen hieraan bij. Onder bos op zand is de aluminiumconcentratie significant het hoogst en de spreiding het grootst. Dit ligt in de lijn der verwachting, omdat de pH voor bos op zand het laagst is, waardoor aluminium kan oplossen.

De meeste en opvallendste veranderingen in de tijd zijn aangetroffen voor de categorie bos op zand: significant dalende concentraties sulfaat, chloride, aluminium, calcium, magnesium en natrium. Door de verminderde verzurende depositie gaan minder mineralen in oplossing.

Organische verontreinigingen

De concentraties van PAK's liggen redelijk bij elkaar in de buurt met uitzondering van grasland op veen en naftaleen. Onder grasland op veen zijn de concentraties zowel in de bovengrond als in de ondergrond hoger dan bij de overige categorieën. Uit een globale vergelijking tussen de datasets van LMB en AW2000 blijkt dat deze voor PAK's vergelijkbare meetwaarden bevatten.

PCB28 en PCB52 zijn niet aangetroffen in de bodem. Voor de overige PCB's geldt dat ze in een of meer categorieën worden aangetroffen. De hoogste concentraties PCB's zijn aangetroffen in grasland op veen en in de strooisellaag in de categorie bos.

De minerale-oliegehalten in de boven- en ondergrond reiken tot uitschieters van 300 mg/kg ds. De mediane concentraties variëren tussen circa 20 en 60 mg/kg ds.

De geanalyseerde organische micro's zijn gewasbeschermingsmiddelen, metabolieten of bijproducten, die al langere tijd niet meer zijn toegestaan in Nederland. Waar ze zijn aangetroffen, wordt dit zeer waarschijnlijk veroorzaakt door gebruik van deze middelen in het verleden.

6.2.2 *Beoogde en gerealiseerde power voor metalen*

Beoogde power

Bij de start van het meetnet is een statistische analyse uitgevoerd waarin de beoogde power is berekend en het benodigde aantal locaties en mengmonsters per locatie om een trend te detecteren (De Kwaadsteniet, 1987). Voor dit rapport over de derde ronde is die oorspronkelijke powerberekening kritisch geanalyseerd (zie Bijlage 29). Hieruit blijkt dat oorspronkelijke powerberekeningen uit 1987 te optimistisch zijn. (1) In deze berekening is niet de juiste formule gebruikt. Er is in de gebruikte formule geen sprake van de kans op detectie, terwijl we altijd met kansen hebben te maken als het over statistische gegevens gaat, en (2) er wordt een situatie beschouwd waarin de locaties (bedrijven) vast zijn – dat wil zeggen, geen willekeurig sample zijn van de 'populatie van locaties in Nederland' – waardoor de methode geen rekening houdt met de 'variatie tussen bedrijven'. Deze twee punten leiden tot een overschatting van de power en tot een onderschatting van het benodigde aantal locaties.

Gerealiseerde power

Over het algemeen is de power om een toename van 5 procent te detecteren laag: gemiddeld 24 procent kans om een werkelijke verandering van 5 procent te vinden. De power om een toename van 10 procent te detecteren is gemiddeld 50 procent: in de helft van de situaties waarin de concentratie 10 procent stijgt, zal je deze met het LMB kunnen zien. Deze powers zijn aan de optimistische kant; er is van uitgegaan dat per categorie alle twintig bedrijven aan de eerste en derde ronde deelnamen. In de praktijk zijn er veranderingen in locaties geweest tussen meetronden.

Veranderingen in nikkel lijken het lastigst te detecteren door de relatief grote standaarddeviaties van de analyseresultaten.

De in paragraaf 1.4 benoemde modelberekeningen van Alterra en Groenenberg (2011) en de inputgegevens van het CBS duiden erop dat het onderscheidend vermogen (de power) van het LMB beperkt is ten opzichte van de concentratieveranderingen die in een periode van tien jaar verwacht mogen worden.

Belangrijke redenen voor de discrepantie tussen de te verwachten en de gerealiseerde power zijn:

- (1) de toentertijd nog beperkte statistische kennis bij de opzet van het LMB;
- (2) de dankzij beleidsmaatregelen sterke daling in bodembelasting (Bijlage 1) waardoor de veranderingen vele malen kleiner zijn dan bij de start van het LMB verwacht werden;
- (3) het grote aantal veranderingen in bemonsterde locaties, laboratorium, en werkwijze, waardoor werkelijke trends (bijna) niet meer te onderscheiden zijn van ruis.

De powerberekeningen zijn alleen afhankelijk van de schattingen van de standaarddeviaties en correlatiecoëfficiënten. Omdat deze redelijk vergelijkbaar zijn in orde grootte voor de verschillende laboratoria, verschillende analysemethoden en meetcampagnes/ronden (zie de samenvatting in Tabel 4.2), verwachten we dat de powerberekeningen redelijk accuraat zijn.

Aan de andere kant wordt bij een powerberekening uitgegaan van de ideale situatie, waarin de metingen van de twee momenten in de tijd worden vergeleken, beide uitgevoerd zijn volgens een vaste methode en een vast protocol. In deze ideale situatie wordt het bestaan van bias niet uitgesloten, maar wordt aangenomen dat de bias op beide tijdstippen gelijk is. Helaas blijkt uit de analyses van de verschillende datasets uit de drie ronden dat de metingen die uitgevoerd zijn met de verschillende methoden en/of verschillende laboratoria verschillende biases hebben en dat sommige meetresultaten onbetrouwbaar zijn. De verschillen tussen de analyseresultaten van zware metalen op dezelfde monsters tussen Alterra-Extractie, TNO-Extractie en TNO-Totaal Analyse zijn bijvoorbeeld van zo'n orde, dat ze niet alleen in statistische, maar ook in praktische zin relevant zijn, omdat ze in dezelfde orde grootte liggen als de trends die verwacht kunnen worden.

Het is de vraag in hoeverre het mogelijk is conclusies te trekken over trends in metaalconcentraties op basis van metingen gemaakt door verschillende laboratoria en/of volgens verschillende methoden: er zijn in het LMB onvoldoende data beschikbaar om het effect van de verschillende meetmethoden en laboratoria en de interacties tussen deze factoren nauwkeurig te beschrijven.

6.3 Evaluatie realisatie doelstellingen en opzet

6.3.1 Inleiding

Essentieel in trendmonitoring, een van de doelstellingen van het LMB, is dat er zo min mogelijk veranderingen in de wijze van het verzamelen van gegevens plaatsvinden. In de uitvoering van het LMB hebben diverse geplande en ongeplande veranderingen plaatsgevonden in de uitvoering. Deze zullen hier nader worden toegelicht en de mogelijke consequenties zullen worden bediscussieerd.

6.3.2 Veranderingen in locaties en beschikbaarheid BIN-bedrijfsgegevens

Bij de opzet en uitvoering van het LMB is verondersteld dat trends in de bodemkwaliteit het best kunnen worden gedetecteerd door vaste locaties te bemonsteren, door tijdens iedere monsternameronde op dezelfde percelen van dezelfde bedrijven terug te keren. Dit uitgangspunt van het volgen van vaste bemonsteringslocaties door de tijd wordt ook internationaal veel toegepast (Buis et al., 2011). Tevens was het bij de start van het LMB de bedoeling om eventuele verschillen in bodemkwaliteit tussen categorieën te verklaren aan de hand van de via het BIN verzamelde bodembelastingsgegevens per bedrijf. Dit is bij de start van het meetnet uitgevoerd door LMB-deelnemers te selecteren onder deelnemers aan het Bedrijven Informatienet (BIN) van het LEI. Het BIN is een steekproef van 1500 land- en tuinbouwbedrijven, waarvoor een uitgebreide registratie

van bedrijfsgegevens wordt bijgehouden. Bedrijven voor het BIN worden geselecteerd uit de Landbouwtelling.

Het LMB omvat tweehonderd locaties, waarvan twintig boslocaties en honderdtachtig landbouwlocaties. Deze locaties zijn verdeeld over tien categorieën van ieder twintig locaties, die de bij de start in 1993 meest voorkomende combinaties van grondsoort en grondgebruik representeerden. Voor de landbouwcategorieën (uitgezonderd categorie X) zijn honderdzestig landbouwlocaties door middel van gestratificeerde, aselechte steekproeven getrokken uit het BIN. De overige locaties zijn niet uit het BIN geselecteerd.

Het BIN was tot 2004 een roulerend meetnet waarin deelnemers na verloop van tijd werden vervangen door nieuwe deelnemers (Poppe, 2004). Als een bedrijf uit het BIN viel, is het vaak wel behouden gebleven voor het LMB, omdat het LMB streefde naar het vasthouden aan de oorspronkelijk geselecteerde locaties. Hierdoor is het voor een deel van de LMB-bedrijven niet meer mogelijk om de bodemkwaliteit te relateren aan de bedrijfsgegevens van het BIN: van de 160 bedrijven uit de derde ronde zitten er 55 in het BIN. Er is daarom voor het zo goed mogelijk vervullen van de tweede doelstelling van het LMB, net als in de rapportage van de tweede ronde (De Jong & Van der Hoek, 2009) gekozen voor gebruik van algemene bodembelastinggegevens en niet de BIN-bedrijfsgegevens zoals oorspronkelijk bij de opzet van het LMB de bedoeling was.

Uit Buis et al. (2011) blijkt dat de verschillende veranderingen in locatiekeuze hebben plaatsgevonden. Voorbeelden zijn:

- Bedrijven bestaan niet meer.
- Bedrijven zijn veranderd qua bedrijfsopzet, waardoor ze niet meer voldoen aan de selectiecriteria van de categorie waarvoor ze geselecteerd zijn.
- Bedrijven hebben percelen verkocht, waardoor het niet meer mogelijk is dezelfde percelen te bemonsteren als in eerdere ronden.

Het herkennen van een temporele trend per categorie, de eerste doelstelling van het LMB, wordt hierdoor mogelijk bemoeilijkt.

Van de bedrijven uit de eerste en tweede meetronde waren er in de derde meetronde nog 128 over. Bij de meeste categorieën was het verloop tussen meetronden 10 à 20 procent.

Ook qua bedrijfsopzet, bedrijfsoppervlak en bemonsterd oppervlak is soms veel veranderd. Van de 160 bedrijven die deelnamen aan de derde ronde voldoen volgens recente BIN- en CBS-gegevens 97 bedrijven (61 procent) nog aan de selectiecriteria voor bedrijfstype en -omvang.

Bij 80 van de 97 bedrijven is het oppervlak vrijwel constant gebleven. Op de meeste bedrijven met nieuw aangekochte percelen zijn deze percelen wel bemonsterd, hoewel dit bij aanvang van het LMB niet de bedoeling was.

Als de veranderingen in bedrijfsopzet en bedrijfsoppervlak samen worden genomen, blijkt dat bij strikte hantering van criteria ongeveer 50 procent van de honderdzestig bedrijven vervangen zou moeten worden in de nieuwe vierde meetronde. Dit biedt de kans voor herintegratie van LMB en BIN. Opties voor herintegratie van LMB en BIN staan beschreven in Buis et al. (2011). Voorafgaand aan de keuze van het wel

of niet integreren dient echter een keuze gemaakt te worden in de doelstellingen. Als het doel van trendanalyse het belangrijkste wordt geacht, is het vasthouden aan vaste locaties belangrijk. Als het beschrijven en verklaren van verschillen tussen grondsoort/landgebruikcombinaties, onder andere aan de hand van bedrijfsgegevens, het belangrijkste wordt geacht, dienen de bedrijven in hun geheel (met alle dynamiek die daarbij hoort) gevolgd te worden.

6.3.3 *Monstername*

Monstername van het LMB is uitgevoerd conform een Standaard Operating Procedure van het RIVM. Een essentieel aspect hiervan is dat de monsters op de juiste diepte worden gestoken.

In hoofdstuk 2 blijkt de organisch-stofgehalten van categorie V t/m IX voor zowel ondiep (0-10 cm) als diep (30-50 cm) een stuk hoger te liggen dan de gehalten tijdens de eerste twee ronden. Mogelijk zijn de monsters tijdens de derde ronde iets minder diep gestoken dan tijdens voorgaande ronden.

Een punt van aandacht in de monstername-SOP is het mengen van de driehonderdtwintig monsters tot één mengmonster per locatie. Dit wordt handmatig in emmers gedaan. Daarna worden monsterpotten gevuld. Aanbevolen wordt om deze procedure te evalueren.

6.3.4 *Chemische analyses*

Aan het eind van de tweede ronde is het uitvoerend laboratorium gewijzigd van WUR naar TNO/Deltares.

Lutum, Organisch stof, Pw en P-Al

Voor een aantal categorieën geldt dat voor bovenstaande parameters onwaarschijnlijke meetresultaten opleverden. Lutum en organisch stof zijn onder andere relevant voor de zogenaamde bodemtypecorrectie om gehalten zware metalen tussen verschillende bodemtypen te kunnen vergelijken met wettelijke normen. Deze vergelijking is dan ook niet uitgevoerd. Het ontbreken van betrouwbare gegevens beperkt de bruikbaarheid van de LMB-data van de derde ronde. Voor lutum zijn, als alternatief voor de pipetgegevens, Malvern8-analyseresultaten beschikbaar.

De Pw- en P-Al-gegevens werden onder andere gebruikt door het Planbureau voor de Leefomgeving voor validatie van het STONE-model.

Metalen

De procedures met betrekking tot de chemische analyses van het LMB zijn de afgelopen jaren regelmatig gewijzigd. Tijdens de tweede ronde is men voor de analyse van metalen mogelijk overgestapt van het extractiemiddel van Fleischmannzuur op Aqua Regia. De documentatie hierover is niet eenduidig.

Tussen de tweede en derde ronde is zonder instemming van het RIVM de methode om metalen te analyseren gewijzigd van extracties naar totaalanalyses. Ook zijn binnen de derde ronde door de jaren heen verschillende voorbehandelings- en analysetechnieken toegepast voor dezelfde parameters: ontsluiting met HF en vervolgens analyse op ICP-MS of analyse door middel van XRF conform parel- of tablettechniek. Achteraf is zoveel mogelijk per parameter voor de hele derde

meetronde één voorbehandelings- en analysetechniek gekozen. Voor de overgang van extractiemethode naar totaalanalyse is het statistische predictiemodel gebouwd. De geldigheid hiervan voor andere data dan de set waarmee het model gemaakt is, is echter niet gegarandeerd.

Uit hoofdstuk 4.10 blijkt dat er voor de analyse van metalen systematische verschillen zitten tussen laboratoria, methoden, etc. Deze beïnvloeden de trendanalyses. Er zijn in het LMB echter onvoldoende data beschikbaar om het effect van de verschillende meetmethoden en laboratoria en de interacties tussen deze factoren nauwkeurig te beschrijven. Hierdoor is het niet mogelijk om voor metalen onderscheid te maken tussen werkelijke trends en artefacten die ontstaan zijn door veranderingen in werkwijze.

Organische analyses

De organische analyses die zijn uitgevoerd, betreffen grotendeels gewasbeschermingsmiddelen die niet meer in de handel zijn en metabolieten daarvan. Uitvoering van de analyses is kostbaar en geeft relatief weinig informatie. Aanbevolen wordt om de parameterlijst te evalueren. In plaats van een groot deel van deze organische analyses wordt aanbevolen om te overwegen fysische parameters, zoals verdichting, in het LMB op te nemen. Dit is in lijn met de Concept Kaderrichtlijn Bodem van de EU, waarin verdichting als een van de risico's benoemd staat (Spijker et al., 2009).

Conclusie en Aanbeveling

Door alle veranderingen lijken we soms systematische, statistische en praktische verschillen te zien tussen metingen/laboratoria. Bij de veranderingen in laboratorium en analysemethode is tijdens de derde ronde geen gebruik gemaakt van het archief uit ronde 1 en 2, terwijl dit archief juist was opgezet om effecten van veranderingen van analysemethoden te schatten. Zo zijn bijvoorbeeld tijdens de tweede ronde alle archiefmonsters uit de eerste ronde wél opnieuw geanalyseerd. Aanbevolen wordt om tijdens vierde ronde wel archiefmonsters mee te analyseren.

6.4 Conclusie en aanbevelingen

Huidige bodemkwaliteit

In het algemeen geldt dat de tijdens de derde ronde gevonden verschillen in bodemkwaliteit tussen grondsoort/landgebruikcombinaties (de 'categorieën') in de lijn der verwachting liggen.

De zandgronden onder bos hebben de laagste zuurgraad en hoogste aluminiumconcentratie van alle categorieën. De zandgronden onder landbouw hebben een hogere zuurgraad, waarschijnlijk door bekalking. Zoals verwacht bevatten kleigronden een groter aandeel van deeltjes die kleiner zijn dan twee micrometer, en hebben veengronden een hoger organisch stofgehalte dan zandgronden. Klei- en veengronden hebben significant hogere gehalten ijzer, mangaan en zware metalen dan zandgronden. Insecticiden als lindaan en dieldrin zijn vooral aangetroffen in gronden onder akkerbouw. Hoewel deze gewasbeschermingsmiddelen uit de handel zijn, kunnen er nog steeds resten van worden aangetroffen.

Lutum (pipetmethode), CEC, organisch stof, P-Al en Pw wijken in de derde ronde voor een aantal categorieën zo sterk af van de eerdere meetrondes, dat deze waarden als onbetrouwbaar worden beschouwd. Vanwege het ontbreken van betrouwbare organisch-stofgehalten zijn de LMB-resultaten niet vergeleken met milieunormen zoals streef- en interventiewaarden.

De toestand zoals gemeten voor het LMB tijdens de derde ronde vertoont voor metalen en PAK's een vergelijkbaar beeld met de andere Nederlandse bodemdatasets van respectievelijk de Geochemische atlas en AW2000.

Veranderingen in bodemkwaliteit tussen eerste en derde ronde

Per categorie zijn de veranderingen tussen de eerste (1993-1997) en derde meetronde (2006-2010) in kaart gebracht. Daaruit blijkt onder andere dat vooral bij zandgronden onder bos de bodem -en grondwaterkwaliteit is veranderd. Deze gronden zijn significant minder zuur geworden. Ook zijn nitraat, sulfaat, chloride, aluminium, calcium, magnesium, natrium en strontium in grondwater afgenomen. Dit komt waarschijnlijk doordat de er minder verzurende en vermestende stoffen via de lucht worden afgezet, een positief gevolg van het emissiebeleid.

Lange termijnanalyses tonen bij elke categorie meerdere significante stijgingen en dalingen van stoffen in de bodem. Veranderingen in bemonsteringslocaties en in de werkwijze kunnen deze trendanalyse echter hebben verstoord. Zo is tussen de meetronden 10 tot 20 procent van de locaties waarop de monsters worden genomen, gewijzigd. Daarnaast veranderden soms in de loop van de jaren de procedures in de laboratoria, vooral die voor zware metalen. Hierdoor was het niet mogelijk de oorspronkelijke strategie van het LMB, namelijk om op gezette tijden dezelfde locaties te monitoren volgens vaste monsternamen- en analyseprocedures, te realiseren. Bij verandering van laboratorium of analysemethode zonder dat archiefmonsters met de nieuwe methode worden geanalyseerd, kan niet worden uitgesloten dat trendberekeningen een bias hebben.

Power metalen

De kans om trends te kunnen vinden is gering voor metalen, zeker in verhouding tot veranderingen die verwacht kunnen worden. Gemiddeld is er 24 procent kans om een werkelijke toename van 5 procent in zware metaalgehalte te vinden. Dit is erg laag gegeven dat de verwachte verandering in zware metaalconcentraties ruwweg 0 tot 4 procent is in een periode van 10 jaar. Deze wijzigingen zijn te klein om te kunnen worden opgespoord met het LMB. Dit heeft onder andere te maken met de beperkte statistische kennis bij de start van het meetprogramma, waardoor het benodigde aantal locaties indertijd is onderschat. Daarnaast is dankzij beleidsmaatregelen de netto bodembelasting gedaald, waardoor er minder grote veranderingen worden verwacht dan bij de start van het LMB.

Aanbevelingen

1. Het is raadzaam om de doelstellingen van het LMB te heroverwegen. Aanbevolen wordt om het meetnet hoofdzakelijk in te zetten om de huidige kwaliteit van de bodem te bepalen voor verschillende combinaties van (landbouw) bedrijfsopzet en

grondsoort. Daarbij kan het effect van landgebruik worden onderzocht aan de hand van bodembelastinggegevens uit het BedrijvenInformatieNet van het LEI.

2. Blijf ook in de vierde ronde archiefmonsters verzamelen, en gebruik bestaande archiefmonsters uit voorgaande ronden ten behoeve van het analyseren van effecten van veranderingen in laboratorium en analysemethode. Documenteer alles zorgvuldig.
3. Maak een keuze in het gebruik van Koningswaterextractie (bijvoorbeeld voor normstelling/AW2000) of totaalanalyses.

7 Literatuurlijst

- Annema J.A., Beurskens J.E.M., Bodar C.W.M. (eds.), Baart A.C., Bakker D.J., Berdowski J.J.M., Duijvenbooden W. van, Klein A.E., Liem A.K.D., Linden A.M.A. van der, Noordijk H., Poel P. van der, 1995. Evaluatie van PCB-stofstromen in het milieu, RIVM Rapport 601014011, Bilthoven.
- Buis, E., Wattel-Koekkoek E.J.W., Leeuwen T.C. van, Reijs J.W., Rutgers M., Fraters B., Boumans L.J.M. en Hoek K.W. van der (2011). Verkenning van opties voor integratie van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit en het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid, RIVM Rapport 680719001, Bilthoven.
- Breure, A.M., Rutgers, M., Bloem, J., Brussaard, L., Didden, W.A.M., Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M., Mulder, C., Schouten, A.J. en Van Wijnen, H.J., 2003. Ecologische kwaliteit van de bodem, RIVM Rapport 607604005, Bilthoven.
- Bronswijk, J.J.B., Groot, M.S.M., Fest, P.M.J. en Van Leeuwen, T.C., 2003. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Resultaten eerste meetronde, 1993-1997. RIVM Rapport 714801031, Bilthoven.
- CBS, 2007; Milieu- en Natuurcompendium, 2008; www.statline.nl, bezocht op 12 oktober 2011
- CBS, 2011: <http://statline.cbs.nl>
- Compendium voor de leefomgeving, 2011: www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/
- De Bakker, H. en J. Scheling, 1966. Systeem van bodemclassificatie van Nederland, hogere niveaus, bijlagen. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- De Goffau, A., Doornewaard, G.J., Van Leeuwen, A.G., Reijs, J.W., Fraters, B., Wattel-Koekkoek, E.J.W. en Boumans, L.J.M., 2009. Landelijk meetnet effecten mestbeleid. LMM-jaarrapport 2006. RIVM Rapport 680717010, Bilthoven.
- De Jong, C.J. en Van der Hoek, K.W., 2009. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Resultaten tweede meetronde, 1999-2003. RIVM Rapport 680718001, Bilthoven.
- De Kwaadsteniet, J.W. (1987), 'Strategies for soil sampling from a statistical point of view', in Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants, edited by W. van Duijvenbooden and H.G. van Waegeningh, RIVM, The Hague.
- Delahaye R., Fong P.K.N. (CBS), Eerdt M.M. van (CBS), Hoek K.W. van der (RIVM) en Olsthoorn C.S.M. (CBS) (2003) Emissie van zeven zware metalen naar landbouwgrond. CBS-rapport, Voorburg/Heerlen.
- EC 1334/2003, 2003. Verordening (EG) Nr. 1334/2003 van de Commissie van 25 juli 2003 tot wijziging van de toelatingsvoorwaarden voor een aantal toevoegingsmiddelen van de groep sporenelementen in diervoeders. Publicatieblad van de Europese Unie, 26.7.2003, L 187/11

EC 2112/2003, 2003. Verordening (EG) Nr. 2112/2003 van de Commissie van 1 december 2003 tot rectificatie van Verordening (EG) nr. 1334/2003 tot wijziging van de toelatingsvoorwaarden voor een aantal toevoegingsmiddelen van de groep sporenelementen in diervoeders. Publicatieblad van de Europese Unie, 2.12.2003, L 317/22

EC 70/524, 1970. Richtlijn 70/524/EEG van de Raad van 23 november 1970 betreffende toevoegingsmiddelen in de veevoeding. Publicatiebureau EU.

Groenenberg, J.E. (2011), Evaluation of models for metal partitioning and speciation in soils and their use in risk assessment, PhD thesis Wageningen University and Research Centre.

Goedhart, P.W. en Thissen, Jac. T.N.M (2011). Biometris GenStat Procedure Library Manual 14th Edition, Wageningen UR.

Groot, M.S.M., Bronswijk J.J.B., Willems W.J., Haan T. de, Castilho, P. del (1996). Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, resultaten 1993. RIVM Rapport 714801007, Bilthoven.

Hooijboer, A.E.J., 2010. Eerste resultaten Scouting Vollegrondsgroenten op zand, LMM e-nieuws Juni 2010, RIVM.

Houba, V.J.G., 1995. Soil analysis procedures, other procedures. In: Van Der Lee J.J., Novozamsky I. (eds) Soil and Plant Analysis, part 5B, Syllabus, pp.100-125.

Lamé, F.P.J., Brus, D.J. & Nieuwenhuis, R.H., 2004. Achtergrondwaarden 2000. Hoofdrapport fase 1, TNO.

Liaw, A. en Wiener, M. 2002. Classification and regression by Random Forest, R News, volume 2, pages: 18-22

Poppe, K.J., 2004. Het Bedrijven-Informatienet van A tot Z, LEI.

Spijker, J., Schouten, A.J., Van der Hoek, K.W. en Wattel-Koekkoek, E.J.W., 2009. Evaluatie van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. RIVM Rapport 680718002, Bilthoven.

Schouten, A.J., Rutgers, M. en Breure, A.M., 2001. BoBI op weg. Tussentijdse evaluatie van het project Bodembioologische Indicator. RIVM Rapport 607604002, Bilthoven.

Schumer, D.L., 1986. Regeling verlaagde kopergehaltenes in mestvarkensvoerders en gemedicineerde diervoeders treedt 1 juli 1986 in werking. Tijdschrift voor Diergeneeskunde 111, 648-649.

SKB, 2007. SKB-cahier 'Olie in de bodem', www.skbodem.nl.

Reijneveld, A, Wensem J. van, Oenema, O (2009). Soil organic carbon contents of agricultural land in the Netherlands between 1984 and 2004, Geoderma, Elsevier, Volume 152, Issues 3-4, 15 September 2009, Pages 231-238.

Rutgers, M., Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M., Bloem, J., Schouten, A.J., Breure, A.M., 2009. Prioritaire gebieden in de Kaderrichtlijn Bodem: belang van bodembiodiversiteit en ecosysteemdiensten. RIVM Rapport 607370001, Bilthoven.

Van Duijvenbouden, W., Van Driel, W. en Willems, W.J., 1995. Resultaten van een onderzoek naar de mogelijke opzet van een Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, Coördinatie-commissie voor Metingen in het Milieu (CCRX).

Van der Veer, G., 2006. Geochemical soil survey of the Netherlands. Atlas of major and trace elements in topsoil and parent material; assessment of natural and anthropogenic enrichment factors., Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap.

VROM, 2007. Besluit Bodemkwaliteit.

Wattel-Koekkoek, E.J.W. (2002). Clay-associated organic matter in kaolinitic and smectitic soils. PhD thesis, Wageningen University and Research Centre.

Bijlage 1 Toevoer van zware metalen naar landbouwgrond

Op nationale schaal zijn statistieken beschikbaar om de toevoer van zware metalen naar de landbouwbodem te berekenen. De aanvoerposten bestaan uit dierlijke mest, kunstmest, depositie en overige bronnen. Door hiervan de afvoer met akkerbouwgewassen en graslandproducten af te trekken resteert de netto toevoer van zware metalen naar de landbouwbodem. Het Compendium voor de leefomgeving presenteert een langjarige getallenreeks voor de toevoer van zware metalen naar landbouwgrond.

Tabel B1.1 geeft voor cadmium, koper en zink informatie over de toevoer naar landbouwgrond. Onder de post overige bronnen wordt zuiveringsslib gerekend. Vanaf circa 1995 wordt er geen zuiveringsslib meer in de landbouw gebruikt en daardoor daalde de post overige bronnen aanzienlijk. Ook de koperhoudende voetbaden zoals gebruikt in veehouderijen zijn onderzocht op belastende effecten (Boer et al., 2006). Deze aanvoerpost is niet meegenomen in Tabel B1.1, omdat niet zeker is hoeveel er wordt gebruikt en of alles ook in de mestput verdwijnt.

Een tweesporenbeleid heeft geleid tot een aanzienlijke verlaging van de toevoer van cadmium, koper en zink naar de landbouwbodem. In de eerste plaats is in 1986 de mestregelgeving gestart (De Jong en Van der Hoek, 2009). Vanaf dat jaar werd de jaarlijks aan te wenden hoeveelheid dierlijke mest per hectare stapsgewijs aan steeds strengere maxima onderworpen. Daarnaast werd via wetgeving de toevoeging van koper en zink aan veevoer beperkt en werden er stringenter eisen gesteld aan het cadmiumgehalte van voederfosfaat en fosfaatkunstmest (EC 70/524, 1970; Schumer, 1986; EC 1334/2003, 2003; EC 2112/2003, 2003). Als gevolg hiervan daalde in de periode 1980-2009 de toevoer van cadmium van gemiddeld 6 naar 1 gram per hectare, de toevoer van koper van gemiddeld 0,61 naar 0,18 kg per hectare en de toevoer van zink daalde van gemiddeld 0,85 naar 0,42 kg per hectare (Tabel B1.1).

De deelnemers van de eerste LMB-meetronde namen ook deel aan BIN, het Bedrijven Informatie Net van het LEI. Uit het BIN waren per bedrijf data beschikbaar over de hoeveelheid aangekocht voer, kunstmest enzovoort, waardoor op bedrijfsniveau een zwaremetalenbalans kon worden berekend. Het BIN was tot 2004 een roulerend meetnet waarin deelnemers na verloop van tijd werden vervangen door nieuwe deelnemers (Poppe, 2004). Als een bedrijf uit het BIN viel, is het vaak wel behouden gebleven voor het LMB, omdat het LMB streefde naar het vasthouden aan de oorspronkelijk geselecteerde locaties. Hierdoor is het voor een deel van de LMB-bedrijven niet meer mogelijk om de bodemkwaliteit te relateren aan de bedrijfsgegevens van het BIN.

De mestregelgeving en de wetgeving voor cadmium, koper en zink in veevoer en kunstmest hebben echter over het algemeen een nivellerend effect gehad op de spreiding in toevoer van zware metalen naar de landbouwgrond in de verschillende categorieën. Ook het transport van varkensmest uit mestoverschotgebieden naar akkerbouwbedrijven heeft hieraan bijgedragen.

Tabel B1.1 Zware metalenbalansen op nationaal niveau voor cadmium, koper en zink naar landbouwgrond; hoeveelheden zijn weergegeven in 1000 kg

	1980	1986	1990	1995	2000	2001	2003	2005	2007	2008	2009
cadmium											
bruto belasting	16	13	9	6	6	5	5	4	4	5	4
waarvan dierlijke mest	6	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
kunstmest	7	7	4	2	2	1	1	1	1	1	0
depositie	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
overige bronnen	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
afvoer met gewas	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
netto belasting	12	9	6	3	3	2	2	2	2	2	1
gram/ha landbouwgrond	6	4,5	3	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1
koper											
bruto belasting	1.360	1.140	970	800	780	535	505	515	485	480	465
waarvan dierlijke mest	1.050	850	750	700	700	450	430	435	420	420	405
kunstmest	150	140	120	50	50	50	35	40	30	25	25
depositie	80	90	50	20	20	20	20	20	20	20	20
overige bronnen	80	60	50	30	10	15	20	20	15	15	15
afvoer met gewas	140	140	130	110	100	105	90	95	95	100	100
netto belasting	1.220	1.000	840	690	680	430	415	420	390	380	365
kg/ha landbouwgrond	0,61	0,50	0,42	0,35	0,34	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19	0,18
zink											
bruto belasting	2.400	2.370	2.270	2.260	2.170	1.580	1.530	1.515	1.435	1480	1430
waarvan dierlijke mest	1.800	1.900	1.750	2.000	1.900	1.300	1.250	1.245	1.200	1220	1190
kunstmest	150	160	140	60	60	50	50	45	35	30	25
depositie	260	130	180	100	70	70	80	65	50	80	65
overige bronnen	190	180	200	100	140	160	150	160	150	150	150
afvoer met gewas	700	750	690	720	570	570	540	550	580	630	590
netto belasting	1.700	1.620	1.580	1.540	1.600	1.010	990	965	855	850	840
kg/ha landbouwgrond	0,85	0,81	0,79	0,77	0,80	0,51	0,50	0,48	0,43	0,43	0,42

Met ingang van het jaar 2001 is de berekeningswijze aangepast (methode beschreven in Delahaye et al., 2003). Er heeft voor de voorgaande jaren geen herberekening plaatsgevonden. Bron: CBS, 2007; Milieu- en Natuurcompendium, 2008; www.statline.nl, bezocht op 12 oktober 2011.

Bijlage 2 Laatste handelsjaren organische micro's

Tabel B2.1 Laatste jaar dat de organische micro's in de handel zijn geweest.

Organische micro's	Laatste jaar in de handel in Nederland	Opmerkingen
α -HCH	n.v.t.	geen gewasbeschermingsmiddel, maar bijproduct (verontreiniging)
β -HCH	n.v.t.	geen gewasbeschermingsmiddel, maar bijproduct (verontreiniging)
γ -HCH	1999	verbod per 1-10-1999
δ -HCH	n.v.t.	geen gewasbeschermingsmiddel, maar bijproduct (verontreiniging)
HCB	<1984	
Heptachloor	<1984	
β -heptachloorepoxide	n.v.t.	metaboliet van heptachloor
Aldrin	<1984	
Dieldrin	<1984	
Endrin	1988	
α -endosulfan	1990	als endosulfan op de markt gebracht
β -endosulfan	1990	als endosulfan op de markt gebracht
DDT	<1984	
DDE	n.v.t.	metaboliet van DDT
DDD	n.v.t.	metaboliet van DDT
Simazin	2003	volgens Ctgb* verboden sinds 1999, maar daarna nog wel verkocht en toegelaten als dringend vereiste stof
Atrazin	1999	

*Ctgb = College toelating gewasbeschermingsmiddelen en biociden.

Bijlage 3 Selectiecriteria van het LMB

De selectiecriteria zijn afgeleid uit de overzichtsrapporten (Bronswijk et al., 2003; De Jong en Van der Hoek, 2009), met aanvullingen en correcties van het LEI. Voor de gebiedsindeling is gebruik gemaakt van de afkortingen N (Noordelijk), O (Oostelijk), C (Centraal), Z (Zuidelijk).

In het samenvattende rapport over de eerste meetronde van het LMB worden iets afwijkende criteria weergegeven (Bronswijk et al., 2003). Hierin wordt voor de categorieën I, II en III een grondwaterstandsgrens van >40 cm beneden maaiveld aangehouden. Ook wordt voor de melkveebedrijven op zand geselecteerd naar graasdierbedrijven; de veeteeltcombinaties worden niet meegenomen, terwijl de vleeskalverbedrijven juist wel kunnen worden meegenomen. De bedrijven in de categorieën I en II worden volgens Bronswijk et al. (2003) niet geselecteerd in de veenkoloniën; dit wijkt echter af van het LMB-rapport over de resultaten van 1993 (Groot et al., 1996) waaruit blijkt dat er wel bedrijven zijn geselecteerd in de Veenkoloniën. Ook de categorie melkvee op veen lijkt in het rapport van Bronswijk et al. (2003) beperkter dan later is aangegeven door het LEI.

Tabel B3.1 Categorie I – Melkveehouderij met lage veedichtheid op zand

<i>NEG</i>	<i>NGE</i>	<i>Gebied</i>	<i>Aanvullende criteria</i>
Graasdierbedrijven ¹ (4)	16-	N. veenweide ²	Bedrijven > 10 ha
(alle graasdierbedrijven	800	N. zand	cultuurgrond
uitgezonderd vleeskalver-		O. zand	Bedrijven < 10%
bedrijven (4380)),		C. zand	bouwland (zonder
veeteeltcombinaties (7)		Z. zand	voedergewassen)
		Veenkoloniën	Geen varkens of
			pluimvee aanwezig
			GVE/ha < 2,8
			Dominante grondsoort
			zand

1 Onder graasdieren vallen alle graasdieren (koe, paard, geit, vleesvee, schaap).

2 Niet aangegeven als LEI-gebied waaruit geselecteerd diende te worden, maar er zijn wel een of meer bedrijven in geselecteerd.

Tabel B3.2 Categorie II – Melkveehouderij met hoge veedichtheid op zand

<i>NEG</i>	<i>NGE</i>	<i>Gebied</i>	<i>Aanvullende criteria</i>
Graasdierbedrijven ¹ (4)	16-	N. zand	Bedrijven > 10 ha
(alle graasdierbedrijven uit-	800	O. zand	cultuurgrond
gezonderd vleeskalver-		C. zand	Bedrijven < 10%
bedrijven (4380)),		Z. zand	bouwland
veeteeltcombinaties (7)		Veenkoloniën	(voedergewassen niet meegeteld)
			Geen varkens of pluimvee aanwezig
			GVE/ha ≥ 2,8
			Dominante grondsoort zand

1 Onder graasdieren vallen alle graasdieren (koe, paard, geit, vleesvee, schaap).

Tabel B3.3 Categorie III – Melkveehouderij met intensive veehouderijtak op zand

<i>NEG</i>	<i>NGE</i>	<i>Gebied</i>	<i>Aanvullende criteria</i>
Graasdierbedrijven ¹ (4)	16-	N. zand	Bedrijven > 10 ha
(alle graasdierbedrijven	800	O. zand	cultuurgrond
uitgezonderd		C. zand	Bedrijven < 10%
vleeskalverbedrijven		Z. zand	bouwland
(4380)),		Veenkoloniën	(voedergewassen niet meegeteld)
veeteeltcombinaties (7)			Varkens of pluimvee aanwezig
			Dierlijke mest productie > 225 kg P ₂ O ₅ /ha
			Dominante grondsoort zand

1 Onder graasdieren vallen alle graasdieren (koe, paard, geit, vleesvee, schaap).

Tabel B3.4 Categorie IV – Bos op zand

<i>NEG</i>	<i>NGE</i>	<i>Gebied</i>	<i>Aanvullende criteria</i>
Naald of loofbos ¹	n.v.t.	n.v.t.	Grondwaterstand boven 5 m beneden maaiveld
			Bereikbaar per voertuig
			Vegetatietype perceel representatief voor betreffende deel Nederland
			Geen belangrijke ontwikkeling komende jaren
			Afstemming met provinciale meetnetten
			Dominante grondsoort zand

1 Geen NEG-type.

Tabel B3.5 Categorie V – Akkerbouw op zand

<i>NEG</i>	<i>NGE</i>	<i>Gebied</i>	<i>Aanvullende criteria</i>
Akkerbouwbedrijven (1)	16- 800	N. zand Veenkoloniën	Bedrijven > 10 ha cultuurgrond Dominante grondsoort zand

Tabel B3.6 Categorie VI – Melkveehouderij op veen

<i>NEG</i>	<i>NGE</i>	<i>Gebied</i>	<i>Aanvullende criteria</i>
Sterk gespecialiseerd melkveebedrijf (4110), gespecialiseerde melkveebedrijven (4120), overige melkveebedrijven (4370)	16- 800	N. veenweide W. weide	Bedrijven > 10 ha cultuurgrond Dominante grondsoort veen

Tabel B3.7 Categorie VII – Akkerbouw op zeeklei

<i>NEG</i>	<i>NGE</i>	<i>Gebied</i>	<i>Aanvullende criteria</i>
Akkerbouwbedrijven (1)	16- 800	N. zeeklei C. klei ZW. Zeeklei	Bedrijven > 10 ha cultuurgrond Dominante grondsoort zeeklei

Tabel B3.8 Categorie VIII – Melkveehouderij op rivierklei

<i>NEG</i>	<i>NGE</i>	<i>Gebied</i>	<i>Aanvullende criteria</i>
Sterk gespecialiseerde melkveebedrijven (4110), gespecialiseerde melkveebedrijven (4120), overige melkveebedrijven (4370)	16- 800	Rivierklei (met aangrenzende gebieden W weide en O., C. en Z. zand ¹)	Bedrijven > 10 ha cultuurgrond Dominante grondsoort rivierklei

1 In totaal zijn zes locaties in de aangrenzende gebieden geselecteerd.

Tabel B3.9 Categorie IX – Melkveehouderij op zeeklei

<i>NEG</i>	<i>NGE</i>	<i>Gebied</i>	<i>Aanvullende criteria</i>
Sterk gespecialiseerde melkveebedrijven (4110), gespecialiseerde melkveebedrijven (4120), overige melkveebedrijven (4370)	16- 800	N. zeeklei C. klei ZW. Zeeklei	Bedrijven > 10 ha cultuurgrond Dominante grondsoort zeeklei

Tabel B3.10 Categorie X – Meetronde 1: tuinbouw en bloembollenteelt, meetronde 2: diversen op löss en meetronde 3: vollegrondstuinbouw op zand

<i>Rd</i>	<i>NEG</i>	<i>NGE</i>	<i>Gebied</i>	<i>Aanvullende criteria</i>
1	Opengrondsgroente-bedrijven (2011), opengrondsbloembollen-bedrijven (2021)	16-800	Alle	
2	Sterk gespecialiseerde melkveebedrijven (4110), gespecialiseerde melkveebedrijven (4120), overige melkveebedrijven (4370), akkerbouw-bedrijven (1) ¹	16-800	Zuid-Limburg	Bedrijven > 10 ha cultuurgrond
3	Opengrondsgroente-bedrijven (2011)	16-800	Alle zand	Bedrijven > 10 ha cultuurgrond Dominante grondsoort zand Deelnemer LMM-VM programma Scouting Vollegrondsgroenten op zand ²

1 Deze categorie is aangevuld met biologische bedrijven, geitenhouders en fruitboomkwekers.

2 Voor verdere informatie over aanvullende criteria zie Scouting Vollegronds Groente programma van het LMM.

Bijlage 4 Overzicht verloop van de LMB-bedrijven

In geel staan de bedrijven aangegeven die afvallen na de betreffende meetronde en in groen staan de vervangende bedrijven aangegeven in de opvolgende meetronde. De al bekende afvallers voor de vierde meetronde staan aangegeven.

Tabel B4.1 Categorie I – Melkveehouderij met lage veedichtheid op zand

<i>Meetronde 1 - 1993</i>		<i>Meetronde 2 - 1999</i>		<i>Meetronde 3 - 2006</i>	
<i>nr</i>	<i>plaats</i>	<i>nr</i>	<i>plaats</i>	<i>nr</i>	<i>plaats</i>
1	Tynaarlo	1	Tynaarlo	1	Tynaarlo
2	Stuifzand	2	Stuifzand	23	Dalmsholte
3	Ruinen	3	Ruinen	3	Ruinen
4	Beilen	4	Beilen	4	Beilen
5	Borger	5	Borger	5	Borger
6	Westerbork	6	Westerbork	6	Westerbork
7	Coevorden	7	Coevorden	7	Coevorden
8	Noordwolde	8	Noordwolde	8	Noordwolde
9	Laren	9	Laren	9	Laren
10	Staphorst	10	Staphorst	10	Staphorst
11	Hooghalen	11	Hooghalen	11	Hooghalen
12	Donderen	20	Wintelre-1	20	Wintelre-1
13	Dwingeloo	13	Dwingeloo	13	Dwingeloo
14	Oosterwolde	14	Oosterwolde	14	Oosterwolde
15	Dalfsen-1	15	Dalfsen-1	24	Hoogland
16	Raalte	16	Raalte	25	Wintelre-2
17	Aalten-2	17	Aalten-2	17	Aalten-2
18	Oosterwolde (Gld.)	18	Oosterwolde (Gld.)	18	Oosterwolde (Gld.)
19	Fluitenberg	21	Drachten	21	Drachten
		22	Rijkevoort	22	Rijkevoort

Tabel B4.2 Categorie II – Melkveehouderij met hoge veedichtheid op zand

<i>Meetronde 1 - 1993</i>		<i>Meetronde 2 - 1999</i>		<i>Meetronde 3 - 2006</i>	
<i>nr</i>	<i>plaats</i>	<i>nr</i>	<i>plaats</i>	<i>nr</i>	<i>plaats</i>
1	Lunteren	1	Lunteren	1	Lunteren
2	Hoeven	2	Hoeven	22	Mander
3	Erp	3	Erp	23	Voorst
4	Knegsel	4	Knegsel	4	Knegsel
5	Wierden	5	Wierden	5	Wierden
6	Marienheem	6	Marienheem	24	Kring van Dorth
7	Lemelerveld	7	Lemelerveld	25	Roggel
8	Dalfsen-2	8	Dalfsen-2	8	Dalfsen-2
9	Joppe	9	Joppe	9	Joppe
10	Aalten-1	10	Aalten-1	10	Aalten-1
11	Eefde	11	Eefde	26	Oirschot
12	Hengelo (Gld.)	12	Hengelo (Gld)	12	Hengelo (Gld)
13	Evertsoord	13	Evertsoord	27	Schaijk
14	Moergestel	14	Moergestel	28	Casteren
15	Mierlo	17	Ruurlo	17	Ruurlo
16	Zeeland	16	Zeeland	29	Steensel
		18	Oirschot	18	Oirschot
		19	Haaren	30	Heythuysen
		20	Esch	20	Esch
		21	Sambeek	31	Luyksgestel

Tabel B4.3 Categorie III – Melkveehouderij met intensieve veehouderijtak op zand

<i>Meetronde 1 - 1994</i>		<i>Meetronde 2 - 2000</i>		<i>Meetronde 3 - 2007</i>	
<i>nr</i>	<i>plaats</i>	<i>nr</i>	<i>plaats</i>	<i>nr</i>	<i>plaats</i>
1	Enschede	1	Enschede	1	Enschede
2	Holten-1	2	Holten-1	2	Holten-1
3	Bathmen	3	Bathmen	3	Bathmen
4	Radewijk	4	Radewijk	4	Radewijk
5	Agelo	5	Agelo	5	Agelo
6	Haaksbergen	21	Voorthuizen	6	Voorthuizen
7	Geesteren (Ov.)	7	Geesteren (Ov)	7	Geesteren (Ov)
8	Bentelo	8	Bentelo	8	Bentelo
9	Holten-2	9	Holten-2	23	Holten-3
10	Denekamp	10	Denekamp	10	Denekamp
11	Beltrum	11	Beltrum	11	Beltrum
12	Dalfsen	22	Woudenberg	12	Woudenberg
13	Schalkhaar	13	Schalkhaar	13	Schalkhaar
14	Geesteren (Gld.)	14	Geesteren (Gld)	14	Geesteren (Gld)
15	Lievelde	15	Lievelde	15	Groenlo
16	Barneveld	16	Barneveld	24	Harskamp
17	Ysselsteyn	17	Ysselsteyn	17	Ysselsteyn
18	Boxtel	18	Boxtel	25	De Mortel
19	Sterksel-1	19	Sterksel-1	26	Sterksel-2
20	Schaijk	20	Schaijk	20	Schaijk

Tabel B4.4 Categorie IV – Bos op zand

Meetronde 1 - 1994		Meetronde 2 - 2000	Meetronde 3 - 2007
nr	plaats	plaats	plaats
1	Lheebroekerzand	Lheebroekerzand	Lheebroekerzand
2	Bosw. Smilde	Bosw. Smilde	Bosw. Smilde
3	De Leyen (Bilthoven)	De Leyen (Bilthoven)	De Leyen (Bilthoven)
4	Diffelerveld	Diffelerveld	Diffelerveld
5	Gasselerveld	Gasselerveld	Gasselerveld
6	Oldenhaverveld	Oldenhaverveld	Oldenhaverveld
7	De Vuursche	De Vuursche	De Vuursche
8	Schotkamp (Kootwijk)	Schotkamp (Kootwijk)	Schotkamp (Kootwijk)
9	Bosw. De Pan (Somerens)	Bosw. De Pan (Somerens)	Bosw. De Pan (Somerens)
10	Bosw. Ruurlo	Bosw. Ruurlo	Bosw. Ruurlo
11	Kerkeindsche Heide	Kerkeindsche Heide	Kerkeindsche Heide
12	Slangenburg	Slangenburg	Slangenburg
13	Vredepeel (Venray)	Vredepeel (Venray)	Vredepeel (Venray)
14	De Galgenberg	De Galgenberg	De Galgenberg
15	Leusderheide	Leusderheide	Leusderheide
16	Mastbos (Breda)	Mastbos (Breda)	Mastbos (Breda)
17	Buulderbroek (Budel)	Buulderbroek (Budel)	Buulderbroek (Budel)
18	Bosw. Dorst	Bosw. Dorst	Bosw. Dorst
19	Grolloërveld	Grolloërveld	Grolloërveld
20	Langeloër Duinen	Langeloër Duinen	Langeloër Duinen

Tabel B4.5 Categorie V – Akkerbouw op zand

Meetronde 1 - 1995		Meetronde 2 - 2001	Meetronde 3 - 2008
nr	plaats	plaats	plaats
1	Zevenhuizen (Gr.)	Zevenhuizen (Gr.)	Zevenhuizen (Gr.)
2	Hooghalen	Hooghalen	Hooghalen
3	Eeserveen	Eeserveen	Eeserveen
4	Schoonebeek	Schoonebeek	Schoonebeek
5	Valthermond-1	Valthermond-2	Valthermond-2
6	Valthe	Valthe	Odoornerveen
7	Geesbrug	Geesbrug	Geesbrug
8	Emmercompascuum	Nieuw-Weerdinge	Nieuw-Weerdinge
9	Siddeburen	Siddeburen	Onstwedde
10	Tweede Exloermond-2	Tweede Exloermond-2	Tweede Exloermond-2
11	Tweede Exloermond-1	Tweede Exloermond-1	Tweede Exloermond-1
12	Borgercompagnie-1	Borgercompagnie-1	Borgercompagnie-1
13	Borgercompagnie-2	Borgercompagnie-2	Borgercompagnie-2
14	Nieuwe Pekela-2	Heeten	Bourtange
15	Nieuwe Pekela-1	Nieuwe Pekela-1	Nieuwe Pekela-1
16	Eesergroen	Eesergroen	Bronneger
17	Vledderveen	Vledderveen	Vledderveen
18	Musselkanaal	Musselkanaal	Musselkanaal
19	Sellingen	Sellingen	Sellingen
		20 Smilde	20 Smilde

Tabel B4.6 Categorie VI – Melkveehouderij op veen

<i>Meetronde 1 - 1995</i>		<i>Meetronde 2 - 2001</i>		<i>Meetronde 3 - 2008</i>	
<i>nr</i>	<i>plaats</i>	<i>nr</i>	<i>plaats</i>	<i>nr</i>	<i>plaats</i>
1	Oudewater	1	Oudewater	1	Oudewater
2	Goudriaan	2	Goudriaan	2	Goudriaan
3	Schoonrewoerd	3	Schoonrewoerd	3	Schoonrewoerd
4	Aarlanderveen-2	4	Aarlanderveen-2	4	Aarlanderveen-2
5	Waarder-1	5	Waarder-1	5	Waarder-2
6	Reeuwijk	6	Reeuwijk	6	Reeuwijk
7	Groot Ammers	7	Groot Ammers	7	Groot Ammers
8	Westzaan*	8	Westzaan*	22	Amsterdam
9	Aarlanderveen-1	19	Delfstrahuizen	19	Delfstrahuizen
10	Follega	10	Follega	10	Follega
11	Dijken	11	Dijken	11	Dijken
12	Eernewoude	12	Eernewoude	12	Eernewoude
13	Oldeboorn	13	Aldeboarn	13	Aldeboarn
14	Hasselt-2	14	Hasselt-2	23	Zwartsluis
15	Kamperveen	15	Kamperveen	15	Kamperveen
16	Hasselt-1	16	Hasselt-1	16	Hasselt-1
17	Polsbroek	17	Polsbroek	17	Polsbroek
18	Muiderberg	18	Muiderberg	18	Muiderberg
		20	Rotsterhaule-1	24	Rotsterhaule-2
		21	Langelille	21	Langelille

* Niet bemonsterd in de tweede meetronde. Pas vervangen in de derde meetronde.

Tabel B4.7 Categorie VII – Akkerbouw op zeeklei

<i>Meetronde 1 - 1996</i>		<i>Meetronde 2 - 2002</i>		<i>Meetronde 3 - 2009</i>	
<i>nr</i>	<i>plaats</i>	<i>nr</i>	<i>plaats</i>	<i>nr</i>	<i>plaats</i>
1	Uithuizermeeden	1	Uithuizermeeden	24	Noordbroek
2	Kloosterzande	2	Kloosterzande	2	Kloosterzande
3	Dreischor-1	21	Retranchement	21	Retranchement
4	Dreischor-2	4	Dreischor-2	4	Zonnemaire
5	Zaamslag-1	5	Zaamslag-1	5	Zaamslag-1
6	Zuidzande	6	Zuidzande	6	Zuidzande
7	Ouwerkerk	7	Ouwerkerk	7	Ouwerkerk
8	Domburg	8	Domburg	8	Domburg
9	Zaamslag-2	9	Zaamslag-2	9	Zaamslag-2
10	Wieringerwerf	10	Wieringerwerf	10	Wieringerwerf
11	Anna Paulowna	11	Anna Paulowna	11	Anna Paulowna
12	Dordrecht	22	Geersdijk	22	Geersdijk
13	Oosterbierum	13	Oosterbierum	25	Dongjum
14	Pieterzijl	14	Pieterzijl	14	Pieterzijl
15	Westernieland	15	Westernieland	26	Lelystad
16	Pieterburen	16	Pieterburen	16	Pieterburen
17	Emmeloord	23	Den Hoorn (Texel)	23	Den Hoorn (Texel)
18	Nagele	18	Nagele	18	Nagele
19	Creil-1	19	Creil-1	19	Creil-2
20	Luttelgeest	20	Luttelgeest	27	Midwolda

Tabel B4.8 Categorie VIII – Melkveehouderij op rivierklei

<i>Meetronde 1 - 1996</i>		<i>Meetronde 2 - 2002</i>		<i>Meetronde 3 - 2009</i>	
nr	plaats	nr	plaats		plaats
1	Houten	1	Houten	1	Houten
2	Zijderveld	2	Zijderveld	2	Zijderveld
3	Woudrichem	3	Woudrichem	3	Woudrichem
4	Azewijn	4	Azewijn	4	Azewijn
5	Wageningen	5	Wageningen	5	Wageningen
6	Veessen	6	Veessen	6	Veessen
7	Elst (Gld.)-1	7	Elst (Gld.)-1	7	Elst (Gld.)-1
8	Vuren	8	Vuren	8	Vuren
9	Beneden Leeuwen	9	Beneden Leeuwen	9	Beneden Leeuwen
10	Elst (Gld.)-2	10	Elst (Gld.)-2	10	Elst (Gld.)-2
11	Ooij (gem. Uergen)	11	Ooij (gem. Ubbergen)	11	Ooij (gem. Ubbergen)
12	Acquoy	12	Acquoy	12	Acquoy
13	Echteld	13	Echteld	13	Echteld
14	Enspijk	21	Bruchem	21	Bruchem
15	Culemborg	22	Cothen	23	Tuil
16	Buren (Gld.)	16	Buren (Gld.)	16	Buren (Gld.)
17	Maasbommel	17	Maasbommel	17	Horssen
18	Druten	18	Druten	18	Druten
19	Middelaar	19	Middelaar	19	Middelaar
20	Ravenstein	20	Ravenstein	20	Ravenstein

Tabel B4.9 Categorie IX – Melkveehouderij op zeeklei

<i>Meetronde 1 - 1997</i>		<i>Meetronde 2 - 2003</i>		<i>Meetronde 3 - 2010</i>	
nr	plaats		plaats		plaats
1	Warffum	1	Warffum	1	Warffum
2	Uithuizen	2	Uithuizen	2	Uithuizen
3	Lellens	21	Sint Maartensdijk	21	Sint Maartensdijk
4	Drieborg	4	Drieborg	4	Drieborg
5	Hansweert	5	Hansweert	5	Hansweert
6	Oudelande	6	Oudelande	24	Hornhuizen
7	Noordbeemster	7	Noordbeemster	7	Noordbeemster
8	Oude Niedorp	8	Oude Niedorp	8	Oude Niedorp
9	Lutjewinkel	22	't Veld	25	Zeewolde
10	Callantsoog	23	Barsingerhorn	23	Barsingerhorn
11	Nieuwe Niedorp	11	Nieuwe Niedorp	11	Nieuwe Niedorp
12	Hitzum	12	Hitzum	12	Hitzum
13	Tzum	13	Tzum	13	Tzum
14	Oosterlittens	14	Oosterlittens	14	Oosterlittens
15	Jislum	15	Jislum	26	Dreischor
16	Raard	16	Raard	16	Raard
17	Oosternijkerk	17	Oosternijkerk	17	Oosternijkerk
18	Wier	18	Wier	18	Wier
19	Genum	19	Genum	19	Genum
20	Zeewolde	20	Zeewolde	20	Zeewolde

*Tabel B4.10 Categorie X – Tuinbouw, bollen, diversen en vollegrondsgroenten**

<i>Meetronde 1 – 1997</i>		<i>Meetronde 2 - 2003</i>		<i>Meetronde 3 - 2010</i>	
<i>nr</i>	<i>Plaats</i>	<i>nr</i>	<i>plaats</i>	<i>nr</i>	<i>plaats</i>
1	Velden	21	Schin op Geul	41	Rijsbergen
2	Leunen	22	Cadier en Keer	42	Klazienaveen
3	Bakel	23	Reijmerstok	43	Helmond
4	Neer	24	Margraten	44	Castenray
5	Grootebroek	25	Wijlre	45	Rijsbergen
6	Warmenhuizen	26	Holtum	46	Breda
7	Hoogkarspel	27	Klimmen	47	Budel
8	Oisterwijk	28	Sint Gertruid	48	Gemert
9	Moergestel	29	Beek	49	Rijsbergen
10	Middelbeers	30	Maastricht	10	Middelbeers
11	Noordwijkerhout	31	Mechelen	50	Breda
12	Zwaagdijk	32	Eyserheide	51	Oosterhesselen
13	Heemskerk	33	Baneheide	52	Rossum
14	St-Maartensbrug-1	34	Noorbeek	53	Wehl
15	St-Maartensbrug-2	35	Oirsbeek		
16	Breezand	36	Heerlen		
17	Hillegom	37	Eijsden		
		38	Gulpen		
		39	Bocholtz		
		40	Simpelveld		

* Eerste meetronde tuinbouw op zand en bollen op klei/zand, tweede meetronde diverse landbouw op löss, derde meetronde vollegrondsgroenten op zand.

Bijlage 5 Bemonsteringsprotocollen

Bemonstering t.b.v. het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit in 2007

INHOUDSOPGAVE	Blad
1. INLEIDING	1
INLEIDING	1
1.1 Doel	1
1.2 Doelgroep	1
1.3 Opzet	1
1.4 Uitvoering en analysepakket	2
2. BENODIGDE MATERIALEN	3
3. WERKWIJZE	3
3.1 Voorbereidingen	3
3.2 Bemonstering van de landbouwlocaties	4
3.3 Bemonstering van de boslocaties	5
3.4 De monstercodering	6
3.5 Transport en bewaren van grondmonsters	6
4. KWALITEITSBEHEERSING	6

1. INLEIDING

1.1 Doel

Monstername van bodemonsters van de toplaag van de bodem, ten behoeve van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, op bedrijfsperven van boerderijen en bosgebieden. Hiermee kan de bodemkwaliteit in Nederland gemonitord worden, zodat een diagnose kan worden gesteld en eventuele trends zichtbaar gemaakt kunnen worden. Naast de kwalitatieve aanwezigheid van zware metalen wordt de nutriëntengraad bepaald op deze locaties. Op boslocaties geldt aanvullend dat er grondwater wordt bemonsterd.

1.2 Doelgroep

Dit voorschrift is bestemd voor medewerkers die bij het uitvoeren van de bodembemonstering betrokken zijn.

1.3 Opzet

Het Landelijk meetnet Bodemkwaliteit bevat een aantal meetlocaties, welke verdeeld zijn over een aantal combinaties van bodemgebruik en grondsoort. De combinaties die in 2007 worden bemonsterd zijn:

1. Grasland (melkveehouderij) met een intensieve veehouderijtak op zand;
2. Bos (natuurgebied) op zand.

Het aantal locaties per combinatie is 20. Op de 20 melkveehouderijlocaties, verspreid over de betreffende LEI-landbouwgebieden, zal de toplaag (bovenste 10 cm) van de minerale bodem bemonsterd worden. Op deze melkveehouderijlocaties wordt één mengmonster genomen, bestaande uit 320 steken van de bovenste 10 cm van de bodem, naar perceelsgrootte verdeeld over het bedrijf.

PROTOCOL nr P2007/01

Blad 2 van 6

Revisie 01

Afdrukt d.d. 19-6-2007

Op de 20 boslocaties, verspreid over diverse natuurgebieden, wordt één strooiselmengmonster genomen, bestaande uit 40 uitgestoken plakken van de strooisellaag (opp. 20 x 20 cm, over de volledige diepte). Daarnaast wordt van diezelfde 40 plekken een zandmengmonster gemaakt, bestaande uit 160 steken (4 steken op elke monsterplek) van de bovenste 10 cm van de onder het strooisel liggende zandlaag. De 40 monsterplekken worden at random verdeeld over het bosperceel. Onder de bospercelen wordt eveneens van 16 deellocaties een monster genomen van het grondwater.

Onderdeel van het LMB sinds 1999 is het vermestingsonderzoek. De uitvoering hiervan staat beschreven in protocol P2007/083. Voor het bemestingsonderzoek worden aanvullend de lagen 0-30 en 30-60cm bemonsterd. Voor graslandcombinaties zijn dat 80 gutsplekken per bedrijf, voor de boslocaties 20 gutsplekken per locatie.

1.4 Uitvoering en analysepakket

Het Bodemmeetnet is een samenwerking van het RIVM en TNO bouw en Ondergrond. Het meetnet, qua opzet van het onderzoek en verdeling van de locaties over Nederland is eigendom van het RIVM. TNO-Bouw en Ondergrond voert de metingen uit en analyseert de monsters op het vastgestelde analysepakket. Vanuit het RIVM zal het project uitgevoerd worden door de afdeling Bodem en Water van het Laboratorium voor Milieumonitoring (LVM) voor wat betreft de meetstrategie, de locatiekeuze en afhandeling van contacten met grondeigenaren en toestemmingen. Met het Landbouw Economisch Instituut wordt voor locaties welke afvallen voor bemonstering, afstemming gezocht voor vervangende locaties volgens gelijke selectiecriteria als bij de start van het project.

TNO-Bouw en Ondergrond of een door hen aangewezen partij voert de bemonstering uit volgens dit daarvoor opgestelde protocol. Bij aanvang van het bemonsteringsseizoen wordt gezamenlijk een werkplan opgesteld.

Analyse van de monsters vindt plaats op zowel bodemkenmerken als zware metalen. Verder worden op klei- en lössgronden de parameters CEC en CaCO_3 geanalyseerd.

Bodemfysische bepalingen:	pH-H ₂ O, pH-KCl, lutum, organische stof, P _{tot} , P _w en P-Al
Zware metalen:	Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn en Zn (totaalgehalten)
Organochloorverbindingen:	a-HCH, b-HCH, γ-HCH, d-HCH, HCB, heptachloor, b-heptachloorepoxide, aldrin, dieldrin, a-endosulfan, b-endosulfan, DDT, DDE, DDD
PAK/PCB:	10-PAK van VROM, PCB-7
Triazines:	simazin, atrazin
Minerale olie:	volgens NEN5733

Voor het grondwater dat wordt bemonsterd op de boslocaties geldt het volgende analysepakket: As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Sr en Zn, pH, EGV, DOC, Cl⁻, SO₄²⁻, K, Ca, Na, Mg, Al, Fe, Mn, NO₃²⁻, NH₄⁺, Tot-N, PO₄³⁻ en P_{tot}. De grondwaterbemonstering wordt uitgevoerd volgens SOP LVM-BW-P435.

Toestemming voor het betreden van de boslocaties wordt in 2007 verkregen via het bedrijf SILVE. De exacte datum van bemonstering dient dan ook via SILVE te worden afgestemd met de perceelseigenaar.

2. BENODIGDE MATERIALEN

- Kaarten met ligging bedrijfspcelen
- Veldmap Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, met hierin de voor het veldwerk benodigde SOP's en protocollen
- Passeervergunning voor het bemonsteren van de bospercelen
- Evt. een veldautomatiseringsset met GPS
- Monsternemingsformulieren (P2007/F-032/01 en P2007/F-085/01)
- Pennen en viltstiften (watervast)
- Rekenmachine, voor verdelen monsterpunten over de percelen
- Graszodemonsterboor (uiteinde van 10 cm). Boor mag niet verroest zijn!
- Spade met blad van ± 20 cm breed
- Edelmanboor, diameter 10cm
- Unster (voor wegen van strooiselmateriaal om dichtheid te bepalen)
- Kruiwagen (steenmodel), t.b.v. vervoer bodemmateriaal in het veld
- Plastic emmers, voor verzamelen van de steken (4x)
- Transportbak HPE grijs (± 50 liter), voor mengen van bodemmateriaal
- Monsterpotten glas, 800 ml, met polyethyleen deksel
- Etiketten (voorgedrukt), voor op de monsterpotten
- Tissues
- Borstel (hard), t.b.v. reiniging materialen
- Koelbox met bevroren koelelementen, temperatuur hierin mag niet boven 10°C komen
- Gecalibreerde thermometer, aflezing in °C, $\pm 0,5^\circ\text{C}$
- Werkhandschoenen/huishoudhandschoenen
- Veldlogboek
- EHBO-kist
- Rubber veiligheidslaarzen en/of -schoenen en regenkleding
- Veiligheidsbril voor bemonstering van maïspcelen
- Indien grondwaterbemonstering: materialen als slangenpomp, filtreereenheid, filterlans, edelmanboor, nitrathek reflectometer met strookjes en toebehoren
- Indien grondwater: monsterflesjes en etiketten

3. WERKWIJZE

3.1 Voorbereidingen

Selectie van de locatie. Het Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO) levert de adressen van landbouwlocaties. Een deel van de locaties is al in de eerste (1994) en tweede (2000) meetronde bemonsterd. De boslocaties zijn verkregen door bospercelen uit het Extensief Bosmeetnet te selecteren. Toestemming voor bemonstering wordt verkregen door de betreffende landeigenaren of beheerders (boeren, SBB, gemeenten) aan te schrijven.

Vastleggen op de topografische kaart. Leg (indien bedrijf voor eerste keer deelneemt), de exacte ligging van het bedrijf vast op de topografische kaart 1:25000 (in samenwerking met de eigenaar van het bedrijf). Maak een situatietekening van het bedrijf waarin later in het veld eventuele bijzonderheden kunnen worden ingetekend. Dit geldt ook voor bedrijven die al eerder zijn bemonsterd; de situatie kan zijn veranderd.

Belangrijk: Altijd vóór de aanvang van de bemonstering melden bij de terreineigenaar!! Voor de bemonstering van de bospercelen kan volstaan worden met een telefoontje naar de betreffende boswachter

of opzichter. Geef minimaal 3 dagen van te voren aan SILVE door welke locatie op welke datum gaat worden bemonsterd.

Veldautomatisering. Vul het veldautomatiseringssysteem in met basisinformatie over het project en de locatie. Leg de locatie (globaal) vast dmv GPS en vergelijk met de locatie op de verstrekte kaartjes.

Verdelen van aantal steken. Vraag vooraf aan de eigenaar het oppervlak van het landbouwbedrijf en verdeel de 320 steken evenredig naar perceelsgrootte over de bedrijfspercelen. Op de boslocaties dienen de 40 monsterplekken at random te worden gekozen.

3.2 Bemonstering van de landbouwlocaties

Het nemen van de steken. Ondanks het feit dat de 320 steken gemengd worden tot één mengmonster is het zinvol om vier emmers te gebruiken voor het verzamelen, omdat dit het mengen zal vergemakkelijken. Werk alle nummers (1 t/m 320) van de steken in volgorde af, dus te beginnen met 1. Neem met een graszodemonsterboor op het betreffende perceel het berekende aantal steken, aselekt verdeeld over het terrein. Trap het uiteinde van de graszodeboor met de voet over de volledige lengte (10 cm) in de grond, verwijder graspollen of andere ongerechtigheden en breng (met handschoenen) het monster over in een van de vier emmers. Blijf uit de buurt van slootkanten, wegbermen of inritten en houd de contacttijd van grond met metalen boren zo kort mogelijk, aangezien het monster op metalen geanalyseerd moet worden. De boren mogen niet verroest zijn. Draag op maïspcelen altijd een veiligheidsbril wanneer de maïsplanten op ooghoogte staan (vanaf augustus).

Het mengen van de 320 steken. Verdeel de 320 steken in het veld over de vier emmers. Maak na het verzamelen van de 320 steken de inhoud van iedere emmer (afkomstig van 80 steken) met de hand (draag daartoe handschoenen) fijn en homogeniseer de inhoud d.m.v. langdurig (ongeveer 5 minuten) omscheppen. Breng de inhoud van de 4 emmers met in elk de gemengde 80 steken over in een grote verzamelbak en meng opnieuw op dezelfde manier als boven tot een op het oog homogeen geheel is verkregen.

Het overbrengen in monsterpotten. Breng het homogene mengmonster over in glazen potten van 720 ml met polyethyleen deksel. Vul de potten tot de rand, duw het materiaal stevig aan, sluit luchtdicht af en breng direct een etiket aan met projectnummer, monstercode, monsterdiepte, locatie, wie het monster heeft genomen en datum (zie 3.4).

Diepere laag van 30-50 cm. Voorbereidingen als bij de ondiepere laag. Selecteer 16 punten verdeeld naar oppervlakte van het bedrijf. Verwijder op deze plaats, indien aanwezig, de plag en boor hier met de grondboor tot 30 cm een gat. Hou de plag en het materiaal dat hierbij vrijkomt apart, dit dient later teruggeplaatst te worden. Neem vervolgens van de laag van 30-50 cm met de edelmanboor het monster en vang dit op in een emmer. Werk het gat weer netjes af. Herhaal dit voor de overige 15 punten. Meng het monster en vul de potten zoals eerder beschreven.

Duplo's ter kwaliteitscontrole. Van 10% van het totaal aantal locaties (2 van de 20) worden duplomonsers meegestuurd naar het analyserend lab ter kwaliteitscontrole. Kies deze monsters willekeurig over de verschillende locaties verdeeld (bijv. elk 10e bedrijf) en vul van een mengmonster een extra pot met hetzelfde materiaal. Breng een etiket aan met hierop het LEI-nummer met hierachter een 'c' (van controle).

Reinigen van materiaal. Reinig de gebruikte boren met een borstel en schoon water en droog ze daarna af met tissues om roestvorming te voorkomen.

Het invullen van het monsternemingsformulier. Noteer op het monsternemingsformulier P2007/F-032/01 (Bijlage A) per perceel de bijzonderheden (oppervlakte, aantal steken, bodemgebruik, etc.).

Veldlogboek. Noteer alle bijzonderheden die tijdens de bemonstering optreden in een veldlogboek (ook weersomstandigheden, werk- en reistijden, afwijking van protocol, etc.).

3.5 Bemonstering van de boslocaties

Het nemen van de steken. Ondanks het feit dat de 40 strooiselplakken gemengd worden tot één mengmonster is het zinvol meerdere emmers te gebruiken voor het verzamelen, omdat niet alles in één emmer zal passen. Neem ook een emmer mee voor het bemonsteren van de zandlaag. Steek met de spade een vierkante plak strooiselmateriaal uit van 20 bij 20 cm. Neem geen (of zo weinig mogelijk!) materiaal van de onderliggende zandlaag mee. Meet de dikte van de strooisellaag op en noteer dit op het monsternemingsformulier P2007/F-085/00 (Bijlage B). Neem met een graszodemonsterboor uit het betreffende monstergat steken van de onder het (verwijderde!) strooisel liggende zandlaag. Op elk van de 40 monsterplekken dienen 4 steken van de zandlaag genomen te worden, omdat er anders te weinig materiaal is alle benodigde potten te vullen. Trap het uiteinde van de graszodeboor met de voet over de volledige lengte (10 cm) in de grond, verwijder eventuele ongerechtigdheden en breng (met handschoenen) het monster over in de emmer.

Wanneer een emmer vol is met strooiselmateriaal, weeg deze dan met de unster (ook de lege emmer wegen!) alvorens de emmer in de verzamelbak te legen. Op deze manier kan de dichtheid van het strooisel bepaald worden. Het handigst is om te wegen na 10 plakken, aangezien de massa anders te groot wordt om goed te kunnen wegen met de unster. Vul de massa in op het monsternemingsformulier. Houd de contacttijd van grond met metalen boren of spade zo kort mogelijk, aangezien het monster op metalen geanalyseerd moet worden. De materialen mogen niet verroest zijn.

Het mengen van de strooiselplakken en steken. Maak na het verzamelen van de 40 strooiselplakken de inhoud van de verzamelbak met de hand fijn en homogeniseer de inhoud d.m.v. langdurig (ongeveer 5 minuten) omscheppen. Meng de inhoud van de emmer met de steken van de zandlaag op dezelfde manier als boven tot een op het oog homogeen geheel is verkregen.

Het overbrengen in monsterpotten. Breng het homogene mengmonster van zowel het strooisel als het zand over in glazen potten van 800 ml met polyethyleen deksel. Vul de potten tot de rand, duw het materiaal stevig aan, sluit luchtdicht af en breng direct een etiket aan met projectnummer, monstercode, monsterdiepte, locatie, wie het monster heeft genomen en datum (zie 3.4).

Diepere laag van 30-50 cm. Voorbereidingen als bij de ondiepere laag. Selecteer 16 punten random over de oppervlakte van het bosperceel. Verwijder op deze plaats, indien aanwezig, de strooisellaag en boor hier met de grondboor tot 30 cm een gat. Neem vervolgens van de laag van 30-50 cm met de edelmanboor het monster en vang dit op in een emmer. Werk het gat weer netjes af. Herhaal dit voor de overige 15 punten. Meng het monster en vul de potten zoals eerder beschreven. Ook hier worden 10% duplo's genomen

Grondwater. Monsternamen grondwater: alleen op de boslocaties op zandgrond: 16 meetpunten at random verdeeld over het perceel. De locaties van deze 16 meetpunten zijn identiek met de locaties voor de laag 30-50cm; volg verder de SOP LVM-BW-P435. Vul 3 flesjes per meetpunt. Bepaal vervolgens in situ per meetpunt de volgende parameters: pH, EGV, temperatuur van lucht en water, en de nitraatconcentratie mbv een Nitrathek reflectometer. Noteer de grondwaterstand onder maaiveld in centimeters. Vul op 2 van de 20 locaties een extra flesje voor een controlemonster.

Duplo's ter kwaliteitscontrole. Van 10% van het totale aantal monsters (2 van de 20) worden duplomonters meegestuurd naar het analyserend lab ter kwaliteitscontrole. Kies deze monsters willekeurig over de verschillende locaties verdeeld (bijv. elke 10e locatie) en vul van een mengmonster een extra pot met hetzelfde materiaal. Breng een etiket aan met hierop het locatienummer met hierachter een 'c' (van controle).

Reinigen van materiaal. Reinig de gebruikte boren en spade met een borstel en schoon water en droog ze daarna af met tissues om roestvorming te voorkomen.

PROTOCOL nr P2007/01
Blad 6 van 6
Revisie 01
Afdrukt d.d. 19-6-2007

Het invullen van het monsternemingsformulier. Noteer op het monsternemingsformulier P2007/F-085/01 (bijlage B) per bosperceel de bijzonderheden (oppervlakte, boomsoort, ondergroei, dikte strooisellaag, massa van de plakken, etc.).

Veldlogboek. Noteer alle bijzonderheden die tijdens de bemonstering optreden in een veldlogboek (ook weersomstandigheden, werk- en reistijden, afwijking van protocol, etc.).

3.4 De monstercodering

De monstercode bestaat uit het LEI-bedrijfsnummer van het betreffende bedrijf, gevolgd door een b (van bodem). De boslocaties hebben een aparte locatiecode, gevolgd door een b van bodem (zand) en een s van strooisel.

3.5 Transport en bewaren van grondmonsters

De grondmonsters dienen zo snel mogelijk naar het analyserende laboratorium te worden verzonden. In afwachting van transport dienen ze in een koelcel bij $\pm 2^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ te worden bewaard. Nadat de grond in het veld in de monsterpotten is overgebracht, dienen deze monsters in een koelbox te worden bewaard. In het veldautomatiseringssysteem wordt vervolgens aangegeven dat de monsters naar de koelcel zijn overgebracht. Het aangeven van deze overdracht gebeurt d.m.v. het barcode-etiket op de potten.

4. KWALITEITSBEHEERSING

- Het Laboratorium voor Milieumetingen, afdeling Bodem en Water, verplicht zich om te voldoen aan kwaliteitseisen (ISO 9000-serie), wat inhoudt dat volgens de geldende Standard Operating Procedures (SOP's) en/of protocollen gewerkt dient te worden. Elke afwijking hiervan dient genoteerd en gemotiveerd te worden en besproken met de deelprojectleider.
- Van 10% van het totaal aantal monsters worden "blinde" duplo-monsters meegestuurd naar het analyserend lab (zie 3.2 en 3.3). Dit ter controle van de nauwkeurigheid van het mengen en homogeniseren en ter controle van de variatie in de metingen. De projectleider beoordeelt de uiteindelijk verkregen resultaten hiervan.
- Het analyserende laboratorium krijgt twee gecertificeerde bodemmonsters, zgn. standaardmonsters die gelijktijdig in de meetseries worden meegenomen, eveneens ter controle op de analysemethode.

Bemonstering t.b.v. het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit in 2008

INHOUDSOPGAVE	Blad
1. INLEIDING	1
INLEIDING	1
1.1 Doel	1
1.2 Doelgroep	1
1.3 Opzet	1
1.4 Uitvoering en analysepakket	2
2. BENODIGDE MATERIALEN	2
3. WERKWIJZE	3
3.1 Voorbereidingen	3
3.2 Bemonstering van de landbouwlocaties	3
3.3 De monstercodering	5
3.4 Transport en bewaren van grondmonsters	5
4. KWALITEITSBEHEERSING	6

1. INLEIDING

1.1 Doel

Monsterneming van bodemmonsters van de toplaag van de bodem, ten behoeve van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, op bedrijfspcelen van boerderijen en bosgebieden. Hiermee kan de bodemkwaliteit in Nederland gemonitord worden, zodat een diagnose kan worden gesteld en eventuele trends zichtbaar gemaakt kunnen worden. Naast de kwalitatieve aanwezigheid van zware metalen wordt de nutriëntengraad bepaald op deze locaties. Daarnaast wordt er grondwater bemonsterd.

1.2 Doelgroep

Dit voorschrift is bestemd voor medewerkers die bij het uitvoeren van de bodembemonstering betrokken zijn.

1.3 Opzet

Het Landelijk meetnet Bodemkwaliteit bevat een aantal meetlocaties, welke verdeeld zijn over een aantal combinaties van bodemgebruik en grondsoort. De combinaties die in 2008 worden bemonsterd zijn:

1. Akkerbouw op zand;
2. Grasland (melkveehouderij) op veen.

Het aantal locaties per combinatie is 20. Op de 20 melkveehouderijlocaties, verspreid over de betreffende LEI-landbouwgebieden, zal de toplaag (bovenste 10 cm) van de minerale bodem bemonsterd worden. Op deze melkveehouderijlocaties wordt één mengmonster genomen, bestaande uit 320 steken van de bovenste 10 cm van de bodem, naar perceelsgrootte verdeeld over het bedrijf.

Daarnaast wordt van de laag 30-50 cm diepte een mengmonster gemaakt op basis van 16 steken met een guts, eveneens verdeeld over de perceelsgrootte van het bedrijf.

Onder de percelen wordt eveneens van 16 deellocaties een monster genomen van het grondwater.

Onderdeel van het LMB sinds 1999 is het vermestingsonderzoek. De uitvoering hiervan staat beschreven in protocol P2008/083. Voor het bemestingsonderzoek worden aanvullend de lagen 0-30 en 30-60cm bemonsterd. Voor graslandcombinaties zijn dat 80 gutsplekken per bedrijf.

1.4 Uitvoering en analysepakket

Het Bodemmeetnet is een samenwerking van het RIVM en TNO bouw en Ondergrond/Deltares. Het meetnet, qua opzet van het onderzoek en verdeling van de locaties over Nederland is eigendom van het RIVM. TNO-Bouw en Ondergrond/Deltares voert de metingen uit en analyseert de monsters op het vastgestelde analysepakket. Vanuit het RIVM zal het project uitgevoerd worden door de afdeling Bodem en Water van het Laboratorium voor Milieumonitoring (LVM) voor wat betreft de meetstrategie, de locatiekeuze en afhandeling van contacten met grondeigenaren en toestemmingen. Met het Landbouw Economisch Instituut wordt voor locaties welke afvallen voor bemonstering, afstemming gezocht voor vervangende locaties volgens gelijke selectiecriteria als bij de start van het project. TNO-Bouw en Ondergrond/Deltares of een door hen aangewezen partij voert de bemonstering uit volgens dit daarvoor opgestelde protocol. Bij aanvang van het bemonsteringsseizoen wordt gezamenlijk een werkplan opgesteld.

