

*rivm*

Rapport 680718001/2009

C.J. de Jong | K.W. van der Hoek

# Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit

Resultaten tweede meetronde, 1999-2003

RIVM-rapport 680718001/2009

**Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit**  
Resultaten tweede meetronde, 1999-2003

C.J. de Jong  
K.W. van der Hoek

Contact:  
K.W. van der Hoek  
Centrum voor Milieumonitoring  
Klaas.van.der.Hoek@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Directoraat Generaal Milieubeheer van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directie Duurzaam Produceren, in het kader van project 680718, Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB).

© RIVM 2009

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'.

## Rapport in het kort

### **Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit**

Resultaten tweede meetronde, 1999-2003

De hoeveelheid organische stof en zware metalen in de bodem van landbouwgrond en bos is tussen 1993 en 2003 niet aantoonbaar veranderd. Waargenomen verschillen vallen binnen de variatie van de meetresultaten. Dit blijkt uit een vergelijking van twee cycli van metingen van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB), dat door het RIVM wordt beheerd.

Zware metalen en organische stof zitten van nature in de bodem. Daarnaast komen zware metalen in landbouwgronden terecht via kunst- en dierlijke mest, en in bosgronden via de lucht. In de onderzochte periode zijn per saldo te weinig zware metalen aan de bodem toegevoegd om dat in deze meetperiode terug te zien in de bodemanalyses.

Het LMB is een meerjarig meetprogramma met circa tweehonderd locaties, voornamelijk op landbouwgrond. De metingen worden elke zes jaar uitgevoerd op tien combinaties van grondgebruik en grondsoort. De eerste cyclus vond plaats tussen 1993 en 1997, de tweede tussen 1999 en 2003.

In de eerste meetronde zijn de bodemlagen van 0 tot 10 en 30 tot 50 cm en het bovenste grondwater bemonsterd. Analyses zijn uitgevoerd op organische stof, zware metalen en organische microverbindingen. In de tweede meetronde is alleen de bodemlaag van 0 tot 10 cm bemonsterd en geanalyseerd op organische stof en zware metalen. In deze ronde namen voor de eerste keer landbouwbedrijven op lössgrond deel. Van hen is ook de bodemlaag 30 tot 50 cm bemonsterd en zijn analyses op organische microverbindingen uitgevoerd.

Landbouwbedrijven op zand en zeeklei bleken over het algemeen lagere gehalten aan zware metalen te hebben. Bedrijven op veen, rivierklei en löss hebben daarentegen hogere gehalten aan zware metalen, maar de interventiewaarden hiervoor worden op geen enkel bedrijf overschreden. Ook in de 'strooisellaag' in de bossen, de bovenste bodemlaag, zijn hogere gehalten gemeten. De zandbodemlaag in de bossen heeft veel lagere gehalten aan zware metalen dan de strooisellaag, omdat de metalen daar niet doorheen komen.

Trefwoorden:

bodemkwaliteit, zware metalen, landbouw, löss, bos



## Abstract

### **National Soil Quality Monitoring Network**

Results of the second measuring cycle, 1999-2003

Levels of organic matter and heavy metals in Dutch agricultural and forest soils have not changed significantly between 1993 and 2003. Observed differences fall within the variation of the measurements. This is the result of a comparison of measurements made by the Dutch National Soil Quality Monitoring Network (LMB) during two sampling periods. The LMB is administered by RIVM.

Heavy metals occur naturally in soils. Heavy metals can also be added to agricultural soils through the use of fertilizers and animal manure and deposited on forest soils as a result of atmospheric precipitation. However, during the sampling period, the net amount of heavy metals added to the soil from external sources was too low relative to present levels to be detectable in the soil analyses.

LMB is a long-term monitoring network with two hundred sampling locations, mainly on agricultural farms. Measurements are made at six-year intervals on soil sampled from ten different combinations of soil and land use types. The first measuring cycle was during 1993–1997, and the second cycle during 1999–2003.

In the first LMB cycle, samples were taken from soils at depths of 0–10 and 30–50 cm and from the upper ground water and subsequently analysed for organic matter, heavy metal and organic micro-substance content. In the second LMB cycle, only the 0–10 cm soil layer was sampled, and the samples were analysed for organic matter and heavy metal content. Farms on loess soil were included as sampling locations for the first time in the second cycle. On these farms, the 30–50 cm soil layer was sampled and organic micro-substances were analysed.

In general, agricultural farms on sandy and marine clay soils appear to have lower heavy metal levels, whereas those on peat, river clay and loess soils have higher heavy metal levels. However, the legal intervention levels for heavy metals are not surpassed on any farm in the monitoring network. Higher levels of heavy metals are also found in the litter layer in forests. In contrast, sandy soils directly beneath the litter layer in forests have much lower levels.

Key words:

soil quality, heavy metals, agriculture, loess, forest



## Voorwoord

Met het verschijnen van dit rapport wordt de tweede meetronde van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit afgesloten. De meetronde vond plaats in de jaren 1999-2003 en dit eindrapport verschijnt zes jaar na het eindrapport van de eerste meetronde van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. De overgang van de operationele werkzaamheden naar NITG-TNO en een reorganisatie bij het RIVM hebben deels bijgedragen aan de lange productietijd van dit rapport.

Al werkende hebben wij geconstateerd dat het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit nog steeds veel relaties heeft met actuele onderwerpen zoals de relatie tussen de chemische bodemkwaliteit, die in het LMB wordt gemeten, en de biodiversiteit van de bodem. Daarnaast speelt de relatie met de in aantocht zijnde Kaderrichtlijn Bodem en ten slotte de relatie met de vastlegging in de bodem van organisch gebonden koolstof vanuit de klimaatproblematiek.

De auteurs hebben met veel plezier aan deze publicatie gewerkt en willen graag Ton Schouten, Job Spijker en Esther Wattel-Koekkoek bedanken voor hun opbouwende commentaar op vorige versies van dit rapport. Job Spijker willen wij speciaal bedanken voor zijn adviezen met betrekking tot de Nederlandse bodemregelgeving en voor het maken van de Figuren 4.1 en 4.2. Tot slot bedanken wij Ton van Leeuwen van het Landbouw Economisch Instituut voor zijn bijdrage aan Tabel 3 en Bijlage I.

Cor de Jong  
Klaas van der Hoek





# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>11</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>13</b>
1.1 Voorgeschiedenis van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit	13
1.2 Doelstelling van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit	13
1.3 Leeswijzer	14
<b>2 Opzet van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit</b>	<b>15</b>
2.1 Algemene opzet meetnet	15
2.2 Bemonsteringsstrategie	16
2.3 Representativiteit van de bemonsterde locaties	17
2.4 Parameterpakket en chemische analysemethoden	19
2.5 Vergelijking met oude normen (streefwaarden)	20
2.6 Vergelijking met nieuwe normen (achtergrondwaarden)	22
2.7 Vergelijking met interventiewaarden	25
<b>3 De toestand van de bodem in Nederland</b>	<b>27</b>
3.1 Opbouw van de dataset	27
3.2 Bepalingsgrenzen	27
3.3 Gemiddelde gehalten per geanalyseerde parameter	28
3.4 Vergelijking van de verschillende categorieën	29
<b>4 Vergelijking meetronde 1 en meetronde 2</b>	<b>37</b>
4.1 Beschikbare data voor een vergelijking	37
4.2 Resultaten van de vergelijking voor de kernbedrijven	38
<b>5 Discussie</b>	<b>43</b>
5.1 Rol van zware metalen in het milieu	43
5.2 Resultaten van zware metalen in de tweede LMB-meetronde	44
5.3 Toevoer van zware metalen naar landbouwgrond	45
5.4 Variatie in deelnemers en bedrijfsvoering binnen een categorie	46
5.5 Verandering van zware metaalgehalten in de bodem	47
5.6 Verandering van organische stofgehalten in de bodem	48
<b>6 Conclusies</b>	<b>49</b>
<b>Literatuur</b>	<b>51</b>
<b>Bijlage I Bemonsterde categorieën met inperkingen</b>	<b>55</b>
<b>Bijlage II Verdeling bemonsterde locaties over Nederlandse provincies en LMM-gebieden</b>	<b>57</b>
<b>Bijlage III Analysemethoden</b>	<b>59</b>
<b>Bijlage IVa Bepalingsgrenzen van zware metalen in bodem</b>	<b>63</b>
<b>Bijlage IVb Percentages gehalten onder de bepalingsgrens per categorie voor 0–10 en 30–50 cm</b>	<b>65</b>

<b>Bijlage V Categoriegemiddelden bodem absoluut</b>	<b>67</b>
<b>Bijlage VIa Categoriegemiddelden bodem relatief t.o.v. de streefwaarde (geldig tot 2008)</b>	<b>71</b>
<b>Bijlage VIb Categoriegemiddelden bodem relatief t.o.v. de achtergrondwaarde (geldig na 2008)</b>	<b>73</b>
<b>Bijlage VII Categoriegemiddelden en cumulatieve frequentiediagrammen van zware metalen absoluut in bodem 0-10 cm</b>	<b>75</b>
<b>Bijlage VIII Categoriegemiddelden en cumulatieve frequentiediagrammen van zware metalen relatief t.o.v. de streef- en achtergrondwaarde in bodem 0-10 cm</b>	<b>83</b>
<b>Bijlage IX Data van alle bedrijven: eerste LMB-ronde</b>	<b>91</b>
<b>Bijlage X Data van alle bedrijven: herhaling eerste LMB-ronde</b>	<b>93</b>
<b>Bijlage XI Data van alle bedrijven: tweede LMB-ronde</b>	<b>95</b>
<b>Bijlage XII Data van de kerngroepbedrijven: eerste LMB-ronde</b>	<b>97</b>
<b>Bijlage XIII Data van de kerngroepbedrijven: herhaling eerste LMB-ronde</b>	<b>99</b>
<b>Bijlage XIV Data van de kerngroepbedrijven: tweede LMB-ronde</b>	<b>101</b>
<b>Lijst van afkortingen</b>	<b>103</b>

## Samenvatting

Het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit bestaat uit een langjarig meetprogramma met circa tweehonderd locaties die voornamelijk op landbouwgrond liggen. Deze locaties zijn verdeeld in tien categorieën van grondgebruik/grondsoortcombinaties met elk twintig bedrijven. De locaties worden elke zes jaar bemonsterd.

Bij het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit gaat het om de volgende categorieën:

- Categorie 1 melkveehouderij met lage veedichtheid op zand
- Categorie 2 melkveehouderij met hoge veedichtheid op zand
- Categorie 3 melkveehouderij met intensieve veehouderijtak op zand
- Categorie 4 bos op zand
- Categorie 5 akkerbouw op zand
- Categorie 6 melkveehouderij op veen
- Categorie 7 akkerbouw op zeeklei
- Categorie 8 melkveehouderij op rivierklei
- Categorie 9 melkveehouderij op zeeklei.

Categorie 10 was bij de eerste LMB-meetronde 'bloembollen op zand' en 'vollegrondsgroenteteelt op zand' en bij de tweede LMB-meetronde ging het om 'diverse landbouw op löss'.

### *Resultaten van de tweede meetronde*

In de tweede meetronde werd alleen de bodemlaag van 0 tot 10 cm bemonsterd en geanalyseerd op organische stof en zware metalen. In vergelijking met alle waarnemingen bleken bedrijven op zand en zeeklei over het algemeen lagere zware metaalgehalten te hebben. Bedrijven op veen, rivierklei en löss hebben hogere zware metaalgehalten, evenals de strooisellaag in de bossen. De zandlaag direct onder de strooisellaag in de bossen heeft daarentegen weer veel lagere zware metaalgehalten. Op geen enkel bedrijf vindt overschrijding van de interventiewaarden plaats.

### *Vergelijking meetronde 1 en meetronde 2*

In dit rapport zijn verder de resultaten van de tweede meetronde vergeleken met de uitkomsten van de eerste uitgebreidere meetronde die plaatsvond in de periode 1993-1997.

Alleen de bodemlaag van 0 tot 10 cm werd bij beide meetronden bemonsterd en uit de vergelijking bleek dat de verschillen in gehalten aan organische stof en zware metalen binnen de variatie van de meetresultaten vallen.

### *Aanvoer van zware metalen daalt volgens nationale balansberekeningen*

Uit balansberekeningen blijkt dat er op nationaal niveau voor cadmium, koper en zink nog steeds sprake is van een netto toevoer van deze zware metalen naar landbouwgrond. De nationale toevoer via dierlijke mest, kunstmest, depositie en overige bronnen is hiertoe verminderd met de afvoer via de geteelde gewassen, inclusief graslandproducten. De mestregelgeving heeft geleid tot een beperking van de hoeveelheden dierlijke mest en kunstmest per hectare. De regelgeving voor cadmium, koper en zink heeft geleid tot lagere gehalten in veevoer (en daardoor ook in dierlijke mest) en kunstmest.



# 1 Inleiding

## 1.1 Voorgeschiedenis van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit

Om de kwaliteit van het milieu in Nederland en eventuele veranderingen hiervan te kunnen vaststellen en evalueren is in het verleden een aantal milieukwaliteitsmeetnetten opgezet. Zo bestaat er een Landelijk Meetnet Oppervlaktewaterkwaliteit (gestart rond 1950), een Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (gestart rond 1970) en een Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (gestart rond 1980). Een meetnet voor het monitoren van de bodemkwaliteit vormde lang een ontbrekende schakel. Op initiatief van de Coördinatie Commissie voor Radioactieve en Xenobiotische stoffen (CCRX) is door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) in samenwerking met het DLO Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO), het DLO Staringcentrum (SC-DLO) en het Rijksinstituut Kwaliteit voor Land- en Tuinbouwproducten (DLO-RIKILT), in de periode 1988-1991 een eerste aanzet gegeven tot inrichting van een Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) (Van Duijvenbooden et al., 1995). De resultaten van deze studie hebben de basis gevormd voor de opzet van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) dat in 1993 van start is gegaan.

## 1.2 Doelstelling van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit

Het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit heeft als primaire doelstelling om vast te stellen of er veranderingen in de bodemkwaliteit van het landelijk gebied van Nederland optreden onder invloed van diffuse belasting. Daarnaast heeft het meetnet tot doel het beschrijven en zo mogelijk verklaren van de huidige bodemkwaliteit. Het meetnet is zodanig ingericht dat relaties kunnen worden gelegd met de belastingsgegevens vanuit diffuse bronnen zoals de landbouw en atmosferische depositie. Enerzijds kunnen de resultaten van het LMB van belang zijn voor het brongerichte beleid (emissiereductiedoelstellingen) en anderzijds kan informatie uit dit meetnet een bijdrage leveren aan het effectgerichte beleid (Van Duijvenbooden en Lagas, 1993). Sinds de start van het LMB in 1993 is het belang ervan nog toegenomen omdat in het Nationale Milieubeleidsplan 3 (NMP3) de doelstelling was opgenomen om in 2005 een landsdekkend beeld van de bodemkwaliteit in Nederland gereed te hebben. De resultaten van het LMB kunnen worden gebruikt om het zogenaamde diffuse spoor van dit landelijke beeld in te vullen. In het daaropvolgende, meer integrale, NMP4 worden via een transitie naar duurzame landbouw en het zogenaamde tweesporenbeleid kortetermijndoelen gesteld voor 2010 en langetermijndoelen voor 2030 (VROM, 2001). Een monitoringsprogramma zoals het LMB kan daarbij op lange termijn als graadmeter van de bodemkwaliteit dienen.

Het doel van dit samenvattende rapport van de tweede bemonsteringsronde is een overzicht te geven van de kwaliteit van de bodem in een groot deel van Nederland in de periode 1999-2003. Tevens zullen de verschillen met de voorgaande ronde worden gepresenteerd en besproken. Een belangrijk aspect dat in hoofdstuk 5 naar voren zal komen is de menselijke beïnvloeding van de bodemkwaliteit in het landelijk gebied.

## 1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zal de opzet van het LMB worden beschreven, en vooral de bemonsteringsstrategie en de wijze waarop de gevonden concentraties in de bodem zijn vergeleken met milieukwaliteitsnormen. Tot december 2007 waren dit de streefwaarden. Daarna zijn de achtergrondwaarden van kracht als milieukwaliteitsnorm. Verder wordt aangegeven welke oppervlakte van Nederland door de verschillende bemonsterde categorieën wordt gerepresenteerd.

Hoofdstuk 3 geeft een samenvatting van de resultaten van de totale tweede bemonsteringsronde van het LMB, zowel voor Nederland als geheel als voor elke categorie afzonderlijk.

De verschillen die kunnen worden vastgesteld sinds het verstrijken van de eerste meetronde, dus met de resultaten van 1993-1997, worden gepresenteerd in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 vindt vervolgens de discussie over de gevonden resultaten plaats. Hoe staat het nu met de kwaliteit van de Nederlandse bodem en welke invloeden van de mens zijn er gevonden? De conclusies volgen in hoofdstuk 6.

In dit samenvattende eindrapport van de volledige tweede bemonsteringsronde van het LMB is vooral gestreefd naar beknoptheid. De analyseresultaten van de tweede meetronde van het LMB, dus 1999-2003, zijn als bijlagen in dit rapport opgenomen. Daarnaast is veel andere informatie opgenomen in bijlagen achter in het rapport, zodat de hoofdtekst beperkt van omvang en dus makkelijk leesbaar kon blijven.

Er zijn geen jaarrapporten verschenen van de afzonderlijke meetjaren van de tweede LMB-meetronde.

Om de vergelijking met de eerste LMB-meetronde te vergemakkelijken is aangesloten bij de opbouw van het eindrapport van de eerste bemonsteringsronde (Bronswijk et al., 2003).

Voor een compleet en gedetailleerd overzicht van de resultaten van de eerste meetronde (1993-1997) wordt verwezen naar de jaarrapporten (Groot et al., 1996, 1997, 1998, 2000, 2003) en het samenvattende rapport van de eerste meetronde (Bronswijk et al., 2003).

In 2009 heeft een evaluatie van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit plaatsgevonden. Centraal stond daarbij de opzet, uitvoering, nut en noodzaak van het meetnet (Spijker et al., 2009).

## 2 Opzet van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit

### 2.1 Algemene opzet meetnet

Het LMB is om praktische redenen gefaseerd opgezet. Gedurende een periode van vijf jaar worden steeds veertig locaties per jaar bemonsterd. Elk jaar zijn er twee combinaties van grondgebruik en grondsoort bemonsterd. Uiteindelijk zijn er dus aan het einde van elke LMB-bemonsteringsronde tien van deze combinaties (tweehonderd locaties) bemonsterd. Factoren die hebben bijgedragen aan de selectie van de categorieën zijn:

- de grootte van het oppervlak van de betreffende combinatie in Nederland;
- beleidsrelevantie;
- de verwachting dat binnen een bepaalde categorie hoge belastingen of bodemgehalten voorkomen.

De eerste bemonsteringsronde is in 1993 gestart en in 1997 beëindigd. De resultaten van 1993 tot en met 1997 staan afzonderlijk beschreven in Groot et al. (1996, 1997, 1998, 2000, 2003). Een samenvattend rapport verscheen in 2003 (Bronswijk et al., 2003). Van 1999 tot en met 2003 werd vervolgens de tweede meetronde uitgevoerd, waarvan in dit rapport verslag wordt gedaan. De verschillende meetjaren zijn niet afzonderlijk gerapporteerd, omdat grotendeels een herhaling werd uitgevoerd van het onderzoek in het overeenkomende jaar van de eerste LMB-meetronde. In 2006 is vervolgens de derde meetronde van start gegaan. De bemonsterde categorieën uit de tweede bemonsteringsronde staan weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Opzet tweede bemonsteringsronde LMB 1999-2003

jaar	bedrijfstype	grondgebruik	grondsoort	afkorting in dit rapport
1999-1	melkveehouderij met lage veedichtheid	grasland, maïs	zand	grasland(extensief)/zand
1999-2	melkveehouderij met hoge veedichtheid	grasland, maïs	zand	grasland(intensief)/zand
2000-1	melkveehouderij met intensieve veehouderijtak	grasland, maïs	zand	intensieve veehouderij/zand
2000-2	n.v.t.	bos	zand	bos/zand
2001-1	akkerbouw	bouwland	zand	bouwland/zand
2001-2	melkveehouderij	grasland	veen	grasland/veen
2002-1	akkerbouw	bouwland	zeeklei	bouwland/zeeklei
2002-2	melkveehouderij	grasland	rivierklei	grasland/rivierklei
2003-1	melkveehouderij	grasland	zeeklei	grasland/zeeklei
2003-2	divers agrarisch	divers	löss	diversen/löss

Per combinatie grondgebruik/grondsoort is een twintigtal locaties geselecteerd. Volgens de resultaten van het eerste faseonderzoek (Van Duijvenbooden et al., 1995) maakt dit aantal het mogelijk in relatief korte tijd nauwkeurige uitspraken over trends te doen. De laatste categorie is overigens iedere cyclus wisselend van samenstelling. Hiermee kan een categorie worden bezocht die op nationale schaal slechts een klein aandeel heeft, maar actueel wel meer aandacht vergt. In 1997 werd hiervoor een combinatie van vollegrondsgroenteteelt en bloembollenteelt op zand/klei gemeten. In de tweede ronde werd voor deze categorie landbouw op löss bemonsterd. Deze categorie is enigszins divers gekozen door het onvoldoende voorhanden zijn van genoeg deelnemers van één en hetzelfde type. Het merendeel bestaat



uit melkveehouders en akkerbouwers, maar de categorie is aangevuld tot twintig deelnemers met onder meer geitenhouderij en boomteelt.

In de landbouwcategorieën is gekozen voor bemonstering op bedrijfsniveau, terwijl de categorie ‘bos op zandgrond’ juist op perceelsniveau werd bemonsterd. Om verschillen in bodemkwaliteit tussen de verschillende combinaties te kunnen verklaren is namelijk kennis van belastingsgegevens noodzakelijk. De belasting van landbouwgronden door mest is beschikbaar op bedrijfsniveau vanuit het Bedrijven-Informatie-Net (LEI-BIN) van het Landbouw Economisch Instituut. Gegevens met betrekking tot depositie zijn verkregen uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM.

## 2.2 Bemonsteringsstrategie

Het LMB richt zich in eerste instantie op de toplaag van de bodem (0-10 cm diepte), omdat hier de effecten van belasting het eerste te zien zijn. Daarnaast wordt afhankelijk van de meetcyclus op alle locaties de laag van 30 tot 50 cm diepte en het bovenste grondwater bemonsterd. Zie Tabel 2 voor een overzicht van de uitgevoerde bemonsteringen per meetronde. Uit effectiviteitoverwegingen is niet elke meetronde gelijk aan de voorgaande. De *oneven* rondes zijn uitgebreider dan de *even* meetrondes, zowel in de aard van monsterneming als qua analysepakket. Dat heeft ook te maken met de verwachting bepaalde stoffen binnen een bepaalde herhalingsstijd in een veranderde samenstelling aan te treffen. Zo is de verwachting dat de concentraties aan zware metalen in het grondwater niet wezenlijk zullen verschillen na zes jaar herhalingsstijd. Eveneens zullen, gelet op de halfwaardetijd en persistentie van de meeste PAK en OCB, de concentraties pas na een extra meetronde waarneembaar afgenomen zijn.

Tabel 2 Uitgevoerd bemonsteringsonderdeel per meetronde

	0-10 cm-mv	30-50 cm-mv	strooisel bos	grondwater
meetronde I (1993–1997)	ja	ja	ja	ja
meetronde II (1999–2003)	ja	nee*	ja	nee

\*uitzondering: categorie 2003-2: diversen/lössgrond

Per locatie is van de toplaag een mengmonster samengesteld en geanalyseerd, waarbij elk mengmonster bestaat uit 320 steken van de gehele locatie (dus in de landbouwcategorieën het gehele bedrijf en in de bossen het gehele perceel). Bij wijze van uitzondering is in de tweede meetronde alleen bij lössgronden van de diepere laag (30-50 cm-mv) nog één apart mengmonster samengesteld, bestaande uit zestien steken. De reden hiervoor is de nieuwe, maar voorlopig éénmalige opname in het LMB. Een andere uitzondering vormen de boslocaties (1994-2, 2000-2), waarbij ook de strooisellaag over de gehele dikte is bemonsterd. Elk locatiemengmonster van de strooisellaag bestaat uit veertig plakken van 20 x 20 cm.

Alle genomen grondmonsters worden, nadat ze zijn gedroogd en gemalen, op het RIVM bewaard, zodat ze gebruikt kunnen worden voor eventuele nadere analyses. Zo kunnen bijvoorbeeld bepaalde stoffen, waarvan de gehalten in eerste instantie niet bepaald zijn, achteraf toch snel worden gescand op hun voorkomen in de Nederlandse bodem.

De infrastructuur van het LMB is vanaf het begin (1993) gebruikt om een systematische inventarisatie van de bodembiodiversiteit in Nederland te maken. Het LMB leent zich er bovendien voor om effecten

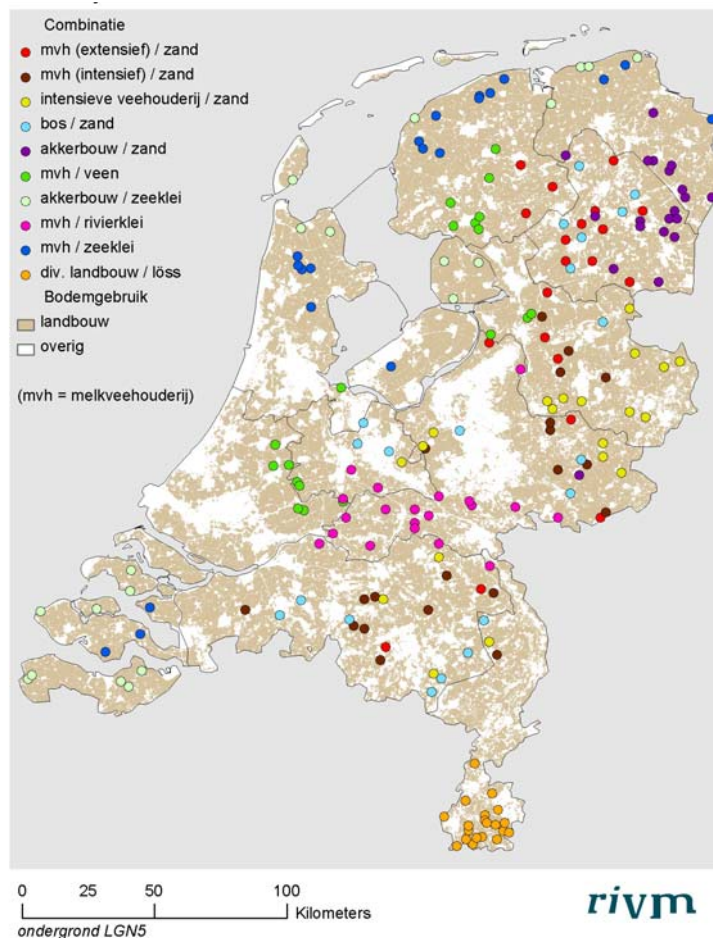
van intensiteit van grondgebruik en verontreinigingen op het bodemecosysteem te onderzoeken. In de eerste LMB-meetronde is dat gedaan aan de hand van de nematodenfauna (aaltjes). In aansluiting op het Strategisch Plan van Aanpak Biodiversiteit van de Nederlandse overheid zijn de biologische analyses in de tweede LMB-ronde sterk uitgebreid. Vanaf 1999 loopt het meetprogramma Bodembioologische Indicator waarin per locatie een uitgebreide set biologische analyses wordt gedaan (Schouten et al., 2002; Rutgers et al., 2009). Het LMB is de spil in dit meetprogramma en de resultaten zijn onder andere gebruikt voor het opstellen van zogenaamde Referenties voor Biologische Bodemkwaliteit (Rutgers et al., 2007). Het is tevens een eerste stap naar concretisering van duurzamer bodemgebruik vanuit de ‘planet-invalshoek’ (ecologische invalshoek).

### 2.3 Representativiteit van de bemonsterde locaties

In deze paragraaf zal aangegeven worden voor welke oppervlaktes en voor welke aantallen landbouwbedrijven in Nederland de in het LMB bemonsterde bedrijven en bospercelen representatief zijn. Alle bemonsterde landbouwbedrijven zijn geselecteerd uit de circa 1500 bedrijven die deelnemen aan het Bedrijven-Informatie-Net (BIN) van het LEI. Het BIN is een gestratificeerde steekproef uit bedrijven in de Landbouwtelling van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Binnen het BIN is een onderverdeling gemaakt in LEI-regio's, onder meer gebaseerd op specifieke streekkenmerken, zoals bedrijfstype en grondgebruik. Voor aansluiting bij het BIN is gekozen omdat voor deze bedrijven ook gegevens over mineralen- en zware metalenbalansen bekend zijn. De bemonsterde boslocaties zijn geselecteerd uit het LMB-eerstefaseonderzoek uit 1988, het Trendmeetnet Verzuring van het RIVM, het Bodemkwaliteitsmeetnet van de provincie Drenthe, het Provinciaal Meetnet Utrecht en het Meetnet Bodemkwaliteit van de provincie Noord-Brabant. Figuur 2.1 geeft een overzicht van de ligging van alle meetlocaties van de tweede bemonsteringsronde van het LMB.

Alle landbouwbedrijven in Nederland en het totale landbouwareaal zijn in het LEI-boekhoudnet onderverdeeld naar type landbouwbedrijf (neg-hoofdtype). Voor elke LMB-categorie is een keuze gemaakt uit bepaalde neg-typen in een bepaald LEI-gebied. Het areaal en het aantal bedrijven dat de bemonsterde LMB-landbouwbedrijven representeren, worden weergegeven in Tabel 3.

Uit Tabel 3 blijkt dat de tijdens de tweede ronde van het LMB bemonsterde landbouwbedrijven en bospercelen samen representatief zijn voor 53,8% van het totale landoppervlak in Nederland. De landbouwbedrijven in het LMB zijn representatief voor 64,9% van het landbouwareaal en voor 35,6% van het aantal landbouwbedrijven in Nederland. Dit verschil wordt veroorzaakt door de inperking dat bedrijven in het LMB groter dan 10 ha moeten zijn. Hierdoor vallen veel kleine bedrijven buiten de bemonstering, wat verklaart dat een derde van de bedrijven bijna twee derde van het landbouwareaal vertegenwoordigt. De combinatie van intensieve en extensieve melkveehouderij samen (1999-1 en 1999-2) en akkerbouw/zeeklei (2002-1) zijn representatief voor de grootste oppervlakten. De categorie 2003-2, divers agrarisch gebruik op löss, is representatief voor slechts een klein areaal binnen Nederland. Overigens is het aandeel bedrijven waarvoor het LMB representatief is, nog aanzienlijk toegenomen sinds de vorige complete meetronde. Dat is deels te wijten aan een iets andere berekening van het LEI van de BIN-bedrijfstypen en de weging daarvan, maar is waarschijnlijk ook toe te schrijven aan de schaalvergroting die de laatste jaren heeft plaatsgevonden. De bemonsterde locaties bos op zand worden representatief geacht voor de totale hoeveelheid bos op zand. Het totale bosareaal in Nederland bedroeg in 2003 346.374 hectare en daarvan staat circa 68% op zandgrond, ofwel circa 235.500 hectare (De Goffau et al., 2009).



Figuur 2.1 Locaties van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, tweede meetronde.

Tabel 3 Areaal en aantal bedrijven dat elke categorie representeert met bijbehorend percentage van het totaal.

categorie	bedrijfstype	aantal landbouwbedrijven waarvoor de bemonsterde bedrijven in een categorie representatief zijn (% van totaal)	areaal waarvoor de locaties in een categorie representatief zijn (in 1000 ha) (% van totale areaal land in Nederland)		
1999-1	'extensieve' melkveehouderij en	12419	(12,2)	366	(13,1)
1999-2	'intensieve' melkveehouderij samen				
2000-1	veehouderij met int. veehouderijtak	3602	(3,7)	90	(3,2)
2000-2	bos op zand	n.v.t.	n.v.t.	235	(8,5)
2001-1	akkerbouw op zand	1616	(1,7)	85	(3,1)
2001-2	melkveehouderij op veen	4649	(5,0)	178	(6,4)
2002-1	akkerbouw op zeeklei	5771	(6,4)	294	(10,6)
2002-2	melkveehouderij op rivierklei	1708	(1,9)	69	(2,5)
2003-1	melkveehouderij op zeeklei	3516	(4,1)	162	(5,8)
2003-2	divers agrarisch gebruik op löss	486	(0,6)	18	(0,6)
<b>Totaal</b>		<b>33767</b>	<b>(35,6)</b>	<b>1497</b>	<b>(53,8)</b>

Totaal areaal land in 2001 bedroeg 2.785.000 hectare en totaal landbouwareaal bedroeg in 2003 1.944.500 hectare.  
Bron: Landbouwtelling, CBS/LEI, diverse jaren, in jaar van bemonsteren van betreffende categorie.

Geografisch gezien (zie Figuur 2.1) wordt er geen geheel dekkend beeld gevonden voor de tweede meetronde van het LMB. Voornamelijk van de provincies Flevoland, Utrecht, Noord- en Zuid-Holland zijn er weinig gegevens bekend binnen het LMB. De aanname is echter dat de in deze provincies aanwezige combinaties van landgebruik en bodemtypes wel vertegenwoordigd worden in de andere provincies. Sinds de vorige meetronde is het aantal locaties van het LMB in de provincie Limburg aanzienlijk toegenomen door de eenmalige bemonstering van lössgronden. In bijlage II wordt het aantal locaties per provincie en het bijbehorende procentuele aandeel in het landelijk totaal gegeven. Hieruit blijkt verder dat de provincies Gelderland en Drenthe het meest vertegenwoordigd zijn in het LMB. Kijkend naar de verschillende LMM-gebieden, blijkt dat de meest bemonsterde gebieden het noordelijke, oostelijke en zuidelijke zandgebied zijn. De verdeling van de locaties naar LMM-gebied is eveneens te vinden in bijlage II.

Omdat de locaties in het LMB met tussenpozen van zes jaar worden bemonsterd, bestaat de kans dat bedrijven sinds de laatste deelname zijn gestopt met de bedrijfsvoering, of dat een bedrijf zodanig is veranderd, dat het niet meer in de oorspronkelijke categorie kan worden geplaatst. In dat geval dient een vervanger te worden gezocht volgens identieke criteria als bij de start van het project (zie bijlage I). De vervanger heeft mogelijk invloed op het gemiddelde van de onderzochte categorie. In een enkel geval is besloten een bedrijf toch nog te bemonsteren indien de afwijking van de criteria niet te groot was (bij bijvoorbeeld een net te kleine bedrijfsoppervlakte van 9,5 ha in plaats van 10 ha). Dit is mede met het oog op de continuïteit van de meetreeks beter, omdat een teveel aan afvallende bedrijven, en daarmee de introductie van nieuwe bedrijven, de meetreeks buitensporig zou kunnen verstoren. Voor een volgende meetronde zal het bedrijf dan echter toch afvallen. In het meest ideale geval blijven de locaties uiteraard steeds identiek.

## 2.4 Parameterpakket en chemische analysemethoden

De bodemmonsters zijn geanalyseerd op bodemkenmerken, zware metalen en een aantal organische microverbindingen (PAK, organochloorbestrijdingsmiddelen en triazines). In de tweede meetronde zijn geen grondwatermonsters genomen. In Tabel 4 worden de stoffen en parameters weergegeven die in het LMB zijn opgenomen. De selectie van de te analyseren stoffen en parameters is beschreven in het

Tabel 4 Stoffen en parameters die zijn opgenomen in het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit.

