

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU (RIVM)
BILTHOVEN

LANDBOUW ECONOMISCH INSTITUUT (LEI-DLO),
DEN HAAG

RIVM-rapport 714831001

Meetprogramma

**Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven
resultaten tweede bemonstering 1993**

E.C. van Swinderen, B. Fraters, H.A. Vissenberg (RIVM)
T. de Haan, D.W. de Hoop (LEI)

september 1996

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van het Directoraat Generaal Milieubeheer van het Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directie Drinkwater, Water en Landbouw en van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.
(subprojectnummer 714905, Meetprogramma kwaliteit bovenste grondwater landbouwbedrijven, MAP Milieu 1992-1996)

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1, 3720 BA Bilthoven, telefoon: 030.2749111, fax: 030.2742971

Verzendlijst

1-5	Directeur van de Directie Drinkwater, Water en Landbouw van het Directoraat-Generaal Milieubeheer van het Ministerie van VROM	- G.J.A. Al
6	plv. Directeur-Generaal Milieubeheer	- B.C.J. Zoeteman
7	Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, directie Landbouw	
8	Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, directie Natuur	
9	Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, directie Landbouwkundig Onderzoek	
10	Directeur van het Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO)	
11	De directeur van het RIZA	
12	Directeur van het Staring Centrum (SC-DLO)	
13	Directeur van het Centrum voor Landbouw en Milieu	
14	Directeur van het KIWA	
15	M.M. Dorenbosch, DGM/DWL	
16	H.O. Hooghoudt, DGM/DWL	
17	N.J. Molenaar, DGM/DWL	
18	A. Roos, DGM/DWL	
19	R.A. Donker, LNV/DL	
20	A. van Straaten, LNV/DL	
21	H. Smit, LNV/DL	
22	I.G.A.M. Noij, SC-DLO	
23	C. Roest, SC-DLO	
24	O.F. Schoumans, SC-DLO	
25	P. Boers, RIZA	
26	F. Verstraten, IKC/L	
27	H.J. Westhoek, IKC/L	
28	C.G.E.M van Beek, KIWA	
29	D.J. den Boer, NMI	
30	H.F.M. Aarts, AB-DLO (Wageningen)	
31	O. Oenema, AB-DLO (Haren)	
32	F.G. Wijnands, PAGV	
33	G.J.W. Krajenbrink, Waterleiding Laboratorium Oost	
34-46	Deelnemers overleg provinciale bodemkwaliteitsmeetnetten	
47-53	Leden themagroep Milieu-effecten van de COLA	
54	Depot van Nederlandse publicaties en Nederlandse bibliografie	
55	Directie RIVM	
56	F. Langeweg	
57	A.J. Folkerts (LWD)	
58	G.J. Heij (NOP)	
59	K.W. van der Hoek (LAE)	
60	N.J.P. Hoogervorst (LAE)	
61	L. van Liere (LWD)	

62	J.H.C. Mülschlegel (LWD)
63	J. Notenboom (LWD)
64	R. Reiling (MNV)
65	E. Smit (LAC)
66	R. van den Berg
67	G.P. Beugelink
68	L.J.M. Boumans
69	J.J.B. Bronswijk
70	G.v.Drecht
71	W. van Duijvenbooden
72	J.J.M. v. Grinsven
73	R. Jeths
74	J.W. de Kwaadsteniet
75	H.L.J. van Maaren
76	G.B. Makaske
77	C.R. Meinardi
78	H.F. Prins
79	D. Wever
80	W.J. Willems
81	Hoofd Bureau Voorlichting en Public relations
82	Bureau Rapportenregistratie
83	CCRX secretariaat
84- 85	Bibliotheek RIVM
86- 104	Auteurs
105-155	LEI-Boekhouders
155-200	Bureau Rapportenbeheer

Inhoudsopgave

Verzendlijst	ii
Inhoudsopgave	iv
Lijst van figuren	vi
Voorwoord	ix
Abstract	x
0. Samenvatting	xi
0.1 Inleiding	xi
0.2 Bedrijfskarakteristieken	xi
0.2.1 Veehouderij	xi
0.2.2 Akkerbouw	xii
0.3 Grondwaterkwaliteit	xii
0.3.1 Macronutriënten	xii
0.3.2 Zware metalen	xv
0.4 Het verband tussen bedrijfskarakteristieken en grondwaterkwaliteit	xvii
0.5 Algemene conclusies	xviii
1. Inleiding	1
1.1 Algemeen	1
1.2 Doelstelling en onderzoeksdoelen	2
1.3 Algemene opzet rapport	3
2. Opzet en uitvoering van het meetprogramma	5
2.1 Opzet van het meetprogramma	5
2.1.1 Gebiedskeuze en keuze onderzoekslokaties	5
2.1.2 Bemonsteringsstrategie en aantalsbepaling	6
2.2 Bemonsteringsmethode	11
2.2.1 Algemene aanpak	11
2.2.2 Werkwijze in het veld	12
2.3 Analysepakket en methode	14
2.3.1 Keuze van het analysepakket	14
2.3.2 Chemische analyse van het grondwater	14
3. Grootte en spreiding van bedrijfskengetallen per bedrijfscategorie	15
3.1 Veehouderijbedrijven	15
3.2 Akkerbouw	27
4. Resultaten van de bemonstering	31
4.1 Inleiding	31
4.2 Grondwaterkwaliteit in het zandgebied	31
4.3 Chloride	33
4.4 Stikstof	36
4.4.1 Algemeen	36
4.4.2 Nitraat	36
4.4.3 Ammonium	40

4.5 Fosfaat	43
4.5.1 Algemeen	43
4.5.2 Ortho-fosfaat	44
4.5.3 Totaal-fosfaat	47
4.6 Kalium	50
4.7 Zware metalen	53
4.7.1 Algemeen	53
4.7.2 Resultaten gehele groep	54
4.7.3 Vergelijking landbouw en natuur	55
4.7.4 Vergelijking van de categorieën	56
4.7.5 Regionale verschillen	57
4.7.6 Correlatie met andere parameters	58
5. Het verband tussen bedrijfskarakteristieken en grondwaterkwaliteit	61
5.1 Veehouderij	61
5.1.1 Theorie rond de mogelijk verklarende variabelen	61
5.1.2 Resultaten veehouderij	64
5.2 Akkerbouw	70
5.2.1 Theorie rond de mogelijk verklarende variabelen	70
5.2.2 Resultaten akkerbouw	72
6. Conclusies	73
Literatuur	75
 Bijlage I: Gebruik van weegfactoren	77
Bijlage II: Resultaten t-toets op verschillen 1992 en 1993	78
Bijlage III: Resultaten van de test op verschillen tussen de bodemgebruiksvormen	79
Bijlage IV: Resultaten van de test op de verschillen tussen de categorieën	81
Bijlage V: Boxplot ammonium	83
Bijlage VI: Resultaten variantieanalyse	84

Lijst van figuren

Figuur 2.1 Ligging van de akkerbouwbedrijven in het zandgebied	10
Figuur 2.2 Ligging van de veehouderijbedrijven in het zandgebied	10
Figuur 2.3 Periode van bemonsteren van het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven binnen een jaar voor 1992 en 1993 voor de veehouderij- en akkerbouwbedrijven	13
Figuur 3.1 Frequentieverdeling van de verandering van enkele bedrijfskengetallen van veehouderijbedrijven in boekjaar 1992/'93 ten opzichte van 1991/'92	19
Figuur 3.2 Frequentieverdeling van de deelnemende veehouderijbedrijven over een aantal kengetallen in boekjaar 1992/'93.	24
Figuur 3.3 Frequentieverdeling van de akkerbouwbedrijven over enkele bedrijfskengetallen in boekjaar 1992/'93	28
Figuur 4.1 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij extensief.	33
Figuur 4.2 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij intensief	33
Figuur 4.3 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven extensief	33
Figuur 4.4 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven intensief	33
Figuur 4.5 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie akkerbouw	34
Figuur 4.6 Gemiddelde chlorideconcentratie en het 95%- betrouwbaarheidsinterval voor de vijf categorieën in 1992 en 1993	34
Figuur 4.7 Cumulatief frequentiediagram van de procentuele verschillen in de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties voor 1992 en 1993.	35
Figuur 4.8 De gemiddelde chlorideconcentratie en het 95%- betrouwbaarheidsinterval voor de drie bodemgebruiksvormen in 1992 en 1993.	35
Figuur 4.9 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij extensief.	37
Figuur 4.10 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij intensief	37
Figuur 4.11 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven extensief.	37
Figuur 4.12 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven intensief.	37
Figuur 4.13 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie akkerbouw	38
Figuur 4.14 Gemiddelde nitraatconcentratie en het 95%- betrouwbaarheidsinterval voor de vijf categorieën in 1992 en 1993.	38
Figuur 4.15 Cumulatief frequentiediagram van de procentuele verandering van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie tussen 1992 en 1993 op de onderzochte landbouwbedrijven	39
Figuur 4.16 De gemiddelde nitraatconcentratie en het 95%- betrouwbaarheidsinterval voor de drie bodemgebruiksvormen in 1992 en 1993.	40
Figuur 4.17 De gemiddelde grondwaterstand en het 95%- betrouwbaarheidsinterval voor de drie bodemgebruiksvormen in 1992 en 1993	40
Figuur 4.18 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij intensief	40
Figuur 4.19 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij extensief.	40
Figuur 4.20 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven extensief.	41
Figuur 4.21 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven intensief	41

Figuur 4.22 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties in 1993 bij de categorie akkerbouw	41
Figuur 4.23 Gemiddelde ammoniumconcentratie en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de vijf categorieën in 1993.	41
Figuur 4.24 Gemiddelde ammoniumconcentratie en het 95%-betrouwbaarheidsinterval bij de drie bodemgebruikstypen	42
Figuur 4.25 Gemiddelde ammoniumconcentratie en het 95%-betrouwbaarheidsinterval bij de drie bodemgebruikstypen, uitschieters verwijderd.	42
Figuur 4.26 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij extensief.	44
Figuur 4.27 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij intensief	44
Figuur 4.28 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven extensief	45
Figuur 4.29 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven intensief.	45
Figuur 4.30 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie akkerbouw	45
Figuur 4.31 Gemiddelde ortho-fosfaatconcentratie en het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de vijf categorieën in 1992 en 1993.	45
Figuur 4.32 Gemiddelde en 95%-btbh interval van de gemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de drie onderzochte bodemgebruiksvormen.	46
Figuur 4.33 Cumulatief frequentiediagram van de procentuele verschillen in de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties voor 1992 en 1993.	46
Figuur 4.34 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij extensief.	47
Figuur 4.35 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij intensief.	47
Figuur 4.36 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven extensief	48
Figuur 4.37 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven intensief	48
Figuur 4.38 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie akkerbouw	48
Figuur 4.39 Gemiddelde totaal-fosfaatconcentraties en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de vijf categorieën in 1992 en 1993	48
Figuur 4.40 Cumulatief frequentiediagram van de procentuele verschillen in de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties voor 1992 en 1993.	49
Figuur 4.41 Gemiddelde en 95%-betrouwbaarheids-interval van de gemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de drie onderzochte bodemgebruiksvormen.	49
Figuur 4.42 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij extensief..	51
Figuur 4.43 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij intensief.	51
Figuur 4.44 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven extensief.	51
Figuur 4.45 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven intensief.	51
Figuur 4.46 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie akkerbouw.	51
Figuur 4.47 Gemiddelde kaliumconcentratie en het 95%- betrouwbaarheidsinterval voor de vijf categorieën in 1992 en 1993.	51
Figuur 4.48 Cumulatief frequentiediagram van de procentuele verschillen in de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties voor 1992 en 1993.	52

Figuur 4.49 De gemiddelde kaliumconcentratie en het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de drie bodemgebruiksvormen in 1992 en 1993.	52
Figuur 4.50 Cumulatief frequentiediagram voor bedrijfsgemiddelde cadmiumconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied.	54
Figuur 4.51 Cumulatief frequentiediagram voor de bedrijfsgemiddelde koperconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied.	55
Figuur 4.52 Cumulatief frequentiediagram voor de bedrijfsgemiddelde zinkconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied.	55
Figuur 4.53 Correlatiematrix voor de resultaten op bedrijfsniveau	59
Figuur 4.54 scatterdiagram: calcium - cadmium	60
Figuur 4.55 scatterdiagram: DOC - cadmium	60
Figuur 4.56 scatterdiagram: DOC - koper	60
Figuur 4.57 scatterdiagram: pH - koper	60
Figuur 4.58 scatterdiagram: pH - zink	60
Figuur 4.59 scatterdiagram: pH - cadmium	60
 Figuur 5.1 De nitraatconcentratie in het grondwater bij een variërend N-overschot, 3 grondwaterstanden en 100% grasland	66
Figuur 5.2 De nitraatconcentratie in het grondwater bij een variërend N-overschot, 3 percentages maïsland en droge grond	66
Figuur 5.3 De kaliumconcentratie in het grondwater bij een variërend K-overschot, 3 drainage-intensiteiten en 100% grasland.	69
Figuur 5.4 De kaliumconcentratie in het grondwater bij een variërend K-overschot, 3 percentages maïsland (geen drainage)	69

Voorwoord

Het voorliggende rapport is het tweede in de reeks van het Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven. Het eerste rapport is ook verschenen als RIVM-rapport onder nummer 714901002.

Het onderzoek is in 1991 opgedragen door de Ministeries van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) en van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV). Het onderzoek is uitgevoerd door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) in samenwerking met het Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO).

De auteurs willen de begeleidingscommissie bedanken voor de stimulerende opmerkingen tijdens de uitvoering van het onderzoek en bij de concept-versies van dit rapport. De begeleidingscommissie was als volgt samengesteld:

drs. M.M. Dorenbosch (VROM/DGM, directie DWL; voorzitter tot december 1994)

ir. H.O. Hooghoudt (VROM/DGM, directie DWL; voorzitter vanaf december 1994)

dr.ir. J.G. de Wilt (LNV/DL; tot februari 1993)

dr.ir. R.A. Donker (LNV/DL; februari 1993-oktober 1995)

ir. H.P. Smit (LNV/DL; vanaf oktober 1995)

ir. I.G.A.M. Noij (vanaf oktober 1995 namens SC-DLO, daarvoor namens IKC/L)

ir. H.J. Westhoek (IKC/L; vanaf oktober 1995)

Verder bedanken wij L.J.M. Boumans, J.J.B. Bronswijk en W.J. Willems voor hun commentaar en suggesties. Voor de ondersteuning bij het veldwerk bedanken wij R. Jeths, H.J.L. van Maaren en D. Wever.

Bilthoven, 9 april 1996

De auteurs

Abstract

A three-year monitoring programme was started in 1992 to assess the quality of the upper groundwater in the sandy regions of the Netherlands due to fertiliser and manure use in agriculture. This programme is a cooperative effort of the National Institute of Public Health and the Environment (RIVM) and the Agricultural Economics Research Institute (LEI-DLO).

The report contains the monitoring results of the first two years of the programme. Furthermore, a multiple regression analysis was carried out using data from the LEI-DLO farm-accounting. This was to find a relationship between farm management practice and groundwater quality

The upper 100 cm of groundwater occurring within five metres of the surface was sampled at 94 farms and analysed for chloride, nitrate, ammonium, potassium, dissolved organic carbon, phosphate (ortho and total) and the heavy metals cadmium, copper and zinc. The farms (75 cattle farms and 19 arable farms) are situated in the central, northern, eastern and southern sandy regions of the Netherlands.

Mean nitrate and potassium concentrations exceed quality objectives, especially under grassland and silage maize on cattle farms. Area-weighted mean nutrient concentrations in the upper groundwater amount 180 mg.l⁻¹ of nitrate and 21 mg.l⁻¹ of potassium. These values exceed the quality objectives of 50 mg.l⁻¹, and 12 mg.l⁻¹, respectively.

Mean zinc concentrations exceed the quality objective (65 ug.l⁻¹) on most farms (65%). Concentrations of cadmium and copper exceeded the quality objectives less frequently, (respectively 50% and 20%). Cadmium and zinc concentrations were found to be significantly higher in the southern regions of the Netherlands.

A relationship was found between groundwater quality (nitrate and potassium) and nutrient balance surplus, percentage silage maize and groundwater level on cattle farms. On arable farms no relations were found.

0. Samenvatting

0.1 Inleiding

In maart 1992 is een driejarig meetprogramma gestart voor het meten van de kwaliteit van het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het Nederlandse zandgebied. Naast het bepalen van de huidige toestand is dit programma ook bedoeld om relaties te vinden tussen de grondwaterkwaliteit en het bodemgebruik (waaronder het gebruik van meststoffen). Het meetprogramma is een proefproject dat moet leiden tot de inrichting van een meetnet voor het monitoren van de kwaliteit van het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven. De opzet van het meetprogramma is primair gericht op het kunnen doen van uitspraken over de kwaliteit van het bovenste grondwater op bedrijfsniveau. Het project wordt uitgevoerd door het RIVM in samenwerking met het LEI-DLO in opdracht van de ministeries van VROM en LNV.

Dit tweede rapport doet verslag van de resultaten van het onderzoek in 1993 op circa 100 landbouwbedrijven in het zandgebied. Het betreft 4 categorieën veehouderijbedrijven en de akkerbouwbedrijven in de veenkoloniën. De resultaten uit 1993 worden vergeleken met de resultaten van 1992. Met de bemonsterde bedrijven wordt een representatief beeld gegeven van de kwaliteit van het bovenste grondwater in ongeveer 62% van het areaal cultuurgrond in de zandgebieden.

0.2 Bedrijfskarakteristieken

0.2.1 Veehouderij

De bedrijfskengetallen als oppervlakte cultuurgrond en fosfaatproductie per ha wijzigden nauwelijks (§3.1). Het belangrijkste verschil tussen het boekjaar 1991/'92 en 1992/'93 voor de veehouderijbedrijven betreft een toename van het areaal maïsland met 2 tot 4%, met uitzondering van de categorie melkvee-extensief. Verder neemt bij alle bedrijfstypen de emissie-arme aanwending sterk toe. De toename van de relatieve opslagcapaciteit voor dierlijke mest wordt veroorzaakt door een afname van de dierlijke-mestproductie als gevolg van een afnemende melkveebezetting. De afname van de melkveebezetting is mogelijk door een verhoging van de produktie per koe. Op intensieve combinatiebedrijven neemt de relatieve opslagcapaciteit niet toe, doordat de daling in de mestproductie bij melkvee teniet wordt gedaan door een sterke stijging van mestproductie van de intensieve veestapel.

Het mineralenoverschot op de intensieve combinatiebedrijven is gestegen. Zo is het stikstofoverschot met ruim 60 kg/ha toegenomen tot 581 kg/ha en het fosfaatoverschot ruim 10 kg/ha tot 56 kg/ha. Deze toename wordt veroorzaakt door een stijging van het aantal sub-intensieve veehouderij, een stijging van de aanvoer van organische mest en een daling van de afvoer van organische mest. Verder geldt voor deze categorie dat een toename van de emissie-arme aanwending niet geleid heeft tot een daling van het kunstmest gebruik. Voor de andere categorieën is het fosfaatoverschot toegenomen met 3-7 kg/ha tot 31-48 kg/ha. Het kaliumoverschot is echter gedaald met 7 tot 15 kg/ha. Het stikstofoverschot bij de melkveebedrijven is ongeveer gelijk gebleven en bedraagt 375 op de extensieve en 450 kg/ha op de intensieve bedrijven. Bij de

extensieve combinatiebedrijven vertoont het stikstofoverschot wel een duidelijke daling met circa 15 kg/ha tot zo'n 460 kg/ha.

0.2.2 Akkerbouw

Ook de wijzigingen in bedrijfskengetallen van de akkerbouwbedrijven in 1993 ten opzichte van 1992 zijn klein. De gemiddelde oppervlakte is iets toegenomen met 1,6 ha tot 58,0 ha. Ook het aandeel van het areaal dat berekend wordt, is licht gestegen van 18,6 tot 21,6%. Het bouwplan is iets gewijzigd; iets minder aardappelen (44,0 naar 43,7%) en suikerbieten (van 20,8 naar 20,6%) en minder granen (van 10,7 naar 8,7%) en een duidelijke toename van de handelsgewassen als koolzaad, karwijzaad en blauwmaanzaad (van 0,7 naar 3,6%). Het stikstof- en fosfaatoverschot vertonen een lichte stijging van respectievelijk 184 naar 190 kg/ha voor N en van 25 naar 28 kg/ha voor P. Het kaliumoverschot neemt duidelijk toe van 15 naar 48 kg/ha. Deze toename van het mineralenoverschot van N, P en K wordt veroorzaakt door een lagere afvoer via akkerbouwprodukten. De aanvoer is nagenoeg gelijk gebleven. Het verbruik van stikstofkunstmest nam zelfs af van 131 naar 115 kg/ha N.

0.3 Grondwaterkwaliteit

0.3.1 Macronutriënten

Verschillen in grondwaterkwaliteit tussen onderscheiden categorieën landbouwbedrijven

In *tabel 0.1* is een overzicht gegeven van de gemiddelde nutriëntconcentraties in het bovenste grondwater per categorie. De gemiddelde nitraatconcentraties per categorie zijn niet significant verschillend tussen 1992 en 1993 (zie §4.1.1). Ook de fosfaat- (zie §4.2) en kaliumconcentraties (zie §4.3) zijn voor de meest categorieën in 1993 niet afwijkend van die in 1992. Alleen de akkerbouwbedrijven geven een significante toename in fosfaatconcentratie te zien van 0,07 naar 0,14 mg.l⁻¹ totaal-fosfaat (P) en een significante afname in kaliumconcentratie van 12 naar 10 mg.l⁻¹ (K). Op de extensieve melkveehouderijbedrijven is een significante toename van de kaliumconcentratie geconstateerd van 16 naar 20 mg.l⁻¹ (K).

Tabel 0.1 *Categoriegemiddelde nutriëntconcentraties in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied voor 1992 en 1993 (in mg.l⁻¹)*

bedrijfstype	nitraat (NO ₃)		totaal-fosfaat (P)		kalium (K)	
	<i>grenswaarde = 50</i>		<i>streefwaarde = 0,40</i>		<i>drinkwaternorm = 12</i>	
	1992	1993	1992	1993	1992	1993
akkerbouw	134	144	0,07	0,14	12	10
melkveehouderij extensief	135	149	0,10	0,09	16	20
melkveehouderij intensief	243	228	0,09	0,07	29	31
combinatie extensief	189	178	0,08	0,06	21	22
combinatie intensief	236	213	0,10	0,14	38	36
zandgebied Nederland ^{*a}	178	173	0,08	0,09	21	22

*a gewogen gemiddelde concentratie (zie §4.2 voor toelichting)

Stikstof

Gezien het feit dat het stikstofoverschot gemiddeld voor bijna alle categorieën op het zelfde niveau blijft, wordt een daling van de nitraatconcentratie in het ondiepe grondwater niet verwacht. Eerder zou er sprake kunnen zijn van een toegenomen bodembelasting als gevolg van de toegenomen hoeveelheid mest die ondergewerkt wordt. De toename van de stalopslagcapaciteit en daarmee een mogelijke toename van de aanwending van de mest in het groeiseizoen kan leiden tot een vermindering van de nitraatuitspoeling, doordat meer stikstof door het gewas wordt opgenomen. De sterke toename van het stikstofoverschot op de intensieve combinatiebedrijven is niet terug te vinden in de nitraatconcentratie.

De nitraatconcentraties in het bovenste grondwater bij de categorieën akkerbouw en extensieve melkveebedrijven zijn, net als in 1992 significant lager dan de intensieve melkvee- en combinatiebedrijven. De extensieve combinatiebedrijven hebben in 1993 een gemiddelde nitraatconcentratie die niet significant afwijkt van beide groepen; in 1992 was het gemiddelde van deze categorie wel significant verschillend van dat van de categorieën akkerbouw en extensieve melkveebedrijven.

De ammoniumconcentratie in het grondwater is alleen in 1993 bepaald. Circa 9% van de bedrijven heeft een gemiddelde concentratie boven de streefwaarde van 2,0 mg.l⁻¹ NH₄-N. Er is geen significant verschil tussen de verschillende categorieën. De ammoniumconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouw lijkt iets hoger dan onder natuur op zand (Willems en Fraters, 1995). De verschillen zijn echter klein. Bij natuur wordt op 5% van de lokaties overschrijding van de streefwaarde waargenomen.

Fosfaat

De in 1992 en 1993 gemeten fosfaatconcentraties in het bovenste grondwater zijn niet gerelateerd aan de in de boekjaren 1991/'92 en 1992/'93 opgetreden fosfaatoverschotten. Verschillen in

concentraties tussen de jaren kunnen niet verklaard worden door verschillen in overschotten tussen de jaren. De concentratie wordt vooral bepaald door de historische belasting, de bindingscapaciteit van de bodem en de grondwaterstand op moment van bemonsteren.

De toename van de totaal-fosfaatconcentratie op de akkerbouwbedrijven is niet toe te schrijven aan een verhoogde grondwaterstand. Ondanks dat de bemonstering op de akkerbouw in 1993 vroeger in het jaar startte en eerder was afgerond dan in 1992, was de gemiddelde grondwaterstand niet significant verschillend. In 1992 was de gemiddelde grondwaterstand op het moment van bemonsteren 140 cm -mv en in 1993 137 cm -mv.

Hoewel ook de ortho-fosfaatconcentratie (niet in de tabel opgenomen) op akkerbouw bedrijven in 1993 hoger is dan in 1992, is dit verschil niet significant. Voor de veehouderijcategorieën is geen significant verschil tussen de ortho- en totaal-fosfaatconcentratie in 1992 en 1993.

Noch in 1992 noch in 1993 zijn er significante verschillen tussen de categoriegemiddelde ortho-fosfaatconcentraties. De categoriegemiddelde totaal-fosfaatconcentratie in 1993 voor akkerbouw is significant verschillend van die voor intensieve melkveebedrijven en extensieve combinatiebedrijven

Kalium

De categoriegemiddelde kaliumconcentratie in het bovenste grondwater op akkerbouwbedrijven lag zowel in 1992 als in 1993 rond de drinkwaternorm van 12 mg.l⁻¹. In 1993 is een afname te zien ten opzichte van 1992. De gemiddelde kaliumconcentratie voor de veehouderijcategorieën in 1993 varieert van 1,5 tot 3 maal de drinkwaternorm. Alleen voor de extensieve veehouderij is de concentratie in 1993 significant hoger dan in 1992.

In 1993 zijn de verschillen tussen de categorieën groter dan in 1992. Voor beide jaren geldt dat de kaliumconcentratie in het bovenste grondwater onder akkerbouwbedrijven significant lager is dan alle andere categorieën, en bij de categorieën intensieve melkvee- en combinatie bedrijven significant hoger dan de overigen. De categorieën extensieve melkvee- en combinatiebedrijven hebben een kaliumconcentratie die daar tussen in zit.

Chloride

De chlorideconcentratie in 1993 verschilt voor drie van de vijf categorieën significant met die in 1992. Voor akkerbouw en extensieve melkveebedrijven is het verschil klein (<0,5%) en niet significant. Voor de overige categorieën zijn de concentraties duidelijk lager (8-16%) in 1993. Dit is de zelfde orde van grootte waarmee de nitraatconcentratie voor deze categorieën gedaald is. De (niet-significante) daling in nitraatconcentratie voor deze categorieën zou mogelijk verklaard kunnen worden door opgetreden verdunning als gevolg van een groter neerslagoverschot. De effecten van het neerslagoverschot op de grondwaterkwaliteit alsook de relatie tussen de chloride- en de nitraatconcentratie zal in het vervolgonderzoek aan de orde komen. Er zijn geen significante verschillen in de chlorideconcentratie tussen de onderscheiden categorieën.

Verschillen in grondwaterkwaliteit tussen bodemgebruikstypen

De grondwaterkwaliteit is duidelijk gerelateerd aan het bodemgebruik. De verklaring hiervoor is tweeledig. Enerzijds blijkt uit de analyse dat het bodemgebruik ook gerelateerd is aan de grondwaterstand, anderzijds is bekend dat het nutriëntenoverschot verschillend is. Zoals uit *tabel 0.2* af te lezen is, is de grondwaterstand onder maïs duidelijk lager dan onder gras- en bouwland.

De invloed van de grondwaterstand op met name de nitraat- en fosfaatconcentraties is bekend. Een lagere grondwaterstand betekent bij eenzelfde bodembelasting en andere omstandigheden veelal een hogere nitraat- en een lagere fosfaatconcentratie in het bovenste grondwater. Ook is er een vermoeden dat een lagere grondwaterstand een verlaging van de ammoniumconcentratie betekent. Onder aerobe (zuurstofrijke) omstandigheden wordt ammonium omgezet in nitraat. Met betrekking tot verschillen in bodembelasting valt op te merken dat de nutriëntenoverschotten op maïs hoger zijn dan die op grasland. Voor zowel maïs als grasland geldt dat de overschotten hoger zijn dan die op bouwland.

Tabel 0.2: *Gemiddelde grondwaterstand en concentraties voor de grondwaterkwaliteitsparameters voor het bovenste grondwater per bodemgebruikstype, gemiddelde voor de periode 1992-1993*

Bodem gebruik	grondwater stand		Chloride		NO ₃		NH ₄		ortho-P		totaal-P		kalium	
	cm	sa ^a	mg/l	sa	mg/l	sa	mg/l	sa	mg/l	sa	mg/l	sa	mg/l	sa
1. bouwland	140	[3]	50	[-]	141	[3]	1,2	[-]	0,04	[-]	0,11	[-]	11	[2,3]
2. grasland	139	[3]	49	[-]	175	[3]	0,9	[-]	0,04	[-]	0,10	[-]	24	[1,3]
3. maïs	183	[1,2]	47	[-]	303	[1,2]	0,9	[-]	0,02	[-]	0,05	[-]	37	[1,2]

^a sa = significant afwijkend van het bodemgebruik dat tussen de rechte haken is aangegeven met een nummer (1 = bouwland, 2 = grasland, 3 = maïs)

Uit *tabel 0.2* blijkt dat er nauwelijks verschillen in chlorideconcentratie zijn tussen de bodemgebruikstypen. Dit is een indicatie dat de verschillen in verdunning, mogelijk als gevolg van verschillen in neerslagoverschot, verwaarloosbaar zijn. De nitraatconcentratie neemt toe in de volgorde bouwland < grasland < maïs. De fosfaatconcentratie, zowel ortho- als totaal-fosfaat, neemt af in deze volgorde; bouwland ≈ grasland > maïsland. Voor fosfaat kan dit verklaard worden uit de verschillen in grondwaterstand. Voor nitraat kan dit verschil slechts deels een verklaring geven, vergelijk gras- en bouwland. Hier is het verschil in het stikstofoverschot tussen de bodemgebruikstypen van groter belang. De kaliumconcentratie vertoont nog sterker dan nitraat een duidelijke toename gaande van bouwland naar maïs. Hier kan grondwaterstand geen verklaring zijn, en is vooral het verschil in kaliumoverschot (gebruik dierlijke mest) de verklaring.

0.3.2 Zware metalen

De concentraties aan cadmium, koper en zink in het bovenste grondwater zijn alleen in 1993 bepaald. In *tabel 0.3* zijn de categoriegemiddelde concentraties en de streefwaarden gegeven. Overschrijding van de streefwaarden voor deze metalen is op een groot aantal bedrijven waargenomen. Voor cadmium is op circa 50%, voor koper op circa 20% en voor zink op circa 65% van de bedrijven de bedrijfsgemiddelde concentratie hoger dan de streefwaarde. Alle bedrijfsgemiddelden blijven beneden de interventiewaarden, respectievelijk 6 µg.l⁻¹ voor cadmium, 75 µg.l⁻¹ voor koper en 800 µg.l⁻¹ voor zink. De cadmium- en zinkconcentraties zijn lager dan waargenomen in het bovenste grondwater onder bos en heidevelden op zand (Boumans en Fraters, 1993).

Tabel 0.3 *Categoriegemiddelde zware-metaalconcentraties in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied voor 1993*

bedrijfstype	cadmium	koper	zink
	concentratie in µg.l ⁻¹		
akkerbouw	0,36	15	68
melkveehouderij extensief	0,54	10	114
melkveehouderij intensief	0,91	14	146
combinatie extensief	0,53	7	90
combinatie intensief	0,63	10	147
streefwaarden	0,40	15	65

Voor cadmium is alleen het verschil tussen de categorie akkerbouw en intensieve melkveehouderij statistisch significant. De koperconcentratie in het bovenste grondwater onder extensieve combinatiebedrijven is significant lager dan onder akkerbouwbedrijven en intensieve melkveebedrijven. De verschillen in de zinkconcentratie tussen de categorieën zijn niet significant.

De cadmium- en zinkconcentraties onder maïs zijn over het algemeen hoger dan onder grasland, en die onder grasland weer hoger dan onder bouwland. Echter alleen de cadmiumconcentratie onder akkerbouw en de zinkconcentratie onder akkerbouw en grasland zijn ook significant lager dan onder maïs. Tussen gras- en bouwland zijn geen significante verschillen. Voor koper zijn geen significante verschillen tussen de bodemgebruikstypen. De iets hoger koperconcentratie onder bouwland kan verklaard worden door de van nature hogere concentratie aan opgeloste organische stof (DOC) in het grondwater onder de noordelijke akkerbouwbedrijven..

De cadmium- en zinkconcentratie zijn in het Zuidelijk zandgebied hoger dan in het midden en noordelijk deel van het zandgebied. Ook dit komt overeen met de bevindingen van het onderzoek in natuurgebieden (Boumans en Fraters, 1993). De koperconcentraties in het noordelijk deel zijn hoger dan in het midden deel van het zandgebied. Het verschil met het Zuidelijk zandgebied is niet significant. Ook hier geldt dat deze hogere koperconcentraties verklaard kunnen worden door de van nature hogere concentratie aan opgeloste organische stof (DOC) op de lokaties die in het noordelijk zandgebied zijn gelegen.

De metaalconcentraties in het bovenste grondwater zijn onderling positief gecorreleerd. Dat wil zeggen dat in het geval één metaal in verhoogde concentratie wordt gevonden, vaak ook de andere metalen verhoogd voorkomen. In overeenstemming met ander onderzoek en de theorie werden verbanden aangetoond tussen de metaalconcentraties en andere grondwaterparameters. Er werd een duidelijk verband gevonden tussen de metaalconcentratie en de concentratie aan opgeloste organische stof (DOC). Een toename aan DOC leidt tot een afname aan cadmium en zink en een toename aan koper. De pH heeft een duidelijk invloed op de cadmium- en zinkconcentratie. Een pH toename leidt tot een afname van de concentratie aan deze metalen. De calciumconcentratie is

alleen duidelijk van invloed op de cadmiumconcentratie. Zoals verwacht, leidt een toename van de calciumconcentratie tot een toename van de cadmiumconcentratie (concurreren om de bindingsplaatsen).

0.4 Het verband tussen bedrijfskarakteristieken en grondwaterkwaliteit

Zowel voor de akkerbouw als de veehouderij is een statistische analyse uitgevoerd om relaties te onderzoeken tussen de gemeten grondwaterkwaliteit in 1993 en de bedrijfskarakteristieken in 1992/'93 en 1991/'92. De veehouderijcategorieën zijn niet apart beschouwd. Samenvoegen is statistisch verantwoord, omdat de karakteristieken van de verschillende categorieën elkaar overlappen.

Bij de akkerbouw zijn de bedrijven ten behoeve van de analyse gegroepeerd in twee groepen van 9 en ook in drie groepen van 6 bedrijven. Dit is gebeurd op basis van mogelijke verklarende variabelen. Er konden geen significante relaties worden aangetoond. Het geringe aantal bedrijven is mede debet hieraan.

Voor de veehouderijbedrijven zijn zowel voor nitraat als kalium relaties gevonden tussen de concentratie in het ondiepe grondwater en het mineralenoverschot en het aandeel maïs. De nitraatconcentratie wordt verder bepaald door het grondwaterstandsverloop (Gt). De kaliumconcentratie blijkt deels verklaard te kunnen worden uit de mate van drainage.

Een verschil in stikstofoverschot van 100 kg tussen twee bedrijven geeft volgens de gevonden relatie een verschil in de nitraatconcentratie van 15 mg.l^{-1} . Als een bedrijf 10% meer van zijn areaal in maïs heeft dan een ander bedrijf, dan zal de nitraatconcentratie 14 mg.l^{-1} hoger zijn. De invloed van het aandeel natte (Gt I en II) en vochtige (Gt III en IV) gronden van het totale bedrijfsareaal op de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater is groot. Een bedrijf met 10% meer natte gronden zal een nitraatconcentratie hebben die 19 mg.l^{-1} lager is, 10% meer vochtige gronden betekent 8 mg.l^{-1} minder nitraat in het grondwater. De geldigheid van de gevonden relaties is beperkt tot de voorkomende intervallen van de verklarende variabelen (stikstofoverschot, aandeel natte en vochtige gronden en aandeel maïs). Het stikstofoverschot op de deelnemende veehouderijbedrijven ligt tussen de 200 en 600 kg. Het aandeel maïs op de bedrijven ligt tussen de 0 en 50%. De grondwaterstand, weergegeven door de variabelen 'nat' en 'vochtig', kent als uitersten een bedrijf met 70% 'nat' en 30% 'vochtig' en een bedrijf zonder natte of vochtige gronden.

Een verschil in het kaliumoverschot van 100 kg geeft volgens de gevonden relatie een verschil in de kaliumconcentratie van $4,3 \text{ mg.l}^{-1}$. Als een bedrijf 10% meer van zijn areaal in maïs heeft dan een ander bedrijf, dan zal de kaliumconcentratie $2,1 \text{ mg.l}^{-1}$ hoger zijn. Meer drainage op het bedrijf betekent minder kalium in het grondwater. Een verschil in de vervangingswaarde van de drainage van 100 gulden per ha leidt tot een verschil van $0,8 \text{ mg.l}^{-1}$ kalium. Een mogelijke verklaring voor het effect van drainage op de kaliumconcentratie is dat door ontwatering het effect van mineraal-arme kwelwater op de grondwaterkwaliteit groter wordt. Bij nitraat kon dit effect niet (significant) worden aangetoond. Net als bij stikstof dient opgemerkt te worden dat de geldigheid van de gevonden relaties beperkt is tot de voorkomende intervallen van de verklarende variabelen (kaliumoverschot, drainage en aandeel maïs). Het kaliumoverschot op de deelnemende

veehouderijbedrijven ligt tussen de 0 en 250 kg. De drainage, uitgedrukt in vervangingswaarde per ha, ligt tussen de 0 en 1000 gulden. Dit komt overeen met respectievelijk geen en volledige drainage. Het aandeel maïs ligt, als hierboven aangegeven, tussen de 0 en 50%.

0.5 Algemene conclusies

Het beeld dat geschetst is voor 1992, in de rapportage door Van Swinderen et al. (1994), is voor 1993 nauwelijks anders. De verschillen in zowel bedrijfskarakteristieken als macro-nutriëntconcentraties (N, P en K) in het ondiepe grondwater tussen 1992 en 1993 zijn klein.