Analyse van de monsters vindt plaats op zowel bodemkenmerken als zware metalen. Verder worden op klei- en lössgronden de parameters CEC en CaCO_3 geanalyseerd.

Bodemfysische bepalingen:	pH-H ₂ O, pH-KCl, lutum, organische stof, P totaal, Pw en P-Al
Zware metalen:	Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn en Zn (totaalgehalten)
Organochloorverbindingen:	a-HCH, b-HCH, γ-HCH, d-HCH, HCB, heptachloor, b-heptachloorepoxide, aldrin, dieldrin, a-endosulfan, b-endosulfan, DDT, DDE, DDD
PAK/PCB:	10-PAK van VROM, PCB-7
Triazines:	simazin, atrazin
Minerale olie:	volgens NEN5733

Voor het grondwater dat wordt bemonsterd geldt het volgende analysepakket: As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Sr en Zn, pH, EGV, DOC, Cl⁻, SO₄²⁻, K, Ca, Na, Mg, Al, Fe, Mn, NO₃²⁻, NH₄⁺, Tot-N, PO₄³⁻ en Ptot. De grondwaterbemonstering wordt uitgevoerd volgens SOP LVM-BW-P435.

2. BENODIGDE MATERIALEN

- Kaarten met ligging bedrijfspercelen
- Veldmap Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, met hierin de voor het veldwerk benodigde SOP's en protocollen
- Passeervergunning voor het bemonsteren van de bospercelen
- Evt. een veldautomatiseringsset met GPS
- Monsternemingsformulieren (P2008/F-032/01)
- Pennen en viltstiften (watervast)
- Rekenmachine, voor verdelen monsterpunten over de percelen
- Gras zodemonsterboor (uiteinde van 10 cm). Boor mag niet verroest zijn!

- Spade met blad van ± 20 cm breed
- Edelmanboor, diameter 10cm / Guts met diepteverdeling 0-30 en 30-60
- Unster (voor wegen van strooiselmateriaal om dichtheid te bepalen)
- Kruiwagen (steenmodel), t.b.v. vervoer bodemmateriaal in het veld
- Plastic emmers, voor verzamelen van de steken (4x)
- Transportbak HPE grijs (± 50 liter), voor mengen van bodemmateriaal
- Monsterpotten glas, 800 ml, met polyethyleen deksel
- Etiketten (voorgedrukt), voor op de monsterpotten
- Tissues
- Borstel (hard), t.b.v. reiniging materialen
- Koelbox met bevroren koelelementen, temperatuur hierin mag niet boven 10°C komen
- Gecalibreerde thermometer, aflezing in °C, $\pm 0,5^\circ\text{C}$
- Werkhandschoenen/huishoudhandschoenen
- Veldlogboek
- EHBO-kist
- Rubber veiligheidslaarzen en/of -schoenen en regenkleding
- Veiligheidsbril voor bemonstering van maïspcelen
- Indien grondwaterbemonstering: materialen als slangenpomp, filtreereenheid, filterlans, edelmanboor, nitrathek reflectometer met strookjes en toebehoren
- Indien grondwater: monsterflesjes en etiketten

3. WERKWIJZE

3.1 Voorbereidingen

Selectie van de locatie. Het Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO) levert de adressen van landbouwlocaties. Een deel van de locaties is al in de eerste (1995) en tweede (2001) meetronde bemonsterd.

Vastleggen op de topografische kaart. Leg (indien bedrijf voor eerste keer deelneemt), de exacte ligging van het bedrijf vast op de topografische kaart 1:25000 (in samenwerking met de eigenaar van het bedrijf). Maak een situatietekening van het bedrijf waarin later in het veld eventuele bijzonderheden kunnen worden ingetekend. Dit geldt ook voor bedrijven die al eerder zijn bemonsterd; de situatie kan zijn veranderd.
Belangrijk: Altijd vóór de aanvang van de bemonstering melden bij de terreineigenaar!!

Veldautomatisering. Vul het veldautomatiseringssysteem in met basisinformatie over het project en de locatie. Leg de locatie (globaal) vast dmv GPS en vergelijk met de locatie op de verstrekte kaartjes.

Verdelen van aantal steken. Vraag vooraf aan de eigenaar het oppervlak van het landbouwbedrijf en verdeel de 320 steken evenredig naar perceelsgrootte over de bedrijfspercelen.

3.2 Bemonstering van de landbouwlocaties

Het nemen van de steken. Ondanks het feit dat de 320 steken gemengd worden tot één mengmonster is het zinvol om vier emmers te gebruiken voor het verzamelen, omdat dit het mengen zal vergemakkelijken. Werk alle nummers (1 t/m 320) van de steken in volgorde af, dus te beginnen met 1. Neem met een graszodemonsterboor op het betreffende perceel het berekende aantal steken, aselekt verdeeld over het terrein. Trap het uiteinde van de graszodeboor met de voet over de volledige lengte (10 cm) in de grond, verwijder graspollen of andere ongerechtigdheden en breng (met handschoenen) het monster over in een van de vier emmers. Blijf uit de buurt van slootkanten, wegbermen of inritten en houd de contacttijd van grond met metalen boren zo kort mogelijk, aangezien het monster op metalen geanalyseerd moet worden. De boren

mogen niet verroest zijn. Draag op maïspcelen altijd een veiligheidsbril wanneer de maïsplanten op ooghoogte staan (vanaf augustus).

Het mengen van de 320 steken. Verdeel de 320 steken in het veld over de vier emmers. Maak na het verzamelen van de 320 steken de inhoud van iedere emmer (afkomstig van 80 steken) met de hand (draag daartoe handschoenen) fijn en homogeniseer de inhoud d.m.v. langdurig (ongeveer 5 minuten) omscheppen. Breng de inhoud van de 4 emmers met in elk de gemengde 80 steken over in een grote verzamelbak en meng opnieuw op dezelfde manier als boven tot een op het oog homogeen geheel is verkregen.

Het overbrengen in monsterpotten. Breng het homogene mengmonster over in glazen potten van 720 ml met polyethyleen deksel. Vul de potten tot de rand, duw het materiaal stevig aan, sluit luchtdicht af en breng direct een etiket aan met projectnummer, monstercode, monsterdiepte, locatie, wie het monster heeft genomen en datum (zie 3.4).

Diepere laag van 30-50 cm. Voorbereidingen als bij de ondiepere laag. Selecteer 16 punten verdeeld naar oppervlakte van het bedrijf. Verwijder op deze plaats, indien aanwezig, de plag en boor hier met de grondboor tot 30 cm een gat. Hou de plag en het materiaal dat hierbij vrijkomt apart, dit dient later teruggeplaatst te worden. Neem vervolgens van de laag van 30-50 cm met de edelmanboor het monster en vang dit op in een emmer. Werk het gat weer netjes af. Herhaal dit voor de overige 15 punten. Meng het monster en vul de potten zoals eerder beschreven.

Duplo's ter kwaliteitscontrole. Van 10% van het totaal aantal locaties (2 van de 20) worden duplomonsters meegestuurd naar het analyserend lab ter kwaliteitscontrole. Kies deze monsters willekeurig over de verschillende locaties verdeeld (bijv. elk 10e bedrijf) en vul van een mengmonster een extra pot met hetzelfde materiaal. Breng een etiket aan met hierop het LEI-nummer met hierachter een 'c' (van controle).

Reinigen van materiaal. Reinig de gebruikte boren met een borstel en schoon water en droog ze daarna af met tissues om roestvorming te voorkomen.

Het invullen van het monsternemingsformulier. Noteer op het monsternemingsformulier P2008/F-032/01 (Bijlage A) per perceel de bijzonderheden (oppervlakte, aantal steken, bodemgebruik, etc.).

Veldlogboek. Noteer alle bijzonderheden die tijdens de bemonstering optreden in een veldlogboek (ook weersomstandigheden, werk- en reistijden, afwijking van protocol, etc.).

Grondwater. Monsternamen grondwater: 16 meetpunten at random verdeeld over het perceel; volg verder de SOP LVM-BW-P435. Vul 3 flesjes (of zoveel als TNO B&O/Deltares aangeeft) per meetpunt. Bepaal vervolgens in situ per meetpunt de volgende parameters: pH, EGV, temperatuur van lucht en water, en de nitraatconcentratie mbv een Nitrachek reflectometer. Noteer de grondwaterstand onder maaiveld in centimeters. Aanzuren en conserveren afhankelijk van gebruikt flesmateriaal (reeds van te voren aangezuurd) en analysepakket.

Duplo's ter kwaliteitscontrole. Van 10% van het totale aantal monsters (2 per categorie van 20) worden duplomonsters meegestuurd naar het analyserend lab ter kwaliteitscontrole. Kies deze monsters willekeurig over de verschillende locaties verdeeld (bijv. elke 10e locatie) en vul van een mengmonster een extra pot met hetzelfde materiaal. Breng een etiket aan met hierop het locatienummer met hierachter een 'c' (van controle). Grondwater: vul op 2 van de 20 locaties een extra flesje voor een controlemonster.

Reinigen van materiaal. Reinig de gebruikte boren en spade met een borstel en schoon water en droog ze daarna af met tissues om roestvorming te voorkomen.

Het invullen van het monsternemingsformulier. Noteer op het monsternemingsformulier P2007/F-085/01 (bijlage A) per perceel de bijzonderheden

Veldlogboek. Noteer alle bijzonderheden die tijdens de bemonstering optreden in een veldlogboek (ook weersomstandigheden, werk- en reistijden, afwijking van protocol, etc.).

3.3 De monstercodering

De monstercode bestaat uit het LEI-bedrijfsnummer van het betreffende bedrijf, gevolgd door een b (van bodem).

3.4 Transport en bewaren van monsters

De grondmonsters dienen zo snel mogelijk naar het analyserende laboratorium te worden verzonden. In afwachting van transport dienen ze in een koelcel bij $\pm 2^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ te worden bewaard. Nadat de grond in het veld in de monsterpotten is overgebracht, dienen deze monsters in een koelbox te worden bewaard. In het veldautomatiseringssysteem wordt vervolgens aangegeven dat de monsters naar de koelcel zijn overgebracht. Het aangeven van deze overdracht gebeurt d.m.v. het barcode-etiket op de potten. Grondwatermonsters dienen eveneens gekoeld te worden getransporteerd en bewaard. Zorg dat de monsters binnen de daarvoor geldende houdbaarheidstermijn worden aangeleverd bij het betreffende laboratorium.

4. KWALITEITSBEHEERSING

- Het Laboratorium voor Milieumetingen, afdeling Bodem en Water, verplicht zich om te voldoen aan kwaliteitseisen (ISO 9000-serie), wat inhoudt dat volgens de geldende Standard Operating Procedures (SOP's) en/of protocollen gewerkt dient te worden. Elke afwijking hiervan dient genoteerd en gemotiveerd te worden en besproken met de deelprojectleider.
- Van 10% van het totaal aantal monsters worden "blinde" duplo-monsters meegestuurd naar het analyserend lab (zie 3.2 en 3.3). Dit ter controle van de nauwkeurigheid van het mengen en homogeniseren en ter controle van de variatie in de metingen. De projectleider beoordeelt de uiteindelijk verkregen resultaten hiervan.
- Het analyserende laboratorium krijgt twee gecertificeerde bodemmonsters, zgn. standaardmonsters die gelijktijdig in de meetseries worden meegenomen, eveneens ter controle op de analysemethode.

BIJLAGE A: P2008/F032/01

MONSTERNEMINGSFORMULIER

Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB)

Deelnemer :

Plaats :

LEI-nummer :

Datum :

Bij info totaal aan oppervl. cultuurgrond beschikbaar voor 2008 :ha.

	Perceelnummers									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Oppervlakte (ha)										
Aantal steken zode-boor										
Aantal steken met guts										
Bodemgebruik (gewas)										
Grondsoort (toplaag)										
Vee aanwezig	ja/nee	ja/nee	ja/nee	ja/nee*	ja/nee*	ja/nee*	ja/nee*	ja/nee*	ja/nee*	ja/nee*
Bijzonderheden m.b.t. perceel (bijv. onlangs (kunst)mest uitgereden)										
BOBI monster genomen dan hier monsternummer noteren										

Bodemgebruik gewijzigd : nee/ja (toelichten)
 Situatieschets gewijzigd : nee/ja (aanpassen)

Gewicht aan graszode-steken :

Emmer vol : gram

Emmer leeg :gram

Ruimte voor aantekeningen:

Totaal gewicht: gram

Naam monsternemer:

.....

P2008/F032/01

Bemonstering t.b.v. het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit in 2009

INHOUDSOPGAVE	Blad
1. INLEIDING	1
INLEIDING	1
1.1 Doel	1
1.2 Doelgroep	1
1.3 Opzet	1
1.4 Uitvoering en analysepakket	2
2. BENODIGDE MATERIALEN	2
3. WERKWIJZE	3
3.1 Voorbereidingen	3
3.2 Bemonstering van de landbouwlocaties	3
3.3 De monstercodering	5
3.4 Transport en bewaren van grondmonsters	5
4. KWALITEITSBEHEERSING	6

1. INLEIDING

1.1 Doel

Monstername van bodemonsters van de toplaag van de bodem, ten behoeve van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, op bedrijfspercelen van boerderijen en bosgebieden. Hiermee kan de bodemkwaliteit in Nederland gemonitord worden, zodat een diagnose kan worden gesteld en eventuele trends zichtbaar gemaakt kunnen worden. Naast de kwalitatieve aanwezigheid van zware metalen wordt de nutriëntengraad bepaald op deze locaties. Daarnaast wordt er grondwater bemonsterd.

1.2 Doelgroep

Dit voorschrift is bestemd voor medewerkers die bij het uitvoeren van de bodembemonstering betrokken zijn.

1.3 Opzet

Het Landelijk meetnet Bodemkwaliteit bevat een aantal meetlocaties, welke verdeeld zijn over een aantal combinaties van bodemgebruik en grondsoort. De combinaties die in 2009 worden bemonsterd zijn:

1. Akkerbouw op zeeklei;
2. Grasland (melkveehouderij) op rivierklei.

Het aantal locaties per combinatie is 20. Op de locaties, verspreid over de betreffende LEI-landbouwgebieden, zal de toplaag (bovenste 10 cm) van de minerale bodem bemonsterd worden. Op deze melkveehouderijlocaties wordt één mengmonster genomen, bestaande uit 320 steken van de bovenste 10 cm van de bodem, naar perceelsgrootte verdeeld over het bedrijf.

Daarnaast wordt van de laag 30-50 cm diepte een mengmonster gemaakt op basis van 16 steken met een guts, eveneens verdeeld over de perceelsgrootte van het bedrijf.

Onder de percelen wordt eveneens van 16 deellocaties een monster genomen van het grondwater.

Onderdeel van het LMB sinds 1999 is het vermestingsonderzoek. De uitvoering hiervan staat beschreven in protocol P2009/083. Voor het bemestingsonderzoek worden aanvullend de lagen 0-30 en 30-60cm bemonsterd. Voor genoemde deelnemende locaties zijn dat 80 gatsplekken per bedrijf.

1.4 Uitvoering en analysepakket

Het Bodemmeetnet is een samenwerking van het RIVM en TNO bouw en Ondergrond. Het meetnet, qua opzet van het onderzoek en verdeling van de locaties over Nederland is eigendom van het RIVM. TNO-Bouw en Ondergrond voert de metingen uit en analyseert de monsters op het vastgestelde analysepakket. Vanuit het RIVM zal het project uitgevoerd worden door de afdeling Bodem en Water van het Laboratorium voor Milieumonitoring (LVM) voor wat betreft de meetstrategie, de locatiekeuze en afhandeling van contacten met grondeigenaren en toestemmingen. Met het Landbouw Economisch Instituut wordt voor locaties welke afvallen voor bemonstering, afstemming gezocht voor vervangende locaties volgens gelijke selectiecriteria als bij de start van het project.

TNO-Bouw en Ondergrond of een door hen aangewezen partij voert de bemonstering uit volgens dit daarvoor opgestelde protocol. Bij aanvang van het bemonsteringsseizoen wordt gezamenlijk een werkplan opgesteld.

Analyse van de monsters vindt plaats op zowel bodemkenmerken als zware metalen. Verder worden op klei- en lössgronden de parameters CEC en CaCO_3 geanalyseerd.

Bodemfysische bepalingen:	pH- H_2O , pH-KCl, lutum, organische stof, Ptotaal, Pw en P-Al
Zware metalen:	Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn en Zn (totaalgehalten)
Organochloorverbindingen:	a-HCH, b-HCH, γ -HCH, d-HCH, HCB, heptachloor, b-heptachloorepoxide, aldrin, dieldrin, a-endosulfan, b-endosulfan, DDT, DDE, DDD
PAK/PCB:	10-PAK van VROM, PCB-7
Triazines:	simazin, atrazin
Minerale olie:	volgens NEN5733

Voor het grondwater dat wordt bemonsterd geldt het volgende analysepakket: As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Sr en Zn, pH, EGV, DOC, Cl^- , SO_4^{2-} , K, Ca, Na, Mg, Al, Fe, Mn, NO_3^{2-} , NH_4^+ , Tot-N, PO_4^{3-} en Ptot. De grondwaterbemonstering wordt uitgevoerd volgens SOP LVM-BW-P435.

2. BENODIGDE MATERIALEN

- Kaarten met ligging bedrijfsperven
- Veldmap Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, met hierin de voor het veldwerk benodigde SOP's en protocollen
- Evt. een veldautomatiseringsset met GPS
- Monsternemingsformulieren (P2009/F-032/01)
- Pennen en viltstiften (watervast)
- Rekenmachine, voor verdelen monsterpunten over de percelen
- Graszodemonsterboor (uiteinde van 10 cm). Boor mag niet verroest zijn!
- Spade met blad van ± 20 cm breed

- Edelmanboor, diameter 10cm / Guts met diepteverdeling 0-30 en 30-60
- Unster (voor wegen van strooiselmateriaal om dichtheid te bepalen)
- Kruiwagen (steenmodel), t.b.v. vervoer bodemmateriaal in het veld
- Plastic emmers, voor verzamelen van de steken (4x)
- Transportbak HPE grijs (±50 liter), voor mengen van bodemmateriaal
- Monsterpotten glas, 800 ml, met polyethyleen deksel
- Etiketten (voorgedrukt), voor op de monsterpotten
- Tissues
- Borstel (hard), t.b.v. reiniging materialen
- Koelbox met bevroren koelelementen, temperatuur hierin mag niet boven 10°C komen
- Gekalibreerde thermometer, aflezing in °C, +/- 0,5°C
- Werkhandschoenen/huishoudhandschoenen
- Veldlogboek
- EHBO-kist
- veiligheidslaarzen en/of -schoenen en regenkleding
- Veiligheidsbril voor evt. bemonstering van maïspcelen
- Indien grondwaterbemonstering: materialen als slangenpomp, filtreereenheid, filterlans, edelmanboor, nitrachek reflectometer met strookjes en toebehoren
- Indien grondwater: monsterflesjes en etiketten

3. WERKWIJZE

3.1 Voorbereidingen

Selectie van de locatie. Het Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO) levert de adressen van landbouwlocaties. Een deel van deze locaties is al in de eerste (1996) en tweede (2002) meetronde bemonsterd.

Vastleggen op de topografische kaart. Leg (indien bedrijf voor eerste keer deelneemt), de exacte ligging van het bedrijf vast op de topografische kaart 1:25000 (in samenwerking met de eigenaar van het bedrijf). Maak een situatietekening van het bedrijf waarin later in het veld eventuele bijzonderheden kunnen worden ingetekend. Dit geldt ook voor bedrijven die al eerder zijn bemonsterd; de situatie kan zijn veranderd.

Belangrijk: Altijd vóór de aanvang van de bemonstering melden bij de terreineigenaar!!

Veldautomatisering. Vul het veldautomatiseringssysteem in met basisinformatie over het project en de locatie. Leg de locatie (globaal) vast dmv GPS en vergelijk met de locatie op de verstrekte kaartjes.

Verdelen van aantal steken. Vraag vooraf aan de eigenaar het oppervlak van het landbouwbedrijf en verdeel de 320 steken evenredig naar perceelsgrootte over de bedrijfspercelen.

3.2 Bemonstering van de landbouwlocaties

Het nemen van de steken. Ondanks het feit dat de 320 steken gemengd worden tot één mengmonster is het zinvol om vier emmers te gebruiken voor het verzamelen, omdat dit het mengen zal vergemakkelijken. Werk alle nummers (1 t/m 320) van de steken in volgorde af, dus te beginnen met 1. Neem met een graszodemonsterboor op het betreffende perceel het berekende aantal steken, aselect verdeeld over het terrein. Trap het uiteinde van de graszodeboor met de voet over de volledige lengte (10 cm) in de grond, verwijder graspollen of andere ongerechtigdheden en breng (met handschoenen) het monster over in een van de vier emmers. Blijf uit de buurt van slootkanten, wegbermen of inritten en houd de contacttijd van grond met metalen boren zo kort mogelijk, aangezien het monster op metalen geanalyseerd moet worden. De boren

mogen niet verroest zijn. Draag op maispercelen altijd een veiligheidsbril wanneer de maïsplanten op ooghoogte staan (vanaf ca. augustus).

Het mengen van de 320 steken. Verdeel de 320 steken in het veld over de vier emmers. Maak na het verzamelen van de 320 steken de inhoud van iedere emmer (afkomstig van 80 steken) met de hand (draag daartoe schone handschoenen) fijn en homogeniseer de inhoud d.m.v. langdurig (ongeveer 5 minuten) omscheppen. Breng de inhoud van de 4 emmers met in elk de gemengde 80 steken over in een grote verzamelbak en meng opnieuw op dezelfde manier als boven tot een op het oog homogeen geheel is verkregen.

Het overbrengen in monsterpotten. Breng het homogene mengmonster over in glazen potten van 720 ml met polyethyleen deksel. Vul de potten tot de rand, duw het materiaal stevig aan, sluit luchtdicht af en breng direct een etiket aan met projectnummer, monstercode, monsterdiepte, locatie, wie het monster heeft genomen en datum (zie ook 3.3).

Diepere laag van 30-50 cm. Voorbereidingen als bij de ondiepere laag. Selecteer 16 punten verdeeld naar oppervlakte van het bedrijf. Verwijder op deze plaats, indien aanwezig, de plag en boor hier met de grondboor tot 30 cm een gat. Houd de plag en het materiaal dat hierbij vrijkomt apart, dit dient later teruggeplaatst te worden. Neem vervolgens van de laag van 30-50 cm met de edelmanboor het monster en vang dit op in een emmer. Werk het gat weer netjes af. Herhaal dit voor de overige 15 punten. Meng het monster en vul de potten zoals eerder beschreven.

Duplo's ter kwaliteitscontrole. Van 10% van het totaal aantal locaties (2 van de 20) worden duplomonsters meegestuurd naar het analyserend lab ter kwaliteitscontrole. Kies deze monsters willekeurig over de verschillende locaties verdeeld (bijv. elk 10e bedrijf) en vul van een mengmonster een extra pot met hetzelfde materiaal. Breng een etiket aan met hierop het LEI-nummer met hierachter een 'c' (van controle).

Reinigen van materiaal. Reinig de gebruikte boren met een borstel en schoon water en droog ze daarna af met tissues om roestvorming te voorkomen.

Het invullen van het monsternemingsformulier. Noteer op het monsternemingsformulier P2009/F-032/01 (Bijlage A) per perceel de bijzonderheden (oppervlakte, aantal steken, bodemgebruik, etc.).

Veldlogboek. Noteer alle bijzonderheden die tijdens de bemonstering optreden in een veldlogboek (ook weersomstandigheden, werk- en reistijden, afwijking van protocol, etc.).

Grondwater. Monsternamen grondwater: 16 meetpunten at random verdeeld over het perceel; volg verder de SOP LVM-BW-P435. Vul 3 flesjes (of zoveel als TNO B&O aangeeft) per meetpunt. Bepaal vervolgens in situ per meetpunt de volgende parameters: pH, EGV, temperatuur van lucht en water, en de nitraatconcentratie mbv een Nitrachek reflectometer. Noteer de grondwaterstand onder maaiveld in centimeters. Aanzuren en conserveren afhankelijk van gebruikt flesmateriaal (reeds van te voren aangezuurd) en analysepakket.

Duplo's ter kwaliteitscontrole. Van 10% van het totale aantal monsters (2 per categorie van 20) worden duplomonsters meegestuurd naar het analyserend lab ter kwaliteitscontrole. Kies deze monsters willekeurig over de verschillende locaties verdeeld (bijv. elke 10e locatie) en vul van een mengmonster een extra pot met hetzelfde materiaal. Breng een etiket aan met hierop het locatienummer met hierachter een 'c' (van controle). Grondwater: vul op 2 van de 20 locaties een extra flesje voor een controlemonster.

Reinigen van materiaal. Reinig de gebruikte boren en spade met een borstel en schoon water en droog ze daarna af met tissues om roestvorming te voorkomen.

Het invullen van het monsternemingsformulier. Noteer op het monsternemingsformulier P2009/F-032/01 (bijlage A) per perceel de bijzonderheden

Veldlogboek. Noteer alle bijzonderheden die tijdens de bemonstering optreden in een veldlogboek (ook weersomstandigheden, werk- en reistijden, afwijking van protocol, etc.).

3.3 De monstercodering

De monstercode bestaat uit het LEI-bedrijfsnummer van het betreffende bedrijf, gevolgd door een 'b' (van bodem). Geef tevens aan op welke diepte het monster is genomen. Voor grondwater, gebruik een 'g'.

Duplo's kunnen met een extra 'c' worden gemarkeerd.

3.4 Transport en bewaren van monsters

De grondmonsters dienen zo snel mogelijk naar het analyserende laboratorium te worden verzonden. In afwachting van transport dienen ze in een koelcel bij $\pm 2^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ te worden bewaard. Nadat de grond in het veld in de monsterpotten is overgebracht, dienen deze monsters in een koelbox te worden bewaard. In het veldautomatiseringssysteem wordt vervolgens aangegeven dat de monsters naar de koelcel zijn overgebracht. Het aangeven van deze overdracht gebeurt d.m.v. het barcode-etiket op de potten. Grondwatermonsters dienen eveneens gekoeld te worden getransporteerd en bewaard. Zorg dat de monsters binnen de daarvoor geldende houdbaarheidstermijn worden aangeleverd bij het betreffende laboratorium.

4. KWALITEITSBEHEERSING

- Het Laboratorium voor Milieumetingen, afdeling Bodem en Water, verplicht zich om te voldoen aan kwaliteitseisen (ISO 9000-serie), wat inhoudt dat volgens de geldende Standard Operating Procedures (SOP's) en/of protocollen gewerkt dient te worden. Elke afwijking hiervan dient genoteerd en gemotiveerd te worden en besproken met de deelprojectleider.
- Van 10% van het totaal aantal monsters worden "blinde" duplo-monsters meegestuurd naar het analyserend lab (zie 3.2 en 3.3). Dit ter controle van de nauwkeurigheid van het mengen en homogeniseren en ter controle van de variatie in de metingen. De projectleider beoordeelt de uiteindelijk verkregen resultaten hiervan.
- Het analyserende laboratorium krijgt twee gecertificeerde bodemmonsters, zgn. standaardmonsters die gelijktijdig in de meetseries worden meegenomen, eveneens ter controle op de analysemethode.

BIJLAGE A: P2009/F032/01

MONSTERNEMINGSFORMULIER

Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB)

Deelnemer :

Plaats :

LEI-nummer :

Datum :

Bij info totaal aan oppervl. cultuurgrond beschikbaar voor 2009 :ha.

	Perceelnummers									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Oppervlakte (ha)										
Aantal steken zode-boor										
Aantal steken met guts										
Bodemgebruik (gewas)										
Grondsoort (toplaag)										
Vee aanwezig	ja/nee	ja/nee	ja/nee	ja/nee	ja/nee	ja/nee	ja/nee	ja/nee	ja/nee	ja/nee
Bijzonderheden m.b.t. perceel (bijv. onlangs (kunst)mest uitgereden)										
BOBI monster genomen dan hier monsternummer noteren										

Bodemgebruik gewijzigd : nee/ja (toelichten)
 Situatieschets gewijzigd : nee/ja (aanpassen)

Gewicht aan graszode-steken :

Emmer vol : gram

Emmer leeg :gram

Ruimte voor aantekeningen:

Totaal gewicht: gram

Naam monsternemer:

.....

P2009/F032/01

Bemonstering t.b.v. het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit in 2010

INHOUDSOPGAVE	Blad
1. INLEIDING	1
INLEIDING	1
1.1 Doel	1
1.2 Doelgroep	1
1.3 Opzet	1
1.4 Uitvoering en analysepakket	2
2. BENODIGDE MATERIALEN	2
3. WERKWIJZE	3
3.1 Voorbereidingen	3
3.2 Bemonstering van de landbouwlocaties	3
3.3 De monstercodering	5
3.4 Transport en bewaren van grondmonsters	5
4. KWALITEITSBEHEERSING	6

1. INLEIDING

1.1 Doel

Monstername van bodemonsters van de toplaag van de bodem, ten behoeve van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, op bedrijfsperven van boerderijen en bosgebieden. Hiermee kan de bodemkwaliteit in Nederland gemonitord worden, zodat een diagnose kan worden gesteld en eventuele trends zichtbaar gemaakt kunnen worden. Naast de kwalitatieve aanwezigheid van zware metalen wordt de nutriëntengraad bepaald op deze locaties. Daarnaast wordt er grondwater bemonsterd.

1.2 Doelgroep

Dit voorschrift is bestemd voor medewerkers die bij het uitvoeren van de bodembemonstering betrokken zijn.

1.3 Opzet

Het Landelijk meetnet Bodemkwaliteit bevat een aantal meetlocaties, welke verdeeld zijn over een aantal combinaties van bodemgebruik en grondsoort. De combinaties die in 2010 worden bemonsterd zijn:

1. Grasland op zeeleij;
2. Vollegrondsgroenteteelt op zandgrond.

Het aantal locaties per combinatie is 20. Op de locaties, verspreid over de betreffende LEI-landbouwgebieden, zal de toplaag (bovenste 10 cm) van de minerale bodem bemonsterd worden. Op deze melkveehouderijlocaties wordt één mengmonster genomen, bestaande uit 320 steken van de bovenste 10 cm van de bodem, naar perceelsgrootte verdeeld over het bedrijf. Onder de percelen wordt eveneens van 16 deellocaties een monster genomen van het grondwater.

Daarnaast wordt van de laag 30-50 cm diepte een mengmonster gemaakt op basis van 16 steken met een guts, eveneens verdeeld over de perceelsgrootte van het bedrijf.

Onderdeel van het LMB sinds 1999 is het vermestingsonderzoek. De uitvoering hiervan staat beschreven in protocol P2010/083. Voor het bemestingsonderzoek worden aanvullend de lagen 0-30 en 30-60cm bemonsterd. Voor genoemde deelnemende locaties zijn dat 80 gutsplekken per bedrijf.

1.4 Uitvoering en analysepakket

Het Bodemeetnet is een samenwerking van het RIVM en TNO bouw en Ondergrond. Het meetnet, qua opzet van het onderzoek en verdeling van de locaties over Nederland is eigendom van het RIVM. TNO-Bouw en Ondergrond voert de metingen uit en analyseert de monsters op het vastgestelde analysepakket. Vanuit het RIVM zal het project uitgevoerd worden door de afdeling Interpretatie Bodem en Water van het Centrum voor Milieumetingen (CMM) voor wat betreft de meetstrategie, de locatiekeuze en afhandeling van contacten met grondeigenaren en toestemmingen. Met het Landbouw Economisch Instituut wordt voor locaties welke afvallen voor bemonstering, afstemming gezocht voor vervangende locaties volgens gelijke selectiecriteria als bij de start van het project.

TNO-Bouw en Ondergrond of een door hen aangewezen partij voert de bemonstering uit volgens dit daarvoor opgestelde protocol. Bij aanvang van het bemonsteringsseizoen wordt gezamenlijk een werkplan opgesteld.

Analyse van de monsters vindt plaats op zowel bodemkenmerken als zware metalen. Verder worden op klei- en lössgronden de parameters CEC en CaCO_3 geanalyseerd.

Bodemfysische bepalingen:	pH- H_2O , pH-KCl, lutum, organische stof, P totaal, Pw en P-Al
Zware metalen:	Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn en Zn (totaalgehalten)
Organochloorverbindingen:	a-HCH, b-HCH, γ -HCH, d-HCH, HCB, heptachloor, b-heptachloorepoxide, aldrin, dieldrin, a-endosulfan, b-endosulfan, DDT, DDE, DDD
PAK/PCB:	10-PAK van VROM, PCB-7
Triazines:	simazin, atrazin
Minerale olie:	volgens NEN5733

Voor het grondwater dat wordt bemonsterd geldt het volgende analysepakket: As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Sr en Zn, pH, EGV, DOC, Cl, SO_4^{2-} , K, Ca, Na, Mg, Al, Fe, Mn, NO_3^- , NH_4^+ , Tot-N, PO_4^{3-} en P tot. De grondwaterbemonstering wordt uitgevoerd volgens SOP LVM-BW-P435.

2. BENODIGDE MATERIALEN

- Kaarten met ligging bedrijfspcelen
- Veldmap Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, met hierin de voor het veldwerk benodigde SOP's en protocollen
- Evt. een veldautomatiseringsset met GPS
- Monsternemingsformulieren (P2010/F-032/01)
- Pennen en viltstiften (watervast)
- Rekenmachine, voor verdelen monsterpunten over de pcelen

- Graszodemonsterboor (uiteinde van 10 cm). Boor mag niet verroest zijn!
- Spade met blad van ± 20 cm breed
- Edelmanboor, diameter 10cm/ Guts met diepteverdeling 0-30 en 30-60
- Unster (voor wegen van strooiselmateriaal om dichtheid te bepalen)
- Kruiwagen (steenmodel), t.b.v. vervoer bodemmateriaal in het veld
- Plastic emmers, voor verzamelen van de steken (4x)
- Transportbak HPE grijs (± 50 liter), voor mengen van bodemmateriaal
- Monsterpotten glas, 800 ml, met polyethyleen deksel
- Etiketten (voorgedrukt), voor op de monsterpotten
- Tissues
- Borstel (hard), t.b.v. reiniging materialen
- Koelbox met bevroren koelelementen, temperatuur hierin mag niet boven 10°C komen
- Gekalibreerde thermometer, aflezing in °C, $\pm 0,5^\circ\text{C}$
- Werkhandschoenen/huishoudhandschoenen
- Veldlogboek
- EHBO-kist
- veiligheidslaarzen en/of -schoenen en regenkleding
- Veiligheidsbril voor evt. bemonstering van maispercelen
- Indien grondwaterbemonstering: materialen als slangenpomp, filtreereenheid, filterlans, edelmanboor, nitrachek reflectometer met strookjes en toebehoren
- Indien grondwater: monsterflesjes en etiketten

3. WERKWIJZE

3.1 Voorbereidingen

Selectie van de locatie. Het Landbouw Economisch Instituut (LEI-WUR) levert de adressen van landbouwlocaties. Een deel van deze locaties is al in de eerste (1997) en tweede (2003) meetronde bemonsterd.

Vastleggen op de topografische kaart. Leg (indien bedrijf voor eerste keer deelneemt), de exacte ligging van het bedrijf vast op de topografische kaart 1:25000. Stel in samenwerking met de eigenaar van het bedrijf vast dat de aangegeven percelen de juiste zijn. Geef eventueel op de bijgeleverde situatietekening van het bedrijf aan welke wijzigingen hebben plaatsgevonden en wat de bijzonderheden zijn. Dit geldt ook voor bedrijven die al eerder zijn bemonsterd; de situatie kan zijn veranderd.

Belangrijk: Altijd vóór de aanvang van de bemonstering melden bij de terreineigenaar!!

Veldautomatisering. Vul het veldautomatiseringssysteem in met basisinformatie over het project en de locatie. Leg de locatie (globaal) vast dmv GPS en vergelijk met de locatie op de verstrekte kaartjes.

Verdelen van aantal steken. Vraag indien nog niet aangegeven, vooraf aan de eigenaar het oppervlak van het landbouwbedrijf en verdeel de 320 steken evenredig naar perceelsgrootte over de bedrijfsspercelen.

3.2 Bemonstering van de landbouwlocaties

Het nemen van de steken. Ondanks het feit dat de 320 steken gemengd worden tot één mengmonster is het zinvol om vier emmers te gebruiken voor het verzamelen, omdat dit het mengen zal vergemakkelijken. Werk alle nummers (1 t/m 320) van de steken in volgorde af, dus te beginnen met 1. Neem met een graszodemonsterboor op het betreffende perceel het berekende aantal steken, aselekt verdeeld over het terrein. Trap het uiteinde van de graszodeboor met de voet over de volledige lengte (10 cm) in de grond, verwijder graspollen of andere ongerechtigheden en breng (met handschoenen) het monster over in een van

de vier emmers. Blijf uit de buurt van slootkanten, wegbermen of inritten en houd de contacttijd van grond met metalen boren zo kort mogelijk, aangezien het monster op metalen geanalyseerd moet worden. De boren mogen niet verroest zijn. Draag op maïspcelen altijd een veiligheidsbril wanneer de maïsplanten op ooghoogte staan (vanaf ca. augustus).

Het mengen van de 320 steken. Verdeel de 320 steken in het veld over de vier emmers. Maak na het verzamelen van de 320 steken de inhoud van iedere emmer (afkomstig van 80 steken) met de hand (draag daartoe schone handschoenen) fijn en homogeniseer de inhoud d.m.v. langdurig (ongeveer 5 minuten) omscheppen. Breng de inhoud van de 4 emmers met in elk de gemengde 80 steken over in een grote verzamelbak en meng opnieuw op dezelfde manier als boven tot een op het oog homogeen geheel is verkregen.

Het overbrengen in monsterpotten. Breng het homogene mengmonster over in glazen potten van 720 ml met polyethyleen deksel. Vul de potten tot de rand, duw het materiaal stevig aan, sluit luchtdicht af en breng direct een etiket aan met projectnummer, monstercode, monstertdiepte, locatie, wie het monster heeft genomen en datum (zie ook 3.3).

Diepere laag van 30-50 cm. Voorbereidingen als bij de ondiepere laag. Selecteer 16 punten verdeeld naar oppervlakte van het bedrijf. Verwijder op deze plaats, indien aanwezig, de plag en boor hier met de grondboor tot 30 cm een gat. Houd de plag en het materiaal dat hierbij vrijkomt apart, dit dient later teruggeplaatst te worden. Neem vervolgens van de laag van 30-50 cm met de edelmanboor het monster en vang dit op in een emmer. Werk het gat weer netjes af. Herhaal dit voor de overige 15 punten. Meng het monster en vul de potten zoals eerder beschreven.

Duplo's ter kwaliteitscontrole. Van 10% van het totaal aantal locaties (2 van de 20) worden duplomonsters meegestuurd naar het analyserend lab ter kwaliteitscontrole. Kies deze monsters willekeurig over de verschillende locaties verdeeld (bijv. elk 10e bedrijf) en vul van een mengmonster een extra pot met hetzelfde materiaal. Breng een etiket aan met hierop het LEI-nummer met hierachter een 'c' (van controle).

Reinigen van materiaal. Reinig de gebruikte boren met een borstel en schoon water en droog ze daarna af met tissues om roestvorming te voorkomen.

Het invullen van het monsternemingsformulier. Noteer op het monsternemingsformulier P2010/F-032/01 (Bijlage A) per perceel de bijzonderheden (oppervlakte, aantal steken, bodemgebruik, etc.).

Veldlogboek. Noteer alle bijzonderheden die tijdens de bemonstering optreden in een veldlogboek (ook weersomstandigheden, werk- en reistijden, afwijking van protocol, etc.).

Duplo's ter kwaliteitscontrole. Van 10% van het totale aantal monsters (2 per categorie van 20) worden duplomonsters meegestuurd naar het analyserend lab ter kwaliteitscontrole. Kies deze monsters willekeurig over de verschillende locaties verdeeld (bijv. elke 10e locatie) en vul van een mengmonster een extra pot met hetzelfde materiaal. Breng een etiket aan met hierop het locatienummer met hierachter een 'c' (van controle). Grondwater: vul op 2 van de 20 locaties een extra flesje voor een controlemonster.

Reinigen van materiaal. Reinig de gebruikte boren en spade met een borstel en schoon water en droog ze daarna af met tissues om roestvorming te voorkomen.

Het invullen van het monsternemingsformulier. Noteer op het monsternemingsformulier P2010/F-032/01 (bijlage A) per perceel de bijzonderheden

Veldlogboek. Noteer alle bijzonderheden die tijdens de bemonstering optreden in een veldlogboek (ook weersomstandigheden, werk- en reistijden, afwijking van protocol, etc.).

3.3 De monstercodering

De monstercode bestaat uit het LEI-bedrijfsnummer van het betreffende bedrijf, gevolgd door een 'b' (van bodem). Geef tevens aan op welke diepte het monster is genomen. Voor grondwater, gebruik een 'g'. Duplo's kunnen met een extra 'c' worden gemarkeerd.

3.4 Transport en bewaren van monsters

De grondmonsters dienen zo snel mogelijk naar het analyserende laboratorium te worden verzonden. In afwachting van transport dienen ze in een koelcel bij $\pm 2^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ te worden bewaard. Nadat de grond in het veld in de monsterpotten is overgebracht, dienen deze monsters in een koelbox te worden bewaard. In het veldautomatiseringssysteem wordt vervolgens aangegeven dat de monsters naar de koelcel zijn overgebracht. Het aangeven van deze overdracht gebeurt d.m.v. het barcode-etiket op de potten. Grondwatermonsters dienen eveneens gekoeld te worden getransporteerd en bewaard. Zorg dat de monsters binnen de daarvoor geldende houdbaarheidstermijn worden aangeleverd bij het betreffende laboratorium.

4. KWALITEITSBEHEERSING

- Het Laboratorium voor Milieumetingen, afdeling Bodem en Water, verplicht zich om te voldoen aan kwaliteitseisen (ISO 9000-serie), wat inhoudt dat volgens de geldende Standard Operating Procedures (SOP's) en/of protocollen gewerkt dient te worden. Elke afwijking hiervan dient genoteerd en gemotiveerd te worden en besproken met de deelprojectleider.
- Van 10% van het totaal aantal monsters worden "blinde" duplo-monsters meegestuurd naar het analyserend lab (zie 3.2 en 3.3). Dit ter controle van de nauwkeurigheid van het mengen en homogeniseren en ter controle van de variatie in de metingen. De projectleider beoordeelt de uiteindelijk verkregen resultaten hiervan.
- Het analyserende laboratorium krijgt twee gecertificeerde bodemmonsters, zgn. standaardmonsters die gelijktijdig in de meetseries worden meegenomen, eveneens ter controle op de analysemethode.

BIJLAGE A: P2010/F032/01

MONSTERNEMINGSFORMULIER

Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB)

Deelnemer :

Plaats :

LEI-nummer :

Datum :

Bij info totaal aan oppervl. cultuurgrond beschikbaar voor 2010 :ha.

	Perceelnummers									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Oppervlakte (ha)										
Aantal steken zode-boor										
Aantal steken met guts										
Bodemgebruik (gewas)										
Grondsoort (toplaag)										
Vee aanwezig	ja/nee	ja/nee	ja/nee	ja/nee	ja/nee	ja/nee	ja/nee	ja/nee	ja/nee	ja/nee
Bijzonderheden m.b.t. perceel (bijv. onlangs (kunst)mest uitgereden)										
BOB monster genomen dan hier monsternummer noteren										

Bodemgebruik gewijzigd : nee/ja (toelichten)
 Situatieschets gewijzigd : nee/ja (aanpassen)

Gewicht aan graszode-steken :

Emmer vol : gram

Emmer leeg :gram

Ruimte voor aantekeningen:

Totaal gewicht: gram

Naam monsternemer:

.....

P2010/F032/01

SOP-nr : LVM-BW-P435

Pagina 1 van 11

Revisie : 00

Ingangsdatum: 20051015

Grondwaterbemonstering met een bemonsteringslans en slangenpomp op zand-, klei- of veengronden

1. INLEIDING

1.1 Doel

Deze procedure dient als leidraad voor het nemen van monsters van de bovenste meter van het grondwater in zowel zand-, klei als veengronden.

1.2 Doelgroep

Medewerkers, die ten behoeve van LVM bemonsteringswerkzaamheden verrichten.

1.3 Wijzigingen t.o.v. vorige versies.

SOP LBG/424, LBG/425 en LBG/426 samengevoegd tot LVM-BW-P435. Lay-out aangepast volgens LVM-AL-P020rev00. Tekst aangepast.

1.4 Veiligheid

Voor veiligheid aangaande alle veldwerkzaamheden wordt verwezen naar SOP LVM-BW-P604.

2 HULPMIDDELEN

2.1 Plattegrond van het bedrijf met alle percelen en gemarkeerde plaatsen waar een grondwatermonster genomen dient te worden

2.2 Spade;

2.3 Plastic zeil;

2.4 Diverse handboren (zie bijlage A):

Edelmanboor Ø 7 cm / Ø 10 cm;

Zandpomp of zuigerboor Ø 7 cm;

Pulsboor Ø 7 cm Ø 10 cm;

Riverside boor Ø 7 cm;

Van der Horstboor (slappe klei-boor) Ø 7 cm / Ø 10 cm.

2.5 Plastic koker (kraag): lengte ca. 40 cm, Ø ca. 11 cm;

2.6 Bemonsteringslans, in diverse lengtes, gemaakt van PVC met een geperforeerd gedeelte (spleetbreedte 0,3 mm) van 50 cm en een uitwendige maatverdeling in decimeters (RIVM-ontwerp);

2.7 Filtergrind; inhoud zak 25 kg

2.8 Kleiafdichting: Type Mikolit 00, inhoud zak 25 kg;

SOP-nr : LVM-BW-P435

Pagina 2 van 11

Revisie : 00

Ingangsdatum: 20051015

- 2.9 Reservoirbuis met een geperforeerd gedeelte (spleetbreedte 0,4 mm) van 100 cm, een reservoirgedeelte van 50 cm en een gelijmde punt aan de onderkant: totale lengte 285 cm, ϕ_{in} 4,5 cm, ϕ_{uit} 5,0 cm (zie bijlage D);^a
- 2.10 Buitenbuis: lengte 300 cm, ϕ_{in} 5,2 cm, ϕ_{uit} 6,0 cm (PVC, slagvast geel);^a
- 2.11 Afsluitdoppen voor reservoirbuizen (HDPE, 50 mm);^a
- 2.12 PE slang ϕ 4/6 cm;
- 2.13 Slangenpomp: bijv. Elektronische slangenpomp 12 V van Eijkelkamp;
- 2.14 Dompbok, hefboom en ketting;
- 2.15 Peilllood
- 2.16 Hogedrukreiniger.

3 PROCEDURE/WERKWIJZE

3.1 Ligging van het monsterpunt

- 3.1.1 Ga aan de hand van de plattegrond met gemarkeerde plaatsen naar een monsterpunt.
Indien de ligging van de monsterpunten nog niet is vastgelegd, bepaal de ligging van het bemonsteringspunt volgens SOP LVM-BW-P618.
- 3.1.2 Indien om bepaalde redenen afgeweken dient te worden van de op de plattegrond gemarkeerde plaats, teken het afgeweken punt in op de plattegrond en vermeld de reden van afwijking.
- 3.1.3 Verwijder op het monsterpunt met de spade de graszode. Houdt deze apart zodat deze na monsternamen teruggeplaatst kan worden. Op bouwland kan direct begonnen worden met boren.
- 3.1.4 Leg eventueel een stuk plastic naast het boorgat om hier op het opgeboorde materiaal te verzamelen.

Mede afhankelijk van het monitoringsprogramma (zand-, klei of veen) moet een keuze gemaakt worden voor een van de drie onderstaande bemonsteringsmethodieken.

3.2 Plaatsen van bemonsteringslans volgens de ZAND-methode of open boorgatmethode (Bijlage B)

De hier onder beschreven werkwijze gaat op indien het bodemmateriaal in de met grondwater verzadigde zone voldoende "ongepakt" is om het boorgat vanzelf te doen dichtlopen.

- 3.2.1 Boor met de 10 cm diameter grondboor een gat tot ca. 30 cm (net onder de bouwvoor).
- 3.2.2 Plaats de kraag in het gat. Zorg er voor dat de koker boven het maaiveld uitsteekt, dit vergemakkelijkt het verwijderen van de koker na bemonstering.
De kraag zorgt ervoor dat geen bodemmateriaal en dergelijke vanaf het maaiveld in het boorgat kan komen.

^a Leverancier: BOODE B.V., Nijverheidscentrum 3 (Postbus 27), 2760 AA Zevenhuizen. Tel.: 0180-63 27 44, E-mail: info@boode.com

SOP-nr : LVM-BW-P435

Pagina 3 van 11

Revisie : 00

Ingangsdatum: 20051015

- 3.2.3 Boor nu met een 7 cm diameter grondboor verder tot maximaal 75 cm onder het grondwatervniveau. Deze diepte wordt bereikt wanneer de boorstang tot aan de eerste verbindingshuls nat is.
Houdt rekening met het feit dat bij een toenemend gehalte aan klei of leem in de ondergrond het water langzamer in het gat stroomt waardoor een onderschatting van het grondwatervniveau wordt gemaakt.
- 3.2.4 Plaats de bemonsteringslans in het boorgat en druk deze, eventueel pulsgewijs, zo diep mogelijk in het boorgat.
- 3.2.5 Vaak kan binnen een half uur na plaatsing al worden bemonsterd. Ga naar §3.5 voor het uitvoeren van een bemonstering.

3.3 Plaatsen van bemonsteringslans volgens KLEI-methode of gesloten boorgatmethode (bijlage C)

De hier onder beschreven werkwijze gaat op indien het bodemmateriaal in de met grondwater verzadigde zone niet voldoende "ongepakt" is om het boorgat vanzelf te doen dichtlopen.

- 3.3.1 Boor met een 7 cm diameter grondboor tot maximaal 100 cm onder het grondwatervniveau. Deze diepte wordt bereikt wanneer de boorstang tot aan de eerste verbindingshuls nat is.
Houdt rekening met het feit dat bij een toenemend gehalte aan klei of leem in de ondergrond het water langzamer in het gat stroomt waardoor een onderschatting van het grondwatervniveau wordt gemaakt.
Een indicatie voor de diepte van het grondwater is het slootwatervniveau. Een tweede indicatie is de aanwezigheid van drainagebuizen in het perceel. Indien dit het geval is kan vaak deze diepte plus 1 meter als maximaal te boren diepte worden aangehouden.
- 3.3.2 Plaats de bemonsteringslans in het boorgat en druk deze zo diep mogelijk in het boorgat.
- 3.3.3 Stort rondom de bemonsteringslans een hoeveelheid filtergrind tot ca. 50 cm boven de bovenkant van het geperforeerde gedeelte van de bemonsteringslans.
Deze hoeveelheid komt overeen met ca. ¼ van de inhoud van de zak grind.
Eventueel kan ook de juiste dikte bepaald worden door het meten m.b.v. een meetlint of een tussenstuk (1 m) van de handboor.
- 3.3.4 Stort hier bovenop een laag van ca. 20 tot 30 cm klei-korrels.
Deze hoeveelheid komt overeen met ca. 4 volle scheppen klei-korrels met de hand. Eventueel kan de juiste dikte bepaald worden door het meten m.b.v. een meetlint of een tussenstuk (1 m) van de handboor.
- 3.3.5 Stop het boorgat rondom de lans verder dicht met klei kluiten afkomstig uit het opgeboorde bodemmateriaal.
Deze klei kluiten dienen instroming van vreemd water vanaf maaiveld te voorkomen.
- 3.3.6 Bij aanwezigheid van vee in een perceel kan eventueel de bemonsteringslans tot net onder maaiveld worden afgezaagd. LET OP dat het slangetje in de lans niet beschadigd raakt. Sluit het gat af met een trottoirtegel. Zorg ervoor dat de tegel niet

SOP-nr : LVM-BW-P435

Pagina 4 van 11

Revisie : 00

Ingangsdatum: 20051015

boven maaiveld uitsteekt zodat deze niet door het aanwezige vee eruit gelicht kan worden en het boorgat alsnog vernield worden.

- 3.3.7 Wanneer op alle monsterpunten op het bedrijf een bemonsteringslans is geplaatst of aan het eind van de dag, dienen de boorgaten en lanssen te worden schoon gepompt.
 - 3.3.8 Koppel de zuigslang van de bemonsteringslans aan de zuigzijde van de slangenpomp.
 - 3.3.9 Start de slangenpomp en pomp al het aanwezige water via de lans uit het boorgat.
 - 3.3.10 Laat de monsterpunten 1 tot 7 dagen rusten i.v.m. de langzame toestroming van grondwater in kleigronden, voordat deze kunnen worden bemonsterd.
 - 3.3.11 Ga nu naar §3.5 voor uitvoering van de bemonstering.
- 3.4 Plaatsen van bemonsteringslans volgens VEEN-methode (zie bijlage D)
- 3.4.1 Boor met de 7 cm diameter grondboor een gat tot aan het veen.
 - 3.4.2 Boor met een Van der Horst- of een Edelmanboor tot ca. 1,5 m onder de grondwaterstand.
Wees voorzichtig bij het boren, bij het tegenkomen van harde stukken onverteerde takken of boomresten of met het leegmaken van een Van der Horstboor. De Van der Horstboor is kwetsbaarder dan een Edelmanboor.
 - 3.4.3 Puls eventueel het boorgat met een pulsboor 1 of meerdere malen leeg, totdat de blubber vrijwel is verwijderd.
 - 3.4.4 Schuif een reservoirbuis in de buitenbuis en plaats deze in het boorgat.
 - 3.4.5 Druk beide buizen in het boorgat tot op de juiste diepte.
De juiste diepte is bereikt als de bovenkant van het geperforeerde deel van de reservoirbuis net onder de grondwaterstand zit (zie bijlage D).
 - 3.4.6 Verwijder de buitenbuis.
Voorkom het dichtsmen van de spleten in het geperforeerde gedeelte van de reservoirbuis door deze zo min mogelijk te draaien of omhoog te trekken.
 - 3.4.7 Noteer de datum en het tijdstip van plaatsing.
 - 3.4.8 Sluit het gat rondom de reservoirbuis af met bijvoorbeeld de plag of opgeboord bodemmateriaal zodat instroming van vreemd water via maaiveld wordt voorkomen.
 - 3.4.9 Meet met een peillood de afstand van de bovenkant van de reservoirbuis tot aan maaiveld en noteer deze in cm.
 - 3.4.10 Sluit de reservoirbuis af met een daarvoor bestemde dop.
 - 3.4.11 Bepaal, voorafgaande aan het doorpompen van de reservoirbuizen na plaatsing of aan het eind van de plaatsingsdag, met een peillood de waterstand in de reservoirbuis.
Mocht nu blijken dat er onvoldoende water is toegestroomd dan kan het monsterpunt in overleg met een Uitvoeringsverantwoordelijke Veldwerk of eventueel de coördinator Uitvoering Veldwerk eventueel worden verplaatst.
 - 3.4.12 Pomp, met een slangenpomp en ca. 2,5 m slang (PE 4/6 mm) de reservoirbuis leeg. Zuig ook vooral de drab op uit het reservoirgedeelte van de buis.
Indien de toestroming van grondwater zo snel is dat de buis niet leeggepompt kan worden, pomp dan 5 minuten op maximale snelheid.
 - 3.4.13 Noteer het tijdstip van afpompen.
 - 3.4.14 De reservoirbuizen mogen minimaal 1 dag na plaatsing worden bemonsterd. Waarbij voorafgaande aan de monsternamen eerst de waterstand in de reservoirbuis dient te worden bepaald met een peillood.
 - 3.4.15 Ga nu naar §3.5 voor uitvoering van de bemonstering.

SOP-nr : LVM-BW-P435

Pagina 5 van 11

Revisie : 00

Ingangsdatum: 20051015

3.5 Bemonstering van grondwater

- 3.5.1 Koppel de slang van de bemonsteringslans aan de zuigzijde van de slangenpomp.
- 3.5.2 Pomp, afhankelijk van de gekozen bemonsteringsmethode (zie tabel 1), een bepaalde hoeveelheid grondwater op. Indien het grondwater zichtbaar vrij is van slibdeeltjes kan worden gestopt met doorpompen.

Tabel 1 De minimale hoeveelheid grondwater dat dient te worden opgepompt bij de verschillende bemonsteringsmethodes

Bemonsteringsmethode	Aantal ml doorpompen
Zand	≥ 1000 ml
Klei	≥ 100 ml ^b
Veen	≥ 100 ml ^b

- 3.5.3 Indien het opgepompte grondwater niet zichtbaar vrij is van slibdeeltjes herhaal dan 3.5.2 maximaal vijfmaal. Neem anders contact op met de Uitvoeringsverantwoordelijke Veldwerk (trekker) of de coördinator Uitvoering Veldwerk.
- 3.5.4 Noteer de totale hoeveelheid opgepompt water in liters.
- 3.5.5 Filtreer het water conform deelprojectbeschrijving.
- 3.5.6 Vul de monsterflessen en sluit ze af.
Let op dat in het geval van een dop met inleg, deze op de juiste manier aanwezig is.
- 3.5.7 Zet de pomp uit.
- 3.5.8 Koppel de slang van de lans los van de pomp en duw hem ter bescherming in de lans.

3.6 Conservering en vervoer

- 3.6.1 Conserveer de monsters conform SOP LVM-BW-P416.
- 3.6.2 Noteer de hoeveelheid toegevoegd conserveringsmiddel per monsterfles in ml.
- 3.6.3 Vervoer de monsters gekoeld, conform SOP LVM-BW-P414, naar hun bestemming.

3.7 Nazorg

- 3.7.1 Markeer, bij de ZAND- of KLEI-methode, met een hand de maaiveldhoogte op de lans en trek de lans uit het boorgat.
- 3.7.2 Zoek het eind van het natte gedeelte van de lans en schat aan de hand van de maatstrepen op de lans zowel de diepte van de waterstand onder maaiveld, als de diepte van het geperforeerde gedeelte beneden de grondwaterspiegel door het verschil af te lezen tussen bovenkant filter en het begin van het natte gedeelte van de lans.
- 3.7.3 Noteer beide standen in centimeters. Rond af op het dichtstbijzijnde vijf- of tiental.
- 3.7.4 Trek, na gebruik van de 'VEEN-methode' de reservoirbuis met bijvoorbeeld de hulp van een dompbok en hefboom met ketting uit het boorgat.

^b Boorgat/Reservoirbuis is al door gepompt na plaatsing daardoor kan worden volstaan met een minder groot volume. Met deze aanbevolen minimale hoeveelheid wordt de PE slang minimaal 3x gespoeld (inhoud van 6x4 PE slang is 13 ml per meter).

SOP-nr : LVM-BW-P435

Pagina 6 van 11

Revisie : 00

Ingangsdatum: 20051015

- 3.7.5 Vul na bemonstering het boorgat zo goed mogelijk op met het het opgeboorde bodemmateriaal. Eventueel tussentijds de grond in het gat met de boor aandrukken. Spreid eventueel overtollig bodemmateriaal uit en plaats de zode terug.
- 3.7.6 Reinig alle gebruikte boren en lansen met een borstel en eventueel schoon water en droog de boren af om roestvorming te voorkomen. Spuit de eventueel gebruikte reservoirbuizen goed schoon met een hogedrukreiniger. **Denk vooral aan de spleten!**

4 VERANTWOORDELIJKHEDEN

De monsternemer is verantwoordelijk voor het correct en volgens de richtlijnen uitvoeren van de werkzaamheden. Afwijkingen dienen ter stond te worden overlegd met de Uitvoeringsverantwoordelijke Veldwerk of de coördinator Uitvoering Veldwerk

5 KWALITEITSCONTROLE/KWALITEITSBORGING

Alle medewerkers die voor LVM bemonsteringswerkzaamheden uitvoeren, zullen periodiek door een RIVM-medewerker bezocht worden t.b.v. het waarborgen van de kwaliteit van de werkzaamheden.

6 REFERENTIES

1. RIVM. SOP LVM-BW-P414, *Het tijdelijk opslaan en transporteren van monsters onder geconditioneerde omstandigheden*. Bilthoven, 2005.
2. RIVM. SOP LVM-BW-P416, *Methode voor het conserveren van grondwatermonsters ter analyse op anorganische microparameters*. Bilthoven, 2005.
3. RIVM. SOP LVM-BW-P604, *Veiligheid bij het veldwerk*. Bilthoven, 2005.
4. RIVM. SOP LVM-BW-P618, *Bepaling van de ligging van de bemonsteringspunten*. Bilthoven, 2005.

Literatuur

1. NEN NPR 5741, Bodem – Boorsystemen en monsternemingstoestellen voor grond, sediment en grondwater, die worden toegepast bij bodemverontreinigingsonderzoek. Delft, NNI, 2003
2. NNI. NEN 5766, Bodem - Plaatsing van peilbuizen en bepaling van stijghoogten van grondwater in de verzadigde zone. Delft, NNI, 2003.
3. NNI. NEN 6599, Water - Termen en definities. Delft, NNI, 1991, UDC 628.4.3:001.4 pp.
4. SIKB. VKB-protocol 2001, Plaatsen van handboringen en peilbuizen, maken van boorbeschrijvingen, nemen van grondmonsters en waterpassen. Gouda, SIKB, 2005.

SOP-nr : LVM-BW-P435

Pagina 7 van 11

Revisie : 00

Ingangsdatum: 20051015

BIJLAGE A: Overzicht en achtergrond boorsystemenTabel 3. Boorsystemen^c

Boorsystemen / monsternemingstoestel	Toepasbaarheid in grondsoort			Beschrijving Bodemprofiel	Plaatsingsmogelijkheid monsternemingsfilter	Bereikbare diepte (m)
	Cohesieve gronden (klei, leem, veen enz.)	Niet-cohesieve gronden (zand, grind, enz.)				
		Boven grond- waterspiegel	Onder grond- waterspiegel			
a) handboorgereedschap						
1) Edelmanboor enz.	+++	+++	-	+++	+	5 tot 10
2) Guts	+++	-	-	+++	-	5 tot 10
3) Ramguts	+++	++	+	++	-	5 tot 10
4) Zandpomp of zuigerboor	+	-	+++	+++	+	5 tot 10
5) Handpuls	-	-	+++	-	+++	5 tot 10
Legenda: +++ goed, ++ redelijk, + matig, - slecht						

SOP-nr : LVM-BW-P435

Pagina 8 van 11

Revisie : 00

Ingangsdatum: 20051015

Achtergrondinformatie bij boorsystemen^d

Edelmanboren.

Edelmanboren zijn geschikt voor cohesieve grond (klei, leem, veen) boven en beneden de waterspiegel en voor niet-cohesieve grond (zand) boven de waterspiegel. De van de Edelmanboor afgeleide Van der Horstboor (slappe klei-boor) is door zijn speciaal gezette snijkant bijzonder geschikt voor slappe grond en specie en is in de praktijk door zijn grote lengte ook goed bruikbaar gebleken voor bemonsteringsdoeleinden. De boorkernen zijn weinig geroerd en hebben een relatief grote inhoud.

Riversideboren.

De Riversideboren zijn bestemd voor het boren in grind/sintelhoudend, weinig cohesief materiaal boven de waterspiegel.

Gutsen.

De gewoonlijk gebruikte gutsen zijn vooral bruikbaar in slappe grond (klei, veen) en leveren een duidelijk beeld op van het bodemprofiel. Er kunnen goede monsters worden genomen met het rechte (niet tapse) type, mits het boorsel wordt ontdaan van hoger uit het profiel afkomstig materiaal.

De ramguts wordt gebruikt voor vast, stenig en sintelhoudend materiaal dat anders in handkracht niet doorlatend is.

Pulsboor gereedschap.

Alle soorten (hand)pulsen hebben gemeen dat ze het bodemprofiel sterk verstoren. Ze worden alleen bruikbaar geacht in zandige profielen beneden de grondwaterspiegel ter bepaling van de globale korrelgrootte, kleur e.d. Kleine gelaagdheden worden te niet gedaan; klei-veenlensjes zijn nauwelijks herkenbaar. Het gebruik van werkwater moet zoveel mogelijk worden beperkt.

Zandpomp.

De roestvrij metalen zandpomp (zuigerboor) levert een reëel beeld van zandige profielgedeelten beneden de grondwaterspiegel op. Er kunnen monsters van goede kwaliteit mee worden genomen. De zandpomp is soms tevens bruikbaar in slappe specie.

^d De achtergrondinformatie is overgenomen uit VKB-protocol 2001. Het protocol is opgesteld en uitgegeven door de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB) te Gouda.

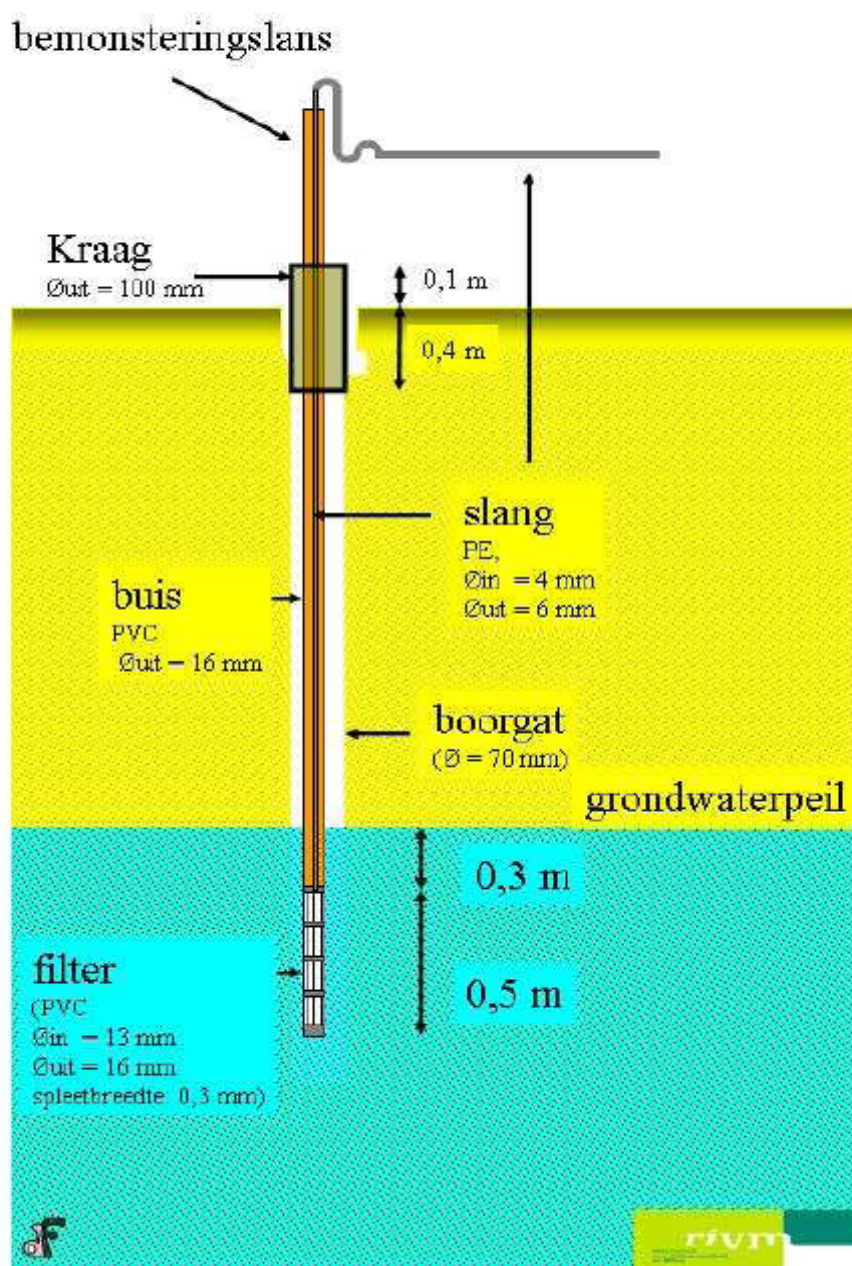
SOP-nr : LVM-BW-P435

Pagina 9 van 11

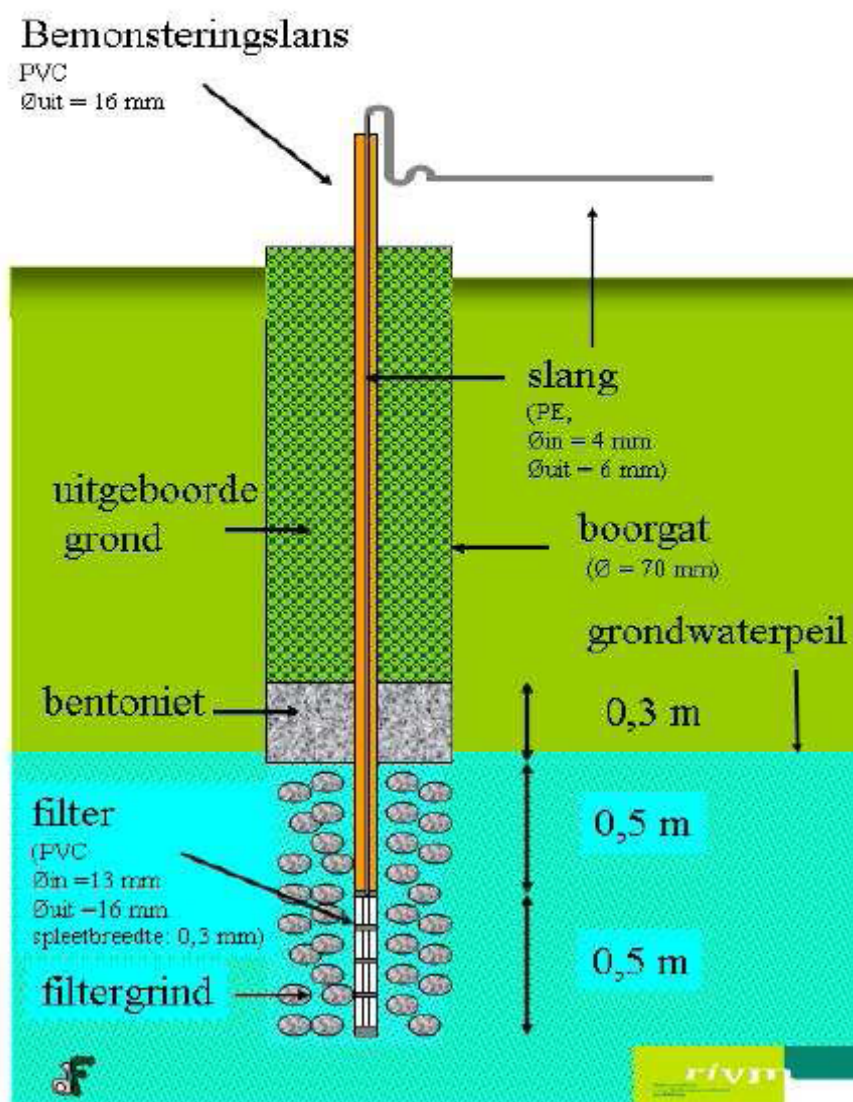
Revisie : 00

Ingangsdatum: 20051015

BIJLAGE B: Schets van 'ZAND-methode'



BIJLAGE C: Schets van 'KLEI-methode



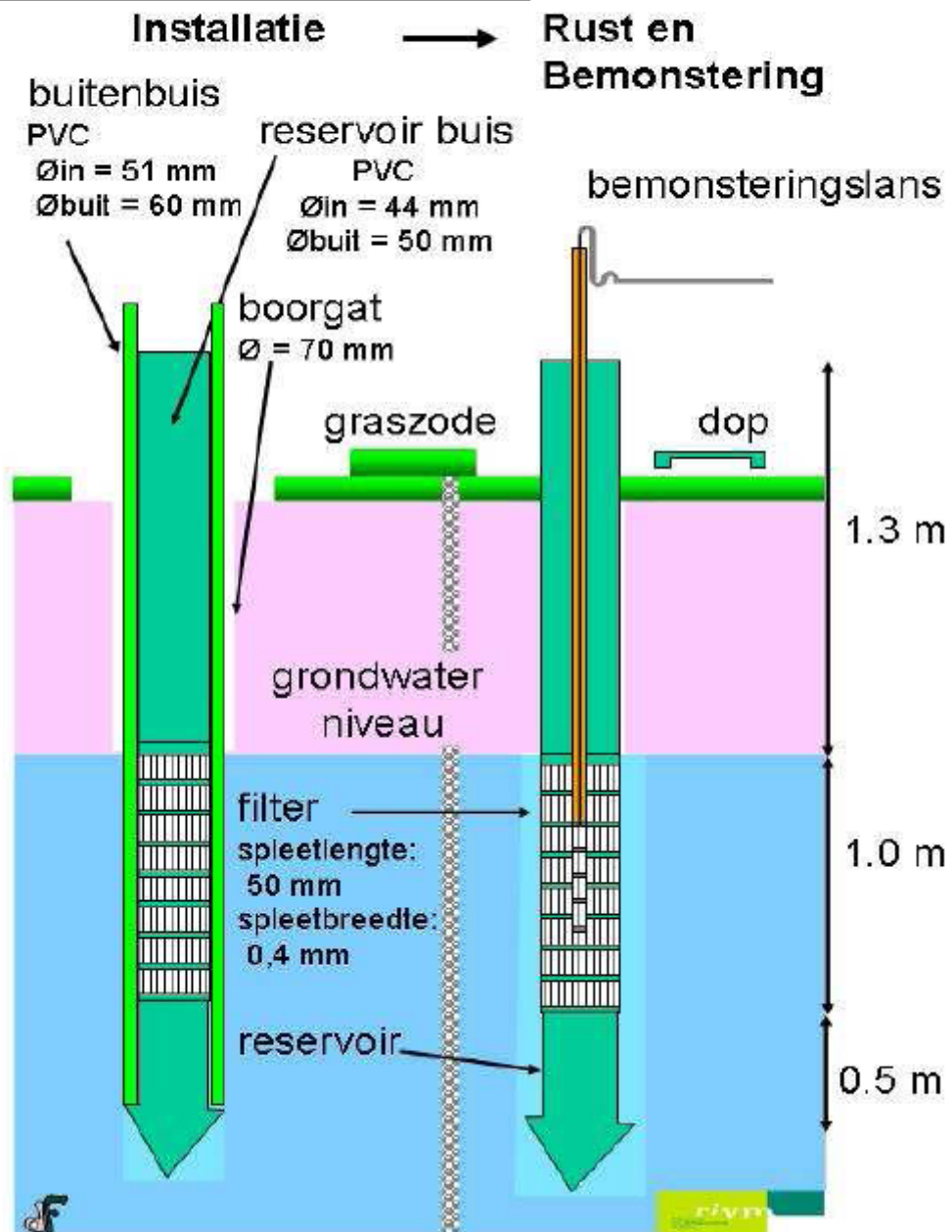
SOP-nr : LVM-BW-P435

Pagina 11 van 11

Revisie : 00

Ingangsdatum: 20051015

BIJLAGE D: Schets van 'VEEN-methode



Bijlage 6 Analysemethoden en bepalingsgrenzen

Tabel B6.1 en B6.2 tonen de gebruikte analysemethoden, detectie- en rapportagegrenzen per parameter per meetjaar.

Tabel B6.1 toont van alle bodemparameters de gebruikte analysemethoden en de detectie- en rapportagegrenzen. De parameters die met XRF-tablet zijn bepaald, hebben alleen een detectiegrens en geen rapportagegrens. De detectiegrens voor de XRF-tabletdata is over de periode 2006-2010 constant. Voor XRF-parel is de detectiegrens niet vastgesteld, omdat het niet noodzakelijk werd geacht, aangezien de concentraties veelal hoger liggen. In tabel B6.1 zijn voor XRF-parel wel detectiewaarden tussen haakjes opgenomen. Deze zijn afgeleid van de detectiegrens voor tablet. Het laboratorium geeft aan dat deze waarde met XRF-parel minimaal kunnen worden gehaald. Met een asterisk (*) is aangegeven indien een analysemethode, detectie- of rapportagegrens niet bekend is, omdat de waarde door het laboratorium niet is aangeleverd. Tabel B6.2 geeft een vergelijkbaar overzicht voor de grondwaterparameters.

Tabel B6.1 Overzicht van analysemethoden, detectie- en rapportagegrenzen van alle bodemparameters per planjaar.