<b>bodem</b>	
bodemkenmerken	organische stof, lutum, pH, CEC*, CaCO <sub>3</sub> *
diversen	Fe, Mn*
zware metalen	Zn, Cu, Cr, Cd, Pb, Ni, Hg
nutriënten	P-AL, Pw, P-totaal
PAK	PHE, ANT, FLT, BaA, CHR, BkF, BaP, BPE, IPY, NPH
organische micro's	Organochloorbestrijdingsmiddelen ( $\alpha$ -HCH, $\beta$ -HCH, $\gamma$ -HCH, $\delta$ -HCH, HCB, heptachloor, $\beta$ -heptachloorepoxide, aldrin, dieldrin, endrin, $\alpha$ -endosulfan, $\beta$ -endosulfan, DDT, DDE, DDD) triazines (simazin, atrazin)
<b>grondwater</b>	
diversen (o.a. macro's)	Cl, SO <sub>4</sub> *, DOC, Al*, Ba*, Ca, Fe, Mg, Mn, Na, Sr*
zware metalen	Cd, Cr, Cu, Ni*, Pb, Zn, As
nutriënten	NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> , ortho-P, totaal-P, K

\* niet voor alle categorieën bepaald

LMB-rapport van 1993 (Groot et al., 1996). De bodemonsters zijn door Alterra te Wageningen geanalyseerd op bodemkenmerken en zware metalen. Ondanks het feit dat de beschreven tweede meetronde minder uitgebreid is uitgevoerd dan de eerste, is voor de wisselcategorie ‘2003-2 agrarisch gebruik van lössgrond’ wél een uitgebreide analyse uitgevoerd. Dit is gedaan mede doordat binnen het LMB deze categorie nieuw was, en er voordien nog relatief weinig onderzoek naar bodemkwaliteit was verricht op deze bodems.

Voor een compleet overzicht van de analysemethoden wordt verwezen naar bijlage III.

## 2.5 Vergelijking met oude normen (streefwaarden)

In deze paragraaf worden de gevonden stofgehalten in de bodem vergeleken met de tot 2008 geldende streefwaarden<sup>1</sup>. Omwille van de vergelijkbaarheid met het rapport van de eerste LMB-meetronde (Bronswijk et al., 2003) worden deze streefwaarden in dit rapport nog gehanteerd, naast de vanaf 2008 geldende achtergrondwaarden. De achtergrondwaarden worden in de volgende paragraaf beschreven. De streefwaarden beschrijven in principe het milieukwaliteitsniveau waaronder sprake is van verwaarloosbare risico's voor mens en ecosysteem. Met de streefwaarden wordt het niveau van de bodemkwaliteit, dat uiteindelijk moet worden bereikt in Nederland, aangegeven (VROM, 1991).

Streefwaarden zijn afgeleid voor een standaardbodem met 10% organische stof en 25% lutum. De streefwaarde van andere bodems moet gecorrigeerd worden voor het werkelijke gehalte organische stof en lutum. Voor zware metalen wordt hiervoor de volgende formule gebruikt.

$$SW_b = SW_{sb} * \{[A + (B * \% \text{ lutum}) + (C * \% \text{ org stof})] / [A + (B * 25) + (C * 10)]\} \quad (1)$$

Waarin

$SW_b$  = streefwaarde van de te beoordelen bodem, gecorrigeerd voor lutum- en organisch stof gehalte

$SW_{sb}$  = streefwaarde voor de standaardbodem

% lutum = gemeten percentage lutum in de te beoordelen bodem. Voor bodems met een gemeten lutumgehalte van minder dan 2% wordt met een lutumgehalte van 2% gerekend.

% org stof = gemeten percentage organische stof in de te beoordelen bodem. Voor bodems met een gemeten organisch stofgehalte van minder dan 2% wordt met een organisch stofgehalte van 2% gerekend.

A, B, C = stofafhankelijke constanten voor zware metalen (zie Tabel 5).

Voor organische verbindingen met uitzondering van PAK geldt de volgende formule.

$$SW_b = SW_{sb} * (\% \text{ org stof} / 10) \quad (2)$$

% org stof = gemeten percentage organische stof in de te beoordelen bodem. Voor bodems met een gemeten organisch stofgehalte van meer dan 30% respectievelijk minder dan 2% wordt met organisch stofgehalten van 30% respectievelijk 2% gerekend.

<sup>1</sup> In december 2007 zijn in de Regeling bodemkwaliteit de streefwaarden vervangen door achtergrondwaarden van een standaardbodem met 25% lutum en 10% organische stof (VROM en VW, 2007). Recent is de Circulaire Bodemsanering 2009 verschenen. De wijzigingen hierin betreffen voornamelijk enkele interventiewaarden (VROM, 2009). De nieuwe achtergrondwaarden worden verder behandeld in paragraaf 2.6.

Voor PAK geldt de volgende formule.

$$SW_b = SW_{sb} * (\% \text{ org stof} / 10) \quad (3)$$

% org stof = voor PAK wordt geen bodemtypecorrectie toegepast voor bodems met een organisch stofgehalte van minder dan 10% en groter dan 30% organische stof. Voor tussenliggende gehalten wordt bovenstaande formule toegepast.

Stofafhankelijke constanten voor A, B en C waarden in formule (1) en streefwaarden voor standaardbodems worden gegeven in Tabel 5 (zware metalen) en Tabel 6 (PAK, organochloorbestrijdingsmiddelen en atrazine).

Tabel 5 Streefwaarden voor zware metaalgehalten van de standaardbodem en A, B en C waarden voor bodems met andere lutum- en organische stofgehalten (geldig tot 2008). Zie tekst voor toelichting.

stof	streefwaarde standaardbodem*	A	B	C
zink	140	50	3	1,5
koper	36	15	0,6	0,6
chrom	100	50	2	0
cadmium	0,80	0,4	0,007	0,021
lood	85	50	1	1
nikkel	35	10	1	0
kwik	0,30	0,2	0,0034	0,0017

\* Streefwaarden in mg.kg<sup>-1</sup>. De standaardbodem bevat 10% organische stof en 25% lutum. Bron: VROM (2000).

Omdat voor categorie 2003-2 (divers agrarisch gebruik op löss) in deze tweede meetronde analyses werden verricht op PAK en organochloorbestrijdingsmiddelen zijn hierboven de bijbehorende correctieformules behandeld. In de bijlagen zijn de resultaten van deze analyses opgenomen. In Circulaire Streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering (VROM, 2000) zijn geen streefwaarden meer gedefinieerd voor individuele PAK. Deze streefwaarden zijn vervangen door één waarde voor de som-PAK. De som-PAK bestaat uit de som van de 10 PAK van VROM, namelijk antraceen, benzo[a]antraceen, benzo[k]fluorantheen, benzo[a]pyreen, chryseen, phenanthreen, fluorantheen, indeno[1,2,3-cd]pyreen, naphthalen en benzo[ghi]peryleen.

Niet voor alle geanalyseerde OCB zijn streefwaarden gedefinieerd. De betreffende stoffen zijn veelal opgenomen in som-waarden. Het betreft  $\delta$ -HCH, ppDDE, ppTDE, opDDT en ppDDT.  $\beta$ -endosulfan vormt hierop een uitzondering. Deze stof kent geen streefwaarde en valt ook niet in een som-waarde. Het betreft hier een bijmenging van het bestrijdingsmiddel  $\alpha$ -endosulfan. Deze twee stoffen blijken moeilijk te scheiden bij de productie. De somwaarden van bestrijdingsmiddelen betreffen som-DDT, som-drins en som-HCH. Som-DDT bestaat uit de som van DDT, DDD en DDE. Som-drins bestaat uit de som van aldrin, dieldrin en endrin. Som-HCH bestaat uit de som van  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH en  $\delta$ -HCH. Om de relatieve gehalten ten opzichte van de streefwaarde voor HCB in de bodem te berekenen, is gebruikgemaakt van de streefwaarde. Het betreft namelijk nog een streefwaarde die gedefinieerd is voor HCB als individuele stof. In VROM (2000) wordt alleen een streefwaarde gedefinieerd voor de groep chloorbenzenen, waaronder de som van alle chloorbenzenen (mono-, di-, tri-, tetra-, penta-, hexachloorbenzenen) wordt verstaan. Aangezien alleen HCB is geanalyseerd, kan er weinig gezegd worden over de hoogte van de somwaarde.

Tabel 6 Streefwaarden voor PAK, organochloorbestrijdingsmiddelen en atrazine van de standaardbodem (geldig tot 2008). Zie tekst voor toelichting.

stof	streefwaarde standaardbodem*	stof	streefwaarde standaardbodem*
som-PAK	1000	β-HCH	9
som-DDT	10	γ-HCH	0,05
som-drins	5	endosulfan	0,01
aldrin	0,06	heptachloor	0,7
dieldrin	0,5	heptachloorepoxide	0,0002
endrin	0,04	chloorbenzenen	30
som-HCH	10	atrazine	0,2
α-HCH	3		

\* streefwaarden in  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . De standaardbodem bevat 10% organische stof. Bron: VROM (2000).

In dit rapport zullen de gemeten gehalten vooral worden uitgedrukt als relatieve stofgehalten. Met onderstaande formule kunnen de relatieve gehalten of concentraties berekend worden.

$$\text{relatieve concentratie of gehalte} = C_b / SW \quad (4)$$

waarin:

$C_b$  = gehalte of concentratie in de te beoordelen bodem ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ,  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )

$SW$  =(gecorrigeerde) streefwaarde ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ,  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )

Deze benadering heeft als voordeel dat bodemtypen met verschillende organische stof- en lutumgehalten eenvoudig vergeleken kunnen worden. Bovendien wordt direct zichtbaar of, en in welke mate de streefwaarde overschreden wordt.

## 2.6 Vergelijking met nieuwe normen (achtergrondwaarden)

In deze paragraaf worden de gevonden stofgehalten in de bodem vergeleken met de vanaf 2008 geldende achtergrondwaarden<sup>2</sup>. Omwille van de vergelijkbaarheid met het rapport van de eerste LMB-meetronde (Bronswijk et al., 2003) worden in dit rapport naast de achtergrondwaarden ook de streefwaarden zoals die tot 2008 geldig waren gehanteerd. De streefwaarden zijn in de vorige paragraaf beschreven.

De achtergrondwaarden beschrijven in principe het huidige milieukwaliteitsniveau. De achtergrondwaarden komen voor de meeste stoffen overeen met het 95-percentiel van de waarden die in het project Achtergrondwaarden 2000 gepresenteerd zijn. Met de achtergrondwaarden wordt het niveau van de bodemkwaliteit van een niet direct belaste bodem aangegeven (Lamé et al., 2004).

Achtergrondwaarden zijn afgeleid voor een standaardbodem met 10% organische stof en 25% lutum. De achtergrondwaarde van andere bodems moet gecorrigeerd worden voor het werkelijke gehalte organische stof en lutum. Voor zware metalen wordt hiervoor de volgende formule gebruikt.

<sup>2</sup> In december 2007 zijn in de Regeling bodemkwaliteit de streefwaarden vervangen door achtergrondwaarden van een standaardbodem met 25% lutum en 10% organische stof (VROM en VW, 2007). Recent is de Circulaire Bodemsanering 2009 verschenen. De wijzigingen hierin betreffen voornamelijk enkele interventiewaarden (VROM, 2009). De streefwaarden worden verder behandeld in paragraaf 2.5.

$$AW_b = AW_{sb} * \{[A + (B * \% lutum) + (C * \% org stof)] / [A + (B * 25) + (C * 10)]\} \quad (5)$$

Waarin

$AW_b$  = achtergrondwaarde van de te beoordelen bodem, gecorrigeerd voor lutum- en organisch stofgehalte

$AW_{sb}$  = achtergrondwaarde voor de standaardbodem

% lutum = gemeten percentage lutum in de te beoordelen bodem. Voor bodems met een gemeten lutumgehalte van minder dan 2% wordt met een lutumgehalte van 2% gerekend.

% org stof = gemeten percentage organische stof in de te beoordelen bodem. Voor bodems met een gemeten organisch stofgehalte van minder dan 2% wordt met een organisch stofgehalte van 2% gerekend.

A, B, C = stofafhankelijke constanten voor zware metalen (zie Tabel 7).

Voor organische verbindingen met uitzondering van PAK geldt de volgende formule.

$$AW_b = AW_{sb} * (\% org stof / 10) \quad (6)$$

% org stof = gemeten percentage organische stof in de te beoordelen bodem. Voor bodems met een gemeten organisch stofgehalte van meer dan 30% respectievelijk minder dan 2% wordt met organisch stofgehalten van 30% respectievelijk 2% gerekend.

Voor PAK geldt de volgende formule.

$$AW_b = AW_{sb} * (\% org stof / 10) \quad (7)$$

% org stof = voor PAK wordt geen bodemtypecorrectie toegepast voor bodems met een organisch stofgehalte van minder dan 10% en groter dan 30% organische stof. Voor tussenliggende gehalten wordt bovenstaande formule toegepast.

Stofafhankelijke constanten voor A, B en C waarden in formule (5) en streefwaarden voor standaardbodems worden gegeven in Tabel 7 (zware metalen) en Tabel 8 (PAK, organochloorbestrijdingsmiddelen en atrazine).

Tabel 7 Achtergrondwaarden voor zware metaalgehalten van de standaardbodem en A, B en C waarden voor bodems met andere lutum- en organische stofgehalten (geldig vanaf 2008). Zie tekst voor toelichting.

stof	achtergrondwaarde standaardbodem*	A	B	C
zink	140	50	3	1,5
koper	40	15	0,6	0,6
chroom	55	50	2	0
cadmium	0,60	0,4	0,007	0,021
lood	50	50	1	1
nikkel	35	10	1	0
kwik	0,15	0,2	0,0034	0,0017

\* Achtergrondwaarden in mg.kg<sup>-1</sup>. De standaardbodem bevat 10% organische stof en 25% lutum. Bron: VROM en VW (2007).



Omdat voor categorie 2003-2 (divers agrarisch gebruik op löss) in deze tweede meetronde analyses werden verricht op PAK en organochloorbestrijdingsmiddelen, zijn hier de bijbehorende correctieformules behandeld. In de bijlagen zijn de resultaten opgenomen van deze analyses. In de Regeling Bodemkwaliteit (VROM en VW, 2007) zijn geen achtergrondwaarden meer gedefinieerd voor individuele PAK. Deze achtergrondwaarden zijn vervangen door één waarde voor de som-PAK. De som-PAK bestaat uit de som van de 10 PAK van VROM, namelijk antracene, benzo[a]antracene, benzo[k]fluorantheen, benzo[a]pyreen, chryseen, phenanthreen, fluorantheen, indeno[1,2,3-cd]pyreen, naphhtaleen en benzo[ghi]peryleen. Niet voor alle geanalyseerde OCB zijn achtergrondwaarden gedefinieerd. De betreffende stoffen zijn veelal opgenomen in som-waarden. Het betreft  $\delta$ -HCH, ppDDE, ppTDE, opDDT en ppDDT.  $\beta$ -endosulfan vormt hierop een uitzondering. Deze stof kent geen achtergrondwaarde en valt ook niet in een som-waarde. In de Regeling Bodemkwaliteit (VROM en VW, 2007) worden bij de bestrijdingsmiddelen somwaarden gegeven voor som-DDT, som-DDE, som-DDD en som-drins. Som-drins bestaat uit de som van aldrin, dieldrin en endrin. Verder wordt er geen achtergrondwaarde gedefinieerd voor de groep chloorbenzenen, maar wel voor de afzonderlijke chloorbenzenen (mono-, di-, tri-, tetra-, penta-, en hexachloorbenzenen).

Tabel 8 Achtergrondwaarden voor PAK, organochloorbestrijdingsmiddelen en atrazine van de standaardbodem (geldig vanaf 2008). Zie tekst voor toelichting.

stof	achtergrondwaarde standaardbodem*	stof	achtergrondwaarde standaardbodem*
som-PAK	1500	$\beta$ -HCH	2
som-DDT	200	$\gamma$ -HCH	3
som-drins	15	endosulfan	
aldrin		heptachloor	0,7
dieldrin		heptachloorepoxide	2
endrin		chloorbenzenen	
som-HCH		hexachloorbenzeen	8,5
$\alpha$ -HCH	1	atrazine	35

\* achtergrondwaarden in  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . De standaardbodem bevat 10% organische stof. Bron: VROM en VW (2007).

In dit rapport zullen de gemeten gehalten vooral worden uitgedrukt als relatieve stofgehalten. Met onderstaande formule kunnen de relatieve gehalten of concentraties berekend worden.

$$\text{relatieve concentratie of gehalte} = C_b / AW \quad (8)$$

waarin:

$C_b$  = gehalte of concentratie in de te beoordelen bodem ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ,  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )

$AW$  =(gecorrigeerde) achtergrondwaarde ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ,  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )

Deze benadering heeft als voordeel dat bodemtypen met verschillende organische stof- en lutumgehalten eenvoudig vergeleken kunnen worden. Bovendien wordt direct zichtbaar of, en in welke mate de achtergrondwaarde overschreden wordt.

## 2.7 Vergelijking met interventiewaarden

De interventiewaarden bodemsanering vormen de getalsmatige invulling van het concentratieniveau waarboven sprake is van een geval van ernstige verontreiniging. Bij overschrijding van de interventiewaarden geldt dat de functionele eigenschappen die de bodem heeft voor mens, plant of dier ernstig zijn verminderd of dreigen te worden verminderd. Om van overschrijding van de interventiewaarden te spreken, dient voor tenminste één stof de gemiddelde gemeten concentratie van minimaal 25 m<sup>3</sup> bodemvolume in het geval van bodem- of sedimentverontreiniging hoger te zijn dan de interventiewaarde (VROM, 2000). Interventiewaarden voor de standaardbodem zijn in Tabel 9 gegeven voor zware metalen en organische verbindingen. Daarnaast zijn de streef- en achtergrondwaarden vermeld evenals de relatieve interventiewaarden ten opzichte van de streef- en achtergrondwaarden.

Tabel 9 Interventiewaarden voor zware metalen, PAK, organochloorbestrijdingsmiddelen en atrazine van de standaardbodem. Absoluut en relatief ten opzichte van de streefwaarde respectievelijk achtergrondwaarde

	Geldig tot 2008			Geldig vanaf 2008		
	interventiewaarde	streefwaarde	IW/SW	interventiewaarde	achtergrondwaarde	IW/AW
Zink	720	140	5,14	720	140	5,14
Koper	190	36	5,28	190	40	4,75
Chroom	380	100	3,8	--	55	--
Cadmium	12	0,80	15,0	13	0,60	21,7
Lood	530	85	6,23	530	50	10,6
Nikkel	210	35	6,0	100	35	2,86
Kwik	10	0,30	33,3	--	0,15	--
Som-PAK	40.000	1.000	40	40.000	1.500	26,7
Som-DDT	4.000	10	400	1.700	200	8,5
Som-drins	4.000	5	800	4.000	15	267
Aldrin	--	0,06	--	320	--	--
Dieldrin	--	0,5	--	--	--	--
Endrin	--	0,04	--	--	--	--
Som-HCH	2.000	10	200	--	--	--
α-HCH	--	3	--	17.000	1	17.000
β-HCH	--	9	--	1.600	2	800
γ-HCH	--	0,05	--	1.200	3	400
Endosulfan	4.000	0,01	400.000	4.000	--	--
Heptachloor	4.000	0,7	5.714	4.000	0,7	5.714
Heptachloorepoxide	4.000	0,0002	20.000.000	4.000	2	2.000
Chloorbenzenen	30.000	30	1.000	7.000	--	--
Hexachloorbenzeen	--	0,2	--	2.000	8,5	235
Atrazine	6.000	1.000	6	710	35	20,3

- Zware metalen in mg/kg, standaardbodem bevat 10% organische stof en 25% lutum. Zie paragraaf 2.5 en 2.6 voor correctieformules voor bodems met andere lutum- en organische stofgehalten.

- PAK, organochloorbestrijdingsmiddelen en atrazine in µg/kg, standaardbodem bevat 10% organische stof. Zie paragraaf 2.5 en 2.6 voor correctieformules voor bodems met andere organische stofgehalten.

Bron: waarden tot 2008: VROM, 2000

waarden vanaf 2008: VROM en VW, 2007; VROM, 2009.



## 3 De toestand van de bodem in Nederland

### 3.1 Opbouw van de dataset

De LMB-dataset voor de tweede meetronde is opgebouwd uit de bedrijfsgemiddelden per parameter voor de bodemlaag van 0 tot 10 cm diepte. Indien een streef- dan wel achtergrondwaarde<sup>3</sup> is gedefinieerd voor een parameter, is ook het relatieve gehalte bekend, naast het absolute gehalte. Omdat categorie 2003-2 (divers agrarisch gebruik op löss) een wisselcombinatie is, geldt voor deze categorie het bemonsterings- en analyseschema van de eerste LMB-meetronde. In dit schema worden de bodemlagen van 0 tot 10 cm en van 30 tot 50 cm en het bovenste grondwater bemonsterd en tevens worden de organische microverbindingen geanalyseerd. In deze categorie is bemonstering van het bovenste grondwater echter achterwege gelaten. De gebruikelijke standaardmanier met de open boorgatmethode was namelijk vanwege de optredende diepe grondwaterstanden niet mogelijk. Voor meetwaarden, gerapporteerd onder de detectielimiet, is in de dataset een vermenigvuldiging van deze detectielimiet maal 0,7 gehanteerd.

### 3.2 Bepalingsgrenzen

Bepalingsgrenzen zijn afhankelijk van de gehanteerde analysemethode, maar ook van de matrix. Dat wil zeggen dat de bepalingsgrens wordt beïnvloed door bijvoorbeeld het bodemtype of de aanwezigheid van storende stoffen. Als gevolg hiervan kunnen de bepalingsgrenzen tussen en binnen categorieën verschillen.

De bepalingsgrenzen voor zware metalen, PAK en organochloorbestrijdingsmiddelen worden in bijlage IV weergegeven.

Bij de uitgevoerde zware metaalanalyses zijn weinig waarnemingen onder de bepalingsgrens. Alleen in het geval van het metaal nikkel treden in sommige categorieën regelmatig overschrijdingen op.

Bij PAK geldt dat vooral naftaleen nauwelijks aangetroffen wordt in de bodemmonsters. Dit is namelijk een moeilijk te conserveren stof na de monsternamen vanwege de hoge mate van vluchtigheid. De organochloorbestrijdingsmiddelen kennen zeer veel waarnemingen onder de bepalingsgrens. In de meeste gevallen blijkt dat meer dan 50% te zijn (zie bijlage IVb).

In die gevallen dat de streefwaarde respectievelijk de achtergrondwaarde onder de bepalingsgrens ligt wordt de streefwaarde respectievelijk de achtergrondwaarde verhoogd tot de bepalingsgrens (VROM, 2000; VROM en VW, 2007).

De mate waarin zware metalen de streefwaarde dan wel de achtergrondwaarde overschrijden wordt in de paragrafen 3.3 en 3.4 verder besproken. Voor de organische microverbindingen wordt verwezen naar de bijlagen VIa en VIb.

---

<sup>3</sup> In december 2007 zijn in de Regeling bodemkwaliteit de streefwaarden vervangen door achtergrondwaarden van een standaardbodem met 25% lutum en 10% organische stof (VROM en VW, 2007). Recent is de Circulaire Bodemsanering 2009 verschenen. De wijzigingen hierin betreffen voornamelijk enkele interventiewaarden (VROM, 2009). Omwille van de vergelijkbaarheid met de eerste LMB-meetronde is in dit rapport met beide normen gerekend.

### 3.3 Gemiddelde gehalten per geanalyseerde parameter

In deze paragraaf wordt in tabelvorm een totaaloverzicht gegeven van de gehalten van de onderzochte parameters van de tweede meetronde van het LMB in de Nederlandse bodem (Tabel 10). Hierbij wordt nog geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende categorieën. In de bijlagen worden per categorie aanvullende tabellen en grafieken gepresenteerd, zoals cumulatieve frequentieverdelingen. Op dit aggregatieniveau van *alle* waarnemingen worden de eventuele hoge gehalten van de ene categorie mogelijk versluierd door lage gehalten in een andere categorie. Daarom wordt in paragraaf 3.4 per categorie op meer gedetailleerd niveau gekeken naar de hoogte van deze gehalten.

#### Zware metalen

Het gemiddelde en de mediaan van de gehalten in de bodem liggen voor alle zware metalen op een niveau van ongeveer de helft van de streefwaarde of lager. De hoogst gemeten gehalten overschrijden de oude *streefwaarde* met maximaal een factor 3. Het percentage locaties met gehalten hoger dan deze streefwaarde ligt voor alle metalen onder de 10%, behalve voor cadmium (11,6%).

Wanneer de nieuwe *achtergrondwaarde* wordt toegepast, wordt vooral de meetwaarde voor chroom overschreden, op 45% van de bemonsterde locaties. Ook cadmium (12,6%) en lood (11,6%) worden relatief vaak overschreden. De Interventiewaarden, zoals in de Circulaire Bodemsanering 2009 (VROM, 2009) beschreven, worden nergens bereikt.

Tabel 10 Gemiddelde, mediaan en maximumgehalte per onderzochte parameter van alle waarnemingen, relatief en absoluut, en % overschrijding van de streef- en achtergrondwaarde (SW en AW). Bodemlaag 0 tot 10 cm.

	absoluut (mg/kg)			relatief t.o.v. de streefwaarde / achtergrondwaarde					
	gemiddelde	mediaan	maximum	SW gem.	SW*	%>SW	AW gem.	AW*	%>AW
Zn	60,66	42,09	388,71	0,54	140	6,5	0,54	140	6,5
Cu	16,03	12,96	72,54	0,55	36	5,0	0,49	40	2,0
Cr	42,87	32,33	87,74	0,52	100	4,0	0,95	55	45,2
Cd	0,36	0,25	1,78	0,52	0,80	11,6	0,70	0,60	12,6
Pb	28,52	19,59	181,55	0,37	85	3,0	0,64	50	11,6
Ni	14,05	6,12	59,07	0,47	35	6,0	0,47	35	6,0
Hg	0,07	0,05	0,64	0,25	0,30	1,0	0,49	0,15	7,0

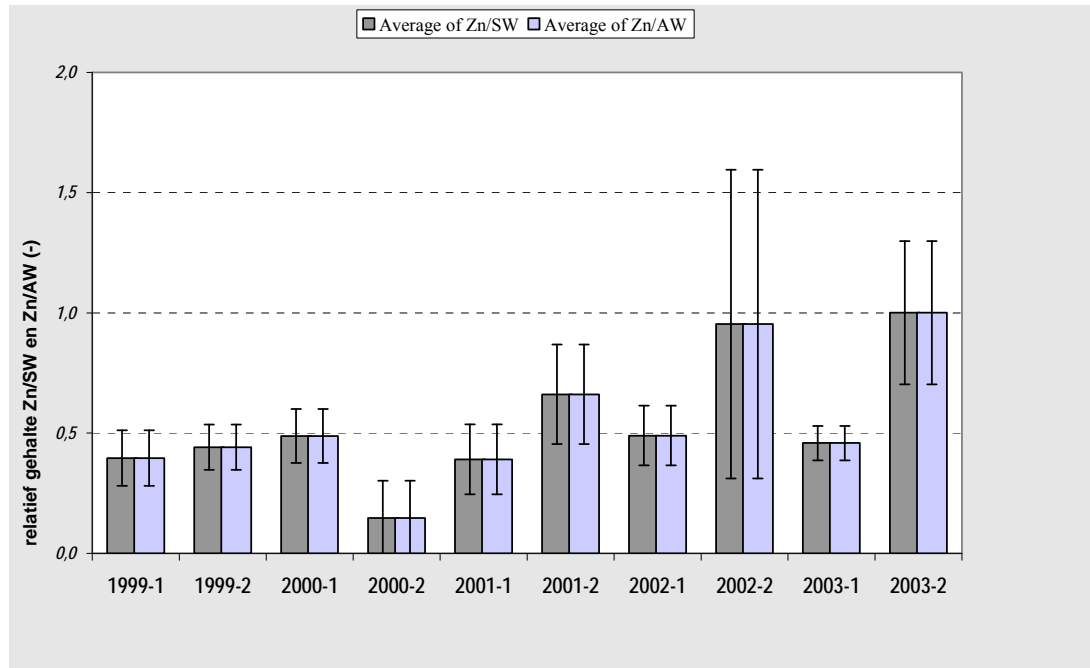
\* Voor een standaardbodem met 10% organische stof en 25% lutum.

#### PAK: categorie 10, diverse landbouw op löss

Anders dan in het rapport van de eerste LMB-meetronde kan van de tweede ronde geen landelijk beeld worden geschetst van de gehalten aan PAK en organochloorbestrijdingsmiddelen, omdat het hier slechts om een enkele regio gaat. Na afloop van de volledig uitgevoerde derde meetronde, die volgens planning in 2010 zal eindigen, kan opnieuw de landelijke situatie worden gegeven. In 2003 is echter wel een witte vlek op de kaart ingevuld, namelijk het bodemtype löss dat voornamelijk in Zuid-Limburg voorkomt. Van deze grondsoort was, in ieder geval binnen het LMB nog weinig bekend. Daarom is bij wijze van uitzondering besloten om voor deze categorie zowel het uitgebreide analysepakket met PAK, OCB en triazines te selecteren, evenals dit voor twee bodemlagen uit te voeren. Voor som-PAK komen in deze categorie (2003-2) overschrijdingen voor van de streefwaarde en de achtergrondwaarde. De mediaan en het gemiddelde van de som-PAK-gehalten in de lössbodem liggen voor zowel de ondergrond als de bovengrond onder de streefwaarde respectievelijk achtergrondwaarde. De categorieresultaten zijn vermeld in de bijlagen V, VIa en VIb.

### 3.4 Vergelijking van de verschillende categorieën

In deze paragraaf worden de gemeten gehalten aan zware metalen categoriegewijs besproken. De categorieën worden benoemd per jaar waarin deze zijn bemonsterd (zie paragraaf 2.1, Tabel 1). In de volgende figuren wordt steeds de relatieve concentratie weergegeven, waarbij op de y-as het verloop van het categoriegemiddelde ten opzichte van de streef-/achtergrondwaarde is af te lezen. Een waarde boven de 1 betekent hier een overschrijding van de streef-/achtergrondwaarde.



Figuur 3.1 Concentratie zink 0-10 cm, relatief t.o.v. de streef-/achtergrondwaarde

Streefwaarde zink = 140 mg/kg (tot 2008).

Voor alle categorieën geldt dat de categoriegemiddelde waarden lager zijn dan de streefwaarde, bij 2003-2, diversen/löss, is de categoriegemiddelde waarde precies gelijk aan de streefwaarde.

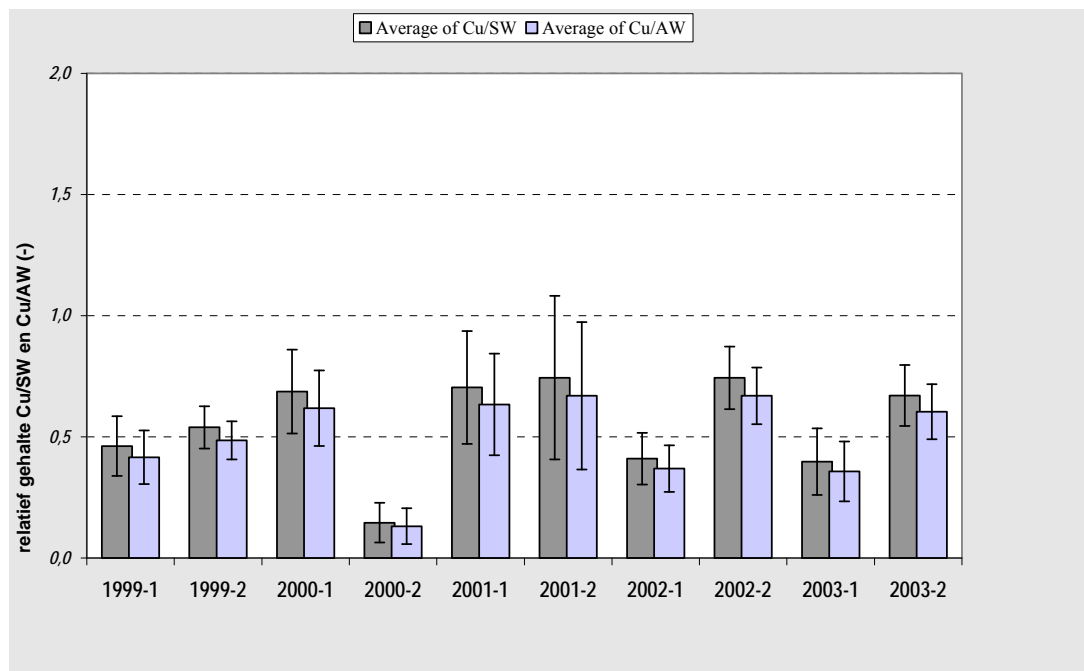
Er zijn enkele individuele bedrijven die de streefwaarde overschrijden:

- 2001-2 grasland/veen, overschrijding op 15% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,02
- 2002-2 grasland/rivierklei, overschrijding 15% van de locaties, maximum relatieve waarde 3,0
- 2003-2 diversen/löss, overschrijding op 35% van de locaties, maximum relatieve waarde 2,15.

Achtergrondwaarde zink = 140 mg/kg (vanaf 2008).

Aangezien de streefwaarde en achtergrondwaarde gelijk zijn, geldt bovenstaande ook voor de achtergrondwaarde.

Interventiewaarden voor zink worden op geen enkel individueel bedrijf overschreden. Volgens Tabel 9 is zowel IW/SW als IW/AW gelijk aan 5,14 en dit is hoger dan de maximale waarde van 3,0 die in categorie 2002-2 waargenomen werd.



Figuur 3.2 Concentratie koper 0-10 cm, relatief t.o.v. de streef-/achtergrondwaarde

Streefwaarde koper = 36 mg/kg (tot 2008).

Voor alle categorieën geldt dat de categoriegemiddelde waarden lager zijn dan de streefwaarde.

Er zijn een aantal individuele bedrijven die de streefwaarde overschrijden:

- 2000-1 intensieve veehouderij/zand, overschrijding op 5% van de locaties, max. relatieve waarde 1,01
- 2001-1 bouwland/zand, overschrijding op 10% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,28
- 2001-2 grasland/veen, overschrijding op 25% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,28
- 2002-2 grasland/rivierklei, overschrijding 10% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,07.