Dit betekent dat de gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied zowel in 1992 als in 1993 drie tot vier keer zo hoog is als de grenswaarde van 50 mg.l⁻¹. De gemiddelde ammonium en totaal-fosfaatconcentratie blijven ruim beneden de streefwaarde van respectievelijk 2,0 mg.l⁻¹ (als N) en 0,40 mg.l⁻¹ (als P). De gemiddelde kaliumconcentratie is anderhalf tot twee keer zo hoog als de drinkwaternorm van 12 mg.l⁻¹ (er is geen grondwaternorm voor kalium, de drinkwaternorm wordt hier slechts ter indicatie gebruikt).

Op bedrijfsniveau zijn er wel verschillen in de grondwaterkwaliteit tussen de jaren. De macro-nutriëntconcentraties zijn op 20% van de bedrijven (voor kalium) tot meer dan 40% van de bedrijven (voor stikstof en fosfaat) sterk verschillend tussen 1992 en 1993, d.w.z. een afwijking van meer dan 25% in 1993 ten opzichte van 1992. De verschillen in de chlorideconcentratie op bedrijfsniveau blijven voor 95% van de bedrijven binnen de 25%-marge. Onduidelijk is wat de oorzaak is van deze verschillen. Dit zal nader worden onderzocht in het vervolgonderzoek.

In het vervolgonderzoek zal ook aandacht worden besteed aan de relatie tussen de chloride- en de nitraatconcentratie. De drie categorieën die in 1993 een (niet-significante) 6-10% lagere nitraatconcentratie hadden dan in 1992, bleken een 8-16% (wel significant) lagere chlorideconcentratie te hebben. De twee categorieën met een 7-10% (niet-significante) hogere nitraatconcentratie in 1993, hadden een gelijkblijvende chlorideconcentratie (< 0,5% verschil, niet-significant).

1. Inleiding

1.1 Algemeen

Het beleid van de rijksoverheid is er o.a. op gericht de emissies vanuit de landbouw naar het milieu te beperken, waaronder het gebruik van meststoffen. Hierdoor zal de ophoping in de bodem en de uitspoeling van meststoffen en zware metalen naar het grondwater en oppervlaktewater zover moeten verminderen dat aan de milieu-eisen kan worden voldaan.

In de Evaluatienota Mestbeleid eerste fase (LNV, 1991) is geconcludeerd dat zowel voor grond, grondwater als voor klein oppervlaktewater een gerichte monitoringinspanning nodig is om de effectiviteit van de beleidsmaatregelen te kunnen vaststellen.

Als motivering hiervoor is gesteld dat:

- De effecten van de mestregelgeving op het milieu, met name op het grondwater, niet zijn aan te geven omdat een landelijk monitoringprogramma voor het bovenste grondwater ontbreekt.
- De bijdrage van de landbouw aan de oppervlaktewaterbelasting, met name waar het gaat om het kleine oppervlaktewater, kan oplopen tot 90% van de nutriëntenbelasting. Hierbij moet nader worden onderzocht wat de relatie is tussen de bemesting en de belasting van het oppervlaktewater.
- De bijdrage van het meststoffengebruik aan de gehalten van zware metalen in de bodem en de concentraties in het grondwater niet bekend is.

Voorts is in de nota gesteld dat het voor het bijstellen van de mestregelgeving (volgende fasen ingaande per 1991, 1995 en 2000) van belang is om na te gaan hoe de kwaliteit van natuur en milieu zich als gevolg van de maatregelen ontwikkelt.

Oorspronkelijk werd met het meetprogramma beoogd de "nulsituatie" vast te leggen voorafgaand aan fase 2 van de mestregelgeving, welke per 1991 is ingegaan.

Daartoe zijn in de periode 1989-1991 verschillende voorstellen geformuleerd voor de opzet van een monitoringprogramma voor het bovenste grondwater en is overleg gevoerd alvorens tot een definitieve opzet kon worden gekomen. Hiertoe was een voorlopige begeleidingsgroep geformeerd waaraan werd deelgenomen door vertegenwoordigers van de Ministeries van LNV en VROM, van LEI-DLO, SC-DLO en IKC-VM alsmede van de Rijksuniversiteit Leiden (vakgroep milieubiologie) en het RIVM.

Uiteindelijk is in september 1991 door het RIVM, in samenwerking met LEI-DLO, een projectvoorstel geformuleerd voor de uitvoering van een monitoringprogramma specifiek gericht op het grondwater in de zandgebieden. Gekozen is voor een gefaseerde opzet. Hierbij is het accent vooralsnog gelegd op de nutriënten N, P en K. In 1993 zijn de voor de landbouw relevante metalen cadmium, koper en zink meegenomen in het analysepakket. Cadmium komt voor als verontreiniging in met name fosfaatkunstmest. Koper en zink komen vooral via dierlijke mest op de bodem, als gevolg van toevoeging aan diervoeders. Het zijn essentiële voedingselementen. Koperbemesting komt op sommige gronden voor.

In de eerste rapportage (Van Swinderen et al., 1994) lag het accent op de beschrijving van de meetgegevens 1992 en werd een eerste - voorlopige - analyse gepresenteerd van het verband tussen bedrijfsvoering en grondwaterkwaliteit. Hierbij zijn de bedrijfsgemiddelde concentraties uit 1992 in verband gebracht met bedrijfsfactoren uit het boekhoudjaar 1991-1992. Uit deze analyse, die een indicatief karakter had, bleek het verband tussen bedrijfsvoering en kwaliteit statistisch gezien niet duidelijk te zijn. Dit bleek onder andere uit het nagenoeg ontbreken van een verband tussen de N-, P- en K-overschotten en concentraties van deze elementen in het grondwater. Redenen zijn o.a. dat het overschot niet alleen via de bodem uitspoelt, maar bijvoorbeeld in het geval van stikstof ook als ammoniak vervluchtigt. Verder bestaat er tussen het gemeten overschot en de gemeten kwaliteit een tijdvertraging. Hiermee kon in dit eerste jaar geen rekeningen worden gehouden.

In deze tweede rapportage worden de meetgegevens van 1993 gepresenteerd, waarbij ze vergeleken worden met die van 1992. Verder vindt er een nadere analyse plaats van het verband tussen bedrijfsvoering en grondwaterkwaliteit. Met deze gegevens is ten behoeve van de Milieubalans 1995 (RIVM, 1995) een landelijk beeld gegenereerd. In Boumans en Van Drecht (1995) is de methodiek hiervan beschreven.

1.2 Doelstelling en onderzoeksdoelen

Het huidige meetprogramma is een proefproject dat moet leiden tot de inrichting van een meetnet met de volgende doelstellingen:

1. het beschrijven van de kwaliteit van het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven;
2. het signaleren van de ontwikkeling in de grondwaterkwaliteit in relatie tot de aanpassing in de bedrijfsvoering mede als gevolg van het nutriëntenbeleid.

Randvoorwaarde is dat het meetnet moet worden afgestemd op zowel de ruimtelijke als de tijdaspecten van het mestbeleid. Voor wat betreft de ruimtelijke aspecten dient rekening te worden gehouden met factoren als bodemtype, bodemgebruik en regionale factoren.

Het meetprogramma was opgezet voor drie jaar. In die periode zouden de volgende onderzoeksdoelen gerealiseerd moeten worden:

- het vastleggen van de nul-situatie;
- het vinden van een relatie tussen bedrijfskenmerken en grondwaterkwaliteit;
- het komen tot een methodiek voor trendmonitoring van grondwaterkwaliteit;
- het optimaliseren van het meetprogramma voor gebruik als meetnet.

Als gevolg van de bevindingen in de periode 1992 - 1994 is het programma voor één jaar gecontinueerd in 1995. Het meetprogramma bestaat uit een breedte en een diepte onderzoek. Het breedte onderzoek betreft het onderzoek op een zo groot mogelijk aantal bedrijven gedurende drie jaar. Dit onderzoek is vooral gericht op het vaststellen van de ruimtelijke variatie van de grondwaterkwaliteit en de variatie tussen jaren, alsook het vinden van een relatie tussen bedrijfskenmerken en grondwaterkwaliteit. Het diepte onderzoek is de voortzetting van breedte onderzoek op een beperkt aantal bedrijven, met als doel de variatie van de grondwaterkwaliteit binnen een jaar en tussen de jaren vast te stellen. Hiervoor wordt een deel van de bedrijven

meermalig bemonsterd binnen een jaar, met het doel het effect van het bemonsteringstijdstip op de grondwaterkwaliteit vast te stellen.

Het voorliggende rapport is een tussenrapportage van het breedte onderzoek uitgevoerd in 1992 en 1993. In het rapport 1992 -1995 zullen de resultaten van zowel het breedte als diepte onderzoek gepresenteerd worden. Aparte rapportages worden voorzien over het corrigeren van grondwaterkwaliteit voor weersinvloeden en zware-metaalconcentraties in grondwater. Het onderzoek zal worden afgesloten met een evaluatie. Deze evaluatie zal moeten leiden tot aanbevelingen met betrekking tot de methodiek voor trendmonitoring en de optimalisatie van het meetprogramma en de inrichting van een meetnet.

1.3 Algemene opzet rapport

In hoofdstuk 2 wordt de opzet van het meetprogramma beschreven en worden de bemonsteringsmethodiek en analysemethode besproken. In hoofdstuk 3 wordt de karakterisering van de bedrijfscategorieën gegeven aan de hand van de resultaten van het LEI-DLO bedrijven-informatienet 1992/'93. Deze worden vergeleken met de cijfers uit het bedrijven-informatienet 1991/'92. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de bemonstering van 1993 gegeven. Ze worden vergeleken met de resultaten uit 1992. Aparte aandacht is er voor zware-metaalconcentraties in het ondiepe grondwater, die alleen in 1993 meegenomen zijn in het analysepakket. In hoofdstuk 5 wordt een analyse gemaakt van de relatie tussen de bedrijfskarakteristieken en de grondwaterkwaliteit. Tenslotte worden in hoofdstuk 6 de conclusies gegeven.

2. Opzet en uitvoering van het meetprogramma

2.1 Opzet van het meetprogramma

2.1.1 Gebiedskeuze en keuze onderzoekslokaties

Nutriënten die uitspoelen zijn voornamelijk stikstof (N) en kalium (K). Fosfaat (P) hoopt in eerste instantie in de bodem op maar kan bij verzadiging uitspoelen. De zandgebieden van Nederland zijn het meest gevoelig voor uitspoeling omdat het meststoffengebruik en wijzigingen daarin als gevolg van de geringe buffercapaciteit van de bodem hier het meest direct tot uiting komen in de grondwaterkwaliteit. De problemen met de kwaliteit van het grondwater in deze gebieden zijn het grootst omdat naast deze geringe buffercapaciteit de zandgebieden van nature voedselarm zijn, (drink)waterwinning plaats vindt uit niet door kleilagen afgesloten grondwaterpakketten en de bodembelasting hoog is.

Gebieden met rivierklei en zware zaveln nemen wat betreft de kwetsbaarheid van het grondwater een tussenpositie in tussen de zandgebieden en de zeeklei/veen gebieden in het westen en noorden waar de kwetsbaarheid voor uitspoeling naar het grondwater het minst groot is. Het grondwater in deze laatste gebieden bevat daarnaast van nature hogere nutriënten- en zoutconcentraties en wordt niet gewonnen voor drinkwaterproductie. In deze gebieden is de uit- en afspoeling (met name via drains) naar het oppervlaktewater van aan landbouwgronden toegediende nutriënten uit milieu-oogpunt van grotere betekenis. De wijze waarop deze emissies moeten worden gemeten is onderwerp van een ander onderzoek dat thans door het RIVM wordt uitgevoerd (Meinardi en Van den Eertwegh, 1995).

Om bovengenoemde redenen is het meetprogramma in deze eerste fase gericht op het grondwater in de zandgebieden.

Het meest ideale schaalniveau waarop gegevens beschikbaar zouden moeten zijn over de toevoer van meststoffen en grondwaterkwaliteit vanuit onderzoeksoogpunt is dat van het perceel. Immers de landbouwer past -in beginsel- de bemesting aan op de gewasbehoefte per perceel. Uit beleidsoogpunt is niet het perceelsniveau maar het bedrijfsniveau het meest relevante schaalniveau, omdat de huidige en toekomstige mestregelgeving op bedrijfsniveau aangrijpt (mestboekhouding en mineralenboekhouding).

De meest gedetailleerde informatie over het meststoffengebruik in de landbouw op landelijke schaal, is niet op perceelsniveau maar op bedrijfsniveau aanwezig. De bedrijfsinformatie kan uit gegevens van de "metelling" worden afgeleid (zie bijvoorbeeld LEI/CBS, 1991). De gegevens uit de metelling zijn vooralsnog niet openbaar op het bedrijfsniveau.

Om de monitoringinspanning binnen redelijke grenzen te houden moet een steekproef uit de bedrijven worden getrokken. Door het Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO) wordt uit de ca 100.000 land-en tuinbouwbedrijven een steekproef getrokken van circa 1500 bedrijven (het LEI bedrijven informatienet, voorheen LEI-boekhoudnet; Poppe, 1993). Deze bedrijven worden voor een periode van 5-6 jaar gevolgd.

Om de resultaten van het onderzoek te kunnen vertalen naar dat deel van het zandgebied dat niet onderzocht is, moet de steekproef aan de volgende eisen voldoen:

1. De deelnemende bedrijven moeten representatief zijn voor de bedrijven in het deel van Nederland dat wordt onderzocht, namelijk de zandgebieden.
2. De steekproef moet zodanig zijn dat hiermee een voldoende betrouwbare schatting van de kwaliteitstoestand en van de trend kan worden gegeven.

Bij de keuze voor bedrijven uit het LEI-DLO bedrijven informatienet waren de volgende overwegingen van belang:

1. De LEI-steekproef biedt een representatief beeld van de Nederlandse land- en tuinbouw en er zijn op deze bedrijven veel technisch-economische gegevens bekend (o.a. over de bedrijfsstructuur en de bedrijfsvoering waaronder het meststoffengebruik). Door het meetprogramma op een aantal van deze bedrijven uit te voeren kan een relatie worden onderzocht tussen bedrijfsvoering en kwaliteit van het grondwater.
2. Door aansluiting van het meetprogramma bij de LEI-steekproef kan het aantal meetpunten aanzienlijk lager zijn dan bij een aselechte trekking van bedrijven uit bijvoorbeeld de Meitelling.
3. Een mogelijk nadeel van deze LEI-steekproef is dat jaarlijks een deel van de bedrijven afvalt, daar de bedrijven ongeveer 5 à 6 jaren deelnemen aan de LEI-steekproef; de metingen zouden dan ook moeten gaan 'wandelen'. Wanneer uit de analyse blijkt dat dit niet gewenst is, zal op de bedrijven de boekhouding ook na deze periode moeten worden bijgehouden.

2.1.2 Bemonsteringsstrategie en aantalsbepaling

Gelet op de meervoudige doelstelling van het meetprogramma toestandsbeschrijving en trendanalyse, is besloten vijf bedrijfscategorieën mee te nemen in het onderzoek. Per categorie worden twintig bedrijven bemonsterd. Per bedrijf worden 48 monsters genomen die tot 4 mengmonsters worden samengevoegd. Voor de statistische onderbouwing van de keuze wordt verwezen naar de rapportage 1992 (Van Swinderen et al., 1994).

Uit beleidsoogpunt is het gewenst om niet alleen op bedrijfsniveau maar ook voor verschillende vormen van bodemgebruik informatie over de grondwaterkwaliteit te krijgen. Omdat in de huidige mestregelgeving onderscheid gemaakt wordt in bouwland, grasland en snijmaïs is het zinvol om voor de betrokken veehouderijbedrijven informatie over grasland en snijmaïs te kunnen scheiden. Daarom is besloten om onder percelen met continu snijmaïs aparte mengmonsters van het grondwater samen te stellen. Voor deze veehouderijcategorieën is het mogelijk uitspraken te doen naar de effecten van het bodemgebruik (type gewas).

Selectie van bedrijfscategorieën

Op basis van het LEI-bedrijven informatienet zijn 3 combinaties van bedrijfstypen en bodemgebruik geselecteerd (akkerbouw, melkveehouderij, combinatie bedrijven met melkveehouderij en intensieve veehouderij). Binnen de veehouderijbedrijfstypen zijn intensieve en extensieve categorieën onderscheiden. Er zijn dus vijf categorieën onderscheiden, te weten akkerbouw, melkveehouderij extensief, melkveehouderij intensief, combinatie bedrijven extensief en combinatie bedrijven intensief.

In de oorspronkelijke opzet zou rekening gehouden worden met de ligging van de bedrijven in gebieden met een mestoverschot en in gebieden waar plaatsingsruimte voor mest uit de overschotgebieden aanwezig is (de zogenaamde overgangs- en tekortgebieden). Op grond van een nadere analyse van de beschikbare bedrijven uit het LEI-bedrijven informatienet bleek dat het aantal combinatie bedrijven met een intensieve veehouderij-tak (IVH-tak) gelegen in overgangs- dan wel tekortgebieden op zand een te gering aantal bedrijven opleverde. Daarom is besloten voor de combinatie bedrijven niet dit criterium te kiezen, maar de intensiteit van de IVH-tak (aantal hokdieren). Als maatgevende grootte hiervoor is de mestproductie uitgedrukt in fosfaat gehanteerd, waarbij de grens is gelegd bij 225 kg/ha. Daarmee is de ligging als selectiecriterium verlaten. De grens van 225 kg fosfaat is gekozen zodat voor de twee categorieën ongeveer evenveel bedrijven beschikbaar waren.

Voor de melkveehouderijbedrijven is als onderscheidend criterium voor de intensiteit een veebezetting van 2,8 GVE/ha gekozen, om dezelfde reden. Deze veebezetting komt overeen met een mestproductie van 120-125 kg/ha fosfaat. Boven 2,8 GVE/ha zal over het algemeen dierlijke mest moeten worden afgevoerd in verband met de fosfaatsnorm van 150 kg/ha op grasland en 110 op bouw- en maïsland (voorzien voor 1995). De categorieën landbouwbedrijven die uiteindelijk voor de grondwaterbemonstering zijn geselecteerd staan vermeld in *Tabel 2.1*.

Bij het afbakenen van de steekproefpopulatie moet er een keuze gemaakt worden tussen aan de ene kant grote mate van homogeniteit binnen de populatie om daardoor een beperking te krijgen van de variatie in de meetresultaten, en aan de andere kant een grote mate van heterogeniteit binnen de populatie om de meetresultaten representatief te laten zijn voor een groot deel van de doelpopulatie en om de relatie grondwaterkwaliteit en bedrijfsvoering te kunnen bepalen.

De categorie akkerbouwbedrijven is beperkt tot de veenkoloniën en het noordelijk zandgebied. Voor melkvee- en combinatie-bedrijven zijn de bedrijven met meer dan 10% bouwland (exclusief maïs) niet meegenomen. Hiermee wordt een verdere homogenisering binnen deze categorieën gerealiseerd.

Aanvullende criteria voor alle bedrijven waren voorts:

- bedrijven hebben als grondsoort voornamelijk zandgrond of dalgrond, dit om de invloed van andere grondsoorten op de gemiddelde kwaliteit van het grondwater op het bedrijf te beperken;
- bedrijven liggen op drogere gronden (met diepere grondwaterstanden; GHG > 0.40 m -mv), dit zijn de bedrijven die het gevoeligst zijn voor nitraatuitspoeling (zie ook onder representativiteit);
- het jaar waarin de bedrijven in de boekhouding zijn opgenomen in verband met de beoogde duur van het programma (3 jaar); dit betekent het selecteren van bedrijven die in de periode 1988-1991 in het bedrijven informatienet zijn opgenomen;
- de bedrijfsgrootte is niet kleiner dan 10 hectare .

Tabel 2.1: *Kenschets van de deelnemende bedrijfscategorieën*

Categorie	afkorting	Bodemgebruik	Intensiteitscriterium	Aantal
Melkveehouderij extensief	MVH _{ext}	grasland+snijmaïs	minder dan 2,8 GVE per ha	20
Melkveehouderij intensief	MVH _{int}	grasland+snijmaïs	meer dan 2,8 GVE per ha	20
Combinatiebedrijven extensief	MVH+IVH _{ext}	grasland+snijmaïs	mestproduktie minder dan 225 kg fosfaat per ha	20
Combinatiebedrijven intensief	MVH+IVH _{int}	grasland+snijmaïs	mestproduktie meer dan 225 kg fosfaat per ha	20
Akkerbouw	AB	bouwland	-	20

Getracht is om voor ieder van de genoemde vijf categorieën 20 bedrijven uit het LEI-bestand te selecteren.

Representativiteit van de steekproefbedrijven

De groep bedrijven die aan bovengenoemde criteria voldoet, is representatief voor 62% van het landbouwooppervlak in het zandgebied. Voor een uitgebreide beschouwing en berekeningen wordt verwezen naar bijlage I in Van Swinderen e.a. (1994).

Gelet op het effect van de grondwaterstand op de mate van nitraatuitspoeling (effect op denitrificatie), is overwogen om een verdere onderverdeling te maken aan de hand van een Gt-klasse-indeling. (Gt's met hoge respectievelijk lage grondwaterstanden). Uit capaciteitsoverwegingen is daarvan afgezien en besloten om in principe bedrijven te kiezen die in gebieden liggen waar op grond van bij de LEI-boekhouders aanwezige informatie over de grondwaterstanden op de steekproefbedrijven sprake is van drogere gronden. Voorjaarsgrondwaterstand > 0,40 m beneden maaiveld. Globaal komt dit neer op de Gt-klassen van IV, VI, VII, VII* (thans VIII), als deze grondwaterstand als gemiddeld hoogste grondwaterstand wordt beschouwd. De informatie over grondwaterstanden betreft boekhoudjaar 1990/'91. Er zijn drie klassen onderscheiden. Rekening houdend met de andere restricties, zoals bedrijfsgrootte, maximale hoeveelheid bouwland op veehouderijbedrijven en ligging in veenkoloniën voor akkerbouwbedrijven, wordt de verdeling gevonden als opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 2.2: *Frequentieverdeling van melkveehouderij- en combinatiebedrijven in de zandgebieden en akkerbouwbedrijven in de Veenkoloniën en het noordelijk zandgebied op basis van de grondwaterstand (door boer opgegeven).*

Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand (cm -mv)	Omschrijving vochttoestand	alle bedrijven (%; n=348)	bedrijven met voornamelijk zand (%; n=314)
< 40	nat	5,8	4,5
40 - 80	vochtig	50,0	51,2
> 80	droog	35,4	35,3
-	onbekend	8,8	9,0

Selectie van de bedrijven

Voor elk van de vijf categorieën is, vanwege de kans op non-respons, in beginsel een steekproef van 22 bedrijven getrokken (zie Tabel 2.3). De bedrijven zijn naar categorie ingedeeld en geselecteerd op basis van de gegevens uit de Meitelling (1991). Begin maart 1992 is aan 110 landbouwers die aan de boekhouding deelnemen een brief verzonden met daarin de vraag of men aan het meetprogramma medewerking zou willen verlenen.

De respons was zeer hoog. Slechts 10% van de bedrijven wenste niet deel te nemen en bij 1 bedrijf was sprake van bedrijfsverplaatsing, waardoor deelname aan het onderzoek niet zinvol was. Dit heeft uiteindelijk geresulteerd in bemonstering van 93 bedrijven in 1992.

Tabel 2.3: *Overzicht van aantal geschikte en in 1992 en 1993 bezochte bedrijven.*

Categorie	LEI bedrijven informatienet*	Bemonsterd			
		1992	1993	+	-
Melkveehouderij extensief	33	18	19	2	1
Melkveehouderij intensief	33	17	16	2	3
Combinatiebedrijven extensief.	27	21	20	0	1
Combinatiebedrijven intensief	27	19	20	1	0
Akkerbouw	44	18	19	1	0
Totaal	164	93	94	6	5

* geschikte bedrijven in de boekhouding 1992 / meitelling 1991

+ aantal nieuwe bedrijven in 1993 t.o.v. 1992

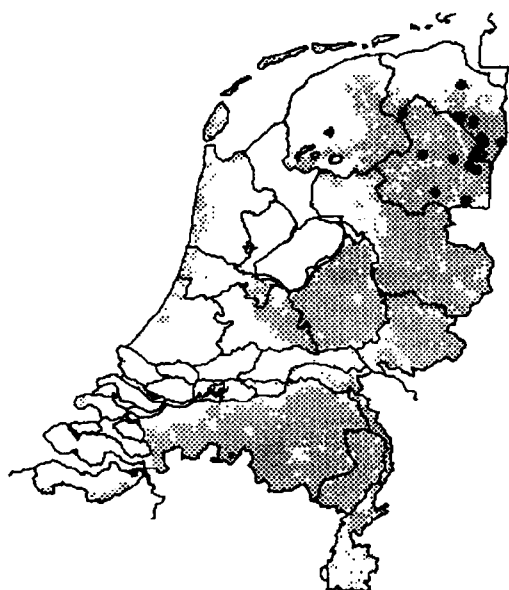
- aantal afgevalen bedrijven

In 1993 waren 6 van de 93 bedrijven niet meer voor bemonstering beschikbaar, ondermeer door verkoop van het bedrijf. Hiervoor zijn 5 vervangende bedrijven gevonden. Het aantal bedrijven per bedrijfscategorie is gegeven in Tabel 2.3.

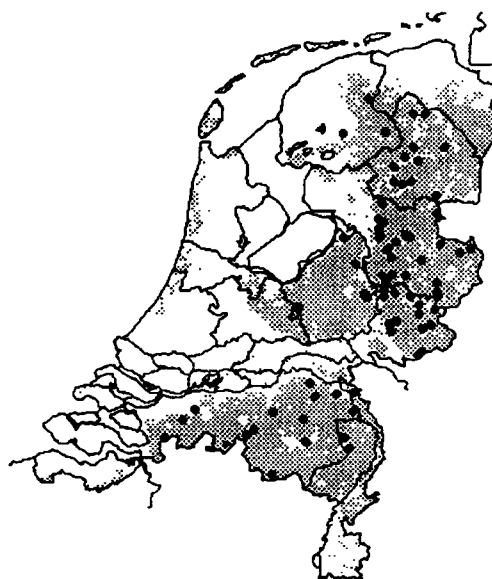
Uit Tabel 2.3. blijkt dat uiteindelijk in 4 van de 5 klassen niet het beoogde aantal van 20 bedrijven is gerealiseerd. Wel is het merendeel van de bedrijven tweemaal bemonsterd. Alleen in de categorie melkveehouderij intensief is het aantal van 14 bedrijven dat twee maal bemonsterd is ver beneden de gewenste 20 bedrijven.

Ligging van de bedrijven

Daar het meetprogramma zich vooralsnog beperkt tot de zandgebieden zijn bedrijven geselecteerd die gelegen zijn in het noordelijk, centraal, oostelijk en zuidelijk zandgebied en in de Veenkoloniën. De deelnemende akkerbouwbedrijven zijn alle gelegen in het noordelijk zandgebied en in de Veenkoloniën. Akkerbouwbedrijven in de overige zandgebieden maken geen deel uit van de steekproef. De veehouderijbedrijven liggen verspreid in alle zandgebieden. In de Figuren 2.1 en 2.2 is de globale ligging van de in het zandgebied (grijs gearceerd in de figuren) gelegen bemonsterde bedrijven weergegeven.



Figuur 2.1 Ligging van de akkerbouwbedrijven in het zandgebied



Figuur 2.2 Ligging van de veehouderijbedrijven in het zandgebied

2.2 Bemonsteringsmethode

2.2.1 Algemene aanpak

Bij de bemonstering van grondwater kan gebruik gemaakt worden van vaste of tijdelijke meetpunten. Door het plaatsen van vaste meetpunten in een perceel wordt de bedrijfsvoering gehinderd. Bij plaatsing van vaste meetpunten langs de perceelsgrenzen kunnen randeffecten de representativiteit van de grondwatermonsters beïnvloeden. Tijdelijke meetpunten hebben daarnaast het voordeel dat de bemonsteringsdiepte kan worden aangepast aan de grondwaterstand. Daarom is voor de methode van tijdelijke meetpunten gekozen. Hiermee is door het RIVM de laatste jaren veel ervaring opgedaan. De voor- en nadelen van de verschillende wijzen van monitoring zijn o.m. beschreven in Baggelaar (1992).

Uitgaande van 20 bedrijven per categorie en 48 meetpunten per bedrijf zijn de meetpunten evenredig verdeeld over het oppervlak van het bedrijf geplaatst. Vervolgens is per 12 meetpunten in het laboratorium aselekt een mengmonster gemaakt (4 per bedrijf).

Gelet op de behoefte vanuit het beleid aan informatie over de grondwaterkwaliteit in relatie tot het bodemgebruik is op de bedrijven waar sprake is van percelen met een continu-teelt van snijmaïs, aan deze percelen apart aandacht gegeven. Om het effect van deze teelt op de kwaliteit van het grondwater te onderzoeken is uit meetpunten gelegen in maïs-percelen een extra hoeveelheid grondwater bemonsterd, teneinde ook aparte mengmonsters voor snijmaïs te kunnen maken. De grondwatermonsters van snijmaïspercelen maken tevens deel uit van de mengmonsters die voor de vaststelling van het bedrijfsgemiddelde zijn gebruikt. Het aantal aparte mengmonsters voor grondwater van snijmaïspercelen per bedrijf is evenredig met het areaal permanent snijmaïs op dat bedrijf. In *Tabel 2.4* is een schema gegeven van de wijze waarop de maïs-monsters verdeeld en gemengd zijn. Van de 93 bezochte bedrijven in 1992 hadden 53 bedrijven een bouwplan waarin de permanente teelt van maïs op eenzelfde perceel voorkomt. Voor 1993 betreft het 60 bedrijven van de 94. Die percelen waarop voor meer dan drie jaren achtereen maïs verbouwd wordt, worden in dit onderzoek als percelen met permanente snijmaïs beschouwd.

Uit *Tabel 2.4* blijkt dat 40 bedrijven geen permanente snijmaïs in de bedrijfsvoering hebben. Hiertoe behoren alle akkerbouwbedrijven. Het gemiddeld aantal mengmonsters per bedrijf bij maïs per bedrijfstype is in *Tabel 2.5* gegeven. Bij de categorie intensieve veehouderij met lage P-productie komt het grootste areaal permanent snijmaïs voor.

Tabel 2.4: *Schema van de verdeling en mengwijze van grondwatermonsters afkomstig van maïspercelen.*

aantal meetpunten onder snijmaïs per bedrijf	aantal mengmonsters	percentage snijmaïs van totale oppervlakte	aantal bedrijven	
			1992	1993
0	0	0	40	34
1 t/m 7	1	1 - 15 %	21	29
8 t/m 14	2	16 - 29 %	22	23
15 t/m 21	3	30 - 44 %	8	6
22 t/m 28	4	45 - 58 %	2	2

Tabel 2.5: *Het gemiddeld aantal grondwatermonsters per bedrijf van snijmaïspercelen per bedrijfstype in 1992 en 1993.*

jaar	akkerbouw	bedrijfscategorieën			
		melkveehouderij extensief	melkveehouderij intensief	combinatiebedrijven extensief	combinatiebedrijven intensief
1992	0	0.9	1.3	1.7	1.2
1993	0	1.2	1.3	1.6	1.4

2.2.2 Werkwijze in het veld

De bemonstering van het grondwater is uitgevoerd volgens een standaardprocedure die bij het RIVM is beschreven. Hieronder is een korte toelichting gegeven.

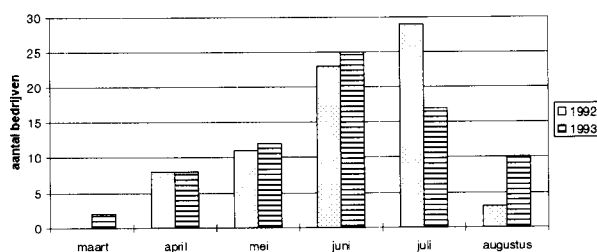
Het jaarlijkse neerslagoverschot bedraagt in Nederland gemiddeld ongeveer 300 mm. Deze hoeveelheid verdeelt zich over een laag van circa 1 meter in de bodem (verzadigde zone). De kwaliteit van de bovenste meter van het grondwater geeft zodoende een goed beeld van de jaarlijkse stoffenbelasting aan het bodemoppervlak. Deze bovenste meter van het grondwater wordt op de volgende methode bemonsterd. Met een handboor wordt tot circa 0,8 meter beneden de grondwaterspiegel geboord. In het ontstane gat wordt vervolgens een peilfilter van 0,5 m lengte geplaatst, zodanig dat dit filter zich in het midden van dit traject bevindt. Uit het filter wordt met behulp van een vacuümpomp grondwater onttrokken. Uit het filter wordt minimaal 0,5 liter grondwater onttrokken (schoonpompen), alvorens het definitieve monster wordt genomen. Het aldus opgepompte grondwater is in het veld gefiltreerd over een membraanfilter van 0,45 µm en aangezuurd. Voor de macro-elementen is er aangezuurd met zwavelzuur (3 N H₂SO₄, pro analyse).

Voor de metalen zijn de monsters aangezuurd met salpeterzuur (3 N HNO_3 , pro analyse). Het aanzuren reduceert de pH tot circa pH 2. De monsters worden in gekoelde toestand naar het RIVM overgebracht en bij $4\text{ }^\circ\text{C}$ bewaard tot verwerking. De 48 monsters per bedrijf worden op aselechte wijze gemengd tot vier mengmonsters en vervolgens naar het analyserend laboratorium vervoerd.

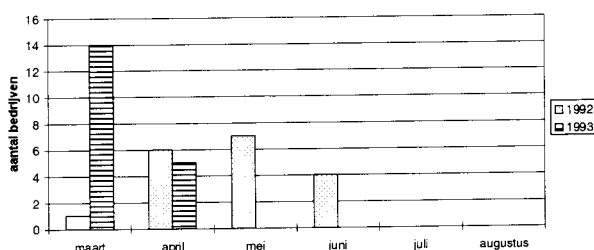
Per boring is de actuele grondwaterstand bepaald en zijn het bodemgebruik en eventuele bijzonderheden genoteerd. Van de individuele grondwatermonsters zijn in het veld de zuurgraad en het elektrisch geleidingsvermogen gemeten. De nitraatconcentratie is semi-kwantitatief bepaald volgens de Nitrachek methode (Geul, 1986).

Periode van bemonstering

De eerste bemonsteringsronde is gestart in de derde week van maart 1992 en afgerond in de eerste week van augustus. De tweede bemonsteringsronde startte in de tweede week van maart 1993 en is afgerond in de derde week van augustus. In *Figuur 2.3* is het verloop van de bemonstering binnen een jaar weergegeven. De bemonstering per ronde strekt zich uit over een periode van 6 maanden. In verband met de bedrijfsvoering is voorrang gegeven aan de bemonstering van akkerbouwbedrijven. Hierdoor heeft de bemonstering van veehouderijbedrijven duidelijk later plaatsgevonden. In 1992 heeft de bemonstering van de akkerbouwbedrijven tot in juni plaatsgevonden. In 1993 was de bemonstering in april afgerond. In hoeverre het tijdstip van monsternamen invloed heeft op de meetresultaten en de interpretatie daarvan zal in 1994 met veldonderzoek nader worden bekeken. De resultaten van dit onderzoek zullen later worden gerapporteerd. Voor de overige categorieën is de bemonstering zoveel mogelijk gespreid in de tijd, zodat de verschillen in grondwaterkwaliteit tussen de categorieën niet beïnvloed zijn door verschillen in het bemonsteringstijdstip.



Figuur 2.3a Monsternamen veehouderijbedrijven



Figuur 2.3b Monsternamen akkerbouwbedrijven

Figuur 2.3 Periode van bemonsteren van het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven binnen een jaar voor 1992 en 1993 voor de veehouderij- en akkerbouwbedrijven

2.3 Analysepakket en methode

2.3.1 Keuze van het analysepakket

Uit de doelstelling van het meetprogramma vloeit de keuze van het analysepakket voort. Voorgesteld is om het grondwater te analyseren op de meest aan het mestgebruik gerelateerde chemische parameters namelijk kalium, stikstof en fosfaat. Daarnaast zijn de volgende, meer algemene, parameters bepaald: het elektrisch geleidingsvermogen (EC), de zuurgraad (pH) en chloride. Deze laatste parameters zijn vooral bepaald ter controle op abnormaliteiten. Ook is het grondwater op opgelost organisch koolstof (DOC) geanalyseerd. Voor een aantal zware metalen vormt het gebruik van dierlijke mest een belangrijke bijdrage aan de belasting van de bodem (koper, cadmium en zink). Behalve dierlijke mest is ook het gebruik van fosfaatkunstmest een belangrijke bron van cadmium (Fraters, 1991).

Uit kostenoverwegingen is voor de eerste bemonstering (1992) echter afgezien van de bepaling van zware metalen. In de tweede ronde (1993) zijn deze metalen wel meegenomen in het analysepakket. Tevens is in 1993 Calcium meegenomen. Calcium en DOC zijn opgenomen in het analysepakket om mogelijk afwijkende concentraties in macro- of spoorelementen te kunnen verklaren.

2.3.2 Chemische analyse van het grondwater

De mengmonsters zijn chemisch geanalyseerd door het Waterleidinglaboratorium Oost te Doetinchem op chloride, opgelost organisch koolstof (DOC; alleen in 1992), kalium, nitraat, ammonium (vanaf 1993), ortho-fosfaat en totaal-fosfaat, en verder specifiek voor 1993 op calcium, cadmium, koper en zink.

Over de nitraatmetingen in het veld in vergelijking met de laboratoriumbepalingen zal in een latere rapportage worden ingegaan.

3. Grootte en spreiding van bedrijfskengetallen per bedrijfscategorie

Dit hoofdstuk behandelt de hoogte en de spreiding van een aantal kengetallen, die een beeld vormen omtrent de grootte, de intensiteit en de wijze van bedrijfsvoering op de deelnemende bedrijven. In twee achtereenvolgende paragrafen worden de kengetallen van de veehouderijbedrijven en van de akkerbouwbedrijven behandeld. Deze bedrijfskengetallen zijn afkomstig uit het LEI-bedrijven informatienet 1992/'93. De bijbehorende grondwatermetingen zijn uitgevoerd in 1993.

3.1 Veehouderijbedrijven

Tabel 3.1 geeft het verloop van enkele kengetallen van de veehouderijbedrijven, die zowel in het boekjaar 1991/'92 als in het boekjaar 1992/'93 aan het meetprogramma deelnamen. De tabel geeft een indruk van de veranderingen in grootte, intensiteit en bedrijfsvoering die zich in één jaar hebben voorgedaan. Allereerst volgt een uitleg over de definitie van een aantal kengetallen. Daarna worden de getallen in de tabel behandeld.

De omvang van de intensieve veehouderijtak is uitgedrukt in standaardbedrijfseenheden (sbe). De sbe is een maat voor de omvang van het bedrijf, die het mogelijk maakt verschillende bedrijfstypes te vergelijken. De sbe wordt berekend op basis van de netto-toegevoegde waarde. De netto-toegevoegde waarde is het verschil tussen de opbrengsten en de non-factor-kosten. De sbe voor mestvarkens, zeugen, leghennen en slachtkuikens bedraagt achtereenvolgens 0,12, 0,85, 0,0063 en 0,0034. Voor een definitie van de sbe en voor de hoogte van de sbe voor andere diercategorieën wordt verwezen naar Koole (1993). De melkproduktie per ha voederoppervlakte en per koe zijn uitgedrukt in kg fpcm. Dit is één kg melk, gecorrigeerd naar een vast vet- en eiwitpercentage in de melk.

