

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU
BILTHOVEN

BEDRIJFSLABORATORIUM VOOR GROND EN GEWASONDERZOEK
OOSTERBEEK

RIVM-rapport 714801003

**Bodemkwaliteitskartering van de
Nederlandse landbouwgronden**

P. Lagas en M.S.M. Groot (eds.)

februari 1996

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van het Directoraat Generaal Milieubeheer in het kader van het project Monitoring (projectnummer 714801), deelproject Bodemkwaliteitskartering (deelprojectnummer 714824).

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven,
tel. 030-2749111, fax 030-2742971.

Verzendlijst

- 1-4 Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Bodem
- 5 Plv. Directeur Generaal Milieubeheer
- 6 Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Stoffen, Veiligheid en Straling
- 7 dr. J.M.Roels (DGM-Bodem)
- 8 ir. J.G.Robberse (DGM-Bodem)
- 9 drs. C.A.J. Denneman (DGM-Bodem)
- 10 drs. N.H.S.M. de Wit (DGM-Bodem)
- 11 ir. P.L.C.M. Henkens (DGM-DWL)
- 12 ir. H.O. Hooghoudt (DGM-DWL)
- 13 ir. K.P. van Herwaarden (DGM-DWL)
- 14 ir. S.C.M. Hoogvelt (Provincie Gelderland)
- 15 ir. L. van Hulten (Provincie Utrecht)
- 16 ir. F.J.G. Padt (Provincie Flevoland)
- 17 ir. R.J. Siebinga (Provincie Noord-Brabant)
- 18 ir. H. Scholtens (Provincie Groningen)
- 19 ir. J. Tadema (Provincie Friesland)
- 20 ing. W. Seine (Provincie Drenthe)
- 21 ir. M. Heuvelink (Provincie Overijssel)
- 22 drs. E. Khodabux (Provincie Noord-Holland)
- 23 drs. E. van Mourik (Provincie Zuid-Holland)
- 24 drs. A. Vos (Provincie Zeeland)
- 25 drs. T. Arts (Provincie Limburg)
- 26 ir. W. de Hoop (LEI-DLO)
- 27 drs. P. del Castilho (AB-DLO)
- 28 dr. W. Salomons (AB-DLO)
- 29 ir. W. Luten (PR)
- 30 ir. P.M. Smorenberg (PAGV)
- 31 dr. ir. C.L.J. van der Meer (LNV/DWK)
- 32 dr. ir. T. Breimer (IKC-MT)
- 33 dr. A. Desaulles (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, Zwitserland)
- 34 dr. B. Schilling (Bayerische Geologisch Bundesamt, Munchen, Duitsland)
- 35 Directeur Bedrijfslaboratorium voor Grond en Gewasonderzoek
- 36 Depôt voor Nederlandse Publicaties en Nederlandse Bibliografie
- 37 directie RIVM
- 38 ir. F. Langeweg (directeur Sector Milieuonderzoek)
- 39 dr. H.J. van 't Klooster (directeur Sector Analytisch Chemische Laboratoria)
- 40 ir. R. van den Berg (hoofd LBG)
- 41 dr. P. van Zoonen (plv. hoofd LOC)
- 42 drs. L.H.M. Kohsiek (hoofd LAE)
- 43 ir. W. van Duijvenbooden (LBG)
- 44 drs. J. Wiertz (LBG)

45	dr. ir. J.J.M. van Grinsven (LBG)
46	dr. ir. J.J.B. Bronswijk (LBG)
47	ir. A.M.A. van der Linden (LBG)
48	drs. R. van der Velde (LBG)
49	ir. L.J.M. Boumans (LBG)
50	ir. G. van Drecht (LBG)
51	dr. ir. J.W. de Kwaadsteniet (LBG)
52	drs. A.J. Schouten (LBG)
53	S. Poldermans (LBG)
54	E. van Welie (LBG)
55	M.L.P. van Esbroek (LBG)
56	E. Smit (LAC)
57	drs R. Ritsema (LAC)
58	drs. J.A. Janus (ACT)
59	dr. J. Struijs (ECO)
60	Hoofd Bureau Voorlichting en Public Relations RIVM
61-90	Auteurs
91-105	BLGG
106	Bureau Rapportenregistratie
107	Bibliotheek RIVM
108-150	Reserve-exemplaren t.b.v. Bureau Rapportenbeheer

Verantwoording

Auteurs

Hoofdstuk 1	W.J. Willems
Hoofdstuk 2	M.S.M. Groot, R. Koops, E. van de Velde (RIVM-LOC), H.A.G. Heusinkveld (RIVM-LOC), A.H.M. Baltissen (BLGG)
Hoofdstuk 3	P. Lagas, J.P.A. Lijzen, H. Booij (RIVM-LAE)
Hoofdstuk 4	M.S.M. Groot, J.B.S. Gan, A.H.M. Baltissen (BLGG)
Hoofdstuk 5	M.S.M. Groot, E. van de Velde (RIVM-LOC), J.B.S. Gan
Hoofdstuk 6	R. Koops, P. Lagas
Hoofdstuk 7	P. Lagas, J.R.M. Alkemade, W.J.Willems, R. Koops, A.H.M. Baltissen (BLGG)

Redactie P. Lagas en M.S.M. Groot m.m.v. W.J. Willems

Met dank aan R. van den Berg, W. van Duijvenbooden, H.A. Vissenberg en J.J.B. Bronswijk voor becommentariëring van het concept-rapport.

INHOUDSOPGAVE

Verzendlijst	2
Verantwoording	4
INHOUDSOPGAVE	5
ABSTRACT	8
SAMENVATTING	10
1 INLEIDING	13
1.1 Aanleiding tot het onderzoek	13
1.2 Doelstelling	13
1.3 Opbouw van het rapport	13
2 MATERIALEN EN METHODEN	15
2.1 LEI-gebieden en combinaties	15
2.2 Verdeling naar grondsoort en grondgebruik	18
2.3 Monsterneming en wijze van mengen	19
2.4 Onderzochte stoffen	20
2.5 Analysemethoden bodemkenmerken	21
2.6 Analysemethoden zware metalen en arseen	22
2.7 Analysemethoden organische verbindingen	23
2.8 Extractiemethode biobeschikbare fractie en analyse-extracten	24
2.9 Presentatiewijze	24
3 BELASTING, ACHTERGRONDGEHALTEN EN NORMSTELLING	26
3.1 Belasting van grasland, bouwland en maïs met koper, zink, lood en cadmium	26
3.2 Belasting met overige metalen, arseen en organische verbindingen	28
3.3 Achtergrondwaarden voor zware metalen in grond	29
3.4 Kwaliteitsdoelstellingen	30
4 RESULTATEN ZWARE METALEN EN ARSEEN	31
4.1 Cadmium	31
4.2 Chroom	35
4.3 Koper	39
4.4 Nikkel	43
4.5 Lood	47
4.6 Zink	51
4.7 Kwik	55

4.8	Arseen	59
4.9	Discussie	63
5	RESULTATEN ORGANISCHE VERBINDINGEN	64
5.1	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's)	64
5.2	Polychloorbifenylen (PCB's)	80
5.3	Lindaan	84
5.4	Triazines	88
5.5	Discussie	89
6	RESULTATEN BESCHIKBARE METAALGEHALTEN	90
6.1	Inleiding	90
6.2	Opzet van het onderzoek	91
6.3	Cadmium	94
6.4	Chroom	97
6.5	Koper	99
6.6	Nikkel	101
6.7	Lood	103
6.8	Arseen	104
6.9	Zink	106
6.10	Natrium, kalium en magnesium	109
6.11	Discussie	113
7	VERGELIJKING ZWARE METAALGEHALTEN IN LANDBOUWGROND IN 1986 EN 1992	115
7.1	Inleiding	115
7.2	Onderzoeksopzet in 1986 en 1992 en toegepaste methoden	115
7.3	Veranderingen in belasting met koper, zink, lood en cadmium van 1980 tot 1990	118
7.4	Resultaten voor grasland op zand	119
7.5	Discussie	121
8	CONCLUSIES	123
	LITERATUUR	127
	BIJLAGEN	131
Bijlage I	Analyseresultaten fysische bodemkenmerken	131
Bijlage II	Analyseresultaten zware metalen en arseen	134
Bijlage III	Analyseresultaten polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)	137
Bijlage IV	Analyseresultaten polychloorbifenylen (PCB's) en lindaan	139
Bijlage V	Analyseresultaten triazines	141

Bijlage VI	Totale en beschikbare metaalgehalten voor verschillende combinaties grondgebruik/grondsoort	142
Bijlage VII	Beschikbare metaalconcentraties in CaCl_2 -extracten voor verschillende combinaties grondgebruik/grondsoort	144
Bijlage VIII	Beschikbare concentraties magnesium, kalium, natrium en zink in CaCl_2 -extracten	145
Bijlage IX	Totale en beschikbare metaalgehalten ten opzichte van de streefwaarde van bodem	148
Bijlage X	Totaal metaalgehalten voor verschillende combinaties grondgebruik/grondsoort gemeten in 1986 en 1992	149
Bijlage XI	Relatieve metaalgehalten voor verschillende combinaties grondgebruik/grondsoort in 1986 en 1992	150
Bijlage XII	Totaalgehalten zware metalen in monsters uit 1992, onderzocht volgens de in 1986 gangbare analysemethoden	151

ABSTRACT

A research project to assess the quality of agricultural soil in the Netherlands has been carried out by the National Institute of Health and Environmental Protection in coöperation with the Laboratory of Soil and Crop research. A total of 42 different combinations of soil type (sand, fluvial and marine clay, peat and loam) and soil use (grassland, arable land, maize, bulbs and orchards) were selected from 13 agricultural regions in the Netherlands. For each combination four representative mixed samples were made to determine average heavy metal and organic compounds content and to gain insight in spreading in results for parcels in the region.

The representative samples, composed of 20 parcel samples, were analysed for total and bio-available heavy metals (and arsenic) and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH), Polychlorinated Biphenyls (PCB), lindane and triazines. For grasslands and orchards samples were taken from the upper 5 cm and for arable land from the upper 25 cm.

Measured contents of metals and organic compounds were compared to target values (TV) and expressed as relative contents: the actual mean content divided by the respective target value. The results for all types of soil and land use are presented as tables, diagrams and maps.

Metal contents hardly exceed Target Values except for zinc where 20% of the samples shows higher levels. For arsenic and other metals this percentage is smaller than 5%.

Higher contents have been measured in samples from the western and southern parts of the Netherlands due to former land use practise and relatively high atmospheric deposition.

Results of analyses of organic compounds show that in all samples from arable land the content of PAHs exceed the TV. In samples from grassland the highest values were found. However some grassland samples contained PAHs below TVs. The highest content of PAHs is found in the fluvial clay region.

The content of the insecticide lindane exceeds the TV for all samples with highest values for arable land on sandy soil, whereas the content of PCBs exceeded the TV in only four samples.

Due to the detection limit of $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ the comparison with the TV for atrazine (1000 times lower) was only partly possible. For nine samples, mainly from sandy soil, positive analyses could be obtained.

A selection of the soil samples has been extracted with 0.01 M calciumchloride solution in order to define the fraction of bio-available or mobile metals in the soil. The metal concentrations in this solution have been compared to the Target Values for metals in groundwater. The results show that in the analysed samples cadmium is the most bio-available (mobile) metal in soil. In sandy soils about 10% of the total content was extracted and resulted in cadmium concentrations in solution which are 4 x higher than the TV of $0.4 \mu\text{g l}^{-1}$ for groundwater. The bio-availability of cadmium appears to be dependent on soil characteristics like pH, lutum content and organic matter content. The average percentages of bio-availability in other soil types are: 5% in fluvial clay, 3% in peat and 1% in marine clay. In sandy soils 3-9% zinc is available and in other soil types 0.3-1.5%. In the extracts concentrations are 2-10 times higher than concentrations in deep groundwater and also higher than the TV of $50 \mu\text{g l}^{-1}$ are measured. For all soils the bio-availability of copper was about

and 1% in marine clay. In sandy soils 3-9% zinc is available and in other soil types 0.3-1.5%. In the extracts concentrations are 2-10 times higher than concentrations in deep groundwater and also higher than the TV of $50 \mu\text{g l}^{-1}$ are measured. For all soils the bio-availability of copper was about 0.5%, of nickel 1% and of arsenic 0.3% of the total metal content. Lead is almost non-bio-available in soil (max. 0.07%) and this also holds for chromium (max. 0.04%) because of strong sorption to clay minerals and/or organic matter.

Further research is necessary to investigate if target values for bio-available metal content can contribute to assessment of soil quality or judgement of risk with respect to heavy metal contamination.

A comparison between the results of a similar research project which was carried out in 1986 showed hardly any significant differences in metal content in a period of six year. Besides, differences in methods for destruction and analysis of the metals in 1986 and 1992 hamper a good comparison.

In areas with clear differences in metal content these could not be attributed to the metal load of the soil. Due to differences in sampling procedure of the 1986 and 1992 projects, local variation exceeds (eventual) temporal variation. The National Soil Monitoring Network which started in 1993 provides a more solid basis to detect changes in soil quality. This program is carried out with standardized methods for sampling and analyses and is more appropriate to assess changes in soil quality related to changes in loads from different sources.

A research project as the one in hand is more appropriate to assess soil quality with respect to specific chemical substances on a national or regional level.

SAMENVATTING

Om de bodemkwaliteit van landbouwgronden vast te stellen is door het RIVM in samenwerking met het Bedrijfslaboratorium voor Grond en Gewasonderzoek (BLGG) een kartering uitgevoerd, waarbij gebruik is gemaakt van de bodembemonstering die voor het routinematig bodemvruchtbaarheids-onderzoek op de meeste landbouwbedrijven in Nederland wordt uitgevoerd. Verschillende combinaties van grondsoort (zand, rivierklei, zeeklei, leem en veen) en bodemgebruik (grasland, bouwland, maïs, boomgaarden en bloembollenteelt) werden geselecteerd voor 13 LEI-landbouwgebieden, waardoor 42 verschillende combinaties landbouwgrond werden verkregen. Voor elk van de typen landbouwgrond werden 4 representatieve mengmonsters samengesteld (totaal 168 monsters). De mengmonsters waren opgebouwd uit 20 perceelmonsters. In totaal zijn 3024 landbouwpercelen in deze steekproef betrokken.

In de steekproef zijn wat betreft het grondgebruik graslanden enigszins oververtegenwoordigd en zijn bouwland en snijmais ondervertegenwoordigd. Wat betreft grondsoort zijn meer monsters van zandgrond en minder zeekleimonsters onderzocht, vergeleken met de arealen die zij beslaan.

De mengmonsters werden geanalyseerd op totaal en beschikbare zware metalen en arseen en de organische verbindingen PAK's, PCB's, lindaan en triazines. Op grasland en boomgaarden zijn de monsters genomen van een diepte van 0-5 cm en op bouwland, maïs en bloembollenteelt van een diepte van 0-25 cm.

De gemeten totaalgehalten van de grondmonsters werden getoetst aan de streefwaarde (SW) voor het desbetreffende metaal/verbinding. De gemeten concentraties in CaCl_2 -extracten werden getoetst aan de streefwaarden voor grondwaterkwaliteit.

De resultaten van de zware metaalanalyses zijn samengevat in *Tabel A* en laten zien dat overschrijding van de streefwaarden het meest frequent voorkomt bij zink (20% van de monsters). Van koper, lood en kwik is dit het geval bij 5% van de monsters. Voor chroom en nikkel zijn geen waarden hoger dan de streefwaarde geconstateerd. Een groot deel van de monsters bevat metaalgehalten die zelfs lager zijn dan de helft van de streefwaarde.

Tabel A. Toetsing van gemeten arseen- en zware metaalgehalten aan de streefwaarde voor bodem (in % van het totaal aantal waarnemingen).

Metaal	< 0,5 x SW	0,5 x SW - SW	> SW
As	85	14	1
Cd	68	29	3
Cu	35	60	5
Pb	82	13	5
Zn	18	62	20
Cr	99	1	0
Hg	77	18	5
Ni	67	33	0

Overschrijding van streefwaarden is voornamelijk in graslandmonsters geconstateerd.

Regio's met de meeste overschrijding van streefwaarden zijn het Westelijk Weidegebied, het Zuidelijk Zandgebied en het Zuid-Limburgse lössgebied.

In het Westelijk Weidegebied komt streefwaarde-overschrijding van 4 metalen tegelijk voor. Het gaat hier om koper, lood, zink en kwik.

De grondmonsters van de combinaties grondsoort-grondgebruik zijn uit kostenoverwegingen slechts in enkelvoud (aantal: 43) geanalyseerd op een aantal organische verbindingen. Het betreft PAK's, PCB's, lindaan en triazines.

De resultaten van de analyses op PAK's laten zien dat de streefwaarden voor individuele PAK's op grote schaal overschreden worden (tot maximaal 48 x). Er is hierbij geen duidelijk verband met het bodemgebruik. Voor totaal-PAK is de mate van overschrijding van de streefwaarde minder groot. Overschrijding van interventiewaarden is echter niet geconstateerd.

Voor PCB's is slechts in een klein aantal monsters (4 van de 43) overschrijding van streefwaarden waargenomen. Het betreft hier uitsluitend graslandmonsters. De mate van overschrijding is gering (maximaal 4 x).

De gemeten lindaangehalten liggen alle boven de streefwaarde. Circa 67% van de waarnemingen heeft een gehalte dat groter is dan 10x de streefwaarde. Gehalten hoger dan 50x de streefwaarde zijn in 14% van de waarnemingen aangetroffen. De hoogste gehalten zijn in bouwland op zand en maïs op zand gevonden.

De gehalten aan triazines liggen op 9 waarnemingen na beneden de detectiegrens die voor dit onderzoek op $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ lag. De streefwaarde ligt echter 1000 x lager, zodat toetsing aan deze waarde niet goed mogelijk is. Het maximaal gemeten gehalte bedroeg $20 \mu\text{g kg}^{-1}$, hetgeen 1290 x SW is.

De resultaten van de calciumchloride-extracties laten zien dat cadmium van de onderzochte zware metalen het meest mobiel/beschikbaar is in de bodem. In zandgrond is circa 10% van het totaal-cadmiumgehalte beschikbaar. De beschikbaarheid is minder voor rivierklei (circa 5%) en veen (circa 3%) en is het laagst in zeeklei (0,2-1,6%). De in de extracten gemeten concentraties liggen globaal een factor 4 boven de streefwaarde voor grondwater.

Ongeveer 0,5% van het in de bodem aanwezige koper komt beschikbaar met een calciumchloride-extractie. De gemeten concentraties liggen globaal een factor 5 tot 15 boven de concentraties die worden aangetroffen in diep grondwater en liggen in de buurt van de streefwaarde voor grondwater. Gemiddeld is ongeveer 1% van het in de bodem aanwezige nikkel en 0,3% van het in de bodem aanwezige arseen beschikbaar. Lood en chroom zijn in de bodem praktisch niet beschikbaar (maximaal 0,07% lood en maximaal 0,04% chroom). Voor zink is in zandgrond 3-9% beschikbaar en in de andere grondsoorten 0,3-1,5%. In de extracten worden concentraties gemeten die doorgaans boven de streefwaarde voor grondwater liggen en tevens ook een factor 2 tot 10 boven de zinkconcentraties in diep grondwater liggen.

Verder onderzoek is nodig om na te gaan of streefwaarden voor de beschikbare/mobiele fractie aan zware metalen in de bodem een bijdrage kunnen leveren aan de diagnose van bodemkwaliteit en beoordeling van risico's van bodemverontreiniging.

Uit een vergelijking van de metaalgehalten van de bemonsteringen van 1986 en 1992 blijkt in 1992 zowel sprake te zijn van hogere als van lagere gemiddelde gehalten.

Omdat landelijk gezien de koper- en cadmiumbelasting van landbouwgrond sinds 1986 is gedaald is een nadere analyse van de verschillen tussen beide metalen in 1986 en 1992 uitgevoerd om na te gaan of er sprake is van duidelijke verschillen en zo ja, of er een verband is tussen verschillen in metaalgehalte en de belasting. Hiervoor zijn de gegevens voor grasland op zand per LEI gebied nader beschouwd. De 95% betrouwbaarheidsintervallen van de gemiddelde gehalten in 1986 en 1992 geven in het algemeen geen indicatie voor duidelijke verschillen. Voor één gebied (zuidelijk zandgebied) is echter wel sprake van een statistisch gezien duidelijk lager cadmiumgehalte in 1992. Wanneer deze gehalten worden vertaald naar cadmiumvoorraden in de bodem dan is de veranderingen in de bodemvoorraad echter vele malen groter dan uit de afname van de belasting kan worden verklaard.

De conclusie hiervan is dat verschillen in metaalgehalten tussen de bemonsteringen van 1986 en 1992 voornamelijk veroorzaakt worden door het ongelijke karakter van beide steekproeven (niet identieke lokaties). Hierdoor kan een eventuele trendmatige verandering in gehalte die, gelet op de grootte van de verandering in belasting tussen 1986 en 1992 zeer klein zal zijn, niet onderscheiden worden van de veel grotere ruimtelijke variatie (ruis) die voor beide steekproeven niet gelijk is. Bovendien bemoeilijken opgetreden veranderingen in destructiemethode conclusies over trends.

Herhaling van een kartering als in dit rapport is beschreven is zinvol als er behoefte is aan een landelijk of regionaal beeld van de bodemkwaliteit voor specifieke stoffen. Voor trenddetectie is een dergelijk onderzoek echter minder bruikbaar, omdat met de hier gebruikte bemonsteringsstrategie geen identieke steekproeven genomen kunnen worden.

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding tot het onderzoek

Monitoring van de kwaliteit van het milieu, waaronder de bodem en het grondwater, is een belangrijk onderdeel van de diagnostiek van het RIVM. Behalve uit meetnetten met vaak vaste lokaties kan ook kwaliteitsinformatie uit karteringen worden afgeleid. Karteringen zijn min of meer landsdekkende onderzoeken die veelal eenmalig van karakter zijn. Op basis hiervan kan een landelijk beeld van de bodemkwaliteit verkregen worden. Door een dergelijke kartering na een periode van 5-10 jaar te herhalen kan mogelijk ook een indruk van kwaliteitsveranderingen worden verkregen. Hiermee is echter tot op heden nog geen ervaring opgedaan.

Jaarlijks wordt door het Bedrijfslaboratorium voor Grond en Gewasonderzoek (BLGG) te Oosterbeek de bodem van een groot aantal Nederlandse landbouwgronden bemonsterd. Hierbij worden in totaal ruim 200.000 grondmonsters genomen, welke worden onderzocht op diverse parameters in het kader van routinematige bemestingsadvisering.

Door gebruik te maken van deze bemonstering en een aantal van deze grondmonsters ook op gehalten aan andere stoffen te onderzoeken kan een breder inzicht in de kwaliteit van landbouwgronden verkregen worden. Een dergelijk onderzoek, waarbij een viertal zware metalen is geanalyseerd, is door het BLGG zelf reeds in 1986/1987 uitgevoerd (van Toor en van der Vleuten, 1990). Het voorliggende rapport bevat resultaten van een vergelijkbaar onderzoek, waarbij behalve een zevental zware metalen en arseen, ook resultaten van de chemische analyse op een aantal organische verbindingen en beschikbare metaalgehalten worden beschreven.

1.2 Doelstelling

Doel van het onderzoek is het verkrijgen van een landelijk beeld van de bodemkwaliteit van de Nederlandse landbouwgronden en om inzicht te krijgen in eventuele regionale verschillen in bodemkwaliteit in relatie tot bodemgebruik. Hiertoe zijn de landbouwgronden onderverdeeld in 13 landbouwgebieden volgens een indeling van het Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO). De kwaliteit van de bodem wordt daarbij bepaald aan de hand van de gemeten gehalten aan zware metalen, arseen en organische verbindingen, die primair worden getoetst aan de streefwaarden voor bodemkwaliteit en daarnaast aan achtergrondgehalten.

Een tweede doelstelling is nagaan of de gehalten aan koper, lood, cadmium en zink in de bodem in vergelijking met 1986 significante veranderingen hebben ondergaan en zo ja, of er een verband is met wijzigingen in de bodembelasting.

1.3 Opbouw van het rapport

In deze rapportage zal in het tweede hoofdstuk de opzet van het onderzoek worden beschreven en de analysemethoden van de onderzochte stoffen. Informatie over de belasting van de bodem en achtergrondgehalten, welke in hoofdstuk 3 gegeven worden, zullen bijdragen aan het verklaren van verschillen in gemeten gehalten en verschillen als gevolg van verschillend bodemgebruik of grondsoort. In het vierde hoofdstuk komen de gemeten gehalten aan zware metalen en arseen aan

bod, in het vijfde hoofdstuk de gehalten aan organische verbindingen. In deze beide hoofdstukken zullen regionale verschillen in gehalten beschreven en, zover mogelijk, verklaard worden.

De gemeten mobiele/beschikbare metaalconcentraties worden getoetst aan de streefwaarden voor grondwaterkwaliteit en aan de in het grondwater voorkomende concentraties (hoofdstuk 6).

In het zevende hoofdstuk wordt nagegaan of de gehalten aan koper, lood, cadmium en zink in de bodem in vergelijking met 1986 significante veranderingen hebben ondergaan en of er een verband kan worden gelegd met de ontwikkeling van de bodembelasting.

2 MATERIALEN EN METHODEN

2.1 LEI-gebieden en combinaties

De grondmonsters die in het kader van dit onderzoek geselecteerd zijn, zijn afkomstig uit 13 verschillende LEI-gebieden. LEI-gebieden zijn de te onderscheiden landbouwgebieden in Nederland die het Landbouw Economisch Instituut (LEI) hanteert voor het verwerken van statistische gegevens. Nederland is hierbij verdeeld in 13 deelgebieden. In *Figuur 2.1* is aangegeven welke gebieden dit zijn.

Binnen elk LEI-gebied komen een aantal combinaties grondgebruik/grondsoort voor, bijvoorbeeld akkerbouw op zandgrond. Bij het selecteren van de monsters is gekeken naar de grootste arealen grondgebruik/grondsoort, voorkomend in dat gebied, waarbij er naar gestreefd werd de vier meest voorkomende combinaties te selecteren. Dit was echter niet in alle gevallen mogelijk, omdat er soms niet voldoende monsters aangeleverd werden om een representatief mengmonster samen te stellen. Voor het Westelijk Weidegebied zijn echter zes combinaties grondgebruik/grondsoort geselecteerd. Ook traden er bij het selecteren problemen op door verschil in interpretatie tussen de grondsoorten die door het BLGG worden gehanteerd en de indeling in grondsoorten zoals die is vastgelegd door het Staring Centrum (SC-DLO) bij de bodemkartering. De indeling van het Staring Centrum gaat uit van de bovenste 80 cm van de bodem; is dit zand, dan spreekt men van een zandgrond. Het BLGG kent een typering naar grondsoort gebaseerd op de bemestingsadviesbasis, welke gebaseerd is op de te bemonsteren laag. Voor grasland is dat 5 cm en voor bouwland meestal 25 cm diep. Het kan voorkomen dat een zandgrond met een kleitoplaag van 30 cm door het Staring Centrum benoemd wordt als een zandgrond en door het BLGG als een kleigrond. Voor dit project is echter de grondsoort zoals die is bemonsterd van belang. Dit had tot gevolg dat een aantal oorspronkelijk benoemde combinaties (afkomstig van de grootste arealen grondgebruik/grondsoort) niet gevonden konden worden, aangezien die gebaseerd waren op de benoeming door het Staring Centrum. Uiteindelijk zijn er 42 verschillende combinaties geselecteerd, variërend van 1 tot 6 verschillende combinaties per gebied, met van elke combinatie 4 replicaties (in totaal 168 te analyseren monsters).

De onderzochte combinaties grondgebruik/grondsoort per LEI-gebied worden gegeven in *Tabel 2.1*.

Tabel 2.1 Onderzochte combinaties grondgebruik/grondsoort per LEI-gebied met de gebiedscodering.

	bouw- land/ zand	bol- len/ zand	bouw- land/ zee- klei	fruit/ rivier- klei	gras/ dal- grond	gras/ leem	gras/ rivier- klei	gras/ veen	gras/ zand	gras/ zee- klei	maïs/ zand	tot.
A			X						X	X		3
B								X	X	X		3
C			X					X	X	X		4
D		X	X				X	X	X	X		6
E			X						X	X		3
F								X	X			2
G	X								X			2
H	X				X			X	X			4
J							X	X	X		X	4
K							X		X		X	3
L				X			X		X			3
M	X						X		X		X	4
N						X						1
tot.	3	1	4	1	1	1	5	6	12	5	3	42

Verklaring gebiedscodering:

A = Noordelijk Zeekleigebied
 B = Noordelijk Veenweidegebied
 C = Noordhollandse Droogmakerijen
 en IJsselmeerpolders
 D = Westelijk Weidegebied
 E = Zuidelijk Zeekleigebied
 F = Noordelijk Zandgebied I

G = Veenkoloniën
 H = Noordelijk Zandgebied II
 J = Oostelijk Zandgebied
 K = Centraal Zandgebied
 L = Rivierkleigebied
 M = Zuidelijk Zandgebied
 N = Zuid-Limburg

Ligging van de LEI-gebieden

A : Noordelijk Zeekleigebied

B : Noordelijk Veenweidegebied

C : Noordhollandse Droogmakerij
en IJsselmeerpolders

D : Westelijk Weidegebied

E : Zuidelijk Zeekleigebied

F : Noordelijk Zandgebied I

G : Veenkolonien

H : Noordelijk Zandgebied II

J : Oostelijk Zandgebied

K : Centraal Zandgebied

L : Rivierkleigebied

M : Zuidelijk Zandgebied

N : Zuid-Limburg



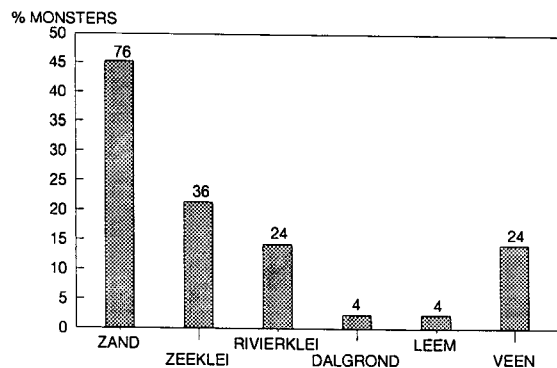
Figuur 2.1

Ligging van de 13 LEI-gebieden met bijbehorende code en omschrijving

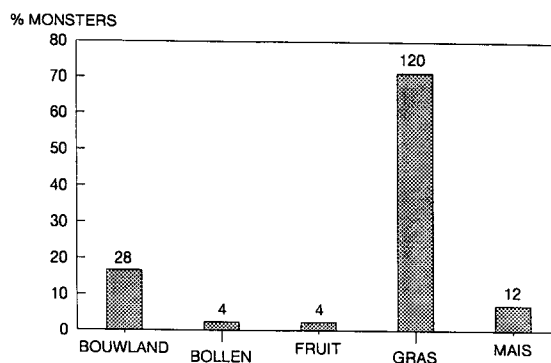
2.2 Verdeling naar grondsoort en grondgebruik

De omvang en representativiteit van de steekproef

De verdeling van de aantallen onderzochte monsters naar grondsoort en grondgebruik is weergegeven in de *Figuren 2.2* en *2.3*. In de figuren zijn boven de kolommen de aantallen onderzochte monsters vermeld.



Figuur 2.2 Verdeling naar grondsoort in %



Figuur 2.3 Verdeling naar grondgebruik in %

De in de steekproef meest voorkomende grondsoorten zijn zand (45% van de monsters) en zeeklei (21% van de monsters); de belangrijkste vormen van grondgebruik in de steekproef zijn gras en bouwland, respectievelijk 71% en 17% van de monsters. In hoeverre het aantal onderzochte monsters in de steekproef voor de verschillende combinaties van grondgebruik en grondsoort representatief is voor de verdeling over Nederland, is bekeken aan de hand van de percentages grondgebruik en grondsoort in de steekproef en in Nederland. Dit is weergegeven in de *Tabellen 2.2* en *2.3*. Een aantal grondsoorten is in de steekproef overschat, nl. zand, veen en rivierklei, terwijl zeeklei, dalgrond en leem onderschat zijn. Voor het grondgebruik bollenteelt, fruitteelt en grasland geldt dat minder monsters gebruikt hadden kunnen worden, terwijl van bouwland en maïs in de steekproef meer monsters geanalyseerd hadden moeten worden om volledig representatief te zijn voor Nederland. Voor maïs kan dit te maken hebben met het feit dat voor zwaar bemeste maïspercelen waarschijnlijk geen bodemvruchtbaarheidsonderzoek wordt uitgevoerd.

Tabel 2.2 Representativiteit van percentages aan grondsoorten gebruikt in steekproef t.o.v. Nederland (landbouw).

Grondsoort	steek-proef (%)	Nederland (%)
Zand	45	39
Zeeklei	21	33
Rivierklei	14	9
Veen	14	9
Dalgrond + Leem	5	8

Tabel 2.3 Representativiteit van percentages aan grondgebruik gebruikt in steekproef t.o.v. Nederland (landbouw).

Grondgebruik	steek-proef (%)	Nederland (%)
Bouwland	17	30
Bollen	2	1
Fruit	2	1
Grasland	71	54
Maïs	7	11

2.3 Monsterneming en wijze van mengen

Door de monsternemers van het Bedrijfslaboratorium voor Grond en Gewasonderzoek wordt elk individueel monster samengesteld uit 40 steken per perceel, afkomstig van de bouwvoor (hierop zijn de bemestingsadviezen van BLGG gebaseerd). Hierbij wordt gebruik gemaakt van de bouwlandboor met een guts van 30 cm of de graslandboor. De maximale oppervlakte waaruit één monster wordt genomen is 2 hectare. Bij uniforme grotere percelen met dezelfde voorgeschiedenis kan 2 hectare binnen dit perceel als standaardperceel dienen. Bestaat het perceel uit duidelijk verschillende gedeelten (bijv. klei en zand), dan worden de gedeelten apart bemonsterd (Baltissen, 1993). Na het door de boeren gevraagde bodemvruchtbaarheidsonderzoek zijn de monsters bewaard (gedroogd bij 40°C en gezeefd over een 2 mm-zeef), vervolgens zijn voor elk LEI-gebied per combinatie grondgebruik/grondsoort 80 monsters geselecteerd met behulp van een door BLGG gemaakt selectieprogramma. Deze 80 monsters zijn door het BLGG volgens een vooraf opgesteld protocol in gelijke massaverhoudingen gemengd tot 4 homogene mengmonsters (20 monsters aselekt bij elkaar gevoegd). Met mengmonsters worden monsters bedoeld die op basis van massaverhouding uit verschillende monsters zijn samengevoegd.

De monsters zijn verzameld in de volgorde van binnenkomst, gedurende de periode september 1992 t/m december 1992. Voor 11 combinaties uit 9 verschillende LEI-gebieden werd een lager aantal monsters geselecteerd en dus ook evenredig kleinere aantallen gemengd om tot 4 mengmonsters te komen. Welke combinaties (per LEI-gebied) dit zijn en hoeveel individuele monsters per mengmonster gemengd zijn wordt weergegeven in *Tabel 2.4*.

Tabel 2.4 LEI-gebieden met combinaties grondgebruik/grondsoort waarvoor een lager aantal individuele monsters dan 4 x 20 werd gemengd om tot 4 homogene mengmonsters te komen.

LEI-gebied	Combinatie	Aantal monsters
Noordelijk Zeekleigebied	Gras op Zand	4 x 8
Westelijk Weidegebied	Bollen op Zand	4 x 14
Zuidelijk Zeekleigebied	Gras op Zand	4 x 10
Noordelijk Zandgebied I	Gras op Veen	4 x 17
Veenkoloniën	Gras op Zand	4 x 17
	Bouwland op Zand	4 x 7
Noordelijk Zandgebied II	Gras op Veen	4 x 12
	Bouwland op Zand	4 x 12
Oostelijk Zandgebied	Gras op Veen	4 x 17
Rivierkleigebied	Gras op Zand	4 x 10
Zuid-Limburg	Gras op Leem	4 x 12

2.4 Onderzochte stoffen

In het kader van dit onderzoek zijn door het Bedrijfslaboratorium voor Grond en Gewasonderzoek een aantal zware metalen geanalyseerd, te weten cadmium, chroom, koper, nikkel, lood, zink en kwik. Tevens zijn de monsters geanalyseerd op arseen.

Voorts is door het RIVM van iedere combinatie grondsoort en grondgebruik één monster op een aantal organische verbindingen geanalyseerd, te weten polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), lindaan (insecticide), polychloorbifenylen (PCB's), HCH (hexachloor cyclohexaan) en triazines. De PAK's die zijn gemeten, zijn de '10 van VROM', behalve naftaleen (vanwege te hoge vluchtigheid) en verder fluoreen, pyreen, benzo(b)fluorantheen en dibenzo(ah)anthraceen. Voor deze laatste vier PAK's zijn geen streefwaarden bekend.

Van de PCB's zijn de congenere IUPAC¹ nrs 28, 52, 101, 118, 138, 153 en 180 geanalyseerd. Dit zijn de zeven indicator-PCB's waarvoor streefwaarden vastgesteld zijn. Voorts zijn er nog een tweetal mono-ortho-PCB's geanalyseerd, te weten de nrs 74 en 156. De monsters zijn verder onderzocht op het organochloorinsecticide γ -HCH (lindaan), vanwege de grote persistentie in de bodem. Tevens zijn de monsters geanalyseerd op een viertal triazines; atrazin, desethylatrazin en desisopropylatrazin (afbraakprodukten van atrazin) en simazin, welke gebruikt worden voor de onkruidbestrijding (herbiciden).

¹ IUPAC = International Union of Pure and Applied Chemistry

2.5 Analysemethoden bodemkenmerken

De mengmonsters zijn door het BLGG onderzocht op de bodemkenmerken pH (zuurgraad), organische stof, vocht, lutum, koolzure kalk (carbonaat), C-elementair en CEC (kationenuitwisselcapaciteit) (zie bijlage I).

Voorbehandeling

De voorbehandeling van de monsters voor fysisch-chemische analyses heeft plaatsgevonden volgens NEN 5751. De monsters zijn mechanisch verkruid en in een droogstoof bij ten hoogste 40°C gedroogd tot luchtdroog. De gedroogde deeltjes zijn mechanisch gebroken en daarna gezeefd over een 2 mm-zeef (om de grindfractie af te scheiden). Deze voorbehandeling heeft al vóór het mengen plaatsgevonden.

Bepaling van de pH

De pH-KCl van de monsters is elektrometrisch bepaald in een suspensie van 1 volumedeel monster en 5 volumedelen kaliumchloride (KCl) 1 mol l⁻¹, na een contacttijd van 16 uur (overeenkomstig NEN 5750). De pH-H₂O is op dezelfde wijze bepaald in een suspensie van 1 volumedeel monster en 5 volumedelen demiwater (H₂O).

Bepaling vochtgehalte

Voor de bepaling van het vochtgehalte zijn de monsters 4 uur gedroogd bij 105°C, overeenkomstig NEN 5748. Het organische-stofgehalte (humus) is vervolgens bepaald door de bij 105°C gedroogde monsters gedurende 2 uur te gloeien bij 550°C (ontwerp-NEN 5754).

Bepaling lutumfractie

Bij het bepalen van de lutumfractie (kleidelen <2 µm) wordt gebruik gemaakt van de verschillende bezinkingssnelheden van deeltjes (bezinkingsformule van Stokes). Het monster wordt na voorbereiding (verwijderen van organische stof, koolzure kalk en elektrolyten) 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. De analyse is uitgevoerd volgens ontwerp-NEN 5753.

Bepaling carbonaatgehalte

Het gehalte aan CaCO₃ (koolzure kalk) is bepaald door het monster gedurende 1 uur te schudden met 10%-ig zoutzuur en het ontwikkelde kooldioxide op te vangen en te meten in een gasburet (methode van Scheibler).

Bepaling koolstofgehalte

Bij het bepalen van het koolstofgehalte (C-elementair) van de grond wordt een kleine hoeveelheid gemalen monster in een zuurstofstroom bij 950°C verbrand. Het gevormde kooldioxide wordt gezuiverd en opgevangen in een verdunde loogoplossing. De verandering in geleidbaarheid van deze oplossing is gebruikt als een maat voor de hoeveelheid kooldioxide.

Bepaling kationenuitwisselcapaciteit

De CEC (kationenuitwisselcapaciteit) is bepaald door de grond te percoleren met calciumacetaat met een pH van 8,2, calciumacetaat met een pH van 6,5, water en 1 M natriumchloride. De hoeveelheid calcium wordt gemeten met behulp van AAS (atomaire absorptie spectrofotometrie) (Baltissen, 1993).

Met name de humus- en lutumgehalten zijn van belang voor het bepalen van de streefwaarden van zware metalen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van standaardformules, gegeven in paragraaf 3.4.

2.6 Analysemethoden zware metalen en arseen

Ontsluiting

Naast de fysisch-chemische bodemkenmerken zijn door het BLGG de analyses uitgevoerd van een aantal zware metalen, te weten cadmium (Cd), chroom (Cr), koper (Cu), kwik (Hg), nikkel (Ni), lood (Pb) en zink (Zn) en tevens arseen (As) (zie bijlage II). De monsters zijn ontsloten met Koningswater (mengsel van salpeterzuur en zoutzuur) volgens NEN 6465, om de zware metalen zodanig in oplossing te brengen, dat een totaal-gehaltebepaling mogelijk was. De organische stof, waaraan de metalen gebonden zijn, wordt hierbij gedestruëerd met behulp van het salpeterzuur/zoutzuurmengsel. Na verdunnen van het destruaat kunnen de in oplossing gebrachte elementen met atomaire-absorptiespectrometrie worden bepaald.

Bepaling van arseen

Het arseengehalte is bepaald met behulp van hydride-AAS (NEN 5760), waarbij de hydridegeneratietechniek wordt toegepast. Aan de monsteroplossing wordt een oplossing van natriumtetrahydridoboraat toegevoegd, waardoor het vluchtige arseenhydride ontstaat. Dit wordt met behulp van een argon- of stikstofgasstroom naar een verhitte kwartscuvet geleid, waar het arseenhydride ontleedt en de extinctie bepaald wordt door meting van de atomaire absorptie.

Bepaling van cadmium, chroom, koper, nikkel, lood en zink

De elementen cadmium (NEN 5762), chroom (NEN 5763), koper (NEN 5758), nikkel (NEN 5765), lood (NEN 5761) en zink (NEN 5759) zijn bepaald met behulp van de vlam-AAS met als principe atomisering van de elementen in een oxiderende lucht-acetylenevlam. Voor cadmium geldt dat bij gehalten < 2,5 ppm gebruik is gemaakt van de grafietoven (NEN 6458).

Bepaling van kwik

De gehalten aan kwik zijn gemeten volgens de koude dampmethode (NEN 5764). Hierbij wordt het kwik in oplossing geoxideerd tot kwik(II) wat vervolgens met tin(II)chloride gereduceerd wordt tot metallisch kwik. Tenslotte wordt het kwik in dampvorm door een cuvet geleid en wordt de atomaire absorptie bepaald.

2.7 Analysemethoden organische verbindingen

Monsteropwerking voor PAK's, PCB's en lindaan

Voor de analyse van de organische verbindingen PAK's, PCB's en lindaan is een gezamenlijke monsteropwerking toegepast. De grondmonsters zijn geëxtraheerd met aceton (voor de ontsluiting van het monster) en petroleum-ether, waarna een extractie met water is uitgevoerd voor de verwijdering van de aceton-fractie. Na zuivering van het extract over met water gedesactiveerde (10%) en met natriumsulfiet (9%) en natriumhydroxide (1%) beladen aluminiumoxide, vindt een splitsing van het extract plaats voor de analyse van PAK's en voor de gecombineerde analyse van PCB's en lindaan. Deze laatste fractie ondergaat vervolgens nog een zuivering over silica beladen met zwavelzuur.

Monsteropwerking voor triazines

Voor de analyse van triazines werden de monsters geëxtraheerd volgens een methode beschreven door A.E. Smith (J. Agric. Food Chem. (29: 111-115), 1981). Aan 50 g grond werd 125 ml van een mengsel van acetonitril en water (7:3 v/v, pH 9) toegevoegd en geschud gedurende 30 minuten. Na een nacht overstaan werd opnieuw 30 minuten geschud, het extract werd gefiltreerd en in een maatkolf aangevuld tot 250 ml met het extractiemengsel. Van 50 ml extract werd de acetonitril verwijderd door afdampen met een roterende filmverdamer. De waterige rest werd in een scheitrechter uitgeschud met achtereenvolgens 10 ml en twee maal 5 ml dichloormethaan. De verzamelde dichloormethaan-fasen werden na drogen over natriumsulfaat ingedampt in een Kuderna Danish-apparaat tot circa 5 ml. Met behulp van stikstof werd drooggedampt en het residu werd opgelost in Methyl tert-Butyl Ether, waaraan als interne standaard metazachloor was toegevoegd.

Analyse van PAK's

De fractie voor de analyse van de PAK's wordt verder opgewerkt en geanalyseerd door de PAK's over te brengen in acetonitril, waarna analyse plaatsvindt met behulp van HPLC (High Pressure Liquid Chromatography), gevolgd door fluorescentie-detectie.

Analyse van PCB's en lindaan

De fractie voor de analyse van PCB's en lindaan wordt geanalyseerd met behulp van gaschromatografie over twee kolommen, gevolgd door ECD-detectie.

Analyse van triazines

De componenten voor de bepaling van triazines werden na gaschromatografische scheiding (GC) bepaald met behulp van een NP-detector met een fused silica-kolom van 25 m.

De methode werd gecontroleerd door het uitvoeren van een aantal recovery-bepalingen in blanco gronden. Aan veen, zand en zeeklei werden de te bepalen stoffen toegevoegd in een concentratie die overeenkwam met de bepaalbaarheidsgrenzen van de betreffende stoffen. Na opwerking werden de stoffen goed teruggevonden, waardoor de waarde van de bepaalbaarheidsgrens geborgd is. De met GC-NPD geanalyseerde positieve monsters konden boven een gehalte van 15 µg kg⁻¹ met GC-

MS nader onderzocht worden. Met laatstgenoemde techniek werden atrazin en simazin in twee monsters geïdentificeerd. De gehalten gevonden met beide methoden stemden goed overeen.

2.8 Extractiemethode biobeschikbare fractie en analyse-extracten

Van elke combinatie grondgebruik/grondsoort per LEI-gebied is door het RIVM één mengmonster geëxtraheerd met $0,01 \text{ mol l}^{-1} \text{ CaCl}_2$ voor de bepaling van de biobeschikbaarheid van zware metalen en arseen (totaal 42 monsters). Een hoeveelheid van 10 gram grond werd twee uur geschud met 100 ml extractiemiddel. De suspensie werd gecentrifugeerd en vervolgens gefiltreerd over een $0,45 \mu\text{m}$ filter.

De bepaling van de biobeschikbare cadmium-, chroom-, koper-, nikkel-, lood- en arseengehalten is eveneens door het RIVM uitgevoerd.

De volgende analysemethoden werden toegepast:

- Natrium, kalium, magnesium en zink met atomaire-absorptiespectrometrie (AAS) techniek;
- Lood en cadmium met ICP-MS-techniek (inductief gekoppeld plasma massaspectrometrie);
- Koper, chroom en nikkel met GF-AAS-techniek (grafietoven AAS-techniek);
- Arseen met FIAS-techniek (flowinjectie atomaire-absorptiespectrometrie).

De biobeschikbare zware-metaalconcentraties zijn niet gecorrigeerd voor de fout in de inweeg (0,5%), de recovery (minimaal 80%) en de blancowaarden. Met name de blancowaarde zal een tamelijk grote invloed hebben op het eindresultaat van de meeste zware metaalbepalingen. De blanco's van de nikkel- en arseenbepalingen liggen allen onder de detectiegrens en zullen het eindresultaat niet beïnvloeden.

Het was niet mogelijk om de gevonden concentraties om te rekenen naar het oorspronkelijke veldvochtvolume. Daartoe ontbraken de vochtgehalten van de veldvochtige grondmonsters.

De spreiding in de afzonderlijke dublobepalingen van de standaardgronden zand en klei is relatief groot en niet eenduidig. Het is waarschijnlijk dat deze spreiding ook in de monsters optreedt.

Gezien deze analytische aspecten worden de in hoofdstuk 6 gepresenteerde resultaten met het nodige voorbehoud gepresenteerd. Nader onderzoek ter verbetering van recoveries en reproduceerbaarheid zal plaatsvinden.

2.9 Presentatiewijze

In veen- en kleigronden komen van nature hogere metaalgehalten voor dan in zand-gronden. Om de gevonden metaalgehalten toch onderling te kunnen vergelijken, worden in de grafieken en de kaarten gegeven in hoofdstuk 4 relatieve metaalgehalten weergegeven. Ook de resultaten van de organische verbindingen (hoofdstuk 5) worden als relatieve gehalten weergegeven. De horizontale lijn (= 1) in de figuren geeft aan wanneer de streefwaarde bereikt wordt; een overschrijding is zo duidelijk waar te nemen.

De relatieve gehalten worden als volgt berekend:

$$\text{Relatief gehalte} = C_g / SW$$

waarin:

C_g = *gehalte component (mg kg⁻¹ of µg kg⁻¹)*

SW = *streefwaarde component (mg kg⁻¹ of µg kg⁻¹) als functie van L (% lutum) en/of H (% organische stof)*

De LEI-gebieden worden in de figuren aangeduid met de code A t/m N. Daar waar geen resultaten worden gegeven is de combinatie niet onderzocht.

3 BELASTING, ACHTERGRONDGEHALTEN EN NORMSTELLING

3.1 Belasting van grasland, bouwland en maïs met koper, zink, lood en cadmium

Algemeen

Voor de bodemgebruikstypen grasland, maïs en het overig bouwland is een schatting gemaakt van de totale belasting met de zware metalen koper, zink, lood en cadmium voor enkele grondsoorten. De belasting is globaal te verdelen in belasting als gevolg van atmosferische depositie en belasting ten gevolge van landbouwactiviteiten, zoals bemesting met dierlijke mest en kunstmest/kalk, alsmede het gebruik van bestrijdingsmiddelen. Voor bouwland wordt de gemiddelde belasting gegeven van de teelt van aardappelen, bieten, tarwe en overige gewassen, zoals gegeven door Hoogervorst (1991). Door diverse beleidsmaatregelen is de belasting met een aantal zware metalen de laatste jaren verminderd (zie ook hoofdstuk 7). Voor de interpretatie van de gemeten gehalten in de onderzochte monsters afkomstig van landbouwgrond zijn de belastingsgegevens van het jaar 1990 als uitgangspunt gekozen.

Koper

Dierlijke mest vormt, vooral voor maïs, de grootste belastingsbron voor koper. Op bouwland dat in gebruik is voor aardappel/bietenteelt kan de koperbelasting $400 \text{ g ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ bedragen. Belasting van de bodem door atmosferische depositie speelt nauwelijks een rol. In *Tabel 3.1* is een schatting van de koperbelasting weergegeven.

Tabel 3.1 Schatting van de koperbelasting van grasland, bouwland (excl. maïs) en maïs (in $\text{g ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$) voor 1990.

	dierlijke mest ¹⁾	kunstmest/ kalk ¹⁾	atmosferische depositie ²⁾	overig	totaal
grasland/veen	215	11	30	-	256
grasland/zand	426	12	30	-	468
grasland/klei	215	13	30	-	268
bouwland/zand	203	16	30	11 ³⁾	260
bouwland/klei	203	12	30	11 ³⁾	256
maïs/zand	1214	11	30	-	1255

1) Hoogervorst (1991); 2) Coppoolse *et al.* (1993); 3) Schatting aan de hand van gegevens van Van Eerd en Stiggelhout (1992).

Zink

Dierlijke mest vormt de belangrijkste bron voor de belasting met zink. Op bouwland dat wordt gebruikt voor aardappel/bietenteelt is de belasting circa $800 \text{ g ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$, terwijl deze op tarwe en overig bouwland circa $100 \text{ g ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ bedraagt. Atmosferische depositie speelt een geringe rol. Op bouwland, met name in de bloembollenteelt en in mindere mate in de aardappelteelt, wordt de bodem belast met zinkhoudende bestrijdingsmiddelen. In de aardappelteelt kan de belasting

oplopen tot $165 \text{ g ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ en in de bloembollenteelt kan de belasting nog een factor 2 à 3 hoger zijn. In Tabel 3.2 is een schatting van de zinkbelasting weergegeven.

Tabel 3.2 Schatting van de zinkbelasting van grasland, bouwland (excl. maïs) en maïs (in $\text{g ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$) voor 1990.

	dierlijke mest ¹⁾	kunstmest/ kalk ¹⁾	atmosferische depositie ²⁾	bestrijdings- middelen ³⁾	totaal
grasland/veen	478	85	150	-	713
grasland/zand	792	102	150	-	1044
grasland/klei	477	99	150	-	726
bouwland/zand	449	174	150	68	841
bouwland/klei	396	178	150	68	792
maïs	2121	121	150	-	2392

1) Hoogervorst (1991); 2) Coppoolse *et al.* (1993); 3) Schatting aan de hand van gegevens van Van Eerdt en Stiggelhout (1992).

Lood

Atmosferische depositie belast de bodem meer met lood dan landbouwactiviteiten. De loodbelasting is echter de afgelopen jaren met meer dan een factor drie verminderd door invoering van loodvrije benzine. Een belangrijke belastingsbron is echter ook het gebruik van loodhagel bij de jacht. Van Eerdt en Stiggelhout berekenden op basis van CBS-statistieken een netto import van lood (van Bon en Boersema, 1988) met de veronderstelling dat 60% van de loodhagel in agrarisch gebied terecht komt. Dit komt neer op een loodbelasting van $115 \text{ g ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ voor landbouwgrond (zie Tabel 3.3).

Tabel 3.3 Schatting van de loodbelasting van grasland, bouwland (excl. maïs) en maïs (in $\text{g ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$) voor 1990.

	dierlijke mest ¹⁾	kunstmest/ kalk ¹⁾	atmosferische depositie	loodhagel ²⁾	totaal
grasland/veen	30	6	57	115	208
grasland/zand	32	7	57	115	211
grasland/klei	30	7	57	115	209
bouwland/zand	7	25	57	115	204
bouwland/klei	6	25	57	115	203
maïs/zand	82	17	57	115	271

1) Hoogervorst (1991); 2) Van Eerdt en Stiggelhout (1992).

Cadmium

Tot voor kort vormde kunstmest de belangrijkste belastingsbron voor cadmium op de landbouwgronden. Door het gebruik van schonere, minder cadmiumbevattende, fosfaatertsen voor de productie van kunstmest en voederfosfaat is de bijdrage van kunstmest echter minder geworden (van Eerdts en Stiggelhout, 1992). Momenteel lijkt dierlijke mest de grootste belastingsbron met cadmium te zijn. Een schatting van de cadmiumbelasting wordt gegeven in *Tabel 3.4*.

Tabel 3.4 Schatting van de cadmiumbelasting van grasland, bouwland (excl. maïs) en maïs (in g ha⁻¹ j⁻¹) voor 1990.

	dierlijke mest ¹⁾	kunstmest/ kalk ¹⁾	atmosferische depositie ²⁾	totaal
grasland/veen	2,2	3,9	1,5	7,6
grasland/zand	2,6	3,5	1,5	7,6
grasland/klei	2,2	3,8	1,5	7,5
bouwland/zand	0,6	3,6	1,5	5,7
bouwland/klei	0,6	3,9	1,5	6,0
maïs/zand	5,5	2,9	1,5	8,9

1) Hoogervorst (1991); 2) Coppoolse *et al.* (1993).

3.2 Belasting met overige metalen, arseen en organische verbindingen

Algemeen

In *Tabel 3.5* (Ekelenkamp en Lijzen, 1994) is de bodembelasting met arseen en de zware metalen kwik, nikkel en chroom weergegeven. De belangrijkste bron voor kwik is atmosferische depositie (56%); daarnaast speelt de kwikbelasting afkomstig van kunstmest (26%) en dierlijke mest (13%) een rol. De nikkelbelasting wordt vooral veroorzaakt door dierlijke mest (42%) en kunstmest (24%); daarnaast spelen atmosferische depositie (17%) en corrosie/uitloging (8%) een rol. De arseenbelasting is vooral afkomstig van atmosferische depositie

Tabel 3.5 Diffuse bodembelasting door zware metalen (ton/jaar) in 1990 (Ekelenkamp en Lijzen, 1994).

BRONNEN	Hg	Ni	As	Cr
atm. depositie	2,2 ^a	24,1 ^a	13,2 ^a	12,9 ^a
dierlijke mest	0,5	59,2	8,4	7,9
kunstmest+bekalking	1,0	33,5	3,6	78,5
bestrijdingsmiddelen	*	*	-	-
zuiveringsslib	0,2	3,9	0,8	6,5
compost (1993)	0,03	?	0,5	4,6
corrosie rvs, lood, zink	-	17,7	-	38
uitloging hout, gevels	-	0,15	0,41	9,1
slijtage banden/wegen	-	2,6	-	4,1
jachtsport	-	-	1-3 ^b	-
TOTAAL	3,9	141	29	162

- = geen bron;

? = wel bron, geen gegevens

^a = Coppoolse, 1993

^b = loodhagel sinds 1-2-93 verboden, vervangen door staal, zink en bismuth

* = mogelijk bron

(46%), dierlijke mest (29%) en kunstmest (12%). De belangrijkste bronnen van chroombelasting zijn kunstmest (48%), corrosie (23%) en atmosferische depositie (8%). *Tabel 3.6* geeft de belasting met de organische verbindingen weer, te weten PAK's, PCB's en linaan.

De belangrijkste bronnen voor belasting met PAK's zijn atmosferische depositie (61%) en emissie uit gecreosoteerd (verduurzaamd) hout (36%). Daarnaast gaat het nog om zuiveringsslib (2%) en compost (1%). Naftaleen, fenantreen en fluorantheen leveren de grootste bijdrage

aan de depositie met respectievelijk 48%, 33% en 11% (Slooff, 1989). De atmosferische depositie van benzo(a)pyreen is geschat op 3,3 ton per jaar (van Jaarsveld, 1994). Het gebruik van PAK (met name naftaleen) als bestrijdingsmiddel is ongeveer 15 ton per jaar (1985); hiervan komt het grootste deel niet op de bodem terecht (Slooff, 1989).

De diffuse PCB-belasting van 0,66 ton per jaar wordt voor 95% veroorzaakt door atmosferische depositie. De belangrijkste bron van linaanbelasting is het toedienen (gebruik) van bestrijdingsmiddelen (98%). Linaan (γ -HCH) wordt momenteel met name toegepast in de akkerbouw (suikerbieten) en de maïsteelt.

Tabel 3.6 Diffuse bodembelasting door overige stoffen (ton/jaar) in 1985. (Ekelboom en Lijzen, 1995)

BRONNEN	PAK (10) ^a	PCB ^b	Linaan
atmosferische depositie	250	0,63	0,59 ^c
dierlijke mest	?	-	-
bestrijdingsmiddelen	1	-	24
zuiveringsslib	7,4	0,03	-
(gft)compost	1,0/4,5	-	-
uitloging verduurzaamd hout, kunststoffen	145	-	-
TOTAAL	407	0,66	24,59

^a = Basisdokument PAK (1989)

^b = Annema et al (1995)

^c = van Jaarsveld (1994)

3.3 Achtergrondwaarden voor zware metalen in grond

Natuurlijke achtergrondwaarden van stoffen in grond zijn moeilijk vast te stellen, omdat bijna overal wel anthropogene belasting van de bodem heeft plaatsgevonden. Zware-metaalanalyses van de diepere ondergrond, waar deze anthropogene beïnvloeding niet verwacht wordt, zijn voor zover bekend, uitgevoerd met behulp van analysemethoden waarbij ook de zware-metaalgehalten van de minerale matrix worden meebepaald. Een indicatie van de achtergrondgehalten aan zware metalen wordt gegeven in *Tabel 3.7*.

Tabel 3.7 De zware metaalgehalten (in mg kg⁻¹) van de ondergrond bij minimale anthropogene beïnvloeding voor Nederlandse grondsoorten.

element	grondsoort ¹⁾		
	zand	zeeklei	rivierklei
Cd	0,08	0,24	0,29
Cu	2,0	12	24
Cr	8,9	70	87
Pb	2,9	23	29
Zn	7,4	69	87
Ni	5,5	28	35
Hg	-	-	-
Co	-	-	-

1) Gegeven wordt het gemiddelde voor mineralogisch zeer arm zand, zeeklei met 50% slib en rivierklei met 50% slib (VTCB advies Bodemkwaliteit, 1986).