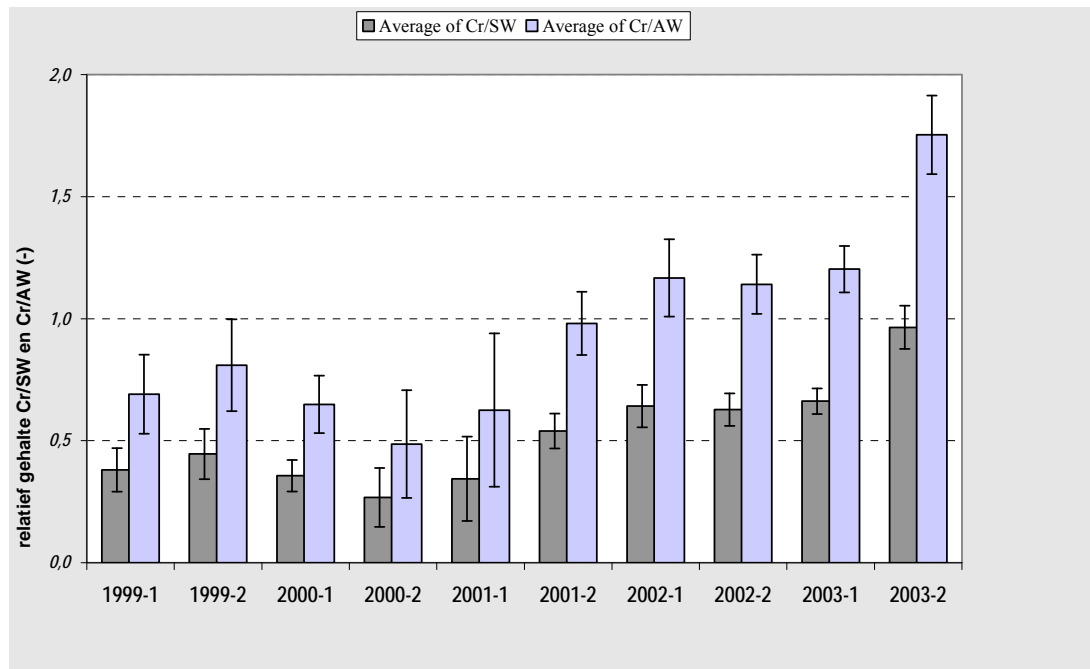
Achtergrondwaarde koper = 40 mg/kg (vanaf 2008).

Aangezien de achtergrondwaarde minder streng is dan de streefwaarde kan het aantal overschrijdingen dalen. De categoriegemiddelde waarden overschrijden nergens de achtergrondwaarde.

Er zijn nog wel een aantal individuele bedrijven die de achtergrondwaarde overschrijden:

- 2001-1 bouwland/zand, overschrijding op 5% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,15
- 2001-2 grasland/veen, overschrijding op 15% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,15.

Interventiewaarden voor koper worden op geen enkel individueel bedrijf overschreden. Volgens Tabel 9 geldt tot 2008  $IW/SW = 5,28$  en vanaf 2008 geldt  $IW/AW = 4,75$ . Deze getallen zijn hoger dan de maximale waarde van 1,28 die in categorieën 2001-1 en 2001-2 waargenomen werden.



Figuur 3.3 Concentratie chroom 0-10 cm, relatief t.o.v. de streef-/achtergrondwaarde

Streefwaarde chroom = 100 mg/kg (tot 2008).

Voor alle categorieën geldt dat de categoriegemiddelde waarden lager zijn dan de streefwaarde.

Er zijn slechts bij een categorie individuele bedrijven die de streefwaarde overschrijden:

- 2003-2 diversen/löss, overschrijding op 40% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,05.

Achtergrondwaarde chroom = 55 mg/kg (vanaf 2008).

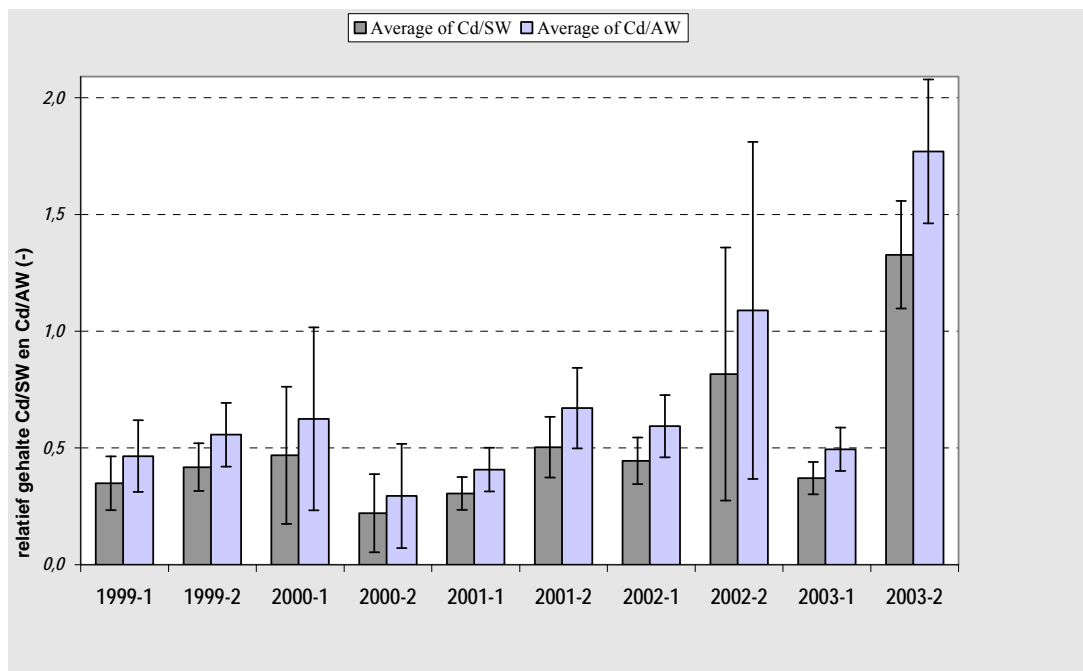
Aangezien de achtergrondwaarde strenger is dan de streefwaarde kan het aantal overschrijdingen stijgen. Er zijn nu 4 categorieën waarvan de categoriegemiddelde waarden de achtergrondwaarde overschrijden.

Er zijn nu ook meer individuele bedrijven die de achtergrondwaarde overschrijden:

- 1999-1 grasland ext/zand, overschrijding op 10% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,08
- 1999-2 grasland int/zand, overschrijding op 10% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,18
- 2001-1 bouwland/zand, overschrijding op 15% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,62
- 2001-2 grasland/veen, overschrijding op 35% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,30
- 2002-1 bouwland/zeeklei, overschrijding op 85% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,37
- 2002-2 grasland/rivierklei, overschrijding op 95% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,40
- 2003-1 grasland/zeeklei, overschrijding op 100% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,34
- 2003-2 diversen/löss, overschrijding op 100% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,90.

Interventiewaarden voor chroom worden op geen enkel individueel bedrijf overschreden. Volgens Tabel 9 geldt tot 2008  $IW/SW = 3,8$  en dit is hoger dan de maximale waarde van 1,05 die in categorie 2003-2 waargenomen werd. Voor de periode vanaf 2008 is geen interventiewaarde voor chroom bekend.





Figuur 3.4 Concentratie cadmium 0-10 cm, relatief t.o.v. de streef-/achtergrondwaarde

Streefwaarde cadmium = 0,80 mg/kg (tot 2008).

Alleen de categoriegemiddelde waarde van categorie 2003-2, diversen/löss, overschrijdt de streefwaarde. Er zijn ook individuele bedrijven die de streefwaarde overschrijden:

- 2000-1 intensieve veehouderij/zand, overschrijding op 10% van de locaties, max. rel. waarde 1,47
- 2002-2 grasland/rivierklei, overschrijding op 15% van de locaties, maximum relatieve waarde 2,47
- 2003-2 diversen/löss, overschrijding op 90% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,79.

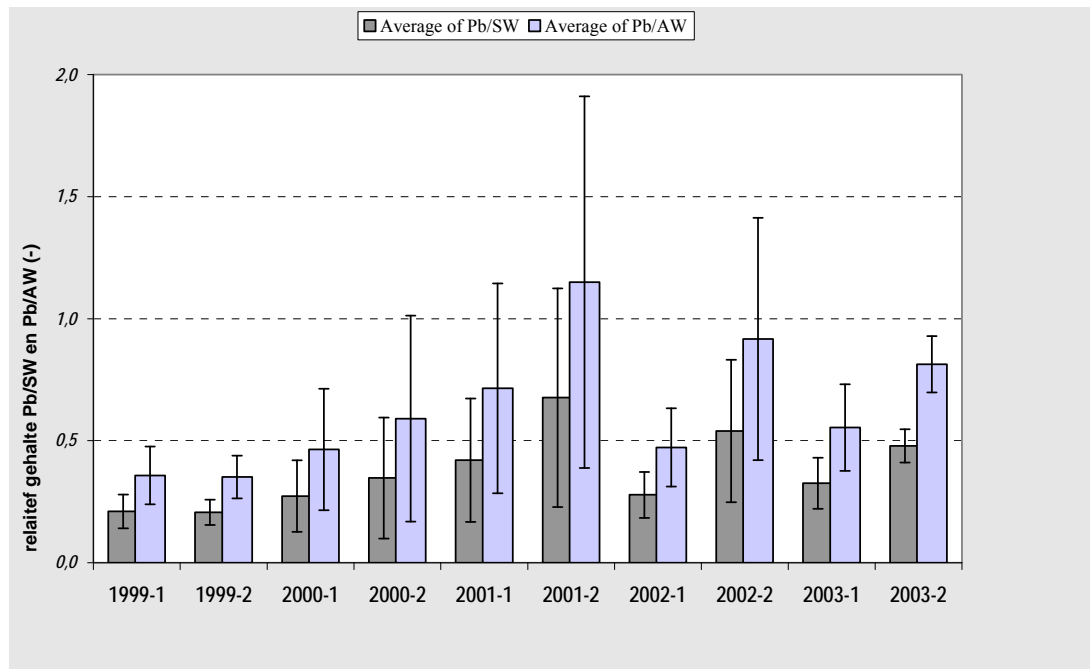
Achtergrondwaarde cadmium = 0,60 mg/kg (vanaf 2008).

Aangezien de achtergrondwaarde strenger is dan de streefwaarde kan het aantal overschrijdingen stijgen. Er zijn nu 2 categorieën waarvan de categoriegemiddelde waarden de achtergrondwaarde overschrijden.

Het aantal individuele bedrijven die de achtergrondwaarde overschrijden, is met slechts 10% gestegen:

- 2000-1 intensieve veehouderij/zand, overschrijding op 10% van de locaties, max. rel. waarde 1,96
- 2002-2 grasland/rivierklei, overschrijding op 15% van de locaties, maximum relatieve waarde 3,29
- 2003-2 diversen/löss, overschrijding op 100% van de locaties, maximum relatieve waarde 2,39.

Interventiewaarden voor cadmium worden op geen enkel individueel bedrijf overschreden. Volgens Tabel 9 geldt tot 2008  $IW/SW = 15,0$  en vanaf 2008 geldt  $IW/AW = 21,7$ . Deze getallen zijn hoger dan de maximale waarde van 3,29 die in categorie 2002-2 waargenomen werd.



Figuur 3.5 Concentratie lood 0-10 cm, relatief t.o.v. de streef-/achtergrondwaarde

Streefwaarde lood = 85 mg/kg (tot 2008).

Voor alle categorieën geldt dat de categoriegemiddelde waarden lager zijn dan de streefwaarde.

Er zijn een aantal individuele bedrijven die de streefwaarde overschrijden:

- 2001-2 grasland/veen, overschrijding op 20% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,86
- 2002-2 grasland/rivierklei, overschrijding 10% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,49.

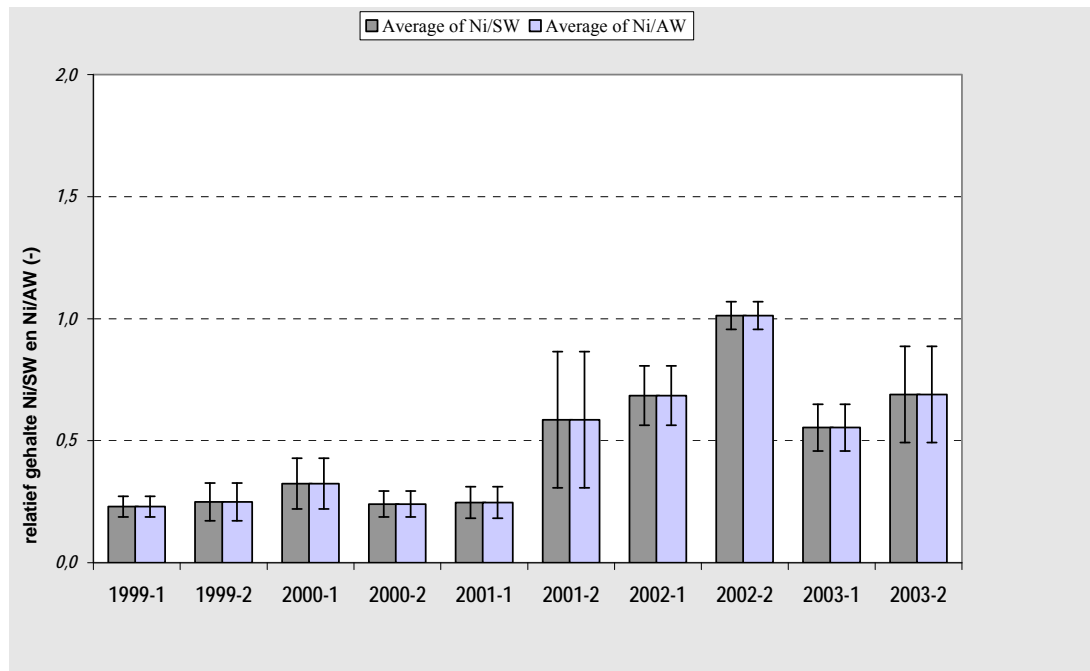
Achtergrondwaarde lood = 50 mg/kg (vanaf 2008).

Aangezien de achtergrondwaarde strenger is dan de streefwaarde kan het aantal overschrijdingen toenemen. Alleen de categoriegemiddelde waarde van 2001-2, grasland/veen, overschrijdt nu de achtergrondwaarde.

Er zijn nu ook veel meer individuele bedrijven die de achtergrondwaarde overschrijden:

- 2000-1 intensieve veehouderij/zand, overschrijding op 5% van de locaties, max. relatieve waarde 1,43
- 2002-2 bodemlaag bos/zand, overschrijding op 15% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,68
- 2001-1 bouwland/zand, overschrijding op 15% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,68
- 2001-2 grasland/veen, overschrijding op 40% van de locaties, maximum relatieve waarde 3,16
- 2002-2 grasland/rivierklei, overschrijding op 20% van de locaties, maximum relatieve waarde 2,53
- 2003-1 grasland/zeeklei, overschrijding op 5% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,24
- 2003-2 diversen/löss, overschrijding op 10% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,13.

Interventiewaarden voor lood worden op geen enkel individueel bedrijf overschreden. Volgens Tabel 9 geldt tot 2008  $IW/SW = 6,23$  en vanaf 2008 geldt  $IW/AW = 10,6$ . Deze getallen zijn hoger dan de maximale waarde van 3,16 die in categorie 2001-2 waargenomen werd.



Figuur 3.6 Concentratie nikkel 0-10 cm, relatief t.o.v. de streef-/achtergrondwaarde

Streefwaarde nikkel = 35 mg/kg (tot 2008).

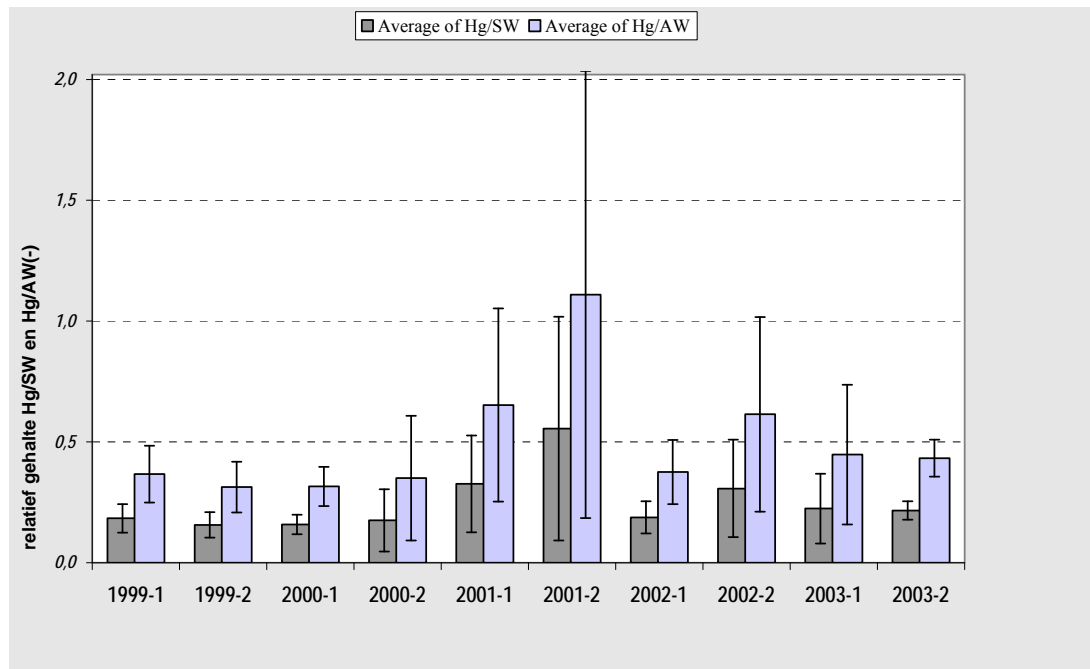
Alleen de categoriegemiddelde waarde van categorie 2002-2, grasland/rivierklei, overschrijdt de streefwaarde. Er zijn ook individuele bedrijven die de streefwaarde overschrijden:

- 2001-2 grasland/veen, overschrijding op 5% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,07
- 2002-2 grasland/rivierklei, overschrijding op 50% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,11
- 2003-2 diversen/löss, overschrijding op 5% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,04.

Achtergrondwaarde nikkel = 35 mg/kg (vanaf 2008).

Aangezien de streefwaarde en achtergrondwaarde gelijk zijn, geldt bovenstaande ook voor de achtergrondwaarde.

Interventiewaarden voor nikkel worden op geen enkel individueel bedrijf overschreden. Volgens Tabel 9 geldt tot 2008  $IW/SW = 6,0$  en vanaf 2008 geldt  $IW/AW = 2,86$ . Deze getallen zijn hoger dan de maximale waarde van 1,11 die in categorie 2002-2 waargenomen werd.



Figuur 3.7 Concentratie kwik 0-10 cm, relatief t.o.v. de streef-/achtergrondwaarde

Streefwaarde kwik = 0,30 mg/kg (tot 2008).

Voor alle categorieën geldt dat de categoriegemiddelde waarden lager zijn dan de streefwaarde.

Er is slechts een categorie waar individuele bedrijven de streefwaarde overschrijden:

-2001-2 grasland/veen, overschrijding op 10% van de locaties, maximum relatieve waarde 2,04.

Achtergrondwaarde kwik = 0,15 mg/kg (vanaf 2008).

Aangezien de achtergrondwaarde strenger is dan de streefwaarde kan het aantal overschrijdingen stijgen. Alleen de categoriegemiddelde waarde van 2001-2, grasland/veen, overschrijdt nu de achtergrondwaarde.

Er zijn nu ook veel meer individuele bedrijven die de achtergrondwaarde overschrijden:

- 2001-1 bouwland/zand, overschrijding op 20% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,52
- 2001-2 grasland/veen, overschrijding op 30% van de locaties, maximum relatieve waarde 4,08
- 2002-2 grasland/rivierklei, overschrijding op 15% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,67
- 2003-1 grasland/zeeklei, overschrijding op 5% van de locaties, maximum relatieve waarde 1,59.

Interventiewaarden voor kwik worden op geen enkel individueel bedrijf overschreden. Volgens Tabel 9 geldt tot 2008  $IW/SW = 33,3$  en dit is hoger dan de maximale waarde van 2,04 die in categorie 2001-2 waargenomen werd. Voor de periode vanaf 2008 is geen interventiewaarde voor kwik bekend.



## 4 Vergelijking meetronde 1 en meetronde 2

In de eerste LMB-meetronde zijn de bodemlagen van 0 tot 10 cm en van 30 tot 50 cm en het bovenste grondwater bemonsterd. In de tweede LMB-meetronde is alleen de bodemlaag van 0 tot 10 cm bemonsterd. In de eerste LMB-meetronde zijn algemene bodemkenmerken, zware metalen en organische microverbindingen geanalyseerd en in de tweede LMB-meetronde alleen algemene bodemkenmerken en zware metalen.

Daarnaast zijn gelijktijdig met de analyses van de tweede LMB-meetronde de uit overeenkomstige jaren bewaarde monsters van de eerste LMB-meetronde op zware metalen geanalyseerd.

Dit hoofdstuk presenteert het beschikbare datamateriaal en laat vervolgens voor die bedrijven die zowel aan de eerste als aan de tweede LMB-meetronde deelnamen de vergelijking zien.

### 4.1 Beschikbare data voor een vergelijking

Bij deze vergelijking is uitgegaan van de categorie-indeling van de beide LMB-meetronden. Omdat bij categorie 4 (bos op zand) zowel de strooisellaag als de bodemlaag van 0 tot 10 cm bemonsterd is, is bij de vergelijking uitgegaan van twee subcategorieën 4. Uiteindelijk zijn de volgende categorieën gebruikt.

Categorie 1	melkveehouderij met lage veedichtheid op zand
Categorie 2	melkveehouderij met hoge veedichtheid op zand
Categorie 3	melkveehouderij met intensieve veehouderijtak op zand
Categorie 4A	strooisellaag in bos op zand
Categorie 4B	zandlaag in bos op zand
Categorie 5	akkerbouw op zand
Categorie 6	melkveehouderij op veen
Categorie 7	akkerbouw op zeeklei
Categorie 8	melkveehouderij op rivierklei
Categorie 9	melkveehouderij op zeeklei.

Merk bij deze indeling op dat categorie 10 niet voorkomt. Bij de eerste LMB-meetronde was dit immers 'bloembollen op zand' en 'vollegrondsgroenteteelt op zand' en bij de tweede LMB-meetronde was het 'diverse landbouw op löss'.

Een overzicht van de data van organische stof en zware metalen in de eerste en tweede LMB-ronde en de herhaling van de eerste LMB-ronde wordt in de bijlagen IX tot en met XIV gepresenteerd. De herkomst van de data is als volgt:

- LMB-ronde 1993-1997: Bronswijk et al., 2003 en onderliggende jaarrapporten.
- Herhaling LMB-ronde 1993-1997: ongepubliceerde data.
- LMB-ronde 1999-2003: deze publicatie.

In de bijlagen IX tot en met XIV wordt een onderscheid gemaakt tussen 'kerngroep' en 'alle bedrijven'. Met kerngroep worden die bedrijven bedoeld die zowel aan de eerste als de tweede LMB-meetronde deelgenomen hebben. Afvallers uit de eerste meetronde zijn vervangen door bedrijven die voldeden aan de specificaties van de betreffende categorie. Tabel 11 geeft per categorie een overzicht van de omvang van de kerngroep en de aantallen afvallers en vervangers.

Tabel 11 Aantal deelnemende bedrijven binnen een categorie, onderverdeeld naar kerndeelnemers (die aan beide meetronden deelnamen), eenmalige deelnemers (alleen ronde 1) en vervangende bedrijven (die de lege plekken opvulden in ronde 2).

categorie	LMB-ronde 1993-1997			LMB-ronde 1999-2003		
	totaal	kern	eenmalig	totaal	kern	vervangers
1	19	17	2	20	17	3
2	16	15	1	20	15	5
3	20	17	3	20	17	3
4	20	20	0	20	20	0
5	19	18	1	20	18	2
6	18	16	2	19	16	3
7	20	17	3	20	17	3
8	20	18	2	20	18	2
9	20	17	3	20	17	3

## 4.2 Resultaten van de vergelijking voor de kernbedrijven

De variatie in de gemiddelde waarden per categorie wordt veroorzaakt door een groot aantal factoren. Bij de *monsternamen in het veld* is dit allereerst de inhomogeniteit van de percelen op bedrijfsniveau en vervolgens de representativiteit van het mengmonster dat per bedrijf uit een groot aantal steekmonsters genomen wordt.

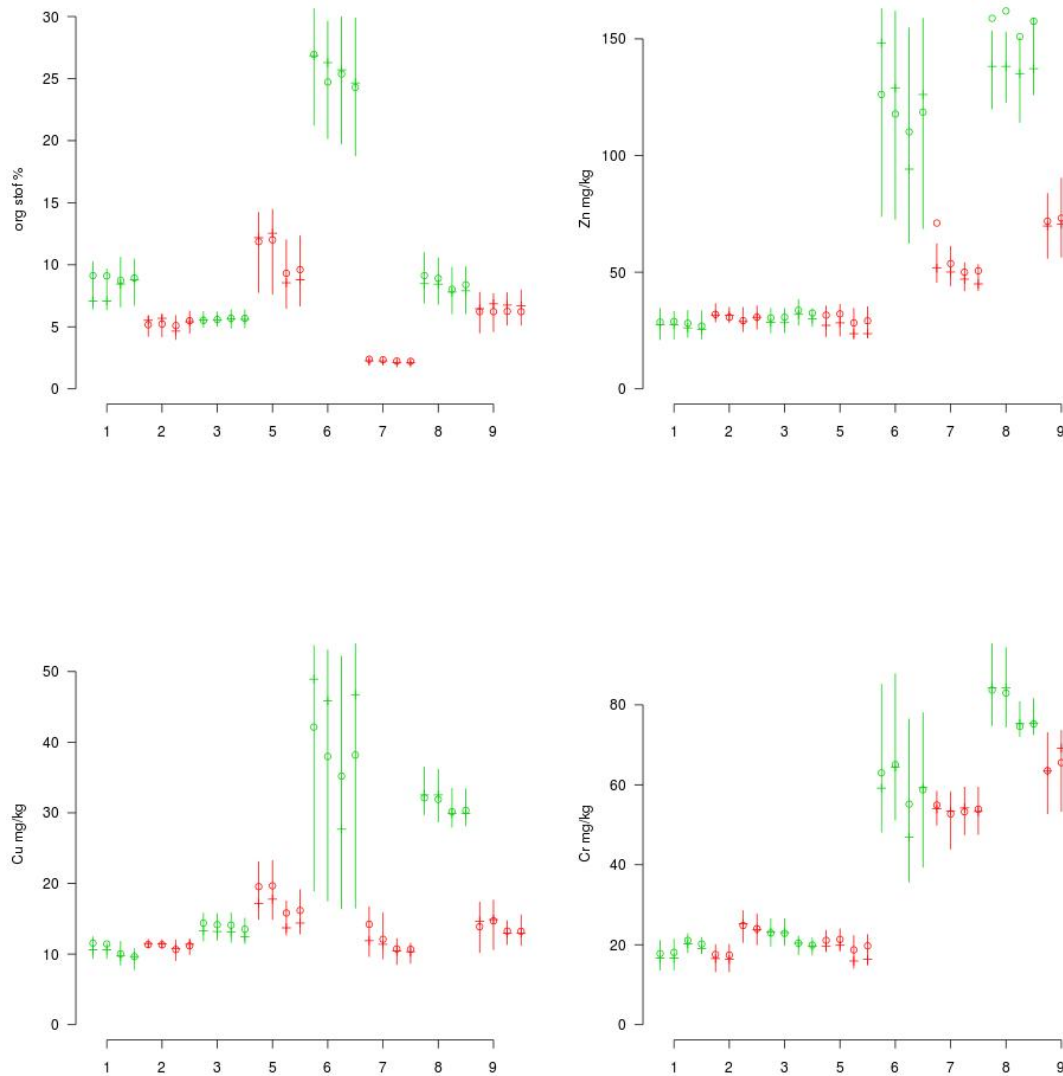
Bij de *analyse in het laboratorium* is dit de voorbereiding van het monster (ontsluiting van de zware metalen) en vervolgens de analyse zelf.

Daarnaast speelt de wisselende samenstelling van de categorieën een rol. Er zijn immers bedrijven uit de eerste LMB-ronde afgevallen en in de tweede LMB-ronde vervangen door nieuwe bedrijven. Het totaal aantal deelnemende bedrijven en het aantal kernbedrijven zijn in Tabel 11 vermeld.

De resultaten van de vergelijking tussen alle bedrijven en de kernbedrijven worden in Figuur 4.1 weergegeven voor achtereenvolgens organische stof en de zeven zware metalen Zn, Cu, Cr, Cd, Pb, Ni en Hg. In elke grafiek staan op de x-as de categorieën 1 tot en met 9 en binnen elke categorie is steeds de volgorde: alle bedrijven eerste LMB-ronde, kernbedrijven eerste LMB-ronde, alle bedrijven tweede LMB-ronde en kernbedrijven tweede LMB-ronde. Op de y-as is uitgezet het 25- en 75-percentiel, de mediaan en het gemiddelde van de betreffende component.

Hoewel het effect van de afvallende en vervangende bedrijven op de gemiddelde waarden en de bijbehorende variatie vrij gering is (zie bijlagen IX tot en met XIV en Figuur 4.1), is in dit onderzoek besloten deze extra ruis te vermijden en de vergelijking alleen te betrekken op de data van de kerngroep.

De resultaten van de vergelijking van de kernbedrijven worden in Figuur 4.2 weergegeven voor achtereenvolgens organische stof en de zeven zware metalen Zn, Cu, Cr, Cd, Pb, Ni en Hg. In elke grafiek staan op de x-as de categorieën 1 tot en met 9 en binnen elke categorie is steeds de volgorde: eerste LMB-ronde, herhaling eerste LMB-ronde, tweede LMB-ronde. Op de y-as is uitgezet het 25- en 75-percentiel, de mediaan en het gemiddelde van de betreffende component.



Figuur 4.1 Vergelijking van *alle bedrijven en de kernbedrijven* van de eerste LMB-ronde en de tweede LMB-ronde.

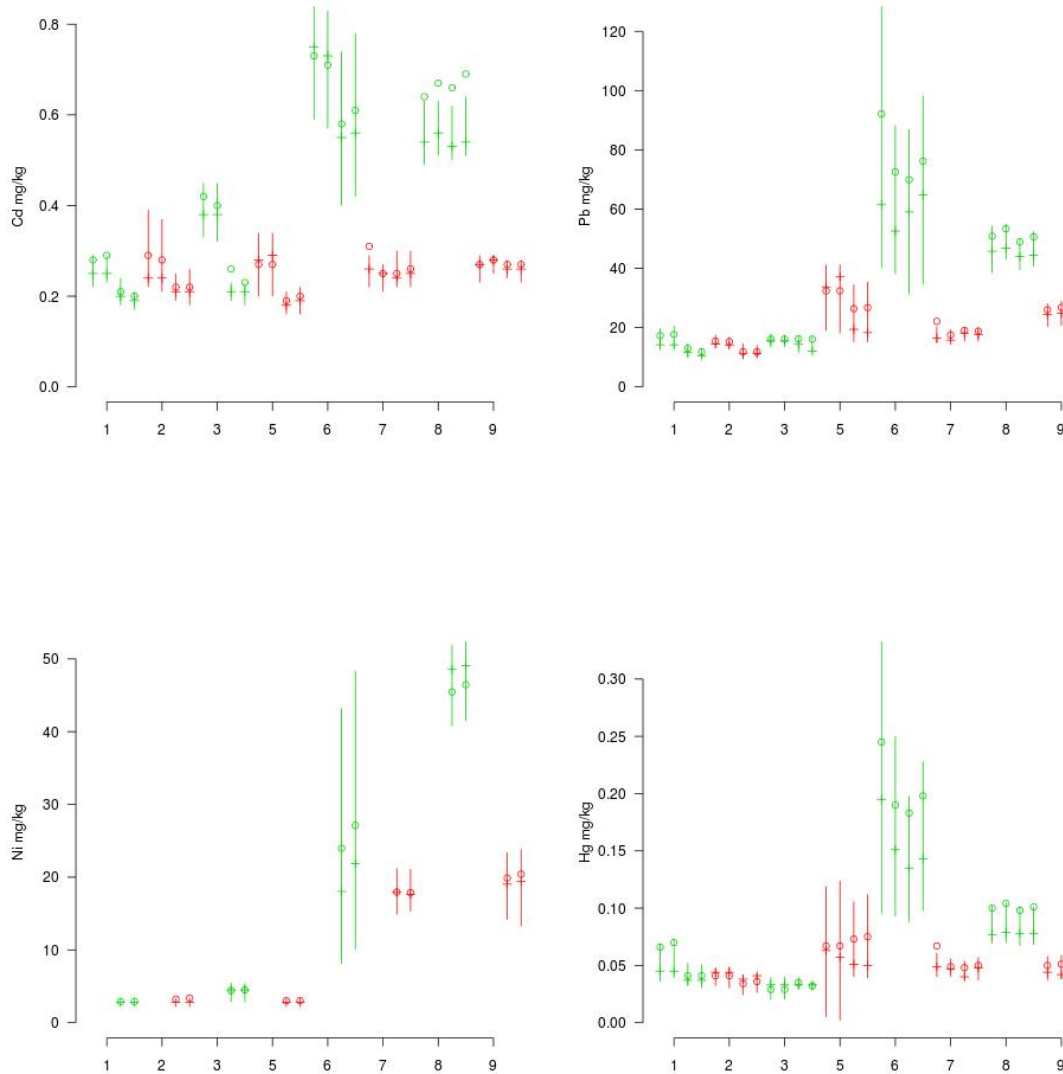
Op de x-as staan de categorieën volgens paragraaf 4.1 en per categorie is de volgorde:

- alle bedrijven eerste LMB-ronde
- kernbedrijven eerste LMB-ronde
- alle bedrijven tweede LMB-ronde
- kernbedrijven tweede LMB-ronde

Op de y-as is aangegeven:

- het 25- en 75-percentiel (= verticale lijn)
- de mediaan (= liggend streepje)
- het gemiddelde (= open rondje) van de betreffende component





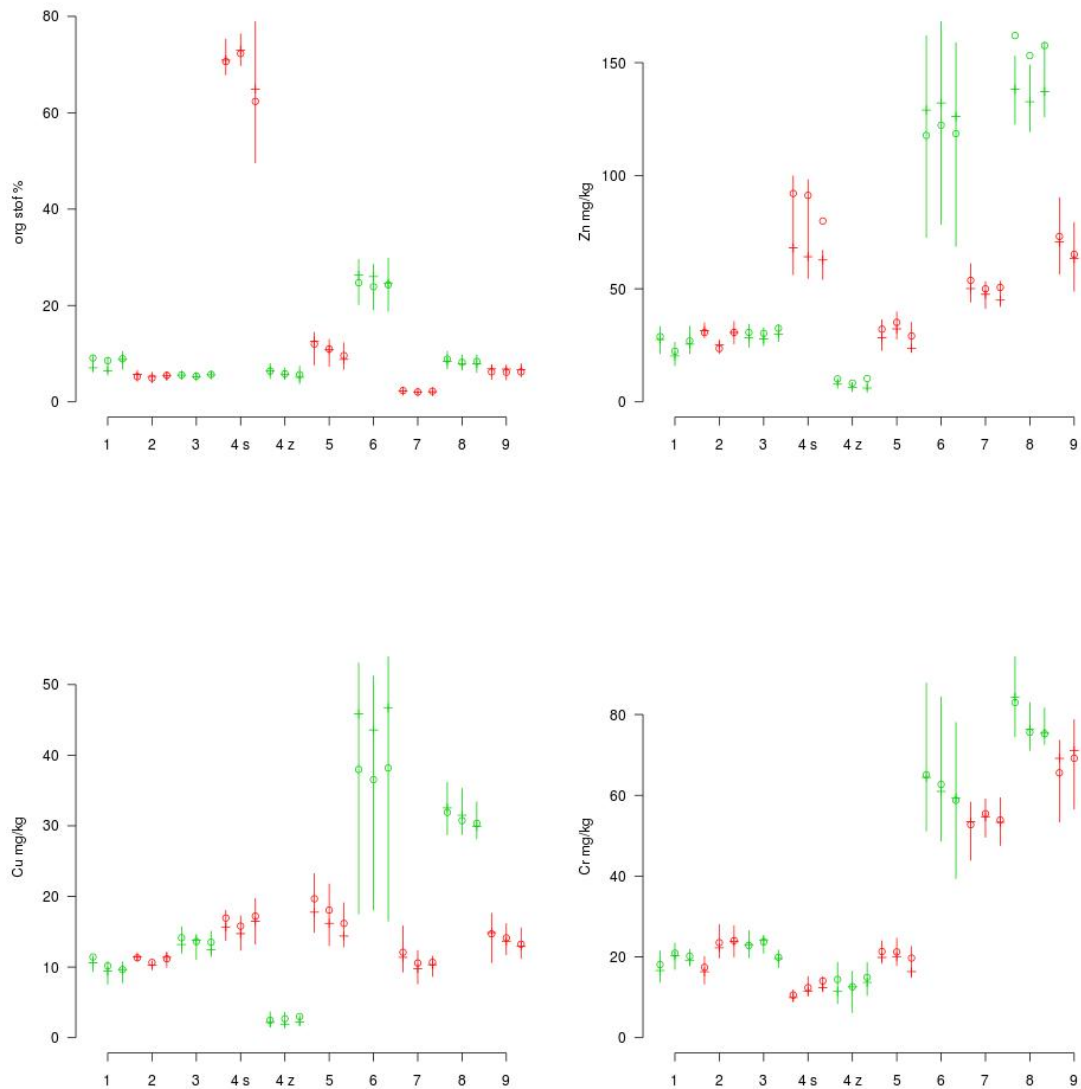
Figuur 4.1 vervolg. Vergelijking van *alle bedrijven en de kernbedrijven* van de eerste LMB-ronde en de tweede LMB-ronde.