Het overig weidevee (exclusief melkkoeien) per ha voederoppervlakte is uitgedrukt in aantal grootvee-eenheden (gve) om het op één noemer te kunnen brengen. Eén grootvee-eenheid komt globaal overeen met één melkkoe. Voor het aantal gve per diersoort wordt verwezen naar Van Dijk e.a. (1994).

De P_2O_5 -produktie per ha is normatief berekend. Voor ieder gemiddeld aanwezig dier wordt een normatieve P_2O_5 -produktie ingerekend, die afkomstig is van de Werkgroep Uniformering Berekening Mest- en Mineralencijfers voor het jaar 1991 (WUM, 1994)

Het percentage emissie-arm aangewende mest is berekend als de hoeveelheid emissie-arm aangewende mest (tonnen) gedeeld door de forfaitaire mestproduktie. De procentuele mestopslagcapaciteit is op dezelfde manier berekend als de mestopslagcapaciteit (tonnen) gedeeld door de forfaitaire mestproduktie.

De mate waarin de versnelde afvoer van grondwater via drains plaats vindt, is ingeschat met behulp van de variabele "vervangingswaarde per ha". De variabele is hoog indien een groot

deel van het bedrijf gedraineerd is en/of wanneer de drainafstand op de gedraineerde percelen klein is. Omdat er weinig variatie in grondsoort is (zand of een combinatie met dalgrond), valt te verwachten, dat de drainafstand weinig varieert. Dit betekent dat het aandeel van het bedrijf dat gedraineerd is groot is, indien de vervangingswaarde van drainage per ha hoog is.

De beregende oppervlakte is berekend als het percentage van de cultuurgrond dat in het groeiseizoen is beregend, ongeacht de hoeveelheid water en het aantal herhalingen. Het maximale percentage bedraagt dus 100%. Het maaipcentage is berekend als de totale gemaaid oppervlakte gedeeld door de oppervlakte grasland. Indien alle grasland twee maal gemaaid is, bedraagt het maaipcentage dus 200%. De voeraankopen in kVEM per ha voederoppervlakte zijn gecorrigeerd voor verliezen, verkopen en voorraadveranderingen. Het kengetal geeft dus het aanvullende (naast graslandprodukten) voerverbruik per ha weer. De mineralenoverschotten van een bepaald element (zuiver N, P of K) zijn berekend als de totale aanvoer van buiten het bedrijf, minus de totale afvoer vanaf het bedrijf. Deze overschotten die op één of andere manier verloren gaan geven een goede indruk van de belasting van het milieu met mineralen. Bij alle produkten die op het bedrijf worden aangevoerd of afgevoerd is gerekend met een normatief mineralengehalte. Voor de berekening van het overschot en de gehanteerde gehalten wordt verwezen naar Daatselaar et al (1990). Deze gehalten zijn voor beide boekjaren gelijk. De grootste aanvoerposten op de mineralenbalans zijn kunstmest, veevoer en organische mest. De op het bedrijf geproduceerde en aangewende mest is onderdeel van een interne mineralenstroom en is dus geen aanvoerpost.

Tabel 3.1 *Het verloop van enkele kengetallen van veehouderijbedrijven, die zowel in het boekjaar 1991/92 als 1992/93 deelnamen (indeling in klassen op basis van meetelling 1991)*

	MVH _{ext}		MVH _{int}		MVH+IVH _{ext}		MVH+IVH _{int}	
	91/92	92/93	91/92	92/93	91/92	92/93	91/92	92/93
aantal	17	17	13	13	20	20	19	19
cultuurgrond (ha)	44.6	45.1	25.7	26.8	25.8	26.5	20.4	20.3
voederoppervlakte (ha)	44.1	44.2	24.3	25.4	24.7	25.4	20.1	20.0
maïsland (%)	17.0	17.3	25.1	29.2	23.8	25.9	16.6	19.8
int.veehouderij (sbe/ha)	0.00	0.00	0.07	0.08	1.45	1.50	2.67	2.76
melkproduktie (kg/ha)	10795	11059	16123	15917	12498	12560	15071	15474
melkproduktie (kg/koe)	7166	7465	6942	7019	7075	7214	6168	6577
melkkoeien/ha	1.51	1.49	2.33	2.29	1.77	1.74	2.41	2.31
gve-overig/ha	0.84	0.81	0.95	0.90	1.08	0.99	1.52	1.40
fosfaatproduktie (kg/ha)	93	91	132	129	151	150	248	251
drainage (f/ha)	107	142	100	107	217	230	185	211
emissie-arme aanwending (%)	10.1	30.1	33.6	69.3	13.4	39.5	22.5	35.8
mestopslagcapaciteit (%)	29.4	31.2	27.5	29.5	30.4	32.6	34.2	33.6
beregende oppervlakte (%)	9.8	12.3	35.3	32.1	41.1	41.2	26.5	25.0
maaipcentage (%)	169	177	179	191	184	194	173	188
voeraankopen (kVEM/ha)	3232	3908	5664	5842	4524	4280	8609	7118
N-kunstmest (kg/ha)	266	267	263	240	241	236	222	222
P-kunstmest (kg/ha)	15	17	10	7	7	11	3	6
K-kunstmest (kg/ha)	32	22	5	4	8	8	5	5
N-aanvoer org.mest (kg/ha)	26	15	43	45	25	15	1	18
N-afvoer org.mest (kg/ha)	0	4	13	20	7	11	132	128
N-overschot (kg/ha)	373	376	449	449	475	461	516	581
P-overschot (kg/ha)	28	31	38	41	41	48	44	56
K-overschot (kg/ha)	95	82	143	136	146	131	146	210
MVH _{ext} =	melkveehouderij met minder dan 2,8 grootvee-eenheden per ha							
MVH _{int} =	melkveehouderij met meer dan 2,8 grootvee-eenheden per ha							
MVH+IVH _{ext} =	melkveehouderij met intensieve veehouderijtak en mestproduktie kleiner dan 225 kg fosfaat per ha							
MVH+IVH _{int} =	melkveehouderij met intensieve veehouderijtak en mestproduktie groter dan 225 kg fosfaat per ha							

De bedrijfsgrootte, uitgedrukt in het aantal ha cultuurgrond, is gemiddeld binnen de klassen weinig veranderd. Het aandeel maïsland is in iedere groep, met uitzondering van de extensieve melkveehouderij (MVH_{ext}), met 3 à 4 procent toegenomen.

De melkproduktie per ha is in de categorieën extensieve melkveehouderij (MVH_{ext}), en intensieve combinatiebedrijven ($MVH+IVH_{int}$) met respectievelijk 250 en 400 kg fpcm gestegen. Deze verhoging van de produktie is tot stand gekomen door een forse produktiestijging per koe. In alle categorieën, in het bijzonder in de categorie $MVH+IVH_{int}$, is de gemiddelde melkveebezetting licht gedaald. De omvang van de intensieve veehouderijtak is in deze categorie echter gestegen. Dit vormt een verklaring voor de toegenomen fosfaatproduktie in deze groep. In de overige categorieën daalt deze licht.

De vervangingswaarde van de drainage is op de gemengde bedrijven ongeveer twee maal zo hoog als op de melkveebedrijven. Het valt dus te verwachten dat het aandeel gedraineerde grond op de gemengde bedrijven ook twee maal zo hoog is. De vervangingswaarde stijgt in alle groepen. Deze stijging is waarschijnlijk eerder te danken aan een prijsstijging dan aan een toename van het areaal gedraineerde grond.

In alle categorieën is het percentage mest, dat emissie-arm is aangewend, fors toegenomen. Ook de relatieve mestopslagcapaciteit (opslagcapaciteit gedeeld door de mestproduktie) neemt in alle categorieën toe, met uitzondering van de categorie $MVH+IVH_{int}$. Dit wil niet zeggen, dat de mestopslagcapaciteit absoluut is toegenomen. In alle categorieën, met uitzondering van de categorie $MVH+IVH_{int}$ is namelijk sprake van een dalende mestproduktie per ha (P_2O_5 -produktie) als gevolg van een afnemende melkveebezetting. In de categorie $MVH+IVH_{int}$ is de omvang van de intensieve veestapel toegenomen.

De beregende oppervlakte, in procenten van de totale oppervlakte varieert nauwelijks tussen de jaren. Het maaipercantage is in alle categorieën met ongeveer 10% gestegen. Alleen bij beide categorieën combinatiebedrijven ($MVH+IVH_{ext}$ en $MVH+IVH_{int}$) is dit samen gegaan met een stijging van de graslandopbrengst, getuige de daling van de voeraankopen in deze categorieën.

De stijging van het aandeel emissie-arm aangewende mest en de stijging van de relatieve mestopslag, zodat meer mest in het groeiseizoen aangewend kan worden, zullen een hogere werking van de stikstof in organische mest tot gevolg hebben gehad. Deze hogere werking zal een positief effect op het stikstofoverschot hebben, mits de stikstofkunstmestgift verlaagd wordt. De categorieën melkvee intensief (MVH_{int}) en combinatiebedrijven extensief ($MVH+IVH_{ext}$) hebben de kunstmestgift inderdaad verlaagd. Het stikstofoverschot is alleen in de categorie $MVH+IVH_{ext}$ gedaald. Voor de andere categorieën valt te verwachten dat door emissie-arme mestaanwending de emissie van ammoniak weliswaar afneemt, maar dat de nitraatuitspoeling toe kan nemen.

In alle categorieën zijn de mineralenoverschotten vrij stabiel, met uitzondering van de overschotten in de categorie $MVH+IVH_{int}$. Dit geldt voor zowel het stikstof-, fosfaat-, en kalium-overschot. De stijging van de overschotten in deze categorie kan worden verklaard uit

een grotere omvang van de intensieve veehouderij (zie sbe-intensieve veehouderij), waardoor de eigen mestproduktie is gestegen, een stijging van de aanvoer van organische mest en een daling van de afvoer van organische mest.

Uit *Tabel 3.1* blijkt, dat de categoriegemiddelden van de bedrijfskengetallen in het boekjaar 1992/'93 weinig verschillen van die in 1991/'92. Het betreft hier echter gemiddelde waarden. Binnen de categorieën kunnen individuele bedrijven in sterke mate veranderd zijn. Om te zien of dit het geval is, is in *Figuur 3.1* een frequentieverdeling gegeven van de verandering van de belangrijke kengetallen, die iets zeggen over de bedrijfsgrootte, de intensiteit en de bedrijfsvoering.

Uit de *Figuur 3.1* blijkt dat op 7 bedrijven (ongeveer 10%) de oppervlakte met meer dan 5 ha is toe- of afgenomen. Slechts op 2 van deze bedrijven is de bemonsterde oppervlakte in 1993 ook daadwerkelijk anders dan in het voorgaande jaar. In de overige gevallen zijn gelijke percelen bemonsterd. Grond die tijdelijk gehuurd of verhuurd is wordt niet in de bemonstering meegenomen. De veranderingen in de bedrijfsoppervlakte hebben in veel gevallen hierop betrekking.

Zoals ook al bleek uit *Tabel 3.1* is het percentage maïsland gemiddeld toegenomen. Op 40 bedrijven (58%) is het percentage maïsland toegenomen. Op 11 bedrijven (16%) is het percentage maïsland zelfs met meer dan 8% gestegen.

De omvang van de intensieve veehouderij is gemiddelde iets toegenomen. Uit *Tabel 3.1* bleek dat dit voornamelijk het geval is in de categorie MVH+IVH_{int}. Op zeven bedrijven (10%) is het aantal sbe-intensieve veehouderij per ha met meer dan 0,4 toegenomen, terwijl op 4 bedrijven (6%) het aantal sbe-intensieve veehouderij per ha met meer dan 0,4 afgenomen.

Zoals uit *Tabel 3.1* bleek is de melkproduktie per ha in de categorieën MVH_{ext} en MVH+IVH_{int} gestegen. In de overige categorieën bleef de produktie per ha nagenoeg gelijk. De melkproduktie per koe is in alle categorieën gestegen. Dit blijkt ook duidelijk uit *Figuur 3.1*. Op 12 bedrijven (17%) is de melkproduktie zelfs met meer dan 600 kg gestegen. Het aantal melkkoeien is als gevolg van de produktiestijging per koe op de meeste bedrijven afgenomen. Uit *Figuur 3.1* blijkt dat het aantal melkkoeien per ha op 7 bedrijven (10%) is afgenomen met meer dan 0,3, en op 5 bedrijven (7%) is toegenomen met meer dan 0,3. Ook het aantal gve-jongvee per ha is op de meeste bedrijven dalende. Ondanks de dalende melkveestapel neemt de fosfaatproduktie op ongeveer de helft van de bedrijven nog toe. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door een toename van de intensieve veehouderij.

Op 50 bedrijven (72%) is geen drainage aanwezig. Op twee bedrijven neemt de vervangingswaarde van de drainage af. Op deze bedrijven is de oppervlakte uitgebreid met grond die niet gedraineerd is. Op vijf bedrijven is de vervangingswaarde van de drainage met meer dan 100 gulden per ha gestegen. Op deze bedrijven is het aandeel gedraineerde grond fors (meer dan 10%) gestegen.

Figuur 3.1 Frequentieverdeling van de verandering van enkele bedrijfskengetallen van veehouderijbedrijven in boekjaar 1992/'93 ten opzichte van 1991/'92

```

-----
cultuurgrond (ha):
  < - -5.0    2 **
-5.0 - -2.5    4 ****
-2.5 -  0.0   42 *****
  0.0 - +2.5    7 *****
+2.5 - +5.0    9 *****
+5.0 - +7.5    4 ****
+7.5 -  >     1 *

% maïsland:
  < - -8      1 *
-8 - -4      3 ***
-4 -  0     25 *****
  0 - +4     17 *****
+4 - +8     12 *****
+8 - +12     9 *****
+12 - +16    2 **

sbe intensieve
veehouderij/ha:
  - -1.2     1 *
-1.2 - -0.8   1 *
-0.8 - -0.4   2 **
-0.4 -  0.0   46 *****
  0.0 - +0.4   12 *****
+0.4 - +0.8    2 **
+0.8 - +1.2    4 ****
+1.2 -  >     1 *

melkproduktie
(kg fpcm/ha):
  < - -3600    1 *
-3600 - -2400  3 ***
-2400 - -1200  3 ***
-1200 -   0    28 *****
  0 - +1200    25 *****
+1200 - +2400  3 ***
+2400 - +3600  4 ****
+3600 -  >     2 **

melkproduktie
(kg fpcm/koe):
  < - -300     5 *****
-300 -  0     15 *****
  0 - +300     24 *****
+300 - +600    13 *****
+600 - +900     7 *****
+900 - +1200    2 **
+1200 - +1500   2 **
+1500 -  >     1 *

melkkoeien/ha:
  < - -0.6     2 **
-0.6 - -0.3    5 *****
-0.3 -  0.0   37 *****
  0.0 - +0.3   20 *****
+0.3 - +0.6    4 ****
+0.6 -  >     1 *
-----

```

Figuur 3.1 (vervolg)

gve-overig/ha:

```
< - -0.60    2 **
-0.60 - -0.45  2 **
-0.45 - -0.30  6 *****
-0.30 - -0.15  7 *****
-0.15 -  0.00 21 *****
 0.00 - +0.15 28 *****
+0.15 -  >    3 ***
```

fosfaatproduktie (kg/ha):

```
< - -40    3 ***
-40 - -20   4 ****
-20 -  0   29 *****
 0 - +20   28 *****
+20 - +40   2 **
+40 - +60   2 **
+60 -  >    1 *
```

vervangingswaarde drainage (f/ha):

```
< - -50.0    1 *
-50.0 -  0.0  51 *****
 0.0 - +50.0  10 *****
+50.0 - +100.0  2 **
+100.0 - +150.0  3 ***
+150.0 - +200.0  0
+200.0 - +250.0  0
+250.0 -  >    2 **
```

emissie-arme mestaanwending

(% van totaal tonnen mest):

```
< - -50    2 **
-50 - -25   2 **
-25 -  0   22 *****
 0 - +25   13 *****
+25 - +50   14 *****
+50 - +75   10 *****
+75 - +100   6 *****
```

mestopslagcapaciteit

(% van totaal tonnen mest):

```
< - -10    1 *
-10 - -5    4 ****
-5 -  0   13 *****
 0 -  5   41 *****
+5 - +10   7 *****
+10 - +15   2 **
+15 -  >    1 *
```

beregende oppervlakte

(% van totale cultuurgrond):

```
< - -40    3 ***
-40 - -20   1 *
-20 -  0   47 *****
 0 - +20   15 *****
 20 - +40   2 **
 40 -  >    1 *
```

Figuur 3.1 (vervolg)

maaipercentage

(% van totaal grasland):

```
< - -90 1 *
-90 - -60 3 ***
-60 - -30 6 *****
-30 - 0 21 *****
0 - +30 16 *****
30 - +60 12 *****
60 - +90 9 *****
90 - > 1 *
```

voeraankopen (kVEM/ha):

```
< - -3000 3 ***
-3000 - -2000 4 ****
-2000 - -1000 10 *****
-1000 - 0 13 *****
0 - +1000 22 *****
+1000 - +2000 8 *****
+2000 - +3000 3 ***
+3000 - > 6 *****
```

N-kunstmest (kg/ha cultuurgrond):

```
< - -120 1 *
-120 - -80 1 *
-80 - -40 12 *****
-40 - 0 25 *****
0 - +40 22 *****
+40 - +80 5 *****
+80 - > 3 ***
```

P-kunstmest (kg/ha cultuurgrond):

```
< - -12 3 ***
-12 - -6 4 ****
-6 - 0 21 *****
0 - +6 25 *****
+6 - +12 9 *****
+12 - +18 4 ****
+18 - > 3 ***
```

K-kunstmest (kg/ha cultuurgrond):

```
< - -60 2 **
-60 - -40 1 *
-40 - -20 3 ***
-20 - 0 38 *****
0 - +20 22 *****
+20 - > 3 ***
```

N-overschot (kg/ha):

```
< - -300 1 *
-300 - -200 1 *
-200 - -100 9 *****
-100 - 0 28 *****
0 - +100 20 *****
+100 - +200 6 *****
+200 - +300 3 ***
+300 - > 1 *
```

Figuur 3.1 (vervolg)

P-overschot (kg/ha) :

<	-	-40	2	**
-40	-	-20	4	****
-20	-	0	28	*****
0	-	+20	28	*****
+20	-	+40	3	***
+40	-	+60	3	***
+60	-	>	1	*

K-overschot (kg/ha) :

-	-	-120	3	***
-120	-	-60	7	*****
-60	-	0	30	*****
0	-	60	17	*****
+60	-	+120	9	*****
+120	-	+180	1	*
+180	-	>	2	**

Het percentage emissie-arme aangewende mest neemt fors toe. Op 16 bedrijven (23%) neemt dit zelfs met meer dan 50% toe. Op 13 bedrijven vindt nog steeds geen emissie-arme mestaanwending plaats. Ook de relatieve mestopslagcapaciteit is gestegen.

Op de helft van de bedrijven wordt beregend. Op de bedrijven die beregenen is de beregende oppervlakte vrij constant. Het maaipcentage varieert vrij sterk en is gemiddeld iets toegenomen.

Zoals uit *Tabel 3.1* al bleek is het stikstofkunstmestverbruik gemiddeld licht gedaald. Op 14 bedrijven is het verbruik met meer dan 40 kg gedaald, terwijl dit op 8 bedrijven met meer dan 40 kg is gestegen. De bemesting met fosfaat- en kalikunstmest varieert, in verhouding tot het gemiddelde, sterker dan de stikstofkunstmest. Het absolute niveau is gemiddeld laag, zoals blijkt uit *Tabel 3.1*.

Het stikstofoverschot is gemiddeld vrij constant. Op 12 bedrijven (17%) is het afgenomen met meer dan 100 kg/ha en op 10 bedrijven (14%) is het toegenomen met meer dan 100 kg/ha. Gezien het gemiddelde stikstofoverschot van ongeveer 450 kg per ha, is de variatie per bedrijf tussen de jaren vrij groot. Dit geldt ook voor de fosfaat- en kaliumoverschotten.

In het voorgaande is steeds de spreiding en het verloop van de kengetallen getoond, van bedrijven die in zowel boekjaar 1991/'92 als in het boekjaar 1992/'92 deelnamen aan het meetnet. Er zijn echter in deze periode een viertal bedrijven gestopt. Tevens is een viertal nieuwe bedrijven aan het meetnet toegevoegd. *Tabel 3.2* toont het effect van deze verschuiving van het meetnet op het gemiddelde van de belangrijkste kengetallen. Deze tabel geeft de gemiddelde hoogte weer van dezelfde kengetallen als in *Tabel 3.1*. De verschuiving van het meetnet veroorzaakt geen grote verschuivingen in de gemiddelde bedrijfsgrootte of intensiteit. In de categorie MVH_{int} vindt de grootste verschuiving plaats. Uit deze categorie zijn vier bedrijven verdwenen en twee bedrijven toegevoegd. De gevolgen van deze verschuiving voor de hoogte van de kengetallen blijven beperkt. In de categorie MVH+IVH_{ext} vindt geen enkele verschuiving van bedrijven plaats. Hierdoor komen de kengetallen in *Tabel 3.2* exact overeen met die uit *Tabel 3.1*.

Tabel 3.2 De gemiddelde hoogte van enkele kengetallen van de veehouderijbedrijven die in het boekjaar 1991/'92 geanalyseerd zijn en die van de veehouderijbedrijven die in het boekjaar 1992/'93 geanalyseerd zijn (indeling in klassen op basis van metelling 1991)

	MVH _{ext}		MVH _{int}		MVH+IVH _{ext}		MVH+IVH _{int}	
	91/92	92/93	91/92	92/93	91/92	92/93	91/92	92/93
aantal	17	18	17	15	20	20	19	20
cultuurgrond (ha)	44.6	44.2	24.1	26.6	25.8	26.5	20.4	20.3
voederoppervlakte (ha)	44.1	43.3	23.0	25.4	24.7	25.4	20.1	20.1
maisland (%)	17.0	17.3	24.3	28.4	23.8	25.9	16.6	20.2
int.veehouderij (sbe/ha)	0.00	0.00	0.05	0.07	1.45	1.50	2.67	2.75
melkproduktie (kg/ha)	10795	11286	15101	15881	12498	12560	15071	15338
melkproduktie (kg/koe)	7166	7446	6523	7092	7075	7214	6167	6664
melkkoeien/ha	1.51	1.53	2.32	2.26	1.77	1.74	2.41	2.27
gve-overig/ha	0.84	0.84	1.07	0.84	1.08	0.99	1.52	1.37
fosfaatproduktie (kg/ha)	93	94	134	127	151	150	248	249
drainage (f/ha)	107	134	76	162	217	230	185	250
emissie-arme aanwending (%)	10.1	28.4	33.6	69.9	13.4	39.5	22.5	34.0
mestopslagcapaciteit (%)	29.4	31.5	27.7	29.2	30.4	32.6	34.2	33.2
beregende oppervlakte (%)	9.8	15.2	33.8	27.8	41.1	41.2	26.5	23.7
maaipercentage (%)	169	182	166	191	184	194	173	190
voeraankopen (kVEM/ha)	3232	4092	5431	5855	4524	4280	8609	7049
N-kunstmest (kg/ha)	266	261	243	238	241	236	222	223
P-kunstmest (kg/ha)	15	16	9	8	7	11	3	6
K-kunstmest (kg/ha)	32	21	4	4	8	8	5	6
N-aanvoer org.mest (kg/ha)	26	14	48	45	25	15	1	17
N-afvoer org.mest (kg/ha)	0	5	10	20	7	11	132	129
N-overschot (kg/ha)	373	371	449	439	475	461	516	576
P-overschot (kg/ha)	28	30	36	40	41	48	44	55
K-overschot (kg/ha)	95	83	142	129	146	131	184	208
MVH-ext. = melkveehouderij met minder dan 2,8 grootvee-eenheden per ha								
MVH-int. = melkveehouderij met meer dan 2,8 grootvee-eenheden per ha								
MVH+IVH-ext. = melkveehouderij met intensieve veehouderij en mestproduktie kleiner dan 225 kg fosfaat per ha								
MVH+IVH-int. = melkveehouderij met intensieve veehouderij en mestproduktie groter dan 225 kg fosfaat per ha								

Figuur 3.2 geeft een indruk van de spreiding van een aantal belangrijke kengetallen binnen de bedrijfscategorieën. De figuur bevat alle deelnemende bedrijven uit het LEI-bedrijven informatienet 1992/'93, waarvan de grondwaterkwaliteit in 1993 is bemonsterd. Uit de figuur blijkt dat de diverse categorieën elkaar overlappen voor wat betreft de hoogte van de diverse kengetallen.

Uit de figuur blijkt dat de grootste bedrijven zich in de categorie MVH_{ext} bevinden. De beide categorieën MVH_{int} en MVH+IVH_{int} hebben gemiddeld een hogere melkproduktie per ha en een hogere melkveebezetting dan de beide andere groepen. De P₂O₅-produktie per ha ligt in de categorie MVH+IVH_{int} aanmerkelijk hoger dan in de andere groepen, als gevolg van de hogere veebezetting. Opvallend is dat op de extensieve bedrijven het hoogste verbruik van fosfaat- en kaliumkunstmest voorkomt. Deze bedrijven hebben een beduidend lagere produktie van organische mest.

De mineralenoverschotten zijn vooral erg hoog in de categorie MVH+IVH_{int}. Opvallend is ook de zeer grote spreiding van de mineralenoverschotten binnen de groepen. Dit wordt voor een groot deel veroorzaakt door de grote spreiding van de intensiteit die nog binnen de categorieën bestaat.

Figuur 3.2 Frequentieverdeling van de deelnemende veehouderijbedrijven over een aantal kengetallen in boekjaar 1992/'93, binnen de bedrijfscategorieën (voor categorieën: zie Tabel 3.1)

kengetal/ klasse	aantal bedrijven (ongewogen) in bedrijfscategorie			
	MVH _{ext}	MVH _{int}	MVH+IVH _{ext}	MVH+IVH _{int}
voederoppervlakte (ha):				
0.0 - 10.0	0	0	0	1 *
10.0 - 20.0	4 ****	7 *****	11 *****	11 *****
20.0 - 30.0	3 ***	4 ****	4 ****	5 *****
30.0 - 40.0	3 ***	1 *	2 **	2 **
40.0 - 50.0	1 *	2 **	2 **	1 *
50.0 - 60.0	3 ***	1 *	1 *	0
60.0 - >	4 ****	0	0	0
% maïsland:				
0.0 - 10.0	4 ****	2 **	2 **	7 *****
10.0 - 20.0	7 *****	1 *	4 ****	3 ***
20.0 - 30.0	4 ****	5 *****	8 *****	5 ****
30.0 - 40.0	3 ***	4 ****	3 ***	3 ***
40.0 - 50.0	0	2 **	1 *	1 *
50.0 - >	0	1 *	2 **	1 *
sbe intensieve veehouderij/ha:				
0.0 - 1.0	18 *****	14 *****	8 *****	4 ****
1.0 - 2.0	0	1 *	6 *****	5 *****
2.0 - 3.0	0	0	3 ***	4 ****
3.0 - 4.0	0	0	2 **	3 ***
4.0 - >	0	0	1 *	4 ****
melkproductie/ha (kg fpcm):				
0 - 8000	1 *	0	1 *	3 ***
8000 - 10000	6 *****	0	2 **	2 **
10000 - 12000	4 ****	1 *	5 *****	3 ***
12000 - 14000	4 ****	5 *****	4 ****	3 ***
14000 - 16000	2 **	3 ***	8 *****	3 ***
16000 - >	1 *	6 *****	0	6 *****
melkproductie/koe (kg fpcm):				
0 - 5000	0	0	0	1 *
5000 - 5500	1 *	0	1 *	1 *
5500 - 6000	2 **	0	2 **	2 **
6000 - 6500	1 *	4 ****	1 *	5 *****
6500 - 7000	0	4 ****	6 *****	6 *****
7000 - 7500	4 ****	3 ***	1 *	2 **
7500 - 8000	4 ****	2 **	5 *****	0
8000 - >	6 *****	2 **	4 ****	3 ***
melkkoeien/ha:				
0.0 - 1.0	1 *	0	0	1 *
1.0 - 1.5	9 *****	0	4 ****	2 **
1.5 - 2.0	5 *****	6 *****	13 *****	5 *****
2.0 - 2.5	3 ***	7 *****	3 ***	5 *****
2.5 - 3.0	0	1 *	0	4 ****
3.0 - >	0	1 *	0	3 ***

(zie vervolg)

Figuur 3.2 (vervolg)

kengetal/ klasse	aantal bedrijven (ongewogen) in bedrijfscategorie			
	MVH _{ext}	MVH _{int}	MVH+IVH _{ext}	MVH+IVH _{int}
overig weidevee/ha				
(grootvee-eenheden):				
0.0 - 0.5	2 **	2 **	1 *	1 *
0.5 - 1.0	13 *****	9 *****	10 *****	6 *****
1.0 - 1.5	2 **	4 ****	7 *****	7 *****
1.5 - 2.0	1 *	0	2 **	3 ***
2.0 - 2.5	0	0	0	1 *
2.5 - >	0	0	0	2 **
fosfaatproduktie/ha (kg):				
0 - 100	14 *****	1 *	1 *	0
100 - 150	4 ****	12 *****	12 *****	3 ***
150 - 200	0	2 **	4 ****	3 ***
200 - 250	0	0	1 *	8 *****
250 - >	0	0	2 **	6 *****
drainage (f/ha):				
0 - 0	12 *****	12 *****	14 *****	14 *****
0 - 200	1 *	0	2 **	0
200 - 400	3 ***	1 *	1 *	1 *
400 - 600	0	0	0	0
600 - 800	1 *	0	1 *	3 ***
800 - 1000	1 *	0	0	1 *
1000 - >	0	2 **	2 **	1 *
N-kunstmest/ha (kg):				
0 - 100	0	1 *	0	2 **
100 - 200	3 ***	3 ***	6 *****	6 *****
200 - 300	10 *****	9 *****	12 *****	9 *****
300 - 400	5 *****	1 *	2 **	2 **
400 - >	0	1 *	0	1 *
P-kunstmest/ha (kg):				
0 - 5	3 ***	7 *****	8 *****	13 *****
5 - 10	2 **	5 *****	2 **	3 ***
10 - 15	6 *****	0	4 ****	1 *
15 - 20	2 **	2 **	2 **	2 **
20 - 25	1 *	1 *	1 *	1 *
25 - 30	1 *	0	3 ***	0
30 - >	3 ***	0	0	0
K-kunstmest/ha (kg):				
0 - 5	5 *****	9 *****	10 *****	13 *****
5 - 10	1 *	4 ****	5 *****	2 **
10 - 15	2 **	2 **	2 **	1 *
15 - 20	2 **	0	0	2 **
20 - 25	0	0	1 *	2 **
25 - 30	2 **	0	1 *	0
30 - >	6 *****	0	1 *	0
mestopslagcapaciteit				
(% van produktie):				
0.0 - 10.0	0	0	1 *	1 *
10.0 - 20.0	3 ***	4 ****	3 ***	2 **
20.0 - 30.0	2 **	4 ****	4 ****	6 *****
30.0 - 40.0	11 *****	4 ****	6 *****	6 *****
40.0 - 50.0	1 *	3 ***	5 *****	3 ***
50.0 - >	1 *	0	1 *	2 **

(zie vervolg)

Figuur 3.2 (vervolg)

kengetal/ klasse	aantal bedrijven (ongewogen) in bedrijfscategorie			
	MVH _{ext}	MVH _{int}	MVH+IVH _{ext}	MVH+IVH _{int}
emissie-arme aanwending (% van produktie):				
0.0 - 10.0	8 *****	1 *	5 *****	7 *****
10.0 - 20.0	3 ***	0	3 ***	1 *
20.0 - 30.0	0	0	0	2 **
30.0 - 40.0	2 **	1 *	2 **	2 **
40.0 - 50.0	1 *	3 ***	1 *	2 **
50.0 - >	4 ****	10 *****	9 *****	6 *****
beregende oppervlakte (% van totaal):				
0.0 - 20.0	14 *****	7 *****	4 ****	13 *****
20.0 - 40.0	0	2 **	8 *****	0
40.0 - 60.0	1 *	3 ***	4 ****	3 ***
60.0 - 80.0	2 **	3 ***	2 **	2 **
80.0 - >	1 *	0	2 **	2 **
gemaaide oppervlakte (% van totaal):				
0 - 100	1 *	1 *	0	1 *
100 - 150	3 ***	2 **	5 *****	5 *****
150 - 200	8 *****	6 *****	6 *****	7 *****
200 - 250	4 ****	4 ****	6 *****	3 ***
250 - 300	2 **	2 **	2 **	1 *
300 - >	0	0	1 *	3 ***
N-overschot/ha (kg):				
0 - 200	0	0	0	0
200 - 300	3 ***	2 **	0	0
300 - 400	9 *****	5 *****	5 *****	5 *****
400 - 500	5 *****	5 *****	10 *****	4 ****
500 - 600	1 *	1 *	3 ***	4 ****
600 - >	0	2 **	2 **	7 *****
P-overschot/ha (kg):				
0 - 20	4 ****	3 ***	0	3 ***
20 - 40	10 *****	5 *****	8 *****	4 ****
40 - 60	2 **	5 *****	8 *****	6 *****
60 - 80	2 **	1 *	3 ***	3 ***
80 - 100	0	0	0	2 **
100 - >	0	1 *	1 *	2 **
K-overschot/ha (kg):				
0 - 50	2 **	2 **	0	1 *
50 - 100	10 *****	5 *****	5 *****	1 *
100 - 150	5 *****	5 *****	11 *****	3 ***
150 - 200	1 *	1 *	2 **	8 *****
200 - 250	0	1 *	2 **	1 *
250 - >	0	1 *	0	6 *****

Bron: LEI-bedrijven informatienet 1992/'93

3.2 Akkerbouw

Tabel 3.3 geeft het verloop van een aantal belangrijke kengetallen op de akkerbouwbedrijven die zowel in 1992 als in 1993 aan het meetnet deelnamen, en in de boekjaren 1991/'92 en 1992/'93 geregistreerd zijn in het LEI-bedrijven informatienet.

Tabel 3.3 *Het verloop van enkele kengetallen van akkerbouwbedrijven die zowel in het boekjaar 1991/'92 als 1992/'93 deelnamen aan het meetprogramma (indeling in klassen op basis van metelling 1991)*

	1991/'92	1992/'93
cultuurgrond (ha)	56.41	58.03
beregende oppervlakte (%)	18.63	21.62
aandeel aardappelen (%)	44.03	43.70
aandeel suikerbieten (%)	20.75	20.55
aandeel granen (%)	10.71	8.66
aandeel peulvruchten (%)	0.84	0.55
aandeel handelsgewassen (%)	0.67	3.60
aandeel graszaad (%)	4.02	4.23
aandeel tuinbouwgewassen (%)	3.99	3.36
aandeel braak en verhuurd (%)	6.84	5.94
aandeel overige oppervlakte (%)	8.05	9.35
N-kunstmest (kg/ha)	131	115
N-aanvoer organische mest (kg/ha)	125	121
N-aanvoer divers (kg/ha)	68	64
N-afvoer akkerbouwprodukten (kg/ha)	140	110
N-overschot (kg/ha)	184	190
P-kunstmest (kg/ha)	9	10
P-aanvoer organische mest (kg/ha)	31	31
P-aanvoer divers (kg/ha)	6	4
P-afvoer akkerbouwprodukten (kg/ha)	20	17
P-overschot (kg/ha)	25	28
K-kunstmest (kg/ha)	74	75
K-aanvoer organische mest (kg/ha)	68	69
K-aanvoer divers (kg/ha)	17	16
K-afvoer akkerbouwprodukten (kg/ha)	144	111
K-overschot (kg/ha)	15	48

Bron: LEI-bedrijven informatienet 1991/'92 en 1992/'93

Uit *Tabel 3.3* blijkt, dat de deelnemende akkerbouwbedrijven gemiddeld iets groter zijn geworden. Het bouwplan is iets verschoven. Het aandeel aardappelen, suikerbieten, en granen is iets afgenomen ten gunste van het aandeel handelsgewassen. Dit betreft gewassen als koolzaad, karwijzaad en blauwmaanzaad.

De aanvoer van stikstof is iets gedaald als gevolg van een lagere aanvoer van stikstof in organische mest en een daling van de aanvoer van stikstofkunstmest. De afvoer via produkten is echter gedaald waardoor het stikstofoverschot toch licht gestegen is. De aanvoer van fosfaat en kalium is in beide jaren vrijwel gelijk. Toch zijn het fosfaat- en kaliumoverschot met respectievelijk 3 en 33 kg gestegen als gevolg van een lagere afvoer via de akkerbouwprodukten.

Figuur 3.3 is een frequentieverdeling van de bedrijven over een aantal bedrijfskengetallen en geeft de spreiding van de diverse kengetallen goed weer. Opvallend is de grote spreiding in mineralenoverschotten.

Figuur 3.3 *Frequentieverdeling van de akkerbouwbedrijven over enkele bedrijfskengetallen in boekjaar 1992/'93*

```
-----
cultuurgrond (ha):
  0.00 - 20.00  1 *
 20.00 - 40.00  5 *****
 40.00 - 60.00  5 *****
 60.00 - 80.00  3 ***
 80.00 - 100.00 3 ***
100.00 -      >  2 **

beregende oppervlakte (%):
  0.0 - 10.0  10 *****
 10.0 - 20.0   0
 20.0 - 30.0   1 *
 30.0 - 40.0   2 **
 40.0 - 50.0   1 *
 50.0 - 60.0   3 ***
 60.0 -      >   2 **

aandeel aardappelen (%):
  0.00 - 30.00  3 ***
 30.00 - 35.00  1 *
 35.00 - 40.00  2 **
 40.00 - 45.00  3 ***
 45.00 - 50.00  6 *****
 50.00 -      >   4 *****

aandeel suikerbieten (%):
  0.00 - 10.00  0
 10.00 - 15.00  4 *****
 15.00 - 20.00  5 *****
 20.00 - 25.00  5 *****
 25.00 - 30.00  3 ***
 30.00 -      >   2 **

aandeel granen (%):
  0.00 - 10.00 11 *****
 10.00 - 15.00  2 **
 15.00 - 20.00  0
 20.00 - 25.00  3 ***
 25.00 - 30.00  3 ***
 30.00 -      >   0

aandeel overige gewassen (%):
  0.00 - 10.00  2 **
 10.00 - 20.00  4 *****
 20.00 - 30.00  7 *****
 30.00 - 40.00  5 *****
 40.00 - 50.00  0
 50.00 -      >   1 *
-----
```

Figuur 3.3 (vervolg)

N-aanvoer organische mest (kg/ha):

0	-	50	4	****
50	-	100	3	***
100	-	150	6	*****
150	-	200	2	**
200	-	>	4	****

N-aanvoer kunstmest (kg/ha):

0	-	50	1	*
50	-	100	7	*****
100	-	150	7	*****
150	-	200	3	***
200	-	>	1	*

P-aanvoer kunstmest (kg/ha):

0	-	5	6	*****
5	-	10	4	****
10	-	15	3	***
15	-	20	1	*
20	-	25	1	*
25	-	30	3	***
30	-	>	1	*

K-aanvoer kunstmest (kg/ha):

0	-	20	1	*
20	-	40	3	***
40	-	60	5	*****
60	-	80	0	
80	-	100	4	****
100	-	120	4	****
120	-	>	2	**

N-overschot (kg/ha):

0	-	100	1	*
100	-	150	5	*****
150	-	200	4	****
200	-	250	7	*****
250	-	300	1	*
300	-	>	1	*

P-overschot (kg/ha):

0	-	10	2	**
10	-	20	1	*
20	-	30	5	*****
30	-	40	4	****
40	-	50	6	*****
50	-	>	1	*

K-overschot (kg/ha):

0	-	20	6	*****
20	-	40	3	***
40	-	60	4	****
60	-	80	1	*
80	-	100	3	***
100	-	>	2	**

Bron: LEI-bedrijven informatienet 1992/'93

4. Resultaten van de bemonstering

4.1 Inleiding

De analyseresultaten van de grondwatermonsters worden in dit hoofdstuk gepresenteerd en besproken. Na deze inleiding wordt in de tweede paragraaf een beeld geschetst van de gemiddelde grondwaterkwaliteit onder landbouwgronden in de zandgebieden van Nederland, exclusief de circa 5% zeer natte gronden met een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand ondieper dan 0,40 m beneden maaiveld. Hierbij wordt de grondwaterkwaliteit vergeleken met de resultaten van de vorige bemonsteringsronde (1992) en met de betreffende milieukwaliteitsdoelstellingen.