Parameter	Planjaar	Eenheid	Analysemethode	Detectiegrens	Rapportagegrens	Opmerking
Ba	2006	mg/kg	XRF-tablet	23	nvt	
Ba	2007	mg/kg	XRF-tablet	23	nvt	
Ba	2007	mg/kg	ICP-OES	1.2	*	
Ba	2008	mg/kg	XRF-parel	(23)	nvt	
Ba	2009	mg/kg	XRF-tablet	23	nvt	
Ba	2009	mg/kg	XRF-tablet	23	nvt	
Ba	2010	mg/kg	XRF-tablet	23	nvt	
CaCO ₃	2006	%	TGA	0.001	0.01	
CaCO ₃	2007	%	TGA	0.001	0.01	
CaCO ₃	2009	%	TGA	0.001	0.01	
CaCO ₃	2010	%	TGA	0.001	0.01	
Cd	2006	mg/kg	ICP-MS	0.002	*	
Cd	2007	mg/kg	ICP-MS	0.02	*	
Cd	2008	mg/kg	ICP-MS	0.001	0.003	
Cd	2009	mg/kg	ICP-MS	0.001	0.003	
Cd	2009	mg/kg	ICP-MS	0.0037	0.011	
Cd	2010	mg/kg	ICP-MS	0.004	0.012	
CEC	2006	cmol+/kg	ICP-OES	0.1	*	CEC wordt uitgevoerd volgens NEN 5738
CEC	2007	cmol+/kg	*	0.1	*	
CEC	2009	cmol+/kg	ICP-OES	0.1	*	
CEC	2010	cmol+/kg	ICP-OES	0.1	*	
Co	2007	mg/kg	ICP-MS	0.04	*	
Co	2008	mg/kg	ICP-MS	0.003	0.009	

Co	2009	mg/kg	ICP-MS	0.0043	0.013	
Co	2009	mg/kg	ICP-MS	0.03	0.09	
Co	2010	mg/kg	ICP-MS	0.003	0.009	
Cr	2006	mg/kg	XRF-tablet	10	nvt	
Cr	2007	mg/kg	XRF-tablet	10	nvt	
Cr	2007	mg/kg	ICP-MS	0.47	*	
Cr	2008	mg/kg	XRF-parel	(10)	nvt	
Cr	2009	mg/kg	XRF-tablet	10	nvt	
Cr	2009	mg/kg	XRF-parel	(10)	nvt	
Cr	2010	mg/kg	XRF-tablet	10	nvt	
Cu	2006	mg/kg	ICP-MS	0.01	*	
Cu	2007	mg/kg	ICP-MS	1.63	4.49	
Cu	2007	mg/kg	XRF-tablet	4	nvt	
Cu	2007	mg/kg	ICP-OES	1.8	*	
Cu	2008	mg/kg	XRF-tablet	4	nvt	
Cu	2009	mg/kg	XRF-tablet	4	nvt	
Cu	2009	mg/kg	XRF-tablet	4	nvt	
Cu	2010	mg/kg	XRF-tablet	4	nvt	
Fe	2006	mg/kg	XRF-parel	(100)	nvt	
Fe	2007	mg/kg	ICP-OES	2.4	*	
Fe	2007	mg/kg	XRF-tablet	7	nvt	
Fe	2008	mg/kg	XRF-parel	(100)	11600	
Fe	2009	mg/kg	XRF-tablet	7	nvt	
Fe	2009	mg/kg	XRF-parel	(100)	11600	
Fe	2010	mg/kg	XRF-tablet	7	nvt	
Hg	2006	mg/kg	Hg analyzer	0.001	0.01	

Hg	2007	mg/kg	Hg analyzer	0.001	0.01	
Hg	2008	mg/kg	Hg analyzer	0.001	0.01	
Hg	2009	mg/kg	Hg analyzer	0.001	0.01	
Hg	2009	mg/kg	Hg analyzer	0.001	0.01	
Hg	2010	mg/kg	Hg analyzer	0.001	0.01	
Iutum	2006	%	Pipet	0.01	0.1	
Iutum	2007	%	pipet	0.01	0.1	
Iutum	2008	%	pipet	0.01	0.1	
Iutum	2009	%	pipet	0.01	0.1	
Iutum	2010	%	pipet	0.01	0.1	
Mn	2006	mg/kg	XRF-parel	(100)	nvt	
Mn	2007	mg/kg	ICP-OES	0.3	*	
Mn	2007	mg/kg	XRF-tablet	4	nvt	
Mn	2007	mg/kg	ICP-MS	*	*	
Mn	2008	mg/kg	XRF-parel	(100)	nvt	
Mn	2009	mg/kg	XRF-tablet	4	nvt	
Mn	2009	mg/kg	XRF-parel	(100)	nvt	
Mn	2010	mg/kg	XRF-tablet	4	nvt	
Mo	2006	mg/kg	ICP-MS	0.004	*	
Mo	2007	mg/kg	ICP-MS	0.05	0.15	
Mo	2008	mg/kg	ICP-MS	0.004	0.01	
Mo	2009	mg/kg	ICP-MS	0.005	0.015	
Mo	2009	mg/kg	ICP-MS	0.004	0.012	
Mo	2010	mg/kg	ICP-MS	0.004	0.013	
Ni	2006	mg/kg	XRF-tablet	2	nvt	
Ni	2006	mg/kg	ICP-MS	0.006	*	

Ni	2007	mg/kg	ICP-MS	1.41	*	
Ni	2007	mg/kg	XRF-tablet	2	nvt	
Ni	2008	mg/kg	XRF-parel	(2)	nvt	
Ni	2009	mg/kg	XRF-tablet	2	nvt	
Ni	2009	mg/kg	XRF-parel	(2)	nvt	
Ni	2010	mg/kg	XRF-tablet	2	nvt	
organisch stof	2006	%	TGA	0.001	0.01	
organisch stof	2007	%	TGA	0.001	0.01	
organisch stof	2008	%	TGA	0.001	0.01	
organisch stof	2009	%	TGA	0.001	0.01	
organisch stof	2010	%	TGA	0.001	0.01	
P-Al	2006	mgP ₂ O ₅ /100g	ICP-AES	*	1	
P-Al	2007	mgP ₂ O ₅ /100g	AA3	0.45	1	
P-Al	2008	mgP ₂ O ₅ /100g	AA3	0.45	1	
P-Al	2009	mgP ₂ O ₅ /100g	AA3	0.45	1	
P-Al	2009	mgP ₂ O ₅ /100g	AA3	0.45	1	
P-Al	2010	mgP ₂ O ₅ /100g	AA3	0.45	1	
Pb	2006	mg/kg	ICP-MS	0.12	*	
Pb	2007	mg/kg	ICP-MS	0.2	*	
Pb	2008	mg/kg	ICP-MS	0.02	0.06	
Pb	2009	mg/kg	ICP-MS	0.009	0.027	
Pb	2009	mg/kg	ICP-MS	0.01	0.032	
Pb	2010	mg/kg	ICP-MS	0.007	0.022	
Pw	2006	mgP ₂ O ₅ /l	AA3/ ICP-AES	*	1	
Pw	2007	mgP ₂ O ₅ /l	AA3	0.35	1	
Pw	2008	mgP ₂ O ₅ /l	AA3	*	1	

Pw	2009	mgP ₂ O ₅ /l	AA3	*	1	
Pw	2009	mgP ₂ O ₅ /l	AA3	*	1	
Pw	2010	mgP ₂ O ₅ /l	AA3	*	1	
Sb	2006	mg/kg	ICP-MS	0.001	*	
Sb	2007	mg/kg	ICP-MS	0.01	*	
Sb	2008	mg/kg	ICP-MS	0.002	0.006	
Sb	2009	mg/kg	ICP-MS	0.004	0.012	
Sb	2009	mg/kg	ICP-MS	0.004	0.012	
Sb	2010	mg/kg	ICP-MS	0.008	0.024	
Sn	2006	mg/kg	ICP-MS	0.47	*	waarschijnlijk detectiegrens, want voor 2008
Sn	2007	mg/kg	ICP-MS	0.33	*	
Sn	2008	mg/kg	ICP-MS	0.003	0.009	
Sn	2009	mg/kg	ICP-MS	0.01	0.03	
Sn	2009	mg/kg	ICP-MS	*	0.047	
Sn	2010	mg/kg	ICP-MS	*	0.034	
P-totaal	2006	mg/kg	XRF-parel	(100)	nvt	
P-totaal	2007	mg/kg	XRF-tablet	10	nvt	
P-totaal	2008	mg/kg	XRF-tablet	10	nvt	
P-totaal	2009	mg/kg	XRF-parel	(100)	nvt	
P-totaal	2009	mg/kg	XRF-tablet	10	nvt	
P-totaal	2010	mg/kg	XRF-parel	(100)	nvt	
Zn	2006	mg/kg	XRF-tablet	1	nvt	
Zn	2006	mg/kg	ICP-MS	0.01	*	
Zn	2007	mg/kg	ICP-MS	0.66	*	
Zn	2007	mg/kg	XRF-tablet	1	nvt	
Zn	2008	mg/kg	XRF-tablet	1	nvt	

Zn	2009	mg/kg	XRF-tablet	1	nvt	
Zn	2009	mg/kg	XRF-tablet	1	nvt	
Zn	2010	mg/kg	XRF-tablet	1	nvt	
Minerale olie	2007	mg/kg	GC-FID	10	*	
Minerale olie	2008	mg/kg	GC-FID	10	*	
Minerale olie	2009	mg/kg	GC-FID	10	30	
Minerale olie	2009	mg/kg	GC-FID	10	30	
Minerale olie	2010	mg/kg	GC-FID	5	30	
α -endosulfan	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
α -endosulfan	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS
α -endosulfan	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
α -endosulfan	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
α -HCH	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
α -HCH	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS
α -HCH	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
α -HCH	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
Aldrin	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
Aldrin	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS
Aldrin	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
Aldrin	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
antraceen	2007	ug/kg ds	GC MS	1	10	
antraceen	2008	ug/kg ds	LC-FLU	0.2	*	LC-FLU vergelijkbaar met GC-MS
antraceen	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	10	
antraceen	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	10	
atrazin	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
atrazin	2008	ug/kg ds	GC-MSD	0.5	*	

atrazin	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
atrazin	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
β-endosulfan	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
β-endosulfan	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS
β-endosulfan	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
β-endosulfan	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
benzo(a)antraceen	2007	ug/kg ds	GC-MS	1	10	
benzo(a)antraceen	2008	ug/kg ds	LC-FLU	*	*	LC-FLU vergelijkbaar met GC-MS
benzo(a)antraceen	2009	ug/kg ds	GC MS	1	10	
benzo(a)antraceen	2010	ug/kg ds	GC MS	1	10	
benzo(a)pyreen	2007	ug/kg ds	GC-MS	1	10	
benzo(a)pyreen	2008	ug/kg ds	LC-FLU	*	*	LC-FLU vergelijkbaar met GC-MS
benzo(a)pyreen	2009	ug/kg ds	GC MS	1	10	
benzo(a)pyreen	2010	ug/kg ds	GC MS	1	10	
benzo(k)fluorantheen	2007	ug/kg ds	GC-MS	1	10	
benzo(k)fluorantheen	2008	ug/kg ds	LC-FLU	*	*	LC-FLU vergelijkbaar met GC-MS
benzo(k)fluorantheen	2009	ug/kg ds	GC MS	1	10	
benzo(k)fluorantheen	2010	ug/kg ds	GC MS	1	10	
β-HCH	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
β-HCH	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS
β-HCH	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
β-HCH	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
b-Heptachloorepoxide	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
b-Heptachloorepoxide	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS
b-Heptachloorepoxide	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
b-Heptachloorepoxide	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	

chryseen	2007	ug/kg ds	GC-MS	1	10	
chryseen	2008	ug/kg ds	LC-FLU	*	*	LC-FLU vergelijkbaar met GC-MS
chryseen	2009	ug/kg ds	GC MS	1	10	
chryseen	2010	ug/kg ds	GC MS	1	10	
δ-HCH	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
δ-HCH	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS
δ-HCH	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
δ-HCH	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
Dieldrin	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
Dieldrin	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS
Dieldrin	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
Dieldrin	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
Endrin	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
Endrin	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS
Endrin	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
Endrin	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
fenantreen	2007	ug/kg ds	GC-MS	1	10	
fenantreen	2008	ug/kg ds	LC-FLU	*	*	LC-FLU vergelijkbaar met GC-MS
fenantreen	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	10	
fenantreen	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	10	
fluorantheen	2007	ug/kg ds	GC-MS	1	10	
fluorantheen	2008	ug/kg ds	LC-FLU	*	2	LC-FLU vergelijkbaar met GC-MS
fluorantheen	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	10	
fluorantheen	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	10	
γ-HCH (lindaan)	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
γ-HCH (lindaan)	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS

γ-HCH (lindaan)	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
γ-HCH (lindaan)	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
HCB	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
HCB	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS
HCB	2009	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.2	
HCB	2010	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.2	
Heptachloor	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
Heptachloor	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS
Heptachloor	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
Heptachloor	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
hexachloor-1,3-butadien	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	
hexachloor-1,3-butadien	2009	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.2	
hexachloor-1,3-butadien	2010	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.2	
indeno(123cd)pyreen	2007	ug/kg ds	GC MS	1	10	
indeno(123cd)pyreen	2008	ug/kg ds	LC-FLU	*	*	
indeno(123cd)pyreen	2009	ug/kg ds	GC MS	1	10	
indeno(123cd)pyreen	2010	ug/kg ds	GC MS	1	10	
naftaleen	2007	ug/kg ds	GC-MS	1	10	
naftaleen	2008	ug/kg ds	LC-FLU	4	*	LC-FLU vergelijkbaar met GC-MS
naftaleen	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	10	
naftaleen	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	10	
opDDT	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
opDDT	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS
opDDT	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
opDDT	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
PCB 101	2007	ug/kg ds	GC-MS	*	0.5	

PCB 101	2008	ug/kg ds	GC-MSD	*	0.50	waarschijnlijk rapportagegrens, want na 2008
PCB 101	2009	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.3	
PCB 101	2010	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.3	
PCB 118	2007	ug/kg ds	GC-MS	*	0.5	
PCB 118	2008	ug/kg ds	GC-MSD	*	0.50	waarschijnlijk rapportagegrens, want na 2008
PCB 118	2009	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.3	
PCB 118	2010	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.3	
PCB 138	2007	ug/kg ds	GC-MS	*	0.5	
PCB 138	2008	ug/kg ds	GC-MSD	*	0.50	waarschijnlijk rapportagegrens, want na 2008
PCB 138	2009	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.3	
PCB 138	2010	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.3	
PCB 153	2007	ug/kg ds	GC-MS	*	0.5	
PCB 153	2008	ug/kg ds	GC-MSD	*	0.50	waarschijnlijk rapportagegrens, want na 2008
PCB 153	2009	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.3	
PCB 153	2010	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.3	
PCB 180	2007	ug/kg ds	GC-MS	*	0.5	
PCB 180	2008	ug/kg ds	GC-MSD	*	0.50	waarschijnlijk rapportagegrens, want na 2008
PCB 180	2009	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.3	
PCB 180	2010	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.3	
PCB 28	2007	ug/kg ds	GC-MS	*	0.5	
PCB 28	2008	ug/kg ds	GC-MSD	*	0.50	waarschijnlijk rapportagegrens, want na 2008
PCB 28	2009	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.3	
PCB 28	2010	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.3	
PCB 52	2007	ug/kg ds	GC-MS	*	0.5	
PCB 52	2008	ug/kg ds	GC-MSD	*	0.50	waarschijnlijk rapportagegrens, want na 2008
PCB 52	2009	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.3	

PCB 52	2010	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.3	
ppDDE	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
ppDDE	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS
ppDDE	2009	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.2	
ppDDE	2010	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.2	
ppDDT	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
ppDDT	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS
ppDDT	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
ppDDT	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
ppTDE	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
ppTDE	2008	ug/kg ds	GC-NCI-MS	0.5	*	ivm matrix GC-NSI-MS ipv GC-MS
ppTDE	2009	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.2	
ppTDE	2010	ug/kg ds	GC MS	0.1	0.2	
simazin	2007	ug/kg ds	GC-MS	0.5	*	
simazin	2008	ug/kg ds	GC-MSD	0.5	*	waarschijnlijk rapportagegrens, want na 2008
simazin	2009	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	
simazin	2010	ug/kg ds	GC MS	0.5	1	

*) gegevens niet aangeleverd door het laboratorium

Tabel B6.2 Overzicht van analysemethoden, detectie- en rapportagegrenzen van alle grondwaterparameters per planjaar

Parameter	Planjaar	Eenheid	Analysemethode	Detectiegrens	Rapportagegrens
Al	2007	mg/l	*	0.007	*
Al	2008	mg/l	ICP-MS	0.00038	0.00384
Al	2010	mg/l	ICP-MS	0.0004	0.0012
As	2007	µg/l	*	0.17	*
As	2008	µg/l	ICP-MS	0.005	0.05
As	2010	µg/l	ICP-MS	0.02	0.06
Ba	2007	mg/l	*	0.00076	*
Ba	2008	mg/l	ICP-MS	0.00002	0.0002
Ba	2010	mg/l	ICP-MS	0.00002	0.00006
Ca++	2007	mg/l	*	0.001	*
Ca++	2008	mg/l	ICP-OES	0.03	0.09
Ca++	2010	mg/l	ICP-OES	0.01	0.03
Cd	2007	µg/l	*	0.01	*
Cd	2008	µg/l	ICP-MS	0.0004	0.004
Cd	2010	µg/l	ICP-MS	0.002	0.006
Cl-	2007	mg/l	*	0.09	*
Cl-	2008	mg/l	IC	*	0.09
Cl-	2010	mg/l	IC	*	0.09
Co	2010	µg/l	ICP-MS	0.04	0.12
Cr	2007	µg/l	*	0.07	*
Cr	2008	µg/l	ICP-MS	0.09	0.89
Cr	2010	µg/l	ICP-MS	0.003	0.009

Parameter	Planjaar	Eenheid	Analysemethode	Detectiegrens	Rapportagegrens
Cu	2007	µg/l	*	0.87	*
Cu	2008	µg/l	ICP-MS	0.08	0.81
Cu	2010	µg/l	ICP-MS	0.008	0.024
DOC_C	2007	mg/l	*	0.6	*
DOC_C	2008	mg/l	DOC	*	0.6
DOC_C	2010	mg/l	DOC	*	0.6
Fe	2007	mg/l	*	0.002	*
Fe	2008	mg/l	ICP-OES	0.03	0.09
Fe	2010	mg/l	ICP-OES	0.002	0.006
HCO3-	2007	mg/l	*	1	*
Hg	2010	ng/l	AFS	*	2
K	2007	mg/l	*	0.09	*
K	2008	mg/l	ICP-OES	0.4	1.2
K	2010	mg/l	ICP-OES	0.1	0.3
Mg	2007	mg/l	*	0.003	*
Mg	2008	mg/l	ICP-OES	0.03	0.09
Mg	2010	mg/l	ICP-OES	0.001	0.003
Mn	2007	mg/l	*	0.000723825	*
Mn	2008	mg/l	ICP-OES	0.0009	0.003
Mn	2010	mg/l	ICP-OES	0.0008	0.0024
Mo	2010	µg/l	ICP-MS	0.002	0.006
NH4	2007	mg/l	*	0.31	*
NH4	2008	mg/l	AA3	*	0.31

Parameter	Planjaar	Eenheid	Analysemethode	Detectiegrens	Rapportagegrens
NH4	2010	mg/l	AA	0.1	0.31
NO3	2007	mg/l	*	0.06	*
NO3	2008	mg/l	IC	*	0.06
NO3	2010	mg/l	IC	*	0.06
Na	2007	mg/l	*	0.04	*
Na	2008	mg/l	ICP-OES	0.44	1.32
Na	2010	mg/l	ICP-OES	0.009	0.027
Ni	2007	µg/l	*	0.41	*
Ni	2008	µg/l	ICP-MS	0.01	0.13
Ni	2010	µg/l	ICP-MS	0.01	0.03
PO4_P	2007	mg/l	*	0.03	*
PO4_P	2008	mg/l	AA	0.002	0.006
PO4_P	2008	mg/l	IC	*	0.05
PO4_P	2010	mg/l	AA	0.01	0.03
Pb	2007	µg/l	*	0.16	*
Pb	2008	µg/l	ICP-MS	0.01	0.15
Pb	2010	µg/l	ICP-MS	0.004	0.012
SO4--	2007	mg/l	*	0.12	*
SO4--	2008	mg/l	IC	*	0.12
SO4--	2010	mg/l	IC	*	0.12
Sn	2010	µg/l	ICP-MS	0.002	0.006
Sr	2007	mg/l	*	0.00064	*
Sr	2008	mg/l	ICP-MS	0.00005	0.00051

Parameter	Planjaar	Eenheid	Analysemethode	Detectiegrens	Rapportagegrens
Sr	2010	mg/l	ICP-OES	0.0002	0.0006
Zn	2007	µg/l	*	1.29	*
Zn	2008	µg/l	ICP-MS	0.14	1.4
Zn	2010	µg/l	ICP-MS	0.05	0.15
tot-N	2007	mgN/l	*	1	*
tot-N	2008	mgN/l	Fotometrisch	*	1
tot-N	2010	mgN/l	Fotometrisch	*	1
P-totaal	2007	mg/l	*	0.03	*
P-totaal	2008	mg/l	ICP-OES	0.03	0.09
P-totaal	2010	mg/l	ICP-OES	0.01	0.03

*) gegevens niet aangeleverd door het laboratorium

Bijlage 7 Analysemethode organisch stof

De organisch-stofanalyse is bij TNO/Deltares een onderdeel van de TGA-analyse. Het 105 graden gedroogde, < 2 mm en gemalen monstermateriaal wordt thermogravimetrisch geanalyseerd. Het toepassingsgebied, definities en principe van de meettechniek zijn hieronder in hun werkvoorschrift weergegeven.

GL-WV-102: TGA;

1. Toepassingsgebied

Dit werkvoorschrift beschrijft de kwantitatieve bepaling van het gewichtsverlies bij 105 °C, 450 °C, 550 °C, 800 °C en 1000 °C in sedimenten en vaste bodemmonsters, met behulp van een geautomatiseerde thermogravimetrische analysator (LECO TGA 701). De methode is van toepassing op alle soorten sediment en vaste bodemmonsters behandeld volgens (NEN 5709).

2. Toepasbaarheid

De methode is toepasbaar voor:

- De kwantitatieve bepaling van het vochtgehalte in luchtdroge en veldvochtige sedimenten en vaste bodemmonsters, (ISO-NEN 11465; T = 105 °C).
- De kwantitatieve bepaling van het gloeiverlies in sedimenten en vaste bodemmonsters, (T = 1000 °C).
- De semi-kwantitatieve bepaling van het organisch stoforganisch-stofgehalte in sedimenten en vaste bodemmonsters, (NEN 6620, aangepast voor grond; T = 450 en 550 °C).
- De semi-kwantitatieve bepaling van het carbonaatgehalte in sedimenten en vaste bodemmonsters, (T=800 °C).

De onzekerheid van de balans in de TGA is ± 0.0001 gram. De benodigde hoeveelheid monster is 3-5 gram van een goed gehomogeniseerd materiaal. Het meetbereik per fractie is ongeveer 0.02 tot 100 procent massa afname.

3. Definities

Het vochtgehalte van een bodemmonster is gedefinieerd als het gewichtsverschil in grammen tussen het gewicht van een aan de lucht gedroogd monster en het constante drooggewicht bij 105°C (NEN 5709), uitgedrukt als percentage van het constante drooggewicht bij 105°C.

Het gloeiverlies (Loss on Ignition, LOI) van een bodemmonster is gedefinieerd als het gewichtsverschil in grammen tussen het constante drooggewicht bij 105°C en het constante gewicht bij 1000°C, uitgedrukt als percentage van het constante drooggewicht bij 105°C.

Het organisch stoforganisch-stofgehalte van een bodemmonster correleert over het algemeen met het gewichtsverschil in grammen

tussen het constante drooggewicht bij 105°C en het constante gewicht bij 550°C (Rapport KIWA en TNO-NITG: NITG 99-121-B), uitgedrukt als percentage van het constante drooggewicht bij 105°C. Dit percentage is niet selectief voor organisch-stofgehalte bekende mineralogische voorkomens die interfereren in dit temperatuur bereik zijn: sideriet (FeCO_3), pyriet (FeS_2).

Het carbonaatgehalte van een bodemonster correleert over het algemeen met het gewichtsverschil in grammen tussen constante gewicht bij 550°C en constante gewicht bij 800°C vermenigvuldigt met 100/44 (de massafractie van CO_2 (44) in CaCO_3 (100)), uitgedrukt als percentage van het constante drooggewicht bij 105 °C . Verschillende mineralogische reacties met zuurstof, stikstof of endogene reacties binnen het monster, mineralogische ontgassing of verdamping van zouten kunnen interfereren met deze correlatie.

4. Het principe van de meettechniek

Met behulp van een geconditioneerde kamer en een interne weeginrichting wordt het gewichtsverlies van maximaal 19 monsters en een leeg kroesje in één run gemeten. De temperatuur wordt constant gehouden bij 105°C, 450°C, 550°C, 800°C en 1000°C totdat er in geen enkel monster nog een gewichtsverlies optreedt, alvorens de temperatuur weer omhoog gaat naar de volgende isotherm. Afhankelijk van de in te stellen condities kan de kamer gevuld worden met perslucht (standaard), O_2 , N_2 of CO_2 .

Bijlage 8 Statistisch model voor verandering van laboratorium en analysemethode

8.1 Introductie en probleemomschrijving

De analysetechniek om metaalconcentraties in de grondmonsters te meten is aan het begin van de derde ronde in 2006 sterk gewijzigd: er is van een extractiemethode overgestapt op totaalanalyse. Om de gegevens van voor en na de verandering te kunnen vergelijken is een statistisch model ontwikkeld. Met dit model wordt, gebruik makend van de meetresultaten van de totaalanalyses, voorspeld wat de uitkomst zou zijn geweest als de metaalanalyses van de grondmonsters van de derde ronde volgens de extractiemethode van de tweede ronde waren uitgevoerd in het laboratorium van Alterra.

8.2 Duplo data set 2003

Tijdens de eerste en tweede meetronde van het LMB was het RIVM verantwoordelijk voor alle aspecten van het monitoringprogramma, inclusief de uitvoering van monsternamen en laboratoriumanalyses. RIVM had in de eerste en tweede ronde de analyses uitbesteed aan DLO/WUR, eerst in Haren (Groningen) en later in Wageningen. Vanaf het laatste jaar van de tweede ronde (2003) is een aantal uitvoerende taken, waaronder de monsternamen en analyses, overgegaan naar TNO. Omdat de laboratoria van TNO en Alterra verschillende voorbehandelings- en analysemethoden voor metalen gebruikten, werd besloten de mengmonsters van de veertig locaties die in 2003 bemonsterd werden, beide te bemonsteren. De veertig mengmonsters zijn als volgt geanalyseerd:

- de tijdens de eerste en tweede ronde LMB gebruikelijke extractiemethode door Alterra: met als voorbehandelings- en analysemethode Fleischmannzuur of Koningswater en ICP-MS;
- de tijdens de eerste en tweede ronde LMB gebruikelijke extractiemethode door TNO, met als voorbehandelings- en analysemethode Koningswater en ICP-MS;
- door TNO, met de voor TNO-lab gebruikelijke (en internationaal veel gebruikte) methode XRF;
- door TNO, met als voorbehandelings- en analysemethode HF-totaaldestructie + ICP-MS.

Om het statistische model te bouwen is bovenstaande dataset uit 2003 gebruikt, en dan met name de Alterra-extractie (Fleischmannzuur dan wel Koningswater, hierna: 'Alterra-E') en de TNO-XRF-totaalanalyses (hierna: 'TNO-TA'). Hiermee is een algoritme gemaakt, waarmee TNO-totaalanalyses uit de derde ronde kunnen worden gebruikt om met Alterra-E vergelijkbare metingen voor de derde ronde voor een gegeven TNO-totaalanalysemeting te voorspellen. De veertig monsters zijn afkomstig van de laag 0-10 cm van twee van de tien LMB-categorieën, namelijk de twee die in 2003 aan de beurt waren: in het laatste jaar van de vijfjarige LMB-ronde waren dit categorie IX Zeeklei en X Wisselcategorie (in 2003: Divers landgebruik op Löss).

De trainingsdataset bestaat uit veertig paren van Alterra-E-en TNO-TA-metingen van ronde 2, uitgevoerd op hetzelfde bodemonmonster. Op basis hiervan zijn twee predictiemodellen, een parametrisch en een niet-parametrisch model, opgesteld. De prestaties van beide modellen zijn vastgesteld door middel van cross-validatiemethoden (Bijlage 9).

8.3 Predictie van Alterra-E-metingen op basis van TNO-TA-metingen

Het parametrische model is gebaseerd op regressie, en het niet-parametrische model op *random forests*. De predicties zijn gebaseerd op de hierboven beschreven trainingsset. Een toelichting van het niet-parametrische model valt buiten de scope van dit rapport; het is toegepast in het statistisch softwarepakket 'R', gebruik makend van *randomForest* (Liaw, A.; Wiener, M. 2002. Classification and regression by Random Forest. R News. 2: 18-22).

Het parametrische predictie model is gebaseerd op onderstaand lineair regressiemodel:

$$\log(E) = \beta_{0,S} + \beta_{1,S} \log(T) + \varepsilon ,$$

waarin E en T de logaritmes zijn van de E- en TA-metingen en waarin ε normaal verdeeld is. De parameters $\beta_{0,S}$ en $\beta_{1,S}$ zijn normaliter 'fixed', maar deze kunnen afhangen van het stratum S , de landgebruik/grondsoortcombinatie (categorie). De meer specifieke vorm is alleen toegepast om de E-waarden te voorspellen voor het stratum IX/Zeekelei, omdat de trainingsdata op dit stratum betrekking hadden.

8.4 Prestatiekenmerken van de predictiemodellen

Om de prestatiekenmerken van de predictiemodellen te kwantificeren is de MSE berekend. Deze is gedefinieerd als:

$$\text{MSE} = E[(\hat{Y} - Y)^2],$$

waarin:

Y is de werkelijke meetwaarde van de E-meting,

$\hat{Y}$ is de door het predictiemodel voorspelde E-waarde.

E is de verwachting van de kans variabele tussen de haakjes.

Als de trainingsdata-set n paren van E- en TA-metingen heeft, als $\hat{Y}_i$ de schatting is van de i -de E-meting Y_i , en als deze voorspelling is berekend op basis van alle data met uitzondering van die van de i -de meting, kan de MSE geschat worden door:

$$\hat{\text{MSE}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2 .$$

Op vergelijkbare wijze kunnen de bias en het verklaarde deel van de variantie, namelijk

$$E(\hat{Y} - Y) = E(\hat{Y}) - E(Y)$$

en

$$1 - \frac{E[(\hat{Y} - Y)^2]}{E[(\hat{Y} - E(Y))^2]} \equiv 1 - \frac{\text{MSE}}{\text{Var}[Y]},$$

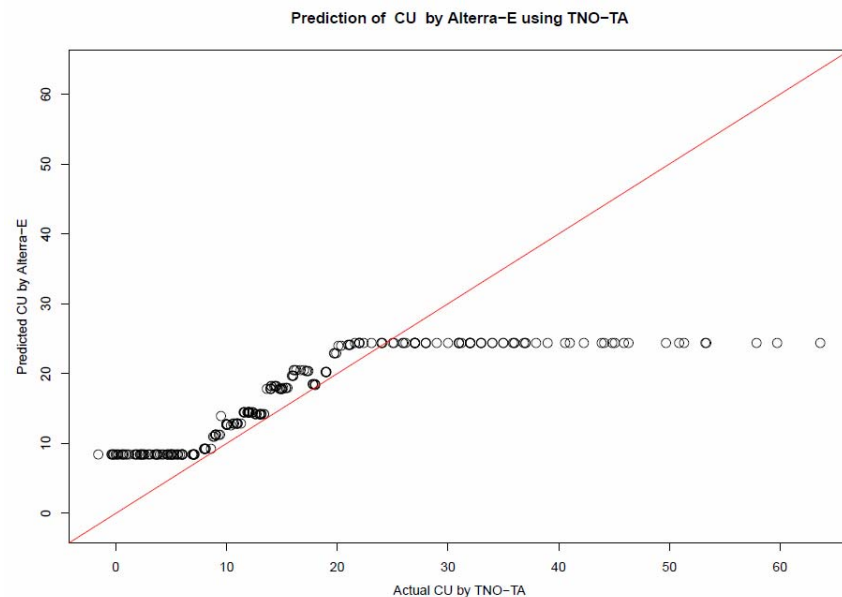
geschat worden door middel van cross-validatie. De laatste is in essentie een genormaliseerde versie van de MSE die de prestatie van het predictiemodel vergelijkt met het gemiddelde van de Y -waarden (dat de 'meest eenvoudige voorspeller' is).

De schattingen van de MSE, bias en verklaarde variantie staan in Bijlage 9.

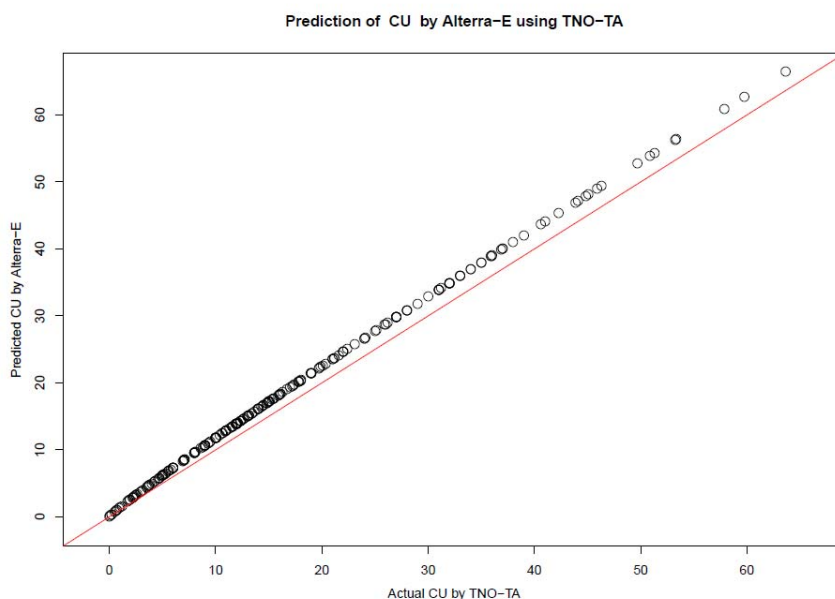
N.B. De schattingen van de cross-validatie verkregen van een trainingsdataset zijn alleen van toepassing op datasets die dezelfde statistische eigenschappen hebben als de trainingsdata. Deze beperking zal verder toegelicht worden in paragraaf 8.

8.5 Toepassing van de predictiemodellen op de derde ronde

In Figuur B8.1 en Figuur B8.2 staan de voorspelde waarden van de Alterra-E-metingen berekend aan de hand van de TNO-XRF-totaalanalyses uit de derde ronde voor koper, zowel volgens het niet-parametrisch (Figuur B8.1) als het parametrische model (Figuur B8.2). De figuren van de overige metalen staan in Bijlage 9.



Figuur B8.1 Predictie van derderondemetingen van koper door het niet-parametrische model.



Figuur B8.2 Predictie van derderondemetingen van koper door het parametrische model.

Van de totaalanalyses uit de derde ronde konden alleen de monsters die met XRF-tablet geanalyseerd waren, 'omgerekend' worden naar Alterra-E-waarden, en niet de XRF-parel-meetresultaten. Voor totaalanalyses die tijdens de derde ronde zijn uitgevoerd met XRF-parel zijn geen predicties gedaan, omdat de training set uit 2003 niet met XRF-parel, maar alleen met XRF-tablet is uitgevoerd. Dit verklaart waarom voor chroom, koper en nikkel in sommige categorieën geen Alterra-E-predictie gedaan kon worden voor de derde ronde.

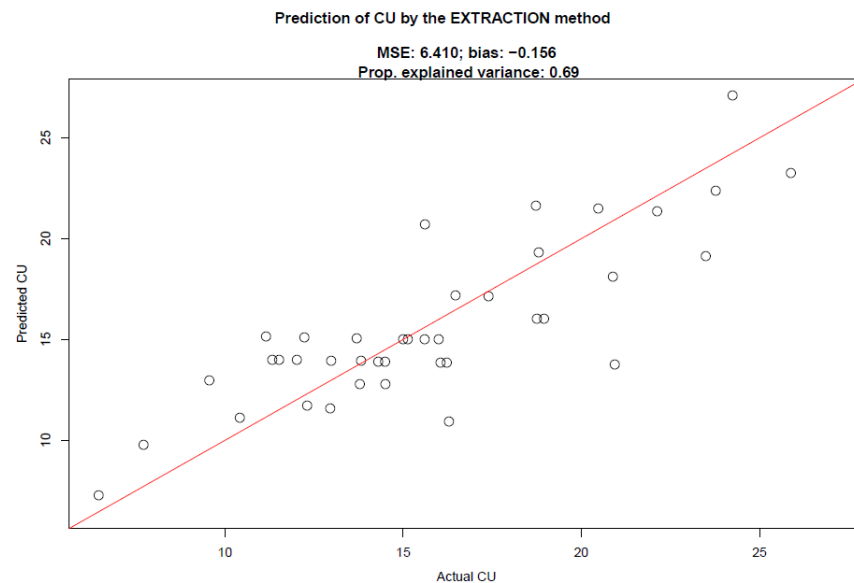
8.6 Kwaliteit en beperkingen van het predictiemodel

De kwaliteit van de uitkomsten van de predictiemodellen hangt af van hun overdraagbaarheid. Een model zal goed overdraagbaar zijn als de trainingsdataset die gebruikt is om het model op te stellen, representatief is voor homologe datasets van vergelijkbare aard. Als bijvoorbeeld de relatie tussen Alterra-E-en TNO-TA-analyses van de derde ronde verschillen van de relatie tussen Alterra-E-en TNO-TA-metingen uit de tweede ronde (bijvoorbeeld door een verandering in protocol in de TNO-XRF-totaalanalyse), zal het model geconstrueerd op basis van data uit ronde 2 niet overdraagbaar/toepasbaar zijn om totaalanalyses uit ronde 3 om te rekenen naar Alterra-E-waarden.

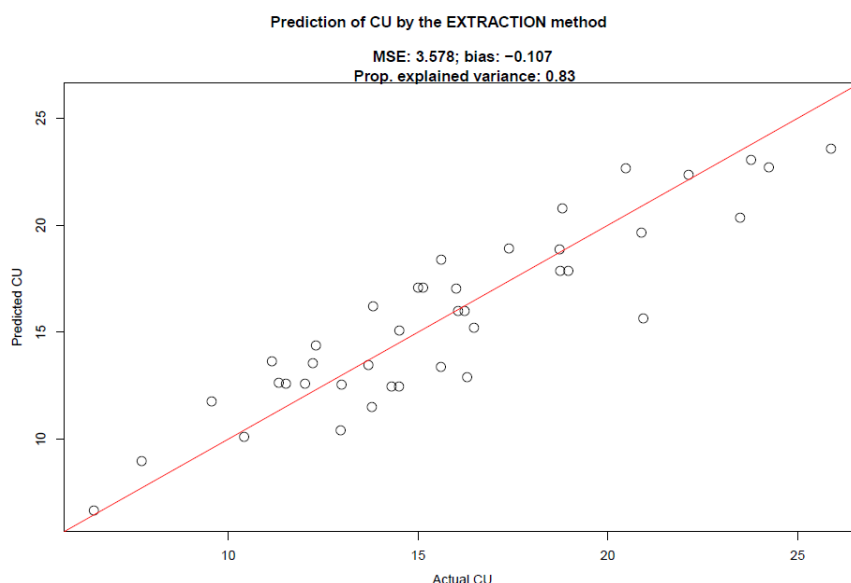
Er is alleen een trainingsset met monsters uit categorie IX/zeeklei en X/löss. Deze data zijn mogelijk/waarschijnlijk niet representatief voor data uit andere strata (categorieën), bijvoorbeeld categorieën met als grondsoort zand. De bruikbaarheid van het predictiemodel om Alterra-E- te voorspellen uit TNO-TA-metingen buiten categorie IX en X is daarom twijfelachtig.

Dit blijkt bijvoorbeeld uit Figuur B8.1 en Figuur B8.2 (zie ook Bijlage 9). Hierin is te zien dat de predicties van het niet-parametrische predictiemodel in de extremen van de data vrij slecht zijn, alsof ze kunstmatig beperkt worden. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat het

bereik van de data van IX/zeeklei en X/löss enigszins beperkt is, en door de intrinsieke onmogelijkheid van een niet-parametrisch model om buiten het bereik van de trainingsdataset te voorspellen. En hoewel het parametrische predictiemodel, dat gebaseerd is op een eenvoudig lineair regressiemodel van de Alterra-E-meting als functie van de TNO-TA-metingen, wel kan extrapoleren buiten de range van de trainingsset uit de IX/zeeklei- en X/löss-data, is daarmee de juistheid van de predicties nog niet gegarandeerd. Het probleem is dat de parameters van het predictiemodel afhankelijk kunnen zijn van het stratum (zo kan bijvoorbeeld de mineralogische samenstelling van een bodem invloed hebben op de extraheerbaarheid van metalen). Dit blijkt bijvoorbeeld uit het feit dat de prestatiekenmerken van het predictiemodel gebaseerd op zowel de TNO-TA-meting als de categorie beter is dan degene van het predictiemodel dat alleen gebaseerd is op de TNO-TA-meting. Dit blijkt bijvoorbeeld uit Figuur B8.3 en Figuur B8.4.



Figuur B8.3 Voorspellingen van koperconcentraties door het parametrische predictiemodel waarbij geen rekening is gehouden met categorie als afhankelijke variabele.



Figuur B8.4 Voorspellingen van koperconcentraties door het parametrische predictiemodel waarbij wel rekening is gehouden met categorie als afhankelijke variabele.

Ook de predicties die gemaakt zijn met het niet-parametrische predictiemodel suggereren dat de categorie landgebruik/bodem een zekere relevantie heeft als voorspellende variabele.

Een andere factor die de kwaliteit van de predicties kan beïnvloeden en waarin binnen de hier gemaakte modellen geen rekening is gehouden, is de diepte waarin de metingen zijn uitgevoerd. De trainingsset omvat alleen data uit de laag 0-10 cm, en geen waarnemingen uit de strooisellaag of uit de laag 30-50 cm.

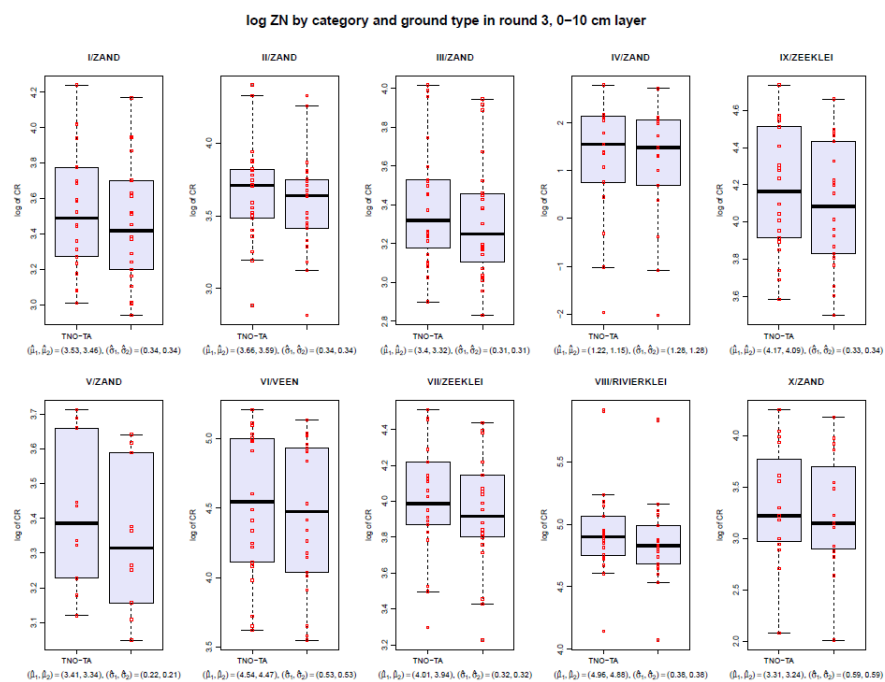
De predicties van de metingen van de laag 0-10 cm uit de categorie IX/zeeklei zijn waarschijnlijk betrouwbaar, omdat ze gebaseerd zijn op homologe gegevens. Voor categorie X geldt dit laatste niet omdat het een wisselcategorie is. Tijdens de tweede ronde in 2003 werden hierin bedrijven op löss bemonsterd, en tijdens de derde ronde in 2010 werden hierin vollegrondsgroentenbedrijven op zand bemonsterd.

Ten slotte moet opgemerkt worden dat van sommige TNO-TA-metingen geen predictie kan worden opgesteld met de modellen, namelijk metingen die afgekapt zijn ('< de detectiegrens') en negatieve waarden.

Karakteristieken van de Alterra-E-predicties

In Figuur B8. 5 staan de statistische kenmerken voor TNO-totaalanalyses en predicties van de extractiewaarden met het parametrische regressiemodel voor Zn (voor overige metalen zie Bijlage 11). De standaarddeviaties van de voorspelde Alterra-E-metingen hebben vrijwel dezelfde orde van grootte als die van de TNO-TA-metingen, en dus ook als die van de Alterra-E-metingen van voorgaande ronden. Maar, met uitzondering van Zn (waarvoor de

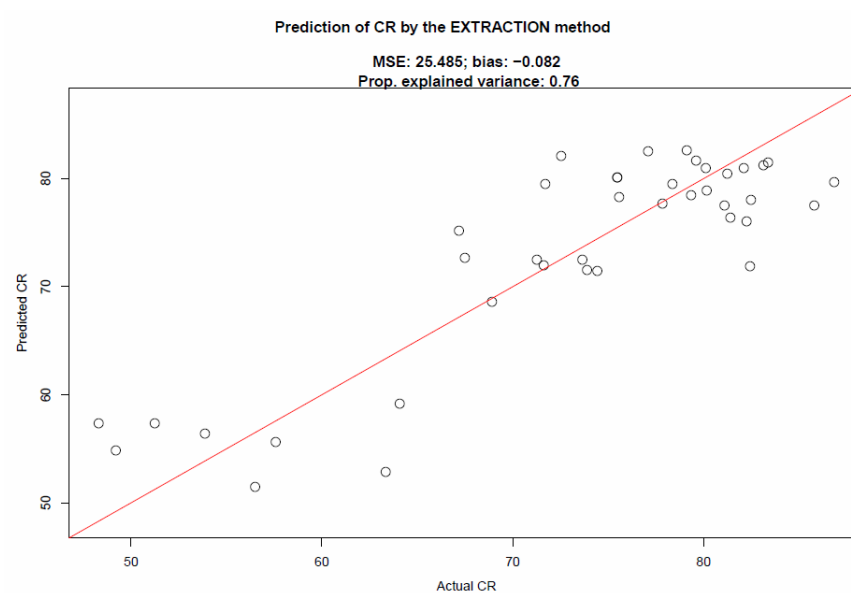
verschillen klein zijn), gemiddeld is er een verschil van 15 procent tussen de voorspelde Alterra-E-metingen en de TNO-TA-metingen. Dit is een aanzienlijk verschil in verhouding tot de verschillen die we zouden willen kunnen aantreffen (1-10 procent). Hier zal verder op in worden gegaan in hoofdstuk 4.



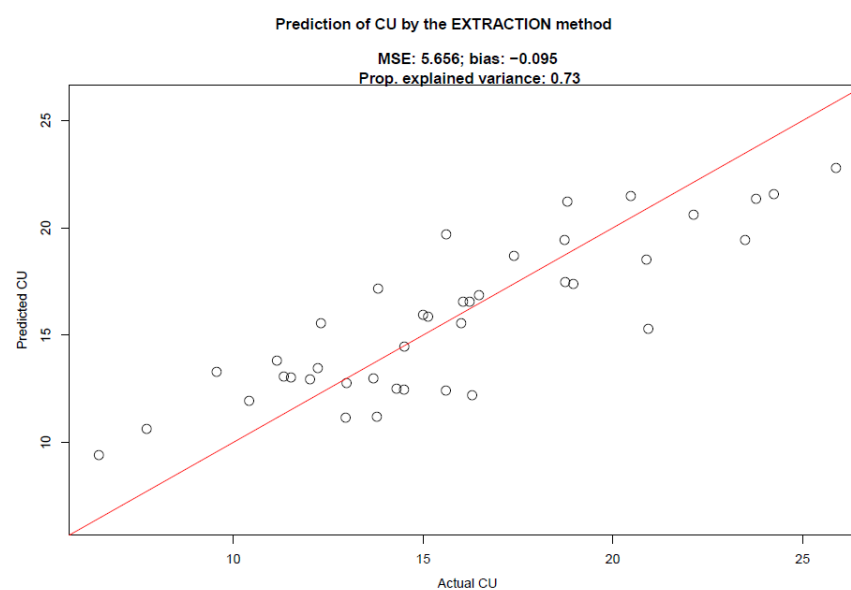
Figuur B8. 5 Boxplots met mediaan en statistische kenmerken voor TNO-totaalanalyses en predicties met het parametrische model voor Zn.

Bijlage 9 Prestatiekenmerken en predicties van de niet-parametrische en parametrische modellen

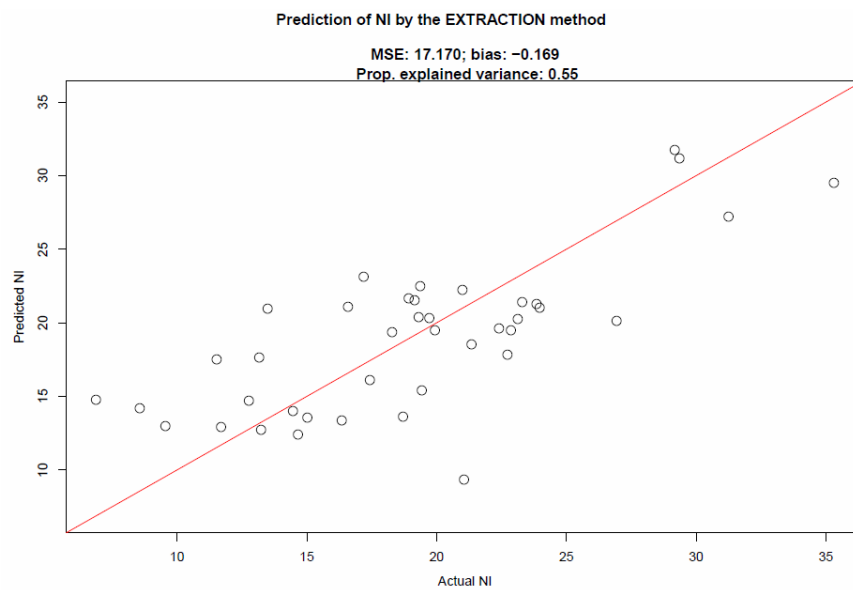
Prestatiekenmerken van het niet-parametrische model



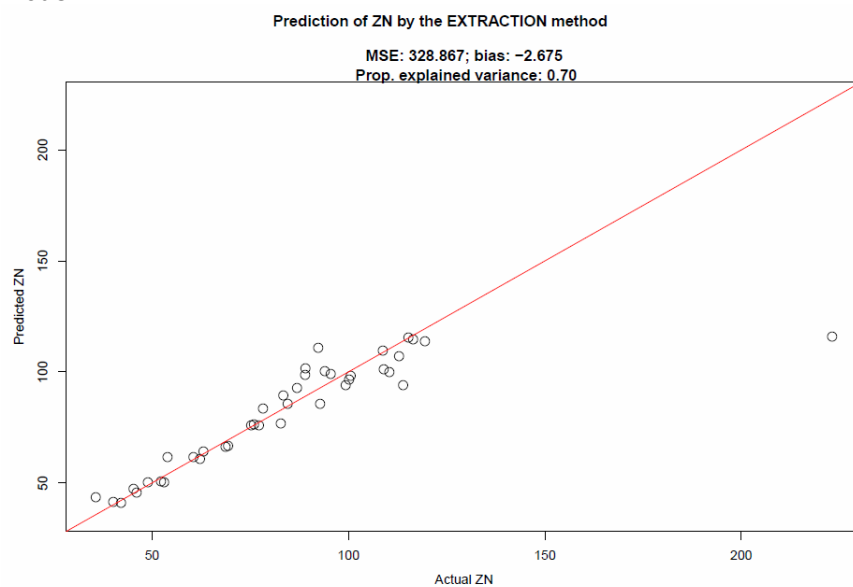
Figuur B9.1 Chromprestatiekenmerken van het niet-parametrische model.



Figuur B9.2 Koperprestatiekenmerken van het niet-parametrische model.

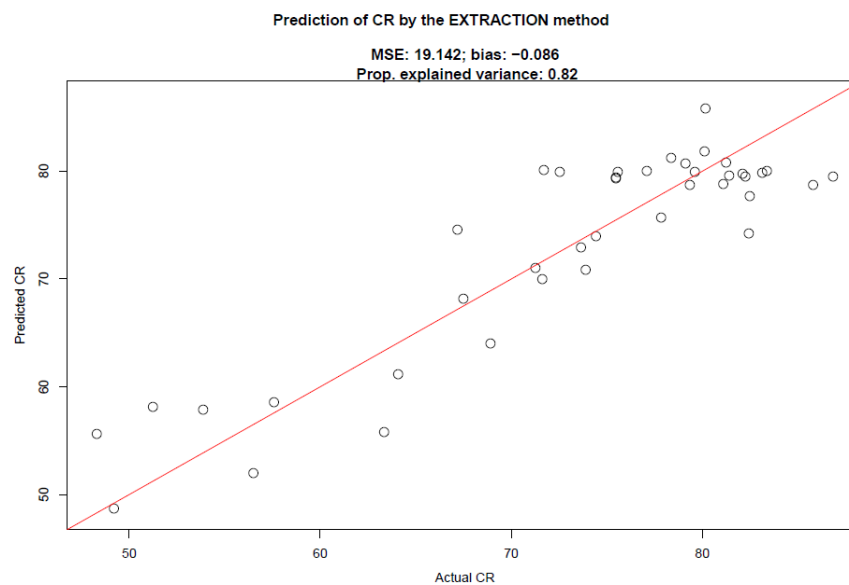


Figuur B9.3 Nikkelprestatiekenmerken van het niet-parametrische model.

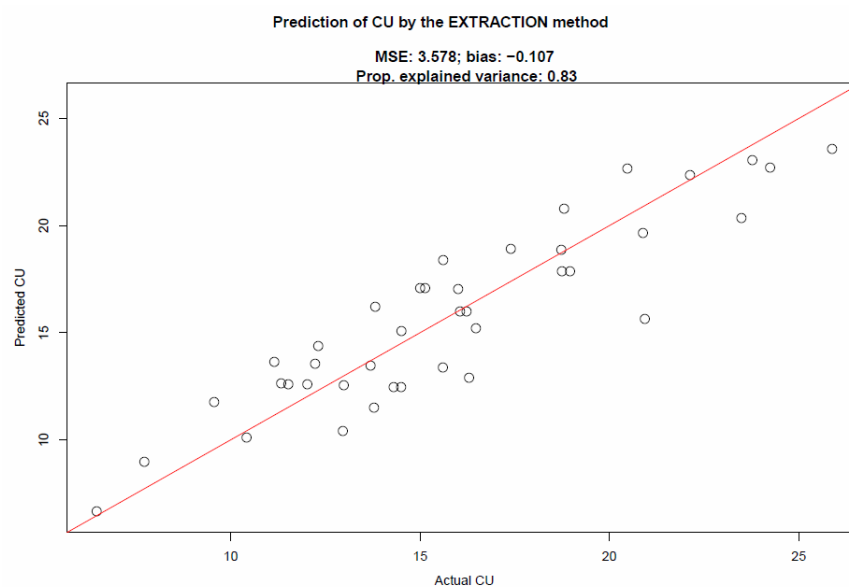


Figuur B9.4 Zinkprestatiekenmerken van het niet-parametrische model.

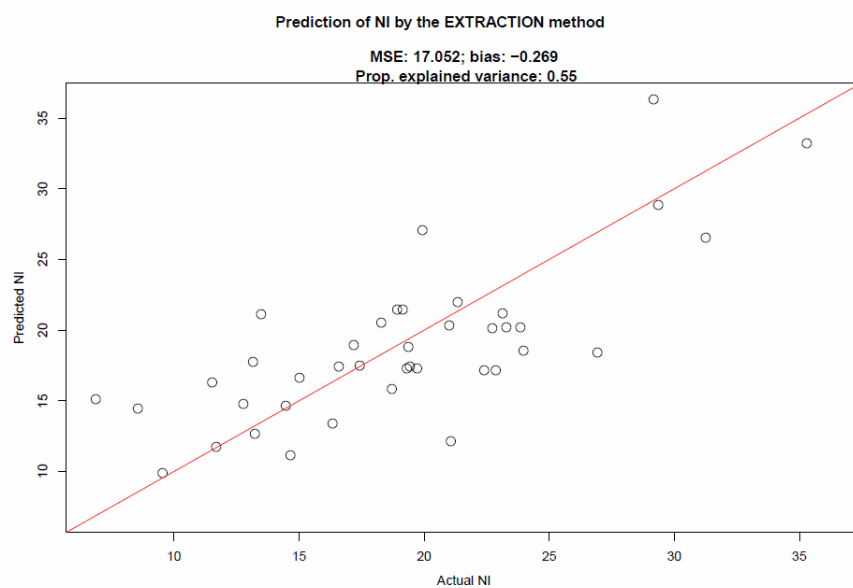
Prestatiekenmerken van het parametrische model



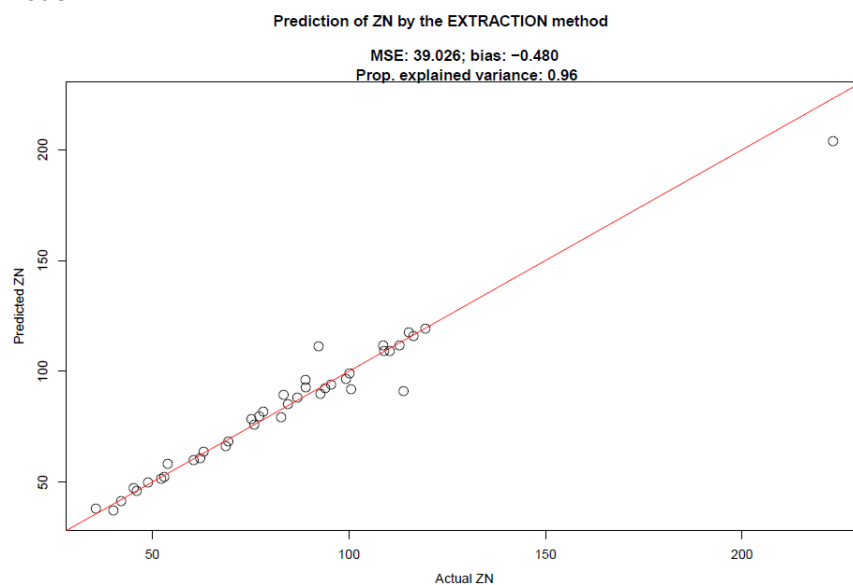
Figuur B9.5 Chroomprestatiekenmerken van het parametrische model.



Figuur B9.6 Koperprestatiekenmerken van het parametrische model.

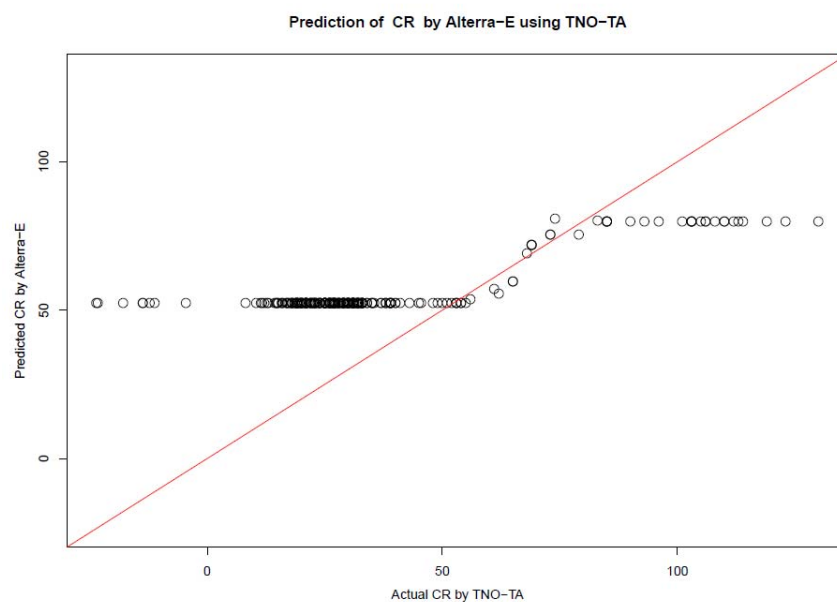


Figuur B9.7 Nikkelprestatiekenmerken van het niet-parametrische model.

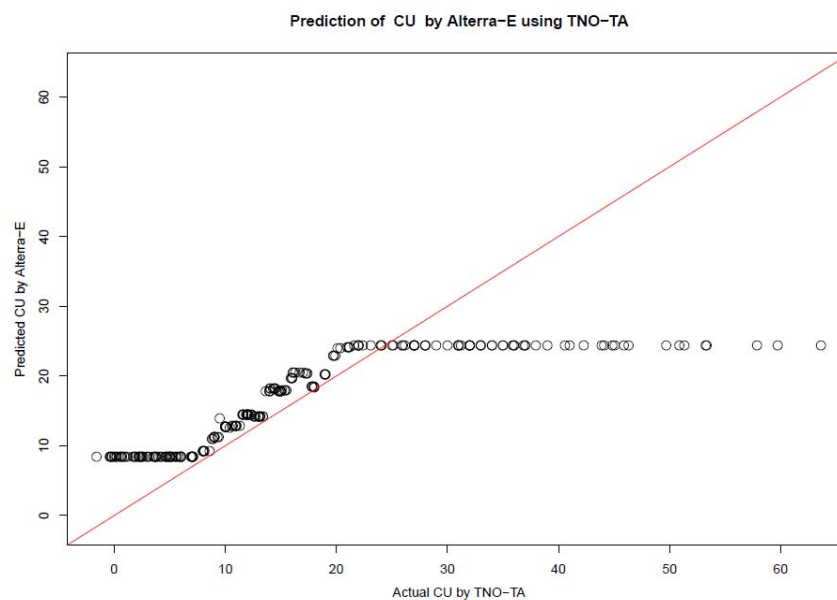


Figuur B9.8 Zinkprestatiekenmerken van het niet-parametrische model.

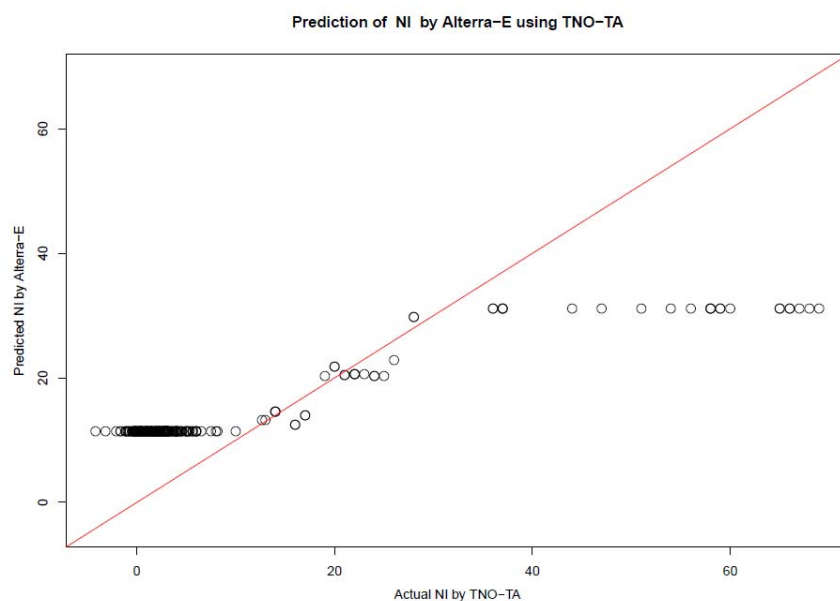
Predicties van het niet-parametrische model



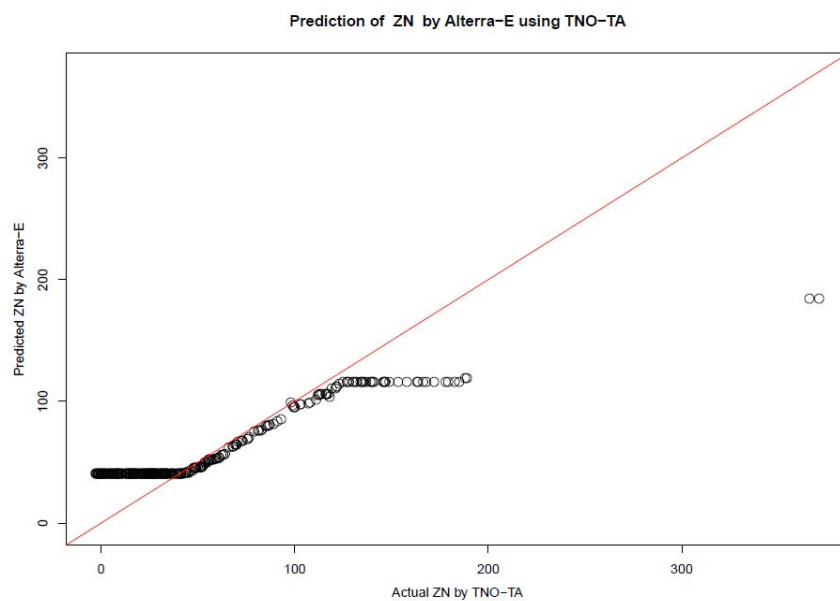
Figuur B9.9 Chroompredicties van het niet-parametrische model.



Figuur B9.10 Koperpredicties van het niet-parametrische model.

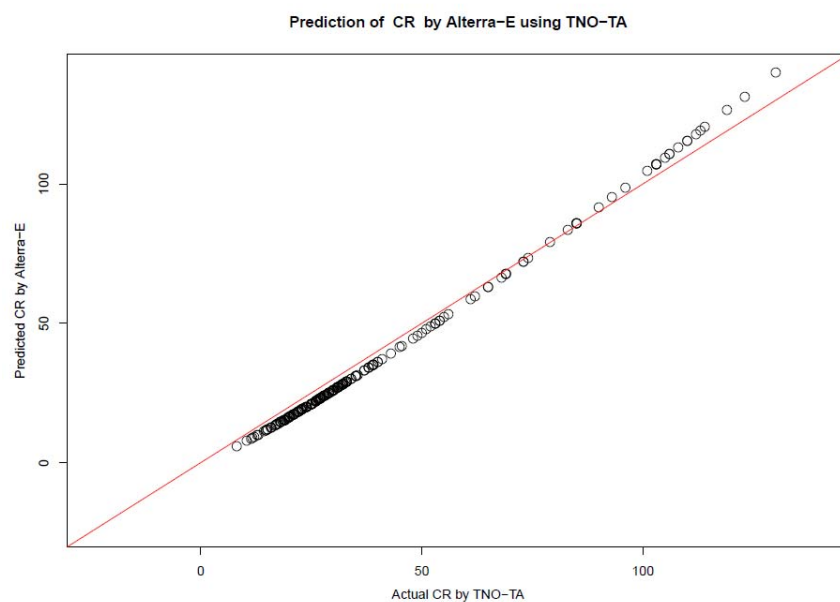


Figuur B9.11 Nikkelpredicties van het niet-parametrische model.

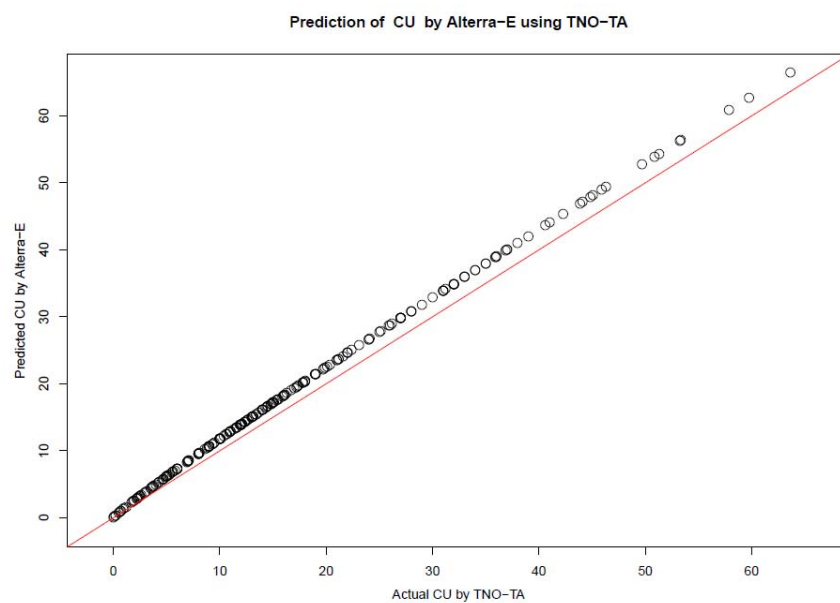


Figuur B9.12 Zinkpredicties van het niet-parametrische model.

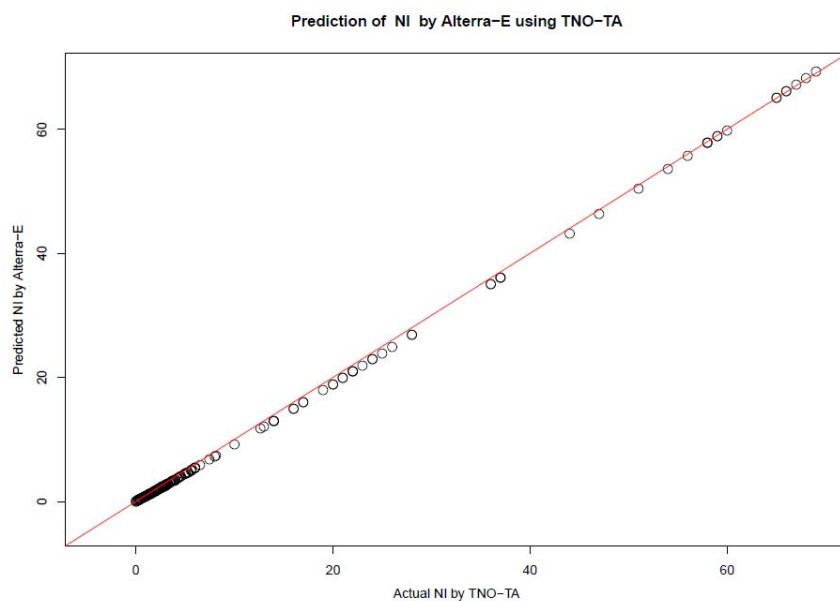
Predicties van het parametrische model



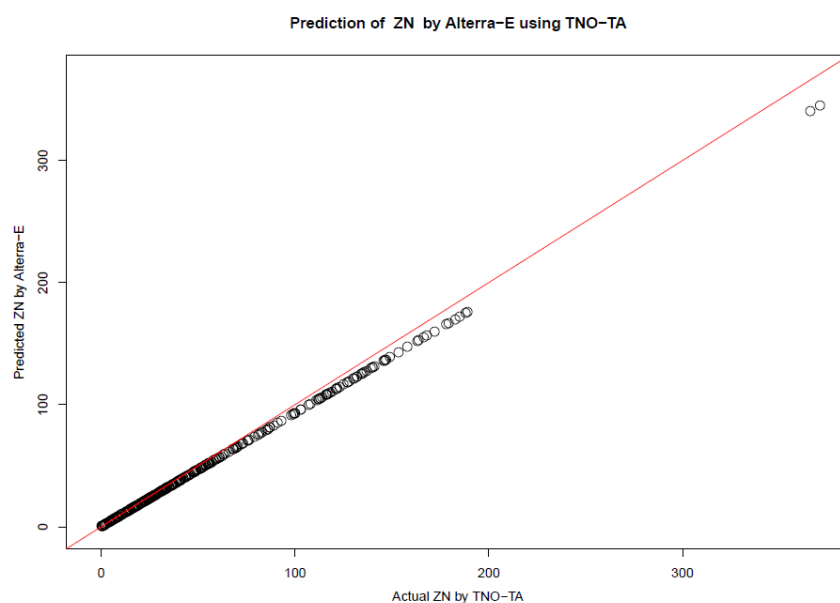
Figuur B9.13 Chroompredicties van het parametrische model.



Figuur B9.14 Koperpredicties van het parametrische model.



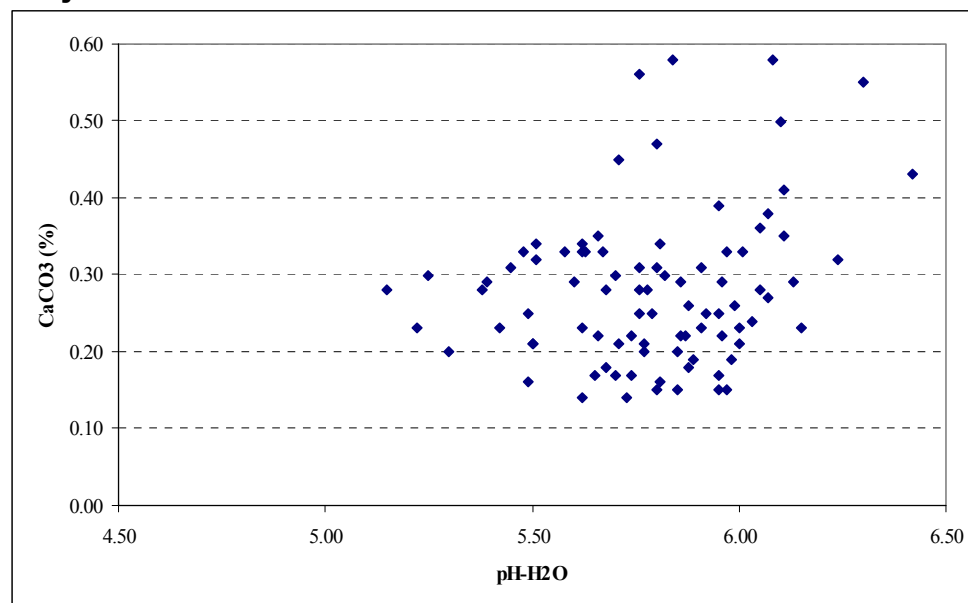
Figuur B9.15 Nikkelpredicties van het parametrische model.



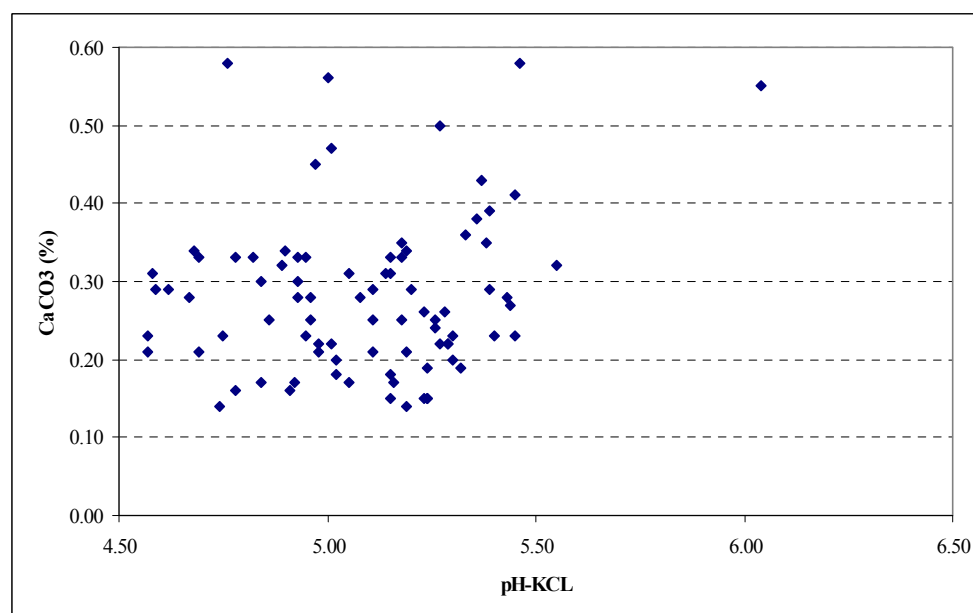
Figuur B9.16 Zinkpredicties van het parametrische model.

Bijlage 10 Resultaten kwaliteitscontrole LMB-data van de derde meetronde

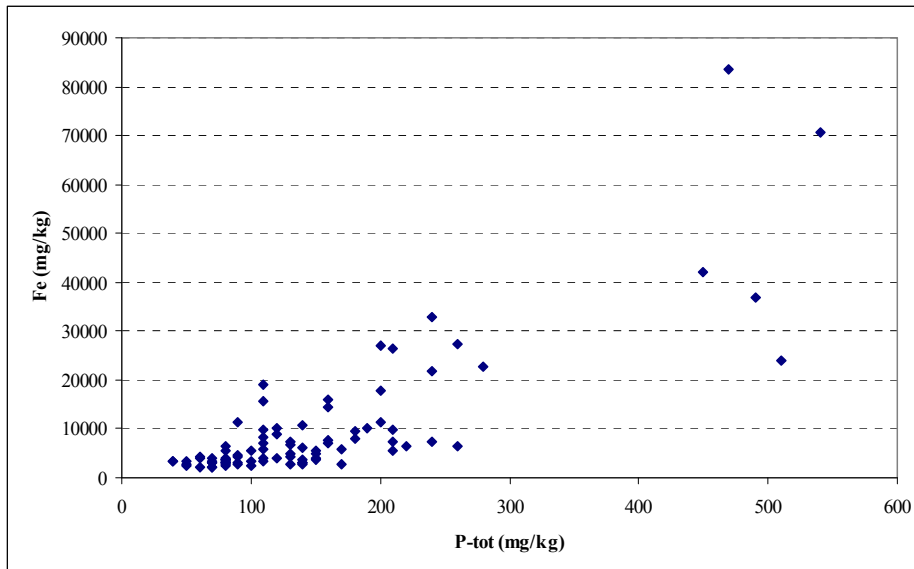
Planjaar 2006 - bodem



Figuur B10.1 Kalkpercentage versus pH H₂O voor de bodemdata uit planjaar 2006.



Figuur B10.2 Kalkpercentage versus pH KCl voor de bodemdata uit planjaar 2006.

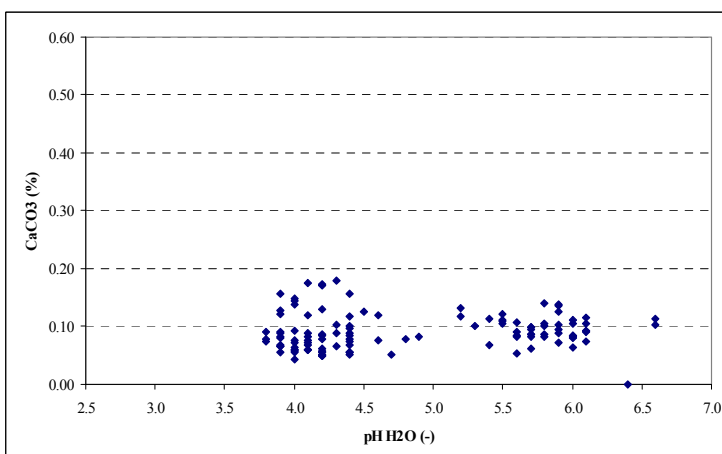


Figuur B10.3 Controle van de relatie tussen nitraat en ijzer voor de bodemdata uit planjaar 2006.

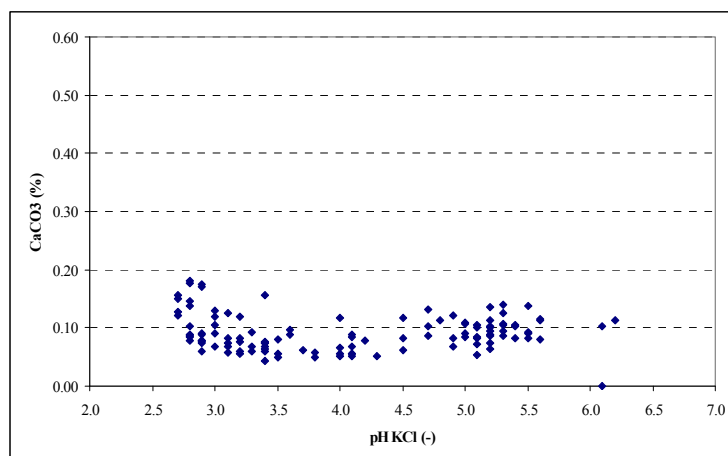
Planjaar 2007 – bodem

Opmerkingen naar aanleiding van kwaliteitscontrole:

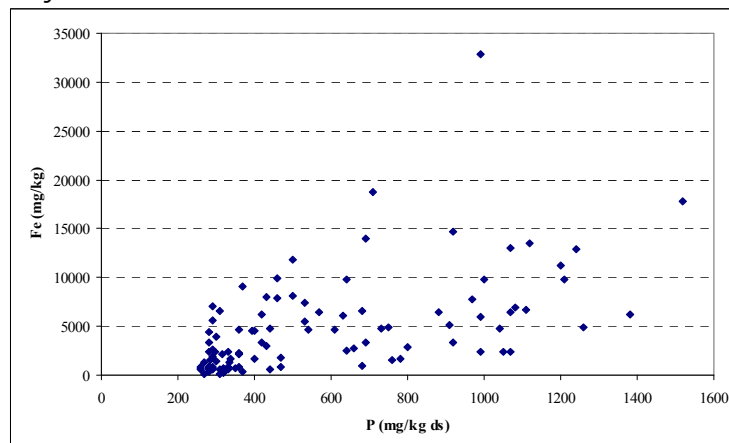
- XRF-meetresultaten van monster 2007302107 zijn onbetrouwbaar. In eerdere datafiles stond dat dit monster niet gemeten was, terwijl van dit monster op een later moment alsnog XRF-data zijn aangeleverd. Navraag leert dat deze data niet betrouwbaar zijn. De gegevens zijn daarom niet in de rapportage opgenomen.
- Voor de locatie 'Boswachterij Smilde' zijn tweemaal de resultaten van het ondiepe monster aangeleverd: labnummers 2007302109 en 2007302110. Het monster 2007302109 blijkt de juiste, monster 2007302110 is vervallen.



Figuur B10.4 Kalkpercentage versus pH H₂O voor de bodemdata uit planjaar 2007.



Figuur B10.5 Kalkpercentage versus pH KCl voor de bodemdata uit planjaar 2007.



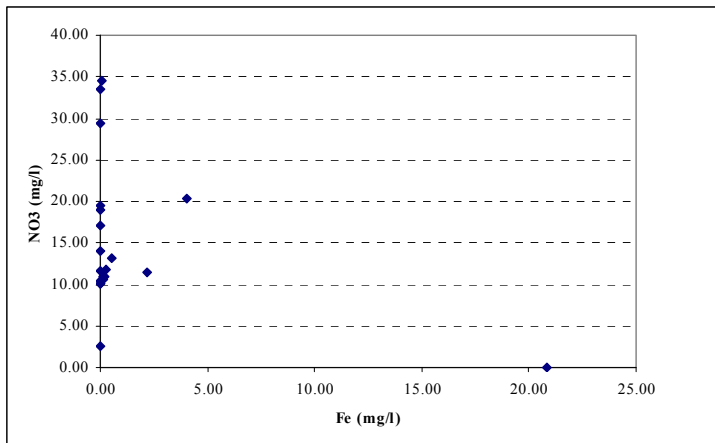
Figuur B10.6 Controle van de relatie tussen nitraat en ijzer voor de bodemdata uit planjaar 2007.

Planjaar 2007 – grondwater

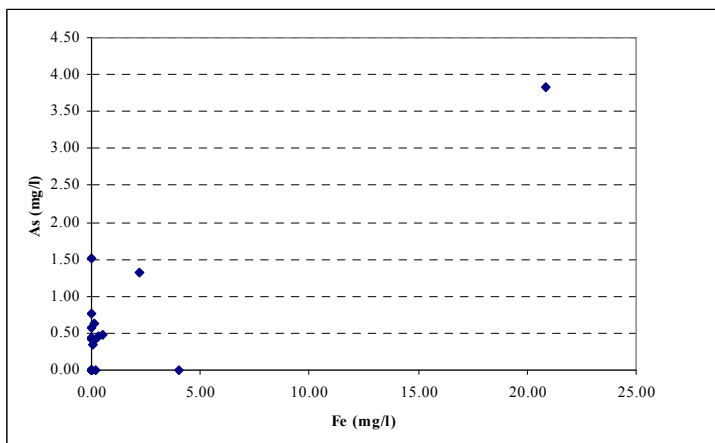
Opmerkingen naar aanleiding van kwaliteitscontrole:

- Na kwaliteitscontrole en correctie van de resultaten van NH_4 , NO_3 en totaal-N zijn er nog twee meetpunten over waarbij de som van NH_4 en NO_3 (circa 8 mgN/l) groter is dan de totale N-concentratie (<5 mgN/l). Er zijn echter verder geen aanwijzingen om deze gegevens als onbetrouwbaar te benoemen.
- Zowel het 'gewone' monster als het duplomonster van locatie Slangenburg heeft een slechte ionenbalans, namelijk 85 procent. Er blijkt een tekort aan kationen. Navraag bij het lab leert dat de kationen van deze monsters in 2007 niet bepaald zijn en hierdoor de rapportagegrens voor de kationen is gegeven. In 2008 zijn alle monsters opnieuw gemeten in verband met een mogelijke verwisseling van monsterflesjes. Met de nieuwe resultaten voor de kationen Na, K, Ca, Fe en Mg d.d. 8 september 2008 is de ionenbalans wel op orde.
- Uit de vergelijking van de som anionen versus som kationen blijkt een verwisseling van de monsterflesjes van locatie Langloer duinen en locatie Boswachterij de Pan. Het lab heeft op 8 september 2008 een nieuwe analyse uitgevoerd om deze verwisseling uit te zoeken.