Op de x-as staan de categorieën volgens paragraaf 4.1 en per categorie is de volgorde:

- alle bedrijven eerste LMB-ronde
- kernbedrijven eerste LMB-ronde
- alle bedrijven tweede LMB-ronde
- kernbedrijven tweede LMB-ronde

Op de y-as is aangegeven:

- het 25- en 75-percentiel (= verticale lijn)
- de mediaan (= liggend streepje)
- het gemiddelde (= open rondje) van de betreffende component



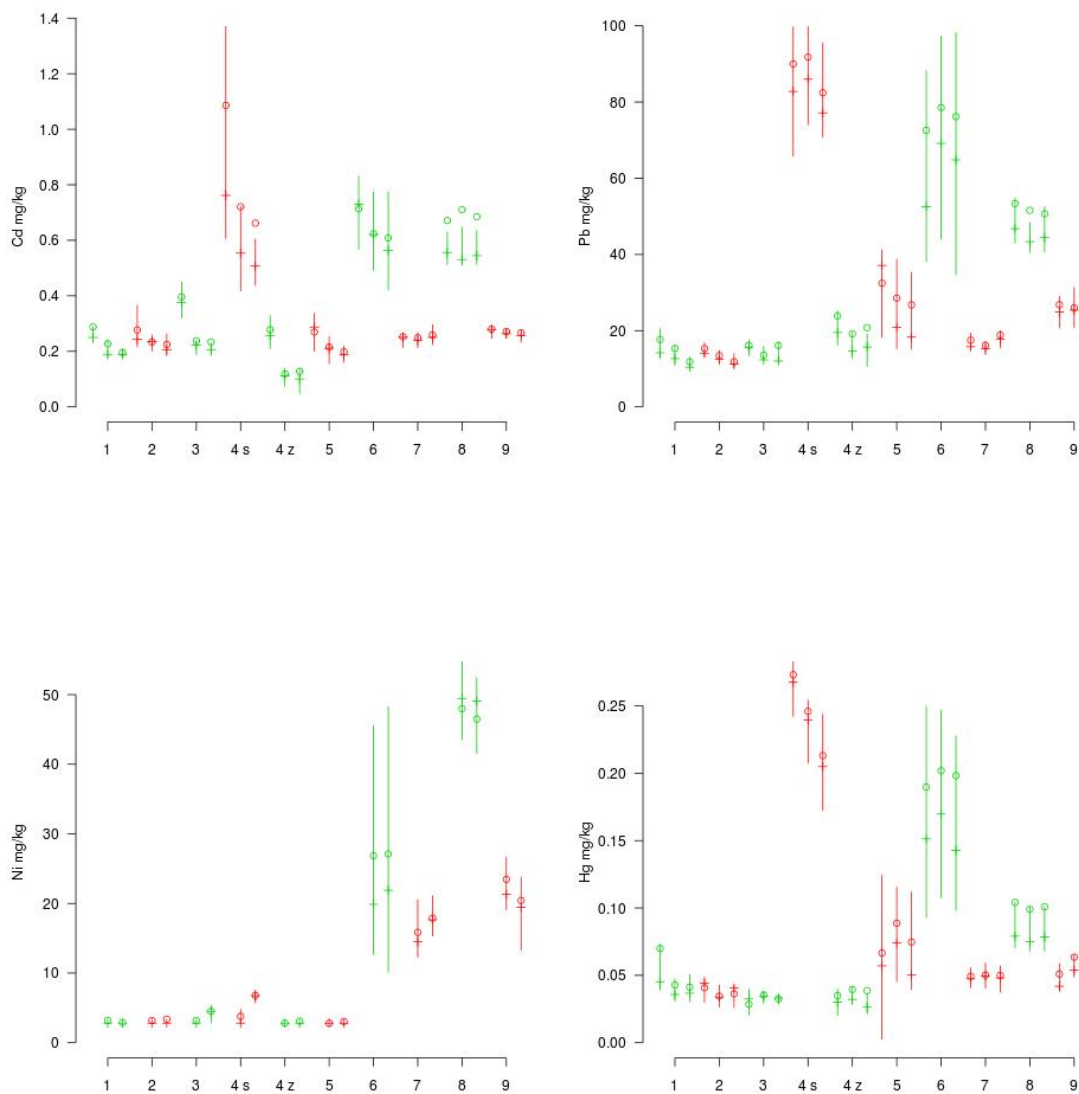
Figuur 4.2 Vergelijking van de kernbedrijven van de eerste LMB-ronde, herhaling eerste LMB-ronde en tweede LMB-ronde.

Op de x-as staan de categorieën volgens paragraaf 4.1 en per categorie is de volgorde:

- eerste LMB-ronde
- herhaling eerste LMB-ronde
- tweede LMB-ronde

Op de y-as is aangegeven:

- het 25- en 75-percentiel (= verticale lijn)
- de mediaan (= liggend streepje)
- het gemiddelde (= open rondje) van de betreffende component



Figuur 4.2 vervolg. Vergelijking van de *kernbedrijven* van de eerste LMB-ronde, herhaling eerste LMB-ronde en tweede LMB-ronde.

Op de x-as staan de categorieën volgens paragraaf 4.1 en per categorie is de volgorde:

- eerste LMB-ronde
- herhaling eerste LMB-ronde
- tweede LMB-ronde

Op de y-as is aangegeven:

- het 25- en 75-percentiel (= verticale lijn)
- de mediaan (= liggend streepje)
- het gemiddelde (= open rondje) van de betreffende component

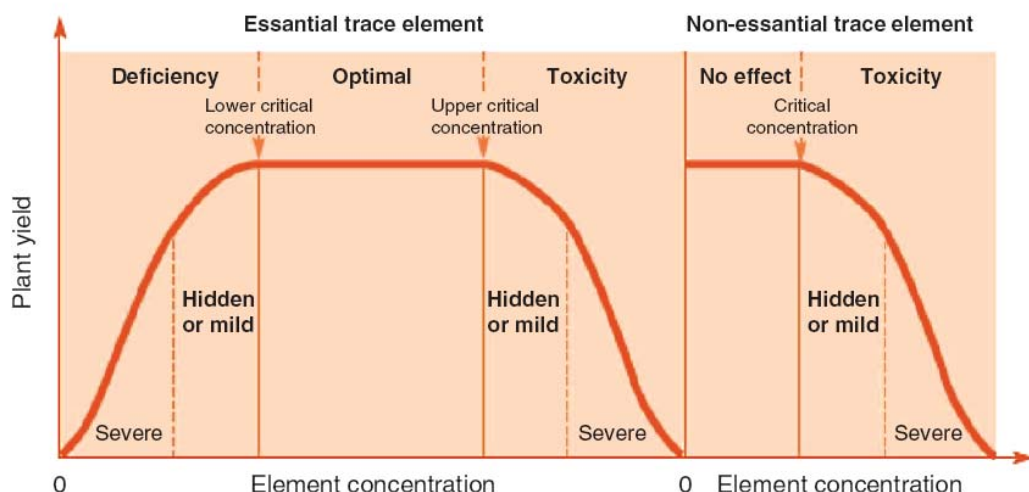
## 5 Discussie

Na een korte beschouwing over de rol van zware metalen in het milieu worden eerst de resultaten van de tweede LMB-meetronde kort besproken. Vervolgens wordt stilgestaan bij de hoeveelheid zware metalen die aan de bodem worden toegevoerd. Daarna wordt ingegaan op het effect van wisselende deelnemers aan de verschillende categorieën en op bedrijfshandelingen die invloed hebben op het gehalte aan zware metalen in de bovengrond. Als volgende onderwerp wordt de vraag behandeld of uit de vergelijking van de eerste en de tweede LMB-meetronde blijkt of er sprake is van een toename van zware metalen in de bovengrond. Er wordt afgesloten met een beschouwing over de trend in organische stofgehalten.

### 5.1 Rol van zware metalen in het milieu

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 lagere concentraties geen effect hebben op de groei en bij hogere concentraties ook toxisch worden (zie Figuur 5.1). Het niveau waarop dat optreedt kan echter per organisme verschillen. Dit kan leiden tot een situatie waarbij voor sommige soorten de tolerantie reeds wordt overschreden, terwijl voor anderen nog geen effect zichtbaar hoeft te zijn.

Een zoektocht naar essentiële zware metalen in de humane voeding leerde dat zinkdeficiëntie een actueel onderwerp is (Brown et al., 2001; Hambidge en Krebs, 2007; Maret en Sandstead, 2006). Over de rol van zware metalen zoals het nut van toevoeging van koper en zink aan diervoeders is recent een symposium gehouden (Schlegel et al., 2008). In de plantaardige productie zijn koper en zink eveneens essentiële zware metalen (Alloway, 2008).



Figuur 5.1 Opbrengst van een gewas als functie van de concentratie van een stof in de bodem.

Bron: Alloway, 2008.

Een overmaat aan zware metalen in de bodem is schadelijk voor het bodemleven en de gewassen die op deze bodem geteeld worden (Giller et al., 1999; Gupta en Gupta, 1998; Gupta et al., 2008). Omdat zware metalen die zich in de bodem bevinden door gewassen kunnen worden opgenomen, worden op deze wijze dieren en mensen blootgesteld aan zware metalen (De Vries et al., 2007). Een voorbeeld hiervan zijn de verhoogde loodgehalten in bloed bij mensen in de nabije omgeving van een loodsmelterij in Noord Frankrijk (Järup, 2003; Pruvot et al., 2006).

## 5.2 Resultaten van zware metalen in de tweede LMB-meetronde

In de tweede LMB-meetronde werden van de bodemlaag van 0 tot 10 cm de algemene bodemkenmerken en zware metalen bepaald. De resultaten zijn in paragraaf 3.4 samengevat en in Figuur 4.2 weergegeven. In Tabel 12 is per categorie aangegeven of er sprake is van een relatief hoog gehalte aan organische stof of zware metalen. Met hoog wordt hier bedoeld in vergelijking met alle waarnemingen van alle categorieën, inclusief löss. Hierbij blijkt dat bedrijven op zand en zeeklei over het algemeen lagere zware metaalgehalten hebben. Bedrijven op veen, rivierklei en löss hebben hogere zware metaalgehalten, evenals de strooisellaag in de bossen. De bodemlaag in de bossen heeft daarentegen weer veel lagere zware metaalgehalten.

Wanneer de zware metaalgehalten omgerekend worden naar de standaardbodem met 25% lutum en 10% organische stof dan blijkt dat tweemaal de streefwaarden overschreden worden en negenmaal de achtergrondwaarden (zie gearceerde cellen in Tabel 12). Omdat voor de strooisellaag van categorie 4 geen lutum analyses uitgevoerd zijn, kan voor deze categorie niet aangegeven worden of er overschrijding optreedt van de streef-/achtergrondwaarden. Op geen enkel bedrijf uit de tweede LMB-meetronde worden de interventiewaarden overschreden.

Zware metalen zijn van nature in de bodem aanwezig en worden ook door menselijk handelen toegevoerd aan de bodem (zie voor dit laatste verder in paragraaf 5.3).

Uit geochemisch onderzoek blijkt dat de nikkel- en chroomgehalten in de bodem nauwelijks beïnvloed worden door menselijk handelen. De zware metaalgehalten van rivierklei worden voor een deel verklaard door overstromingen. Verder blijkt uit geochemisch onderzoek dat veengrond die van nature een hoog organisch stofgehalte heeft, vaak een aanrijking met ondermeer cadmium, koper en kwik

Tabel 12 Categorieën met relatief hoge gemiddelde gehalten aan organische stof en zware metalen in de bodemlaag 0-10 cm, aangegeven door X. Gearceerde cellen geven overschrijding van S = streefwaarde dan wel A = achtergrondwaarde aan.

categorie	org stof	Zn	Cu	Cr	Cd	Pb	Ni	Hg
1 zand								
2 zand								
3 zand								
4a bos zand strooisel	X	X			X	X		X
4b bos zand bodem								
5 zand								
6 veen	X	X	X	X	X	X, A	X	X, A
7 zeeklei				X, A			X	
8 rivierklei		X	X	X, A	X, A	X	X, S, A	
9 zeeklei				X, A			X	
10 löss		X		X, A	X, S, A		X	

vertoont. Daarnaast speelt een rol dat het soortelijk gewicht van bodems met een hoog organisch stofgehalte lager is dan van bodems met een laag organisch stofgehalte. Bij eenzelfde toevoer van zware metalen per hectare is de belasting van de bodem met een lager soortelijk gewicht (dus hoger organisch stofgehalte) per kg bodem hoger. Dit doet zich voor op veengrond en in de strooisellaag in bossen op zand (Spijker en van Vlaardingen, 2007; Spijker et al., 2008).

### 5.3 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 Milieucompendium presenteert een getallenreeks vanaf 1980 voor de toevoer van zware metalen naar landbouwgrond. Hiervan vindt jaarlijks een update plaats. Tabel 13 geeft voor cadmium, koper en zink informatie voor een aantal jaren. 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. Recent zijn ook de koperhoudende voetbaden zoals gebruikt in veehouderijen onderzocht op belastende effecten (Boer et al., 2006). Deze aanvoerpost is nog niet meegenomen in Tabel 13.

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. 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; Schurer, 1986; EC 1334/2003, 2003; EC 2112/2003, 2003). Als gevolg hiervan daalde in de periode 1980-2007 de toevoer van cadmium van gemiddeld 6 naar 1 gram per hectare, de toevoer van koper van gemiddeld 0,61 naar 0,20 kg per hectare en de toevoer van zink daalde van gemiddeld 0,85 naar 0,43 kg per hectare (Tabel 13).

De deelnemers van de eerste LMB-meetronde namen ook deel aan het 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 zware metalenbalans kon worden berekend. Omdat er zes jaar zit tussen de eerste en de tweede LMB-meetronde en bedrijven vaak maar voor een periode van vijf jaar aan het BIN deelnemen, waren er bij de tweede LMB-meetronde veel minder bedrijven met een BIN-administratie waaruit een zware metalenbalans kon worden berekend. Voor veel bedrijven is er dus niet op bedrijfsniveau bekend hoeveel zware metalen per hectare zijn toegevoerd. 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 13 Zware metaalbalansen 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
cadmium									
bruto belasting	16	13	9	6	6	5	5	4	4
waarvan dierlijke mest	6	4	4	3	3	3	3	3	3
kunstmest	7	7	4	2	2	1	1	1	1
depositie	2	1	1	1	1	1	1	1	0
overige bronnen	1	0	0	0	0	0	0	0	0
afvoer met gewas	3	4	3	3	3	3	3	3	3
netto belasting	12	9	6	3	3	2	2	2	2
gram/ha landbouwgrond	6	4,5	3	1,5	1,5	1	1	1	1
koper									
bruto belasting	1.360	1.140	970	800	780	535	505	515	485
waarvan dierlijke mest	1.050	850	750	700	700	450	430	435	420
kunstmest	150	140	120	50	50	50	35	40	30
depositie	80	90	50	20	20	20	20	20	20
overige bronnen	80	60	50	30	10	15	20	20	15
afvoer met gewas	140	140	130	110	100	105	90	95	95
netto belasting	1.220	1.000	840	690	680	430	415	420	390
kg/ha landbouwgrond	0,61	0,50	0,42	0,35	0,34	0,22	0,21	0,21	0,20
zink									
bruto belasting	2.400	2.370	2.270	2.260	2.170	1.580	1.530	1.515	1.435
waarvan dierlijke mest	1.800	1.900	1.750	2.000	1.900	1.300	1.250	1.245	1.200
kunstmest	150	160	140	60	60	50	50	45	35
depositie	260	130	180	100	70	70	80	65	50
overige bronnen	190	180	200	100	140	160	150	160	150
afvoer met gewas	700	750	690	720	570	570	540	550	580
netto belasting	1.700	1.620	1.580	1.540	1.600	1.010	990	965	855
kg/ha landbouwgrond	0,85	0,81	0,79	0,77	0,80	0,51	0,50	0,48	0,43

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.

## 5.4 Variatie in deelnemers en bedrijfsvoering binnen een categorie

Uitgangspunt bij de opzet van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit was dat een vaste groep van deelnemende bedrijven zou worden gevolgd in de tijd, zodat een gedetailleerd beeld van veranderende bodemconcentraties kon worden geschetst. De dynamiek van de deelnemende landbouwbedrijven aan de ene kant, en de bestendigheid van de deelnemers aan de andere kant, maken het echter lastig om een constante groep deelnemers te behouden. Aspecten als ruilverkaveling, aanleg van wegen, schaalvergroting en bedrijfscontinuïteit en -opvolging werden min of meer onderschat bij de opzet van de metingen. Ook de wetgeving en het stelsel van eisen dat aan de tegenwoordige landbouw wordt gesteld, bepalen in sterke mate hoe dynamisch een bedrijf is in grondgebruik en locatie. Daarnaast speelt de gebruiksonwikkeling nog een rol. Sommige percelen werden afgestoten en aan andere gebruikers doorverkocht. In een enkel geval is het wel gelukt om de nieuwe eigenaar te achterhalen en deze tot bemonstering bereid te vinden, maar heeft het soms totaal veranderde bodemgebruik tot ongewenste afwijkingen geleid. Daarnaast is het lastig, zo niet onmogelijk, om daarna nog de

aanwending van meststoffen te herleiden tot deze percelen. In veel gevallen is daarom besloten om het in de eerste LMB-ronde bemonsterde areaal af te laten vallen in de tweede LMB-ronde. Daarentegen hebben ook nieuw verworven percelen die wél worden bemonsterd een bepaalde historie van gebruik en aanwending van bijvoorbeeld meststoffen. Dit alles heeft invloed op de gehalten in de verzamelde monsters.

Een overzicht van de aantallen deelnemers die zowel in de eerste als in de tweede LMB-meetronde hebben meegedaan is per categorie weergegeven in Tabel 11, waar deze groep is aangeduid als kerngroep. Alleen bij categorie 4 (bos op zand) was er geen sprake van locaties die bij de tweede LMB-meetronde afvielen. Uit de informatie die in het vorige hoofdstuk is gepresenteerd valt af te leiden dat het gemiddelde en de variatie weinig van elkaar verschillen tussen de kerngroep en de totale categorie. Dit betekent dat de verschuivingen van deelnemers binnen de afzonderlijke categorieën de resultaten maar in geringe mate beïnvloed hebben.

Landbouwkundig handelen kan effect hebben op de zware metaalgehalten van de bovengrond. Bijvoorbeeld door diepploegen wordt de rijkere bovenlaag gemengd met de armere ondergrond. Een maat hiervoor is een verandering in organische stofgehalte van de bovengrond. De informatie in hoofdstuk 4 laat zien dat de verschillen in organische stofgehalte tussen beide LMB-meettrondes vrij gering zijn. Er lijkt dus in de tweede LMB-meetronde geen sprake te zijn van verdunning van zware metalen door diepploegen.

## 5.5 Verandering van zware metaalgehalten in de bodem

In hoofdstuk 4 zijn data van de eerste en tweede LMB-meetronde gepresenteerd. Voor elk van de zeven zware metalen is tevens per categorie het verloop tussen de eerste en de tweede LMB-meetronde grafisch weergegeven (zie Figuur 4.2). In enkele gevallen is er sprake van een toename, soms is er geen verschil en in enkele gevallen lijkt er een afname te zijn van het gehalte van een zwaar metaal. De verschillen zijn echter gering en worden overschaduwed door de grote variatie.

In paragraaf 5.3 is aangegeven dat er nog steeds een netto toevoer van zware metalen naar de landbouwbodem optreedt. De vraag doet zich nu voor of deze stijging zichtbaar zou moeten zijn als we de tweede LMB-meetronde vergelijken met de eerste LMB-meetronde. In de rapportages van de eerste LMB-meetronde is uitvoerig ingegaan op de minimale herhalingstermijn om een statistisch betrouwbaar verschil te detecteren. De minimale herhalingstermijn was ongeveer vier jaar, maar vaak ook veel langer (De Kwaadsteniet, 1987). Wetgeving heeft gezorgd voor een lagere toevoer van zware metalen naar de landbouwbodem, waardoor de herhalingstermijnen verlengd zijn. Een zichtbaar verschil tussen beide LMB-meettrondes is dus ook niet logisch. Met andere woorden: de bodemvoorraad aan zware metalen is zo hoog dat de toevoer die plaatsvindt tussen twee opeenvolgende LMB-meettronden eigenlijk niet te detecteren is. Het lijkt daarom voor de hand te liggen de bemonsteringsfrequentie te verlagen of de meetnauwkeurigheid te verhogen. Dit dient overigens wel afgestemd te worden met gerelateerde activiteiten zoals rapportages in verband met EU richtlijnen en met andere meetnetten zoals het meetprogramma BoBI, Bodembioologische Indicator (Spijker et al., 2009).

Onderzoek in Zwitserland toont aan dat de zware metaalgehalten in de bodem geen lineair verloop laten zien. Een daling in de eerste jaren kan over een langere meetperiode omslaan in een stijgende trend over een lange periode. Hun aanbeveling is dat bodemmonitoring een zaak van lange adem is en dat conclusies uit korte meetperioden kortetermijnconclusies kunnen zijn (Desaules et al., 2008).



Ten slotte is in hoofdstuk 4 eveneens informatie gegeven over de resultaten van de herhalingsanalyses van de bewaarde monsters van de eerste LMB-ronde. Deze zijn gelijktijdig geanalyseerd met de monsters van de tweede LMB-ronde. Het gepresenteerde materiaal laat zien dat de verschillen in gemiddelde gehalten per categorie gering zijn, zeker als gekeken wordt naar de variatie (zie Figuur 4.2). De originele monsters en de herhalingsanalyses zijn uitgevoerd door hetzelfde laboratorium. Hierbij moet wel vermeld worden dat het laboratorium in de tussentijd van locatie veranderd is. Analyseprotocollen zijn echter niet veranderd en het originele monster is in gedroogde toestand bewaard. Een vraag die opkomt is welke effecten de bewaarperiode van zes jaar of langer heeft gehad op het gedrag van zware metalen in het bodemcomplex (Spijker et al., 2009).

## 5.6 Verandering van organische stofgehalten in de bodem

De totale hoeveelheid organisch gebonden koolstof in de bodem van de EU 27-lidstaten bedraagt 75 miljard ton, waarvan ongeveer 1% zich in de Nederlandse bodem bevindt. Wereldwijd stijgt het gehalte aan organisch gebonden koolstof in grasland en bossen en daalt het in akkerbouwgebieden (ClimSoil, 2008).

Recent zijn in Nederland twee publicaties verschenen over de trend in de Nederlandse bodem. De eerste had betrekking op zandgronden in de provincies Drenthe, Overijssel, Gelderland en Noord-Brabant. Circa 15.500 percelen grasland en snijmaïs werden in de periode tussen 1985 en 2004 vier tot vijf maal bemonsterd. De studie liet zien dat de mediaan van het organische stofgehalte op grasland een licht stijgende tendens vertoonde en dat de mediaan van het organische stofgehalte op snijmaïspercelen een licht dalende tendens te zien gaf (Hanegraaf et al., 2009). De tweede studie ging uit van alle grondsoorten in de provincies Groningen, Friesland, Drenthe, Flevoland, Zuid-Holland, Zeeland, Noord-Brabant en Limburg, en maakte gebruik van circa 2.000.000 analysedata van landbouwpercelen over de periode 1984 tot 2004. De gemiddelde organische stofgehalten bedroegen voor grasland, akkerbouwland en snijmaïspercelen respectievelijk 43, 20 en 23 gram/kg. Voor alle drie typen grondgebruik bleek over de totale periode een zeer lichte stijging op te treden (Reijneveld et al., 2009). De bevindingen van de eerste en tweede meetronde van het LMB zoals gepresenteerd in Figuur 4.1 en 4.2 laten zien dat er in deze relatief korte meetperiode van zes jaar geen significant verschil optreedt in organisch stofgehalte in de bodem.

Voor België en het Verenigd Koninkrijk zijn ook trendstudies beschikbaar. In België werd over een langere periode een daling van de hoeveelheid organisch gebonden koolstof per hectare waargenomen op akkerbouwpercelen en een stijging hiervan op graslandpercelen. Als mogelijke oorzaken werden genoemd: minder aanvoer van dierlijke mest en een toename van de ploegdiepte (Goidts en van Wesemael, 2007; Meersmans et al., 2009; Sleutel et al., 2006; Van Wesemael et al., 2004).

In het Verenigd Koninkrijk bleek voor alle bodems over een lange periode gerekend ook een daling van de hoeveelheid organisch gebonden koolstof per hectare op te treden (Bellamy et al., 2005). Een andere studie over de periode 1940 tot 2000 liet zien dat de daling op akkerbouwland nu tot stilstand was gekomen. Als verklaring werd ondermeer genoemd een lagere frequentie van grondbewerking (King et al., 2005).

Voor Duitsland en Frankrijk zijn alleen actuele data beschikbaar over organisch gebonden koolstof (Arrouays et al., 2001; Düwel et al., 2007; Prechtel et al., 2009).

## 6 Conclusies

Uit deze studie kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

In de tweede LMB-meetronde werd alleen de bodemlaag van 0 tot 10 cm bemonsterd. In vergelijking met alle waarnemingen van alle categorieën, inclusief löss, blijken bedrijven op zand en zeeklei over het algemeen lagere zware metaalgehalten te hebben. Bedrijven op veen, rivierklei en löss hebben hogere zware metaalgehalten, evenals de strooisellaag in de bossen. De zandlaag direct onder de strooisellaag in de bossen heeft daarentegen weer veel lagere zware metaalgehalten. Voor enkele categorieën worden de streef- en achtergrondwaarden voor enkele zware metalen overschreden. Op geen enkel bedrijf vindt overschrijding van de interventiewaarden plaats (zie Tabel 12).

Uit balansberekeningen blijkt dat er op nationaal niveau voor cadmium, koper en zink nog steeds sprake is van een netto toevoer van deze zware metalen naar landbouwgrond. De nationale toevoer via dierlijke mest, kunstmest, depositie en overige bronnen is hiertoe verminderd met de afvoer via de geteelde gewassen, inclusief graslandproducten. Mestregelgeving heeft geleid tot beperking van de hoeveelheden dierlijke mest en kunstmest per hectare. Regelgeving voor cadmium, koper en zink heeft geleid tot lagere gehalten in veevoer (en daardoor ook in dierlijke mest) en kunstmest (zie Tabel 13).

Het effect van vervanging van deelnemende bedrijven bij de afzonderlijke categorieën is bij beide LMB-meetronden relatief beperkt. Dit blijkt uit de geringe verschillen tussen de gemiddelde waarden van de zogenaamde kerngroep, aanwezig bij beide LMB-meetronden, en de groep van alle bedrijven die per categorie deelnamen (zie Figuur 4.1). Het gaat hierbij vaak om twee tot drie deelnemers uit de categorie van de eerste LMB-ronde die niet participeren in de tweede meetronde en die in de tweede LMB-meetronde vervangen zijn door nieuwe bedrijven die voldoen aan de specificaties van de betreffende categorie (zie Tabel 11).

Er is geen significant verschil tussen de resultaten voor de zware metalen tussen de eerste en de tweede LMB-meetronde. Dit wordt veroorzaakt door de grote variatie rondom de gemiddelde waarden voor de zware metalen (zie Figuur 4.2). Voor veel zware metalen gold al een lange herhalingstermijn om een significant effect aan te tonen. Deze termijnen zijn door een geringere toevoer van zware metalen naar de bodem nog eens verlengd. Het lijkt daarom voor de hand te liggen de bemonsteringsfrequentie te verlagen of de meetnetnauwkeurigheid te verhogen. Dit dient overigens wel afgestemd te worden met gerelateerde activiteiten zoals rapportages in verband met EU richtlijnen en met andere meetnetten zoals het meetprogramma BoBI, Bodembioologische Indicator.

Dit rapport laat zien dat de resultaten van de eerste LMB-meetronde, de herhaling hiervan en de tweede LMB-meetronde in dezelfde orde van grootte liggen (zie Figuur 4.2). Conform de aanbevelingen van de eerste LMB-meetronde is gelijktijdig met de tweede LMB-meetronde een heranalyse van de bewaarde monsters uit de eerste LMB-meetronde uitgevoerd om eventuele effecten van voortschrijdend inzicht in chemische bepalingmethoden uit te sluiten. Omdat het LMB een steeds grotere tijdsperiode gaat omvatten verdient het aanbeveling over het fenomeen heranalyse nader onderzoek te doen en hierbij ook aandacht te schenken aan effecten van een bewaarperiode van zes jaar of langer op het gedrag van zware metalen in het bodemcomplex.



## Literatuur

Alloway, B.J. (Editor), 2008. Micronutrient deficiencies in global crop production. ISBN 978-1-4020-6859. Springer Science + Business Media, B.V.

Arrouays, D., W. Deslais, V. Bateau, 2001. The carbon content of topsoil and its geographical distribution in France. *Soil Use and Management* 17, 7-11

Bellamy, P.H., P.J. Loveland, R.I. Bradley, R.M. Lark, G.J.D. Kirk, 2005. Carbon losses from all soils across England and Wales 1978-2003. *Nature* 937, 245 - 248

Boer, M., A. Kool, F. van der Schans, 2006. Gebruik van kopersulfaat in voetbaden. De overschotten lopen uit de klauwen. CLM-rapport 627. Centrum voor Landbouw en Milieu, Onderzoek en Advies BV, Culemborg.

Bronswijk, J.J.B., M.S.M. Groot, P.J.M. Fest, T.C. van Leeuwen, 2003. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, resultaten eerste meetronde, 1993-1997. RIVM-rapport 714801031

Brown, K.H., S.E. Wuehler, J.M. Peerson, 2001. The importance of zinc in human nutrition and estimation of the global prevalence of zinc deficiency. *Food and Nutrition Bulletin* 22, 113-125

CBS, 2007. Statline, Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg. [www.cbs.nl/infoservice](http://www.cbs.nl/infoservice)

ClimSoil, 2008. Review of existing information on the interrelations between soil and climate change. Contract number 070307/2007/486157/SER/B1. Available via [http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/climsoil\\_report\\_dec\\_2008.pdf](http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/climsoil_report_dec_2008.pdf)

De Goffau, A., E.J.W. Wattel-Koekkoek, K.W. van der Hoek, L.J.M. Boumans, 2009. Evaluatie TrendMeetnet Verzuring. RIVM-rapport 680721004

De Kwaadsteniet, J.W., 1987. Strategies for soil sampling from a statistical point of view. In: W. van Duijvenbouden and H.G. van Waegeningh (Eds). 1987. Vulnerability of soil and groundwater to pollutants. Proceedings and Information No. 38. TNO Committee on Hydrological Research, Den Haag

De Vries, W., P.F.A.M. Römkens, G. Schütze, 2007. Critical soil concentrations of cadmium, lead, and mercury in view of health effects on humans and animals. *Rev Environ Contam Toxicol* 191, 91-130

Delahaye, R., P.K.N. Fong, M.M. van Eerd, K.W. van der Hoek, C.S.M. Olsthoorn, 2003. Emissies van zeven zware metalen naar landbouwgrond, Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg/Heerlen + Bijlage.

Desaules, A., S. Ammann, P. Schwab, 2008. Advances in long-term chemical soil monitoring of Switzerland. EUROSOIL, 25-29 August 2008, Vienna, Austria

Düwel, O., C. S. Siebner, J. Utermann, F. Krone, 2007. Gehalte organischer Substanz in Oberböden Deutschlands: Länderübergreifende Auswertungen von Punktinformationen im FISBo BGR. URL: <http://www.geozentrum->

[hannover.de/cIn\\_006/nn\\_333592/DE/Themen/Boden/Produkte/Schriften/Downloads/Humusgehalte\\_Bericht,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Humusgehalte\\_Bericht.pdf](http://hannover.de/cIn_006/nn_333592/DE/Themen/Boden/Produkte/Schriften/Downloads/Humusgehalte_Bericht,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Humusgehalte_Bericht.pdf), p. 61

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.

Giller, K.E., E. Witter, S.P. McGrath, 1999. Assessing risks of heavy metal toxicity in agricultural soils: Do microbes matter? *Human and Ecological Risk Assessment* 5, 683-689

Goidts, E., B. van Wesemael, 2007. Regional assessment of soil organic carbon changes under agriculture in Southern Belgium (1955–2005). *Geoderma* 141, 341-354

Groot, M.S.M., J.J.B. Bronswijk, W.J. Willems, T. de Haan, P. del Castilho, 1996. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Resultaten 1993. RIVM-rapport 714801007

Groot, M.S.M., J.J.B. Bronswijk, W.J. Willems, T. de Haan, P. del Castilho, 1997. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Resultaten 1994. RIVM-rapport 714801017

Groot, M.S.M., J.J.B. Bronswijk, W.J. Willems, T. de Haan, P. del Castilho, 1998. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Resultaten 1995. RIVM-rapport 714801024

Groot, M.S.M., J.J.B. Bronswijk, T.C. van Leeuwen, 2000. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Resultaten 1996. RIVM-rapport 714801026

Groot, M.S.M., J.J.B. Bronswijk, T.C. van Leeuwen, 2003. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Resultaten 1997. RIVM-rapport 714801029

Gupta, U.C., S.C. Gupta, 1998. Trace element toxicity relationships to crop production and livestock and human health: implications for management. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 29 (11-14), 1491-1522

Gupta, U.C., K. Wu, S. Liang, 2008. Micronutrients in soils, crops and livestock. *Earth Science Frontiers* 15 (5), 110-126.