In de navolgende paragrafen worden de resultaten per parameter besproken. De bedrijfsgemiddelde concentraties worden per categorie en bodemgebruikstype door middel van een cumulatief frequentiediagram gepresenteerd. Onderzocht wordt of de concentraties verschillen van de resultaten van de vorige bemonsteringsronde en of de grondwaterkwaliteit verschillend is voor de onderscheiden categorieën landbouwbedrijven. De verschillen in concentraties tussen de jaren worden gepaard getoetst. Dat wil zeggen dat gekeken wordt naar de verschillen op bedrijfsniveau en dat dus alleen die bedrijven beschouwd worden die in beide jaren bemonsterd zijn (zie hoofdstuk 1). De verschillen tussen de categorieën worden ongepaard getoetst. Hier zijn dus alle bedrijven meegenomen in de analyse. Dit leidt er toe dat het in de tabellen gepresenteerd gemiddelde verschil tussen 1992 en 1993 per categorie soms afwijkt van het verschil van het in diezelfde tabellen gepresenteerde gemiddelde voor 1992 en 1993. Ter informatie worden bij de stoffen kort de betreffende milieukwaliteitsdoelstellingen (streef- en grenswaarden) besproken.

Op percelen met een permanente teelt van snijmaïs (meer dan 3 jaar achtereen) is naast de gewone monsternamen extra grondwater bemonsterd en geanalyseerd. Hierdoor is het mogelijk om onderscheid te maken tussen maïs- en grasland, hoewel dit gemengd op een bedrijf voorkomt. In dit onderzoek worden drie bodemgebruikstypen onderscheiden: bouwland, grasland en snijmaïs. Voor elke stof wordt nagegaan of de verschillende typen bodemgebruik geleid hebben tot verschillen in concentraties in het bovenste grondwater.

In de laatste paragraaf worden de resultaten van de analyses op zware metalen besproken. De concentraties worden voor de drie bodemgebruikstypen en voor drie te onderscheiden regio's (Noord, Midden en Zuid) vergeleken.

4.2 Grondwaterkwaliteit in het zandgebied

De grondwaterbemonstering is uitgevoerd op bedrijven die opgenomen zijn in het bedrijven-informatienet van het LEI-DLO. Het bedrijven-informatienet is opgezet als een gestratificeerde steekproef, een goede beschrijving van het werken met gestratificeerde steekproeven wordt gegeven door het LEI-DLO (Dijk, 1989). Het gebruik van stratificatie impliceert het gebruik van weegfactoren voor uitspraken over de totale populatie. De weegfactoren worden berekend uit het totale aantal bedrijven in de categorie en het aantal bedrijven in de steekproef uit deze groep.

Deze werkwijze wordt ook in dit onderzoek gehanteerd om een uitspraak te doen over de grondwaterkwaliteit in het zandgebied. Van de onderzochte bedrijven zijn de weegfactoren berekend en vervolgens gebruikt om voor elke onderzochte stof een gewogen gemiddelde concentratie en een betrouwbaarheidsinterval te berekenen. In Bijlage I staat de berekening van het gebiedsgewogen gemiddelde en het betrouwbaarheidsinterval.

De steekproef uit 1992 representeerde 62 % van het areaal cultuurgrond in het zandgebied, ofwel 461641 ha. (Van Swinderen, 1994). In 1993 zijn in de representativiteit van de steekproef geen veranderingen opgetreden.

In *Tabel 4.1* staan gebiedsgewogen gemiddelde concentraties van de onderzochte parameters. Ter vergelijking zijn, voor zover geformuleerd, de milieukwaliteitsdoelstellingen gegeven.

Tabel 4.1 Gewogen gemiddelde concentraties in het bovenste grondwater van het Nederlandse zandgebied (de drogere gronden met voorjaarsgrondwaterstand dieper dan 0,40 m.-mv) met 95%-betrouwbaarheidsintervallen. Alle concentraties zijn in mg.l⁻¹.

	kwaliteits- doelstelling	gewogen gemiddelde concentratie		betrouwbaarheidsinterval	
		1992	1993	1992	1993
chloride (Cl)	100 ^a	49	48	46-52	46-51
kalium (K)	12 ^b	21	22	18-23	19-25
nitraat (NO ₃)	50 ^c	178	173	161-195	154-191
ortho-fosfaat (P)	0,10 ^d	0,02	0,04	0,02-0,03	0,03-0,05
totaal-fosfaat (P)	< 0,4 ^e	0,08	0,09	0,07-0,10	0,08-0,11
ammonium (NH ₄)	2,57 ^f	-	1,0	-	0,8-1,3

^a Streefwaarde zoet grondwater (VROM, 1992)

^b Er is nog geen milieukwaliteitsdoelstelling vastgesteld. De drinkwaternorm (12 mg.l⁻¹) is gegeven als indicatie, deze norm is vastgesteld voor faecale verontreiniging van drinkwater.

^c Norm op niveau van de grenswaarde (VROM, 1993), de streefwaarde is 25 mg.l⁻¹.

^d Advieswaarde TCB fosfaatverzadigde zandgronden

^e De streefwaarde van 0,4 mg.l⁻¹ geldt als de maximale achtergrondwaarde voor het zandgebied; voor stagnerant eutrofiëringsevoelig zoet oppervlaktewater geldt een kwaliteitsdoelstelling van 0,15 mg.l⁻¹ (=zomergemiddelde waarde)

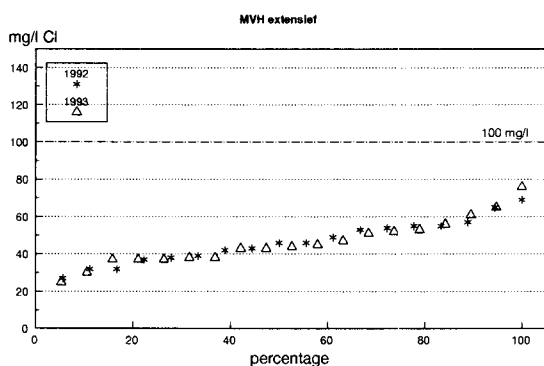
^f Dit getal komt overeen met 2,0 mg.l⁻¹ NH₄-N en geldt voor het grondwater in het zandgebied (VROM, 1992)

Uit *Tabel 4.1* is af te lezen dat de gemiddelde kwaliteit van het bovenste grondwater in het zandgebied voor nitraat niet aan de gestelde milieukwaliteitsdoelstelling voldoet. De gemiddelde concentratie ligt ruim boven de milieukwaliteitsdoelstelling. Voor nitraat ligt de ondergrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval ruim drie maal boven de grenswaarde van 50 mg.l⁻¹. De metingen van 1992 en 1993 laten in dit opzicht geen verschillen zien. De gemiddelde fosfaatconcentraties zijn lager dan de milieukwaliteitsdoelstellingen, dit geldt voor zowel ortho-fosfaat als totaal-fosfaat. Voor kalium ontbreken milieukwaliteitsdoelstellingen. Om deze reden wordt een (arbitraire) vergelijking gemaakt met de drinkwaternorm. De gemiddelde kaliumconcentratie is 1½ à 2 keer zo hoog als de drinkwaternorm van 12 mg.l⁻¹. De gemeten ammoniumconcentraties in 1993 liggen gemiddeld beneden de streefwaarde voor grondwater van 2,0 mg.l⁻¹ als NH₄-N.

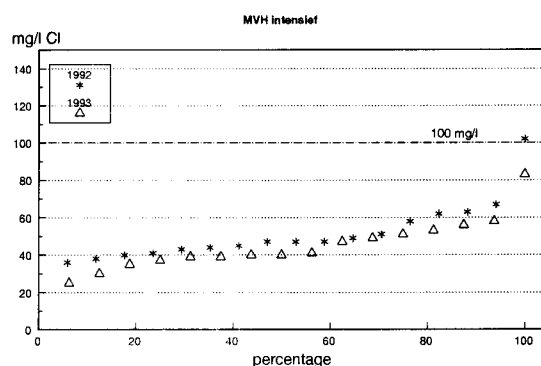
4.3 Chloride

De aanvoer van chloride op landbouwgrond wordt door de jaren heen op een redelijk constant niveau geacht, de aanvoer geschiedt voornamelijk door kunstmest, dierlijke mest en atmosferische depositie. Chloride wordt in dit onderzoek niet als een milieuprobleem gezien. Dit kan wel het geval zijn bij gebieden met zoute kwel. Omdat chloride niet wordt omgezet of wordt gebonden aan de bodem en omdat de aanvoer gelijkmatig is, wordt deze parameter wel als een maat voor de grondwateraanvulling gebruikt. Mede hiervoor wordt de chlorideconcentratie in de grondwatermonsters bij dit onderzoek bepaald. Voor de maximale concentratie van chloride in zoet grondwater geldt een streefwaarde van 100 mg.l⁻¹.

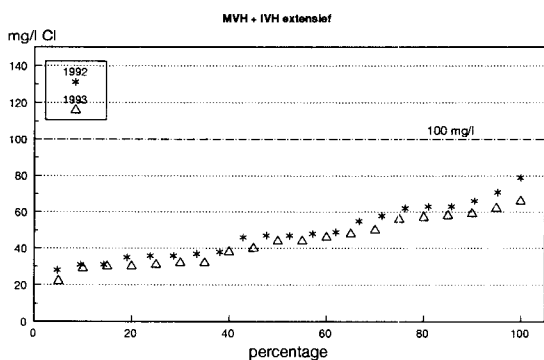
In 1992 werd op 2 bedrijven een gemiddelde chlorideconcentratie gemeten hoger dan deze streefwaarde van 100 mg.l⁻¹. In 1993 was dit eveneens op 2 bedrijven het geval. In de *Figuren 4.1 t/m 4.5* is te zien dat de gemiddelde chlorideconcentraties in 1993 in grote lijnen eenzelfde beeld opleveren als de chlorideconcentraties gemeten in 1992. In *Figuur 4.6* is te zien dat als alle in 1992 en 1993 gemeten bedrijven beschouwd worden er geen verschillen zijn tussen de jaren.



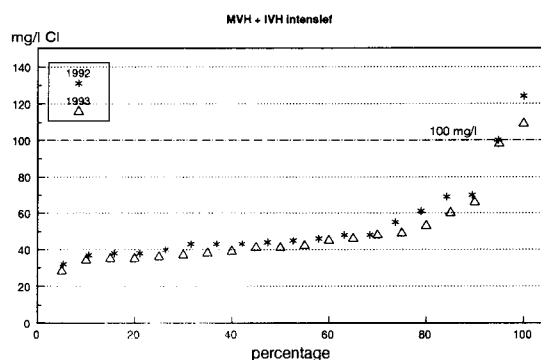
Figuur 4.1 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij extensief.



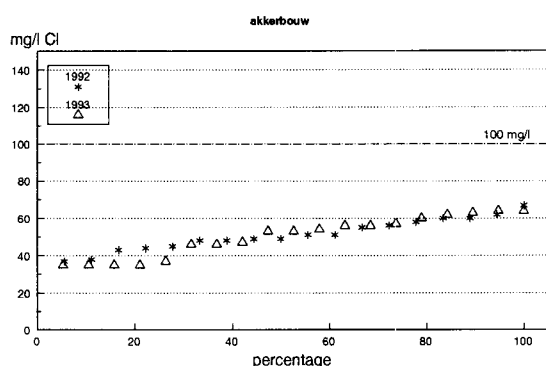
Figuur 4.2 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij intensief



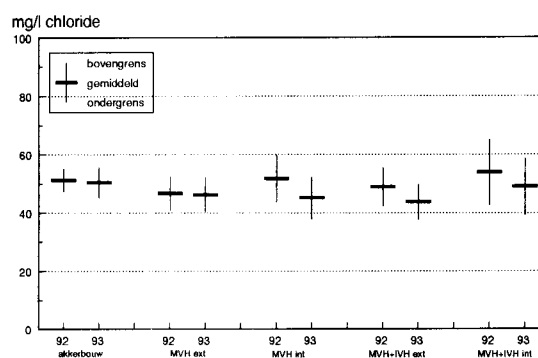
Figuur 4.3 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven extensief



Figuur 4.4 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven intensief



Figuur 4.5 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie akkerbouw



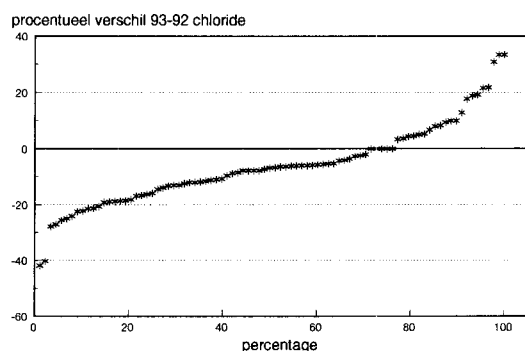
Figuur 4.6 Gemiddelde chlorideconcentratie en het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de vijf categorieën in 1992 en 1993

In Tabel 4.2 staan de categoriegemiddelde chlorideconcentraties voor beide bemonsteringsjaren gegeven voor alle bedrijven. Uit de tabel blijkt dat tussen de categoriegemiddelde concentraties geen verschillen te constateren zijn. De analyse op verschillen tussen jaren gepresenteerd in Tabel 4.2 wijkt af van die gepresenteerd in de figuren. Ook is het verschil gegeven in de 4de kolom van Tabel 4.2 niet (altijd) gelijk aan het verschil tussen kolom 3 en kolom 2. In de figuren is gekeken naar de verandering als groep, alsof het in de twee jaren om verschillende groepen bedrijven gaat. In dit geval zijn ook bedrijven meegenomen die slecht één jaar (of 1992 of 1993) bemonsterd zijn. Dit geldt ook voor de gemiddelde waarden in kolom 2 en 3 van de tabel. In kolom 4 en 5 van de tabel is bij de analyse rekening gehouden met het feit dat de meeste bedrijven in beide jaren bemonsterd zijn. Voor deze bedrijven is bekeken of ze in 1993 een lagere dan wel hoger concentratie hadden dan in 1992. Op deze manier kunnen kleinere verschillen gedetecteerd worden als significante verschillen. Ook bij deze analyse laten de categorieën akkerbouw en melkveehouderij extensief geen verschil zien tussen de twee bemonsteringsjaren (Bijlage II). Voor de drie overige categorieën is de chlorideconcentratie in 1993 nu wel significant lager dan in 1992. In deze categorieën is de grondwateraanvulling in 1993 dus groter dan in 1992, mits de chloridebelasting in beide jaren gelijk is. Dit zou dan bij de overige onderzochte stoffen ook in de gevonden concentraties tot uiting moeten komen.

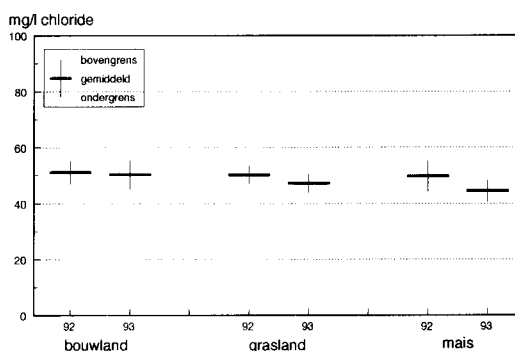
Tabel 4.2 Bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties van 1992 en 1993, het gemiddelde verschil tussen 1992 en 1993 per bedrijf en hun significantie. Concentraties in in mg.l⁻¹.

categorie	1992	1993	Vershil 1993-1992	Vershil 1993-1992 significant
1. akkerbouw	51[-]*	50[-]	0	nee
2. melkveehouderij extensief	47[-]	46[-]	1	nee
3. melkveehouderij intensief	52[-]	45[-]	-9	ja
4. combinatie extensief	49[-]	44[-]	-5	ja
5. combinatie intensief	54[-]	49[-]	-4	ja

* tussen haken is aangegeven van welke categorieën het gemiddelde significant afwijkt.



Figuur 4.7 Cumulatief frequentiediagram van de procentuele verschillen in de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties voor 1992 en 1993.



Figuur 4.8 De gemiddelde chlorideconcentratie en het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de drie bodemgebruiksvormen in 1992 en 1993.

Figuur 4.7 laat de procentuele veranderingen op de individuele bedrijven van de chlorideconcentraties zien. Zowel de grootste stijging als de grootste daling ligt rond de 40 procent.

Invloed bodemgebruik

In Tabel 4.3 staan de gemiddelde chlorideconcentraties en grondwaterstanden per bodemgebruikstype voor de beide bemonsteringsjaren 1992 en 1993, daarnaast is aangegeven of het verschil tussen de concentraties en de gemiddelde grondwaterstanden voor beide jaren significant is (Bijlage IV).

Tabel 4.3 Gemiddelde chlorideconcentraties en grondwaterstanden per bodemgebruikstype voor de jaren 1992 en 1993 (concentraties in mg.l^{-1} en grondwaterstanden in meters beneden maaiveld)

bodemgebruikstype	concentratie		verschil 1993-1992	grondwaterstand	
	1992	1993	significant	1992	1993
1. bouwland	51[-]	50[-]	nee	1,42[3]	1,37[3]
2. grasland	50[-]	47[-]	nee	1,47[3]	1,31[3]
3. snijmaïs	49[-]	45[-]	nee	1,81[1,2]	1,84[1,2]

* tussen haken is aangegeven van welke categorieën het gemiddelde significant afwijkt.

Uit de tabel blijken geen verschillen in chlorideconcentraties tussen de drie bodemgebruiksvormen. In Figuur 4.8 is te zien dat de chlorideconcentraties voor alle bodemgebruiksvormen op eenzelfde niveau liggen en dat de spreiding niet groot is.

4.4 Stikstof

4.4.1 Algemeen

De stikstof in de bodem is aanwezig in organische en anorganische vorm. Het grootste deel van de stikstof in de bodem komt voor in organische structuren zoals aminozuren en soortgelijke verbindingen. De anorganisch gebonden stikstof komt overwegend voor als ammonium (NH_4^+). Het grootste gedeelte van het ammonium is in gebonden vorm aanwezig in de organische stof en komt slechts door mineralisatie beschikbaar.

Onder *aerobe* omstandigheden treedt oxydatie van de NH_4^+ -ionen op. Door deze *nitrificatie* wordt het ammonium dat vrij komt door mineralisatie in de onverzadigde zone relatief snel omgezet in nitriet (NO_2^-) en vervolgens in nitraat (NO_3^-). De uitspoeling van stikstof in de vorm van ammonium-ionen naar het grondwater is zeer gering in verhouding tot de uitspoeling van stikstof in de vorm van nitraat. Slechts bij zeer goed doorlatende zandgronden is hiervan in enige mate sprake.

Onder *anaërobe* omstandigheden kan *denitrificatie* van het nitraat optreden, waarbij de stikstof als NO_2 , N_2O en N_2 verdwijnt. De nitraatconcentratie in het grondwater wordt beïnvloed door de mate waarin denitrificatie plaatsvindt. De stikstof kan ook vervluchtigen door de vorming van ammoniakgas (NH_3) uit NH_4^+ . Deze reactie treedt voornamelijk op in de bouwvoor van alkalische bodems. De vorming van ammoniakgas wordt geremd door een hoge bindingscapaciteit van de bodem.

Bij de bemesting met stikstof van de bodem wordt er over het algemeen een grotere hoeveelheid toegediend dan door het gewas kan worden opgenomen. Dit overschot kan denitrificeren, uitspoelen, worden vastgelegd en vervluchtigen. De mate van uitspoeling van stikstof uit de bouwvoor naar het grondwater is, naast de grootte en de gift, afhankelijk een groot aantal factoren, zoals de wijze en het tijdstip van toediening, het bodemgebruik, het grondwaterstandsverloop, het bodemtype, de gewasopname en het neerslagoverschot. De uitspoeling zal voornamelijk in de periode oktober t/m april plaatsvinden, dit is de periode dat het neerslagoverschot doorgaans positief is en weinig of geen opname door het gewas plaatsvindt.

4.4.2 Nitraat

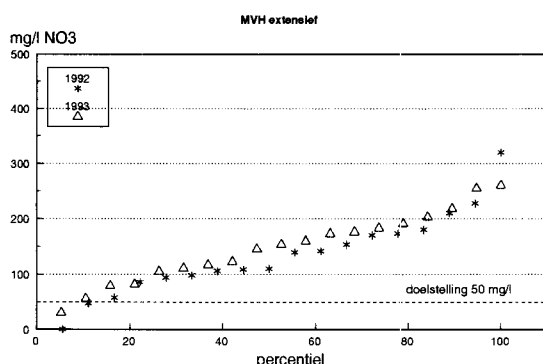
Voor nitraat in het grondwater zijn twee milieukwaliteitsdoelstellingen geformuleerd. Dit zijn de streefwaarde van 25 mg.l^{-1} (VROM, 1992; $5,6 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3\text{-N}$) en de grenswaarde van $50 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ (VROM 1992; $11,3 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3\text{-N}$). Om de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties met de grenswaarde te vergelijken zijn in *Figuur 4.9* tot en met *Figuur 4.13* de procentuele verdelingen van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties voor de vijf onderzochte categorieën weergegeven. De grenswaarde van 50 mg.l^{-1} voor nitraat is in deze figuren met een stippellijn aangegeven.

Uit de figuren blijkt dat in het bovenste grondwater de grenswaarde van 50 mg.l^{-1} bij het overgrote deel van de onderzochte landbouwbedrijven wordt overschreden. Uit de figuren blijkt ook dat voor geen van de beschouwde categorieën opmerkelijke verschillen tussen de twee rondes gemeten worden. Bij de veehouderijbedrijven is het aantal bedrijven met een bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie lager dan de grenswaarde gelijk gebleven (*Figuur 4.9 t/m 4.12*). In beide jaren

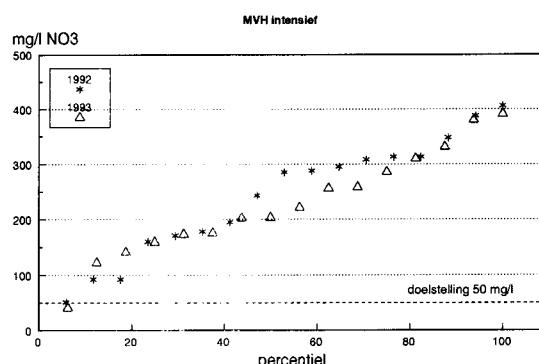
was dit het geval op twee bedrijven, in één geval betreft het hetzelfde bedrijf. Op meer dan de helft van de overige bedrijven overschreed de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie de grenswaarde met een factor van drie of meer. Uit *Figuur 4.13* blijkt dat de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater op de akkerbouwbedrijven zowel in 1992 als in 1993 op één bedrijf lager was dan de grenswaarde van 50 mg.l⁻¹. In beide jaren was dit op hetzelfde bedrijf. Op meer dan de helft van de overige akkerbouwbedrijven was de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie een factor twee of meer hoger dan de grenswaarde.

Om de categorieën onderling te kunnen vergelijken zijn in *Figuur 4.14* de categoriegemiddelde nitraatconcentraties en hun betrouwbaarheden gegeven. Hieruit blijkt dat de verschillen tussen de categorieën die in de eerste bemonsteringsronde gemeten werden, ook in de tweede bemonsteringsronde naar voren komen. De bedrijven met een meer intensieve bedrijfsvoering laten hogere bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties zien dan de bedrijven met een minder intensieve bedrijfsvoering. Dit geldt zowel voor de bedrijven met enkel melkveehouderij, als voor de combinatiebedrijven.

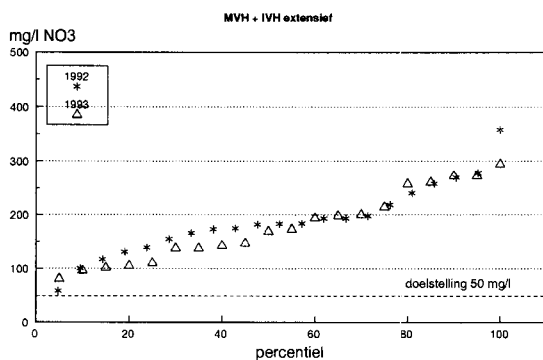
Daarnaast is in de figuren te zien dat tussen de beide bemonsteringsjaren 1992 en 1993 geen verschillen in het aantal overschrijdingen van de grenswaarde optreden.



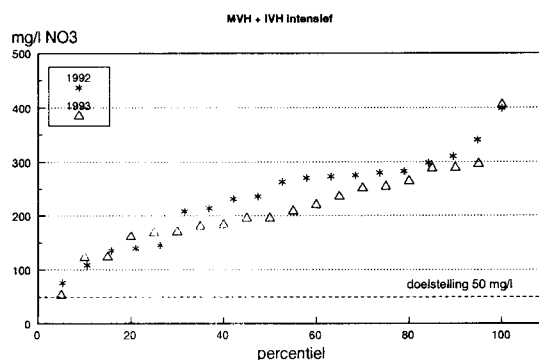
Figuur 4.9 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij extensief.



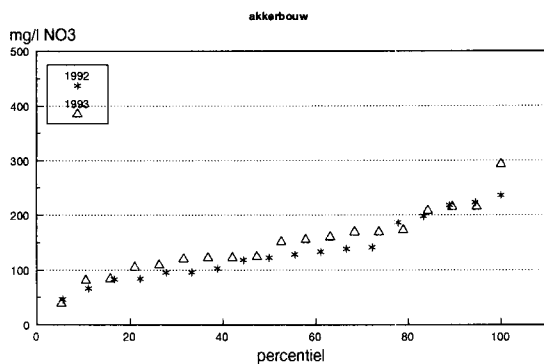
Figuur 4.10 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij intensief



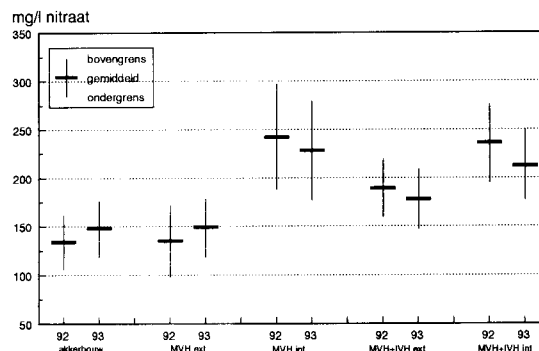
Figuur 4.11 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven extensief.



Figuur 4.12 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven intensief.



Figuur 4.13 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie akkerbouw



Figuur 4.14 Gemiddelde nitraatconcentratie en het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de vijf categorieën in 1992 en 1993.

De gemiddelde nitraatconcentraties per categorie en per meetjaar (voor alle bedrijven) zijn weergegeven in *Tabel 4.4*. Tussen de rechte haken staat van welke categorie(en) het gemiddelde significant afwijkt (zie ook Bijlage II). In de vierde kolom van *Tabel 4.4* staat per categorie het gemiddelde van de verschillen per bedrijf tussen 1993 en 1992 (zie opmerkingen in de tekst bij *Tabel 4.2*).

Tabel 4.4 Bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties van 1992 en 1993, het gemiddelde verschil tussen 1992 en 1993 per bedrijf en hun significantie (alle concentraties in mg.l^{-1}).

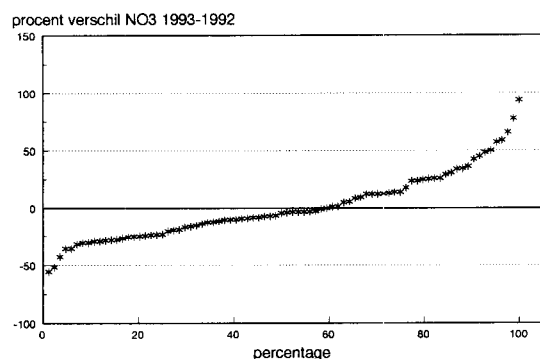
categorie	1992	1993	verschil 1993-1992	verschil 1993-1992 significant
1. akkerbouw	134 [3,4,5]*	144 [3,5]	16	[nee]
2. melkveehouderij extensief	135 [3,4,5]	149 [3,5]	8	[nee]
3. melkveehouderij intensief	243 [1,2]	228 [1,2]	-23	[nee]
4. combinatieextensief	189 [1,2]	178 [-]	-8	[nee]
5. combinatie intensief	236 [1,2]	213 [1,2]	-20	[nee]

* tussen haken is aangegeven van welke categorieën het gemiddelde significant afwijkt.

Uit *Tabel 4.4* is af te lezen dat de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater bij categorieën akkerbouw en melkveehouderij extensief in 1992 op een lager niveau lag dan bij de categorie melkveehouderij intensief en de beide combinatie-categorieën. In 1993 is dit enigszins gewijzigd. De twee categorieën die in 1992 de laagste concentraties te zien gaven, komen in 1993 iets hoger uit. De overige categorieën geven daarentegen een lichte daling van het gemiddelde te zien. Geen van deze veranderingen binnen de categorieën is echter significant. Het heeft wel tot gevolg dat in

1993 de categorie combinatie extensief geen significant verschil meer vertoont met de met de eerste twee categorieën.

De gemiddelde concentraties geven geen grote verschillen te zien tussen de twee bemonsteringsjaren. Op individuele bedrijven daarentegen kunnen de metingen tussen de twee jaren wel significant verschillen. Om dit te illustreren staan in *Figuur 4.15* de procentuele veranderingen gesorteerd weergegeven voor de individuele bedrijven.



Figuur 4.15 Cumulatief frequentiediagram van de procentuele verandering van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie tussen 1992 en 1993 op de onderzochte landbouwbedrijven

Zoals uit *Figuur 4.15* blijkt, wordt op een aantal bedrijven in dit onderzoek een groot verschil gevonden tussen de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in de jaren 1992 en 1993, terwijl het totale gemiddelde gelijk blijft. Dit verschijnsel is eerder door Boumans (1990) gerapporteerd voor een beperktere groep van bedrijven. Uit de figuur is bijvoorbeeld af te leiden dat op ongeveer 20 procent van de landbouwbedrijven in 1993 een concentratie gemeten werd die minstens 25 procent hoger was dan de concentratie in 1992. De vraag is of de gemeten verschillen moeten worden toegeschreven aan factoren die met de proefopzet

te maken hebben, zoals steekproefgrootte of bemonsteringstijdstip, of dat werkelijk tussen twee opeenvolgende jaren een variatie in bedrijfsgemiddelde grondwaterkwaliteit kan optreden (50-100% verschil) zoals die bij sommige bedrijven in dit onderzoek gemeten wordt. De aangetroffen verschillen zijn groter dan de verschillen in chlorideconcentraties (zie § 4.3). Dit is een aanwijzing dat verschillen in grondwateraanvulling niet de enige oorzaak is.

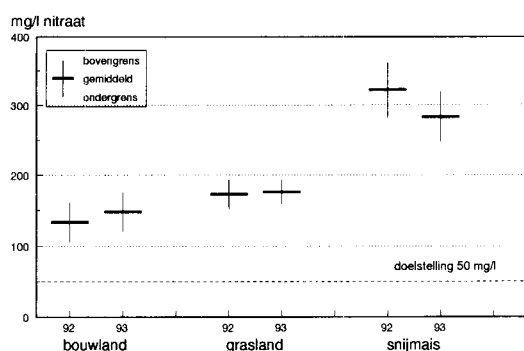
Invloed bodemgebruik

In *Tabel 4.5* staan de gemiddelde nitraatconcentraties en grondwaterstanden per bodemgebruikstype voor de beide bemonsteringsjaren 1992 en 1993. Vervolgens is aangegeven of het verschil tussen de concentraties voor beide jaren significant is (Bijlage III).

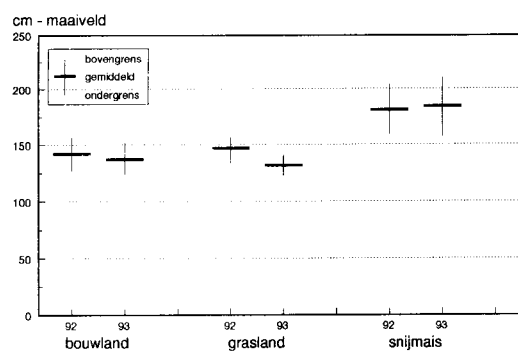
Tabel 4.5 Gemiddelde nitraatconcentraties en grondwaterstanden per bodemgebruikstype voor de jaren 1992 en 1993 (concentraties in mg.l^{-1} en grondwaterstanden in meters beneden maaiveld)

bodemgebruik	concentratie		verschil 1993-1992 significant	grondwaterstand		verschil 1993-1992 significant
	1992	1993		1992	1993	
1. bouwland	134 [3]*	148 [3]	nee	1,42 [3]	1,37 [3]	nee
2. grasland	173 [3]	176 [3]	nee	1,47 [3]	1,31 [3]	nee
3. snijmaïs	322 [1,2]	283 [1,2]	nee	1,81 [1,2]	1,84 [1,2]	nee

* tussen haken is aangegeven van welke categorieën het gemiddelde significant afwijkt.



Figuur 4.16 De gemiddelde nitraatconcentratie en het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de drie bodemgebruiks-vormen in 1992 en 1993.

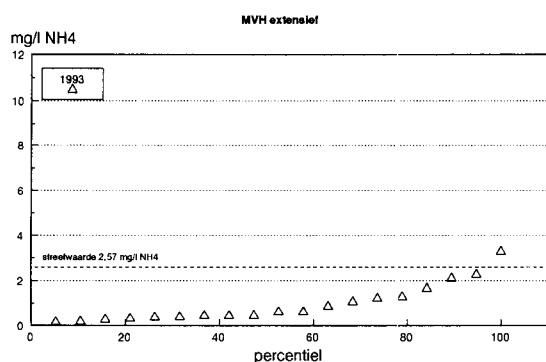


Figuur 4.17 De gemiddelde grondwaterstand en het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de drie bodemgebruiks-vormen in 1992 en 1993

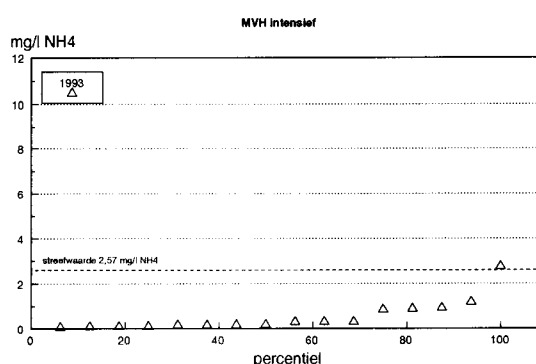
Uit Tabel 4.5 blijkt dat in 1993, evenals in 1992, de gemiddelde nitraatconcentratie bij de snijmaïs hoger is dan bij bouwland en grasland. De gemiddelde grondwaterstanden laten zien dat de percelen met permanente snijmaïs op drogere gronden liggen dan de twee andere bodemgebruikstypen. Samen met het doorgaans hogere mineralenoverschot op maïspcelen kan dit een verklaring zijn voor deze hogere nitraatconcentraties. Tussen de twee bemonsteringsjaren laten de gemiddelde concentraties op de bodemgebruikstypen geen significante verschillen zien, zoals blijkt uit Figuur 4.16. In Figuur 4.17 staan de gemiddelde grondwaterstanden op het moment van monsternamen weergegeven, hieruit blijkt duidelijk dat de maïspcelen doorgaans op drogere gronden liggen. Daarnaast is af te lezen dat er tussen de twee jaren geen verschillen in gemiddelde grondwaterstand optreden op het tijdstip van bemonstering.

4.4.3 Ammonium

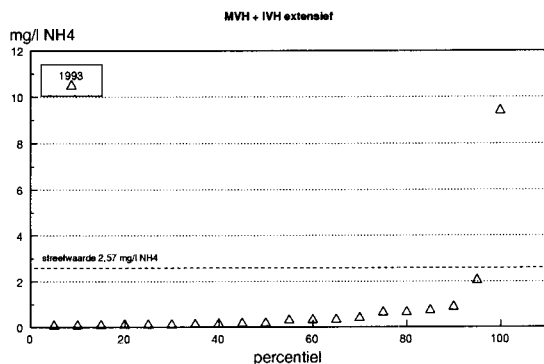
Voor ammonium in het grondwater is alleen een streefwaarde vastgesteld. In tegenstelling tot nitraat is hierbij een onderscheid gemaakt tussen het zand- en het klei/veengebied. De streefwaarde voor het grondwater in het zandgebied bedraagt $2,0 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NH}_4\text{-N}$ ($2,57 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NH}_4$) (VROM, 1992). Op acht van de bemonsterde bedrijven is de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentratie hoger dan de streefwaarde. Het betreft twee akkerbouwbedrijven en 6 veehouderijbedrijven. In de Figuren 4.18 t/m 4.22 staan de cumulatieve frequentieverdelingen van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties voor de veehouderijcategorieën en akkerbouw weergegeven.



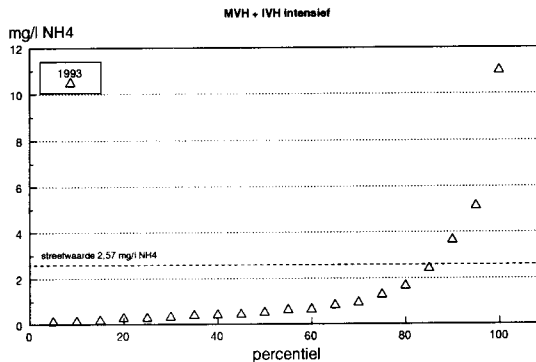
Figuur 4.18 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij extensief.