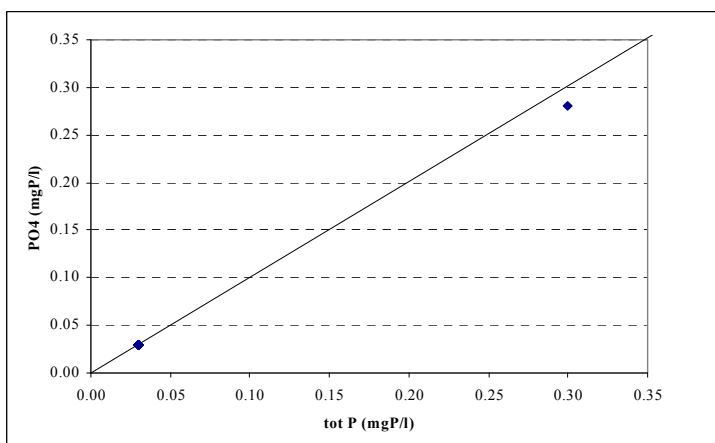
Met het verwisselen van (eerste) kationresultaten (Na, K, Ca, Fe en Mg) uit 2007 is de ionenbalans wel op orde.



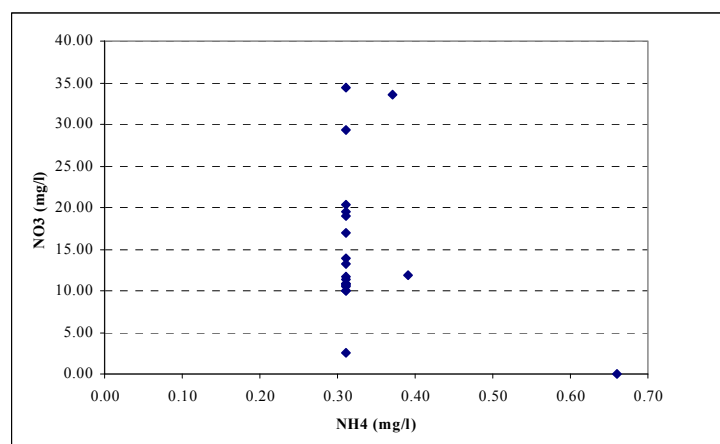
Figuur B10.7 Controle van de relatie tussen nitraat en ijzer voor de grondwaterdata uit planjaar 2007.



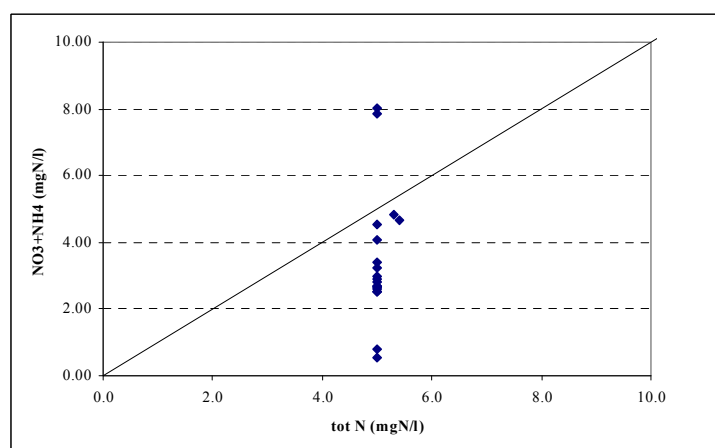
Figuur B10.8 Controle van de relatie tussen arseen en ijzer voor de grondwaterdata uit planjaar 2007.



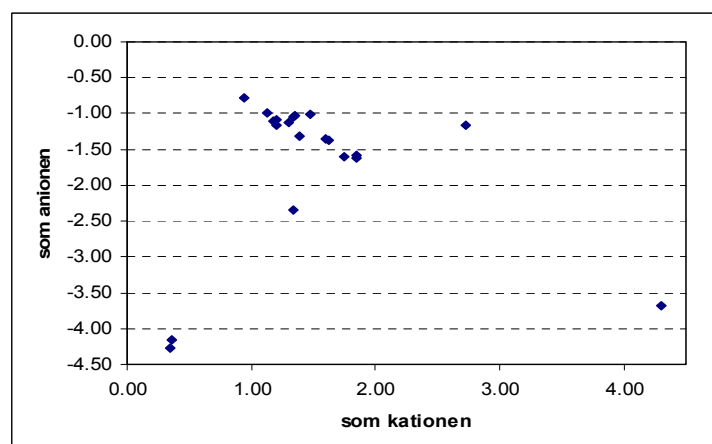
Figuur B10.9 Vergelijking van de PO4-concentratie met de totale P-concentratie uitgedrukt in mg P/l voor de grondwaterdata uit planjaar 2007.



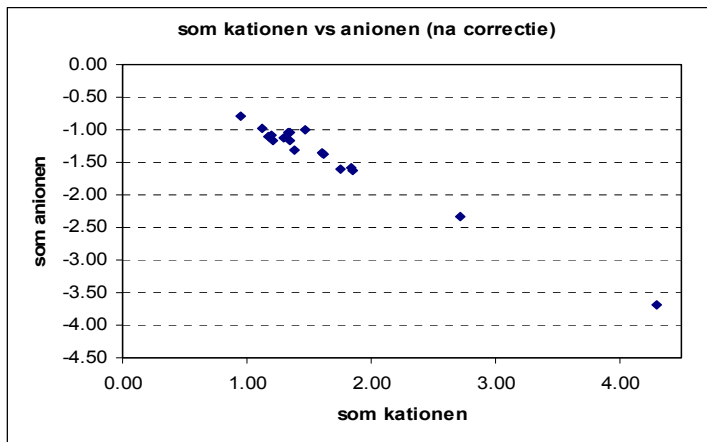
Figuur B10.10 Vergelijking van de nitraat- met de ammoniumconcentratie voor de grondwaterdata van planjaar 2007.



Figuur B10.11 Vergelijking van de totale stikstofconcentraties met de som van nitraat- en ammoniumconcentratie uitgedrukt in mg N/l voor de grondwaterdata van planjaar 2007.



Figuur B10.12 Vergelijking som anionen en som kationen voor de grondwaterdata van planjaar 2007.

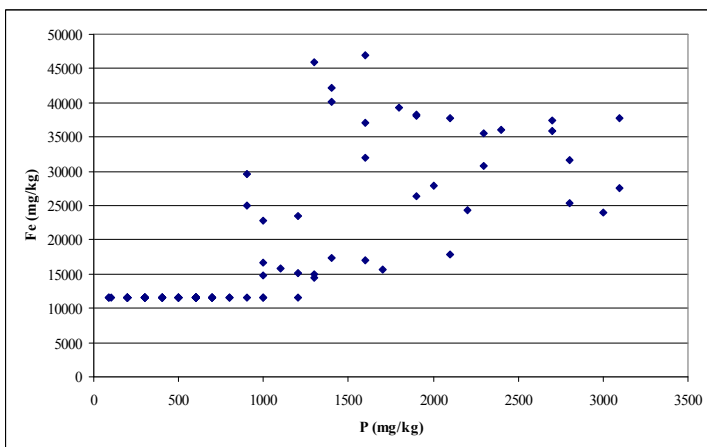


Figuur B10.13 Vergelijking som anionen en som kationen, na correctie van de verwisseling van monsterflesjes en aanlevering van ontbrekende kationconcentraties, voor de grondwaterdata van planjaar 2007.

Planjaar 2008 – bodemdata

Opmerkingen naar aanleiding van kwaliteitscontrole:

- IJzer heeft een opmerkelijk hoge detectiegrens van 11600 mg/kg ds.

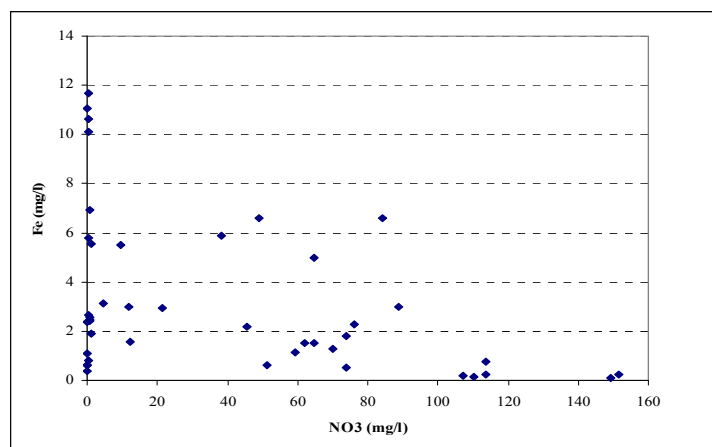


Figuur B10.14 Vergelijking ijzerconcentratie met fosforconcentratie voor de bodemdata van planjaar 2008.

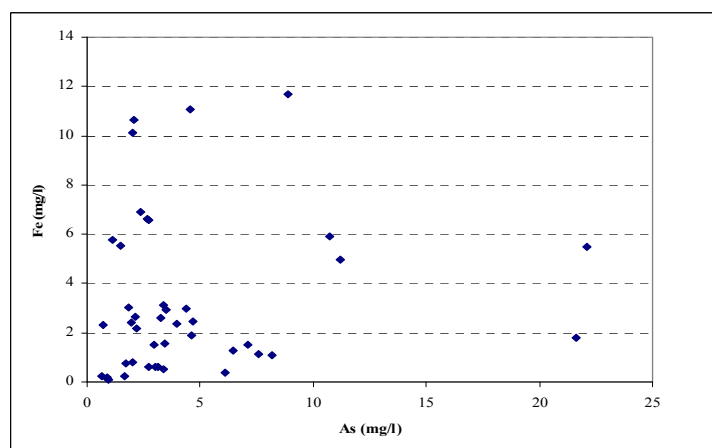
Planjaar 2008 – grondwaterdata

Opmerkingen naar aanleiding van kwaliteitscontrole:

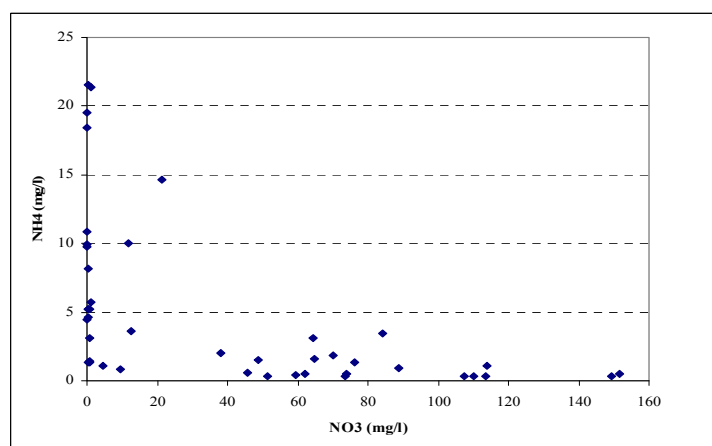
- De tijdsduur tussen bemonstering en 'datum binnenkomst lab' is soms drie of vier dagen en zelfs eenmaal zeven dagen. De resultaten van de kwaliteitscontrole geven echter geen aanleiding om deze gegevens buiten de rapportage te houden.
- De grondwatermonsters van categorie V zijn op ortho-P geanalyseerd met de autoanalyzer (AA) en de monsters van categorie VI met de IC. Dit heeft tot gevolg dat de monsters met AA geanalyseerd een rapportagegrens van 0,006 mgP/l hebben en de monsters met IC van 0,05 mgP/l. Dit is een factor 10 verschil.



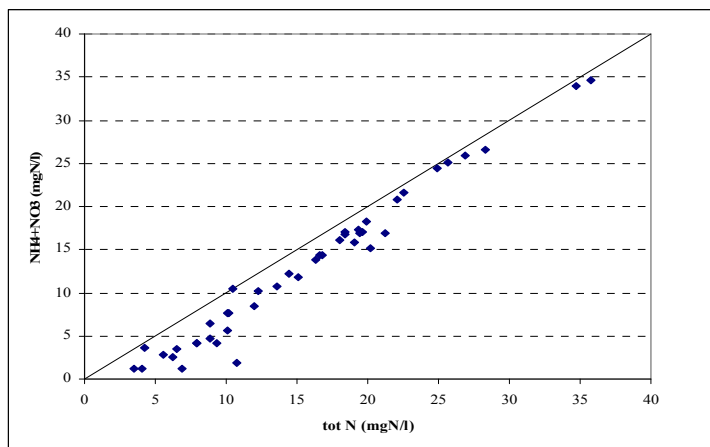
Figuur B10.15 Controle van de relatie tussen nitraat en ijzer voor de grondwaterdata uit planjaar 2008.



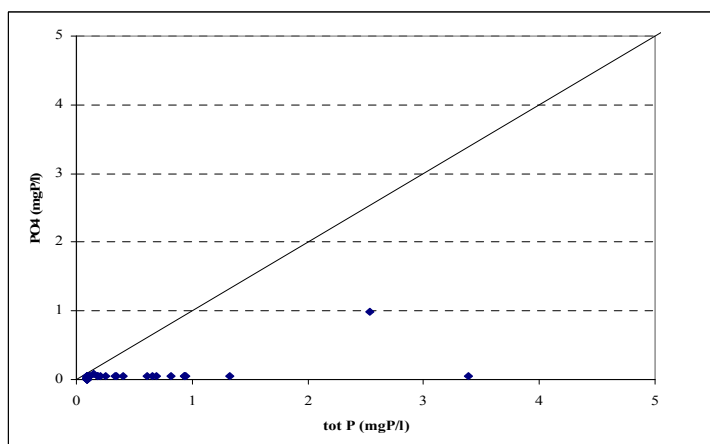
Figuur B10.16 Controle van de relatie tussen arseen en ijzer voor de grondwaterdata uit planjaar 2008.



Figuur B10.17 Vergelijking van de nitraat- met de ammoniumconcentratie voor de grondwaterdata van planjaar 2008.



Figuur B10.18 Vergelijking van de totale stikstofconcentraties met de som van nitraat -en ammoniumconcentratie uitgedrukt in mgN/l voor de grondwaterdata van planjaar 2008.

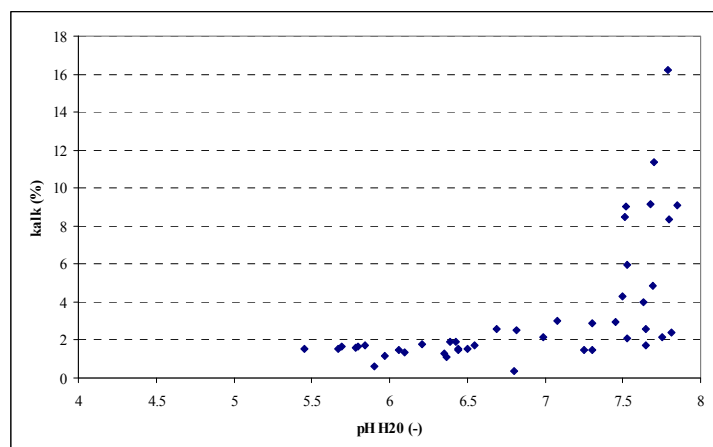


Figuur B10.19 Vergelijking van de PO4-concentratie met de totale P-concentratie uitgedrukt in mgP/l voor de grondwaterdata uit planjaar 2008.

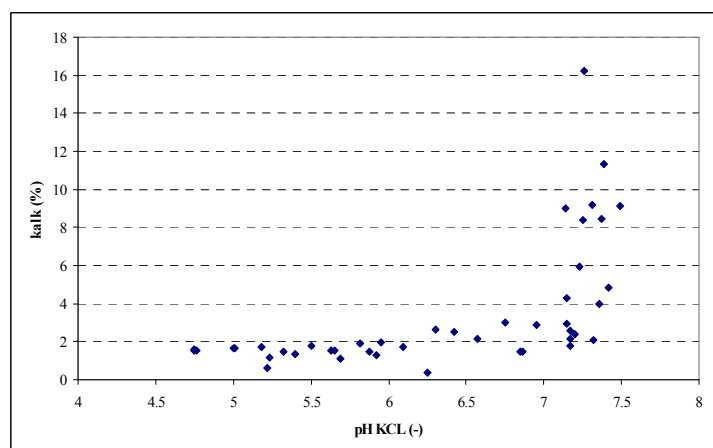
Planjaar 2009 – bodemdata

Opmerkingen naar aanleiding van kwaliteitscontrole:

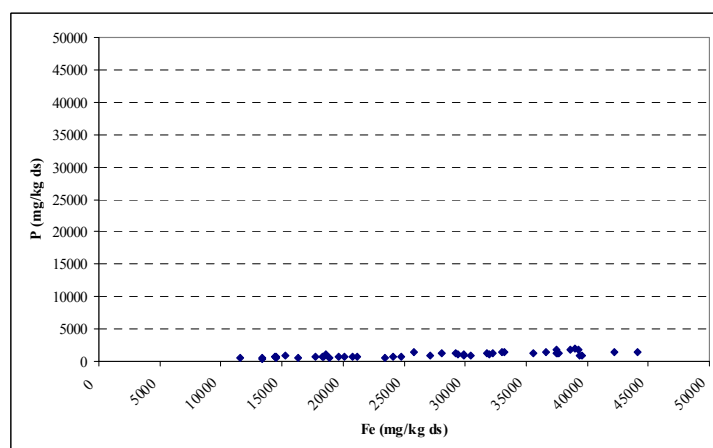
- In overleg met RIVM zijn door TNO de diepe monsters pas in 2010 geanalyseerd op organische parameters.
- Alle lutumpercentages liggen onder 25 procent, terwijl voor kleigronden het percentage boven 25 procent werd verwacht. De lutumwaarden worden als onbetrouwbaar aangeduid.



Figuur B10.20 Kalkpercentage versus pH H₂O voor de bodemdata uit planjaar 2009.



Figuur B10.21 Kalkpercentage versus pH KCl voor de bodemdata uit planjaar 2009.

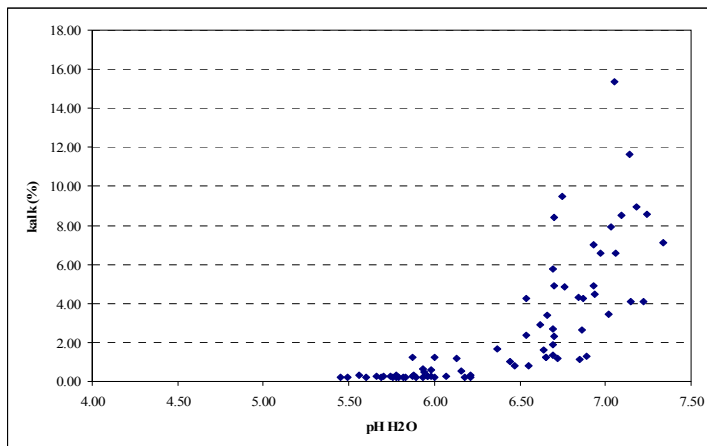


Figuur B10.22 Vergelijking ijzerconcentratie met fosforconcentratie voor de bodemdata van planjaar 2009.

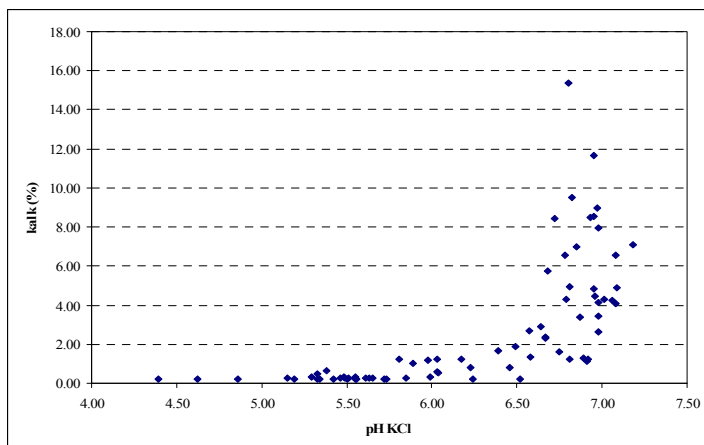
Planjaar 2010 – bodemdata

Opmerkingen naar aanleiding van kwaliteitscontrole:

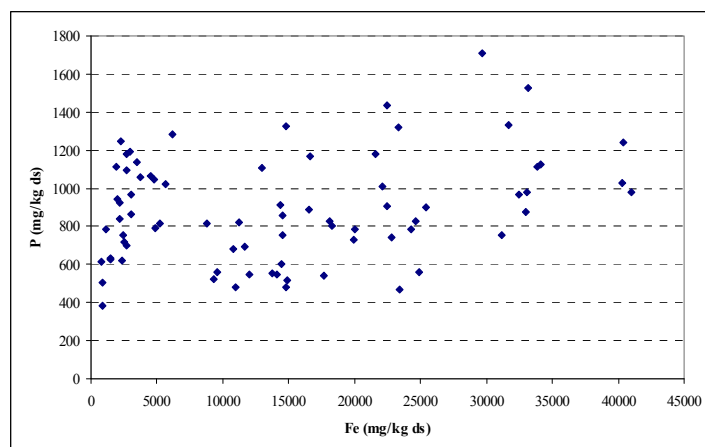
- Alle lutumpercentages van categorie IX (zeeklei) liggen onder 25 procent, terwijl voor kleigronden het percentage boven 25 procent werd verwacht. De lutumwaarden worden als onbetrouwbaar aangeduid.



Figuur B10.23 Vergelijking van kalkpercentage met pH H₂O voor de bodemdata uit planjaar 2010.

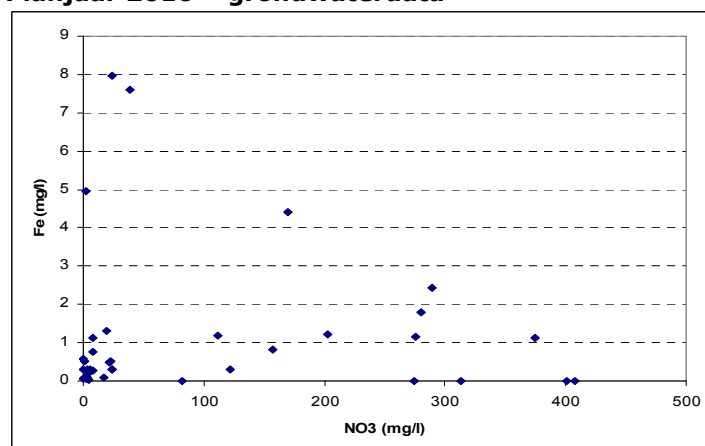


Figuur B10.24 Vergelijking van kalkpercentage met pH KCl voor de bodemdata uit planjaar 2010.

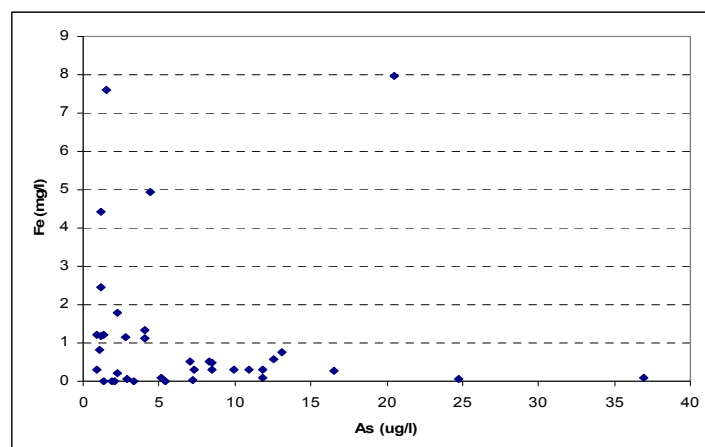


Figuur B10.25 Vergelijking ijzerconcentratie met fosforconcentratie voor de bodemdata van planjaar 2010.

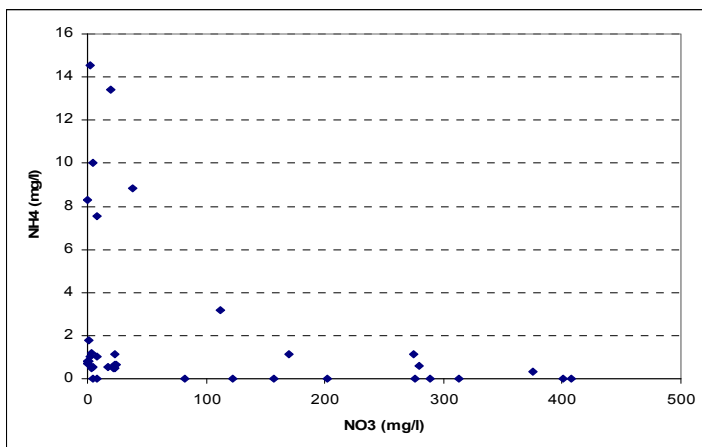
Planjaar 2010 – grondwaterdata



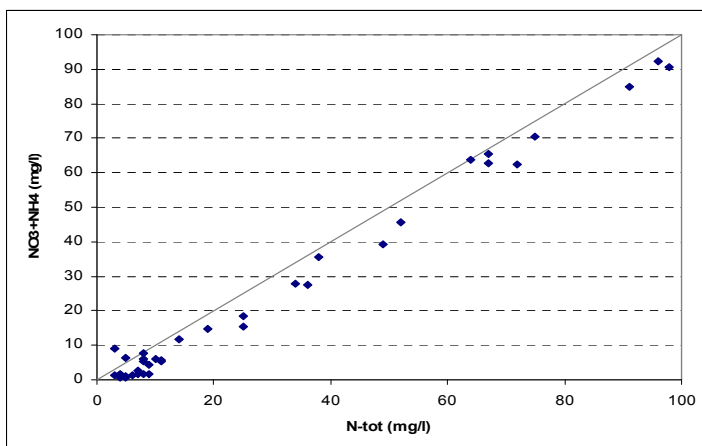
Figuur B10.26 Controle van de relatie tussen nitraat en ijzer voor de grondwaterdata uit planjaar 2010.



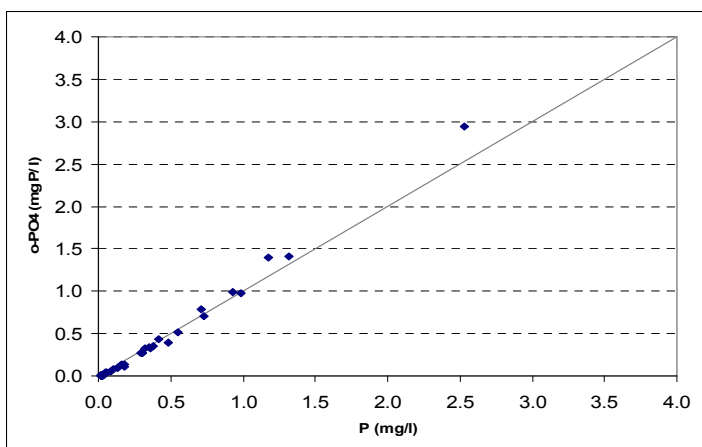
Figuur B10.27 Controle van de relatie tussen arseen en ijzer voor de grondwaterdata uit planjaar 2010.



Figuur B10.28 Vergelijking van de nitraat- met de ammoniumconcentratie voor de grondwaterdata van planjaar 2010.



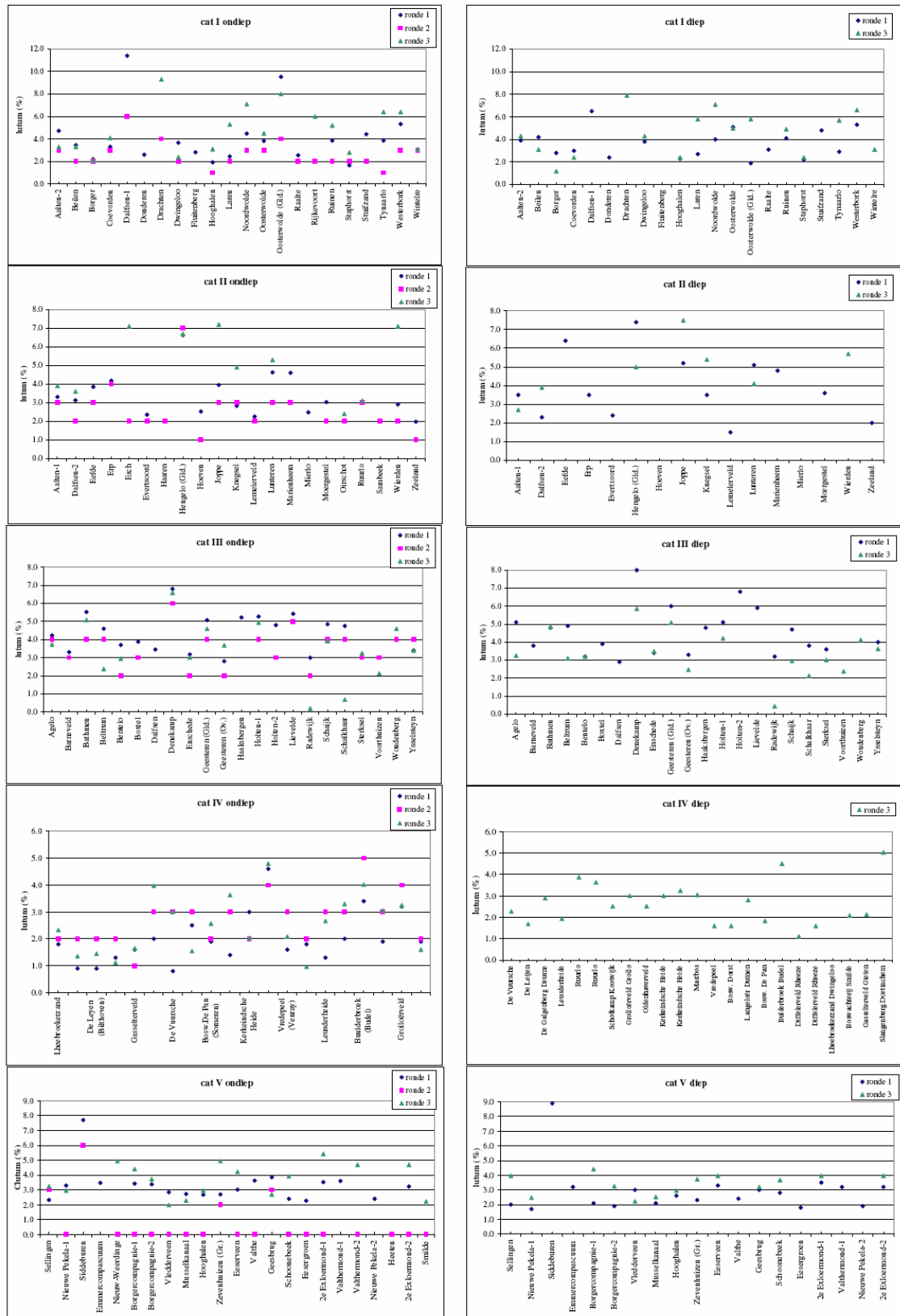
Figuur B10.29 Vergelijking van de totale stikstofconcentraties met de som van nitraat en ammoniumconcentratie uitgedrukt in mgN/l voor de grondwaterdata van planjaar 2010.



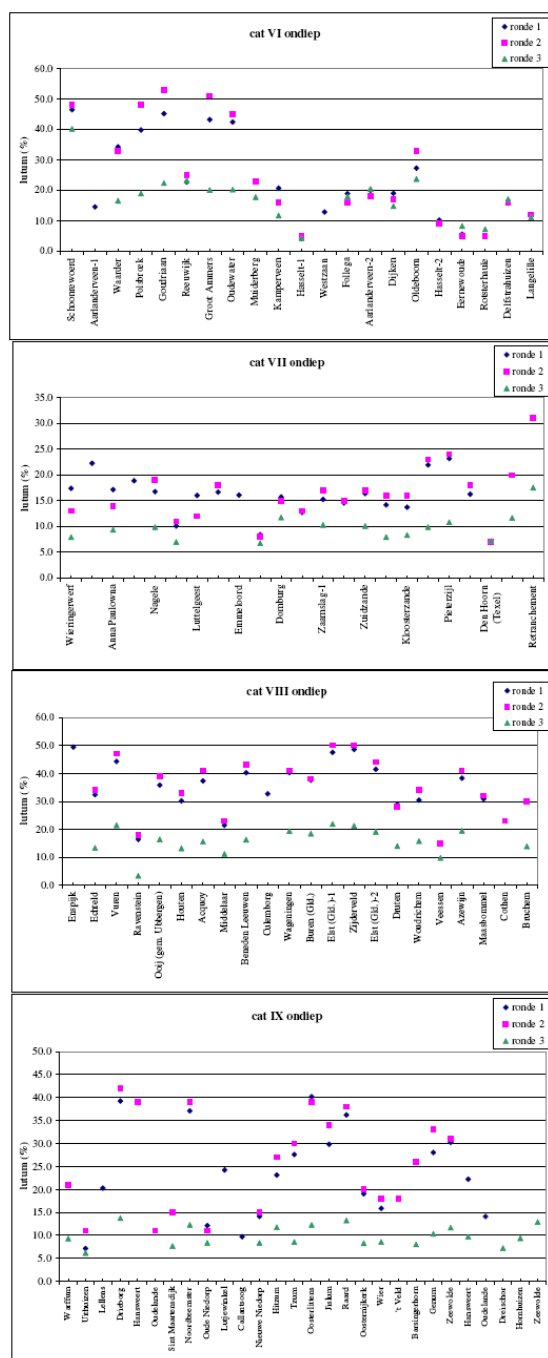
Figuur B10.30 Vergelijking van de ortho-PO₄-concentratie met de totale P-concentratie uitgedrukt in mgP/l voor de grondwaterdata uit planjaar 2010.

Meerdere meetronden grafieken

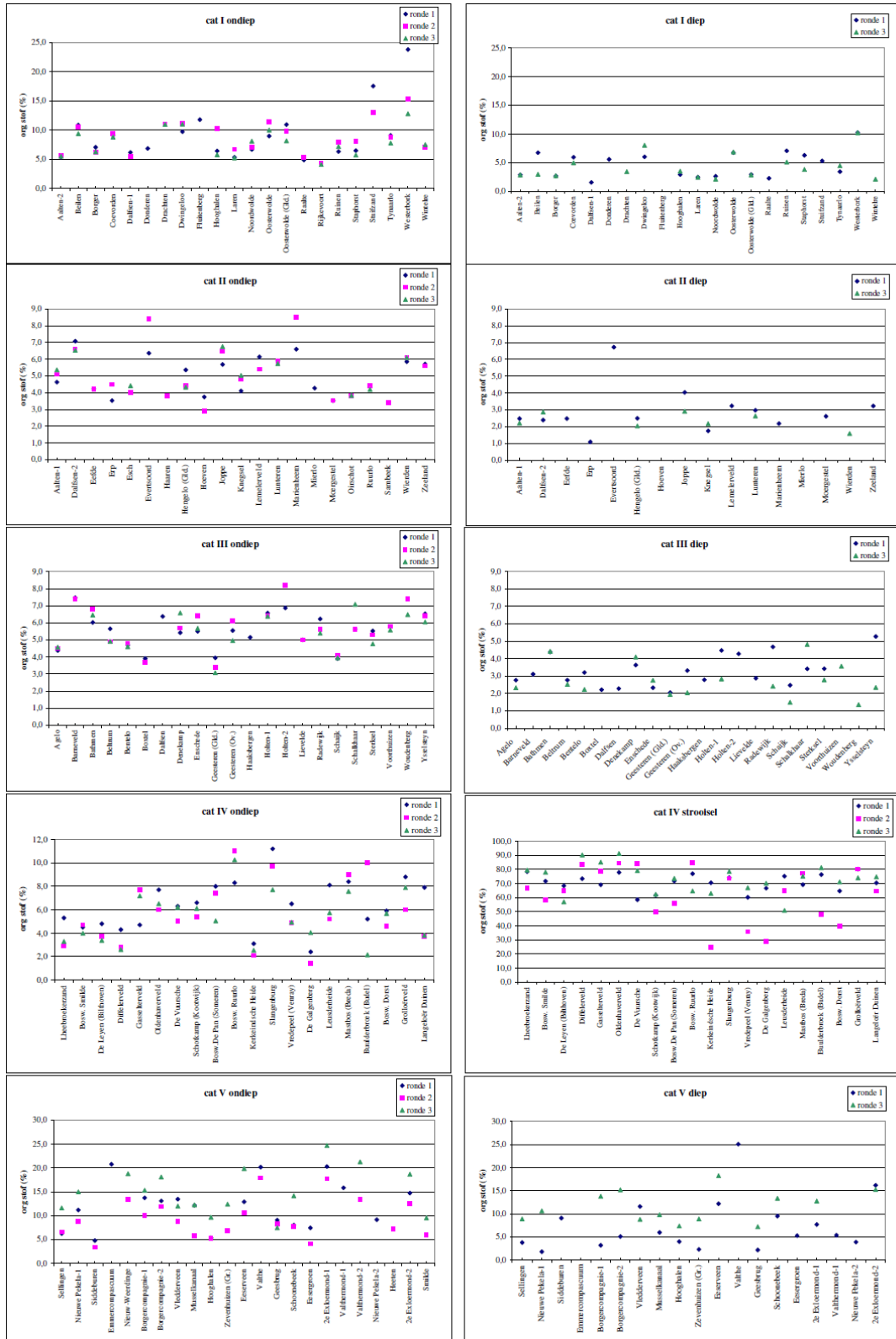
Hieronder zijn de grafieken opgenomen waarin per locatie de meetresultaten zijn weergegeven van meetronde 1 en 3, en indien beschikbaar meetronde 2, voor de parameters lutum (Figuur B10.31), organisch stof (Figuur B10.32), CEC (Figuur B10.33), Pw (Figuur B10.34) en P-Al (Figuur B10.35).

Lutum

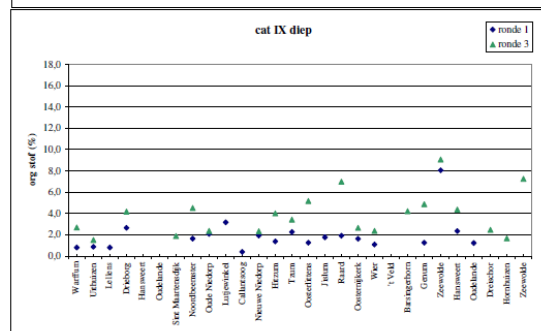
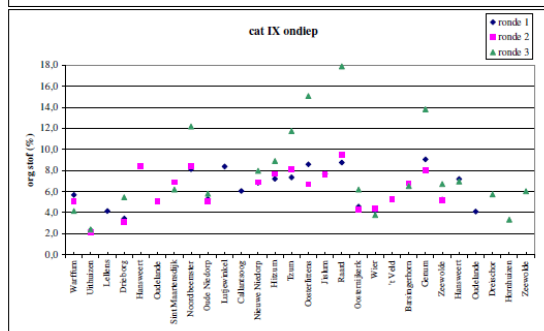
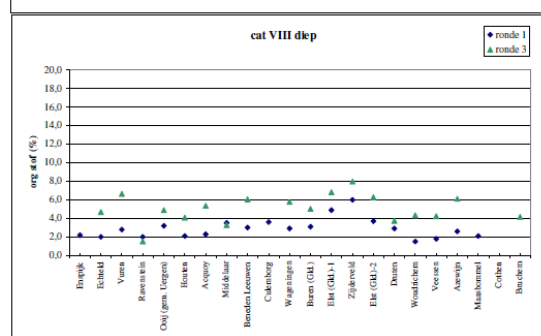
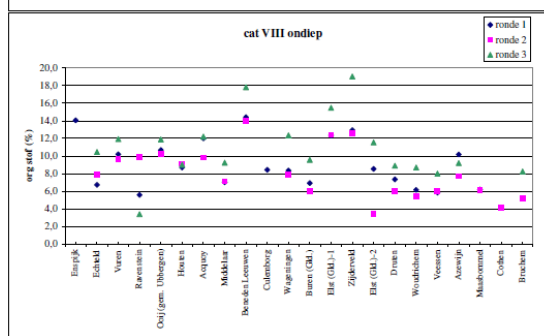
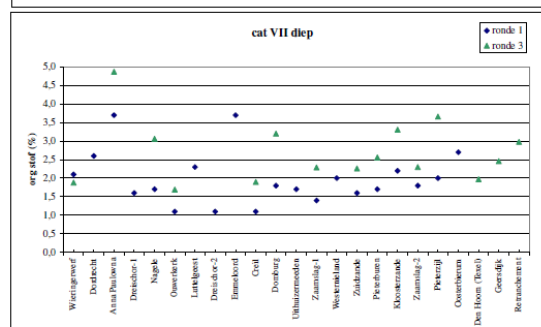
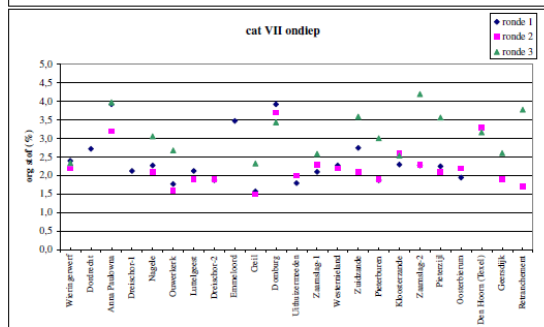
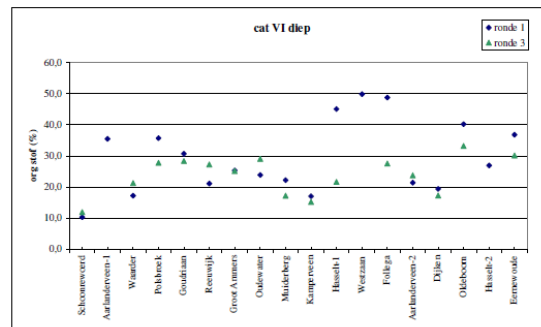
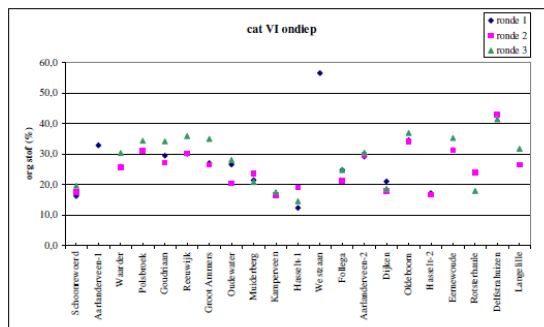
Figuur B10.31 Lutumpercentages (pipetmethode) van de afzonderlijke meetlocaties voor meetronde 1, 2 en 3 per categorie in een grafiek weergegeven.



Vervolg Figuur B10.31.

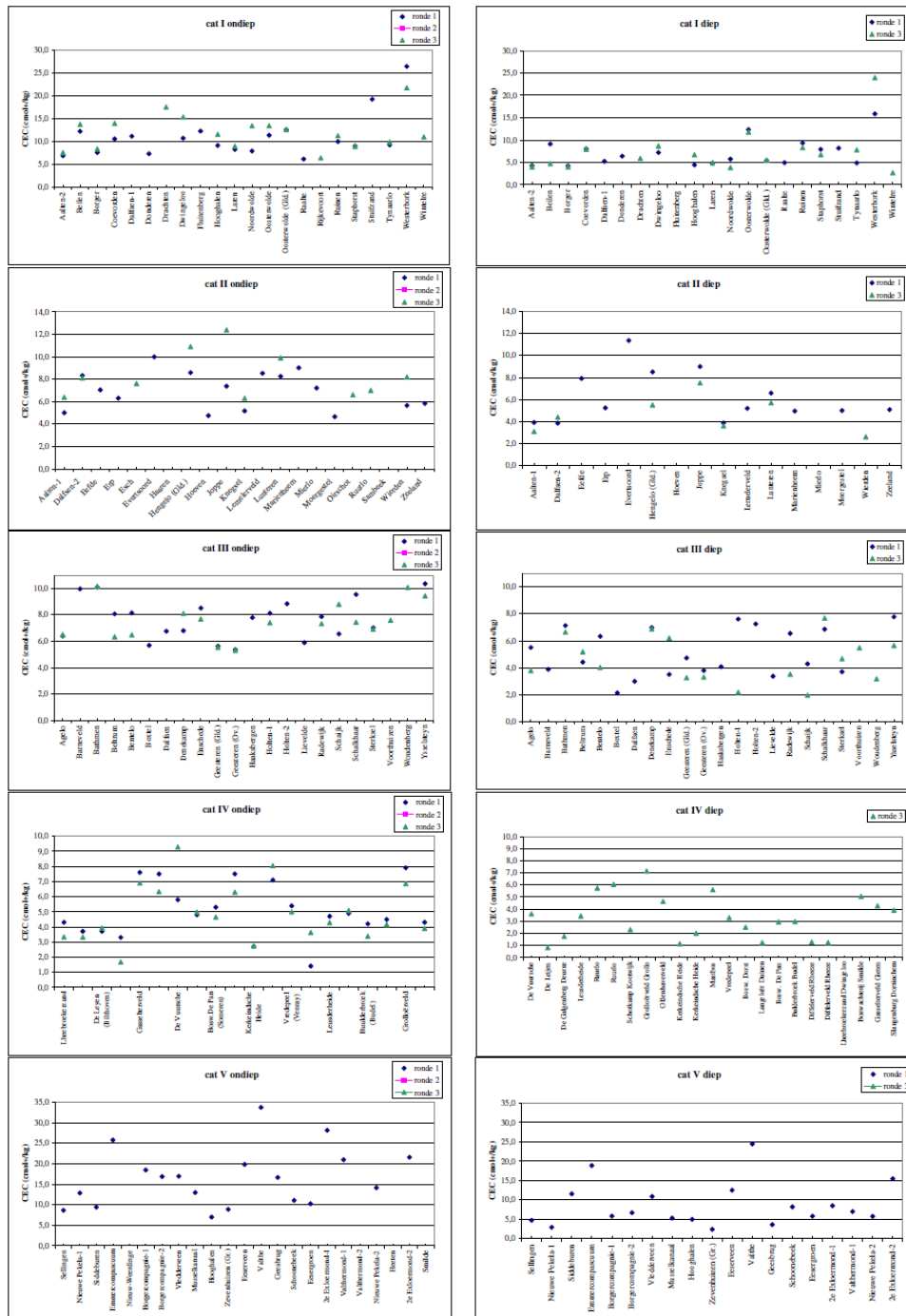
Organisch stof

Figuur B10.32 Organisch-stofgehaltes van de afzonderlijke meetlocaties voor meetronde 1, 2 en 3 per categorie in een grafiek weergegeven.

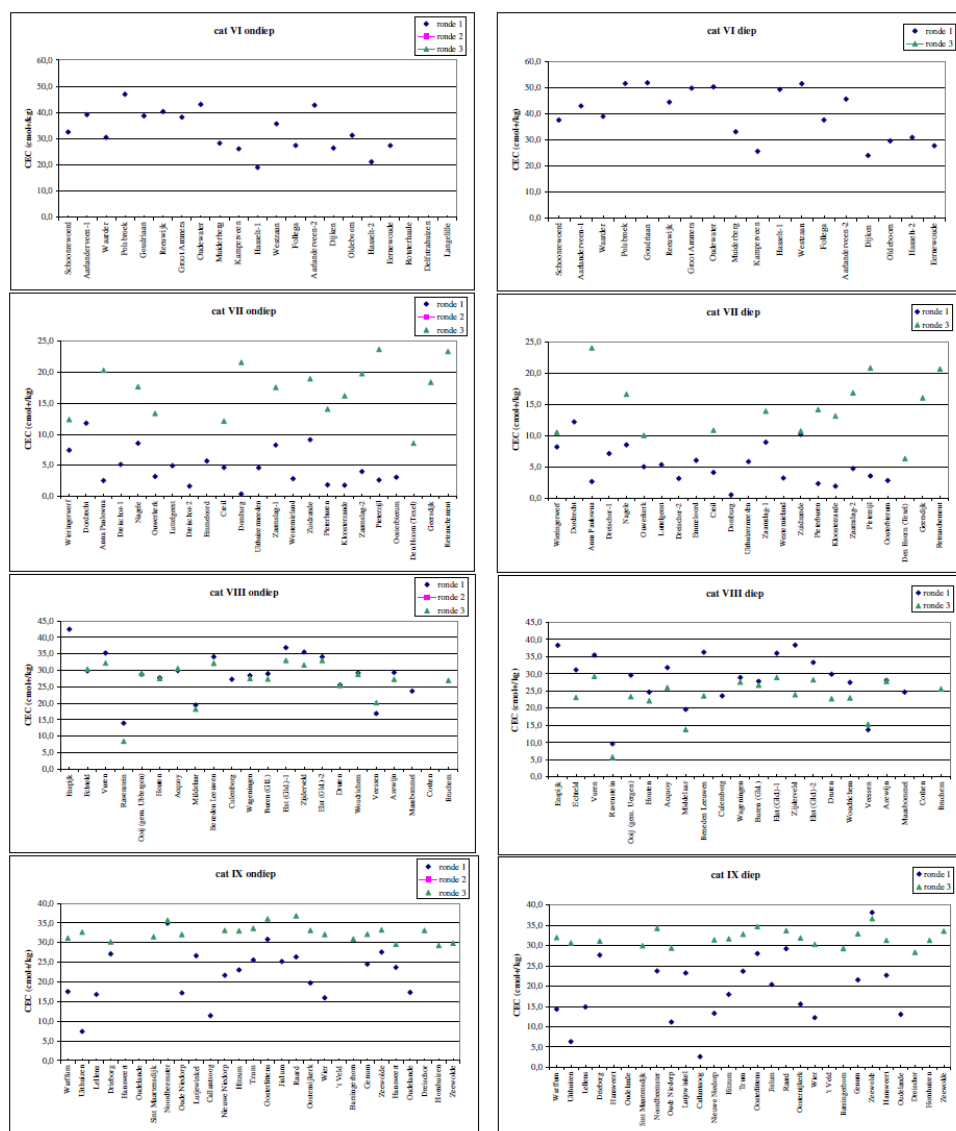


Vervolg Figuur B10.32.

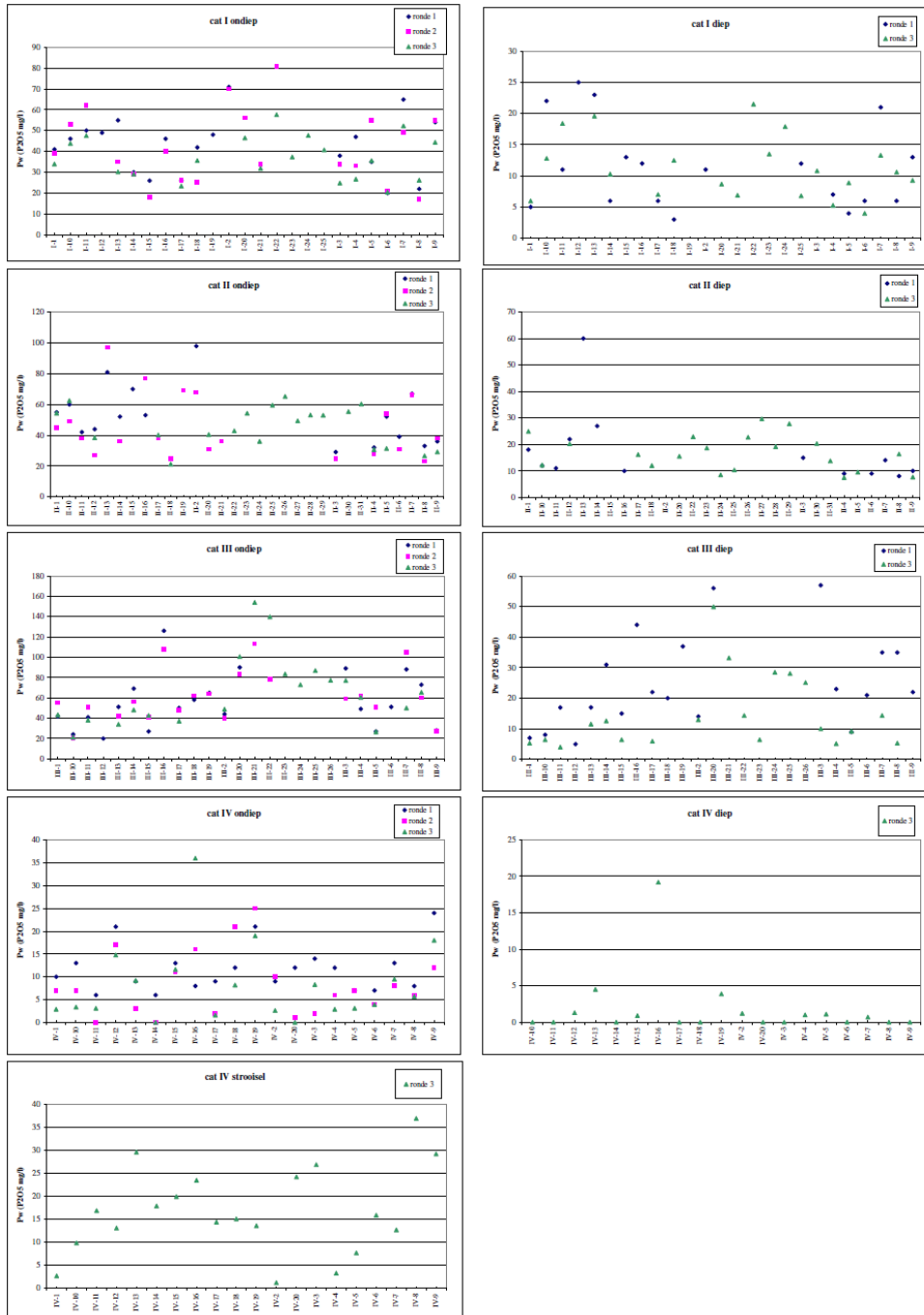
CEC



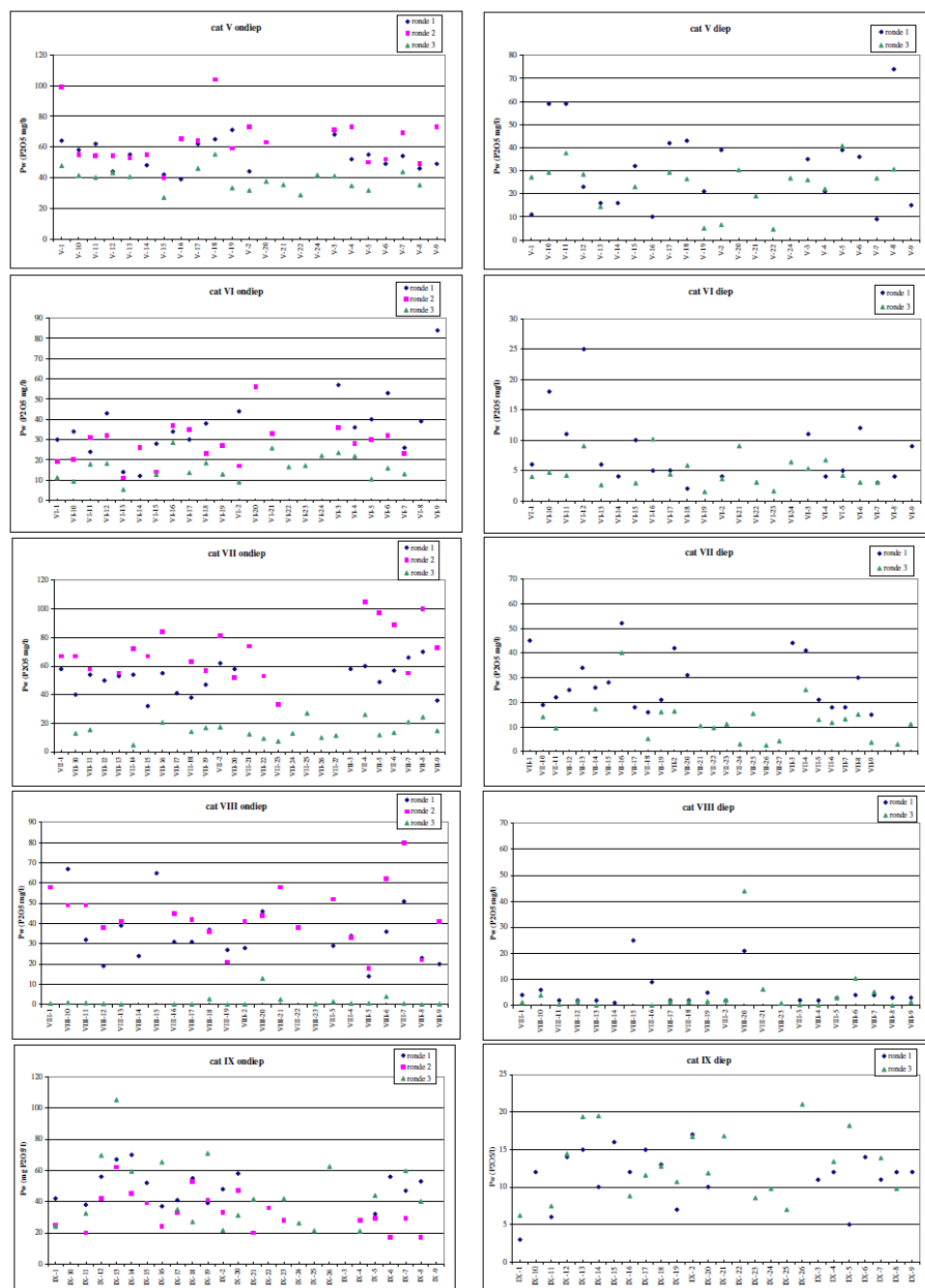
Figuur B10.33 CEC-concentratie (cmol+/kg) van de afzonderlijke meetlocaties voor meetronde 1, 2 en 3 per categorie in een grafiek weergegeven.



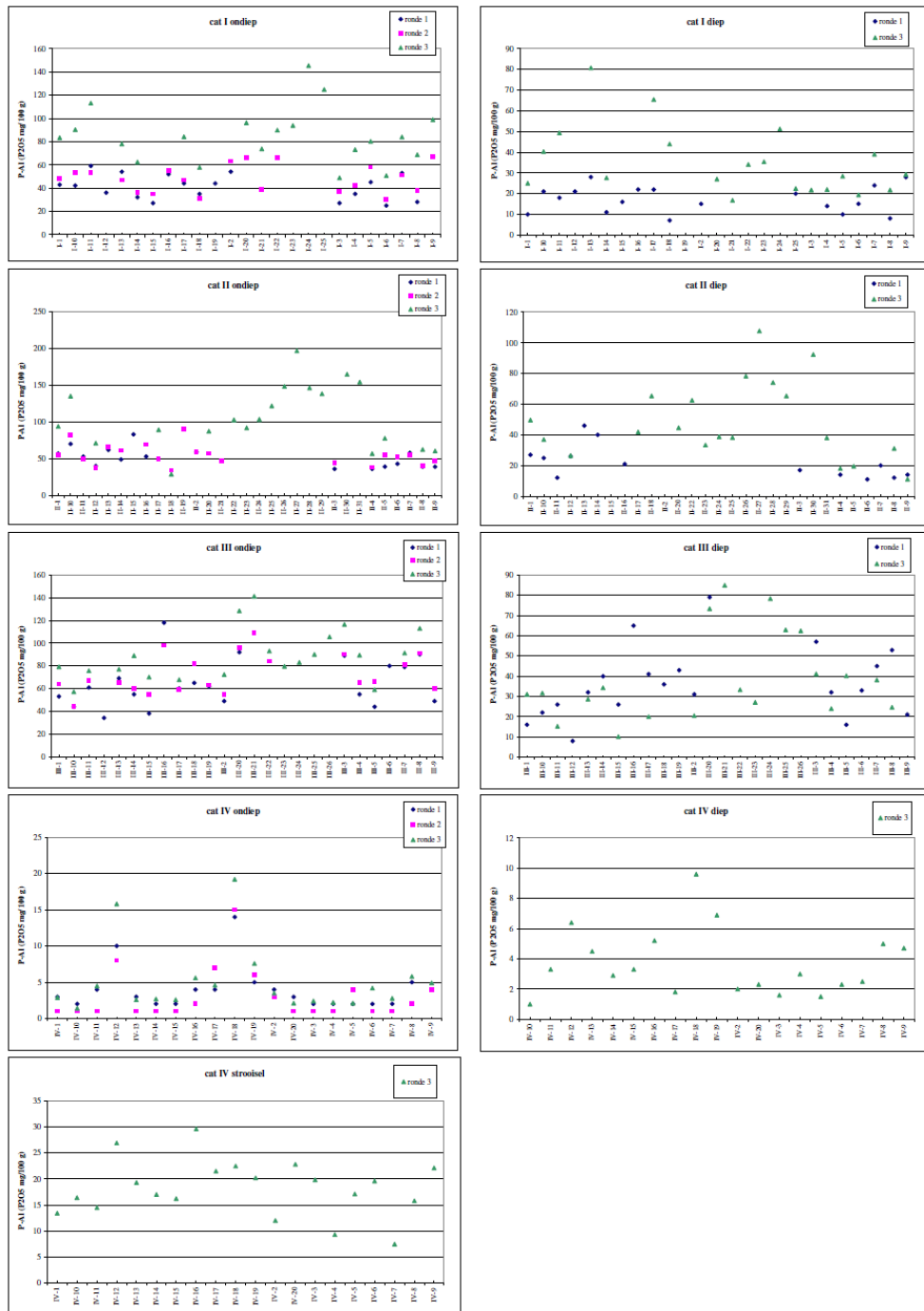
Vervolg Figuur B10.33

Pw-getal

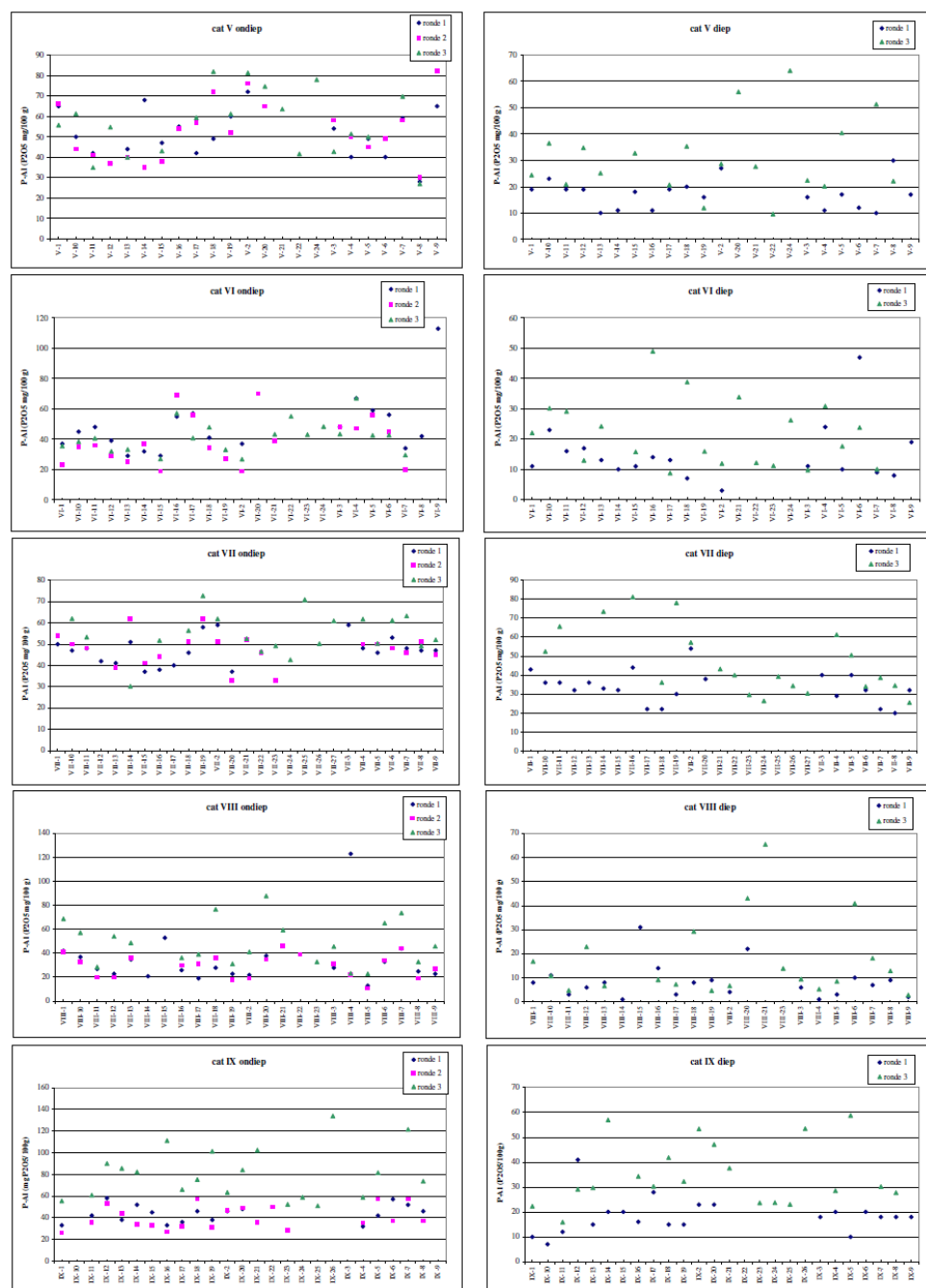
Figuur B10.34 Pw-concentratie (mgP₂O₅/l) van de afzonderlijke meetlocaties voor meetronde 1, 2 en 3 per categorie in een grafiek weergegeven.



Figuur B10.34

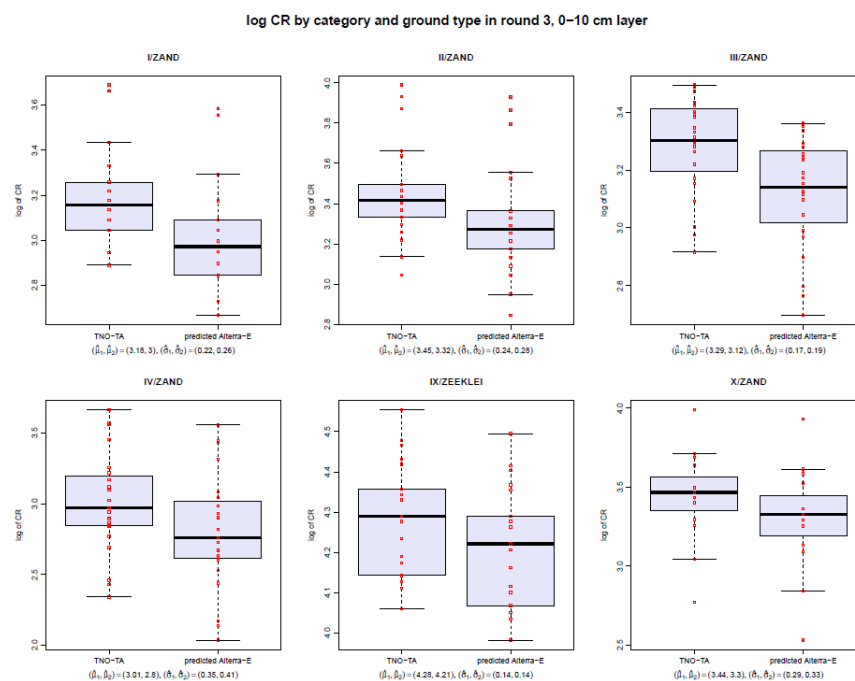
P-AI

Figuur B10.35 P-AI-concentratie (mgP₂O₅/100g) van de afzonderlijke meetlocaties voor meetronde 1, 2 en 3 per categorie in een grafiek weergegeven.

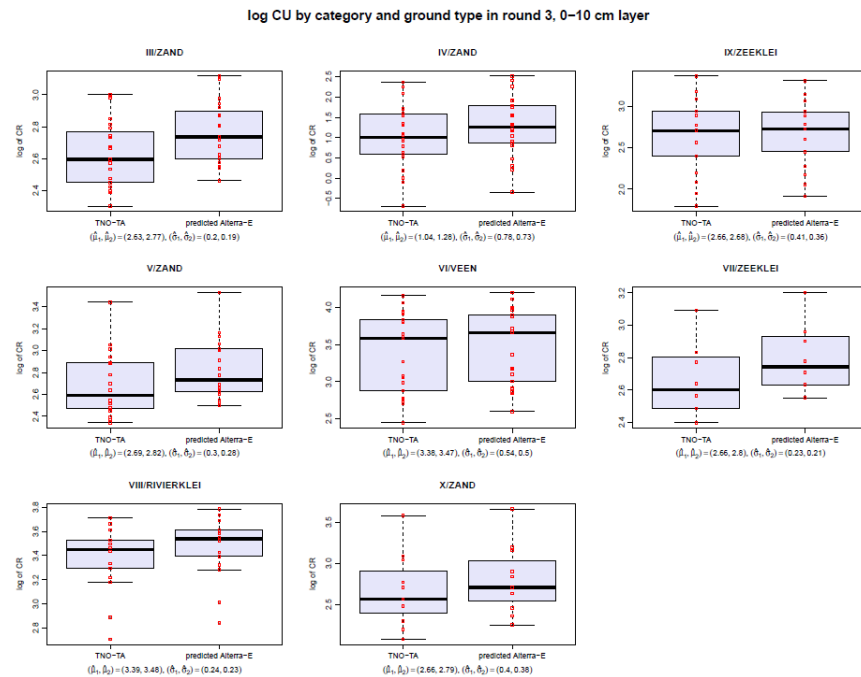


Vervolg Figuur B10.35.

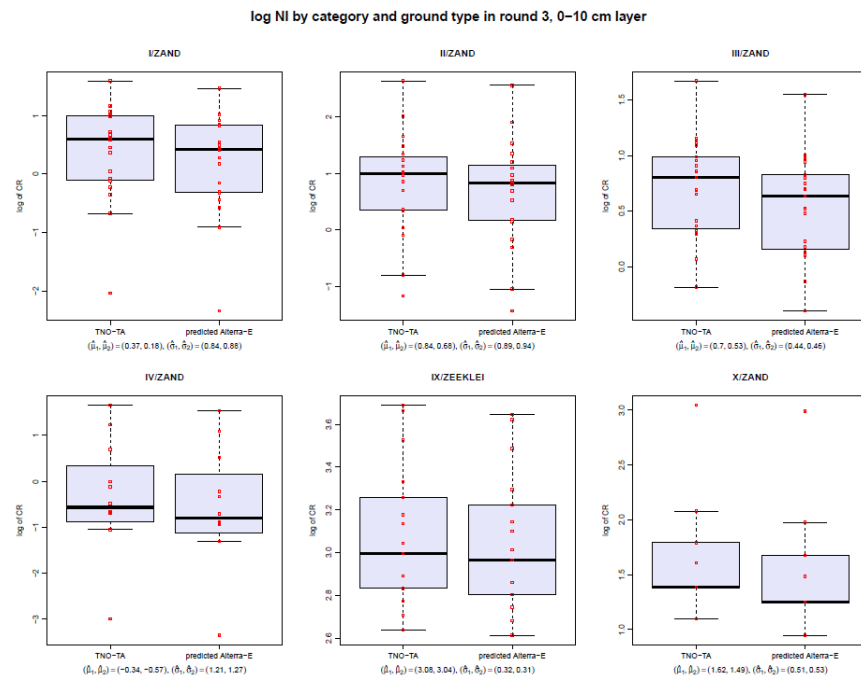
Bijlage 11 Statistische karakteristieken van
totaalanalysemetingen en voorspelde
extractiemetingen van chroom, koper, nikkel en zink



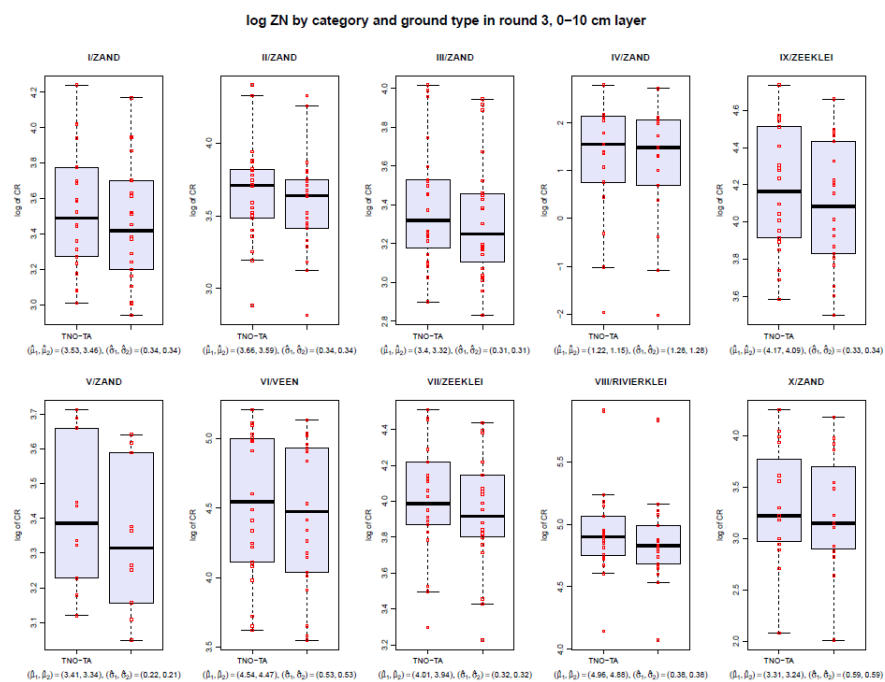
Figuur B11.1 Statistische karakteristieken van totaalanalysemetingen en voorspelde extractiemetingen van chroom.



Figuur B11.2 Statistische karakteristieken van totaalanalysemetingen en voorspelde extractiemetingen van koper.



Figuur B11.3 Statistische karakteristieken van totaalanalysemetingen en voorspelde extractiemetingen van nikkel.

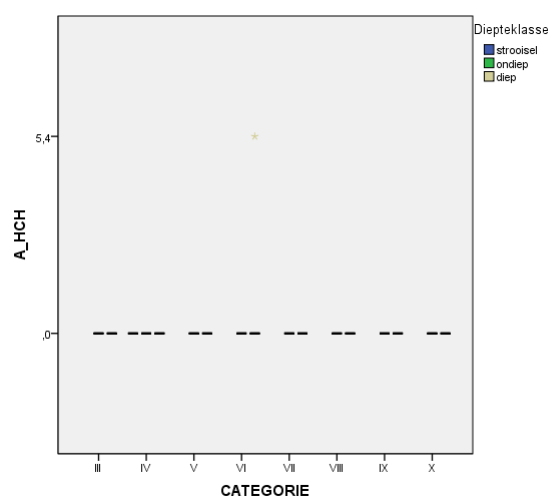


Figuur B11.4 Statistische karakteristieken van totaalanalysemetingen en voorspelde extractiemetingen van zink.

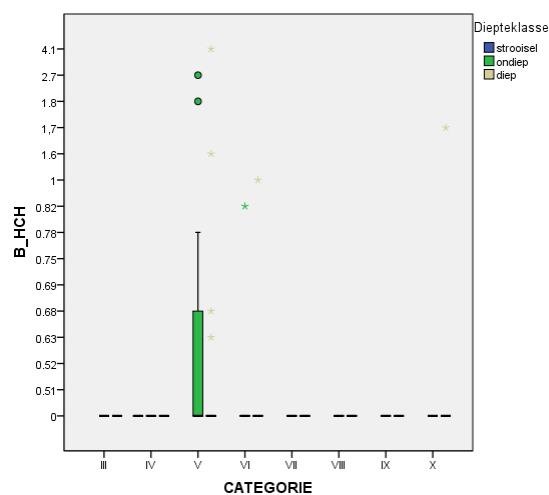
Bijlage 12 Boxplots van de concentraties van de organische micro's, triazines, PAK's, PCB's

Concentraties van de parameters zijn weergegeven in $\mu\text{g/kg}$ ds.