Hambidge, K. M., N.F. Krebs, 2007. Zinc deficiency: a special challenge. *The Journal of Nutrition* 137, 1101-1105

Hanegraaf, M. C., E. Hoffland, P. J. Kuikman, L. Brussaard, 2009. Trends in soil organic matter contents in Dutch grasslands and maize fields on sandy soils. *European Journal of Soil Science* 60, 213-222

- Järup, L., 2003. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin* 68, 167–182
- King, J.A., R.I. Bradley, R. Harrison, 2005. Current trends of soil organic carbon in English arable soils. *Soil Use and Management* 21, 189-195
- Lamé, F. P. J., D. J. Brus, R. H. Nieuwenhuis, 2004. Achtergrondwaarden 2000. Hoofdrapport fase 1, TNO, NITG 04-242-A.
- Maret, W., H.H. Sandstead, 2006. Zinc requirements and the risks and benefits of zinc supplementation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 20, 3-18
- Meersmans, J., B. van Wesemael, F. de Ridder, M. Fallas Dotti, S. de Baets, M. van Molle, 2009. Changes in organic carbon distribution with depth in agricultural soils in northern Belgium, 1960-2006. *Global Change Biology* 15, 2739–2750
- Milieu- en Natuurcompendium, 2008. Emissies naar de bodem 1990-2006. MNP, Bilthoven. [www.milieuennatuurcompendium.nl](http://www.milieuennatuurcompendium.nl)
- Prechtel, A., M. von Lützw, B.U. Schneider, O. Bens, C.G. Bannick, I. Kögel-Knabner, R.F. Hüttl, 2009. Organic carbon in soils of Germany: Status quo and the need for new data to evaluate potentials and trends of soil carbon sequestration. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 172, 601-614
- Pruvot, C., F. Douay, F. Hervé, C. Waterlot, 2006. Heavy metals in soil, crops and grass as a source of human exposure in the former mining areas. *J Soils Sediments* 6, 215-220
- Reijneveld, A., J. van Wensem, O. Oenema, 2009. Soil organic carbon contents of agricultural land in the Netherlands between 1984 and 2004. *Geoderma* 152, 231-238
- Rutgers, M., C. Mulder, A.J. Schouten, J. Bloem, J.J. Bogte, A.M. Breure, L. Brussaard, R.G.M. de Goede, J.H. Faber, G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, H. Keidel, G.W. Korthals, F.W. Smeding, C. ter Berg, N. van Eekeren, 2007. Typering van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit. RIVM, Alterra Wageningen, Wageningen Universiteit, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving Wageningen, Louis Bolk Instituut. RIVM-rapport 607604008
- Rutgers, M., A. J. Schouten, J. Bloem, N. van Eekeren, R.G.M. de Goede, G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, A. van der Wal, C. Mulder, L. Brussaard, A.M. Breure, 2009. Biological measurements in a nationwide soil monitoring network. *European Journal of Soil Science* 60, 820-832
- Schlegel, P., S. Durosoy, A.W. Jongbloed (Eds.), 2008. Trace elements in animal production systems. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.
- Schouten, A.J., J. Bloem, W. Didden, G. Jagers op Akkerhuis, H. Keidel, M. Rutgers, 2002. Bodembioologische Indicator 1999. Ecologische kwaliteit van graslanden op zandgrond bij drie categorieën melkveehouderijbedrijven. RIVM-rapport 607604003
- Schumer, D.L., 1986. Regeling verlaagde kopergehalten in mestvarkensvoerders en gemedicineerde diervoeders treedt 1 juli 1986 in werking. *Tijdschrift voor Diergeneeskunde* 111, 648-649

- Sleutel, S., S. de Neve, B. Singier, G. Hofman, 2006. Organic C levels in intensively managed arable soils – long-term regional trends and characterization of fractions. *Soil Use and Management* 22, 188-196
- Spijker, J., P.L.A. van Vlaardingen, 2007. Implicaties van voorgestelde bodemnormwaarden uit ‘Achtergrondwaarden 2000’ in relatie tot risico’s. RIVM-rapport 711701052
- Spijker, J., P.L.A. van Vlaardingen, G. Mol, 2008. Achtergrondconcentraties en relatie met bodemtype in de Nederlandse bodem. RIVM-rapport 711701074
- Spijker, J., A.J. Schouten, K.W. van der Hoek, E.J.W. Wattel-Koekkoek, 2009. Evaluatie van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. RIVM-rapport 680718002
- Van Duijvenbouden, W., P. Lagas, 1993. Een landelijk meetnet voor de bodemkwaliteit. *Bodem*, jaargang 3, nummer 3, blz. 65-69
- Van Duijvenbouden, W., W. van Driel, W.J. Willems, 1995. Resultaten van een onderzoek naar de mogelijke opzet van een Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Coördinatiecommissie voor Metingen in het Milieu (CCRX).
- Van Wesemael, B., S. Lettens, C. Roelandt, J. Van Orshoven, 2004. Changes in soil carbon stocks from 1960 to 2000 in the main Belgian cropland areas. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 8, 133-139
- VROM, 1991. Notitie Milieukwaliteitsdoelstellingen Bodem en Water. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu. VROM 91060/2-91
- VROM, 2000. Circulaire Streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering. *Staatscourant* 24 februari 2000, nr. 39, pag. 8
- VROM, 2001. Een wereld en een wil, werken aan duurzaamheid. Nationaal Milieubeleidsplan 4. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu. VROM NMP2001 047 767
- VROM en VW, 2007. Regeling Bodemkwaliteit. *Staatscourant* 20 december 2007, nr 247, pag 67. alsmede een kleine procedurele wijziging hierin, gepubliceerd in de *Staatscourant* 23 december 2008, nr 249.
- VROM, 2009. Circulaire Bodemsanering 2009. *Staatscourant* 7 april 2009, nr 67.

## **Bijlage I Bemonsterde categorieën met inperkingen**



<b>categorie</b>	<b>neg-hoofdtype</b>	<b>neg-type</b>	<b>LMM-gebied</b>	<b>inperkingen</b>
'extensieve' en 'intensieve' melkveehouderij op zand	graasdierbedrijven (type 4) veeteeltcombinaties (type 7)	alle, uitgezonderd vleeskalverbedrijven (type 4380)	noordelijk zandgebied oostelijk zandgebied centraal zandgebied zuidelijk zandgebied veenkoloniën	minimaal 10 ha cultuurgrond maximaal 10% bouwland (snijmais niet meegeteld) geen varkens of pluimvee aanwezig
veehouderij met hokdierentak op zand	graasdierbedrijven (type 4) veeteeltcombinaties (type 7)	alle, uitgezonderd vleeskalverbedrijven (type 4380)	noordelijk zandgebied oostelijk zandgebied centraal zandgebied zuidelijk zandgebied veenkoloniën	minimaal 10 ha cultuurgrond maximaal 10% bouwland (snijmais niet meegeteld) varkens en/of pluimvee aanwezig mestproductie van ten minste 225 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per hectare
bos op zand	naald- en loofbos*			
akkerbouw op zand	akkerbouwbedrijven (type 1)	alle	noordelijk zandgebied veenkoloniën	minimaal 10 ha cultuurgrond
melkveehouderij op veen	graasdierbedrijven (type 4)	sterk gespec. melkveebedr. (type 4110) gespecialiseerde melkveebedr. (4120) andere melkveebedrijven (type 4370)	noordelijk veenweidegebied westelijk veenweidegebied	minimaal 10 ha cultuurgrond
akkerbouw op zeeklei	akkerbouwbedrijven (type 1)	alle	noordelijk zeekleigebied centraal kleigebied (d.w.z. Noord-Hollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders) zuidwestelijk zeekleigebied	minimaal 10 ha cultuurgrond
melkveehouderij op rivierklei	graasdierbedrijven (type 4)	sterk gespec. melkveebedr. (type 4110) gespecialiseerde melkveebedr. (4120) andere melkveebedrijven (type 4370)	rivierkleigebied	hoofdgrondsoort is rivierklei minimaal 10 ha cultuurgrond
melkveehouderij op zeeklei	graasdierbedrijven (type 4)	sterk gespec. melkveebedr. (4110) gespecialiseerde melkveebedr. (4210) overige melkveebedrijven (4370)	noordelijk zeekleigebied centraal kleigebied zuidwestelijk zeekleigebied	minimaal 10 ha cultuurgrond
diversen op löss	graasdierbedrijven (type 4) akkerbouwbedrijven (type 1)		Zuid-Limburg	minimaal 10 ha cultuurgrond

\* Geen neg-(hoofd-)type

## Bijlage II Verdeling bemonsterde locaties over Nederlandse provincies en LMM-gebieden

### Aantal bemonsterde locaties per provincie

provincie	aantal locaties	aandeel locaties per provincie (in %)
Groningen	16	8,0
Friesland	19	9,5
Drenthe	25	12,6
Overijssel	21	10,6
Gelderland	32	16,1
Flevoland	4	2,0
Utrecht	7	3,5
Noord-Holland	9	4,5
Zuid-Holland	8	4,0
Zeeland	12	6,0
Noord-Brabant	22	11,1
Limburg	24	12,1
Totaal	199	100,0

### Aantal bemonsterde locaties per LMM-gebied

LMM-hoofdgrondsoortgebied	aantal locaties	locaties per LMM-gebied (%)
1 Noordelijk Zeekleigebied	16	8,0
2 Noordelijk Veenweidegebied	9	4,5
3 Droogmakerijen en IJsselmeerpolders	12	6,0
4 Westelijk Veenweidegebied	9	4,5
5 Zuidwestelijk Zeekleigebied	13	6,5
6 Noordelijk Zandgebied I	4	2,0
7 Veenkoloniën	19	9,5
8 Noordelijk Zandgebied II	18	9,0
9 Oostelijk Zandgebied	29	14,6
10 Centraal Zandgebied	9	4,5
11 Rivierkleigebied	17	8,5
12 Zuidelijk Zandgebied	24	12,1
13 Zuid-Limburg	20	10,1
Totaal	199	100,0



Gebiedsindeling LMM 2008, volgorde zoals in tabel op voorgaande pagina.

## Bijlage III Analysemethoden

### **Analysemethoden bodem**

#### **Analyse van fysische bodemparameters**

De mengmonsters zijn door het toenmalige Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO) te Haren (vanaf 2000 onderdeel van Alterra te Wageningen) onderzocht op de fysische bodemparameters pH (zuurgraad), organische stof, lutum (deeltjes kleiner dan 2  $\mu\text{m}$ ) en CEC (kationenuitwisselcapaciteit).

#### *Voorbehandeling*

De monsters zijn eerst voorbehandeld, dat wil zeggen gedroogd bij een temperatuur van maximaal 40 °C (luchtdroog) en vervolgens gezeefd over een 3 mm-zeef, om de grindfractie af te scheiden.

#### *Zuurgraad*

De pH (zuurgraad) van de grond is bepaald in een suspensie van het luchtdroge monster met demiwater (pH-H<sub>2</sub>O) en kaliumchloride-oplossing 1 M (pH-KCl). De verhouding grond : oplossing is 1:5.

#### *Lutumgehalte (deeltjes < 2 $\mu\text{m}$ )*

Bij het bepalen van de lutumfractie (kleidelen < 2  $\mu\text{m}$ ) wordt gebruikgemaakt van het verschil in bezinkingsnelheid van deeltjes (Wet van Stokes). De fractie organische stof wordt verwijderd door voorbehandeling met waterstofperoxide; hierna wordt een overmaat zoutzuur toegevoegd om het aanwezige carbonaat te verwijderen. Het monster wordt na deze voorbewerking samen met een peptisatiemiddel in een slibcilinder overgebracht, waarna de lutumfractie wordt bepaald door op vaststaande tijden en diepten een exacte hoeveelheid suspensie uit de cilinder te pipetteren en in te dampen. Het lutumgehalte is vooral van belang voor het bepalen van de streefwaarden van zware metalen. Hierbij is echter ook het humusgehalte (organische stof) nodig.

#### *Organische stofgehalte*

Het gehalte aan organische stof is bepaald door het monster te koken met een bichromaat/zwavelzuurmengsel. Hierna wordt de overmaat bichromaat teruggetitreerd met Mohr's zout. Het humusgehalte is ook nodig bij het vaststellen van de streefwaarden van organische verbindingen, zoals PAK en organochloorbestrijdingsmiddelen.

#### *Kationenuitwisselcapaciteit*

De kationenuitwisselcapaciteit (CEC) is bepaald door het monster eerst te schudden met BaCl<sub>2</sub>. Vervolgens wordt een bekende overmaat MgSO<sub>4</sub> toegevoegd. De overmaat magnesium wordt gemeten met AAS-vlamtechniek; het verschil tussen toegevoegd en gevonden magnesium is een maat voor de CEC.

#### **Analyse van (zware) metalen, fosfor, P-AL en Pw**

Het toenmalige Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO, tegenwoordig opgegaan in Alterra) heeft naast de fysisch-chemische bodemkenmerken de analyse van de zware metalen koper, lood, cadmium, zink, nikkel, chroom en kwik uitgevoerd. Tevens zijn de monsters onderzocht op gehalten aan ijzer, mangaan, Pw, P-AL en P-totaal.

#### *Analyse van zink, koper, ijzer, chroom, nikkel, mangaan en fosfor*

De elementen zink, koper, ijzer, chroom, nikkel, mangaan en fosfor zijn ontsloten door destructie met Fleischmannzuur (1:1) en perchloorzuur. Het gehalte is bepaald met FAAS, behalve fosfor. Het gehalte aan fosfor is colorimetrisch bepaald volgens Murphy en Riley.

#### *Analyse van cadmium en lood*

De elementen cadmium en lood zijn ontsloten door afroken met salpeterzuur, daarna opgenomen in zoutzuur en water. IJzer is verwijderd met pentaandion en chloroform. Vervolgens is de oplossing geconcentreerd met behulp van NaDDC in methyl-isobutylketon. Het gehalte is bepaald met FAAS.

#### *Analyse van kwik*

Het element kwik wordt door oxidatie met een verzadigde kaliumperoxidesulfaatoplossing in Fleischmannzuur ontsloten, waarbij kwik in ionogene vorm wordt gebracht. Na reductie tot metallisch kwik met  $\text{SnCl}_2$  wordt de kwikdamp met een carriergas (stikstof) naar een kwarts cuvet gevoerd. Daarin wordt de atomaire absorptie gemeten bij 253,6 nm (koude dampmethode).

#### *Analyse van P-Al*

Aan 2,5 g grond wordt 50 ml van een bufferoplossing bestaande uit 0,1 M ammoniumlactaat en 0,4 M azijnzuur toegevoegd. Bij kamertemperatuur wordt vier uren geëxtraheerd. Na filtratie wordt het fosfaat colorimetrisch gemeten en het resultaat wordt uitgedrukt in mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  per 100 g luchtdroge grond.

#### *Analyse van Pw*

Aan 1,2 ml grond wordt 2 ml demiwater toegevoegd en gedurende 22 uur bij kamertemperatuur voorbevochtigd. Daarna wordt 70 ml demiwater toegevoegd en gedurende één uur krachtig geschud. Na filtratie wordt het fosfaat colorimetrisch gemeten en het resultaat wordt uitgedrukt in mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  per liter luchtdroge grond.

#### **Analyse van organische verbindingen**

De analyse van de organische verbindingen in de grondmonsters is uitgevoerd door het toenmalige Laboratorium voor Analytische Chemie (LAC) van het RIVM. In de tweede meetronde is dit alleen voor de categorie 2003-2 (landbouw op löss) bepaald.

#### *Monsteropwerking voor PAK*

De monsters zandgrond zijn eerst gehomogeniseerd, voordat er afgewogen is. De veenmonsters zijn vooraf gemalen met vloeibaar stikstof in een groentesnijmachine, zodat veenresten en dergelijke goed fijn gemaakt zijn en een homogeen monster verkregen wordt. De grondmonsters worden geëxtraheerd met aceton, waarbij van de zandmonsters telkens 10 gram monster en van de veenmonsters telkens 5 gram in bewerking wordt genomen.

#### *Analyse van PAK*

Na extractie worden de extracten gezuiverd en geanalyseerd met behulp van een online SPE-HPCL-systeem (SPE staat voor solid phase extraction). De PAK worden gedetecteerd door middel van fluorescentie, waarbij acenaftyleen niet detecteerbaar is. Aan alle monsters wordt vóór extractie een intern standaardmengsel van 6-methylchryseen en D12-benzo(k)fluorantheen toegevoegd.

#### *Monsteropwerking voor organochloorbestrijdingsmiddelen*

De opwerking van de monsters voor de analyse van organochloorbestrijdingsmiddelen vindt plaats door een extractie met behulp van een microwave. Een hoeveelheid monster met hexaan wordt in een afgesloten vat in een microwave geplaatst en verwarmd. Na afkoelen wordt een gedeelte van het extract ingedampt tot 5 ml.

#### *Analyse van organochloorbestrijdingsmiddelen*

De gehalten aan organochloorbestrijdingsmiddelen in het extract wordt bepaald met behulp van een gaschromatograaf uitgerust met een tweekolomssysteem. Na injectie van het extract worden de componenten in het injectiesysteem verdeeld over twee scheidingskolommen, elk voorzien van een EC-detector en een dataverwerkingssysteem. Door hun verschillende polariteit hebben de kolommen elk een verschillend scheidingspatroon. Voor het dataverwerkingssysteem is een macro geschreven dat een component als aanwezig herkent wanneer de betreffende retentietijd op beide kolommen gevonden is. Hierdoor wordt de selectiviteit vergroot, waardoor het optreden van vals-positieve waarden vermindert. Tevens wordt van elke monsterplaats één van de vier monsters onderzocht met behulp van GC-MS (positieve chemische ionisatie en elektron impact) voor bevestiging van de met de GC gevonden organochloorbestrijdingsmiddelen (MS-controle).

#### *Monsteropwerking atrazines*

De opwerking van de veenmonsters voor de analyse van triazines is uitgevoerd middels een extractie met behulp van een microwave. Een hoeveelheid van een monster met oplosmiddel wordt in een afgesloten vat in een microwave geplaatst en verwarmd. Na afkoelen wordt een gedeelte van het extract drooggedampt en opgelost in dichloormethaan. Deze oplossing wordt gezuiverd met behulp van een chromatografie over een SPE-kolommetje gevuld met silica. Voor de extractie van de zandmonsters is geen gebruik meer gemaakt van een microwave, maar is teruggegaan naar de schudextractie met waterige acetonitril.

#### *Analyse van triazine*

De gehalten aan triazines in de extracten worden bepaald met behulp van een gaschromatograaf voorzien van een NP-detector. Tevens wordt de monsterplaats van minimaal één van de vier monsters onderzocht met behulp van de GC-MS voor bevestiging van de met GC gevonden triazines (MS-controle).

### **Analysemethoden grondwater**

In de tweede LMB-meetronde moest ook het grondwater van categorie 2003-2 (landbouw op löss) bemonsterd en geanalyseerd worden. Door de lage grondwaterstanden kon bij deze categorie de gebruikelijke open boorgatmethode niet gebruikt worden en zijn er dus geen monsters genomen.



## Bijlage IVa Bepalingsgrenzen van zware metalen in bodem

Bepalingsgrenzen van zware metalen in mg.kg<sup>-1</sup>

Metaal	1999	2000	2001	2002	2003
Zn	1,0	1,4	1,4	1,4	1,4
Cu	2,0	1,4	1,4	1,4	1,4
Cr	3,0	4,3	4,3	4,3	4,3
Cd	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08
Pb	1,0	0,7	0,7	0,7	0,7
Ni	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Hg	0,010	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019

Bepalingsgrenzen van PAK en organochloorbestrijdingsmiddelen in µg.kg<sup>-1</sup>

PAK	RIVM	TNO-NITG	OCB	RIVM	TNO-NITG
PHE	2,0	1,0	α-HCH	0,5	0,5
ANT	2,0	1,0	β-HCH	0,5	0,5
FLT	2,0	1,0	γ-HCH	0,5	0,5
BaA	2,0	1,0	δ-HCH	0,5	0,5
CHR	2,0	1,0	HCB	0,5	0,5
BkF	2,0	1,0	Hepta	0,5	0,5
BaP	2,0	1,0	Aldrin	0,5	0,5
BPE	2,0	1,0	β-hepo	0,5	0,5
IPY	2,0	1,0	α-endo	0,5	0,5
NPH	2,0	10,0	dieldrin	0,5	0,5
ACE	2,0	1,0	ppDDE	0,5	0,5
FLU	2,0	1,0	endrin	0,5	0,5
PYR	2,0	1,0	β-endo	0,5	0,5
BbF	2,0	1,0	ppTDE	0,5	0,5
DBA	2,0	1,0	opDDT	0,5	0,5
			ppDDT	0,5	0,5
			Simazin	2,0	0,5
			Atrazin	2,0	0,5





## Bijlage IVb Percentages gehalten onder de bepalingsgrens per categorie voor 0–10 en 30-50 cm

Categorie	1999-1	1999-2	2000-1	2000-2*	2001-1	2001-2	2002-1	2002-2	2003-1	2003-2	2003-2
Aantal bedrijven	20	20	20	20	20	19	20	20	20	20	20
bodemlaag	0-10 cm										30-50 cm
Zn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cd	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0
Pb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni	95	90	40	90	90	10	0	0	0	0	0
Hg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PHE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
ANT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
FLT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
BaA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
CHR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
BkF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
BaP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
BPE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
IPY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
NPH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	75
ACE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
PYR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
BbF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
DBA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
α-HCH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
β-HCH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85	100
γ-HCH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90
δ-HCH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90	100
HCB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	55
Hepta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95	100
Aldrin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
β-hepo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
α-endo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85
Dieldrin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95	90
ppDDE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	40
Endrin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
β-endo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95	100
ppTDE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65	100
opDDT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90	90
ppDDT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	50
Simazin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	95
Atrazin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	85

\* dit is de zandlaag onder bos



## Bijlage V Categoriegemiddelden bodem absoluut

	'extensieve' melkveehouderij		'intensieve' melkveehouderij		veehouderij met intensieve tak		bos op zand
	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm
fysische parameters							
org. stof (%)	8,73 (2,84)	-	5,09 (1,55)	-	5,68 (1,26)	-	5,66 (2,71)
<2 µm (%)	2,70 (1,03)	-	2,70 (1,17)	-	3,50 (1,05)	-	2,75 (0,85)
pH-H <sub>2</sub> O	5,97 (0,15)	-	6,16 (0,25)	-	6,00 (0,29)	-	3,84 (0,60)
pH-KCl	5,06 (0,19)	-	5,32 (0,38)	-	5,10 (0,33)	-	3,20 (0,23)
CEC (cmol+.kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	-
CaCO <sub>3</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-
Pw (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l)	41,6 (17,8)	-	45,1 (20,5)	-	61,3 (25,2)	-	8,4 (6,9)
P-AL (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g)	48,1 (11,9)	-	54,4 (14,3)	-	72,7 (17,4)	-	3,1 (3,6)
zware metalen (mg.kg <sup>-1</sup> )							
Zn	28,10 (8,01)	-	29,24 (7,53)	-	33,36 (8,03)	-	10,31 (12,56)
Cu	10,05 (2,62)	-	10,64 (2,01)	-	14,10 (3,72)	-	3,00 (1,95)
Cr	21,08 (5,14)	-	24,79 (6,51)	-	20,40 (4,03)	-	14,93 (7,14)
Cd	0,21 (0,07)	-	0,22 (0,06)	-	0,26 (0,15)	-	0,13 (0,11)
Pb	12,94 (4,51)	-	11,91 (2,86)	-	16,19 (8,90)	-	20,79 (16,01)
Ni	2,23 (0,59)	-	2,60 (1,67)	-	4,40 (1,53)	-	3,09 (0,90)
Hg	0,04 (0,01)	-	0,03 (0,01)	-	0,03 (0,01)	-	0,04 (0,03)
PAK (µg.kg <sup>-1</sup> m.u.v. som PAK: mg.kg <sup>-1</sup> )							
PHE	-	-	-	-	-	-	-
ANT	-	-	-	-	-	-	-
FLT	-	-	-	-	-	-	-
BaA	-	-	-	-	-	-	-
CHR	-	-	-	-	-	-	-
BkF	-	-	-	-	-	-	-
BaP	-	-	-	-	-	-	-
BPE	-	-	-	-	-	-	-
IPY	-	-	-	-	-	-	-
NPH	-	-	-	-	-	-	-
ACE	-	-	-	-	-	-	-
FLU	-	-	-	-	-	-	-
PYR	-	-	-	-	-	-	-
BbF	-	-	-	-	-	-	-
DBA	-	-	-	-	-	-	-
SOM-PAK	-	-	-	-	-	-	-
organochloorbestrijdingsmiddelen (µg.kg <sup>-1</sup> )							
α-HCH	-	-	-	-	-	-	-
β-HCH	-	-	-	-	-	-	-
γ-HCH	-	-	-	-	-	-	-
δ-HCH	-	-	-	-	-	-	-
HCB	-	-	-	-	-	-	-
hepta	-	-	-	-	-	-	-
aldrin	-	-	-	-	-	-	-
β-hepo	-	-	-	-	-	-	-
α-endo	-	-	-	-	-	-	-
dieldrin	-	-	-	-	-	-	-
ppDDE	-	-	-	-	-	-	-
endrin	-	-	-	-	-	-	-
β-endo	-	-	-	-	-	-	-
ppTDE	-	-	-	-	-	-	-
opDDT	-	-	-	-	-	-	-
ppDDT	-	-	-	-	-	-	-
SOM-DDT	-	-	-	-	-	-	-
SOM-DRINS	-	-	-	-	-	-	-
SOM-HCH	-	-	-	-	-	-	-

	akkerbouw op zand		melkveehouderij op veen		akkerbouw op zeeklei		melkveehouderij op rivierklei	
	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm
fysische parameters								
org. stof (%)	9,31 (4,11)	-	25,37 (6,90)	-	2,24 (0,57)	-	8,02 (2,90)	-
<2 µm (%)	2,30 (0,92)	-	25,16 (16,72)	-	16,35 (5,53)	-	35,20 (10,10)	-
pH-H <sub>2</sub> O	5,97 (0,27)	-	5,66 (0,30)	-	7,64 (0,39)	-	6,38 (0,45)	-
pH-KCl	5,00 (0,34)	-	4,95 (0,53)	-	7,47 (0,36)	-	6,13 (0,75)	-
CEC (cmol+.kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-
CaCO <sub>3</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Pw (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l)	63,8 (15,9)	-	27,9 (10,2)	-	70,1 (18,3)	-	43,4 (14,7)	-
P-AL (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g)	52,4 (14,8)	-	38,6 (15,9)	-	47,8 (7,6)	-	29,6 (9,7)	-
zware metalen (mg.kg <sup>-1</sup> )								
Zn	28,27 (12,76)	-	110,15 (51,87)	-	50,02 (14,34)	-	150,98 (74,01)	-
Cu	15,81 (6,73)	-	35,19 (20,28)	-	10,73 (3,09)	-	30,16 (5,58)	-
Cr	18,72 (9,27)	-	55,18 (22,06)	-	53,26 (10,38)	-	74,62 (8,69)	-
Cd	0,19 (0,07)	-	0,58 (0,21)	-	0,25 (0,06)	-	0,66 (0,38)	-
Pb	26,38 (16,76)	-	69,93 (47,53)	-	19,05 (6,49)	-	48,92 (21,68)	-
Ni	3,02 (0,74)	-	23,97 (18,75)	-	17,96 (4,37)	-	45,46 (9,03)	-
Hg	0,07 (0,05)	-	0,18 (0,15)	-	0,05 (0,02)	-	0,10 (0,06)	-
PAK (µg.kg <sup>-1</sup> m.u.v. som PAK: mg.kg <sup>-1</sup> )								
PHE	-	-	-	-	-	-	-	-
ANT	-	-	-	-	-	-	-	-
FLT	-	-	-	-	-	-	-	-
BaA	-	-	-	-	-	-	-	-
CHR	-	-	-	-	-	-	-	-
BkF	-	-	-	-	-	-	-	-
BaP	-	-	-	-	-	-	-	-
BPE	-	-	-	-	-	-	-	-
IPY	-	-	-	-	-	-	-	-
NPH	-	-	-	-	-	-	-	-
ACE	-	-	-	-	-	-	-	-
FLU	-	-	-	-	-	-	-	-
PYR	-	-	-	-	-	-	-	-
BbF	-	-	-	-	-	-	-	-
DBA	-	-	-	-	-	-	-	-
SOM-PAK	-	-	-	-	-	-	-	-
organochloorbestrijdingsmiddelen (µg.kg <sup>-1</sup> )								
α-HCH	-	-	-	-	-	-	-	-
β-HCH	-	-	-	-	-	-	-	-
γ-HCH	-	-	-	-	-	-	-	-
δ-HCH	-	-	-	-	-	-	-	-
HCB	-	-	-	-	-	-	-	-
hepta	-	-	-	-	-	-	-	-
aldrin	-	-	-	-	-	-	-	-
β-hepo	-	-	-	-	-	-	-	-
α-endo	-	-	-	-	-	-	-	-
dieldrin	-	-	-	-	-	-	-	-
ppDDE	-	-	-	-	-	-	-	-
endrin	-	-	-	-	-	-	-	-
β-endo	-	-	-	-	-	-	-	-
ppTDE	-	-	-	-	-	-	-	-
opDDT	-	-	-	-	-	-	-	-
ppDDT	-	-	-	-	-	-	-	-
SOM-DDT	-	-	-	-	-	-	-	-
SOM-DRINS	-	-	-	-	-	-	-	-
SOM-HCH	-	-	-	-	-	-	-	-

	melkveehouderij op zeeklei		diverse landbouw op löss	
	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm*
fysische parameters				
org. stof (%)	6,24 (1,95)	-	3,95 (1,58)	2,88 (0,38)
<2 µm (%)	25,90 (10,68)	-	16,7 (4,43)	15,82 (2,82)
pH-H <sub>2</sub> O	7,34 (0,57)	-	6,65 (0,51)	7,25 (0,60)
pH-KCl	6,80 (0,55)	-	5,84 (0,78)	6,28 (0,86)
CEC (cmol+.kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	12,27 (1,90)
CaCO <sub>3</sub> (%)	-	-	-	1,60 (1,73)
Pw (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l)	33,4 (12,2)	-	47 (23,5)	12,5 (6,1)
P-AL (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g)	40,30 (10,5)	-	35,1 (9,9)	11,2 (7,9)
zware metalen (mg.kg <sup>-1</sup> )				
Zn	63,00 (19,13)	-	105,35 (30,61)	83,66 (20,37)
Cu	13,26 (3,89)	-	18,34 (3,69)	12,86 (2,00)
Cr	66,57 (10,65)	-	79,79 (4,08)	33,20 (3,72)
Cd	0,27 (0,05)	-	0,81 (0,16)	0,43 (0,12)
Pb	27,2 (11,02)	-	33,95 (6,35)	21,62 (5,11)
Ni	19,88 (7,14)	-	18,27 (5,13)	20,99 (2,33)
Hg	0,07 (0,04)	-	0,06 (0,01)	0,03 (0,02)
PAK (µg.kg <sup>-1</sup> m.u.v. som PAK: mg.kg <sup>-1</sup> )**				
PHE	-	-	47,26 (36,45)	10,85 (5,78)
ANT	-	-	8,21 (9,64)	1,62 (1,14)
FLT	-	-	84,17 (98,03)	19,90 (12,73)
BaA	-	-	43,51 (48,00)	10,46 (7,27)
CHR	-	-	55,96 (48,92)	13,50 (8,31)
BkF	-	-	22,54 (20,05)	6,23 (3,94)
Bap	-	-	38,85 (37,26)	11,09 (7,43)
BPE	-	-	27,28 (22,58)	8,24 (5,37)
IPY	-	-	26,89 (22,13)	11,22 (7,03)
NPH	-	-	7,00 (0,00)	1,65 (0,46)
ACE	-	-	-	-
FLU	-	-	8,31 (3,60)	-
PYR	-	-	64,90 (75,45)	-
BbF	-	-	65,18 (53,58)	-
DBA	-	-	8,64 (6,60)	-
SOM-PAK10	-	-	0,36 (0,34)	0,09 (0,06)
organochloorbestrijdingsmiddelen (µg.kg <sup>-1</sup> )**				
α-HCH	-	-	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
β-HCH	-	-	9,35 (22,17)	0,35 (0,00)
γ-HCH	-	-	0,35 (0,00)	0,37 (0,06)
δ-HCH	-	-	0,69 (0,94)	0,35 (0,00)
HCB	-	-	1,03 (0,52)	0,63 (0,49)
hepta	-	-	0,67 (1,43)	0,35 (0,00)
aldrin	-	-	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
β-hepo	-	-	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
α-endo	-	-	0,35 (0,00)	0,40 (0,12)
dieldrin	-	-	0,40 (0,21)	0,40 (0,14)
ppDDE	-	-	7,67 (10,27)	2,07 (3,13)
endrin	-	-	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
β-endo	-	-	0,74 (1,76)	0,35 (0,00)
ppTDE	-	-	1,62 (1,94)	0,35 (0,00)
opDDT	-	-	0,41 (0,20)	0,48 (0,51)
ppDDT	-	-	4,58 (6,34)	2,12 (4,42)
SOM-DDT	-	-	14,28 (18,04)	5,03 (7,97)
SOM-DRINS	-	-	1,10 (0,21)	1,10 (0,14)
SOM-HCH	-	-	10,73 (22,17)	1,42 (0,06)
simazine	-	-	1,75 (0,78)	0,79 (0,39)
atrazine	-	-	0,61 (0,42)	0,97 (0,83)

\* De analyseresultaten löss (30-50 cm) fysische parameters en zware metalen zijn afkomstig van het TNO-NITG-laboratorium.

\*\* De analyseresultaten löss (0-10 cm) PAK en OCB zijn afkomstig van het TNO-NITG-laboratorium.