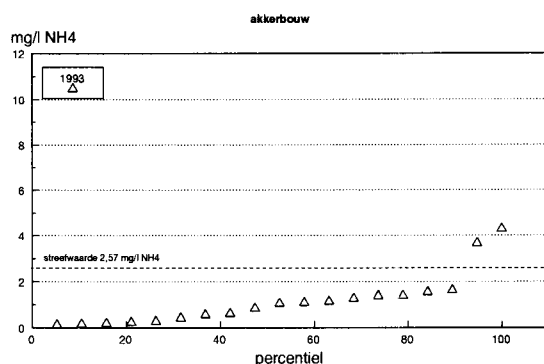
Figuur 4.19 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij intensief



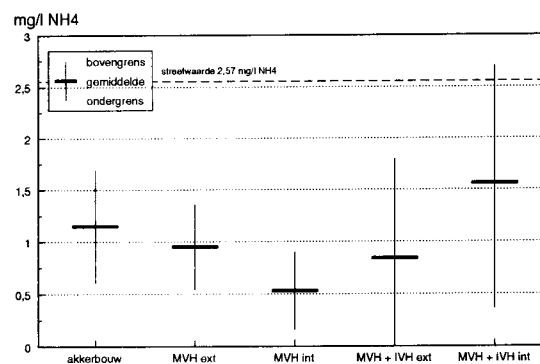
Figuur 4.20 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven extensief.



Figuur 4.21 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven intensief



Figuur 4.22 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties in 1993 bij de categorie akkerbouw



Figuur 4.23 Gemiddelde ammoniumconcentratie en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de vijf categorieën in 1993.

In *Figuur 4.23* zijn de betrouwbaarheden voor de categoriegemiddelden grafisch weergegeven. Er is geen verschil te zien tussen de extensieve en de intensieve categorieën. In 1992 is geen ammonium gemeten.

In *Tabel 4.6* staan de categoriegemiddelde ammoniumconcentraties en hun 95%-betrouwbaarheidsinterval weergegeven. Hoewel de categoriegemiddelde concentraties soms bijna een factor drie verschillen zijn geen van de vijf categorieën significant verschillend van een andere categorie (*Bijlage IV*). Bij de categorie combinatiebedrijven intensief ligt de bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval boven de streefwaarde van 2,57 mg.l⁻¹.

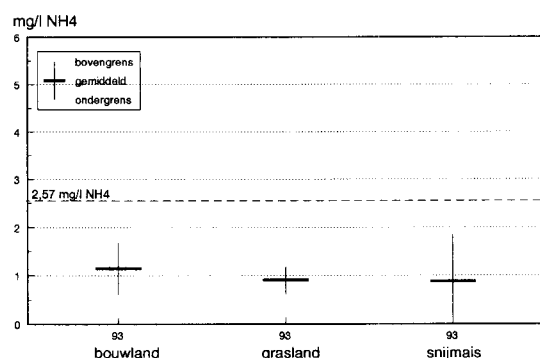
Tabel 4.6 Categoriegemiddelde ammoniumconcentraties in het bovenste grondwater bij vijf bedrijfscategorieën (1993) en het 95%-betrouwbaarheidsinterval.

	ammonium mg.l ⁻¹	95%-betrouwbaarheidsinterval
1. akkerbouw	1,15[-]*	0,61-1,69
2. melkveehouderij extensief	0,95[-]	0,54-1,36
3. melkveehouderij intensief	0,53[-]	0,16-0,90
4. combinatie extensief	0,84[-]	-0,12-1,81
5. combinatieintensief	1,56[-]	0,36-2,76

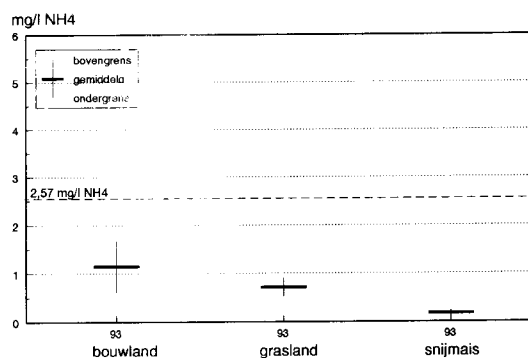
* tussen haken is aangegeven van welke categorieën het gemiddelde significant afwijkt.

Invloed bodemgebruik

In *Figuur 4.24* staan de ammoniumconcentraties uitgesplitst naar bodemgebruik. In de figuur is te zien dat de metingen op maïsland, bouw- en grasland geen duidelijke verschillen vertonen. Bij maïs en gras komen echter enkele zeer hoge concentraties voor. Een statistische toets op de verzameling waarnemingen kenmerkt bij grasland de drie en bij maïs de vier hoogste waarnemingen als waarschijnlijke uitschieter (Bijlage V). Bij bouwland wordt geen van de waarnemingen als waarschijnlijke uitschieter aangemerkt. *Figuur 4.25* is gelijk aan de vorige figuur, echter nu zijn de punten uit de waarnemingsset verwijderd die als uitschieter zijn aangemerkt. De gemiddelde ammoniumconcentratie die bij maïs aangetroffen wordt is nu lager. Er is nu een duidelijk onderscheid tussen de bodemgebruikstypen te zien.



Figuur 4.24 Gemiddelde ammoniumconcentratie en het 95%-betrouwbaarheidsinterval bij de drie bodemgebruikstypen



Figuur 4.25 Gemiddelde ammoniumconcentratie en het 95%-betrouwbaarheidsinterval bij de drie bodemgebruikstypen, uitschieters verwijderd.

Tabel 4.7 geeft de gemiddelde ammoniumconcentraties en grondwaterstanden per bodemgebruikstype voor het bemonsteringsjaar 1993 met en zonder de waarschijnlijke uitschieters, eveneens is aangegeven of een significant verschil tussen de bodemgebruikstypen aanwezig is. Uit de tweede kolom van de tabel is af te lezen dat, gebruikmakend van alle waarnemingen, een verschil tussen de drie bodemgebruikstypen niet duidelijk aanwezig is. Wanneer de dataset zonder de uitschieters gebruikt wordt, dan is er wel een duidelijk verschil tussen bouw- en grasland enerzijds en maïsland anderzijds te constateren. De hoge concentraties nitraat die voor maïs gevonden worden, duiden op een doorgaans hoger stikstofoverschot. Deze hogere belasting vinden

we niet terug in hogere ammoniumconcentraties in het grondwater. Een verklaring hiervoor kunnen we zoeken in de drogere zandgronden waarop de maïspcelen doorgaans liggen. Door het grotere aerobe traject (nitrificatie) zal het ammonium in mindere mate het grondwater kunnen bereiken. Bij de nattere gronden zal dit eerder het geval zijn. In Willems en Fraters (1995) worden voor ammonium in het bovenste grondwater ook geen duidelijke verschillen gevonden tussen landbouwgrond en bos- en natuurgebieden in het zandgebied. Ook dit duidt op een onafhankelijkheid van de ammoniumconcentratie in het grondwater in het zandgebied van de belasting. Processen in de bodem zoals nitrificatie spelen dus voor de aanwezigheid van ammonium een overheersende rol.

Tabel 4.7 *Gemiddelde ammoniumconcentraties en grondwaterstanden per bodemgebruikstype voor het jaar 1993. Kolom met # is berekend zonder waarschijnlijke uitschieters. (concentraties in mg.l⁻¹ en grondwaterstanden in meters beneden maaiveld)*

bodemgebruik	ammonium	ammonium [#]	grondwaterstand
1. bouwland	1,15 [-]*	1,15 [3]	1,37
2. grasland	0,91 [-]	0,71 [3]	1,31
3. snijmaïs	0,88 [-]	0,18 [1,2]	1,84

* tussen haken is aangegeven van welke categorieën het gemiddelde significant afwijkt.

berekend zonder waarschijnlijke uitschieters.

4.5 Fosfaat

4.5.1 Algemeen

Fosfaat in de bodem is relatief immobiel, dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld nitraat. Bij de toediening van fosfaat aan landbouwgrond zal het fosfaat voor het grootste deel accumuleren in de bouwvoor. De hoeveelheid fosfaat die in de bodem kan accumuleren is afhankelijk van het *fosfaatbindend vermogen* van de bodem. Voor zandgronden wordt het fosfaatbindend vermogen geheel bepaald door het gehalte aan sesquioxides (Fe en Al). Bij goed landbouwkundig handelen is de bemesting gebaseerd op de *fosfaattoestand* van de bouwvoor, dit is een maat voor de voor het gewas beschikbare hoeveelheid fosfaat. Bij een toename van de verzadiging van de bouwvoor met fosfaat zal zich in het bodemprofiel naar onder een zogenaamd *fosfaat-front* ontwikkelen. De diepte van dit front in de bodem zal in belangrijke mate de uitspoeling van fosfaat naar het grond- en oppervlaktewater bepalen. Hierbij moet rekening worden gehouden met de grondwatertrap en de bodemgesteldheid. Bij hoge grondwaterstanden zal er eerder contact zijn tussen dit front en het grondwater.

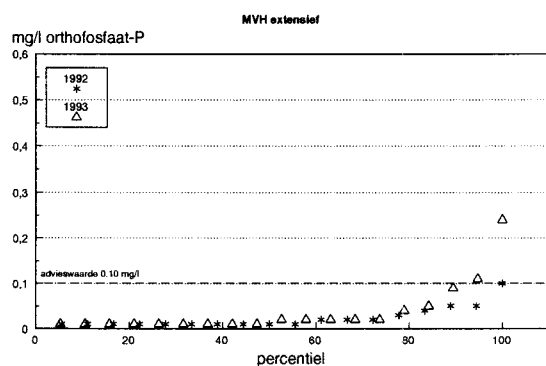
Voor fosfaat in het grondwater is er alleen een streefwaarde. Daarnaast zijn ook de grenswaarden voor het oppervlaktewater van belang. Zowel de streef- als de grenswaarden hebben alleen betrekking op totaal-fosfaat. Net als voor ammonium is voor de milieukwaliteitsdoelstelling voor fosfaat in grondwater een onderscheid gemaakt tussen het zand- en het klei/veengebied. De streefwaarde voor totaal-fosfaat in grondwater voor het zandgebied is 0,4 mg.l⁻¹ P. De grenswaarde voor totaal-fosfaat in oppervlaktewater is 0,15 mg.l⁻¹ P (jaargemiddelde waarde). Voor stagnant

eutrofiëringsgevoelig oppervlaktewater geldt een zomergemiddelde grenswaarde van $0,15 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$, voor de overige wateren geldt een jaargemiddelde grenswaarde van $0,15 \text{ mg.l}^{-1}$ (VROM; 1992). Voor ortho-fosfaat zijn geen grens- of streefwaarden. Wel is er een TCB-advieswaarde van $0,10 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$ op het niveau van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG niveau). Dit advies handelt over het protocol fosfaatverzadigde gronden en legt een relatie met de norm voor oppervlaktewater (TCB, 1990).

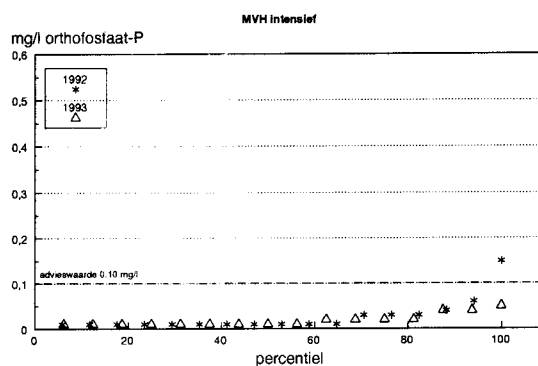
Hoewel de meetgegevens geen betrekking hebben op de grondwaterconcentratie op GHG-niveau, worden deze ter illustratie vergeleken met de TCB-advieswaarde. De grondwaterstanden tijdens bemonstering waren in 1992 en 1993 meestal lager dan het GHG niveau. De gemeten ortho-fosfaatconcentraties zijn dan ook meestal lager dan als ze gemeten zouden zijn op moment dat de grondwaterstand op GHG-niveau staat.

4.5.2 Ortho-fosfaat

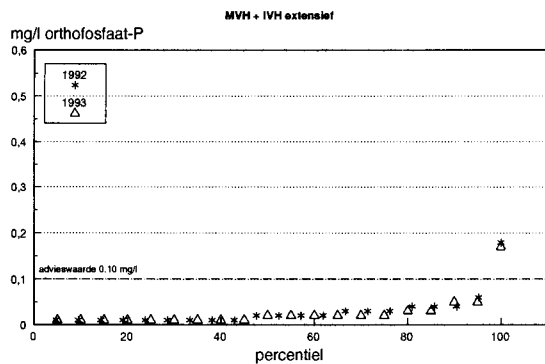
In de Figuren 4.26 t/m 4.30 zijn de procentuele verdelingen van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in het bovenste grondwater voor akkerbouw- en de vier veehouderijcategorieën weergegeven. De TCB-advieswaarde is in de figuren met een stippelijijn aangegeven. In de figuren is te zien dat slechts bij een enkel bedrijf de gemiddelde ortho-fosfaatconcentratie hoger is dan de advieswaarde $0,10 \text{ mg.l}^{-1}$. In 1993 was op 87 van de 94 bedrijven de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentratie lager dan de TCB-advieswaarde. In 1992 was dit het geval op 88 van de 93 bedrijven.



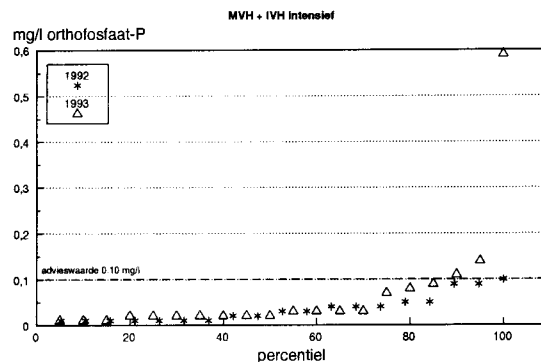
Figuur 4.26 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij extensief.



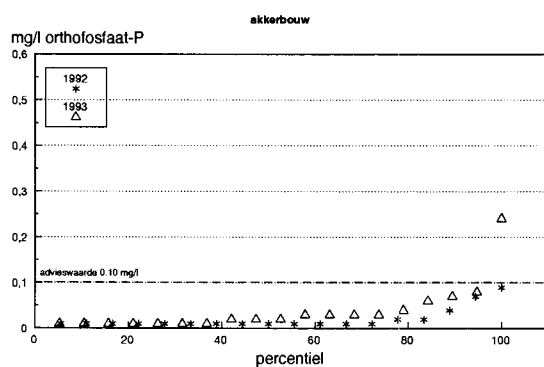
Figuur 4.27 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij intensief



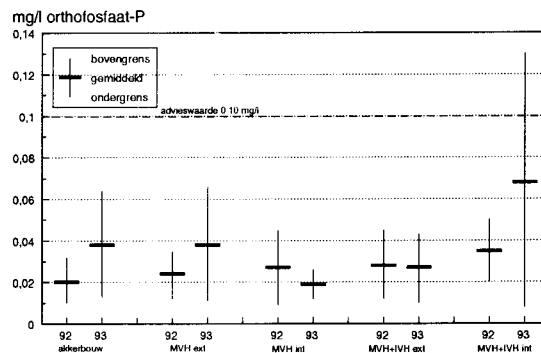
Figuur 4.28 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven extensief



Figuur 4.29 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven intensief.



Figuur 4.30 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie akkerbouw



Figuur 4.31 Gemiddelde ortho-fosfaatconcentratie en het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de vijf categorieën in 1992 en 1993.

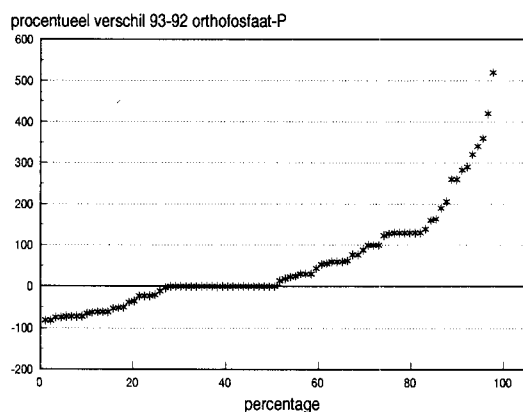
Tussen de categorieën is er geen significant verschil in het aantal overschrijdingen van de advieswaarde. Om de gemiddelde concentraties van de vijf categorieën onderling te vergelijken zijn in *Figuur 4.31* de gemiddelde ortho-fosfaatconcentraties en hun betrouwbaarheidsintervallen weergegeven. Het brede interval in 1993 bij de categorie intensieve combinatiebedrijven wordt veroorzaakt door een uitschieter, deze is ook te zien in *Figuur 4.31*.

In *Tabel 4.8* zijn de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties getalsmatig gegeven per categorie voor 1992 en 1993 (zie opmerking bij *Tabel 4.2*). Uit de tabel blijkt dat de verschillen tussen de categorieën en tussen de beide jaren niet significant zijn. Een groot aantal waarnemingen ligt beneden de detectielimiet van $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$ (zie *Tabel 4.8*), voor de berekening van het bedrijfsgemiddelde is voor waarnemingen beneden deze waarde de detectielimiet gebruikt.

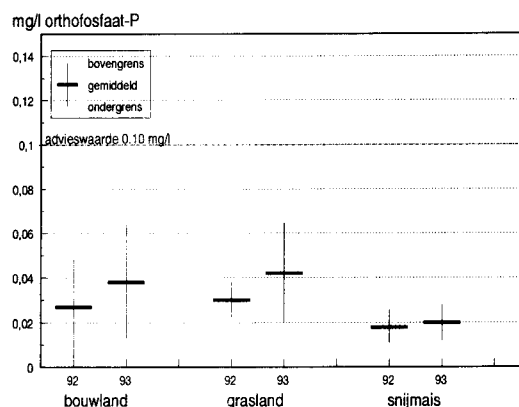
Tabel 4.8 *Bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties uit 1992 en 1993; het percentage waarnemingen kleiner dan de detectielimiet en het gemiddelde verschil per categorie en de significantie (alle concentraties in mg.l⁻¹ als P).*

Categorie	1992	% < 0,01	1993	% < 0,01	1993-1992	verschil 1993-1992 significant
1. akkerbouw	0,03 [-]*	72	0,04 [-]	37	0,01	nee
2. melkveehouderij extensief	0,02 [-]	56	0,04 [-]	47	0,02	nee
3. melkveehouderij hoog	0,03 [-]	65	0,02 [-]	56	-0,01	nee
4. combinatie laag	0,03 [-]	43	0,03 [-]	45	0,00	nee
5. combinatie hoog	0,04 [-]	37	0,07 [-]	15	0,04	nee

* tussen haken is aangegeven van welke categorieën het gemiddelde significant afwijkt.



Figuur 4.32 *Cumulatief frequentiediagram van de procentuele verschillen in de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties voor 1992 en 1993.*



Figuur 4.33 *Gemiddelde en 95%-btb interval van de gemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de drie onderzochte bodemgebruiksvormen.*

Evenals bij nitraat blijkt dat per individueel bedrijf grote verschillen kunnen voorkomen in de gemeten concentraties tussen de twee bemonsteringsjaren. Om dit te illustreren zijn in *Figuur 4.32* de verschillen op de bedrijven gesorteerd weergegeven. Het procentuele verschil kan zeer groot zijn, in absolute zin gaat het meestal om kleine verschillen t.o.v. de streefwaarde.

Invloed bodemgebruik

In *Figuur 4.33* staan de gemiddelde ortho-fosfaatconcentraties en hun betrouwbaarheid per bodemgebruikstype weergegeven. De metingen op maïsland onderscheiden zich enigszins van de metingen op bouw- en grasland. In *Tabel 4.9* is dit getalsmatig weergegeven. De gemiddelde ortho-fosfaatconcentraties en grondwaterstanden per bodemgebruikstype staan in de tabel. Uit de tabel blijkt dat tussen de beide bemonsteringsjaren geen significant verschil in gemeten ortho-fosfaatconcentraties aanwezig is.

Tabel 4.9 *Gemiddelde ortho-fosfaatconcentraties en grondwaterstanden per bodemgebruikstype voor de jaren 1992 en 1993; percentage waarnemingen beneden detectielimiet (concentraties in mg.l⁻¹ als P en grondwaterstanden in meters beneden maaiveld)*

bodemgebruikstype	ortho-P '92	% < 0,01	ortho-P '93	% < 0,01	verschil 1993-1992	grondwaterstand (m -mv)	
					significant	1992	1993
1. bouwland	0,03 [-]*	72	0,04 [-]	37	nee	1,42 [3]	1,37 [3]
2. grasland	0,03 [3]	46	0,04 [-]	35	nee	1,47 [3]	1,31 [3]
3. snijmaïs	0,02 [2]	74	0,02 [-]	63	nee	1,81 [1,2]	1,84 [1,2]

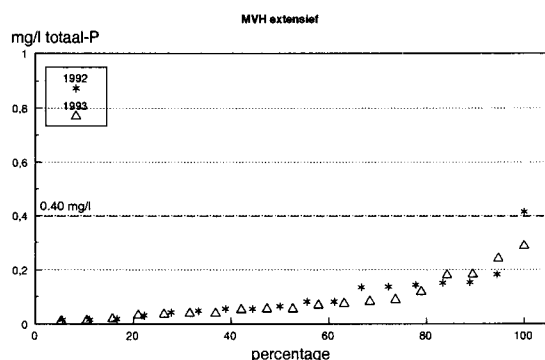
* tussen haken is aangegeven van welke categorieën het gemiddelde significant afwijkt.

Evenals bij ammonium zien we bij ortho-fosfaat onder maïsland lagere concentraties in het grondwater dan bij gras- en bouwland. Dit schrijven we eveneens toe aan de lagere grondwaterstanden die bij de maïspcelen worden aangetroffen. Toetsing van de verschillen tussen de bodemgebruikstypen laat zien dat in 1992 maïs duidelijk lager is dan de monsters van de graspercelen ($t=2,07$). In 1993 is het verschil groter, maar niet meer significant ($t=1,89$). Tussen de overige gebruiksvormen zijn geen significante verschillen aangetroffen.

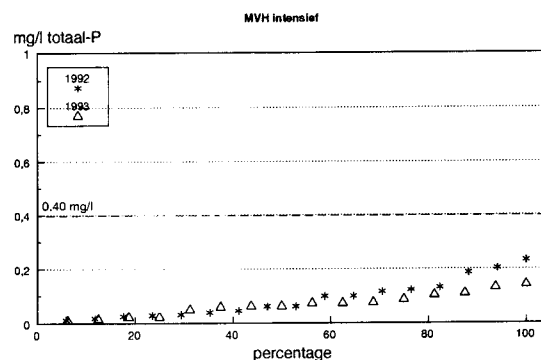
4.5.3 Totaal-fosfaat

Ook voor totaal-fosfaat is in 1993 geen verschil gevonden met de waarnemingen uit 1992 ten aanzien van overschrijding van de doelstelling. Op 92 bedrijven is geen hogere gemiddelde totaal-fosfaatconcentratie aangetroffen dan de streefwaarde van 0,40 mg.l⁻¹ voor grondwater, in 1992 was dit op 91 bedrijven het geval. De bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaat concentratie is op 75 bedrijven lager dan de grenswaarde van 0,15 mg.l⁻¹ voor oppervlaktewater. In 1992 was dit het geval op 79 bedrijven.

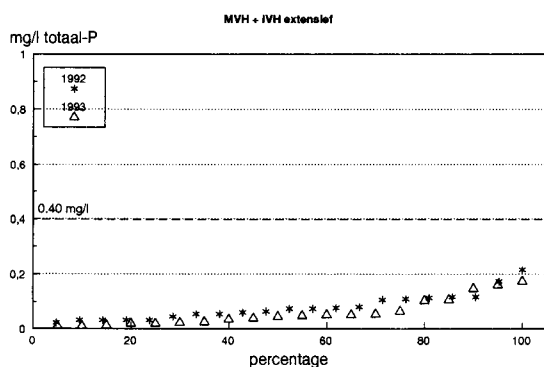
De Figuren 4.34 t/m 4.38 geven de procentuele verdeling weer van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties voor akkerbouw- en de vier categorieën veehouderijbedrijven. De streefwaarde van 0,40 mg.l⁻¹ voor grondwater is in de figuren met een stippellijn aangegeven.



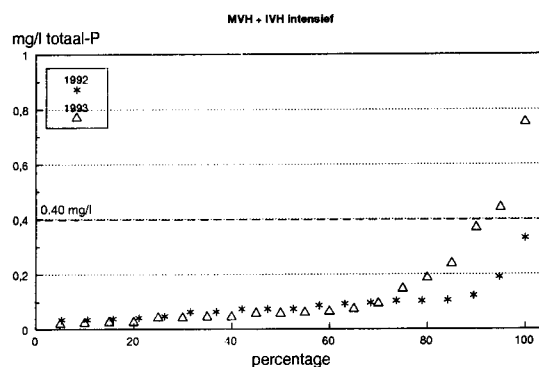
Figuur 4.34 *Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij extensief.*



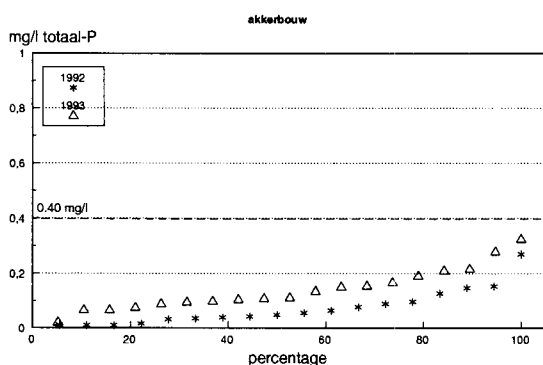
Figuur 4.35 *Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij intensief.*



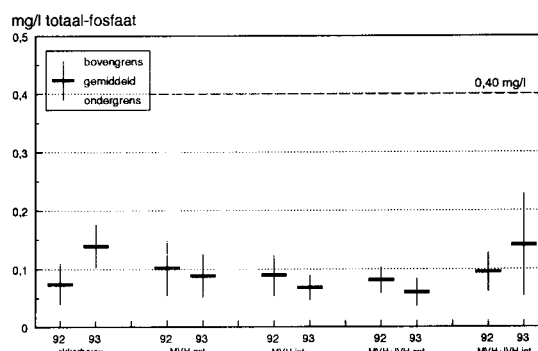
Figuur 4.36 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categoriecombinatiebedrijven extensief



Figuur 4.37 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven intensief



Figuur 4.38 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie akkerbouw



Figuur 4.39 Gemiddelde totaal-fosfaatconcentraties en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de vijf categorieën in 1992 en 1993

Figuur 4.39 laat zien dat de gemiddelde totaal-fosfaatconcentraties voor elke categorie onder de grenswaarde van $0,40 \text{ mg.l}^{-1}$ voor het grondwater liggen. Opvallend is dat de concentraties bij de akkerbouwbedrijven in 1993 hoger zijn dan in 1992, dit is ook duidelijk te zien in Figuur 4.38.

In Tabel 4.10 zijn de gemiddelde totaal-fosfaatconcentraties gegeven per categorie voor 1992 en 1993 en hun verschil (zie opmerking bij Tabel 4.2). Bij analyseresultaten kleiner dan de detectielimiet is bij de berekening van het bedrijfsgemiddelde voor waarnemingen de waarde $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$ gebruikt. Bij de categorie akkerbouw is voor 1992 één bedrijfsgemiddelde niet meegenomen in de berekening (uitschieter die in 1993 niet optrad). Het percentage waarnemingen beneden deze detectielimiet is in de tabel aangegeven.

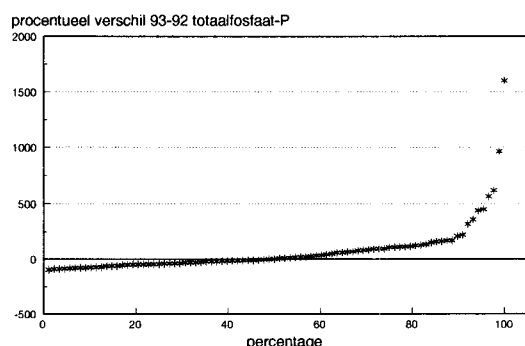
Tabel 4.10 Bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties uit 1992 en 1993; het percentage waarnemingen kleiner dan de detectielimiet en het gemiddelde verschil per categorie en de significantie (alle concentraties in mg.l^{-1} als P).

Categorie	1992	% < 0,01	1993	% < 0,01	verschil 1993-1992	verschil 1993-1992 significant
1. akkerbouw	0,07 [-]*	17	0,14 [2,3,4]	0	0,07	ja
2. melkveehouderij extensief	0,10 [-]	0	0,09 [1]	11	0,00	nee
3. melkveehouderij intensief	0,09 [-]	6	0,07 [1]	6	0,00	nee
4. combinatie extensief	0,08 [-]	0	0,06 [1]	15	-0,02	nee
5. combinatie intensief	0,09 [-]	0	0,14 [-]	0	0,06	nee

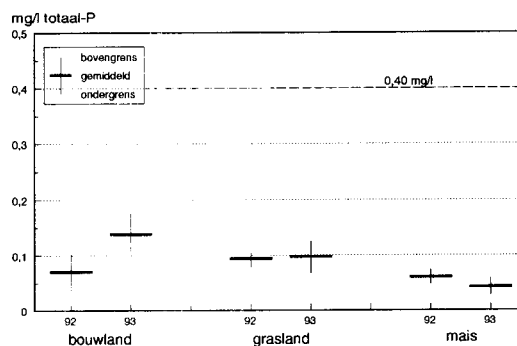
* tussen haken is aangegeven van welke categorieën het gemiddelde significant afwijkt.

Uit de tabel blijkt dat bij de akkerbouwbedrijven in 1993 significant hogere totaal-fosfaatconcentraties worden gemeten dan in het voorgaande jaar. Het percentage waarnemingen beneden de detectiegrens is in 1993 bij de akkerbouwbedrijven sterk gedaald tot nul. Bij de veehouderijcategorieën zijn geen significante verschillen aangetroffen tussen de beide bemonsteringsjaren. Het verschil dat bij de akkerbouwbedrijven wordt gevonden is opmerkelijk. De bemonstering in 1993 heeft duidelijk vroeger plaatsgevonden dan in 1992 (zie *Figuur 2.3b*) en vermoed werd dat de grondwaterstand daarom hoger zou zijn en daarmee de fosfaatconcentratie. Een vergelijking van de grondwaterstanden tijdens de bemonstering laat echter geen verschillen zien. In 1992 werd een gemiddelde grondwaterstand van 1,40 meter beneden maaiveld aangetroffen. In 1993 was de gemiddelde grondwaterstand 1,37 meter, een t-toets laat geen verschillen zien ($t=0,29$).

In de *Figuur 4.40* zijn de procentuele verschillen tussen de gemiddelde totaal-fosfaatconcentraties van de twee bemonsteringsjaren op bedrijfsniveau gesorteerd weergegeven. In de figuur is te zien dat op enkele bedrijven in 1993 procentueel aanzienlijk hogere concentraties zijn gemeten dan in het voorgaande jaar.



Figuur 4.40 Cumulatief frequentiediagram van de procentuele verschillen in de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties voor 1992 en 1993.



Figuur 4.41 Gemiddelde en 95%-betrouwbaarheids-interval van de gemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in 1992 en 1993 bij de drie onderzochte bodemgebruiksvormen.

Invloed bodemgebruik

In *Figuur 4.41* staan de gemiddelde totaal-fosfaatconcentraties per bodemgebruikstype weergegeven. Ook nu is weer de stijging bij de akkerbouwbedrijven te zien. In *Tabel 4.11* is dit getalsmatig weergegeven. De gemiddelde totaal-fosfaatconcentraties en grondwaterstanden per bodemgebruikstype staan in de tabel. Uit de tabel blijkt dat tussen de beide bemonsteringsjaren voor de categorie akkerbouw een verschil in totaal-fosfaatconcentratie aanwezig is.

Tabel 4.11 *Gemiddelde totaal-fosfaatconcentraties en grondwaterstanden per bodemgebruikstype voor de jaren 1992 en 1993; percentage waarnemingen beneden detectielimiet (concentraties in mg.l⁻¹ als P en grondwaterstanden in meters beneden maaiveld).*

bodemgebruikstype	totaal-P '92	% < 0,01	totaal-P '93	% < 0,01	verschil	grondwaterstand (m -mv)	
					'93-'92	1992	1993
					significant		
1. bouwland	0,07 [-]*	17	0,14 [3]	0	ja	1,42 [3]	1,37 [3]
2. grasland	0,09 [3]	1	0,10 [3]	5	nee	1,47 [3]	1,31 [3]
3. snijmaïs	0,06 [2]	4	0,04 [1,2]	22	nee	1,81 [1,2]	1,84 [1,2]

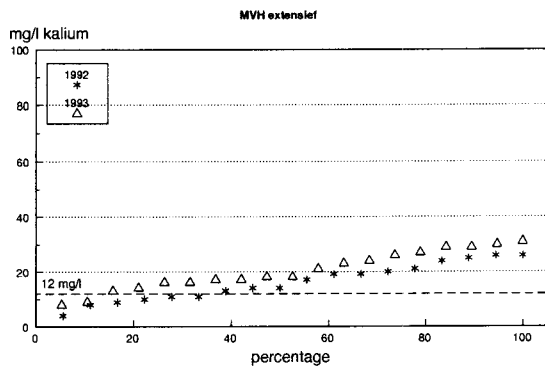
* tussen haken is aangegeven van welke categorieën het gemiddelde significant afwijkt.

Evenals bij ortho-fosfaat zien we bij totaal-fosfaat onder maïsland lagere concentraties in het grondwater dan bij gras- en bouwland. Dit schrijven we eveneens toe aan de lagere grondwaterstanden die bij de maïspcelen worden aangetroffen. Toetsing van de verschillen tussen de bodemgebruikstypen laat zien dat zowel in 1992 als in 1993 totaal-fosfaat concentraties onder maïs significant lager zijn dan onder gras. In 1993 verschillen ook de totaal-fosfaatconcentraties onder bouwland significant van maïs.

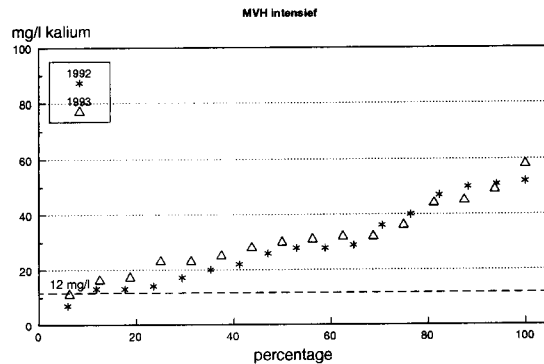
4.6 Kalium

Voor kalium in grondwater zijn nog geen milieukwaliteitsdoelstellingen vastgesteld. De drinkwaternorm (12 mg.l⁻¹) wordt wel gebruikt om een indicatie te geven voor maximaal toelaatbare kaliumconcentraties in grond- en oppervlaktewater. Deze waarde is vastgesteld voor controle op faecale verontreinigingen in drinkwater. Gebruik van deze waarde is slechts indicatief.

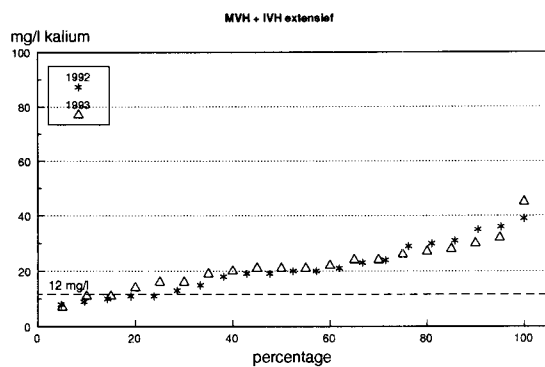
In 1992 werd op 24 bedrijven een gemiddelde kaliumconcentratie gemeten lager dan deze indicatieve waarde van 12 mg.l⁻¹. In 1993 was dit op 20 bedrijven het geval. In de *Figuren 4.42 t/m 4.46* is te zien dat de kaliumconcentraties in 1993 eenzelfde beeld te zien geven dan de kaliumconcentraties zoals die in 1992 gemeten werden.



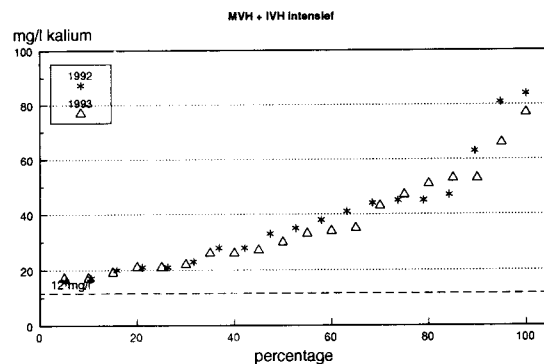
Figuur 4.42 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij extensief..



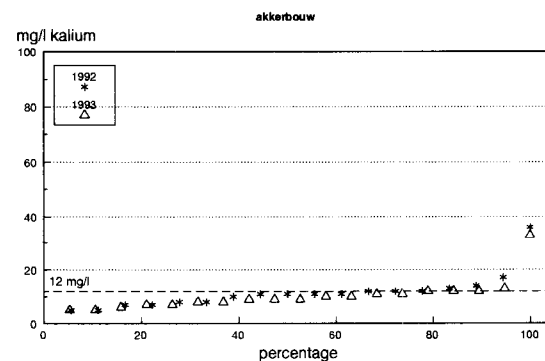
Figuur 4.43 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie melkveehouderij intensief.



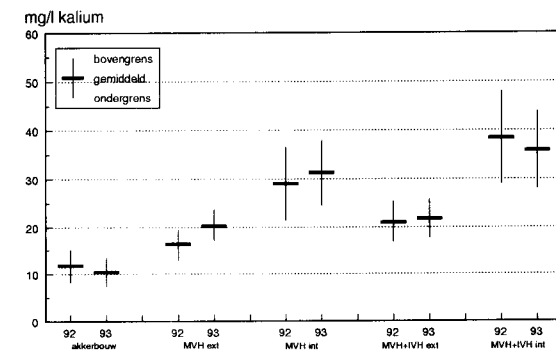
Figuur 4.44 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven extensief.



Figuur 4.45 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie combinatiebedrijven intensief.



Figuur 4.46 Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties in 1992 en 1993 bij de categorie akkerbouw.



Figuur 4.47 Gemiddelde kaliumconcentratie en het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de vijf categorieën in 1992 en 1993.

In *Tabel 4.12* zijn de gemiddelde concentraties per categorie gegeven (zie ook opmerkingen *Tabel 4.2*). Zowel in 1993 als in 1992 zijn de kaliumconcentraties bij de extensieve categorieën lager dan bij de intensieve categorieën. Tussen de twee bemonsteringsjaren laat de categorie akkerbouw een daling zien en de categorie melkveehouderij laag een stijging. Bij de overige categorieën is geen significant verschil tussen de twee jaren aangetoond.