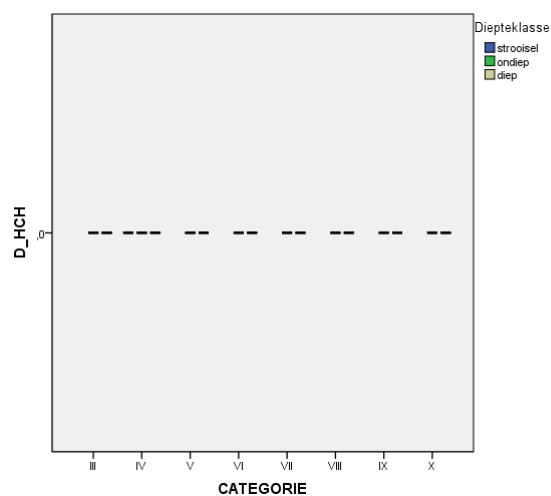
Organische micro's



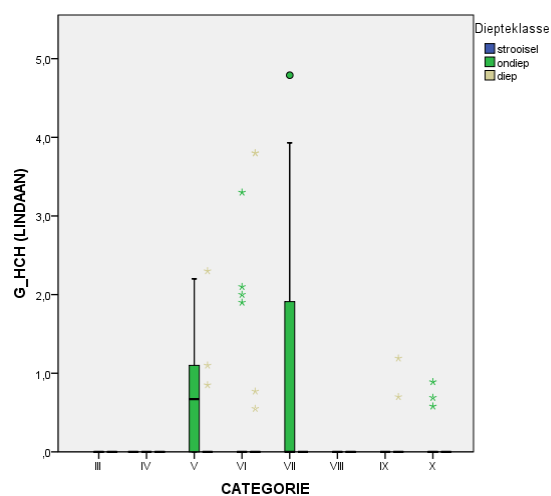
Figuur B12.1 α -HCH-concentratie ($\mu\text{g/kg}$) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



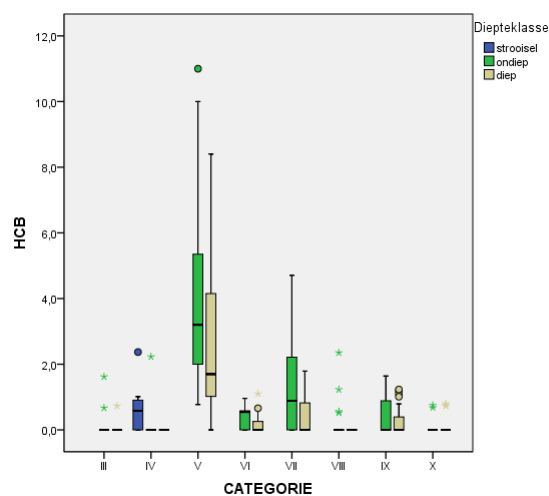
Figuur B12.2 β -HCH-concentratie ($\mu\text{g/kg}$) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



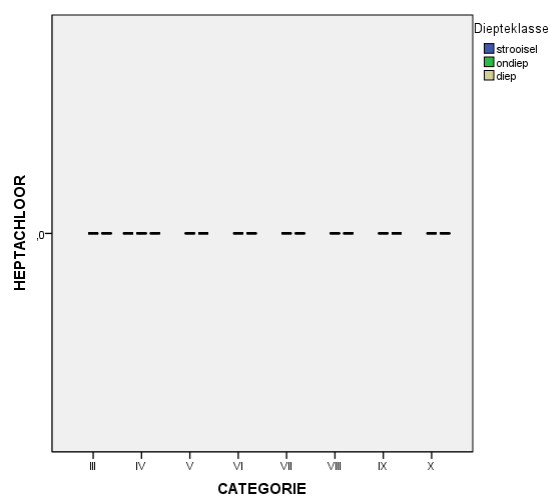
Figuur B12.3 δ -HCH-concentratie ($\mu\text{g/kg}$) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



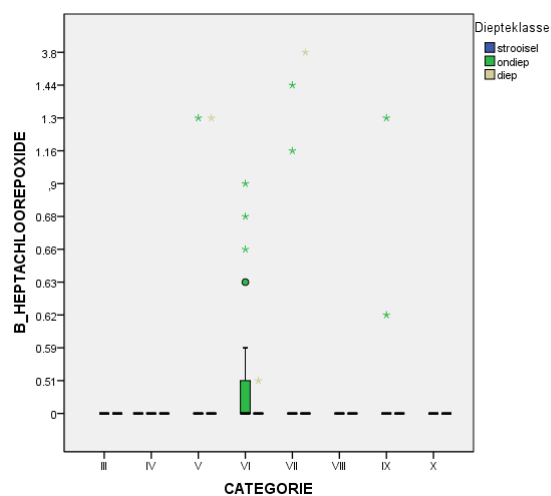
Figuur B12.4 γ -HCH (lindaan)concentratie ($\mu\text{g/kg}$) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



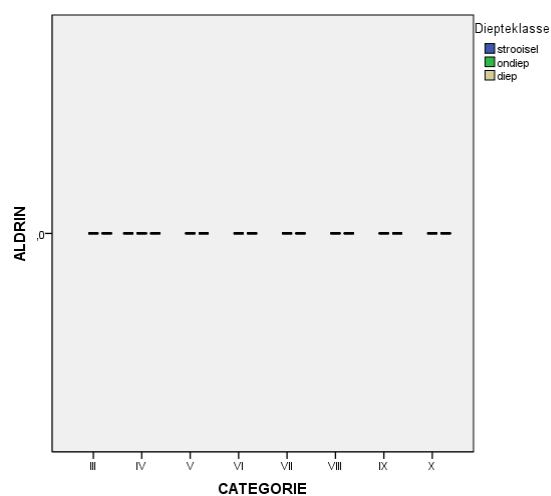
Figuur B12.5 HCB-concentratie ($\mu\text{g/kg}$) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



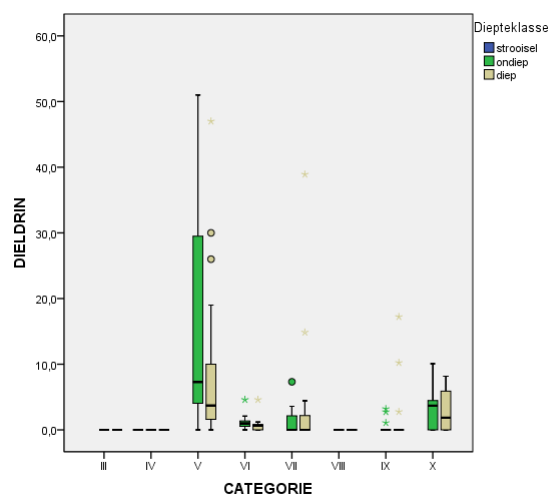
Figuur B12.6 Heptachloorconcentratie ($\mu\text{g/kg}$) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



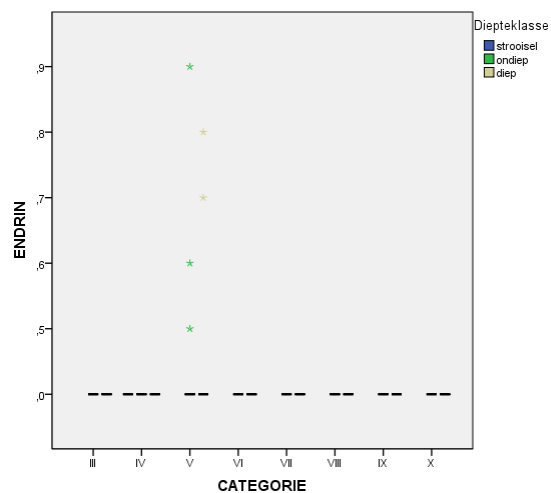
Figuur B12.7 b-Heptachlorepoxideconcentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



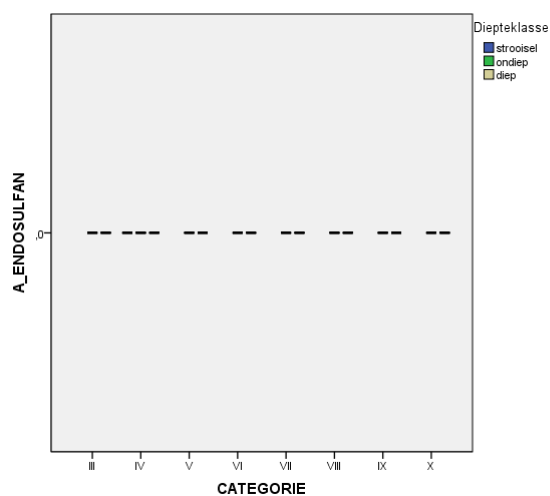
Figuur B12.8 Aldrinconcentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



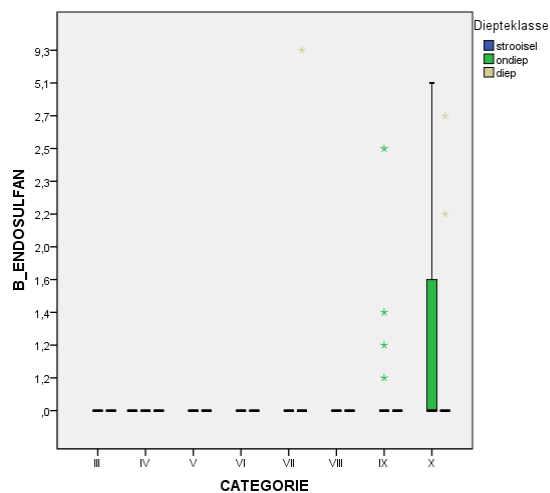
Figuur B12.9 Dieldrinconcentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



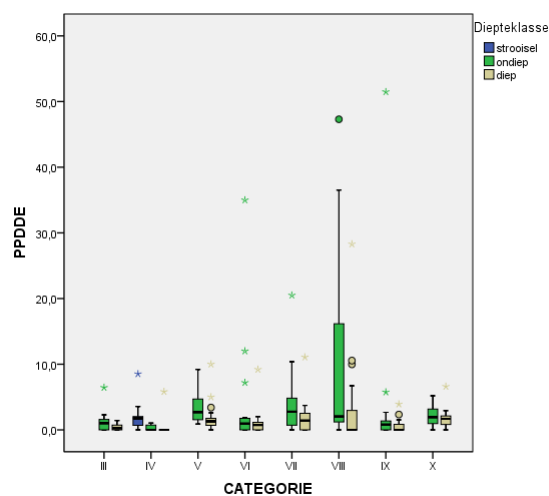
Figuur B12.10 Endrinconcentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



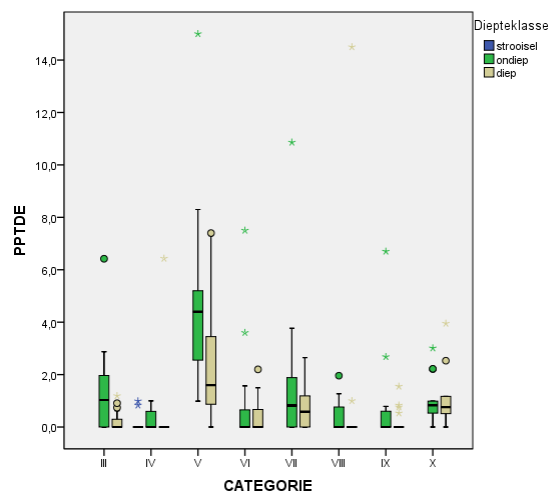
Figuur B12.11 α -Endosulfanconcentratie ($\mu\text{g/kg}$) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



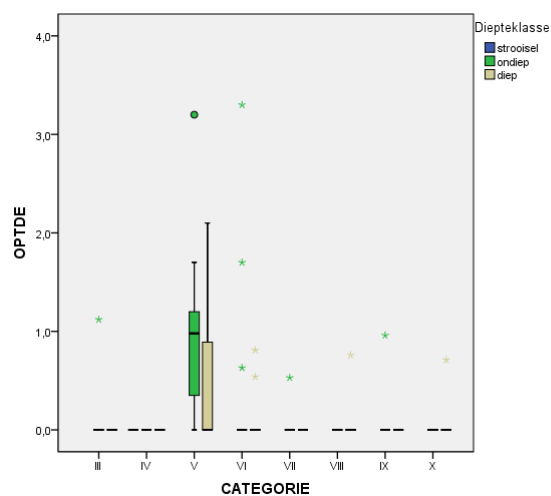
Figuur B12.12 β -Endosulfanconcentratie ($\mu\text{g/kg}$) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



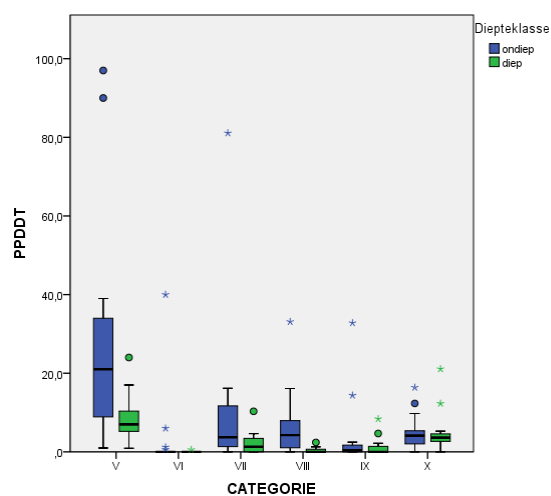
Figuur B12.13 pp-DDE-concentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



Figuur B12.14 pp-TDE-concentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

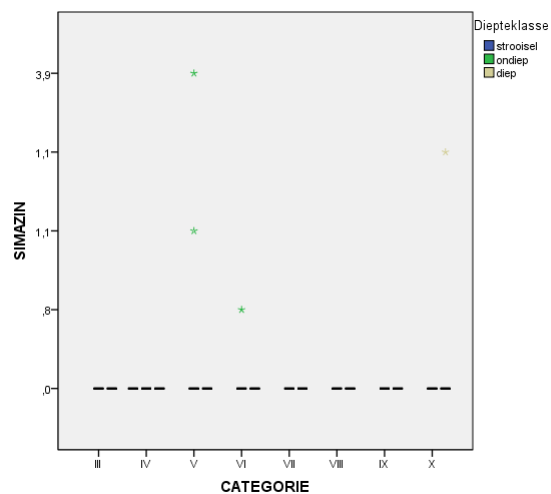


Figuur B12.15 op-TDE-concentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

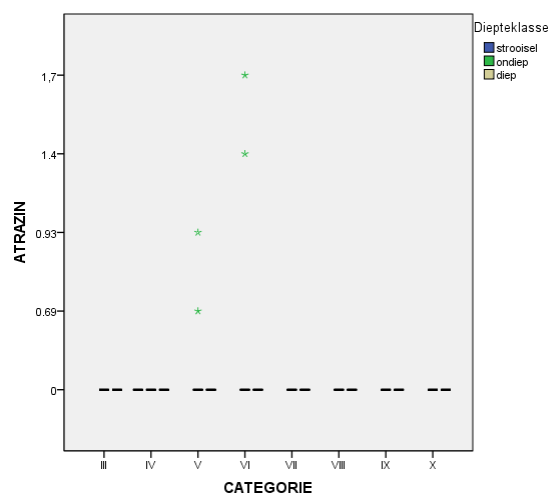


Figuur B12.16 pp-DDT-concentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

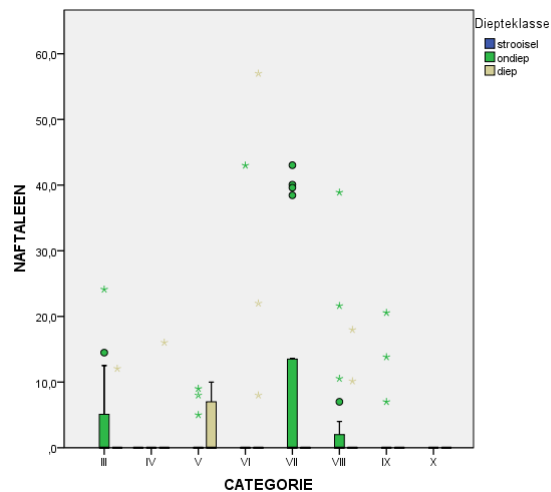
Triazines



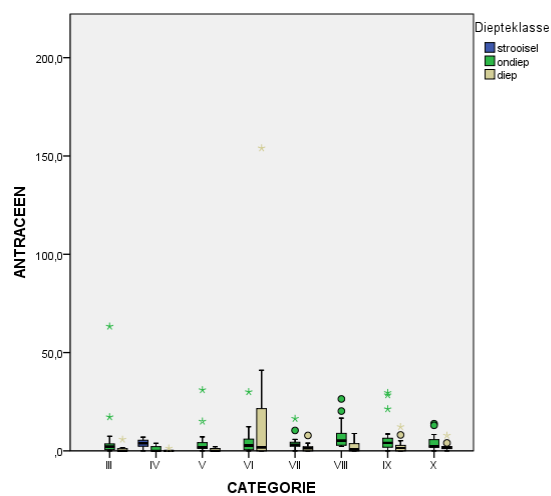
Figuur B12.17 Simazineconcentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



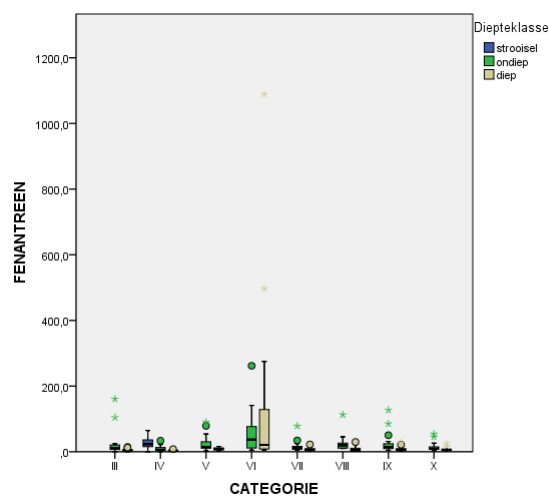
Figuur B12.18 Atrazineconcentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

PAK's

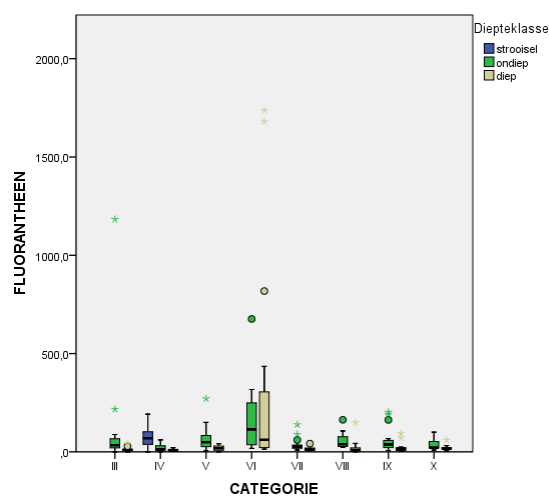
Figuur B12.19 Naftaleenconcentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



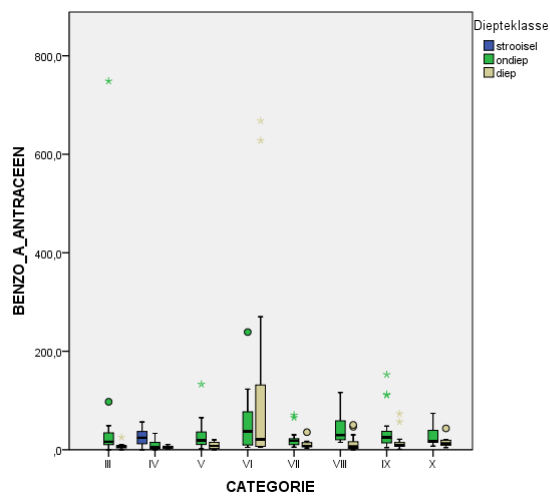
Figuur B12.20 Antraceenconcentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



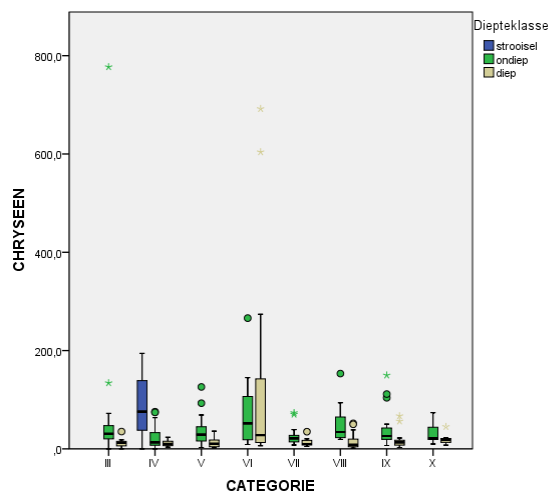
Figuur B12.21 Fenantreenconcentratie ($\mu\text{g/kg}$) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



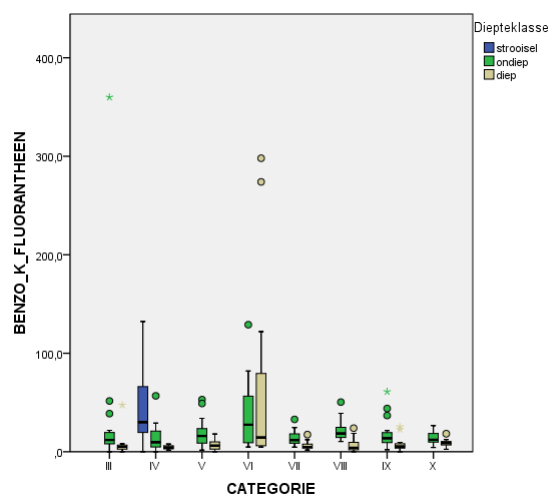
Figuur B12.22 Fluorantheenconcentratie ($\mu\text{g/kg}$) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



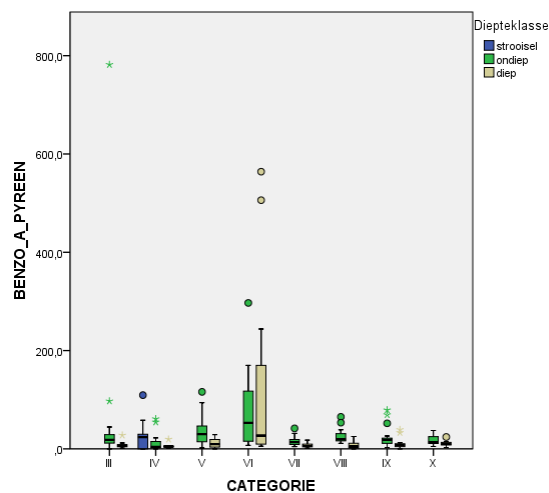
Figuur B12.23 Benzo-a-antracenenconcentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



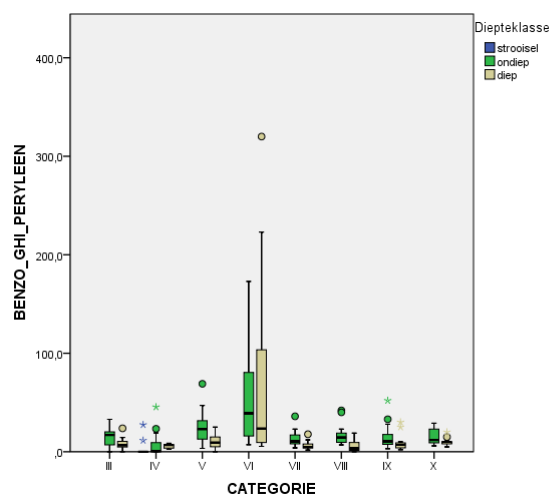
Figuur B12.24 Chryseenconcentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



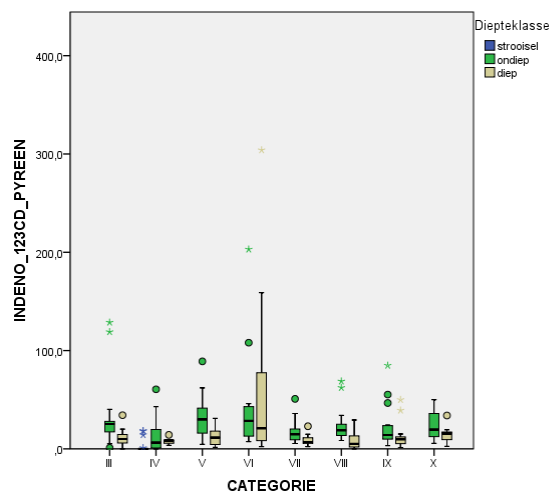
Figuur B12.25 Benzo-k-fluorantheenconcentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



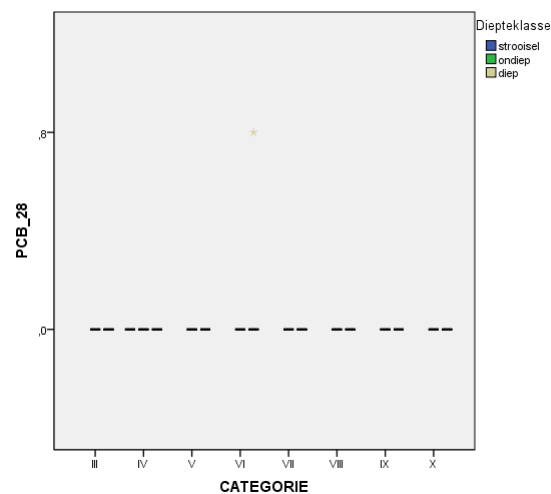
Figuur B12.26 Benzo-a-pyreenconcentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



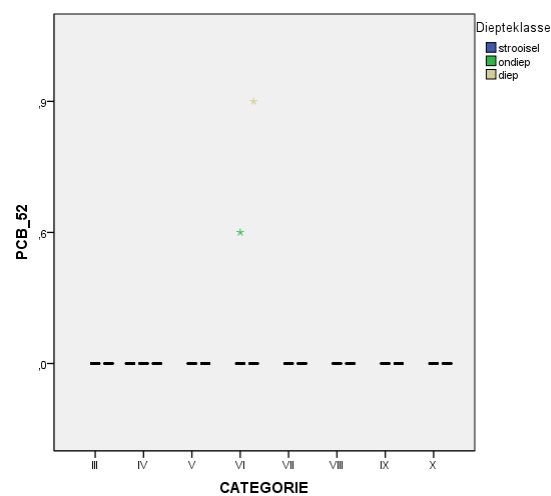
Figuur B12.27 Benzo-ghi-peryleenconcentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



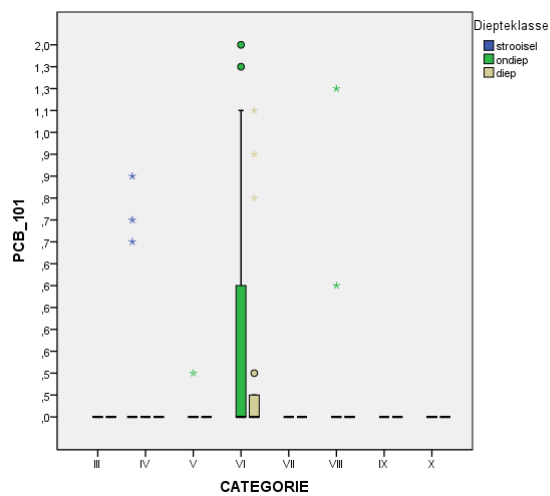
Figuur B12.28 Indeno-123-cd-pyreenconcentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

PCB's

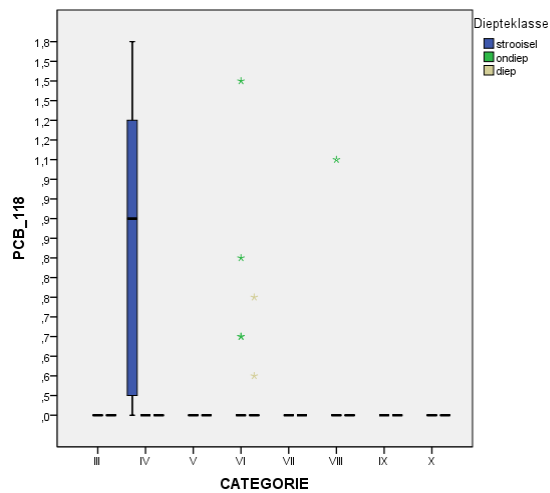
Figuur B12.29 PCB28-concentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



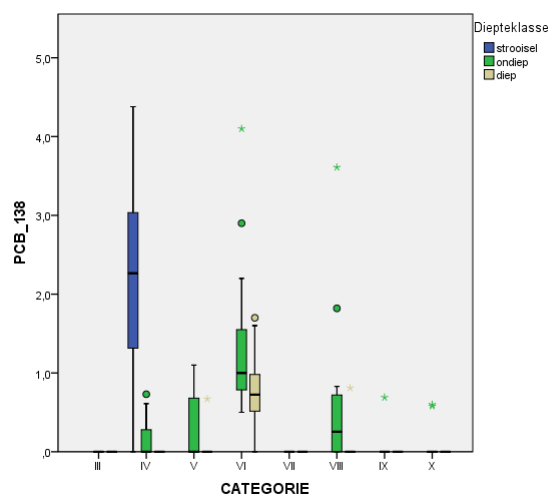
Figuur B12.30 PCB52-concentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



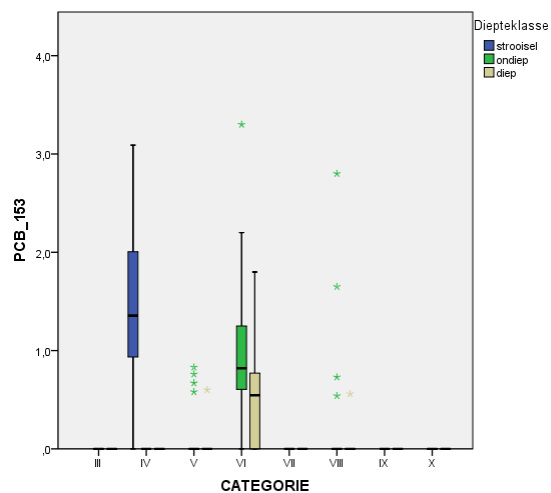
Figuur B12.31 PCB101-concentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



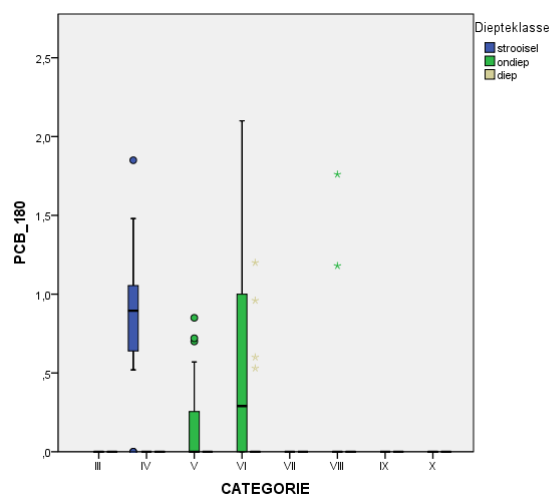
Figuur B12.32 PCB118-concentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



Figuur B12.33 PCB138-concentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



Figuur B12.34 PCB153-concentratie (µg/kg) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).



Figuur B12.35 PCB180-concentratie ($\mu\text{g/kg}$) in de bodem per categorie en voor de verschillende bodemlagen in de derde LMB-meetronde (2006-2010).

Bijlage 13 Resultaten Trendanalyse

Onderstaande tabellen geven de gemiddelde verandering per categorie per bodemlaag weer. De tabellen bevatten de volgende informatie:

- N: aantal veranderingen ofwel aantal bedrijvenparen;
- Verandering: gemiddelde verandering in de tijd tussen ronde 1 en ronde 3;
- Kans: kans op toeval van de gevonden gemiddelde verandering indien er geen verandering is: * < 0.05; ** < 0.01; *** < 0.001; **** < 0.0001;
- **Geel**: significante afname van de concentratie;
- **Groen**: significante toename van de concentratie.

Categorie I – grasland/maïs met melkveehouderij lage veedichtheid op zand

ondiep				cat. I	diep			
parameter	N	verandering	kans		parameter	N	verandering	kans
CaCO ₃					CaCO ₃			
pH KCl (-)	14	0,14			pH KCl (-)	14	0,10	
pH H ₂ O (-)	14	-0,13	*		pH H ₂ O (-)	14	-0,20	*
CEC (cmol+/kg)	14	1,37			CEC (cmol+/kg)	14	0,39	
Cu (mg/kg)	14	0,63			Cu (mg/kg)	14	0,86	
Zn (mg/kg)	14	8,88			Zn (mg/kg)	14	2,64	
Cr (mg/kg)	14	9,58	****		Cr (mg/kg)	14	12,14	****
P-totaal (mg/kg)					P-totaal (mg/kg)	14	-261,43	***
Cu (mg/kg) - predicted values					Cu (mg/kg) - predicted values			
Zn (mg/kg) - predicted values	14	6,70			Zn (mg/kg) - predicted values	14	1,40	
Cr (mg/kg) - predicted values	14	3,09			Cr (mg/kg) - predicted values	14	5,42	*
Hg (mg/kg)					Hg (mg/kg)	14		
organisch stof (%)	14	-1,03			organisch stof (%)	14	-0,42	
lutum (%)	14	0,36			lutum (%)	14	0,14	
Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	14	-8,83	***		Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	14	0,27	
P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	14	37,24	****		P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	14	19,86	***

Categorie II – grasland/maïs met melkveehouderij hoge veedichtheid op zand

				<i>cat.</i> <i>II</i>				
		<i>ondiep</i>					<i>diep</i>	
parameter	N	verandering	kans		parameter	N	verandering	kans
CaCO ₃					CaCO ₃			
pH KCl (-)	7	0,14			pH KCl (-)	6	-0,20	
pH H ₂ O (-)	7	-3,93E-03			pH H ₂ O (-)	6	-0,43	*
CEC (cmol+/kg)	7	1,98	*		CEC (cmol+/kg)	6	-0,98	
Cu (mg/kg)	7	4,27			Cu (mg/kg)			
Zn (mg/kg)	7	10,54			Zn (mg/kg)	6	8,08	
Cr (mg/kg)	7	14,07	***		Cr (mg/kg)	6	4,02	***
P-totaal (mg/kg)					P-totaal (mg/kg)	6	-217,00	**
Cu (mg/kg) - predicted values					Cu (mg/kg) - predicted values			
Zn (mg/kg) - predicted values	7	7,67			Zn (mg/kg) - predicted values	6	5,14	
Cr (mg/kg) - predicted values	7	9,00	*		Cr (mg/kg) - predicted values	6	-1,32	
Hg (mg/kg)					Hg (mg/kg)			
organisch stof (%)	7	0,18			organisch stof (%)	6	-0,21	
lutum (%)	7	0,76			lutum (%)	6	0,35	
Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	7	-7,94	*		Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	6	1,63	
P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	7	34,92	***		P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	6	9,22	

Categorie III – grasland/maïs met melkveehouderij met intensieve veehouderij op zand

				<i>cat.</i> <i>III</i>				
		<i>ondiep</i>					<i>diep</i>	
parameter	N	verandering	kans		parameter	N	verandering	kans
CaCO ₃					CaCO ₃			
pH KCl (-)	14	-0,21	**		pH KCl (-)	14	0,17	
pH H ₂ O (-)	14	-0,22	**		pH H ₂ O (-)	14	-0,28	*
CEC (cmol+/kg)	14	-0,25			CEC (cmol+/kg)	14	-0,84	
Cu (mg/kg)	14	0,37			Cu (mg/kg)	14	-0,72	
Zn (mg/kg)	14	0,58			Zn (mg/kg)	14	-2,39	
Cr (mg/kg)	14	4,23	*		Cr (mg/kg)	14	10,02	***
P-totaal (mg/kg)					P-totaal (mg/kg)			
Cu (mg/kg) - predicted values	14	2,48	***		Cu (mg/kg) - predicted values	14	-0,16	
Zn (mg/kg) - predicted values	14	-2,64	*		Zn (mg/kg) - predicted values	14	-2,51	
Cr (mg/kg) - predicted values	14	-0,71			Cr (mg/kg) - predicted values	14	5,79	**
Hg (mg/kg)	14	0,01	**		Hg (mg/kg)	14	0,02	***
organisch stof (%)	14	0,10			organisch stof (%)	14	-0,62	
lutum (%)	14	-0,71	*		lutum (%)	14	-1,13	***
Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	14	-8,90			Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	14	-13,37	**
P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	14	20,93	****		P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)		-5,93	

Categorie IV – bos op zand

ondiep				cat. IV	strooisel			
parameter	N	verandering	kans		parameter	N	verandering	kans
CaCO ₃					CaCO ₃			
pH KCl (-)	20	0,09	*		pH KCl (-)	20	-0,07	
pH H ₂ O (-)	20	0,29	****		pH H ₂ O (-)	20	0,47	****
CEC (cmol+/kg)	20	-0,14			CEC (cmol+/kg)			
Cu (mg/kg)	20	0,28			Cu (mg/kg)			
Zn (mg/kg)	20	-1,18			Zn (mg/kg)			
Cr (mg/kg)	20	5,34	***		Cr (mg/kg)			
P-totaal (mg/kg)	20	205,48	****		P-totaal (mg/kg)			
Cu (mg/kg) - predicted values	20	0,68			Cu (mg/kg) - predicted values			
Zn (mg/kg) - predicted values	15	-1,58			Zn (mg/kg) - predicted values			
Cr (mg/kg) - predicted values	20	1,24			Cr (mg/kg) - predicted values			
Hg (mg/kg)	20	0,06			Hg (mg/kg)			
organisch stof (%)	20	-1,07	*		organisch stof (%)	20	2,58	
lutum (%)	20	0,02			lutum (%)			
Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	20	-0,71			Pw (mgP ₂ O ₅ /l)			
P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	20	1,63	***		P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)			

<i>cat. IV</i>				<i>grondwater</i>
parameter	N	verandering	kans	
Cl	18	-6,15	*	
NO ₃	18	-10,24	*	
ortho-P	18	-0,17	****	
P-totaal	18	-0,07	***	
NH ₄	18	0,03		
SO ₄	18	-32,41	****	
K	18	-0,46	**	
Ca	18	-5,24	*	
Mg	18	-0,99	**	
Na	18	-3,49	**	
Fe	18	0,68		
Mn	18	-0,05		
Al	18	-3,80	****	
Ba	18	0,03		
Sr	18	-0,02	**	
DOC	18	0,95		
Cd	18	-1,27		
Pb	18	-0,63	*	
Cr	18	0,48	*	
Cu	18	-1,33		
Zn	18	-172,18	**	
As	18	0,30		
Ni	18	-6,58		

Categorie V – bouwland, akkerbouw op zand

				<i>cat. V</i>				
	<i>ondiep</i>					<i>diep</i>		
parameter	N	verandering	kans		parameter	N	verandering	kans
CaCO ₃					CaCO ₃			
pH KCl (-)	15	0,06			pH KCl (-)	15	0,26	*
pH H ₂ O (-)	15	-0,32	***		pH H ₂ O (-)	15	0,13	
CEC (cmol+/kg)					CEC (cmol+/kg)			
Cu (mg/kg)	15	-4,13	**		Cu (mg/kg)	15	0,66	
Zn (mg/kg)	15	-6,27	*		Zn (mg/kg)	15	0,25	
Cr (mg/kg)	15	4,46	**		Cr (mg/kg)	15	5,86	**
P-totaal (mg/kg)					P-totaal (mg/kg)	15	75,83	*
Cu (mg/kg) - predicted values	12	-1,33			Cu (mg/kg) - predicted values	3	5,22	
Zn (mg/kg) - predicted values	7	-5,34			Zn (mg/kg) - predicted values			
Cr (mg/kg) - predicted values					Cr (mg/kg) - predicted values			
Hg (mg/kg)					Hg (mg/kg)			
organisch stof (%)	15	3,17	**		organisch stof (%)	15	4,01	*
lutum (%)	15	0,25			lutum (%)	15	0,31	
Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	15	-31,15	****		Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	15	-9,97	*
P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	15	9,84	**		P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	15	10,24	**

<i>cat. V</i>	<i>grondwater</i>		
parameter	N	verandering	kans
Cl	15	8,87	*
NO ₃	15	12,23	
ortho-P	15	-0,07	**
P-totaal	15	-1,35	****
NH ₄	15	0,54	*
SO ₄			
K	15	1,05	
Ca	15	6,09	*
Mg	15	0,90	
Na	15	-0,29	
Fe	15	0,35	
Mn	15	0,05	
Al	15	-0,51	*
Ba	15	0,01	*
Sr	15	0,02	
DOC	15	4,16	
Cd	15	-0,07	***
Pb	15	-0,35	
Cr	15	0,04	
Cu	15	-1,54	
Zn	15	21,05	
As	15	4,42	*
Ni	15	-0,91	

Categorie VI – grasland met melkveehouderij op veen

				<i>cat.</i> VI				
<i>ondiep</i>					<i>diep</i>			
parameter	N	verandering	kans		parameter	N	verandering	kans
CaCO ₃					CaCO ₃			
pH KCl (-)	15	0,09			pH KCl (-)	15	0,23	
pH H ₂ O (-)	15	-0,31	**		pH H ₂ O (-)	15	0,13	
CEC (cmol+/kg)					CEC (cmol+/kg)			
Cu (mg/kg)	15	-3,64	*		Cu (mg/kg)	15	4,60	
Zn (mg/kg)	15	-7,35	*		Zn (mg/kg)	15	20,26	**
Cr (mg/kg)	15	1,76			Cr (mg/kg)	15	6,97	
P-totaal (mg/kg)					P-totaal (mg/kg)	15	454,82	***
Cu (mg/kg) - predicted values	14	-1,16			Cu (mg/kg) - predicted values	14	7,57	*
Zn (mg/kg) - predicted values	15	-15,35	***		Zn (mg/kg) - predicted values	14	15,79	**
Cr (mg/kg) - predicted values					Cr (mg/kg) - predicted values			
Hg (mg/kg)					Hg (mg/kg)			
organisch stof (%)	15	2,57	**		organisch stof (%)	15	-3,89	
lutum (%)	15	2,85	*		lutum (%)	15	1,09	
Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	15	-13,60	****		Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	15	-3,55	*
P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	15	1,73			P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	15	7,06	

cat. VI**grondwater**

parameter	N	verandering	kans
Cl	15	-3,76	
NO ₃	15	-13,01	**
ortho-P	15	-1,06	****
P-totaal	15	0,10	
NH ₄	15	5,94	*
SO ₄	15	-112,12	**
K	15	-0,75	
Ca	15	-16,82	
Mg	15	-2,84	
Na	15	-2,09	
Fe	15	-1,49	
Mn	15	-0,20	
Al	15	-0,23	
Ba	15	0,01	
Sr	15	-0,05	
DOC	15	13,49	**
Cd	15	-0,01	
Pb	15	-6,59	***
Cr	15	0,53	
Cu	15	-12,74	
Zn	15	-18,66	***
As	15	1,90	**
Ni	15	-1,60	*

Categorie VII – bouwland met akkerbouw op zeelei

				cat. VII				
Ondiep					diep			
parameter	N	verandering	kans		parameter	N	verandering	kans
CaCO ₃	13	-9,31	****		CaCO ₃	13	-8,24	***
pH KCl (-)	13	-0,27	**		pH KCl (-)	13	0,03	
pH H ₂ O (-)	13	-0,57	****		pH H ₂ O (-)	13	-0,13	
CEC (cmol+/kg)	13	12,93	****		CEC (cmol+/kg)	13	10,59	***
Cu (mg/kg)	13	-3,89	**		Cu (mg/kg)	13	-0,84	
Zn (mg/kg)	13	-1,85			Zn (mg/kg)	13	-2,23	
Cr (mg/kg)	13	9,63	**		Cr (mg/kg)	13	14,57	****
P-totaal (mg/kg)					P-totaal (mg/kg)	13	16,38	
Cu (mg/kg) - predicted values	2	0,19			Cu (mg/kg) - predicted values	13	0,61	
Zn (mg/kg) - predicted values	13	-5,52	*		Zn (mg/kg) - predicted values	13	-5,46	
Cr (mg/kg) - predicted values					Cr (mg/kg) - predicted values	13	13,16	***
Hg (mg/kg)					Hg (mg/kg)			
organisch stof (%)	13	0,69			organisch stof (%)	13	0,92	****
lutum (%)	13	-6,06	****		lutum (%)	13	3,29	**
Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	13	-29,46	****		Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	13	-10,80	****
P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	13	5,24			P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	13	19,87	***

Categorie VIII – grasland met melkveehouderij op rivierklei

				cat. VIII				
ondiep					diep			
parameter	N	verandering	kans		parameter	N	verandering	kans
CaCO ₃	18	1,39	****		CaCO ₃	18	1,47	****
pH KCl (-)	18	-0,20			pH KCl (-)	18	0,39	*
pH H ₂ O (-)	18	-0,42	***		pH H ₂ O (-)	18	0,17	
CEC (cmol+/kg)	18	-1,15	*		CEC (cmol+/kg)	18	-5,09	****
Cu (mg/kg)	18	-1,79			Cu (mg/kg)	18	-1,92	
Zn (mg/kg)	18	-14,62			Zn (mg/kg)	18	-7,72	
Cr (mg/kg)	18	2,93			Cr (mg/kg)	18	14,08	****
P-totaal (mg/kg)					P-totaal (mg/kg)	18	54,39	
Cu (mg/kg) - predicted values	18	1,00			Cu (mg/kg) - predicted values	18	0,73	
Zn (mg/kg) - predicted values	18	-24,95			Zn (mg/kg) - predicted values	18	-15,93	
Cr (mg/kg) - predicted values					Cr (mg/kg) - predicted values	18	18,01	****
Hg (mg/kg)					Hg (mg/kg)			
organisch stof (%)	18	2,10	***		organisch stof (%)	18	2,15	****
lutum (%)	18	1,27			lutum (%)	18	-3,98	**
Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	18	-29,95	****		Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	18	0,10	
P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	18	20,65	****		P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	18	6,97	**

Categorie IX – grasland met melkveehouderij op zeelei

				<i>cat. IX</i>				
<i>ondiep</i>					<i>diep</i>			
parameter	N	verandering	kans		parameter	N	verandering	kans
CaCO ₃	15	1,05	****		CaCO ₃	15	0,43	
pH KCl (-)	15	-0,03			pH KCl (-)	15	-0,32	**
pH H ₂ O (-)	15	-0,67	****		pH H ₂ O (-)	15	-1,18	****
CEC (cmol+/kg)	15	10,09	****		CEC (cmol+/kg)	15	11,91	****
Cu (mg/kg)	15	1,02			Cu (mg/kg)	15	-1,00	
Zn (mg/kg)	15	-1,19			Zn (mg/kg)	15	-1,71	
Cr (mg/kg)	15	8,32	**		Cr (mg/kg)	15	9,17	**
P-totaal (mg/kg)					P-totaal (mg/kg)	15	206,47	***
Cu (mg/kg) - predicted values		1,07			Cu (mg/kg) - predicted values	15	-0,72	
Zn (mg/kg) - predicted values	15	-6,83	*		Zn (mg/kg) - predicted values	15	-6,37	**
Cr (mg/kg) - predicted values	15	3,41			Cr (mg/kg) - predicted values	15	4,16	
Hg (mg/kg)					Hg (mg/kg)			
organisch stof (%)	15	2,34	**		organisch stof (%)	15	1,94	****
lutum (%)	15	-3,04			lutum (%)	15	-6,56	
Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	15	7,20			Pw (mgP ₂ O ₅ /l)	15	2,18	
P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	15	39,20	****		P-Al (mgP ₂ O ₅ /100g)	15	16,98	***

cat. IX***grondwater***

parameter	N	verandering	kans
Cl	15	-403,82	
NO ₃	15	-7,77	
ortho-P	15	-1,01	
P-totaal	15	4,08E-03	
NH ₄	15	-2,08	
SO ₄	15	-121,79	*
K	15	-7,00	*
Ca	15	-33,42	
Mg	15	-27,92	
Na	15	-240,29	*
Fe	15	-0,46	
Mn	15	-0,71	**
Al	15	-0,05	**
Ba	15	-0,03	*
DOC	15	-0,10	
Cd	15	-0,01	
Pb	15	-1,11	
Cr	15	-0,20	
Cu	15	-0,67	
Zn	15	1,47	
As	15	5,93	**
Ni	15	-0,35	

Bijlage 14 De formules voor de power berekening

Stel dat $X_1, \dots, X_{n_1}$ en $Y_1, \dots, Y_{n_2}$ de logaritmes zijn van een concentratie van een metaal in 'jaar 1' en 'jaar 2', respectievelijk. Stel dat het eerst m paren van X_j s en Y_j s, namelijk $(X_1, Y_1), \dots, (X_m, Y_m)$, de **observaties/meetresultaten zijn die op dezelfde landbouwbedrijven zijn gedaan** en dat we ze beschouwen als een willekeurig ('random') monster van m onafhankelijke kansvectoren met dezelfde covariantie $\rho \sigma_1 \sigma_2$. Neem tenslotte aan dat de overblijvende sets van kansvariabelen, $X_{m+1}, \dots, X_{n_1}$ en $Y_{m+1}, \dots, Y_{n_2}$, die de metingen vertegenwoordigen die verkregen zijn op verschillende landbouwbedrijfslocaties, onafhankelijk zijn van elkaar en ook onafhankelijk zijn van $(X_1, Y_1), \dots, (X_m, Y_m)$.

Uiteindelijk willen we betrouwbaarheidsintervallen vinden voor $\Delta := \mu_1 - \mu_2$ door te testen of $\Delta = 0$, en de kans te berekenen dat we aan kunnen tonen dat $\Delta \neq 0$ ('power'). Deze berekeningen zullen gebaseerd worden op benaderingen die afgeleid zijn van de 'centrale limietstelling'.

Uit analyses van de metaalconcentraties (zie hoofdstuk 4 en bijbehorende bijlagen) lijken de logaritmen van de metaalconcentraties ongeveer symmetrisch verdeeld te zijn (en bij benadering zelfs 'normaal'). Verder, uitgezet op de oorspronkelijke schaal, hebben de metaalconcentraties een standaarddeviatie die ruwweg lineair toeneemt met hun gemiddelde. Deze twee kenmerken suggereren dat de concentraties ongeveer log-normaal verdeeld zijn. Deze eigenschap biedt de mogelijkheid om een meer accurate benadering van de centrale limietstelling te geven dan wanneer we de data in hun oorspronkelijke schaal zouden verwerken. Dit vermelden we om toe te lichten waarom een deel van de formules gebaseerd is op log-concentraties.

Wanneer de logaritmen van de concentraties symmetrisch verdeeld zijn, is $\exp(-\Delta) := \exp(\mu_2) / \exp(\mu_1)$ **de ratio van de mediane concentratie in jaar 2 en de mediane concentratie in jaar 1** en, zoals beschreven in hoofdstuk 4, kunnen stellingen over Δ eenvoudig omgezet worden in stellingen over verhoudingsgewijze toename (of afname) in de mediane concentratie van jaar 1 naar jaar 2, en omgekeerd.

Om Δ te schatten, nemen we $\hat{\Delta} := \hat{\mu}_1 - \hat{\mu}_2$, waarbij $\hat{\mu}_1 = \bar{X}$ en $\hat{\mu}_2 = \bar{Y}$ de gemiddelden zijn van de monsters van de X_j s en Y_j s. We schrijven $f_1 = m/n_1$ en $f_2 = m/n_2$ voor de fracties van de 'kernbedrijven', namelijk de landbouwbedrijven die zowel bemonsterd zijn in jaar 1 en jaar 2, en

$$\bar{X}^{(1)} = m^{-1} \sum_{j=1}^m X_j, \quad \bar{X}^{(2)} = (n_1 - m)^{-1} \sum_{j=m+1}^{n_1} X_j,$$

$$\bar{Y}^{(1)} = m^{-1} \sum_{j=1}^m Y_j, \quad \bar{Y}^{(2)} = (n_2 - m)^{-1} \sum_{j=m+1}^{n_2} Y_j.$$

Terwijl $\bar{X}^{(1)}$ en $\bar{Y}^{(1)}$ gecorreleerd kunnen zijn (omdat ze gemiddelden zijn van m mogelijk gecorreleerde variabelen die corresponderen met metingen die gedaan zijn op dezelfde landbouwlocaties), zijn $\bar{X}^{(2)}$ en $\bar{Y}^{(2)}$ niet gecorreleerd. Aangezien

$$\hat{\Delta} = f_1 \bar{X}^{(1)} - f_2 \bar{Y}^{(1)} + (1 - f_1) \bar{X}^{(2)} - (1 - f_2) \bar{Y}^{(2)},$$

geldt dat

$$\begin{aligned} \text{Var}(\hat{\Delta}) &= f_1^2 \text{Var}(\bar{X}^{(1)}) + f_2^2 \text{Var}(\bar{Y}^{(1)}) - 2f_1 f_2 \text{Cov}(\bar{X}^{(1)}, \bar{Y}^{(1)}) + \\ &\quad (1 - f_1)^2 \text{Var}(\bar{X}^{(2)}) + (1 - f_2)^2 \text{Var}(\bar{Y}^{(2)}) \\ &= f_1^2 \frac{\sigma_1^2}{m} + f_2^2 \frac{\sigma_2^2}{m} - 2f_1 f_2 \frac{\rho \sigma_1 \sigma_2}{m} + \\ &\quad (1 - f_1)^2 \frac{\sigma_1^2}{n_1 - m} + (1 - f_2)^2 \frac{\sigma_2^2}{n_2 - m}. \end{aligned}$$

Deze variantie is afhankelijk van σ_1^2 , σ_2^2 en ρ , die alle geschat kunnen worden aan de hand van hun steekproeftegenhangers. Als we voor hun schatters de notatie $\hat{\sigma}_1^2$, $\hat{\sigma}_2^2$ en $\hat{\rho}$ gebruiken, dan volgt dat

$$\begin{aligned} \text{var}(\hat{\Delta}) &:= f_1^2 \frac{\hat{\sigma}_1^2}{m} + f_2^2 \frac{\hat{\sigma}_2^2}{m} - 2f_1 f_2 \frac{\hat{\rho} \hat{\sigma}_1 \hat{\sigma}_2}{m} + \\ &\quad (1 - f_1)^2 \frac{\hat{\sigma}_1^2}{n_1 - m} + (1 - f_2)^2 \frac{\hat{\sigma}_2^2}{n_2 - m} \end{aligned}$$

een consistente schatter is van $\text{Var}(\hat{\Delta})$. Daarnaast, onder niet al te strenge voorwaarden en op voorwaarden dat geen van m , n_1 en n_2 te klein is, geldt dat

$$S := \frac{\hat{\Delta} - \Delta}{\sqrt{\text{var}(\hat{\Delta})}}$$

bij benadering standaard normaal verdeeld is.

Hieruit volgt alles wat we nodig hebben om betrouwbaarheidsintervallen te krijgen, om de hypothese te testen dat $\Delta = 0$ en om de powerberekening uit te kunnen voeren. Zo wordt een betrouwbaarheidsinterval voor Δ met niveau 0.95 gegeven door

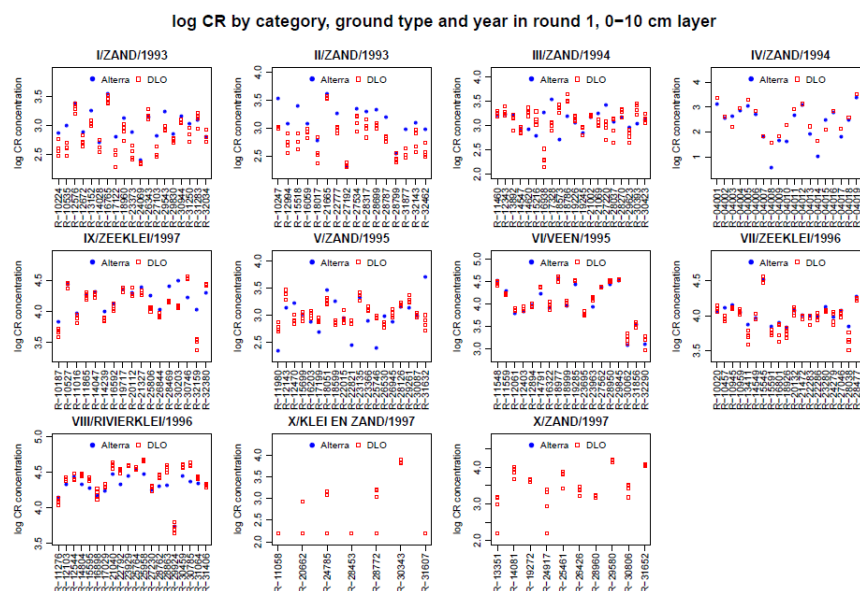
$$I_{\Delta} := \left[\hat{\Delta} - 1.96\sqrt{\text{var}(\hat{\Delta})}, \hat{\Delta} + 1.96\sqrt{\text{var}(\hat{\Delta})} \right].$$

Een test van de nulhypothese $\Delta = 0$ tegen $\Delta \neq 0$ met significantieniveau 0.05 bestaat uit het afwijzen van de nulhypothese indien, en alleen indien I_{Δ} niet 0 bevat. Tenslotte wordt de power om de nulhypothese af te wijzen bij een dergelijke test gegeven door

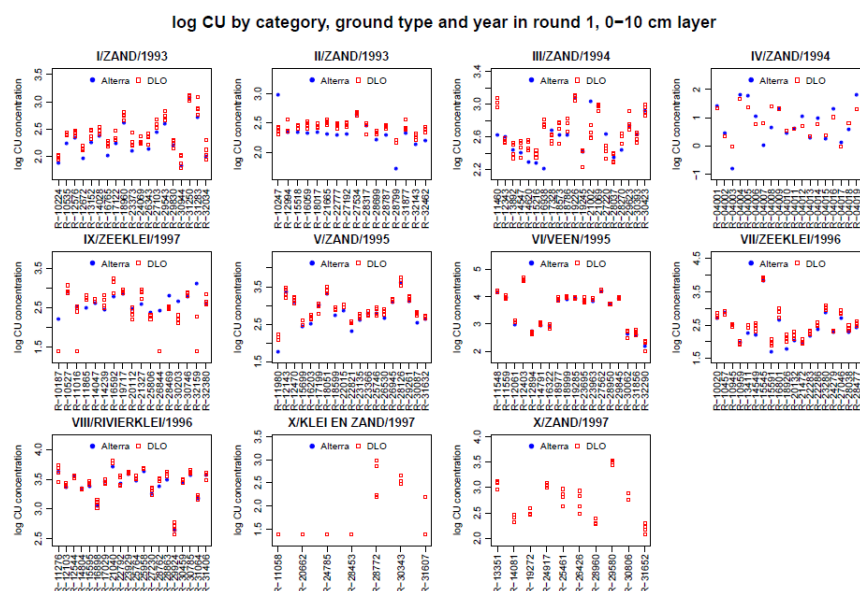
$$\begin{aligned} \pi &\equiv \pi(\Delta, m, n_1, n_2, \sigma_1, \sigma_2, \rho) := P(0 \notin I_{\Delta}) \\ &= P\left(\hat{\Delta} - 1.96\sqrt{\text{var} \hat{\Delta}} > 0\right) + P\left(\hat{\Delta} + 1.96\sqrt{\text{var} \hat{\Delta}} < 0\right) \\ &= P\left(\hat{\Delta} - \Delta > -\Delta + 1.96\sqrt{\text{var} \hat{\Delta}}\right) + P\left(\hat{\Delta} - \Delta < -\Delta - 1.96\sqrt{\text{var} \hat{\Delta}}\right) \\ &= P\left(\frac{\hat{\Delta} - \Delta}{\sqrt{\text{var} \hat{\Delta}}} > -\frac{\Delta}{\sqrt{\text{var} \hat{\Delta}}} + 1.96\right) + P\left(\frac{\hat{\Delta} - \Delta}{\sqrt{\text{var} \hat{\Delta}}} < -\frac{\Delta}{\sqrt{\text{var} \hat{\Delta}}} - 1.96\right) \\ &\approx 1 - \Phi\left(-\frac{\Delta}{\sqrt{\text{var} \hat{\Delta}}} + 1.96\right) + \Phi\left(-\frac{\Delta}{\sqrt{\text{var} \hat{\Delta}}} - 1.96\right), \end{aligned}$$

waarbij het teken Φ staat voor de standaard normale verdeling.

Bijlage 15 Karakterisering data ronde 1, laag 0-10 cm

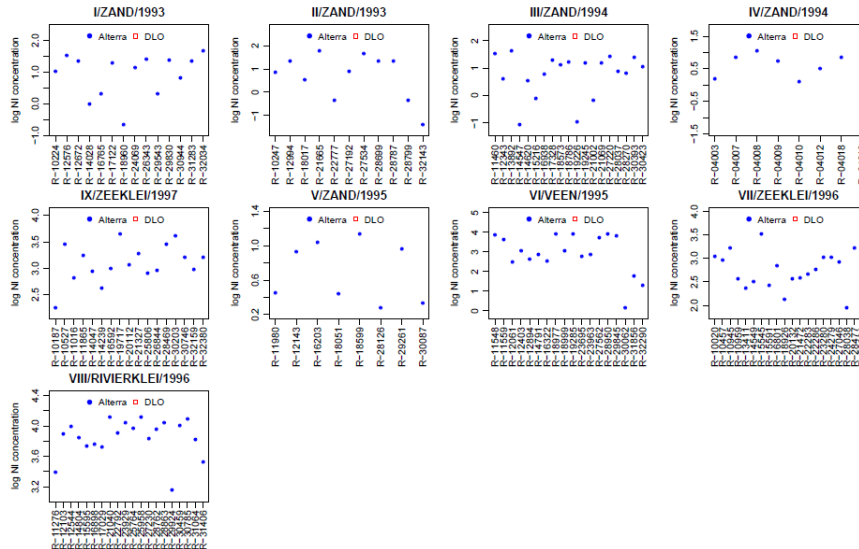


Figuur B15.1 log-chroomconcentraties van monsters uit ronde 1 laag 0-10 cm per categorie.



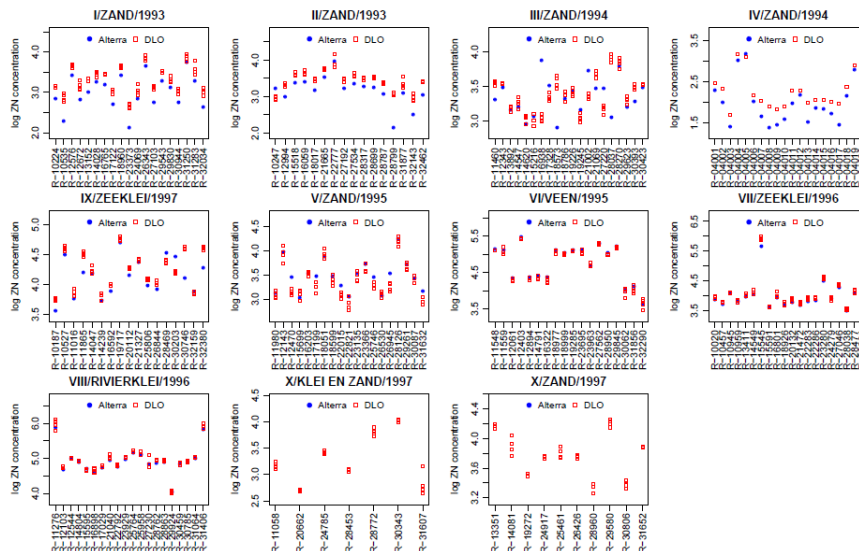
Figuur B15.2 log-koperconcentraties van monsters uit ronde 1 laag 0-10 cm per categorie.

log NI by category, ground type and year in round 1, 0–10 cm layer

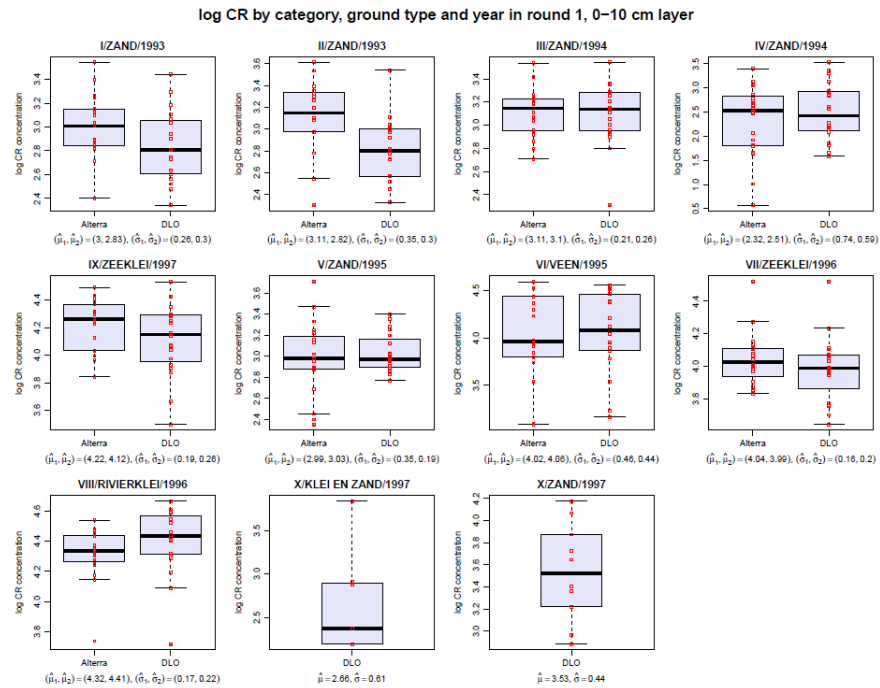


Figuur B15.3 log-nikkelconcentraties van monsters uit ronde 1 laag 0-10 cm per categorie.

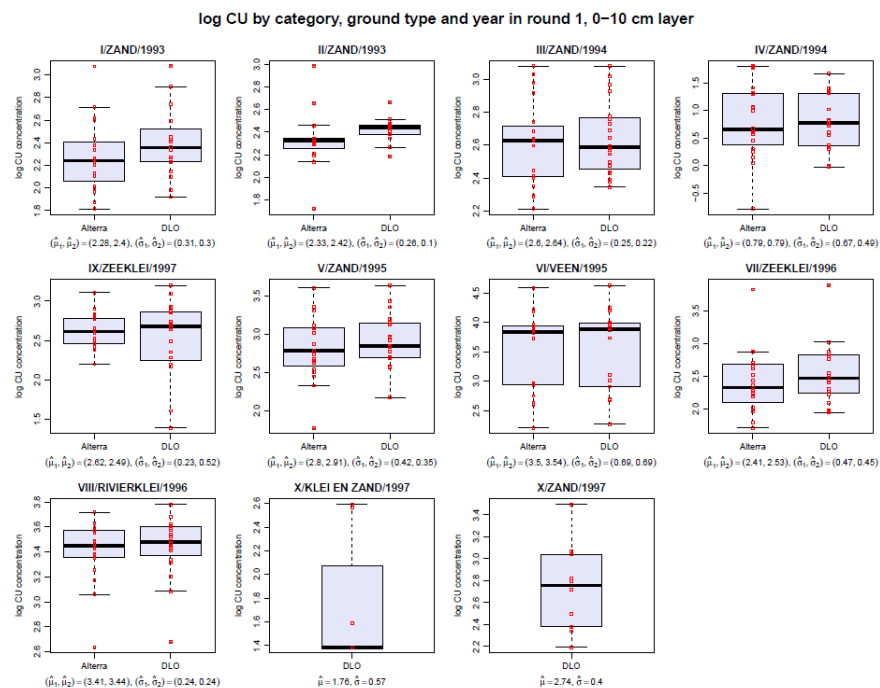
log ZN by category, ground type and year in round 1, 0–10 cm layer



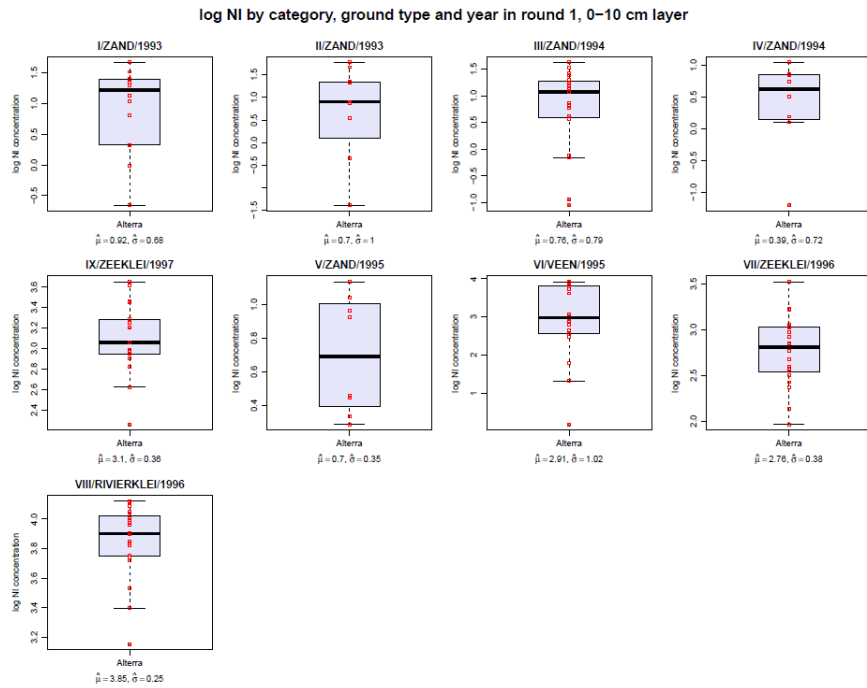
Figuur B15.4 log-zinkconcentraties van monsters uit ronde 1 laag 0-10 cm per categorie.



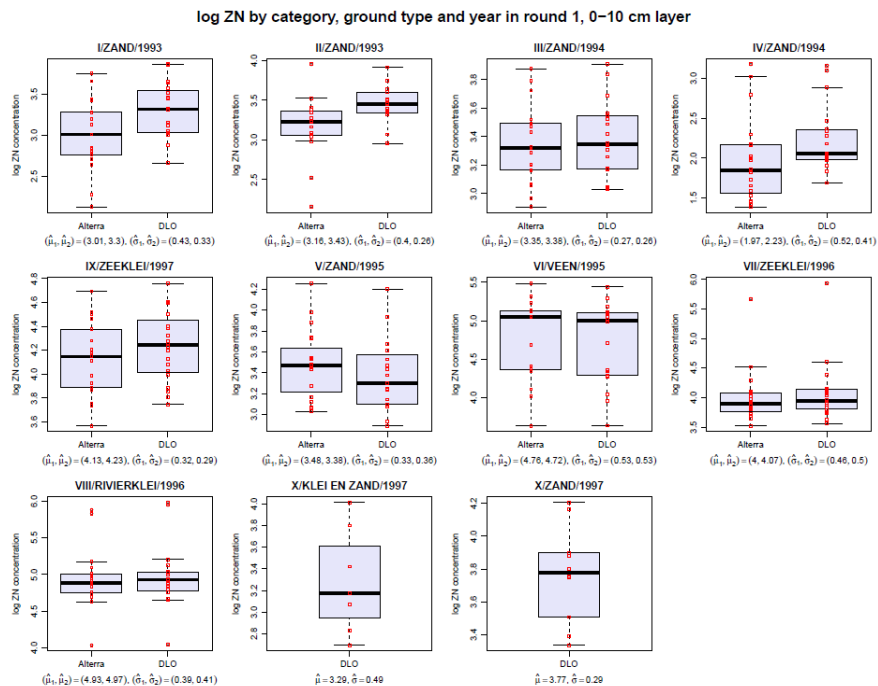
Figuur B15.5 Vergelijking van de verdelingen van DLO en Alterra voor chroom van ronde 1.



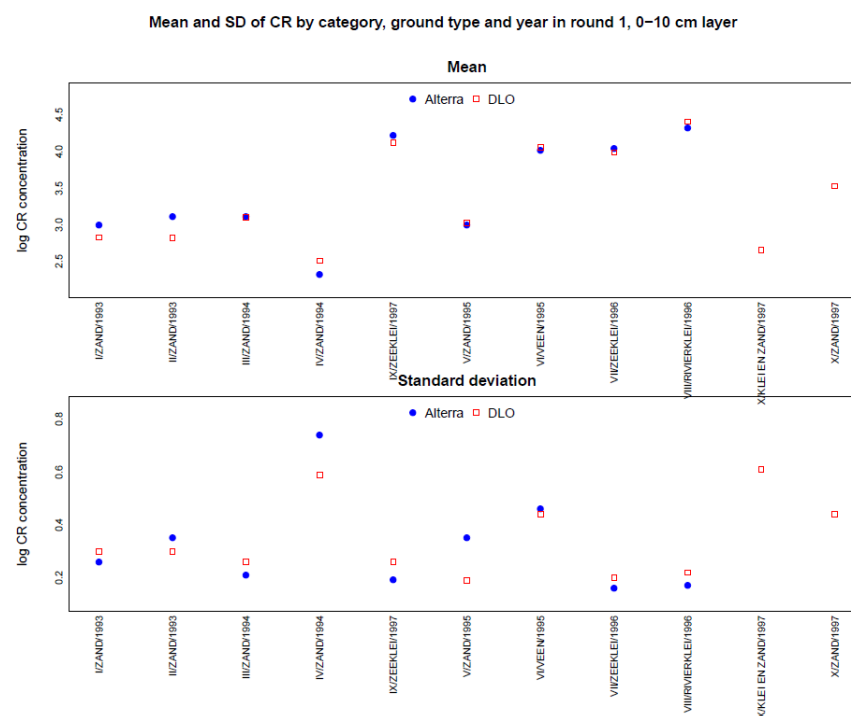
Figuur B15.6 Vergelijking van de verdelingen van DLO en Alterra voor koper van ronde 1.



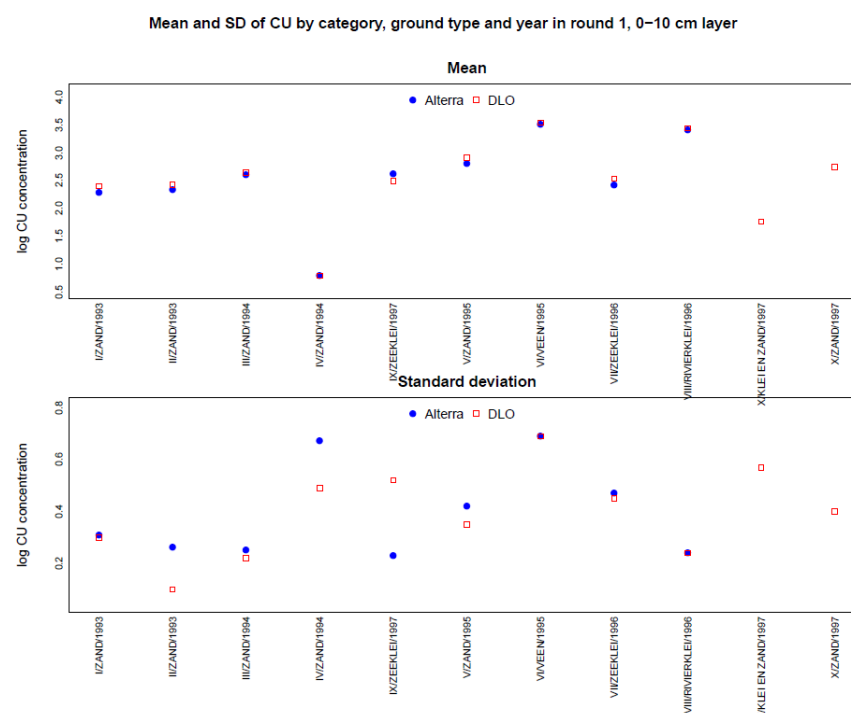
Figuur B15.7 Vergelijking van de verdelingen van DLO en Alterra voor nikkel van ronde 1.



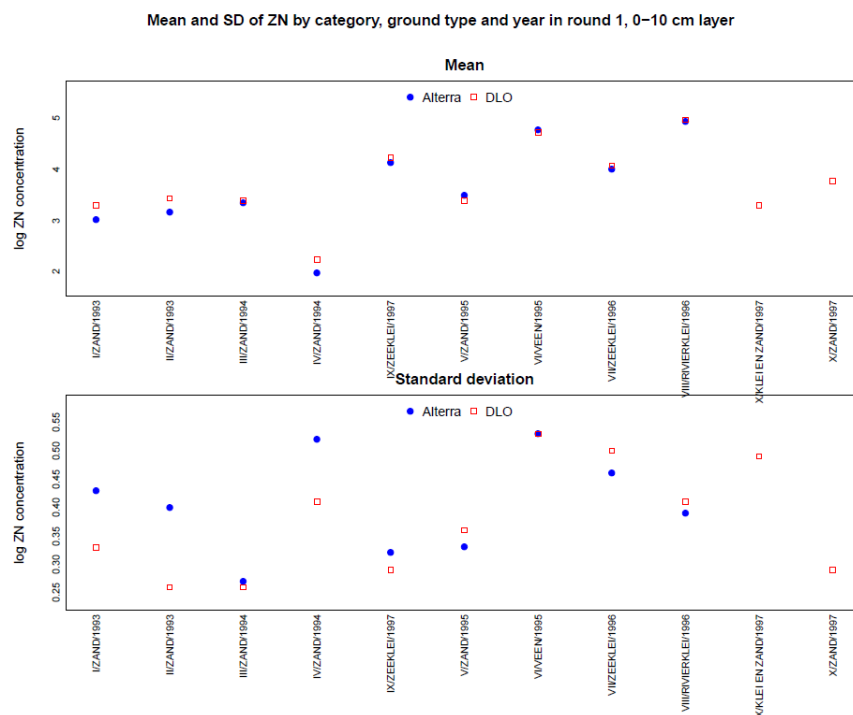
Figuur B15.8 Vergelijking van de verdelingen van DLO en Alterra voor zink van ronde 1.



Figuur B15.9 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor chroom.

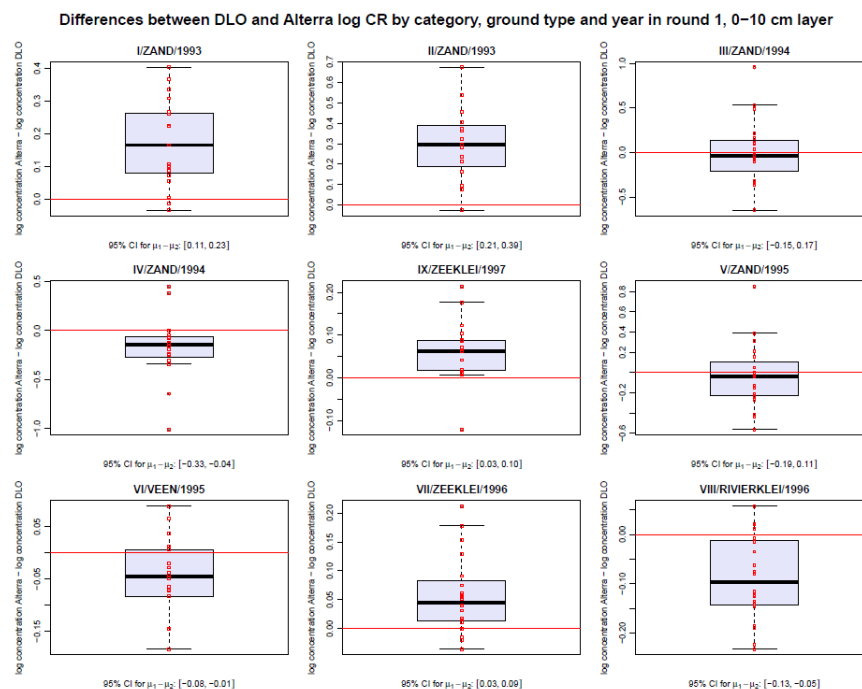


Figuur B15.10 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor koper.

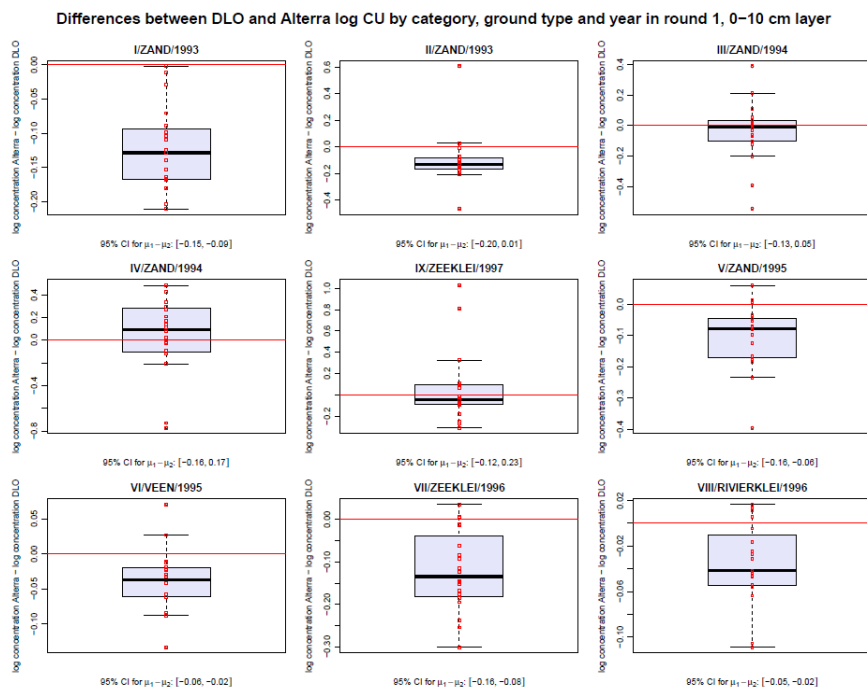


Figuur B15.11 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor zink.

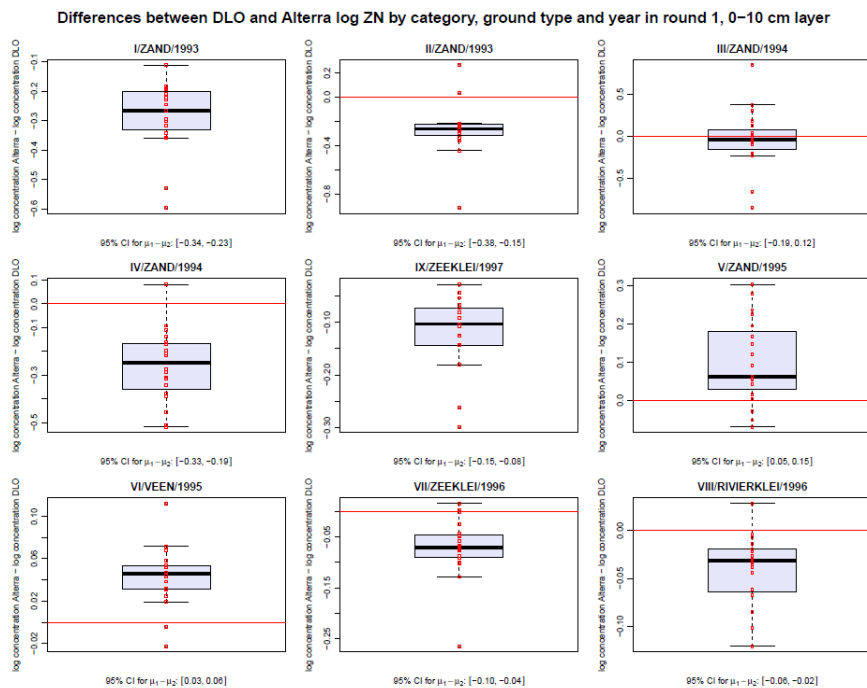
Bijlage 16 Schattingen en 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor de verschillen tussen gemiddelde log-concentraties (0-10 cm) van DLO (origineel) en Alterra (herhaling).



Figuur B16.1 Verschillen in gemiddelde log-concentratie chroom tussen DLO en Alterra uit ronde 1.

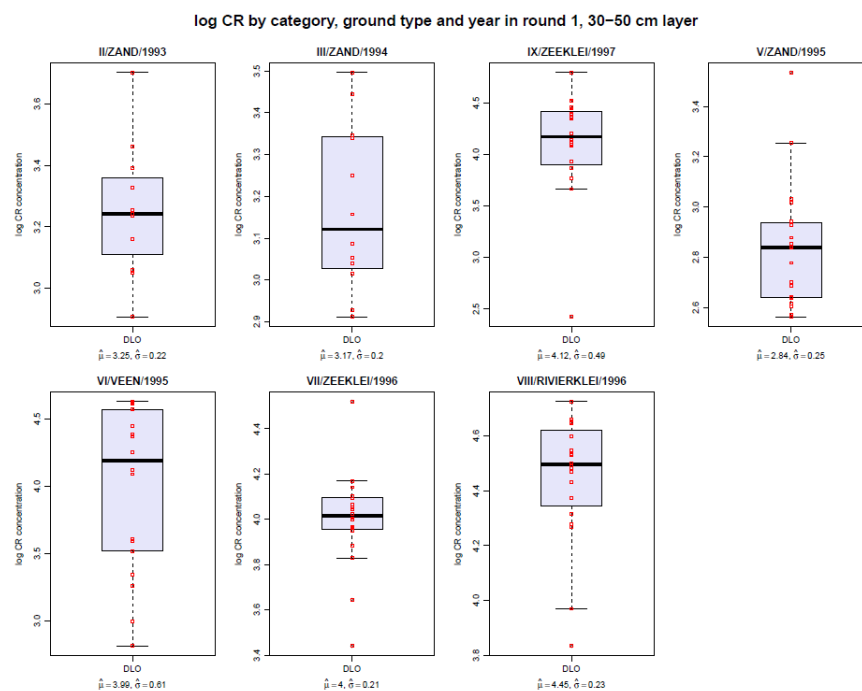


Figuur B16.2 Verschillen in gemiddelde log-concentratie koper tussen DLO en Alterra uit ronde 1.