3.4 Kwaliteitsdoelstellingen

Vergelijking met streefwaarden voor bodemkwaliteit

In dit onderzoek wordt voornamelijk getoetst aan streefwaarden voor bodemkwaliteit. Streefwaarden zijn in principe milieukwaliteitsniveaus waarbij de risico's voor als nadelig te waarden effecten verwaarloosbaar worden geacht. Voor metalen zijn de streefwaarden vastgesteld op het niveau van de bovengrens van achtergrondgehalten zoals deze in bos- en natuurgebieden zijn aangetroffen (Edelman, 1984) en waarmee in 1988 referentiewaarden geformuleerd waren (VROM, 1988). Uit een risico-evaluatie voor metalen in grond/sediment bleek dat het VR (verwaarloosbaar risiconiveau) onder deze gehalten was gelegen. Om deze reden zijn de streefwaarden voor grond gelijkgesteld aan deze referentiewaarden, waarbij differentiatie plaatsvindt naar het organische stof- en lutumpercentage van de bodem. De formules voor berekening van de streefwaarden voor zware metalen staan vermeld in *Tabel 3.8*. De mobiele/beschikbare zware-metaalgehalten worden getoetst aan de streefwaarden voor grondwater (in $\mu\text{g l}^{-1}$), welke ook in deze tabel zijn opgenomen. De streefwaarden voor organische verbindingen zijn alleen afhankelijk gesteld van het organische-stofpercentage van de bodem. In *Tabel 3.9*

worden de formules voor de streefwaarden voor PAK's, PCB's, het insecticide γ -HCH (lindaan) en triazines weergegeven. Voor bodems met meer dan 30% respectievelijk minder dan 2% organische stof worden H-waarden van respectievelijk 30 en 2 aangehouden.

Tabel 3.8 Formules voor de berekening van streefwaarden voor zware metalen naar lutum- en organische stofpercentages en streefwaarden voor zware metalen in grondwater.

Stof	Grond Berekeningswijze	Grondwater ($\mu\text{g l}^{-1}$)
chromium	(Cr) = $50 + 2L$	1
nikkel	(Ni) = $10 + L$	15
koper	(Cu) = $15 + 0,6(L + H)$	15
zink	(Zn) = $50 + 1,5(2L + H)$	65
cadmium	(Cd) = $0,4 + 0,007(L + 3H)$	0,4
kwik	(Hg) = $0,2 + 0,0017(2L + H)$	0,05
lood	(Pb) = $50 + L + H$	15
arseen	(As) = $15 + 0,4(L + H)$	10

() = gehalten in mg kg^{-1}

H = gewichtspercentage organische stof van grond

L = gewichtspercentage lutum van grond

Tabel 3.9 Formules voor de streefwaarden van PAK's, PCB's, lindaan en triazines in de bodem

Stof	formule
anthraceen	$5,0 * H$
fenanthreen	$4,5 * H$
fluorantheen	$1,5 * H$
benzo(a)anthraceen	$2,0 * H$
chryseen	$2,0 * H$
benzo(k)fluorantheen	$2,5 * H$
benzo(a)pyreen	$2,5 * H$
benzo(ghi)peryleen	$2,0 * H$
indeno(123cd)pyreen	$2,5 * H$
PCB 28 en 52	$0,1 * H$
PCB 101, 118, 138, 153 en 180	$0,4 * H$
γ -HCH (lindaan)	$0,005 * H$
triazines	$0,005 * H$

Gehalten in $\mu\text{g kg}^{-1}$

H = gewichtspercentage organische stof van grond

4 RESULTATEN ZWARE METALEN EN ARSEEN

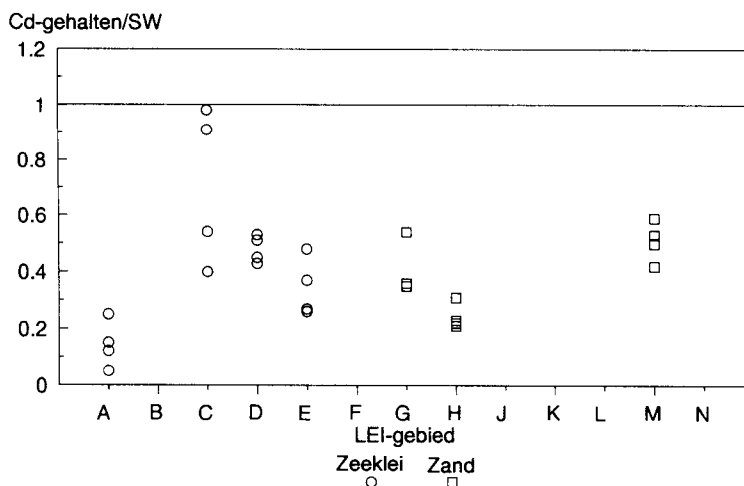
4.1 Cadmium

Algemeen

In grasland worden hogere cadmiumgehalten aangetroffen dan in bouwland (zie bijlage II). De cadmiumgehalten die zijn gemeten in de monsters variëren van kleiner dan de detectiegrens ($<0,15 \text{ mg kg}^{-1}$) tot $1,08 \text{ mg kg}^{-1}$. Een aantal waarnemingen komt dicht in de buurt van de streefwaarde, met name de monsters afkomstig uit het Westelijk Weidegebied. Het cadmiumgehalte voor grasland op leem in Zuid-Limburg overschrijdt de streefwaarde.

Bouwland

Figuur 4.1 geeft de relatieve cadmiumgehalten op bouwland weer. Hierin is te zien dat de streefwaarden in een enkel geval wel benaderd, maar niet overschreden worden.

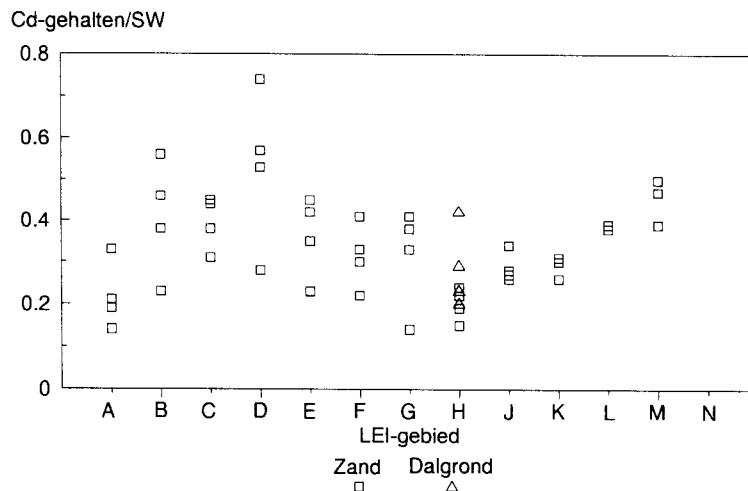


Figuur 4.1 Cadmiumgehalten in mengmonsters voor bouwland op zeeklei en zand ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

De hoogste cadmiumgehalten zijn gevonden op de zeekleigronden in de Noordhollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders (LEI-gebied C), waar de streefwaarden dicht benaderd worden. Opgemerkt dient te worden dat het gaat om mengmonsters, welke zijn opgebouwd uit 20 individuele monsters. Wanneer de gehalten in de mengmonsters rond de streefwaarden liggen, is het zeer waarschijnlijk dat de cadmiumgehalten op een aantal bemonsterde percelen de streefwaarden overschrijden. Ook in het Zuidelijk Zandgebied (LEI-gebied M) komen iets verhoogde cadmiumgehalten voor. Deze hoge gehalten zijn waarschijnlijk een gevolg van depositie als gevolg van de emissie naar de lucht van zinkverwerkende industrieën, die in het verleden plaatsvonden in Zuid Brabant, Limburg en België. De laagste cadmiumgehalten worden gevonden in het Noordelijk Zeekleigebied (A). Mogelijk wordt dit veroorzaakt door het feit dat de atmosferische depositie in het noorden van Nederland geringer is (RIVM, 1992a). De gehalten komen hier niet boven de detectiegrens van $0,15 \text{ mg kg}^{-1}$.

Grasland

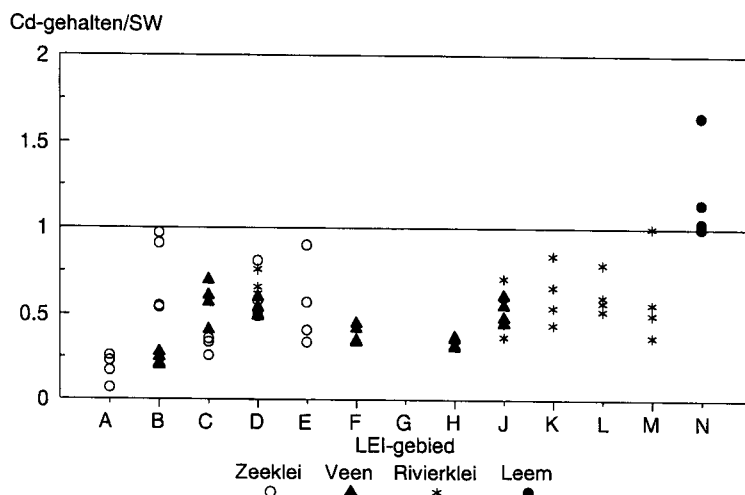
In grasland worden hogere cadmiumgehalten aangetroffen dan in bouwland (zie Bijlage II). Waarschijnlijk houdt dit verband met het feit dat grasland alleen over de bovenste 5 cm wordt bemonsterd en cadmium sterk adsorbeert aan het organisch materiaal in de toplaag van de bodem. *Figuur 4.2* geeft de relatieve cadmiumgehalten voor grasland op zand en dalgrond weer. De gehalten op deze zandgronden blijven allen ruim onder de streefwaarden, alleen in het Westelijk Weidegebied (D) komen iets verhoogde gehalten voor. Het grootste deel van de relatieve gehalten van de graslandmonsters ligt, net als bij de bouwlandmonsters, tussen 0,4 en 0,6.



Figuur 4.2 Cadmiumgehalten in mengmonsters voor grasland op zand en dalgrond ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

In *Figuur 4.3* worden de relatieve cadmiumgehalten voor grasland op de klei- en veengronden gegeven (zeeklei, rivierklei, veen en leem), die over het algemeen hoger zijn dan de relatieve gehalten op de zandgronden. De cadmiumgehalten in leem in Zuid-Limburg zijn het hoogst, mogelijk door de invloed van industriële emissies in België en Duitsland (Lexmond, *et al.*, 1993); de atmosferische depositie vormt momenteel landelijk gezien 20% van de totale cadmiumbelasting op grasland (zie *Tabel 3.4*), maar is in dit gebied nog steeds hoger.

In drie mengmonsters afkomstig uit Zuid-Limburg wordt de streefwaarde van $0,66 \text{ mg kg}^{-1}$ overschreden. In de overige graslandmonsters is dit niet het geval. Ook in zeeklei en in rivierklei worden verhoogde cadmiumgehalten aangetroffen. In de Noordhollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders (C) komen hoge cadmiumgehalten in veengrond voor (tot $0,77 \text{ mg kg}^{-1}$), maar door het hoge organische-stofpercentage liggen de streefwaarden hier eveneens hoger (tot $1,27 \text{ mg kg}^{-1}$).



Figuur 4.3 Cadmiumgehalten in mengmonsters voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

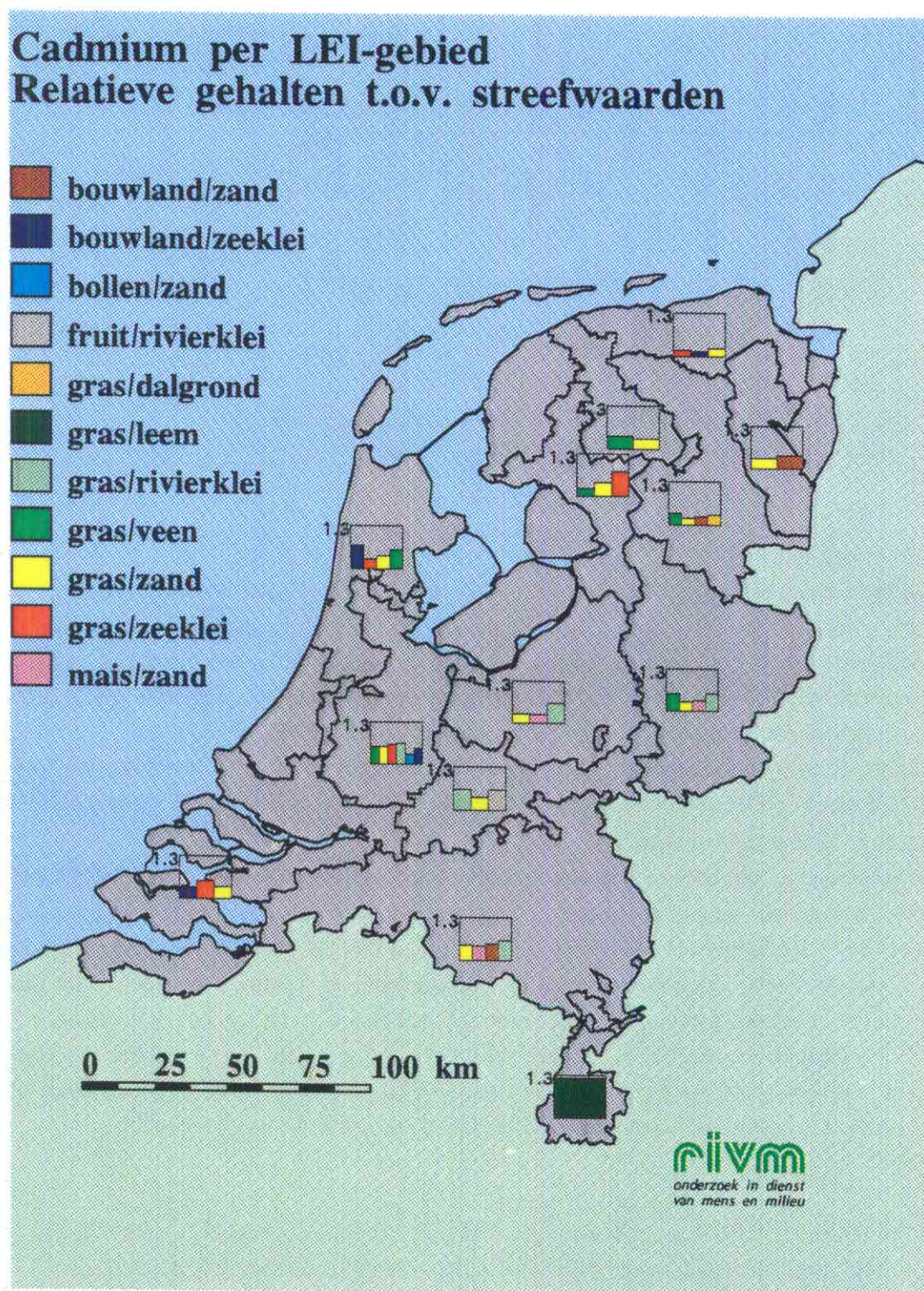
Bollen, fruit en maïs

Het grondgebruik (bloem)bollenteelt komt alleen op de zandgronden in het Westelijk Weidegebied voor. De mengmonsters afkomstig van deze combinatie grondgebruik/grondsoort bevatten de laagste cadmiumgehalten (rond de detectiegrens van $0,15 \text{ mg kg}^{-1}$). De bodem bevat hier echter weinig organische stof en lutum (zie bijlage I), waardoor eventuele verontreinigingen niet goed vastgehouden kunnen worden en eerder uitspoelen naar het grondwater.

Fruiteelt komt alleen op de rivierkleigronden in het Rivierkleigebied voor. De cadmiumgehalten zijn hier hoger dan in die in bouwland ($0,37$ tot $0,43 \text{ mg kg}^{-1}$), ook relatief gezien (gemiddeld $0,62$ voor fruitteelt en $0,40$ voor bouwland).

Maïs komt veel voor op de zandgronden van het Oostelijk Zandgebied, het Centraal Zandgebied en het Zuidelijk Zandgebied. De cadmiumgehalten bedragen hier $0,13$ tot $0,27 \text{ mg kg}^{-1}$, wat vrij laag is. Aangezien de maïsgronden veel mest krijgen (zie Tabel 3.4) en er daardoor hogere gehalten in de bodem verwacht zouden worden. Echter de onttrekking van cadmium aan de bodem door maïs, is zodanig groot dat ophoping bij normaal bemeste maïspcelen niet zal optreden (Heidemij, 1994). Het is niet uitgesloten dat de in dit onderzoek gevonden gehalten een onderschatting van de werkelijkheid vormen, omdat de zwaar bemeste maïspcelen niet in het bemestingsonderzoek van BLGG voorkomen. In geen enkel monster van deze combinaties wordt de streefwaarde overschreden.

In *Figuur 4.4* is een landelijk beeld te zien van de relatieve cadmiumgehalten in de mengmonsters afkomstig van diverse LEI-landbouwgebieden. De in het kaartje afgebeelde staafdiagrammen hebben allen dezelfde schaalverdeling, afhankelijk van de hoogst gemeten overschrijdingsfactor van de streefwaarde, nl. 1,3 (grasland op leem in Zuid-Limburg).



Figuur 4.4 Relatieve cadmiumgehalten (Cd_g/Cd_{sw}) in LEI-landbouwgebieden gemeten in 1992 in mengmonsters afkomstig van verschillende combinaties bodemgebruik/grondsoort. Cd_g = cadmiumgehalte in luchtdroge grond; Cd_{sw} = streefwaarde voor cadmium.

4.2 Chroom

Algemeen

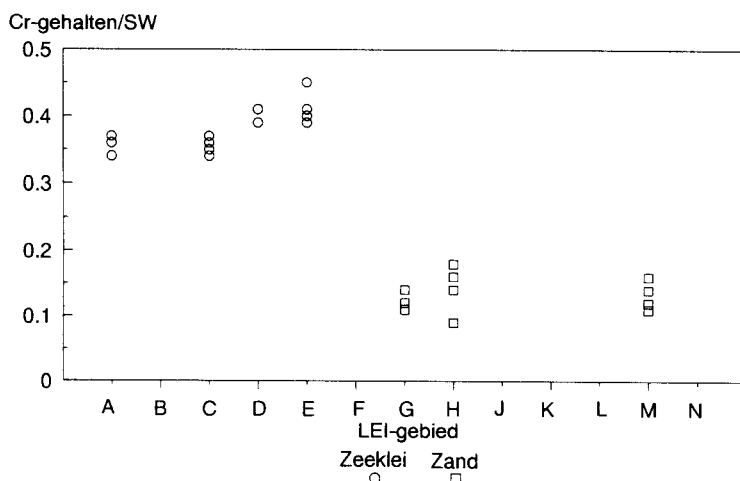
Voor vrijwel alle LEI-gebieden geldt dat de relatieve chroomgehalten in de zand- en dalgrondmonsters lager liggen dan de relatieve gehalten in de klei- en veenmonsters.

De chroomgehalten die gemeten zijn in de monsters liggen tussen de 5,0 en 52,0 mg kg⁻¹, bij een detectiegrens van 3,0 mg kg⁻¹ (zie Bijlage II). De hoogste relatieve gehalten worden aangetroffen in het Zuidelijk Zeekleigebied (zeeklei), het Westelijk Weidegebied (zand en veen) en Zuid-Limburg (leem). In geen enkele monster overschrijdt het gehalte de streefwaarde.

Bouwland

Uit *Figuur 4.5*, waarin de relatieve chroomgehalten voor bouwland op zeeklei en zand worden weergegeven, blijkt dat het aandeel van chroom in de zeekleimonsters significant groter is dan in de zandmonsters, maar de gemeten gehalten zijn in beide combinaties vrij laag (28 tot 44 mg kg⁻¹ voor zeeklei, 5-10 mg kg⁻¹ voor zand).

Chroom kan zowel als driewaardig chroom en als zeswaardig chroom voorkomen. Chroom (VI) is toxisch en mobiel en kan met name in aerobe zandgronden, die arm aan organische stof zijn, uit chroom(III) geoxideerd worden door de aanwezigheid van mangaanoxide. Onder de in Nederland heersende bodemcondities komt chroom echter voornamelijk in driewaardige vorm voor (Slooff *et al.*, 1989). Door de in het algemeen lage chroomgehalten en de grote Cr(III)/Cr(VI) verhouding is de aanwezigheid van chroom(VI) moeilijk aantoonbaar en in dit onderzoek niet meegenomen. De hoogste relatieve chroomgehalten worden aangetroffen in het Zuidelijk Zeekleigebied (LEI-gebied E).

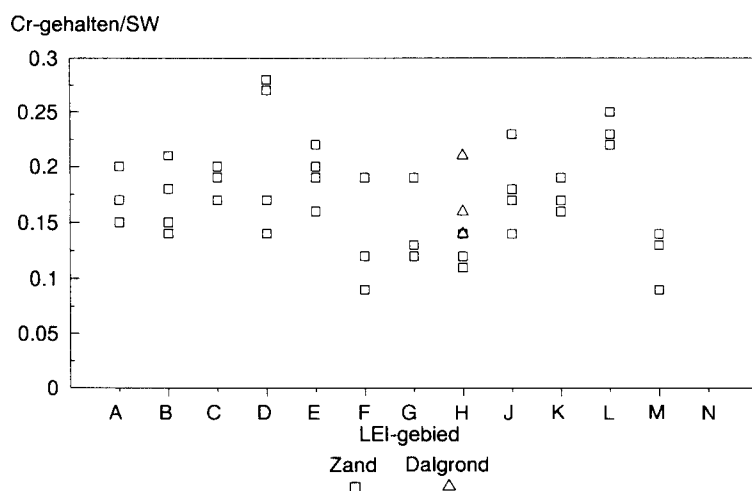


Figuur 4.5 Chroomgehalten in mengmonsters voor bouwland op zeeklei en zand ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

Grasland

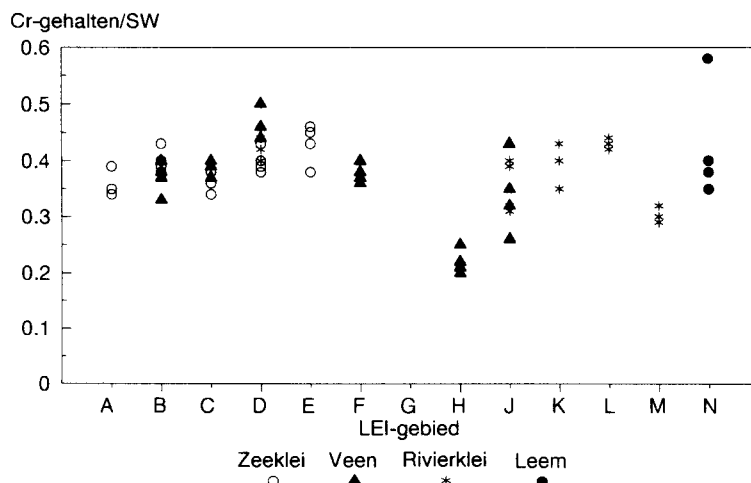
Voor vrijwel alle LEI-gebieden geldt dat de relatieve chroomgehalten in de zand- en dalgrondmonsters (zie *Figuur 4.6*) lager liggen dan de relatieve gehalten in de klei-, leem- en

veenmonsters (zie *Figuur 4.7*). De meeste gehalten liggen echter rond de achtergrondwaarde van $5,5 \text{ mg kg}^{-1}$. Voor de zandgronden geldt dat de hoogste chroomgehalten worden aangetroffen in de monsters afkomstig uit het Westelijk Weidegebied (LEI-gebied D) (8 tot 20 mg kg^{-1}) en het Rivierkleigebied (LEI-gebied L) ($14 \text{ tot } 16 \text{ mg kg}^{-1}$).



Figuur 4.6 Chroomgehalten in mengmonsters voor grasland op zand en dalgrond ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

Voor de monsters afkomstig van de zeeklei-, rivierklei-, leem- en veengronden (zie *Figuur 4.7*) geldt dat de hoogste chroomgehalten worden aangetroffen in de veenmonsters in het Westelijk Weidegebied (LEI-gebied D) ($41 \text{ tot } 48 \text{ mg kg}^{-1}$) en in de leemmonsters afkomstig uit Zuid-Limburg (LEI-gebied N) ($27 \text{ tot } 48 \text{ mg kg}^{-1}$). De streefwaarden liggen hier echter veel hoger dan bij de zandmonsters door een hoger lutumpercentage (gemiddeld $95,4 \text{ mg kg}^{-1}$ voor veen en gemiddeld $80,1 \text{ mg kg}^{-1}$ voor leem). Geen enkel monster overschrijdt of benadert dan ook de streefwaarde.

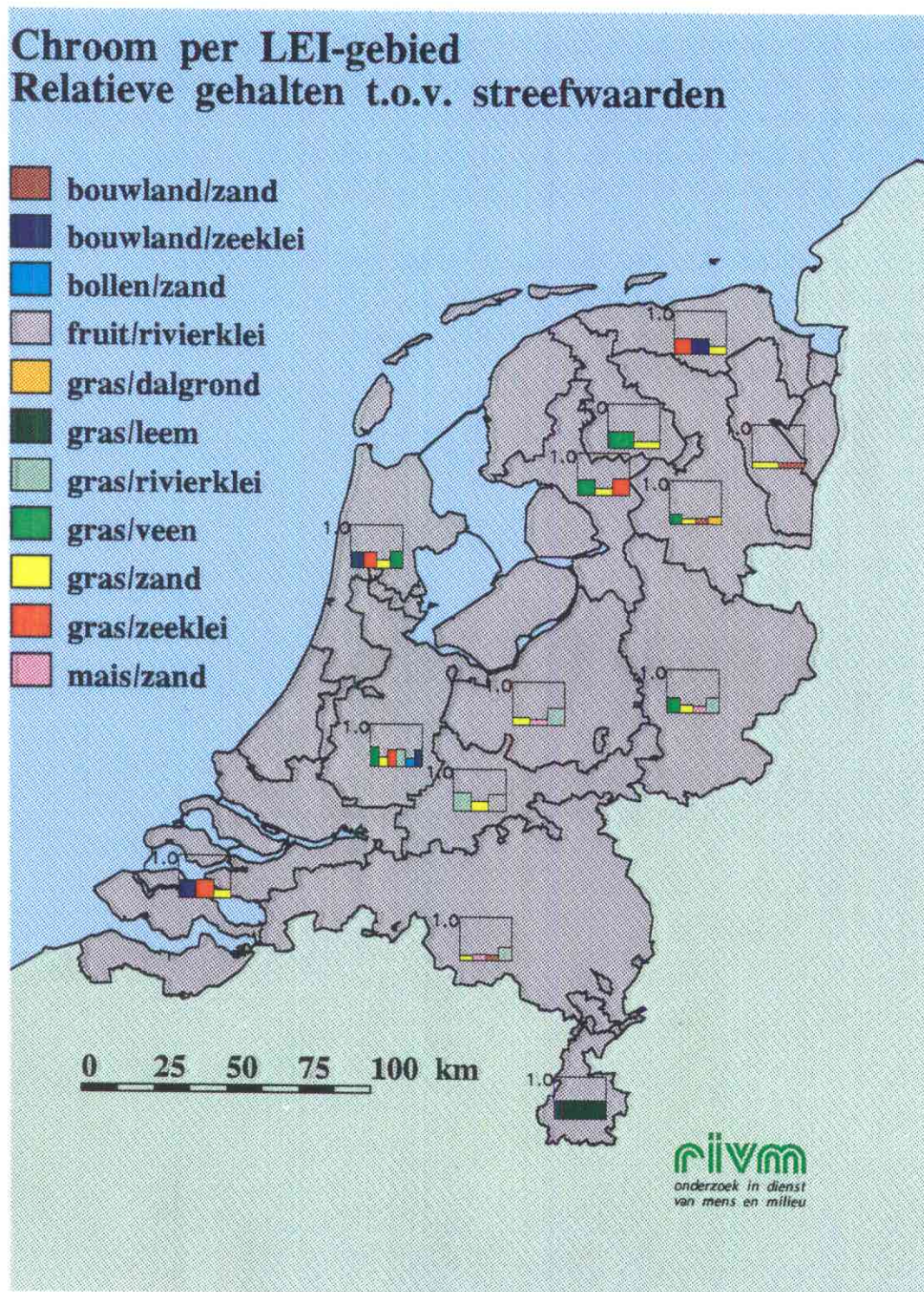


Figuur 4.7 Chroomgehalten in mengmonsters voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

Bollen, fruit en maïs

Ook bij deze combinaties wordt geen enkele overschrijding van de streefwaarden waargenomen. De zandmonsters afkomstig van de bollenteelt uit het Westelijk Weidegebied en van de maïsgronden uit de Zandgebieden geven gehalten te zien die iets boven de detectiegrens van 3 mg kg^{-1} liggen. De gehalten die gevonden worden in de rivierkleimonsters afkomstig van de fruitteelt liggen iets hoger dan de gehalten in de bollenteelt (37 tot 43 mg kg^{-1}), maar liggen binnen het traject van de achtergrondwaarden (zie *Tabel 3.7*). Hogere streefwaarden (hoog lutumpercentage) leiden desondanks tot een laag relatief Cr-gehalte.

In *Figuur 4.8* wordt een landelijk beeld gegeven van de relatieve chroomgehalten in de mengmonsters afkomstig uit diverse LEI-landbouwgebieden. De in het kaartje afgebeelde staafdiagrammen hebben allen dezelfde schaalverdeling, nl. van 0 tot 1. Dit wil zeggen dat de streefwaarde nergens wordt overschreden.



Figuur 4.8 Relatieve chroomgehalten (Cr_g/Cr_{sw}) in LEI-landbouwgebieden gemeten in 1992 in mengmonsters afkomstig van verschillende combinaties bodemgebruik/grondsoort. Cr_g = chroomgehalte in luchtdroge grond; Cr_{sw} = streefwaarde voor chroom.

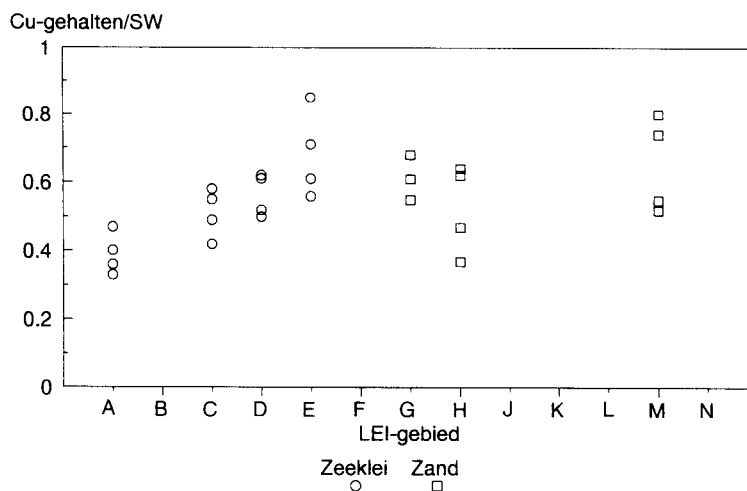
4.3 Koper

Algemeen

De kopergehalten op grasland liggen in vrijwel alle gevallen hoger dan die op bouwland. De kopergehalten die zijn gemeten in de mengmonsters liggen tussen 3,5 en 74,3 mg kg⁻¹, bij een detectiegrens van 3,0 mg kg⁻¹ (zie Bijlage II). De streefwaarde wordt overschreden in vier mengmonsters grasland op veen (gemiddeld 1,4 keer de streefwaarde) en in twee mengmonsters grasland op zand (gemiddeld 1,1 keer de streefwaarde), allen uit het Westelijk Weidegebied (D).

Bouwland

De kopergehalten in de onderzochte bouwlandmonsters overschrijden nergens de streefwaarden (zie *Figuur 4.9*, waar de relatieve kopergehalten voor bouwland op zeeklei en zand weergegeven zijn). Toch zijn er in de mengmonsters verhoogde gehalten te zien, bijvoorbeeld in het Zuidelijk Zeekleigebied (LEI-gebied E) (tot 24,9 mg kg⁻¹); een deel van de individuele monsters ligt mogelijk boven de streefwaarde. De gemiddelde achtergrondgehalten aan koper in zeeklei liggen in Nederland echter al op 12 mg kg⁻¹ (zie *Tabel 3.7*).

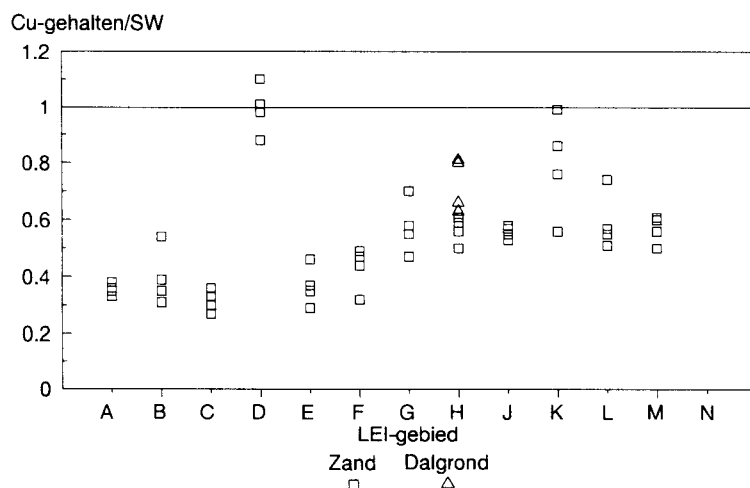


Figuur 4.9 Kopergehalten in mengmonsters voor bouwland op zeeklei en zand ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

Grasland

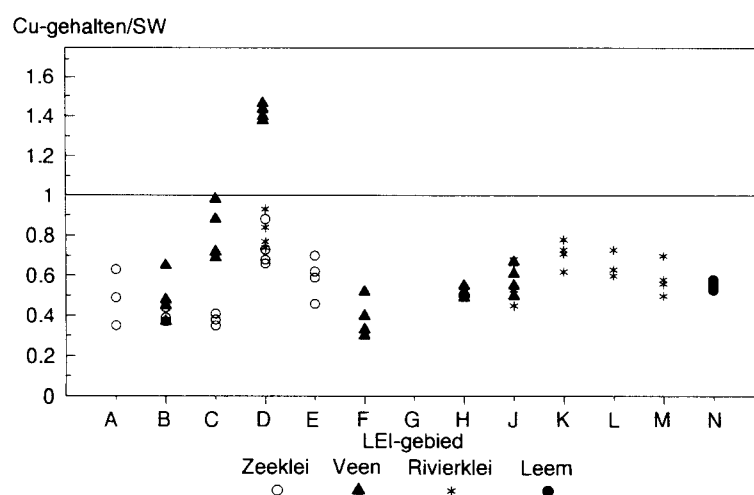
De kopergehalten in de onderzochte graslandmonsters liggen in enkele gevallen boven of op de streefwaarde, met name de monsters afkomstig van de zandgronden uit het Westelijk Weidegebied (D) en het Centraal Zandgebied (K) en de monsters afkomstig van de veengronden uit de Noord-hollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders (C) en het Westelijk Weidegebied (D) (zie de *Figuren 4.10* en *4.11*). Vooral schapen zijn gevoelig voor verhoogde hoeveelheden in de grond aanwezig koper. De LAC-sigitaalwaarde voor koper in grasland op zand- en klei/veengronden die waarop schapen grazen ligt op 30 mg kg⁻¹ (LAC,1991). Deze waarde wordt alleen in het Westelijk Weidegebied (D) voor veen en rivierklei en in kleimonsters uit het Rivierkleigebied (L) overschreden. De streefwaarden voor de bemonsterde zandgronden liggen allen beneden deze waarde. Het is zeer waarschijnlijk dat de gehalten in een deel van de individuele monsters boven

de streefwaarden liggen, met name in de monsters uit het Westelijk Weidegebied, maar ook in de monsters uit het Centraal Zandgebied en de Noordhollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders.



Figuur 4.10 Kopergehalten in mengmonsters voor grasland op zand en dalgrond ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

De kopergehalten op grasland liggen echter in vrijwel alle gevallen hoger dan die op bouwland, maar de belasting met dierlijke mest is echter ook veel hoger (zie Tabel 3.1). De oorzaak kan ook liggen in het feit dat voor grasland slechts de bovenste 5 cm is bemonsterd. Deze humusrijke bovenlaag is goed in staat koper in een onopneembare vorm vast te leggen. De bouwlandgronden zijn over de bovenste 25 cm bemonsterd, omdat door ploegen verdunning van het kopergehalte in de bouwvoor optreedt.



Figuur 4.11 Kopergehalten in mengmonsters voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

De oorzaak van de hoge kopergehalten in de veenmonsters afkomstig uit het Westelijk Weidegebied (gemiddeld $71,0 \text{ mg kg}^{-1}$, ten opzichte van een gemiddelde streefwaarde van $51,2 \text{ mg kg}^{-1}$ voor een grond met 38% humus en 23% lutum) kan liggen in het feit dat veengronden in

het verleden plaatselijk veelvuldig werden bemest met 'toemaak', een mengsel van bagger, dierlijke mest en stadsvuilcompost, bij wijze van bodemverbetering (van Toor en van der Vleuten, 1990).

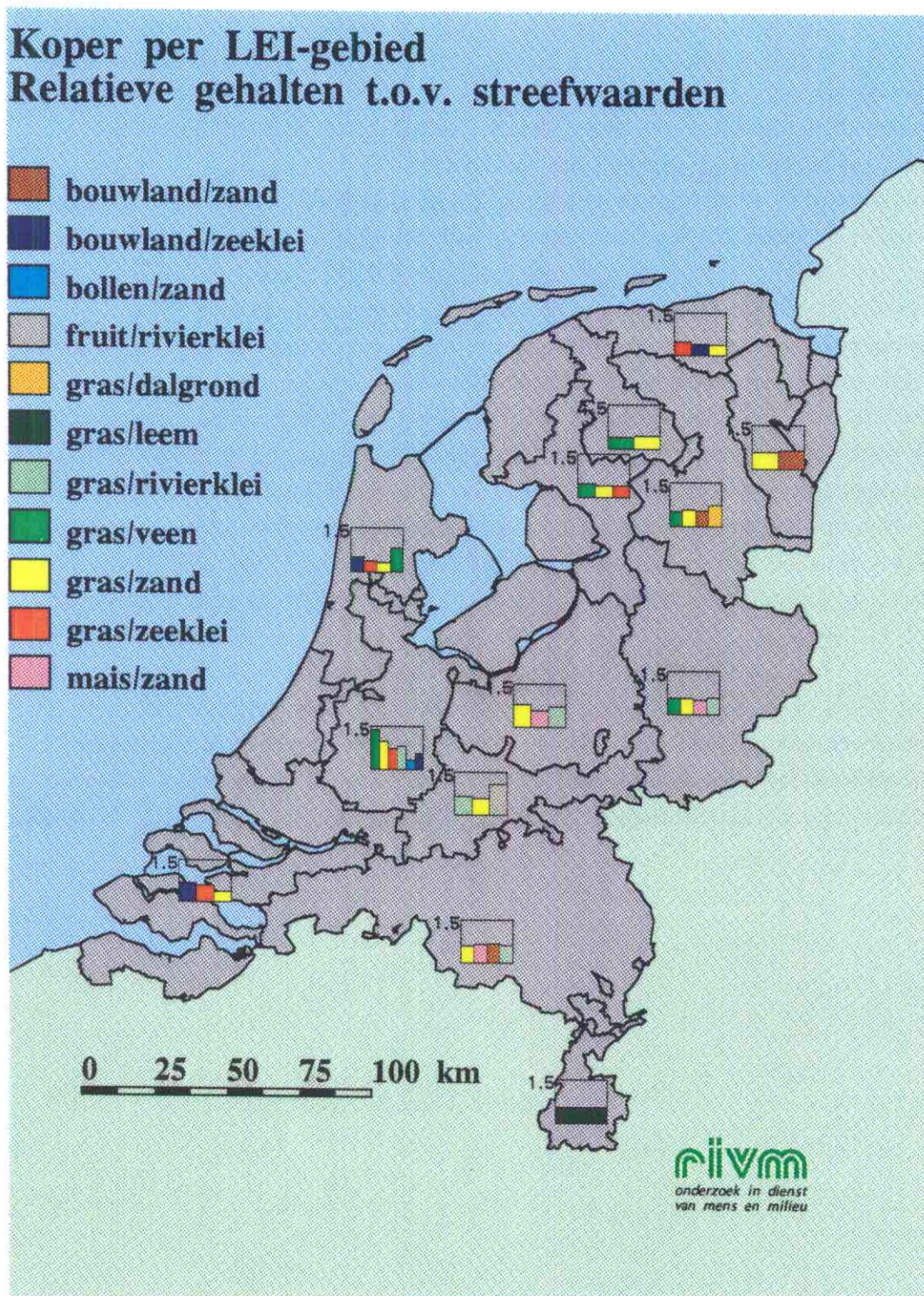
Bollen, fruit en maïs

In de monsters afkomstig van de (bloem)bollenteelt (Westelijk Weidegebied) liggen de kopergehalten net iets boven de detectiegrens van 3 mg kg^{-1} .

In de rivierkleimonsters afkomstig van de fruitteelt (Rivierkleigebied) worden kopergehalten aangetroffen die de streefwaarden overschrijden (gemiddeld $34,0 \text{ mg kg}^{-1}$, ten opzichte van een gemiddelde streefwaarde van $31,3 \text{ mg kg}^{-1}$ voor een grond met 3% humus en 24% lutum). De oorzaak ligt hier mogelijk in het feit dat in boomgaarden veel koperbevattende bestrijdingsmiddelen worden gebruikt, zoals bijvoorbeeld koperhydroxide en koperoxychloride tegen schimmels op appels en peren (Gewasbeschermingsgids, 1985).

Ondanks het feit dat veel maïspcelen een forse bemesting met dierlijke mest ondergaan (zie *Tabel 3.1*) worden de streefwaarden, die van deze gronden het laagst zijn (gemiddeld $19,2 \text{ mg kg}^{-1}$ bij een humusgehalte van 3% en een lutumgehalte van 4%), niet overschreden. Mogelijk is het beeld een onderschatting van de werkelijkheid door een ondervertegenwoordiging van de zwaar bemeste pcelen in de steekproef. De kopergehalten bedragen voor het Oostelijk Zandgebied gemiddeld $9,5 \text{ mg kg}^{-1}$, voor het Centraal Zandgebied $11,3 \text{ mg kg}^{-1}$ en voor het Zuidelijk Zandgebied $11,7 \text{ mg kg}^{-1}$.

In *Figuur 4.12* wordt een landelijk beeld gegeven van de relatieve kopergehalten in de mengmonsters afkomstig uit diverse LEI-landbouwgebieden. De in het kaartje afgebeelde staafdiagrammen hebben allen dezelfde schaalverdeling, afhankelijk van de hoogst gemeten overschrijdingsfactor van de streefwaarde, nl. 1,5 (grasland op veen in het Westelijk Weidegebied).



Figuur 4.12 Relatieve kopergehalten (Cu_g/Cu_{sw}) in LEI-landbouwgebieden gemeten in 1992 in mengmonsters afkomstig van verschillende combinaties bodemgebruik/grondsoort. Cu_g = kopergehalte in luchtdroge grond; Cu_{sw} = streefwaarde voor koper.

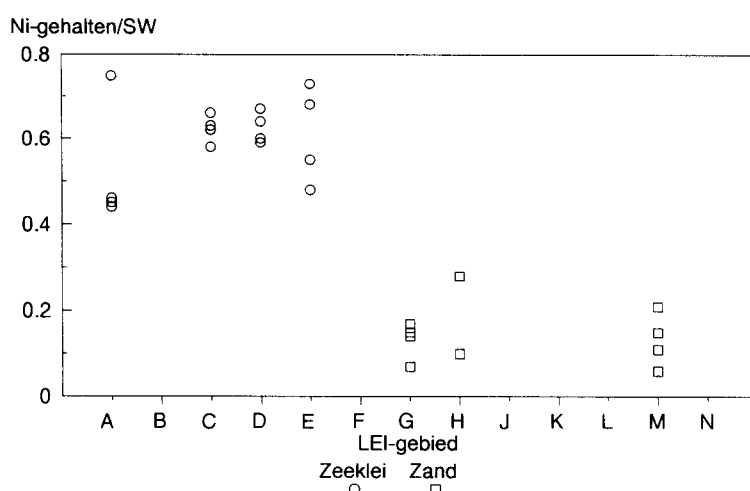
4.4 Nikkel

Algemeen

De nikkelgehalten die zijn gemeten in de grondmonsters variëren van kleiner dan de onderste analysegrens (4 mg kg^{-1}) tot 34 mg kg^{-1} (zie Bijlage II). De relatieve gehalten in de bouwlandmonsters op zeeklei zijn significant hoger dan in de bouwlandmonsters op zand. De hoogste gehalten (circa 0,8 keer de streefwaarde) komen voor in de graslandmonsters uit het Westelijk Weidegebied (veen) en in de graslandmonsters uit het Zuidelijk Zeekleigebied (zeeklei). De spreiding in de resultaten van de verschillende mengmonsters is in sommige LEI-gebieden echter groot. Dit geldt met name voor de graslandmonsters en in mindere mate voor de bouwlandmonsters.

Bouwland

De nikkelgehalten in alle monsters afkomstig van bouwland op zeeklei en bouwland op zand blijven onder de streefwaarden. De relatieve gehalten in de zeekleimonsters zijn echter significant hoger dan in de zandmonsters (zie *Figuur 4.13*). Dit komt waarschijnlijk door het feit dat zeeklei van nature hogere nikkelgehalten heeft dan zand, nl. respectievelijk 28 mg kg^{-1} en $5,5 \text{ mg kg}^{-1}$ (*Tabel 3.7*).



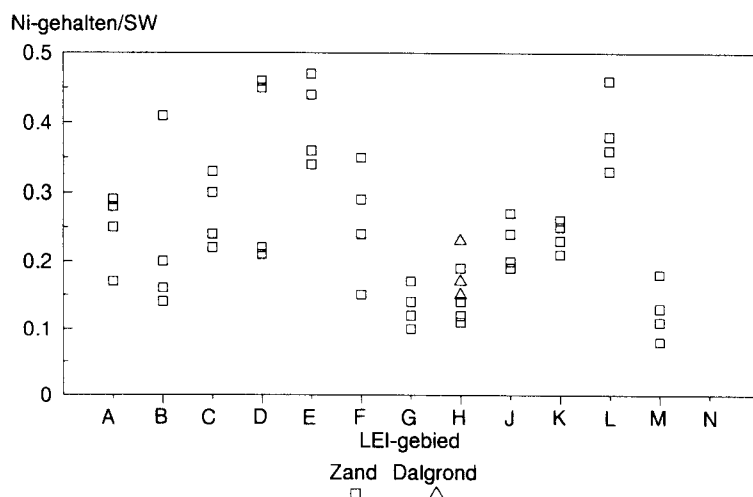
Figuur 4.13 Nikkelgehalten in mengmonsters voor bouwland op zeeklei en zand ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

De nikkelgehalten in de zeekleimonsters variëren van $13,2$ tot $24,5 \text{ mg kg}^{-1}$, ten opzichte van een gemiddelde streefwaarde van $30,6 \text{ mg kg}^{-1}$ (voor een bodem met 3% humus en 21% lutum). Het gaat hier waarschijnlijk alleen om achtergrondgehalten. De nikkelgehalten in de zandmonsters komen echter geen enkele keer boven de detectiegrens van 4 mg kg^{-1} .

Grasland

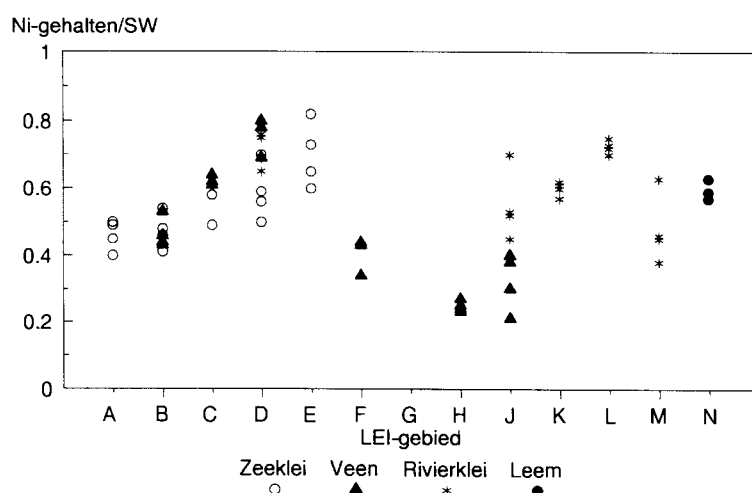
De nikkelgehalten in de dalgrondmonsters op grasland liggen in alle gevallen onder de detectiegrens. In de zandmonsters liggen ook bijna alle nikkelgehalten onder de 4 mg kg^{-1} ; de hoogste waarde is afkomstig van een van de monsters uit het Westelijk Weidegebied ($9,5 \text{ mg kg}^{-1}$).

Alle monsters blijven ruim onder de streefwaarde; de spreiding in de resultaten is echter wel vrij groot (zie *Figuur 4.14*).



Figuur 4.14 Nikkelgehalten in mengmonsters voor grasland op zand en dalgrond ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

De klei- en veenmonsters geven over het algemeen wat hogere gehalten te zien, met name die uit het Westelijk Weidegebied (maximaal $34,0 \text{ mg kg}^{-1}$ voor veen), het Zuidelijk Zeekleigebied (maximaal $23,5 \text{ mg kg}^{-1}$ voor zeeklei) en het Rivierkleigebied (maximaal $31,8 \text{ mg kg}^{-1}$ voor rivierklei). Dit is te zien in *Figuur 4.15*, waar de relatieve nikkelgehalten voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem staan uitgezet. De streefwaarden worden echter nergens overschreden. De gronden in de westelijke LEI-gebieden worden vermoedelijk wat meer belast door atmosferische depositie, wat een tamelijk grote belastingsbron vormt voor nikkel, nl. 24 ton per jaar (in 1985).



Figuur 4.15 Nikkelgehalten in mengmonsters voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

Met name de verbrandingsgassen van elektriciteitscentrales en vuilverbrandingsbedrijven zijn een belangrijke bron van nikkelemisatie. Daarnaast is olieraffinage een belangrijke bron van

nikkelemissie naar de atmosfeer. De verhoogde nikkelgehalten in de regio Rotterdam kan mogelijk door depositie van nikkel als gevolg van deze bron veroorzaakt zijn (RIVM, 1992a). Aangezien klei- en veengronden beter in staat zijn metalen vast te houden, komt er minder beschikbaar voor het gewas (zie 6.6) en zal er meer nikkel in de bodem achterblijven.

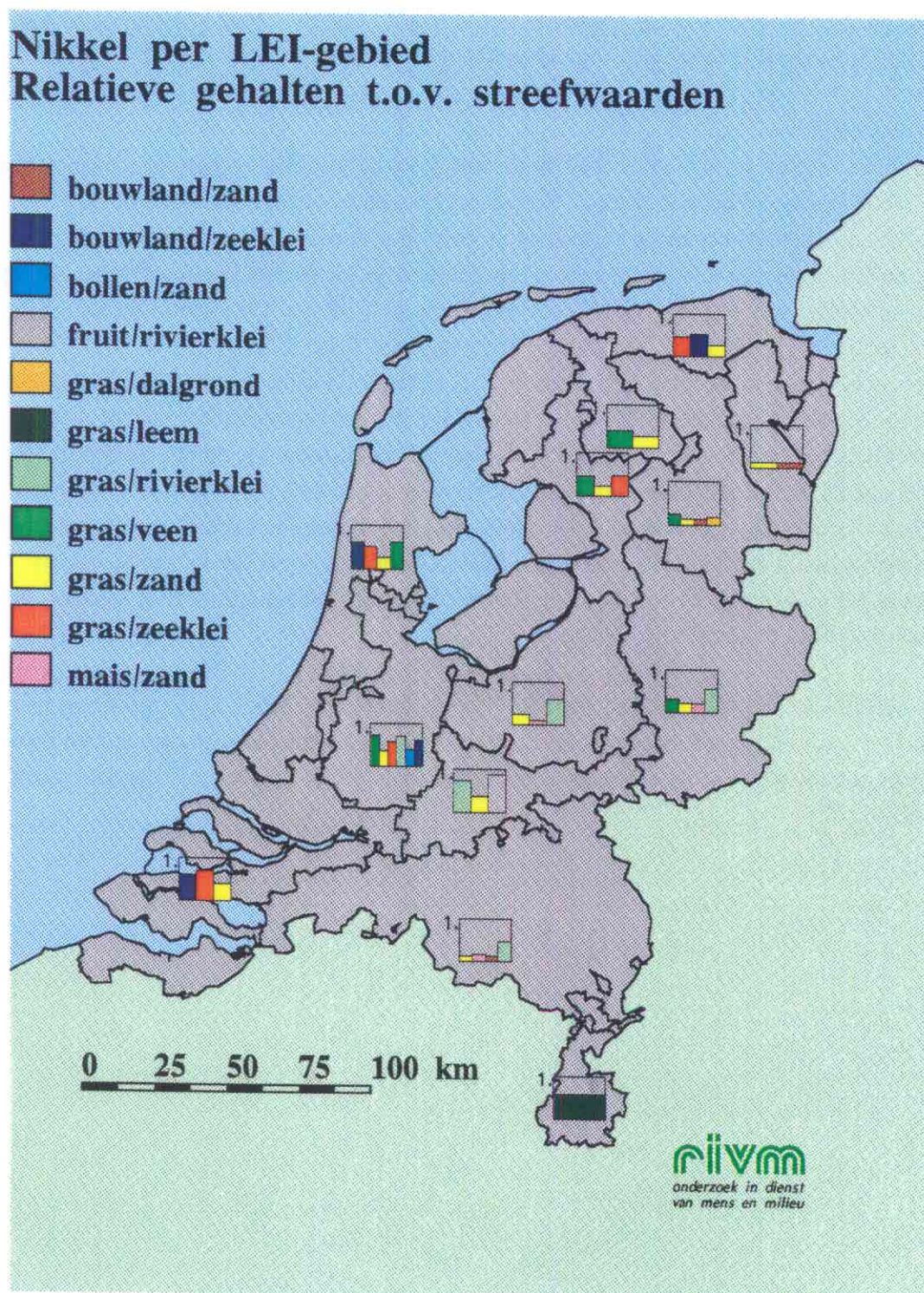
Bollen, fruit en maïs

De nikkelgehalten in de monsters afkomstig uit de bollenteelt liggen alle rond de detectiegrens van 4 mg kg^{-1} . Deze zandgrond bevat slechts 1% humus en 3% lutum, waardoor nikkel niet of nauwelijks wordt vastgehouden en zal uitspoelen of door de bollen zal worden opgenomen.

De nikkelgehalten in de monsters afkomstig van de fruitteelt in het Rivierkleigebied liggen net iets onder de streefwaarde van $34,3 \text{ mg kg}^{-1}$ (bij 3% humus en 24% lutum). Dit komt overeen met de achtergrondwaarde in rivierklei van gemiddeld 35 mg kg^{-1} (zie Tabel 3.7).

De monsters afkomstig van de maïspelden in de Zandgebieden bevatten nikkelgehalten die geen enkele keer boven de detectiegrens uitkomen, ondanks het feit dat deze percelen vaak bemest worden met dierlijke mest, wat de grootste nikkelbelasting vormt. Mogelijk wordt een belangrijk deel van het aan de bodem toegevoerde nikkel met de oogst afgevoerd. Aangezien deze gronden mineralogisch zeer arm zijn (gemiddeld 3,4% humus en 3,5% lutum), kan ook uitspoeling naar diepere bodemlagen c.q. het grondwater een rol spelen. Overschrijdingen van de streefwaarden voor nikkel in het grondwater welke hoger zijn dan het landelijk gemiddelde worden aangetroffen in het zuiden van Nederland (RIVM, 1992a).

In *Figuur 4.16* is een landelijk beeld te zien van de relatieve nikkelgehalten in de mengmonsters afkomstig uit diverse LEI-landbouwgebieden. De in het kaartje afgebeelde staafdiagrammen hebben allen dezelfde schaalverdeling, nl. van 0 tot 1. Dit wil zeggen dat de streefwaarde nergens wordt overschreden.



Figuur 4.16 Relatieve nikkelgehalten (Ni_g/Ni_{sw}) in LEI-landbouwgebieden gemeten in 1992 in mengmonsters afkomstig van verschillende combinaties bodemgebruik/grondsoort. Ni_g = nikkelgehalte in luchtdroge grond; Ni_{sw} = streefwaarde voor nikkel.

4.5 Lood

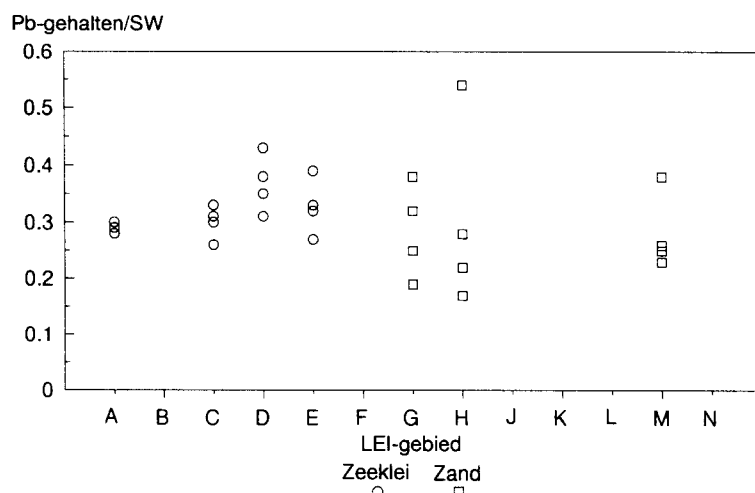
Algemeen

De gemeten loodgehalten in de monsters variëren van kleiner dan de detectiegrens ($< 8 \text{ mg kg}^{-1}$) tot 233 mg kg^{-1} (zie Bijlage II). Op grasland worden hogere relatieve loodgehalten aangetroffen dan op bouwland.

De streefwaarden worden overschreden in het Westelijk Weidegebied en Noordhollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders bij gebruik van veen als grasland. Hier worden overschrijdingen van de streefwaarden met maximaal een factor 2,3 waargenomen.

Bouwland

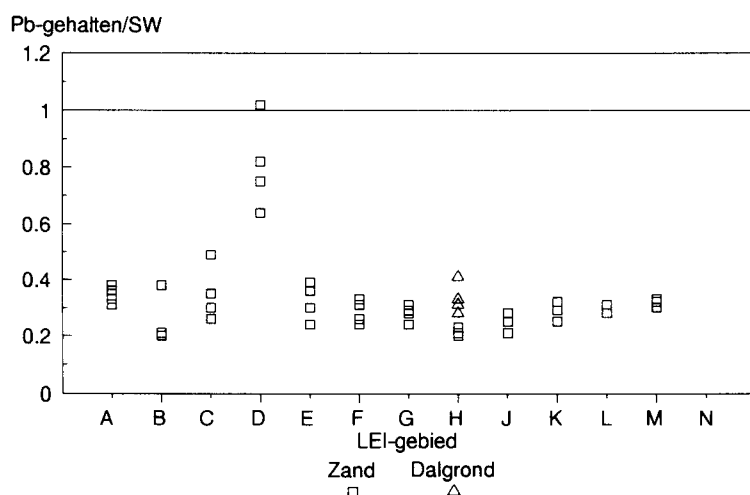
De loodgehalten in de monsters afkomstig van bouwland liggen allen onder de streefwaarde, zowel de zeeklei- (maximaal $34,0 \text{ mg kg}^{-1}$) als de zandmonsters (maximaal $32,0 \text{ mg kg}^{-1}$) ten opzichte van een streefwaarde van gemiddeld $73,4 \text{ mg kg}^{-1}$ voor zeeklei en $57,8 \text{ mg kg}^{-1}$ voor zand (zie *Figuur 4.17*). Dit komt overeen met gegevens uit eerdere onderzoeken, welke vermeld staan in Milieudiagnose 1991, deel III (RIVM, 1992b), waarbij de loodgehalten in bouwland allen onder de streefwaarden blijven.



Figuur 4.17 Loodgehalten in mengmonsters voor bouwland op zeeklei en zand ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

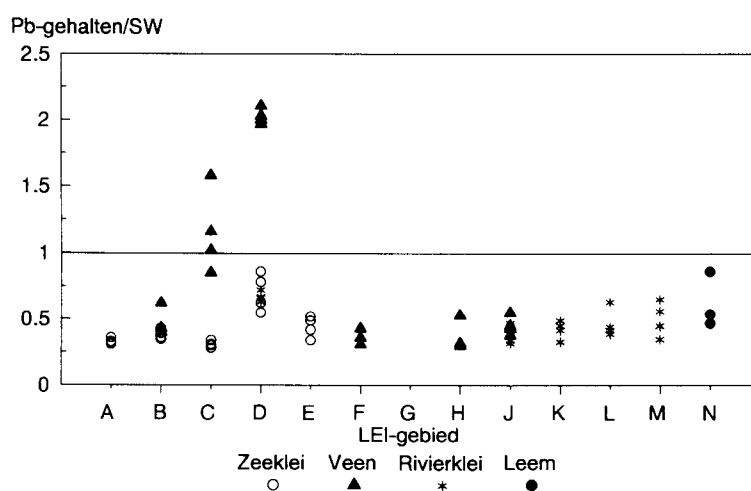
Grasland

In *Figuur 4.18* worden de relatieve loodgehalten voor grasland op zand en dalgrond weergegeven. In het Westelijk Weidegebied (D) overschrijdt één monster de streefwaarde (61 mg kg^{-1} , bij een streefwaarde van 60 mg kg^{-1} voor een grond met 7% humus en 3% lutum). Hoogstwaarschijnlijk zal een deel van de individuele monsters, waaruit de mengmonsters uit dit gebied zijn opgebouwd, loodgehalten bevatten die de streefwaarden overschrijden. Alle monsters uit dit LEI-gebied liggen hoger dan de zand- en dalgrondmonsters uit de andere LEI-gebieden; waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door een hogere atmosferische depositie in dit deel van Nederland. Depositie vormt een grote belastingsbron voor lood, nl. 26% in 1990.