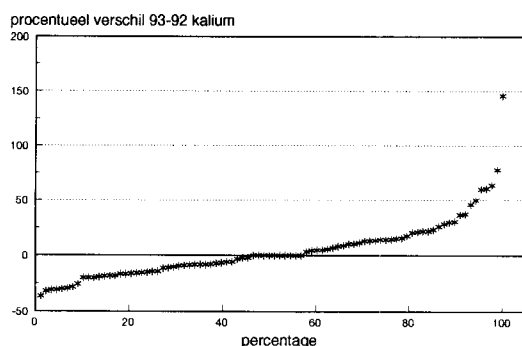
Tabel 4.12 *Bedrijfs­gemiddelde kaliumconcentraties van 1992 en 1993, het gemiddelde verschil tussen 1992 en 1993 per bedrijf en hun significantie (concentraties in mg.l⁻¹ als K).*

categorie	1992	1993	Vershil 1993-1992	Vershil 1993-1992 significant
1. akkerbouw	12 [3,4,5]*	10 [2,3,4,5]	-1,2	ja
2. melkveehouderij extensief	16 [3,5]	20 [1,3,5]	3,5	ja
3. melkveehouderij intensief	29 [1,2]	31 [1,2,4]	-0,6	nee
4. combinatie extensief	21 [1,5]	22 [1,3,5]	0,1	nee
5. combinatie intensief	38 [1,2,4]	36 [1,2,4]	-1,5	nee

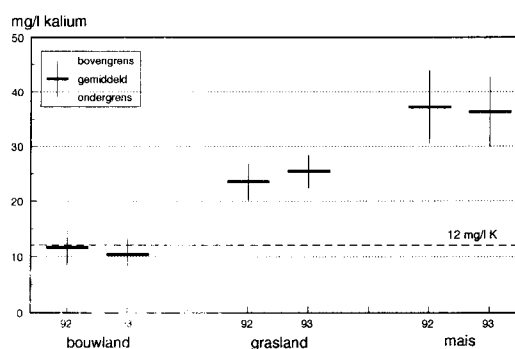
* tussen haken is aangegeven van welke categorieën het gemiddelde significant afwijkt.

De significantie van de verschillen die aangetoond is, wordt niet zozeer veroorzaakt door de grote absolute verschillen tussen de beide jaren, alswel door het feit dat op bijna elk van de bedrijven van de categorieën akkerbouw en melkveehouderijbedrijven een zelfde verandering aanwezig is.

In *Figuur 4.48* zijn de relatieve verschillen in bedrijfs­gemiddelde kaliumconcentraties tussen 1992 en 1993 op bedrijfs­niveau weergegeven. Vergeleken met nitraat (*Figuur 4.15*) en fosfaat (*Figuur 4.32 en 4.40*) zijn de procentuele verschillen klein.



Figuur 4.48 *Cumulatief frequentiediagram van de procentuele verschillen in de bedrijfs­gemiddelde kaliumconcentraties voor 1992 en 1993.*



Figuur 4.49 *De gemiddelde kaliumconcentratie en het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de drie bodemgebruiksvormen in 1992 en 1993.*

Invloed bodemgebruik

In Tabel 4.13 staan de gemiddelde kaliumconcentraties en grondwaterstanden per bodemgebruikstype voor de beide bemonsteringsjaren 1992 en 1993, eveneens is aangegeven of het verschil tussen de concentraties voor beide jaren significant is.

Tabel 4.13 *Gemiddelde kaliumconcentraties en grondwaterstanden per bodemgebruikstype voor de jaren 1992 en 1993 (concentraties in mg.l⁻¹ en grondwaterstanden in meters beneden maaiveld).*

bodemgebruikstype	concentratie		verschil significant	grondwaterstand	
	1992	1993		1992	1993
1. bouwland	11,7 [2,3]*	10,4 [2,3]	ja	1,42 [3]	1,37 [3]
2. grasland	23,6 [1,3]	25,5 [1,3]	nee	1,47 [3]	1,31 [3]
3. snijmaïs	37,2 [1,2]	36,3 [1,2]	nee	1,81 [1,2]	1,84 [1,2]

* tussen haken is aangegeven van welke categorieën het gemiddelde significant afwijkt.

Uit de tabel blijkt dat in 1993, evenals in 1992, de kaliumconcentratie in het bovenste grondwater bij de snijmaïs hoger is dan onder bouwland en grasland. De doorgaans hogere bemestingsniveau's op maïspcelen kan een verklaring zijn voor deze hogere kaliumconcentraties. Tussen de twee bemonsteringsjaren laten de gemiddelde concentraties op de bodemgebruikstypen geen significante verschillen zien, zoals blijkt uit *Figuur 4.49*.

4.7 Zware metalen

4.7.1 Algemeen

De resultaten van het onderzoek naar de cadmium-, koper- en zinkconcentraties in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied worden in deze paragraaf beschreven. De gemiddelde metaalconcentraties zijn bepaald op bedrijfsniveau. Omdat de monsters afkomstig van maïspcelen separaat zijn geanalyseerd, is onderscheid te maken tussen de metaalconcentraties in het grondwater onder gras- en maïspcelen. De statistische-analyse van de resultaten is zowel uitgevoerd op bedrijfsniveau als op de gras- en maïspcelen. Tevens zijn de verschillen geanalyseerd in de metaalconcentraties in het bovenste grondwater tussen bedrijfstypen en is de invloed van de geografische ligging op de metaalconcentratie nagegaan. Het betreft een eerste analyse. In een latere rapportage zal dieper worden ingegaan op de metalen.

Bij de analyse is de cadmiumconcentratie van één grondwatermonster van een maïspcel niet meegenomen. De gemeten cadmiumconcentratie is zo hoog (11 µg.l⁻¹) dat deze waarde volgens de Dixon's Q-test als uitschieter kan worden aangemerkt (Minitab, 1991). Deze uitbijter is uit de data-set verwijderd om vertekening van de resultaten te voorkomen. Van dit grondwatermonster is

alleen de cadmiumconcentratie onder maïspcelen hoog, het bedrijfsgemiddelde en de overige metaalconcentraties zijn niet afwijkend ten opzichte van andere metaalconcentraties.

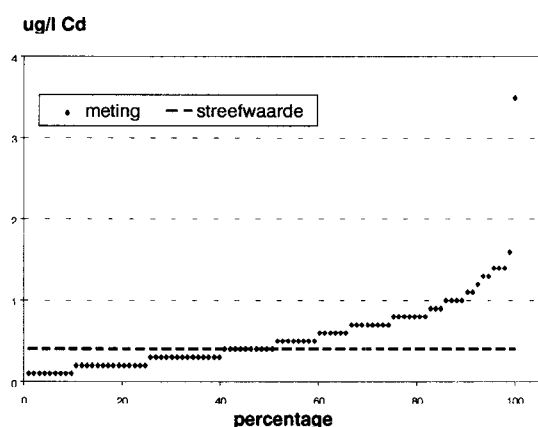
4.7.2 Resultaten gehele groep

In Tabel 4.14 zijn de resultaten van alle bedrijven samengevat, zonder onderscheid naar categorie. Gegeven zijn het gemiddelde, de mediaan, de 25- en 75-percentiel en het minimum en maximum. De 25- en 75-percentiel waarde geeft aan tussen welke grenzen 50 % van de waarnemingen liggen. Tevens is onderscheid gemaakt tussen bedrijfsgegevens en gegevens die afkomstig zijn van maïspcelen.

Tabel 4.14 Categoriegemiddelde, mediaan, minimum, maximum, 25 en 75 percentielwaarden van metaalconcentraties op bedrijfsniveau en maïspcelen.
Concentraties in μL^{-1} .

Metaal (streefwaarde)		aantal bedrijven	gemiddelde	mediaan	min.	max.	25 percentiel	75 percentiel
Cadmium	(bedrijf)	94	0,58	0,45	0,10	3,50	0,28	0,80
(0,4)	(maïs)	48	0,80	0,60	0,10	3,30	0,30	1,10
Koper	(bedrijf)	94	10,9	10,0	1,0	39,0	6,0	14,0
(15)	(maïs)	49	11,7	8,5	0,5	50,0	4,5	16,0
Zink	(bedrijf)	94	112,2	89,0	10,0	770,0	48,7	135,0
(65)	(maïs)	49	186,6	145,0	10,0	670,0	76,0	297,5

Figuren 4.50 t/m 4.52 geven de cumulatieve frequentiediagrammen van bedrijfsgemiddelde



Figuur 4.50 Cumulatief frequentiediagram voor bedrijfsgemiddelde cadmiumconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied.

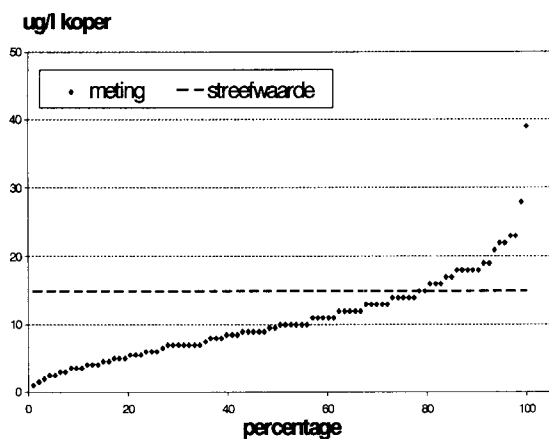
concentraties voor cadmium, koper en zink in het bovenste grondwater. Op de y-as is de metaalconcentratie gegeven in $\mu\text{g.L}^{-1}$, terwijl op de x-as de fractie van het totaal aantal bedrijven is gegeven. Uit de figuren is af te lezen in welke mate de bedrijfsgemiddelde concentraties de streefwaarde overschrijden, geen van de gemeten metalen overschrijdt de interventiewaarde.

Zo'n 50% van de bedrijven heeft een gemiddelde cadmiumconcentratie boven de streefwaarde van $0,4 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Figuur 4.50). Met uitzondering van één waarneming zijn alle bedrijfsgemiddelde cadmiumconcentraties

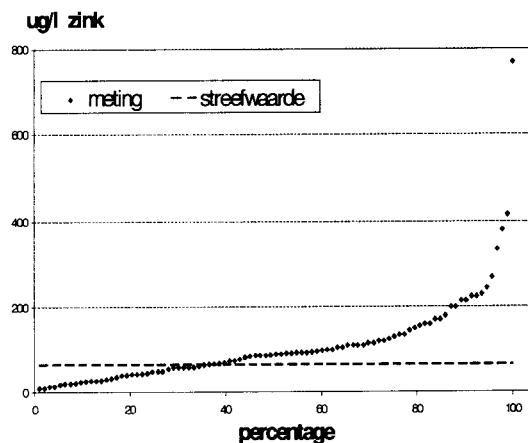
minimaal een factor 3 lager dan de interventiewaarde van $6 \mu\text{g.l}^{-1}$.

20% van de bedrijven heeft een gemiddelde koperconcentratie hoger dan de streefwaarde van $15 \mu\text{g.l}^{-1}$ (zie *Figuur 4.51*). Met uitzondering van één waarneming zijn alle bedrijfsgemiddelde koperconcentraties minimaal een factor $2\frac{1}{2}$ lager dan de interventiewaarde van $75 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Bijna 65% van de bedrijven heeft een gemiddelde zinkconcentratie boven de streefwaarde van $65 \mu\text{g.l}^{-1}$ (zie *Figuur 4.52*). Één waarneming is weinig lager dan de interventiewaarde van $800 \mu\text{g.l}^{-1}$. De overige bedrijfsgemiddelde zinkconcentraties zijn circa een factor 2 of meer lager dan de interventiewaarde.



Figuur 4.51 Cumulatief frequentiediagram voor de bedrijfsgemiddelde koperconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied.



Figuur 4.52 Cumulatief frequentiediagram voor de bedrijfsgemiddelde zinkconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied.

4.7.3 Vergelijking landbouw en natuur

Uit onderzoek naar cadmium-, chroom-, lood-, zink- en arseenconcentraties in het freatische grondwater van zandgebieden van Nederland onder bos en heidevelden (Boumans en Fraters, 1993) blijkt dat overschrijding van de streefwaarde veelvuldig voorkomt. Op basis van metingen op 156 lokaties is berekend dat op circa 70% van het oppervlak bos en heide in het zandgebied de cadmiumconcentratie de streefwaarde van $0,4 \mu\text{g.l}^{-1}$ overschrijdt. Voor zink is dit percentage bijna 95% (streefwaarde zink, $65 \mu\text{g.l}^{-1}$). Koper is niet meegenomen in het bos en heide-onderzoek. In hetzelfde onderzoek blijken ook overschrijdingen van de C-waarde voor te komen. De C-waarde is de voorloper van de interventiewaarde, voor cadmium was de C-waarde hoger dan de huidige interventiewaarde. Voor cadmium werd op circa 5% (C-waarde, $10 \mu\text{g.l}^{-1}$) en voor zink op circa 20% (C-waarde, $800 \mu\text{g.l}^{-1}$) van de lokaties een overschrijding berekend op basis van de metingen.

Een mogelijke oorzaak van deze hogere metaalconcentraties in het bovenste grondwater onder bos en heidevelden ten opzichte van landbouwgronden in de zandgebieden is het verschil in zuurgraad van de bodem. De zuurgraad van de bodem is van invloed op de mobiliteit van de metalen. Door de verzuring van bos en heidevelden wordt de mobiliteit van cadmium en zink vergroot. Hoewel ook landbouwgronden verzuren, wordt op deze gronden door bekalking de zuurgraad bijgestuurd.

4.7.4 Vergelijking van de categorieën

In *Tabel 4.15* zijn de gemiddelde metaalconcentraties gegeven per bedrijfstype. Voor de veehouderij zijn behalve de bedrijfsgemiddelden ook de gemiddelden voor gras- en maïsland opgenomen. Tevens zijn de streefwaarde en interventiewaarde vermeld. De streefwaarde geeft een indicatie van het natuurlijke achtergrondniveau. De interventiewaarde geeft het niveau aan waarboven een sanering dient plaats te vinden.

In de *Tabel 4.15* is een verschil te zien tussen intensieve en extensieve veehouderijbedrijven. De intensieve bedrijven hebben gemiddeld een hogere concentratie van de onderzochte metalen in het grondwater. Voor cadmium is alleen het verschil tussen de categorie akkerbouw en intensieve melkveehouderij statistisch significant. De koperconcentratie in het bovenste grondwater onder extensieve combinatiebedrijven (MVH+IVHext: 6,6 $\mu\text{g.l}^{-1}$) is significant lager dan onder akkerbouwbedrijven (AB: 15 $\mu\text{g.l}^{-1}$) en intensieve melkveebedrijven (MVHint: 14 $\mu\text{g.l}^{-1}$). Wanneer specifiek de concentraties onder maïspcelen worden vergeleken zijn de verschillen echter niet meer significant. De verschillen in de zinkconcentratie tussen de categorieën zijn niet significant.

Tabel 4.15 Categoriegemiddelde metaalconcentraties ($\mu\text{g.l}^{-1}$) in het bovenste grondwater in het zandgebied voor de verschillende bedrijfstypen.

Metaal	Categorie	AB	MVH ext	MVH int	MVH+IVH ext	MVH+IVH int	Streefwaarde (interventiewaarde)
Cadmium	(bedrijf)	0,36	0,54	0,91	0,53	0,63	0,4
	(gras)	-	0,52	0,91	0,52	0,60	(6)
	(maïs)	-	0,76	1,16	0,65	0,78	
Koper	(bedrijf)	14,5	10,4	13,6	6,6	10,2	15
	(gras)	-	10,1	14,0	6,6	9,9	(75)
	(maïs)	-	14,9	13,4	7,1	11,8	
Zink	(bedrijf)	68,0	114,3	147,3	89,7	146,7	65
	(gras)	-	106,5	146,4	81,8	137,5	(800)
	(maïs)	-	195,3	202,1	150,8	202,2	

4.7.5 Regionale verschillen

Uit het hiervoor genoemde onderzoek onder bos en heidevelden is bekend dat onder natuurlijke vegetatie in het zuiden van het land sterk verhoogde metaalconcentraties voorkomen ten opzichte van het noordelijke deel van het land. De overschrijdingen van de C-waarde, voor cadmiumconcentraties, worden voornamelijk gevonden in de grensstreek van Noord-Brabant. Voor zinkconcentraties worden vooral overschrijdingen van de C-waarde waargenomen in de grensstreek van Noord-Brabant en incidenteel in noord-oost Nederland (Fries-Drents plateau).

Daarom zijn de resultaten, behalve op verschillen tussen bedrijfstypen, ook geanalyseerd op verschillen tussen gebieden. Ook is de interferentie tussen gebiedseffect en bedrijfstype-effect onderzocht. Voor de gebiedsindeling is de LEI-indeling gebruikt. Het toetsen van verschillen in metaalconcentraties tussen de LEI-gebieden wordt bemoeilijkt doordat in een aantal LEI-gebieden een (te) gering aantal monsters zijn genomen. Naast de analyse van de verschillen tussen aparte LEI-gebieden, is ook een analyse uitgevoerd op een clustering van LEI-regio's. Dit om zodoende toch uitspraken te kunnen doen over verschillen in de metaalconcentratie tussen een aantal duidelijk geografisch verschillende gebieden. Voor deze gebiedsanalyse is Nederland opgedeelt in drie regio's: Noord, Midden en Zuid (NMZ). De regio Noord omvat de LEI-regio's, Noordelijke Zandgebied I en II en de Veenkoloniën. De regio Midden omvat de LEI-regio's, Oostelijk en Centraal Zandgebied. De regio Zuid omvat alleen het Zuidelijk Zandgebied. De volledige resultaten van de hieronder beschreven analyse zijn opgenomen in Bijlage VI.

Bij de statistische analyse van de metaalconcentraties blijken er significante verschillen te bestaan tussen enkele LEI-gebieden. Met name het Zuidelijk Zandgebied heeft significant hogere cadmiumconcentraties in het grondwater dan de gebieden Veenkoloniën en Centraal Zandgebied. De significante verschillen zijn ook onder graslandpercelen waarneembaar tussen het Zuidelijk Zandgebied en de Veenkoloniën. Onder maïspancelen worden geen significante verschillen waargenomen. Voor koper worden geen significante verschillen tussen de LEI-gebieden waargenomen. Zinkconcentraties van het Zuidelijk Zandgebied zijn significant hoger dan die van de LEI-gebieden Veenkoloniën en Centraal Zandgebied.

De vergelijking van de metaalconcentraties in de drie onderscheidde regio's (Noord, Midden en Zuid) wijst uit dat het grondwater in de regio Zuid een significant hogere cadmium- en zinkconcentratie heeft dan de twee andere regio's (zie *Tabel 4.16*). Zowel voor bos en heidevelden als voor landbouwgronden in het zandgebied bestaat er een verband tussen de geografische ligging en de concentratie van cadmium en zink in het bovenste grondwater. De cadmiumconcentratie op bedrijfsniveau is op zandgronden in het zuidelijke deel van Nederland significant hoger dan in de overige delen van Nederland. Voor de koperconcentratie in het bovenste grondwater is een significant verschil gevonden tussen de regio Noord en Midden. Dit zou kunnen samenhangen met de hogere concentratie opgeloste organische stof (DOC) in het grondwater in het noorden.

Tabel 4.16 *Gemiddelde metaalconcentratie in het bovenste grondwater per regio (in $\mu\text{g.l}^{-1}$)*

regio	cadmium	koper	zink
1. noord	0,47 [3]	13 [2]	100 [3]
2. midden	0,52 [3]	9 [1]	87 [3]
3. zuid	0,95 [1,2]	10	200 [1,2]

* tussen haken is aangegeven van welke regio het gemiddelde significant afwijkt

De resultaten van de gebieds- en categorie-analyse kunnen mogelijk worden beïnvloed door interactie effecten tussen gebied en bedrijfstype. Een analyse is uitgevoerd naar mogelijke interactie effecten. Het aantonen of bepalen van interactie-effecten bleek niet mogelijk, omdat de bedrijfstypen niet in alle LEI-gebieden/regio's aanwezig zijn. Hierdoor konden slechts enkele combinaties bestudeerd worden.

4.7.6 Correlatie met andere parameters

Tussen LEI-gebied, bedrijfstype, geografische ligging (NMZ), de pH gemeten in het veld en de concentraties van DOC, calcium, cadmium, koper en zink is een correlatiematrix berekend (zie *Figuur 4.53*). Een aantal parameters zijn met elkaar gecorreleerd (correlatie $\geq 0,4$). Dit zijn: de calciumconcentratie en de in het veld gemeten pH, de zinkconcentratie met de cadmium- en koperconcentratie, en de koper- en cadmiumconcentratie.

De metaalconcentraties in het bovenste grondwater zijn positief gecorreleerd. Dat wil zeggen dat in het geval één metaal in verhoogde concentratie wordt gevonden, vaak ook de andere metalen verhoogd voorkomen. In overeenstemming met ander onderzoek en de theorie werden verbanden aangetoond tussen de metaalconcentraties en andere grondwaterparameters (zie o.a. Boumans en Fraters, 1993).

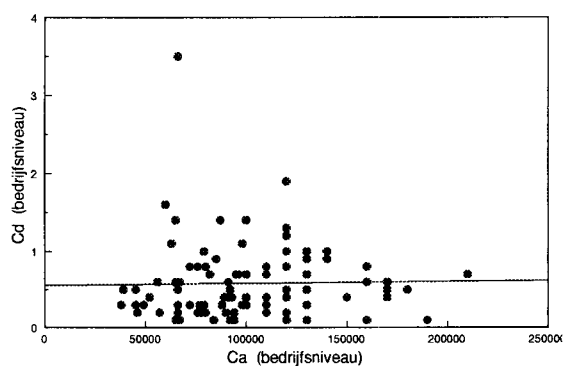
Er werd een duidelijk verband gevonden tussen de metaalconcentratie en de concentratie aan opgeloste organische stof (DOC). Een toename aan DOC leidt tot een afname aan cadmium en zink en een toename aan koper. Dit verschil in gedrag hangt samen met het verschil in bindingsgedrag van de metalen aan de bodem. Koper bindt zeer sterk aan de bodem. In oplossing komt het vooral voor als complex met organische verbindingen (DOC). Zink en cadmium binding minder sterk aan de bodem dan koper. De binding van cadmium en zink aan de bodem wordt in sterke mate bepaald door het organische-stofgehalte van de bodem. Hoe hoger dit gehalte hoe sterker de binding. Het organische-stofgehalte van de bodem is niet bepaald. Wel is bekend dat naarmate het organische-stofgehalte van de bodem toeneemt ook de DOC concentratie in het grondwater toeneemt. De relatie tussen zink en cadmium enerzijds en DOC anderzijds is in feite dus een indirecte relatie met het organische-stofgehalte van de bodem.

De pH heeft een duidelijk invloed op de cadmium- en zinkconcentratie. Een pH toename leidt tot een afname van de concentratie aan deze metalen. De calciumconcentratie is alleen duidelijk van invloed op de cadmiumconcentratie. Zoals verwacht, leidt een toename van de calciumconcentratie tot een toename van de cadmiumconcentratie (concurreren om de bindingsplaatsen).

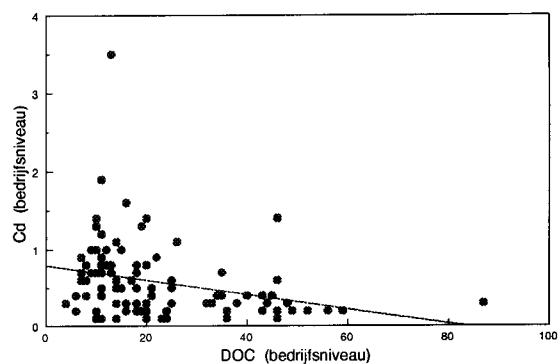
Voor zes combinaties zijn de correlaties grafisch weergegeven met scatterdiagrammen (*Figuren 4.54 t/m 4.59*). Deze correlaties zijn niet allemaal significant, maar een mogelijke correlatie werd wel verwacht.

MTB > Correlation 'LEI-geb'-'Cu(b)'.								
	LEI-geb	dbr.type	NMZ	pH-veld	DOC(b)	Zn(b)	Ca(b)	Cd(b)
dbr.type	0.327							
NMZ	0.941	0.321						
pH-veld	0.010	0.217	0.121					
DOC(b)	-0.254	-0.200	-0.259	-0.037				
Zn(b)	0.357	0.240	0.266	-0.355	-0.240			
Ca(b)	0.162	0.063	0.280	0.542	-0.323	-0.216		
Cd(b)	0.362	0.302	0.305	-0.268	-0.289	0.808	0.018	
Cu(b)	-0.132	0.033	-0.231	-0.174	0.342	0.409	-0.289	0.412

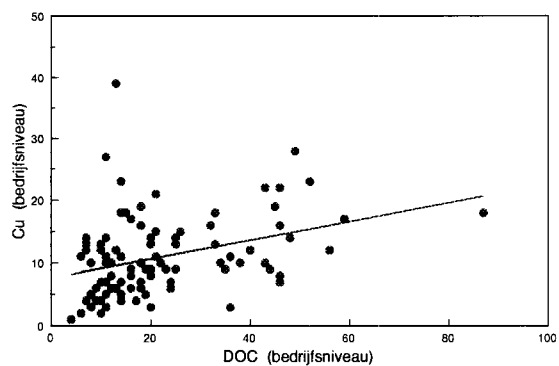
Figuur 4.53 Correlatiematrix voor de resultaten op bedrijfsniveau, correlaties $\geq 0,400$ zijn **vet** weergegeven



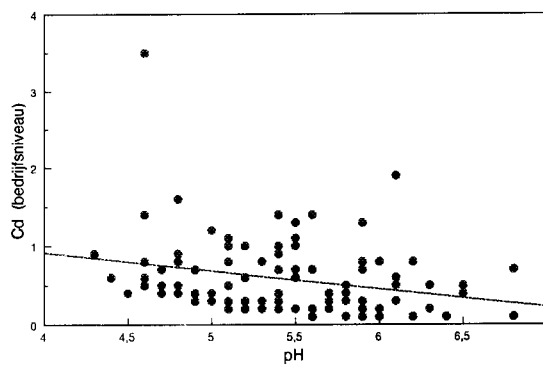
Figuur 4.54 scatterdiagram: calcium - cadmium



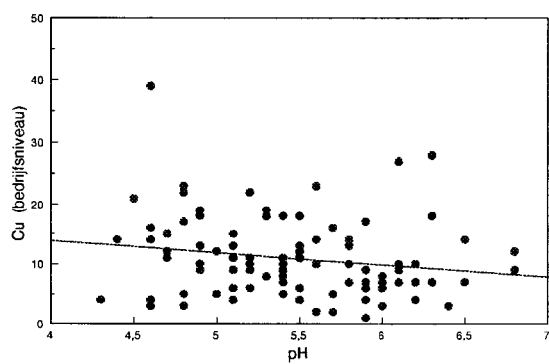
Figuur 4.55 scatterdiagram: DOC - cadmium



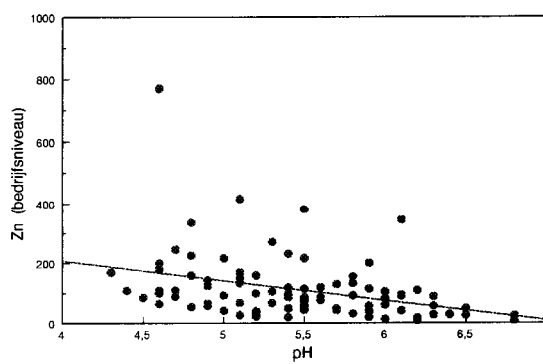
Figuur 4.56 scatterdiagram: DOC - koper



Figuur 4.57 scatterdiagram: pH - cadmium



Figuur 4.58 scatterdiagram: pH - koper



Figuur 4.59 scatterdiagram: pH - zink

5. Het verband tussen bedrijfskarakteristieken en grondwaterkwaliteit

In dit hoofdstuk wordt getracht een verband te leggen tussen de grondwaterkwaliteit, als behandeld in hoofdstuk 4, en de bedrijfskarakteristieken van de bedrijven, zoals behandeld in Hoofdstuk 3. Onder bedrijfskarakteristieken wordt verstaan de hoogte van een aantal kengetallen, die iets zeggen over de bedrijfssituatie, zoals grondsoort en grondwaterstand, en over de bedrijfsvoering. Deze kengetallen betreffende de bedrijfsvoering zijn bepalend voor de belasting van het milieu met mineralen.

Bij de veehouderijbedrijven is met behulp van regressie-analyse getracht het verband aan te geven tussen de concentratie van een bepaald mineraal in het grondwater en bedrijfsvoering en de bedrijfssituatie. Door het kleine aantal akkerbouwbedrijven was regressie-analyse in deze categorie niet mogelijk. In de akkerbouw is slechts gewerkt met groepsindelingen.

In Van Swinderen et al. (1994) is al gerapporteerd dat het, gezien de onderzoeksopzet, niet verwacht mag worden dat er zeer duidelijke relaties tussen bedrijfsvoering en grondwaterkwaliteit gevonden zullen worden. De voornaamste oorzaken hiervoor zijn:

- eventuele relaties kunnen worden verstoord door factoren die niet direct met de bedrijfsvoering samenhangen, zoals grondsoort en waterhuishouding;
- de relaties zijn gelegd op basis van gegevens van één jaar terwijl de bedrijfsvoering in het verleden ook van invloed zal zijn op de huidige mineralenconcentraties;
- het effect van factoren, die slechts op een deel van de oppervlakte betrekking hebben (bijvoorbeeld stikstofgift op maïs) kunnen voor het deel van de oppervlakte waarop ze betrekking hebben grote gevolgen hebben, terwijl de gevolgen op het gemiddelde bedrijfsmineralenconcentratie minder duidelijk zijn.

5.1 Veehouderij

Uit § 3.1 bleek dat de diverse veehouderijcategorieën elkaar overlappen voor wat betreft de hoogte van diverse kengetallen. Als gevolg van deze overlap is het mogelijk de veehouderijcategorieën samen te voegen en de regressie-analyse uit te voeren op basis van gegevens van alle veehouderijbedrijven ineens. In een eerste subparagraaf worden de variabelen beschreven, die mogelijk van invloed zijn op de hoogte van de mineralenconcentraties in het grondwater. Tevens wordt aangegeven welk effect wordt verwacht. In een tweede subparagraaf worden de resultaten van de regressie-analyse weergegeven.

5.1.1 Theorie rond de mogelijk verklarende variabelen

Van de variabelen die in de regressie-analyse worden meegenomen als mogelijke verklarende variabelen, wordt aangenomen dat ze bepalend zijn voor de concentratie van mineralen in het bovenste grondwater. Ze worden hieronder genoemd, met enige toelichting omtrent de samenstelling van iedere variabele en de keuze voor opname.

- De **huidige belasting** van het milieu met mineralen, uitgedrukt in het mineralenoverschot per ha cultuurgrond. Het mineralenoverschot is berekend als de aanvoer van de elementen N, P en K minus de afvoer. De grootste aanvoerposten bestaan uit kunstmest, veevoer en

organische mest. De grootste afvoerposten zijn melk, vee en organische mest. De op het bedrijf geproduceerde en aangewende mest maakt deel uit van een interne mineralenstroom en is dus geen aanvoerpost. Het overschot verdwijnt op één of andere manier in het milieu en geeft daardoor de belasting van het milieu met mineralen weer. De verwachting is dan ook dat hoge stikstof-, fosfaat- en kalium-overschotten samengaan met achtereenvolgens hoge nitraat-, fosfaat- en kaliumconcentraties in het bovenste grondwater. *Figuur 3.2* geeft inzicht in de hoogte en de spreiding van de mineralen-overschotten.

- De **belasting** van het milieu met mineralen *in het recente verleden*. Omdat dit rapport het tweede jaar van het meetnet beschrijft, zijn tevens de mineralenoverschotten uit het vorige boekjaar (1991/92) beschikbaar. Omdat er een hoge correlatie bestaat met de overschotten in het boekjaar 1992/93 is per element een variabele geconstrueerd, die het verschil tussen beide jaren aangeeft, berekend als het overschot in 1992/93 minus het overschot in 1991. De verwachting is nu dat een hoger overschot in het voorgaande boekjaar leidt tot relatief (t.o.v. het huidige overschot) hoge mineralenconcentraties in het bodemwater. *Figuur 3.1* geeft een overzicht van de hoogte en de spreiding van het verschil in overschotten tussen beide boekjaren.
- De **belasting** van het milieu met mineralen *in het verdere verleden*. Naarmate de grond in het verleden zwaarder bemest is, zal deze meer mineralen bevatten, kortom de bemestingstoestand is hoger. De kans dat mineralen uitspoelen is groter, naarmate de bemestingstoestand hoger is. Van de deelnemende bedrijven zijn de fosfaat- en kaliumtoestand bekend, zoals die zijn bemonsterd door het BLGG (bedrijfslaboratorium voor grond en gewas onderzoek). Per element (P en K) is per bedrijf bekend, hoe groot het aandeel van de grond is, dat zich in de klassen zeer laag, laag, voldoende, ruim voldoende en hoog bevindt. Vervolgens zijn voor zowel de fosfaat- als de kaliumtoestand één variabele berekend, corresponderend met respectievelijk het P-Al-getal en het K-getal. Deze variabelen zijn berekend als het aandeel grond in een bepaalde klasse, maal het gemiddelde P-Al- en het K-getal in deze klasse.
- De **grondsoort**. Het meetnet betreft in principe allemaal bedrijven met zandgrond. Op enkele bedrijven bestaat de grond uit een combinatie met dalgrond. Uit het rapport dat de bemonstering in 1992 beschrijft (Van Swinderen et al., 1994), blijkt dat de grondsoort mede bepalend is voor de hoogte van de nitraatconcentratie. Op puur zandgrond was de nitraatconcentratie significant hoger dan op dalgrond. De verklaring kan gezocht worden in het feit dat naarmate een grond meer organische stof bevat (dalgrond), het bodemleven actiever is en er eerder anaërobie optreedt, waardoor meer denitrificatie plaatsvindt. De variabele grondsoort is als volgt gecodeerd: 1 = zand, 0 = combinatie met dalgrond.
- De **grondwaterstand**. Bij het opzetten van het meetnet zijn de bedrijven gekozen met een diepe grondwaterstand. Binnen deze bedrijven is er dan nog wel een variatie in grondwatertrap. Een diepe grondwaterstand bleek bij de vorige bemonstering (1992) samen te gaan met een hoge nitraatconcentratie. Waarschijnlijk is de verklaring hiervoor gelegen in het feit dat op grotere diepten minder denitrificatie plaatsvindt, omdat op grotere diepte minder organische stof aanwezig is en dus minder snel anaërobie zal optreden. Van de bedrijven is bekend: het aandeel natte, vochtige, droge, en zeer droge grond. Deze variabelen geven de fractie van de oppervlakte weer met een GT van achtereenvolgens I + II, III + IV, V + VI en VII. Indien op een bedrijf drainage aanwezig is (zie variabele drainage), dan is het aandeel vochtige grond verhoogd met het aandeel

natte grond. Het aandeel natte grond is dan gelijk aan nul gesteld. De som van de vier variabelen nat, vochtig, droog en zeer droog is dus altijd één.

- De **drainage**. Indien grond gedraineerd is, kan water met mineralen worden afgevoerd naar het oppervlaktewater. Er bestaan twee theorieën omtrent het effect van drainage op de mineralenconcentraties. De eerste luidt: grond die van nature een grondwatertrap I of II heeft zal met drainage een grondwaterstand vergelijkbaar met grondwatertrap V of VI krijgen. De verwachting is dan dat met name de nitraatconcentratie zal stijgen, omdat het grondwater zich op een grotere diepte bevindt en de denitrificatie afneemt (zie variabele grondwaterstand). De tweede theorie luidt: als gevolg van drainage daalt de grondwaterstand. Indien het betreffende perceel zich in de buurt van een gebied met een hogere grondwaterstand, of nabij een groot oppervlaktewater bevindt, dan kan kwel optreden. Indien dit kwelwater een lagere concentratie aan mineralen heeft, dan kan een verdunning van het grondwater optreden en zal de concentratie dalen.
De mate van drainage is ingeschat met behulp van de vervangingswaarde per ha van de drainage. Deze variabele maakt het mogelijk, de mate van drainage te vergelijken, ongeacht de ouderdom. De variabele is hoog indien een groot deel van de grond gedraineerd is en/of wanneer de drainafstand klein is. Omdat er weinig variatie in grondsoort is (zand of een combinatie met dalgrond), valt te verwachten, dat ook de drainafstand weinig varieert. Dit betekent dat het aandeel gedraineerde grond groot is, indien de vervangingswaarde van drainage per ha hoog is. De variabele varieert van nul tot ruim f 1000,- per ha, indien alle grond gedraineerd is (zie *Figuur 3.2*).
- Het **aandeel maïsland**. Uit de eerste rapportage van de bemonstering in 1992 blijkt dat de nitraat- en kaliumconcentraties onder maïsland hoger waren dan onder grasland. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt doordat de grond gedurende een kortere periode bebouwd is, in vergelijking met grasland. Gedurende de periode dat er geen gewas geteeld wordt, worden er geen mineralen aan de bodem onttrokken. Het aandeel maïsland van de totale voederoppervlakte kan dus een belangrijke verklarende variabele zijn voor de mineralenconcentraties in het grondwater op bedrijfsniveau (mengmonsters). De variabele varieert van nul tot ruim 50% (zie *Figuur 3.2*).
- De **relatieve mestopslag**. Deze variabele geeft de grootte van de mestopslag weer, als percentage van de forfaitaire mestproduktie. Naarmate een groter deel van de geproduceerde drijfmest kan worden opgeslagen, kan meer mest in het groeiseizoen worden aangewend. Hierdoor zal minder mest worden aangewend in perioden, dat de mineralen niet door het gewas benut kunnen worden. De verwachting is dan ook dat naarmate de relatieve mestopslag hoger is, de mineralenconcentraties in het grondwater lager zullen zijn. De variabele varieert van minder dan 10% tot meer dan 50% (zie *Figuur 3.2*).
- Het **percentage emissie-arme mestaanwending**. Deze variabele geeft aan, hoeveel procent van de mest emissie-arm (via mestinjectie of zodebemesting) is aangewend. Als gevolg van het emissie-arm aanwenden van mest neemt de NH₃-emissie. Bij emissie-arme aanwending zal een groter deel van het stikstofoverschot in een andere vorm, waaronder nitraat, in het milieu verdwijnen. De verwachting is dan ook, dat indien een groter deel van de mest emissie-arm wordt aangewend, een groter deel van het stikstofoverschot als nitraat in het milieu terecht komt. De variabele varieert van nul tot ruim 50% (zie *Figuur 3.2*).

- Het **percentage stikstofbemesting met organische mest**. Deze variabele geeft aan welk deel van de stikstofbemesting via organische mest is aangewend. Naarmate dit deel groter is zal het stikstofoverschot hoger zijn, omdat de stikstof in organische mest niet voor 100% werkzaam is. Daarnaast zal een groter deel van het stikstofoverschot als NH_3 in het milieu verdwijnen. De verwachting is dan ook dat, gegeven een bepaald stikstofoverschot, de nitraatconcentratie relatief laag zal zijn, indien een groot deel van de stikstofbemesting uit organische mest afkomstig is.
- Het **percentage beregende grond**. Uit de eerste analyse van de bemonstering in 1992 (Van Swinderen et al, 1994) bleek dat de nitraatconcentraties in het bodemwater op bedrijven die beregening toepassen lager zijn, dan op bedrijven die geen beregening toepassen. Het verschil was echter niet significant en in het rapport is geen verklaring gegeven voor het verschil. Het positieve effect van beregening kan een gevolg zijn van een snellere groei van het gewas, waardoor de onttrekking van mineralen aan de bodem groter is. Ook zouden de nattere bodemomstandigheden kunnen leiden tot een toename van de denitrificatie. Ongeveer de helft van de bedrijven past geen beregening toe. Op de bedrijven die wel beregening toepassen kan het aandeel beregende oppervlakte oplopen tot ruim 80% (zie *Figuur 3.2*).
- Het **beweidingsstelsel**. Deze variabele is als volgt gecodeerd: 1=onbeperkt, 2=beperkt, 3=zomerstalvoeren. Tussenvallende waarden zijn ook mogelijk indien halverwege het seizoen een overstap wordt gemaakt van het ene naar het andere stelsel. Naarmate de variabele lager is en de koeien dus onbeperkt in de wei lopen, valt meer mest en urine direct in de wei. Vooral urineplekken kunnen leiden tot een verhoogde pleksgewijze uitspoeling van nitraat. De verwachting is dan ook, dat naarmate meer wordt beweid, een groter deel van het stikstofoverschot als nitraat naar het grondwater uitspoelt.

5.1.2 Resultaten veehouderij

Er is regressie-analyse uitgevoerd op basis van alle veehouderijbedrijven die in 1993 bemonsterd zijn en in het boekjaar 1992/93 in het LEI-bedrijven informatienet geregistreerd zijn. Er is gebruik gemaakt van de subroutine RSELECT in Genstat, die regressie-analyse uitvoert met alle mogelijke combinaties (all possible subsets) van mogelijke verklarende variabelen uit § 5.1.1. De regressievergelijking met de hoogste voor vrijheidsgraden gecorrigeerde R^2 , de R^2_{adj} , is als beste gekozen. Wel is als eis gesteld, dat de bijdrage (de coëfficiënt) van iedere opgenomen variabele significant van nul moet verschillen ($P < 0,05$). Bij het aantal vrijheidsgraden van ruim 70, betekent dit dat de bijbehorende t-waarde kleiner dan -2 of groter dan 2 moeten zijn.

Voor de mineralen ortho- en totaal fosfaat is het onmogelijk gebleken een regressievergelijking met significante coëfficiënten te construeren. Dit is overeenkomstig de verwachting, omdat ten eerste de fosfaatconcentratie in het ondiepe grondwater in sterke mate wordt bepaald door een factor als fosfaatbindendvermogen van de bodem, welke niet in het model is opgenomen. Ten tweede wijken de gemeten fosfaatconcentraties nauwelijks af van de natuurlijke achtergrondconcentraties (zie hoofdstuk 4). Deze mineralen worden daarom niet verder behandeld.

Voor nitraat en kalium bleek het wel mogelijk vergelijkingen met significante coëfficiënten te vormen. De twee mineralen worden in twee afzonderlijke paragrafen behandeld.

Nitraat

Uit alle mogelijke vergelijkingen, met als verklarende variabelen combinaties van de variabelen genoemd in § 5.1.1 is regressievergelijking 5.1 gekozen als best verklarende vergelijking voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater:

vgl.5.1 $\text{nitraat} = 128,7 + 0,1458 \cdot N\text{-overschot} - 192,0 \cdot \text{nat} - 80,4 \cdot \text{vochtig} + 1,353 \cdot \% \text{maïs}$

Waarin:

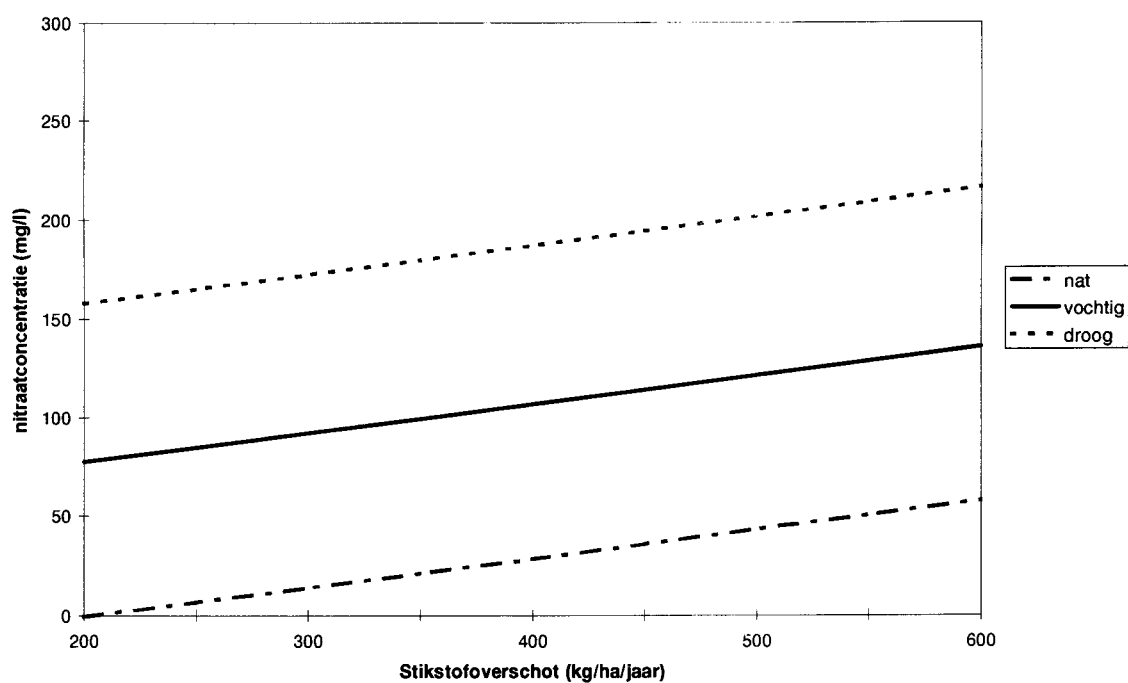
- nitraat* = bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater (mg.l⁻¹);
N-overschot = stikstofoverschot in kg per ha cultuurgrond
nat = aandeel cultuurgrond met grondwatertrap I en II (0-1)
vochtig = aandeel cultuurgrond met grondwatertrap III en IV (0-1)
%maïs = percentage maïsland van de totale voederoppervlakte (0-100)

De bijbehorende R^2_{adj} bedraagt 31,4%. Dit wil zeggen dat ruim 30% van de variantie verklaart wordt door de *vergelijking 5.1*. Toevoeging van extra verklarende variabelen uit § 5.1.1 of toevoeging van interacties leidt in sommige gevallen tot een lichte stijging van de R^2_{adj} . De coëfficiënten van de extra verklarende variabelen zijn echter in alle gevallen niet significant ($P < 0,05$) verschillend van nul.

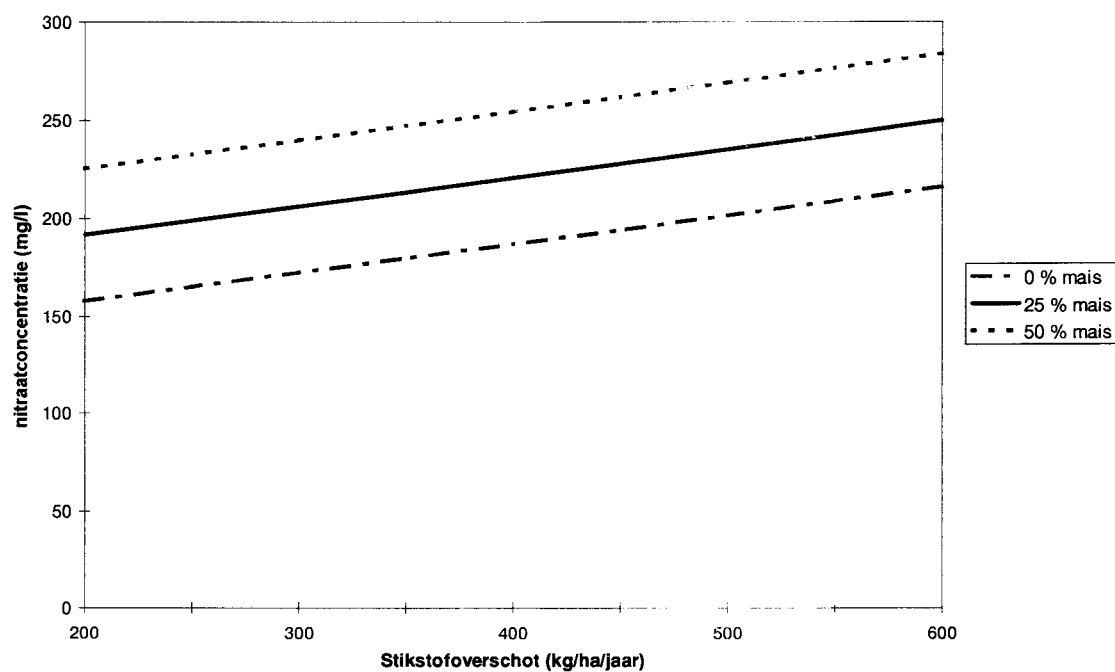
Figuur 5.1 en *5.2* geven het effect van de hoogte van het stikstofoverschot op de nitraatconcentratie in het grondwater weer, zoals dit volgt uit bovenstaande vergelijking. Het weergegeven bereik van het stikstofoverschot is 200 tot 600 kg er ha. Dit komt overeen met het bereik van het waargenomen stikstofoverschot op de veehouderijbedrijven (zie *figuur 3.2*). Buiten dit bereik kan men met het model geen verantwoorde uitspraken doen. Het stikstofoverschot heeft volgens de vergelijking per 100 kg toe- of afname een verhoging/verlaging van circa 15 mg nitraat per liter tot gevolg.

In *Figuur 5.1* is het effect van het stikstofoverschot op de nitraatconcentratie weergegeven bij drie niveaus van het bedrijfsgemiddelde grondwaterstandsverloop op een bedrijf met 100% grasland. Voor de situatie nat hebben de variabelen 'nat' en 'vochtig' respectievelijk de waarden 0,7 en 0,3 gekregen, aangezien dit in het meetnet de meest maximaal voorkomende 'natte toestand' was. Voor de situatie vochtig kregen de variabelen 'nat' en 'vochtig' respectievelijk de waarden 0 en 1. Voor de situatie droog en zeer droog zijn beide variabelen op nul gezet. Uit de *figuur* blijkt duidelijk dat het grondwaterstandsverloop (Gt) in sterke mate de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in het zandgebied beïnvloed. Dit komt overeen met eerdere bevindingen (Van Swinderen et al., 1994; Boumans, 1989).

Figuur 5.2 geeft het effect weer van het stikstofoverschot op de nitraatconcentratie bij drie verschillende percentages maïsland: 0 (minimum), 25 (gemiddeld) en 50% (maximum) van het areaal (zie *figuur 3.2*). Het effect is weergegeven voor de situatie droog+zeer droog. De onderste lijn komt dus overeen met de bovenste in *Figuur 5.1*. Evenals het grondwaterstandsverloop heeft het aandeel maïs ook een grote invloed op de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater.



Figuur 5.1 De nitraatconcentratie (mg.l^{-1}) in het grondwater bij een variërend N-overschot (kg.ha^{-1}), 3 grondwaterstanden en 100% grasland volgens de regressievergelijking 5.1.



Figuur 5.2 De nitraatconcentratie (mg.l^{-1}) in het grondwater bij een variërend N-overschot (kg.ha^{-1}), 3 percentages maïsland en droge grond volgens de regressievergelijking 5.1.

Alle niet in de *vergelijking 5.1* opgenomen variabelen, die wel in § 5.1.1 genoemd zijn, leverden geen significante bijdrage aan de verklaring van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. Met uitzondering van het percentage N uit organische mest van de totale stikstofbemesting en het beweidingssysteem, kwam de richting van alle niet-significante coëfficiënten wel overeen met de theoretisch verwachte.

Om na te gaan hoe stabiel de uiteindelijk gekozen regressievergelijking is, en in hoeverre de coëfficiënten jaarsafhankelijk zijn, is dezelfde vergelijking geschat op basis van de meetgegevens uit 1992 en de bedrijfskengetallen uit het boekjaar 1991/92. Deze ziet er als volgt uit:

vgl.5.2 $\text{nitraat} = 128,1 + 0,1445 \cdot \text{N-overschot} - 197,6 \cdot \text{nat} - 69,8 \cdot \text{vochtig} + 1,815 \cdot \% \text{maïs}$

De bijbehorende R^2_{adj} is aanmerkelijk lager dan die van de *vergelijking 5.1* op basis van de meetresultaten uit 1993 (boekjaar 1992/93) en bedraagt 24,2%. Met uitzondering van de coëfficiënt behorend bij het percentage maïsland verschillen de coëfficiënten van beide vergelijkingen nauwelijks.

Kalium

Met behulp van regressie-analyse is ook voor de kaliumconcentratie in het grondwater gezocht naar de vergelijking met de hoogste R^2_{adj} en significante coëfficiënten ($P < 0,05$). Wederom zijn alle mogelijke combinaties van verklarende variabelen onderzocht. De "beste" vergelijking ziet er als volgt uit:

vgl 5.3 $\text{kalium} = 18,06 + 0,0428 \cdot \text{K-overschot} - 0,00767 \cdot \text{drainage} + 0,213 \cdot \% \text{maïs}$

waarin:

<i>kalium</i>	bedrijfsgemiddelde kaliumconcentratie in het bovenste grondwater (mg.l ⁻¹);
<i>K-overschot</i>	kaliumoverschot in kg per ha cultuurgrond
<i>drainage</i>	vervangingswaarde van de drainage, variërend van f 0,- per ha bij geen drainage tot ongeveer f 1000,- per ha bij volledige drainage
<i>%maïs</i>	percentage maïsland van de totale voederoppervlakte (0-100)

De bijbehorende R^2_{adj} bedraagt 18,3%. Toevoeging van extra verklarende variabelen uit § 5.1.1 leidt in een enkel geval tot een lichte stijging van de R^2_{adj} . De coëfficiënten van de extra verklarende variabelen zijn echter in alle gevallen niet significant ($P < 0,05$) verschillend van nul.

Figuur 5.3 en *5.4* geven het effect van de hoogte van het kaliumoverschot op de kaliumconcentratie in het grondwater weer. Het weergegeven bereik van het kaliumoverschot is 0 tot 250 kg.ha⁻¹. Dit komt overeen met het bereik van het waargenomen overschot op de veehouderijbedrijven in het meetnet (zie *Figuur 3.2*). Buiten dit bereik kan met het model geen verantwoorde uitspraken doen over het verloop van de kaliumconcentratie in het bovenste

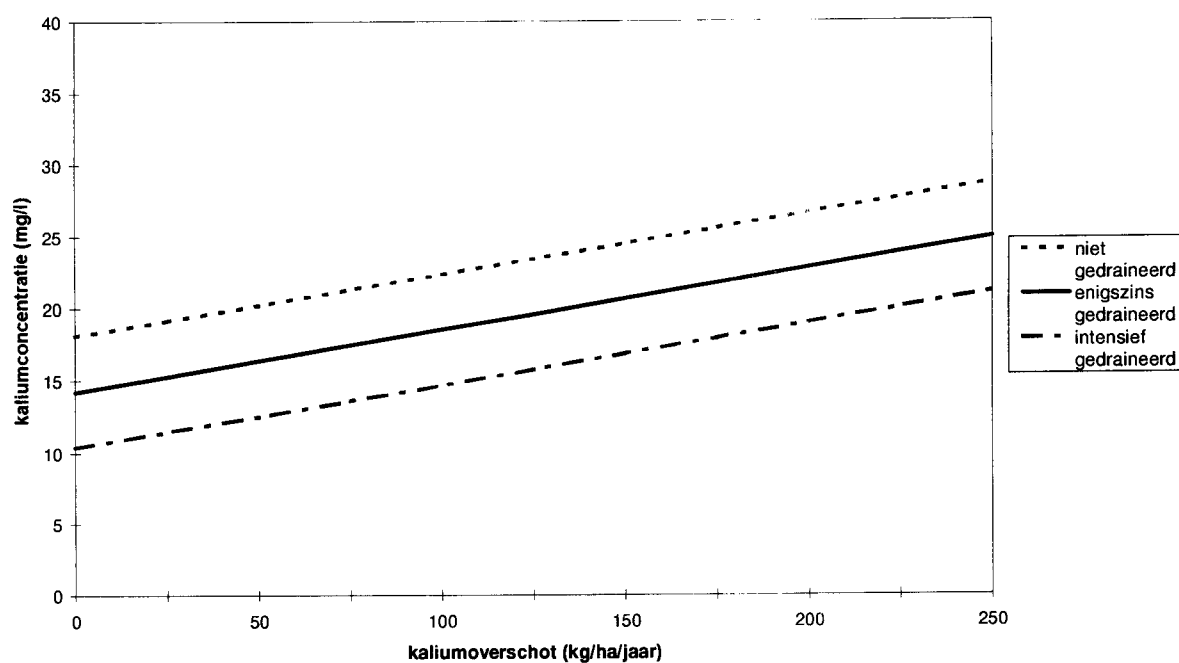
grondwater. Bij een toe- of afname van het kaliumoverschot met $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ stijgt of daalt, volgens *vergelijking 5.3*, de kaliumconcentratie in het bovenste grondwater met ruim $4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. *Figuur 5.3* toont het effect van het kaliumoverschot op de kaliumconcentratie in het bovenste grondwater bij drie niveaus voor drainage. De mate van drainage wordt uitgedrukt in de vervangingswaarde van de drainage per ha. De niveaus zijn achtereenvolgens f 0,-, f 500,- en f 1000,-. Zowel het hoogste als het laagste niveau zijn waarden die in de praktijk gevonden worden (zie *Figuur 3.2*). Uit de figuur blijkt dat het effect van drainage aanzienlijk is. Een toename van het aandeel gedraineerde grond van nul (f 0,-/ha) naar 100% (ongeveer f 1000,-/ha) betekent volgens het model een afname van de kaliumconcentratie met ongeveer $7,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Dit effect komt overeen met het verwachte effect volgens de tweede theorie omtrent het effect van drainage op de mineralenconcentraties in het bovenste grondwater (zie § 5.1.1). Volgens deze theorie zou door het verlagen van de grondwaterstand kwelwater met een lagere mineralenconcentratie worden aangetrokken. Dit kwelwater verdunt het grondwater onder het bemonsterde perceel. Bij nitraat kon dit effect niet (significant) aangetoond worden.

In *Figuur 5.4* wordt het effect getoond van het kaliumoverschot op de kaliumconcentratie bij drie verschillende percentages maïsland: 0 (minimum), 25 (gemiddeld) en 50% (maximum) van het areaal (zie *Figuur 3.2*). Het effect is weergegeven voor een situatie zonder drainage (vervangingswaarde is f 0,-/ha). De onderste lijn komt dus overeen met de bovenste in *Figuur 5.3*. Evenals het aandeel gedraineerde grond heeft het aandeel maïs ook een grote invloed op de kaliumconcentratie in het bovenste grondwater. Een toename van geen naar 50% maïsland betekent volgens het model een stijging van de kaliumconcentratie met ruim $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Indien er een duidelijk correlatie zou bestaan tussen het aandeel gedraineerde grond en het aandeel natte grond (met grondwatertrap I of II), dan zou het effect dat nu toegeschreven wordt aan de drainage, deels veroorzaakt kunnen zijn door het grondwaterstandsverloop. De correlatie tussen het aandeel gedraineerde grond en het aandeel natte grond is evenwel klein (0,045). Alle niet in de vergelijking opgenomen variabelen, die wel in § 5.1.1 genoemd zijn, leverden geen significante bijdrage aan de verklaring van de kaliumconcentratie in het bovenste grondwater. De bijdragen waren zelfs zo zwak, dat hier niets vermeld wordt over de richting van de diverse coëfficiënten.

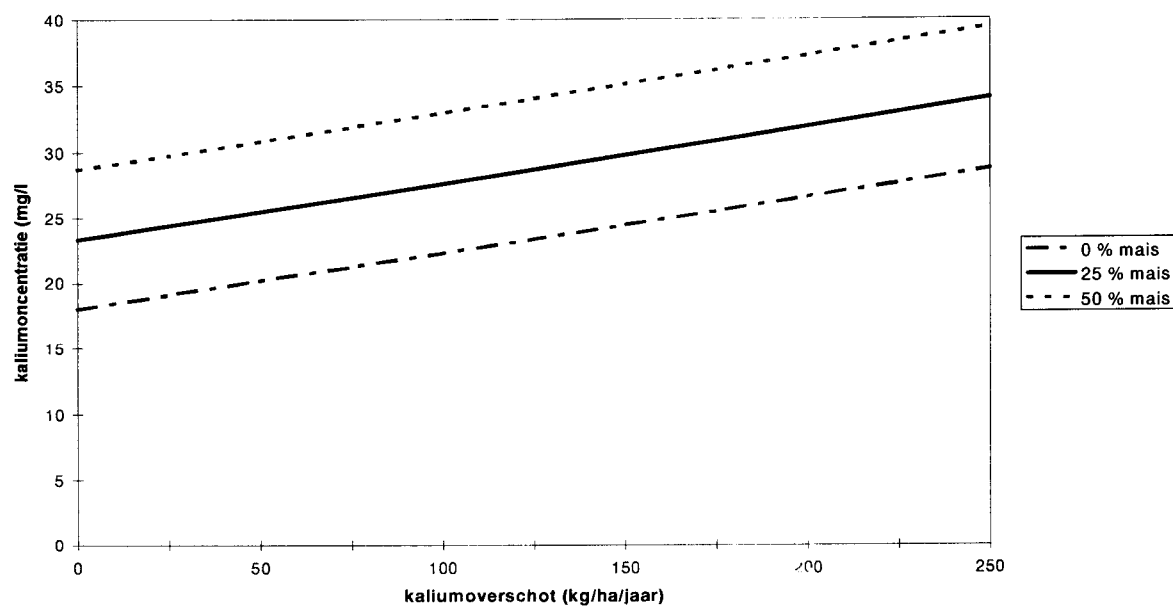
Om na te gaan hoe stabiel de uiteindelijk gekozen *vergelijking 5.3* is, en in hoeverre de coëfficiënten jaarsafhankelijk zijn, is dezelfde vergelijking geschat op basis van de meetgegevens uit 1992 en de bedrijfskengetallen uit het boekjaar 1991/'92. Deze ziet er als volgt uit:

vgl.5.4 $\text{kalium} = 14,54 + 0,0598 \cdot K\text{-overschot} - 0,00573 \cdot \text{drainage} + 0,210 \cdot \% \text{maïs}$

De bijbehorende R^2_{adj} is aanmerkelijk lager dan die van *vergelijking 5.3* op basis van de meetresultaten uit 1993 (boekjaar 1992/'93) en bedraagt 14,2%. De coëfficiënten in beide vergelijkingen zijn in grote lijnen hetzelfde. Het effect van het kaliumoverschot is iets groter en het effect van de drainage is iets kleiner. Opmerkelijk is de coëfficiënt behorend bij het percentage maïsland, die in beide jaren bijna hetzelfde is.



Figuur 5.3 De kaliumconcentratie (mg.l^{-1}) in het grondwater bij een variërend K-overschot (kg.ha^{-1}), 3 drainage-intensiteiten en 100% grasland volgens vergelijking 5.3. Niet gedraineerd betekent een vervangingswaarde drainage van 0 gulden per ha, enigszins gedraineerd 500 gulden per ha en intensief 1000 gulden per ha.



Figuur 5.4 De kaliumconcentratie (mg.l^{-1}) in het grondwater bij een variërend K-overschot (kg.ha^{-1}), 3 percentages maïsland (geen drainage) volgens vergelijking 5.3.

5.2 Akkerbouw

Zoals eerder al genoemd is, is het aantal akkerbouwbedrijven in het meetnet (18) te gering om met behulp van regressie-analyse het verband tussen mineralenconcentraties in het grondwater en de bedrijfssituatie en de bedrijfsvoering te achterhalen. Hierdoor is gekozen voor het toepassen van groepsindelingen. De 18 bedrijven worden hierbij steeds ingedeeld naar de hoogte van een bedrijfskengetal dat iets zegt over de bedrijfsvoering of de specifieke situatie waarin het bedrijf zich bevindt. Het nadeel van de methode is de samenhang tussen de diverse "verklarende" variabelen. Indien bijvoorbeeld verschillen in bouwplan samengaan met verschillen in bemesting, dan zijn na indeling op bouwplan eventuele verschillen in mineralenconcentraties niet zuiver toe te schrijven aan verschillen in bouwplan, maar ook aan verschillen in bemesting.

In een eerste subparagraaf worden de variabelen beschreven waarop de bedrijven in categorieën worden ingedeeld. Deze zijn mogelijk van invloed op de hoogte van de mineralenconcentraties in het grondwater. Tevens wordt aangegeven welk effect wordt verwacht. In een tweede subparagraaf worden de resultaten van de groepsindelingen weergegeven.

5.2.1 Theorie rond de mogelijk verklarende variabelen

De variabelen waarop de bedrijven worden ingedeeld in categorieën worden achtereenvolgens genoemd. Een aantal variabelen komt overeen met de variabelen die zijn beschreven bij de veehouderij in § 5.1.1.

- De **huidige belasting** van het milieu met mineralen, uitgedrukt in het mineralenoverschot per ha cultuurgrond. Het mineralenoverschot is berekend als de aanvoer van de elementen N, P en K minus de afvoer. De grootste aanvoerposten in de akkerbouw zijn kunstmest en organische mest. De grootste afvoerpost is de verkoop van gewassen. Het overschot verdwijnt op één of andere manier in het milieu en geeft daardoor de belasting van het milieu met mineralen weer. De verwachting is dan ook dat hoge stikstof-, fosfaat- en kaliumoverschotten samengaan met achtereenvolgens hoge nitraat-, fosfaat- en kaliumconcentraties in het bovenste grondwater. *Figuur 3.3* geeft inzicht in de hoogte en de spreiding van de mineralenoverschotten op akkerbouwbedrijven.
- De **belasting** van het milieu met mineralen *in het recente verleden*. Omdat dit rapport het tweede jaar van het meetnet beschrijft, zijn tevens de mineralenoverschotten uit het vorige boekjaar (1991/'92) beschikbaar. Omdat er een hoge correlatie bestaat met de overschotten in het boekjaar 1992/'93 is per element een variabele geconstrueerd, die het verschil tussen beide jaren aangeeft, berekend als het overschot in 1992/'93 minus het overschot in 1991. De verwachting is nu dat een hoger overschot in het voorgaande boekjaar leidt tot relatief (t.o.v. het huidige overschot) hoge mineralenconcentraties in het bodemwater.
- De **belasting** van het milieu met mineralen *in het verdere verleden*. Naarmate de grond in het verleden zwaarder bemest is, zal deze meer mineralen bevatten, kortom de bemestingstoestand is hoger. De kans dat mineralen uitspoelen is groter, naarmate de

bemestingstoestand hoger is. Van de deelnemende bedrijven zijn de fosfaat- en kaliumtoestand bekend, zoals die zijn bemonsterd door het BLGG (bedrijfslaboratorium voor grond en gewas onderzoek). Per element (P en K) is per bedrijf bekend, hoe groot het aandeel van de grond is, dat zich in de klassen zeer laag, laag, voldoende, ruim voldoende en hoog bevindt. Vervolgens zijn voor zowel de fosfaat- als kaliumtoestand één variabele berekend, corresponderend met respectievelijk het P-Al-getal en het K-getal. Deze variabelen zijn berekend als het aandeel grond in een bepaalde klasse, maal het gemiddelde P-Al- en het K-getal in deze klasse.

- De **grondsoort**. Het meetnet betreft in principe allemaal bedrijven met zandgrond. Op enkele bedrijven bestaat de grond uit een combinatie met dalgrond. Uit het rapport dat de bemonstering in 1992 beschrijft (Van Swinderen et al., 1994), blijkt dat de grondsoort mede bepalend is voor de hoogte van de nitraatconcentratie. Op puur zandgrond was de nitraatconcentratie significant hoger dan op dalgrond. De verklaring kan gezocht worden in het feit dat naarmate een grond meer organische stof bevat (dalgrond), het bodemleven actiever is, waardoor meer denitrificatie plaatsvindt. De variabele grondsoort is als volgt gecodeerd: 1 = zand, 2 = combinatie met dalgrond, 3=dalgrond.
- De **grondwaterstand**. Bij het opzetten van het meetnet zijn de bedrijven gekozen met een diepe grondwaterstand. Binnen deze bedrijven is er dan nog wel een variatie in grondwatertrap. Een diepe grondwaterstand bleek bij de vorige bemonstering (1992) samen te gaan met een hoge nitraatconcentratie. Waarschijnlijk is de verklaring hiervoor gelegen in het feit dat op grotere diepten minder denitrificatie plaatsvindt, omdat op grotere diepte minder organische stof aanwezig is en dus minder snel anaërobie zal optreden. Van de bedrijven is bekend: het aandeel natte, vochtige, droge, en zeer droge grond. Deze variabelen geven de fractie van de oppervlakte weer met een GT van achtereenvolgens I + II, III + IV, V + VI en VII. Indien op een bedrijf drainage aanwezig is (zie variabele drainage), dan is het aandeel vochtige grond verhoogd met het aandeel natte grond. Het aandeel natte grond is dan gelijk aan nul gesteld. De som van de vier variabelen nat, vochtig, droog en zeer droog is dus altijd één.
- De **drainage**. Indien grond gedraineerd is, kan water met mineralen worden afgevoerd naar het oppervlaktewater. Er bestaan twee theorieën omtrent het effect van drainage op de mineralenconcentraties. De eerste luidt: grond die van nature een grondwatertrap I of II heeft zal met drainage een grondwaterstand vergelijkbaar met grondwatertrap III krijgen. De verwachting is dan dat met name de nitraatconcentratie zal stijgen, omdat het grondwater zich op een grotere diepte bevindt (zie variabele grondwaterstand). De tweede theorie luidt: als gevolg van drainage daalt de grondwaterstand. Indien het betreffende perceel zich in de buurt van een gebied met een hogere grondwaterstand, of nabij een groot oppervlaktewater bevindt, dan kan kwel optreden. Indien dit kwelwater een lagere concentratie aan mineralen heeft, dan kan een verdunning van het grondwater optreden en zal de concentratie dalen.

De mate van drainage is ingeschat met behulp van de vervangingswaarde per ha van de drainage. Deze variabele maakt het mogelijk, de mate van drainage te vergelijken, ongeacht de ouderdom. De variabele is hoog indien een groot deel van de grond gedraineerd is en/of wanneer de drainafstand klein is. Omdat er weinig variatie in grondsoort is (zand of een combinatie met dalgrond), valt te verwachten, dat ook de drainafstand weinig varieert. Dit betekent dat het aandeel gedraineerde grond groot is, indien de

vervangingswaarde van drainage per ha hoog is. De variabele varieert van nul tot ruim f 1000,- per ha, indien alle grond gedraineerd is;

- Het **percentage beregende grond**. Uit de eerste analyse van de bemonstering in 1992 (Van Swinderen et al, 1994) bleek dat de nitraatconcentraties in het bodemwater op bedrijven die beregening toepassen lager zijn, dan op bedrijven die geen beregening toepassen. Het verschil was echter niet significant en in het rapport is geen verklaring gegeven voor het verschil. Het positieve effect van beregening kan een gevolg zijn van een snellere groei van het gewas, waardoor de onttrekking van mineralen aan de bodem groter is. Ongeveer de helft van de bedrijven past geen beregening toe. Op de bedrijven die wel beregening toepassen kan het aandeel beregende oppervlakte oplopen tot ruim 60% (zie *Figuur 3.3*).
- Het **bouwplan**. Er zijn vier variabelen geconstrueerd die ieder voor een belangrijke gewascategorie aangeven welk deel van de oppervlakte is bebouwd met de betreffende categorie. De volgende categorieën worden onderscheiden: aardappelen, bieten, granen en overige gewassen. *Figuur 3.3* geeft een indruk van de hoogte en de spreiding van de vier variabelen.
- Het **gebruik van organische mest**. Organische mest wordt in de akkerbouw voornamelijk toegepast om het organische stofgehalte in de bodem op peil te houden. Tot voor kort werd deze meststof voornamelijk in de herfst toegediend. De uit de mest vrijkomende mineralen worden dan niet of nauwelijks benut, omdat er op dat moment geen gewas staat. De mineralen kunnen dan, mede door de overvloedige regenval in herfst en winter, gemakkelijk uitspoelen.
- Het **gebruik van groenbemester**. Groenbemesters worden net als organische mest gebruikt om het organische stofgehalte van de bodem te verhogen of op peil te houden. Groenbemesters worden na een hoofdgewas ingezaaid en kunnen zo eventuele vrije mineralen uit de bodem opnemen. De verwachting is dan ook dat het gebruik van groenbemester zal samengaan met lagere mineralenconcentraties in het bovenste grondwater.

5.2.2 Resultaten akkerbouw

De bedrijven zijn in groepen ingedeeld op basis van de hoogte van de in § 5.2.1 genoemde variabelen. Na indeling van de bedrijven in groepen kon geen enkel significant verschil in mineralenconcentraties in het bovenste grondwater tussen de groepen worden ontdekt. De bedrijven zijn zowel in twee categorieën van 9 bedrijven als in drie groepen van 6 bedrijven ingedeeld. Weliswaar zijn de verschillen tussen de (uiterste) groepen groter bij drie groepen dan bij twee, maar als gevolg van de kleine aantallen per categorie zijn deze verschillen niet signifikanter. Zoals in de aanvang van dit hoofdstuk reeds genoemd is, mag gezien de onderzoeksopzet niet verwacht worden dat er zeer duidelijke relaties tussen bedrijfsvoering en grondwaterkwaliteit gevonden zullen worden. Vooral het kleine aantal akkerbouwbedrijven en de correlatie tussen de diverse "verklarende" variabelen (bijvoorbeeld bouwplan en bemesting) zijn er de oorzaak van dat er geen significante relaties tussen bedrijfsvoering en mineralenconcentraties in het bovenste grondwater konden worden aangetoond.

6. Conclusies

Nutriënten

Het beeld dat geschetst is voor 1992, in de rapportage door Van Swinderen et al. (1994), is voor 1993 nauwelijks anders. De verschillen in zowel bedrijfskarakteristieken als macro-nutriëntconcentraties (N, P en K) in het ondiepe grondwater tussen 1992 en 1993 zijn klein.

Dit betekent dat de gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied zowel in 1992 als in 1993 drie tot vier keer zo hoog is als de grenswaarde van 50 mg.l⁻¹. De gemiddelde ammonium en totaal-fosfaatconcentratie blijven ruim beneden de streefwaarde van respectievelijk 2,0 mg.l⁻¹ (als N) en 0,40 mg.l⁻¹ (als P). De gemiddelde kaliumconcentratie is anderhalf tot twee keer zo hoog als de drinkwaternorm van 12 mg.l⁻¹ (er is geen grondwaternorm voor kalium, de drinkwaternorm wordt hier slechts ter indicatie gebruikt).

Op bedrijfsniveau zijn er wel verschillen in de grondwaterkwaliteit tussen de jaren. De macro-nutriëntconcentraties zijn op 20% van de bedrijven (voor kalium) tot meer dan 40% van de bedrijven (voor stikstof en fosfaat) sterk verschillend tussen 1992 en 1993, d.w.z. een afwijking van meer dan 25% in 1993 ten opzichte van 1992. De verschillen in de chlorideconcentratie op bedrijfsniveau blijven voor 95% van de bedrijven binnen de 25%-marge. Onduidelijk is wat de oorzaak is van deze verschillen. Dit zal nader worden onderzocht.

Circa 9% van de bedrijven heeft in 1993 een gemiddelde ammoniumconcentratie boven de streefwaarde van 2,0 mg.l⁻¹ NH₄-N. Er is geen significant verschil tussen de verschillende categorieën van bedrijven.

De totaal-fosfaatconcentratie wordt vooral bepaald door de historische belasting, de bindingscapaciteit van de bodem en de grondwaterstand op moment van bemonsteren.

De toename van de totaal-fosfaatconcentratie in 1993 t.o.v. 1992 op de akkerbouwbedrijven is niet toe te schrijven aan een verhoogde grondwaterstand in 1993, omdat de grondwaterstanden ten tijde van de bemonstering tussen deze jaren nauwelijks verschillen.

De grondwaterkwaliteit is duidelijk gerelateerd aan het bodemgebruik. De nitraat- en kaliumconcentraties nemen toe in de volgorde bouwland < grasland < maïs. De fosfaatconcentratie neemt in deze volgorde af; bouwland ≈ grasland > maïs. De onderliggende verklaring voor de gevonden verschillen in de nitraat- en kaliumconcentraties in het bovenste grondwater tussen de bodemgebruikstypen is dat het stikstof- en kaliumoverschot toenemen in de volgorde bouwland < grasland < maïs. Een aanvullende verklaring voor de verschillen in de nitraatconcentraties is dat de grondwaterstand onder maïs duidelijk lager is dan onder gras- en bouwland. De lagere grondwaterstand onder maïs verklaart ook de lagere fosfaatconcentratie.

Zware metalen

Overschrijding van de streefwaarden voor de metalen cadmium, koper en zink is op een groot aantal bedrijven waargenomen. Voor cadmium is op circa 50%, voor koper op circa 20% en voor zink op circa 65% van de bedrijven de bedrijfsgemiddelde concentratie in het bovenste grondwater hoger dan de streefwaarde. Alle bedrijfsgemiddelde metaalconcentraties blijven beneden de interventiewaarden.

De cadmium- en zinkconcentraties onder maïs zijn over het algemeen hoger dan onder grasland, en die onder grasland weer hoger dan onder bouwland. Voor koper zijn geen significante verschillen gevonden tussen de bodemgebruikstypen. De cadmium- en zinkconcentratie zijn in het zuidelijke zandgebied hoger dan in het midden en noordelijk deel van het zandgebied. Deze hogere cadmium- en zinkconcentraties kunnen worden verklaard door de historisch grotere atmosferische depositie van deze metalen in het zuiden. Deels kan ook het van nature lagere organische-stofgehalte in de bodem in het zuiden een verklaring zijn. De koperconcentraties in het noordelijk deel zijn hoger dan in het midden deel van het zandgebied. Deze hogere koperconcentraties kunnen worden verklaard door de van nature hoger concentratie aan opgeloste organische stof (DOC) in het noorden.

Bedrijfskarakteristieken en grondwaterkwaliteit

Er konden geen significante relaties worden aangetoond tussen bedrijfskarakteristieken en grondwaterkwaliteit op de akkerbouwbedrijven. Het geringe aantal bedrijven is hieraan mede debet

Voor de veehouderijbedrijven blijkt dat een toename van het mineralenoverschot en een toename van het aandeel maïs op het bedrijf voor zowel nitraat als voor kalium leidt tot een toename van de concentratie in het ondiepe grondwater. Voor de nitraatconcentratie geldt verder dat een toename van het aandeel droge gronden op het bedrijf leidt tot een verhoging van de nitraatconcentratie. De kaliumconcentratie blijkt af te nemen met een toename van de investering in drainage op het bedrijf.

De sterke toename van het stikstofoverschot in het boekjaar mei 1992 - mei 1993 op de intensieve combinatiebedrijven is niet terug te vinden in de nitraatconcentratie van het bovenste grondwater in het voorjaar van 1993.