## Bijlage VIa Categoriegemiddelden bodem relatief t.o.v. de streefwaarde (geldig tot 2008)

	'extensieve' melkveehouderij		'intensieve' melkveehouderij		veehouderij met intensieve tak		bos op zand
	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm
zware metalen (-)							
Zn/SW	0,40 (0,12)	-	0,44 (0,09)	-	0,49 (0,11)	-	0,15 (0,16)
Cu/SW	0,46 (0,12)	-	0,54 (0,09)	-	0,69 (0,17)	-	0,15 (0,08)
Cr/SW	0,38 (0,09)	-	0,45 (0,10)	-	0,36 (0,06)	-	0,27 (0,12)
Cd/SW	0,36 (0,12)	-	0,43 (0,10)	-	0,48 (0,30)	-	0,22 (0,17)
Pb/SW	0,21 (0,07)	-	0,21 (0,05)	-	0,27 (0,15)	-	0,35 (0,25)
Ni/SW	0,18 (0,05)	-	0,20 (0,09)	-	0,32 (0,10)	-	0,24 (0,05)
Hg/SW	0,18 (0,06)	-	0,16 (0,05)	-	0,16 (0,04)	-	0,17 (0,13)
PAK (-)							
SOM-PAK/SW	-	-	-	-	-	-	-
organochloorbestrijdingsmiddelen (-)							
SOM-DDT/SW	-	-	-	-	-	-	-
SOM-drins/SW	-	-	-	-	-	-	-
aldrin/SW	-	-	-	-	-	-	-
Dieldrin/SW	-	-	-	-	-	-	-
endrin/SW	-	-	-	-	-	-	-
SOM-HCH/SW	-	-	-	-	-	-	-
$\alpha$ -HCH/SW	-	-	-	-	-	-	-
$\beta$ -HCH/SW	-	-	-	-	-	-	-
$\gamma$ -HCH/SW	-	-	-	-	-	-	-
$\alpha$ -endo/SW	-	-	-	-	-	-	-
hepta/SW	-	-	-	-	-	-	-
$\beta$ -Hepo/SW	-	-	-	-	-	-	-
HCb/SW	-	-	-	-	-	-	-

	akkerbouw op zand		melkveehouderij op veen		akkerbouw op zeeklei		melkveehouderij op rivierklei	
	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm
zware metalen (-)								
Zn/SW	0,39 (0,15)	-	0,66 (0,21)	-	0,49 (0,12)	-	0,95 (0,64)	-
Cu/SW	0,70 (0,23)	-	0,74 (0,34)	-	0,41 (0,11)	-	0,74 (0,13)	-
Cr/SW	0,34 (0,17)	-	0,54 (0,07)	-	0,64 (0,09)	-	0,63 (0,07)	-
Cd/SW	0,31 (0,07)	-	0,51 (0,13)	-	0,45 (0,10)	-	0,83 (0,55)	-
Pb/SW	0,42 (0,25)	-	0,68 (0,45)	-	0,28 (0,09)	-	0,54 (0,29)	-
Ni/SW	0,25 (0,06)	-	0,59 (0,28)	-	0,68 (0,12)	-	1,01 (0,06)	-
Hg/SW	0,32 (0,20)	-	0,55 (0,46)	-	0,19 (0,07)	-	0,31 (0,20)	-
PAK (-)								
SOM-PAK/SW	-	-	-	-	-	-	-	-
organochloorbestrijdingsmiddelen (-)								
SOM-DDT/SW	-	-	-	-	-	-	-	-
SOM-drins/SW	-	-	-	-	-	-	-	-
aldrin/SW	-	-	-	-	-	-	-	-
dieldrin/SW	-	-	-	-	-	-	-	-
endrin/SW	-	-	-	-	-	-	-	-
SOM-HCH/SW	-	-	-	-	-	-	-	-
$\alpha$ -HCH/SW	-	-	-	-	-	-	-	-
$\beta$ -HCH/SW	-	-	-	-	-	-	-	-
$\gamma$ -HCH/SW	-	-	-	-	-	-	-	-
$\alpha$ -endo/SW	-	-	-	-	-	-	-	-
hepta/SW	-	-	-	-	-	-	-	-
$\beta$ -Hepo/SW	-	-	-	-	-	-	-	-
HCb/SW	-	-	-	-	-	-	-	-



	melkveehouderij op zeeklei		diverse landbouw op löss	
	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm*
zware metalen (-)				
Zn/SW	0,46 (0,07)	-	1,00 (0,30)	0,82 (0,18)
Cu/SW	0,40 (0,14)	-	0,67 (0,13)	0,49 (0,08)
Cr/SW	0,66 (0,05)	-	0,96 (0,09)	0,41 (0,06)
Cd/SW	0,38 (0,07)	-	1,35 (0,24)	0,58 (0,16)
Pb/SW	0,33 (0,10)	-	0,48 (0,07)	0,31 (0,07)
Ni/SW	0,55 (0,10)	-	0,69 (0,20)	0,82 (0,08)
Hg/SW	0,22 (0,14)	-	0,21 (0,04)	0,13 (0,09)
PAK (-)				
SOM-PAK/SW	-	-	0,36 (0,34)	0,09 (0,06)
organochloorbestrijdingsmiddelen (-)				
SOM-DDT/SW	-	-	3,35 (3,37)	1,76 (2,92)
SOM-drins/SW	-	-	0,55 (0,17)	0,77 (0,12)
aldrin/SW	-	-	14,77 (4,72)	20,58 (2,75)
dieldrin/SW	-	-	1,94 (0,86)	2,75 (0,87)
endrin/SW	-	-	22,15 (7,08)	30,87 (4,13)
SOM-HCH/SW	-	-	2,14 (4,20)	0,50 (0,06)
$\alpha$ -HCH/SW	-	-	0,30 (0,09)	0,41 (0,06)
$\beta$ -HCH/SW	-	-	2,00 (4,70)	0,14 (0,02)
$\gamma$ -HCH/SW	-	-	17,72 (5,67)	25,89 (3,96)
$\alpha$ -endo/SW	-	-	88,60 (28,3)	137,4 (31,5)
hepta/SW	-	-	3,09 (8,33)	1,76 (0,24)
$\beta$ -Hepo/SW	-	-	4430 (1416)	6174 (826)
HCB/SW	-	-	0,09 (0,07)	0,07 (0,06)

\*De analyseresultaten löss (30-50 cm) zware metalen zijn afkomstig van het TNO-NITG-laboratorium.

\*\*De analyseresultaten löss (0-10 cm) PAK en OCB zijn afkomstig van het TNO-NITG-laboratorium.

Gebaseerd op streefwaardennormen uit de Circulaire Streefwaarden en Interventiewaarden Bodemsanering uit 2000, waarvan sommige normen vervallen of gewijzigd zijn met de invoering van de Regeling Bodemkwaliteit (VROM & VW, 2007). Dit overzicht is alleen ter vergelijking met de eerder gepubliceerde rapportage LMB Resultaten eerste meetronde, 1993-1997 (Bronswijk et al., 2003).

## Bijlage VIb Categoriegemiddelden bodem relatief t.o.v. de achtergrondwaarde (geldig na 2008)

	'extensieve' melkveehouderij		'intensieve' melkveehouderij		veehouderij met intensieve tak		bos op zand
	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm
zware metalen (-)							
Zn/AW	0,40 (0,12)	-	0,44 (0,09)	-	0,49 (0,11)	-	0,15 (0,16)
Cu/AW	0,42 (0,11)	-	0,49 (0,08)	-	0,62 (0,16)	-	0,13 (0,07)
Cr/AW	0,69 (0,16)	-	0,81 (0,19)	-	0,65 (0,12)	-	0,49 (0,22)
Cd/AW	0,47 (0,15)	-	0,56 (0,14)	-	0,62 (0,39)	-	0,29 (0,22)
Pb/AW	0,36 (0,12)	-	0,35 (0,09)	-	0,46 (0,25)	-	0,59 (0,42)
Ni/AW	0,18 (0,05)	-	0,20 (0,09)	-	0,32 (0,10)	-	0,24 (0,05)
Hg/AW	0,37 (0,12)	-	0,31 (0,11)	-	0,32 (0,08)	-	0,35 (0,26)
PAK (-)							
SOM-PAK/AW	-	-	-	-	-	-	-
organochloorbestrijdingsmiddelen (-)							
SOM-DDT/AW	-	-	-	-	-	-	-
SOM-drins/AW	-	-	-	-	-	-	-
aldrin/AW***	-	-	-	-	-	-	-
dieldrin/AW***	-	-	-	-	-	-	-
endrin/AW***	-	-	-	-	-	-	-
SOM-HCH/AW***	-	-	-	-	-	-	-
$\alpha$ -HCH/AW	-	-	-	-	-	-	-
$\beta$ -HCH/AW	-	-	-	-	-	-	-
$\gamma$ -HCH/AW	-	-	-	-	-	-	-
$\alpha$ -endo/AW	-	-	-	-	-	-	-
hepta/AW	-	-	-	-	-	-	-
$\beta$ -Hepo/AW***	-	-	-	-	-	-	-
HCB/AW	-	-	-	-	-	-	-

	akkerbouw op zand		melkveehouderij op veen		akkerbouw op zeeklei		melkveehouderij op rivierklei	
	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm
zware metalen (-)								
Zn/AW	0,39 (0,15)	-	0,66 (0,21)	-	0,49 (0,12)	-	0,95 (0,64)	-
Cu/AW	0,63 (0,21)	-	0,67 (0,30)	-	0,37 (0,10)	-	0,67 (0,12)	-
Cr/AW	0,63 (0,31)	-	0,98 (0,13)	-	1,17 (0,16)	-	1,14 (0,12)	-
Cd/AW	0,41 (0,09)	-	0,67 (0,17)	-	0,59 (0,13)	-	1,09 (0,72)	-
Pb/AW	0,71 (0,43)	-	1,15 (0,76)	-	0,47 (0,16)	-	0,92 (0,50)	-
Ni/AW	0,25 (0,06)	-	0,59 (0,28)	-	0,68 (0,12)	-	1,01 (0,06)	-
Hg/AW	0,65 (0,40)	-	1,11 (0,93)	-	0,38 (0,13)	-	0,61 (0,40)	-
PAK (-)								
SOM-PAK/AW	-	-	-	-	-	-	-	-
organochloorbestrijdingsmiddelen (-)								
SOM-DDT/AW	-	-	-	-	-	-	-	-
SOM-drins/AW	-	-	-	-	-	-	-	-
aldrin/AW***	-	-	-	-	-	-	-	-
dieldrin/AW***	-	-	-	-	-	-	-	-
endrin/AW***	-	-	-	-	-	-	-	-
SOM-HCH/AW***	-	-	-	-	-	-	-	-
$\alpha$ -HCH/AW	-	-	-	-	-	-	-	-
$\beta$ -HCH/AW	-	-	-	-	-	-	-	-
$\gamma$ -HCH/AW	-	-	-	-	-	-	-	-
$\alpha$ -endo/AW	-	-	-	-	-	-	-	-
hepta/AW	-	-	-	-	-	-	-	-
$\beta$ -Hepo/AW***	-	-	-	-	-	-	-	-
HCB/AW	-	-	-	-	-	-	-	-

	melkveehouderij op zeeklei		diverse landbouw op löss	
	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm*
	zware metalen (-)			
Zn/AW	0,46 (0,07)	-	1,00 (0,30)	0,82 (0,18)
Cu/AW	0,36 (0,12)	-	0,60 (0,11)	0,44 (0,08)
Cr/AW	1,20 (0,10)	-	1,75 (0,16)	0,74 (0,10)
Cd/AW	0,49 (0,09)	-	1,77 (0,31)	0,99 (0,27)
Pb/AW	0,55 (0,18)	-	0,81 (0,12)	0,54 (0,12)
Ni/AW	0,55 (0,10)	-	0,69 (0,20)	0,82 (0,08)
Hg/AW	0,45 (0,29)	-	0,43 (0,08)	0,27 (0,18)
	PAK (-)			
SOM-PAK/AW	-	-	0,24 (0,34)	0,06(0,06)
	organochloorbestrijdingsmiddelen (-)			
SOM-DDT/AW	-	-	0,17 (0,17)	0,09 (0,15)
SOM-drins/AW	-	-	0,18 (0,06)	0,26 (0,04)
aldrin/AW***	-	-	-	-
dieldrin/AW***	-	-	-	-
endrin/AW***	-	-	-	-
SOM-HCH/AW***	-	-	-	-
$\alpha$ -HCH/AW	-	-	0,89 (0,28)	1,23 (0,17)
$\beta$ -HCH/AW	-	-	9,00 (21,4)	0,62 (0,08)
$\gamma$ -HCH/AW	-	-	0,30 (0,09)	0,43 (0,07)
$\alpha$ -endo/AW	-	-	0,98 (0,28)	1,53 (0,35)
hepta/AW	-	-	3,09 (8,33)	1,76 (0,24)
$\beta$ -Hepo/AW***	-	-	-	-
HCB/AW	-	-	0,33 (0,23)	0,26 (0,19)

\* De analyseresultaten löss (30-50 cm) zware metalen zijn afkomstig van het TNO-NITG-laboratorium.

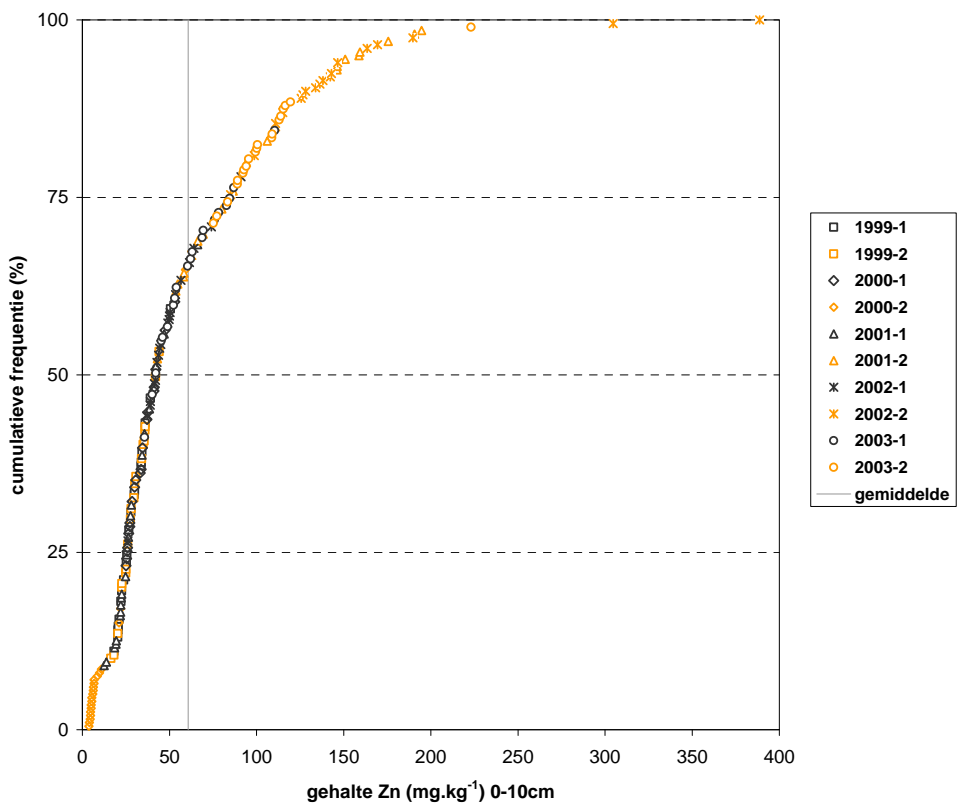
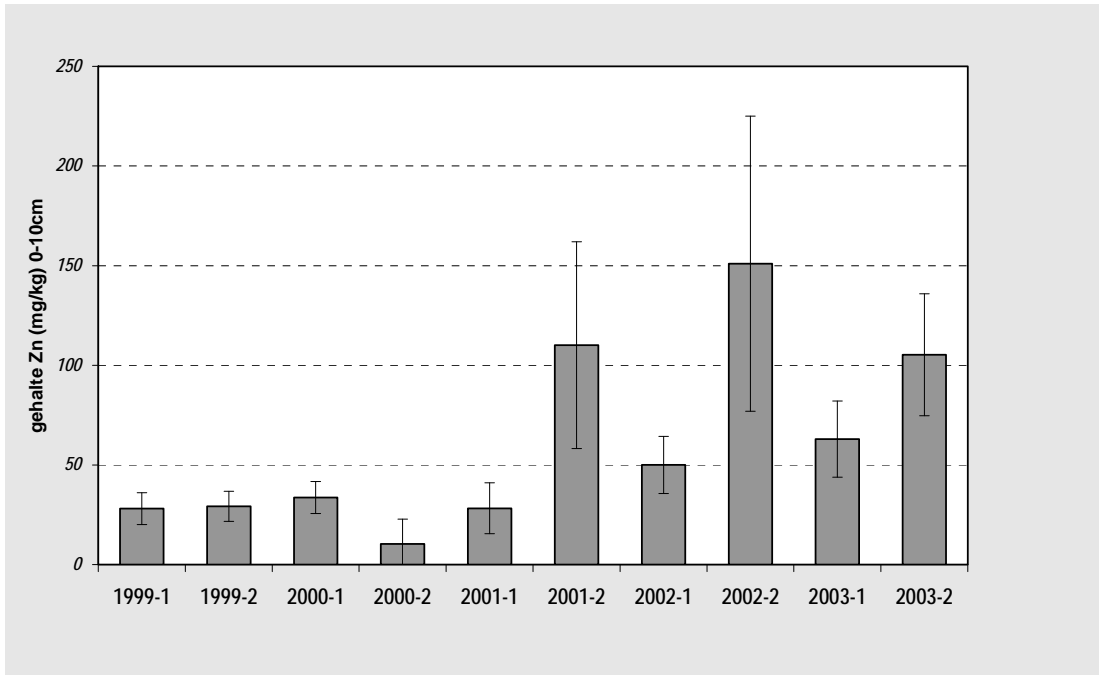
\*\*De analyseresultaten löss (0-10 cm) PAK en OCB zijn afkomstig van het TNO-NITG-laboratorium.

\*\*\*Norm achtergrondwaarde ontbreekt

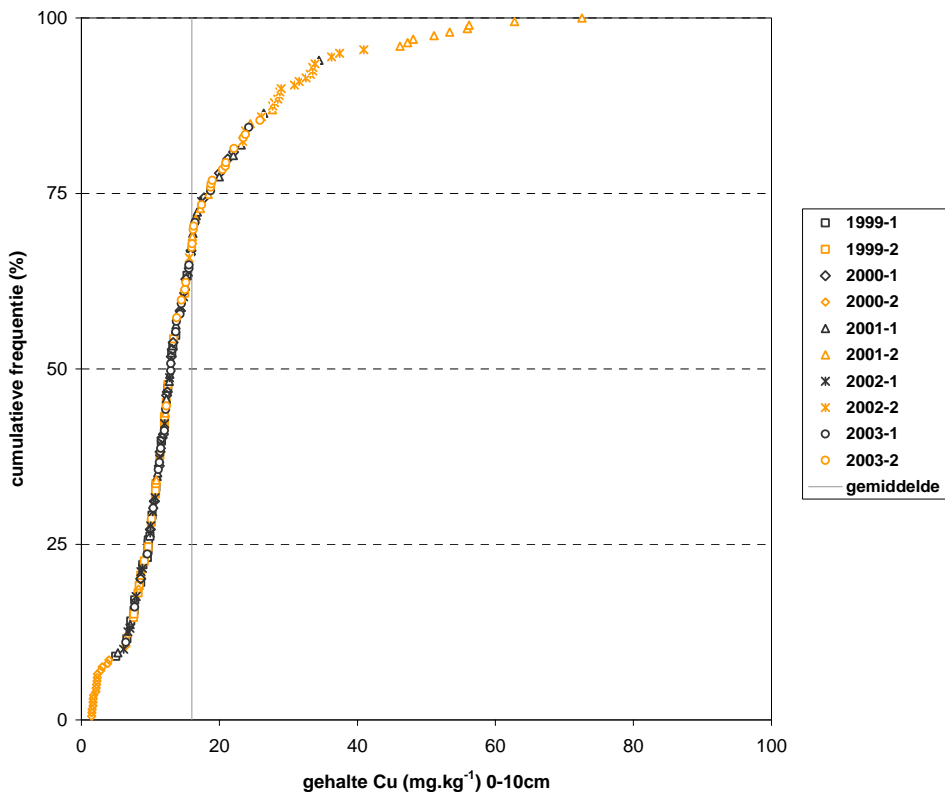
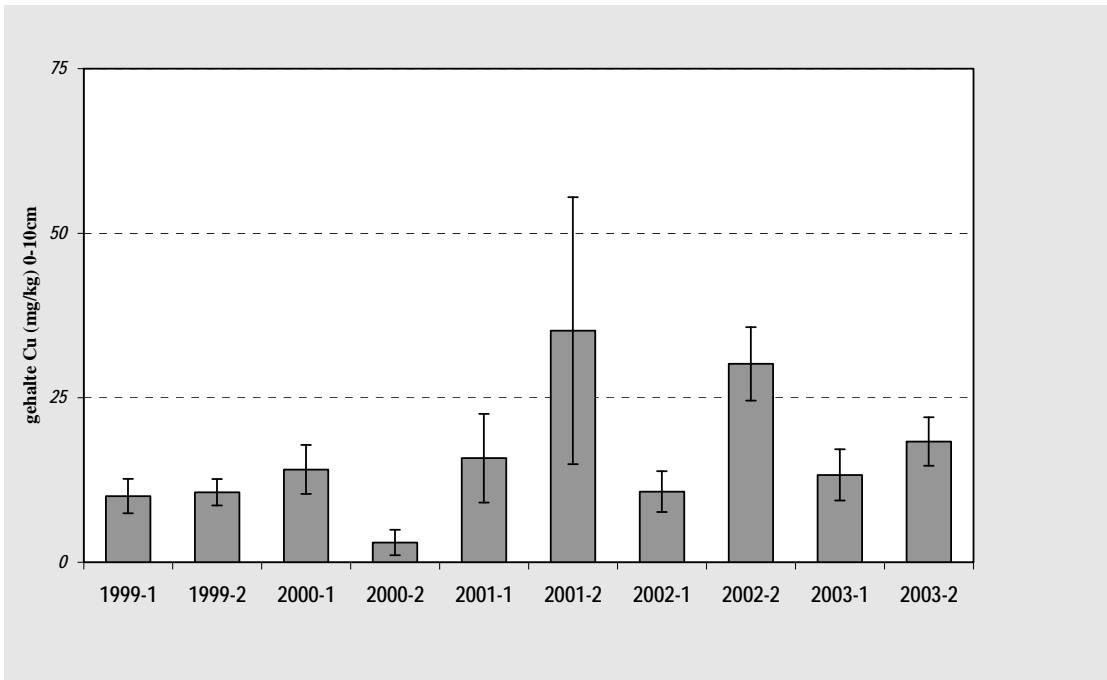
**Bijlage VII Categoriegemiddelden en cumulatieve  
frequentiediagrammen van zware metalen absoluut in bodem  
0-10 cm**

Waarden met standaarddeviatie

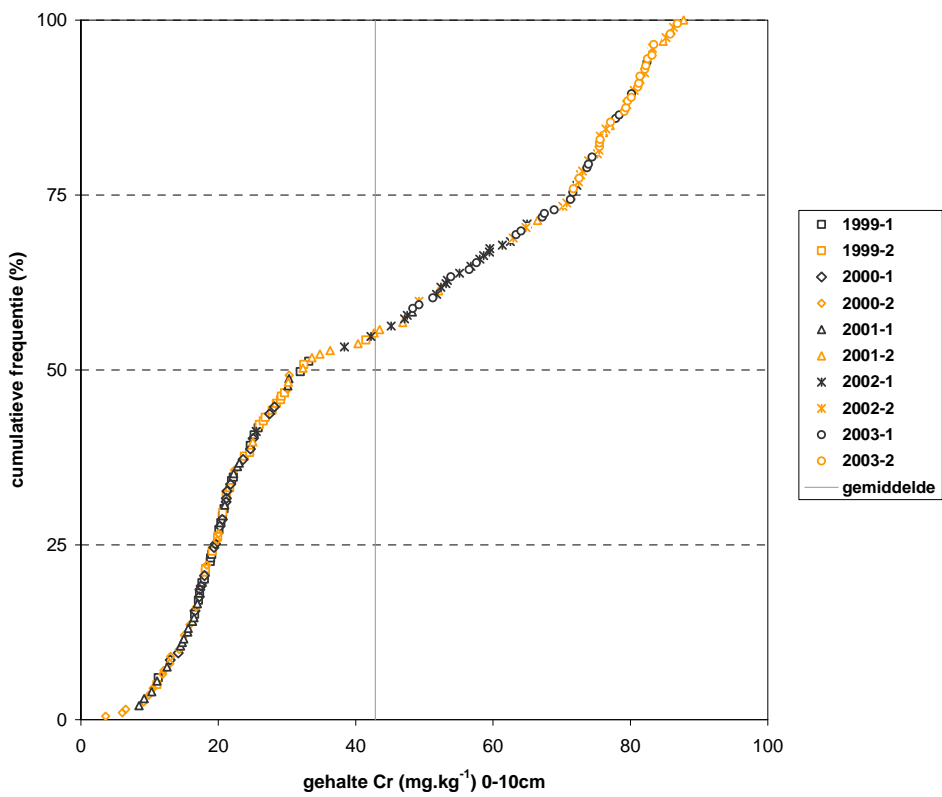
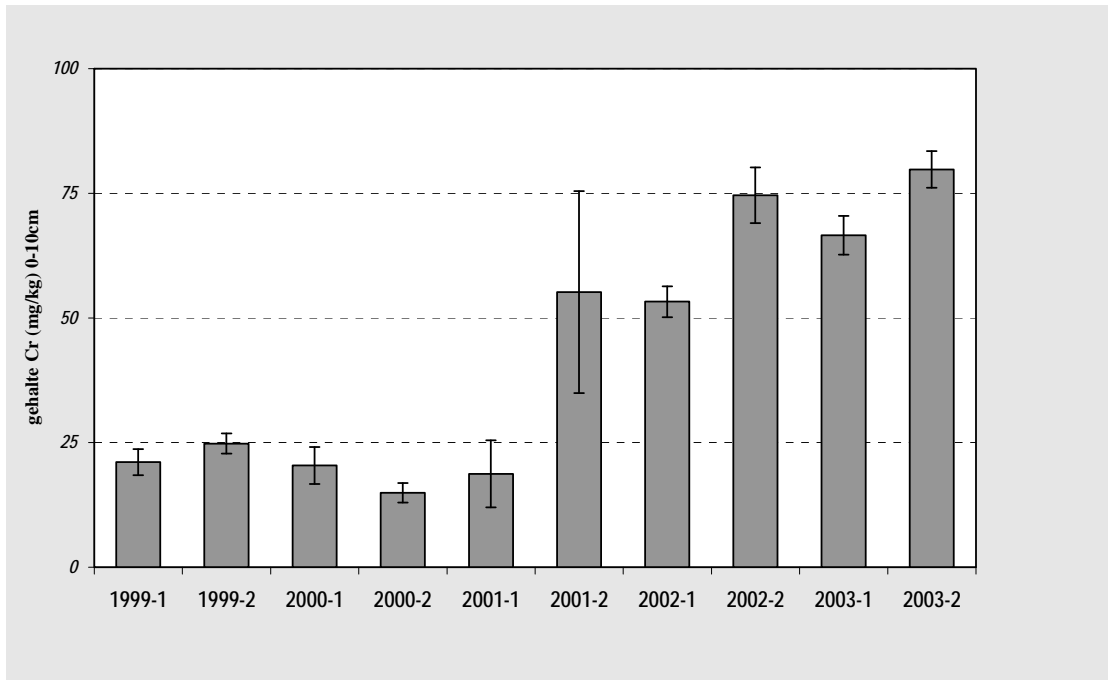
a) Zink



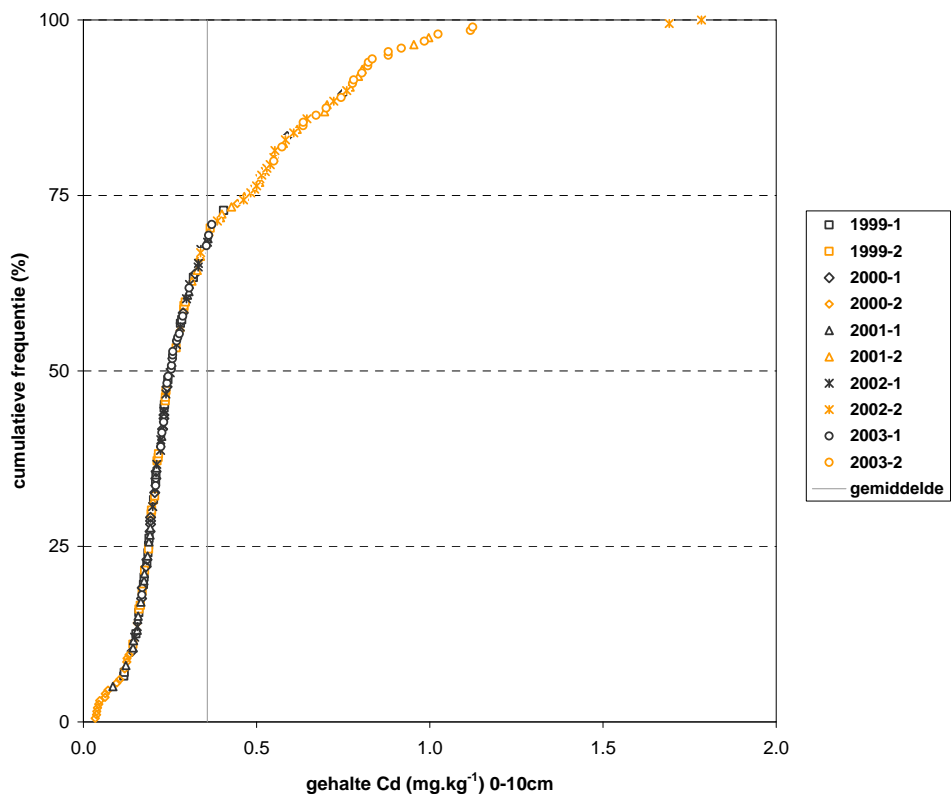
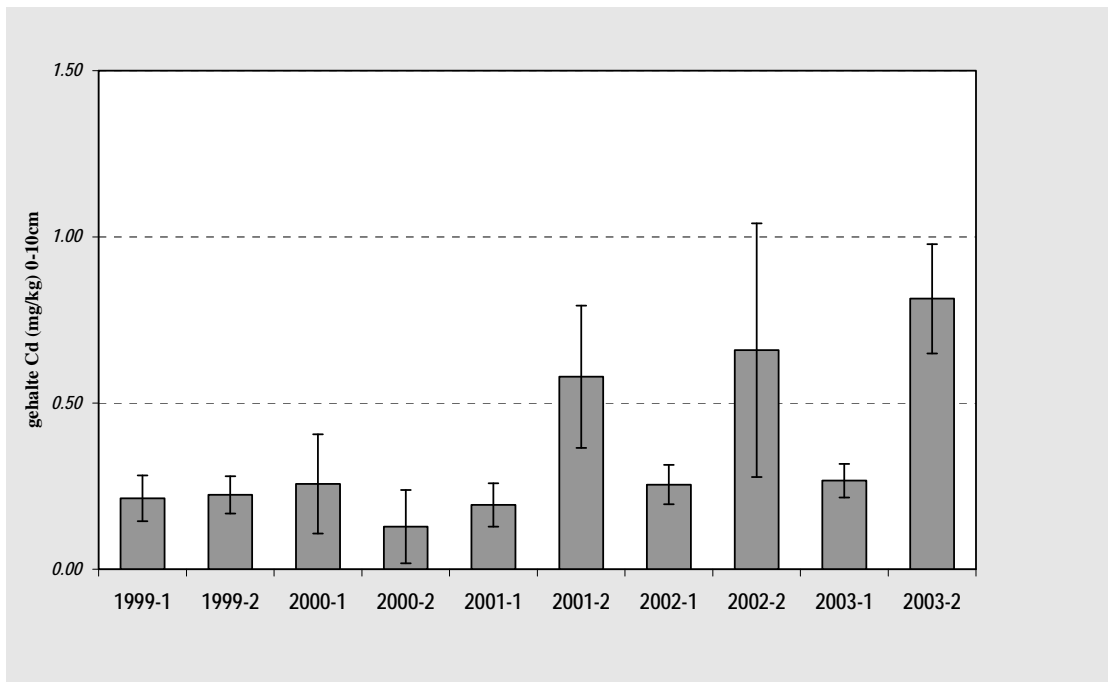
b) Koper



### c) Chroom

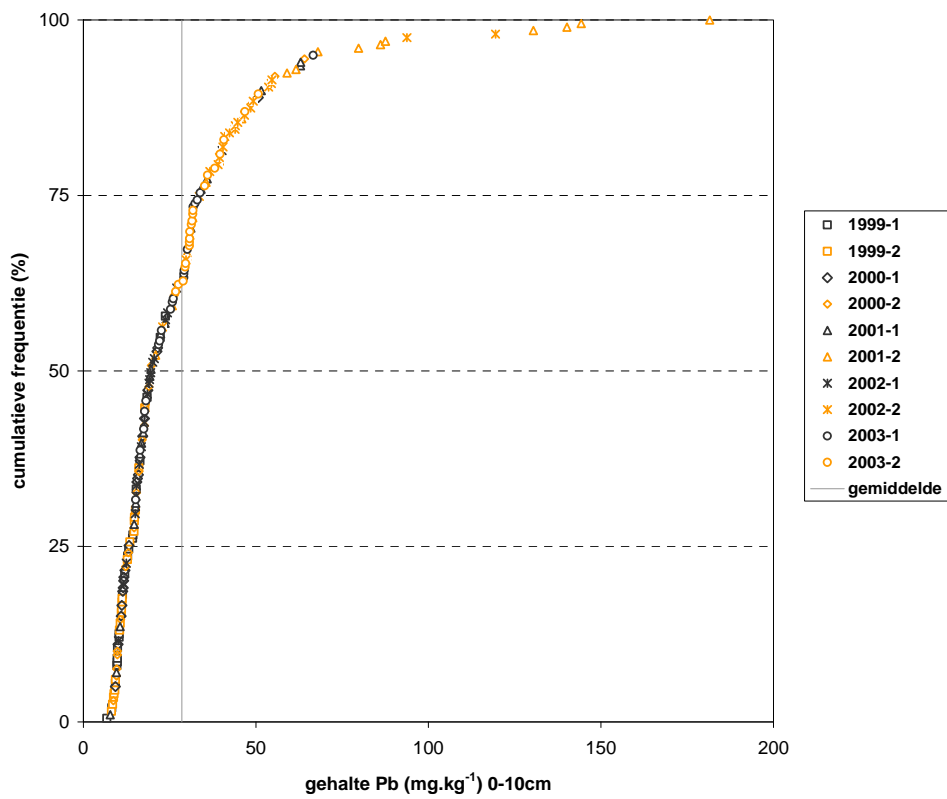
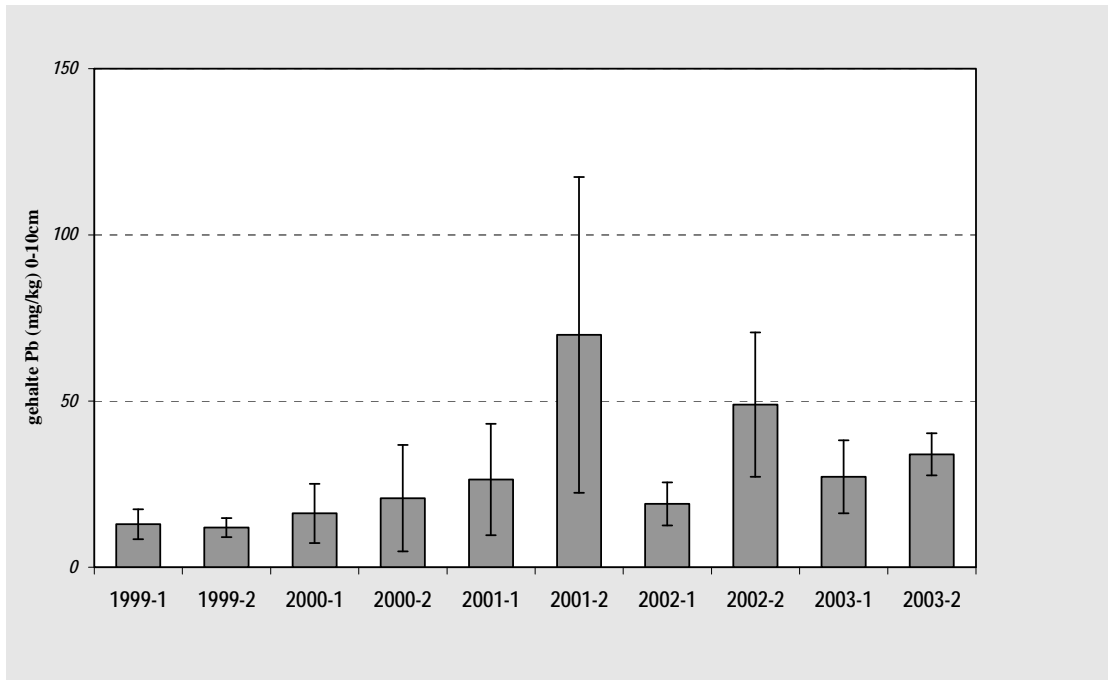


d) Cadmium

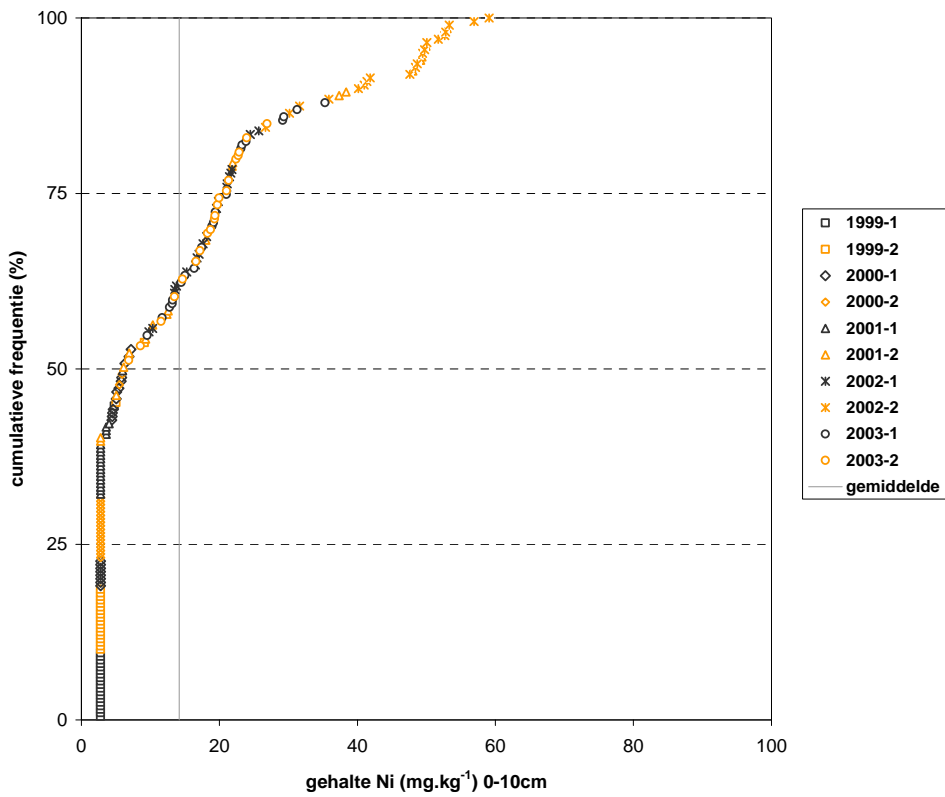
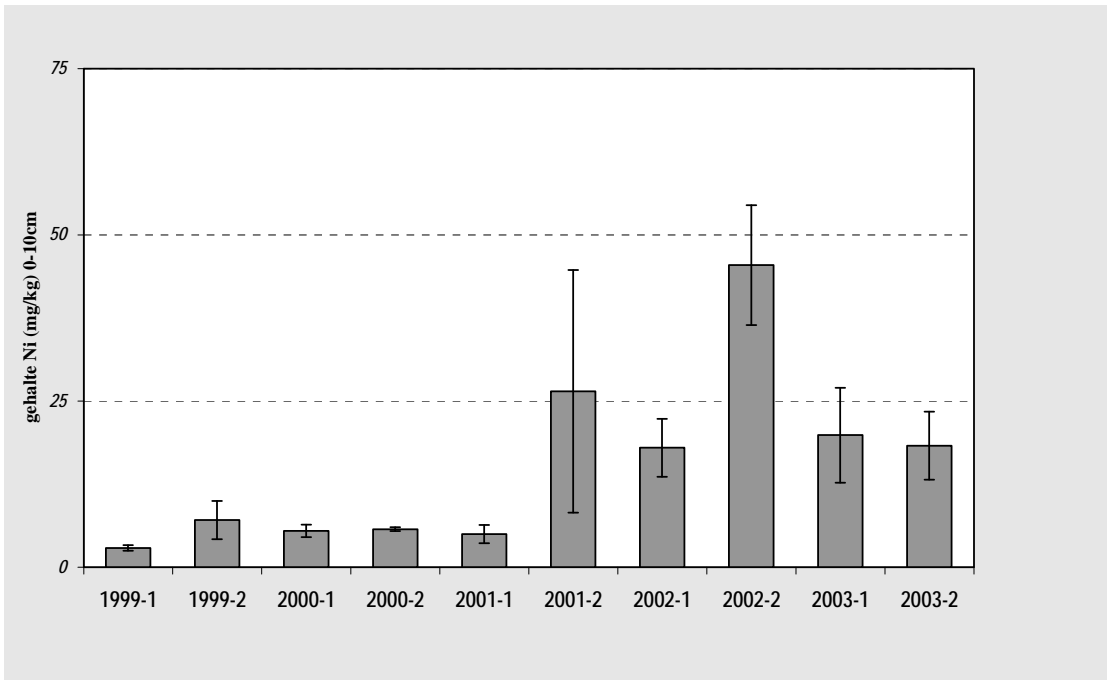




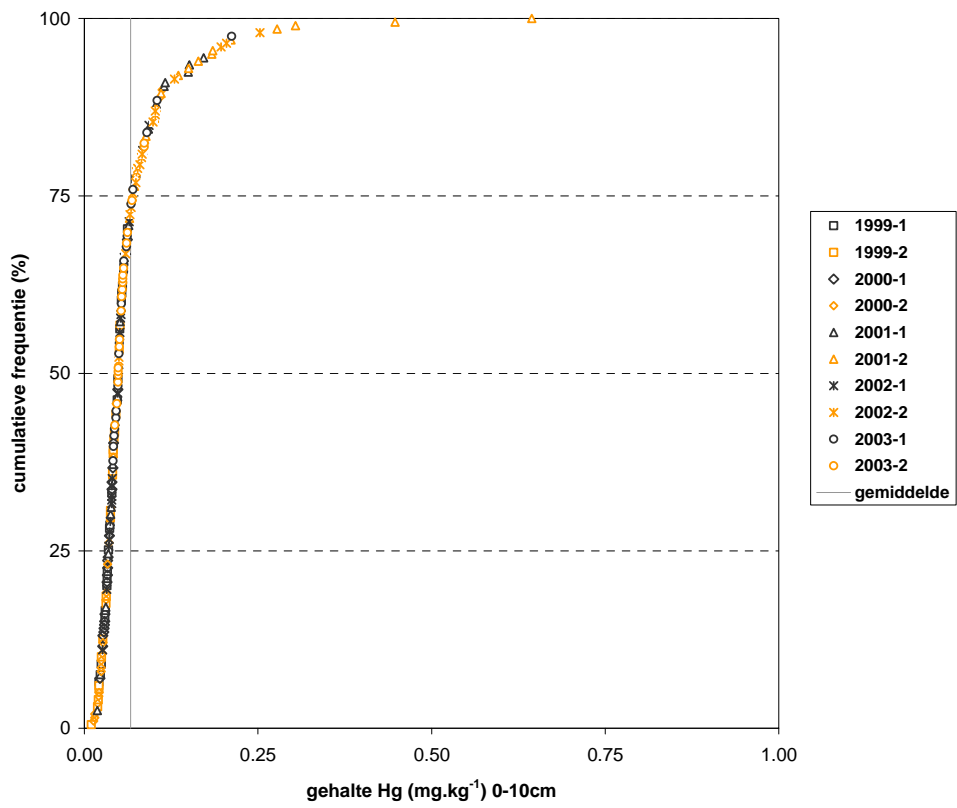
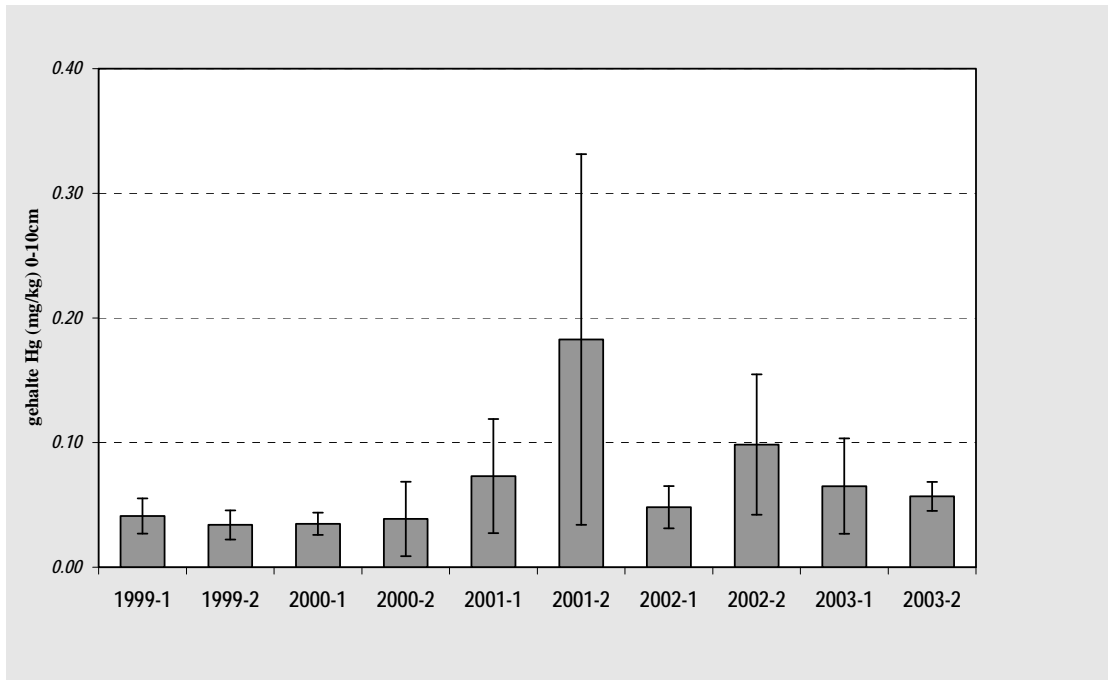
e) Lood



f) Nikkel



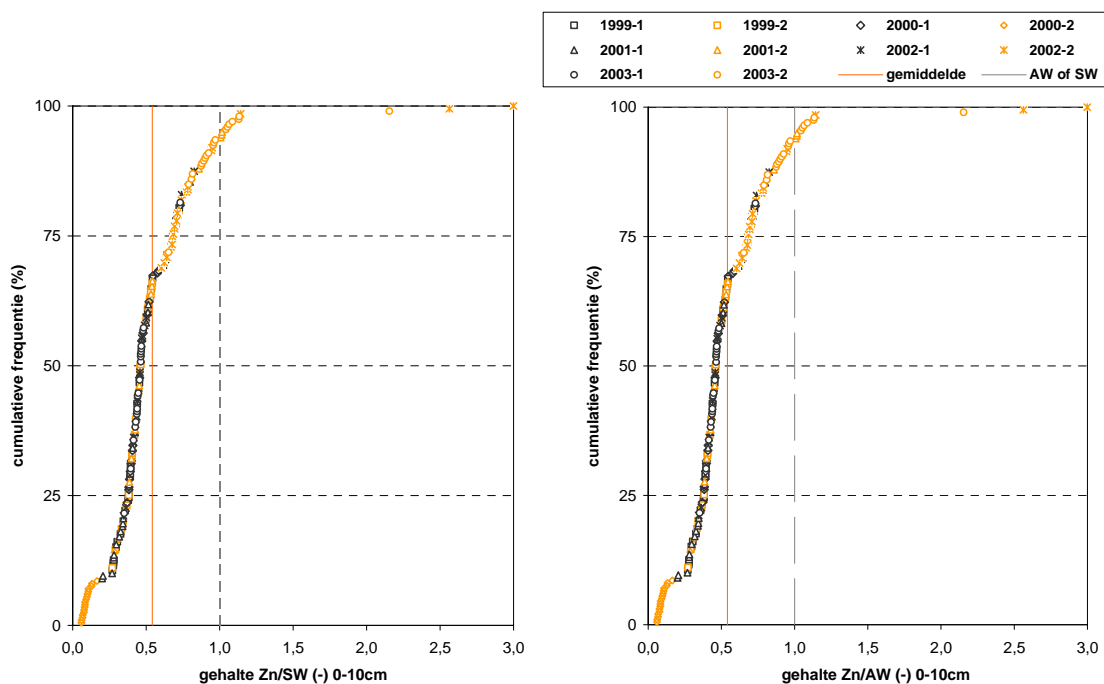
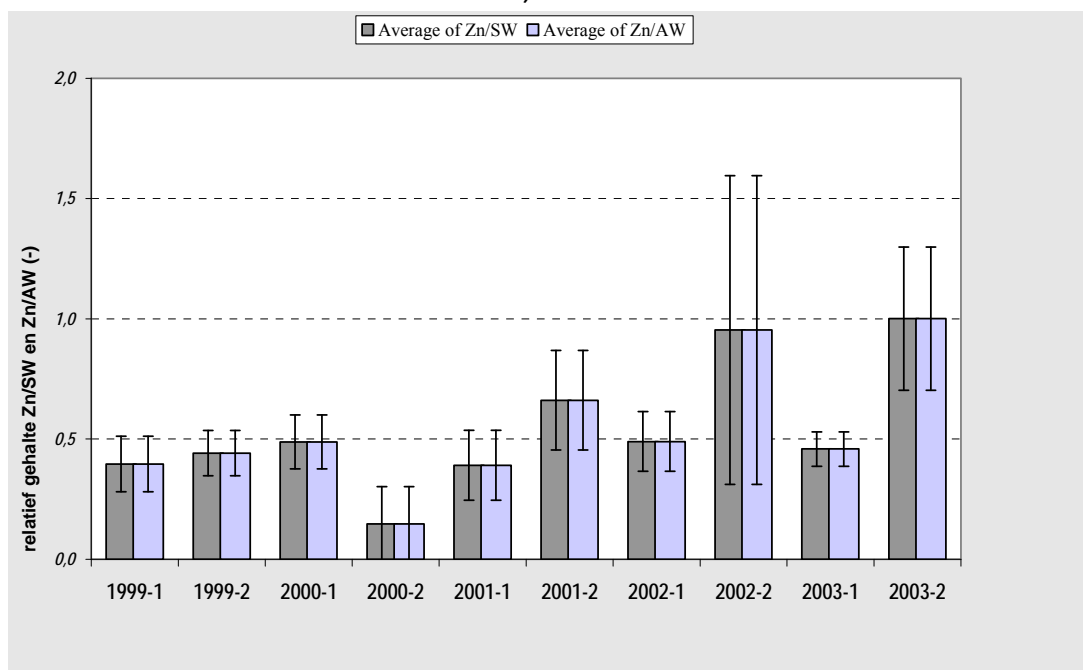
g) Kwik



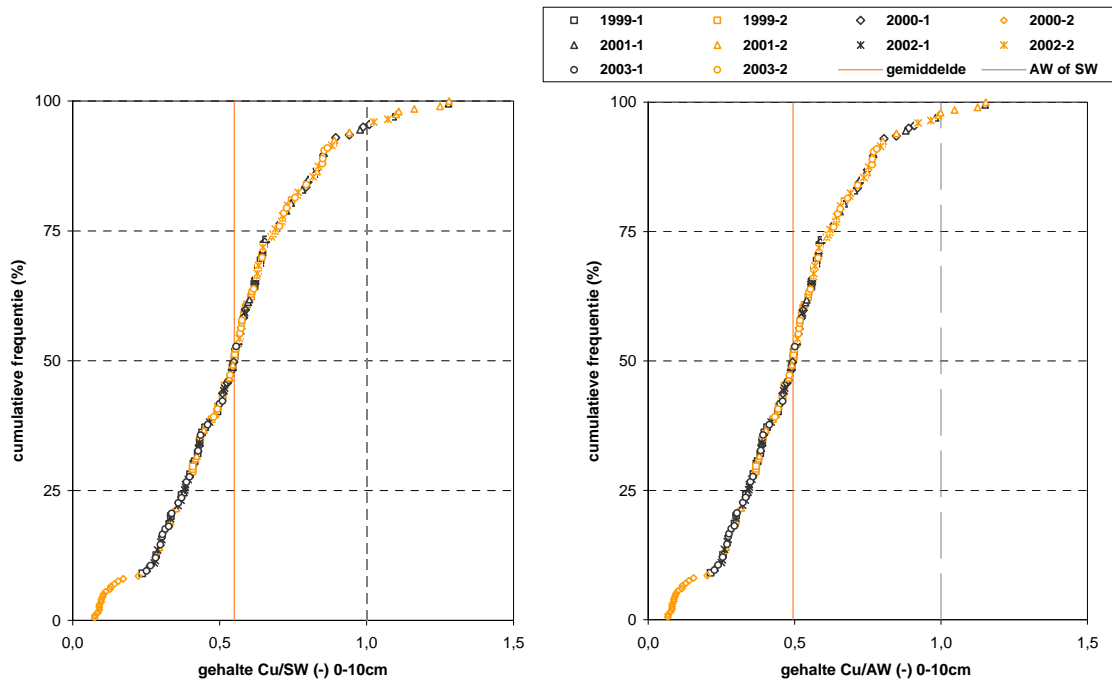
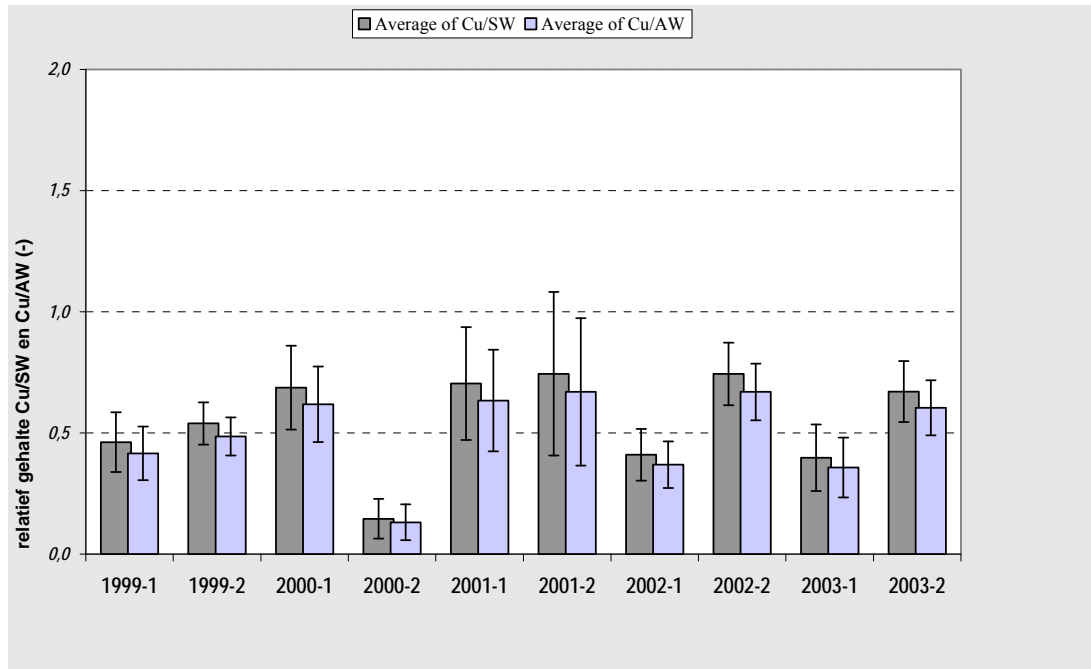
**Bijlage VIII Categoriegemiddelden en cumulatieve  
frequentiediagrammen van zware metalen relatief t.o.v. de  
streef- en achtergrondwaarde in bodem 0-10 cm**

Waarden met standaarddeviatie

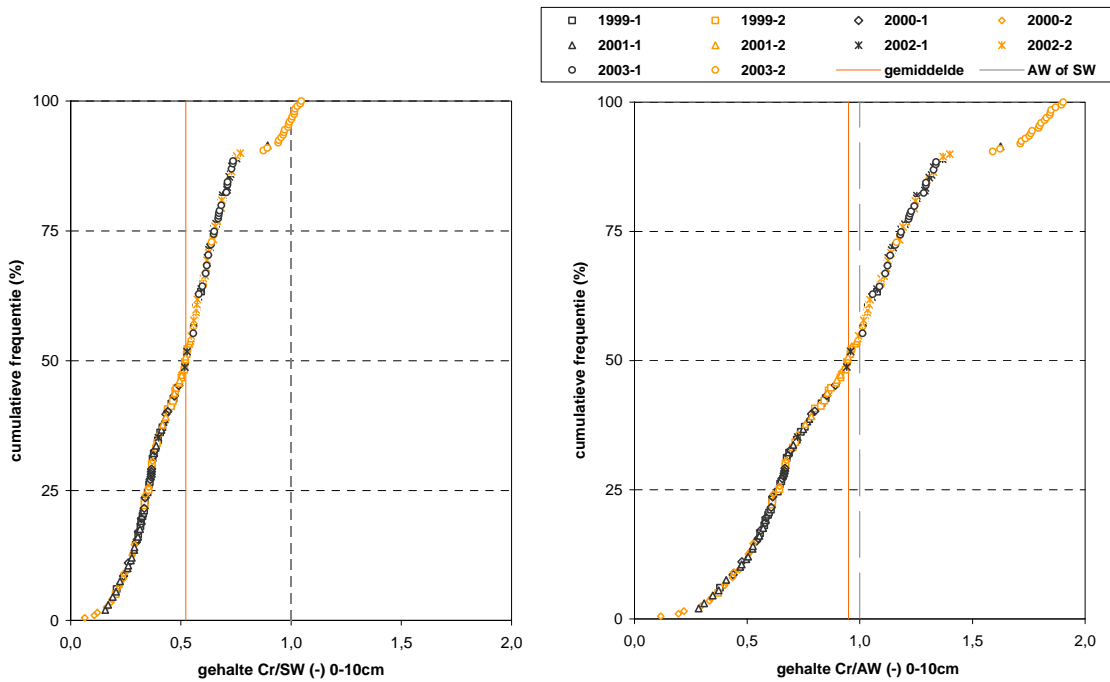
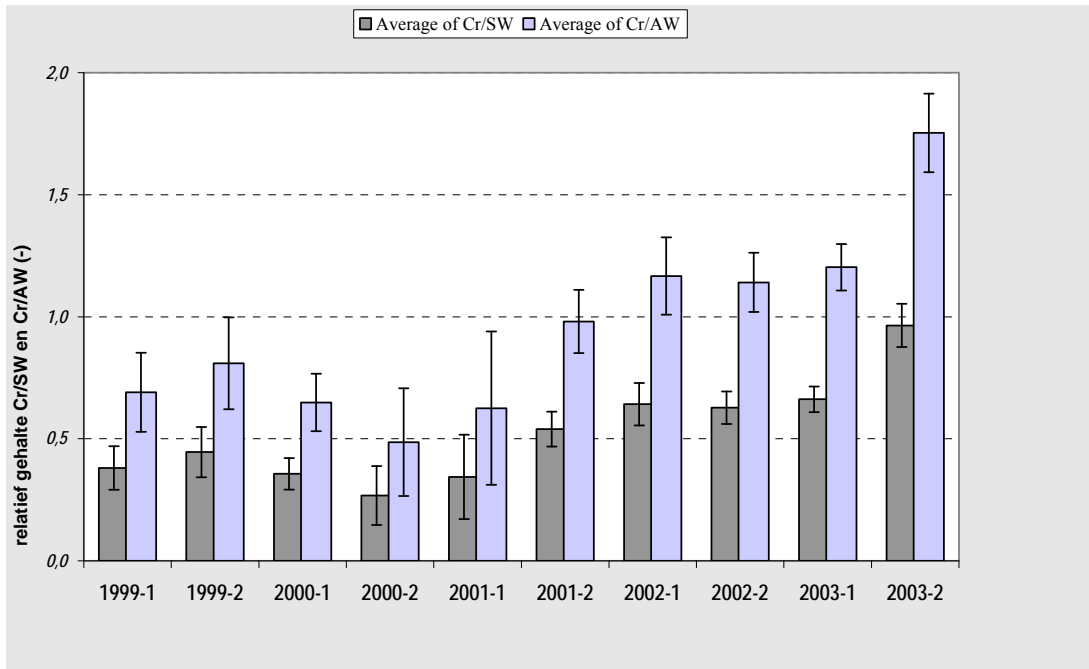
### a) Zink



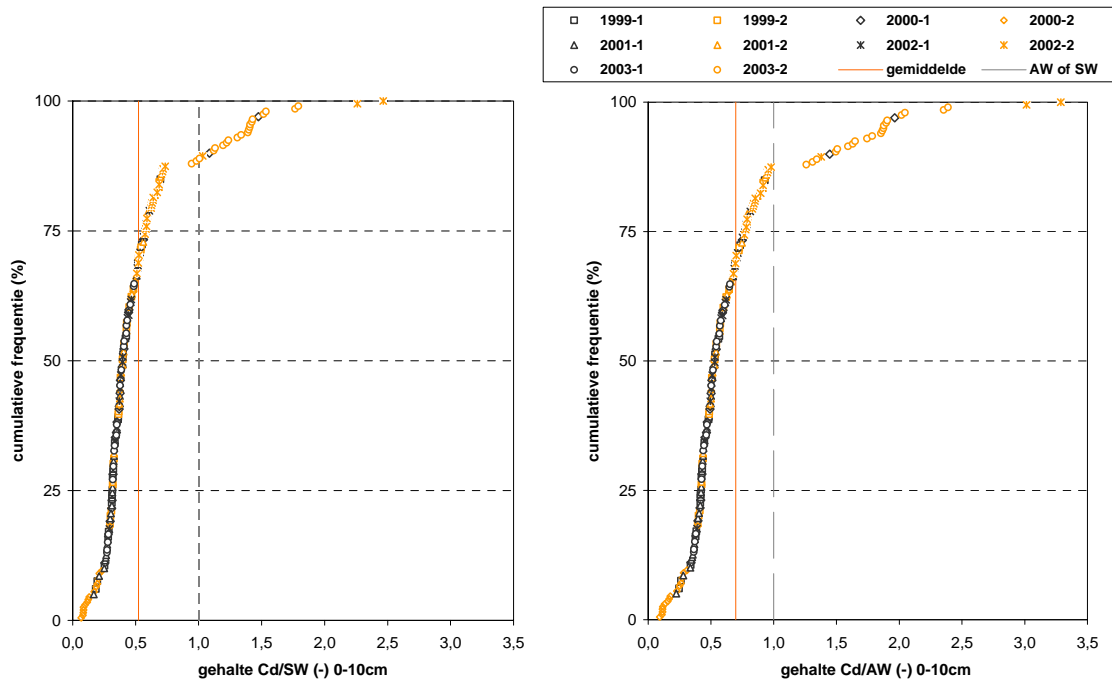
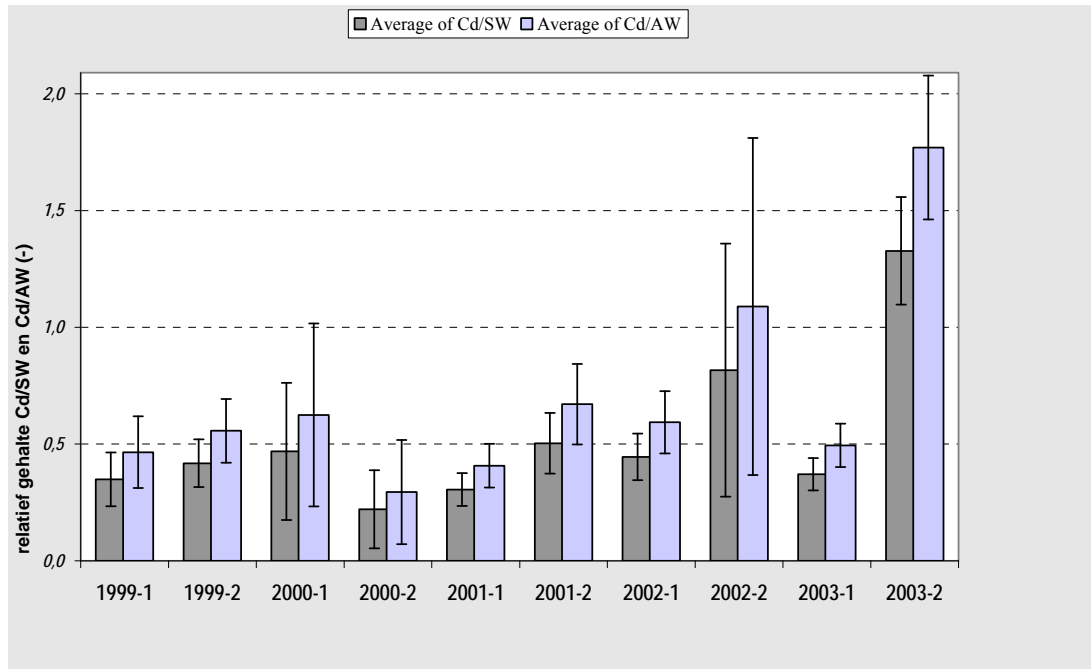
b) Koper



### c) Chroom

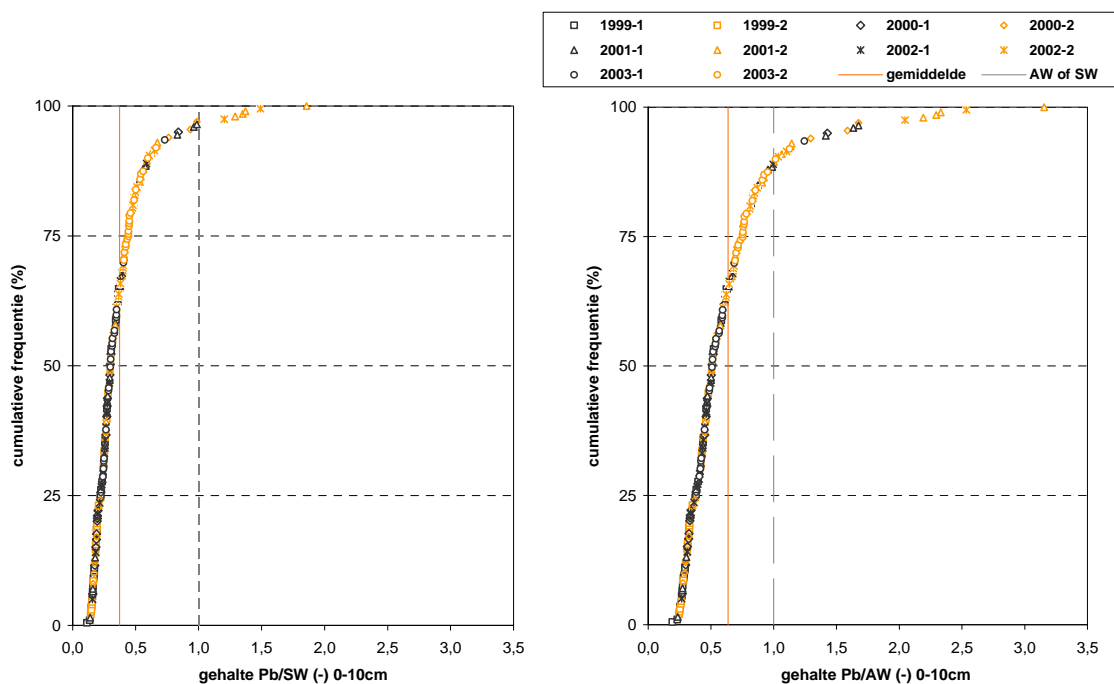
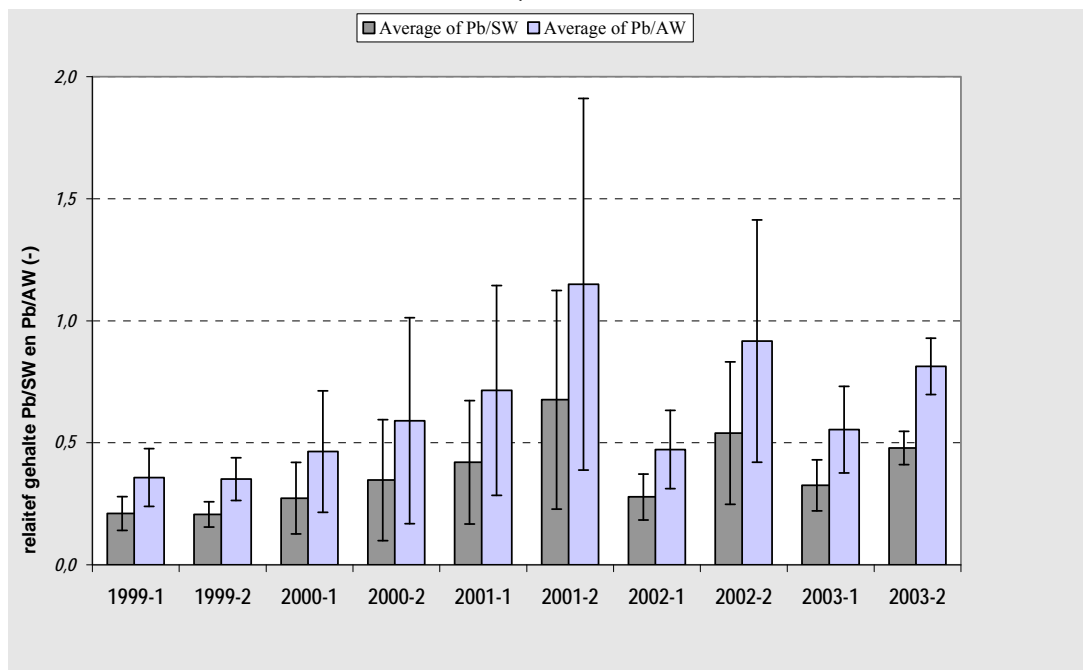


d) Cadmium

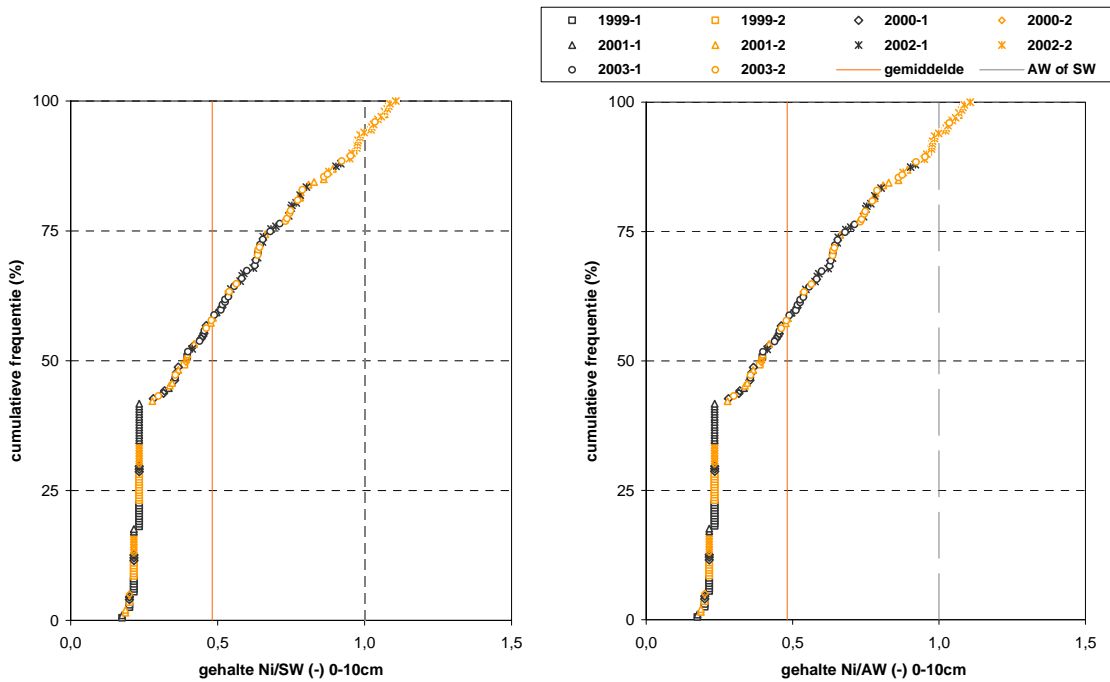
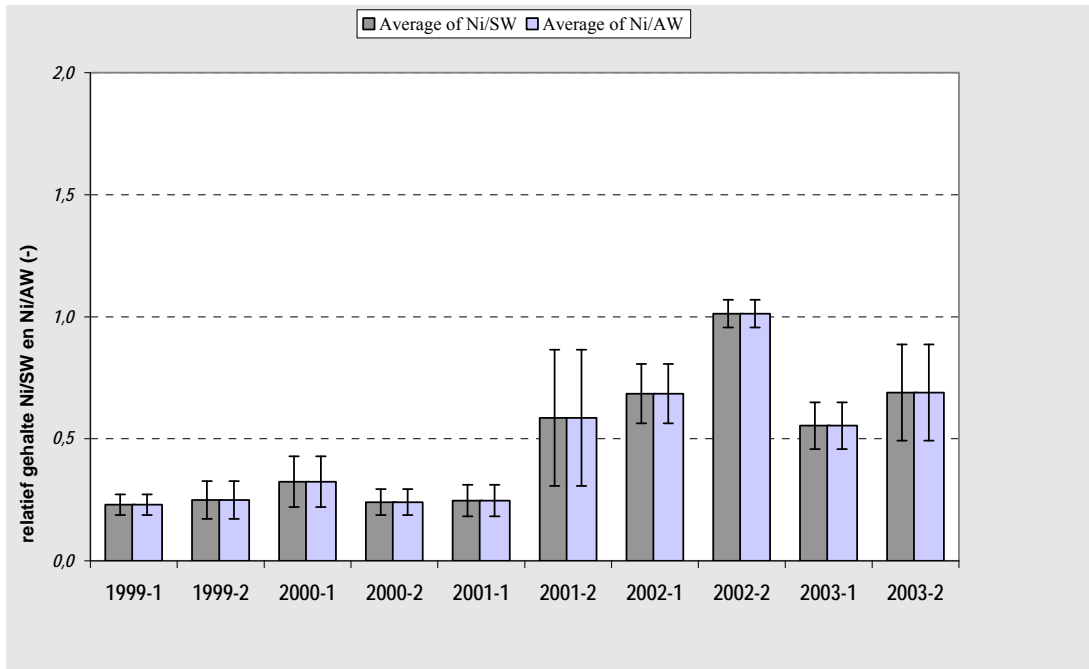




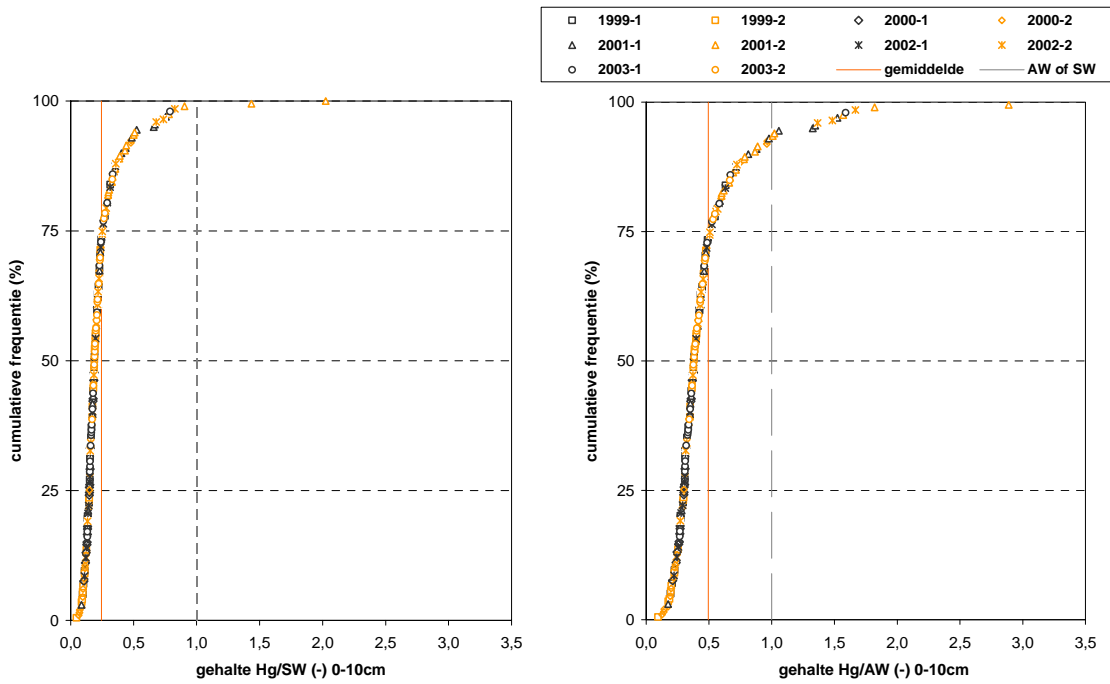
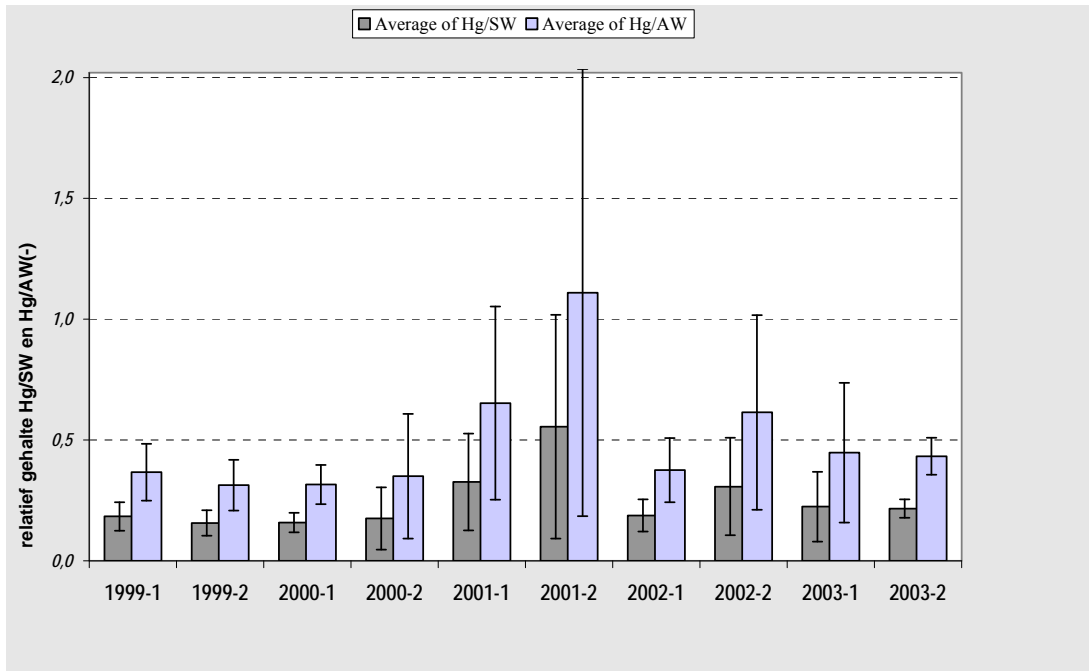
### e) Lood



f) Nikkel



g) Kwik



## Bijlage IX Data van alle bedrijven: eerste LMB-ronde

Van de eerste LMB-ronde 1993–1997 worden per categorie van alle bedrijven weergegeven het 25- en 75-percentiel, de mediaan en het gemiddelde. Zie ook Tabel 11 voor een toelichting op de begrippen alle bedrijven en kerngroepbedrijven. Organische stof is gegeven in % droge stof en zware metalen in mg/kg. Bron: Bronswijk et al., 2003 en onderliggende jaarrapporten.

Categorie		org stof	Zn	Cu	Cr	Cd	Pb	Ni	Hg
Categorie 1	25-percentiel	6,39	20,94	9,33	13,60	0,22	12,50		0,04
	mediaan	7,07	27,55	10,60	16,63	0,25	14,18		0,05
	gemiddelde	9,13	28,56	11,56	17,79	0,28	17,28		0,07
	75-percentiel	10,28	34,64	12,49	21,18	0,29	19,74		0,07
Categorie 2	25-percentiel	4,20	28,49	10,82	13,20	0,22	13,17		0,03
	mediaan	5,52	31,65	11,49	16,55	0,24	14,51		0,04
	gemiddelde	5,17	31,93	11,34	17,55	0,29	15,43		0,04
	75-percentiel	5,95	36,73	11,75	20,11	0,39	17,59		0,05
Categorie 3	25-percentiel	4,93	23,96	11,79	19,54	0,33	13,27		0,02
	mediaan	5,54	28,48	13,30	23,15	0,38	15,56		0,03
	gemiddelde	5,52	30,43	14,39	22,94	0,42	16,12		0,03
	75-percentiel	6,26	34,62	15,85	26,61	0,45	17,94		0,04
Categorie 4 strooisel	25-percentiel	70,62	92,14	16,94	10,57	0,61	89,98		0,27
	mediaan	70,62	92,14	16,94	10,57	0,76	89,98		0,27
	gemiddelde	5,95	62,01	4,97	2,16	1,09	30,91		0,05
	75-percentiel	5,95	62,01	4,97	2,16	1,37	30,91		0,05
Categorie 4 zand	25-percentiel	4,78	7,27	1,44	8,34	0,21	16,09		0,02
	mediaan	6,40	7,82	2,17	11,44	0,26	19,52		0,03
	gemiddelde	6,40	10,14	2,46	14,41	0,28	23,86		0,04
	75-percentiel	8,03	10,46	3,70	18,75	0,33	25,26		0,04
Categorie 5	25-percentiel	7,74	22,21	14,86	18,14	0,20	18,91		0,00
	mediaan	12,18	27,23	17,18	19,57	0,28	33,73		0,06
	gemiddelde	11,86	31,59	19,54	21,10	0,27	32,40		0,07
	75-percentiel	14,24	35,64	23,13	23,66	0,34	41,18		0,12
Categorie 6	25-percentiel	21,20	73,69	18,87	48,09	0,59	39,96		0,09
	mediaan	26,84	148,29	48,93	59,17	0,75	61,48		0,20
	gemiddelde	26,94	126,18	42,14	62,98	0,73	92,17		0,25
	75-percentiel	30,68	163,20	53,75	85,25	0,84	128,52		0,33
Categorie 7	25-percentiel	1,93	45,54	9,59	49,84	0,22	14,93		0,04
	mediaan	2,26	51,79	11,89	54,00	0,26	16,46		0,05
	gemiddelde	2,39	71,07	14,21	54,93	0,31	22,12		0,07
	75-percentiel	2,48	62,33	16,75	58,47	0,29	20,42		0,06
Categorie 8	25-percentiel	6,88	119,83	29,69	74,67	0,49	38,56		0,07
	mediaan	8,48	138,22	32,53	84,24	0,54	45,80		0,08
	gemiddelde	9,13	158,81	32,11	83,69	0,64	50,86		0,10
	75-percentiel	11,01	153,50	36,51	95,41	0,63	54,39		0,10
categorie 9	25-percentiel	4,48	55,81	10,16	52,68	0,23	20,36		0,04
	mediaan	6,46	69,80	14,66	63,43	0,27	24,43		0,04
	gemiddelde	6,22	71,87	13,87	63,52	0,27	25,99		0,05
	75-percentiel	7,81	83,91	17,41	73,12	0,29	28,13		0,06



## Bijlage X Data van alle bedrijven: herhaling eerste LMB-ronde

Van de herhaling eerste LMB-ronde 1993–1997 worden per categorie van alle bedrijven weergegeven het 25- en 75-percentiel, de mediaan en het gemiddelde. Zie ook Tabel 11 voor een toelichting op de begrippen alle bedrijven en kerngroepbedrijven. Organische stof is gegeven in % droge stof en zware metalen in mg/kg. Bron: ongepubliceerde data.

		org stof	Zn	Cu	Cr	Cd	Pb	Ni	Hg
categorie 1	25-percentiel	5,90	15,86	7,53	16,81	0,18	10,70	2,10	0,03
	mediaan	6,40	20,30	9,42	20,26	0,19	12,67	2,10	0,04
	gemiddelde	8,56	22,38	10,17	20,92	0,23	15,34	2,66	0,04
	75-percentiel	9,30	26,48	10,81	23,47	0,24	16,08	2,10	0,05
categorie 2	25-percentiel	3,85	21,19	9,57	19,60	0,20	11,18	2,10	0,03
	mediaan	5,30	25,14	10,29	22,25	0,24	12,45	2,10	0,03
	gemiddelde	4,93	23,58	10,66	23,52	0,23	13,45	2,57	0,03
	75-percentiel	5,50	27,49	10,42	28,10	0,26	14,95	2,10	0,04
Categorie 3	25-percentiel	5,00	24,66	11,03	20,81	0,19	12,01	2,80	0,03
	mediaan	5,20	27,88	13,81	24,20	0,22	12,34	2,80	0,03
	gemiddelde	5,36	30,31	13,61	23,70	0,24	13,58	3,19	0,04
	75-percentiel	6,10	32,91	14,67	25,29	0,24	16,02	2,80	0,04
categorie 4 Strooisel	25-percentiel	69,70	54,40	12,31	10,21	0,42	73,96	2,80	0,21
	mediaan	72,95	64,18	14,73	11,54	0,55	85,98	2,80	0,24
	gemiddelde	72,28	91,29	15,80	12,39	0,72	91,78	3,78	0,25
	75-percentiel	76,45	98,43	17,29	15,21	0,72	99,92	4,86	0,25
Categorie 4 Zand	25-percentiel	4,60	4,84	1,52	6,14	0,07	12,66	2,80	0,03
	mediaan	5,65	6,35	1,92	12,57	0,11	14,70	2,80	0,03
	gemiddelde	5,84	8,32	2,69	12,61	0,12	19,18	2,80	0,04
	75-percentiel	7,10	8,70	3,68	16,55	0,14	19,63	2,80	0,04
Categorie 5	25-percentiel	7,30	27,61	12,98	17,76	0,15	15,14	2,80	0,04
	mediaan	10,80	32,26	16,19	20,07	0,21	20,87	2,80	0,07
	gemiddelde	10,99	35,15	18,07	21,23	0,22	28,54	2,80	0,09
	75-percentiel	13,03	39,99	21,80	24,72	0,26	38,84	2,80	0,12
Categorie 6	25-percentiel	19,03	78,36	18,02	48,57	0,49	43,95	12,65	0,11
	mediaan	26,00	132,15	43,57	60,95	0,62	69,15	19,88	0,17
	gemiddelde	23,89	122,34	36,54	62,67	0,62	78,55	26,84	0,20
	75-percentiel	28,63	168,37	51,24	84,44	0,78	97,42	45,58	0,25
Categorie 7	25-percentiel	1,70	41,13	7,58	49,56	0,21	13,65	12,23	0,04
	mediaan	2,00	47,55	9,79	54,69	0,24	15,29	14,49	0,05
	gemiddelde	2,05	49,97	10,58	55,45	0,25	16,15	15,84	0,05
	75-percentiel	2,20	53,35	12,40	59,18	0,27	17,32	20,58	0,06
Categorie 8	25-percentiel	6,53	119,24	28,69	71,07	0,51	40,44	43,50	0,07
	mediaan	7,90	132,69	31,50	76,28	0,53	43,35	49,44	0,08
	gemiddelde	8,20	153,07	30,73	75,57	0,71	51,58	47,99	0,10
	75-percentiel	9,83	149,12	35,34	83,00	0,65	48,40	54,79	0,10
Categorie 9	25-percentiel	4,50	48,74	11,68	56,52	0,25	20,72	19,04	0,05
	mediaan	6,80	63,35	13,66	71,05	0,26	25,40	21,30	0,05
	gemiddelde	6,15	65,22	14,13	69,15	0,27	26,01	23,47	0,06
	75-percentiel	7,30	79,43	16,20	78,83	0,28	31,41	26,72	0,07



## Bijlage XI Data van alle bedrijven: tweede LMB-ronde

Van de tweede LMB-ronde 1999–2003 worden per categorie van alle bedrijven weergegeven het 25- en 75-percentiel, de mediaan en het gemiddelde. Zie ook Tabel 11 voor een toelichting op de begrippen alle bedrijven en kerngroepbedrijven. Organische stof is gegeven in % droge stof en zware metalen in mg/kg.

		org stof	Zn	Cu	Cr	Cd	Pb	Ni	Hg
categorie 1	25-percentiel	6,58	21,96	8,39	17,90	0,18	9,86	2,10	0,03
	mediaan	8,45	26,13	9,72	20,25	0,20	11,68	2,10	0,04
	gemiddelde	8,73	28,10	10,05	21,08	0,21	12,94	2,23	0,04
	75-percentiel	10,63	33,74	11,84	22,83	0,24	14,64	2,10	0,05
categorie 2	25-percentiel	3,95	24,34	9,03	20,48	0,19	9,30	2,10	0,02
	mediaan	4,65	28,84	10,77	25,27	0,21	11,15	2,10	0,04
	gemiddelde	5,09	29,24	10,64	24,79	0,22	11,91	2,60	0,03
	75-percentiel	5,94	35,07	12,06	28,63	0,25	14,72	2,10	0,04
categorie 3	25-percentiel	4,88	27,10	11,63	17,47	0,19	11,50	2,80	0,03
	mediaan	5,65	31,92	13,10	20,40	0,21	14,37	4,49	0,03
	gemiddelde	5,68	33,66	14,10	20,40	0,26	16,19	4,40	0,03
	75-percentiel	6,40	38,42	15,84	22,25	0,23	17,31	5,53	0,04
categorie 4 Strooisel	25-percentiel	49,55	54,03	13,19	11,51	0,44	70,66	5,66	0,17
	mediaan	64,90	62,75	16,47	12,42	0,51	77,15	6,74	0,20
	gemiddelde	62,37	79,95	17,21	14,05	0,66	82,43	6,81	0,21
	75-percentiel	79,03	67,17	19,78	15,15	0,61	95,53	7,55	0,24
categorie 4 Zand	25-percentiel	3,70	4,94	1,72	10,35	0,05	10,56	2,80	0,02
	mediaan	5,10	6,11	2,23	13,70	0,10	15,72	2,80	0,03
	gemiddelde	5,66	10,31	3,00	14,93	0,13	20,79	3,09	0,04
	75-percentiel	7,48	8,92	3,23	18,70	0,14	19,19	2,80	0,04
categorie 5	25-percentiel	6,45	21,23	12,63	14,00	0,16	15,13	2,80	0,04
	mediaan	8,55	23,67	13,71	15,93	0,18	19,42	2,80	0,05
	gemiddelde	9,31	28,27	15,81	18,72	0,19	26,38	3,02	0,07
	75-percentiel	12,05	34,62	17,58	22,38	0,21	34,55	2,80	0,11
categorie 6	25-percentiel	19,70	62,30	16,34	35,54	0,40	31,26	8,13	0,09
	mediaan	25,70	94,18	27,68	46,86	0,55	59,03	18,04	0,14
	gemiddelde	25,37	110,15	35,19	55,18	0,58	69,93	23,97	0,18
	75-percentiel	30,00	154,83	52,24	76,56	0,74	86,86	43,19	0,20
categorie 7	25-percentiel	1,90	41,86	8,46	47,40	0,22	15,37	14,89	0,04
	mediaan	2,10	47,03	10,43	54,22	0,24	18,14	17,91	0,04
	gemiddelde	2,24	50,02	10,73	53,26	0,25	19,05	17,96	0,05
	75-percentiel	2,30	54,21	12,24	59,50	0,30	20,20	21,22	0,05
categorie 8	25-percentiel	6,00	114,01	27,91	72,00	0,50	39,31	40,77	0,07
	mediaan	7,80	135,11	29,92	75,30	0,53	44,00	48,55	0,08
	gemiddelde	8,02	150,98	30,16	74,62	0,66	48,92	45,46	0,10
	75-percentiel	9,83	150,76	33,53	80,92	0,62	50,32	51,97	0,10
categorie 9	25-percentiel	5,10	48,21	11,29	57,31	0,24	20,87	14,16	0,05
	mediaan	6,75	61,35	12,97	68,20	0,26	25,93	19,04	0,06
	gemiddelde	6,24	63,00	13,26	66,57	0,27	27,20	19,88	0,07
	75-percentiel	7,78	76,48	14,78	74,03	0,28	30,56	23,43	0,06





## Bijlage XII Data van de kerngroepbedrijven: eerste LMB-ronde

Van de kerngroepbedrijven van de eerste LMB-ronde 1993–1997 worden per categorie weergegeven het 25- en 75-percentiel, de mediaan en het gemiddelde. Zie ook Tabel 11 voor een toelichting op de begrippen alle bedrijven en kerngroepbedrijven. Organische stof is gegeven in % droge stof en zware metalen in mg/kg. Bron: Bronswijk et al., 2003 en onderliggende jaarrapporten.

		org stof	Zn	Cu	Cr	Cd	Pb	Ni	Hg
categorie 1	25-percentiel	6,34	21,20	9,30	13,63	0,23	12,60		0,04
	mediaan	7,07	27,55	10,60	16,63	0,25	14,18		0,05
	gemiddelde	9,10	28,86	11,43	18,07	0,29	17,68		0,07
	75-percentiel	9,70	33,45	11,63	21,50	0,29	20,60		0,07
categorie 2	25-percentiel	4,17	28,20	10,81	13,18	0,21	13,05		0,03
	mediaan	5,69	31,48	11,45	16,33	0,24	13,98		0,04
	gemiddelde	5,23	30,67	11,31	17,42	0,28	15,28		0,04
	75-percentiel	6,02	35,13	11,69	20,19	0,37	16,95		0,05
categorie 3	25-percentiel	5,00	24,00	11,89	19,71	0,32	13,35		0,02
	mediaan	5,55	28,36	13,19	23,03	0,38	15,53		0,03
	gemiddelde	5,58	30,68	14,15	22,84	0,40	16,14		0,03
	75-percentiel	6,23	34,56	15,78	26,57	0,45	17,64		0,04
categorie 4 strooisel	25-percentiel	67,81	56,10	13,73	8,98	0,61	65,69		0,24
	mediaan	70,93	68,14	15,68	9,92	0,76	82,76		0,27
	gemiddelde	70,62	92,14	16,94	10,57	1,09	89,98		0,27
	75-percentiel	75,36	100,05	18,09	11,93	1,37	99,79		0,28
categorie 4 zand	25-percentiel	4,78	7,27	1,44	8,34	0,21	16,09		0,02
	mediaan	6,40	7,82	2,17	11,44	0,26	19,52		0,03
	gemiddelde	6,40	10,14	2,46	14,41	0,28	23,86		0,04
	75-percentiel	8,03	10,46	3,70	18,75	0,33	25,26		0,04
categorie 5	25-percentiel	7,59	22,54	14,86	18,34	0,20	18,12		0,00
	mediaan	12,54	28,30	17,77	19,86	0,29	37,11		0,06
	gemiddelde	12,01	32,12	19,67	21,33	0,27	32,42		0,07
	75-percentiel	14,49	36,42	23,28	24,09	0,34	41,28		0,12
categorie 6	25-percentiel	20,13	72,52	17,46	51,08	0,57	38,04		0,09
	mediaan	26,29	129,02	45,84	64,46	0,73	52,57		0,15
	gemiddelde	24,72	117,82	37,98	65,05	0,71	72,55		0,19
	75-percentiel	29,66	162,09	53,10	87,88	0,83	88,30		0,25
categorie 7	25-percentiel	1,95	43,95	9,25	43,83	0,21	14,90		0,04
	mediaan	2,25	50,08	11,38	53,45	0,25	15,78		0,05
	gemiddelde	2,34	53,70	12,09	52,73	0,25	17,50		0,05
	75-percentiel	2,30	61,28	15,87	58,38	0,27	19,44		0,06
categorie 8	25-percentiel	6,78	122,61	28,66	74,36	0,51	42,92		0,07
	mediaan	8,44	138,22	32,53	84,24	0,56	46,75		0,08
	gemiddelde	8,90	161,95	31,90	82,96	0,67	53,34		0,10
	75-percentiel	10,56	153,11	36,20	94,42	0,63	54,99		0,10
categorie 9	25-percentiel	4,58	56,33	10,58	53,28	0,25	20,61		0,04
	mediaan	6,85	70,65	14,88	69,15	0,28	24,87		0,04
	gemiddelde	6,22	73,15	14,70	65,55	0,28	26,80		0,05
	75-percentiel	7,70	90,48	17,68	73,70	0,29	29,09		0,06



## Bijlage XIII Data van de kerngroepbedrijven: herhaling eerste LMB-ronde

Van de kerngroepbedrijven herhaling eerste LMB-ronde 1993–1997 worden per categorie weergegeven het 25- en 75-percentiel, de mediaan en het gemiddelde. Zie ook Tabel 11 voor een toelichting op de begrippen alle bedrijven en kerngroepbedrijven. Organische stof is gegeven in % droge stof en zware metalen in mg/kg. Bron: ongepubliceerde data.

		org stof	Zn	Cu	Cr	Cd	Pb	Ni	Hg
categorie 1	25-percentiel	5,90	15,86	7,53	16,81	0,18	10,70	2,10	0,03
	mediaan	6,40	20,30	9,42	20,26	0,19	12,67	2,10	0,04
	gemiddelde	8,56	22,38	10,17	20,92	0,23	15,34	2,66	0,04
	75-percentiel	9,30	26,48	10,81	23,47	0,24	16,08	2,10	0,05
categorie 2	25-percentiel	3,85	21,19	9,57	19,60	0,20	11,18	2,10	0,03
	mediaan	5,30	25,14	10,29	22,25	0,24	12,45	2,10	0,03
	gemiddelde	4,93	23,58	10,66	23,52	0,23	13,45	2,57	0,03
	75-percentiel	5,50	27,49	10,42	28,10	0,26	14,95	2,10	0,04
categorie 3	25-percentiel	5,00	24,66	11,03	20,81	0,19	12,01	2,80	0,03
	mediaan	5,20	27,88	13,81	24,20	0,22	12,34	2,80	0,03
	gemiddelde	5,36	30,31	13,61	23,70	0,24	13,58	3,19	0,04
	75-percentiel	6,10	32,91	14,67	25,29	0,24	16,02	2,80	0,04
categorie 4 strooisel	25-percentiel	69,70	54,40	12,31	10,21	0,42	73,96	2,80	0,21
	mediaan	72,95	64,18	14,73	11,54	0,55	85,98	2,80	0,24
	gemiddelde	72,28	91,29	15,80	12,39	0,72	91,78	3,78	0,25
	75-percentiel	76,45	98,43	17,29	15,21	0,72	99,92	4,86	0,25
categorie 4 zand	25-percentiel	4,60	4,84	1,52	6,14	0,07	12,66	2,80	0,03
	mediaan	5,65	6,35	1,92	12,57	0,11	14,70	2,80	0,03
	gemiddelde	5,84	8,32	2,69	12,61	0,12	19,18	2,80	0,04
	75-percentiel	7,10	8,70	3,68	16,55	0,14	19,63	2,80	0,04
categorie 5	25-percentiel	7,30	27,61	12,98	17,76	0,15	15,14	2,80	0,04
	mediaan	10,80	32,26	16,19	20,07	0,21	20,87	2,80	0,07
	gemiddelde	10,99	35,15	18,07	21,23	0,22	28,54	2,80	0,09
	75-percentiel	13,03	39,99	21,80	24,72	0,26	38,84	2,80	0,12
categorie 6	25-percentiel	19,03	78,36	18,02	48,57	0,49	43,95	12,65	0,11
	mediaan	26,00	132,15	43,57	60,95	0,62	69,15	19,88	0,17
	gemiddelde	23,89	122,34	36,54	62,67	0,62	78,55	26,84	0,20
	75-percentiel	28,63	168,37	51,24	84,44	0,78	97,42	45,58	0,25
categorie 7	25-percentiel	1,70	41,13	7,58	49,56	0,21	13,65	12,23	0,04
	mediaan	2,00	47,55	9,79	54,69	0,24	15,29	14,49	0,05
	gemiddelde	2,05	49,97	10,58	55,45	0,25	16,15	15,84	0,05
	75-percentiel	2,20	53,35	12,40	59,18	0,27	17,32	20,58	0,06
categorie 8	25-percentiel	6,53	119,24	28,69	71,07	0,51	40,44	43,50	0,07
	mediaan	7,90	132,69	31,50	76,28	0,53	43,35	49,44	0,08
	gemiddelde	8,20	153,07	30,73	75,57	0,71	51,58	47,99	0,10
	75-percentiel	9,83	149,12	35,34	83,00	0,65	48,40	54,79	0,10
categorie 9	25-percentiel	4,50	48,74	11,68	56,52	0,25	20,72	19,04	0,05
	mediaan	6,80	63,35	13,66	71,05	0,26	25,40	21,30	0,05
	gemiddelde	6,15	65,22	14,13	69,15	0,27	26,01	23,47	0,06
	75-percentiel	7,30	79,43	16,20	78,83	0,28	31,41	26,72	0,07



## Bijlage XIV Data van de kerngroepbedrijven: tweede LMB-ronde

Van de kerngroepbedrijven van de tweede LMB-ronde 1999–2003 worden per categorie weergegeven het 25- en 75-percentiel, de mediaan en het gemiddelde. Zie ook Tabel 11 voor een toelichting op de begrippen alle bedrijven en kerngroepbedrijven. Organische stof is gegeven in % droge stof en zware metalen in mg/kg.

		org stof	Zn	Cu	Cr	Cd	Pb	Ni	Hg
categorie 1	25-percentiel	6,70	21,17	7,76	17,63	0,17	9,86	2,10	0,03
	mediaan	8,80	25,54	9,65	19,07	0,19	10,40	2,10	0,04
	gemiddelde	8,94	26,93	9,63	20,18	0,20	11,83	2,26	0,04
	75-percentiel	10,50	33,70	10,79	21,95	0,21	13,16	2,10	0,05
categorie 2	25-percentiel	4,45	25,46	9,91	19,90	0,18	9,93	2,10	0,03
	mediaan	5,40	30,68	11,39	23,81	0,21	11,23	2,10	0,04
	gemiddelde	5,49	30,71	11,16	24,02	0,22	11,84	2,77	0,04
	75-percentiel	6,30	35,73	12,20	27,82	0,26	14,10	2,10	0,04
categorie 3	25-percentiel	4,90	26,55	11,43	17,31	0,18	11,41	2,80	0,03
	mediaan	5,60	30,01	12,46	19,58	0,21	12,03	4,50	0,03
	gemiddelde	5,68	32,51	13,52	19,92	0,23	16,11	4,51	0,03
	75-percentiel	6,40	34,47	15,14	21,79	0,23	17,17	5,45	0,04
categorie 4 strooisel	25-percentiel	49,55	54,03	13,19	11,51	0,44	70,66	5,66	0,17
	mediaan	64,90	62,75	16,47	12,42	0,51	77,15	6,74	0,20
	gemiddelde	62,37	79,95	17,21	14,05	0,66	82,43	6,81	0,21
	75-percentiel	79,03	67,17	19,78	15,15	0,61	95,53	7,55	0,24
categorie 4 zand	25-percentiel	3,70	4,94	1,72	10,35	0,05	10,56	2,80	0,02
	mediaan	5,10	6,11	2,23	13,70	0,10	15,72	2,80	0,03
	gemiddelde	5,66	10,31	3,00	14,93	0,13	20,79	3,09	0,04
	75-percentiel	7,48	8,92	3,23	18,70	0,14	19,19	2,80	0,04
categorie 5	25-percentiel	6,65	21,84	12,79	14,81	0,16	15,10	2,80	0,04
	mediaan	8,80	23,67	14,39	16,35	0,19	18,31	2,80	0,05
	gemiddelde	9,61	29,17	16,17	19,72	0,20	26,75	3,04	0,07
	75-percentiel	12,35	35,34	19,17	22,65	0,22	35,44	2,80	0,11
categorie 6	25-percentiel	18,75	68,57	16,45	39,31	0,42	34,59	10,08	0,10
	mediaan	24,65	126,15	46,73	59,28	0,56	64,80	21,89	0,14
	gemiddelde	24,29	118,61	38,18	58,75	0,61	76,17	27,12	0,20
	75-percentiel	29,90	158,93	54,01	78,12	0,78	98,28	48,31	0,23
categorie 7	25-percentiel	1,90	42,00	8,64	47,50	0,22	15,33	15,26	0,04
	mediaan	2,10	44,98	10,33	53,33	0,25	17,72	17,65	0,05
	gemiddelde	2,22	50,61	10,66	53,89	0,26	18,81	17,89	0,05
	75-percentiel	2,30	53,45	11,58	59,48	0,30	20,09	21,14	0,06
categorie 8	25-percentiel	6,03	125,82	28,11	72,50	0,51	40,61	41,50	0,07
	mediaan	7,90	137,24	29,92	75,40	0,54	44,40	49,06	0,08
	gemiddelde	8,39	157,55	30,35	75,22	0,69	50,67	46,47	0,10
	75-percentiel	9,88	159,22	33,45	81,68	0,64	52,57	52,43	0,10
categorie 9	25-percentiel	5,10	48,93	11,15	57,57	0,23	21,78	13,24	0,05
	mediaan	6,70	63,10	12,96	71,27	0,26	29,12	19,43	0,05
	gemiddelde	6,22	64,82	13,23	67,37	0,27	28,12	20,42	0,07
	75-percentiel	8,00	78,21	15,60	74,43	0,28	31,85	23,85	0,07



## Lijst van afkortingen

AAS	Atomic Adsorption Spectometry
CEC	cationic exchange capacity
GC-MS	gaschromatograaf-massaspectrometer
HPLC	High Pressure Liquid Chromatography
ICP-MS	Induced Coupled Plasma massaspectrometer
LEI	Landbouw Economisch Instituut (onderdeel van WUR)
LMB	Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit
LMM	Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid
NEG	De bedrijfsomvang en het bedrijfstype van agrarische bedrijven worden meestal vastgesteld met behulp van Nederlandse grootte-eenheden (nge).
NITG	Nederlands Instituut Toegepaste Geowetenschappen (onderdeel van TNO)
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu

### Stofnamen:

PAK	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen
ANT	anthraceen
BaA	benzo(a)anthraceen
BaP	benzo(a)pyreen
BkF	benzo(k)fluorantheen
BPE	benzo(ghi)peryleen
CHR	chryseen
FLT	fluorantheen
IPY	indeno(1,2,3-cd)pyreen
NPH	naftaleen
PHE	fenanthreen
som-PAK	som van 10 PAK zoals is vastgesteld in VROM (2000); NPH, PHE, ANT, FLT, BaA, CHR, BkF, BaP, BPE, IPY
OCB	Organochloorbestrijdingsmiddelen
$\alpha$ -HCH	$\alpha$ -hexachloorcyclohexaan
$\beta$ -HCH	$\beta$ -hexachloorcyclohexaan
$\gamma$ -HCH	$\gamma$ -hexachloorcyclohexaan
$\delta$ -HCH	$\delta$ -hexachloorcyclohexaan
HCB	hexachloorbenzeen
Hepta	heptachloor
$\beta$ -hepo	$\beta$ -heptachloorepoxide
$\alpha$ -endo	$\alpha$ -endosulfan
$\beta$ -endo	$\beta$ -endosulfan
som-DDT	som van DDT, DDD en DDE, is gelijk aan de som van de geanalyseerde stoffen: ppDDE, ppTDE, opDDT en ppDDT
som-drins	som van aldrin, dieldrin en endrin
som-HCH	som van de HCH-verbindingen $\alpha$ -HCH, $\beta$ -HCH, $\gamma$ -HCH en $\delta$ -HCH



**RIVM**

Rijksinstituut  
voor Volksgezondheid  
en Milieu

Postbus 1  
3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)