Figuur 4.18 Loodgehalten in mengmonsters voor grasland op zand en dalgrond ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

In *Figuur 4.19*, waar de relatieve loodgehalten voor grasland op de klei-, leem- en veengronden wordt weergegeven, zijn een aantal monsters met overschrijdingen van de streefwaarden met een factor 1,2 tot 2,1 te zien. Het betreft veenmonsters uit de Randstad; de Noordhollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders (LEI-gebied C) en het Westelijk Weidegebied (D), aangezien deze monsters een zeer hoog organische-stofpercentage hebben (gemiddeld 35%) en de looddeeltjes goed kunnen binden. De hoge loodgehalten in deze LEI-gebieden moeten worden toegeschreven aan de atmosferische depositie en dan met name de bijdrage van het verkeer (loodhoudende benzine). De looddepositie is het hoogst in gebieden met een hoge verkeersdichtheid; in de Noordelijke LEI-gebieden worden dan ook nauwelijks verhoogde loodgehalten aangetroffen. Ook het in het verleden opbrengen van 'toemaakdekken' in de westelijke veengebieden kan een rol gespeeld hebben. In de overige LEI-gebieden zijn de gehalten vrij constant ten opzichte van de streefwaarde.



Figuur 4.19 Loodgehalten in mengmonsters voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

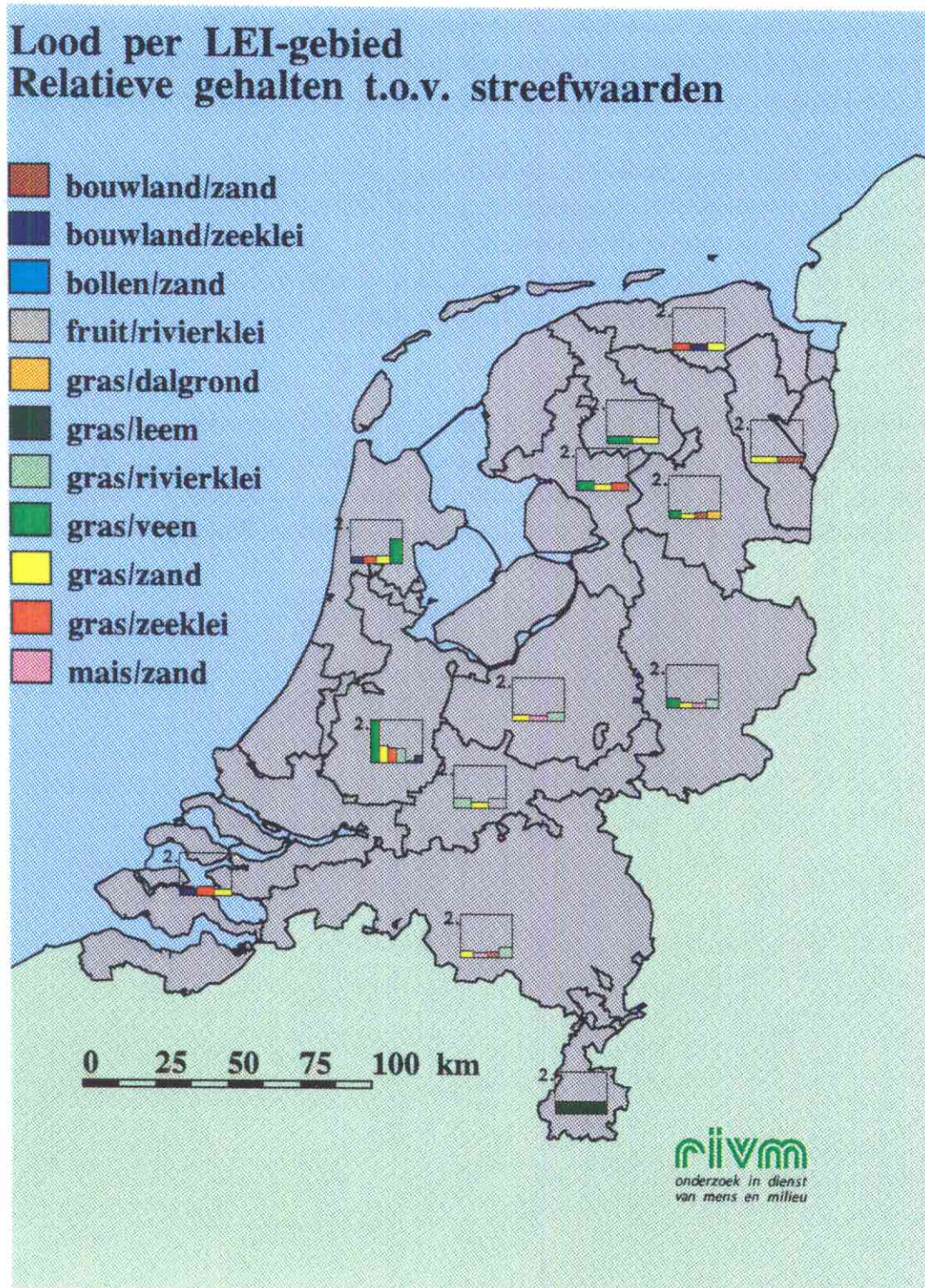
Bollen, fruit en maïs

In de bollenstreek in het Westelijk Weidegebied komen de loodgehalten niet boven de detectiegrens van 8 mg kg^{-1} uit. Hoewel de atmosferische depositie is in dit deel van Nederland tamelijk groot is worden de looddeeltjes blijkbaar niet goed vastgehouden door de humusarme zandgrond (humusgehalte $< 1\%$). Mogelijk is ook het omspuiten van bollengronden van invloed op de lage gehalten in de bovengrond.

In de monsters afkomstig van de fruitteelt op rivierklei liggen de loodgehalten ook alle onder de streefwaarde en zelfs iets beneden de gehalten in de grasland/rivierkleimonsters uit hetzelfde gebied. Waarschijnlijk is de loodbelasting hier lager.

De monsters afkomstig van de maïspercelen uit de Zandgebieden geven eveneens lage loodgehalten te zien, van $11,0$ tot $18,0 \text{ mg kg}^{-1}$, bij een gemiddelde streefwaarde van $56,9 \text{ mg kg}^{-1}$ (3% humus, 4% lutum).

In *Figuur 4.20* wordt een landelijk beeld gegeven van de relatieve loodgehalten in de mengmonsters afkomstig uit diverse LEI-landbouwgebieden. De in het kaartje afgebeelde staafdiagrammen hebben allen dezelfde schaalverdeling, afhankelijk van de hoogst gemeten overschrijdingsfactor van de streefwaarde, nl. 2 (grasland op veen in het Westelijk Weidegebied).



Figuur 4.20 Relatieve loodgehalten (Pb_g/Pb_{sw}) in LEI-landbouwgebieden gemeten in 1992 in mengmonsters afkomstig van verschillende combinaties bodemgebruik/grondsoort. Pb_g = loodgehalte in luchtdroge grond; Pb_{sw} = streefwaarde voor lood.

4.6 Zink

Algemeen

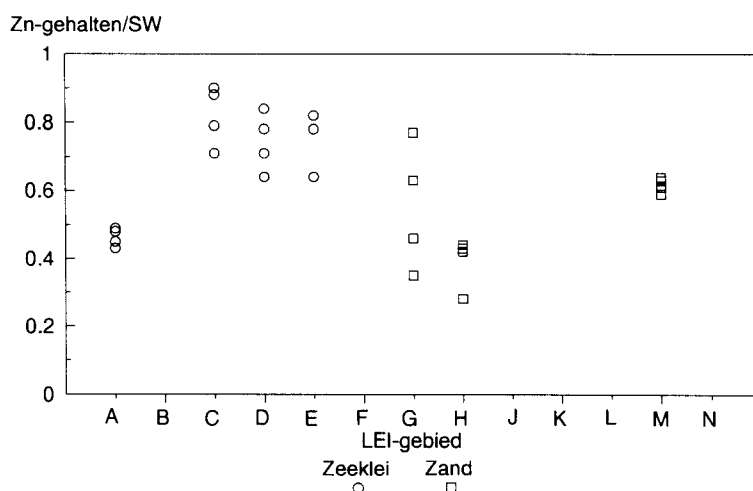
De gemeten zinkgehalten in de monsters liggen tussen 18 en 286 mg kg⁻¹ (zie Bijlage II). De gehalten op bouwland zijn iets lager dan de gehalten op grasland. Met name in de klei- en veenmonsters worden duidelijke overschrijdingen van de streefwaarde aangetroffen.

Voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem wordt de streefwaarde overschreden in een achttal LFI-landbouwgebieden in Nederland. De hoogste overschrijdingen zijn gemeten in de leemmonsters afkomstig uit Zuid-Limburg (N), met maximaal een factor 2,5.

Bouwland

Uit eerdere onderzoeken blijkt dat de gehalten op bouwland iets lager zijn dan op grasland. Dit blijkt ook uit de onderstaande figuren, waar de gevonden zinkgehalten vergeleken worden met de streefwaarden.

In *Figuur 4.21* worden de relatieve zinkgehalten voor de bouwlandmonsters op zeeklei en zand weergegeven. Geen enkel monster overschrijdt de streefwaarde, maar de gehalten in de zeekleimonsters afkomstig uit de Noordhollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders (C), het Westelijk Weidegebied (D) en het Zuidelijk Zeekleigebied (E) komen dicht in de buurt.



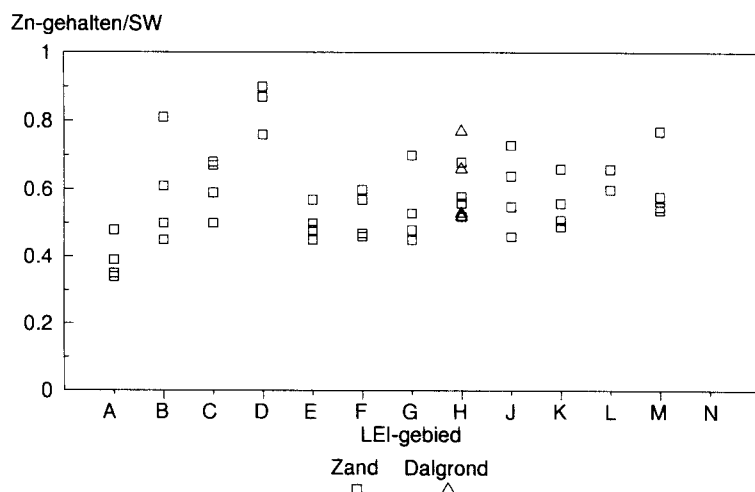
Figuur 4.21 Zinkgehalten in mengmonsters voor bouwland op zeeklei en zand ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

De monsters afkomstig uit de noordelijke LEI-gebieden (het Noordelijk Zeekleigebied (A) en het Noordelijk Zandgebied (H)) geven de laagste zinkgehalten te zien, nl. 47 tot 60 mg kg⁻¹ voor zeeklei en 18 tot 30 mg kg⁻¹ voor zand. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de geringe diffuse belasting in het noorden van het land. De zinkgehalten in de bouwlandmonsters zijn over het algemeen lager dan de gehalten in de graslandmonsters.

Grasland

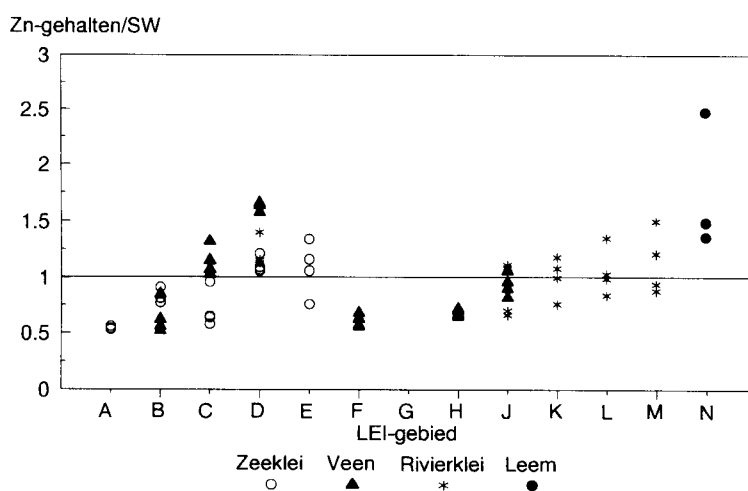
In *Figuur 4.22*, waar de relatieve zinkgehalten voor de monsters afkomstig van graslandpercelen op zand en dalgrond weergegeven worden, is te zien dat de gehalten in de zandmonsters afkomstig uit

het Noordelijk Zeekleigebied ten opzichte van de streefwaarden het laagst zijn (28 tot 42 mg kg⁻¹), door de geringe atmosferische depositie en geringere belasting door de landbouw in Noord-Nederland. De gehalten in de overige monsters blijven echter ook alle onder de streefwaarden. De zinkgehalten in het Westelijk Weidegebied (D) zijn iets hoger dan in de overige gebieden (61 tot 77 mg kg⁻¹).



Figuur 4.22 Zinkgehalten in mengmonsters voor grasland op zand en dalgrond ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

In Figuur 4.23, waar de relatieve zinkgehalten voor grasland op de klei-, leem- en veengronden worden gegeven, zijn duidelijke overschrijdingen van de streefwaarden te zien. De hoogste overschrijdingen zijn gemeten in de leemmonsters afkomstig uit Zuid-Limburg (N) (met een factor van maximaal 2,5), hetgeen verklaard kan worden door verhoogde depositie als gevolg van emissies vanuit het aangrenzende Belgische en Duitse industriegebied.



Figuur 4.23 Zinkgehalten in mengmonsters voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

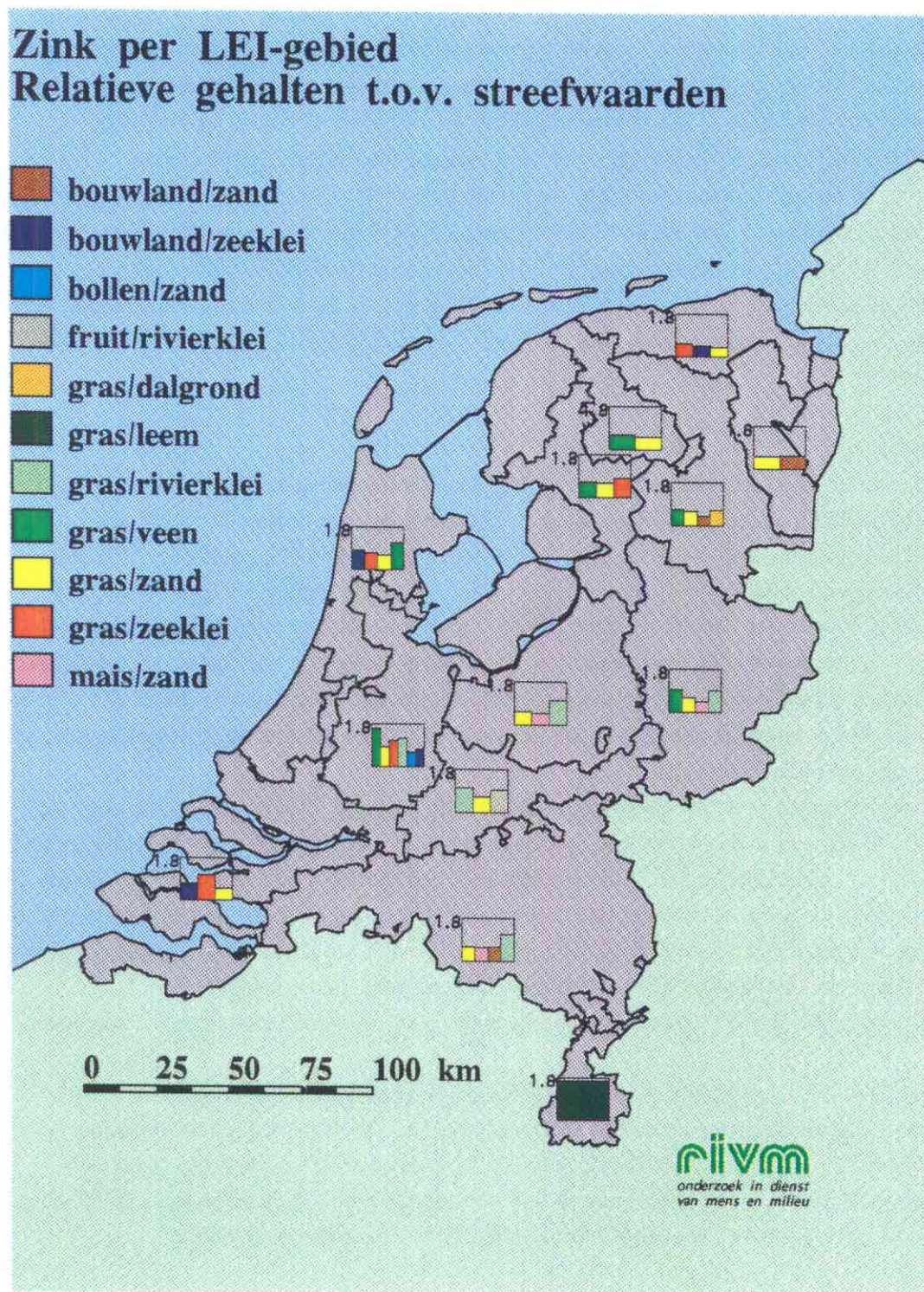
De zinkgehalten in de veenmonsters afkomstig uit de Noordhollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders (C) en het Westelijk Weidegebied (D) zijn bijna twee keer zo hoog als de streefwaarden (van 162 tot 289 mg kg⁻¹, bij een gemiddelde streefwaarde van 164 mg kg⁻¹). De oorzaak hiervan kan liggen in het feit dat deze gronden in het verleden vaak bemest werden met 'toemaak' (mengsel van bagger, dierlijke mest en stadsvuilcompost). Ook de meeste rivierkleimonsters afkomstig uit het Rivierkleigebied, het Centraal, Oostelijk en Zuidelijk Zandgebied en het Westelijk Weidegebied bevatten zinkgehalten die de streefwaarden overschrijden. In Noord-Brabant (Zuidelijk Zandgebied), waar de streefwaarde met een factor 1,5 overschreden wordt, kan de invloed van hogere regionale depositie een rol spelen. Samen met een aanzienlijke belasting door toediening van dierlijke mest en kunstmest leidt dit in de meeste LEI-gebieden tot overschrijdingen van de streefwaarden. Alleen in de Noordelijke LEI-gebieden, waar de belasting door de landbouw relatief laag is, worden de streefwaarden in geen enkel monster overschreden.

Bollen, fruit en maïs

De zinkgehalten in de monsters afkomstig van de (bloem)bollenpercelen in het Westelijk Weidegebied blijven alle onder de streefwaarden. De gehalten variëren van 28 tot 43 mg kg⁻¹ bij een gemiddelde streefwaarde van 61 mg kg⁻¹ (voor deze grond met 1,2% humus en 2,7% lutum). De zinkgehalten in de fruitteeltmonsters afkomstig uit het Rivierkleigebied liggen heel dicht in de buurt van de streefwaarden, maar overschrijden deze niet. De gehalten liggen tussen de 116 en 126 mg kg⁻¹ bij een gemiddelde streefwaarde van 127 mg kg⁻¹ (voor een grond met 2,9% humus en 24,3% lutum) en liggen over het algemeen lager dan de gehalten in gras op rivierklei 171 mg kg⁻¹; zie bijlage II). Dit is mogelijk een gevolg van de geringe zinkbelasting in de fruitteelt (weinig of geen bemesting met dierlijke mest).

In de monsters afkomstig van de maïspercelen in de Zandgebieden blijven de zinkgehalten ruim onder de streefwaarden, ondanks het feit dat de belasting met dierlijke mest op maïspercelen zeer groot kan zijn, nl. circa 2000 g ha⁻¹ j⁻¹ ofwel circa 89% van de totale zinkbelasting op maïspercelen (zie Tabel 3.2). Zink is relatief mobiel (zie hoofdstuk 6.9) en kan dus deels uitgespoeld zijn naar diepere bodemlagen, c.q. het grondwater. Bovendien is het niet uit te sluiten dat de maïspercelen die het zwaarst belast worden buiten de steekproef vallen, aangezien het reguliere bemestingsonderzoek van BLGG vaak niet wordt uitgevoerd op de zwaarbemeste maïspercelen.

In *Figuur 4.24* wordt een landelijk beeld gegeven van de relatieve zinkgehalten in de mengmonsters afkomstig uit diverse LEI-landbouwgebieden. De in het kaartje afgebeelde staafdiagrammen hebben allen dezelfde schaalverdeling, afhankelijk van de hoogst gemeten overschrijdingsfactor van de streefwaarde, nl. 1,8. Dit betreft grasland op leem in Zuid-Limburg, maar grasland op veen in het Westelijk Weidegebied komt ook dicht in de buurt.



Figuur 4.24 Relatieve zinkgehalten (Zn_g/Zn_{zw}) in LEI-landbouwgebieden gemeten in 1992 in mengmonsters afkomstig van verschillende combinaties bodemgebruik/grondsoort. Zn_g = zinkgehalte in luchtdroge grond; Zn_{zw} = streefwaarde voor zink.

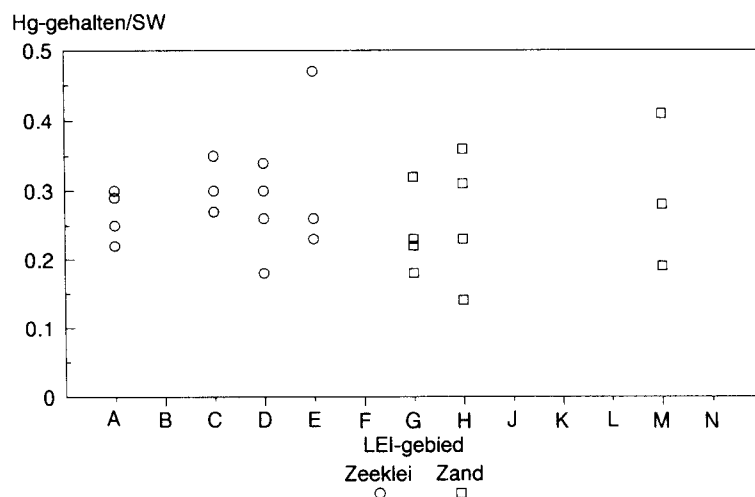
4.7 Kwik

Algemeen

De gemeten kwikgehalten in de mengmonsters liggen tussen 0,03 en 0,66 mg kg⁻¹ (zie Bijlage II). De relatieve kwikgehalten in de bouwlandmonsters liggen lager dan de gehalten in de graslandmonsters. Met name de veenmonsters afkomstig uit de Noordhollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders (C) en het Westelijk Weidegebied (D) overschrijden de streefwaarden met maximaal een factor 2,1 (C) tot 2,9 (D).

Bouwland

Een bron van kwikverontreiniging op de bouwlandgronden is het gebruik van kwikhoudende bestrijdingsmiddelen bij het ontsmetten van pootaardappelen en bloembollen (ethylkwikbromide) in het verleden (Gewasbeschermingsgids, 1985). De kwikgehalten in zowel de zeeklei- als de zandmonsters afkomstig van de bouwlandpercelen liggen alle echter ver onder de streefwaarden (zie *Figuur 4.25*).

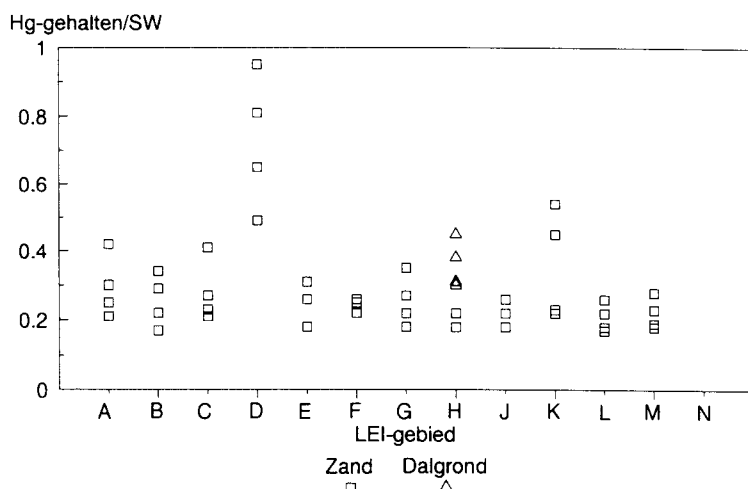


Figuur 4.25 Kwikgehalten in mengmonsters voor bouwland op zeeklei en zand ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

Grasland

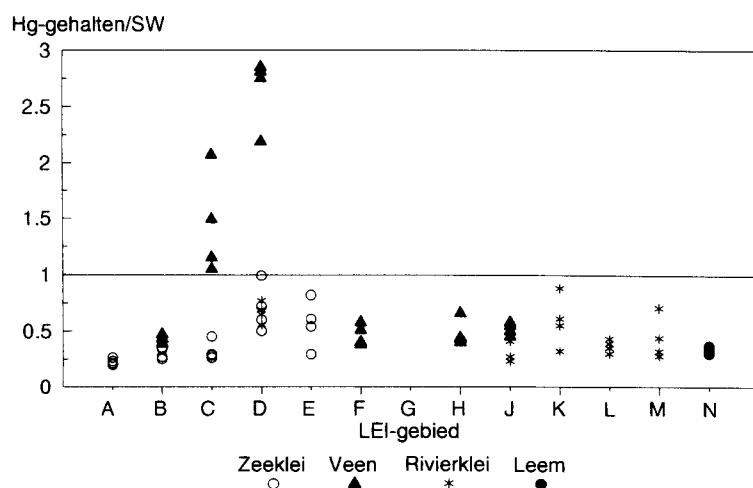
De relatieve kwikgehalten in de zand- en dalgrondmonsters afkomstig van de graslandpercelen (zie *Figuur 4.26*) geven over het algemeen hetzelfde beeld te zien als de bouwlandmonsters. Dit beeld komt overeen met de resultaten welke gegeven worden voor de bodemonsters op zand voor grasland en bouwland in Milieudiagnose 1991, deel III (RIVM, 1992b).

In de monsters afkomstig uit het Westelijk Weidegebied (D) liggen de relatieve gehalten iets hoger, waarschijnlijk als gevolg van een hogere atmosferische depositie in het westen van het land, wat het grootste deel van de kwikbelasting op landbouwgronden veroorzaakt, nl. 56% (zie *Tabel 3.5*). De spreiding in de gehalten in de mengmonsters is echter vrij groot (0,12 tot 0,24 mg kg⁻¹, bij een gemiddelde streefwaarde van 0,24 mg kg⁻¹). Het is daarom waarschijnlijk dat de kwikgehalten in een deel van de individuele monsters de streefwaarde overschrijden.



Figuur 4.26 Kwikgehalten in mengmonsters voor grasland op zand en dalgrond ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

In Figuur 4.27 worden de relatieve kwikgehalten weergegeven in de monsters afkomstig van de graslandpercelen op zeeklei, veen, rivierklei en leem. Hier is duidelijk te zien dat de gehalten de streefwaarden in de meeste gevallen zeer dicht benaderen en in enkele gevallen overschrijden. Met name de veenmonsters afkomstig uit de Noordhollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders (C) en het Westelijk Weidegebied (D) overschrijden de streefwaarden met maximaal een factor 2,1 (C) tot 2,9 (D). Dit moet naar alle waarschijnlijkheid worden toegeschreven aan een verhoogde atmosferische depositie in dit deel van Nederland (industriegebieden Rijnmond, IJmond). Ook het opbrengen van een 'toemaak'dek in het verleden kan een rol spelen bij het later terugvinden van hoge kwikgehalten op deze veengronden.



Figuur 4.27 Kwikgehalten in mengmonsters voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

Op de relatief lage gehalten in het Noordelijk Zeekleigebied na (door geringe atmosferische depositie en weinig belasting door de landbouw) ligt de rest van de gehalten ongeveer gelijk aan de streefwaarden. Eén zeekleimonster uit het Westelijk Weidegebied heeft een gehalte gelijke aan

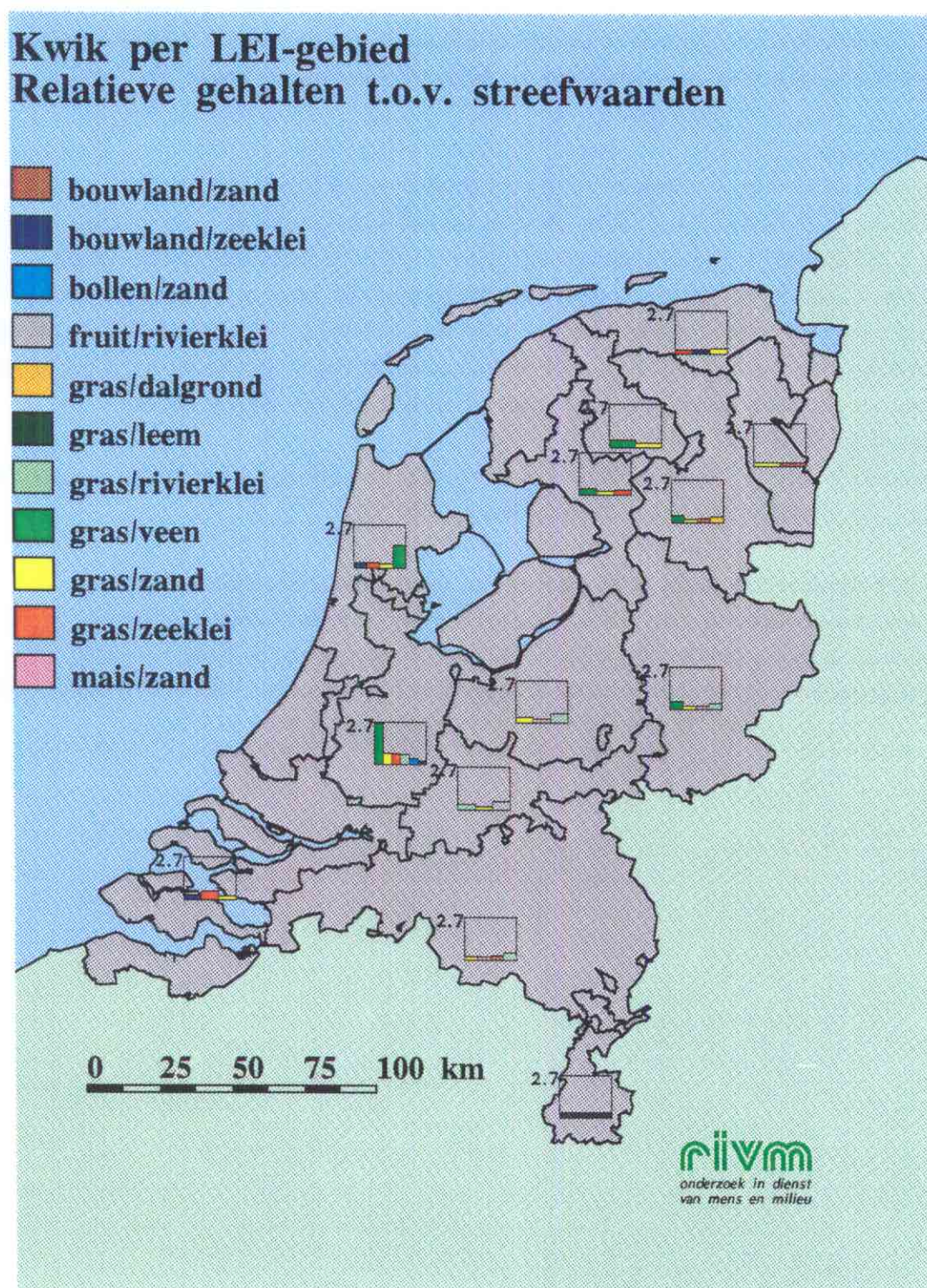
de streefwaarde en één zeekleimonster uit het Zuidelijk Zeekleigebied en één rivierkleimonster uit het Centraal Zandgebied benaderen de streefwaarde heel dicht. Een deel van de monsters (percelen) waaruit deze mengmonsters is opgebouwd kan wel boven de streefwaarde liggen.

Bollen, fruit en maïs

De kwikgehalten in de mengmonsters afkomstig uit de bollenstreek liggen alle onder de streefwaarde van $0,21 \text{ mg kg}^{-1}$. De gehalten variëren van $0,04$ tot $0,11 \text{ mg kg}^{-1}$. Dit is opvallend aangezien in het verleden kwikhoudende bestrijdingsmiddelen in de bollenteelt werden toegepast. Dit beeld wijkt af van de resultaten van oudere meetgegevens: met name in het Zuid Hollandse bollengebied werd de streefwaarde voor kwik in de bodem veelvuldig overschreden (RIVM,1992a). Ook de gehalten in de monsters afkomstig van de fruitteeltbedrijven uit het Rivierkleigebied liggen alle onder de streefwaarde. De kwikgehalten variëren van $0,11$ tot $0,19 \text{ mg kg}^{-1}$ bij een streefwaarde van $0,29 \text{ mg kg}^{-1}$.

De kwikgehalten in de mengmonsters afkomstig van de maïspcelen liggen het laagst, nl. $0,04$ tot $0,07 \text{ mg kg}^{-1}$, ten opzichte van een streefwaarde van $0,22 \text{ mg kg}^{-1}$.

In *Figuur 4.28* wordt een landelijk beeld gegeven van de relatieve kwikgehalten in de mengmonsters afkomstig uit diverse LEI-landbouwgebieden. De in het kaartje afgebeelde staafdiagrammen hebben allen dezelfde schaalverdeling, afhankelijk van de hoogst gemeten overschrijdingsfactor van de streefwaarde, nl. 2,7 (grasland op veen in het Westelijk Weidegebied).



Figuur 4.28 Relatieve kwikgehalten (Hg/Hg_{sw}) in LEI-landbouwgebieden gemeten in 1992 in mengmonsters afkomstig van verschillende combinaties bodemgebruik/grondsoort. Hg_g = kwikgehalte in luchtdroge grond; Hg_{sw} = streefwaarde voor kwik.

4.8 Arseen

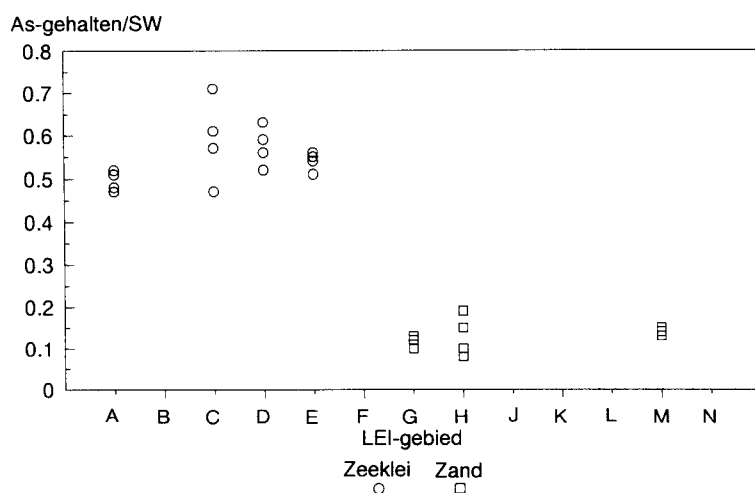
Algemeen

De relatieve arseengehalten in de bouwlandmonsters op zeeklei liggen significant hoger dan de gehalten in de bouwlandmonsters op zand. Ook voor grasland geldt dat de klei- en veenmonsters over het algemeen hogere arseengehalten bevatten dan de zand- en dalgrondmonsters.

De arseengehalten in de onderzochte grondmonsters liggen tussen 1,3 en 25,0 mg kg⁻¹ (zie Bijlage II). De streefwaarde wordt in twee mengmonsters overschreden: in een grasland/zandmonster afkomstig uit het Westelijk Weidegebied en in een grasland/rivierkleimonster afkomstig uit het Oostelijk Zandgebied.

Bouwland

De atmosferische depositie, waardoor de landbouwgronden belast worden (46% van de totale arseenbelasting, zie *Tabel 3.5*), is o.a. een gevolg van het gebruik van arseen in de chemische industrie, bij het maken van legeringen en door verbranding van met arseen geconserveerd polyvinylchloride (PVC). De landbouw draagt gemiddeld ongeveer 41% bij (dierlijke mest circa 29%, kunstmest circa 12%). In *Figuur 4.29*, waar de relatieve arseengehalten voor bouwland op zeeklei en zand staan uitgezet, is te zien dat de arseengehalten in de zeekleimonsters dicht bij de streefwaarde liggen dan de gehalten in de zandmonsters.



Figuur 4.29 Arseengehalten in mengmonsters voor bouwland op zeeklei en zand ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

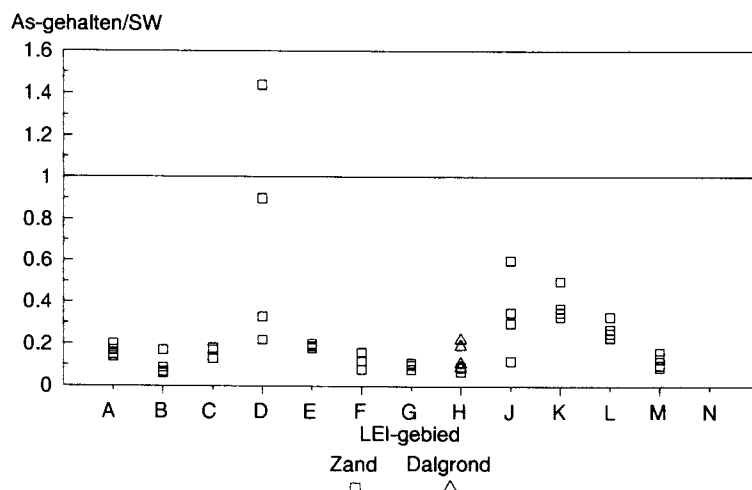
Arseen komt in de bovengrond over het algemeen in 5-waardig vorm als arsenaat voor. De mate waarin de bodem arsenaat kan adsorberen hangt in sterke mate af van het ijzergehalte. In mindere mate zijn ook het aluminium- en het lutumgehalte van belang. Daarnaast spelen redox toestand en vooral pH een belangrijke rol. Kleigronden binden arsenaten beter dan zandgronden (Slooff *et al.*, 1990). Hierdoor zijn arseengehalten in kleigronden hoger dan in zandgronden. In gereduceerde omstandigheden (anaeroob grondwater) kan arseen in driewaardige vorm voorkomen (arseniet). In gebieden waar arseen en ijzerrijk grondwater opkwelt en in contact komt met zuurstofrijke

bodemcondities kunnen zo hoge arseengehalten in de bodem ontstaan door het neerslaan van opgelost ijzer en arseen.

Het is moeilijk de bijdrage van menselijke activiteiten te onderscheiden van natuurlijke gehalten. In het verleden is natriumarseniet bij het doden van aardappelloof op grote schaal toegepast en op kleigronden langer doorgegaan dan op zandgronden. Op zandgrond was het toepassen na ca 1960 verboden. Na 1985 was het gebruik ook op klei- en zavelgrond niet langer toegestaan. (Slooff *et al*, 1990).

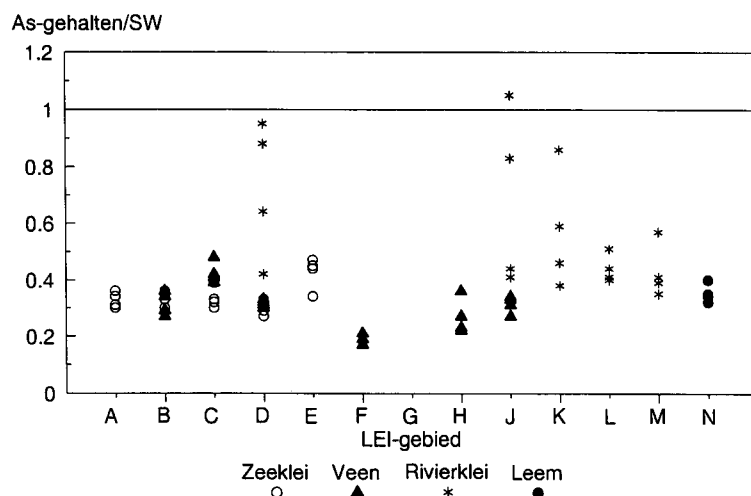
Grasland

In *Figuur 4.30*, waar de relatieve arseengehalten voor gras op zandgrond weergegeven worden, zijn maar enkele uitschieters te zien. Eén mengmonster overschrijdt de streefwaarde met een factor 1,4 en één komt zeer dicht in de buurt. Het betreft wederom monsters uit het Westelijk Weidegebied. De atmosferische depositie is in het westen wel iets hoger dan in het noorden van Nederland, maar is het hoogst in Noord-Brabant. Opvallend is echter dat de relatieve gehalten in de overige twee gras/zandmonsters uit dit gebied aanzienlijk lager liggen en vergelijkbaar zijn met de monsters uit de andere LEI-gebieden. In hoeverre er sprake is van sterk verhoogde gehalten in enkele individuele percelen kan niet worden nagegaan. Iets verhoogde gehalten doen zich voor in de monsters afkomstig uit het Oostelijk en Centraal Zandgebied (J en K). Op grond van de hoogte en verdeling van de arseendepositie werd verwacht dat in de mengmonsters afkomstig uit het Zuidelijk Zandgebied (regio M; Noord-Brabant) relatief hoge arseengehalten te zien zouden geven maar dit wordt niet bevestigd door meetresultaten.



Figuur 4.30 Arseengehalten in mengmonsters voor grasland op zand en dalgrond ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

In *Figuur 4.31* zijn de relatieve arseengehalten in de klei- en veenmonsters afkomstig van de graslandpercelen weergegeven. Hieruit blijkt bij een tweetal mengmonsters van gras op rivierklei sprake te zijn van streefwaarde-overschrijding. In het mengmonster uit het Oostelijk Zandgebied (J) komt een arseengehalte voor van $25,0 \text{ mg kg}^{-1}$. Dit is in overeenstemming met de achtergrondwaarden van rivierkleigronden die het hoogst zijn van alle grondsoorten in Nederland (Slooff *et al*, 1990).



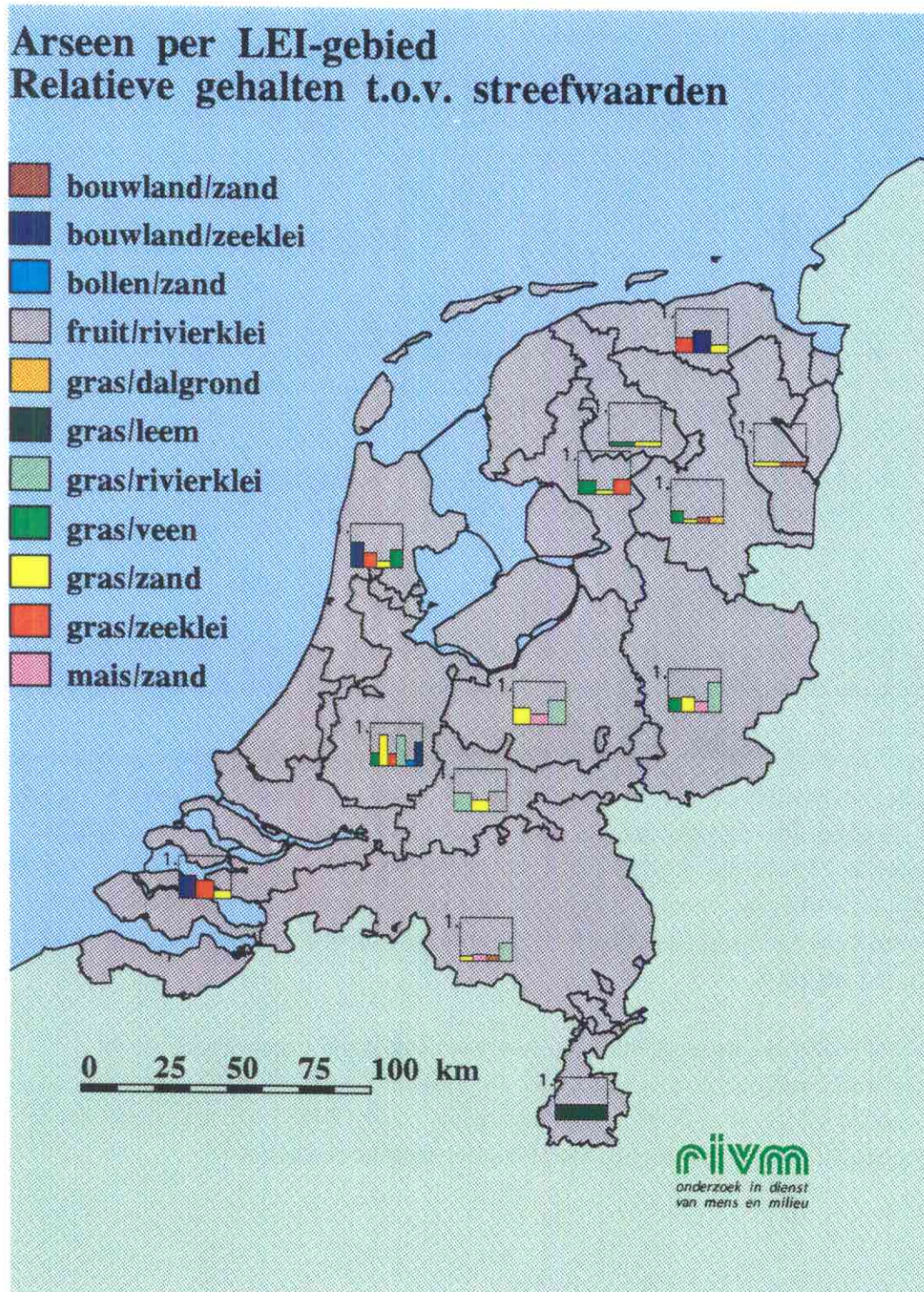
Figuur 4.31 Arseengehalten in mengmonsters voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

Bollen, fruit en maïs

De arseengehalten in de monsters afkomstig uit de (bloem)bollenteelt in het Westelijk Weidegebied geven gehalten te zien (gemiddeld $2,6 \text{ mg kg}^{-1}$) die ruim onder de streefwaarde liggen (gemiddeld $17,8 \text{ mg kg}^{-1}$).

In de rivierkleimonsters afkomstig van de fruitteelt in het Rivierkleigebied worden arseengehalten aangetroffen die vergelijkbaar zijn met de gehalten in de overige rivierkleimonsters (zie *Figuur 4.30*). De arseengehalten variëren van $10,2$ tot $14,5 \text{ mg kg}^{-1}$, ten opzichte van een gemiddelde streefwaarde van $25,9 \text{ mg kg}^{-1}$ (bij een grond met een humusgehalte van $2,9\%$ en een lutumgehalte van $24,3\%$). De arseengehalten in de mengmonsters van maïspercelen variëren van $1,9$ tot $5,9 \text{ mg kg}^{-1}$ (gemiddeld $3,8 \text{ mg kg}^{-1}$), dus ruim onder de streefwaarden (varierend van $17,4$ tot $18,1$; gemiddeld $17,8 \text{ mg kg}^{-1}$).

In *Figuur 4.32* wordt een landelijk beeld gegeven van de relatieve arseengehalten in de mengmonsters afkomstig uit diverse LEI-landbouwgebieden. De in het kaartje afgebeelde staafdiagrammen hebben allen dezelfde schaalverdeling, nl. van 0 tot 1. Dit wil zeggen dat de gemiddelde gehalten aan arseen nergens boven de streefwaarde uitkomen.



Figuur 4.32 Relatieve arseengehalten (As_g/As_{sw}) in LEI-landbouwgebieden gemeten in 1992 in mengmonsters afkomstig van verschillende combinaties bodemgebruik/grondsoort. As_g = arseengehalte in luchtdroge grond; As_{sw} = streefwaarde voor arseen.

4.9 Discussie

Gebruik van mengmonsters

Dit onderzoek moet worden gezien als een poging om inzicht te verkrijgen in de huidige bodemkwaliteit van de Nederlandse landbouwgronden, voor wat betreft het zware metalengehalte. Het feit dat gebruik gemaakt is van mengmonsters van maximaal 20 percelen leidt ertoe dat lage en hoge gehalten van individuele percelen worden uitgemiddeld. Wanneer een metaalgehalte in een mengmonster de streefwaarden dicht benadert, is het waarschijnlijk dat een deel van de individuele monsters (percelen) metaalgehalten bevat die wél boven de streefwaarde liggen. Door de in dit onderzoek gehanteerde bemonsteringsstrategie kunnen geen uitspraken worden gedaan in welke mate op perceelsniveau sprake is van streefwaarde-overschrijding.

5 RESULTATEN ORGANISCHE VERBINDINGEN

5.1 Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's)

Inleiding

Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's) ontstaan bij de onvolledige verbranding of verkooling van diverse koolstofbevattende materialen. Daartoe behoren o.a. fossiele brandstoffen, voedingsmiddelen en hout. Ook bij de afvalverbranding, emissies uit gecreosoteerd hout en bij de uitstoot van uitlaatgassen door het wegverkeer komen PAK's vrij.

Door het gebruik van vuur door de mens is de PAK-concentratie in het milieu voortdurend gestegen, bijv. door het verbranden van stro en loofresten en door bosbranden. Het begrip 'achtergrondniveau' dient in dit verband niet beschouwd te worden als het natuurlijk gehalte, maar als het niveau waarin PAK aanwezig is in gebieden ver verwijderd van menselijke activiteiten. Het achtergrondgehalte aan totaal PAK in de bodem ligt vermoedelijk op een niveau van $0,01 \mu\text{g kg}^{-1}$ (Slooff *et al.*, 1988).

PAK-verbindingen zijn alle opgebouwd uit twee of meer 'benzeenringen' en verschillen onderling aanzienlijk van eigenschappen. De lichtere PAK's (2 tot 3 ringen) zijn redelijk oplosbaar in water en enigszins vluchtig, in tegenstelling tot de zwaardere verbindingen (4 of meer ringen), die persistenter zijn in de bodem. De belangrijkste processen waardoor PAK's uit de bovengrond verdwijnen zijn biodegradatie en onderwerken (ploegen) (Wild *et al.*, 1990a). Op basis van veldonderzoeken zijn halfwaardetijden berekend van < 3 jaar voor een lichte PAK als fluoreen tot 9 jaar voor een zware PAK als benzo(ghi)peryleen (Wild *et al.*, 1990b).

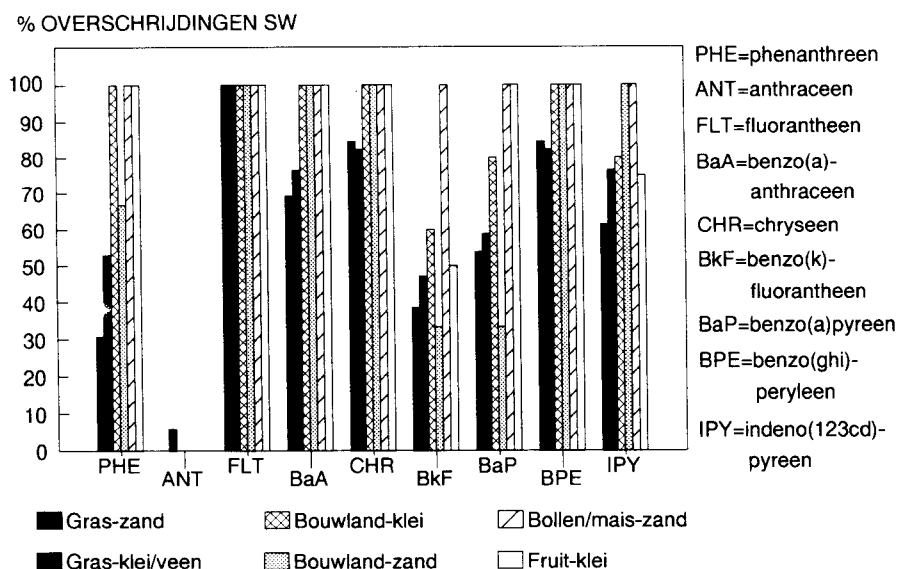
Een overzicht van de structuur en oplosbaarheid van de in de geanalyseerde monsters meest voorkomende PAK's wordt gegeven in *Tabel 5.1*.

Tabel 5.1 Eigenschappen van de in de geanalyseerde monsters meest voorkomende PAK-verbindingen

PAK-verbinding	kookp. (°C)	aantal benzeenringen	oplosbaar- heid ($\mu\text{g l}^{-1}$)
Fluorantheen	383	3	260
Benzo(a)anthraceen	437	4	14
Chryseen	255	4	2
Benzo(ghi)peryleen	500	6	0,26

In *Figuur 5.1* worden de percentages van de waarnemingen die de streefwaarden overschrijden weergegeven voor de negen onderzochte PAK's, waarvoor streefwaarden bekend zijn. Hierin is te zien dat voor alle PAK's, op anthraceen na, geldt dat in alle monsters afkomstig van de bollen- en maïsteelt de streefwaarden overschreden worden.

Voor fluorantheen, benzo(a)anthraceen, chryseen en benzo(ghi)peryleen worden de meeste overschrijdingen van de streefwaarden waargenomen; anthraceen overschrijdt alleen de streefwaarde in het monster gras op zeelei.



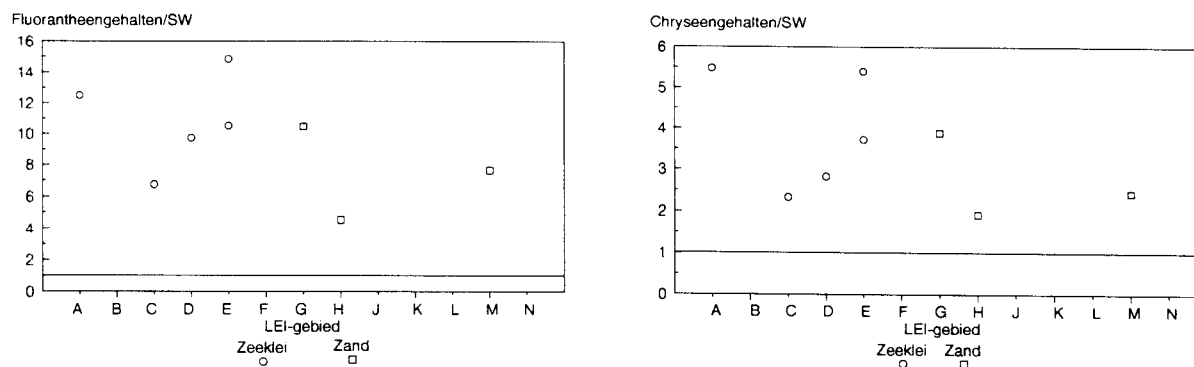
Figuur 5.1 De percentages van de waarnemingen die de streefwaarden overschrijden voor de onderzochte PAK's bij verschillende combinaties bodemgebruik/bodemtype.

Algemeen

De PAK's die in alle monsters in de hoogste gehalten voorkomen zijn fluorantheen, chryseen, benzo(a)anthraceen en benzo(ghi)peryleen (zie Bijlage III). In de bouwlandmonsters liggen de gehalten aan deze PAK's in alle monsters boven de streefwaarden. In de graslandmonsters worden hogere overschrijdingen van de streefwaarden aangetroffen dan in de bouwlandmonsters, maar hierin worden ook gehalten gemeten die beneden de streefwaarden liggen. De PAK-gehalten in de zandmonsters laten in vergelijking met de klei- en veenmonsters weinig verschillen zien. Fluorantheen is de enige PAK die in 100% van de onderzochte monsters de streefwaarde overschrijdt. In vergelijking met andere PAK's komt fluorantheen in de hoogste gehalten voor en heeft de laagste streefwaarde. Ook chryseen wordt in de monsters veelvuldig aangetroffen; in ruim 88% van de monsters worden chryseengehalten gevonden die de streefwaarde overschrijden.

PAK's in bouwland (op zeeklei en zand)

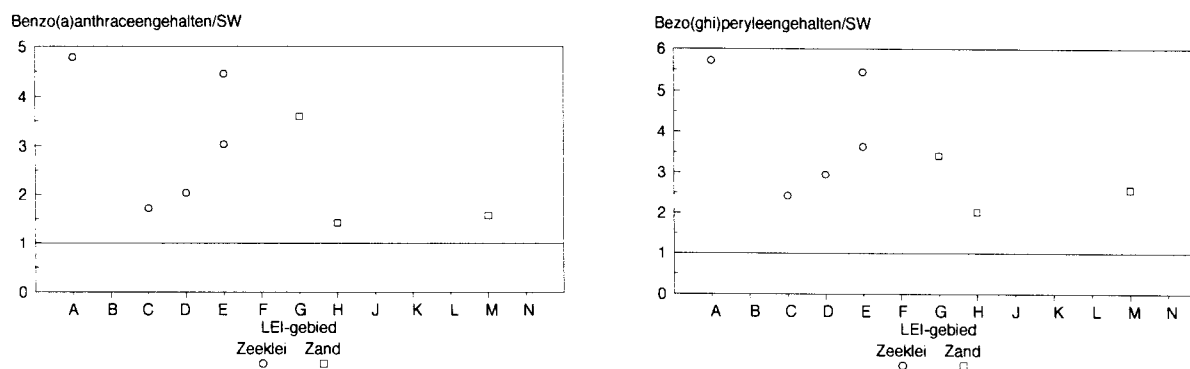
Uit Figuur 5.2, waarin de relatieve fluorantheen- en chryseengehalten voor bouwland op zeeklei en zand worden weergegeven, blijkt dat de gehalten in de monsters in alle gevallen de streefwaarde overschrijden, met een factor 7-15 voor fluorantheen in zeeklei, een factor 2-5 voor chryseen in zeeklei, een factor 7-11 voor fluorantheen in zand en een factor 2-4 voor chryseen in zand. Het hoogste gehalte aan fluorantheen is gevonden in het zeekleimonster uit het Zuidelijk Zeekleigebied (E), nl. $45 \mu\text{g kg}^{-1}$, bij een streefwaarde van $3 \mu\text{g kg}^{-1}$, maar een echte uitschieter is dit monster echter niet. Chryseen wordt in de hoogste gehalten aangetroffen in het matig humeuze zandmonster uit de Veenkoloniën (G), nl. $38,8 \mu\text{g kg}^{-1}$. De streefwaarde bedraagt hier $10 \mu\text{g kg}^{-1}$, door een organische-stofpercentage van 5%. De hoogste *relatieve* gehalten worden echter aangetroffen in de zeekleimonsters uit de zeekleigebieden (A en E), waarvan de streefwaarde tussen de 4 en $5 \mu\text{g kg}^{-1}$ ligt. De organische-stofpercentages in deze monsters bedragen respectievelijk 2,2 en 2,0%, waardoor deze gronden aanzienlijk kwetsbaarder zijn.



Figuur 5.2 Fluorantheen- en chryseengehalten in mengmonsters voor bouwland op zeeklei en zand ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

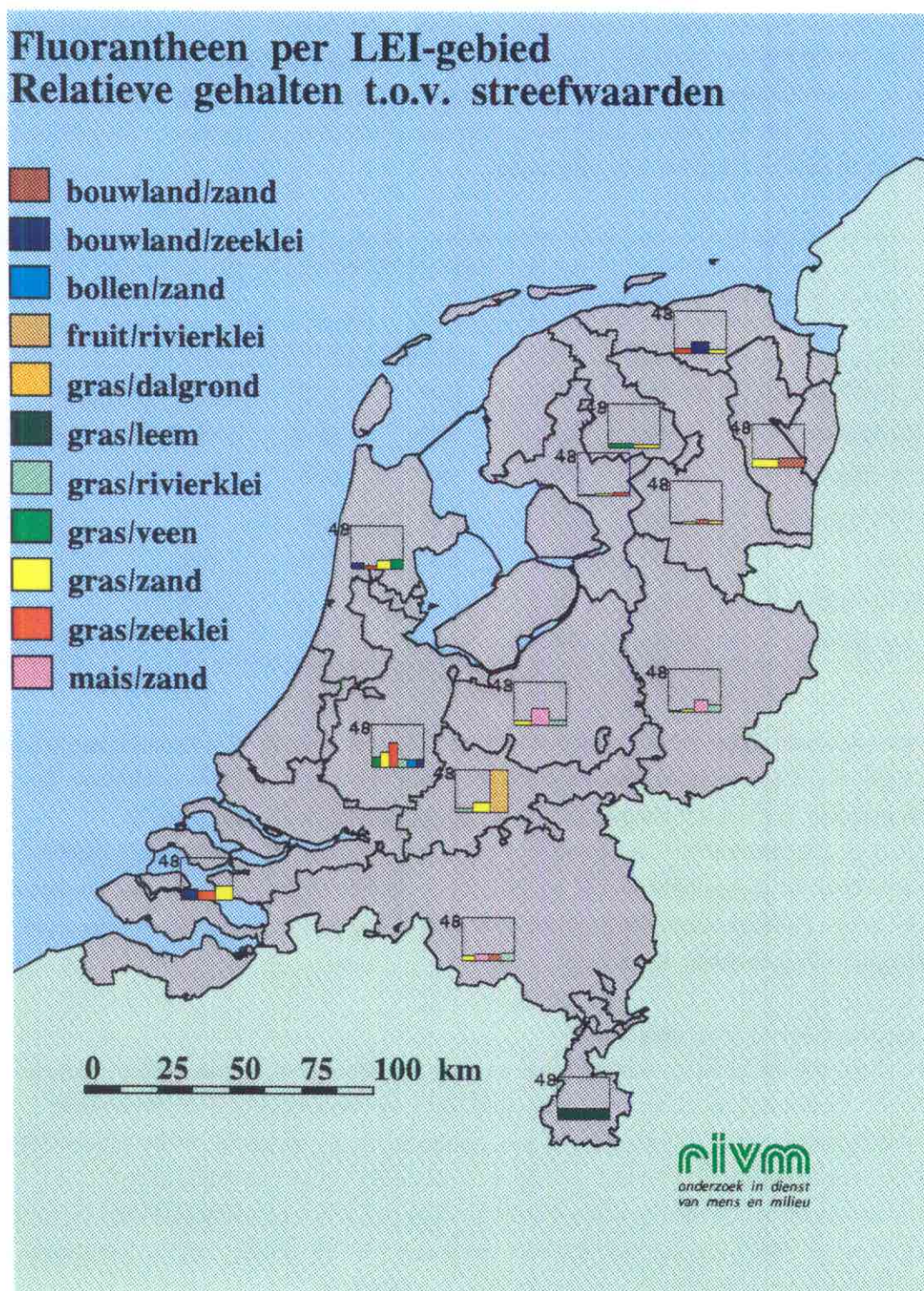
De PAK-verbindingen benzo(a)anthraceen en benzo(ghi)peryleen overschrijden de streefwaarden in respectievelijk 81,3% en 88,4% van het totaal aantal waarnemingen; de gehalten in de bouwlandmonsters overschrijden echter alle de streefwaarden.