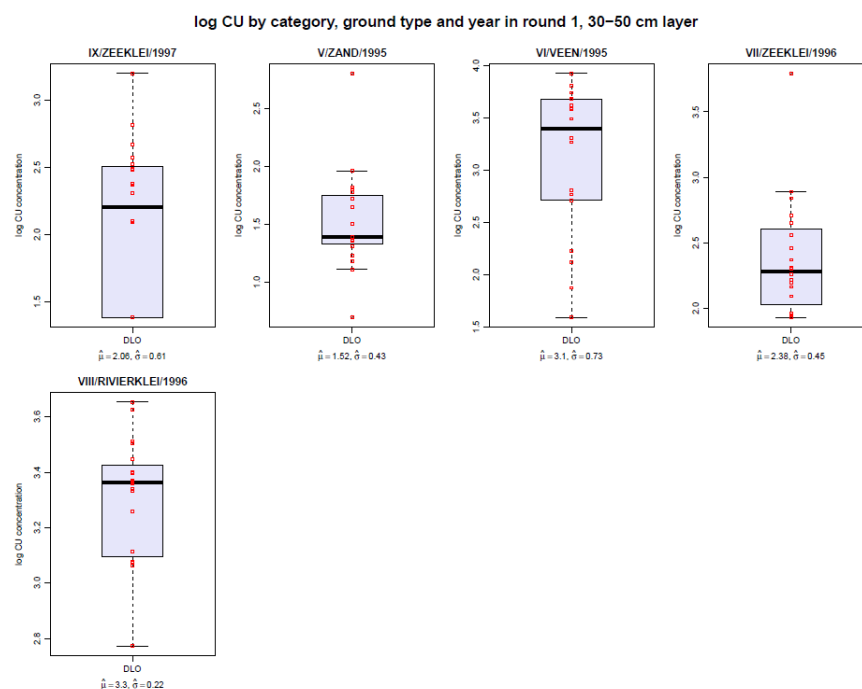


Figuur B16.3 Verschillen in gemiddelde log-concentratie zink tussen DLO en Alterra uit ronde 1.

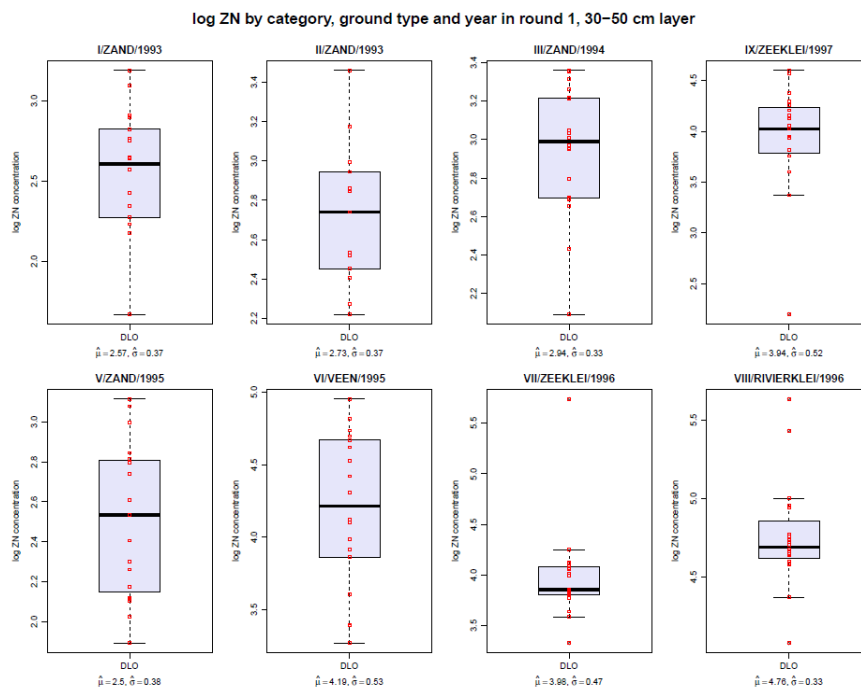
Bijlage 17 Karakterisering data ronde 1, laag 30-50 cm



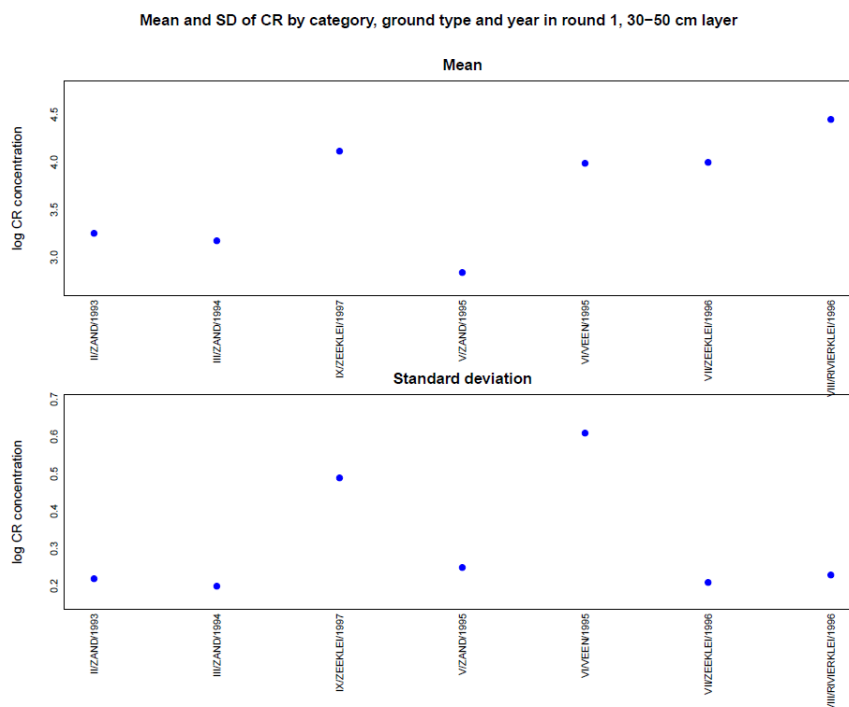
Figuur B17.1 Verdelingen en schattingen van gemiddelden en standaarddeviaties van de DLO log-concentraties chroom.



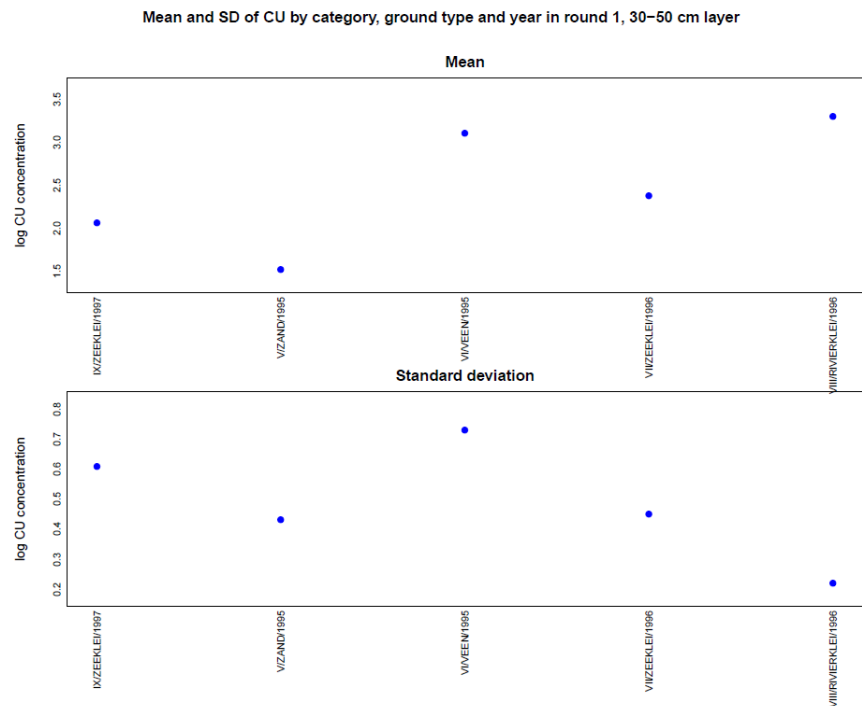
Figuur B17.2 Verdelingen en schattingen van gemiddelden en standaarddeviaties van de DLO log-concentraties koper.



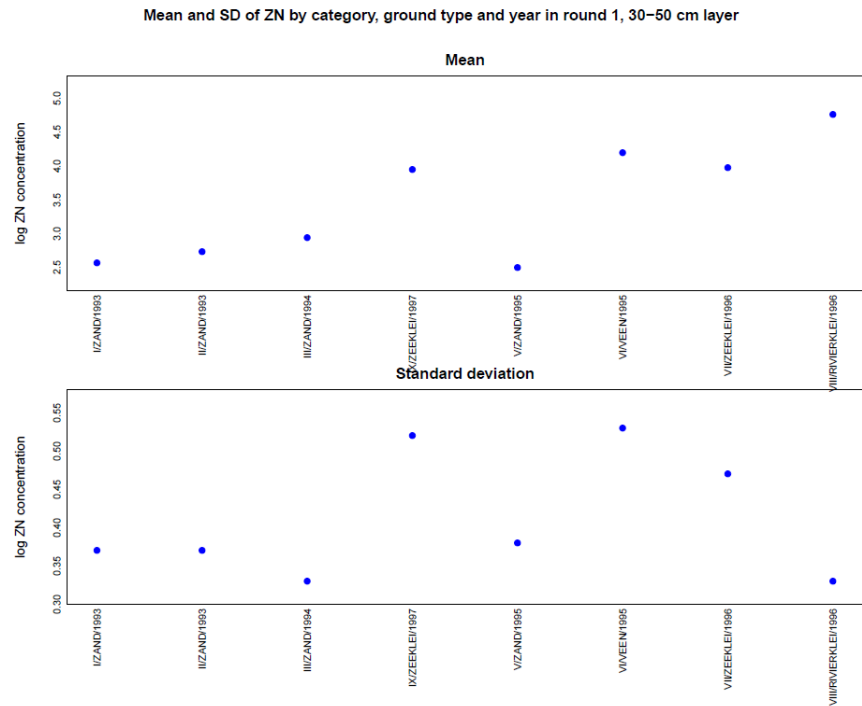
Figuur B17.3 Verdelingen en schattingen van gemiddelden en standaarddeviaties van de DLO log-concentraties zink.



Figuur B17.4 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor chroom.

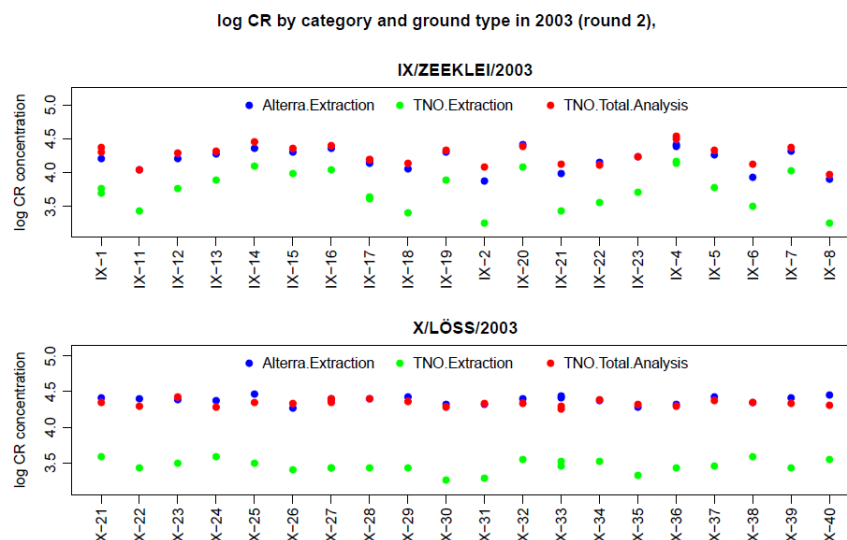


Figuur B17.5 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor koper.

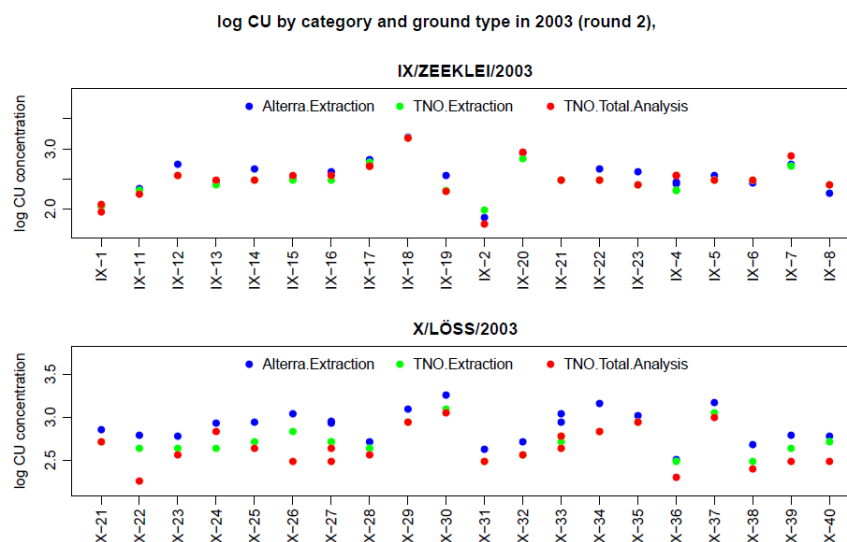


Figuur B17.6 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor zink.

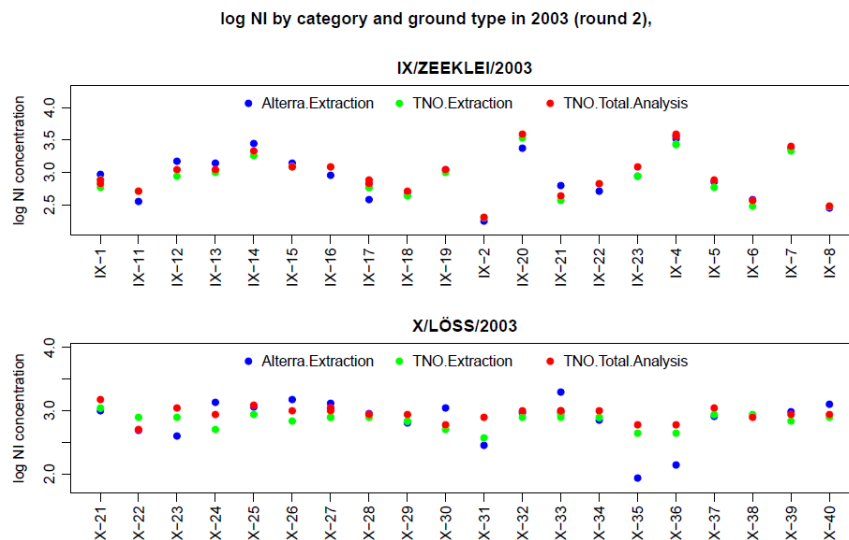
Bijlage 18 Karakteristieken dataset 2003 (ronde 2)



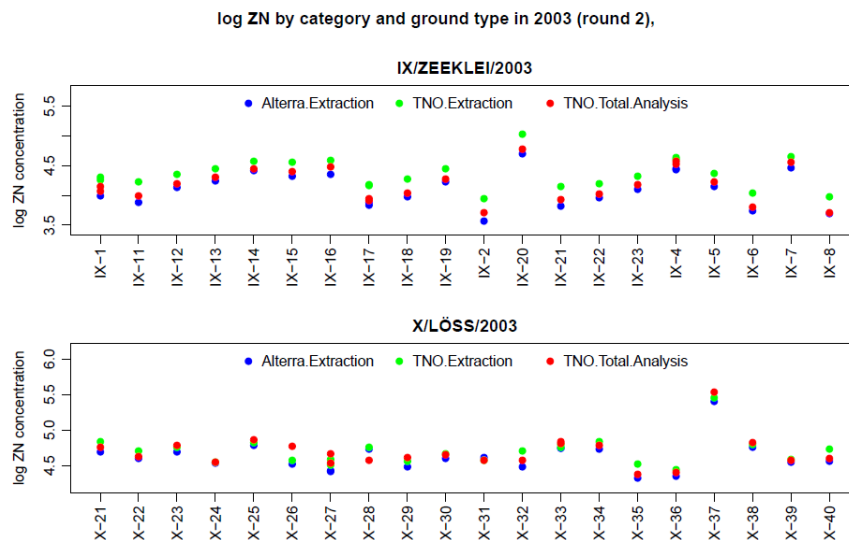
Figuur B18.1 Gemiddelden en standaarddeviaties van log-concentraties van de verschillende type metingen van chroomconcentratie uit 2003 in twee bedrijfscategorieën.



Figuur B18.2 Gemiddelden en standaarddeviaties van log-concentraties van de verschillende type metingen van koperconcentratie uit 2003 in twee bedrijfscategorieën.

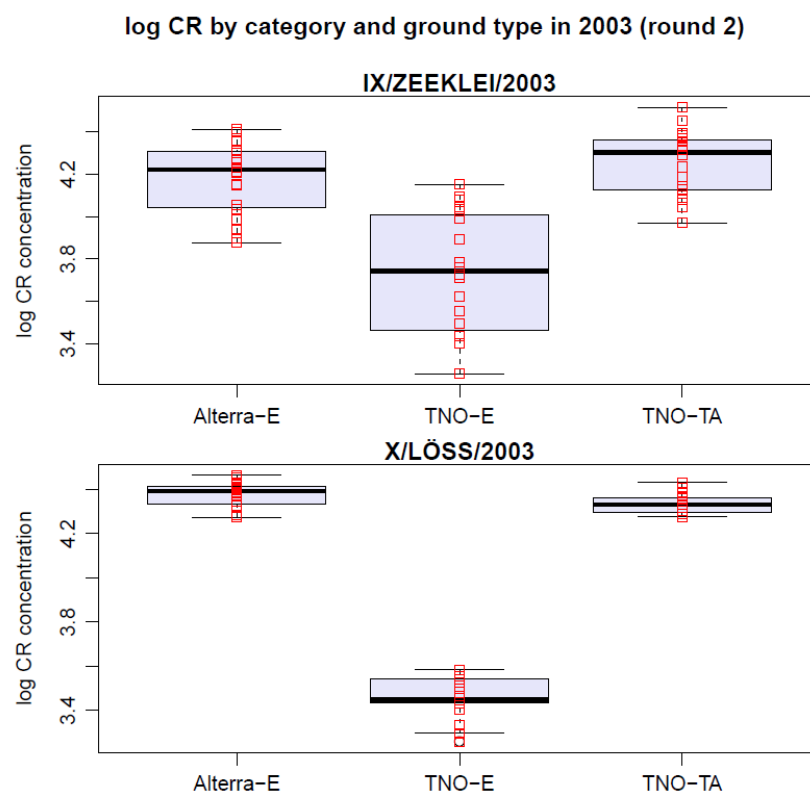


Figuur B18.3 Gemiddelden en standaarddeviaties van log-concentraties van de verschillende type metingen van nikkelconcentratie uit 2003 in twee bedrijfscategorieën.

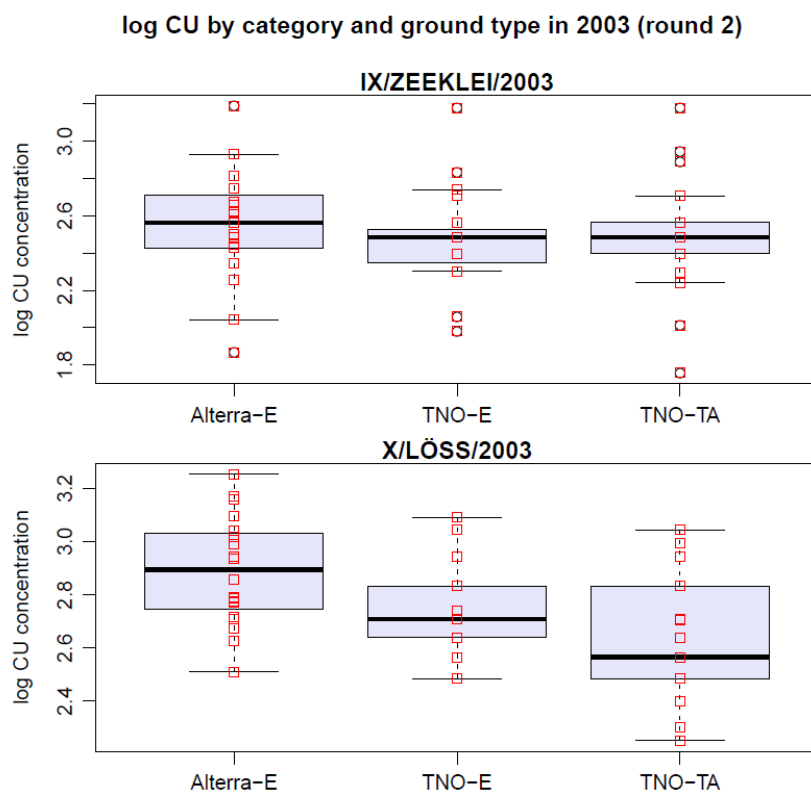


Figuur B18.4 Gemiddelden en standaarddeviaties van log-concentraties van de verschillende type metingen van zinkconcentratie uit 2003 in twee bedrijfscategorieën.

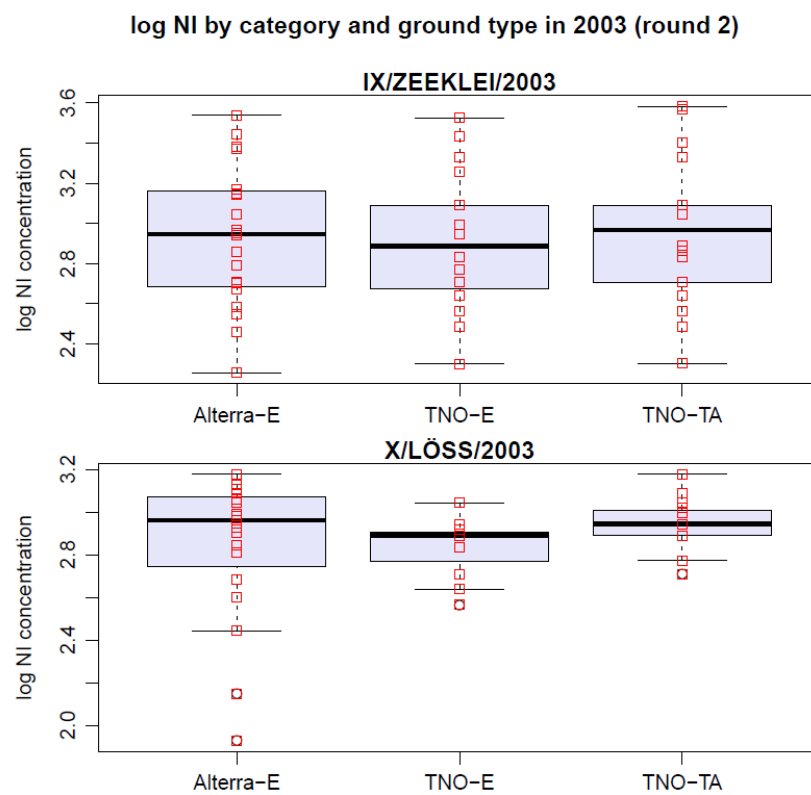
Bijlage 19 Karakteristieken dataset 2003: verdelingen en schattingen van gemiddelden en standaarddeviaties



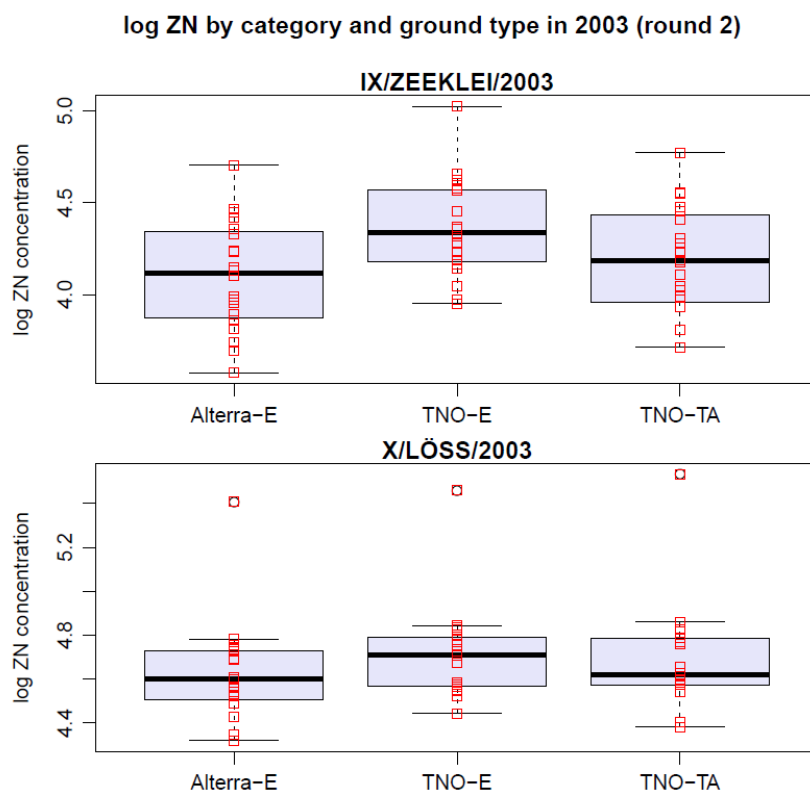
Figuur B19.1 Verdelingen van de log-concentraties van chroom gemeten door de drie methoden in 2003 binnen twee bedrijfscategorieën.



Figuur B19.2 Verdelingen van de log-concentraties van koper gemeten door de drie methoden in 2003 binnen twee bedrijfscategorieën.

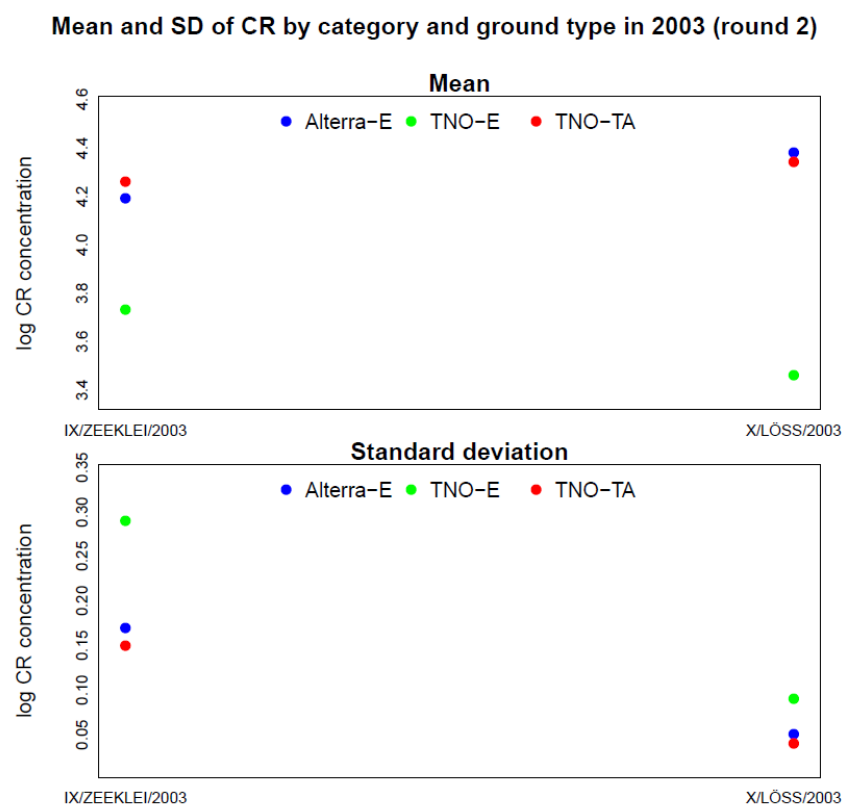


Figuur B19.3 Verdelingen van de log-concentraties van nikkel gemeten door de drie methoden in 2003 binnen twee bedrijfscategorieën.

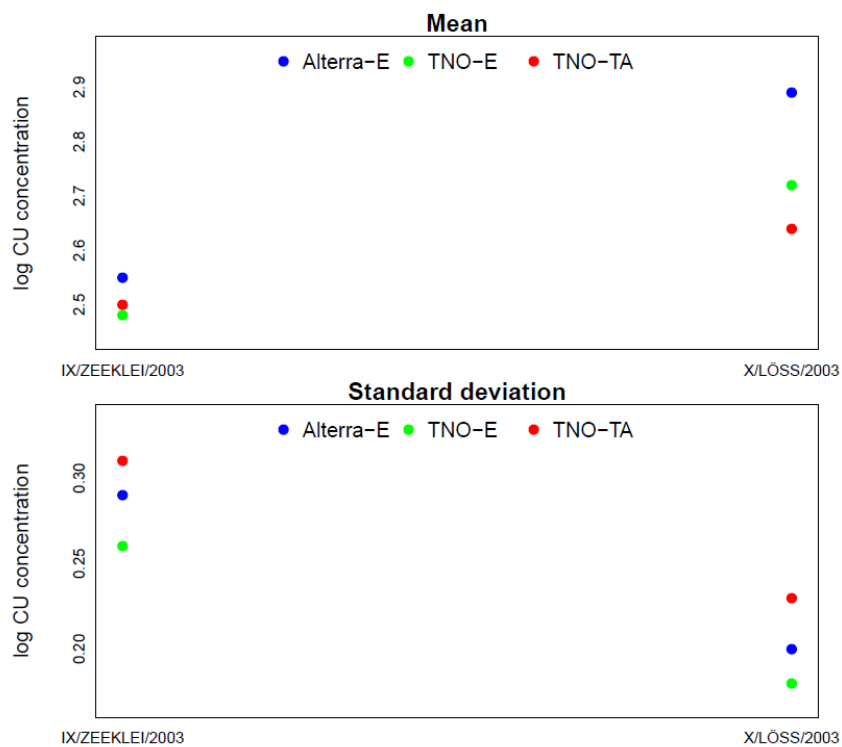


Figuur B19.4 Verdelingen van de log-concentraties van zink gemeten door de drie methoden in 2003 binnen twee bedrijfscategorieën.

Bijlage 20 Verdelingen van de verschillen tussen de drie verschillende combinaties van methode en analyserend laboratorium.

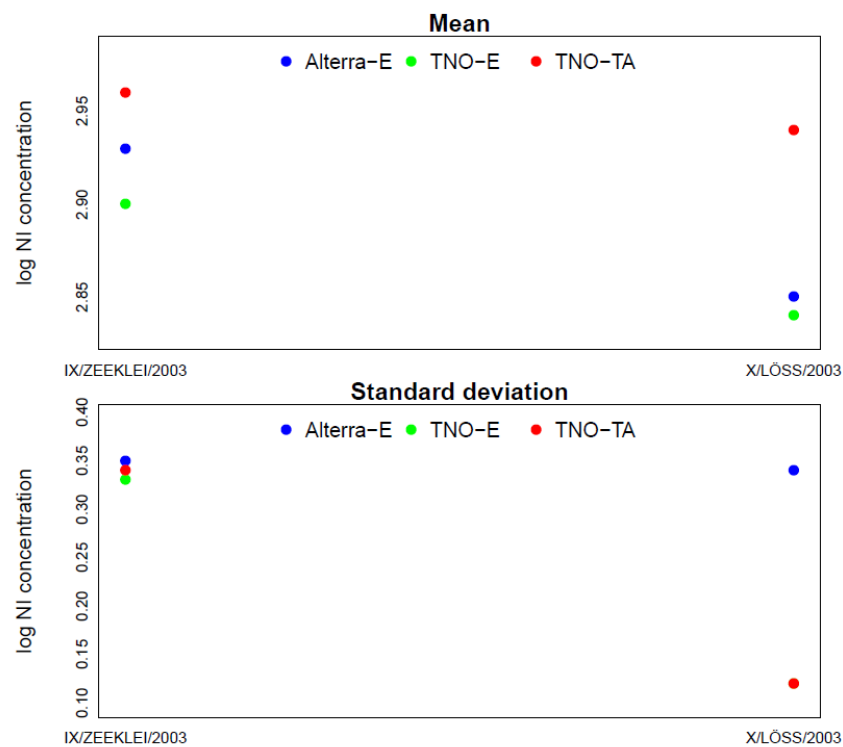


Figuur B20.1 Schattingen van de gemiddelden en standaarddeviaties voor chroom van de verschillende combinaties van methode en analyserend laboratorium.

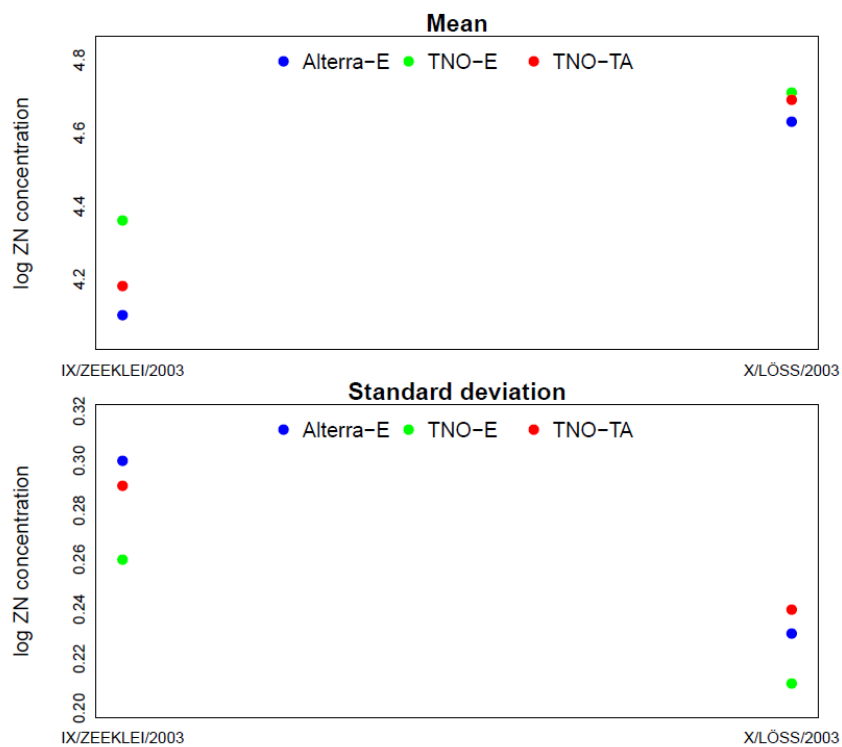
Mean and SD of CU by category and ground type in 2003 (round 2)

Figuur B20.2 Schattingen van de gemiddelden en standaarddeviaties voor koper van de verschillende combinaties van methode en analyserend laboratorium.

Mean and SD of NI by category and ground type in 2003 (round 2)

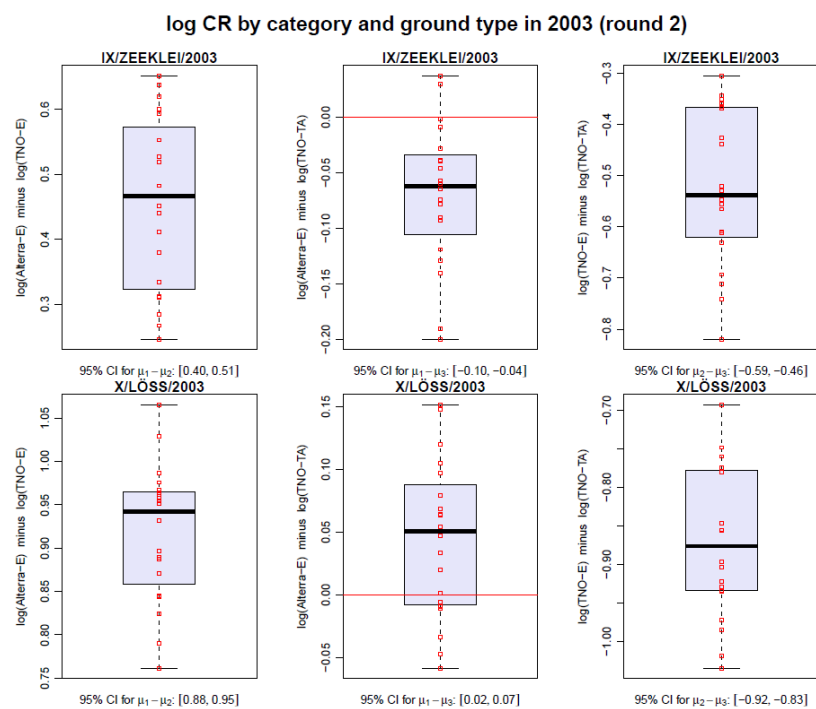


Figuur B20.3 Schattingen van de gemiddelden en standaarddeviaties voor nikkel van de verschillende combinaties van methode en analyserend laboratorium.

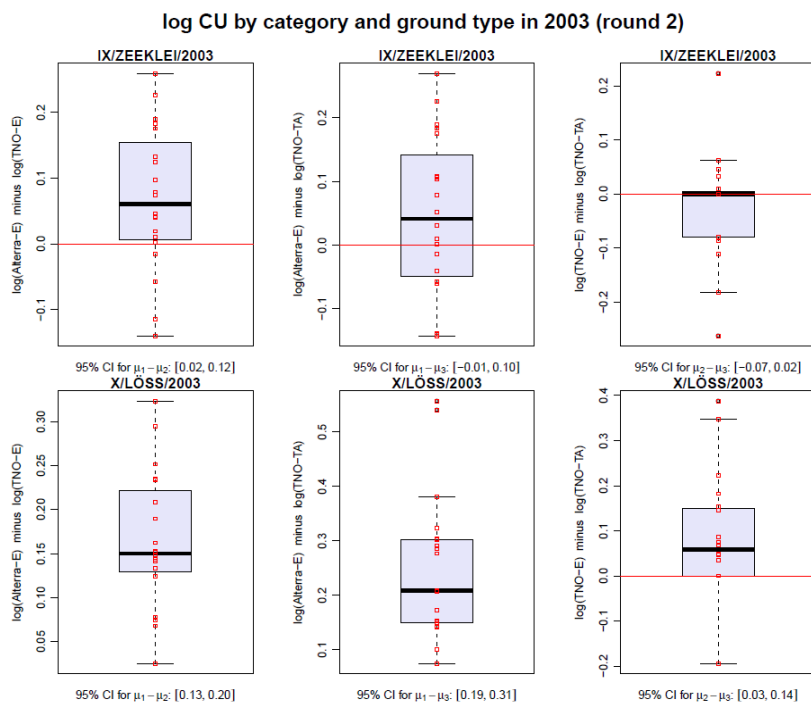
Mean and SD of ZN by category and ground type in 2003 (round 2)

Figuur B20.4 Schattingen van de gemiddelden en standaarddeviaties voor zink van de verschillende combinaties van methode en analyserend laboratorium.

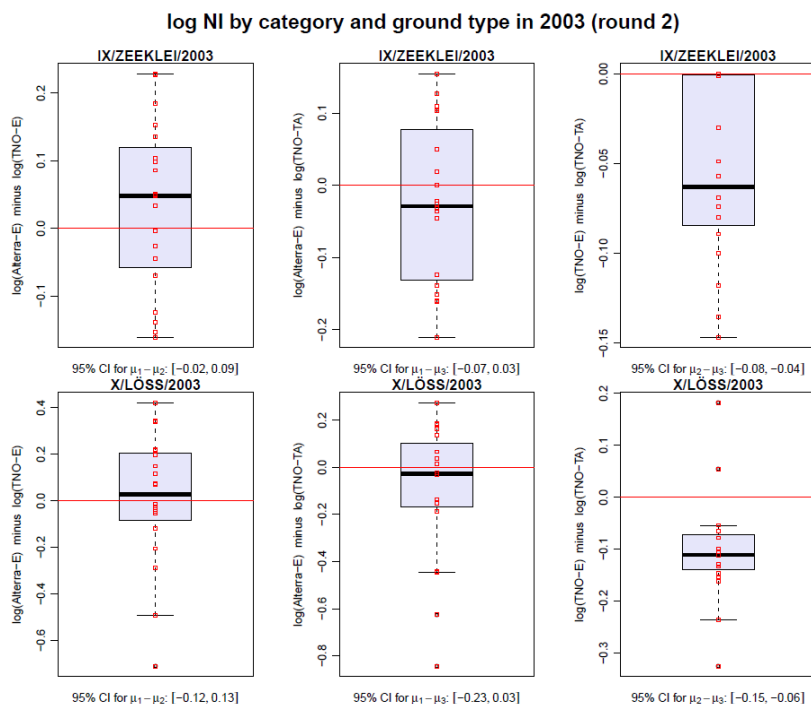
Bijlage 21 Karakteristieken van de verschillen uit data van 2003



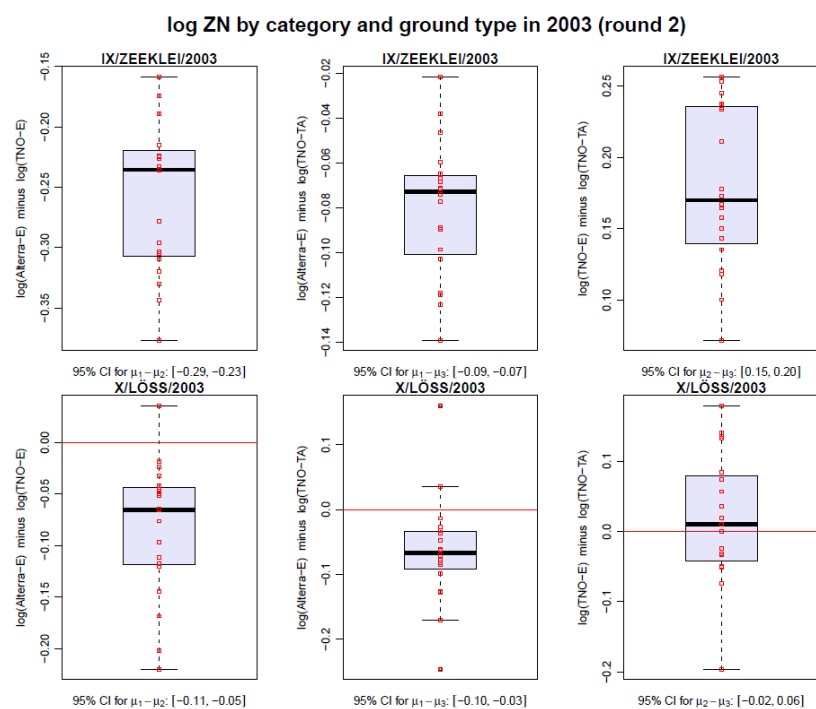
Figuur B21.1 Gemiddelde log-verschillen van chroom in twee categorieën voor drie verschillende combinaties van methode en analyserend laboratorium.



Figuur B21.2 Gemiddelde log-verschillen van koper in twee categorieën voor drie verschillende combinaties van methode en analyserend laboratorium.

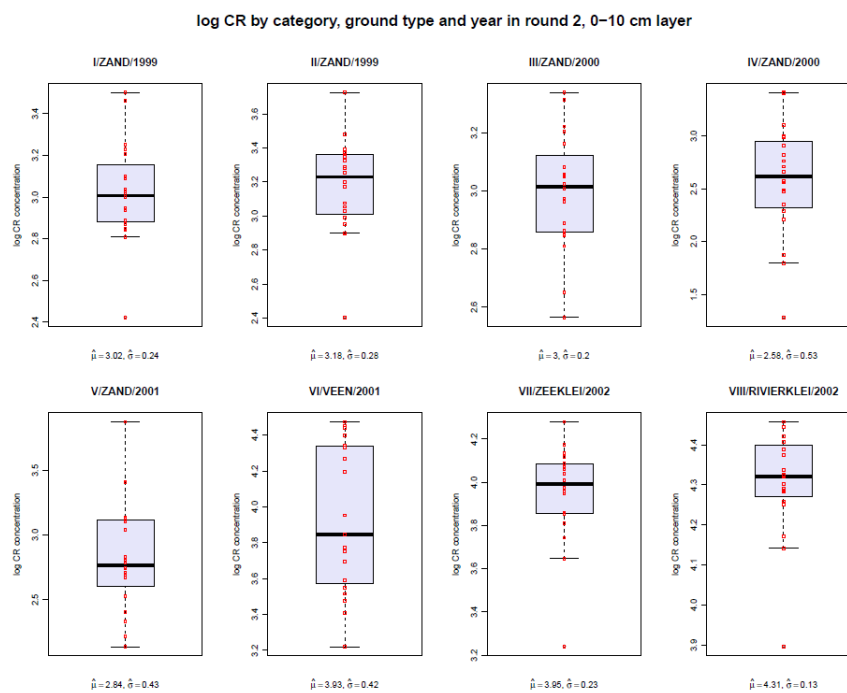


Figuur B21.3 Gemiddelde log-verschillen van nikkel in twee categorieën voor drie verschillende combinaties van methode en analyserend laboratorium.

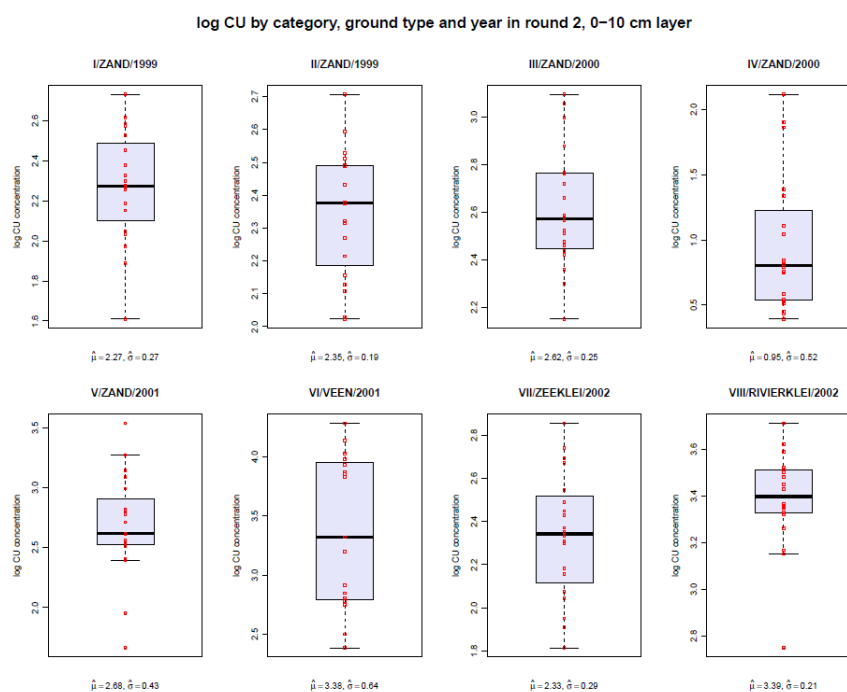


Figuur B21.4 Gemiddelde log-verschillen van zink in twee categorieën voor drie verschillende combinaties van methode en analyserend laboratorium.

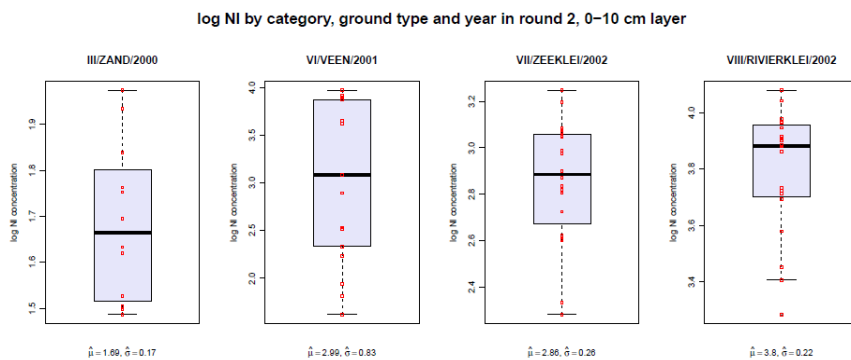
Bijlage 22 Alterra-E-analyses van 1999 to 2002



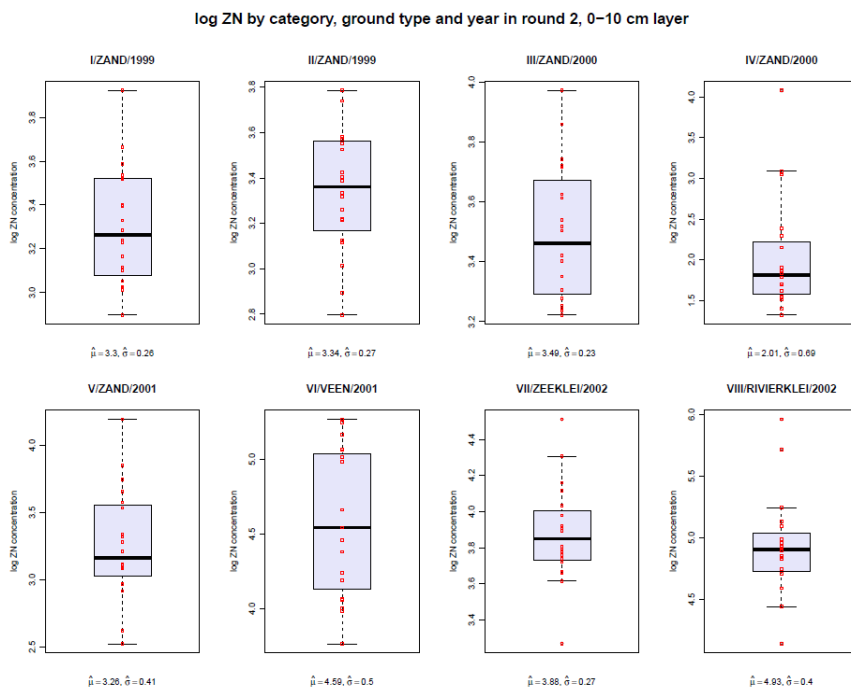
Figuur B22.1 Verdelingen van de Alterra-E-chroomanalyses van 1999-2002.



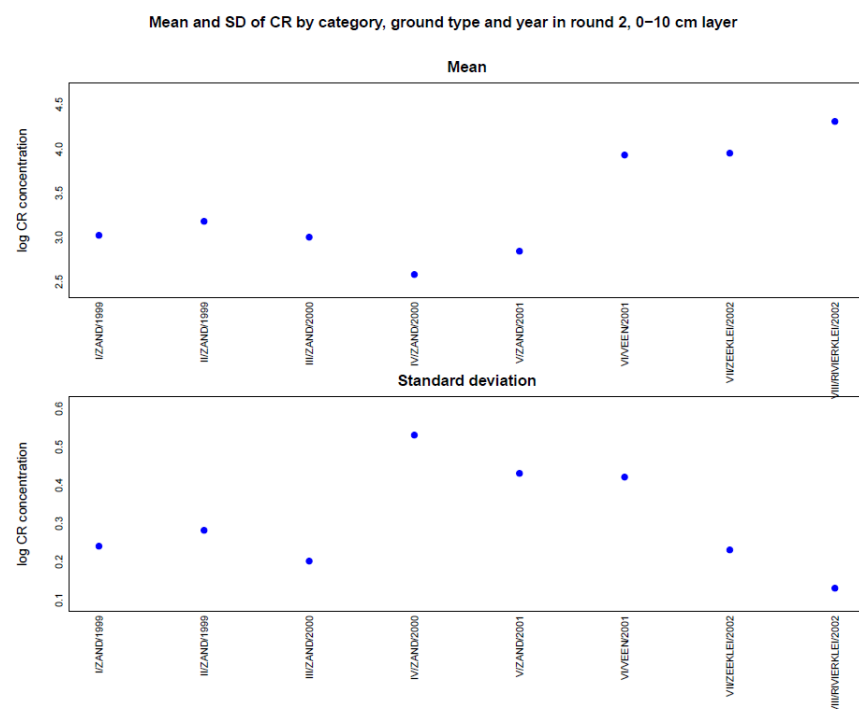
Figuur B22.2 Verdelingen van de Alterra-E-koperanalyses van 1999-2002.



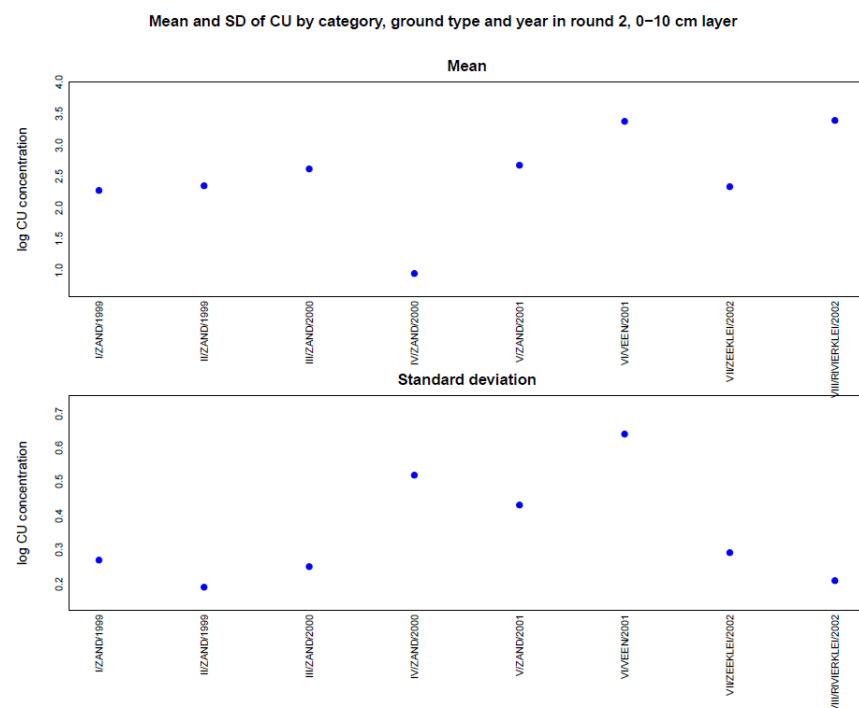
Figuur B22.3 Verdelingen van de Alterra-E-nikkelanalyses van 1999-2002.



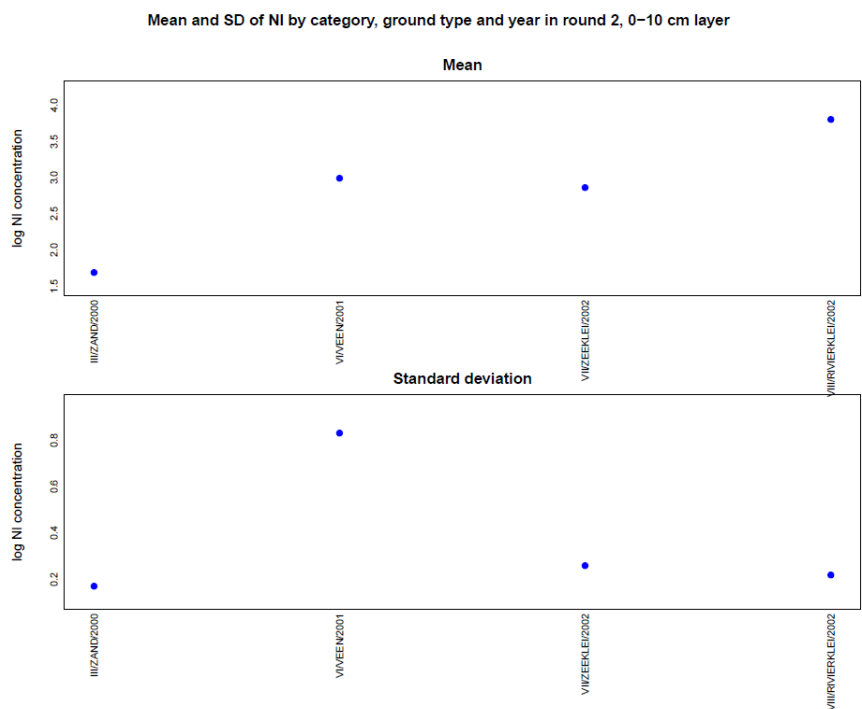
Figuur B22.4 Verdelingen van de Alterra-E-zinkanalyses van 1999-2002.



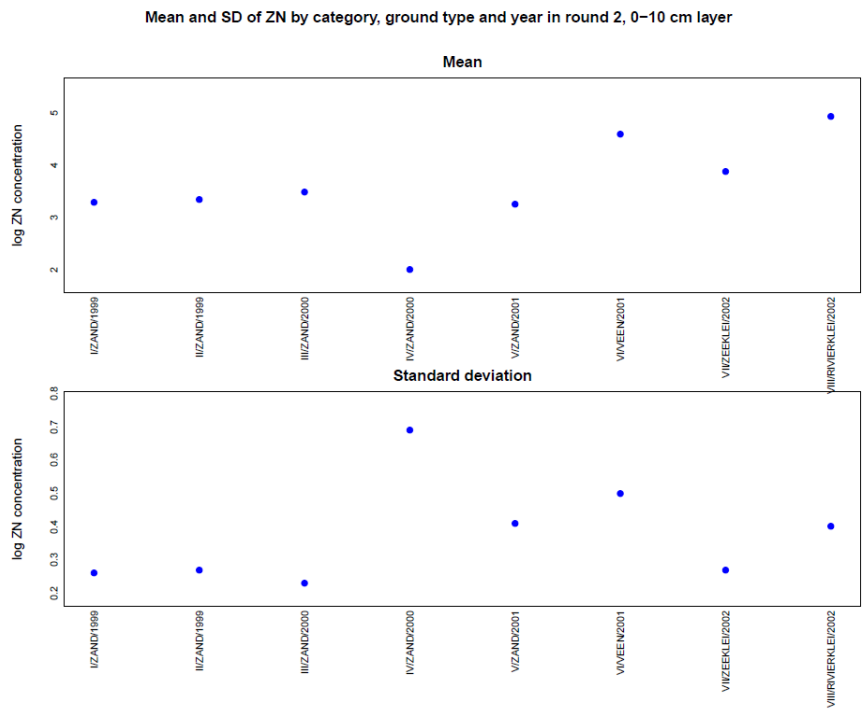
Figuur B22.5 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor chroom van Alterra-E-analyses van 1999-2002.



Figuur B22.6 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor koper van Alterra-E-analyses van 1999-2002.

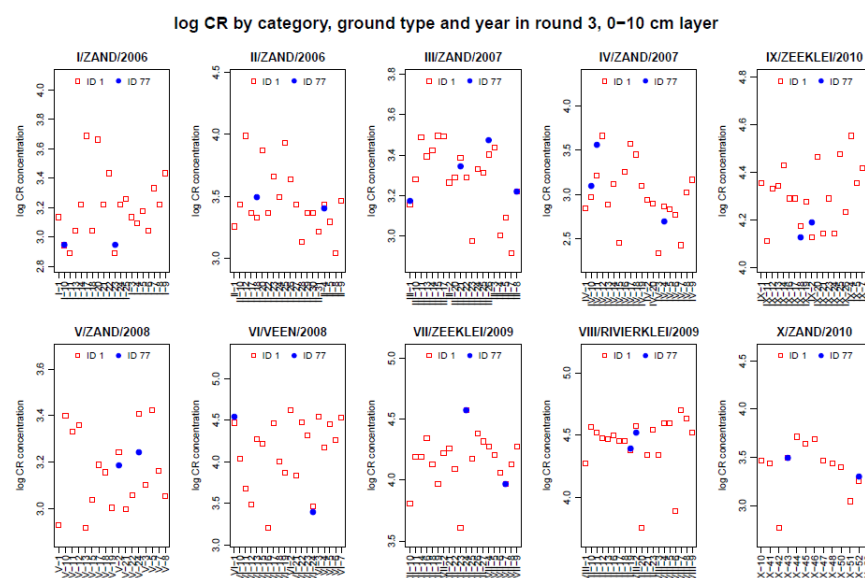


Figuur B22.7 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor nikkel van Alterra-E-analyses van 1999-2002.

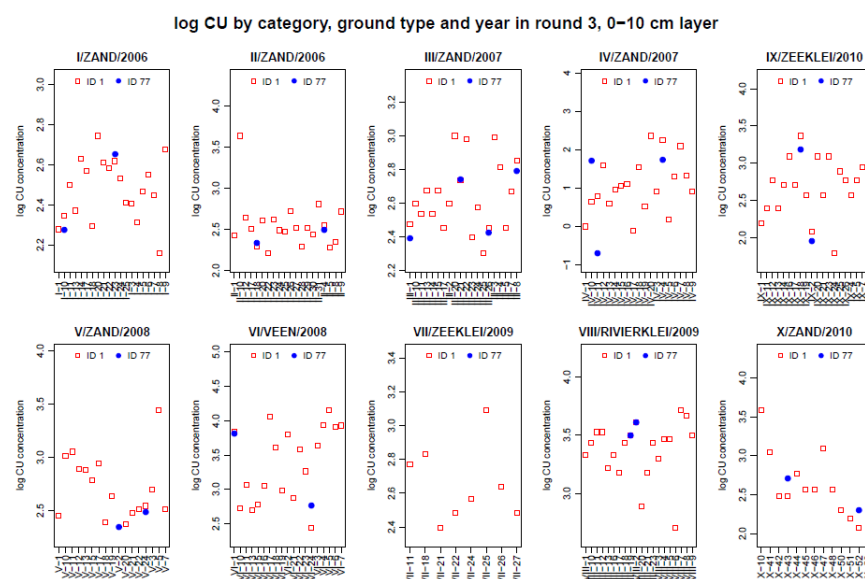


Figuur B22.8 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor zink van Alterra-E-analyses van 1999-2002.

Bijlage 23 Karakteristieken van data uit ronde 3: vergelijking duplo's

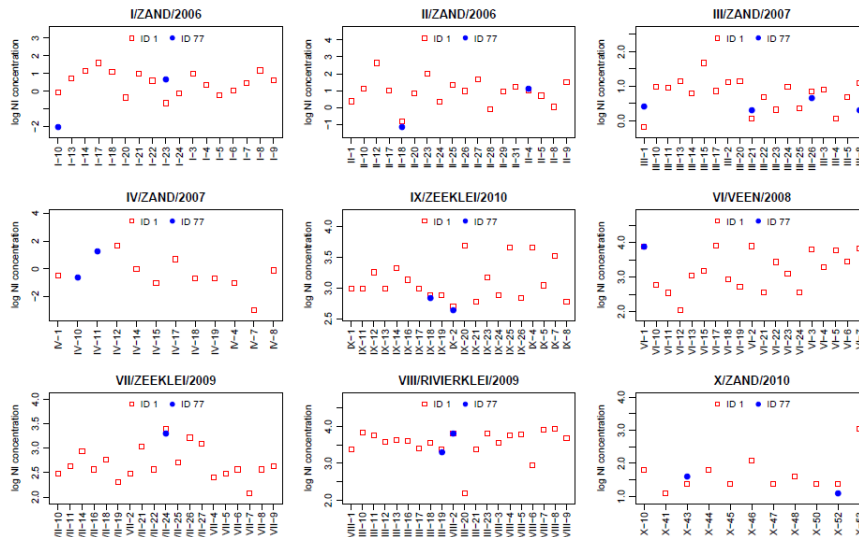


Figuur B23.1 Vergelijking chroom log-concentraties van duplo's per categorie uit ronde 3 (0-10 cm). ID 1 (rode vierkantjes) = reguliere monsternamen. ID 77 (blauwe cirkels) = duplomoner uit gehomogeniseerde verzamelbak (zie paragraaf 2.3.2).



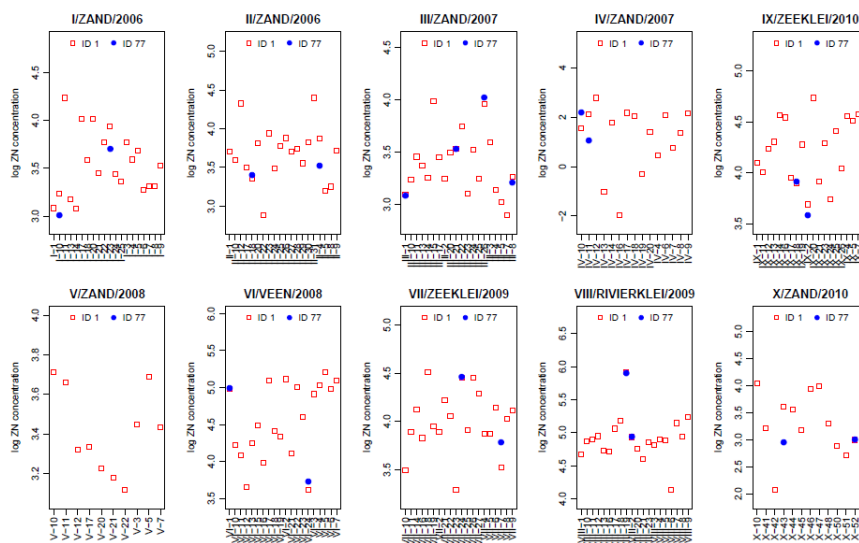
Figuur B23.2 Vergelijking koper log-concentraties van duplo's per categorie uit ronde 3 (0-10 cm).

log NI by category, ground type and year in round 3, 0–10 cm layer



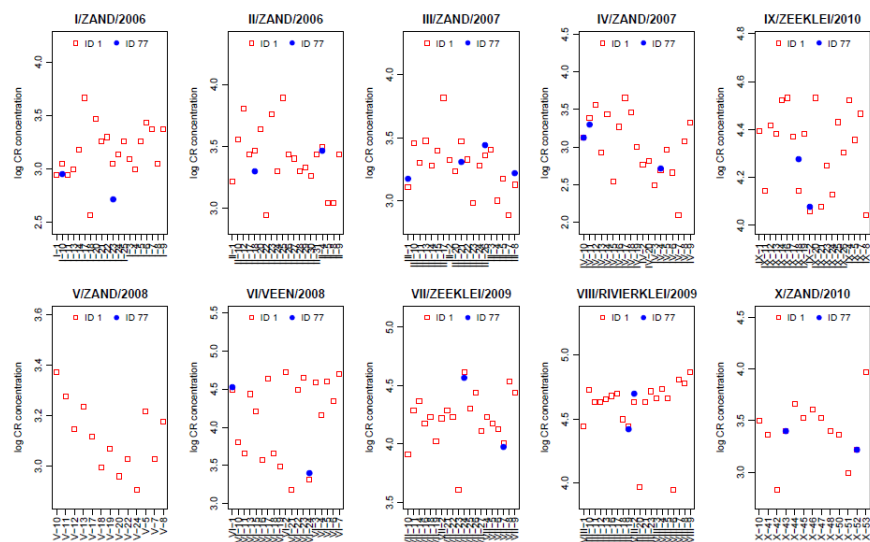
Figuur B23.3 Vergelijking nikkel log-concentraties van duplo's per categorie uit ronde 3 (0–10 cm).

log ZN by category, ground type and year in round 3, 0–10 cm layer



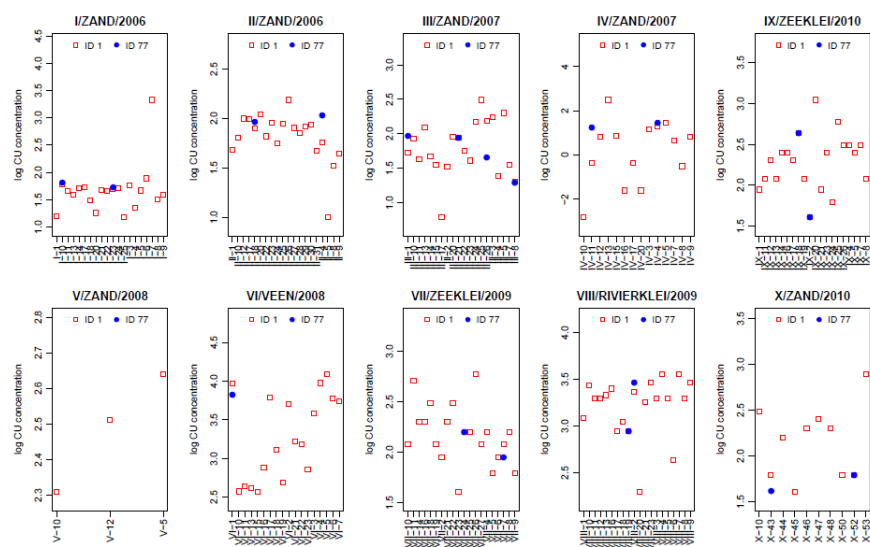
Figuur B23.4 Vergelijking zink log-concentraties van duplo's per categorie uit ronde 3 (0–10 cm).

log CR by category, ground type and year in round 3, 30–50 cm layer



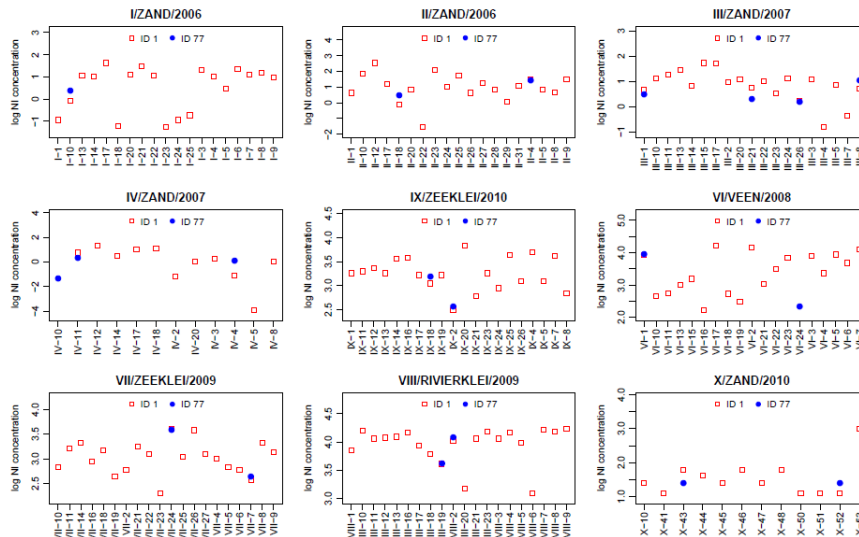
Figuur B23.5 Vergelijking chroom log-concentraties van duplo's per categorie uit ronde 3 (30–50 cm).

log CU by category, ground type and year in round 3, 30–50 cm layer



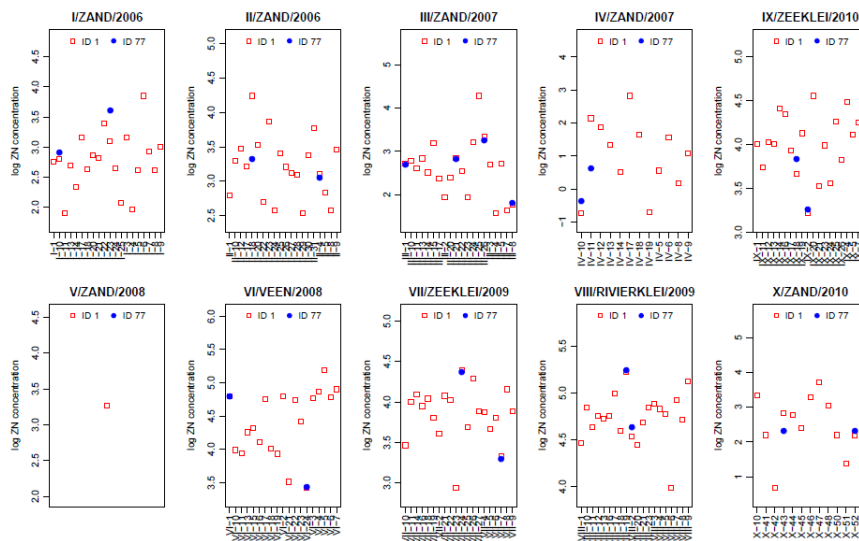
Figuur B23.6 Vergelijking koper log-concentraties van duplo's per categorie uit ronde 3 (30–50 cm).

log NI by category, ground type and year in round 3, 30–50 cm layer



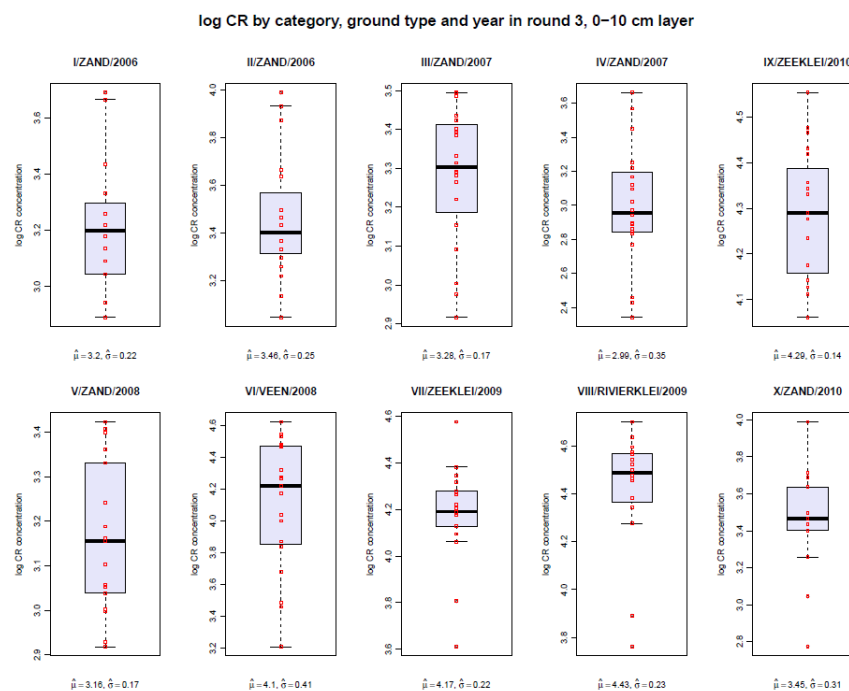
Figuur B23.7 Vergelijking nikkel log-concentraties van duplo's per categorie uit ronde 3 (30-50 cm).

log ZN by category, ground type and year in round 3, 30–50 cm layer

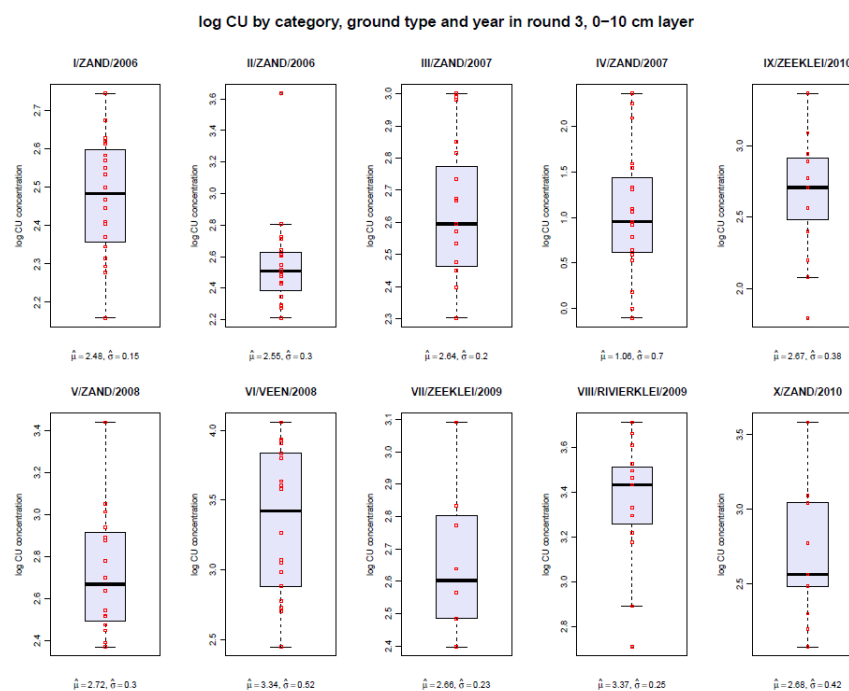


Figuur B23.8 Vergelijking zink log-concentraties van duplo's per categorie uit ronde 3 (30-50 cm).

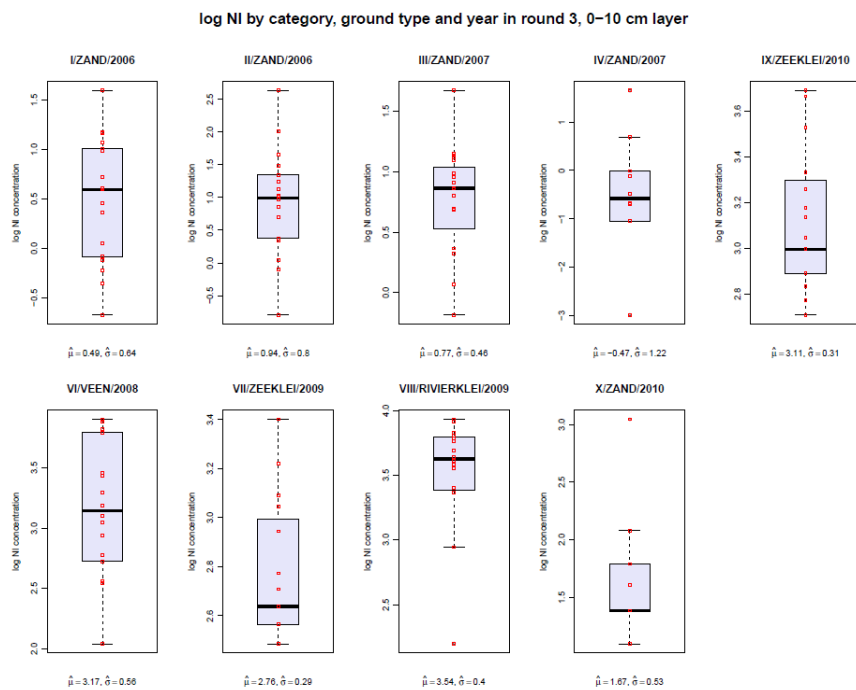
Bijlage 24 Karakterisering van data uit ronde 3, laag 0-10 cm



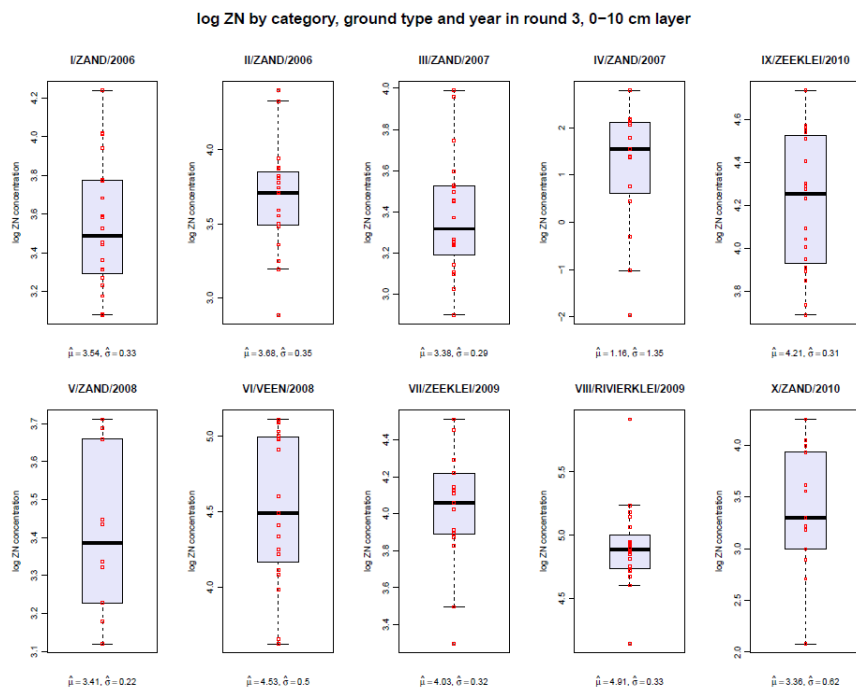
Figuur B24.1 Verdelingen en schattingen van gemiddelden en standaarddeviaties van de log-concentraties chroom (ronde 3, laag 0-10).



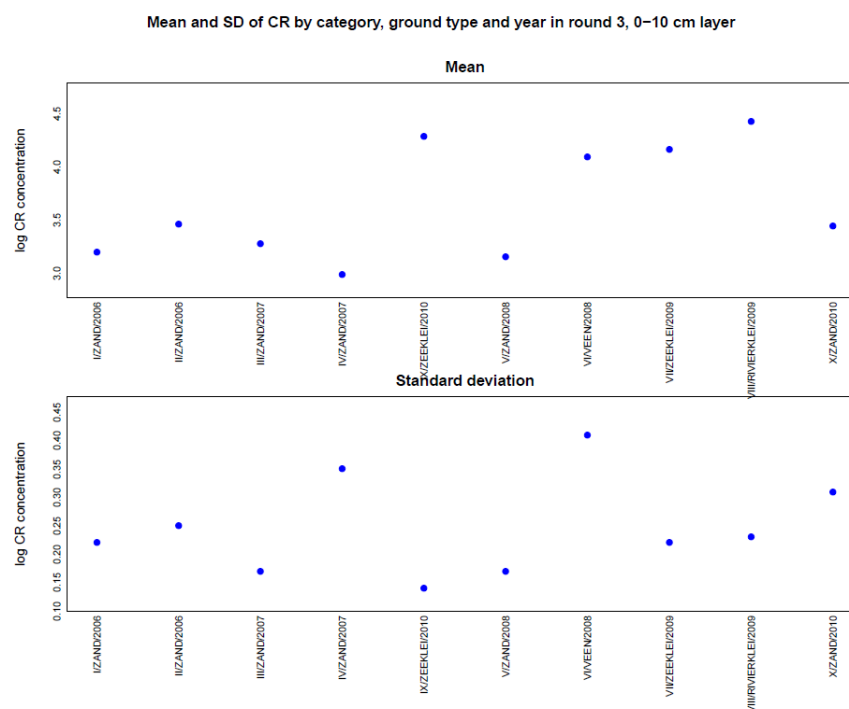
Figuur B24.2 Verdelingen en schattingen van gemiddelden en standaarddeviaties van de log-concentraties koper (ronde 3, laag 0-10).