Literatuur

- Baggelaar, P.K. (1992)** Naar een meetsysteem waterkwaliteit bij grondwaterwinning. KIWA mededeling nr 117.
- Boumans, L.J.M. (1990).** Variatie in ruimte en tijd van de nitraatconcentratie in het verzadigde grondwater van 10 graslandbedrijven. RIVM rapport nr. 724903002.
- Boumans, L.J.M. en G. van Drecht (1995).** Nitraat in het bovenste grondwater bij landbouwgewassen, bos en heidevelden in de zandgebieden van Nederland. Bilthoven: RIVM rapport nr. 714901004.
- Boumans, L.J.M. en D. Fraters (1993).** Cadmium, chroom, lood, zink en arseen in het freatische grondwater van de zandgebieden van Nederland, onder bos en heidevelden. RIVM rapport nr. 712300001.
- Boumans, L.J.M., C.R. Meinardi en G.J.W. Krajenbrink (1989).** Nitraatgehalten en kwaliteit van het grondwater onder grasland in de zandgebieden. RIVM rapport nr. 728472013.
- Dijk, J. (1989).** De steekproef gewogen; een evaluatie van het LEI-boekhoudnet van landbouwbedrijven. Onderzoeksverslag 53, LEI-DLO, Den Haag.
- Dijk, J.P.M. van, G. Brals en A.L.J. van Vliet (1994).** Bedrijfsuitkomsten in de landbouw (BUL) Boekjaren 1989/'90 t/m 1992/'93. Den Haag, LEI-DLO Periodieke Rapportage 11-92/93.
- Fraters, D. (1991).** Verontreiniging door zware metalen. In: Nationale Milieuverkenning 2, 1990-2010. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Alphen aan de Rijn: Samsom H.D. Tjeenk Willink bv.
- Geul, W.L. (1986).** Reflektometer Nitrachek. Gebruikershandleiding. Giesbeek: Eijkelkamp.
- Koole, B. (1993).** Berekening en toepassing van Nederlandse grootte-eenheden en standaardbedrijfseenheden (nge 1990 en sbe 1991). Den Haag, LEI-DLO Periodieke Rapportage 63-90.
- LEI/CBS (1991).** Landbouwcijfers 1991. Den Haag / Voorburg, LEI-DLO / CBS
- LVN (1991)** Evaluatienota Mestbeleid eerste fase. Tweede Kamer, 1989-1990, 21502.
- Meinardi, C.R. en G.A.P.H. van den Eertwegh (1995).** Onderzoek aan drainwater in de kleigebieden van Nederland. Deel I: Resultaten van het veldonderzoek. RVM rapport nr. 714901007.
- MINITAB (1991).** Minitab Reference Manual, Release 8 (PC Version). State College, USA, Minitab Inc.
- Poppe, K.J. (1993).** Het LEI-boekhoudnet van A tot Z. Den Haag, LEI-DLO publicatie 3.154.
- RIVM (1995).** Milieubalans 95. Het Nederlandse milieu verklaard. Alphen a.d. Rijn: Samsom H.D. Tjeenk Willink bv.

- Snedecor, G.W. and W.G. Cochran (1989).** Statistical methods. Eighth edition. Iowa State University Press . Ames.
- Swinderen, E.C. van, W.J. Willems, C.H.G. Daatselaar, T. de Haan, D.W. de Hoop (1994).** Meetprogramma Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven - resultaten eerste bemonstering 1992. Bilthoven: RIVM rapport nummer 714901002.
- TCB (1990).** Advies in verband met de uitvoering van het protocol fosfaatverzadigde gronden in het Besluit gebruik dierlijke meststoffen; maart, 1990
- VROM (1992).** Notitie Milieukwaliteitsdoelstellingen Bodem en Water (MILBOWA), beleidsstandpunt. Tweede Kamer 1991-1992, 21990, nr 4-5
- VROM (1993).** Nationaal Milieubeleidsplan 2 ,Tweede Kamer, 1993-1994, 23560, nrs.1-2.
- Willems, W.J. en B. Fraters (1995).** Naar afgestemde kwaliteitsdoelstellingen voor nutriënten in grondwater en oppervlaktewater. Discussienotitie. Bilthoven: RIVM rapport nummer 714901003.
- WUM (1994).** Werkgroep Uniformering Berekening Mest- en Mineralencijfers (Redactie M.M. van Eerdt). Uniformering Berekening Mest- en Mineralencijfers - Standaardcijfers rundvee, schapen en geiten, 1990 t/m 1992.

Bijlage I: gebruik van weegfactoren

Bij elk bedrijf is per jaar een weegfactor berekend (Van Swinderen et al., 1994). In de berekening van het gewogen gemiddelde is naast de weegfactor het oppervlak van het bedrijf als tweede weegfactor in de berekening ingevoerd. Op deze wijze wordt een gemiddelde berekend voor het oppervlak van de door de steekproef gerepresenteerde bedrijven.

Per stof is de gewogen gemiddelde concentratie voor de categorie of de gehele groep als volgt berekend

$$\overline{C}_{gg} = \frac{\sum_{j=1}^n (\text{oppervlakte}_j * \text{weegfactor}_j * \text{concentratie}_j)}{\sum_{j=1}^n (\text{oppervlakte}_j * \text{weegfactor}_j)}$$

Waarbij n het totaal aantal beschouwde bedrijven is. Het bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsinterval is berekend met:

$$BHI_{0,95} = \overline{C}_{gg} \pm t_{0,05}^{n-1} * \frac{\overline{s}_{gg}}{\sqrt{n}}$$

Waarbij $t_{0,05}$ is Student's t bij $n-1$ vrijheidsgraden (Snedecor and Cochran, 1989), n is weer het totaal aantal beschouwde bedrijven en s_{gg} is de gewogen standaardafwijking berekend met:

$$\overline{s}_{gg} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\text{oppervlakte}_j * \text{weegfactor}_j * (\text{concentratie}_j - \overline{C}_{gg})^2)}{\sum_{j=1}^n (\text{oppervlakte}_j * \text{weegfactor}_j) * (n - 1)}}$$

Bijlage II: Resultaten t-toets op verschillen 1992 en 1993

Resultaten van de gepaarde t-toets op verschillen tussen 1992 en 1993 per categorie

1. akkerbouw 2. melkbeehouderij laag 3. melkveehouderij hoog 4. combinatie laag

5. combinatie hoo

NITRAAT

TEST OF MU = 0.000 VS MU N.E. 0.000

	N	MEAN	STDEV	SE MEAN	T	P VALUE
1.	18	16.111	36.633	8.635	1.87	0.079
2.	17	7.941	37.272	9.040	0.88	0.39
3.	14	-23.000	62.999	16.837	-1.37	0.20
4.	20	-8.200	52.417	11.721	-0.70	0.49
5.	19	-20.105	48.443	11.114	-1.81	0.087

KALIUM

TEST OF MU = 0.000 VS MU N.E. 0.000

	N	MEAN	STDEV	SE MEAN	T	P VALUE
1.	18	-1.222	1.700	0.401	-3.05	0.0072
2.	17	3.471	4.502	1.092	3.18	0.0058
3.	14	-0.571	8.671	2.317	-0.25	0.81
4.	20	0.100	5.291	1.183	0.08	0.93
5.	19	-1.526	6.450	1.480	-1.03	0.32

ORTHO-FOSFAAT

TEST OF MU = 0.0000 VS MU N.E. 0.0000

	N	MEAN	STDEV	SE MEAN	T	P VALUE
1.	18	0.0195	0.0587	0.0138	1.41	0.18
2.	17	0.0196	0.0428	0.0104	1.89	0.077
3.	14	0.0012	0.0211	0.0056	0.21	0.84
4.	20	-0.0026	0.0185	0.0041	-0.63	0.54
5.	19	0.0357	0.1328	0.0305	1.17	0.26

TOTAAL-FOSFAAT

TEST OF MU = 0.0000 VS MU N.E. 0.0000

	N	MEAN	STDEV	SE MEAN	T	P VALUE
1.	18	0.0657	0.0727	0.0171	3.83	0.0013
2.	17	-0.0036	0.0638	0.0155	-0.24	0.82
3.	14	-0.0016	0.0540	0.0144	-0.11	0.91
4.	20	-0.0209	0.0652	0.0146	-1.43	0.17
5.	19	0.0512	0.1684	0.0386	1.32	0.20

CHLORIDE

TEST OF MU = 0.000 VS MU N.E. 0.000

	N	MEAN	STDEV	SE MEAN	T	P VALUE
1.	18	0.111	6.277	1.479	0.08	0.94
2.	17	-0.765	8.166	1.981	-0.39	0.70
3.	14	-8.714	8.416	2.249	-3.87	0.0019
4.	20	-4.500	7.222	1.615	-2.79	0.012
5.	19	-4.105	5.734	1.315	-3.12	0.0059

MTB > stop

*** Minitab Release 8.2 *** Minitab, Inc. ***

Storage available 16174

Bijlage III: Resultaten van de test op verschillen tussen de bodemgebruiksvormen

Voor elk verschil tussen de categoriegemiddelde concentraties is met behulp van FISHER een betrouwbaarheidsinterval berekend.

In de uitvoer staan in tabelvorm de berekende intervallen. Als het interval niet de waarde nul bevat wordt het verschil tussen de twee gemiddelden geacht significant te zijn. De toets is uitgevoerd met een *individual error rate* van 5%, dit wil zeggen dat de kans dat ten onrechte een verschil tussen twee individuele categorieën als significant wordt aangemerkt kleiner is dan 5%. De *Family error rate* geeft de kans dat in de hele toetsing een onterechte beslissing wordt genomen.

1: AKKERBOUW 2:GRASLAND 3:SNIJMAÏS

NITRAAT 1992		
Fisher's pairwise comparisons		
Family error rate = 0.122		
Individual error rate = 0.0500		
Critical value = 1.977		
Intervals for (column level mean) - (row level mean)		
	1	2
2	-97.2 18.3	
3	-248.3 -128.3	-188.3 -109.3

NITRAAT 1993		
Fisher's pairwise comparisons		
Family error rate = 0.122		
Individual error rate = 0.0500		
Critical value = 1.976		
Intervals for (column level mean) - (row level mean)		
	1	2
2	-81.1 24.3	
3	189.4 -81.3	-142.5 -71.4

KALIUM 1992		
Fisher's pairwise comparisons		
Family error rate = 0.122		
Individual error rate = 0.0500		
Critical value = 1.977		
Intervals for (column level mean) - (row level mean)		
	1	2
2	-21.31 -2.53	
3	-35.32 -15.80	-20.06 -7.22

KALIUM 1993		
Fisher's pairwise comparisons		
Family error rate = 0.122		
Individual error rate = 0.0500		
Critical value = 1.976		
Intervals for (column level mean) - (row level mean)		
	1	2
2	-24.29 -5.95	
3	-35.36 -16.57	-17.03 -4.66

CHLORIDE 1992		
Fisher's pairwise comparisons		
Family error rate = 0.122		
Individual error rate = 0.0500		
Critical value = 1.975		
Intervals for (column level mean) - (row level mean)		
	1	2
2	-7.48 9.44	
3	-7.51 10.41	-5.19 6.12

CHLORIDE 1993		
Fisher's pairwise comparisons		
Family error rate = 0.122		
Individual error rate = 0.0500		
Critical value = 1.974		
Intervals for (column level mean) - (row level mean)		
	1	2
2	-4.07 10.52	
3	-1.75 13.52	-2.13 7.46

ORTHO-FOSFAAT 1992
 Fisher's pairwise comparisons
 Family error rate = 0.122
 Individual error rate = 0.0500
 Critical value = 1.977
 Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	1	2
2	-0.02006 0.01510	
3	-0.00919 0.02737	-0.00045 0.02359

ORTHO-FOSFAAT 1993
 Fisher's pairwise comparisons
 Family error rate = 0.122
 Individual error rate = 0.0500
 Critical value = 1.976
 Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	1	2
2	-0.04111 0.03297	
3	-0.01957 0.05636	-0.00251 0.04744

TOTAAL-FOSFAAT 1992
 Fisher's pairwise comparisons
 Family error rate = 0.122
 Individual error rate = 0.0500
 Critical value = 1.976
 Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	1	2
2	-0.04111 0.03297	
3	-0.01957 0.05636	-0.00251 0.04744

TOTAAL-FOSFAAT 1993
 Fisher's pairwise comparisons
 Family error rate = 0.122
 Individual error rate = 0.0500
 Critical value = 1.976
 Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	1	2
2	-0.0097 0.0930	
3	0.0440 0.1493	0.0203 0.0896

GRONDWATERSTAND 1992
 Fisher's pairwise comparisons
 Family error rate = 0.122
 Individual error rate = 0.0500
 Critical value = 1.977
 Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	1	2
2	-0.3587 0.2530	
3	-0.7127 -0.0770	-0.5511 -0.1329

GRONDEATERSTAND 1993
 Fisher's pairwise comparisons
 Family error rate = 0.122
 Individual error rate = 0.0500
 Critical value = 1.974
 Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	1	2
2	-0.2878 0.3925	
3	-0.8173 -0.1053	-0.7371 -0.2902

ammonium 1993 met uitschieters
 Fisher's pairwise comparisons
 Family error rate = 0.122
 Individual error rate = 0.0500
 Critical value = 1.976
 Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	1	2
2	-1.045 1.531	
3	-1.051 1.590	-0.843 0.895

ammonium 1993 zonder uitschieters
 Fisher's pairwise comparisons
 Family error rate = 0.122
 Individual error rate = 0.0500
 Critical value = 1.977
 Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	1	2
2	0.0830 0.7853	
3	0.6052 1.3281	0.2899 0.7751

Bijlage IV: Resultaten van de test op verschillen tussen de categorieën

Voor elk verschil tussen de categoriegemiddelde concentraties is met behulp van FISHER een betrouwbaarheidsinterval berekend.

In de uitvoer staan in tabelvorm de berekende intervallen. Als het interval niet de waarde nul bevat wordt het verschil tussen de twee gemiddelden geacht significant te zijn. De toets is uitgevoerd met een *individual error rate* van 5%, dit wil zeggen dat de kans dat ten onrechte een verschil tussen twee individuele categorieën als significant wordt aangemerkt kleiner is dan 5%. De *Family error rate* geeft de kans dat in de hele toetsing een onterechte beslissing wordt genomen.

NITRAAT 1992				
Fisher's pairwise comparisons				
Family error rate = 0.281				
Individual error rate = 0.0500				
Critical value = 1.987				
Intervals for (column level mean) - (row level mean)				
	1	2	3	4
2	-52.8 51.3			
3	-161.4 -55.8	-160.7 -55.1		
4	-105.1 -4.8	-104.4 -4.1	2.7 104.6	
5	-153.0 -50.3	-152.3 -49.6	-45.2 59.0	-96.2 2.7

NITRAAT 1993				
Fisher's pairwise comparisons				
Family error rate = 0.281				
Individual error rate = 0.0500				
Critical value = 1.987				
Intervals for (column level mean) - (row level mean)				
	1	2	3	4
2	-47.4 46.3			
3	-129.0 -31.0	-128.5 -30.5		
4	-76.5 16.0	-76.0 16.5	1.4 98.2	
5	-111.1 -18.7	-110.6 -18.1	-33.3 63.5	-80.3 11.0

KALIUM 1992				
Fisher's pairwise comparisons				
Family error rate = 0.281				
Individual error rate = 0.0500				
Critical value = 1.987				
Intervals for (column level mean) - (row level mean)				
	1	2	3	4
2	-12.81 3.81			
3	-25.77 -8.90	-21.27 -4.40		
4	-17.34 -1.32	-12.84 3.18	-0.14 16.14	
5	-34.96 -18.55	-30.46 -14.05	-17.75 -1.10	-25.32 -9.52

KALIUM 1993				
Fisher's pairwise comparisons				
Family error rate = 0.281				
Individual error rate = 0.0500				
Critical value = 1.987				
Intervals for (column level mean) - (row level mean)				
	1	2	3	4
2	-17.09 -2.81			
3	-28.35 -13.41	-18.40 -3.47		
4	-18.43 -4.33	-8.49 5.62	2.12 16.88	
5	-32.58 -18.48	-22.64 -8.53	-12.03 2.73	-21.11 -7.19

CHLORIDE 1992				
Fisher's pairwise comparisons				
Family error rate = 0.281				
Individual error rate = 0.0500				
Critical value = 1.987				
Intervals for (column level mean) - (row level mean)				
	1	2	3	4
2	-5.77 14.88			
3	-11.07 9.87	-15.63 5.32		
4	-7.64 12.26	-12.19 7.70	-7.19 13.01	
5	-12.91 7.46	-17.47 2.90	-12.47 8.21	-14.84 4.77

CHLORIDE 1993				
Fisher's pairwise comparisons				
Family error rate = 0.281				
Individual error rate = 0.0500				
Critical value = 1.987				
Intervals for (column level mean) - (row level mean)				
	1	2	3	4
2	-5.22 13.65			
3	-4.63 15.10	-8.84 10.89		
4	-2.60 16.04	-6.81 11.83	-8.27 11.24	
5	-7.90 10.74	-12.11 6.53	-13.57 5.94	-14.50 3.90

ORTHO-FOSFAAT 1992				
Fisher's pairwise comparisons				
Family error rate = 0.281				
Individual error rate = 0.0500				
Critical value = 1.987				
Intervals for (column level mean) - (row level mean)				
	1	2	3	4
2	-0.02323			
	0.01688			
3	-0.02683	-0.02365		
	0.01386	0.01704		
4	-0.02737	-0.02419	-0.02119	
	0.01128	0.01446	0.01807	
5	-0.03443	-0.03125	-0.02824	-0.02565
	0.00515	0.00832	0.01193	0.01245

ORTHO-FOSFAAT 1993				
Fisher's pairwise comparisons				
Family error rate = 0.281				
Individual error rate = 0.0500				
Critical value = 1.987				
Intervals for (column level mean) - (row level mean)				
	1	2	3	4
2	-0.04575			
	0.04575			
3	-0.02831	-0.02831		
	0.06737	0.06737		
4	-0.03347	-0.03347	-0.05512	
	0.05687	0.05687	0.03946	
5	-0.07506	-0.07506	-0.09671	-0.08617
	0.01528	0.01528	-0.00212	0.00300

TOTAAL-FOSFAAT 1992				
Fisher's pairwise comparisons				
Family error rate = 0.281				
Individual error rate = 0.0500				
Critical value = 1.987				
Intervals for (column level mean) - (row level mean)				
	1	2	3	4
2	-0.07430			
	0.01870			
3	-0.06215	-0.03435		
	0.03220	0.06000		
4	-0.05203	-0.02423	-0.03775	
	0.03759	0.06539	0.05327	
5	-0.06679	-0.03899	-0.05250	-0.05785
	0.02498	0.05278	0.04064	0.03048

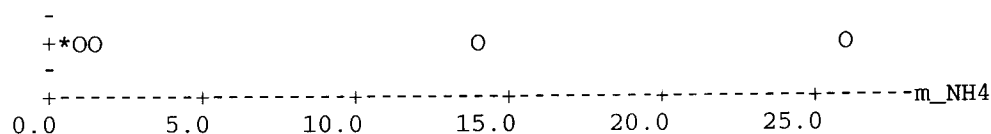
TOTAAL-FOSFAAT 1993				
Fisher's pairwise comparisons				
Family error rate = 0.281				
Individual error rate = 0.0500				
Critical value = 1.987				
Intervals for (column level mean) - (row level mean)				
	1	2	3	4
2	-0.0152			
	0.1175			
3	0.0019	-0.0492		
	0.1407	0.0896		
4	0.0134	-0.0378	-0.0610	
	0.1444	0.0932	0.0761	
5	-0.0672	-0.1183	-0.1416	-0.1452
	0.0638	0.0127	-0.0044	-0.0159

AMMONIUM 1993				
Fisher's pairwise comparisons				
Family error rate = 0.281				
Individual error rate = 0.0500				
Critical value = 1.987				
Intervals for (column level mean) - (row level mean)				
	1	2	3	4
2	-0.877			
	1.279			
3	-0.512	-0.713		
	1.743	1.542		
4	-0.759	-0.960	-1.424	
	1.370	1.169	0.805	
5	-1.475	-1.675	-2.140	-1.766
	0.654	0.454	0.089	0.335

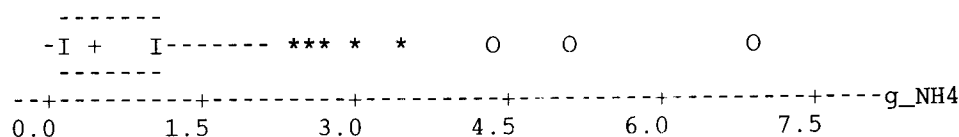
Bijlage V: Boxplot ammonium

In de onderstaande uitvoer staan de ammoniumconcentraties in een zogenaamde 'boxplot' weergegeven. Op de as staan de ammoniumconcentraties in mg.l^{-1} . In de figuren staan de waarschijnlijke uitschieters aangegeven met het symbool 'O'.

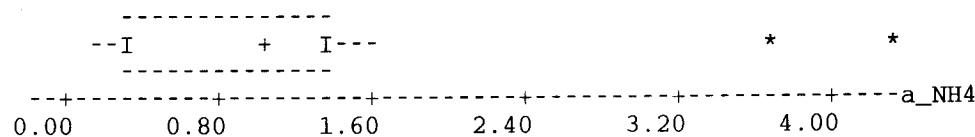
```
MTB > BoxPlot 'maïs_NH4'.
```



```
MTB > BoxPlot 'gras_NH4'.
```



```
MTB > BoxPlot 'akker_NH4'.
```



Bijlage VI: Resultaten variantieanalyse

Voor de variantieanalyse is gebruik gemaakt van de bedrijfsgemiddelde concentraties van achtereenvolgens de metalen cadmium, koper en zink. De berekeningen zijn uitgevoerd met de factor 'TYPE', 'LEI' en 'NMZ'. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van het statistische programma MINITAB. De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in de onderstaande 'output' van het rekenprogramma. Hierin is de F-waarde (F) voor de verklaarde variantie af te lezen en de waarschijnlijkheid dat deze op toeval berust (p). In de diagrammen staan de berekende betrouwbaarheidsintervallen weergegeven.

Indeling naar bedrijfstypen (TYPE)

- LEVEL 1: akkerbouwbedrijven (AB)
- LEVEL 2: combinatiebedrijven (MVH+IVH ext)
- LEVEL 3: combinatiebedrijven (MVH+IVH int)
- LEVEL 4: melkveehouderijen (MVH ext)
- LEVEL 5: melkveehouderijen (MVH int)

Indeling naar LEI-gebieden (LEI)

- LEVEL 6: Noordelijkzandgebied I
- LEVEL 7: Veenkoloniën
- LEVEL 8: Noordelijkzandgebied II
- LEVEL 9: Oostelijkzandgebied
- LEVEL 10: Centraalzandgebied
- LEVEL 12: Zuidelijkzandgebied

Indeling naar geografische ligging (NMZ)

- LEVEL 20: combinatie van Noordelijkzandgebied I en II en Veenkoloniën
- LEVEL 21: combinatie van Oostelijkzandgebied en Centraalzandgebied
- LEVEL 22: Zuidelijkzandgebied

De achtervoegsels (b), (m) of (g);

- (b) bedrijfsgemiddelde
- (m) gemiddelde van de maïspercelen
- (g) gemiddelde van de graspercelen

De resultaten zijn door Student t-testen getoetst op significante verschillen tussen de waarnemingen. Wanneer tussen twee resultaten een significant verschil bestaat is dit aangegeven door achter de MINITAB uitvoer stippen te zetten (•).

MTB > Oneway 'Cd(b)' 'LEI'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cd(b)

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
LEI	5	4.005	0.801	3.85	0.003
ERROR	88	18.321	0.208		
TOTAL	93	22.326			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV
6	2	0.1500	0.0707
7	13	0.3538	0.1984
8	18	0.5167	0.3792
9	38	0.5921	0.3914
10	6	0.2833	0.2229
12	17	0.9529	0.7698

POOLED STDEV = 0.4563

Sign.verschil

MTB > Oneway 'Cd(m)' 'LEI'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cd(m)

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
LEI	5	1.492	0.298	0.52	0.758
ERROR	42	23.978	0.571		
TOTAL	47	25.470			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV
6	1	0.3000	0.0000
7	1	0.5000	0.0000
8	9	0.8333	0.9513
9	22	0.6864	0.5693
10	2	0.7000	0.0000
12	13	1.0538	0.9098

POOLED STDEV = 0.7556

MTB > Oneway 'Cd(g)' 'LEI'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cd(g)

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
LEI	5	3.886	0.777	3.35	0.008
ERROR	88	20.413	0.232		
TOTAL	93	24.299			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV
6	2	0.1329	0.0949
7	13	0.3565	0.2035
8	18	0.4960	0.3261
9	38	0.5872	0.4078
10	6	0.2663	0.2428
12	17	0.9336	0.8534

POOLED STDEV = 0.4816

Sign.verschil

MTB > Oneway 'Cd(b)' 'TYPE'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cd(b)

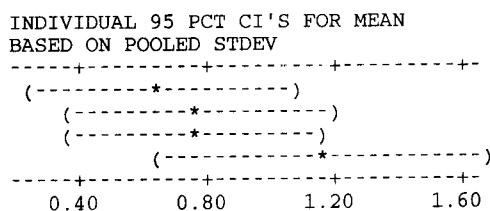
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
TYPE	4	2.766	0.692	3.15	0.018
ERROR	89	19.559	0.220		
TOTAL	93	22.326			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV
1	19	0.3579	0.1575
2	20	0.5300	0.3147
3	20	0.6250	0.3416
4	19	0.5368	0.4561
5	16	0.9063	0.8668

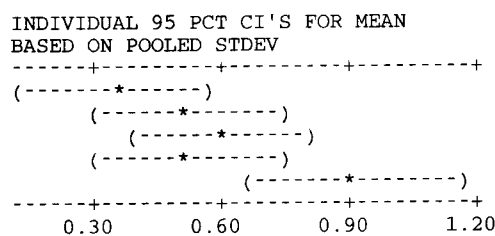
POOLED STDEV = 0.4688

```
MTB > Oneway 'Cd(m)' 'TYPE'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cd(m)
SOURCE      DF      SS      MS
TYPE         3      1.361    0.454
ERROR        44     24.108    0.548
TOTAL        47     25.470
```



POOLED STDEV = 0.7402

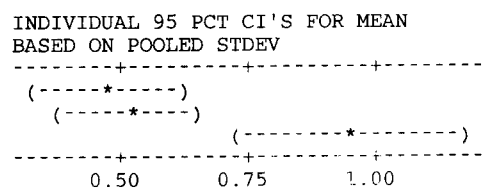
```
MTB > Oneway 'Cd(g)' 'TYPE'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cd(g)
SOURCE      DF      SS      MS
TYPE         4      2.848    0.712
ERROR       89     21.450    0.241
TOTAL       93     24.299
```



POOLED STDEV = 0.4909

Sign.verschil
.
|
|
|
.

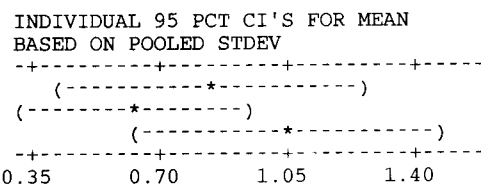
```
MTB > Oneway 'Cd(b)' 'NMZ'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cd(b)
SOURCE      DF      SS      MS
NMZ         2      2.912    1.456
ERROR      91     19.414    0.213
TOTAL      93     22.326
```



POOLED STDEV = 0.4619

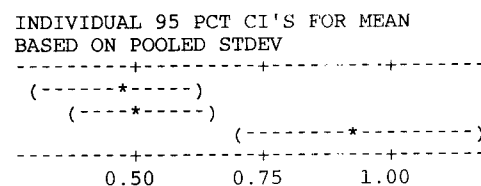
Sign.verschil
.
| .
..

```
MTB > Oneway 'Cd(m)' 'NMZ'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cd(m)
SOURCE      DF      SS      MS
NMZ         2      1.495    0.748
ERROR       45     23.974    0.533
TOTAL       47     25.470
```



POOLED STDEV = 0.7299

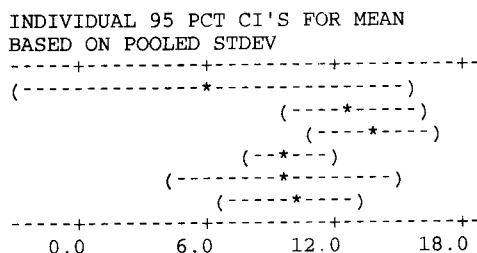
```
MTB > Oneway 'Cd(g)' 'NMZ'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cd(g)
SOURCE      DF      SS      MS
NMZ         2      2.785    1.392
ERROR      91     21.514    0.236
TOTAL      93     24.299
```



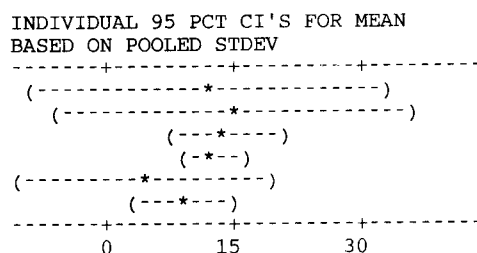
POOLED STDEV = 0.4862

Sign.verschil
.
|
.

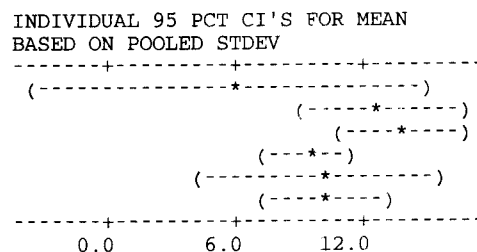
```
MTB > Oneway 'Cu(b)' 'LEI'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cu(b)
SOURCE      DF      SS      MS
LEI          5      333.6    66.7
ERROR       88     3685.5    41.9
TOTAL       93     4019.1
```



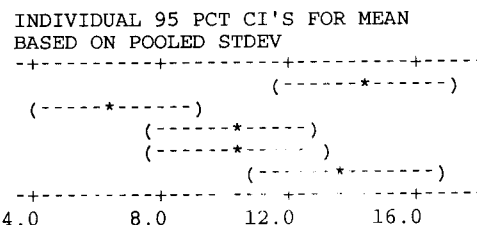
```
MTB > Oneway 'Cu(m)' 'LEI'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cu(m)
SOURCE      DF      SS      MS
LEI          5      250      50
ERROR       43     4802     112
TOTAL       48     5053
```



```
MTB > Oneway 'Cu(g)' 'LEI'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cu(g)
SOURCE      DF      SS      MS
LEI          5      335.3    67.1
ERROR       88     3956.6    45.0
TOTAL       93     4291.9
```

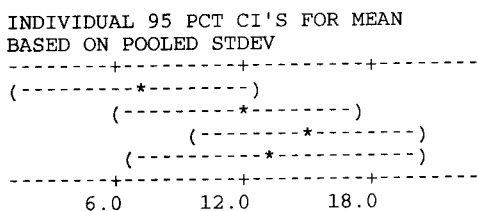


```
MTB > Oneway 'Cu(b)' 'TYPE'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cu(b)
SOURCE      DF      SS      MS
TYPE         4      760.0   190.0
ERROR       89     3259.1    36.6
TOTAL       93     4019.1
```



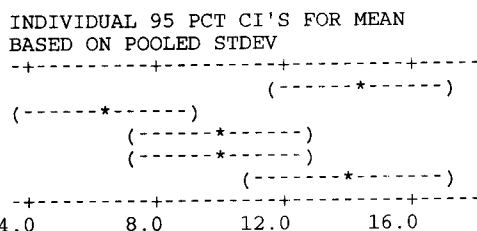
Sign.verschil
.
.
|
|
.

```
MTB > Oneway 'Cu(m)' 'TYPE'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cu(m)
SOURCE    DF      SS      MS
TYPE       3      448      149
ERROR      45     4605     102
TOTAL      48     5053
```



POOLED STDEV = 10.12

```
MTB > Oneway 'Cu(g)' 'TYPE'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cu(g)
SOURCE    DF      SS      MS
TYPE       4     811.8    203.0
ERROR      89    3480.1    39.1
TOTAL     93    4291.9
```

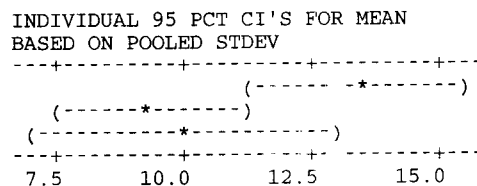


POOLED STDEV = 6.253

Sign.verschil

•
•
|
•

```
MTB > Oneway 'Cu(b)' 'NMZ'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cu(b)
SOURCE    DF      SS      MS
NMZ       2     343.9    172.0
ERROR     91    3675.2    40.4
TOTAL     93    4019.1
```

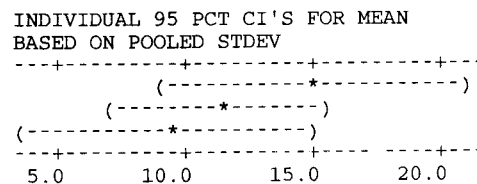


POOLED STDEV = 6.355

Sign.verschil

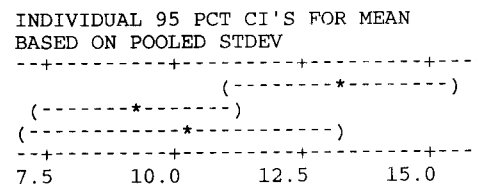
•
•

```
MTB > Oneway 'Cu(m)' 'NMZ'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cu(m)
SOURCE    DF      SS      MS
NMZ       2     203      102
ERROR     46     4849    105
TOTAL     48     5053
```



POOLED STDEV = 10.27

```
MTB > Oneway 'Cu(g)' 'NMZ'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Cu(g)
SOURCE    DF      SS      MS
NMZ       2     339.8    169.9
ERROR     91    3952.1    43.4
TOTAL     93    4291.9
```



POOLED STDEV = 6.590

Sign.verschil

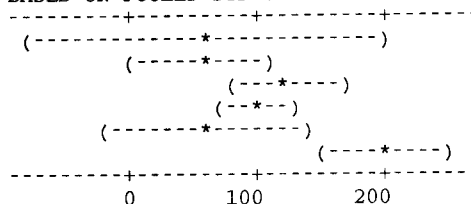
•
•

```
MTB > Oneway 'Zn(b)' 'LEI'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Zn(b)
SOURCE      DF      SS      MS
LEI          5      204233    40847
ERROR       88      852642    9689
TOTAL       93     1056875
```

F 4.22 p 0.002

LEVEL	N	MEAN	STDEV
6	2	58.00	0.00
7	13	56.08	32.88
8	18	123.78	87.54
9	38	97.42	65.74
10	6	62.00	24.09
12	17	200.18	184.83

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN
BASED ON POOLED STDEV



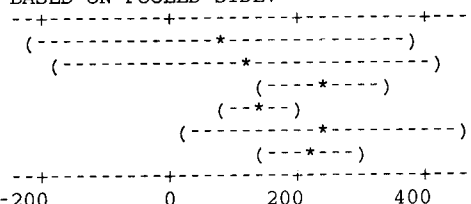
POOLED STDEV = 98.43

```
MTB > Oneway 'Zn(m)' 'LEI'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Zn(m)
SOURCE      DF      SS      MS
LEI          5      113876    22775
ERROR       43      971172    22585
TOTAL       48     1085048
```

F 1.01 p 0.424

LEVEL	N	MEAN	STDEV
6	1	83.0	0.0
7	1	120.0	0.0
8	9	247.9	121.8
9	23	144.3	121.5
10	2	242.5	137.9
12	13	223.4	205.8

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN
BASED ON POOLED STDEV



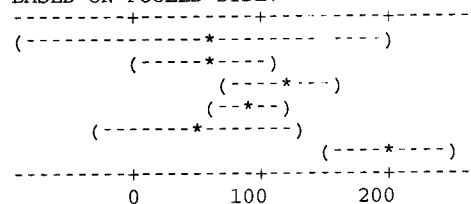
POOLED STDEV = 150.3

```
MTB > Oneway 'Zn(g)' 'LEI'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Zn(g)
SOURCE      DF      SS      MS
LEI          5      204879    40976
ERROR       88      922569    10484
TOTAL       93     1127448
```

F 3.91 p 0.003

LEVEL	N	MEAN	STDEV
6	2	55.9	3.0
7	13	55.9	32.6
8	18	115.8	80.7
9	38	91.3	68.3
10	6	51.4	23.7
12	17	196.6	197.4

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN
BASED ON POOLED STDEV



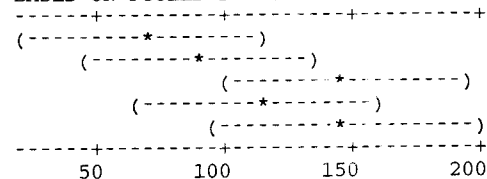
POOLED STDEV = 102.4

```
MTB > Oneway 'Zn(b)' 'TYPE'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Zn(b)
SOURCE      DF      SS      MS
TYPE        4      90931    22733
ERROR       89      965944    10853
TOTAL       93     1056875
```

F 2.09 p 0.088

LEVEL	N	MEAN	STDEV
1	19	68.0	47.1
2	20	89.7	54.6
3	20	146.7	103.3
4	19	114.3	83.3
5	16	147.4	190.0

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN
BASED ON POOLED STDEV



POOLED STDEV = 104.2

MTB > Oneway 'Zn(m)' 'TYPE'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Zn(m)

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
TYPE	3	23016	7672	0.33	0.807
ERROR	45	1062032	23601		
TOTAL	48	1085048			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV
2	13	150.8	132.5
3	13	202.2	129.7
4	14	195.3	123.9
5	9	202.1	237.1

POOLED STDEV = 153.6

MTB > Oneway 'Zn(g)' 'TYPE'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Zn(g)

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
TYPE	4	85051	21263	1.82	0.133
ERROR	89	1042398	11712		
TOTAL	93	1127448			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV
1	19	68.0	47.1
2	20	81.8	58.5
3	20	137.5	109.3
4	19	106.5	76.4
5	16	146.4	200.9

POOLED STDEV = 108.2

MTB > Oneway 'Zn(b)' 'NMZ'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Zn(b)

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
NMZ	2	164123	82062	8.36	0.000
ERROR	91	892752	9810		
TOTAL	93	1056875			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV
20	34	100.53	85.65
21	43	86.72	49.79
22	17	200.18	184.83

POOLED STDEV = 99.05

Sign.verschil
.
| .
..

MTB > Oneway 'Zn(m)' 'NMZ'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Zn(m)

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
NMZ	2	85087	42543	1.96	0.153
ERROR	46	999961	21738		
TOTAL	48	1085048			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV
20	12	231.6	123.8
21	24	144.2	118.5
22	13	223.4	205.8

POOLED STDEV = 147.4

MTB > Oneway 'Zn(g)' 'NMZ'.
ANALYSIS OF VARIANCE ON Zn(g)

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
NMZ	2	172230	86115	8.20	0.001
ERROR	91	955219	10497		
TOTAL	93	1127448			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV
20	34	96.1	81.0
21	43	79.8	52.3
22	17	196.6	197.4

POOLED STDEV = 102.5

Sign.verschil
.
.
.