In *Figuur 5.3* worden de relatieve benzo(a)anthraceen- en benzo(ghi)peryleengehalten voor bouwland op zeeklei en zand weergegeven. Hierin is te zien dat de hoogste relatieve gehalten worden aangetroffen in het Noordelijk Zeekleigebied (A) en het Zuidelijk Zeekleigebied (E); de spreiding tussen de verschillende LEI-gebieden is echter vrij groot.



Figuur 5.3 Benzo(a)anthraceen- en benzo(ghi)peryleengehalten in mengmonsters voor bouwland op zeeklei en zand ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

In *Figuur 5.4* wordt een landelijk beeld gegeven van de relatieve fluoranthengehalten in de mengmonsters afkomstig uit diverse LEI-landbouwgebieden. De in het kaartje afgebeelde staafdiagrammen hebben allen dezelfde schaalverdeling, afhankelijk van de hoogst gemeten overschrijdingsfactor van de streefwaarde, nl. 48 (fruit op rivierklei in het Rivierkleigebied).



Figuur 5.4 Relatieve fluorantheengehalten (FLT_g/FLT_{sw}) in LEI-landbouwgebieden gemeten in 1992 in mengmonsters afkomstig van verschillende combinaties bodemgebruik/grondsoort.
 FLT_g = fluorantheengehalte in luchtdroge grond; FLT_{sw} = streefwaarde voor fluorantheen.

Voor de overige PAK-verbindingen geldt eveneens dat voor bouwland de hoogste relatieve gehalten worden aangetroffen in de monsters afkomstig van de zeekleigebieden. Ook in het noorden van Nederland komen dus verhoogde gehalten voor, ondanks het feit dat de atmosferische depositie hier geringer is dan in de rest van Nederland. Het is niet duidelijk wat hiervan de oorzaak is. In *Tabel 5.2* worden de relatieve gehalten aan overige PAK's in de bouwlandmonsters weergegeven. Het betreft hier één monster per combinatie grondgebruik/grondsoort. De gehalten die de streefwaarden overschrijden zijn vetgedrukt.

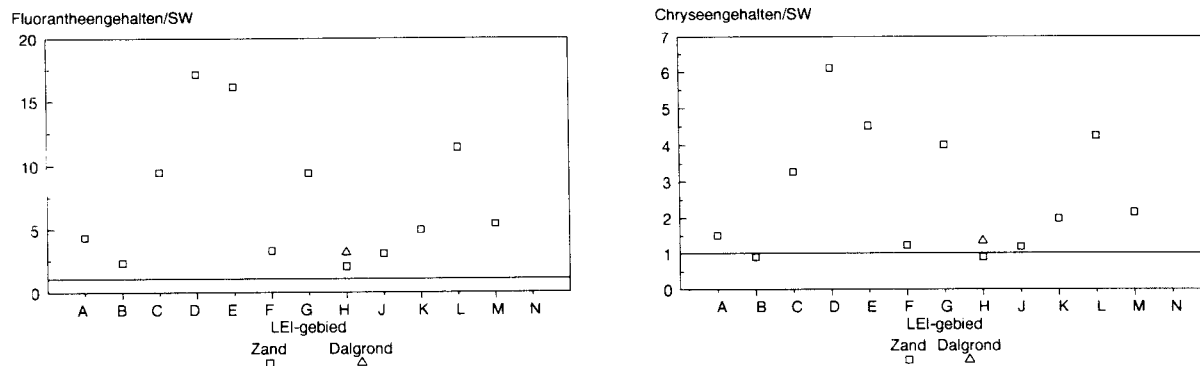
Tabel 5.2 Overige PAK-gehalten in mengmonsters voor bouwland op zeeklei en zand ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de betreffende LEI-gebieden (PHE=phenanthreen, ANT=anthraceen, BkF=benzo(k)fluorantheen, BaP=benzo(a)pyreen, IPY=indeno(123cd)pyreen)

LEI-gebied	Monster	PHE/sw	ANT/sw	BkF/sw	BaP/sw	IPY/sw
Noordelijk Zeekleigebied	zeeklei	2,63	0,38	1,77	3,57	3,08
Noordh. Droogmakerij	zeeklei	1,64	0,15	<0,56	<1,09	<1,82
Westelijk Weidegebied	zeeklei	2,01	<0,09	0,73	1,14	2,31
Zuidelijk Zeekleigebied	zeeklei	2,34	0,26	1,36	2,26	3,31
Veenkoloniën	zand	1,83	0,32	1,28	2,33	2,35
Noordelijk Zandgebied II	zand	0,76	0,08	0,59	0,98	1,16
Zuidelijk Zandgebied	zand	1,72	<0,09	0,63	<0,96	1,88

Wanneer voor de onderzochte PAK's de totaalgehalten (som van 9 PAK's) in ogenschouw worden genomen, blijkt dat in geen van de bouwlandmonsters de streefwaarde wordt overschreden. De totaal-PAK-gehalten in zeeklei bedragen minimaal 68,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$ in de Noordhollandse Droogmakerij en IJsselmeerpolders tot maximaal 188,1 $\mu\text{g kg}^{-1}$ in het Noordelijk Zeekleigebied, tegen een streefwaarde van gemiddeld 232 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Voor zand bedragen deze gehalten minimaal 96,6 $\mu\text{g kg}^{-1}$ in het Zuidelijk Zandgebied tot maximaal 310,9 $\mu\text{g kg}^{-1}$ in de Veenkoloniën, tegen een streefwaarde van gemiddeld 423 $\mu\text{g kg}^{-1}$.

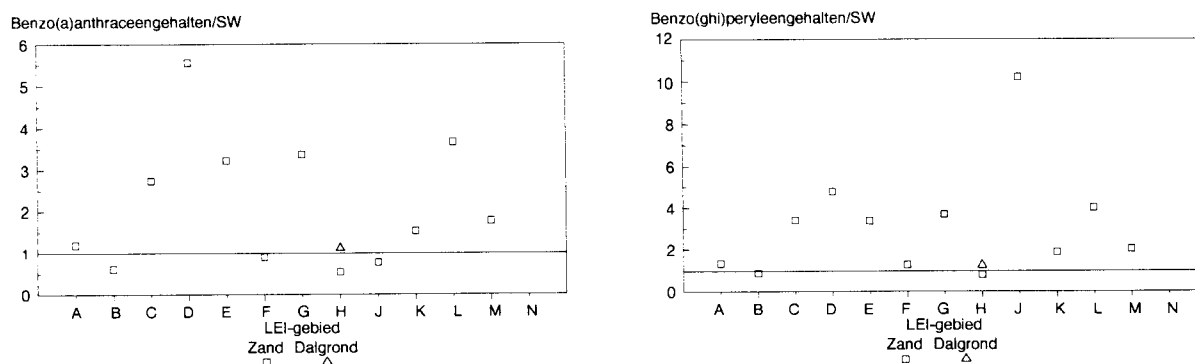
PAK's in grasland (op zand en dalgrond)

In *Figuur 5.5* worden de relatieve fluorantheen- en chryseengehalten voor grasland op zand en dalgrond weergegeven. Hierin is een vrij grote spreiding over Nederland te zien. De hoogste gehalten worden aangetroffen in de zandmonsters afkomstig uit het Westelijk Weidegebied (D) en het Zuidelijk Zeekleigebied (E), nl. resp. 234,0 en 119,0 $\mu\text{g kg}^{-1}$ voor fluorantheen en 111 en 44 $\mu\text{g kg}^{-1}$ voor chryseen. De streefwaarde wordt hier fors overschreden (maximaal een factor 17 voor fluorantheen en maximaal een factor 6 voor chryseen). Een mogelijke oorzaak kan liggen in een verhoogde atmosferische depositie in dit deel van Nederland.



Figuur 5.5 Fluorantheen- en chryseengehalten in mengmonsters voor grasland op zand en dalgrond ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

In Figuur 5.6, waarin de relatieve benzo(a)anthraceen- en benzo(ghi)peryleengehalten voor grasland op zand en dalgrond worden weergegeven, is een grote spreiding over de verschillende LEI-gebieden te zien. Het benzo(a)anthraceen- en het benzo(ghi)peryleengehalte is het hoogst in de zandmonsters afkomstig uit het Westelijk Weidegebied, nl. respectievelijk $101,2 \mu\text{g kg}^{-1}$, tegen een streefwaarde van $18,2 \mu\text{g kg}^{-1}$ voor benzo(a)anthraceen en $87,0 \mu\text{g kg}^{-1}$, tegen een streefwaarde van $18,2 \mu\text{g kg}^{-1}$ voor benzo(ghi)peryleen. De benzo(a)anthraceengehalten in deze monsters overschrijden de streefwaarden in 53% van het aantal waarnemingen. De gehalten liggen lager dan de gehalten aan fluorantheen, wat men door de eigenschappen van deze PAK niet zou verwachten: benzo(a)anthraceen heeft een lagere oplosbaarheid en is een zwaardere PAK dan fluorantheen en zou dus resistenter moeten zijn. Waarschijnlijk is de belasting van de bodem en de lucht met benzo(a)anthraceen lager. De gehalten in enkele monsters afkomstig uit het noorden en oosten van Nederland liggen onder de streefwaarden.



Figuur 5.6 Benzo(a)anthraceen- en benzo(ghi)peryleengehalten in mengmonsters voor grasland op zand en dalgrond ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

Voor de overige PAK-verbindingen is een soortgelijk beeld te zien als voor de voorgaande verbindingen; in het noorden en oosten van het land worden nauwelijks overschrijdingen van de streefwaarden waargenomen; in het westen en zuiden van Nederland zijn overschrijdingen te zien van maximaal een factor 4,1 voor benzo(a)pyreen in het Westelijk Weidegebied. Dit zandmonster bevat een benzo(a)pyreengehalte van $94,0 \mu\text{g kg}^{-1}$ bij een streefwaarde van $22,7 \mu\text{g kg}^{-1}$. Zelfs voor anthraceen, dat van alle gemeten PAK-verbindingen het minst voorkomt en waarvan slechts 2,3%

van het totaal aantal waarnemingen boven de streefwaarde uitkomt, geldt dat de hoogste gehalten worden aangetroffen in het Westelijk Weidegebied. Hieruit blijkt dat de atmosferische depositie in dit deel van Nederland een grote rol speelt, met name de luchtvervuiling veroorzaakt door industrie (o.a. cokesproductie en verbrandingsprocessen) en verkeersemisies, met name door auto's met dieselmotoren.

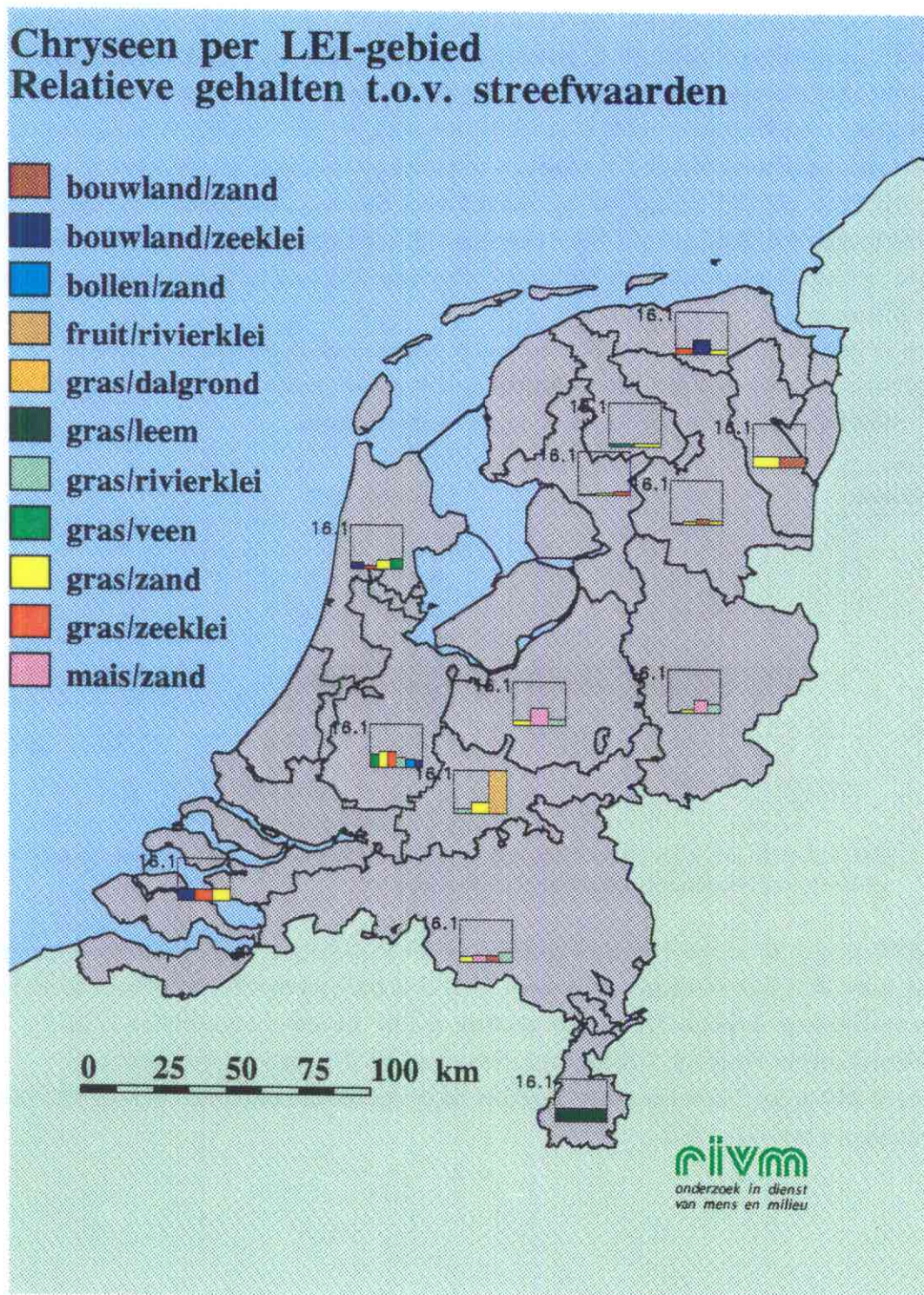
In *Tabel 5.3* worden de relatieve gehalten aan overige PAK's in de graslandmonsters op zand en dalgrond weergegeven. Het betreft hier één monster per combinatie grondgebruik/grondsoort. De gehalten die de streefwaarde overschrijden zijn vetgedrukt.

Tabel 5.3 Overige PAK-gehalten in mengmonsters voor grasland op zand en dalgrond ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de betreffende LEI-gebieden (PHE=phenanthreen, ANT=anthraceen, BkF=benzo(k)fluorantheen, BaP=benzo(a)pyreen, IPY=indeno(123cd)pyreen)

LEI-gebied	Monster	PHE/sw	ANT/sw	BkF/sw	BaP/sw	IPY/sw
Noordelijk Zeekleigebied	zand	0,77	0,06	0,45	0,84	1,12
Noord. Veenweidegebied	zand	0,45	0,05	0,24	0,40	0,62
Noordh. Droogmakerij	zand	1,45	0,16	1,13	2,12	2,14
Westelijk Weidegebied	zand	3,49	0,77	2,14	4,13	3,29
Zuidelijk Zeekleigebied	zand	3,96	0,35	1,57	2,56	2,71
Noordelijk Zandgebied I	zand	0,82	0,08	0,34	0,61	0,83
Veenkoloniën	zand	0,95	0,17	1,34	2,73	2,85
Noordelijk Zandgebied II	zand	0,43	0,03	0,25	<0,31	0,68
	dalgrond	0,48	0,05	0,47	0,79	0,65
Oostelijk Zandgebied	zand	0,56	0,04	0,31	<0,44	0,83
Centraal Zandgebied	zand	0,69	0,06	0,70	1,08	1,48
Rivierkleigebied	zand	1,66	0,22	1,43	2,46	2,96
Zuidelijk Zandgebied	zand	0,71	0,15	0,64	1,14	1,45

Voor de som van de negen onderzochte PAK's geldt dat slechts in één zandmonster, afkomstig uit het Westelijk Weidegebied, de streefwaarde overschreden wordt. De gehalten aan totaal-PAK variëren tussen 88,8 $\mu\text{g kg}^{-1}$ in het Oostelijk Zandgebied en 928,6 $\mu\text{g kg}^{-1}$ in het Westelijk Weidegebied, tegen een gemiddelde streefwaarde van 653 $\mu\text{g kg}^{-1}$.

In *Figuur 5.7* wordt een landelijk beeld gegeven van de relatieve chryseengehalten in de mengmonsters afkomstig uit diverse LEI-landbouwgebieden. De in het kaartje afgebeelde staafdiagrammen hebben allen dezelfde schaalverdeling, afhankelijk van de hoogst gemeten overschrijdingsfactor van de streefwaarde, nl. 16,1 (fruit op rivierklei in het Rivierkleigebied).

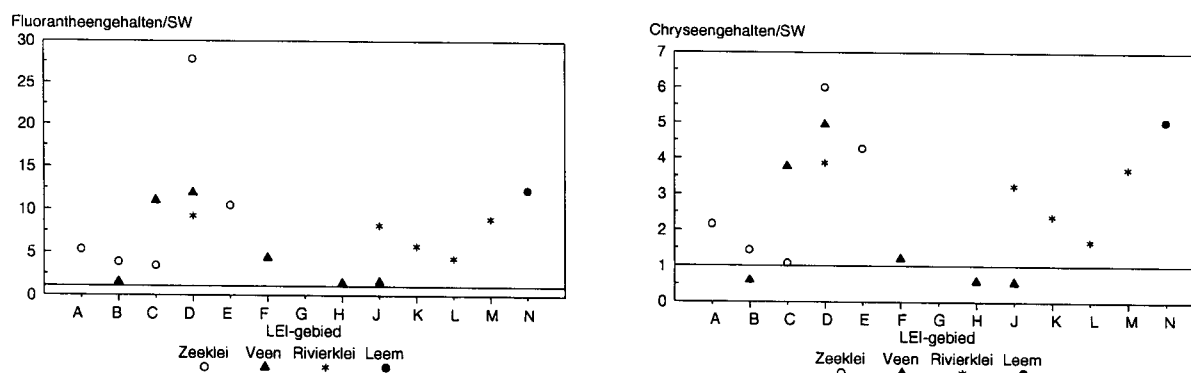


Figuur 5.7 Relatieve chryseengehalten (CHR_g/CHR_{sw}) in LEI-landbouwgebieden gemeten in 1992 in mengmonsters afkomstig van verschillende combinaties bodemgebruik/grondsoort.
 CHR_g = chryseengehalte in luchtdroge grond; CHR_{sw} = streefwaarde voor chryseen.

PAK's in grasland (op zeeklei, veen, rivierklei en leem)

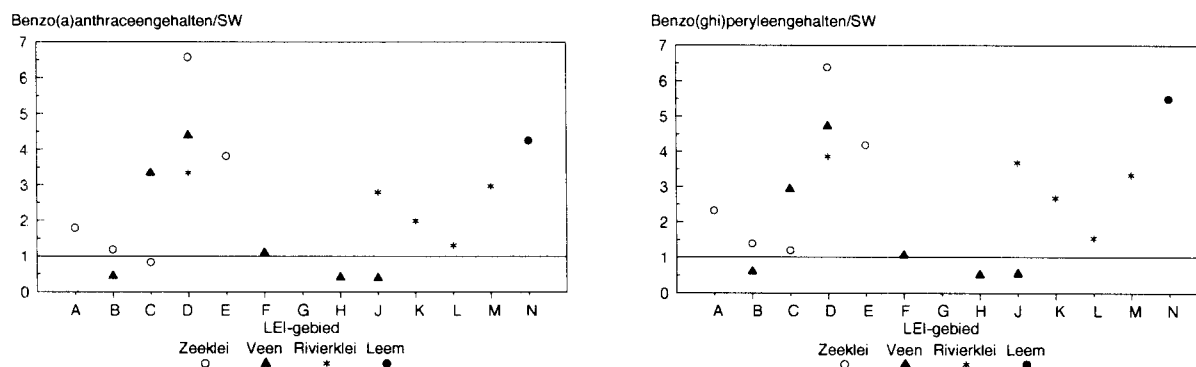
In *Figuur 5.8* worden de relatieve fluorantheen- en chryseengehalten voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem weergegeven. De fluorantheengehalten liggen in alle monsters boven de streefwaarden, voor chryseen geldt dat de gehalten in 3 veenmonsters afkomstig uit het noorden en oosten van het land beneden de streefwaarden liggen. De hoogste relatieve gehalten aan beide PAK-verbindingen worden aangetroffen in de zeekleimonsters uit het Westelijk Weidegebied, nl. overschrijdingen met respectievelijk een factor 28 voor fluorantheen (een gehalte van $830 \mu\text{g kg}^{-1}$ bij een streefwaarde van $29,9 \mu\text{g kg}^{-1}$) en een factor 6 voor chryseen (een gehalte van $239 \mu\text{g kg}^{-1}$ bij een streefwaarde van $39,8 \mu\text{g kg}^{-1}$). Voor chryseen zijn nog enkele uitschieters te zien voor enkele veen-, rivierklei- en zeekleimonsters uit het westen van het land en voor het leemmonster uit Zuid-Limburg.

De overige rivierkleimonsters uit het zuiden en oosten van het land liggen alle ongeveer op hetzelfde niveau, de gehalten liggen iets hoger dan de rest van de monsters, variërend van 82 tot $93 \mu\text{g kg}^{-1}$ voor fluorantheen en van 43 tot $52 \mu\text{g kg}^{-1}$ voor chryseen.



Figuur 5.8 Fluorantheen- en chryseengehalten in mengmonsters voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

In *Figuur 5.9* worden de relatieve benzo(a)anthraceen en benzo(ghi)peryleengehalten voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem weergegeven. Hier is praktisch hetzelfde beeld waar te nemen als bij fluorantheen en chryseen. De hoogste gehalten worden wederom aangetroffen in de zeekleimonsters uit het Westelijk Weidegebied, respectievelijk $261 \mu\text{g kg}^{-1}$ voor benzo(a)-anthraceen en $254 \mu\text{g kg}^{-1}$ voor benzo(ghi)peryleen, tegen een streefwaarde van $39,8 \mu\text{g kg}^{-1}$ (een overschrijding met een factor 6,5).



Figuur 5.9 Benzo(a)anthraceen- en benzo(ghi)peryleengehalten in mengmonsters voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

Voor de overige PAK-verbindingen, waarvan in Tabel 5.4 de relatieve gehalten in beeld worden gebracht, is eveneens hetzelfde beeld waar te nemen. Het betreft hier één monster per combinatie grondgebruik/grondsoort. De gehalten die de streefwaarde overschrijden zijn vetgedrukt. De hoogste overschrijdingen van de streefwaarde worden aangetroffen in de monsters afkomstig uit het Westelijk Weidegebied.

Tabel 5.4 Overige PAK-gehalten in mengmonsters voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de betreffende LEI-gebieden (PHE=phenanthreen, ANT=anthraceen, BkF=benzo(k)fluoranthreen, BaP=benzo(a)pyreen, IPY=indeno(123cd)pyreen)

LEI-gebied	Monster	PHE/sw	ANT/sw	BkF/sw	BaP/sw	IPY/sw
Noordelijk Zeekleigebied	zeeklei	0,86	0,07	0,71	1,28	1,75
Noordelijk Veenweidegebied	veen	0,30	0,03	0,20	0,31	0,47
	zeeklei	0,82	0,02	0,48	0,86	1,00
Noordh. Droogmakerij	zeeklei	0,67	0,04	0,33	0,55	0,85
	veen	2,25	0,51	1,22	2,45	2,35
Westelijk Weidegebied	veen	1,71	0,36	1,80	3,41	3,87
	zeeklei	9,34	1,47	2,30	5,24	4,59
	rivierklei	1,55	0,06	1,37	2,52	3,01
Zuidelijk Zeekleigebied	zeeklei	1,60	0,30	1,45	2,65	3,10
Noordelijk Zandgebied I	veen	0,75	0,06	0,43	0,71	1,07
Noordelijk Zandgebied II	veen	0,28	0,02	0,19	0,26	0,53
Oostelijk Zandgebied	veen	0,25	0,02	0,17	0,26	0,38
	rivierklei	1,47	0,28	1,24	2,19	2,86
Centraal Zandgebied	rivierklei	1,24	0,16	0,86	1,53	2,12
Rivierkleigebied	rivierklei	0,74	0,09	0,55	0,92	1,22
Zuidelijk Zandgebied	rivierklei	2,00	0,24	1,19	1,92	2,67
Zuid-Limburg	leem	1,94	0,22	1,89	3,26	3,62

Voor phenanthreen wordt in het zeekleimonster de streefwaarde met een factor 9,3 overschreden ($836 \mu\text{g kg}^{-1}$, tegen een streefwaarde van $89,6 \mu\text{g kg}^{-1}$). Voor anthraceen wordt de enige overschrijding van de streefwaarde van alle waarnemingen in dit mengmonster gevonden ($146 \mu\text{g kg}^{-1}$

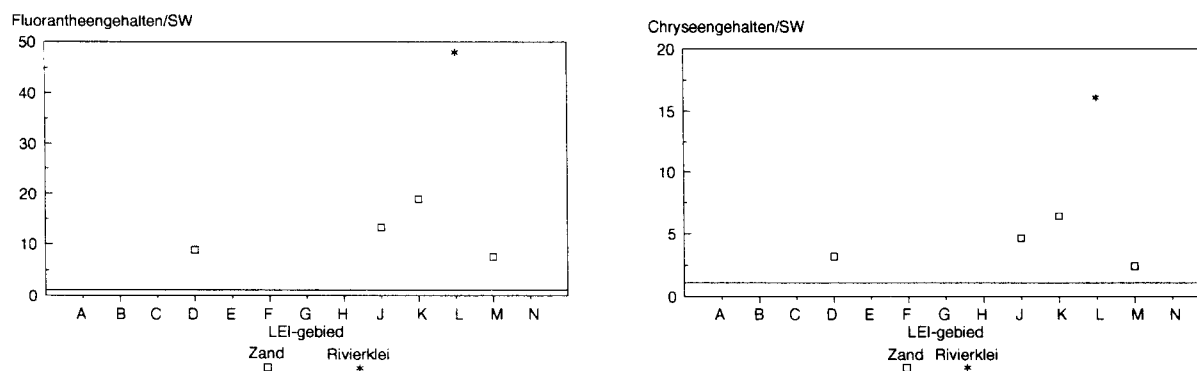
tegen een streefwaarde van $99,5 \mu\text{g kg}^{-1}$). De streefwaarde is hier vrij hoog vanwege een tamelijk hoog organische-stofpercentage (19,9%). Voor indeno(123cd)pyreen geldt dat in het merendeel van de waarnemingen (76,5%) de streefwaarden worden overschreden, ook in het noorden en oosten van Nederland.

Voor de som van de negen PAK's geldt dat de streefwaarde alleen wordt overschreden in gras op zeelei in het Westelijk Weidegebied ($1,6 \times \text{SW}$).

PAK's in bollen en maïs (op zand) en fruitteelt (op rivierklei)

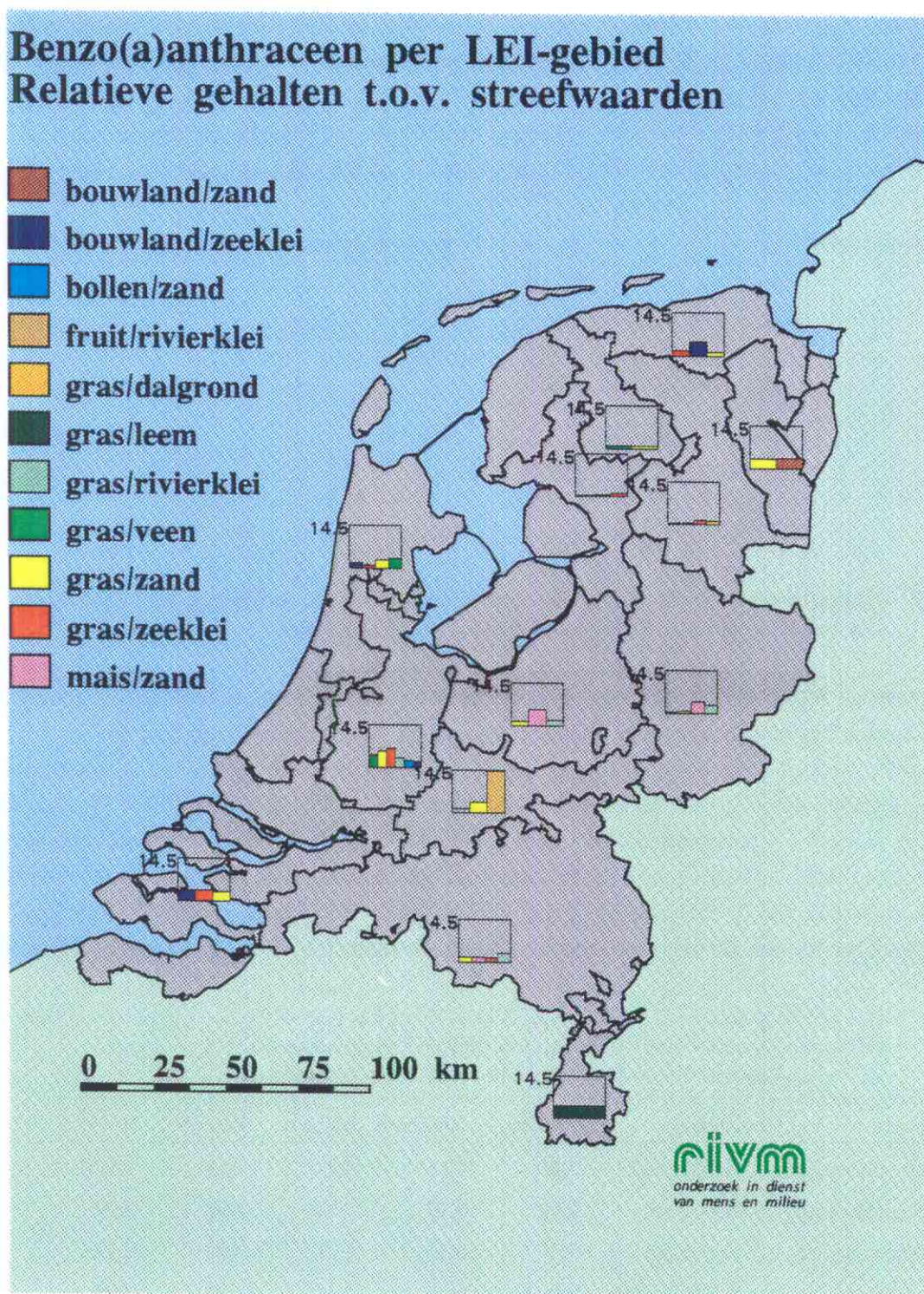
Uit *Figuur 5.10*, waarin de relatieve fluorantheen- en chryseengehalten voor de (bloem)bollenteelt en maïs op zand en fruitteelt op rivierklei worden weergegeven, blijkt meteen dat de combinatie fruitteelt op rivierklei in het Rivierkleigebied (L) voor fluorantheen een forse overschrijding van de streefwaarde met een factor 48 te zien geeft. Ook voor chryseen springt dit mengmonster boven de rest uit, met een overschrijding van de streefwaarde met een factor 16. Het fluorantheengehalte dat is aangetroffen ($216 \mu\text{g kg}^{-1}$) is weliswaar veel lager dan dat van het gras op zeeleimonster uit het Westelijk Weidegebied, maar de streefwaarde is veel lager ($4,5 \mu\text{g kg}^{-1}$) door een laag organische-stofpercentage van 3%.

De relatieve gehalten in de zandmonsters (maïs en bollenteelt) liggen een stuk lager, maar de streefwaarden worden toch fors overschreden; met name voor de maïspcelen in het Centraal Zandgebied wordt een overschrijding met een factor 19 waargenomen.



Figuur 5.10 Fluorantheen- en chryseengehalten in mengmonsters voor bollen en maïs op zand en fruit op rivierklei ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

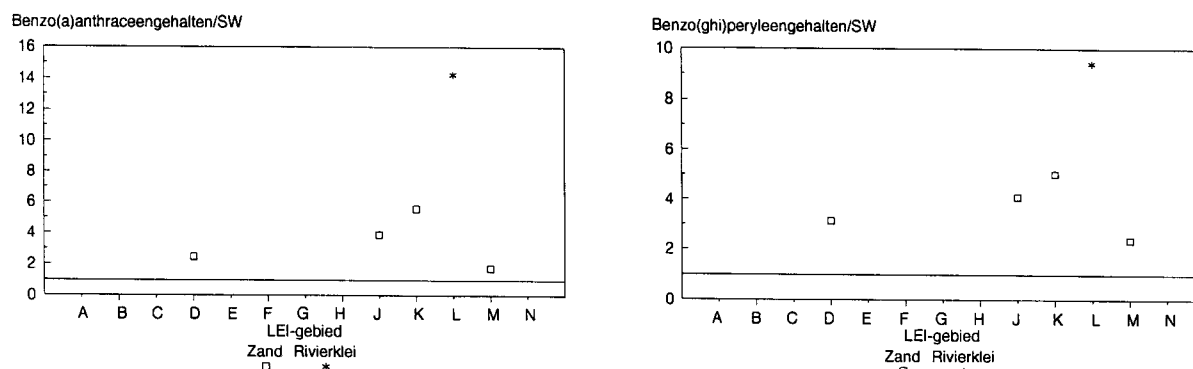
In *Figuur 5.11* wordt een landelijk beeld gegeven van de relatieve benzo(a)anthraceengehalten in de mengmonsters afkomstig uit diverse LEI-landbouwgebieden. De in het kaartje afgebeelde staafdiagrammen hebben alle dezelfde schaalverdeling, afhankelijk van de hoogst gemeten overschrijdingsfactor van de streefwaarde, nl. 14,5 (fruit op rivierklei in het Rivierkleigebied).



Figuur 5.11 Relatieve benzo(a)anthraceengehalten (BaA_g/BaA_{nw}) in LEI-landbouwgebieden gemeten in 1992 in mengmonsters afkomstig van verschillende combinaties bodemgebruik/grondsoort. BaA_g = benzo(a)anthraceengehalte in luchtdroge grond; BaA_{nw} = streefwaarde voor benzo(a)anthraceen.

In *Figuur 5.12* worden de relatieve benzo(a)anthraceen- en benzo(ghi)peryleengehalten voor de bollenteelt en maïs op zand en fruitteelt op rivierklei weergegeven. Ook hier worden de hoogste gehalten aangetroffen in de monsters van de combinatie fruit op rivierklei uit het Rivierkleigebied, respectievelijk $85,4 \mu\text{g kg}^{-1}$ voor benzo(a)anthraceen en $57 \mu\text{g kg}^{-1}$ voor benzo(ghi)peryleen, tegen een streefwaarde van $6,0 \mu\text{g kg}^{-1}$.

De monsters afkomstig van de bollenteelt op zand en maïs op zand liggen alle praktisch op hetzelfde niveau, alleen de maïsmonsters uit het Centraal Zandgebied (K) liggen iets hoger.



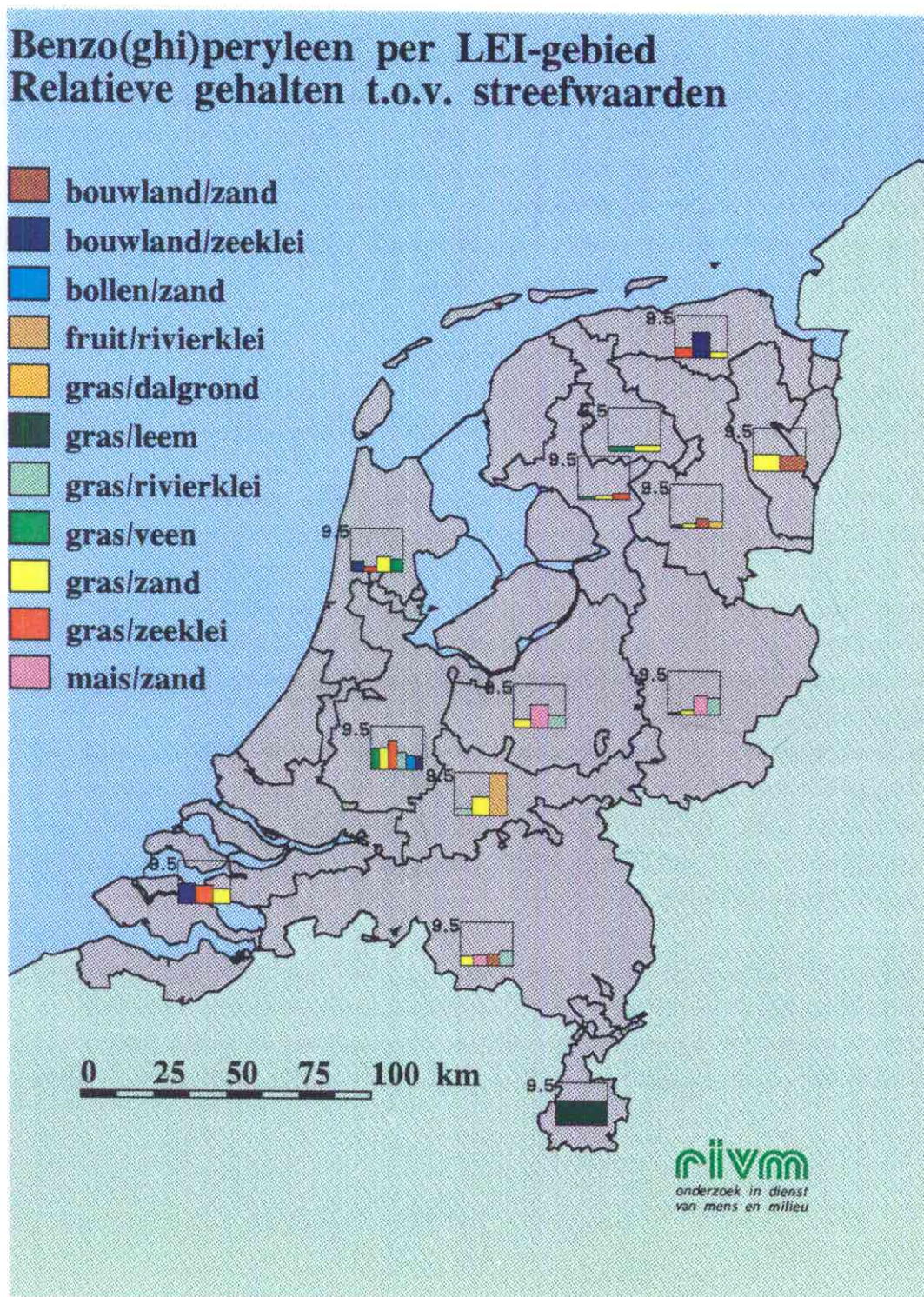
Figuur 5.12 Benzo(a)anthraceen- en benzo(ghi)peryleengehalten in mengmonsters voor bollen en maïs op zand en fruit op rivierklei ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de 13 LEI-gebieden.

Voor de overige PAK-verbindingen voor de bollenteelt en maïs op zand en fruitteelt op rivierklei is ook hetzelfde beeld waar te nemen: de hoogste gehalten en overschrijdingen van de streefwaarden worden gemeten in de fruitteeltmonsters uit het Rivierkleigebied. In deze monsters zijn PAK-gehalten gevonden die de streefwaarden overschrijden met een factor 5 tot 11. Ook de gehalten in de maïs op zandmonsters zijn relatief hoog. In *Tabel 5.5* worden de relatieve gehalten van de overige PAK-verbindingen in de zandmonsters van de bollen- en maïssteelt en de rivierkleimonsters afkomstig van de fruitteelt weergegeven. Het betreft hier één monster per combinatie grondgebruik/grondsoort. De relatieve gehalten die de streefwaarden overschrijden zijn vetgedrukt.

Tabel 5.5 Overige PAK-gehalten in mengmonsters voor bollen en maïs op zand en fruit op rivierklei ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de betreffende LEI-gebieden (PHE=phenanthreen, ANT=anthraceen, BkF=benzo(k)fluoranthreen, BaP=benzo(a)pyreen, IPY=indeno(123cd)pyreen)

LEI-gebied	Monster	PHE/sw	ANT/sw	BkF/sw	BaP/sw	IPY/sw
Westelijk weidegebied	bollen/zand	1,83	0,12	0,83	1,58	<2,00
Oostelijk zandgebied	maïs/zand	2,74	0,39	1,54	2,90	3,39
Centraal zandgebied	maïs/zand	3,46	0,70	2,11	3,80	4,17
Rivierkleigebied	fruit/rivierklei	11,03	0,85	5,37	7,97	7,07
Zuidelijk zandgebied	maïs/zand	1,64	0,15	0,75	1,18	1,36

In *Figuur 5.13* wordt een landelijk beeld gegeven van de relatieve benzo(ghi)peryleengehalten in de mengmonsters afkomstig uit diverse LEI-landbouwgebieden. De in het kaartje afgebeelde staafdiagrammen hebben alle dezelfde schaalverdeling, afhankelijk van de hoogst gemeten overschrijdingsfactor van de streefwaarde, nl. 9,5 (fruit op rivierklei in het Rivierkleigebied).



Figuur 5.13 Relatieve benzo(ghi)peryleengehalten (BPE_g/BPE_{sw}) in LEI-landbouwgebieden gemeten in 1992 in mengmonsters afkomstig van verschillende combinaties bodemgebruik/grondsoort. BPE_g = benzo(ghi)peryleengehalte in luchtdroge grond; BPE_{sw} = streefwaarde voor benzo(ghi)peryleen.

Totaal-PAK-gehalten

Wanneer de totaal-PAK-gehalten (som van de negen gemeten individuele PAK's) in beschouwing worden genomen, blijkt dat in het zandmonster afkomstig van de maïsteelt uit het Centraal Zandgebied de streefwaarde overschreden wordt. Het gemeten gehalte in het mengmonster bedraagt $329,8 \mu\text{g kg}^{-1}$, tegen een streefwaarde van $310 \mu\text{g kg}^{-1}$. In de rest van de mengmonsters afkomstig van de maïspcelen wordt de streefwaarde niet overschreden; het laagste gehalte aan totaal-PAK werd gemeten in het mengmonster afkomstig uit het Zuidelijk Zandgebied, nl. $130 \mu\text{g kg}^{-1}$. In het rivierkleimonster afkomstig van de fruitteelt in het Rivierkleigebied werd de streefwaarde overschreden met een factor 2,6. Het totaal-PAK-gehalte dat in het mengmonster werd aangetroffen bedraagt $768,8 \mu\text{g kg}^{-1}$, tegen een streefwaarde van $300 \mu\text{g kg}^{-1}$.

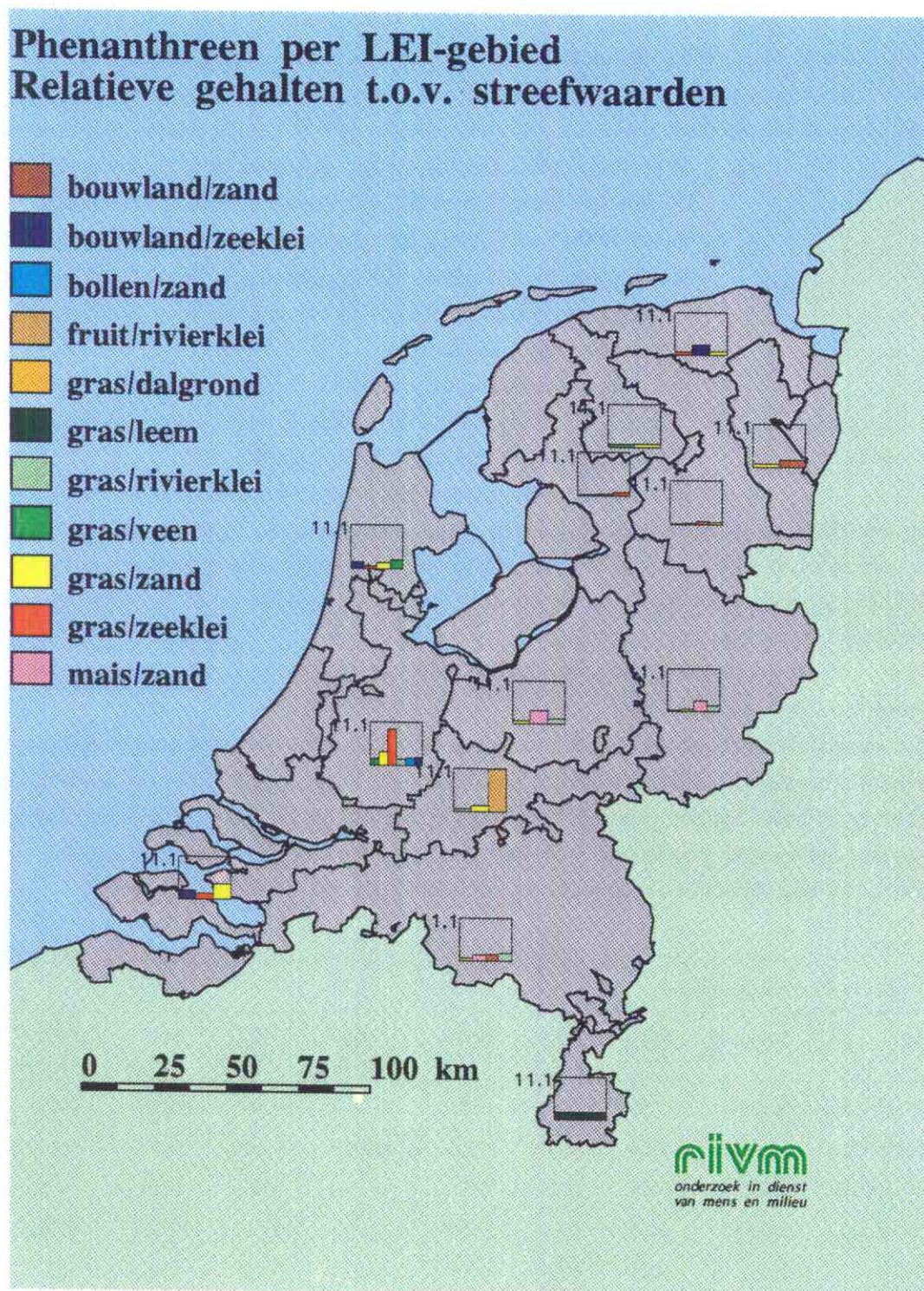
Gemeten PAK's waarvan geen streefwaarden vastgesteld zijn

Voor een viertal gemeten PAK's, te weten fluoreen, pyreen, benzo(b)fluorantheen en dibenz(ah)-anthraceen, zijn geen streefwaarden vastgesteld. Wel is een vergelijking met eerdere onderzoeken mogelijk.

De hoogste gehalten worden gemeten in de mengmonsters afkomstig van de graslandpercelen in het Westelijk Weidegebied. Fluoreen en pyreen werden het meest aangetroffen in het zeekleimonster (respectievelijk $95,1$ en $540 \mu\text{g kg}^{-1}$). Dit is hoog in vergelijking met het Meetprogramma Snelwegen (Groot en van Swinderen, 1993), waar slechts 10 en $300 \mu\text{g kg}^{-1}$ werd gemeten. De gehalten benzo(b)fluorantheen en dibenz(ah)anthraceen, zijn het hoogst in het veenmonster, nl. respectievelijk 309 en $58 \mu\text{g kg}^{-1}$. Deze waarden liggen op hetzelfde niveau als de gehalten uit het snelwegen-onderzoek.

De overige waarnemingen liggen alle op een lager niveau. Voor fluoreen geldt dat de gehalten in 37% van de gemeten monsters niet boven de bepalingsgrens van $2,9 \mu\text{g kg}^{-1}$ uitkomen, voor dibenz(ah)anthraceen is dit ruim 74% (bepalingsgrens is hier $9 \mu\text{g kg}^{-1}$). Voor pyreen en benzo(b)fluorantheen zijn alle waarnemingen positief en liggen ongeveer op hetzelfde niveau als de PAK's waar wel streefwaarden van bekend zijn.

In *Figuur 5.14* wordt een landelijk beeld gegeven van de relatieve phenanthreengehalten in de mengmonsters afkomstig uit diverse LEI-landbouwgebieden. De in het kaartje afgebeelde staafdiagrammen hebben alle dezelfde schaalverdeling, afhankelijk van de hoogst gemeten overschrijdingsfactor van de streefwaarde, nl. 11,1 (fruit op rivierklei in het Rivierkleigebied).

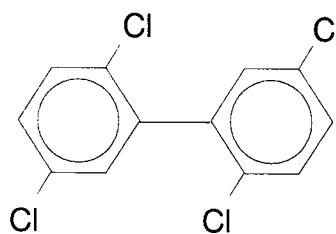


Figuur 5.14 Relatieve phenanthreengehalten (PHE_g/PHE_{sw}) in LEI-landbouwgebieden gemeten in 1992 in mengmonsters afkomstig van verschillende combinaties bodemgebruik/grondsoort.
 PHE_g = phenanthreengehalte in luchtdroge grond; PHE_{sw} = streefwaarde voor phenanthreen.

5.2 Polychloorbifenylen (PCB's)

Algemeen

PCB's zijn industriële, olie-achtige chemicaliën die in het milieu slechts langzaam worden afgebroken. Vanwege deze persistentie hopen PCB's zich op in de voedselketens (accumulatie). Voor de geanalyseerde monsters geldt dat de gemeten gehalten in 6 % van de gevallen niet boven de bepalingsgrens van $0,1 \mu\text{g kg}^{-1}$ uitkomen (alle PCB's samen).



De gehalten welke boven de bepalingsgrens uitkomen variëren tussen de $0,11$ en $2,48 \mu\text{g kg}^{-1}$. In slechts vier gevallen wordt de streefwaarde overschreden, met maximaal een factor 4,1. Op basis van deze waarnemingen lijkt PCB-verontreiniging van de bodem geen problemen op te leveren.

Figuur 5.15 Structuurformule
van PCB-52

In *Figuur 5.15* wordt, als voorbeeld, de structuurformule van PCB-52 gegeven; twee gekoppelde bezenkernen, waarin 4 waterstofatomen zijn vervangen door chlooratomen.

Er zijn nauwelijks verschillen waar te nemen tussen de PCB-gehalten op bouwland en op grasland. Ook voor de grondsoort (zand, klei of veen), zijn geen opvallende verschillen in PCB-gehalten waar te nemen (zie bijlage IV). Eén rivierkleimonster uit het Oostelijk Zandgebied en één zandmonster uit het Centraal Zandgebied geven overschrijdingen van de streefwaarden te zien.

PCB's in bouwland (op zeeklei en zand)

In *Tabel 5.6* worden de PCB-gehalten PCB's ten opzichte van de streefwaarden voor bouwland op zeeklei en zand weergegeven. Hieruit blijkt dat voor bijna alle PCB's (op PCB-28 na) geldt dat de hoogste relatieve gehalten worden gemeten in het zeekleimonster uit het Noordelijk Zeekleigebied. Het monster met het hoogste gehalte aan PCB-28 ($0,21 \mu\text{g kg}^{-1}$) is afkomstig uit het Zuidelijk Zeekleigebied. Het betreft hier één mengmonster per combinatie grondgebruik/grondsoort.

Tabel 5.6 PCB-gehalten in mengmonsters voor bouwland op zeeklei en zand ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de betreffende LEI-gebieden.

LEI-gebied	Monster	PCB-28/sw	PCB-52/sw	PCB-101/sw	PCB-118/sw	PCB-138/sw	PCB-153/sw	PCB-180/sw
Nrd. Zeekleigebied	zeeklei	0,60	0,63	0,40	0,23	0,51	0,55	0,27
N-H Droogmakerij	zeeklei	0,69	0,62	0,26	0,14	0,30	0,31	0,14
West. Weidegebied	zeeklei	0,68	0,46	0,21	0,13	0,29	0,33	0,15
Zdl. Zeekleigebied	zeeklei	0,73	0,55	0,24	0,13	0,30	0,33	0,16
Veenkoloniën	zand	0,25	0,23	0,13	0,06	0,14	0,15	0,07
Nrd. Zandgebied II	zand	<0,19	<0,19	0,09	<0,05	0,12	0,14	0,07
Zdl. Zandgebied	zand	0,46	0,50	0,29	0,11	0,32	0,36	0,16

PCB's in grasland (op zand en dalgrond)

In *Tabel 5.7*, waar de relatieve PCB-gehalten voor grasland op zand en dalgrond staan weergegeven, valt op dat de gebieden waar de hoogste relatieve gehalten worden aangetroffen per PCB nogal verschillen. Het betreft hier één monster per combinatie grondgebruik/grondsoort. In de Noordhollandse Droogmakerij komen drie van de zeven PCB's in de hoogste relatieve gehalten voor. De hoogste absolute gehalten aan deze PCB's (52, 101 en 118) komen echter voor in het Westelijk Weidegebied, respectievelijk 0,17, 0,46 en 0,24 $\mu\text{g kg}^{-1}$.

Ook voor de overige PCB's geldt dat de hoogste absolute gehalten worden gemeten in de monsters afkomstig uit het Westelijk Weidegebied, mogelijk door een verhoogde atmosferische depositie in dit deel van Nederland. Het grootste deel van de PCB-belasting (99%) wordt veroorzaakt door atmosferische depositie (zie *Tabel 3.6*). Wanneer echter wordt gerelateerd aan de streefwaarde worden de hoogste gehalten aan PCB-28 en PCB-153 aangetroffen in het Rivierkleigebied.

Tabel 5.7 PCB-gehalten in mengmonsters voor grasland op zand en dalgrond ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de betreffende LEI-gebieden.

LEI-gebied	Monster	PCB-28/sw	PCB-52/sw	PCB-101/sw	PCB-118/sw	PCB-138/sw	PCB-153/sw	PCB-180/sw
Nrd. Zeekleigebied	zand	0,23	0,22	0,08	<0,04	0,08	0,10	0,04
Nrd. Veenweidegeb.	zand	0,22	0,19	0,09	0,04	0,10	0,12	0,05
N-H Droogmakerij	zand	0,24	0,28	0,16	0,09	0,20	0,20	0,08
West. Weidegebied	zand	0,21	0,18	0,13	0,06	0,23	0,22	0,16
Zdl. Zeekleigebied	zand	<0,20	<0,20	0,12	0,07	0,15	0,18	0,08
Nrd. Zandgebied I	zand	0,20	0,14	0,09	0,04	0,10	0,11	0,05
Veenkoloniën	zand	<0,21	0,21	0,11	<0,05	0,11	0,13	0,05
Nrd. Zandgebied II	zand	0,17	0,14	0,09	0,04	0,12	0,13	0,06
	dalgrond	0,12	0,12	0,09	0,05	0,12	0,13	0,07
Oost. Zandgebied	zand	0,22	<0,18	0,10	0,05	0,14	0,16	0,07
Centr. Zandgebied	zand	<0,19	<0,19	0,09	0,04	0,12	0,14	0,07
Rivierkleigebied	zand	0,33	<0,29	0,13	<0,07	0,18	0,23	0,11
Zdl. Zandgebied	zand	<0,22	<0,22	0,09	0,04	0,13	0,14	0,07

PCB's in grasland (op zeeklei, veen, rivierklei en leem)

In *Tabel 5.8*, waar de relatieve PCB-gehalten voor grasland op klei- en veengronden staan weergegeven, valt op dat voor alle PCB's de hoogste relatieve gehalten worden aangetroffen in het rivierkleimonster uit het Oostelijk Zandgebied. Het betreft hier wederom één mengmonster per combinatie grondgebruik/grondsoort. Voor PCB-28 en PCB-52 wordt de streefwaarde overschreden (zie vetgedrukte gehalten in de tabel). Ook het rivierkleimonster uit het Centraal Zandgebied bevat tamelijk hoge relatieve PCB-28- en PCB-52-gehalten. Opvallend is dat de twee genoemde PCB's in bijna alle monsters in de hoogste gehalten voorkomen.

Tabel 5.8 PCB-gehalten in mengmonsters voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de betreffende LEI-gebieden.

LEI-gebied	Monster	PCB-28/sw	PCB-52/sw	PCB-101/sw	PCB-118/sw	PCB-138/sw	PCB-153/sw	PCB-180/sw
Nrd. Zeekleigebied	zeeklei	0,43	0,24	0,08	0,05	0,11	0,12	0,06
Nrd. Veenweidegeb.	veen	0,11	0,08	0,04	0,02	0,06	0,07	0,03
	zeeklei	0,17	0,12	0,07	0,04	0,09	0,10	0,05
N-H Droogmakerij	zeeklei	0,25	0,15	0,10	0,05	0,12	0,14	0,07
	veen	0,13	0,10	0,07	0,04	0,09	0,10	0,05
West. Weidegebied	veen	0,27	0,39	0,19	0,17	0,21	0,19	0,08
	zeeklei	0,10	0,11	0,10	0,06	0,17	0,17	0,10
	rivierklei	0,33	0,24	0,11	0,05	0,15	0,16	0,08
Zdl. Zeekleigebied	zeeklei	0,37	0,31	0,18	0,11	0,29	0,29	0,15
Nrd. Zandgebied I	veen	0,10	0,07	0,04	0,02	0,05	0,05	0,02
Nrd. Zandgebied II	veen	0,09	0,07	0,05	0,02	0,06	0,07	0,03
Oost. Zandgebied	veen	0,06	0,05	0,04	0,02	0,05	0,06	0,03
	rivierklei	1,23	1,02	0,44	0,34	0,62	0,66	0,36
Centr. Zandgebied	rivierklei	0,81	0,66	0,31	0,21	0,44	0,43	0,27
Rivierkleigebied	rivierklei	0,14	0,12	0,08	0,05	0,14	0,14	0,07
Zdl. Zandgebied	rivierklei	0,42	0,35	0,15	0,08	0,23	0,25	0,14
Zuid-Limburg	leem	0,29	0,21	0,12	0,07	0,18	0,20	0,11

PCB's in bollen en maïs (op zand) en fruit (op rivierklei)

In Tabel 5.9 worden de relatieve PCB-gehalten (in één mengmonster per combinatie grondgebruik/grondsoort) voor bollen en maïs op zand en fruit op rivierklei weergegeven. Voor PCB-28 en PCB-52 wordt de streefwaarde in het zandmonster afkomstig van de maïsteelt uit het Centraal Zandgebied overschreden met respectievelijk een factor 2,2 en 4,1. Absoluut gezien komen in dit monster ook hoge gehalten voor, 0,69 $\mu\text{g kg}^{-1}$ voor PCB-28 en 1,26 $\mu\text{g kg}^{-1}$ voor PCB-52. Dit zijn de hoogste gehalten van alle geanalyseerde zandmonsters.

Tabel 5.9 PCB-gehalten in mengmonsters voor bollen en maïs op zand en fruit op rivierklei ten opzichte van de streefwaarden (SW) in de betreffende LEI-gebieden.

LEI-gebied	Monster	PCB-28/sw	PCB-52/sw	PCB-101/sw	PCB-118/sw	PCB-138/sw	PCB-153/sw	PCB-180/sw
West. Weidegebied	bollen/zand	0,48	<0,50	0,49	<0,13	0,43	0,48	0,27
Oost. Zandgebied	maïs/zand	0,38	0,34	0,20	0,08	0,19	0,22	0,09
Centr. Zandgebied	maïs/zand	2,22	4,07	0,72	0,40	0,65	0,68	0,34
Rivierkleigebied	fruit/rivierklei	0,61	0,57	0,26	0,18	0,41	0,41	0,22
Zdl. Zandgebied	maïs/zand	0,34	0,30	0,22	0,10	-	0,28	0,14

Mono-ortho-PCB's

Voor twee gemeten mono-ortho-PCB's, te weten nr 74 en nr 156, zijn geen streefwaarden vastgesteld. Wel kunnen regionale verschillen en verschillen in gehalten met betrekking tot grondgebruik en grondsoort worden bekeken.

De gehalten aan PCB-74 liggen in 86% van de waarnemingen beneden de bepalingsgrens van $0,1 \mu\text{g kg}^{-1}$, voor PCB-156 is dit 72%. Geen van de bouwlandmonsters bevat gehalten aan mono-ortho-PCB's boven de bepalingsgrens. De gehalten aan PCB-74 en -156 (in één mengmonster per combinatie grondgebruik/grondsoort), die boven de bepalingsgrens uitkomen worden weergegeven in *Tabel 5.10*.