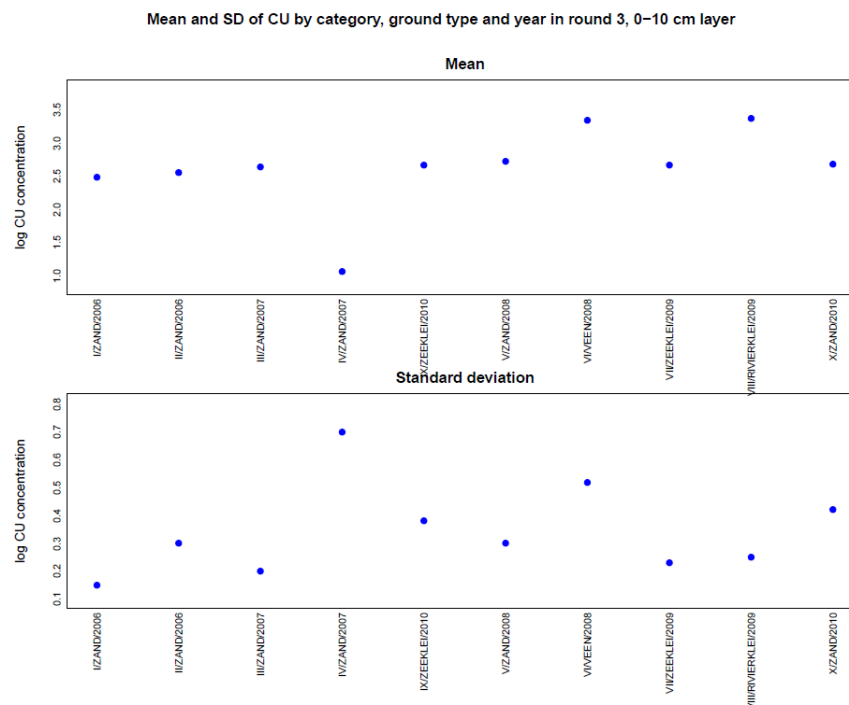
Figuur B24.3 Verdelingen en schattingen van gemiddelden en standaarddeviaties van de log-concentraties nikkel (ronde 3, laag 0-10).



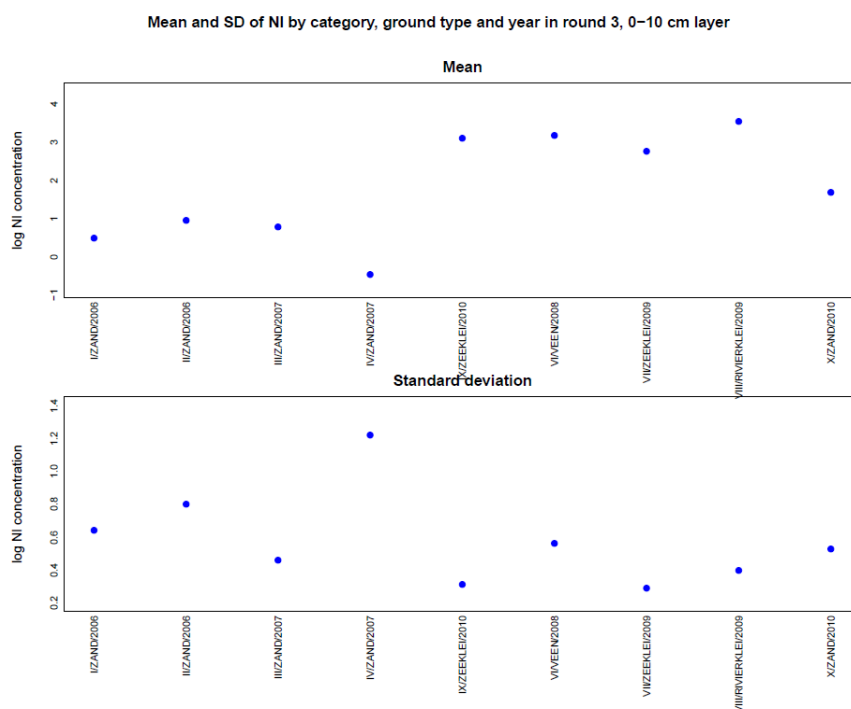
Figuur B24.4 Verdelingen en schattingen van gemiddelden en standaarddeviaties van de log-concentraties zink (ronde 3, laag 0-10).



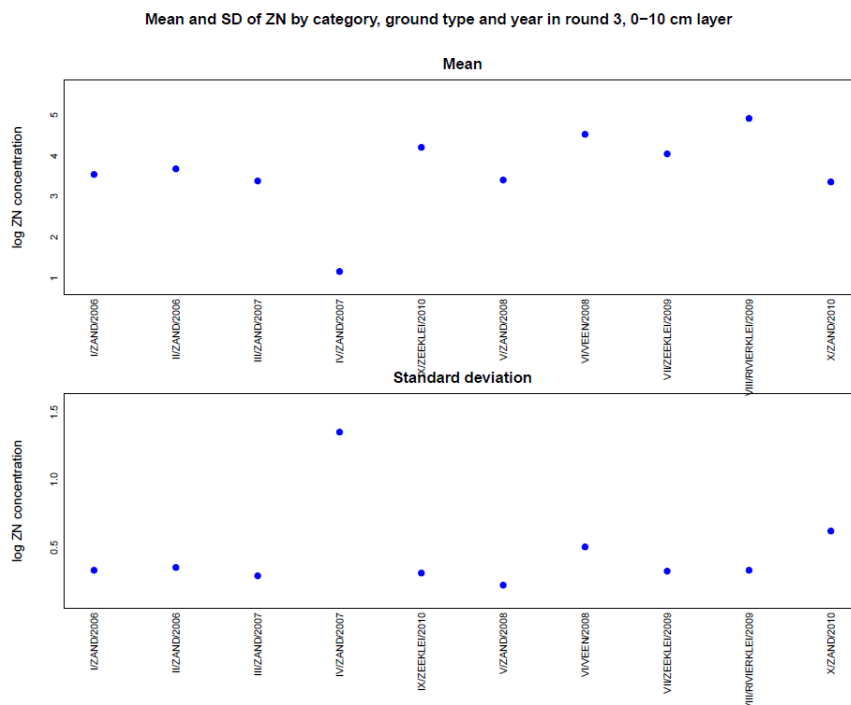
Figuur B24.5 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor chroom (ronde 3, 0–10 cm).



Figuur B24.6 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor koper (ronde 3, 0–10 cm).

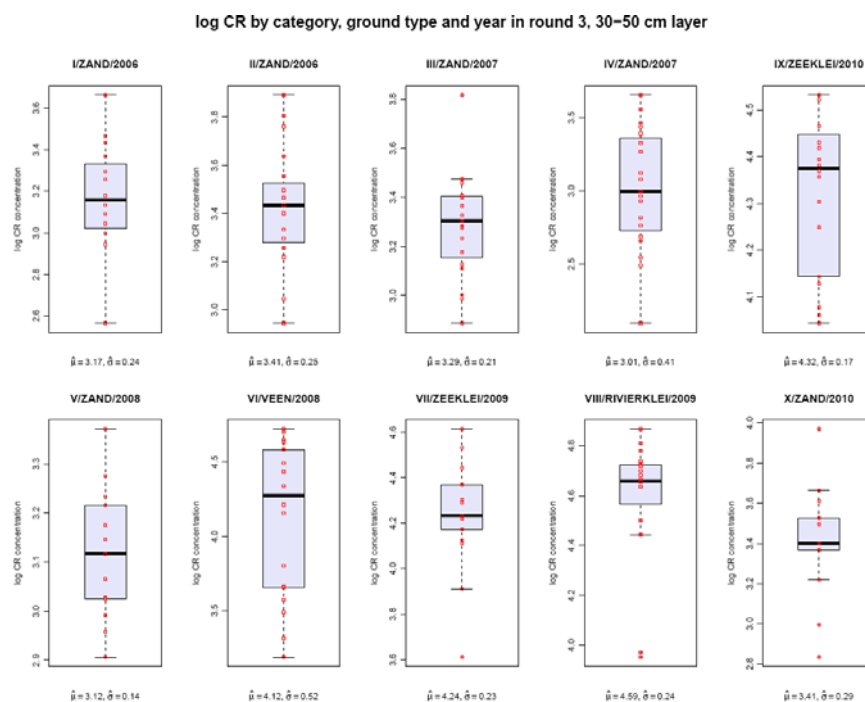


Figuur B24.7 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor nikkel (ronde 3, 0-10 cm).

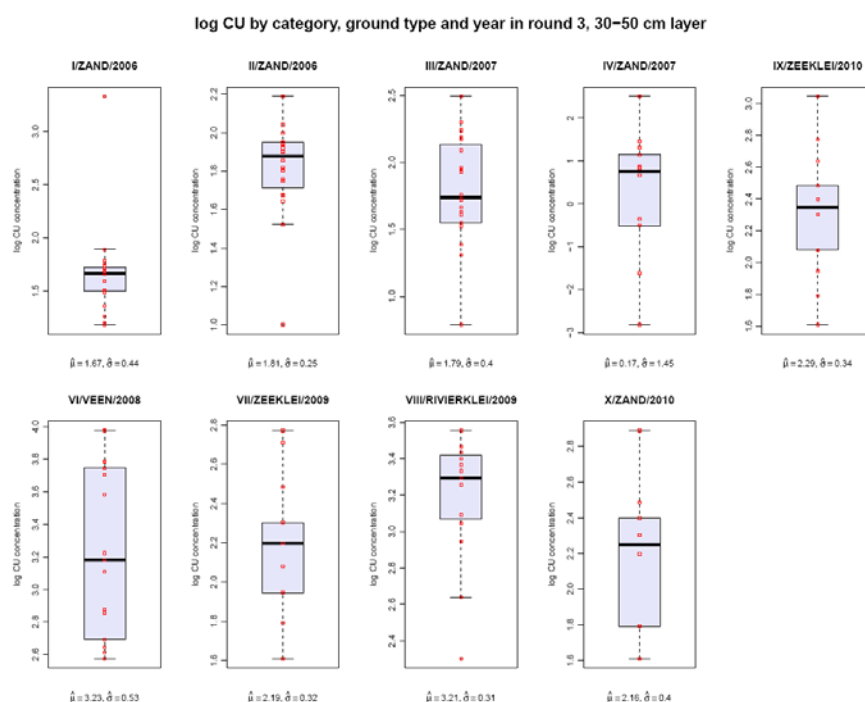


Figuur B24.8 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor zink (ronde 3, 0-10 cm).

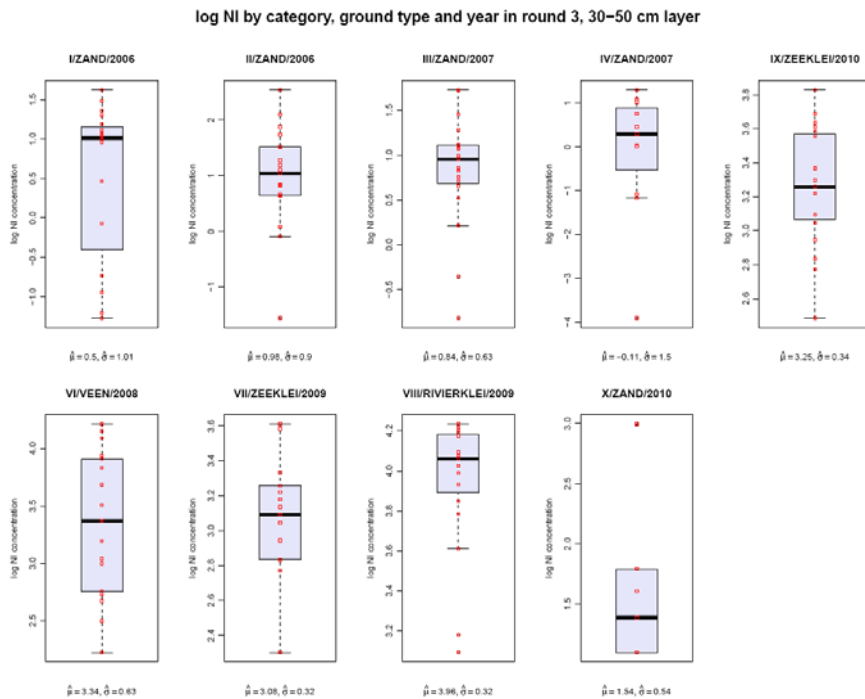
Bijlage 25 Karakterisering van data uit ronde 3, laag 30-50 cm



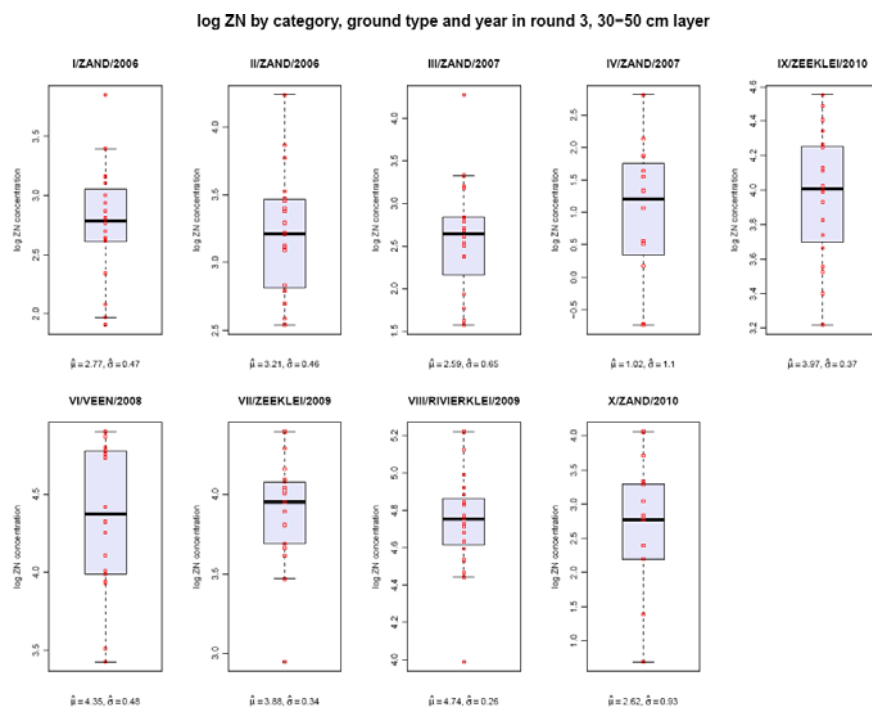
Figuur B25.1 Verdelingen en schattingen van gemiddelden en standaarddeviaties van de log-concentraties chroom (ronde 3, laag 30-50).



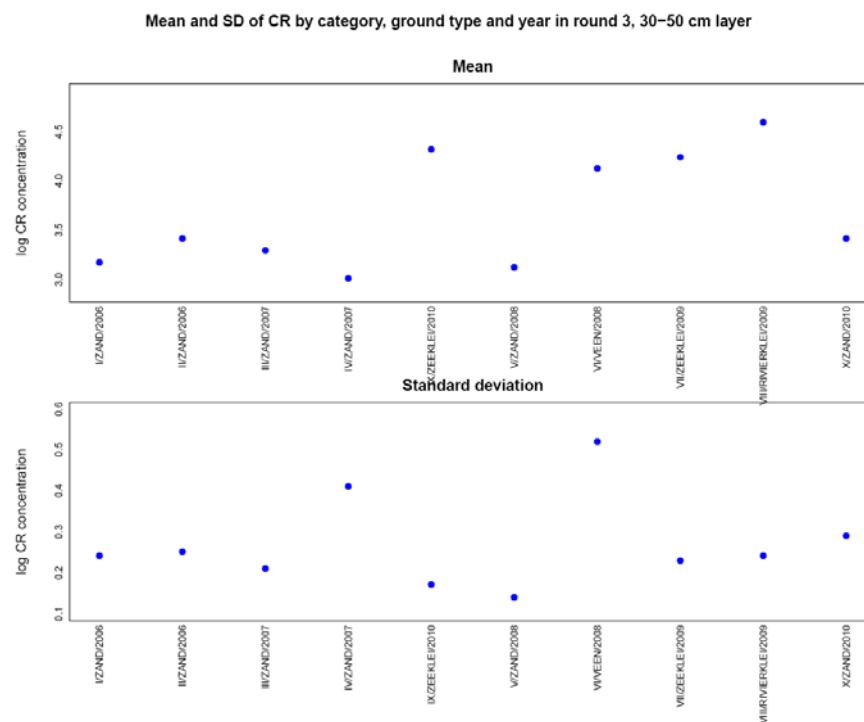
Figuur B25.2 Verdelingen en schattingen van gemiddelden en standaarddeviaties van de log-concentraties koper (ronde 3, laag 30-50).



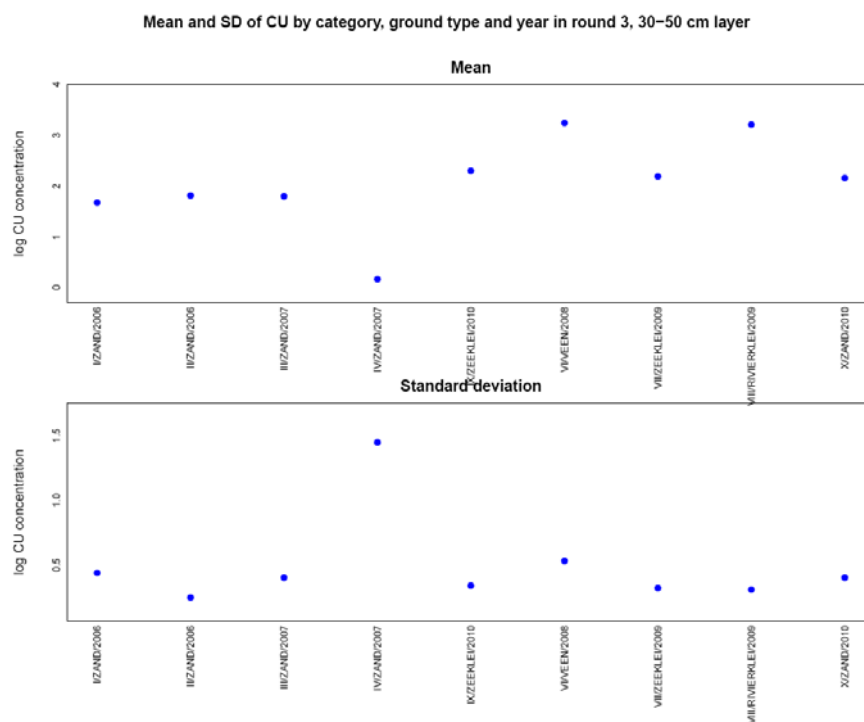
Figuur B25.3 Verdelingen en schattingen van gemiddelden en standaarddeviaties van de log-concentraties nikkel (ronde 3, laag 30-50).



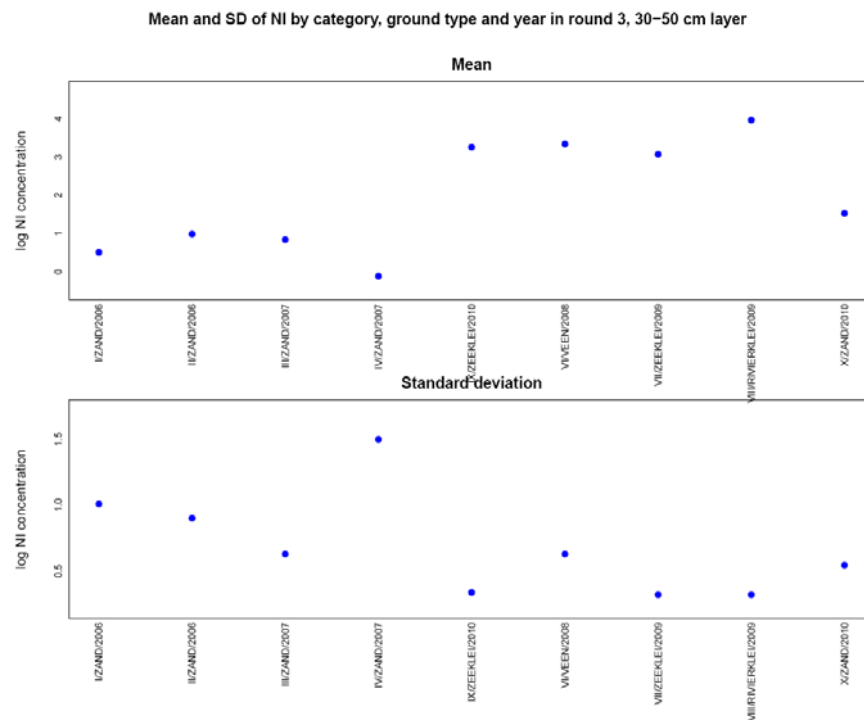
Figuur B25.4 Verdelingen en schattingen van gemiddelden en standaarddeviaties van de log-concentraties zink (ronde 3, laag 30-50).



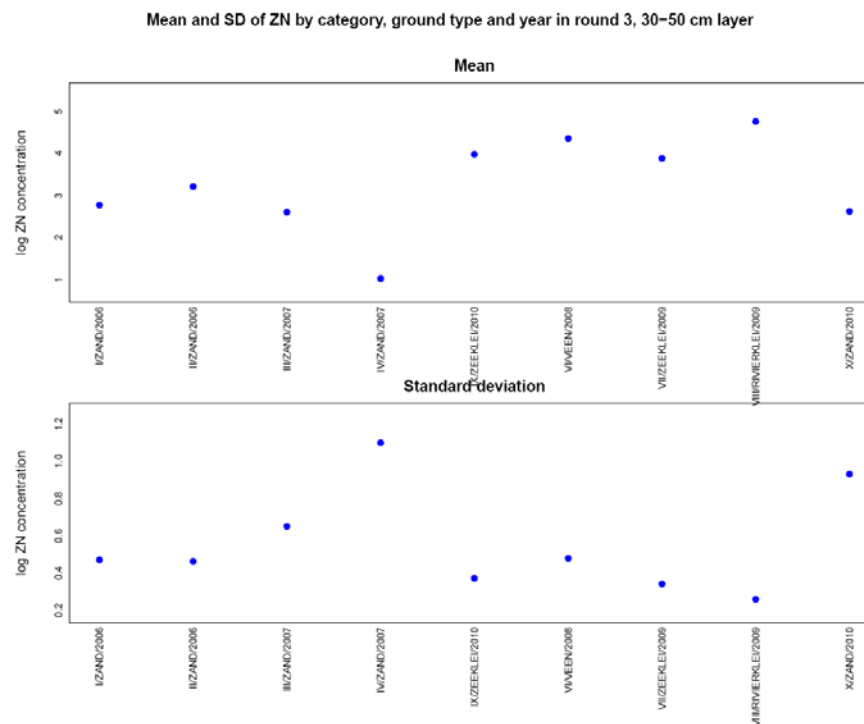
Figuur B25.5 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor chroom (ronde 3, 30-50 cm).



Figuur B25.6 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor koper (ronde 3, 30-50 cm).

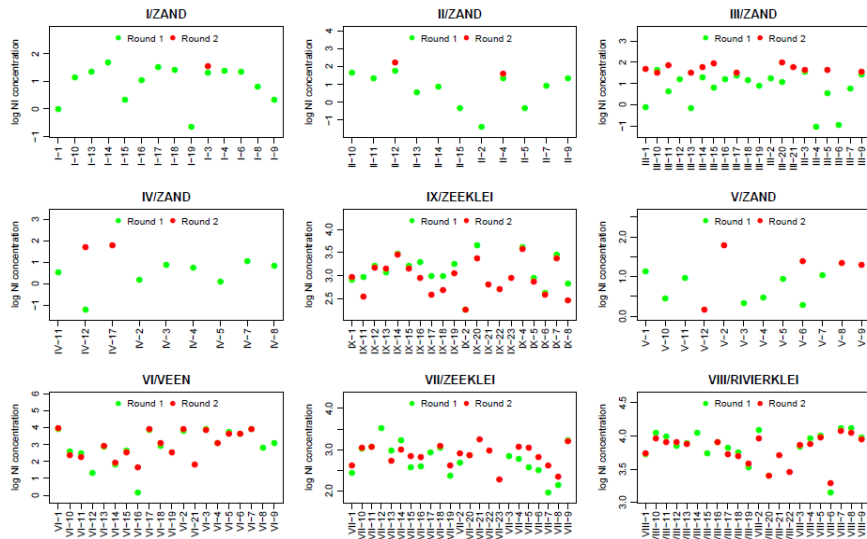


Figuur B25.7 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor nikkel (ronde 3, 30-50 cm).



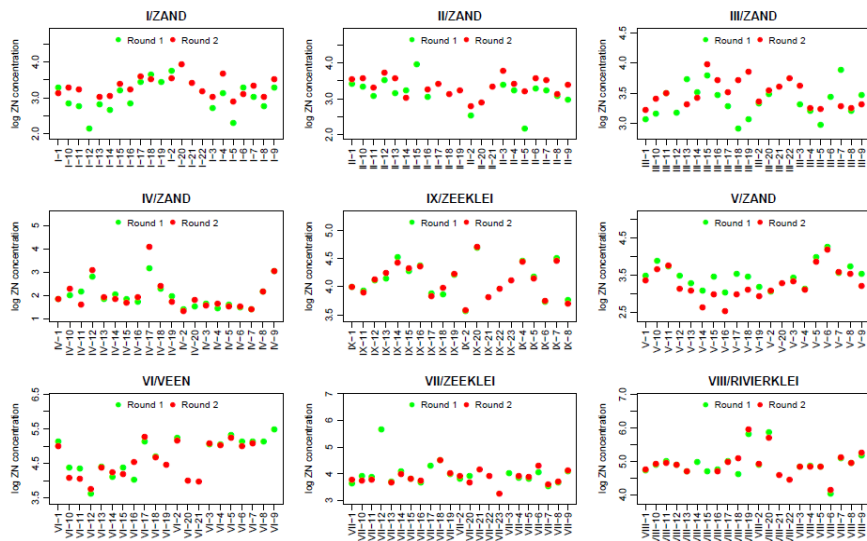
Figuur B25.8 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor zink (ronde 3, 30-50 cm).

log NI by category and ground type, 0–10 cm layer

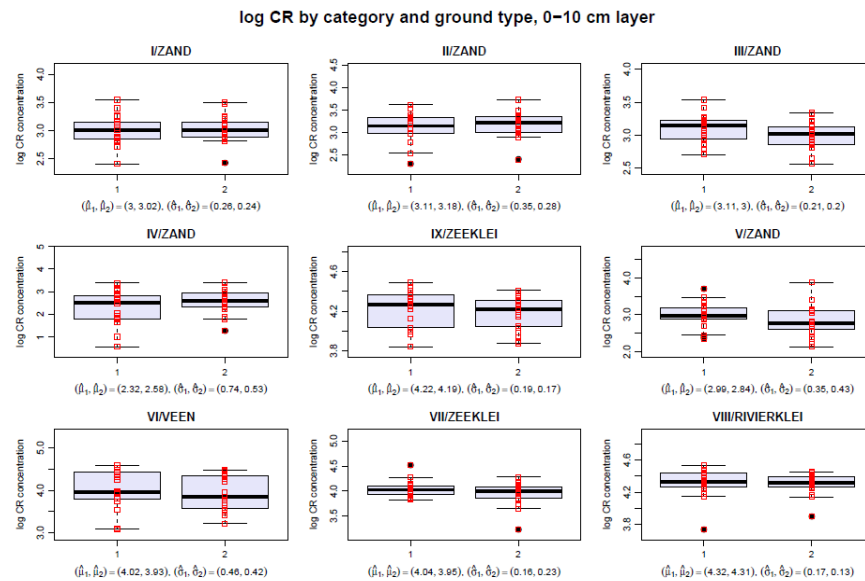


Figuur B26.3 Vergelijking tussen log-concentraties van Ni in ronden 1 en 2 per categorie (0-10 cm).

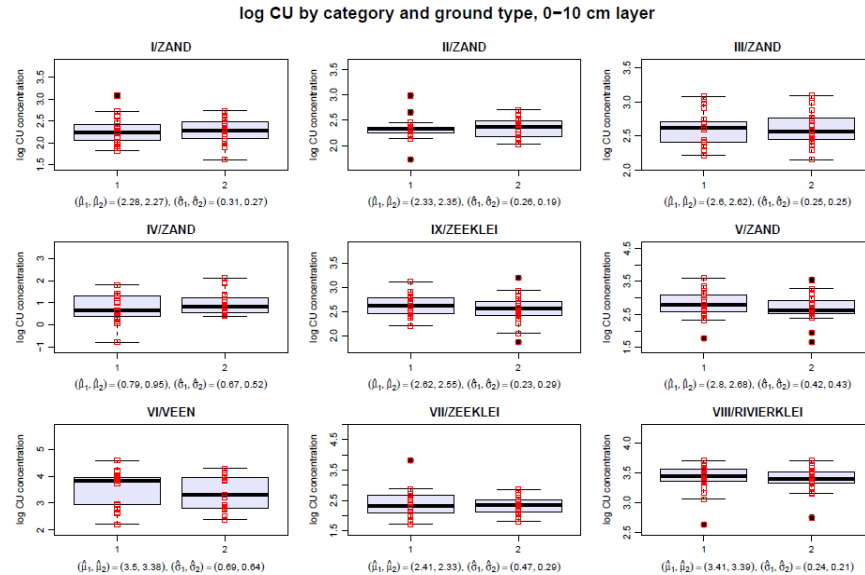
log ZN by category and ground type, 0–10 cm layer



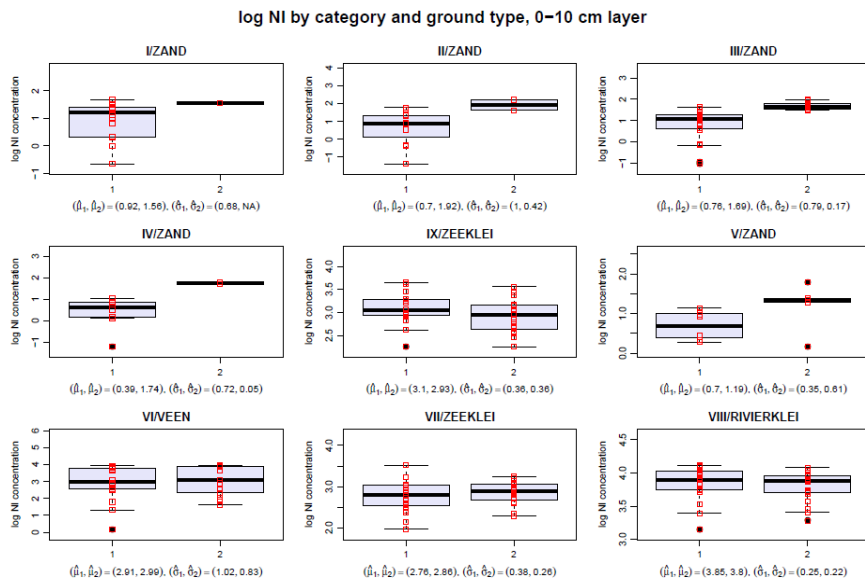
Figuur B26.4 Vergelijking tussen log-concentraties van Zn in ronden 1 en 2 per categorie (0-10 cm).



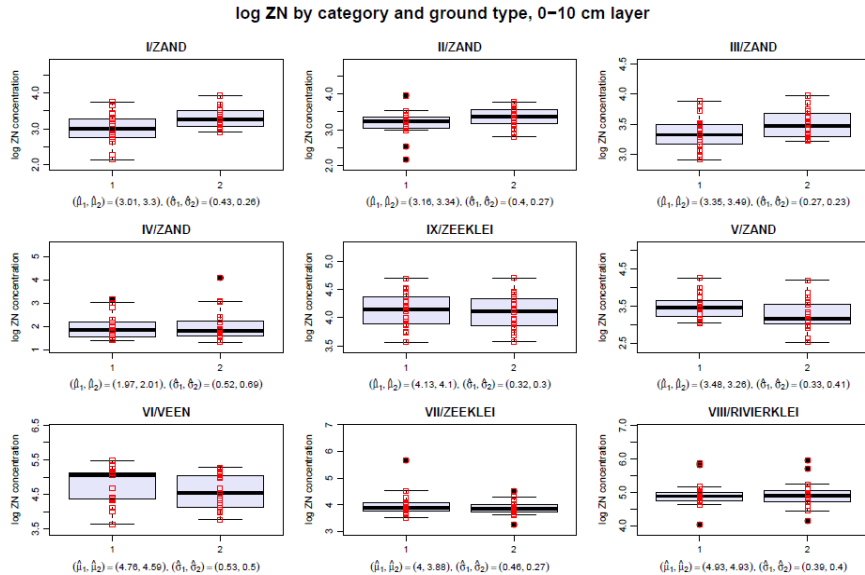
Figuur B26.5 Vergelijking tussen de verdelingen van log-concentratie van Cr in ronden 1 en 2 per categorie (0–10 cm). Het subscript (1 of 2) in de schattingen van de populatiegemiddelden en standaarddeviaties verwijst naar de ronde.



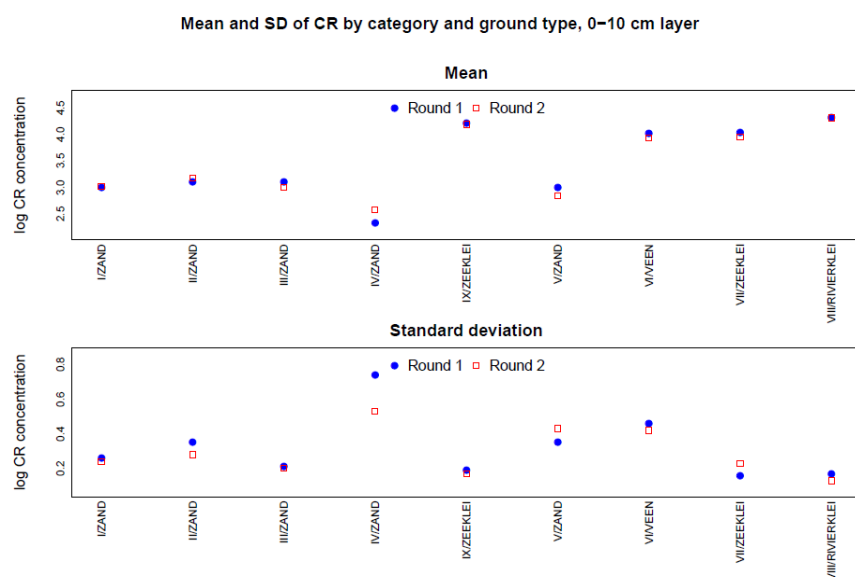
Figuur B26.6 Vergelijking tussen de verdelingen van log-concentratie van Cu in ronden 1 en 2 per categorie (0–10 cm). Het subscript (1 of 2) in de schattingen van de populatiegemiddelden en standaarddeviaties verwijst naar de ronde.



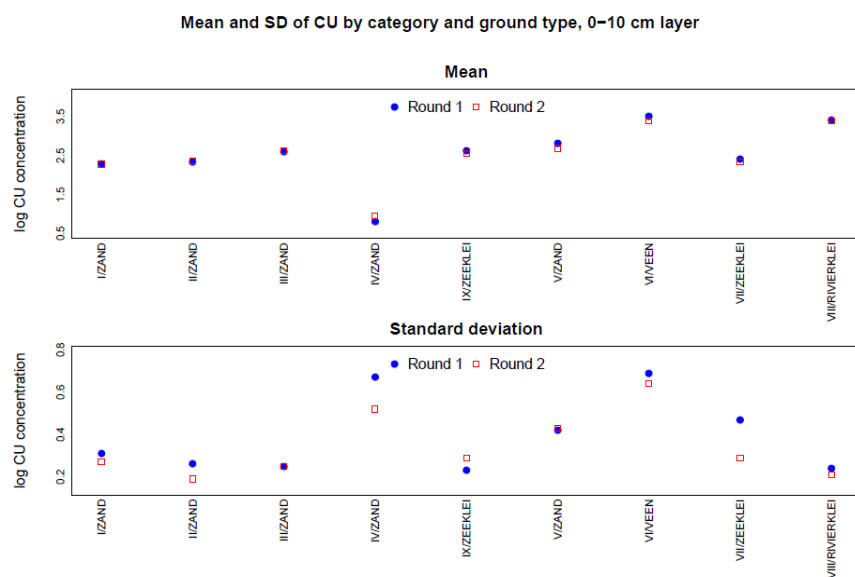
Figuur B26.7 Vergelijking tussen de verdelingen van log-concentratie van Ni in rondes 1 en 2 per categorie (0-10 cm). Het subscript (1 of 2) in de schattingen van de populatiegemiddelden en standaarddeviaties verwijst naar de ronde.



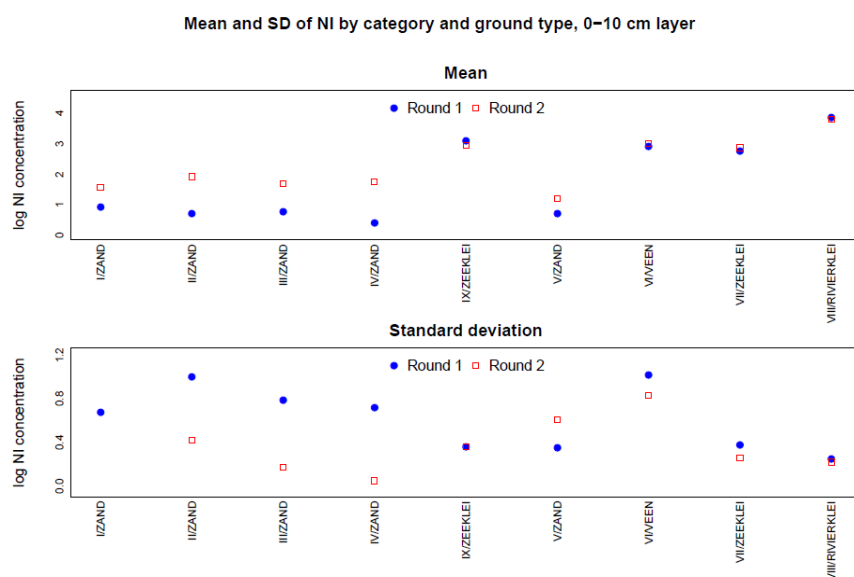
Figuur B26.8 Vergelijking tussen de verdelingen van log-concentratie van Zn in rondes 1 en 2 per categorie (0-10 cm). Het subscript (1 of 2) in de schattingen van de populatiegemiddelden en standaarddeviaties verwijst naar de ronde.



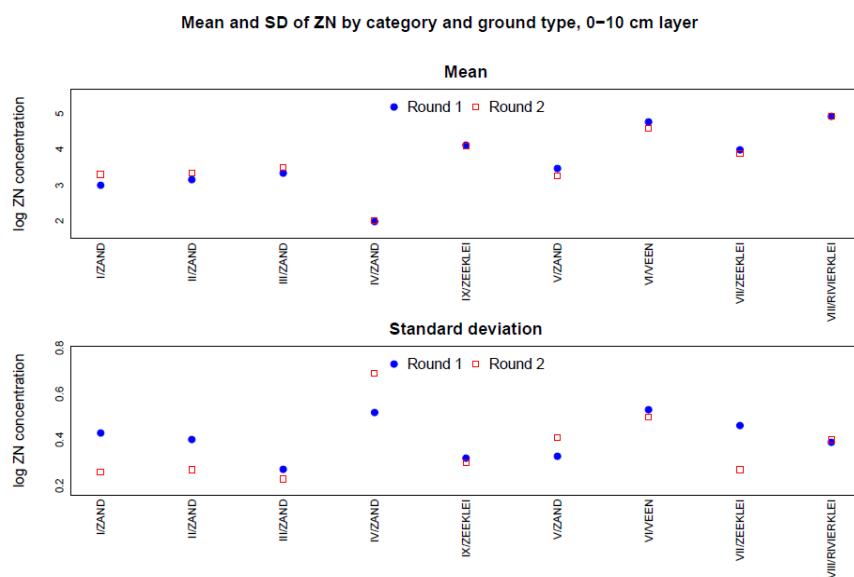
Figuur B26.9 Schattingen van de populatiegemiddelden en standaarddeviaties van de log-concentratie van Cr in ronden 1 en 2 (0–10 cm).



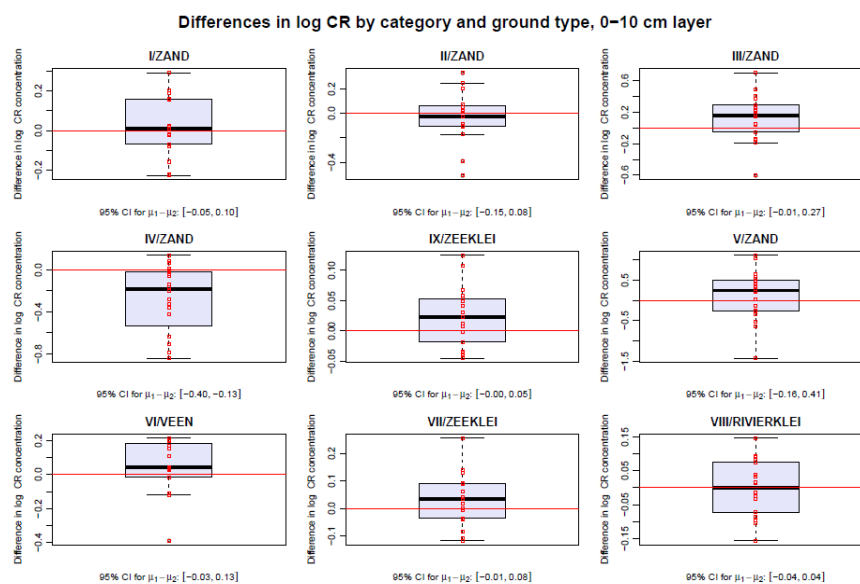
Figuur B26.10 Schattingen van de populatiegemiddelden en standaarddeviaties van de log-concentratie van Cu in ronden 1 en 2 (0–10 cm).



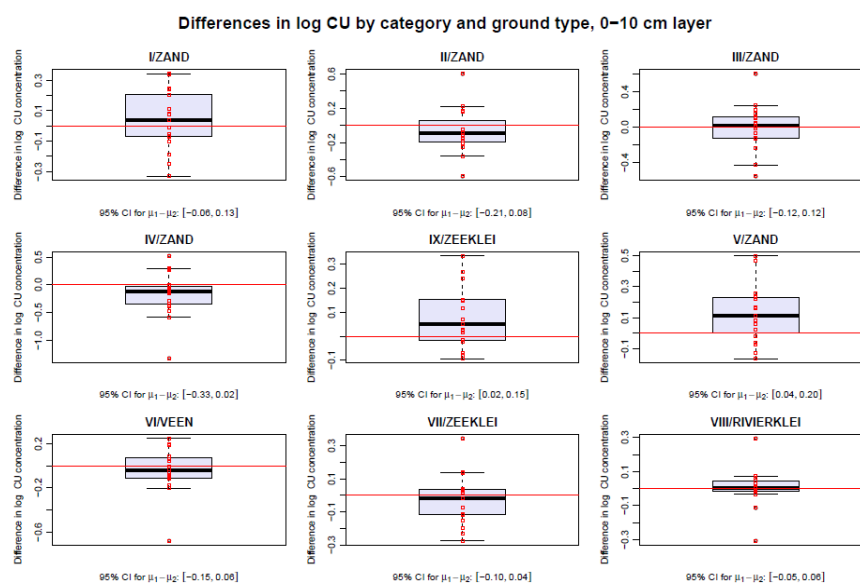
Figuur B26.11 Schattingen van de populatiegemiddelden en standaarddeviaties van de log-concentratie van Ni in ronden 1 en 2 (0–10 cm).



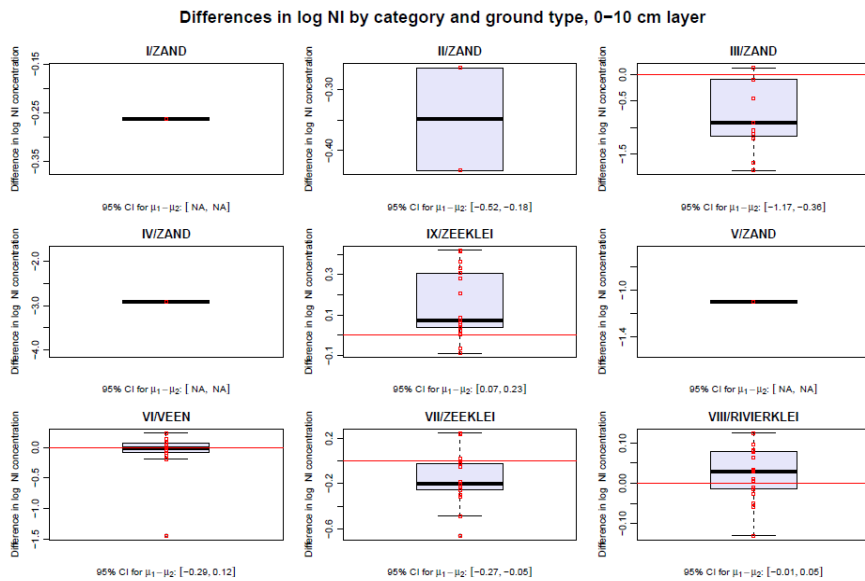
Figuur B26.12 Schattingen van de populatiegemiddelden en standaarddeviaties van de log-concentratie van Zn in ronden 1 en 2 (0–10 cm).



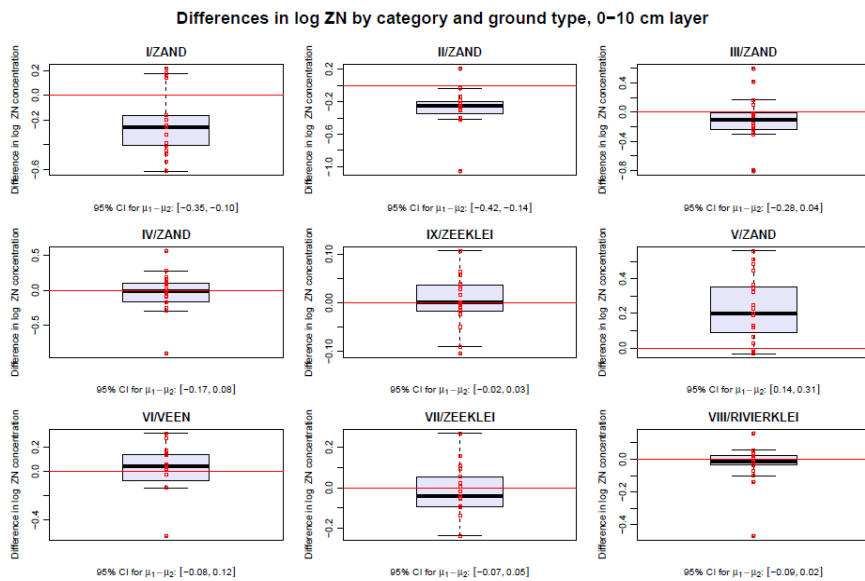
Figuur B26.13 Verdelingen van verschillen tussen gepaarde log-concentraties van Cr in ronden 1 en 2 met bijbehorend 95%-betrouwbaarheidsinterval voor het gemiddelde verschil (0-10 cm).



Figuur B26.41 Verdelingen van verschillen tussen gepaarde log-concentraties van Cu in ronden 1 en 2 met bijbehorend 95%-betrouwbaarheidsinterval voor het gemiddelde verschil (0-10 cm).

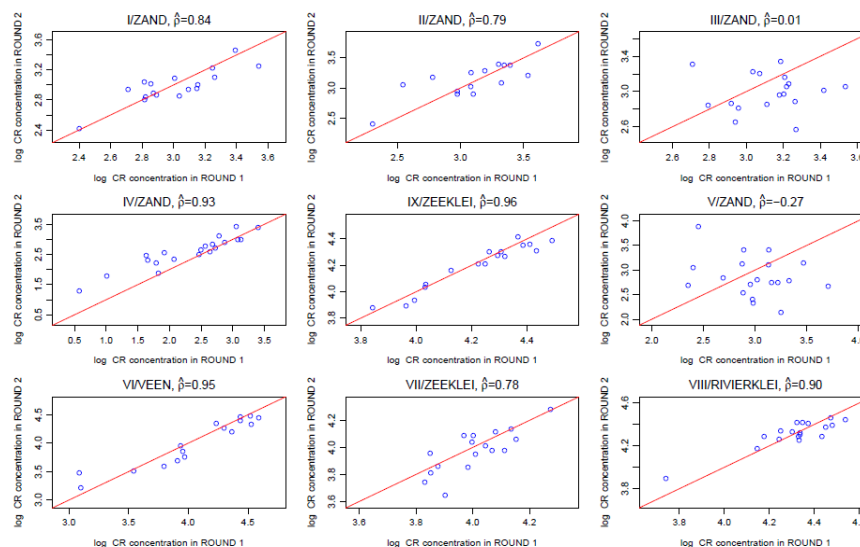


Figuur B26.15 Verdelingen van verschillen tussen gepaarde log-concentraties van Ni in ronden 1 en 2 met bijbehorend 95%-betrouwbaarheidsinterval voor het gemiddelde verschil (0–10 cm).



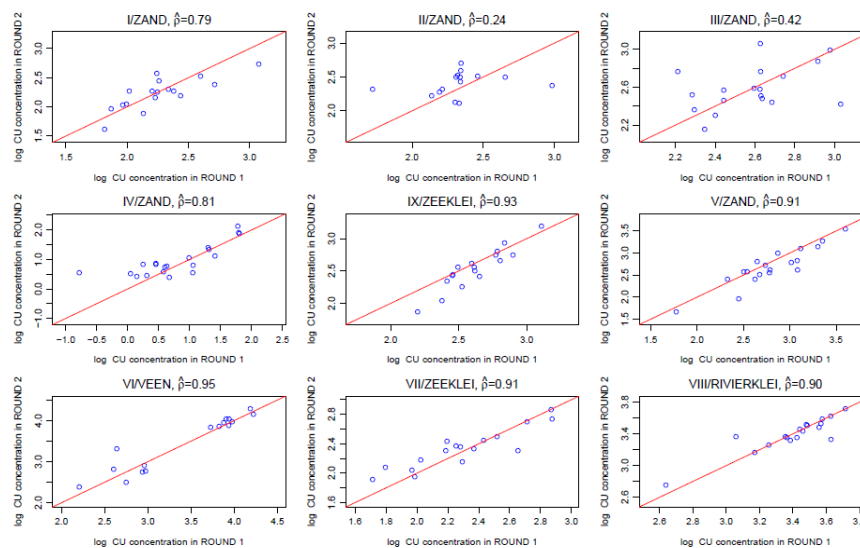
Figuur B26.16 Verdelingen van verschillen tussen gepaarde log-concentraties van Zn in ronden 1 en 2 met bijbehorend 95%-betrouwbaarheidsinterval voor het gemiddelde verschil (0–10 cm).

Agreement between log CR from rounds 1 and 2 by category and ground type, 0–10 cm layer



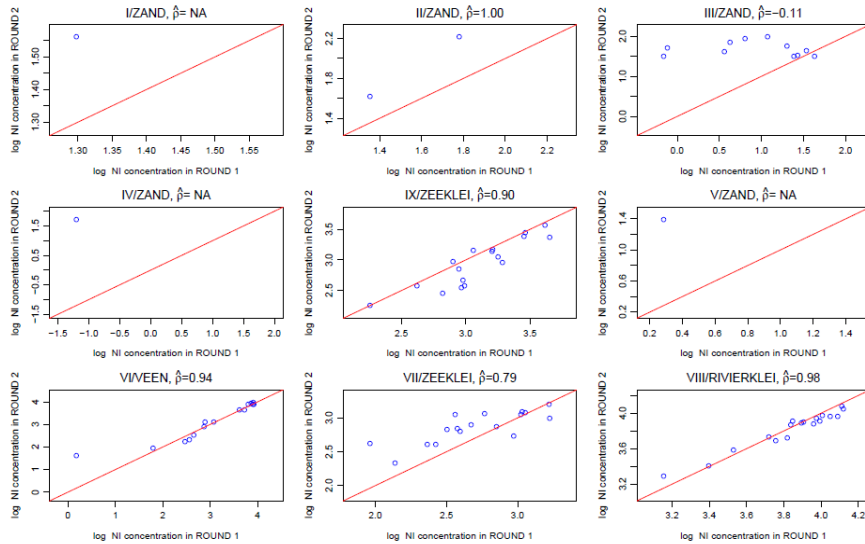
Figuur B26.17 Overeenstemming tussen log-concentraties van Cr in ronden 1 en 2, met bijbehorende geschatte correlaties, per categorie (0–10 cm).

Agreement between log CU from rounds 1 and 2 by category and ground type, 0–10 cm layer



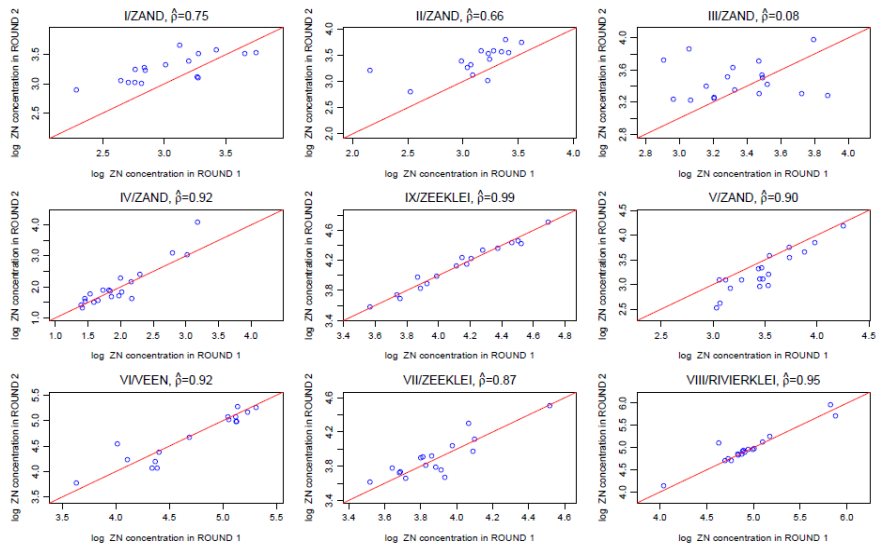
Figuur B26.18 Overeenstemming tussen log-concentraties van Cu in ronden 1 en 2, met bijbehorende geschatte correlaties, per categorie (0–10 cm).

Agreement between log Ni from rounds 1 and 2 by category and ground type, 0–10 cm layer

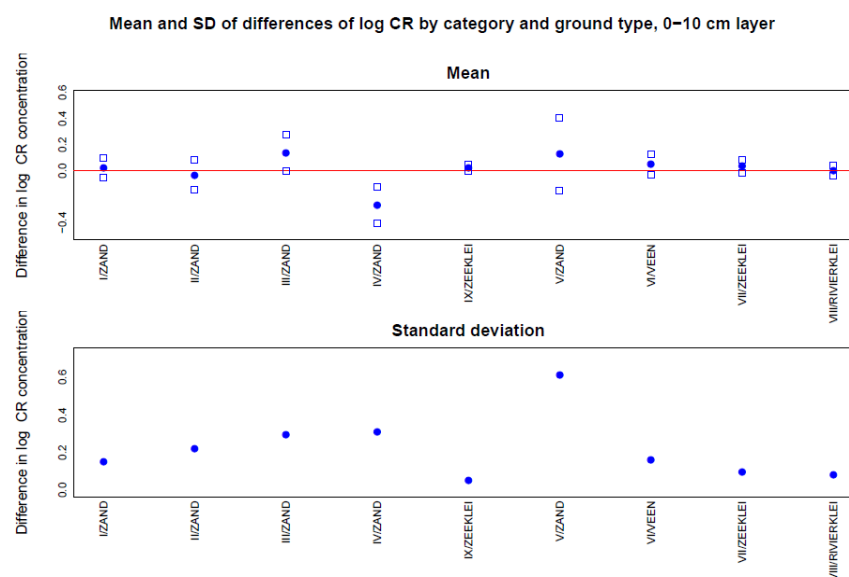


Figuur B26.19 Overeenstemming tussen log-concentraties van Ni in ronden 1 en 2, met bijbehorende geschatte correlaties, per categorie (0-10 cm).

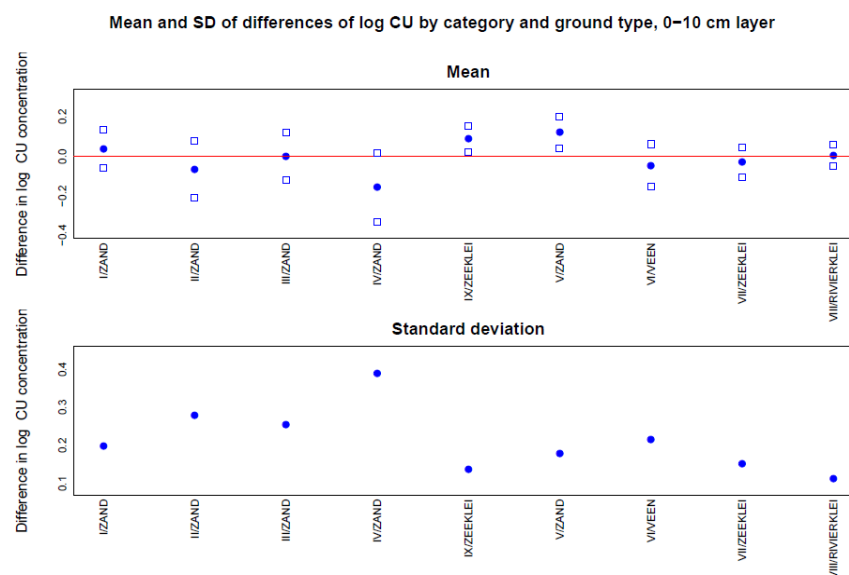
Agreement between log Zn from rounds 1 and 2 by category and ground type, 0–10 cm layer



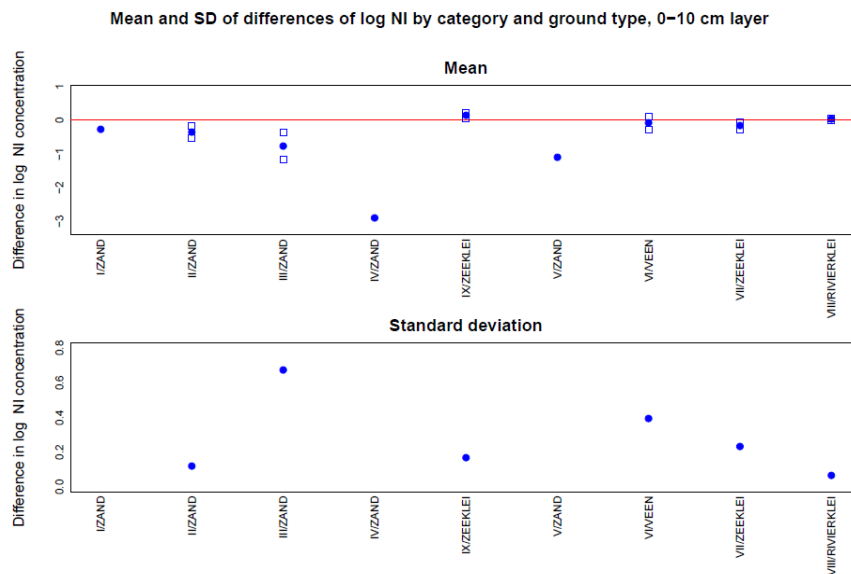
Figuur B26.20 Overeenstemming tussen log-concentraties van Zn in ronden 1 en 2, met bijbehorende geschatte correlaties, per categorie (0-10 cm).



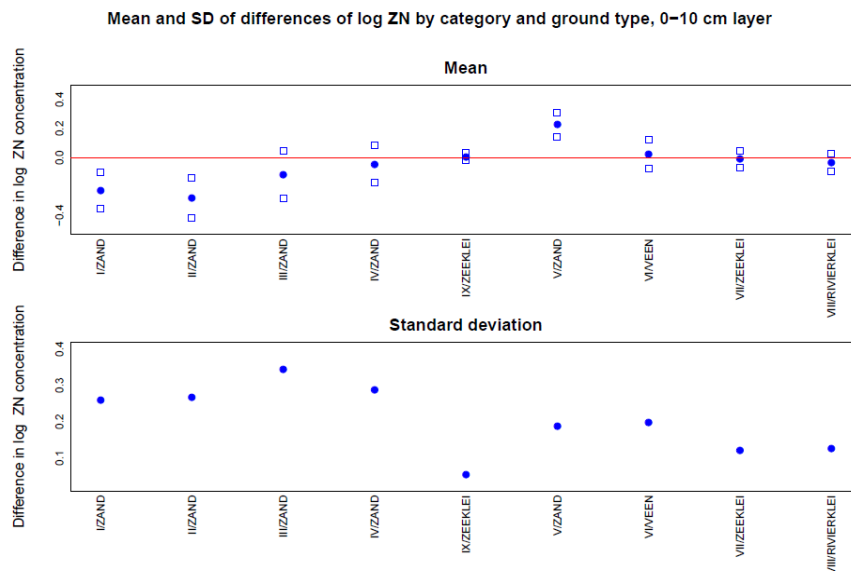
Figuur B26.21 Boven: schattingen en bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor het gemiddelde verschil tussen de gepaarde log-concentraties van Cr uit ronden 1 en 2, per categorie (0–10 cm). Onder: de corresponderende schattingen van de standaarddeviatie.



Figuur B26.22 Boven: schattingen en bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor het gemiddelde verschil tussen de gepaarde log-concentraties van Cu uit ronden 1 en 2, per categorie (0–10 cm). Onder: de corresponderende schattingen van de standaarddeviatie.

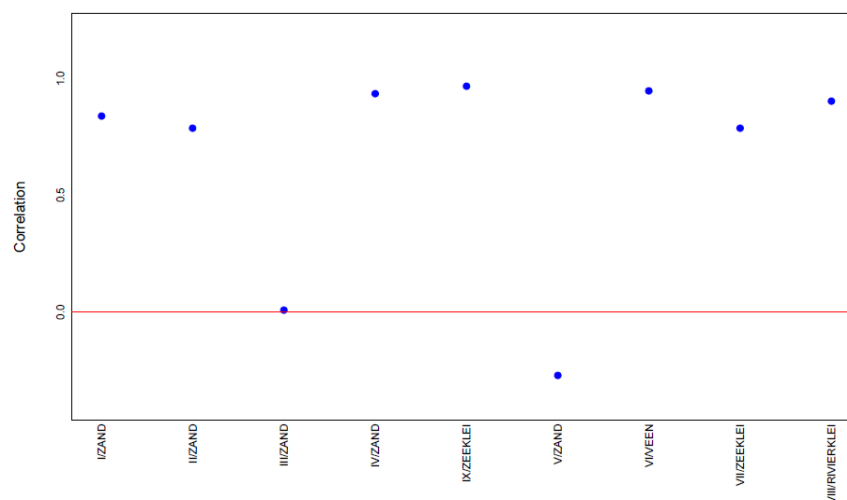


Figuur B26.23 Boven: schattingen en bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor het gemiddelde verschil tussen de gepaarde log-concentraties van Ni uit ronden 1 en 2, per categorie (0–10 cm). Onder: de corresponderende schattingen van de standaarddeviatie.



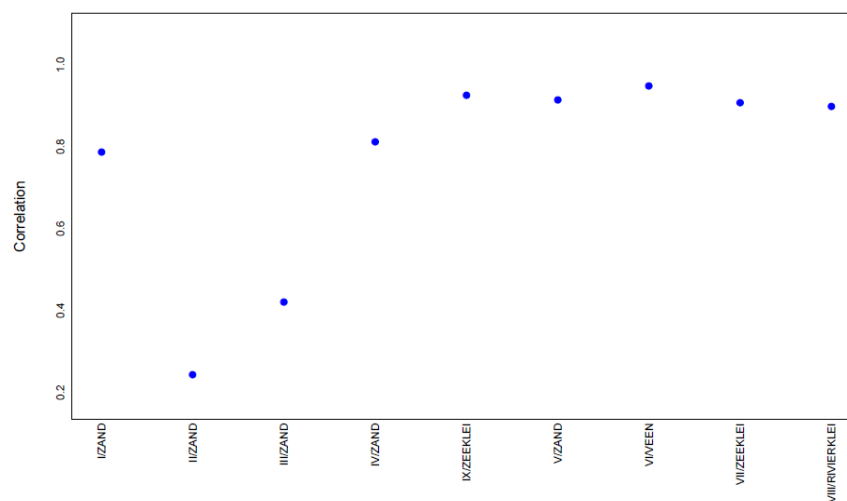
Figuur B26.24 Boven: schattingen en bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor het gemiddelde verschil tussen de gepaarde log-concentraties van Zn uit ronden 1 en 2, per categorie (0–10 cm). Onder: de corresponderende schattingen van de standaarddeviatie.

Correlations between log CR concentrations in rounds 1 and 2 by category and ground type



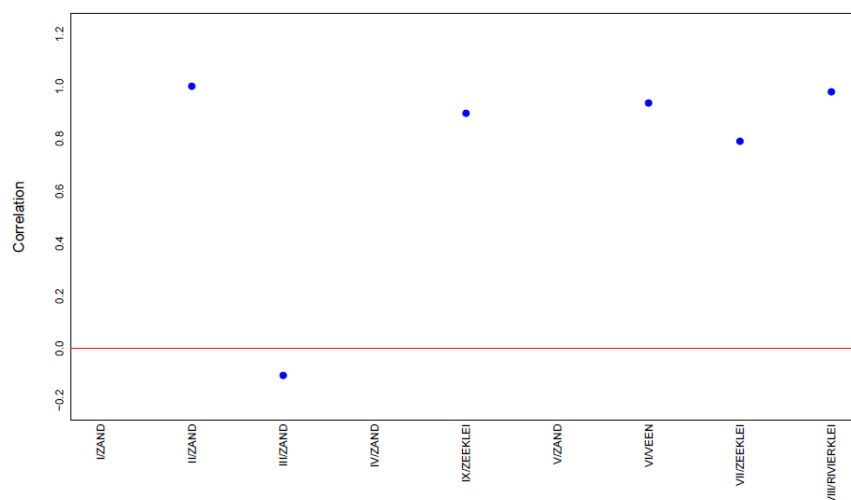
Figuur B26.25 Correlaties tussen de gepaarde log-concentraties van Cr uit ronden 1 en 2, per categorie (0-10 cm).

Correlations between log CU concentrations in rounds 1 and 2 by category and ground type



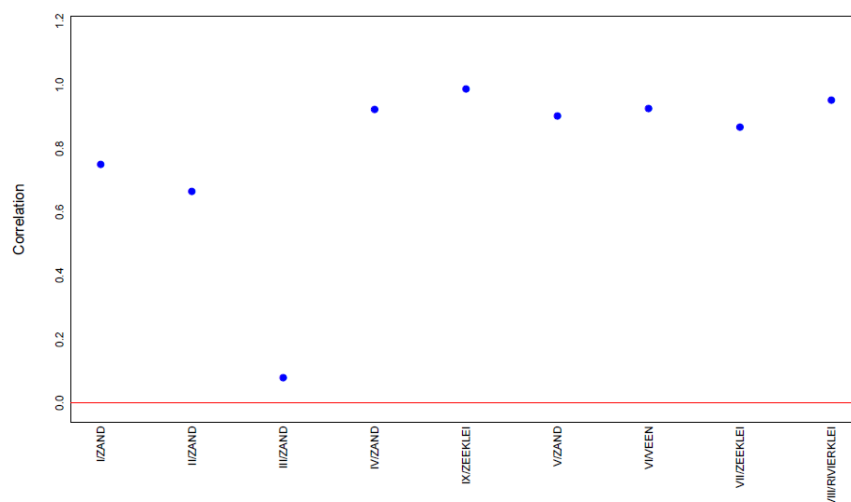
Figuur B26.26 Correlaties tussen de gepaarde log-concentraties van Cu uit ronden 1 en 2, per categorie (0-10 cm).

Correlations between log Ni concentrations in rounds 1 and 2 by category and ground type



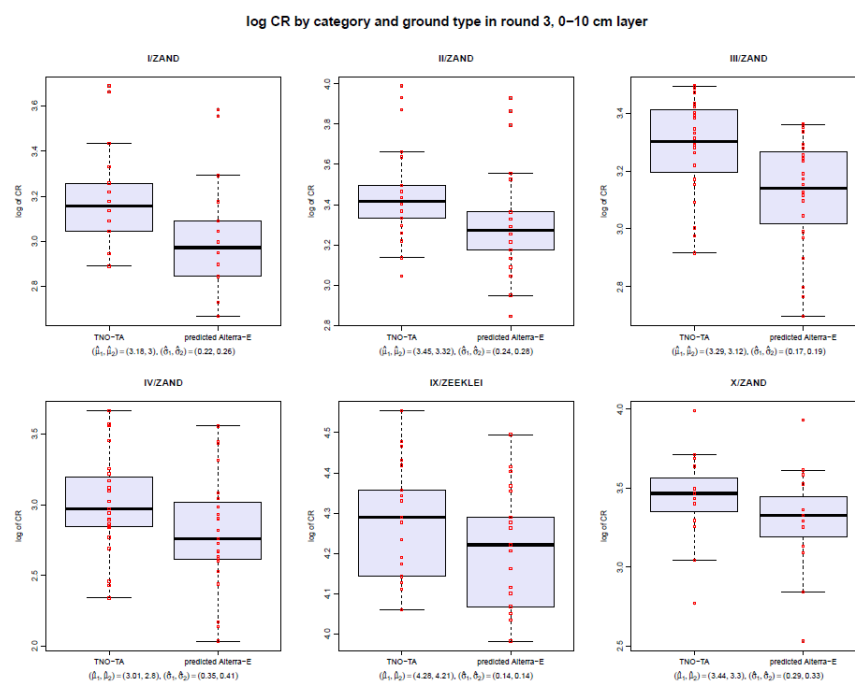
Figuur B26.27 Correlaties tussen de gepaarde log-concentraties van Ni uit ronden 1 en 2, per categorie (0-10 cm).

Correlations between log Zn concentrations in rounds 1 and 2 by category and ground type

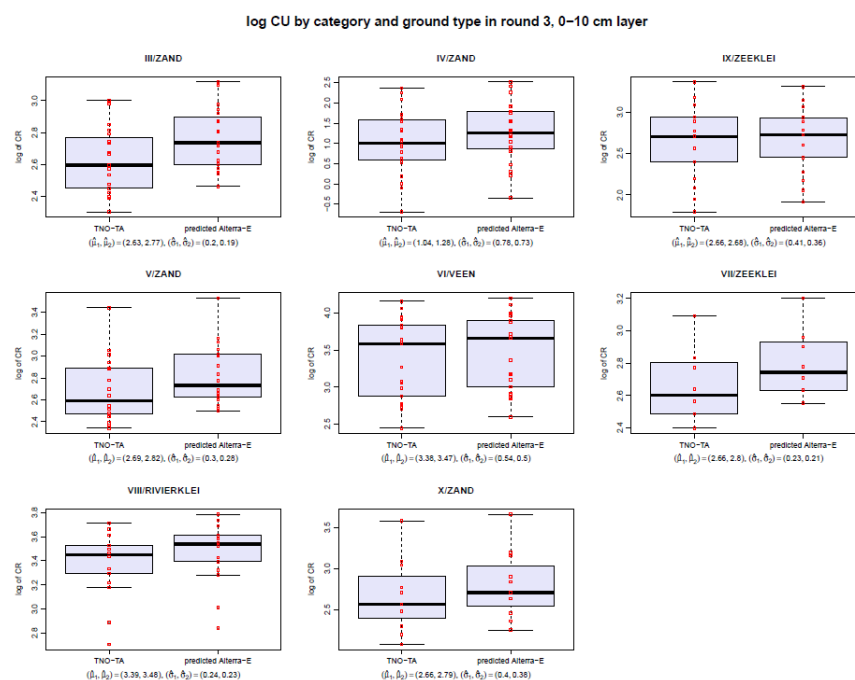


Figuur B26.28 Correlaties tussen de gepaarde log-concentraties van Zn uit ronden 1 en 2, per categorie (0-10 cm).

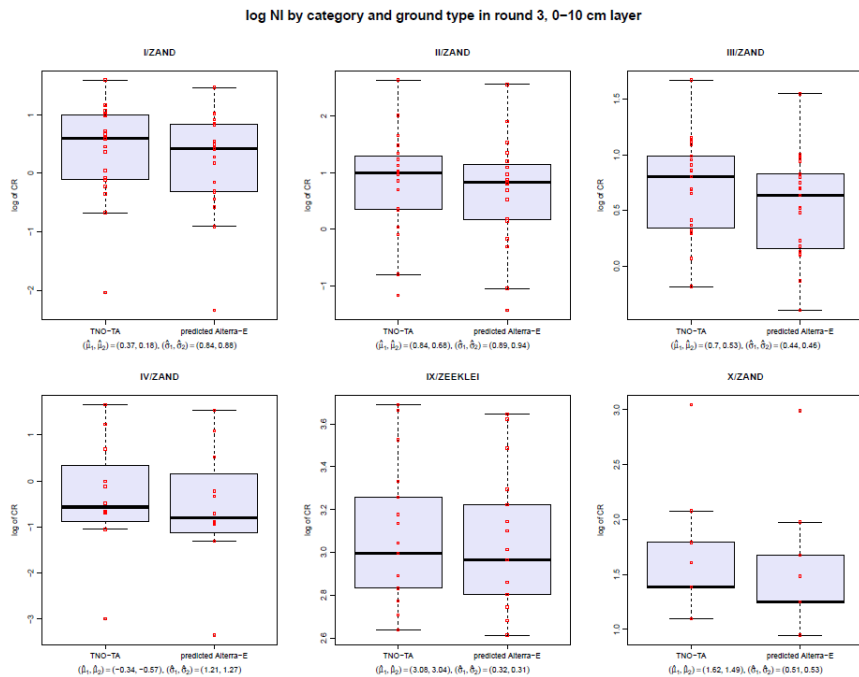
Bijlage 27 Karakterisering van TNO-totaalanalyse- en voorspelde Alterra-E-metingen uit ronde 3



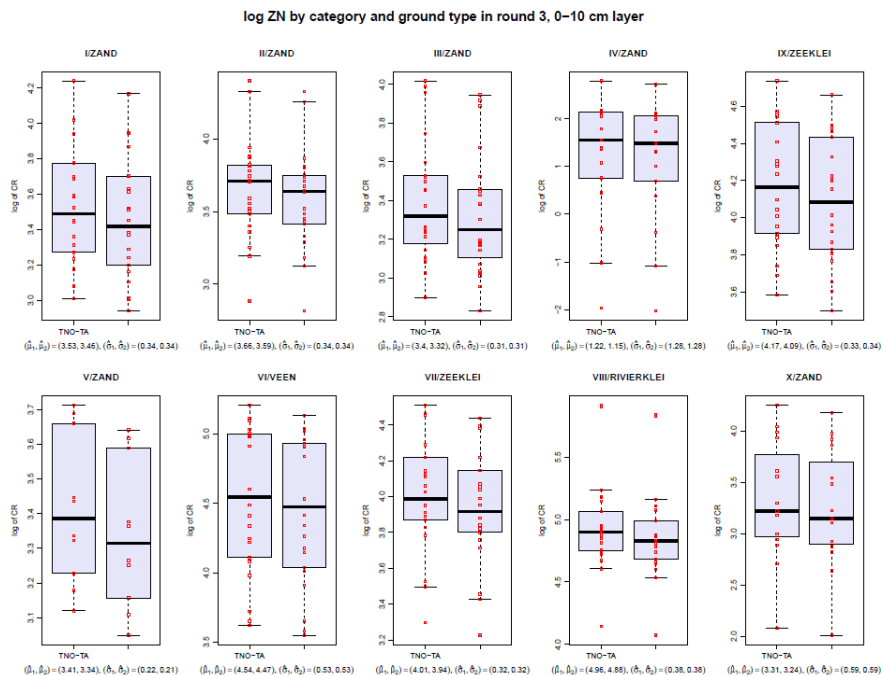
Figuur B27.1 Gemiddelde en standaarddeviaties voor chroom van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten per categorie (laag 0-10 cm).



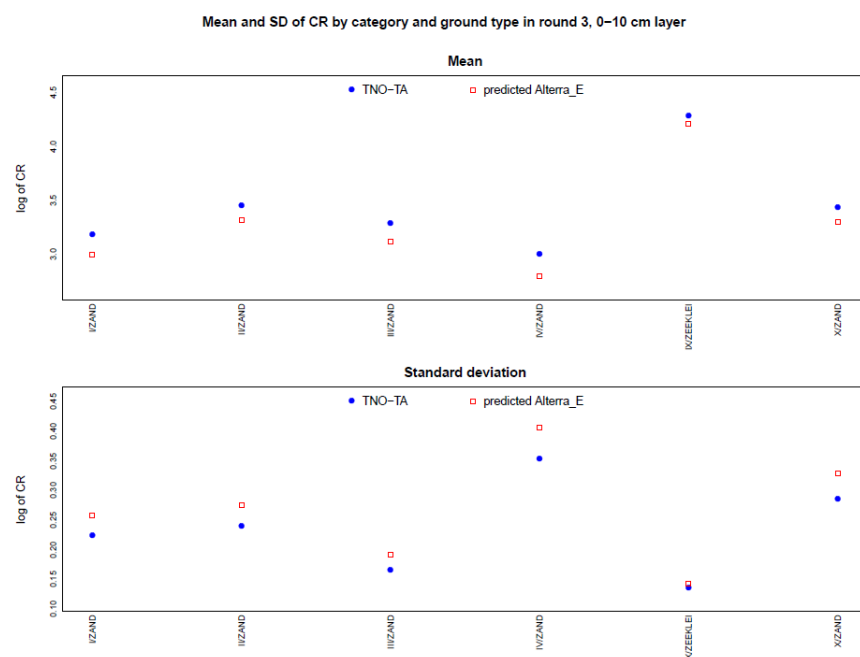
Figuur B27.2 Gemiddelde en standaarddeviaties voor koper van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten per categorie (laag 0-10 cm).



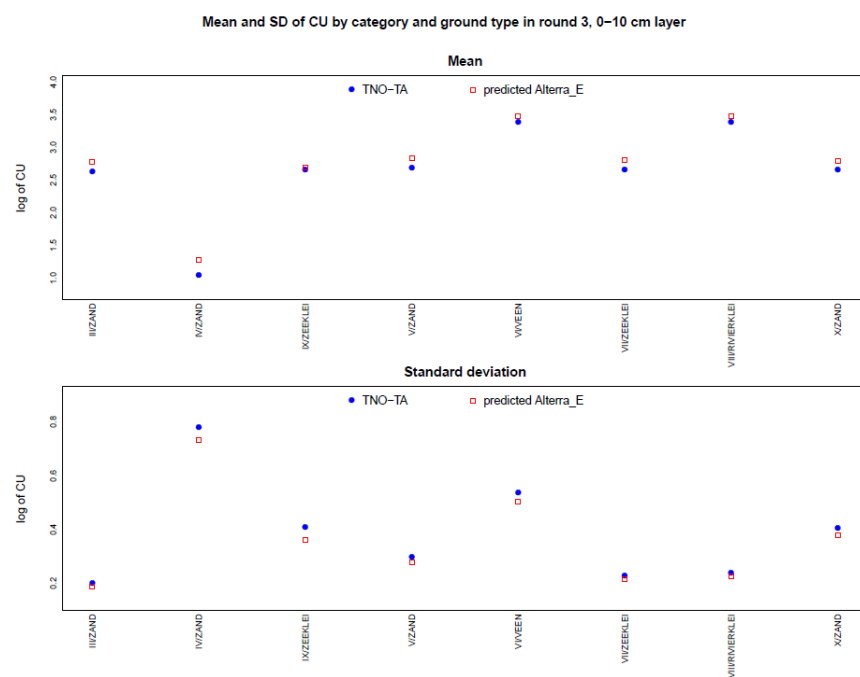
Figuur B27.3 Gemiddelde en standaarddeviaties voor nikkel van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten per categorie (laag 0-10 cm).