Tabel 5.10 Mono-ortho-PCB-gehalten in mengmonsters voor grasland op zand, klei en veen en maïs op zand in de betreffende LEI-gebieden (in $\mu\text{g kg}^{-1}$).

LEI-gebied	Monster	PCB-74	PCB-156
Noordelijk Veenweidegebied	gras/veen	-	0,10
Noordhollandse Droogmakerij	gras/veen	-	0,16
Westelijk Weidegebied	gras/zand	-	0,14
	gras/veen	0,33	0,42
	gras/zeeklei	-	0,23
	gras/rivierklei	0,10	0,13
Zuidelijk Zeekleigebied	gras/zeeklei	0,14	0,23
Oostelijk Zandgebied	gras/rivierklei	0,41	0,30
Centraal Zandgebied	gras/rivierklei	0,37	0,33
	maïs/zand	0,28	0,12
Rivierkleigebied	gras/rivierklei	-	0,10
Zuidelijk Zandgebied	gras/rivierklei	-	0,10

- = gehalte komt niet boven bepalingsgrens van $0,1 \mu\text{g kg}^{-1}$

De hoogste gehalten (PCB-74) worden gemeten in de monsters gras op rivierklei uit het Oostelijk en Centraal Zandgebied, respectievelijk 0,41 en $0,37 \mu\text{g kg}^{-1}$. De gemeten gehalten aan PCB-156 liggen in alle monsters gras op rivierklei boven de bepalingsgrens. Ook enkele veenmonsters geven 'hoge' gehalten te zien, met name het monster uit het Westelijk Weidegebied, respectievelijk 0,33 (PCB-74) en $0,42 \mu\text{g kg}^{-1}$ (PCB-156). Eén zandmonster afkomstig van de maïsteelt uit het Centraal Zandgebied geeft voor beide PCB's gehalten boven de bepalingsgrens aan.

De meeste waarnemingen boven de bepalingsgrens (met de hoogste gehalten) worden aangetroffen in de LEI-gebieden in het zuiden, oosten en noorden van Nederland en dan met name in de zand- en kleigebieden.

Een mogelijke verklaring voor het feit dat deze PCB's wel in grasland worden aangetroffen en niet in bouwland kan zijn dat op grasland slechts van 0-5 cm-mv is bemonsterd. Bij een bemonstering van 0-25 cm-mv, zoals op bouwland het geval is, treden mogelijk verdunningseffecten op.

Aangezien het grootste deel van de PCB-belasting veroorzaakt wordt door atmosferische depositie (zie *Tabel 3.6*) is het aannemelijk dat de PCB's zich ophopen in de toplaag van de bodem.

5.3 Lindaan

Algemeen

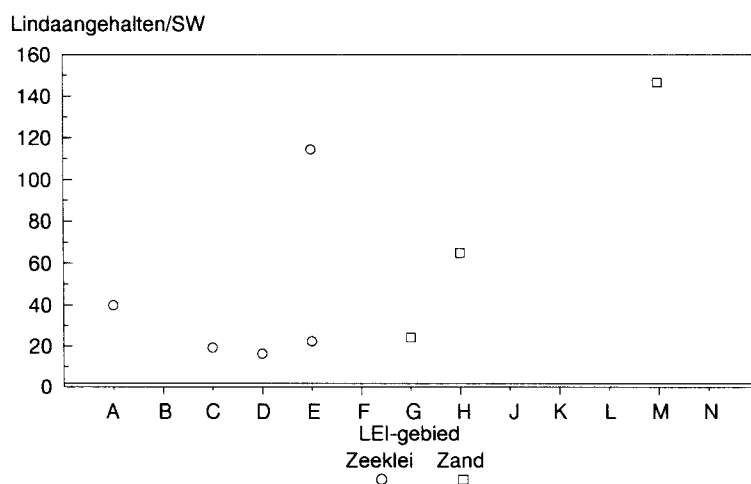
Lindaan (γ -HCH, hexachloorcyclohexaan) is een insecticide met een lange werkingsduur, behorend tot de groep van de organochloorbestrijdingsmiddelen. Deze meervoudig gechloreerde koolwaterstoffen behoren tot de milieucritische stoffen, vanwege hun persistentie in de bodem.

Lindaan wordt momenteel voornamelijk gebruikt in de maisteelt, in de akkerbouw (suikerbieten) en in de bollenteelt. De gemiddelde halfwaardetijd bedraagt circa 4 jaar (SPEED, 1995).

In alle geanalyseerde monsters wordt de streefwaarde fors overschreden. De aangetroffen gehalten variëren tussen 0,17 en $> 2 \mu\text{g kg}^{-1}$, bij een streefwaarde variërend tussen de 0,01 en $0,15 \mu\text{g kg}^{-1}$. In alle combinaties grondgebruik/grondsoort is een grote spreiding in de resultaten te zien; de hoogste overschrijding van de streefwaarde, met een factor 147, wordt aangetroffen in het bouwland/zandmonster uit het Zuidelijk Zandgebied. De gehalten in grasland liggen over het algemeen lager dan in bouwland (zie Bijlage IV).

Bouwland (op zeeklei en zand)

In *Figuur 5.16*, waar de relatieve lindaangehalten voor bouwland op zand en dalgrond worden weergegeven, is de hoogste overschrijding van alle monsters te zien. In het zandmonster afkomstig uit het Zuidelijk Zandgebied wordt de streefwaarde met een factor 147 overschreden. Ook het zeekleimonster uit het Zuidelijk Zeekleigebied vertoont een forse overschrijding van 114 keer de streefwaarde.



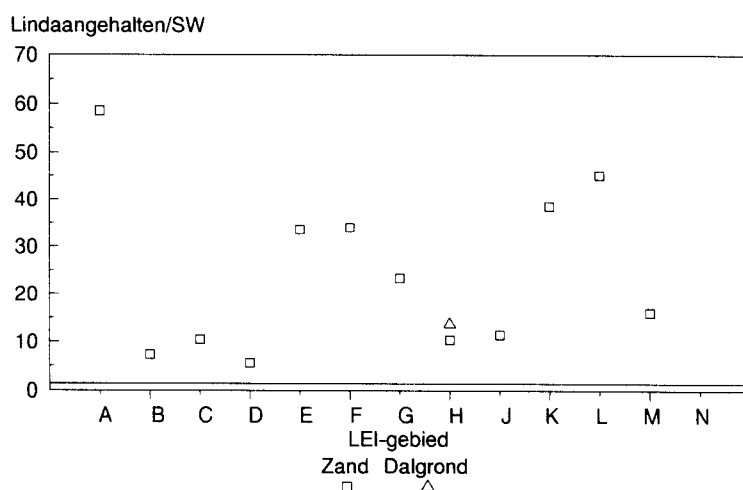
Figuur 5.16 Lindaan (γ -HCH) in mengmonsters voor bouwland op zeeklei en zand ten opzichte van de streefwaarden (SW) in 13 LEI-gebieden.

Grasland (op zand en dalgrond)

Ook voor grasland op zand en dalgrond worden hoge overschrijdingen van de streefwaarden aangetroffen (een factor 5,5 tot 58,6), maar de gehalten liggen over het algemeen lager dan op bouwland. Waarschijnlijk is de toepassing in de veehouderijsector lager (geweest) dan in andere landbouwvormen of is een deel van de bemonsterde graslandpercelen vroeger als bouwland

gebruikt. Lindaan werd op weilanden echter wel toegepast tegen emelten (Gewasbeschermingsgids, 1985).

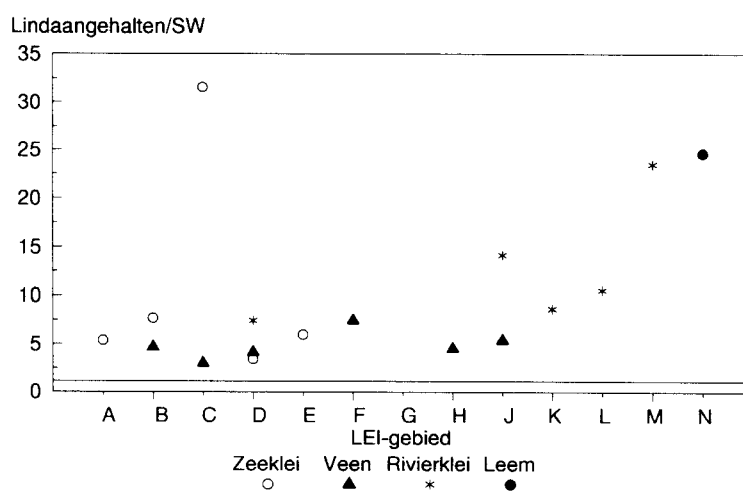
De hoogste overschrijding van de streefwaarde wordt gevonden in het zandmonster uit het Noordelijk Zeekleigebied, waarin een lindaangehalte is gemeten van $1,79 \mu\text{g kg}^{-1}$, bij een streefwaarde van $0,03 \mu\text{g kg}^{-1}$ (zie *Figuur 5.17*).



Figuur 5.17 Lindaan (γ -HCH) in mengmonsters voor grasland op zand en dalgrond ten opzichte van de streefwaarden (SW) in 13 LEI-gebieden.

Grasland (op zeeklei, veen, rivierklei en leem)

Opvallend is dat in de klei- en veenmonsters lagere lindaangehalten worden aangetroffen dan in de zandmonsters, bij een waarschijnlijk even grote belasting. Dit komt overeen met waarnemingen genoemd in Milieudiagnose 1991, deel III (RIVM, 1992b).



Figuur 5.18 Lindaan (γ -HCH) in mengmonsters voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem ten opzichte van de streefwaarden (SW) in 13 LEI-gebieden.

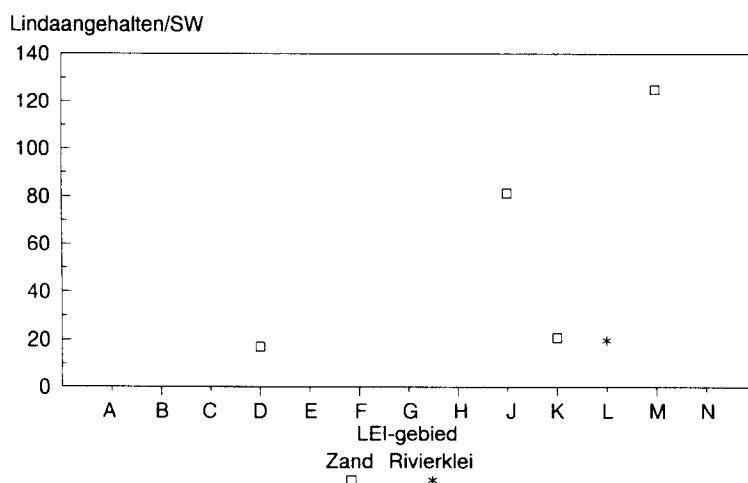
In *Figuur 5.18*, waar de relatieve lindaangehalten voor grasland op de klei- en veengronden staan uitgezet, is te zien dat de meeste relatieve gehalten op een niveau liggen van 3 tot 14 keer de

streefwaarde. Uitschieters zijn een zeekleimonster (overschrijding met een factor 31,6) afkomstig uit de Noordhollandse Droogmakerij en IJsselmeerpolders (C), een rivierkleimonster (overschrijding met een factor 23,4) uit het Zuidelijk Zandgebied (M) en een leemmonster (overschrijding met een factor 24,6) uit Zuid-Limburg (N).

Bollen, fruit en maïs

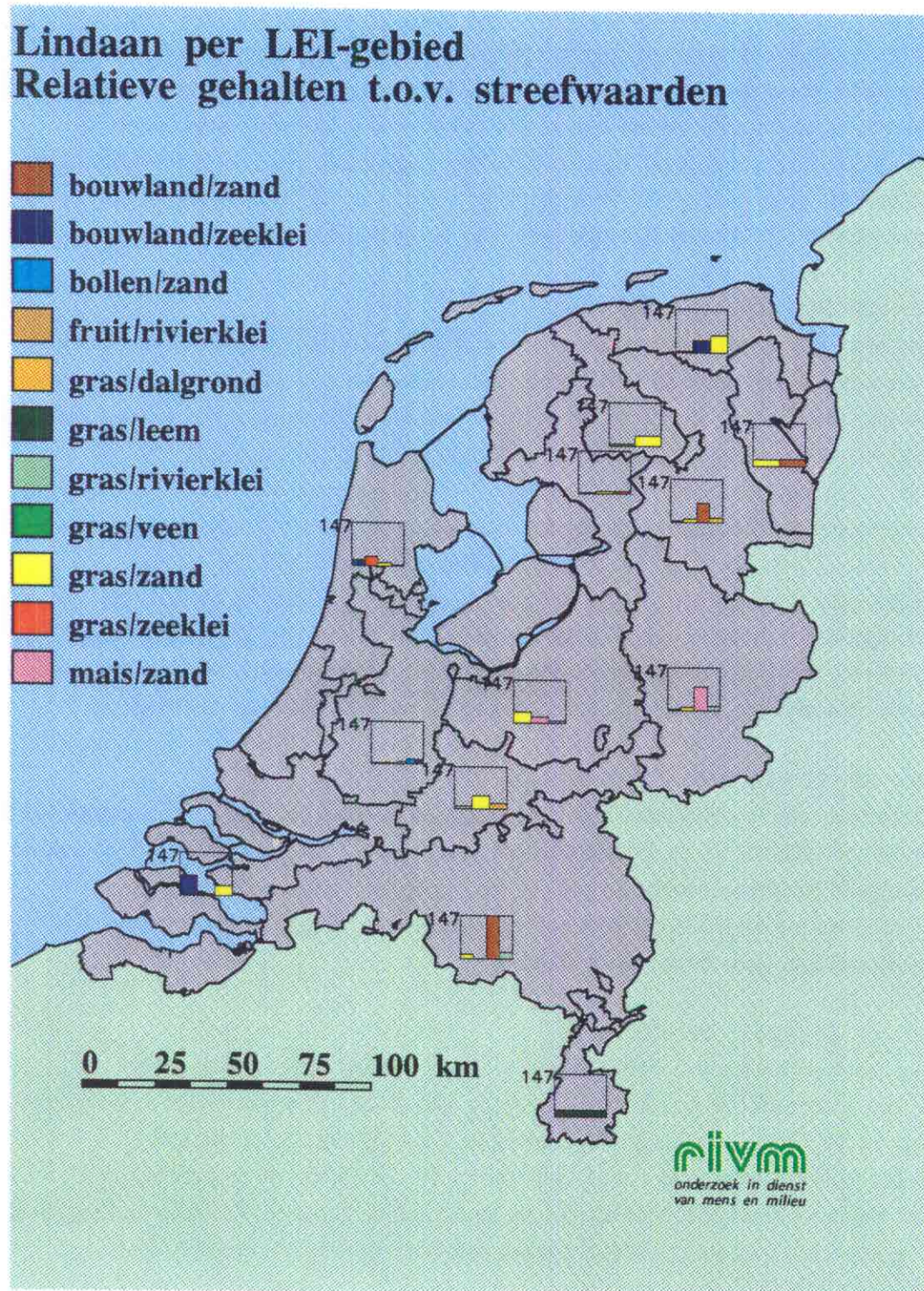
Uit *Figuur 5.19*, waar de relatieve lindaangehalten voor bollen en maïs op zand en fruit op rivierklei staan weergegeven, blijkt dat het laagste gehalte wordt gevonden in het zandmonster in de bloembollenteelt (0,17 $\mu\text{g kg}^{-1}$, bij een streefwaarde van 0,01 $\mu\text{g kg}^{-1}$). Dit is opmerkelijk, aangezien lindaan hier nog steeds wordt toegepast. Mogelijk is de stof uitgespoeld naar het grondwater, gezien het feit dat deze gronden nauwelijks organische stof bevatten.

Als gevolg van het feit dat lindaan veelvuldig werd toegepast in de fruitteelt (met name bij appels, peren en pruimen tegen bladluis en kevers; Gewasbeschermingsgids, 1985) geeft het rivierkleimonster, afkomstig van de fruitteelt in het Rivierkleigebied, een overschrijding van 20 keer de streefwaarde te zien. Het hoogste relatieve gehalte wordt aangetroffen in het zandmonster afkomstig van de maïsgronden in het Zuidelijk Zandgebied; een overschrijding van de streefwaarde met minimaal een factor 125. Het lindaangehalte wat hierin is aangetroffen is het hoogste van alle onderzochte monsters, nl. $> 2 \mu\text{g kg}^{-1}$ (bovenste analysegrens). Ook in het maïs/zandmonster uit het Oostelijk Zandgebied wordt een hoog gehalte aangetroffen, nl. 1,51 $\mu\text{g kg}^{-1}$, een factor 81 boven de streefwaarde. Blijkbaar zijn de maïsgronden zo zwaar belast met lindaan (zaadbehandeling o.a. tegen aantasting door emelten, Gewasbeschermingsgids, 1985)) dat er, mede door de grote persistentie, nog veel in terug te vinden is, ondanks het feit dat er sprake is van een laag organische-stofpercentage.



Figuur 5.19 Lindaan (γ -HCH) in mengmonsters voor bollen en maïs op zand en fruit op rivierklei ten opzichte van de streefwaarden (SW) in 13 LEI-gebieden.

In *Figuur 5.20* wordt een landelijk beeld gegeven van de relatieve lindaangehalten in de mengmonsters afkomstig uit diverse LEI-landbouwgebieden. De in het kaartje afgebeelde staafdiagrammen hebben alle dezelfde schaalverdeling, afhankelijk van de hoogst gemeten overschrijdingsfactor van de streefwaarde, nl. 147 (bouwland op zand in het Zuidelijk Zandgebied).



Figuur 5.20 Relatieve lindaangehalten ($\gamma\text{-HCH}_8/\gamma\text{-HCH}_{sw}$) in LEI-landbouwgebieden gemeten in 1992 in mengmonsters afkomstig van verschillende combinaties bodemgebruik/grondsoort.
 $\gamma\text{-HCH}_8$ = lindaangehalte in luchtdroge grond; $\gamma\text{-HCH}_{sw}$ = streefwaarde voor lindaan.

5.4 Triazines

Algemeen

Triazines behoren tot de onkruidbestrijdingsmiddelen (herbiciden). De triazines welke in de mengmonsters zijn geanalyseerd zijn atrazin met twee omzettingsprodukten (desethylatrazin en desisopropylatrazin) en simazin. Alleen voor atrazin, welke stof in het onderzoek de meeste positieve waarnemingen te zien geeft, zijn streefwaarden opgegeven. Deze streefwaarden liggen vele malen lager dan de detektiengrens van de bepaling (van $10 \mu\text{g kg}^{-1}$) (zie Bijlage V).

Atrazin wordt momenteel voornamelijk toegepast in de snijmaïsteelt.

Bouwland en maïs (op zeeklei en zand)

Atrazin komt in 11,6% van de waarnemingen voor in gehalten die boven de detektiengrens van $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ uitkomen. Dit betreft een bouwland op zeekleimonster, een bouwland op zandmonster en drie maïs op zandmonsters. De streefwaarde wordt in deze waarnemingen fors overschreden; in het bouwland op zeekleimonster uit het Westelijk Weidegebied wordt een gehalte gemeten van $14 \mu\text{g kg}^{-1}$ bij een streefwaarde van $0,0125 \mu\text{g kg}^{-1}$ (overschrijding met een factor 1120) en in het maïs op zandmonster uit het Centraal Zandgebied wordt een gehalte van $20 \mu\text{g kg}^{-1}$ gemeten, bij een streefwaarde van $0,0155 \mu\text{g kg}^{-1}$ (overschrijding met een factor 1290). De gehalten in de andere mengmonsters variëren van 462 tot 757 x de streefwaarde. Gezien de hoge detektiengrens en de lage streefwaarden is de kans vrij groot dat de gehalten in de rest van de mengmonsters eveneens boven de streefwaarden liggen; dit kan echter niet worden aangetoond.

De overige triazines komen in de bouwland- en maïsmonsters niet boven de detektiengrens uit.

Grasland (op veen en rivierklei)

Desisopropylatrazin (een omzettingsprodukt van atrazin) is de enige triazine die op grasland wordt aangetroffen in gehalten die boven de detektiengrens van $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ uitkomen. In het veenmonster uit het Westelijk Weidegebied wordt een gehalte van $12 \mu\text{g kg}^{-1}$ gemeten en in het rivierkleimonster uit het Rivierkleigebied wordt een gehalte van $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ aangetroffen. Voor desisopropylatrazin zijn geen streefwaarden bekend.

Bollen (op zand) en fruit (op rivierklei)

In het zandmonster afkomstig van de bollenteelt uit het Westelijk Weidegebied wordt desethylatrazin aangetroffen in een gehalte van $13 \mu\text{g kg}^{-1}$. Deze stof wordt verder in geen enkel ander mengmonster aangetroffen in gehalten boven de detektiengrens van $10 \mu\text{g kg}^{-1}$.

Simazin wordt eveneens maar in één enkel monster in een gehalte boven de detektiengrens aangetroffen. Het betreft het rivierkleimonster afkomstig van de fruitteelt uit het Rivierkleigebied, waarin een gehalte van $16 \mu\text{g kg}^{-1}$ werd gemeten. Voor deze stoffen zijn eveneens geen streefwaarden bekend.

5.5 Discussie

Voorbehandeling

De vraag is of de voorbehandeling (het drogen bij 40°C en het zeven) van de grondmonsters vóór de analyse invloed heeft gehad op het analyseresultaat. Als dit zo is, zullen de gevonden PAK-gehalten, met name anthraceen, lager liggen dan de in werkelijkheid aanwezige gehalten, mogelijk als gevolg van vervluchtigen. Nader onderzoek zal dit moeten uitwijzen.

Gebruik van mengmonsters

Dit onderzoek moet worden gezien als een poging om inzicht te verkrijgen in de huidige bodemkwaliteit van de Nederlandse landbouwgronden, voor wat betreft een aantal organische microverontreinigingen. Doordat per LEI gebied slechts één mengmonster van een combinatie grondgebruik/grondsoort is geanalyseerd kon geen indruk van de spreiding in gehalten worden verkregen. De gevolgen van het gebruik van mengmonsters voor uitspraken op perceelsniveau geldt hetzelfde als in hoofdstuk 4.9 over metalen is opgemerkt.

6 RESULTATEN BESCHIKBARE METAALGEHALTEN

6.1 Inleiding

Aanleiding tot het onderzoek

In de notitie "Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en grondwater" (VROM, 1991) is opgemerkt dat uit risico-evaluatie voor metalen in grond is gebleken dat het verwaarloosbaar risiconiveau (VR) en in een aantal gevallen ook het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR) beneden het huidige achtergrondgehalte in relatief onbelaste gebieden ligt.

Verder is gesteld dat de risicogrenzen die op basis van de huidige kennis zijn afgeleid niet geschikt zijn voor de afleiding van streefwaarden. Een benadering waarbij het risico afgeleid wordt van gehalten die toegevoegd zijn aan het natuurlijke achtergrondgehalte kan wellicht meer perspectief bieden. Een van de mogelijkheden is om het risico van metaalgehalten in de bodem voor soorten/ecosystemen te relateren aan het gehalte dat relatief gemakkelijk uitwisselbaar c.q. licht extraheerbaar is. In verband daarmee is een onderzoek verricht naar dit gehalte in relatie tot de "totaalgehalten" waarvan de resultaten in paragraaf 4 zijn besproken.

Definities en normstelling beschikbaarheid

Onder 'beschikbaar' wordt hier verstaan: de fractie van het totaalgehalte die in het bodemvocht voorkomt (aktuele beschikbare of mobiele fractie) en de relatief gemakkelijk uitwisselbare fractie van de vaste fase (potentiële beschikbare of mobiliseerbare fractie) welke te samen beschikbaar zijn voor organismen binnen een gedefinieerde tijdsperiode (bijvoorbeeld groeiseizoen) (Pepels en Lagas, 1993).

Momenteel is er in Nederland geen norm voor beschikbare metaalgehalten in grond. Alleen in Zwitserland is er een norm voor de metaalfractie die extraheerbaar is met een oplossing van $0,1 \text{ mol l}^{-1}$ natriumnitraat (VSBo, 1986). In de literatuur (Symeonides en McRae, 1977; Sauerbeck en Styperek, 1983; Novozamsky *et al.*, 1993; Houba *et al.*, 1992) worden vaak goede correlaties gevonden tussen beschikbare cadmium-, nikkel- en zinkgehalten in grond en in gewas. Voor lood en koper zijn de correlaties vaak minder duidelijk en voor andere metalen is er weinig bekend (Pepels en Lagas, 1993).

Momenteel wordt er vanuit diverse vakgebieden nagedacht over normstelling op basis van beschikbaarheid, waarbij ondermeer wordt gedacht aan een concept waarbij op een of andere manier een "hoeveelheid", die wordt afgeleid van de 5e percentiel² van de NOEC-distributie³, moet worden opgeteld bij de "achtergrond".

Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om met de in 1992 systematisch bemonsterde gronden inzicht te krijgen in de beschikbare metaalgehalten in landbouwgrond in Nederland. De resultaten kunnen een

² 5e percentiel = de concentratie waarbij aan niet meer dan 5% van de soorten geen bescherming wordt geboden; 95% van de soorten wordt bij deze concentratie beschermd.

³ NOEC = No Observed Effect Concentration voor een stof in een ecosysteem

bijdrage leveren aan verspreidingsrisico's, normstellingsproblematiek en beoordeling van de bodemkwaliteit in relatie tot belasting vanuit diffuse bronnen.

Toetsing van de resultaten

Toetsing van beschikbare metaalgehalten aan de streefwaarden voor bodemkwaliteit is niet zinvol, omdat deze waarden gelden voor het totaalgehalte aan zware metalen, terwijl er slechts een klein deel van dit totaalgehalte beschikbaar is. Omrekening van de gemeten extractconcentraties naar bodemvochtvolumes is niet mogelijk, daar de vochtgehalten van de bodemmonsters onbekend zijn. Bovendien zijn de bodemvochtvolumes tijd- en seizoenafhankelijk.

Aangezien de beschikbare metaalfraction vroeg of laat in oplossing zal gaan en in het bodemvocht of grondwater terecht zal komen, is er voor gekozen in dit onderzoek de in oplossing gemeten concentraties te toetsen aan de streefwaarden voor grondwater of de gemiddelde concentraties voor metalen in dieper grondwater.

6.2 Opzet van het onderzoek

Extractiemethoden

Voor de bepaling van de beschikbaarheid van zware metalen worden diverse extractiemethoden toegepast, variërend van zure-, chelaterende- en complexerende extractiemiddelen tot gebufferde en ongebufferde zoutoplossingen. Vanuit het landbouwkundig onderzoek wordt gepleit voor een standaardisatie van een eenvoudige extractietechniek, zowel in verband met vergelijkbaarheid van analysersultaten als uit kostenbesparingsoogpunt.

Een veel toegepast ongebufferd extractiemiddel is $0,01 \text{ mol l}^{-1} \text{ CaCl}_2$, hetgeen in een verhouding van 1:10 (vaste stof/vloeistof) wordt angewend.

Toepassing van het tweewaardige Ca-ion ten opzichte van enkelwaardige positieve ionen (Na^+ , NH_4^+) heeft als voordeel dat er sprake is van een sterkere competitie met de adsorptieplaatsen van de organische stof, kleimineralen en geoxydeerde oppervlakken. De Cl^- -ionen verlagen de adsorptie van zware metalen aan bodemdeeltjes, waarschijnlijk door competitie met negatieve ladingen (Bourg, 1988). Daarnaast heeft dit extractiemiddel min of meer dezelfde zoutconcentratie als een gemiddelde bodemvochttoplossing.

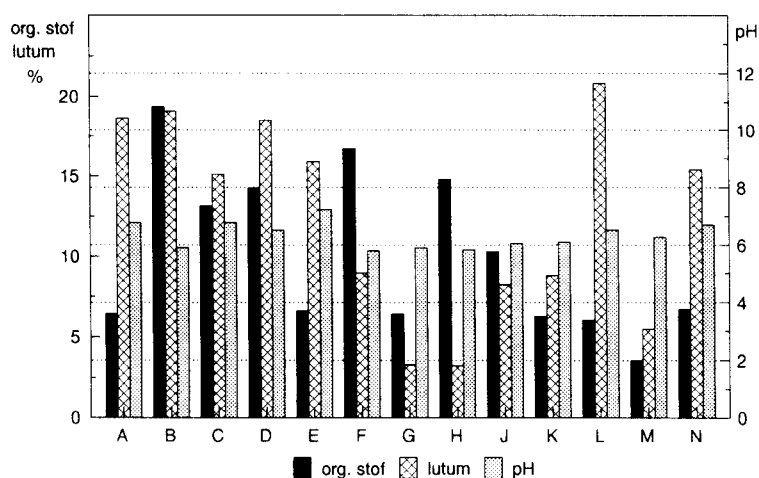
Een ander argument is dat, oplosbare stikstofverbindingen als nitraat, ammonium en oplosbaar organisch gebonden stikstof direct in het extract gemeten kunnen worden. De laatstgenoemde verbinding wordt gezien als belangrijk bij de voorspelling van de mineralisatiemogelijkheden van de bodem (Houba *et al.*, 1987). Meting van diverse elementen in één oplossing geeft de mogelijkheid van interpretatie van de verhouding van de elementen, die vanuit landbouwkundig oogpunt belangrijk zijn zoals voor kalium en magnesium, voor zink en cadmium en voor koper en nikkel.

Tabel 6.1 Gemiddelde bodemkenmerken van de LEI-gebieden van de selectie van het beschikbaarheidsonderzoek

LEI-gebied	pH-H ₂ O	pH-KCl	org. stof %	kalk %	lutum %	CEC meq/100 g
A	6,8	6,3	6,4	0,7	18,6	20,2
B	5,9	5,3	19,4	0,3	19,1	34,3
C	6,8	6,3	13,2	2,5	15,1	30,5
D	6,5	6,0	14,2	1,7	18,5	31,4
E	7,2	7,0	6,6	4,2	15,9	22,6
F	5,8	5,1	16,7	0,2	9,0	28,4
G	5,9	5,0	6,4	0,1	3,3	16,0
H	5,8	5,0	14,8	0,1	3,3	26,2
J	6,0	5,2	10,3	0,1	8,2	18,5
K	6,1	5,5	6,3	0,3	8,8	13,3
L	6,5	6,1	6,0	0,6	20,8	21,4
M	6,3	5,6	3,6	0,1	5,5	8,9
N	6,7	6,7	6,7	1,7	15,4	18,8

Gegevens van de gebruikte monsters

De belangrijkste gegevens van de onderzochte combinaties grondgebruik/grondsoort zijn te vinden in hoofdstuk 2. Aangezien niet alle vier mengmonsters per LEI-gebied per combinatie zijn geanalyseerd in het beschikbaarheidsonderzoek, worden van de geanalyseerde monsters per LEI-gebied (zie Tabel 6.1 en *Figuur 6.1*) en per combinatie (zie Tabel 6.2 en *Figuur 6.2*) de gemiddelde bodemkenmerken apart vermeld. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de combinatie bouwland/diversen bestaat uit een vijftal grondgebruik/grondsoort combinaties waarvan drie mais op zand. Deze gegevens zullen bij de interpretatie van de resultaten nodig zijn.



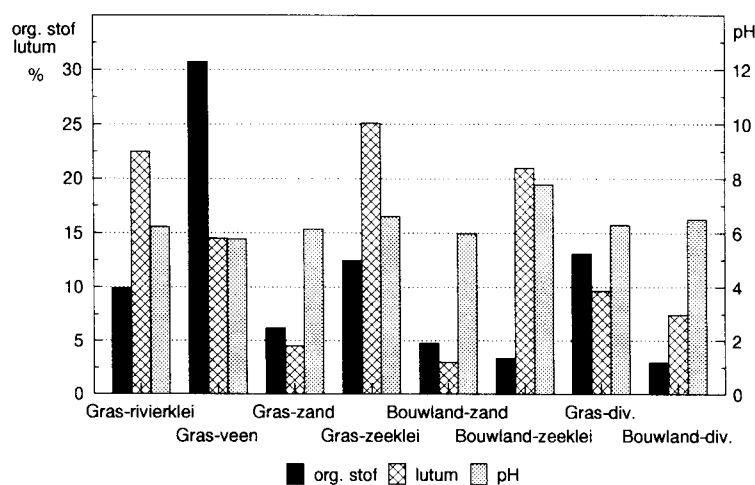
Figuur 6.1 De bodemkenmerken organische stof, lutum en pH van de LEI-gebieden van de selectie van het beschikbaarheidsonderzoek.

Tabel 6.2 Gemiddelde bodemkenmerken van combinaties grondgebruik/grondsoort van de selectie van het beschikbaarheidsonderzoek.

Combinaties grondgebruik/grondsoort	LEI-gebieden	pH-H ₂ O	pH-KCl	org. stof %	kalk %	lutum %	CEC meq/100g
Gras/rivierklei	D, J, K, L, M	6,2	5,8	9,9	0,3	22,5	25,4
Gras/veen	B, C, D, F, H, J	5,8	5,0	30,8	0,2	14,5	51,4
Gras/zand	A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M	6,1	5,5	6,2	0,3	4,5	12,7
Gras/zeeklei	A, B, C, D, E	6,6	6,2	12,5	1,9	25,1	32,7
Bouwland/zand	G, H, M	6,0	5,1	4,8	0,1	3,0	11,7
Bouwland/zeeklei	A, C, D, E	7,8	7,2	3,4	4,9	21,08	19,5
Gras/diversen ¹⁾	H, N	6,3	6,0	13,1	0,9	9,6	26,2
Bouwland/diversen ²⁾	J, K, M, D, L	6,5	5,9	3,0	1,1	7,5	10,2

1) Gras/diversen: LEI-gebieden H en N respectievelijk dalgrond en leem.

2) Bouwland/diversen: LEI-gebieden J, K en M combinatie maïs op zand; LEI-gebied D bollen op zand; LEI-gebied L fruit op rivierklei.



Figuur 6.2 De gemiddelde bodemkenmerken organische stof, lutum en pH van combinaties grondgebruik/grondsoort van de selectie van het beschikbaarheidsonderzoek.

Presentatie van de resultaten

De resultaten van het beschikbaarheidsonderzoek voor de metalen cadmium, chroom, koper, lood en nikkel en voor arseen worden per stof steeds weergegeven in twee afzonderlijke figuren. In de eerste figuur worden de metaalconcentraties in de CaCl_2 -extracten uitgezet tegen een achttal combinaties grondgebruik/grondsoort. In de tweede figuur worden de metaalconcentraties in de CaCl_2 -extracten voor grasland en bouwland voor de verschillende LEI-gebieden uitgezet. In de selectie van bodemmonsters voor het beschikbaarheidsonderzoek maken bovengenoemde combinaties en bodemgebruik het grootste aandeel uit.

Daarnaast wordt in een tabel per combinatie het percentage beschikbaar (mobiel) metaalgehalte ten opzichte van het totaal metaalgehalte gegeven.

De resultaten van kalium, natrium, magnesium en zink, waarop alle betreffende grondmonsters zijn geanalyseerd, worden op een andere wijze gepresenteerd. Voor deze metalen vindt uitsplitsing plaats naar bouwland op zeeklei en zand (één figuur) en naar grasland (twee figuren). De resultaten van kalium, natrium en magnesium, waarvoor geen streefwaarden vastgesteld zijn, worden gezamenlijk gepresenteerd.

In Tabel 6.3 zijn de gemiddelde metaalconcentraties in een zestal combinaties grondgebruik/grondsoort weergegeven, naast de "trimmed means" van de achtergrondwaarden van het diepe grondwater (5-15 m-mv) voor bouwland en grasland op zandgrond uit het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG). Bij de trimmed means-benadering worden de laagste en de hoogste waarnemingen uit de selectie verwijderd, waarna de gemiddelde concentratie van de resterende waarden wordt berekend. Hierdoor wordt een vertekend beeld van het gemiddelde, veroorzaakt door uitschieters, voorkomen.

De meer gedetailleerde resultaten worden per metaal behandeld. In de bijlagen VI en VII worden de resultaten per geanalyseerd mengmonster gegeven.

Tabel 6.3 Zware metaalconcentraties in 0,01 mol l⁻¹ CaCl₂-extracten en achtergrondconcentraties (Snelting en Prins, 1991) in diep grondwater (in µg l⁻¹).

Grondgebruik/ grondsoort	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As
Gras/rivierklei	2,3	0,6	15,2	12,6	0,4	111	1,5
Gras/veen	1,4	1,3	10,1	9,3	2,1	198	1,4
Gras/zand	1,5	0,4	6,9	4,3	1,9	133	2,0
Gras/zeeklei	0,5	0,4	13,2	9,7	0,5	35	3,8
Bouwland/zand	2,0	0,0	6,6	4,6	0,7	168	1,8
Bouwland/zeeklei	0,1	0,0	7,5	3,3	0,1	68	4,5
Achtergrond LMG (bouwland/zand, pH 5,5)	0,5	1,7	1,8	17	1,8	43	0,4
Achtergrond LMG (grasland/zand, pH 6,6)	0,15	1,0	0,8	7	1,7	16	1,5

6.3 Cadmium

Algemeen

Cadmium is van de onderzochte zware metalen het meest mobiel in de bodem. In zandgrond is circa 10% van het totaal-cadmiumgehalte beschikbaar na extractie met een 0,01 mol l⁻¹ calcium-chloride-oplossing. De beschikbaarheid is minder voor rivierklei (circa 5%) en veen (circa 3%) en is het laagst in zeeklei (0,2-1,6%). De zuurgraad speelt een belangrijke rol bij de mobiliteit en

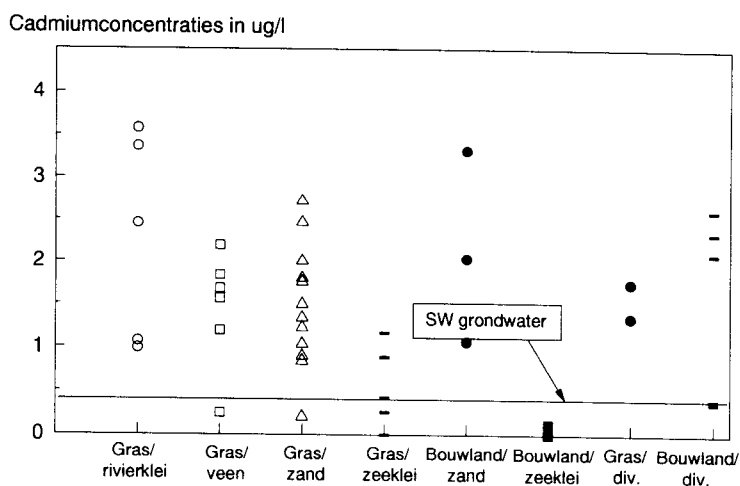
beschikbaarheid van cadmium, zoals ook blijkt uit *Tabel 6.5*. De in de extracten gemeten concentraties liggen globaal een factor 4 boven de streefwaarde voor grondwater. De gemeten concentraties in grasland op zand zijn een factor 10 hoger dan de concentraties die doorgaans worden gemeten in diep grondwater onder grasland.

Interpretatie resultaten

De cadmiumconcentraties (*Figuren 6.3 en 6.4*) liggen voor het grootste deel boven de streefwaarde van $0,4 \mu\text{g l}^{-1}$. Alleen in zeekleigronden met bouwland en grasland liggen de concentraties op of onder de streefwaarde en is de absolute beschikbaarheid gering. Gemiddeld zijn de gemeten concentraties voor grasland op rivierklei-, veen- en zandgronden een factor 4 tot 6 hoger dan de

Tabel 6.4 Gemiddelde totaalgehalten, beschikbare gehalten en het percentage beschikbaar cadmium voor verschillende combinaties grondgebruik/grondsoort (in mg kg^{-1}).

Combinatie	totaal cadmium	beschikbaar cadmium	% beschikbaar
Gras/rivierklei	0,43	0,023	5,3
Gras/veen	0,51	0,014	2,9
Gras/zand	0,19	0,015	7,7
Gras/zeeklei	0,35	0,005	1,6
Bouwland/zand	0,22	0,020	10,4
Bouwland/zeeklei	0,31	0,001	0,2
Gras/diversen	0,51	0,015	3,0
Bouwland/diversen	0,21	0,016	7,4

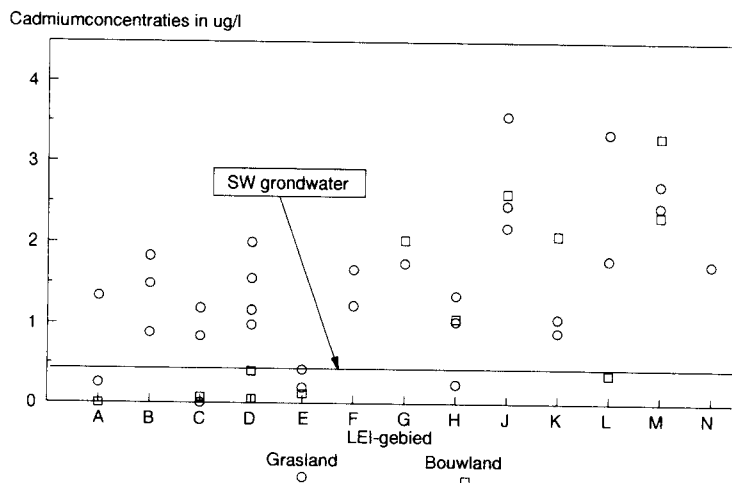


Figuur 6.3 Cadmiumconcentraties in combinaties grondgebruik/grondsoort in 13 LEI-gebieden.

streefwaarde en globaal een factor 15 hoger dan het concentratieniveau dat in diep grondwater onder grasland (circa $0,15 \mu\text{g l}^{-1}$) wordt aangetroffen (Snelting en Prins, 1991). Het gemiddelde voor bouwland op zand ligt een factor 5 hoger dan de streefwaarde en circa een factor 4 hoger dan de achtergrondwaarde voor diep grondwater onder bouwland ($0,5 \mu\text{g l}^{-1}$). Gemiddeld is circa 5% van het totaal-cadmiumgehalte beschikbaar in de bodem (zie *Tabel 6.4*).

Een toename van de chlorideconcentratie in de bodemoplossing en dus ook in het extractiemiddel, verhoogt de mobiliteit van cadmium. Het blijkt dat cadmium-chloridecomplexen nauwelijks aan de vaste fase adsorberen, terwijl het vrije cadmium-ion vrij sterk in de bodem wordt vastgelegd, met name aan organische stof. Hoge chlorideconcentraties, in de orde van $0,2 \text{ mol l}^{-1}$, kunnen in

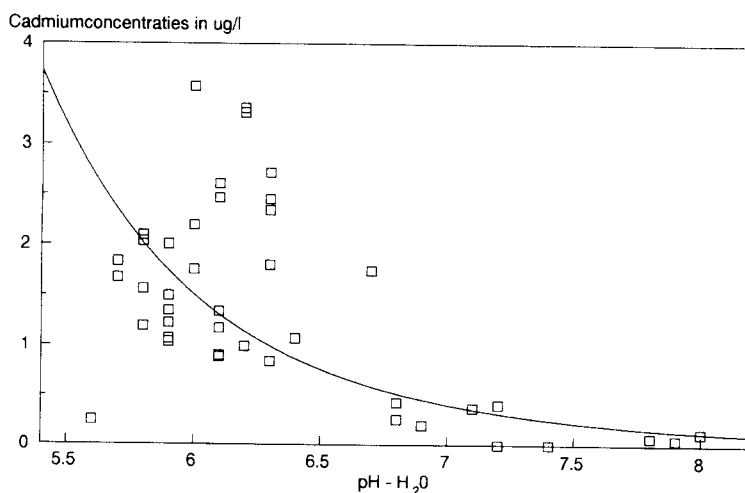
bodemsystemen voorkomen door zeewater, drijfmestgift, urine van runderen en langs wegbermen door wegzout.



Figuur 6.4 Cadmiumconcentraties in grasland en bouwland in 13 LEI-gebieden.

De totale cadmiumconcentratie in de bodemoplossing wordt bepaald door verschuiving van het adsorptiecomplex en door evenwichtsreacties met vaste cadmiumzouten en/of mineralen. Cadmium komt bijvoorbeeld in kalkrijke gronden voor als cadmiumcarbonaat. De concentratie in de bodemoplossing wordt hierbij bepaald door een evenwicht met de vaste fase en niet door de hoeveelheid vaste fase. In *Figuur 6.5* zijn de beschikbare/mobiele cadmiumconcentraties uitgezet tegen de pH-H₂O van de bodem. Uit de figuur blijkt dat de beschikbaarheid van cadmium sterk afneemt bij hogere pH. De beschikbare cadmiumconcentratie is exponentieel afhankelijk van de pH en onafhankelijk van het totaalgehalte in de bodem. De formule voor deze cadmiumconcentratie is als volgt (correlatiecoëfficiënt = 0,58):

$$[Cd^{2+}] = 4044 * e^{-1,31 * pH}$$



Figuur 6.5 Cadmiumconcentraties in de bodemextracten versus pH-H₂O.

De relatief hoge zuurgraad vormt ook de verklaring voor de lage beschikbaarheid van cadmium in bouwland op zeeklei, zoals blijkt uit *Tabel 6.5*, want het organisch-stofgehalte is relatief laag (3,5%). De relatieve beschikbaarheid (ten opzichte van het totaalgehalte) is voor de combinaties gras en bouwland op zand het hoogst (respectievelijk 7,7 en 10,4 %). Het organisch-stofgehalte is in laatstgenoemde combinaties relatief laag (4,77-6,21%). Regionaal gezien worden de hoogste waarden gemeten in het Zuidelijk Zandgebied (M) en in het Oostelijk Zandgebied (J) (zie *Figuur 6.4*).

Tabel 6.5 Beschikbaarheid van cadmium in relatie tot de pH van de grond.

Grondgebruik/ grondsoort	pH-range grond ¹⁾	Cd-concentratie-range ($\mu\text{g l}^{-1}$) ²⁾
Bouwland/ zeeklei	7,3-8,0	< 0,1
Grasland/ zeeklei	5,8-7,0	0,3-1,1
Grasland/ rivierklei	6,0-6,3	0,9-3,6
Bouwland/ zand	5,8-6,2	1,0-3,3

1) pH-H₂O

2) cadmiumconcentraties in 0,01 mol l⁻¹ calciumchloride-oplossing

6.4 Chroom

Algemeen

Chroom is in de bodem praktisch niet beschikbaar. Slechts gemiddeld 0,02% van het totaal in de onderzochte mengmonsters aanwezige chroom is beschikbaar/mobiel.

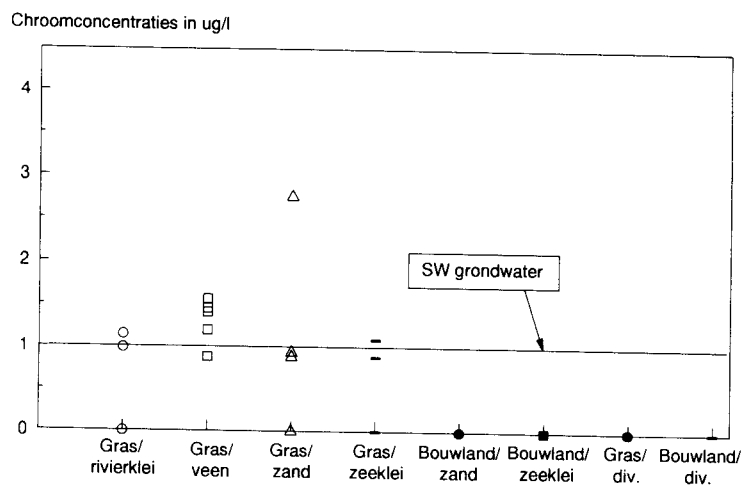
In de calciumchloride-extracten van de monsters afkomstig van graslandpercelen worden chroomconcentraties gemeten die rond de streefwaarde van 1 $\mu\text{g l}^{-1}$ liggen. In de extracten van de bouwlandmonsters wordt geen enkele keer een concentratie gemeten die de detectielimiet van 0,8 $\mu\text{g l}^{-1}$ overschrijdt (zie *Figuur 6.6*). De gemeten concentraties in de graslandextracten zijn vergelijkbaar met chroomconcentraties in het diepe grondwater onder grasland, nl. 1,0 $\mu\text{g l}^{-1}$.

Interpretatie resultaten

De relatief hogere totaalgehalten voor bouwland op zeeklei ten opzichte van bouwland op zand vertalen zich niet in hogere beschikbaarheid. Ook de pH lijkt geen invloed te hebben op de beschikbaarheid van chroom. In beide gevallen worden concentraties kleiner dan de detectiegrens gemeten. In oxyderend milieu precipiteert chroom als chroomhydroxide, waarbij de concentratie in het poriënwater bepaald wordt door het (geringe) oplosbaarheidsproduct (Ivens *et al*, 1993).

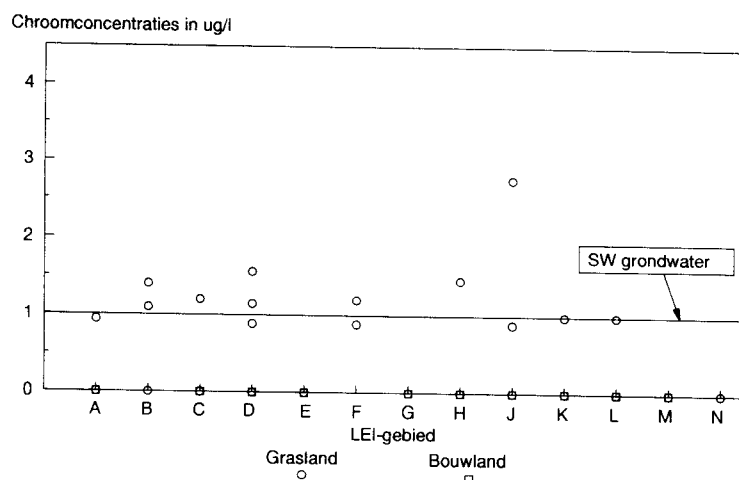
Tabel 6.6 Gemiddelde totaalgehalten, beschikbare gehalten en het percentage beschikbaar chroom voor verschillende combinaties grondgebruik/grondsoort (in mg kg⁻¹).

Combinatie	totaal chroom	beschikbaar chroom	% beschikbaar
Gras/rivierklei	35,80	0,006	0,03
Gras/veen	29,17	0,013	0,04
Gras/zand	9,92	0,004	0,04
Gras/zeeklei	40,20	0,004	0,02
Bouwland/zand	7,33	-	-
Bouwland/zeeklei	36,25	-	-
Gras/diversen	22,00	-	-
Bouwland/diversen	15,80	-	-



Figuur 6.6 Chroomconcentraties in combinaties grondgebruik/grondsoort in 13 LEI-gebieden.

Op grond van de gemeten lage concentraties en de relatief hoge detectielimiet is het niet mogelijk om verschillen tussen de LEI-gebieden te onderscheiden (zie *Figuur 6.7*). De gemeten gehalten zijn vergelijkbaar met chroomconcentraties in het diepe grondwater; onder bouwland $1,7 \mu\text{g l}^{-1}$ en onder grasland $1,0 \mu\text{g l}^{-1}$. Een uitschieter is te zien in het Oostelijk Zandgebied (LEI-gebied J), een zandmonster afkomstig van grasland met een beschikbare chroomconcentratie van $2,76 \mu\text{g l}^{-1}$. Het betreft hetzelfde monster als de uitschieter in *Figuur 6.6*.



Figuur 6.7 Chroomconcentraties in grasland en bouwland in 13 LEI-gebieden.

6.5 Koper

Algemeen

Ongeveer 0,5% van het in bodem aanwezige koper komt beschikbaar met een calciumchloride-extractie (zie Tabel 6.7). De verschillen in beschikbaarheid per combinatie grondgebruik/grondsoort zijn gering.

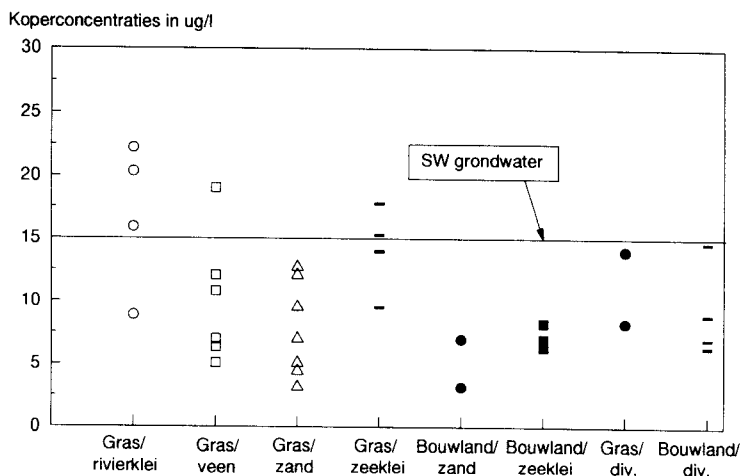
De gemeten concentraties in de extracten liggen globaal een factor 5 tot 15 boven de concentraties die worden aangetroffen in diep grondwater en liggen rond de streefwaarde voor grondwater.

Interpretatie resultaten

In *Figuur 6.8* worden de koperconcentraties voor de verschillende combinaties grondgebruik/grondsoort weergegeven. De concentraties die in de extracten worden gemeten liggen voor alle zandgronden en voor bouwland op zeeklei onder de streefwaarden voor grondwater. Voor de combinaties bouwland op zeeklei en op zand zijn er geen duidelijke verschillen waar te nemen. Voor grasland op rivierklei, veen en zeeklei worden concentraties gemeten die rond de streefwaarde liggen. De concentraties zijn voor grasland hoger dan voor bouwland. Waarschijnlijk komt dit doordat op grasland hogere totaalgehalten voorkomen.

Tabel 6.7 Gemiddelde totaalgehalten, beschikbare gehalten en het percentage beschikbaar koper voor verschillende combinaties grondgebruik/grondsoort (in mg kg⁻¹).

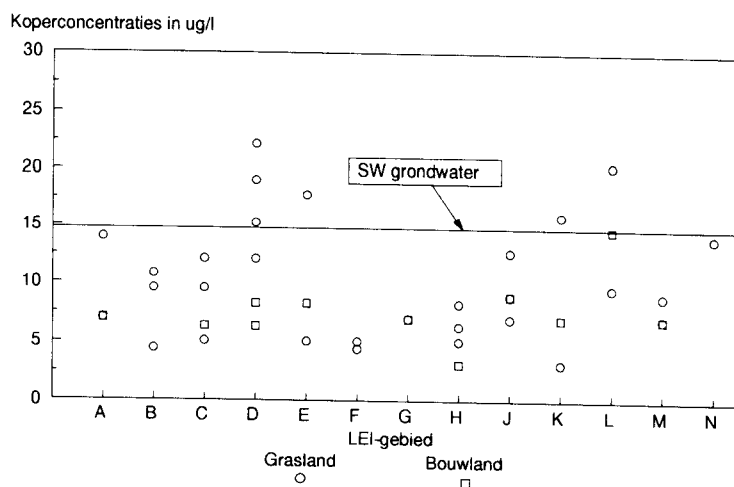
Combinatie	totaal koper	beschikbaar koper	% beschikbaar
Gras/rivierklei	23,28	0,152	0,66
Gras/veen	28,50	0,101	0,35
Gras/zand	11,91	0,069	0,58
Gras/zeeklei	19,14	0,132	0,69
Bouwland/zand	10,90	0,057	0,66
Bouwland/zeeklei	17,08	0,075	0,44
Gras/diversen	19,55	0,111	0,57
Bouwland/diversen	14,26	0,088	0,61



Figuur 6.8 Koperconcentraties in combinaties grondgebruik/grondsoort in 13 LEI-gebieden.

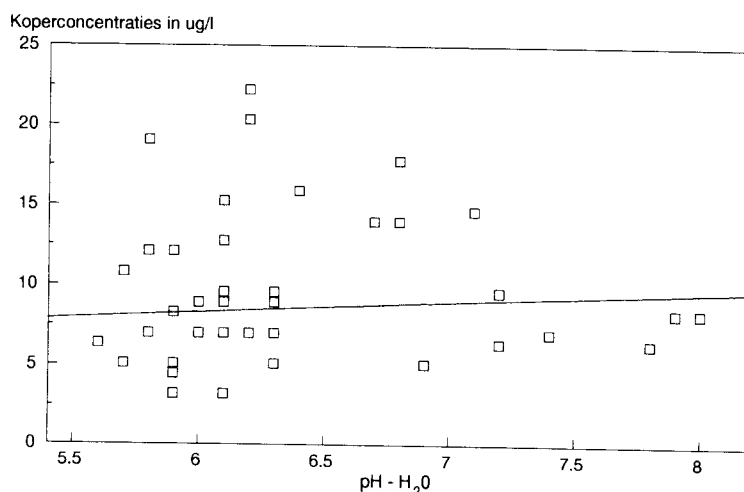
In *Figuur 6.9*, waar de koperconcentraties in grasland en bouwland in de verschillende LEI-gebieden worden weergegeven, is te zien dat in de graslandmonsters (zeeklei, veen en rivierklei) uit het Westelijk Weidegebied (D) de hoogste concentraties voorkomen (gemiddeld 17 µg l⁻¹),

globaal een factor 20 hoger dan het concentratieniveau voor diep grondwater (5-15 m-mv). Ook het relatieve totaalgehalte voor grasland is in dit LEI-gebied het hoogst (een factor 1,5 boven de streefwaarde).



Figuur 6.9 Koperconcentraties in grasland en bouwland in 13 LEI-gebieden.

De gemiddelde, relatieve beschikbaarheid voor graslandmonsters in LEI-gebied D is 0,49 en ligt op hetzelfde niveau als de andere combinatie uit Tabel 6.7. In het Zuidelijk Zeekleigebied (E) ligt een gras op zeekleimonster boven de streefwaarde ($17,79 \mu\text{g l}^{-1}$) en in het Centraal Zandgebied (K) en het Rivierkleigebied (L) liggen de gras op rivierkleimonsters boven de streefwaarde (respectievelijk $15,89$ en $20,33 \mu\text{g l}^{-1}$). Ook de pH en het organisch-stofgehalte hebben invloed op de beschikbaarheid van koper. Voor koper is complexering door kleine of complexere organische liganden (humus- en fulvozuren) relatief belangrijk. De stabiliteit van complexen van zware metalen met organische stoffen neemt toe in de richting van: $\text{Zn} < \text{Cd} < \text{Ni} \ll \text{Pb} \leq \text{Cu}$. Stoffen die gebonden zijn aan de lichtere organische stoffracties (o.a. fulvozuren) zijn beter beschikbaar dan metalen die gebonden zijn aan zwaardere organische stoffracties (Hoefs en Lagas, 1992).



Figuur 6.10 Koperconcentraties in de bodemextracten versus pH-H₂O.

In *Figuur 6.10* zijn de beschikbare koperconcentraties van de bodemextracten uitgezet tegen de pH-H₂O. De beschikbaarheid van koper lijkt geen duidelijke relatie te vertonen met de pH in dit traject. De lineaire correlatiecoëfficiënt ($R^2 = 0,001$) is laag. Volgens Scheffer en Schachtschabel (1982) wordt koper bij een pH hoger dan 5 door specifieke adsorptie relatief sterk gebonden aan de vaste fase. Bij lagere pH-waarden verschuift het evenwicht tussen de opgeloste en gebonden koperfractie naar de kant van de opgeloste vorm.

Bij vergelijking van de graslandcombinaties (pH-ranges 5,8-6,6) valt op dat de relatieve beschikbaarheid voor gras op veen het laagste is (0,35%), terwijl het het hoogste gemiddelde totaalgehalte (28,50 mg kg⁻¹) heeft. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door het relatief hoge organisch-stofgehalte (30,8%) van deze combinatie. De relatieve beschikbaarheid van de andere combinaties varieert relatief weinig (0,58-0,69). Mogelijk zijn de koperconcentraties die in oplossing worden gemeten lager dan de concentraties die in een veldsituatie uitlogen, omdat een deel van de koper-organisch-stofcomplexen in een 0,01 mol l⁻¹ calciumchloride-milieu kunnen uitvlokken en na filtratie uit de oplossing verdwijnen (Del Castilho, 1994).

6.6 Nikkel

Algemeen

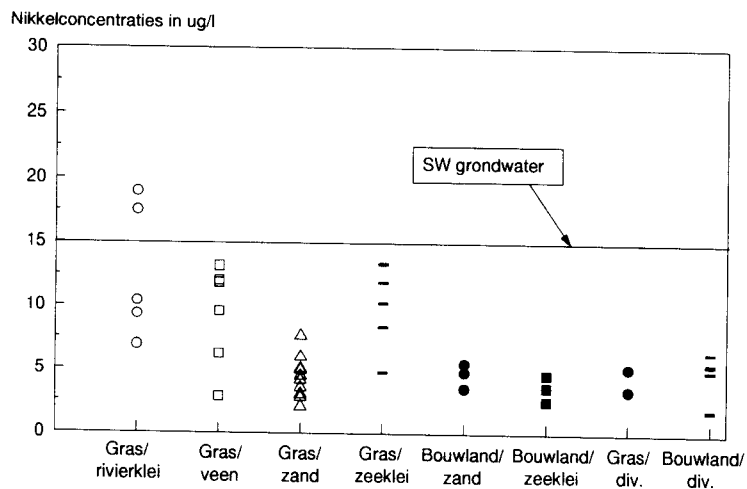
Gemiddeld is ongeveer 1% van het in de bodem aanwezige nikkel beschikbaar (zie *Tabel 6.8*). De beschikbaarheid is in zandgrond (1,2-2,7%) hoger dan in klei-grond (0,2-0,6%). De gemeten concentraties in de calciumchloride-extracten liggen doorgaans onder de streefwaarde voor grondwater en op hetzelfde niveau als de gehalten welke in diep grondwater zijn gemeten.

Interpretatie resultaten

De nikkelconcentraties in de extracten van de graslandmonsters zijn, met uitzondering van gras op zand, hoger dan op bouwland (zie *Figuur 6.11*). De combinatie gras op zand heeft van de graslandcombinatie ook het laagste totaalgehalte. Op de rivierkleigronden met gras wordt de streefwaarde van 15 µg l⁻¹ twee keer overschreden. De nikkelconcentraties voor grasland bevinden zich op hetzelfde niveau als de concentraties in diep grondwater (7 µg l⁻¹). De concentraties in de bouwlandmonsters liggen een factor 4 lager dan de concentraties gemeten in grondwater onder bouwland, nl. 17 µg l⁻¹.

Tabel 6.8 Gemiddelde totaalgehalten, beschikbare gehalten en het percentage beschikbaar nikkel voor verschillende combinaties grondgebruik/grondsoort (mg kg⁻¹).

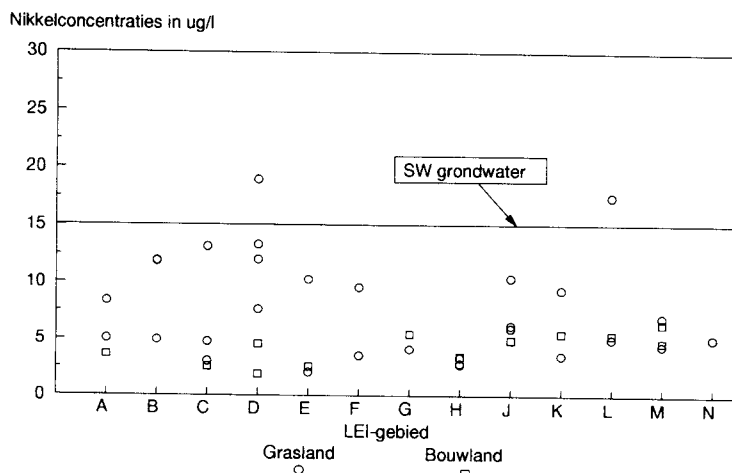
Combinatie	totaal nikkel	beschikbaar nikkel	% beschikbaar
Gras/rivierklei	19,90	0,126	0,63
Gras/veen	12,30	0,093	0,75
Gras/zand	3,68	0,043	1,18
Gras/zeeklei	18,76	0,097	0,52
Bouwland/zand	1,70	0,046	2,71
Bouwland/zeeklei	19,33	0,033	0,17
Gras/diversen	9,60	0,042	0,44
Bouwland/diversen	8,74	0,048	0,55



Figuur 6.11 Nikkelconcentraties in combinaties grondgebruik/grondsoort in 13 LEI-gebieden.

Bij vergelijking van de combinaties gras op klei en bouwland op zeeklei, met een vergelijkbaar lutumgehalte, valt op dat de relatieve beschikbaarheid voor de combinatie bouwland op zeeklei het laagste is (0,17), terwijl het organisch-stofgehalte voor de combinatie bouwland op zeeklei een factor 3 tot 4 lager ligt. Overschijnlijk heeft de pH een grote invloed op de beschikbaarheid van nikkel.

De pH van bouwland op zeeklei is ten opzichte van de twee combinaties 1 à 1,5 eenheid hoger. Mogelijk ligt de verklaring in een relatief belangrijker wordende binding van nikkel aan ijzer- en aluminium(hydr)oxiden bij hogere pH. De hoogste relatieve concentraties beschikbaar nikkel worden gemeten in de combinaties gras op zand en bouwland op zand. Deze gronden hebben de laagste lutumgehalten.



Figuur 6.12 Nikkelconcentraties in grasland en bouwland in 13 LEI-gebieden.

In *Figuur 6.12* worden de nikkelconcentraties in de extracten afkomstig van de grasland- en bouwlandmonsters uit de verschillende LEI-gebieden weergegeven. Regionaal gezien lijken er geen significante verschillen op te treden. Er is een grote spreiding waar te nemen in zowel de monsters per LEI-gebied als over de verschillende LEI-gebieden. In het Westelijk Weidegebied (D) en in het Rivierkleigebied (L) ligt een gras/rivierkleimonster boven de streefwaarde (respectievelijk 18,96 en 17,50 $\mu\text{g l}^{-1}$, zie ook *Figuur 6.11*).

6.7 Lood

Algemeen

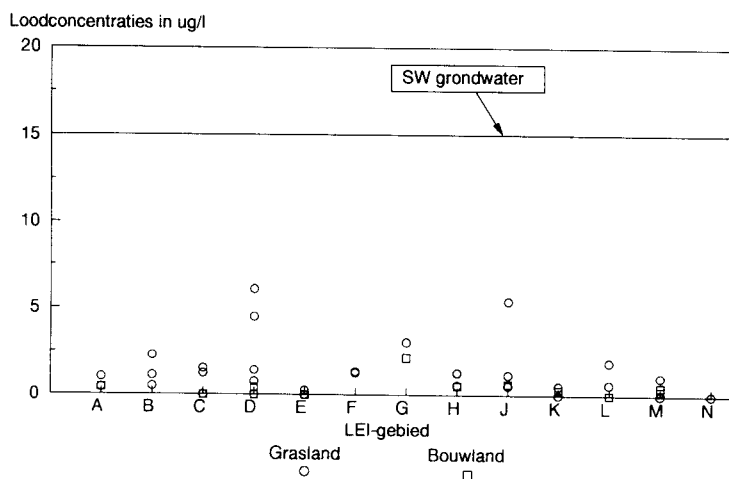
Lood is in de bodem praktisch niet beschikbaar. Bij een extractie met calciumchloride wordt in zandgronden slechts 0,07% van het totaalgehalte vrijgemaakt en in kleigronden 0,01% (zie *Tabel 6.9*). De in het extract gemeten concentraties liggen ruim onder de streefwaarde voor grondwater en op hetzelfde niveau of lager dan de concentraties die in diep grondwater worden gemeten.

Tabel 6.9 Gemiddelde totaalgehalten, beschikbare gehalten en het percentage beschikbaar lood voor verschillende combinaties grondgebruik/grondsoort (in mg kg^{-1}).

Combinatie	totaal lood	beschikbaar lood	% beschikbaar
Gras/rivierklei	42,50	0,004	0,01
Gras/veen	72,50	0,021	0,03
Gras/zand	21,92	0,019	0,09
Gras/zeeklei	37,80	0,005	0,01
Bouwland/zand	16,33	0,011	0,06
Bouwland/zeeklei	26,25	0,002	0,01
Gras/diversen	32,00	0,006	0,02
Bouwland/diversen	16,00	0,003	0,02

Interpretatie resultaten

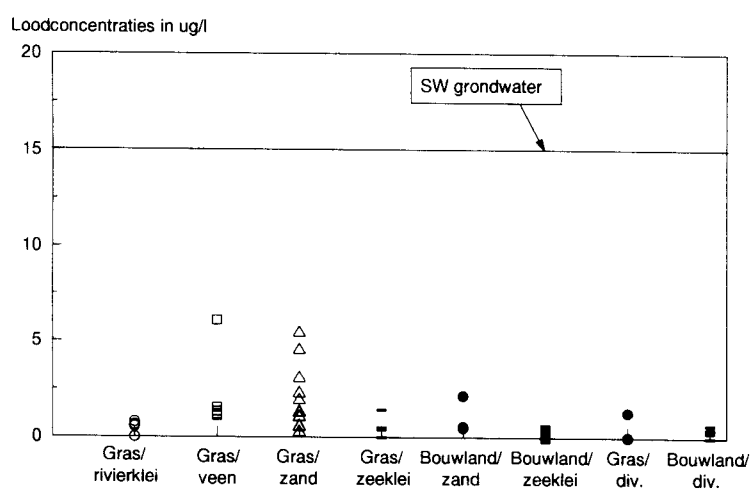
In *Figuur 6.13* zijn de beschikbare loodconcentraties in de CaCl_2 -extracten uitgezet tegen een achttal veel voorkomende combinaties grondgebruik/grondsoort. De beschikbaarheid van lood is in kleigronden laag, als gevolg van sterke binding aan kleimineralen. De loodconcentraties in de gras/veencombinatie zijn met uitzondering van één monster (6,1 $\mu\text{g l}^{-1}$) ook laag.



Figuur 6.13 Loodconcentraties in combinaties grondgebruik/grondsoort in 13 LEI-gebieden.

Van lood is bekend dat het een sterke interactie vertoont met organische stof (Salomons, 1991). Het betreffende monster, afkomstig uit het Westelijk Weidegebied, heeft ook een hoog totaalgehalte (212 mg kg^{-1} , zie bijlage II, monstercode DA 2). In gronden met lage lutum- en organisch-stofgehalten (gras/zandcombinatie) worden wel loodconcentraties gemeten op een niveau van enkele microgrammen per liter. De loodconcentraties in de combinaties gras op zand en gras op veen liggen maximaal op het niveau van circa 40% van de streefwaarde.

In *Figuur 6.14* zijn de loodconcentraties voor grasland en bouwland weergegeven, uitgesplitst naar de diverse LEI-gebieden. In het Westelijk Weidegebied (D) worden de hoogste concentraties gemeten, overeenkomstig de totaalgehalten. In het diepe grondwater (5-15 m-mv) van het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) werd gemiddeld circa $1,8 \mu\text{g l}^{-1}$ gemeten. De gemiddelden voor de combinaties gras op zand en gras op veen, respectievelijk $1,9$ en $2,1 \mu\text{g l}^{-1}$, liggen op het niveau van het diepe grondwater van $1,7 \mu\text{g l}^{-1}$ (zie *Tabel 6.3*). De gemiddelden voor bouwland ($0,69$ en $0,11 \mu\text{g l}^{-1}$) liggen op een lager niveau dan de achtergrondwaarden van $1,8 \mu\text{g l}^{-1}$.



Figuur 6.14 Loodconcentraties in grasland en bouwland in 13 LEI-gebieden.

6.8 Arseen

Algemeen

In zandgronden is bij een calciumchloride-extractie circa 0,6% van het totaal arseengehalte beschikbaar en in klei- en veengronden circa 0,1-0,4%. De arseenconcentraties liggen onder de streefwaarde voor grondwater (van $10 \mu\text{g l}^{-1}$) en liggen gemiddeld op het niveau van de concentraties die worden gevonden in het diepe grondwater onder bouwland en grasland, gemiddeld respectievelijk $0,4$ en $1,5 \mu\text{g l}^{-1}$. De beschikbaarheid is

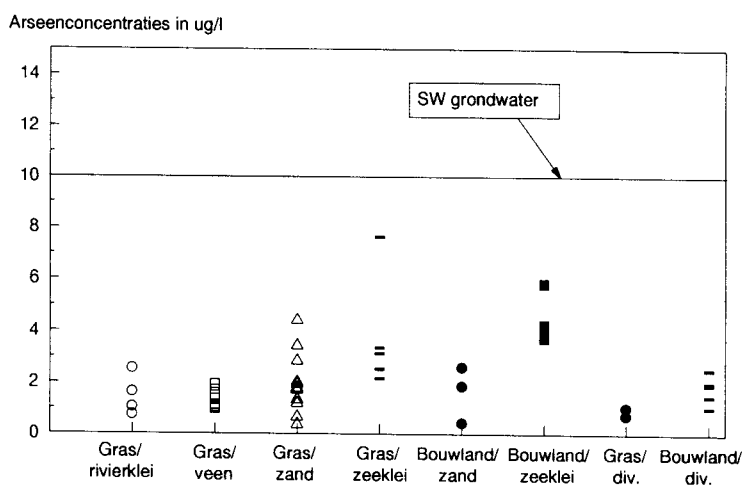
Tabel 6.10 Gemiddelde totaalgehalten, beschikbare gehalten en het percentage beschikbaar arseen voor verschillende combinaties grondgebruik/grondsoort (in mg kg^{-1}).

Combinatie	totaal arseen	beschikbaar arseen	% beschikbaar
Gras/rivierklei	15,30	0,015	0,10
Gras/veen	10,22	0,014	0,14
Gras/zand	3,88	0,020	0,51
Gras/zeeklei	10,64	0,038	0,36
Bouwland/zand	2,62	0,016	0,63
Bouwland/zeeklei	13,98	0,045	0,32
Gras/diversen	7,10	0,009	0,13
Bouwland/diversen	4,82	0,018	0,38

mede afhankelijk van de redoxpotentiaal en de pH van de grond. In de hier onderzochte bovengrondmonsters komt arseen als arsenaat voor, dat in de bodem weinig mobiel is.

Interpretatie resultaten

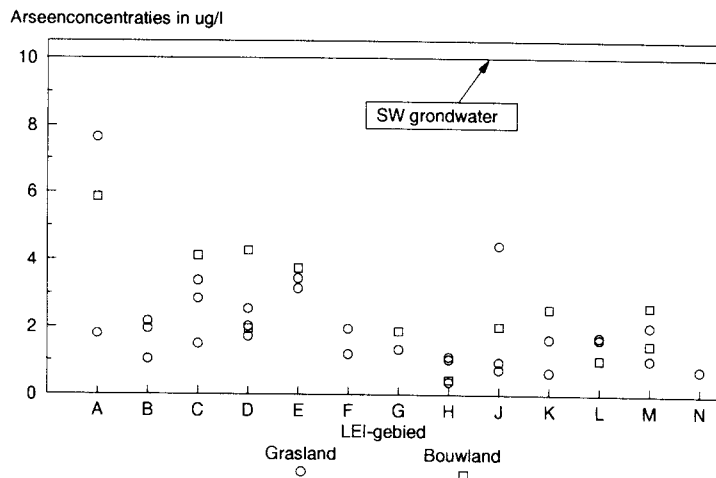
De arseenconcentraties zijn gemiddeld het hoogst in de extracten van bouwland op zeekleigronden. In één gras op zeekleimonster wordt de hoogst waargenomen arseenconcentratie aangetroffen (zie *Figuur 6.15*). De beschikbare concentraties voor bouwland op zand ten opzichte van bouwland op zeeklei zijn een factor drie kleiner, echter in procent uitgedrukt is de beschikbaarheid voor bouwland op zand een factor twee groter (zie *Tabel 6.10*). De sterkere binding van arsenaat aan kleigronden vergeleken met zandgronden verklaart de veel hogere totaalgehalten aan arseen in kleigrond.



Figuur 6.15 Arseenconcentraties in combinaties grondgebruik/grondsoort in 13 LEI-gebieden.

In *Figuur 6.14* worden de arseenconcentraties in de calciumchloride-extracten afkomstig van de bouwland- en graslandmonsters uit de verschillende LEI-gebieden weergegeven. In het Noordelijk Zeekleigebied (A) liggen een grasland- en een bouwlandmonster op zeeklei wat hoger dan de overige monsters (respectievelijk 7,64 en 5,84 $\mu\text{g l}^{-1}$).

In hetzelfde LEI-gebied wordt voor de combinatie gras op zand een relatief lage arseenconcentratie gemeten. Verder zijn er tussen de LEI-gebieden geen duidelijke verschillen in de beschikbaarheid van arseen waar te nemen, ook niet tussen bouwland of grasland.



Figuur 6.16 Arseenconcentraties in grasland en bouwland in 13 LEI-gebieden.

6.9 Zink

Algemeen

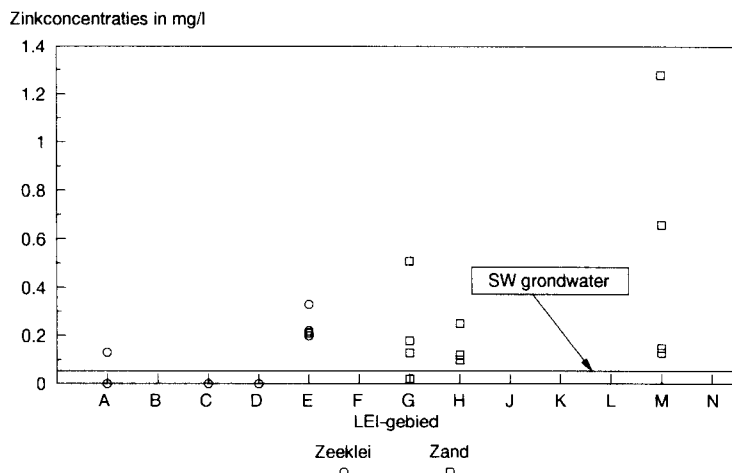
Zink is, na cadmium, het metaal dat het meest beschikbaar is in de bodem. In zandgrond is bij een calciumchloride-extractie 3-9% beschikbaar en in de andere grondsoorten 0,3-1,5% (zie Tabel 6.11). In de extracten worden concentraties gemeten die doorgaans boven de streefwaarde voor grondwater van 65 $\mu\text{g l}^{-1}$ liggen en ook een factor 2 tot 10 boven de zinkconcentraties in diep grondwater. De resultaten voor beschikbaar zink hebben betrekking op het totale monsterbestand van 168 monsters.

Tabel 6.11 Gemiddelde totaalgehalten, beschikbare gehalten en het percentage beschikbaar zink voor verschillende combinaties grondgebruik/grondsoort (in mg kg^{-1})

Combinatie	totaal zink	beschikbaar zink	% beschikbaar
Gras/rivierklei	142,6	1,11	0,78
Gras/veen	132,4	1,98	1,50
Gras/zand	43,5	1,33	3,05
Gras/zeeklei	117,4	0,35	0,30
Bouwland/zand	34,4	3,02	8,77
Bouwland/zeeklei	79,4	0,68	0,85
Gras/dalgrond	51,8	2,59	5,01
Gras/leem	177,5	0,97	0,55
Maïs/zand	32,9	0,70	2,11
Bollen/zand	36,2	0,60	1,65
Fruit/rivierklei	121,8	1,22	1,00

Bouwland

In het zuiden van het land (LEI-gebied M) worden in extracten die afkomstig zijn van bouwland op zandmonsters concentraties gemeten van maximaal 1280 $\mu\text{g l}^{-1}$ (20 x de streefwaarde voor grondwater) en gemiddeld 555 $\mu\text{g l}^{-1}$. In de extracten van bodemonsters uit de Veenkoloniën (G) en het Noordelijk Zandgebied (H) wordt de streefwaarde ook regelmatig overschreden (zie Figuur 6.17).



Figuur 6.17 Zinkconcentraties voor bouwland op zeeklei en zand in 13 LEI-gebieden.

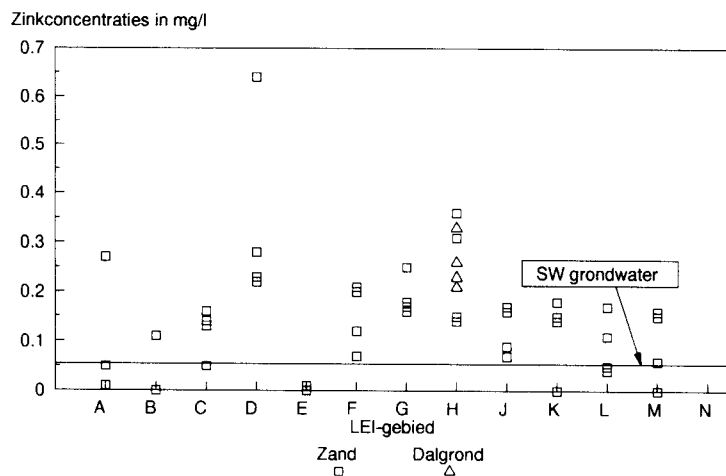
In de zeekleimonsters blijkt zink minder beschikbaar te zijn dan in de overige monsters, maar in het Zuidelijk Zeekleigebied (E) worden toch ook concentraties gemeten van 200-300 $\mu\text{g l}^{-1}$. De concentraties in het Zuidelijk Zeekleigebied liggen globaal een factor 4 à 6 hoger dan het concentratieniveau van diep grondwater (5-15 m-mv, 43 $\mu\text{g l}^{-1}$). De hogere totaalgehalten in zeeklei ten opzichte van zand resulteren niet in een grotere beschikbaarheid, juist het omgekeerde effect doet zich voor (zie Tabel 6.11).

De gemiddelde beschikbaarheid voor de combinatie bouwland op zand ligt een factor tien hoger dan voor bouwland op zeeklei. Hierbij moet opgemerkt worden dat de hoge concentraties in de monsters van LEI-gebied M een onevenredige invloed op het gemiddelde hebben. Wanneer de resultaten van LEI-gebied M niet worden meegenomen wordt een gemiddelde beschikbaarheid gevonden van 5,35 % en is het verschil een factor zes.

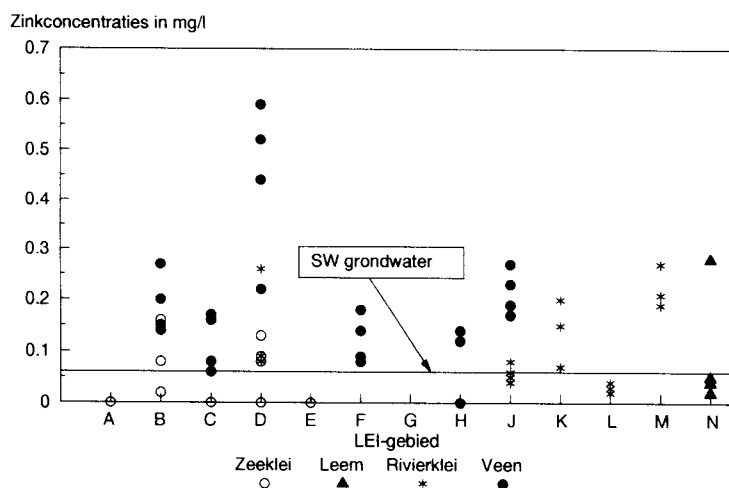
Grasland

Voor grasland lijkt de grondsoort weinig invloed uit te oefenen. Voor alle grondsoorten worden concentraties gemeten van enkele honderden $\mu\text{g l}^{-1}$ (zie de Figuren 6.18 en 6.19). Globaal gezien loopt de pH-range voor graslanden van 5,7-7,0. Zowel de binding van zink aan ijzer- en aluminium(hydr)oxyden, als aan organisch stof is relatief minder belangrijk bij een lagere pH. In die LEI-gebieden met een zowel gras op klei als gras op veen blijkt dat de beschikbare concentraties voor de combinatie gras op veen het hoogst zijn. Regionaal gezien worden de hoogste concentraties gemeten in het Westelijk Weidegebied (D).

De hogere totaalgehalten in Zuid-Limburg (N) leiden niet tot hogere beschikbaarheid. Mogelijk speelt ook hier de iets hogere pH (6,6) van de leemgronden een rol.



Figuur 6.18 Zinkconcentraties voor grasland op zand en dalgrond in 13 LEI-gebieden.



Figuur 6.19 Zinkconcentraties voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem in 13 LEI-gebieden.

Bollen, fruit en maïs

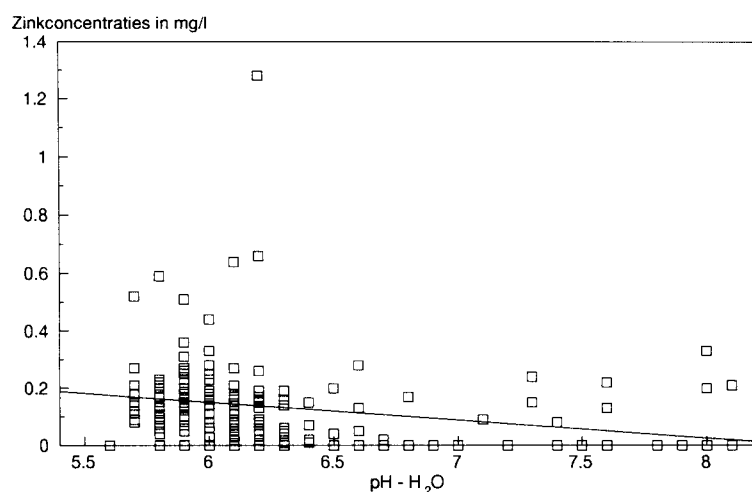
De gemiddelde beschikbaarheid voor de combinatie fruit op rivierklei (LEI-gebied L) bedraagt 1,00% en komt overeen met de andere kleicombinaties.

De combinaties maïs en bollen op zand hebben een gemiddelde beschikbaarheid van respectievelijk 2,11 en 1,65%. De beschikbaarheid is in deze combinaties lager dan in de combinatie bouwland op zand. Waarschijnlijk wordt de beschikbaarheid negatief beïnvloed doordat zink mobiele complexen kan vormen met het in drijfmest voorkomende chloride en andere complexvormers (organisch en anorganisch). Door gewasopname (maïs is een gewas dat relatief veel zink aan de bodem onttrekt) en door uitspoeling zal de beschikbare hoeveelheid zink in de bovenlaag van de bodem afnemen.

Invloed van de pH

Het is bekend dat de binding van zware metalen, en zink in het bijzonder, aan ijzer- en aluminium(hydr)oxyden in de bodem bij een hogere pH relatief belangrijker wordt. De pH van bouwland op zeeklei is circa 1,5 eenheid hoger dan van bouwland op zandgrond. Daarnaast is het lutumgehalte van de kleigronden een factor 6 hoger dan van de zandgronden. Waarom er desondanks in het Zuidelijk Zeekleigebied (E) wel hoge concentraties worden aangetroffen is niet duidelijk.

In *Figuur 6.20* zijn de beschikbare zinkconcentraties in de CaCl_2 -extracten uitgezet tegen de pH- H_2O van de bodem. Uit de figuur blijkt dat er geen duidelijke relatie is tussen het beschikbare zink (mg l^{-1}) en de pH. De beschikbaarheid is negatief gecorreleerd met de pH, maar de lineaire correlatiecoëfficiënt is slechts 0,06.



Figuur 6.20 Biobeschikbare zinkconcentraties in CaCl_2 -extracten in 168 grondmonsters uitgezet tegen de pH- H_2O .

6.10 Natrium, kalium en magnesium

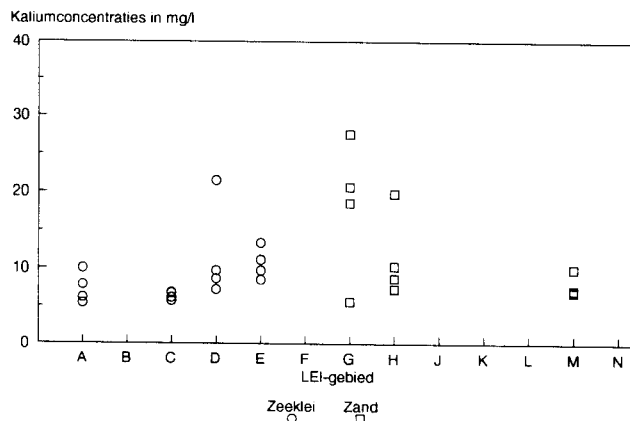
Algemeen

In de onderstaande figuren zijn de beschikbaarheidsresultaten voor natrium, kalium en magnesium weergegeven. De beschikbare kalium-, natrium- en magnesiumconcentraties hebben betrekking op het totale monsterbestand van 168 monsters. Een vergelijking met totaalgehalten en streefwaarden is voor deze metalen niet mogelijk omdat er geen streefwaarden zijn vastgesteld en omdat er geen totaalgehalten zijn gemeten. Natrium, kalium, magnesium en calcium zijn de belangrijkste kationen die in de bodemoplossing voorkomen. De negatieve lading van kleideeltjes in de bodem zal voornamelijk gecompenseerd worden door deze vier ionen, waarbij calcium en natrium het grootste deel van de ladingscompensatie voor hun rekening nemen.

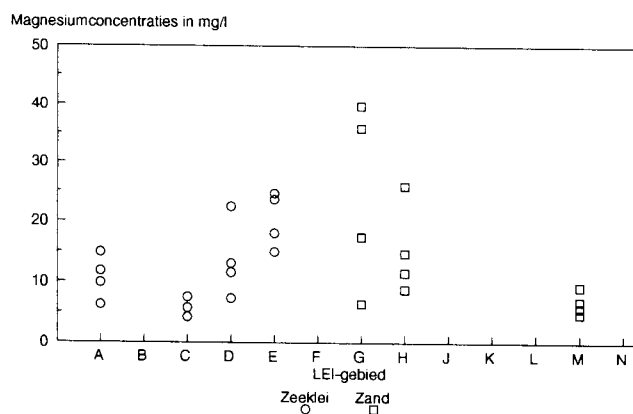
Kalium is van belang voor de kwaliteit en de houdbaarheid van oogstproducten. Met name in klei en klei-houdende bodems kan kalium worden vastgelegd. De bindingscapaciteit van zandgronden is evenwel zeer beperkt en veelal reeds volledig benut. Voor kalium is door de EG een drinkwater-norm vastgesteld op een maximaal toelaatbare concentratie van 12 mg l⁻¹. Magnesium is van belang voor de energiehuishouding en enzymopbouw van planten.

Bouwland

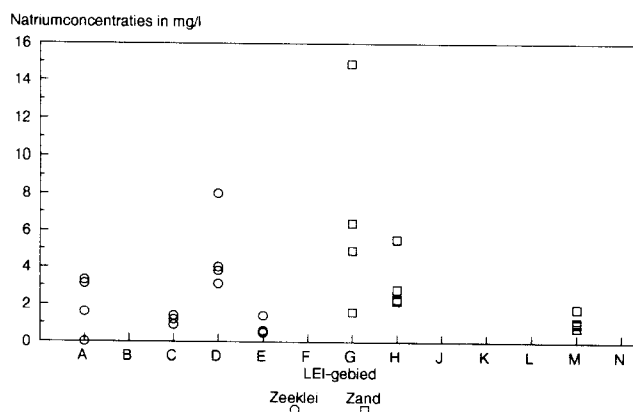
De kalium-, magnesium- en natriumconcentraties in de extracten van de LEI-gebieden met bouwland op zeeklei en zand vertonen onderling hetzelfde patroon (zie Figuren 6.21, 6.22 en 6.23). De grote spreiding in de replica's van LEI-gebied G is zowel bij kalium als natrium en magnesium waarneembaar. In 25% van de kaliumconcentraties wordt de EG-drinkwater-norm van 12 mg l⁻¹ overschreden. De hoogste concentratie wordt gemeten in de Veenkoloniën (LEI-gebied G), ongeveer een factor 2 boven de drinkwater-norm. Maar ook in de LEI-gebieden D, E en H (respectievelijk het Westelijk Weidegebied, het Zuidelijk Zeekleigebied en het Noordelijk Zandgebied II) vinden incidenteel overschrijdingen van de drinkwater-norm plaats.



Figuur 6.21 Kaliumconcentraties voor bouwland op zeeklei en zand in 13 LEI-gebieden.



Figuur 6.22 Magnesiumconcentraties voor bouwland op zeeklei en zand in 13 LEI-gebieden.



Figuur 6.23 Natriumconcentraties voor bouwland op zeeklei en zand in 13 LEI-gebieden.

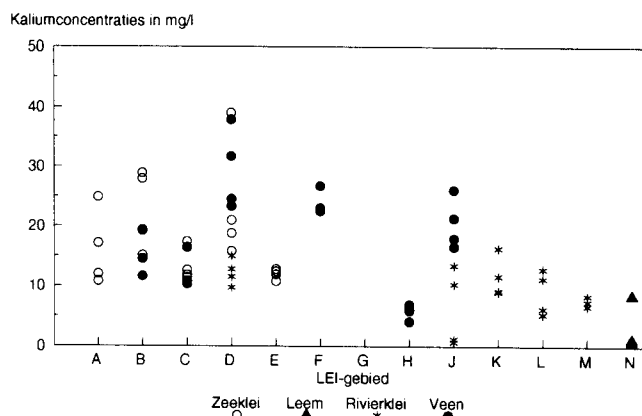
Grasland op klei, veen, rivierklei en leem

De metaalconcentraties in de extracten van de LEI-gebieden met combinaties grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem vertonen onderling ongeveer hetzelfde patroon (zie de Figuren 6.24, 6.25 en 6.26). Over het algemeen liggen de concentraties een factor twee hoger dan in de bouwlandcombinaties.

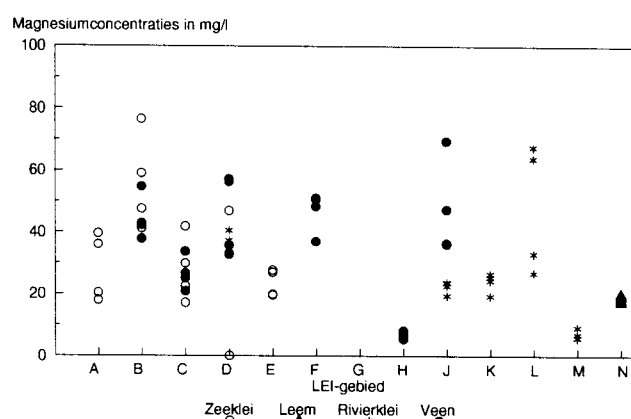
In ruim 50% van de gemeten monsters afkomstig van de graslandcombinaties overschrijden de kaliumconcentraties de drinkwaternorm. De hoogste kaliumconcentraties worden gemeten in het Westelijk Weidegebied (LEI-gebied D) op zeeklei en veen. In één zeekleimonster wordt de drinkwaternorm met een factor 3 overschreden.

De laagste kaliumconcentraties worden aangetroffen het Noordelijk Zandgebied II, het Zuidelijk Zandgebied en Zuid-Limburg (LEI-gebieden H, M en N).

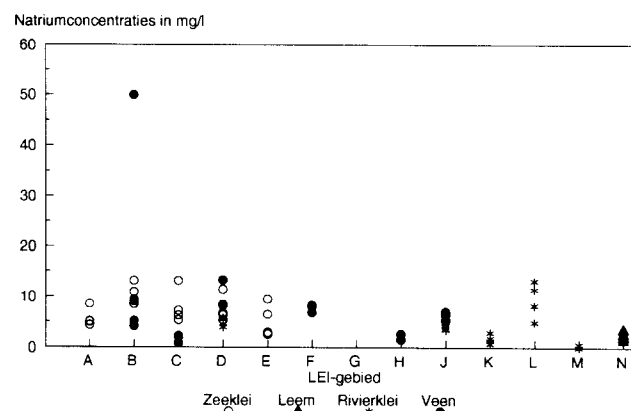
Opmerkelijk is de hoge waarneming voor natrium voor de combinatie grasland/veen in het Noordelijk Veenweidegebied (LEI-gebied B).



Figuur 6.24 Kaliumconcentraties voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem in 13 LEI-gebieden.



Figuur 6.25 Magnesiumconcentraties voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem in 13 LEI-gebieden.



Figuur 6.26 Natriumconcentraties voor grasland op zeeklei, veen, rivierklei en leem in 13 LEI-gebieden.

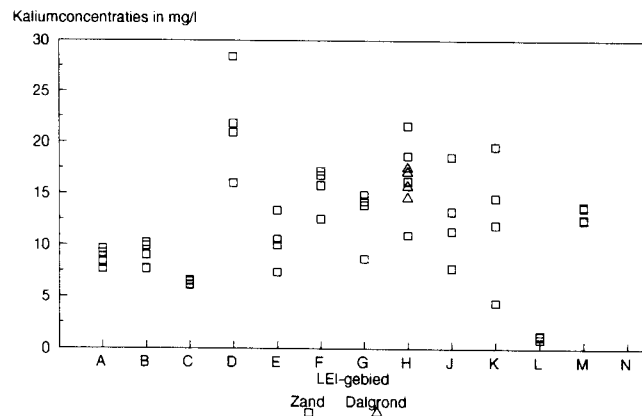
Grasland op zand- en dalgrond

Voor de combinaties grasland op zand en dalgrond geldt dat de magnesium- en natriumconcentraties in de extracten nagenoeg hetzelfde patroon vertonen als de kaliumconcentraties (zie Figuren 6.27, 6.28 en 6.29).

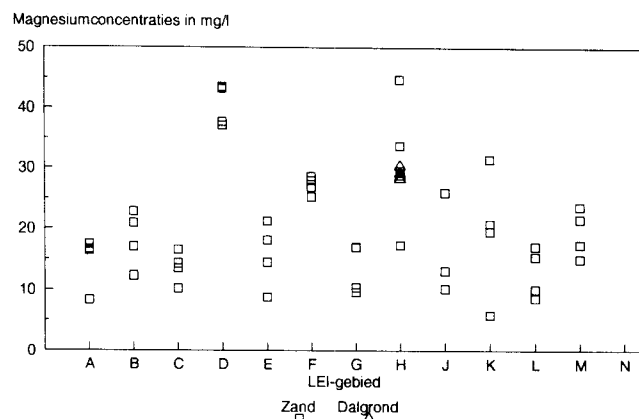
De hoogste kaliumconcentraties worden aangetroffen in het Westelijk Weidegebied (LEI-gebied D). Opmerkelijk is verder de relatief lage kaliumconcentratie in het Rivierkleigebied (LEI-gebied L).

De hoogste magnesiumconcentraties worden gemeten in de extracten afkomstig van de zandmonsters uit het Westelijk Weidegebied (LEI-gebied D) en het Noordelijk Zandgebied II (LEI-gebied H).

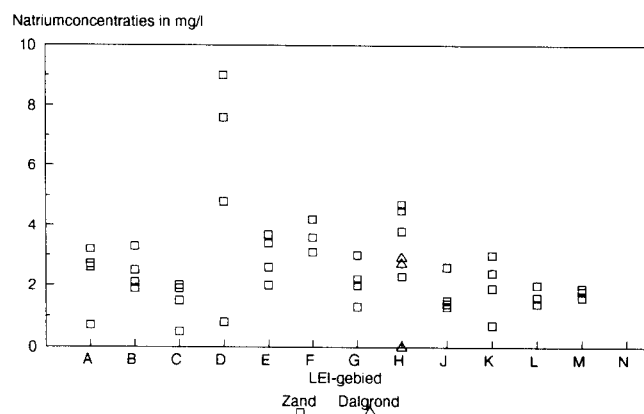
Voor wat betreft de natriumconcentraties zijn een paar uitschieters te zien in het Westelijk Weidegebied (twee zandmonsters), voor de rest liggen de concentraties vrij dicht bij elkaar.



Figuur 6.27 Kaliumconcentraties voor grasland op zand en dalgrond in 13 LEI-gebieden.



Figuur 6.28 Magnesiumconcentraties voor grasland op zand en dalgrond in 13 LEI-gebieden.



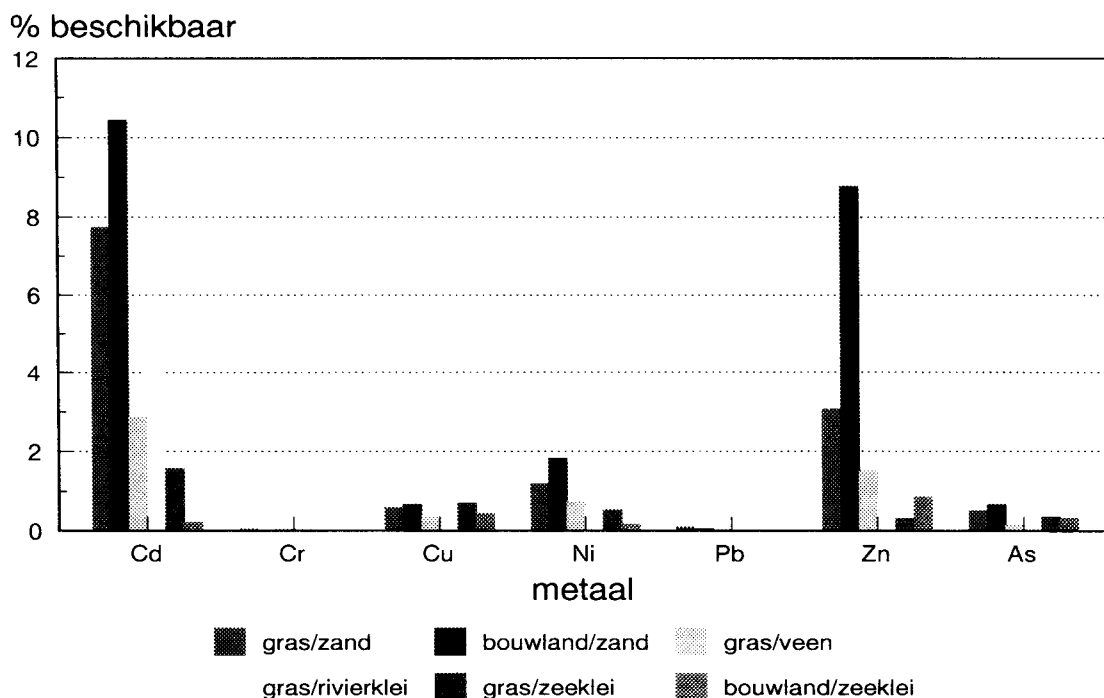
Figuur 6.29 Natriumconcentraties voor grasland op zand en dalgrond in 13 LEI-gebieden.

6.11 Discussie

Vergelijking beschikbaarheid metalen

Figuur 6.30 geeft de gemiddelde percentages aan beschikbare zware metalen in de verschillende combinaties grondgebruik/grondsoort weer. De hoogste percentages worden gevonden voor cadmium en daarna voor zink. Voor nikkel, koper en arseen liggen de percentages tussen de 0 en 2% en voor lood en chroom liggen de percentages overal beneden de 0,1%.

Nader onderzoek is nodig om de beschikbaarheid van zware metalen procesmatig te beschrijven. Een punt van onderzoek daarbij is in hoeverre het natuurlijk achtergrondgehalte aan zware metalen in de bodem beschikbaar is en of er verschil bestaat tussen beschikbaarheid van het natuurlijk achtergrondgehalte en datgene wat door antropogene activiteiten aan de bodem is toegevoegd. Bakker en van den Hout (1993) gaan er bij hun model voor berekening van accumulatie van uit dat het achtergrondgehalte niet beschikbaar is, terwijl Vissenberg en van Grinsven (1995) uitgaan van volledige beschikbaarheid.



Figuur 6.30 Percentages beschikbare metaalgehalten voor 6 zware metalen en arseen voor 6 verschillende combinaties grondgebruik/grondsoort.

Discussie analytisch-chemische aspecten

Opmerkelijk is de relatief grote spreiding in de 4 replica's die per combinatie grondgebruik/grondsoort zijn geanalyseerd, zoals ondermeer te zien is bij de resultaten van zink, natrium, kalium en magnesium.

De spreiding is een gevolg van drie "fouten"bronnen:

- heterogeniteit van de bodem, waardoor in het veld binnen een regio grote verschillen kunnen voorkomen in voorkomende gehalten aan zware metalen, lutum, organische stof, etc.;
- rendement van de extractiemethode; naast het totaal-metaalgehalte hebben de pH, het lutumgehalte en organisch-stofgehalte invloed op de hoeveelheid beschikbaar metaal;
- analytisch-chemische reproduceerbaarheid van de analyseresultaten; de reproduceerbaarheid is voor analyse in een oplossing met $0,01 \text{ mol l}^{-1}$ calciumchloride slechter dan voor een oplossing met een lagere zoutconcentratie. Onderzoek en methodenontwikkeling is nodig om de reproduceerbaarheid te verbeteren (Houba *et al.*, 1992).

Het patroon van de spreiding is voor de combinaties binnen de LEI-gebieden ongeveer gelijk voor bovengenoemde metalen. Dit wijst er op dat de spreiding voor zink, kalium, natrium en magnesium grotendeels wordt bepaald door de heterogeniteit van de bodem en niet zo zeer door het rendement van de extractiemethode en de analytisch-chemische reproduceerbaarheid.

De invloed van de twee laatste "fouten"bronnen zal groter zijn bij de bepaling van de andere zware metalen, waar relatief lage concentraties worden gemeten.

Discussie normstelling/toetsing

De fracties zware metalen die met deze methode zijn vrijgemaakt uit de grondmonsters zijn over het algemeen lager dan in de literatuur wordt vermeld. Salomons (1993) noemt bijvoorbeeld voor cadmium en zink een percentage beschikbaar (gemakkelijk oplosbaar en uitwisselbaar) van circa 20%, terwijl in dit onderzoek respectievelijk circa 5 en 2% beschikbaar bleek. Voor koper en lood wordt 5 en 10% genoemd, terwijl hier respectievelijk 0,5 en 0,05% wordt gevonden.

De gemeten concentraties na de $0,01 \text{ mol l}^{-1}$ calciumchloride-extractie geven een indicatie van wat er zou kunnen uitspoelen in een periode van 2,5-12,5 jaar, indien alleen uitspoeling naar het grondwater plaatsvindt.⁴

Indien ook onttrekking door gewas plaatsvindt, zijn de gemeten fracties mogelijk representatief voor datgene wat in één groeiseizoen beschikbaar kan komen. Een en ander is afhankelijk van het type gewas. De op deze wijze gemeten beschikbare fractie is dan ook slechts een deel van het potentieel aan zware metalen, die over langere tijd beschikbaar kan komen. Door Gupta *et al.* (1994) wordt daarom naast bepaling van de "mobile"fraction (vergelijkbaar met beschikbare fractie) een tweede extractiemethode gepropageerd ter bepaling van de "mobilisable" (potentieel beschikbare/ uitloog-bare fractie). Deze extractie wordt uitgevoerd met een complexerend agents. Het idee achter deze bepalingen is om met deze waarden een risicobeoordeling te kunnen uitvoeren op basis van "Guide values" (vergelijkbaar met streefwaarden), "trigger values" (vergelijkbaar met B-waarden) en "clean up values" (vergelijkbaar met Interventiewaarden). Geprojecteerd op de Nederlandse situatie zou het mogelijk moeten zijn om een kwaliteits- ofwel risicobeoordeling uit te voeren met A) het totaal metaalgehalte en B) het beschikbare metaalgehalte van een grond, waarbij voor beiden streefwaarden en interventiewaarden moeten worden vastgesteld.

⁴ Hierbij wordt er van uitgegaan dat de zware metalen zich voornamelijk in de bovenste 5 cm (grasland) of 25 cm (bouwland) van de bodem bevinden en dat deze laag jaarlijks in contact komt met een neerslagoverschot van 300 mm. Voor grasland geldt dat in 2,5 jaar 750 g neerslag in contact komt met 75 g grond (gewichtshverhouding is 10:1 evenals bij de CaCl_2 -extractie).

7 VERGELIJKING ZWARE METAALGEHALTEN IN LANDBOUWGROND IN 1986 EN 1992

7.1 Inleiding

In de Nationale Milieuverkenning 1990-2010 is met betrekking tot zware metalen in de bodem het volgende geconcludeerd (Fraters, 1991):

"Vanuit duurzaamheidsoogpunt moet accumulatie als onacceptabel worden beschouwd en zal de jaarlijkse bodembelasting moeten worden teruggedrongen met tenminste de nu nog accumulerende hoeveelheid. Op plaatsen waar nog overschrijding van de grondwaternorm optreedt, is een verdere terugdringing van de bodembelasting gewenst. Om beide doelstellingen te realiseren is een vermindering van de bodembelasting ten opzichte van 1989 nodig van 60 % voor cadmium, 90% voor koper, 80% voor kwik en 70% voor lood en 50% voor zink."

Gegevens over de accumulatie van zware metalen in de bodem zijn echter niet of nauwelijks voorhanden, mede omdat er binnen het in 1993 gestarte Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (van Duijvenbooden en Lagas, 1993) nog geen herhaalde bemonsteringen zijn uitgevoerd.

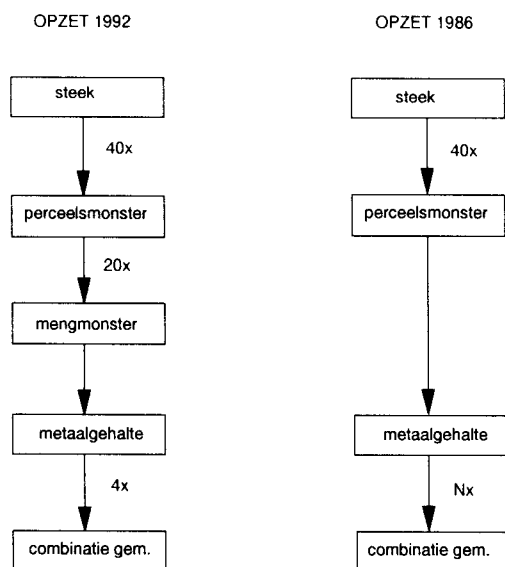
Omdat in 1986 een soortgelijk onderzoek is uitgevoerd zal in dit hoofdstuk worden nagegaan of op basis van de ontwikkeling in de bodembelasting sinds 1986, accumulatie van zware metalen kan worden vastgesteld dan wel dat een vermindering van metaalgehalten van de bodem geconstateerd kan worden.

7.2 Onderzoeksopzet in 1986 en 1992 en toegepaste methoden

Opzet van de steekproeven

De opzet van het onderhavige onderzoek (in 1992) is uitgebreid beschreven in hoofdstuk 2. Het onderzoek van het Bedrijfslaboratorium voor Grond en Gewasonderzoek (BLGG) dat in 1986-'87 is uitgevoerd (van Toor en van der Vleuten, 1990), was als volgt opgezet: in de periode van 1 april 1986 tot en met 31 maart 1987 is elk honderdste monster dat bij BLGG is binnengekomen na uitvoering van de gevraagde bodemvruchtbaarheidsbepalingen nader onderzocht op de gehalten aan de zware metalen cadmium, koper, lood en zink. Totaal leverde dat 1086 monsters op die afkomstig waren van percelen die in gebruik waren als grasland, bouwland of voor tuinbouw doeleinden.

In het onderzoek uit 1986 zijn al deze 1086 monsters individueel geanalyseerd. Bij het 1992-onderzoek zijn een veel groter aantal percelen betrokken (3024). Deze hebben betrekking op 42 combinaties van grondgebruik (gewas) en grondsoort. Hierbij zijn de monsters van 20 percelen samengevoegd tot 1 mengmonster, met uitzondering van een 11-tal combinaties waar een kleiner aantal perceelsmonsters beschikbaar was (zie hoofdstuk 2). Het aantal chemische analyses kon met deze procedure beperkt worden tot 168. De gevolgde werkwijze is schematisch weergegeven in *Figuur 7.1*



Figuur 7.1 Schematische weergave van de opzet van het onderzoek in 1992 en 1986 en de wijze waarop de gemiddelde metaalgehalten per LEI-gebied per combinatie van grondgebruik/grondsoort tot stand zijn gekomen. Bemonderingsdiepte grasland 0-5 cm; bouwland 0-20 cm.

Analysemethoden

De monsterneming en voorbehandeling waren identiek aan het huidige onderzoek, met uitzondering van de destructiemethode voorafgaand aan de analyse van de zware metalen. Koper en zink zijn in het onderzoek van 1986 ontsloten met kokend zwavelzuur/salpeterzuur (Fleischmannzuur volgens NEN 6464) en cadmium en lood met 3 molair zoutzuur. In het onderzoek van 1992 zijn alle vier zware metalen ontsloten met salpeterzuur/zoutzuur (Koningswater volgens NEN 6465).

Om een indruk te krijgen van eventuele verschillen tussen de verschillende methoden zijn in de slotfase van dit onderzoek 40 monsters geanalyseerd volgens beide methoden. De uitkomsten van het onderzoek zijn vermeld in Bijlage XII. In *Tabel 7.1* is voor de zand- en kleimonsters de relatie tussen beide destructiemethoden gegeven. Hierbij is c_{meth86} het metaalgehalte in mg.kg^{-1} volgens de destructiemethode van 1986.

Tabel 7.1. Relatie tussen metaalgehalten volgens de in 1986 en in 1992 toegepaste destructiemethoden, geldig voor zand- en kleigronden.

Metaal	Relatie	Correlatie-coëfficiënt
Cadmium	$c_{\text{meth86}} = 0,91 \times c_{\text{meth92}}$	0,90
Koper	$c_{\text{meth86}} = 1,04 \times c_{\text{meth92}} - 0,21$	0,96
Lood	$c_{\text{meth86}} = 1,12 \times c_{\text{meth92}} - 0,25$	0,92
Zink	$c_{\text{meth86}} = 0,74 \times c_{\text{meth92}} + 2,69$	0,97

De in 1992 toegepaste destructiemethode met koningswater brengt meer Cd en Zn in oplossing dan de methode van 1986. Voor Cu en Pb geldt het omgekeerde. Uit *Tabel 7.1* volgt dat voor koper de verschillen klein zijn (circa 2%). De cadmium gehalten volgens de 1992-methode liggen 9% hoger dan gevonden zou zijn als de methode van 1986 zou zijn gebruikt. Voor lood is het verschil van gelijke grootte (circa 11%). Voor zink gaat het om waarden die circa 20% hoger zijn. Een en ander is met het navolgende voorbeeld geïllustreerd.

Voorbeeld van de invloed van de destructiemethode op de gemiddelde metaalgehalten van grasland op zand in het zuidelijk zandgebied (LEI gebied M; zie bijlage X). Voor 1992 zijn de gemiddelde gehalten met de in 1992 toegepaste methode gegeven en tevens de gemiddelde gehalten die in 1992 zouden zijn gevonden als de destructiemethode niet was gewijzigd.

	1986	1992	1992 (meth.1986)	% verschil
Cadmium	0,38	0,22	0,20	9%
Koper	12,0	10,8	11,0	2%
Lood	22,4	17,8	19,7	11%
Zink	46,5	39,0	31,6	19%

Vergelijking 1986 en 1992

Per LEI-landbouwgebied zijn de gemiddelde gehalten voor de verschillende combinaties van grondgebruik en grondsoort berekend, waarbij voor de gegevens uit 1986 een minimum aantal van 4 perceelsmonsters voor een LEI-gebied is aangehouden. Indien voor een bepaalde combinatie grondgebruik/grondsoort minder dan 4 perceelsmonsters aanwezig waren in de steekproef van 1986 (van Toor en van der Vleuten, 1990) is geen gemiddelde berekend en zijn de resultaten niet meegenomen in deze vergelijking. De gemiddelde waarden per LEI-landbouwgebied per combinatie grondgebruik/grondsoort staan vermeld in Bijlage X. In *Tabel 7.2* wordt aangegeven welke combinaties zijn meegenomen bij de vergelijking.

In de volgende paragrafen worden, ter illustratie, de resultaten voor de combinaties grasland op zandgrond in de verschillende landbouwgebieden nader behandeld en wordt nagegaan of veranderingen in de periode 1986-1992 zijn opgetreden en zo ja, wat hiervan de oorzaak is.

Tabel 7.2 De 13 LEI-gebieden en de daarin voorkomende combinaties van grondgebruik/grondsoort, waarvoor zowel in het onderzoek van 1986 als van 1992 gemiddelden beschikbaar zijn.
(k= klei; z=zand; d=dalgrond; v=veen).

LEI-gebiedsindeling		Grondgebruik/grondsoort					
Code	Naam	Bouwland			Grasland		
		k	z	d	k	v	z
A	Noordelijk Zeekleigebied	*			*		
B	Noordelijk Veenweidegebied				*	*	*
C	Noordholl. Droogmakerij en IJsselmeerpolders	*			*		*
D	Westelijk Weidegebied	*				*	*
E	Zuidelijk Zeekleigebied	*			*		
F	Noordelijk Zandgebied I					*	*
G	Veenkoloniën		*				
H	Noordelijk Zandgebied II		*	*		*	*
J	Oostelijk Zandgebied				*		*
K	Centraal Zandgebied				*		*
L	Rivierkleigebied				*		
M	Zuidelijk Zandgebied		*		*		*
N	Zuid-Limburg						
TOTAAL		4	3	1	8	4	8

7.3 Veranderingen in belasting met koper, zink, lood en cadmium van 1980 tot 1990

Gegevens over de metaalbelasting van landbouwgronden voor de periode 1980-1990 zijn gegeven in *Tabel 7.3*. Hieruit blijkt dat de belasting van de zware metalen cadmium en koper op landbouwgrond ook na 1986 duidelijk is verminderd als gevolg van verschillende maatregelen. Voor zink en lood is de afname in belasting echter geringer (Van Eerdts en Stiggelhout, 1992).

Om deze reden zullen voor de vergelijking tussen beide onderzoeken alleen cadmium en koper worden beschouwd.

Tabel 7.3 Belasting van landbouwgrond van Nederland op basis van gegevens van CBS en RIVM (Van Eerdts en Stiggelhout, 1992).

Metaal	Belasting in ton/jaar			Afname 1990 t.o.v. 1986
	1980	1986	1990	
Koper	1360	1140	970	15%
Zink	2640	2540	2440	4%
Lood	600	490	450	8%
Cadmium	19	16	9,5	41%

7.4 Resultaten voor grasland op zand

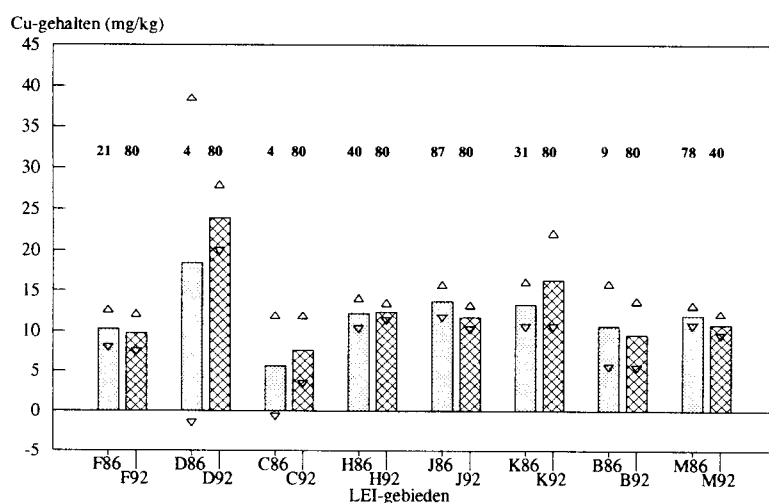
Koper

De gemiddelde kopergehalten voor grasland op zand per LEI-gebied in 1986 en in 1992 zijn vermeld in *Tabel 7.4*. De resultaten zijn grafisch weergegeven in *Figuur 7.2*. In deze figuur zijn ook de 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de gemiddelde waarden gegeven. Hierbij is niet rekening gehouden met verschillen als gevolg van de gewijzigde destructiemethoden in 1986 en 1992. Tevens is aangegeven hoeveel percelen in de beide steekproeven zijn vertegenwoordigd.

Tabel 7.4 Gemiddelde kopergehalten in grasland op zandgrond per LEI-gebied in 1986 en 1992. Gehalten in mg kg⁻¹.

LEI-gebied	Gemiddelde 1986 (aantal percelen)	Gemiddelde 1992 (aantal percelen)	Gem ₉₂ -Gem ₈₆
F	10,31 (21)	9,77 (80)	- 0,54
D	18,50 (4)	23,93 (80)	+ 5,43
C	5,63 (4)	7,64 (80)	+ 2,01
H	12,20 (40)	12,40 (80)	+ 0,20
J	13,69 (87)	11,73 (80)	- 1,96
K	13,31 (31)	16,30 (80)	+ 2,99
B	10,67 (9)	9,55 (80)	- 1,12
M	11,95 (78)	10,80 (40)	- 1,15

Uit *Tabel 7.4* en *Figuur 7.2* blijkt dat per LEI-gebied in 1992 zowel hogere als lagere gemiddelde gehalten worden gevonden. In de LEI-gebieden D, C en B is het aantal bemonsterde percelen kleiner dan 9, waardoor de betrouwbaarheid van het gemiddelde gering is. In geen enkel LEI-gebied zijn de gemiddelde kopergehalten in 1992 significant verschillend van 1986.



Figuur 7.2 Gemiddelde kopergehalten van grasland op zand voor 1986 en 1992 per LEI-gebied, met daarbij het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde. Boven de kolommen is het aantal bemonsterde percelen vermeld.

Opvallend is dat in gebied K de breedte van het betrouwbaarheidsinterval bij de 1992-bemonstering groter is dan in 1986, ondanks het veel grotere aantal bemonsterde percelen en de gevolgde procedure (mengmonsters van 20 afzonderlijke percelen). Dit duidt erop dat de spreiding in kopergehalten binnen een LEI-gebied groot kan zijn.

Cadmium

In 1992 worden voor cadmium in grasland op zand zowel hogere als lagere gehalten gemeten vergeleken met de in 1986 uitgevoerde bemonstering. Dit komt tot uiting in de gemiddelde waarden die per LEI-gebied zijn vermeld in *Tabel 7.5* en in *Figuur 7.3*. In de figuur zijn tevens de 95%-betrouwbaarheidsintervallen ingetekend. Hierbij zijn de uitkomsten niet gecorrigeerd voor de verschillen als gevolg van de veranderde destructiemethode.

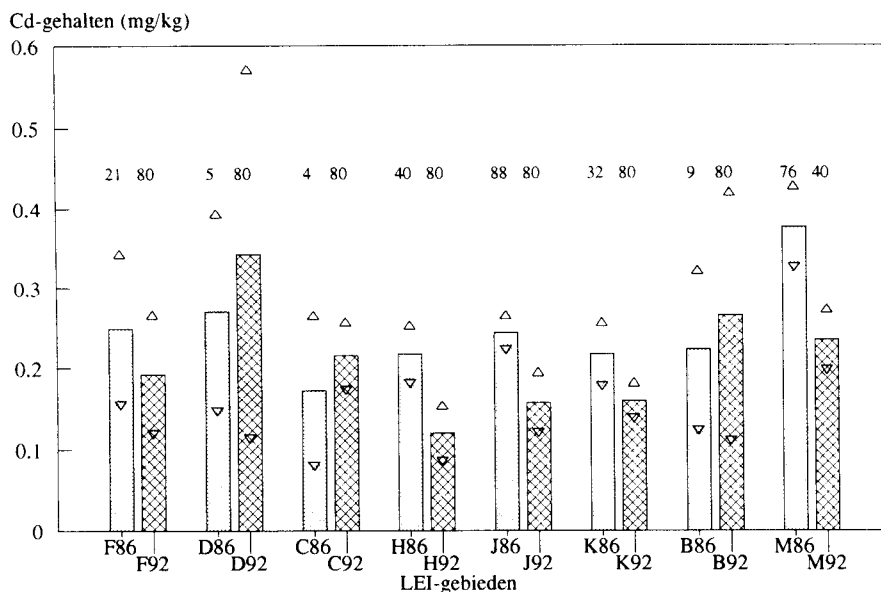
Tabel 7.5 Gemiddelde cadmiumgehalten in grasland op zandgrond per LEI-gebied in 1986 en 1992. Gehalten in mg kg⁻¹.

LEI-gebied	Gemiddelde 1986 (aantal percelen)	Gemiddelde 1992 (aantal percelen)	Gem ₉₂ -Gem ₈₆
F	0,25 (21)	0,19 (80)	- 0,06
D	0,27 (5)	0,34 (80)	+ 0,07
C	0,17 (4)	0,21 (80)	+ 0,04
H	0,22 (40)	0,12 (80)	- 0,10
J	0,24 (88)	0,15 (80)	- 0,09
K	0,22 (32)	0,16 (80)	- 0,06
B	0,22 (9)	0,26 (80)	+ 0,04
M	0,38 (76)*	0,23 (40)	- 0,15

*) 2 extreem hoge waarden buiten beschouwing gelaten.

Wanneer de beide steekproeven worden vergeleken blijkt, net als hierboven voor koper is gesteld, dat de berekende 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor 1992 zeer breed kunnen zijn, ondanks het vrijwel altijd veel groter aantal bemonsterde percelen en de gevolgde mengprocedure (bijvoorbeeld gebieden D en B). Ook dit duidt op een grote spreiding in Cd-gehalten van de bodem binnen een LEI-gebied. Van significante verschillen in Cd-gehalten in de onderzoeken van 1986 en 1992 met uitzondering van gebied M (Zuidelijk Zandgebied), H (Noordelijk Zandgebied II) en J (Oostelijk Zandgebied) is dan ook geen sprake. In hoeverre voor grasland op zand in het Zuidelijk Zandgebied sprake is van een afname als gevolg van een verminderde bodembelasting zal in paragraaf 7.5 worden ingegaan.

Voor cadmium moet voorts nog de aantekening gemaakt worden dat in tal van grondmonsters de gehalten onder de detectiegrens (0,15 mg kg⁻¹) zijn gelegen. Bij de gepresenteerde gemiddelde waarden van *Tabel 7.5* en *Figuur 7.5* zijn deze gehalten als absolute waarden meegenomen. In dit lage concentratiegebied wordt de betrouwbaarheid van de uitspraken kleiner. Dit geldt in het bijzonder voor de LEI-gebieden H, J en K.



Figuur 7.5 Gemiddelde cadmiumgehalten van grasland op zand voor 1986 en 1992 per LEI-gebied, met daarbij het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde. Boven de kolommen is het aantal bemonsterde percelen vermeld.

7.5 Discussie

Vergelijking van de meetresultaten van 1986 en 1992 lijkt een voor de hand liggende methode om na te gaan of sprake is van veranderingen in metaalgehalten in de tijd (trend).

Uit de vergelijking van Cd- en Cu-gehalten in grasland op zandgrond in beide jaren blijkt in de 1992-steekproef, per LEI-gebied, sprake te zijn van zowel hogere als lagere gemiddelde gehalten. Een nadere beschouwing moet uitwijzen of lagere gehalten in 1992 mogelijk kunnen worden verklaard uit een afname van de Cd-belasting van grasland. Zo is bijvoorbeeld voor LEI-gebied M (Zuidelijk Zandgebied) het gemiddeld Cd-gehalte in 1986 $0,38 \text{ mg kg}^{-1}$ en in 1992 $0,22 \text{ mg kg}^{-1}$. Statistisch gezien zou hier van een duidelijk lager gehalte gesproken kunnen worden.

Door de hier gevonden gehalten om te rekenen in gemiddelde Cd-voorraden in de bodem, kan worden nagegaan of een voorraadverandering in verband gebracht kan worden met een verandering in de bodembelasting. De volgende indicatieve berekening kan dit verduidelijken.

Op grond van de in 1986 en 1992 gemeten cadmiumgehalten van grasland op zandgrond (dikte bodemlaag 5 cm; dichtheid 1300 kg m^{-3}) bedroeg de gemiddelde Cd-voorraad van de bovengrond in 1986 circa 247 g ha^{-1} en in 1992 circa 143 g ha^{-1} . Als sprake is van een trend in het cadmiumgehalte dan is de Cd-voorraad in 6 jaar tijd met 104 g ha^{-1} afgenomen.

De Cd-belasting van de bodem in 1986 en 1990 bedroeg respectievelijk circa $8 \text{ g ha}^{-1}\text{jaar}^{-1}$ en $4,8 \text{ g ha}^{-1}\text{jaar}^{-1}$ (landelijk gemiddelde waarde, zie Tabel 7.3, waarbij het landbouwareaal is gesteld op 2 mln hectare). Per jaar is de bodembelasting met gemiddeld $0,8 \text{ g ha}^{-1}\text{jaar}^{-1}$ over 4 jaar en extrapolatie naar 1992 levert een totale afname van circa 5 g ha^{-1} . De werkelijke afname in belasting is echter kleiner omdat de afvoer met het gewas (oogst) en uitspoeling naar diepere bodemlagen zijn verwaarloosd. Desondanks is de afname van de bodembelasting een factor 20

lager dan de op basis van de steekproeven berekende voorraadvermindering van 104 g ha^{-1} . Deze 'trend' kan dus niet uit de afname van de bodembelasting worden verklaard.

De oorzaak van de verschillen in berekende gemiddelde gehalten moet gezocht worden in de beperkte vergelijkbaarheid van beide steekproeven. Door de gevolgde procedure (precieze ligging van de bemonsterde percelen is niet bekend in verband met waarborging van anonimiteit van de grondeigenaren) kan niet worden nagegaan of identieke percelen in beide steekproeven zijn opgenomen. De kans dat dit het geval is, is echter uitermate klein, gelet op het aselekte karakter van beide steekproeven en op de verschillen in aantallen bemonsterde percelen in 1986 en 1992. De steekproeven hebben hierdoor ieder een eigen ruimtelijke variatiecomponent welke als de belangrijkste oorzaak van de geconstateerde verschillen in gemiddelde gehalten aangemerkt moet worden. Trendmatige veranderingen in metaalgehalten in een periode van 5-10 jaar zijn in het algemeen klein en kunnen bij ongelijke steekproeven moeilijk onderscheiden worden van de ruimtelijke variatie: een eventuele trend verdrinkt gemakkelijk in de ruimtelijke 'ruis'.

Geconcludeerd moet worden dat een herhaling van een dergelijke steekproef, waarbij de lokaties aselekt worden gekozen, voor het detecteren van trends niet zinvol is. Een herhaling van dit onderzoek in de toekomst heeft alleen zin als dezelfde percelen kunnen worden meegenomen. Naast steekproefverschillen kunnen ook de opgetreden wijzigingen in destructiemethode en analysetechniek het trekken van conclusies over trends bemoeilijken.

8 CONCLUSIES

Algemeen

- De resultaten geven een regionaal beeld van de bodemkwaliteit van landbouwgebieden voor een aantal zware metalen (koper, zink, lood, cadmium, kwik, nikkel en chroom), arseen en een aantal organische verbindingen (PAK's, PCB's, lindaan en triazines) in het jaar 1992.
- Naast conclusies over het niveau van de totaalgehalten van genoemde stoffen, die zijn getoetst aan streefwaarden, worden voorlopige conclusies getrokken met betrekking tot beschikbare zware-metaalgehalten in de bodem.

Zware metalen

- In de graslandmonsters worden doorgaans hogere gehalten gemeten dan in bouwlandmonsters, ondanks vaak minder zware belasting. Dit komt omdat op grasland over het algemeen minder grondbewerking plaatsvindt dan op bouwland. Op bouwland treedt menging op over de laag van 0 - 30 cm (ploegzool), terwijl op grasland eventuele accumulatie in een dunne laag plaatsvindt. Hiermee hangt de gehanteerde bemonsteringsdiepte samen (grasland 5 cm; bouwland 25 cm).
- De waargenomen arseen- en metaalgehalten in landbouwgronden liggen vaak aanmerkelijk onder de streefwaarden. De mate van overschrijding van de streefwaarden (voor metalen gedefinieerd als de bovengrens van natuurlijke achtergrondgehalten) is relatief gering. Overschrijding van de interventiewaarden is in dit onderzoek niet waargenomen.
- Voor arseen, cadmium, lood, chroom, kwik en nikkel ligt meer dan 60% van de waarnemingen beneden de helft van de streefwaarde. Overschrijding van de streefwaarde is voor arseen, cadmium, koper, lood en kwik slechts in beperkte mate aangetoond (tot 5% van de waarnemingen). Voor zink is echter 20% van de waarnemingen boven de streefwaarde gelegen.
- Geen enkel mengmonster bevat een nikkel- of chroomgehalte hoger dan de streefwaarde.
- Regionaal gezien worden in het Westelijk Weidegebied over het algemeen hogere cadmium-, koper-, lood-, zink-, kwik- en arseengehalten gemeten dan in andere regio's van Nederland. Een relatief hoge atmosferische depositie en historische bodembelasting (toemaakdekken) zijn hiervan de vermoedelijke oorzaak.
In het zuiden van het land (Zuidelijk Zandgebied en Zuid-Limburg) worden voor een aantal combinaties grondgebruik/grondsoort hogere cadmium- en zinkgehalten gemeten, waarschijnlijk als gevolg van een hogere regionale achtergronddepositie, veroorzaakt door industriële metaalemissies in de Kempen en het aangrenzende Belgisch-Duitse industriegebied.

Organische stoffen

- Van de 13 onderzochte Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK) komen fluorantheen, chryseen, benzo(a)anthraceen en benzo(ghi)peryleen in de hoogste gehalten voor in alle monsters. Voor 9 van de 13 PAK wordt daarbij de streefwaarde overschreden. Voor de overige 4 PAK is geen streefwaarde vastgesteld.
- Er is geen duidelijk verband met het bodemgebruik. In bouwlandmonsters liggen de gehalten aan fluorantheen, chryseen, benzo(a)anthraceen en benzo(ghi)peryleen in alle monsters boven de streefwaarde. In graslandmonsters worden weliswaar hogere overschrijdingen van de streefwaarde aangetoond, maar hier komen ook gehalten kleiner dan de streefwaarde voor.
- De meeste overschrijdingen van de streefwaarde voor PAK komen voor in het midden (Rivierkleigebied) en westen van het land (Westelijk Weidegebied).
- Overschrijding van interventiewaarden voor PAK is niet aangetoond.
- De streefwaarde voor totaal-PAK (som van de negen gemeten individuele PAK; het vluchtige naftaleen kon niet worden aangetoond) wordt echter in beperkte mate overschreden: in 4 van de 43 monsters.
- De PAK-gehalten zijn het hoogst in de fruitteelt in het Rivierkleigebied; het gemiddelde fluorantheengehalte bedraagt daar bijvoorbeeld 48 x de streefwaarde.
In de bouwlandmonsters liggen de gehalten aan deze PAK in alle monsters boven de streefwaarden. In de graslandmonsters worden de streefwaarden met name in het Westelijk Weidegebied een aantal maal overschreden.
De PAK-gehalten in de zandmonsters laten in vergelijking met de klei- en veenmonsters weinig verschillen zien.
- In vier van de 43 mengmonsters wordt de streefwaarde voor een PCB overschreden, met maximaal een factor 4,1. Er zijn nauwelijks verschillen waar te nemen tussen de PCB-gehalten op bouwland en op grasland. Ook voor de grondsoort (zand, klei of veen) zijn geen opvallende verschillen in PCB-gehalten waar te nemen. Een rivierkleimonster uit het Oostelijk Zandgebied en een zandmonster uit het Centraal Zandgebied geven overschrijdingen van de streefwaarden te zien.
- In alle geanalyseerde mengmonsters wordt de streefwaarde voor lindaan ruim overschreden. In 20 van de 43 monsters werden gehalten aangetoond die meer dan 20 maal de streefwaarde bedroegen en in 6 monsters lagen de gehalten op een niveau hoger dan 50 maal de streefwaarde. De gemeten gehalten variëren tussen 0,17 en $> 2 \mu\text{g kg}^{-1}$, bij een streefwaarde variërend tussen 0,01 en $0,15 \mu\text{g kg}^{-1}$.
De grootste overschrijdingen van de streefwaarde (meer dan 50 x) werden gevonden in mengmonsters van bouwland en snijmaïs. Van deze 6 mengmonsters waren er 5 afkomstig van zandgrond. De gemeten lindaangehalten liggen ver beneden de interventiewaarden.

- De in dit onderzoek gehanteerde detectiegrens voor triazines is $10 \mu\text{g kg}^{-1}$. Slechts in 9 mengmonsters kon een triazineverbinding worden aangetoond. Alleen voor atrazin is een streefwaarde geformuleerd. Vanwege de hoge detectiegrens kon geen duidelijk beeld van eventuele overschrijding van de streefwaarde worden verkregen. Slechts in 5 van de 43 mengmonsters afkomstig van bouwland en snijmaïs is een streefwaarde-overschrijding duidelijk, variërend van een factor 460 tot 1290.
- De grondmonsters die door het RIVM op organische stoffen zijn onderzocht, waren eerst bij het BLGG gedroogd. Nader onderzoek moet uitwijzen wat de invloed van de voorbehandeling op de uiteindelijk verkregen resultaten is. Voor vluchtige verbindingen kunnen de hierboven weergegeven resultaten een onderschatting van werkelijke gehalten inhouden. Dit kan mogelijk de reden zijn waarom de PAK-verbinding naftaleen niet kon worden aangetoond.

Beschikbaarheid van zware metalen in landbouwgrond

- Cadmium is van de onderzochte zware metalen het meest beschikbaar in de bodem. In zandgrond is circa 10% van het totaal-cadmiumgehalte beschikbaar na extractie met een $0,01 \text{ mol l}^{-1}$ calciumchloride-oplossing. De beschikbaarheid is minder voor rivierklei (circa 5%) en veen (circa 3%) en is het laagst in zeeklei (0,2-1,6%). De zuurgraad speelt een belangrijke rol bij de beschikbaarheid van cadmium.
- Ongeveer 0,5% van de in bodem aanwezige kopergehalten komen beschikbaar met een calciumchloride-extractie. De gemeten concentraties in de extracten liggen globaal een factor 5 tot 15 boven de concentraties die worden aangetroffen in diep grondwater en liggen in de buurt van de streefwaarde voor grondwater.
- Gemiddeld is ongeveer 1% van het in de bodem aanwezige nikkel en 0,3% van het in de bodem aanwezige arseen beschikbaar.
- Lood en chroom zijn in de bodem praktisch niet beschikbaar. Met een extractie met calciumchloride-oplossing wordt slechts maximaal 0,07% lood en maximaal 0,04% chroom van het totaalgehalte vrijgemaakt.
- Zink is, na cadmium, het metaal dat het meest beschikbaar is in de bodem. In zandgrond is 3-9 % beschikbaar bij een extractie met een calciumchloride-oplossing en in de andere grondsoorten 0,3-1,5%. In de extracten worden concentraties gemeten die doorgaans boven de streefwaarde voor grondwater liggen en die tevens een factor 2 tot 10 boven de zinkconcentraties in diep grondwater liggen.
- Nader onderzoek ter verbetering van recoveries en reproduceerbaarheid voor zware metaalanalyses in $0,01 \text{ mol l}^{-1}$ calciumchloride-extracten is nodig.

- Nader onderzoek is nodig om na te gaan of het in Nederland mogelijk is om een kwaliteits- ofwel risicobeoordeling uit te voeren met A. het totaal metaalgehalte en B. het beschikbare metaalgehalte van een grond op basis van streef- en interventiewaarden voor beide analyses.

Veranderingen in zware metaalgehalten tussen 1986 en 1992

- Vergelijking van meetresultaten uit 1986 en 1992 moet worden gezien als een eerste poging om na te gaan of veranderingen in bodemgehalten kunnen worden vastgesteld en zo ja, of een verband gelegd kan worden met de ontwikkeling van de metaalbelasting van landbouwgronden.
- Met name voor cadmium en koper is sprake van een afname van de bodembelasting in periode 1986-1990. Voor de andere metalen is de afname veel geringer (lood en zink), of zijn geen gegevens voorhanden (chromium, nikkel, kwik).
- Voor geen van de onderzochte metalen kan op basis van een vergelijking van de beide onderzoeken een uitspraak worden gedaan of sprake is van duidelijke veranderingen in gehalten in de periode 1986-1992.
- Voor zover er duidelijke verschillen zijn in gemiddelde metaalgehalten per combinatie van grondsoort en gewas per LEI-gebied, kunnen deze niet worden gerelateerd aan verandering van de bodembelasting in het beschouwde tijdvak. Enerzijds komt dit doordat de afname in belasting gering is ten opzichte van aanwezige metaalhoeveelheden in de bodem, anderzijds omdat geconstateerde verschillen in metaalgehalten vooral veroorzaakt worden door lokale variatie in gehalten. Deze variatie is voor beide onderzoeken niet gelijk, omdat in 1986 en 1992 niet dezelfde percelen zijn bemonsterd.

Herhaling van dit onderzoek is dan ook niet zinvol uit oogpunt van trenddetectie als niet dezelfde percelen kunnen worden bemonsterd als in 1992 is gebeurd.

Algemeen

- Aanbevolen wordt om een soortgelijk karteringsonderzoek in de toekomst uit te voeren als er landelijk of in specifieke regio's behoefte bestaat aan informatie over het voorkomen van specifieke stoffen in de bodem in relatie tot grondsoort en gewas. Met een dergelijk onderzoek als in dit rapport beschreven is, kan een goed beeld van de actuele kwaliteitstoestand worden verkregen.
- Voor onderzoek naar het optreden van trendmatige veranderingen in de bodemkwaliteit moet de opzet van het in 1993 gestarte Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit als meer geëigend worden beschouwd. De in dit rapport geconstateerde verschillen in gehalten als gevolg van gewijzigde destructiemethoden, zijn deels onvermijdelijk door de voortschrijdende ontwikkeling van analytisch-chemische technieken. Omdat detectie van trends een lange-termijn-proces is, is het van groot belang de verschillen tussen methoden te kwantificeren.

LITERATUUR

Annema, J.A., J.E.M. Beurskens & C.W.M. Bodar (eds) (1995).

Evaluation of PCB fluxes in the environment. RIVM-rapportnr. 601014011.

Bakker, D.J. en K.D. van den Hout (1993).

De invloed van atmosferische depositie op de kwaliteit van bodem en oppervlaktewater in Nederland. Beschrijving rekenmethode en berekeningsresultaten. TNO-rapport IMW-R 93/200, september 1993.

Bakker, D.J., L. Smolders en A.J. Palsma (1994).

De invloed van atmosferische depositie op bodem en oppervlaktewater in Nederland. Een nadere beschouwing. TNO-rapport MW-R 94/137, juni 1994.

Baltissen, A.H.M.C. (1993).

Onderzoek aan grondmonsters voor het RIVM-project Bodemkwaliteitskartering. BLGG-Oosterbeek.

Bourg, A.C.M. (1988).

Metals in aquatic and terrestrial systems: Sorption, speciation and mobilization. In: Chemistry and biology of solid wastes, dredged materials and mine tailings (W. Salomons, W & U. Förstner, eds.). Springer Verlag, Berlin, pp. 3-32.

Castilho, P. del (1994).

persoonlijke mededeling 1994.

Coppoolse, J. F. van Bentum, M. Schwartz, J.A. Annema en C. Quarles van Ufford (1993).

Zware metalen in oppervlaktewater: bronnen en maatregelen. RIZA-nota 93.012.

Duijvenbooden, W. van en P. Lagas (1993).

Een landelijk meetnet voor de bodemkwaliteit. Bodem, jaargang 3, nummer 2, blz 65-69.

Eerdt, M.M. van en C. Stiggelhout (1992).

Belasting van landbouwgrond met zware metalen, 1980-1990, Kwartaalbericht milieu-statistieken, jaargang 9, no 3, CBS-publicaties, sdu/uitgeverij, 's-Gravenhage, 1992.

Fraters, B. (1991).

Verontreiniging door zware metalen, Hoofdstuk 7.4, Nationale Milieuverkenning 1990-2010 Samsom Tjeenk Willink bv, Alphen aan de Rijn, 1991.

Groot, M.S.M. en E.C. van Swinderen (1993).

Verkenkend onderzoek naar de kwaliteit van bodem en grondwater langs snelwegen in bosgebieden, RIVM-rapportnr. 714822001, december 1993.

Gupta, S.K., M.K. Vollmer and R. Krebs (1994).

The importance of mobile, mobilisable and pseudo total heavy metal fractions in soil three level risk assessment and risk management, The Science of the Total Environment, In Press. 1994.

Heidemij (1994).

Invloed van meststoffengebruik op de zware metalen aanvoer in Nederlandse landbouwgronden. Rapport in opdracht van het Ministerie van VROM.

Hoefs, M.L.J. en P. Lagas (1992).

Literature review on: Soil organic matter characterisation. RIVM-rapportnr. 725701002, januari 1992.

Hoogervorst, N.J.P. met medewerking van K.W. van der Hoek (1991).

Het landbouwscenario in de Nationale Milieuverkenning 2; uitgangspunten en berekeningen. RIVM-rapportnr. 251701005, november 1991.

Hoop, M. van der, D. van der Meent, W. Peijnenburg en J. Struijs (1994).

Risicogrenzen zware metalen: omgaan met achtergrondrisico, Interne notitie, ECO-notitie 94-05, RIVM 1994.

Houba, V.J.G., I. Novozamsky, J. Uittenboogaard and J.J. van der Lee (1987).

Automatic determination of "total soluble nitrogen" in soil extracts. Landwirtsch. Forschung 40, 295-302.

Houba, V.J.G., I. Novozamsky en J.J. van der Lee (1992).

Soil testing and plant analysis in Western Europe, Communications in Soil Science and plant analyses, vol.23 blz. 2029-2051, 1992.

Ivens, W.P.M.F. *et al* (1993).

Bodem en Milieu, cursusboek 2: De functies van de bodem. Open Universiteit.

Jaarsveld, J.A. van (1994).

Atmospheric deposition of cadmium, copper, lead, benzo(a)pyrene and lindane over Europe and its surrounding marine area's. RIVM-rapportnr. 722401002, Bilthoven, 1994.

Lagas, P., H. Snelting en R. van den Berg (1990).

Verspreiding van stoffen bij bodemverontreiniging. RIVM-rapportnr. 725201002, augustus 1990.

Landbouwwadvisecommissie Milieukritische Stoffen (1991).

Signaalwaarden voor gehalten van milieukritische stoffen in grond met het oog op landbouwkundige gebruiksmogelijkheden. LAC, 1991.

Lexmond, Th.M., Th.P. van der Lijhe, J.J.M. Brouwers and C.A. Bosch (1993).

Cadmium and Zinc in the silt loams of South Limburg: an anthropogenic anomaly. Integrated Soil and Sediment Research: A basis for proper Protection (eds. H.J.P. Eijsackers and T. Hamers), pp. 457-463, 1993.

Lexmond, Th.M. en Th. Edelman (1987).

Huidige achtergrondwaarden van het gehalte aan zware metalen en arseen in grond. Handboek Milieubeheer: bodembescherming, 1987.

Lijzen, J.P.A. en R.O.G. Franken (1994).

Bronnen van lokale bodembelasting. (Concept)rapportnr. 950011002. RIVM, Bilthoven, oktober 1994.

Novozamsky, I., Th.M. Lexmond en V.J.G. Houba (1993).

Single extraction of soil with 0.01 M CaCl₂ for evaluation of uptake of some heavy metals by plants. Journal of Environmental Analytical Chemistry, 1993.

Pepels, A. en P. Lagas (1993).

Biologische beschikbaarheid van zware metalen in de grond; selectie van bepalingmethode en beoordeling van toepassingsmogelijkheden (een literatuurstudie). RIVM-rapportnr. 715701001, juli 1993.

RIVM (1992a). Milieudiagnose 1991 deel I, Integrale rapportage Lucht-, Bodem- en Grondwaterkwaliteit. RIVM-rapportnr. 724801004, december 1992.

RIVM (1992a). Milieudiagnose 1991 deel I, Integrale rapportage Lucht-, Bodem- en Grondwaterkwaliteit. RIVM-rapportnr. 724801004, december 1992.

RIVM (1992b).

Milieudiagnose 1991 deel III, Bodem- en Grondwaterkwaliteit. RIVM-rapportnr. 724801003, december 1992.

RIVM (1994).

Geactualiseerde gegevens over de belasting van de bodem met metalen (intern). RIVM-LAE, september 1994.

Salomons, W. (1991).

Van Ångström tot de kilometerschaal. Bodem, nummer 4, november 1991.

Sauerbeck, D.R. en P. Styperek (1983).

Predicting the cadmium availability from different soils by CaCl_2 -extraction, in: P L'Hermite en H. Ott (eds.); Processing and use of sewage sludge, blz. 431-434, 1983.

Scheffer en Schachtschabel (1982).

Lehrbuch der Bodenkunde, oplage 11; Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 442 blz., 1982.

Schutter, M.A.A. en J.A. van Jaarsveld (1993).

Verspreiding en depositie van dioxinen in Nederland. RIVM-rapportnr. 730501036, Bilthoven, juni 1993.

Slooff, W. e.a. (eds.) (1989a).

Basisdokument PAK. RIVM-rapportnr. 758474007, maart 1989.

Slooff, W. e.a.(eds) (1989b).

Basisdocument chroom. RIVM-rapportnr. 758701001, september 1989.

Slooff, W. e.a.(eds.) (1990).

Basisdocument arseen. RIVM-rapportnr. 758701002, januari 1990.

Snelting, H. en H. Prins (1992).

De kwaliteit van het diepere grondwater; in Milieudiagnose 1991 deel III, Bodem- en Grondwaterkwaliteit, RIVM 1992.

SPEED (1995).

Effectiviteit van maatregelen voor emissiereductie van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktwater. RIZA-notanr. 95.020; RIVM-notanr. 773003005.

Symeonides, C. en J. McRae (1977).

The assessment of Plant-Available Cadmium in Soils, Journal of environmental quality, vol. 6, nr. 2, blz. 120-123, 1977.

Toor, C.H. van en C.W.J.M. van der Vleuten (1990).

Onderzoek naar de gehalten aan cadmium, koper, lood en zink in de Nederlandse landbouwgronden. Rapport Bedrijfslaboratorium voor Grond en Gewasonderzoek, maart 1990.

Vissenberg, H.A. en J.J.M van Grinsven (1995).

Eenvoudige rekenmethode voor de schatting van bodemaccumulatie en maximaal toelaatbare bodembelasting van zware metalen en organische stoffen. RIVM-rapportnr. 715501006, in voorbereiding.

VROM (1990).

Basisdocument koper. Publikatiereeks milieubeheer nr. 5., maart 1990.

VROM (1989).

Basisdocument polycyclische aromatische koolwaterstoffen. Publikatiereeks milieubeheer nr. 8, maart 1989.

VROM (1991).

Notitie Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water. Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 21 990, nr. 1, februari 1991.

VSBo (1986).

Verordnung über Schadstoffe im Boden. Der Schweizerische Bundesrat, Bern, 4 blz., 1986.

VTGB (1986).

Advies Bodemkwaliteit. Voorlopige Technische Commissie Bodemkwaliteit, juni 1986.

Warmenhoven, J.P. e.a. (1989).

De bijdrage van atmosferische depositie aan de verontreiniging van de Nederlandse bodem en het Nederlandse oppervlaktewater inclusief de territoriale wateren (R89/385). TNO, Delft, november 1989.

Wild, S.R., K.S. Waterhouse, S.P. McGrath and K.C.Jones (1990).

Organic contaminants in an Agricultural Soil with a Known History of Sewage Sludge Amendments: Polynuclear Aromatic Hydrocarbons. Environ. Sci. Technol. 1990, 24, 1706-1711.

Wild, S.R., M.L. Barrow & K.C.Jones (1991).

The persistence of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in sewage sludge amended agricultural soils. Environmental Pollution 72, 1991, 141-157.

BIJLAGE I ANALYSERESULTATEN FYSISCH BODEMKENMERKEN

LEI-gebied	Combinatie	Code	pH-H ₂ O	pH-KCl	Vocht %	humus %	CaCO ₃ %	Lutum %	tot.C %	CEC me/100g
Noordelijk zeekleigebied	Gras op zeeklei	AA 1	6,6	6,4	2,88	8,0	0,6	24,2	4,18	24,6
		AA 2	6,8	6,4	3,50	10,4	1,0	27,6	5,85	29,7
		AA 3	6,6	6,5	3,44	11,4	1,0	24,2	5,95	27,6
		AA 4	6,7	6,4	2,94	8,0	0,9	22,5	4,31	23,9
	Bouwland op zeeklei	AB 1	7,6	7,2	1,93	2,2	1,3	20,4	1,58	16,1
		AB 2	7,4	7,2	2,05	3,6	1,0	20,2	2,11	18,6
		AB 3	7,5	7,3	2,11	2,6	1,4	23,1	1,72	18,4
		AB 4	7,6	7,2	1,69	1,9	1,7	18,5	1,53	15,8
	Gras op zand	AD 1	5,9	4,9	1,32	6,1	0,1	7,7	3,17	12,8
		AD 2	6,1	5,3	1,29	5,3	0,1	8,1	2,95	12,3
		AD 3	6,4	6,1	1,45	5,6	0,3	9,8	2,79	13,1
		AD 4	5,9	5,1	1,32	5,4	0,1	7,9	3,18	11,4
Noordelijk veenweide- gebied	Gras op veen	BA 1	5,8	5,2	4,76	26,5	0,2	16,2	10,38	40,4
		BA 2	5,7	4,9	5,82	31,6	0,2	21,9	13,50	51,4
		BA 3	5,8	5,0	4,54	29,7	0,1	14,6	14,24	37,5
		BA 4	5,7	5,0	5,22	33,8	0,2	14,7	13,39	41,8
	Gras op zand	BB 1	6,0	5,2	1,41	8,3	0,1	4,5	4,99	13,0
		BB 2	5,9	5,3	1,17	9,7	0,1	4,5	4,02	16,0
		BB 3	5,8	5,1	1,99	9,9	0,1	5,6	4,74	17,3
		BB 4	5,8	5,0	2,31	12,1	0,1	5,7	5,52	22,2
	Gras op zeeklei	BC 1	5,9	5,2	4,11	16,6	0,1	28,1	9,17	34,2
		BC 2	6,1	5,6	4,45	16,8	0,5	30,8	7,33	35,6
		BC 3	5,7	5,1	4,35	19,3	0,2	24,2	10,28	37,9
		BC 4	6,2	5,6	3,82	13,2	0,2	28,6	6,61	31,6
Noordhollandse droogmakerij en IJsselmeer- polders	Bouwland op zeeklei	CA 1	8,1	7,5	1,52	2,2	7,7	15,9	1,23	14,5
		CA 2	7,8	7,3	1,60	3,0	5,3	17,3	1,95	16,2
		CA 3	7,8	7,4	1,70	3,1	5,8	15,6	2,01	17,5
		CA 4	8,1	7,4	1,70	2,6	6,4	16,3	1,66	16,0
	Gras op zeeklei	CB 1	6,8	6,8	2,30	6,9	2,4	17,5	3,47	23,3
		CB 2	7,2	6,8	2,85	8,5	4,1	20,6	4,50	28,6
		CB 3	6,9	6,9	2,54	8,1	2,8	18,9	3,94	23,8
		CB 4	6,9	7,0	2,39	7,6	3,5	15,9	4,10	23,5
	Gras op zand	CC 1	6,3	5,9	1,13	5,7	0,2	3,7	2,94	11,5
		CC 2	6,3	6,0	1,23	6,2	0,4	3,4	2,81	13,0
		CC 3	6,2	5,8	1,24	5,9	0,2	6,9	3,38	13,4
		CC 4	6,6	6,6	0,90	4,1	0,5	3,9	1,97	10,4
	Gras op veen	CD 1	6,1	5,6	5,23	25,6	0,6	17,3	11,52	50,7
		CD 2	5,8	5,2	6,78	34,9	0,3	19,1	16,19	64,2
		CD 3	5,8	5,1	6,35	32,3	0,2	20,0	15,78	59,7
		CD 4	5,8	5,1	6,56	34,2	0,2	17,9	16,03	60,0
Westelijk weidegebied	Gras op veen	DA 1	6,0	5,3	7,08	36,5	0,6	22,2	16,15	61,1
		DA 2	5,8	5,1	7,44	39,7	0,2	21,7	18,06	68,0
		DA 3	5,7	5,0	7,27	37,2	0,1	24,0	17,34	65,4
		DA 4	5,8	5,2	7,15	37,0	0,3	22,9	17,65	61,9
	Gras op zand	DB 1	6,1	5,6	1,82	9,1	0,1	4,1	3,94	18,2
		DB 2	5,9	5,3	1,16	6,7	0,1	3,3	3,86	12,3
		DB 3	5,9	5,2	2,19	9,2	0,1	8,1	4,46	17,5
		DB 4	6,0	5,4	2,25	10,1	0,1	10,5	6,25	24,1
	Gras op zeeklei	DC 1	5,9	5,6	4,41	19,9	0,5	23,7	9,35	40,8
		DC 2	6,1	5,7	3,35	13,2	0,4	24,9	7,21	32,8
		DC 3	6,3	6,2	4,49	20,0	0,8	20,5	9,93	44,6
		DC 4	5,9	5,3	4,55	20,5	0,3	24,8	11,75	42,8
	Gras op rivierklei	DD 1	6,2	5,8	3,98	14,0	0,3	28,0	7,28	38,2
		DD 2	6,2	5,9	5,20	19,9	0,3	34,1	10,62	45,9
		DD 3	6,2	5,8	5,12	20,5	0,3	34,4	10,72	49,0
		DD 4	6,1	5,5	4,74	17,3	0,4	35,5	10,79	43,9
	Bollen op zand	DF 1	7,3	7,4	0,29	1,3	3,3	3,5	0,81	4,9
		DF 2	7,2	7,1	0,23	1,3	3,5	2,7	0,85	5,4
		DF 3	7,2	7,4	0,26	1,2	4,8	2,5	0,68	4,7
		DF 4	7,4	7,6	0,27	0,8	5,2	2,2	0,73	3,2

vervolg bijlage I:

LEI-gebied	Combinatie	Code	pH- H ₂ O	pH- KCl	Vocht %	humus %	CaCO ₃ %	Lutum %	tot.C %	CEC me/100g
	Bouwland op zeeklei	DZ 1	7,9	7,4	1,93	2,5	5,6	22,4	1,84	18,8
		DZ 2	7,9	7,2	2,34	4,7	5,9	24,4	2,90	23,8
		DZ 3	8,0	7,0	2,45	3,4	3,9	28,5	2,53	24,8
		DZ 4	7,8	7,0	2,63	4,3	5,0	28,8	3,36	26,5
Zuidelijk zeekleigebied	Bouwland op zeeklei	EA 1	8,1	7,2	1,69	1,7	4,8	17,9	1,66	15,2
		EA 2	8,0	7,2	1,97	2,1	7,3	22,0	1,51	19,4
		EA 3	8,0	7,1	1,81	2,7	7,0	19,8	1,82	18,5
		EA 4	7,6	7,3	1,65	2,3	3,4	17,7	1,60	16,5
	Gras op zeeklei	EB 1	6,9	6,7	3,35	14,0	5,8	20,7	8,13	35,6
		EB 2	6,8	6,7	3,14	13,4	3,6	21,5	7,61	36,9
		EB 3	6,8	6,8	2,60	9,9	2,0	17,2	5,02	28,1
		EB 4	7,0	6,7	2,62	8,7	4,1	18,7	6,74	31,1
	Gras op zand	EC 1	6,3	6,3	0,94	4,9	0,5	5,4	2,47	11,6
		EC 2	6,9	7,0	0,86	4,3	1,7	4,1	2,20	11,4
		EC 3	6,5	6,5	1,18	6,5	0,7	5,1	2,94	15,7
		EC 4	6,6	6,4	0,99	5,4	1,0	5,3	2,78	12,8
Noordelijk zandgebied I	Gras op veen	FA 1	5,7	4,9	4,74	28,6	0,2	14,1	14,56	48,3
		FA 2	5,7	4,9	4,17	26,3	0,2	13,5	13,49	43,6
		FA 3	5,7	4,9	4,65	30,5	0,2	12,7	12,74	45,2
		FA 4	5,7	4,9	3,92	24,0	0,1	10,0	14,40	41,8
	Gras op zand	FB 1	5,9	5,2	1,53	8,3	0,1	3,6	5,76	18,1
		FB 2	5,9	5,3	1,48	7,1	0,1	4,4	3,90	13,3
		FB 3	5,8	5,1	1,76	9,4	0,1	6,0	4,18	19,7
		FB 4	5,7	5,0	1,82	9,6	0,1	4,1	4,78	15,3
Veenkoloniën	Gras op zand	GA 1	5,9	4,9	1,08	4,8	0,0	3,0	2,67	10,2
		GA 2	6,0	5,1	1,61	7,5	0,1	3,6	4,64	17,6
		GA 3	5,9	4,9	1,27	6,3	0,0	3,4	3,28	12,3
		GA 4	5,9	4,9	1,58	8,2	0,0	3,9	4,31	15,8
	Bouwland op zand	GB 1	5,9	5,0	1,09	5,0	0,0	4,1	3,12	12,0
		GB 2	5,8	4,8	1,10	5,3	0,1	3,0	3,70	14,4
		GB 3	6,0	5,0	0,99	5,4	0,0	3,3	2,72	12,0
		GB 4	6,4	5,6	0,83	4,0	0,1	3,2	2,21	10,9
Noordelijk zandgebied II	Gras op veen	HA 1	5,9	5,0	4,20	23,9	0,1	5,0	10,56	37,6
		HA 2	5,6	4,7	3,90	25,7	0,1	2,4	11,17	42,4
		HA 3	5,9	5,1	4,41	25,8	0,1	2,9	11,83	39,0
		HA 4	5,8	5,0	4,03	22,8	0,1	3,4	9,40	36,8
	Gras op zand	HB 1	5,9	5,1	1,44	7,7	0,1	3,1	4,20	15,8
		HB 2	5,9	5,1	1,46	7,9	0,1	3,5	4,32	15,3
		HB 3	6,0	5,2	1,44	8,1	0,1	2,9	4,08	14,2
		HB 4	5,9	5,0	1,57	10,0	0,1	4,0	4,42	15,9
	Bouwland op zand	HC 1	5,7	4,9	0,99	5,2	0,1	2,5	2,68	11,7
		HC 2	5,9	5,0	1,30	6,1	0,1	3,2	3,48	13,4
		HC 3	5,8	4,9	1,18	6,0	0,0	3,2	3,17	14,6
		HC 4	6,0	5,1	1,41	6,9	0,0	3,4	3,52	16,3
	Gras op dalgrond	HD 1	6,0	5,2	1,97	11,1	0,1	2,9	5,26	26,1
		HD 2	5,9	5,2	2,65	19,5	0,1	3,9	6,12	33,5
		HD 3	5,8	4,9	2,45	14,7	0,1	3,0	5,90	24,9
		HD 4	5,8	5,0	2,83	15,9	0,2	3,0	6,44	26,0
Oostelijk zandgebied	Gras op veen	JA 1	5,7	4,9	3,81	21,4	0,1	6,8	11,23	35,9
		JA 2	6,0	5,1	4,66	26,4	0,1	8,5	11,76	38,7
		JA 3	6,0	5,3	2,73	14,9	0,1	5,9	6,23	25,8
		JA 4	6,0	5,4	3,36	20,9	0,1	6,6	7,43	38,5
	Gras op zand	JB 1	6,2	5,4	1,19	5,5	0,1	5,6	2,64	11,6
		JB 2	6,1	5,2	1,29	5,9	0,1	5,4	2,53	12,1
		JB 3	6,1	5,4	1,08	5,1	0,1	4,2	2,33	9,2
		JB 4	6,2	5,5	0,96	4,9	0,1	2,9	2,59	9,3

vervolg bijlage I:

LEI-gebied	Combinatie	Code	pH- H ₂ O	pH- KCl	Vocht %	humus %	CaCO ₃ %	Lutum %	tot.C %	CEC me/100g
Centraal zandgebied	Maïs op zand	JC 1	6,0	4,9	0,80	3,7	0,0	3,3	2,10	8,3
		JC 2	6,1	5,3	0,88	3,9	0,1	3,3	1,93	8,7
		JC 3	6,0	5,2	0,90	3,7	0,0	4,1	1,68	8,5
		JC 4	6,1	5,1	0,83	3,5	0,1	4,0	1,82	8,5
	Gras op rivierklei	JD 1	6,3	5,9	2,22	7,3	0,3	15,0	3,22	17,8
		JD 2	6,0	5,3	1,74	5,0	0,1	15,6	2,70	14,4
		JD 3	6,1	5,5	1,74	5,5	0,1	15,5	3,32	14,3
		JD 4	6,2	5,7	1,96	5,9	0,1	17,4	3,00	17,2
	Gras op zand	KB 1	6,1	5,3	1,08	5,4	0,1	3,9	3,11	10,9
		KB 2	6,1	5,4	1,23	5,2	0,1	3,9	2,37	11,0
		KB 3	6,2	5,4	1,04	6,0	0,1	3,4	2,97	9,5
		KB 4	6,1	5,5	1,33	5,5	0,1	4,4	3,27	12,2
	Maïs op zand	KC 1	5,8	5,0	0,76	3,1	0,1	4,0	1,56	7,3
		KC 2	5,8	4,9	0,86	3,7	0,1	4,3	2,08	8,3
		KC 3	6,0	5,1	0,82	3,7	0,0	3,8	2,00	8,1
		KC 4	5,9	4,9	0,77	3,4	0,0	3,2	1,80	7,2
	Gras op rivierklei	KD 1	6,2	5,9	3,14	10,8	0,6	22,5	5,13	26,6
		KD 2	6,4	6,1	2,54	9,9	0,8	18,1	4,62	20,6
		KD 3	6,5	6,4	2,59	10,3	1,2	22,7	4,88	23,5
		KD 4	6,2	5,8	2,27	8,9	0,3	17,3	4,29	22,2
Rivierklei- gebied	Gras op rivierklei	LA 1	6,0	5,3	4,12	12,8	0,3	33,7	6,18	36,1
		LA 2	6,2	5,7	3,65	10,3	0,3	31,6	5,27	33,2
		LA 3	6,1	5,7	3,38	9,3	0,2	29,4	4,81	29,6
		LA 4	6,0	5,3	3,85	11,0	0,3	33,7	6,14	34,4
	Gras op zand	LB 1	6,1	5,4	0,83	3,5	0,1	7,5	2,32	9,0
		LB 2	6,3	5,8	0,99	4,8	0,1	7,0	2,62	9,7
		LB 3	6,1	5,3	1,07	3,5	0,0	6,2	1,94	8,1
		LB 4	6,3	5,6	1,04	4,0	0,1	7,1	2,25	10,1
	Fruit op rivierklei	LC 1	6,8	6,5	2,15	3,0	0,8	24,5	2,13	20,5
		LC 2	7,1	6,9	2,14	3,0	1,5	23,9	2,25	21,4
		LC 3	7,3	7,0	2,32	3,0	2,0	26,4	2,13	23,7
		LC 4	7,4	7,1	1,92	2,4	2,3	22,5	1,88	19,8
Zuidelijk zandgebied	Gras op zand	MA 1	6,4	5,5	0,92	4,5	0,1	2,5	2,32	8,8
		MA 2	6,3	5,4	0,80	3,9	0,1	3,0	1,95	7,9
		MA 3	6,3	5,4	0,73	3,7	0,1	2,5	2,06	8,0
		MA 4	6,2	5,3	0,80	4,4	0,1	2,2	2,47	8,9
	Maïs op zand	MB 1	6,1	5,2	0,69	3,2	0,0	2,9	1,56	7,4
		MB 2	6,3	5,4	0,66	3,0	0,1	3,1	1,57	7,3
		MB 3	6,0	5,0	0,66	3,4	0,0	2,9	1,46	7,4
		MB 4	6,1	5,2	0,57	2,9	0,0	3,1	1,61	7,7
	Bouwland op zand	MC 1	6,2	5,4	0,60	2,5	0,1	3,1	1,66	6,7
		MC 2	6,2	5,4	0,64	2,9	0,0	2,8	1,65	7,4
		MC 3	6,2	5,3	0,62	2,7	0,0	2,9	1,65	6,1
		MC 4	6,2	5,4	0,69	3,4	0,0	3,4	1,65	7,8
	Gras op rivierklei	MD 1	6,1	5,4	1,62	6,1	0,1	11,2	2,86	15,5
		MD 2	6,3	6,0	1,29	4,4	0,2	13,0	2,57	12,9
		MD 3	6,2	5,7	1,49	6,1	0,2	12,9	3,54	13,6
		MD 4	6,1	5,4	1,64	6,8	0,1	11,4	3,10	12,6
Zuid-Limburg	Gras op leem	NA 1	6,6	6,6	2,03	6,6	2,6	16,7	3,26	20,5
		NA 2	6,7	6,7	1,99	6,7	1,7	15,4	3,37	18,8
		NA 3	6,6	6,6	1,70	6,8	0,9	13,6	3,49	15,9
		NA 4	6,5	6,6	1,93	7,6	1,2	14,4	4,18	18,6

BIJLAGE II ANALYSERESULTATEN ZWARE METALEN EN ARSEEN (in mg kg⁻¹)

LEI-gebied	Combinatie	Code	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	As
Noordelijk zeekleigebied	Gras op zeeklei	AA 1	<0,15	33	16,7	16,6	26	72	0,06	8,7
		AA 2	0,21	41	18,5	17,0	27	83	0,08	10,9
		AA 3	0,19	34	12,6	13,6	28	76	0,07	8,8
		AA 4	<0,15	33	20,9	16,2	29	73	0,06	9,2
	Bouwland op zeeklei	AB 1	<0,15	33	11,4	13,4	20	55	0,06	11,6
		AB 2	<0,15	33	9,8	13,7	21	52	0,08	11,5
		AB 3	<0,15	36	10,8	15,1	22	60	0,07	12,9
		AB 4	<0,15	30	12,8	21,5	21	47	0,08	12,0
	Gras op zand	AD 1	<0,15	10	8,4	<4,0	24	29	0,07	2,9
		AD 2	0,19	13	8,7	5,2	21	32	0,06	3,4
		AD 3	<0,15	14	8,1	5,5	20	42	0,05	4,2
		AD 4	<0,15	11	8,1	4,5	23	28	0,10	3,1
Noordelijk veenweide- gebied	Gras op veen	BA 1	0,23	33	19,4	13,8	40	86	0,13	10,9
		BA 2	0,31	31	21,3	13,9	44	92	0,14	13,2
		BA 3	0,32	30	26,9	11,2	58	118	0,14	8,8
		BA 4	0,24	29	16,4	10,7	39	76	0,12	10,1
	Gras op zand	BB 1	<0,15	9	7,9	<4,0	13	34	0,05	1,5
		BB 2	0,24	8	7,2	<4,0	13	39	0,04	1,3
		BB 3	0,36	13	13,1	6,4	25	66	0,08	3,6
		BB 4	0,32	11	10,0	<4,0	26	52	0,07	2,1
	Gras op zeeklei	BC 1	0,86	40	16,5	15,6	37	123	0,11	10,0
		BC 2	0,52	45	16,2	18,8	35	135	0,09	11,2
		BC 3	0,95	42	17,9	18,5	40	138	0,11	11,4
		BC 4	0,48	42	15,7	18,7	32	120	0,08	11,3
Noordhollandse droogmakerij en IJsselmeer- polders	Bouwland op zeeklei	CA 1	0,51	29	15,0	17,2	21	89	0,09	15,7
		CA 2	0,57	31	13,4	17,1	21	84	0,08	14,0
		CA 3	0,31	28	11,1	14,9	18	91	0,07	10,5
		CA 4	0,23	30	14,4	16,2	23	73	0,09	12,8
	Gras op zeeklei	CB 1	0,23	31	11,2	13,5	22	73	0,07	8,0
		CB 2	0,19	35	12,2	17,7	22	72	0,08	10,3
		CB 3	0,18	32	10,9	14,3	24	76	0,08	7,8
		CB 4	0,24	28	11,9	12,8	25	105	0,12	8,0
	Gras op zand	CC 1	0,24	10	6,8	<4,0	21	41	0,06	2,5
		CC 2	0,21	11	7,5	4,0	29	35	0,09	2,5
		CC 3	0,18	13	6,8	5,5	19	53	0,05	3,4
		CC 4	0,23	10	5,4	<4,0	15	46	0,05	3,2
	Gras op veen	CD 1	0,74	34	35,7	17,4	108	162	0,45	13,5
		CD 2	0,77	34	34,1	17,9	88	165	0,34	14,3
		CD 3	0,70	36	32,1	18,6	104	170	0,37	14,6
		CD 4	0,51	32	45,5	17,1	161	205	0,66	17,3
Westelijk weidegebied	Gras op veen	DA 1	0,71	43	69,5	25,1	208	285	0,74	11,8
		DA 2	0,68	41	68,7	21,9	212	286	0,94	11,9
		DA 3	0,67	45	74,3	23,4	222	281	0,97	12,7
		DA 4	0,80	48	71,3	26,2	233	289	0,97	12,8
	Gras op zand	DB 1	0,33	10	25,3	<4,0	52	68	0,15	29,3
		DB 2	0,16	8	21,3	<4,0	61	61	0,18	4,1
		DB 3	0,37	18	22,3	8,2	43	77	0,12	7,3
		DB 4	0,51	20	26,8	9,5	53	73	0,24	20,8
	Gras op zeeklei	DC 1	0,80	39	27,3	19,9	58	164	0,19	10,3
		DC 2	0,49	38	27,7	17,3	69	155	0,22	8,2
		DC 3	0,47	39	34,7	21,3	78	171	0,30	10,3
		DC 4	0,52	39	28,7	19,5	52	165	0,16	9,6
	Gras op rivierklei	DD 1	0,46	42	29,9	24,7	58	179	0,18	28,1
		DD 2	0,65	50	39,8	30,3	75	205	0,27	34,7
		DD 3	0,81	52	44,6	33,7	69	257	0,23	23,6
		DD 4	0,67	53	36,0	34,0	69	207	0,24	15,3
	Bollen op zand	DF 1	<0,15	12	6,2	4,5	<8	43	0,08	3,1
		DF 2	0,20	11	7,1	4,2	<8	39	0,10	2,3
		DF 3	0,16	11	5,8	4,1	<8	35	0,11	2,2
		DF 4	<0,15	10	3,5	7,8	8	28	0,04	2,6

vervolg bijlage II:

LEI-gebied	Combinatie	Code	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	As
Zuidelijk zeekleigebied	Bouwland op zeeklei	DZ 1	0,32	37	18,2	19,3	23	77	0,05	14,0
		DZ 2	0,30	39	20,2	23,1	34	109	0,10	16,7
		DZ 3	0,34	44	17,2	24,5	31	110	0,09	16,4
		DZ 4	0,30	44	18,3	22,8	29	102	0,08	14,7
	Bouwland op zeeklei	EA 1	0,15	34	15,0	15,3	22	68	0,06	11,6
		EA 2	0,29	42	24,9	23,4	29	98	0,13	13,7
		EA 3	0,22	37	20,2	20,4	24	88	0,07	12,9
		EA 4	0,15	33	16,4	13,2	19	68	0,06	12,6
	Gras op zeeklei	EB 1	0,48	42	22,1	20,0	44	178	0,24	13,0
		EB 2	0,34	42	21,1	23,0	36	143	0,16	12,6
		EB 3	0,25	32	14,5	16,4	26	89	0,08	8,8
		EB 4	0,64	38	22,1	23,5	38	138	0,17	12,3
	Gras op zand	EC 1	0,19	10	7,9	5,5	22	33	0,06	3,4
		EC 2	<0,15	11	5,9	6,2	14	33	0,04	3,5
		EC 3	0,26	13	10,2	7,1	24	43	0,07	3,9
		EC 4	0,23	12	7,6	5,2	18	37	0,06	3,5
Noordelijk zandgebied I	Gras op veen	FA 1	0,49	30	12,1	10,5	33	85	0,12	6,2
		FA 2	0,44	28	12,7	10,1	28	73	0,11	6,5
		FA 3	0,38	30	21,1	7,8	40	76	0,17	6,1
		FA 4	0,34	26	14,2	8,7	30	79	0,14	5,0
	Gras op zand	FB 1	<0,15	7	9,7	<4,0	15	34	0,05	2,4
		FB 2	0,24	11	10,8	5,1	20	42	0,06	1,6
		FB 3	0,21	12	7,7	4,7	17	49	0,06	3,4
		FB 4	0,19	5	10,9	<4,0	20	36	0,06	1,7
Veenkoloniën	Gras op zand	GA 1	0,17	7	11,5	<4,0	14	32	0,04	2,0
		GA 2	0,24	7	11,9	<4,0	19	38	0,06	1,9
		GA 3	<0,15	7	9,8	<4,0	17	31	0,05	1,5
		GA 4	0,23	11	15,6	<4,0	18	52	0,08	2,0
	Bouwland op zand	GB 1	0,19	8	12,5	<4,0	15	54	0,05	2,4
		GB 2	0,29	8	13,5	<4,0	22	42	0,07	1,9
		GB 3	0,19	6	11,2	<4,0	19	24	0,05	1,9
		GB 4	0,18	7	13,2	<4,0	11	30	0,04	2,1
Noordelijk zandgebied II	Gras op veen	HA 1	0,34	15	16,8	4,1	42	68	0,17	7,1
		HA 2	0,35	12	16,1	<4,0	25	67	0,11	5,7
		HA 3	0,31	11	17,6	<4,0	24	70	0,11	9,5
		HA 4	0,28	12	15,1	<4,0	24	61	0,10	5,9
	Gras op zand	HB 1	<0,15	7	12,6	<4,0	14	41	0,05	1,4
		HB 2	<0,15	7	13,3	<4,0	12	49	0,05	1,8
		HB 3	<0,15	6	12,1	<4,0	13	37	0,04	1,3
		HB 4	<0,15	8	11,6	<4,0	15	43	0,05	1,8
	Bouwland op zand	HC 1	<0,15	5	7,3	<4,0	10	18	0,03	1,4
		HC 2	<0,15	8	9,7	<4,0	13	29	0,05	3,6
		HC 3	0,17	10	13,1	<4,0	32	30	0,08	1,9
		HC 4	<0,15	9	13,2	<4,0	17	30	0,07	2,9
	Gras op dalgrond	HD 1	0,15	8	15,4	<4,0	18	40	0,07	2,2
		HD 2	0,35	12	23,4	<4,0	30	70	0,11	4,6
		HD 3	0,21	9	16,2	<4,0	21	42	0,07	1,9
		HD 4	0,15	9	21,2	<4,0	23	55	0,09	4,9
Oostelijk zandgebied	Gras op veen	JA 1	0,55	22	21,4	6,7	34	98	0,13	8,2
		JA 2	0,49	29	18,1	7,0	38	104	0,15	9,7
		JA 3	0,34	16	16,7	<4,0	27	74	0,11	6,3
		JA 4	0,49	20	17,3	4,9	43	107	0,15	8,9
	Gras op zand	JB 1	0,19	14	12,0	<4,0	17	48	0,06	5,8
		JB 2	0,16	11	12,7	<4,0	17	55	0,05	11,8
		JB 3	<0,15	10	11,8	<4,0	15	32	0,04	6,6
		JB 4	<0,15	8	10,4	<4,0	12	36	0,04	2,1

vervolg bijlage II:

LEI-gebied	Combinatie	Code	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	As
Centraal zandgebied	Maïs op zand	JC 1	0,16	7	9,5	<4,0	14	27	0,04	2,9
		JC 2	<0,15	10	9,5	<4,0	13	27	0,04	2,9
		JC 3	0,15	9	9,5	<4,0	12	32	0,04	5,9
		JC 4	0,20	8	9,6	<4,0	16	32	0,05	5,6
	Gras op rivierklei	JD 1	0,47	32	18,8	13,3	34	116	0,15	25,0
		JD 2	0,23	26	12,2	11,6	24	69	0,07	10,3
		JD 3	0,28	25	14,6	13,3	23	73	0,06	9,7
		JD 4	0,37	33	19,8	19,2	33	123	0,11	20,3
	Gras op zand	KB 1	0,16	10	17,6	<4,0	17	34	0,12	6,9
		KB 2	<0,15	9	20,2	<4,0	19	39	0,10	6,5
		KB 3	0,17	11	11,5	<4,0	17	35	0,05	9,3
		KB 4	0,17	11	15,9	<4,0	15	47	0,05	6,3
	Maïs op zand	KC 1	<0,15	8	10,2	<4,0	18	31	0,07	4,2
		KC 2	<0,15	9	10,5	<4,0	15	35	0,05	4,5
		KC 3	<0,15	8	10,6	<4,0	11	33	0,04	5,8
		KC 4	<0,15	7	14,0	<4,0	14	34	0,05	3,4
	Gras op rivierklei	KD 1	0,52	38	21,6	19,8	35	134	0,18	13,1
		KD 2	0,32	30	22,5	15,9	26	91	0,09	9,9
		KD 3	0,65	41	27,0	20,4	41	157	0,26	16,7
		KD 4	0,38	34	22,4	16,4	34	124	0,15	21,9
Rivierklei- gebied	Gras op rivierklei	LA 1	0,52	52	26,9	31,8	41	168	0,10	17,2
		LA 2	0,66	50	29,3	31,4	58	216	0,14	13,0
		LA 3	0,42	46	23,1	27,6	35	128	0,11	12,3
		LA 4	0,52	51	26,5	31,5	42	172	0,13	14,6
	Gras op zand	LB 1	0,20	16	16,0	8,1	19	47	0,04	4,4
		LB 2	0,21	15	12,6	6,5	19	52	0,06	5,3
		LB 3	0,20	14	10,6	5,3	17	49	0,04	4,7
		LB 4	0,21	15	12,0	6,1	19	51	0,05	6,5
	Fruit op rivierklei	LC 1	0,43	37	40,7	28,6	37	126	0,19	14,5
		LC 2	0,37	41	33,5	30,9	34	121	0,15	12,5
		LC 3	0,37	43	29,8	31,9	37	124	0,16	12,2
		LC 4	0,38	37	32,0	28,1	34	116	0,11	10,2
Zuidelijk zandgebied	Gras op zand	MA 1	0,24	7	9,6	<4,0	17	37	0,04	1,7
		MA 2	0,25	8	10,8	<4,0	19	50	0,04	2,8
		MA 3	0,25	7	11,2	<4,0	17	34	0,06	2,3
		MA 4	0,20	5	11,6	<4,0	18	35	0,05	1,5
	Maïs op zand	MB 1	0,27	8	11,5	<4,0	14	38	0,05	2,7
		MB 2	0,21	8	10,7	<4,0	12	34	0,04	1,9
		MB 3	0,20	7	10,1	<4,0	11	32	0,04	2,2
		MB 4	0,17	8	14,5	<4,0	15	40	0,06	3,4
	Bouwland op zand	MC 1	0,28	7	13,5	<4,0	21	37	0,06	2,5
		MC 2	0,24	6	9,5	<4,0	14	38	0,04	2,4
		MC 3	0,20	8	10,1	<4,0	13	40	0,04	2,3
		MC 4	0,26	9	15,2	<4,0	15	41	0,09	2,4
	Gras op rivierklei	MD 1	0,34	23	14,7	8,1	38	112	0,11	12,4
		MD 2	0,29	23	12,6	10,3	30	84	0,08	8,6
		MD 3	0,62	24	18,5	14,4	45	147	0,18	7,8
		MD 4	0,23	21	14,6	9,8	24	89	0,07	9,2
Zuid-Limburg	Gras op leem	NA 1	1,08	48	16,9	15,7	63	272	0,10	8,6
		NA 2	0,67	32	15,7	16,0	34	145	0,08	9,6
		NA 3	0,64	27	14,4	13,5	33	137	0,09	7,4
		NA 4	0,75	30	15,3	14,3	39	156	0,09	8,0

BIJLAGE III ANALYSERESULTATEN POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATER-STOFFEN (PAK'S) (in µg kg⁻¹)

LEI-gebied	Combinatie	Code	PHE	ANT	FLT	BaA	CHR	BkF	BaP
Noordelijk zeekleigebied	Gras op Zeeklei	AA 4	31,0	2,8	64	28,4	34,6	14,3	25,7
	Bouwland op Zeeklei	AB 1	26,1	4,2	41	21,1	24,1	9,7	20
	Gras op Zand	AD 1	21,1	1,9	40	14,6	18,4	6,8	13
Noordelijk veenweidegebied	Gras op Veen	BA 1	35,4	4,2	60	23,3	31,9	13,2	20
	Gras op Zand	BB 1	16,7	2,0	29	10,4	14,9	5,0	8
	Gras op Zeeklei	BC 1	61,6	2,0	96	39,2	47,7	20,0	36
Noordhollandse droogmakerij en IJsselmeer- polders	Bouwland op Zeeklei	CA 1	16,2	1,6	22	7,6	10,2	<3,1	<6
	Gras op Zeeklei	CB 1	20,9	1,5	36	11,3	14,9	5,7	10
	Gras op Zand	CC 1	37,1	4,4	81	31,2	37,3	16,2	30
	Gras op Veen	CD 1	259	64,9	422	171	193	78,0	157
Westelijk weidegebied	Gras op Veen	DA 4	230	53,3	537	264	296	134,7	255
	Gras op Zand	DB 1	143	34,8	234	101,2	111,2	48,7	94
	Gras op Zeeklei	DC 1	836	146	830	261	239	114	261
	Gras op Rivierklei	DD 1	97,7	4,5	194	93,5	108,3	48,0	88
	Bollen op Zand	DF 1	16,4	1,2	26	9,9	12,7	4,2	8
	Bouwland op Zeeklei	DZ 1	22,6	<1,1	36	10,1	14,1	4,6	7
Zuidelijk zeekleigebied	Bouwland op Zeeklei	EA 1	23,7	3,1	45	17,8	21,6	8,4	14
	Bouwland op Zeeklei	EA 3	24,7	2,7	43	16,3	20,0	7,1	12
	Gras op Zeeklei	EB 1	100,9	21,3	220	106,8	120	50,7	93
	Gras op Zand	EC 1	87,3	8,5	119	31,7	44,3	19,2	31
Noordelijk zandgebied I	Gras op Veen	FA 1	97,0	8,2	189	62,5	69,5	30,6	51
	Gras op Zand	FB 1	30,8	3,2	41	14,9	20,4	7,0	13
Veenkoloniën	Gras op Zand	GA 1	20,4	4,0	68	32,4	38,5	16,1	33
	Bouwland op Zand	GB 1	41,1	7,9	79	36,0	38,8	16,0	29
Noordelijk zandgebied II	Gras op Veen	HA 1	29,6	2,1	52	19,1	27,7	11,2	16
	Gras op Zand	HB 1	15,0	1,0	24	8,4	13,9	4,9	<6
	Bouwland op Zand	HC 1	17,8	2,0	36	14,7	20,0	7,6	13
	Gras op Dalgrond	HD 1	23,9	3,1	52	24,8	29,9	13,1	22
Oostelijk zandgebied	Gras op Veen	JA 1	24,3	2,6	51	16,3	23,6	9,2	14
	Gras op Zand	JB 1	14,0	1,1	25	8,5	13,1	4,2	<6
	Maïs op Zand	JC 1	45,5	7,2	74	28,8	34,3	14,2	27
	Gras op Rivierklei	JD 1	48,2	10,3	90	40,8	47,4	22,6	40
Centraal zandgebied	Gras op Zand	KB 1	16,9	1,6	40	16,5	21,4	9,5	15
	Maïs op Zand	KC 1	48,2	10,8	87	34,6	39,6	16,3	29
	Gras op Rivierklei	KD 1	60,2	8,5	93	42,7	51,6	23,3	41
Rivierkleigebied	Gras op Rivierklei	LA 1	42,5	5,9	83	33,2	43,2	17,5	29
	Gras op Zand	LB 1	26,1	3,9	60	25,7	29,8	12,5	22
	Fruit op Rivierklei	LC 1	149	12,8	216	85,4	96,4	40,3	60
Zuidelijk zandgebied	Gras op Zand	MA 1	14,4	3,3	37	16,1	19,4	7,2	13
	Maïs op Zand	MB 1	23,6	2,4	36	11,1	15,5	6,0	9
	Bouwland op Zand	MC 1	19,3	<1,1	29	7,9	12,2	4,0	<6
	Gras op Rivierklei	MD 1	54,8	7,4	82	36,2	45,2	18,1	29
Zuid-Limburg	Gras op Leem	NA 1	57,7	7,2	122	56,1	66,7	31,1	54

Betekenis afkortingen:

PHE	Phenanthreen	CHR	Chryseen
ANT	Anthracen	BkF	Benzo(k)fluorantheen
FLT	Fluorantheen	BaP	Benzo(a)pyreen
BaA	Benzo(a)anthracen		

vervolg bijlage III:

LEI-gebied	Combinatie	Code	BPE	IPY	FLN	PYR	BbF	DBA
Noordelijk zeekleigebied	Gras op Zeeklei	AA 4	37	35	4,3	47	33	<9
	Bouwland op Zeeklei	AB 1	25	17	3,2	38	23	<9
	Gras op Zand	AD 1	16	17	<2,9	26	24	<9
Noordelijk veenweidegebied	Gras op Veen	BA 1	32	31	6,9	43	43	<9
	Gras op Zand	BB 1	14	13	3,5	18	17	<9
	Gras op Zeeklei	BC 1	46	41	6,9	70	51	<9
Noordhollandse droogmakerij en IJsselmeer- polders	Bouwland op Zeeklei	CA 1	11	<10	<2,9	11	12	<9
	Gras op Zeeklei	CB 1	17	15	<2,9	19	17	<9
	Gras op Zand	CC 1	39	30	3,9	54	39	<9
	Gras op Veen	CD 1	150	151	24,8	323	171	20
Westelijk weidegebied	Gras op Veen	DA 4	283	290	16,2	396	309	58
	Gras op Zand	DB 1	87	75	15,6	152	104	17
	Gras op Zeeklei	DC 1	254	229	95,1	540	261	50
	Gras op Rivierklei	DD 1	108	105	9,6	140	117	19
	Bollen op Zand	DF 1	13	<10	<2,9	17	13	<9
	Bouwland op Zeeklei	DZ 1	15	14	3,1	21	16	<9
Zuidelijk zeekleigebied	Bouwland op Zeeklei	EA 1	22	21	3,0	33	24	<9
	Bouwland op Zeeklei	EA 3	20	16	<2,9	32	20	<9
	Gras op Zeeklei	EB 1	117	109	9,9	145	123	21
	Gras op Zand	EC 1	33	33	5,7	76	42	<9
Noordelijk zandgebied I	Gras op Veen	FA 1	61	77	7,8	119	78	11
	Gras op Zand	FB 1	21	17	3,1	26	25	<9
Veenkoloniën	Gras op Zand	GA 1	36	34	<2,9	51	42	<9
	Bouwland op Zand	GB 1	34	29	3,2	56	43	<9
Noordelijk zandgebied II	Gras op Veen	HA 1	24	32	5,7	34	45	<9
	Gras op Zand	HB 1	12	13	<2,9	14	18	<9
	Bouwland op Zand	HC 1	21	15	<2,9	26	25	<9
	Gras op Dalgrond	HD 1	27	18	<2,9	36	40	<9
Oostelijk zandgebied	Gras op Veen	JA 1	23	21	<2,9	33	30	<9
	Gras op Zand	JB 1	11	11	<2,9	13	15	<9
	Maïs op Zand	JC 1	30	31	5,8	42	36	23
	Gras op Rivierklei	JD 1	54	52	6,5	61	61	<9
Centraal zandgebied	Gras op Zand	KB 1	20	20	<2,9	26	26	<9
	Maïs op Zand	KC 1	31	32	3,7	60	40	<9
	Gras op Rivierklei	KD 1	58	57	7,5	63	63	10
Rivierkleigebied	Gras op Rivierklei	LA 1	39	39	6,1	60	46	<9
	Gras op Zand	LB 1	28	26	<2,9	41	33	<9
	Fruit op Rivierklei	LC 1	57	53	11,9	142	83	16
Zuidelijk zandgebied	Gras op Zand	MA 1	18	16	<2,9	25	20	<9
	Maïs op Zand	MB 1	15	11	<2,9	22	18	<9
	Bouwland op Zand	MC 1	13	12	<2,9	17	15	<9
	Gras op Rivierklei	MD 1	41	41	5,9	49	50	<9
Zuid-Limburg	Gras op Leem	NA 1	72	60	5,5	82	78	11

Betekenis afkortingen:

BPE

Benzo(ghi)peryleen

PYR

pyreen

IPY

Indeno(123-cd)pyreen

BbF

Benzo(b)fluorantheen

FLN

Fluoreen

DBA

Dibenz(ah)anthraceen

BIJLAGE IV ANALYSERESULTATEN POLYCHLOORBIFENYLEN (PCB'S) EN LINDAAN (in µg kg⁻¹)

LEI-gebied	Combinatie	Code	PCB28	PCB52	PCB74	PCB101	PCB118	PCB138
Noordelijk zeekleigebied	Gras op Zeeklei	AA 4	0,35	0,19	<0,1	0,26	0,15	0,35
	Bouwland op Zeeklei	AB 1	0,13	0,14	<0,1	0,35	0,20	0,45
	Gras op Zand	AD 1	0,14	0,13	<0,1	0,20	<0,1	0,21
Noordelijk veenweidegebied	Gras op Veen	BA 1	0,29	0,22	<0,1	0,47	0,23	0,65
	Gras op Zand	BB 1	0,19	0,16	<0,1	0,29	0,14	0,33
	Gras op Zeeklei	BC 1	0,28	0,21	<0,1	0,49	0,25	0,61
Noordhollandse droogmakerij en IJsselmeer- polders	Bouwland op Zeeklei	CA 1	0,15	0,14	<0,1	0,23	0,13	0,26
	Gras op Zeeklei	CB 1	0,17	0,11	<0,1	0,27	0,14	0,34
	Gras op Zand	CC 1	0,14	0,16	<0,1	0,38	0,21	0,45
	Gras op Veen	CD 1	0,34	0,26	<0,1	0,74	0,44	0,97
Westelijk weidegebied	Gras op Veen	DA 4	0,80	1,17	0,33	2,27	2,02	2,48
	Gras op Zand	DB 1	0,19	0,17	<0,1	0,46	0,24	0,83
	Gras op Zeeklei	DC 1	0,20	0,21	<0,1	0,76	0,49	1,37
	Gras op Rivierklei	DD 1	0,47	0,33	0,10	0,64	0,30	0,84
	Bollen op Zand	DF 1	0,10	<0,1	<0,1	0,39	<0,1	0,34
	Bouwland op Zeeklei	DZ 1	0,17	0,12	<0,1	0,21	0,13	0,29
Zuidelijk zeekleigebied	Bouwland op Zeeklei	EA 1	0,14	0,12	<0,1	0,20	0,13	0,29
	Bouwland op Zeeklei	EA 3	0,21	0,14	<0,1	0,23	0,11	0,25
	Gras op Zeeklei	EB 1	0,52	0,44	0,14	1,03	0,64	1,63
	Gras op Zand	EC 1	<0,1	<0,1	<0,1	0,23	0,14	0,29
Noordelijk zandgebied I	Gras op Veen	FA 1	0,27	0,21	<0,1	0,45	0,24	0,52
	Gras op Zand	FB 1	0,16	0,12	<0,1	0,29	0,12	0,32
Veenkoloniën	Gras op Zand	GA 1	<0,1	0,10	<0,1	0,22	<0,1	0,20
	Bouwland op Zand	GB 1	0,13	0,11	<0,1	0,26	0,11	0,28
Noordelijk zandgebied II	Gras op Veen	HA 1	0,21	0,17	<0,1	0,46	0,24	0,53
	Gras op Zand	HB 1	0,13	0,11	<0,1	0,28	0,14	0,36
	Bouwland op Zand	HC 1	<0,1	<0,1	<0,1	0,19	<0,1	0,26
	Gras op Dalgrond	HD 1	0,14	0,14	<0,1	0,41	0,22	0,53
Oostelijk zandgebied	Gras op Veen	JA 1	0,13	0,11	<0,1	0,32	0,17	0,42
	Gras op Zand	JB 1	0,12	<0,1	<0,1	0,23	0,10	0,31
	Maïs op Zand	JC 1	0,14	0,13	<0,1	0,30	0,11	0,29
	Gras op Rivierklei	JD 1	0,90	0,74	0,41	1,29	1,00	1,82
Centraal zandgebied	Gras op Zand	KB 1	<0,1	<0,1	<0,1	0,19	0,10	0,26
	Maïs op Zand	KC 1	0,69	1,26	0,28	0,89	0,50	0,80
	Gras op Rivierklei	KD 1	0,88	0,71	0,37	1,32	0,90	1,92
Rivierkleigebied	Gras op Rivierklei	LA 1	0,18	0,15	<0,1	0,41	0,24	0,70
	Gras op Zand	LB 1	0,12	<0,1	<0,1	0,18	<0,1	0,26
	Fruit op Rivierklei	LC 1	0,18	0,17	<0,1	0,31	0,21	0,49
Zuidelijk zandgebied	Gras op Zand	MA 1	<0,1	<0,1	<0,1	0,16	0,07	0,23
	Maïs op Zand	MB 1	0,11	0,10	<0,1	0,28	0,13	storing
	Bouwland op Zand	MC 1	0,11	0,12	<0,1	0,29	0,11	0,32
	Gras op Rivierklei	MD 1	0,26	0,21	<0,1	0,38	0,21	0,55
Zuid-Limburg	Gras op Leem	NA 1	0,19	0,14	<0,1	0,32	0,18	0,48

vervolg bijlage IV:

LEI-gebied	Combinatie	Code	PCB153	PCB156	PCB180	Lindaan
Noordelijk zeekleigebied	Gras op Zeeklei	AA 4	0,39	<0,1	0,19	0,21
	Bouwland op Zeeklei	AB 1	0,48	<0,1	0,23	0,44
	Gras op Zand	AD 1	0,24	<0,1	0,11	1,79
Noordelijk veenweidegebied	Gras op Veen	BA 1	0,69	0,10	0,33	0,62
	Gras op Zand	BB 1	0,39	<0,1	0,17	0,30
	Gras op Zeeklei	BC 1	0,65	<0,1	0,31	0,64
Noordhollandse droogmakerij en IJsselmeer- polders	Bouwland op Zeeklei	CA 1	0,27	<0,1	0,12	0,21
	Gras op Zeeklei	CB 1	0,39	<0,1	0,18	1,09
	Gras op Zand	CC 1	0,45	<0,1	0,18	0,30
	Gras op Veen	CD 1	0,99	0,16	0,50	0,39
Westelijk weidegebied	Gras op Veen	DA 4	2,24	0,42	0,98	0,62
	Gras op Zand	DB 1	0,82	0,14	0,58	0,25
	Gras op Zeeklei	DC 1	1,32	0,23	0,78	0,34
	Gras op Rivierklei	DD 1	0,87	0,13	0,47	0,52
	Bollen op Zand	DF 1	0,38	<0,1	0,22	0,17
	Bouwland op Zeeklei	DZ 1	0,33	<0,1	0,15	0,20
Zuidelijk zeekleigebied	Bouwland op Zeeklei	EA 1	0,31	<0,1	0,15	1,14
	Bouwland op Zeeklei	EA 3	0,28	<0,1	0,14	0,30
	Gras op Zeeklei	EB 1	1,64	0,23	0,85	0,42
	Gras op Zand	EC 1	0,35	<0,1	0,15	0,82
Noordelijk zandgebied I	Gras op Veen	FA 1	0,58	<0,1	0,27	1,07
	Gras op Zand	FB 1	0,36	<0,1	0,16	1,41
Veenkoloniën	Gras op Zand	GA 1	0,25	<0,1	0,10	0,56
	Bouwland op Zand	GB 1	0,30	<0,1	0,13	0,61
Noordelijk zandgebied II	Gras op Veen	HA 1	0,63	<0,1	0,29	0,54
	Gras op Zand	HB 1	0,40	<0,1	0,18	0,40
	Bouwland op Zand	HC 1	0,29	<0,1	0,14	1,69
	Gras op Dalgrond	HD 1	0,57	<0,1	0,31	0,76
Oostelijk zandgebied	Gras op Veen	JA 1	0,49	<0,1	0,23	0,58
	Gras op Zand	JB 1	0,35	<0,1	0,15	0,31
	Maïs op Zand	JC 1	0,33	<0,1	0,14	1,51
	Gras op Rivierklei	JD 1	1,93	0,30	1,04	0,52
Centraal zandgebied	Gras op Zand	KB 1	0,30	<0,1	0,14	1,04
	Maïs op Zand	KC 1	0,84	0,12	0,42	0,32
	Gras op Rivierklei	KD 1	1,85	0,33	1,19	0,47
Rivierkleigebied	Gras op Rivierklei	LA 1	0,72	0,10	0,36	0,68
	Gras op Zand	LB 1	0,32	<0,1	0,15	0,79
	Fruit op Rivierklei	LC 1	0,50	<0,1	0,27	0,30
Zuidelijk zandgebied	Gras op Zand	MA 1	0,26	<0,1	0,13	0,36
	Maïs op Zand	MB 1	0,36	<0,1	0,18	>2
	Bouwland op Zand	MC 1	0,36	<0,1	0,16	1,83
	Gras op Rivierklei	MD 1	0,61	0,10	0,34	0,72
Zuid-Limburg	Gras op Leem	NA 1	0,52	<0,1	0,29	0,81

BIJLAGE V ANALYSERESULTATEN TRIAZINES (in $\mu\text{g kg}^{-1}$)

LEI-gebied	Combinatie	Code	Desiso- propyl-A	Desethyl-A	Atrazin	Simazin
Noordelijk zeekleigebied	Gras op Zeeklei	AA 4	< 10	< 10	< 10	< 10
	Bouwland op Zeeklei	AB 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Gras op Zand	AD 1	< 10	< 10	< 10	< 10
Noordelijk veenweidegebied	Gras op Veen	BA 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Gras op Zand	BB 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Gras op Zeeklei	BC 1	< 10	< 10	< 10	< 10
Noordhollandse droogmakerij en IJsselmeer- polders	Bouwland op Zeeklei	CA 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Gras op Zeeklei	CB 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Gras op Zand	CC 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Gras op Veen	CD 1	< 10	< 10	< 10	< 10
Westelijk weidegebied	Gras op Veen	DA 4	12	< 10	< 10	< 10
	Gras op Zand	DB 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Gras op Zeeklei	DC 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Gras op Rivierklei	DD 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Bollen op Zand	DF 1	< 10	13	< 10	< 10
	Bouwland op Zeeklei	DZ 1	< 10	< 10	14	< 10
Zuidelijk zeekleigebied	Bouwland op Zeeklei	EA 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Bouwland op Zeeklei	EA 3	< 10	< 10	< 10	< 10
	Gras op Zeeklei	EB 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Gras op Zand	EC 1	< 10	< 10	< 10	< 10
Noordelijk zandgebied I	Gras op Veen	FA 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Gras op Zand	FB 1	< 10	< 10	< 10	< 10
Veenkolonien	Gras op Zand	GA 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Bouwland op Zand	GB 1	< 10	< 10	< 10	< 10
Noordelijk zandgebied II	Gras op Veen	HA 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Gras op Zand	HB 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Bouwland op Zand	HC 1	< 10	< 10	12	< 10
	Gras op Dalgrond	HD 1	< 10	< 10	< 10	< 10
Oostelijk zandgebied	Gras op Veen	JA 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Gras op Zand	JB 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Maïs op Zand	JC 1	< 10	< 10	14	< 10
	Gras op Rivierklei	JD 1	< 10	< 10	< 10	< 10
Centraal zandgebied	Gras op Zand	KB 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Maïs op Zand	KC 1	< 10	< 10	20	< 10
	Gras op Rivierklei	KD 1	< 10	< 10	< 10	< 10
Rivierkleigebied	Gras op Rivierklei	LA 1	10	< 10	< 10	< 10
	Gras op Zand	LB 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Fruit op Rivierklei	LC 1	< 10	< 10	< 10	16
Zuidelijk zandgebied	Gras op Zand	MA 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Maïs op Zand	MB 1	< 10	< 10	12	< 10
	Bouwland op Zand	MC 1	< 10	< 10	< 10	< 10
	Gras op Rivierklei	MD 1	< 10	< 10	< 10	< 10
Zuid-Limburg	Gras op Leem	NA 1	< 10	< 10	< 10	< 10

BIJLAGE VI TOTALE EN BESCHIKBARE METAALGEHALTEN VOOR VERSCHILLENDE COMBINATIES GRONDGEBRUIK/GRONDSOORT (in mg kg⁻¹)

Combinaties	Code	Cadmium		Chroom		Koper		Nikkel	
		totaal	CaCl ₂ - extract	totaal	CaCl ₂ - extract	totaal	CaCl ₂ - extract	totaal	CaCl ₂ - extract
Gras op Rivierklei	DD 2	0,65	0,010	50	0,011	39,8	0,222	30,3	0,190
	JD 2	0,23	0,036	26	<0,008	12,2	0,089	11,6	0,104
	KD 2	0,32	0,011	30	0,010	22,5	0,159	15,9	0,093
	LA 2	0,66	0,034	50	0,010	29,3	0,203	31,4	0,175
	MD 2	0,29	0,025	23	<0,008	12,6	0,089	10,3	0,069
Gras op Veen	BA 2	0,31	0,018	31	0,014	21,3	0,108	13,9	0,119
	CD 2	0,77	0,012	34	0,012	34,1	0,121	17,9	0,132
	DA 2	0,68	0,016	41	0,016	68,7	0,191	21,9	0,120
	FA 2	0,44	0,017	28	0,012	12,7	0,051	10,1	0,096
	HA 2	0,35	0,002	12	0,015	16,1	0,064	3,0	0,028
	JA 2	0,49	0,022	29	0,009	18,1	0,070	7,0	0,062
Gras op Zand	AD 2	0,19	0,013	13	0,009	8,7	0,070	5,2	0,050
	BB 2	0,24	0,015	8	<0,008	7,2	0,044	2,0	0,049
	CC 2	0,21	0,008	11	<0,008	7,5	0,051	4,0	0,030
	DB 2	0,16	0,020	8	<0,008	21,3	0,121	2,9	0,076
	EC 2	0,12	0,002	11	<0,008	5,9	0,051	6,2	0,021
	FB 2	0,24	0,012	11	0,009	10,8	0,044	5,1	0,035
	GA 2	0,24	0,018	7	<0,008	11,9	0,070	1,6	0,041
	HB 2	0,14	0,010	7	<0,008	13,3	0,051	1,6	0,028
	JB 2	0,16	0,025	11	0,028	12,7	0,127	3,1	0,060
	KB 2	0,14	0,009	9	<0,008	20,2	0,032	3,5	0,035
	LB 2	0,21	0,018	15	<0,008	12,6	0,095	6,5	0,050
	MA 2	0,25	0,027	8	<0,008	10,8	0,070	2,4	0,045
Gras op Zeeklei	AA 2	0,21	0,003	41	<0,008	18,5	0,140	17,0	0,083
	BC 2	0,52	0,009	45	0,011	16,2	0,095	18,8	0,119
	CB 2	0,19	<0,0004	35	<0,008	12,2	0,095	17,7	0,048
	DC 2	0,49	0,012	38	0,009	27,7	0,152	17,3	0,133
	EB 2	0,34	0,004	42	<0,008	21,1	0,178	23,0	0,103
Bouwland op Zand	GB 2	0,29	0,020	8	<0,008	13,5	0,070	1,9	0,055
	HC 2	0,12	0,011	8	<0,008	9,7	0,032	1,3	0,035
	MC 2	0,24	0,033	6	<0,008	9,5	0,070	2,0	0,048
Bouwland op Zeeklei	AB 2	0,09	<0,0004	33	<0,008	9,8	0,070	13,7	0,036
	CA 2	0,57	0,001	31	<0,008	13,4	0,064	17,1	0,025
	DZ 2	0,30	0,001	39	<0,008	20,2	0,083	23,1	0,046
	EA 2	0,29	0,001	42	<0,008	24,9	0,083	23,4	0,025
Gras op Dalgrond	HD 2	0,35	0,013	12	<0,008	23,4	0,083	3,2	0,033
Gras op Leem	NA 2	0,67	0,017	32	<0,008	15,7	0,140	16,0	0,051
Maïs op Zand	JC 2	0,13	0,026	10	<0,008	9,5	0,089	3,3	0,049
	KC 2	0,14	0,021	9	<0,008	10,5	0,070	2,1	0,055
	MB 2	0,21	0,023	8	<0,008	10,7	0,070	3,2	0,064
Bollen op Zand	DF 2	0,20	0,004	11	<0,008	7,1	0,064	4,2	0,019
Fruit op Rivierklei	LC 2	0,37	0,004	41	<0,008	33,5	0,146	30,9	0,054

N.B. Eerste letter van code geeft LEI-gebied aan:

A	Noordelijk Zeekleigebied	F	Noordelijk Zandgebied I	L	Rivierkleigebied
B	Noordelijk Veenweidegebied	G	Veenkoloniën	M	Zuidelijk Zandgebied
C	NH-droogmakerij en IJsselmeerp.	H	Noordelijk Zandgebied II	N	Zuid-Limburg
D	Westelijk Weidegebied	J	Oostelijk Zandgebied		
E	Zuidelijk Zeekleigebied	K	Centraal Zandgebied		

vervolg bijlage VI:

Combinaties	Code	Lood totaal	CaCl ₂ - extract	Zink totaal	CaCl ₂ - extract	Arseen totaal	CaCl ₂ - extract
Gras op Rivierklei	DD 2	75	0,008	212	1,33	34,7	0,025
	JD 2	24	0,005	95	0,57	10,3	0,007
	KD 2	26	<0,002	127	1,24	9,9	0,016
	LA 2	58	0,006	171	0,27	13,0	0,016
	MD 2	30	<0,002	108	2,13	8,6	0,010
Gras op Veen	BA 2	44	0,011	93	1,91	13,2	0,010
	CD 2	88	0,015	176	1,17	14,3	0,015
	DA 2	212	0,061	285	4,42	11,9	0,017
	FA 2	28	0,013	78	1,22	6,5	0,019
	HA 2	25	0,013	67	1,01	5,7	0,011
	JA 2	38	0,012	96	2,17	9,7	0,010
Gras op Zand	AD 2	21	0,010	33	0,96	3,4	0,018
	BB 2	13	0,023	48	0,28	1,3	0,019
	CC 2	29	0,012	44	1,18	2,5	0,028
	DB 2	61	0,045	70	3,45	4,1	0,020
	EC 2	14	<0,002	37	<0,1	3,5	0,034
	FB 2	20	0,013	40	1,48	1,6	0,012
	GA 2	19	0,030	38	1,91	1,9	0,013
	HB 2	12	0,006	43	2,40	1,8	0,004
	JB 2	17	0,054	43	1,23	11,8	0,044
	KB 2	19	0,005	39	1,18	6,5	0,007
	LB 2	19	0,019	50	0,93	5,3	0,017
	MA 2	19	0,010	39	0,92	2,8	0,020
Gras op Zeeklei	AA 2	27	0,004	76	<0,1	10,9	0,076
	BC 2	35	0,005	129	0,99	11,2	0,022
	CB 2	22	<0,002	82	<0,1	10,3	0,034
	DC 2	69	0,014	164	0,75	8,2	0,025
	EB 2	36	<0,002	137	<0,1	12,6	0,031
Bouwland op Zand	GB 2	22	0,022	38	2,11	1,9	0,019
	HC 2	13	0,005	27	1,41	3,6	0,004
	MC 2	14	0,005	39	5,54	2,0	0,026
Bouwland op Zeeklei	AB 2	21	0,004	54	0,32	11,5	0,058
	CA 2	21	<0,002	84	<0,1	14,0	0,041
	DZ 2	34	0,002	100	<0,1	16,7	0,043
	EA 2	29	<0,002	81	2,38	13,7	0,037
Gras op Dalgrond	HD 2	30	0,013	52	2,59	4,6	0,010
Gras op Leem	NA 2	34	<0,002	178	0,97	9,6	0,007
Maïs op Zand	JC 2	13	0,006	30	0,52	2,9	0,020
	KC 2	15	0,003	33	0,10	4,5	0,025
	MB 2	12	0,003	36	1,47	1,9	0,015
Bollen op Zand	DF 2	6	0,004	36	0,60	2,3	0,019
Fruit op Rivierklei	LC 2	34	<0,002	122	1,22	12,5	0,010

N.B. Eerste letter van code geeft LEI-gebied aan:

A	Noordelijk Zeekleigebied	F	Noordelijk Zandgebied I	L	Rivierkleigebied
B	Noordelijk Veenweidegebied	G	Veenkoloniën	M	Zuidelijk Zandgebied
C	NH-droogmakerij en IJsselmeerp.	H	Noordelijk Zandgebied II	N	Zuid-Limburg
D	Westelijk Weidegebied	J	Oostelijk Zandgebied		
E	Zuidelijk Zeekleigebied	K	Centraal Zandgebied		

Gehalten aan zink zijn gemiddelden van 4 replica's

BIJLAGE VII BESCHIKBARE METAALCONCENTRATIES IN CaCl₂-EXTRACTEN VOOR VERSCHILLENDE COMBINATIES GRONDGEBRUIK/GRONDSOORT (in µg l⁻¹)

Combinatie	Code	Cadmium CaCl ₂ - extract	Chroom CaCl ₂ - extract	Koper CaCl ₂ - extract	Nikkel CaCl ₂ - extract	Lood CaCl ₂ - extract	Zink CaCl ₂ - extract	Arseen CaCl ₂ - extract
Gras op Rivierklei	DD 2	0,99	1,14	22,24	18,96	0,77	133,4	2,55
	JD 2	3,57	<0,78	8,90	10,39	0,54	56,7	0,75
	KD 2	1,07	0,99	15,89	9,33	<0,207	124,0	1,65
	LA 2	3,36	0,99	20,33	17,50	0,62	27,1	1,65
	MD 2	2,45	<0,78	8,90	6,93	<0,207	213,4	1,05
Gras op Veen	BA 2	1,83	1,40	10,80	11,86	1,12	191,2	1,05
	CD 2	1,19	1,20	12,07	13,15	1,53	117,2	1,50
	DA 2	1,56	1,56	19,06	12,04	6,09	442,1	1,72
	FA 2	1,67	1,20	5,08	9,57	1,35	121,8	1,95
	HA 2	0,25	1,46	6,35	2,82	1,31	100,6	1,12
	JA 2	2,19	0,88	6,99	6,22	1,18	217,2	0,97
Gras op Zand	AD 2	1,34	0,94	6,99	5,05	1,02	95,6	1,80
	BB 2	1,49	<0,78	4,45	4,93	2,26	27,6	1,95
	CC 2	0,84	<0,78	5,08	2,99	1,24	118,2	2,85
	DB 2	2,00	<0,78	12,07	7,63	4,50	345,4	2,02
	EC 2	0,20	<0,78	5,08	2,05	0,25	<10	3,45
	FB 2	1,23	0,88	4,45	3,52	1,28	148,5	1,20
	GA 2	1,75	<0,78	6,99	4,11	3,05	191,4	1,35
	HB 2	1,03	<0,78	5,08	2,76	0,56	239,6	0,37
	JB 2	2,46	2,76	12,71	5,99	5,41	122,8	4,42
	KB 2	0,90	<0,78	3,18	3,52	0,52	117,9	0,67
	LB 2	1,80	<0,78	9,53	5,05	1,91	92,6	1,72
	MA 2	2,72	<0,78	6,99	4,46	1,04	91,8	2,02
Gras op Zeeklei	AA 2	0,26	<0,78	13,98	8,34	0,41	<10	7,64
	BC 2	0,89	1,09	9,53	11,92	0,50	98,9	2,17
	CB 2	<0,045	<0,78	9,53	4,76	<0,207	<10	3,37
	DC 2	1,17	0,88	15,25	13,33	1,43	75,4	2,55
	EB 2	0,43	<0,78	17,79	10,27	<0,207	<10	3,15
Bouwland op Zand	GB 2	2,03	<0,78	6,99	5,46	2,15	211,1	1,87
	HC 2	1,07	<0,78	3,18	3,46	0,54	141,1	0,45
	MC 2	3,32	<0,78	6,99	4,76	0,50	553,5	2,62
Bouwland op Zeeklei	AB 2	<0,045	<0,78	6,99	3,58	0,44	32,4	5,84
	CA 2	0,08	<0,78	6,35	2,52	<0,207	<10	4,12
	DZ 2	0,06	<0,78	8,26	4,58	<0,207	<10	4,27
	EA 2	0,12	<0,78	8,26	2,52	<0,207	237,8	3,75
Gras op Dalgrond	HD 2	1,35	<0,78	8,26	3,35	1,28	259,1	1,05
Gras op Leem	NA 2	1,74	<0,78	13,98	5,11	<0,207	97,1	0,75
Maïs op Zand	JC 2	2,61	<0,78	8,90	4,93	0,64	51,9	2,02
	KC 2	2,09	<0,78	6,99	5,52	0,31	9,8	2,55
	MB 2	2,34	<0,78	6,99	6,40	0,27	147,0	1,50
Bollen op Zand	DF 2	0,40	<0,78	6,35	1,88	0,44	59,9	1,95
Fruit op Rivierklei	LC 2	0,37	<0,78	14,61	5,40	<0,207	121,8	1,05

N.B. Eerste letter van code geeft LEI-gebied aan:

A Noordelijk Zeekleigebied
 B Noordelijk Veenweidegebied
 C NH-droogmakerij en IJsselmeerp.
 D Westelijk Weidegebied
 E Zuidelijk Zeekleigebied

F
 G
 H
 J
 K

Noordelijk Zandgebied I
 Veenkoloniën
 Noordelijk Zandgebied II
 Oostelijk Zandgebied
 Centraal Zandgebied

L Rivierkleigebied
 M Zuidelijk Zandgebied
 N Zuid-Limburg

Concentraties aan zink zijn gemiddelden van 4 replica's.

BIJLAGE VIII **BESCHIKBARE CONCENTRATIES MAGNESIUM, KALIUM, NATRIUM
EN ZINK IN CaCl₂-EXTRACTEN (in mg l⁻¹)**

LEI-gebied	Combinatie	Code	Magnesium	Kalium	Natrium	Zink
Noordelijk zeekleigebied	Gras op Zeeklei	AA 1	36,02	17,08	4,90	<0,01
		AA 2	39,56	24,81	8,46	<0,01
		AA 3	17,88	11,96	4,33	<0,01
		AA 4	20,26	10,79	5,01	<0,01
	Bouwland op Zeeklei	AB 1	6,24	5,37	1,63	0,13
		AB 2	11,75	7,76	3,07	<0,01
		AB 3	14,79	10,02	<0,5	<0,01
		AB 4	9,84	6,06	3,27	<0,01
	Gras op Zand	AD 1	8,34	7,66	0,72	0,27
		AD 2	16,44	9,65	2,58	0,05
		AD 3	17,38	9,22	3,25	0,01
		AD 4	16,64	8,26	2,71	0,05
Noordelijk veenweidegebied	Gras op Veen	BA 1	37,94	11,61	5,13	0,14
		BA 2	54,76	14,49	8,98	0,27
		BA 3	42,29	19,44	4,09	0,20
		BA 4	42,81	19,19	49,86	0,15
	Gras op Zand	BB 1	17,00	10,15	1,94	0,11
		BB 2	20,89	9,90	2,52	<0,01
		BB 3	22,84	7,75	3,33	<0,01
		BB 4	12,34	9,05	2,09	<0,01
	Gras op Zeeklei	BC 1	47,53	19,34	8,41	0,16
		BC 2	76,47	27,93	13,08	0,08
		BC 3	58,95	28,87	10,88	0,14
		BC 4	41,22	15,14	9,39	0,02
Noordhollandse droogmakerij en IJsselmeer- polders	Bouwland op Zeeklei	CA 1	4,16	6,13	1,21	<0,01
		CA 2	7,45	6,82	1,21	<0,01
		CA 3	5,67	5,73	1,42	<0,01
		CA 4	5,67	6,74	0,91	<0,01
	Gras op Zeeklei	CB 1	29,82	11,43	6,18	<0,01
		CB 2	22,51	11,84	7,18	<0,01
		CB 3	41,80	17,41	13,13	<0,01
		CB 4	17,04	12,62	5,30	<0,01
	Gras op Zand	CC 1	14,31	6,54	1,52	0,14
		CC 2	13,52	6,24	2,02	0,05
		CC 3	16,53	6,64	1,91	0,16
		CC 4	10,16	6,06	0,52	0,13
	Gras op Veen	CD 1	20,81	10,80	0,85	0,16
		CD 2	33,70	16,44	2,05	0,17
		CD 3	26,61	10,29	2,05	0,08
		CD 4	25,10	10,39	2,25	0,06
Westelijk weidegebied	Gras op Veen	DA 1	33,07	24,47	8,39	0,44
		DA 2	35,68	23,31	8,19	0,22
		DA 3	57,14	31,72	13,20	0,52
		DA 4	56,35	37,91	13,30	0,59
	Gras op Zand	DB 1	37,69	16,04	0,79	0,64
		DB 2	43,18	20,92	7,63	0,23
		DB 3	43,47	28,36	9,04	0,22
		DB 4	37,06	21,83	4,82	0,28
	Gras op Zeeklei	DC 1	35,84	21,02	6,35	0,13
		DC 2	32,80	15,85	5,34	0,08
		DC 3	<0,1	39,01	11,35	<0,01
		DC 4	46,78	18,76	6,73	0,09
	Gras op Rivierklei	DD 1	36,20	11,54	3,89	0,26
		DD 2	37,34	9,70	5,45	0,08
		DD 3	40,54	14,98	5,76	0,09
		DD 4	34,50	12,78	4,43	0,09
	Bollen op Zand	DF 1	4,55	10,22	0,52	0,24
		DF 2	4,45	9,93	1,24	<0,01
		DF 3	4,15	9,07	0,99	<0,01
		DF 4	2,87	8,40	1,04	<0,01

vervolg bijlage VIII:

LEI-gebied	Combinatie	Code	Magnesium	Kalium	Natrium	Zink
	Bouwland op Zeeklei	DZ 1	7,34	7,22	3,10	<0,01
		DZ 2	11,49	8,60	3,82	<0,01
		DZ 3	13,05	9,67	4,01	<0,01
		DZ 4	22,45	21,54	8,03	<0,01
Zuidelijk zeekleigebied	Bouwland op Zeeklei	EA 1	14,93	8,51	0,62	0,21
		EA 2	17,95	9,72	0,51	0,33
		EA 3	23,61	13,34	1,42	0,20
		EA 4	24,59	11,10	1,42	0,22
	Gras op Zeeklei	EB 1	26,86	12,80	9,53	<0,01
		EB 2	27,66	12,40	6,43	<0,01
		EB 3	19,91	10,80	2,55	<0,01
		EB 4	19,65	11,88	2,94	<0,01
	Gras op Zand	EC 1	14,53	9,96	2,60	0,01
		EC 2	8,83	7,42	1,99	<0,01
		EC 3	21,22	10,59	3,42	<0,01
		EC 4	18,15	13,37	3,69	<0,01
Noordelijk zandgebied I	Gras op Veen	FA 1	50,98	26,66	8,33	0,09
		FA 2	50,59	22,99	8,13	0,08
		FA 3	48,26	22,53	8,02	0,18
		FA 4	37,00	22,53	6,80	0,14
	Gras op Zand	FB 1	28,55	17,24	3,64	0,07
		FB 2	25,21	15,83	3,08	0,20
		FB 3	27,94	16,78	4,19	0,12
		FB 4	26,80	12,59	3,65	0,21
Veenkolonien	Gras op Zand	GA 1	10,43	8,70	1,29	0,18
		GA 2	17,00	13,88	2,20	0,16
		GA 3	9,58	14,31	1,96	0,17
		GA 4	16,92	14,89	2,97	0,25
	Bouwland op Zand	GB 1	39,67	20,66	14,92	0,51
		GB 2	35,76	18,65	6,36	0,13
		GB 3	6,36	5,58	1,57	0,18
		GB 4	17,36	27,57	4,90	0,02
Noordelijk zandgebied II	Gras op Veen	HA 1	5,49	6,10	1,48	0,14
		HA 2	6,37	4,10	1,45	<0,01
		HA 3	6,57	5,89	1,60	0,14
		HA 4	8,17	6,89	2,58	0,12
	Gras op zand	HB 1	17,28	10,97	2,26	0,36
		HB 2	33,71	18,71	4,48	0,31
		HB 3	44,78	21,56	4,69	0,14
		HB 4	29,51	16,24	3,81	0,15
	Bouwland op Zand	HC 1	25,95	19,82	5,51	0,12
		HC 2	11,55	8,68	2,26	0,10
		HC 3	14,65	10,32	2,80	0,10
		HC 4	8,76	7,28	2,18	0,25
	Gras op Dalgrond	HD 1	28,18	15,74	<0,5	0,33
		HD 2	30,27	17,46	2,87	0,26
		HD 3	29,15	14,57	2,66	0,21
		HD 4	28,64	17,10	2,91	0,23
Oostelijk zandgebied	Gras op Veen	JA 1	47,36	21,29	6,95	0,27
		JA 2	36,22	25,98	6,30	0,19
		JA 3	36,48	16,45	5,28	0,23
		JA 4	69,39	17,87	6,72	0,17
	Gras op Zand	JB 1	25,88	18,57	2,62	0,07
		JB 2	10,24	7,78	1,29	0,16
		JB 3	13,09	13,29	1,47	0,09
		JB 4	10,16	11,35	1,39	0,17

vervolg bijlage VIII:

LEI-gebied	Combinatie	Code	Magnesium	Kalium	Natrium	Zink
Centraal zandgebied	Maïs op Zand	JC 1	8,90	10,43	0,70	0,06
		JC 2	26,30	20,75	2,65	0,03
		JC 3	14,25	14,47	2,04	0,06
		JC 4	10,85	12,66	1,75	0,07
	Gras op Rivierklei	JD 1	23,80	10,31	3,58	0,06
		JD 2	23,53	13,40	3,37	0,08
		JD 3	22,51	1,25	3,99	0,04
		JD 4	19,38	0,70	4,23	0,05
	Gras op zand	KB 1	31,36	19,60	2,97	0,18
		KB 2	5,87	4,36	0,73	<0,01
		KB 3	19,52	12,05	1,88	0,15
		KB 4	20,84	14,60	2,36	0,14
	Maïs op Zand	KC 1	5,65	7,10	0,80	<0,01
		KC 2	6,06	7,41	1,10	0,04
		KC 3	7,66	6,70	0,80	<0,01
		KC 4	9,26	4,98	0,80	<0,01
	Gras op Rivierklei	KD 1	26,38	11,59	2,95	0,07
		KD 2	24,28	8,96	1,85	0,07
		KD 3	25,25	16,32	1,35	0,20
		KD 4	19,33	9,25	0,85	0,15
Rivierkleigebied	Gras op Rivierklei	LA 1	63,94	11,23	11,49	0,03
		LA 2	26,79	5,25	4,91	0,04
		LA 3	33,14	6,19	8,22	0,02
		LA 4	67,52	12,80	13,10	0,03
	Gras op zand	LB 1	10,12	1,29	1,58	0,17
		LB 2	15,35	1,16	2,04	0,05
		LB 3	8,63	0,91	1,44	0,11
		LB 4	17,09	1,22	2,02	0,04
	Fruit op Rivierklei	LC 1	15,28	7,31	0,60	0,17
		LC 2	12,13	8,08	<0,5	0,09
		LC 3	22,06	9,34	2,66	0,15
		LC 4	18,03	10,36	2,32	0,08
	Gras op zand	MA 1	17,39	13,66	1,80	0,15
		MA 2	14,96	12,50	1,75	0,16
		MA 3	21,48	12,55	1,89	0,06
		MA 4	23,65	13,85	1,60	<0,01
	Maïs op Zand	MB 1	9,92	10,25	1,30	0,12
		MB 2	7,75	7,76	0,80	0,14
		MB 3	4,92	6,32	0,66	0,16
		MB 4	7,86	10,61	0,97	0,16
	Bouwland op zand	MC 1	5,84	7,25	0,85	0,13
		MC 2	6,85	6,85	1,09	0,66
		MC 3	4,81	7,12	0,96	0,15
		MC 4	9,26	9,99	1,84	1,28
	Gras op Rivierklei	MD 1	5,85	7,40	<0,5	0,21
		MD 2	7,04	8,39	<0,5	0,19
		MD 3	9,33	7,38	0,60	0,19
		MD 4	6,05	6,69	0,60	0,27
Zuid-Limburg	Gras op Leem	NA 1	19,90	8,45	1,43	0,28
		NA 2	19,00	0,80	3,40	0,02
		NA 3	18,02	1,01	1,94	0,05
		NA 4	17,46	1,11	2,54	0,04

BIJLAGE IX TOTALE EN BESCHIKBARE METAALGEHALTEN TEN OPZICHTE VAN DE STREEFWAARDE VAN BODEM (in mg kg⁻¹)

Code	Cd-tot/ sw	Cd-ex/ sw	Cr-tot/ sw	Cr-ex/ sw	Cu-tot/ sw	Cu-ex/ sw	Ni-tot/ sw	Ni-ex/ sw	Pb-tot/ sw	Pb-ex/ sw	Zn-tot/ sw	Zn-ex/ sw	As-tot/ sw	As-ex/ sw
AA 2	0,26	-	0,39	--	0,49	-	0,45	-	0,31	-	0,56	-	0,36	--
AB 2	0,15	-	0,37	--	0,33	-	0,45	-	0,28	-	0,45	-	0,47	--
AD 2	0,33	0,02	0,20	--	0,38	-	0,29	-	0,33	-	0,39	0,01	0,17	--
BA 2	0,25	0,02	0,33	--	0,45	-	0,44	-	0,43	-	0,56	0,02	0,36	--
BB 2	0,38	0,02	0,14	--	0,31	-	0,14	-	0,20	-	0,50	-	0,06	--
BC 2	0,54	0,01	0,40	--	0,37	-	0,46	-	0,36	-	0,81	-	0,33	--
CA 2	0,98	-	0,37	--	0,49	-	0,63	-	0,30	-	0,79	-	0,61	--
CB 2	0,26	-	0,38	--	0,38	-	0,58	-	0,28	-	0,58	-	0,39	--
CC 2	0,38	0,02	0,19	--	0,36	-	0,30	-	0,49	-	0,50	0,01	0,13	--
CD 2	0,61	0,01	0,39	--	0,72	-	0,62	-	0,85	-	1,03	0,01	0,39	--
DA 2	0,49	0,01	0,44	--	1,33	-	0,69	-	1,90	-	1,64	0,01	0,30	--
DB 2	0,28	0,04	0,14	--	1,01	0,01	0,22	0,01	1,02	-	0,87	0,03	0,22	--
DC 2	0,58	0,01	0,38	--	0,73	-	0,50	-	0,78	-	1,07	0,01	0,27	--
DD 2	0,62	0,01	0,42	--	0,84	-	0,69	-	0,72	-	1,13	-	0,95	--
DF 2	0,45	0,01	0,20	--	0,41	-	0,33	-	0,11	-	0,65	-	0,14	--
DZ 2	0,45	-	0,39	--	0,62	-	0,67	-	0,43	-	0,84	-	0,63	--
EA 2	0,48	-	0,45	--	0,85	-	0,73	-	0,39	-	0,82	0,03	0,56	--
EB 2	0,41	0,01	0,45	--	0,59	-	0,73	-	0,42	-	1,06	-	0,44	--
EC 2	0,23	-	0,19	--	0,29	-	0,44	-	0,24	-	0,48	-	0,19	--
FA 2	0,42	0,02	0,36	--	0,33	-	0,43	-	0,31	-	0,56	0,01	0,21	--
FB 2	0,41	0,02	0,19	--	0,49	-	0,35	-	0,33	-	0,57	0,03	0,08	--
GA 2	0,41	0,03	0,12	--	0,55	-	0,12	-	0,31	-	0,53	0,02	0,10	--
GB 2	0,54	0,04	0,14	--	0,68	-	0,15	-	0,38	-	0,63	0,02	0,10	--
HA 2	0,37	-	0,22	--	0,51	-	0,24	-	0,32	-	0,70	-	0,22	--
HB 2	0,24	0,02	0,12	--	0,61	-	0,12	-	0,20	-	0,68	0,04	0,09	--
HC 2	0,22	0,02	0,14	--	0,47	-	0,10	-	0,22	-	0,42	0,01	0,19	--
HD 2	0,42	0,02	0,21	--	0,81	-	0,23	-	0,41	-	0,77	0,03	0,19	--
JA 2	0,48	0,02	0,43	--	0,50	-	0,38	-	0,45	-	0,90	0,02	0,33	--
JB 2	0,28	0,04	0,18	--	0,58	0,01	0,20	-	0,28	-	0,73	0,02	0,60	--
JC 2	0,26	0,05	0,18	--	0,49	-	0,25	-	0,23	-	0,41	-	0,16	--
JD 2	0,37	0,06	0,32	--	0,45	-	0,45	-	0,34	-	0,66	0,01	0,44	--
KB 2	0,26	0,02	0,16	--	0,99	-	0,25	-	0,32	-	0,56	-	0,35	--
KC 2	0,28	0,04	0,15	--	0,53	-	0,15	-	0,26	-	0,51	0,01	0,25	--
KD 2	0,44	0,01	0,35	--	0,71	-	0,57	-	0,33	-	0,76	0,01	0,38	--
LA 2	0,79	0,04	0,44	--	0,73	0,01	0,75	-	0,63	-	1,35	-	0,41	--
LB 2	0,38	0,03	0,23	--	0,57	-	0,38	-	0,31	-	0,66	0,01	0,27	--
LC 2	0,59	0,01	0,42	--	1,08	-	0,91	-	0,44	-	0,96	0,01	0,49	--
MA 2	0,50	0,05	0,14	--	0,56	-	0,18	-	0,33	-	0,77	0,02	0,16	--
MB 2	0,43	0,05	0,14	--	0,57	-	0,24	-	0,21	-	0,53	0,02	0,11	--
MC 2	0,50	0,07	0,11	--	0,52	-	0,15	-	0,25	-	0,61	0,10	0,14	--
MD 2	0,50	0,04	0,30	--	0,50	-	0,45	-	0,45	-	0,88	0,02	0,39	--
NA 2	1,03	0,03	0,40	--	0,56	-	0,63	-	0,47	-	1,36	-	0,40	--

- betekent kleiner dan 0,01 ten opzichte van de streefwaarde
 -- betekent kleiner dan < 0,005 ten opzichte van de streefwaarde

**BIJLAGE X TOTAAL METAALGEHALTEN VOOR VERSCHILLENDE COMBINATIES
GRONDGEBRUIK/GRONDSOORT GEMETEN IN 1986 EN 1992 (in mg kg⁻¹)**

LEI- gebied	Grondgebruik/ grondsoort	Aantal in 1986	Koper		Zink		Lood		Cadmium	
			1986	1992	1986	1992	1986	1992	1986	1992
A	Bouwland/klei	N=36	11,3	11,2	53,9	53,5	17,7	21,0	0,25	0,08
C	Bouwland/klei	N=39	14,4	13,5	75,8	84,3	22,7	20,8	0,34	0,41
D	Bouwland/klei	N=08	17,5	18,5	69,9	99,5	33,9	29,3	0,35	0,32
E	Bouwland/klei	N=82	18,2	19,1	70,4	80,5	27,7	23,5	0,41	0,20
H	Bouwland/zand	N=68	13,5	10,8	25,4	26,8	22,0	18,0	0,20	0,13
M	Bouwland/zand	N=39	10,3	12,1	28,4	39,0	17,0	15,8	0,30	0,25
G	Bouwland/zand	N=14	11,9	12,6	19,4	37,5	16,6	16,8	0,19	0,21
H	Grasland/dalgrond	N=04	16,8	19,1	47,3	51,8	26,5	23,0	0,42	0,22
L	Grasland/klei	N=17	29,1	26,5	127,9	171,0	44,9	44,0	0,60	0,53
K	Grasland/klei	N=07	24,4	23,4	98,9	126,5	40,3	34,0	0,59	0,47
B	Grasland/klei	N=16	20,5	16,6	110,1	129,0	47,4	36,0	0,62	0,70
M	Grasland/klei	N=05	28,0	15,1	245,0	108,0	102,4	34,3	1,63	0,37
C	Grasland/klei	N=10	14,3	11,6	77,2	81,5	27,2	23,3	0,38	0,21
J	Grasland/klei	N=05	20,4	16,4	70,8	95,3	25,2	28,5	0,40	0,34
E	Grasland/klei	N=05	15,2	20,0	56,2	137,0	25,2	36,0	0,37	0,43
A	Grasland/klei	N=45	17,0	17,2	86,7	76,0	33,8	27,5	0,46	0,14
B	Grasland/veen	N=06	24,0	21,0	90,7	93,0	58,7	45,3	0,76	0,28
D	Grasland/veen	N=50	55,3	71,0	168,6	285,3	122,3	218,8	0,92	0,72
H	Grasland/veen	N=05	17,2	16,4	55,4	66,5	27,8	28,8	0,50	0,32
F	Grasland/veen	N=04	11,7	15,0	46,3	78,3	32,8	32,8	0,44	0,41
F	Grasland/zand	N=21	10,3	9,8	33,7	40,3	21,8	18,0	0,25	0,19
D	Grasland/zand	N=05	18,5*	23,9	49,8	69,8	89,0	52,3	0,27	0,34
C	Grasland/zand	N=04	5,6	6,6	29,0	43,8	16,1	21,0	0,17	0,22
H	Grasland/zand	N=40	12,2	12,4	32,5	42,5	19,2	13,5	0,22	0,12
J	Grasland/zand	N=88	13,7*	11,7	38,3	42,8	16,9	15,3	0,24	0,16
K	Grasland/zand	N=32	15,8*	16,3	37,4	38,8	18,9	17,0	0,22	0,16
B	Grasland/zand	N=09	10,7	9,6	47,1	47,8	26,7	19,3	0,22	0,27
M	Grasland/zand	N=78	12,0	10,8	46,5	39,0	22,4	17,8	0,38**	0,22

*) minus 1 extreme waarde

**) minus 2 extreme waarden

**BIJLAGE XI RELATIEVE METAALGEHALTEN VOOR VERSCHILLENDE COMBINATIES
GRONDGEBRUIK/GRONDSOORT IN 1986 EN 1992**

LEI- gebied	Grondgebruik/ grondsoort	Aantal in 1986	Koper/sw		Zink/sw		Lood/sw		Cadmium/sw	
			1986	1992	1986	1992	1986	1992	1986	1992
A	Bouwland/klei	N=36	0,41	0,39	0,49	0,46	0,25	0,29	0,43	0,14
C	Bouwland/klei	N=39	0,52	0,51	0,70	0,82	0,32	0,30	0,57	0,71
D	Bouwland/klei	N=08	0,55	0,56	0,55	0,74	0,43	0,37	0,53	0,48
E	Bouwland/klei	N=82	0,68	0,68	0,67	0,72	0,40	0,33	0,71	0,35
H	Bouwland/zand	N=68	0,69	0,53	0,41	0,39	0,38	0,30	0,36	0,24
M	Bouwland/zand	N=39	0,61	0,65	0,52	0,61	0,32	0,28	0,63	0,51
G	Bouwland/zand	N=14	0,64	0,63	0,33	0,55	0,30	0,29	0,36	0,40
Gemiddeld Bouwland			0,59	0,57	0,52	0,62	0,34	0,31	0,51	0,40
H	Grasland/dalgrond	N=04	0,57	0,73	0,55	0,63	0,36	0,34	0,47	0,29
L	Grasland/klei	N=17	0,76	0,65	0,85	1,05	0,51	0,47	0,73	0,62
K	Grasland/klei	N=07	0,70	0,71	0,76	1,01	0,49	0,42	0,73	0,62
B	Grasland/klei	N=16	0,57	0,40	0,83	0,81	0,56	0,38	0,72	0,75
M	Grasland/klei	N=05	0,96	0,59	2,27	1,14	1,39	0,50	2,40	0,61
C	Grasland/klei	N=10	0,50	0,38	0,72	0,70	0,37	0,31	0,56	0,30
J	Grasland/klei	N=05	0,69	0,58	0,64	0,89	0,34	0,40	0,57	0,53
E	Grasland/klei	N=05	0,53	0,59	0,54	1,09	0,35	0,44	0,54	0,55
A	Grasland/klei	N=45	0,44	0,48	0,59	0,55	0,38	0,33	0,52	0,18
B	Grasland/veen	N=06	0,56	0,48	0,65	0,64	0,61	0,47	0,64	0,24
D	Grasland/veen	N=50	1,12	1,39	0,99	1,63	1,14	1,98	0,73	0,53
H	Grasland/veen	N=05	0,49	0,52	0,51	0,68	0,33	0,37	0,48	0,34
F	Grasland/veen	N=04	0,37	0,39	0,47	0,61	0,42	0,36	0,49	0,39
F	Grasland/zand	N=20	0,48	0,43	0,51	0,53	0,36	0,29	0,40	0,31
D	Grasland/zand	N=05	1,17	0,99	0,75	0,84	1,46	0,80	0,43	0,54
C	Grasland/zand	N=04	0,30	0,32	0,49	0,61	0,29	0,35	0,33	0,39
H	Grasland/zand	N=40	0,60	0,56	0,51	0,58	0,33	0,22	0,37	0,20
J	Grasland/zand	N=87	0,74	0,56	0,64	0,60	0,30	0,25	0,45	0,29
K	Grasland/zand	N=32	0,85	0,79	0,63	0,55	0,34	0,29	0,41	0,29
B	Grasland/zand	N=09	0,55	0,40	0,78	0,60	0,47	0,30	0,40	0,41
M	Grasland/zand	N=77	0,66	0,57	0,80	0,61	0,41	0,31	0,89	0,47
Gemiddeld Grasland			0,65	0,59	0,74	0,78	0,53	0,46	0,63	0,42

**BIJLAGE XII TOTAALGEHALTEN ZWARE METALEN IN MONSTERS UIT 1992, ONDER-
ZOCHT VOLGENS DE IN 1986 GANGBARE ANALYSEMETHODEN (in mg kg⁻¹)**

Code	Cd-5	Cd-4	Cu-5	Cu-1	Pb-5	Pb-4	Zn-5	Zn-1
AA 1	0,05	0,11	16,7	18,2	26	30	72	66
AA 2	0,21	0,15	18,5	20,8	27	29	83	71
AA 3	0,19	0,15	12,6	13,0	28	29	76	69
AA 4	0,12	0,13	20,9	23,2	29	29	73	61
AB 1	0,07	0,07	11,4	12,3	20	21	55	54
AB 2	0,09	0,08	9,8	11,3	21	24	52	45
AB 3	0,03	0,10	10,8	11,9	22	25	60	51
AB 4	0,14	0,10	12,8	14,9	21	24	47	46
BA 1	0,23	0,53	19,4	28,3	40	53	86	104
BA 2	0,31	0,48	21,3	27,3	44	53	92	92
BA 3	0,32	0,39	26,9	25,8	58	62	118	97
BA 4	0,24	0,44	16,4	18,1	39	53	76	70
CD3	0,70	0,49	32,1	37,1	104	96	170	126
DA 1	0,71	0,90	69,5	87,0	208	252	285	246
DA 2	0,68	0,95	68,7	78,4	212	260	286	230
DA 4	0,80	0,87	71,3	82,3	233	281	289	232
EA 1	0,15	0,11	15,0	14,1	22	23	68	52
EA 2	0,29	0,22	24,9	22,8	29	32	98	70
EA 3	0,22	0,19	20,2	18,2	24	31	88	59
EA 4	0,15	0,12	16,4	15,2	19	25	68	51
HC 1	0,11	0,17	7,3	7,1	10	12	18	15
HC 2	0,12	0,08	9,7	11,2	13	15	29	23
HC 3	0,17	0,14	13,1	14,2	32	21	30	24
HC 4	0,13	0,13	13,2	12,7	17	20	30	23
JB 1	0,19	0,20	12,0	12,2	17	17	48	39
JB 2	0,16	0,12	12,7	11,7	17	17	55	30
JB 3	0,14	0,11	11,8	12,1	15	16	32	33
JB 4	0,14	0,13	10,4	10,2	12	11	36	25
LA 1	0,52	0,49	26,9	28,8	41	51	168	126
LA 2	0,66	0,68	29,3	30,8	58	64	216	166
LA 3	0,42	0,34	23,1	22,9	35	40	128	94
LA 4	0,52	0,47	26,5	28,7	42	51	172	127
MA 1	0,24	0,19	9,6	10,8	17	21	37	32
MA 2	0,25	0,14	10,8	10,7	19	22	50	32
MA 3	0,25	0,16	11,2	10,3	17	17	34	23
MA 4	0,20	0,21	11,6	9,3	18	21	35	21
MC 1	0,28	0,21	13,5	13,1	21	24	37	31
MC 2	0,24	0,25	9,5	9,9	14	17	38	31
MC 3	0,20	0,21	10,1	9,9	13	14	40	32
MC 4	0,26	0,31	15,2	14,9	15	16	41	33

Analysemethodieken:

- Cd-5 - ontsluiting met Koningswater (NEN 6465)
 - meting via vlam-AAS, bij gehalten < 2,5 ppm
 via oven-AAS (NEN 6458)
- Cd-4 - ontsluiting met Zoutzuur
 - meting via vlam-AAS (NEN 6452)
- Cu-5 - ontsluiting met Koningswater (NEN 6465)
 - meting via vlam-AAS (NEN 5758)
- Cu-1 - ontsluiting met Fleischmannzuur (NEN 5768)
 - meting via vlam-AAS (NEN 6451)

- Pb-5 - ontsluiting met Koningswater (NEN 6465)
 - meting via vlam-AAS (NEN 5761)
- Pb-4 - ontsluiting met Zoutzuur
 - meting via vlam-AAS (NEN 6453)
- Zn-5 - ontsluiting met Koningswater (NEN 6465)
 - meting via vlam-AAS (NEN 5759)
- Zn-1 - ontsluiting met Fleischmannzuur (NEN 5768)
 - meting via vlam-AAS (NEN 6443)