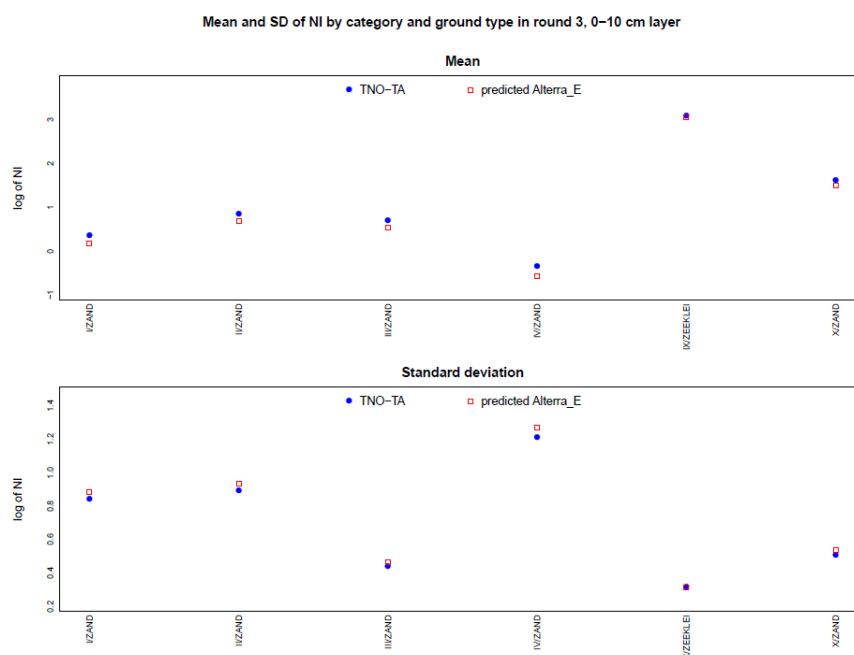
Figuur B27.4 Gemiddelde en standaarddeviaties voor zink van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten per categorie (laag 0-10 cm).



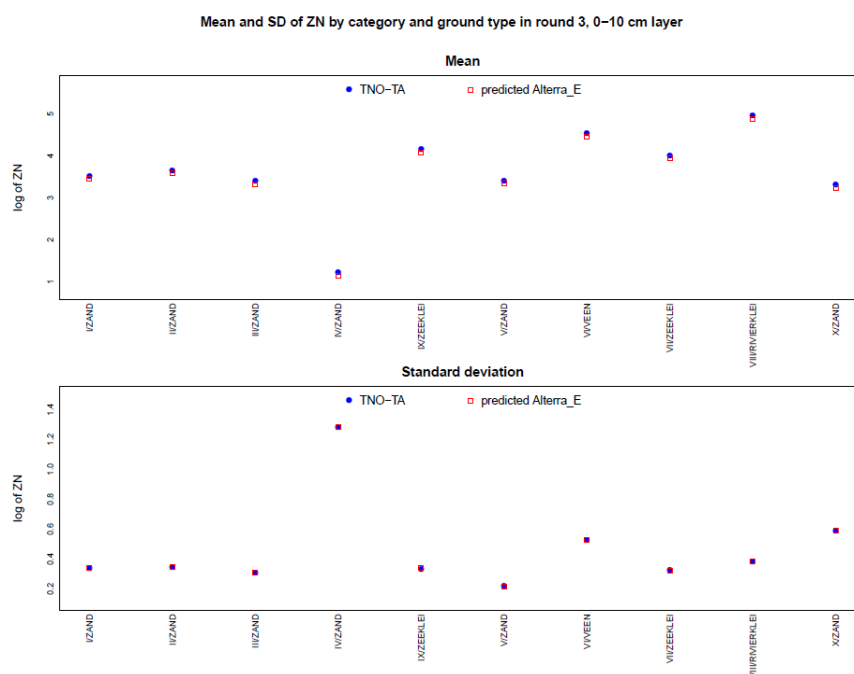
Figuur B27.5 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor chroom van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten (laag 0-10 cm).



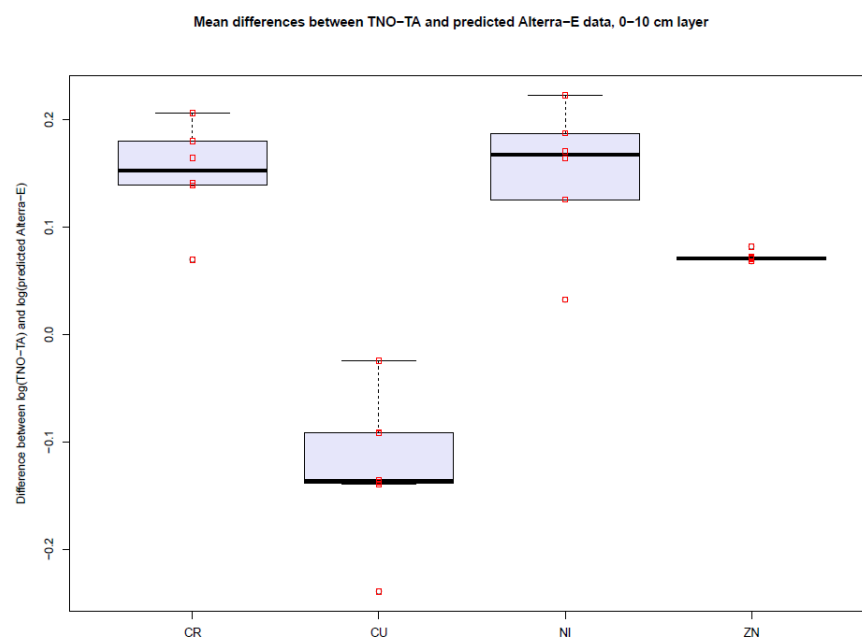
Figuur B27.6 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor koper van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten (laag 0-10 cm).



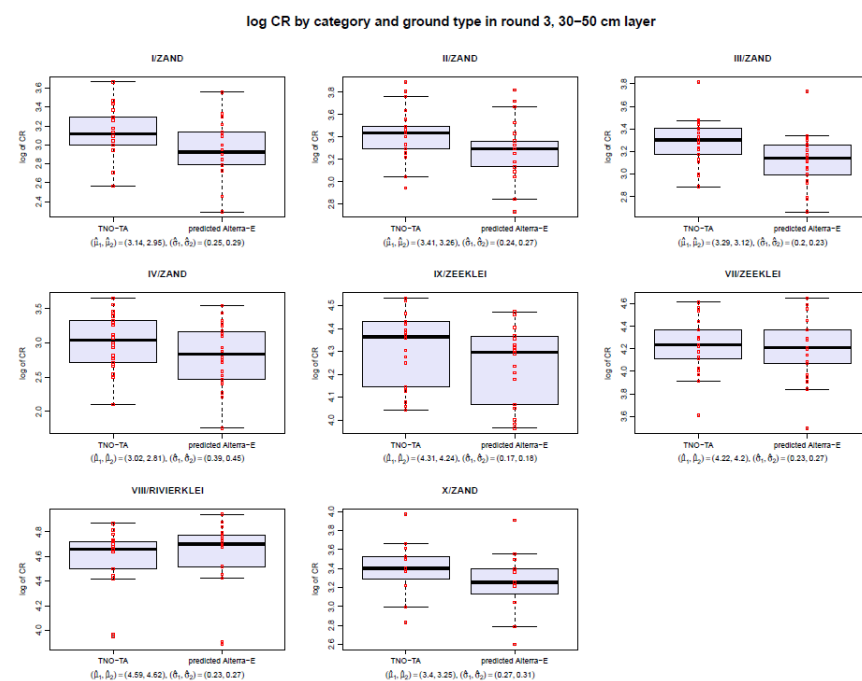
Figuur B27.7 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor nikkel van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten (laag 0-10 cm).



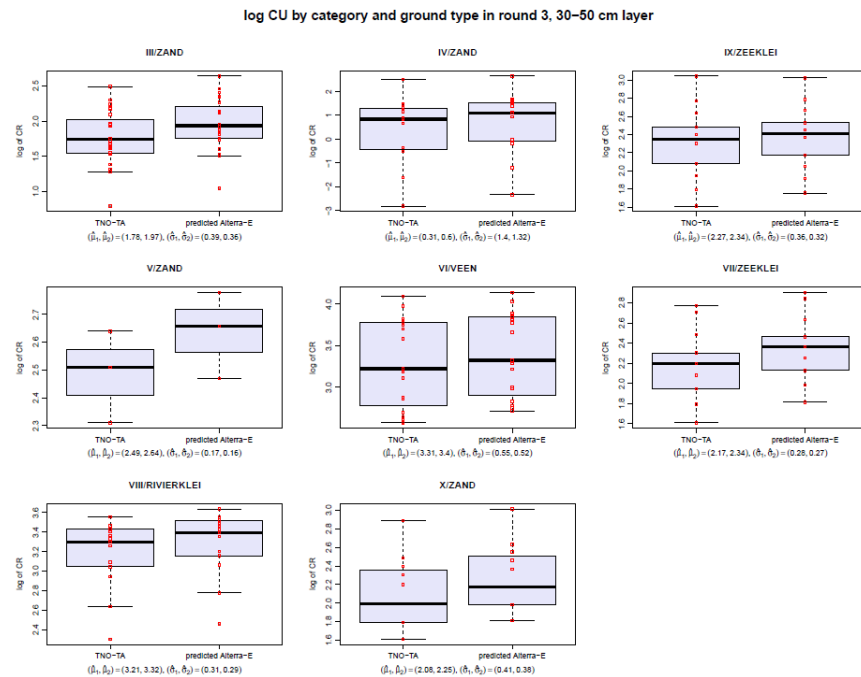
Figuur B27.8 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor zink van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten (laag 0-10 cm).



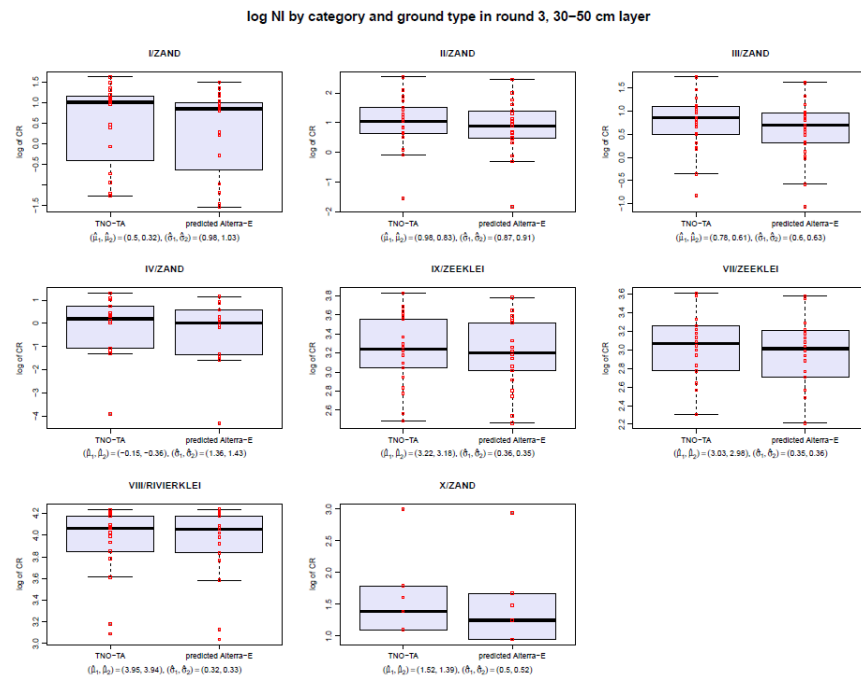
Figuur B27.9 Gemiddelde verschil tussen TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-data voor chroom, koper, nikkel en zink (laag 0-10 cm).



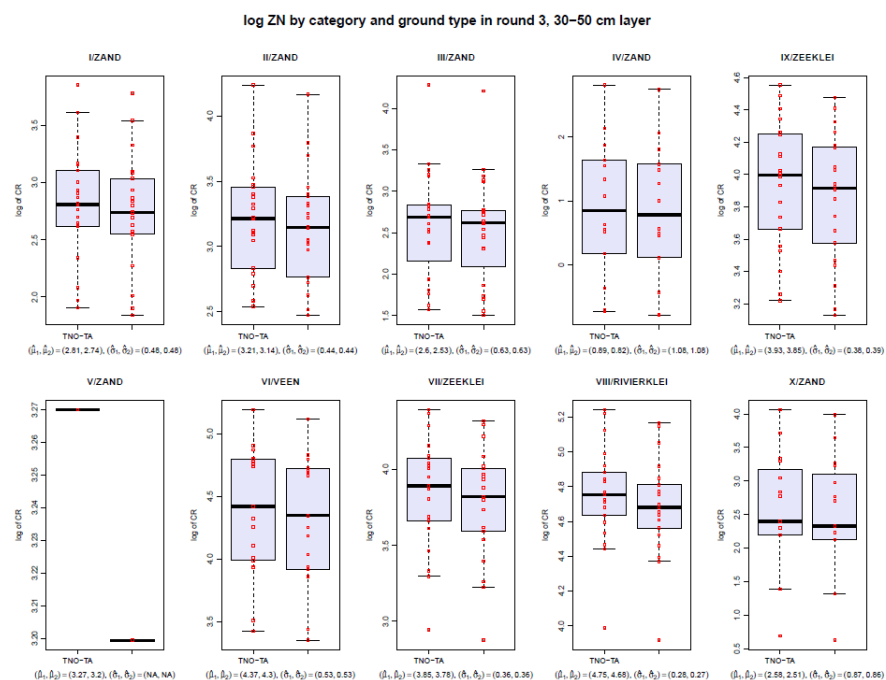
Figuur B27.10 Gemiddelde en standaarddeviaties voor chroom van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten per categorie (laag 30-50 cm).



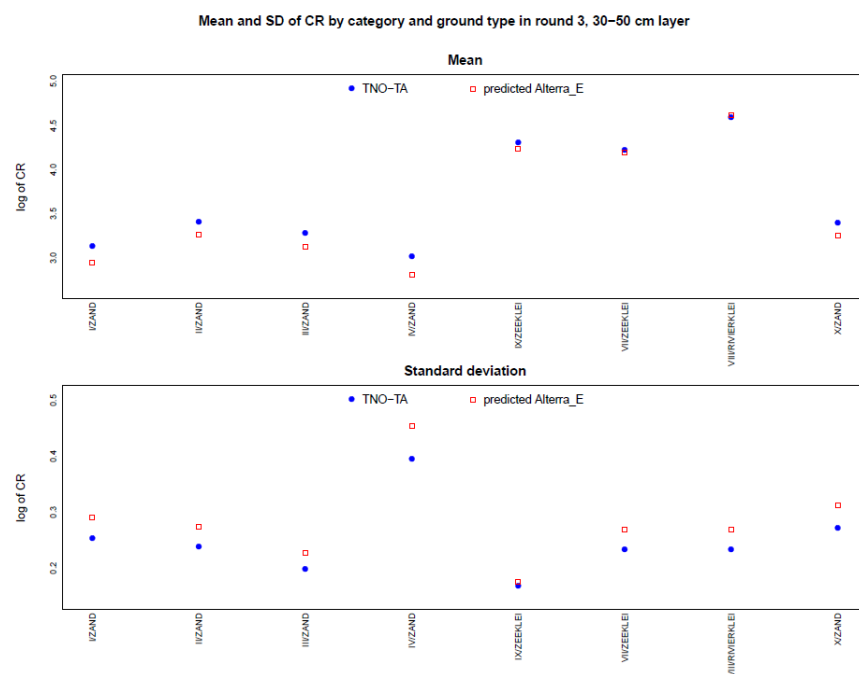
Figuur B27.11 Gemiddelde en standaarddeviaties voor koper van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten per categorie (laag 30-50 cm).



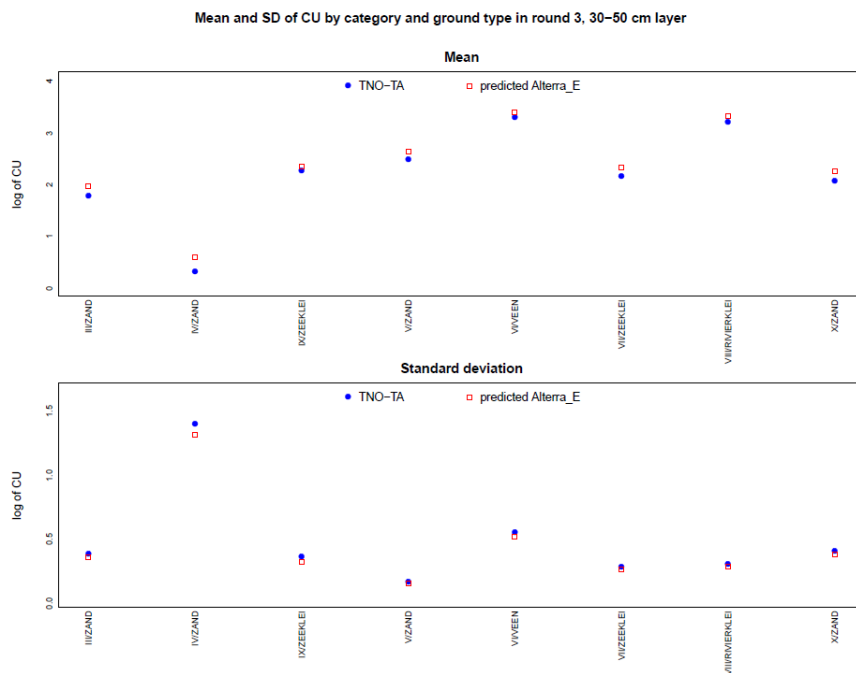
Figuur B27.12 Gemiddelde en standaarddeviaties voor nikkel van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten per categorie (laag 30-50 cm).



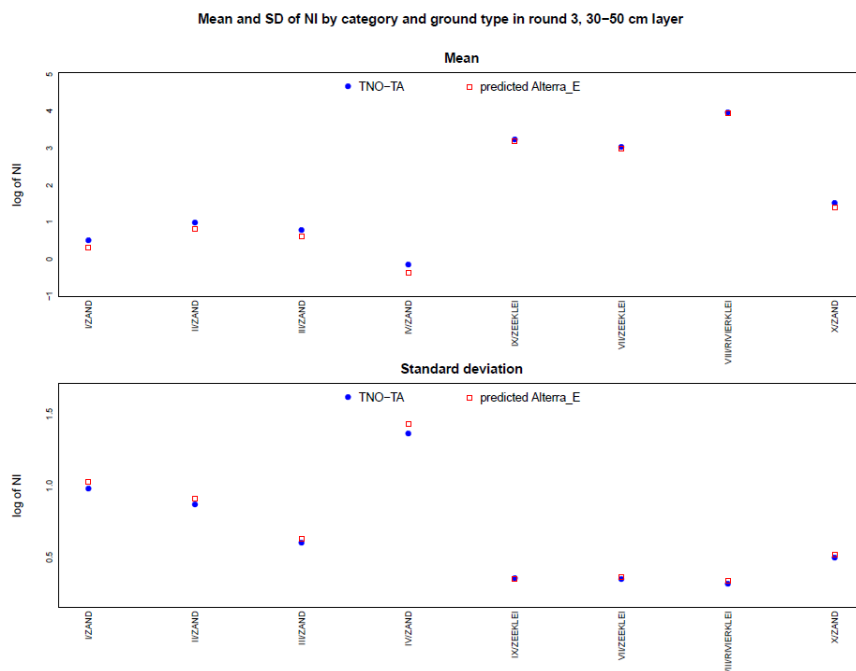
Figuur B27.13 Gemiddelde en standaarddeviaties voor zink van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten per categorie (laag 30-50 cm).



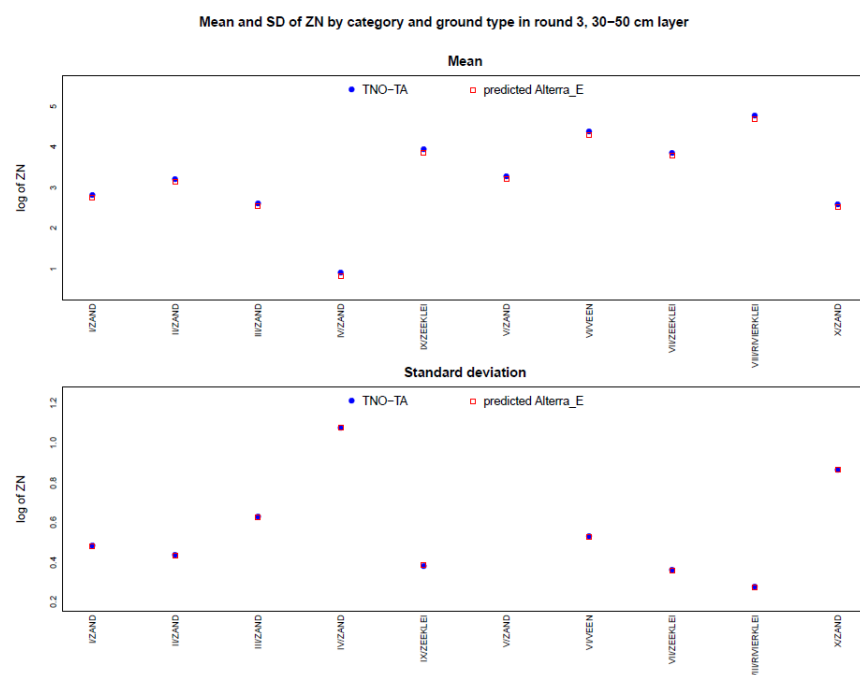
Figuur B27.14 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor chroom van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten (laag 30-50 cm).



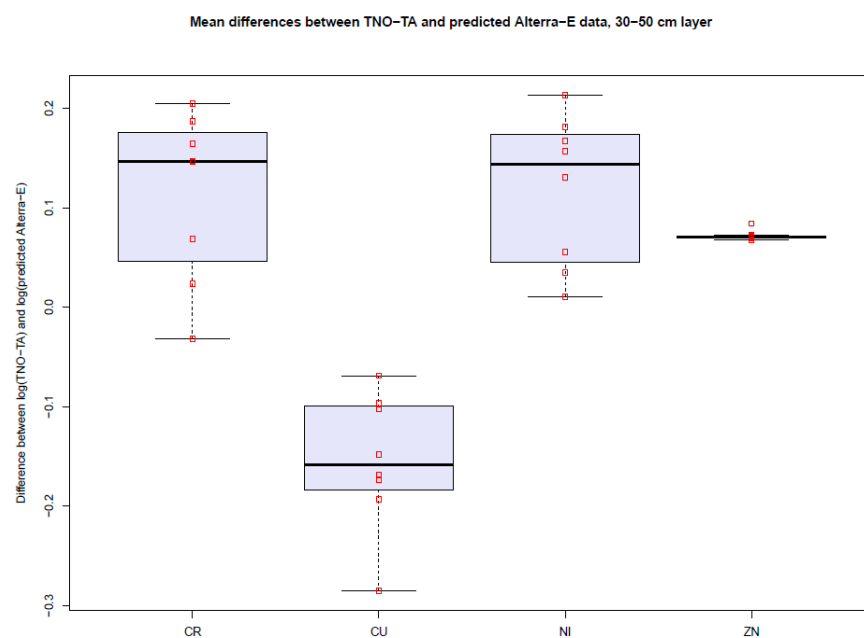
Figuur B27.15 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor koper van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten (laag 30-50 cm).



Figuur B27.16 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor nikkel van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten (laag 30-50 cm).

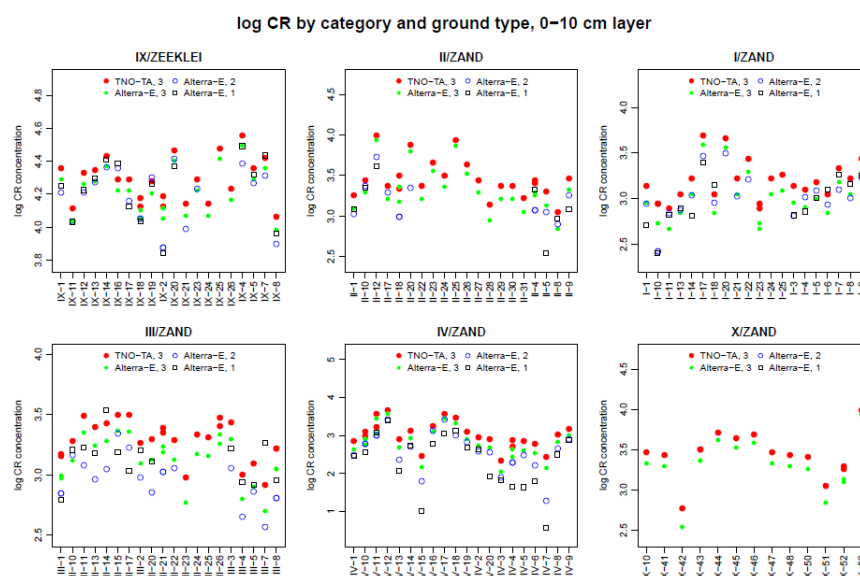


Figuur B27.17 Geschatte gemiddelden en standaarddeviaties per categorie voor zink van TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-resultaten (laag 30-50 cm).

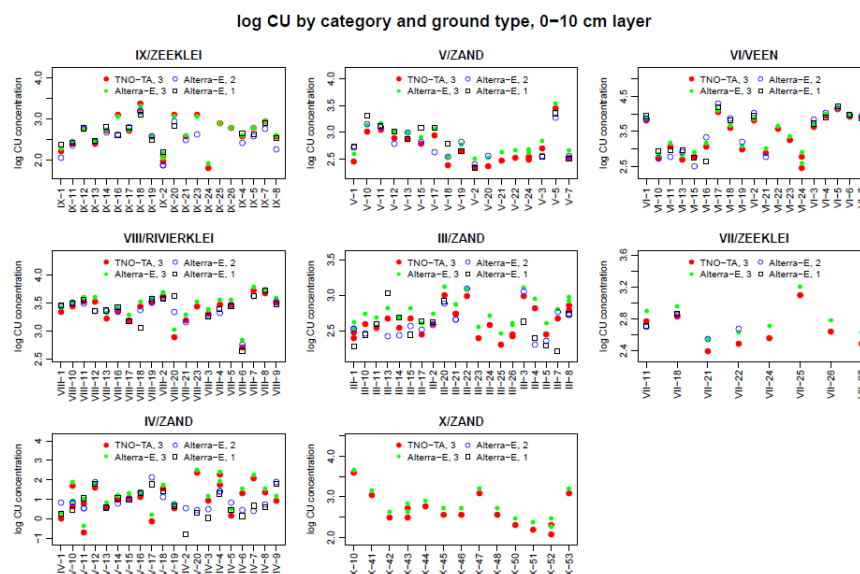


Figuur B27.18 Gemiddelde verschil tussen TNO-TA- en voorspelde Alterra-E-data voor chroom, koper, nikkel en zink (laag 30-50 cm).

Bijlage 28 Correlaties en standaarddeviaties tussen predicties ronde 3 en ronden 1/2

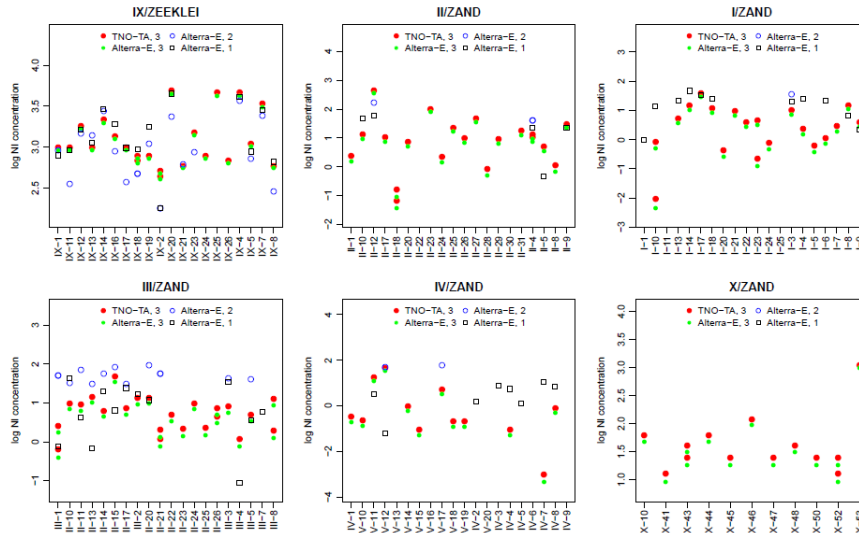


Figuur B28.1 Log-chroomconcentraties van ronde 1 en 2 (Alterra-E.1 en Alterra-E.2), ronde 3 (TNO-TA) en predicties ronde 3 (Alterra-E.3) (laag 0-10 cm).



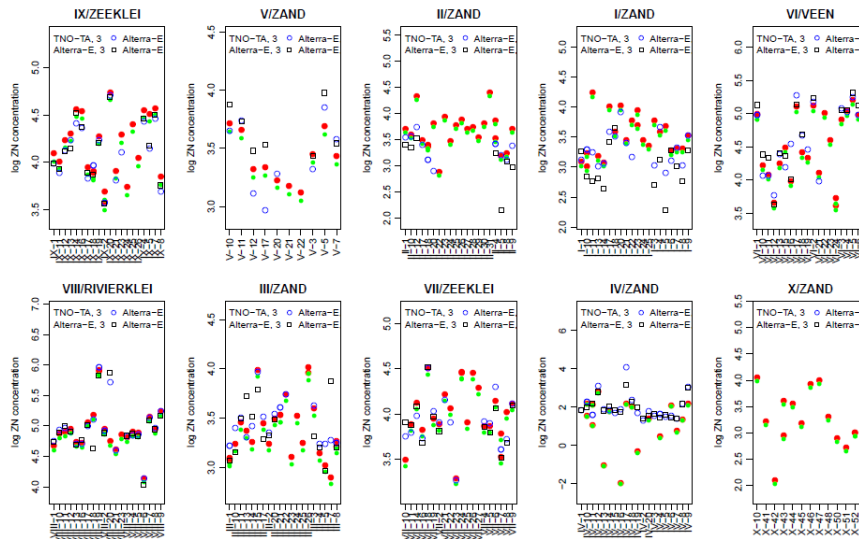
Figuur B28.2 Log-koperconcentraties van ronde 1 en 2 (Alterra-E.1 en Alterra-E.2), ronde 3 (TNO-TA) en predicties ronde 3 (Alterra-E.3) (laag 0-10 cm).

log NI by category and ground type, 0–10 cm layer



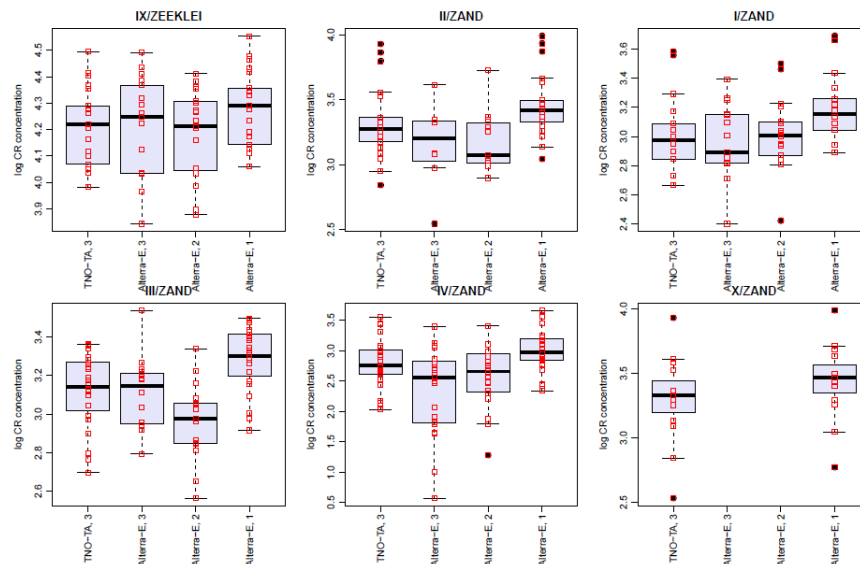
Figuur B28.3 Log-nikkelconcentraties van ronde 1 en 2 (Alterra-E.1 en Alterra-E.2), ronde 3 (TNO-TA) en predicties ronde 3 (Alterra-E.3) (laag 0–10 cm).

log ZN by category and ground type, 0–10 cm layer



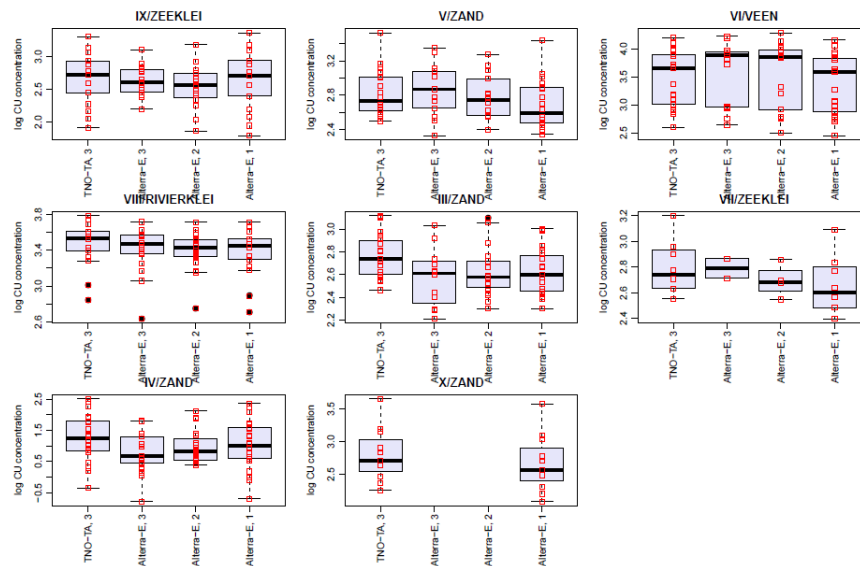
Figuur B28.4 Log-zinkconcentraties van ronde 1 en 2 (Alterra-E.1 en Alterra-E.2), ronde 3 (TNO-TA) en predicties ronde 3 (Alterra-E.3) (laag 0–10 cm).

log CR by category and ground type, 0–10 cm layer

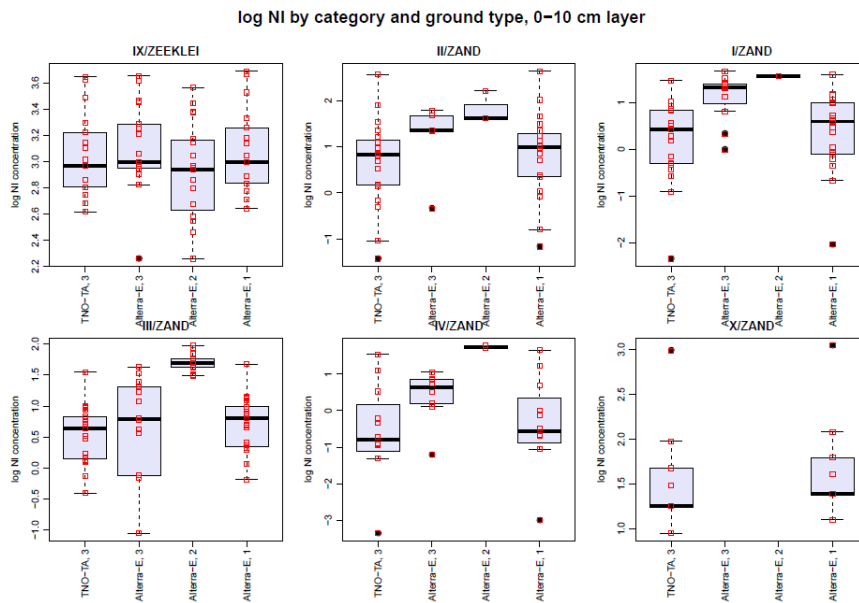


Figuur B28.5 Vergelijking tussen de verdelingen van log-concentraties van Cr gemeten door verschillende laboratoria/analysemethoden, per categorie (0-10 cm).

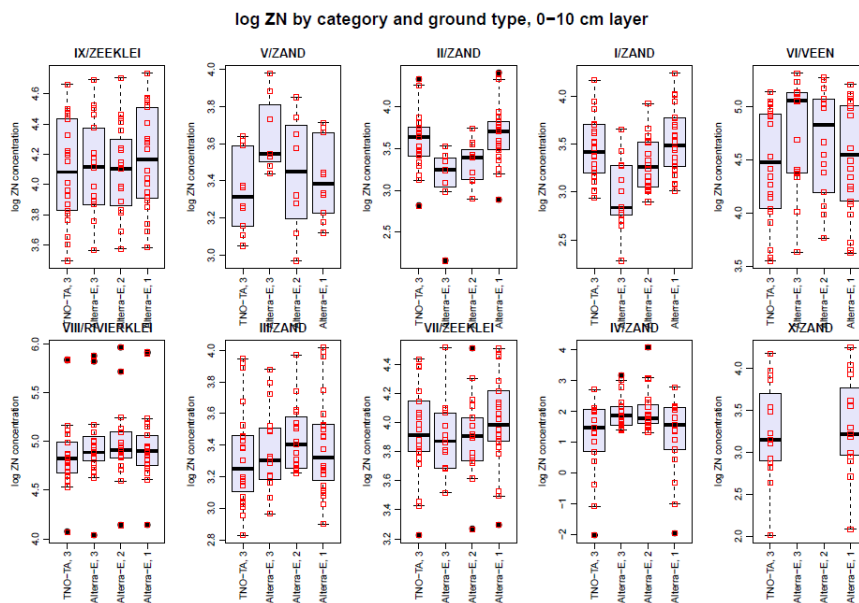
log CU by category and ground type, 0–10 cm layer



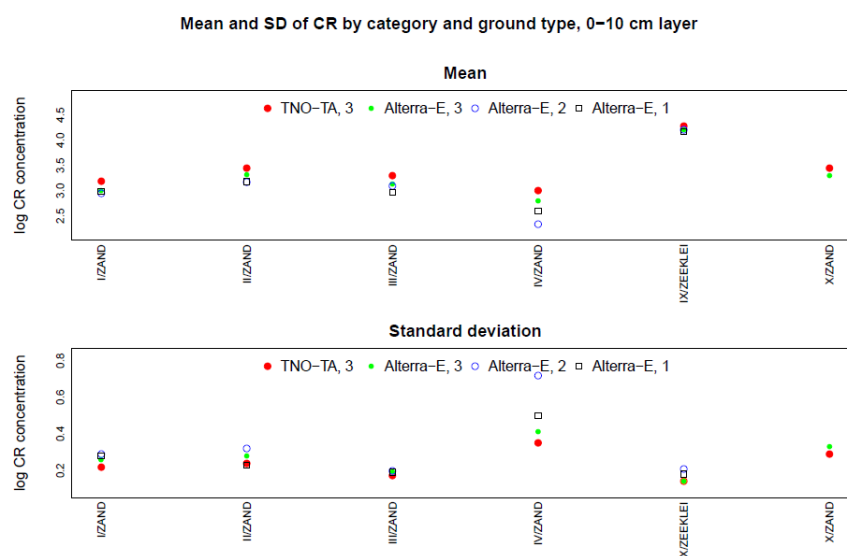
Figuur B28.6 Vergelijking tussen de verdelingen van log-concentraties van Cu gemeten door verschillende laboratoria/analysemethoden, per categorie (0-10 cm).



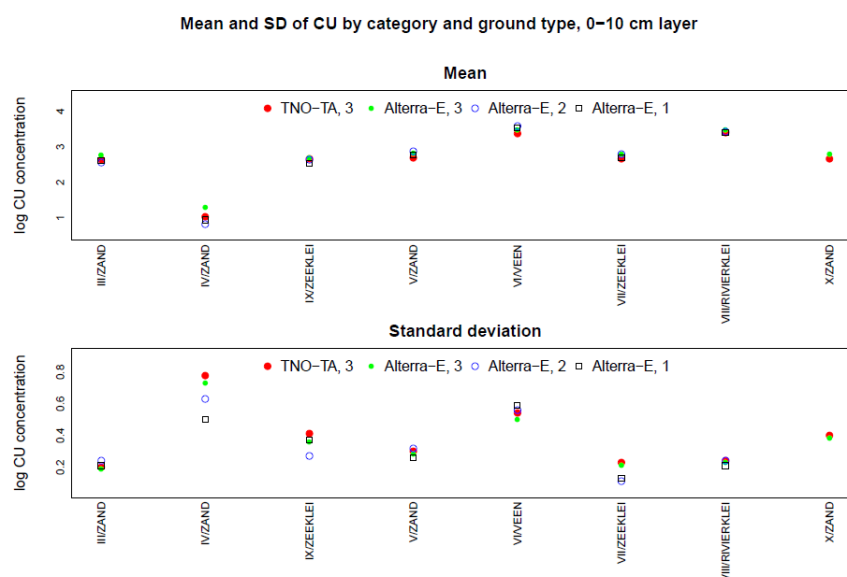
Figuur B28.7 Vergelijking tussen de verdelingen van log-concentraties van Ni gemeten door verschillende laboratoria/analysemethoden, per categorie (0–10 cm).



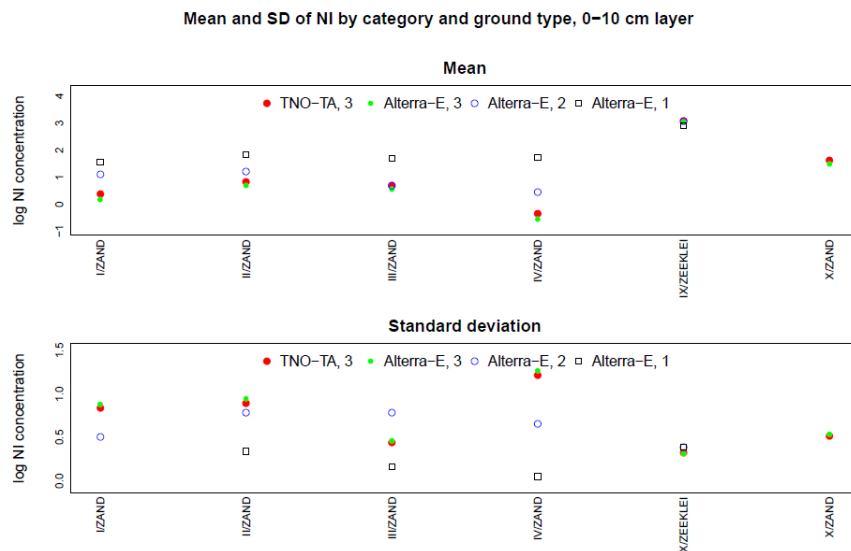
Figuur B28.8 Vergelijking tussen de verdelingen van log-concentraties van Zn gemeten door verschillende laboratoria/analysemethoden, per categorie (0–10 cm).



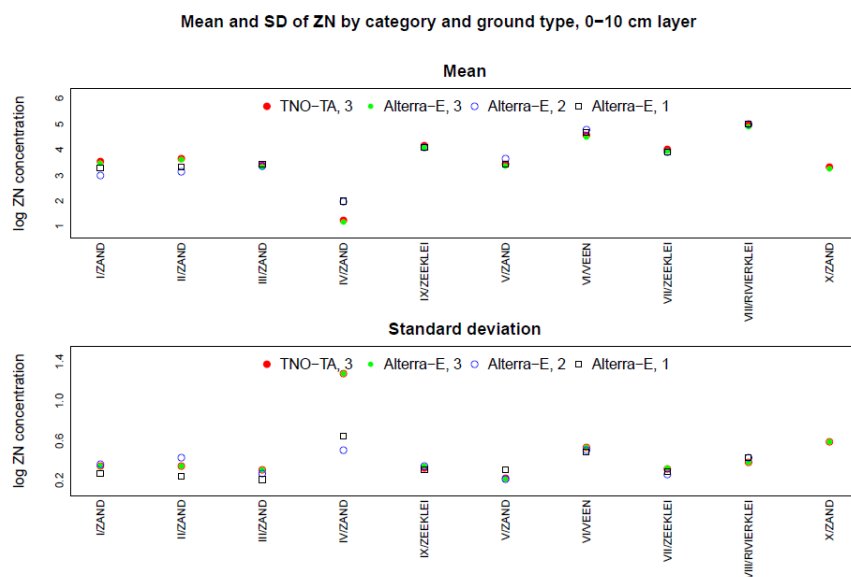
Figuur B28.9 Gemiddelden en standaarddeviaties van Cr van rondes 1 en 2 (Alterra-E.1 en Alterra-E.2), ronde 3 (TNO-TA) en predicties ronde 3 (Alterra-E.3) (laag 0-10 cm).



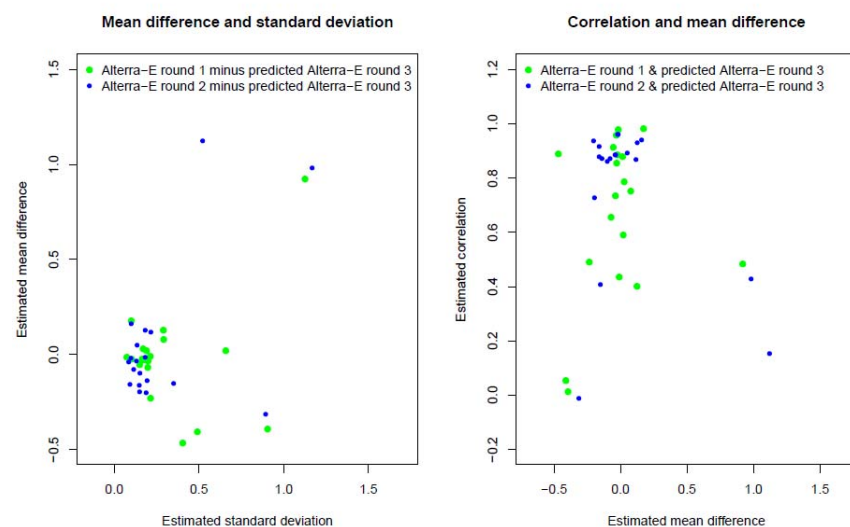
Figuur B28.10 Gemiddelden en standaarddeviaties van Cu van rondes 1 en 2 (Alterra-E.1 en Alterra-E.2), ronde 3 (TNO-TA) en predicties ronde 3 (Alterra-E.3) (laag 0-10 cm).



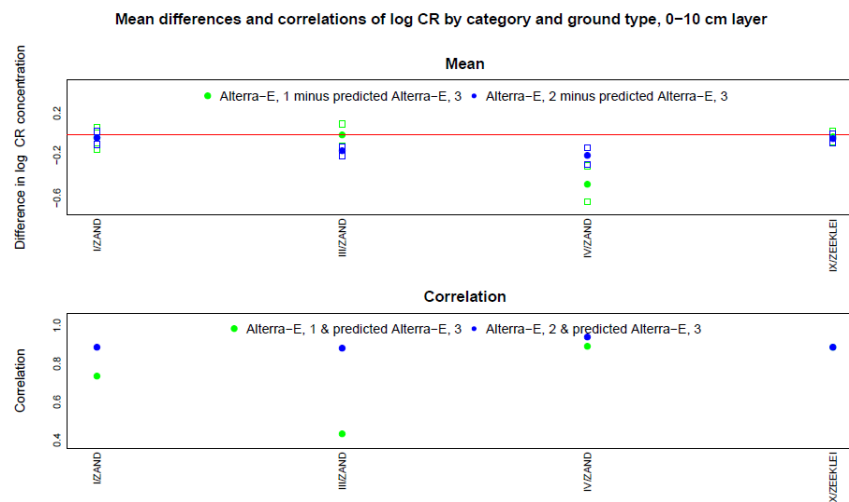
Figuur B28.11 Gemiddelden en standaarddeviaties van Ni van rondes 1 en 2 (Alterra-E.1 en Alterra-E.2), ronde 3 (TNO-TA) en predicties ronde 3 (Alterra-E.3) (laag 0–10 cm).



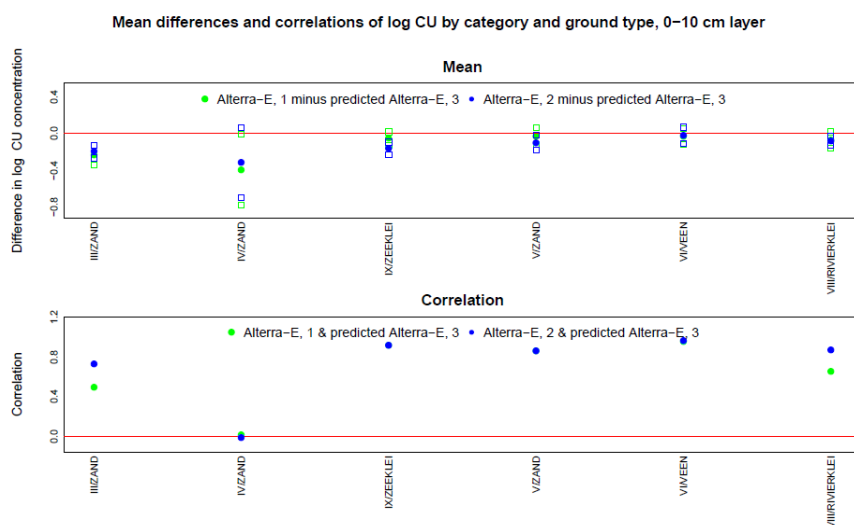
Figuur B28.12 Gemiddelden en standaarddeviaties van Zn van rondes 1 en 2 (Alterra-E.1 en Alterra-E.2), ronde 3 (TNO-TA) en predicties ronde 3 (Alterra-E.3) (laag 0–10 cm).



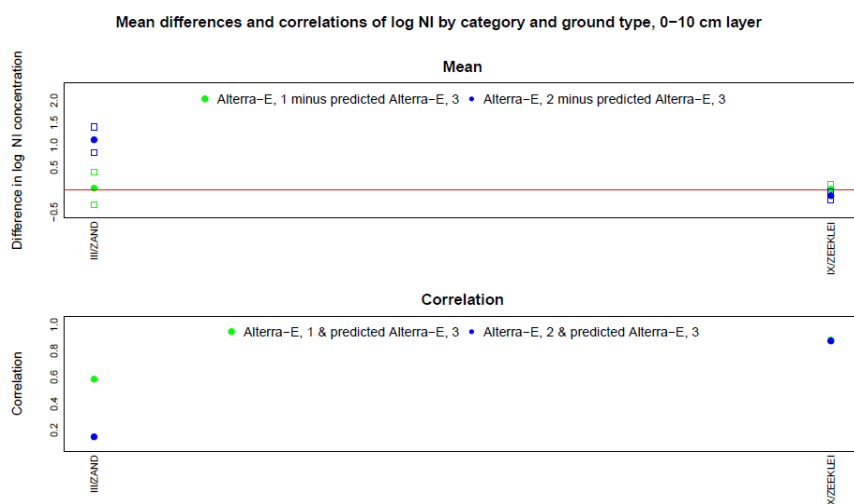
Figuur B28.13 Geschatte gemiddelde verschillen, standaarddeviaties en correlaties. Groen: Alterra-E ronde 1 (zoals geanalyseerd op archiefmonsters van ronde 1 tijdens ronde 2) minus predicties Alterra-E ronde 3. Blauw: Alterra-E ronde 2 minus predicties Alterra-E ronde 3.



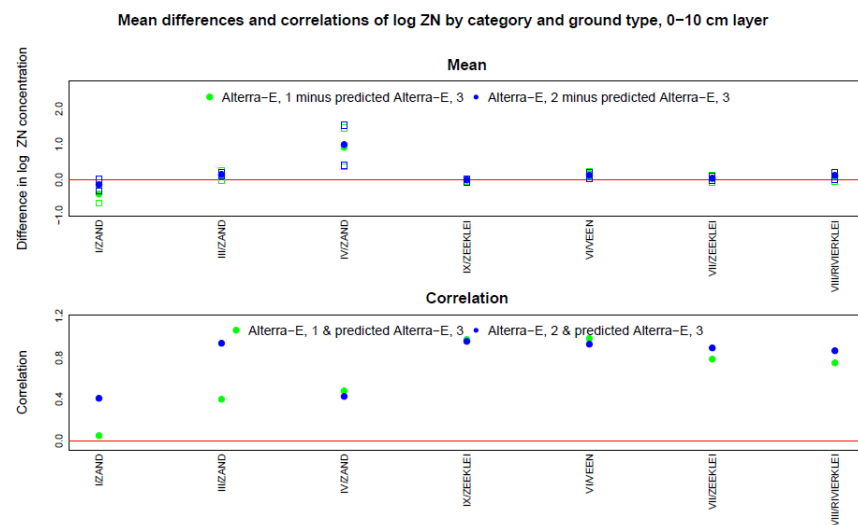
Figuur B28.14 Gemiddelde verschillen en correlaties van de log-chroomconcentraties (laag 0-10 cm).



Figuur B28.15 Gemiddelde verschillen en correlaties van de log-koperconcentraties (laag 0-10 cm).



Figuur B28.16 Gemiddelde verschillen en correlaties van de log-nikkelconcentraties (laag 0-10 cm).



Figuur B28.17 Gemiddelde verschillen en correlaties van de log-zinkconcentraties (laag 0-10 cm).

Bijlage 29 Beoogde power LMB

Beschouwing van de rekenwijze van het benodigde aantal monsters en locaties bij de start van het LMB

1. Inleiding

In De Kwaadsteniet (1987) wordt het benodigde aantal concentratiemetingen berekend dat nodig is om een toename in metaalconcentratie op een gegeven locatie of groep van locaties tussen twee tijdstippen te kunnen detecteren. In deze beschouwing bespreken we De Kwaadsteniets benadering van de kwestie van benodigde monsteraantallen en de in 1987 gebruikte rekenwijze. Uit onderstaande beschouwing zal blijken dat De Kwaadsteniets aanbevelingen met betrekking tot monsteraantallen optimistisch zijn, namelijk dat in realiteit grotere aantallen nodig zijn.

2. Achtergrond

In De Kwaadsteniet (1987) wordt de situatie beschouwd waar n waarnemingen (zeg $n = 8$) worden gedaan op dezelfde locatie op elk van de twee tijdstippen, t_1 en t_2 . Elke waarneming wordt verkregen door een vast, hierna aangeduid met 'fixed' (bijvoorbeeld veertig), aantal grondmonsters random verspreid over de locatie te nemen, deze te mengen, en de concentratie van de elementen waarin men geïnteresseerd is te analyseren in het mengmonster. Aangenomen wordt dat *alle* waarnemingen op deze wijze verkregen zijn, en onder deze vooronderstelling kunnen ze als onafhankelijk worden beschouwd. Met name zijn de n waarnemingen van t_1 onafhankelijk van de waarnemingen van tijdstip t_2 . Tevens geldt dat de waarnemingen op tijdstip t_1 afkomstig zijn van dezelfde verdeling, en de observaties op tijdstip t_2 ook eenzelfde verdeling hebben. De verdelingen van de twee sets van waarnemingen kunnen echter verschillen, bijvoorbeeld wanneer de gemiddelde concentratie van een metaal op de locatie is toegenomen tussen t_1 en t_2 .

Deze situatie is realiseerbaar en ons inziens zijn de aannames realistisch.

De hoofdvraag die beschouwd wordt in De Kwaadsteniet (1987) is deze: hoeveel waarnemingen ofwel monsters per tijdstip $\square$ hoe groot n $\square$ men nodig heeft om in staat te zijn een toename te detecteren van δ , stel, van de gemiddelde concentratie, tussen t_1 en t_2 ?

Een veralgemeniseerde versie van deze vraag wordt ook beschouwd in De Kwaadsteniet (1987): Als K locaties worden bemonsterd, wat is het aantal, n , van monsters per locatie dat men moet nemen om een

toename van de *overall* gemiddelde concentratie van de K locaties te kunnen detecteren tussen t_1 en t_2 ?

Omdat de waarnemingen op random wijze variëren, kan men uiteraard nooit met een kans van 1 (100 procent) een toename detecteren. Ook kan men nooit 100 procent zeker zijn dat een gedetecteerde toename niet door ruis veroorzaakt wordt. Derhalve dienen bovenstaande vragen verder gespecificeerd te worden: hoeveel waarnemingen per tijdstip heeft men nodig om in staat te zijn een toename δ te detecteren in de gemiddelde concentratie tussen t_1 en t_2 , bij een significantieniveau α en met kans $1 - \beta$?

In deze berekening wordt meestal gerekend met $\alpha = 0.05$. Voor een gegeven α is gewenst dat $1 - \beta$, de gewenste kans op detectie of *power*, zo dicht mogelijk bij 1 ligt. Echter, $1 - \beta$ is altijd < 1 en kan alleen vergroot worden door een voldoende groot monsteraantal n te nemen.

In de berekeningen van De Kwaadsteniet (1987) wordt geen rekening gehouden met de kans op het detecteren van een verandering. In geen van de gebruikte formules verschijnt de kans $1 - \beta$. Hierna zal worden getoond dat dit in het algemeen leidt tot onderschatting van de benodigde monsteraantallen.

3. Power en berekening van monsteraantallen

In De Kwaadsteniet (1987) worden **eenzijdige toetsen** toegepast, namelijk toetsen die ontworpen zijn om een gemiddelde toename te detecteren. In tegenstelling tot eenzijdige toetsen, zijn **tweezijdige toetsen** ontworpen om een gemiddeld *verschil* te detecteren, dat wil zeggen zowel gemiddelde toenames als gemiddelde afnames. Eenzijdige toetsen zijn iets krachtiger dan tweezijdige toetsen, omdat ze gebruik maken van de aannames dat als er een gemiddeld verschil is, dit ofwel een toename ofwel een afname is. Beide typen toetsen zullen hier in beschouwing worden genomen.

Stel, μ_1 en μ_2 geven de gemiddelde concentraties van de onderzoekslocatie weer op tijdstippen t_1 en t_2 . Neem aan, met De Kwaadsteniet (1987), dat de standaarddeviatie van de individuele observaties σ is, ongeacht het tijdstip.⁷ Stel dat $\bar{X}_1$, $\bar{X}_2$ en S_1 , S_2 de monstergemiddelden en standaarddeviaties zijn, berekend van de monsters op tijdstippen t_1 en t_2 . Een schatting van σ^2 wordt gegeven door $S^2 = (S_1^2 + S_2^2) / 2$.

⁷ Uit onze ervaring is gebleken dat de veronderstelling van een ongeveer constante standaardafwijking voor de *logaritmen* van de metaalconcentraties, eerder dan voor de concentraties zelf, geldig is. Maar, zoals De Kwaadsteniet (1987) deed, zullen we hier met de observaties in hun originele schaal werken. Hoewel de powerberekening gemakkelijk kan worden veralgemeniseerd voor de situatie waarbij de standaardafwijkingen van de twee tijdstippen ongelijk zijn, zou het onhandig zijn om een variërende standaardafwijking in termen van tijd en/of concentratie te specificeren.

Stel $\hat{\delta} = \bar{X}_2 - \bar{X}_1$; dit is het verschil tussen de monstergemiddelden op t_2 en t_1 en is een zuivere *schatting* van $\delta = \mu_2 - \mu_1$. Omdat $\bar{X}_1$ en $\bar{X}_2$ onafhankelijk zijn, is de variantie van $\hat{\delta}$

$$\text{Var}(\hat{\delta}) = \text{Var}(\bar{X}_2) + \text{Var}(\bar{X}_1) = \sigma^2 / n + \sigma^2 / n = 2\sigma^2 / n.$$

Deze variantie kan dan weer geschat worden door $\text{var}(\hat{\delta}) := 2S^2 / n$.

Om de nulhypothese te toetsen dat $\delta = 0$ tegen het alternatief dat $\delta > 0$ □ een eenzijdige toets om een toename te detecteren □ construeren we het benaderende eenzijdige 95 procent-betrouwbaarheidsinterval voor δ open aan de rechterkant, namelijk⁸

$$I_{\delta}^{+} := \left[\hat{\delta} - 1.64 \frac{S}{\sqrt{n/2}}, +\infty \right],$$

en verwerpen de nulhypothese als, en alleen als $0 \notin I_{\delta}^{+}$, d.w.z. indien, en alleen indien $\hat{\delta} - 1.64 S / \sqrt{n/2} > 0$.

Om de nulhypothese te toetsen dat $\delta = 0$ tegen het alternatief dat $\delta \neq 0$ □ een twee-zijdige toets om zowel een toename als een afname te detecteren □ construeren we het benaderende 95 procent betrouwbaarheidsinterval voor δ , namelijk

$$I_{\delta} := \left[\hat{\delta} - 1.96 \frac{S}{\sqrt{n/2}}, \hat{\delta} + 1.96 \frac{S}{\sqrt{n/2}} \right],$$

en verwerpen de nulhypothese als, en alleen als $0 \notin I_{\delta}$, d.w.z. indien, en alleen indien of $\hat{\delta} - 1.96 S / \sqrt{n/2} > 0$ of $\hat{\delta} + 1.96 S / \sqrt{n/2} < 0$.

Om de power te berekenen van de eenzijdige toets nemen we waar dat de kans om de nulhypothese af te wijzen gelijk is aan de kans dat $\hat{\delta} - 1.64 S / \sqrt{n/2} > 0$. Een schatting hiervan kan berekend worden in termen van de standaard normale verdelingsfunctie Φ :

⁸ Merk op dat 1.64 ongeveer gelijk is aan de kwantiel van 95% van de standaard normale verdeling; de kwantiel van 97.5%, die in het tweede interval wordt gebruikt, is 1.96. Deze kwantielen zijn aangewezen voor eenzijdige en tweezijdige tests, op het 5%-significantieniveau.

$$\begin{aligned}
\pi^+ &\equiv \pi^+(\delta, n, \sigma) := P(\hat{\delta} > 1.64 S / \sqrt{n/2}) \\
&= P(\hat{\delta} - \delta > 1.64 S / \sqrt{n/2} - \delta) \\
&= P\left(\frac{\hat{\delta} - \delta}{S / \sqrt{n/2}} > 1.64 - \delta \frac{\sqrt{n/2}}{S}\right) \\
&= 1 - P\left(\frac{\hat{\delta} - \delta}{S / \sqrt{n/2}} \leq 1.64 - \delta \frac{\sqrt{n/2}}{S}\right) \\
&\approx 1 - \Phi\left(1.64 - \delta \frac{\sqrt{n/2}}{\sigma}\right).
\end{aligned}$$

Op vergelijkbare wijze is de power van de tweezijdige toets

$$\begin{aligned}
\pi &\equiv \pi(\delta, n, \sigma) := P(\hat{\delta} > 1.96 S / \sqrt{n/2}) + P(\hat{\delta} < -1.96 S / \sqrt{n/2}) \\
&= P(\hat{\delta} - \delta > 1.96 S / \sqrt{n/2} - \delta) + P(\hat{\delta} - \delta < -1.96 S / \sqrt{n/2} - \delta) \\
&= P\left(\frac{\hat{\delta} - \delta}{S / \sqrt{n/2}} > 1.96 - \delta \frac{\sqrt{n/2}}{S}\right) + P\left(\frac{\hat{\delta} - \delta}{S / \sqrt{n/2}} < -1.96 - \delta \frac{\sqrt{n/2}}{S}\right) \\
&= 1 - P\left(\frac{\hat{\delta} - \delta}{S / \sqrt{n/2}} \leq 1.96 - \delta \frac{\sqrt{n/2}}{S}\right) + P\left(\frac{\hat{\delta} - \delta}{S / \sqrt{n/2}} < -1.96 - \delta \frac{\sqrt{n/2}}{S}\right) \\
&\approx 1 - \Phi\left(1.96 - \delta \frac{\sqrt{n/2}}{\sigma}\right) + \Phi\left(-1.96 - \delta \frac{\sqrt{n/2}}{\sigma}\right).
\end{aligned}$$

De power van de eenzijdige toets is ongeveer

$1 - \Phi(1.64 - (\delta / \sigma) \sqrt{n/2})$. Wanneer we willen dat deze gelijk is aan

$1 - \beta$ dan krijgen we bij oplossing van de vergelijking

$1 - \Phi(1.64 - (\delta / \sigma) \sqrt{n/2}) = 1 - \beta$ voor n ,

$$n \approx 2 \left(\frac{\sigma}{\delta} \right)^2 (1.64 - \Phi^{-1}(\beta))^2.$$

Daarmee in tegenspraak zegt formule (5) in De Kwaadsteniet dat

$$n \approx 2 \left(\frac{\sigma}{\delta} \right)^2 1.64^2,$$

als we kiezen voor $\alpha = 0.05$, en $T(n-1, \alpha)$ vervangen door 1.64 en

xL door δ in de ongelijkheid (in realiteit $T(n-1, \alpha) = 1.73$ als

$n = 20$, $T(n-1, \alpha) = 1.68$ als $n = 40$, maar het verschil is

verwaarloosbaar voor het doel van deze beschouwing).

Deze twee uitdrukkingen voor het benodigde monsteraantal zijn gelijk alleen als $\beta = 0.5$ (power van 50%), daar $\Phi^{-1}(0.5) = 0$. Als $\beta < 0.5$ (power *groter* dan 50%) dan $\Phi^{-1}(\beta) < 0$ zodat

$$2\left(\frac{\sigma}{\delta}\right)^2 (1.64 - \Phi^{-1}(\beta))^2 > 2\left(\frac{\sigma}{\delta}\right)^2 1.64^2.$$

Wanneer bijvoorbeeld $\beta = 0.2$ (power van 80%) hebben we $\Phi^{-1}(\beta) = -0.84$ en dan is de verhouding van de linkerzijde van de laatste ongelijkheid tot de rechterzijde gelijk aan

$$\left(\frac{1.64 - \Phi^{-1}(\beta)}{1.64}\right)^2 = \left(\frac{2.49}{1.64}\right)^2 = 2.29,$$

en hieruit blijkt dat het benodigde monsteraantal dat uit onze berekening komt ongeveer twee maal zo groot is als het aantal dat volgt uit vergelijking (5) van De Kwaadsteniet (1987).

Bovenstaande berekeningen hebben betrekking op een *single fixed location*. Daarnaast beschouwt De Kwaadsteniet ook de meer algemene situatie waarbij K *fixed locaties* worden gemonitord op tijdstippen t_1 en t_2 en het doel is om te toetsen voor een toename van het **overall gemiddelde** (bijvoorbeeld gemiddelde van een categorie). Om in dit geval de benodigde monsteraantallen en power te berekenen definiëren we eerst 'overall gemiddelde'.

Stel dat $\mu_{1,j}$, $\mu_{2,j}$ en $\sigma_{1,j}$, $\sigma_{2,j}$ de gemiddelden en standaarddeviaties weergeven van de waarnemingen gedaan op de j -de locatie op tijdstippen t_1 en t_2 . De overall gemiddelden worden gedefinieerd door

$$\mu_1 := \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \mu_{1,j} \quad \text{en} \quad \mu_2 := \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \mu_{2,j},$$

en de **overall gemiddelde toename** tussen t_1 en t_2 door

$\delta = \mu_1 - \mu_2$. Wanneer n waarnemingen worden gedaan op iedere locatie, en wanneer aangenomen wordt dat $\sigma_j := \sigma_{1,j} = \sigma_{2,j}$ (dat wil zeggen dat de standaarddeviaties constant zijn in de tijd), zijn de varianties van de monstergemiddelden $\bar{X}_{1,j}$, $\bar{X}_{2,j}$ van de waarnemingen van locatie j gelijk aan

$\text{Var}(\bar{X}_{1,j}) = \text{Var}(\bar{X}_{2,j}) = \sigma_j^2 / n$. Daaruit volgt dat de variantie van

$$\hat{\delta} = \hat{\mu}_2 - \hat{\mu}_1 = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \bar{X}_{2,j} - \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \bar{X}_{1,j},$$

dat een zuivere schatter is van de overall gemiddelde toename δ , gegeven is door

$$\begin{aligned}\text{Var}(\hat{\delta}) &= \text{Var}\left(\frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \bar{X}_{1,j}\right) + \text{Var}\left(\frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \bar{X}_{2,j}\right) \\ &= \frac{1}{K^2} \sum_{j=1}^K \text{Var}(\bar{X}_{1,j}) + \frac{1}{K^2} \sum_{j=1}^K \text{Var}(\bar{X}_{2,j}) = \frac{2}{K^2 n} \sum_{j=1}^K \sigma_j^2 \\ &= \frac{2}{K n} \left(\frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \sigma_j^2 \right).\end{aligned}$$

Deze variantie kan geschat worden door

$$\text{var}(\hat{\delta}) = \frac{2}{K n} \left(\frac{1}{K} \sum_{j=1}^K S_j^2 \right) = \frac{2}{K n} \bar{S}^2,$$

waarbij S_j de monsterstandaarddeviatie is van locatie j en ter vereenvoudiging staat $\bar{S}^2$ voor het gemiddelde van de K monstervarianties $S_1^2, \dots, S_K^2$.

Om de nulhypothese te toetsen dat $\delta = 0$ tegen het alternatief dat $\delta > 0$ $\square$ een eenzijdige toets om een overall gemiddelde toename te detecteren $\square$ construeren we het benaderende eenzijdige 95%-betrouwbaarheidsinterval voor δ , open aan de rechterzijde,

$$I_{\delta}^{+} := \left[\hat{\delta} - 1.64 \frac{\bar{S}}{\sqrt{K n / 2}}, +\infty \right],$$

en wijzen de nulhypothese af, en alleen indien $0 \notin I_{\delta}^{+}$, d.w.z. alleen als $\hat{\delta} - 1.64 \bar{S} / \sqrt{K n / 2} > 0$.

Deze berekeningen zijn in essentie dezelfde als de voorafgaande berekeningen over een enkele locatie; het enige verschil is dat het monsteraantal nu vermenigvuldigd wordt met K en de standaarddeviatie van enkele locaties vervangen is door $\bar{S}$, de wortel van het gemiddelde van de monstervarianties van de K locaties. De power van de toets wordt gegeven door

$$\pi^{+} \equiv \pi^{+}(\delta, n, K, \bar{\sigma}) \approx 1 - \Phi\left(1.64 - \delta \frac{\sqrt{K n / 2}}{\bar{\sigma}}\right),$$

waarbij $\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \sigma_j^2}$, en het benodigde monsteraantal om in staat te zijn een toename δ te detecteren van het overall gemiddelde met kans $1 - \beta$ wordt gegeven door

$$n \approx \frac{2}{K} \left(\frac{\bar{\sigma}}{\delta} \right)^2 (1.64 - \Phi^{-1}(\beta))^2.$$

Deze laatste uitdrukking verschilt van de homologe uitdrukking die afgeleid is in De Kwaadsteniet (1987, vergelijking (8)). Evenals hiervoor geldt ook hier dat wanneer de gewenste power 80 procent is, het benodigde monsteraantal berekend in 1987 ongeveer half zo groot is als het werkelijk benodigde monsteraantal.

Voorbeeld

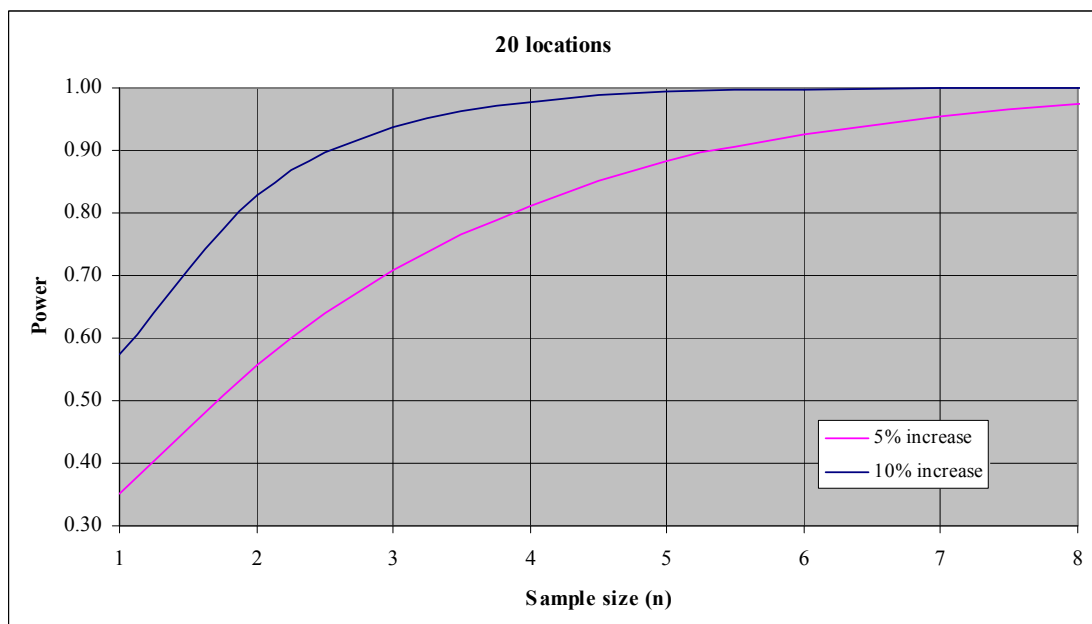
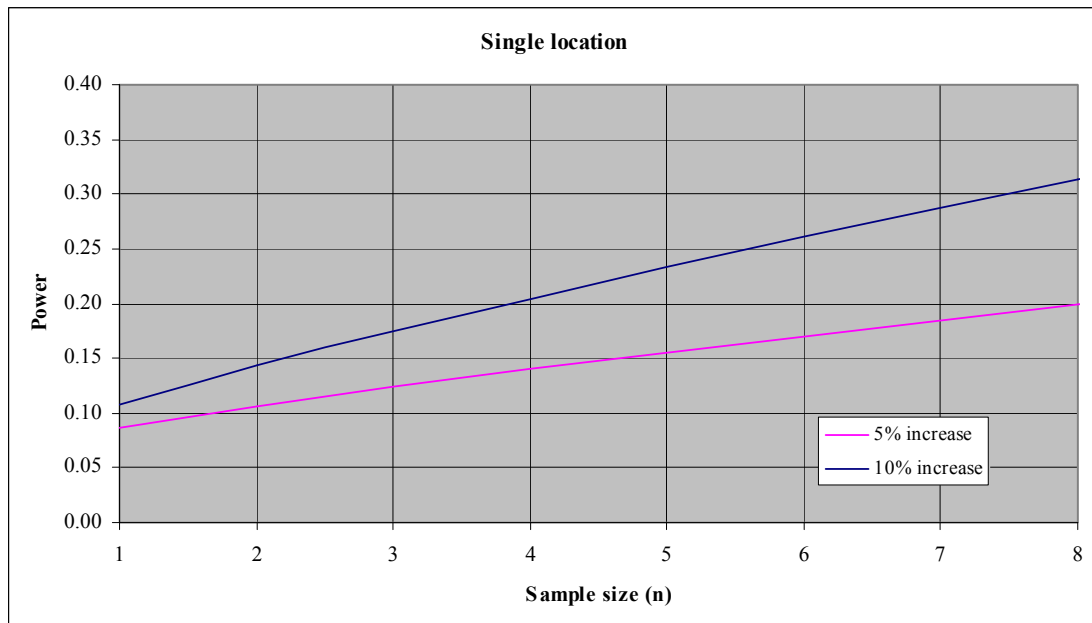
Stel dat we gebruik maken van de cadmiumconcentraties zoals gegeven in Table 1 (De Kwaadsteniet (1987), p. 249). Daarbij nemen we het gemiddelde van het monstergemiddelde van de vier locaties als een schatting van de gemiddelde concentratie van Cd op een *fixed verzameling* van K landbouwbedrijven op tijdstip t_1 :

$$\frac{0.53 + 0.32 + 0.17 + 0.15}{4} = 0.29 =: \mu_1 = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \mu_{1,j}.$$

Op vergelijkbare wijze nemen we de wortel van de monstervarianties als schatting van 'gemiddelde standaarddeviatie' op tijdstip t_1 :

$$\sqrt{\frac{0.049^2 + 0.057^2 + 0.027^2 + 0.044^2}{4}} = 0.05 =: \bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \sigma_j^2}.$$

We nemen aan dat deze gemiddelde standaarddeviatie ook geldt op tijdstip t_2 .



Stel dat op t_2 de gemiddelde concentratie van Cd met 5 procent is toegenomen, zodat $\mu_1 = 0.31$, $\mu_2 = 1.05$ en $\delta = \mu_2 - \mu_1 = 0.02$; wat is dan de power/kans om een toename te detecteren in deze situatie? En wanneer op tijdstip t_2 de gemiddelde cadmiumconcentratie Cd met 10 procent is toegenomen, dat wil zeggen met $\delta = \mu_2 - \mu_1 = 0.29 \times 1.1 - 0.29 = 0.03$? De bovenste figuur geeft de powers weer als functie van monsteraantal n wanneer $K = 1$ (dat wil zeggen wanneer er één locatie is). Hieruit blijkt dat wanneer acht metingen worden gedaan, men slechts 20 procent of 30 procent kans heeft om een toename te detecteren wanneer de werkelijk toename respectievelijk 5 procent of 10 procent bedraagt.

De onderste figuur geeft de overeenkomstige powerfuncties wanneer er $K = 20$ locaties zijn. Hierbij valt op dat met acht waarnemingen per locatie de kans om een toename te detecteren wanneer de werkelijke toename 5 procent of 10 procent is, heel dicht bij 1 ligt; men is bijna zeker van het detecteren van de toename. N.B. Dit vereist dus dat een totaal van $160 = 20 \times 8$ cadmiummetingen worden uitgevoerd.

4. Strekking van de powerberekeningen; fixed versus random bemonsterde locaties

In De Kwaadsteniet (1987) wordt een enkele *fixed* locatie of een set van K *fixed* locaties beschouwd, niet een *selectie* van locaties. In die setting zijn de statistische analyses die worden afgeleid van de concentratiemetingen, strikt genomen alleen toepasbaar op de betreffende fixed locatie of set van locaties en niet op de 'populatie van locaties' in Nederland.

Voor het LMB worden locaties/landbouwbedrijven random geselecteerd door middel van een gestratificeerde steekproef (binnen iedere categorie). Het doel van het monitoringnetwerk is om informatie te geven over de concentraties van stoffen, waarbij gegeneraliseerd wordt van een *selectie* van locaties, naar alle 'potentiële' locaties van de categorie in Nederland. Dan geldt dat bij statistische analyses (en met name powerberekeningen) de set van bemonsterde locaties als een random selectie van een populatie van potentiële locaties in Nederland moet worden beschouwd, en rekening gehouden dient te worden met de variabiliteit in die populatie, en niet alleen met de variabiliteit binnen elke fixed locatie.

De variabiliteit van de selectie uit de populatie van locaties komt niet voor in de berekeningen in De Kwaadsteniet (1987). De $\mu_{1,j}$, $\mu_{2,j}$ en σ_j zijn fixed, en de waarnemingen van de verschillende tijdstippen worden behandeld als ongecorrleerd *ongeacht of ze van hetzelfde landbouwbedrijf komen of niet*. Het ontbreken van correlatie tussen de metingen op t_1 en die op t_2 binnen een *fixed* bedrijf of over een *fixed* verzameling van bedrijven is een realistische aanname. Het is echter geen realistische aanname wanneer de concentratiemetingen *random* geselecteerd worden uit een populatie van locaties. Het is bijvoorbeeld aannemelijk dat landbouwbedrijven met een hoge concentratie van een gegeven metaal op tijdstip t_1 geneigd zijn om een relatief hoge concentratie te hebben van dat metaal op t_2 .

Aan het eind van De Kwaadsteniet (1987, paragraaf 4) wordt aangegeven dat, om in staat te zijn een efficiënte statistische analyse uit te voeren en conclusies te kunnen generaliseren, het essentieel is dat het monitoringnetwerk informatie geeft over de variatie tussen vergelijkbare locaties. Dit suggereert dat de auteur zich bewust was van de noodzaak van het nemen van een deelselectie uit een populatie van locaties om te kunnen generaliseren voor een hele categorie en te extrapoleren naar alle vergelijkbare locaties in Nederland en ook dat zijn powerberekeningen daarin niet voorzagen.

De belangrijkste consequentie van het buiten beschouwing laten van de variabiliteit in de populatie van locaties is de onderschatting van de variantie van de schattingen en daarmee verbandhoudend de onderschatting van het benodigde aantal monsters om een bepaalde toename te kunnen detecteren (en equivalent daaraan, de overschatting van de power om de trend te detecteren).

De consequentie hiervan hangt af van de mate waarin de geselecteerde LMB-locaties zich hetzelfde gedragen als de hele populatie van locaties. Als de set van fixed locaties een perfecte down-scaled versie is van de populatie, of als het aantal geselecteerde locaties zo groot is dat het bijna de hele populatie omvat, zullen de monsteraantalberekeningen gebaseerd op fixed en random sets van locaties vergelijkbare resultaten geven. Wanneer aan de andere kant de populatie van locaties heel heterogeen is en het aantal voor bemonstering geselecteerde locaties klein, kunnen de benodigde aantallen monsters enorm onderschat worden door het negeren van de variabiliteit in de selectie van locaties.

5. Conclusie

In De Kwaadsteniet (1987) wordt op twee manieren een onderschatting gemaakt van het benodigde aantal monsters voor het detecteren van toename in de gemiddelde metaalconcentratie op een gegeven locatie of set van locaties tussen twee tijdstippen:

- Er wordt geen rekening gehouden met het feit dat er altijd sprake is van een (gewenste) kans om een verandering te detecteren. Als de gewenste kans ongeveer 0.8 (80 procent) is, is het door De Kwaadsteniets formule beschreven benodigde monsteraantal ongeveer de helft van het aantal monsters dat werkelijk nodig is.
- Er is geen rekening gehouden met de variabiliteit in de populatie van locaties. Ook dit leidt tot onderschatting van het benodigde aantal locaties.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl