

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU
BILTHOVEN

LANDBOUW ECONOMISCH INSTITUUT (LEI-DLO)
DEN HAAG

Rapport nr 714831002

**Effect van neerslag op nitraat in het bovenste
grondwater onder landbouwbedrijven in de zandgebieden;
gevolgen voor de inrichting van het MONitoringnetwerk
effecten mestbeleid op Landbouwbedrijven (MOL)**

april 1997

L.J.M. Boumans, G. van Drecht en B. Fraters (RIVM),
T. de Haan en W. de Hoop (LEI-DLO)

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)

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
- 29 W. Bussink, NMI
- 30 H.F.M. Aarts, AB-DLO (AB-DLO, Wageningen)
- 31 O. Oenema, AB-DLO (AB-DLO, Haren)
- 32 F.G. Wijnands, PAGV
- 33 J. Remmers, Natuur en Milieu

34	P. Vertegaal, Waterpakt
35	G.J.W. Krajenbrink, Waterleiding Laboratorium Oost
36-48	Deelnemers overleg provinciale bodemkwaliteitsmeetnetten
49	Depot van Nederlandse publicaties en Nederlandse bibliografie
50	Directie RIVM
51	F. Langeweg
52	N.J.P. Hoogervorst (LAE)
53	L. van Liere (LWD)
54	J.H.C. Mülschlegel (LWD)
55	J. Notenboom (LWD)
56	R. Reiling (MNV)
57	E. Smit (LAC)
58	R. van den Berg
59	G.P. Beugelink
60	J.J.B. Bronswijk
61	G.v.Drecht
62	W. van Duijvenbooden
63	J.J.M. v. Grinsven
64	R. Jeths
65	J.W. de Kwaadsteniet
66	H.L.J. van Maaren
67	G.B. Makaske
68	C.R. Meinardi
69	H.F. Prins
70	D. Wever
71	W.J. Willems
72	Hoofd Bureau Voorlichting en Public relations
73	Bureau Rapportenregistratie
74- 76	Bibliotheek RIVM
77- 106	Auteurs
107-156	LEI-Boekhouders
157-203	Bureau Rapportenbeheer

INHOUDSOPGAVE

VERZENDLIJST	2
VOORWOORD	6
ABSTRACT	7
SAMENVATTING	8
1 INLEIDING	11
1.1 Algemeen	11
1.2 Processen	12
1.3 Doel onderzoek	14
1.4 Opzet van het onderzoek	15
2 GEGEVENSVERZAMELING EN BEWERKING	17
2.1 Gegevens van het MKBGL	17
2.2 Verdunning	17
2.3 Neerslagcorrectie	19
2.4 Bodem- en bemestingsgegevens	19
3 RESULTATEN	22
3.1 Verschillen in nitraatconcentraties tussen 1992 en 1995	22
3.2 Verschillen in nitraat-chloride-quotiënt tussen 1992 en 1995	23
3.3 Verschillen in nitraat-verdunning-producten tussen 1992 en 1995	24
3.4 Gecorrigeerde veranderingen in nitraatconcentraties tussen 1992 en 1995	25
3.5 Aantal benodigde bedrijven, bemonsteringsrondes en individuele monsters per ronde	31
3.6 Discussie	33
4 CONCLUSIES	36
LITERATUUR	38

LIJST VAN BIJLAGEN

BIJLAGE A; Berekening van de verdunning	39
BIJLAGE B1; Verklaring van afkortingen in bijlagen B	49
BIJLAGE B2; Verschillen tussen de nitraatconcentraties van 1992 en 1995	50
BIJLAGE B3; Verschillen in nitraat-chloride-quotiënt tussen 1992 en 1995	55
BIJLAGE B4; Verschillen in nitraat-verdunning-product tussen 1992 en 1995	60
BIJLAGE B5; Gecorrigeerde verschillen, volgens methode 1	65
BIJLAGE B6; Gecorrigeerde verschillen, berekend met methode 2	70
BIJLAGE B7; Invloed van -jaar van meting- op afwijkingen tussen gemeten en gefitte waarden	77
BIJLAGE B8; Steekproefvarianties voor gecorrigeerde verschillen tussen 1992 en 1995, gebaseerd op één mengmonster, methode 1 en 2	80

VOORWOORD

Het voorliggende rapport is het derde in de reeks van het Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven. De eerste twee rapporten zijn verschenen als RIVM-rapport onder nummer 714901002 en 714831001.

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 tot maart 1996)

ing. F. Verstraten (IKC/L; vanaf maart 1996)

Verder bedanken wij dr. ir. J.J.B. Bronswijk en dr. H.F.R. Reijnders voor hun commentaar en suggesties. Voor de ondersteuning bij het veldwerk bedanken wij R. Jeths, H.J.L. van Maaren en D. Wever.

Bilthoven, 25 april 1997

De auteurs

ABSTRACT

Government legislation is directed to decreasing nitrogen loads on agricultural land in the future so as to decrease nitrate in shallow groundwater. We wanted to determine if this nitrate decrease could be measured. Groundwater was sampled annually on 99 farms in the sandy parts of the Netherlands during the period 1992-1995. Mean nitrate concentration in 1995 was half the 1992 concentration, although new laws were not yet effective. This was caused by the increasing amount of annual rain during this period. Correction for such climatological influences is necessary to establish the effect of new laws. The dilution of a conservative compound was calculated using a soil model for eight sandy parts and real 10-day mean climatological data for the same period. After correction with the calculated dilution, the mean nitrate concentration no longer varied per year. A monitoring network to detect the effects of new laws has been proposed using these results. Statistical and practical considerations, as well as boundary conditions, stipulated by policy, have been integrated in the proposal.

SAMENVATTING

Het RIVM en het LEI-DLO onderzochten o.a. de nitraatconcentratie van de bovenste meter van het grondwater onder landbouwbedrijven: het Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven (MKBGL). Op 40 tot 99 bedrijven in het zandgebied is jaarlijks gemeten in de periode 1992 tot en met 1995. Deze bedrijven maken deel uit van het LEI-DLO bedrijveninformatienet.

De variatie in de tijd van de nitraatconcentratie in de bovenste meter grondwater is waarschijnlijk grotendeels afhankelijk van menselijk handelen en neerslag. Het voorgenomen beleid (Integrale notitie mest- en ammoniakbeleid) moet leiden tot een afname van het stikstofoverschot. Als gevolg van deze afname daalt de nitraatconcentratie.

De waargenomen bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie is ongeveer gehalveerd tussen 1992 en 1995, terwijl het effect van beleid nog niet wordt verwacht. De bodembelasting is niet duidelijk veranderd in deze periode. De nitraatconcentratie daalde nadat de neerslaghoeveelheid toenam.

Naar aanleiding van deze daling zijn 4 vragen gesteld door de begeleidingscommissie, die in dit rapport worden beantwoord.

Vraag 1: Is het mogelijk om te corrigeren voor de effecten van wisselende hoeveelheden neerslag op de kwaliteit van het bovenste grondwater ?

Antwoord: Ja. Met de ontwikkelde methode kunnen effecten van beleid op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater worden aangetoond, door te compenseren voor klimaatseffecten, in dit geval de hoeveelheid neerslag.

Vraag 2: Is het beter om de komende jaren op dezelfde bedrijven het grondwater te bemonsteren of is het beter om andere bedrijven te kiezen ?

Antwoord: Een toekomstige daling van de nitraatconcentratie door beleidsmaatregelen, kan worden aangetoond met twee bemonsteringsmethoden:

Methode 1 - Dezelfde groep bedrijven wordt bemonsterd, zowel voor als na implementatie van beleid. De daling wordt berekend door de afzonderlijke dalingen per bedrijf, tussen de twee perioden, die zijn gecorrigeerd voor neerslageffecten, te middelen.

Methode 2 - Twee verschillende groepen bedrijven worden bemonsterd. Een groep wordt bemonsterd in de periode voor de implementatie van beleid, de andere groep in de periode na implementatie van beleid. De daling wordt vastgesteld als het verschil tussen gemiddelden van de bedrijven, die bemonsterd zijn in de periode zonder beleidseffecten, en andere bedrijven die zijn bemonsterd in de periode met beleidseffecten. De daling wordt gecorrigeerd voor neerslageffecten.

Methode 1 vergt duidelijk minder bemonsteringsinspanning om eenzelfde daling te signaleren. Methode 1 heeft echter het nadeel dat niet meer aangesloten kan worden bij het LEI-DLO bedrijveninformatienet omdat bedrijven slechts zes jaar gevolgd worden en dit is te kort.

Vraag 3: Moet de bemonstering in de tijd geconcentreerd of juist gespreid worden ?

Antwoord: De kans bestaat dat onbekende oorzaken de metingen van één of enkele jaren hebben beïnvloed. Beleidseffecten kunnen beter worden aangetoond als het effect gedurende een langere periode wordt gemeten. De bemonstering van bedrijven en op bedrijven moet daarom zoveel mogelijk gespreid worden in de tijd.

Vraag 4: Hoeveel bedrijven moeten met welke intensiteit (aantal monsters per bedrijf) bemonsterd worden om een nader te specificeren daling in nitraatconcentratie te kunnen detecteren ?

Met methode 1 kan een daling van minstens 20 mg/l met 90% kans worden vastgesteld als ongeveer:

(a) 34 bedrijven, die al bemonsterd zijn in de periode 1992-1995, worden bemonsterd met 16 individuele monsters in de periode met beleidseffecten.

Of als

(b) 16 bedrijven, die al bemonsterd zijn in de periode 1992-1995, worden bemonsterd met 48 individuele monsters in de periode met beleidseffecten.

Met methode 2 kan een daling van minstens 20 mg/l met 90% kans worden vastgesteld als ongeveer:

(a) 120 nieuwe bedrijven worden bemonsterd met 16 individuele monsters in de periode met beleidseffecten. Of als

(b) 75 nieuwe bedrijven worden bemonsterd met 48 individuele monsters in de periode met beleidseffecten.

De beantwoording van deze vragen is nodig om keuzes, voor de inrichting van een meetnet dat de effecten van het mestbeleid signaleert, statistisch te onderbouwen. Bij de inrichting van een dergelijk meetnet spelen naast statistische ook praktische overwegingen een rol. Deze worden in dit rapport ten dele genoemd.

1 INLEIDING

1.1 Algemeen

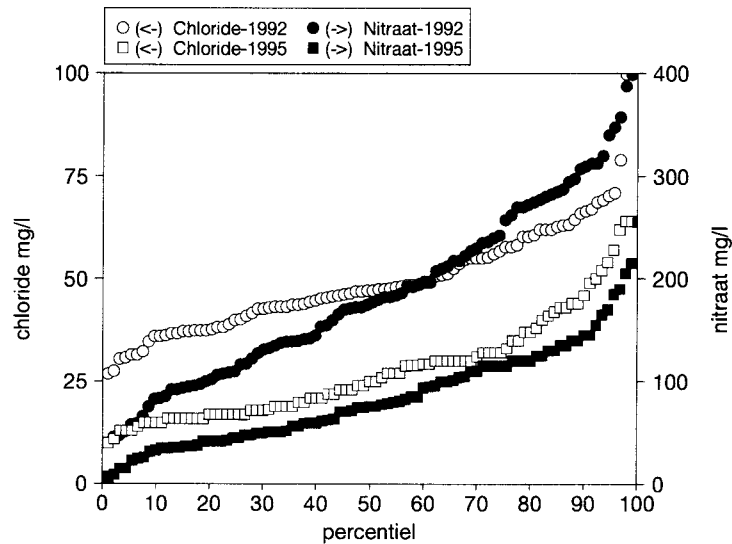
Het RIVM en het LEI-DLO onderzoeken o.a. de nitraatconcentratie van de bovenste meter grondwater onder landbouwbedrijven. Dit onderzoek is het Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven (MKBGL). Op 40 tot 100 bedrijven in het zandgebied is jaarlijks gemeten in de periode 1992 tot en met 1995. Deze bedrijven maken deel uit van het LEI-DLO bedrijveninformatienet.

Het huidige meetprogramma, MKBGL, moet leiden tot de inrichting van een Monitoring netwerk van Landbouwbedrijven (MOL). Het MOL heeft de volgende taken.

1. Het MOL beschrijft de kwaliteit van het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in Nederland.
2. Het MOL signaleert de ontwikkeling in de grondwaterkwaliteit, met name de nitraatconcentratie, als gevolg van beleid.

Neerslag, stikstofgift, gewas, bedrijfsvoering en bodemkenmerken (Van Swinderen et al., 1996; Boumans et al., 1989) beïnvloeden de nitraatconcentratie in het grondwater. Er zijn beleidsplannen om het stikstofoverschot trapsgewijs te verminderen in de komende 15 jaar (Ministerie van LNV, 1995). De nitraatconcentratie van het bovenste grondwater zal daardoor dalen. Effecten van beleidsmaatregelen op de nitraatconcentraties worden momenteel nog niet verwacht omdat de stikstofgiften nog niet verminderd zijn (Fraters et al., in voorbereiding). In de periode 1992-1995 zijn de nitraatconcentraties echter gedaald, zie figuur 1. De toegenomen hoeveelheid neerslag is de mogelijke oorzaak.

De eerste rapportage over het MKBGL (Van Swinderen et al., 1994) beschrijft de meetgegevens van 1992 en zoekt naar relaties tussen grondwaterkwaliteit (bedrijfs-gemiddelde concentraties uit 1992) en bedrijfsvoering (bedrijfsfactoren uit het boekhoudjaar 1991-1992). Duidelijke relaties zijn niet aangetoond. De tweede rapportage (Van Swinderen et al., 1996) vergelijkt de meetgegevens van 1993 met die van 1992. Het verband tussen bedrijfsvoering en grondwaterkwaliteit is nader onderzocht. Een verschil van 100 kg stikstofoverschot geeft een verschil van 15 mg/l nitraat in het grondwater. Met de gegevens van 1992 en 1993 is ten behoeve van de Milieubalans 1995 (RIVM, 1995) een landelijk beeld gegenereerd. In Boumans en Van Drecht (1995) is de methodiek



Figuur 1: *Bedrijfsmiddelde nitraat- en chlorideconcentraties in 1992 en 1995*

hiervan beschreven. De gegevens van 1992, 1993 en 1994 zijn ook geëvalueerd (Praagman en Steigstra, 1995). Praagman en Steigstra concluderen dat beleidseffecten alleen kunnen worden aangetoond als eerst een aanwijsbare en te kwantificeren verklaring wordt gevonden voor het verschil tussen de jaren 1992-1993 enerzijds en 1994 anderzijds.

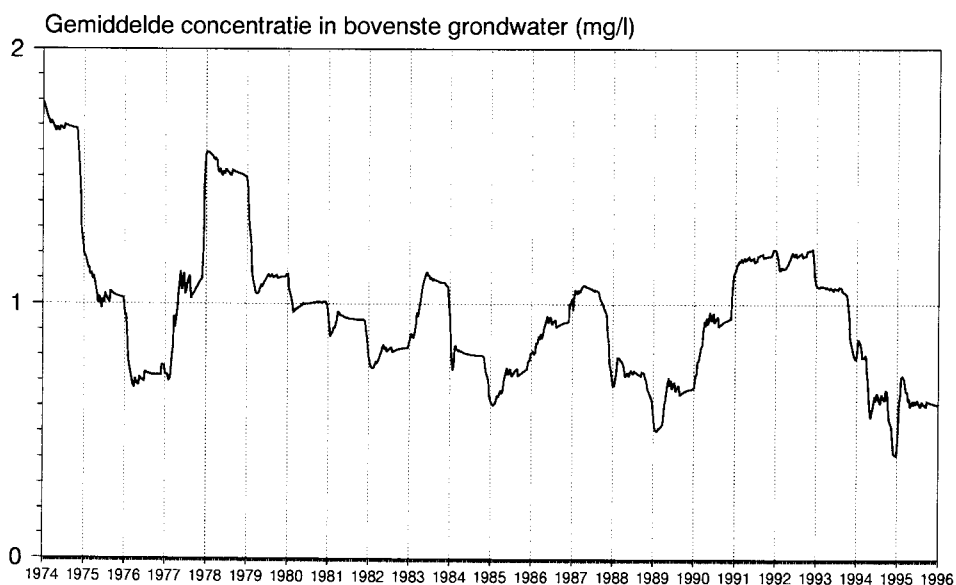
De gegevens van de vier meetjaren (1992-1995) worden gepresenteerd in Fraters et al. (in voorbereiding). De verandering van de grondwaterkwaliteit tussen en binnen jaren wordt onderzocht.

1.2 Processen

Nitraat komt in de bodem door atmosferische depositie, stikstoftoediening of chemische processen. Water komt in de bodem via neerslag (bijvoorbeeld regen en sneeuw) of irrigatie. Door verdamping, voornamelijk door gewassen, verdwijnt een deel van het aangevoerde water weer naar de atmosfeer. Door plantopname en chemische processen verdwijnt een deel van het nitraat uit de wortelzone. Het resterende deel, neerslagoverschot met nitraat, spoelt uit. Met uitspoeling wordt bedoeld dat dit water met nitraat niet meer voor plantopname beschikbaar is. Dit is zeker het geval voor water met nitraat dat zich

bevindt op een diepte van meer dan 1 m onder het maaiveld. In de zandgebieden van Nederland bevindt de grondwaterspiegel zich meestal binnen enkele meters onder het maaiveld.

Door uitspoeling wordt het grondwater aangevuld. De grondwaterkwaliteit wordt o.a. bepaald door de concentratie aan nitraat of, met andere woorden, door de mate van verdunning van nitraat door het neerslagoverschot. De uitspoeling vindt voornamelijk plaats vanaf de herfst tot het voorjaar. Naarmate de grondwaterstand lager is zal de grondwateraanvulling meer gespreid zijn over het jaar. De nitraatconcentratie zal in het bovenste grondwater sneller en duidelijker veranderen dan in dieper grondwater. De uitspoeling en grondwateraanvulling variëren tussen jaren, tussen lokaties en op een lokatie.



Figuur 2; *Effect van verdunning op de concentratie van een stof in de bovenste meter van het verzadigde grondwater, gedurende de periode 1974-1996.*

De toediening van stikstof varieert binnen een jaar, maar naar verwachting minder tussen jaren, indien het bodemgebruik en het beleid niet veranderen. De nitraatconcentratie, bij gelijkblijvende stikstofgift wordt dan vooral bepaald door de verdunning. Ter illustratie

wordt in figuur 2 de concentratie aangegeven van een stof in de bovenste meter van het verzadigde grondwater. Deze concentratie is berekend met gemeten neerslag- en verdampingsgegevens van De Bilt. Verondersteld wordt dat de stof elke dag in gelijke hoeveelheden aan het maaiveld wordt toegediend, niet aan de bodem wordt gebonden, niet afbreekt en niet door planten wordt opgenomen. De stof wordt aan het maaiveld toegediend in een hoeveelheid van $1 \text{ mg.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$. Volgens de figuur verschilt de concentratie meer dan een factor twee tussen 1992 en 1995. Zie voor details bijlage A.

1.3 Doel onderzoek

Een succesvolle inrichting en uitvoering van een MONitoring netwerk van Landbouwbedrijven (MOL) hangt af van de volgende vier vragen:

1. Is het mogelijk om te corrigeren voor de effecten van wisselende hoeveelheden neerslag op de kwaliteit van het bovenste grondwater?

Andere meetnetten (Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, Provinciale meetnetten) genereren ook langjaarlijkse reeksen van gemeten concentraties in het bovenste grondwater. Voor deze meetnetten is vraag 1 ook belangrijk.

2. Is het beter om de komende jaren op dezelfde bedrijven het grondwater te bemonsteren of is het beter om andere bedrijven te kiezen?

3. Moet de bemonstering in de tijd geconcentreerd of juist gespreid worden?

4. Hoeveel bedrijven moeten met welke intensiteit (aantal monsters per bedrijf) bemonsterd worden om een nader te specificeren daling in nitraatconcentratie te kunnen detecteren?

Deze vier vragen moeten met dit onderzoek worden beantwoord.

1.4 Opzet van het onderzoek

In het vervolg wordt de periode met beleidseffecten aangegeven met "PWB" terwijl "PGB" staat voor "Periode Geen Beleidseffecten".

De vier vragen uit paragraaf 1.3 worden, in andere volgorde, beantwoord door de gegevens van het MKBGL in 4 stappen te onderzoeken. Er wordt aangetoond dat;

Stap 1 de nitraatconcentraties duidelijk verschillen tussen de jaren. De verschillen tussen de nitraatconcentraties van 1992 en 1995 worden bestudeerd, zie §3.1. Tussen deze twee jaren zijn de verschillen groot en tevens is op een groot aantal overeenkomstige bedrijven bemonsterd (zie tabel 1, blz. 21).

Stap 2 de verschillen kunnen worden toegeschreven aan de verdunning die het gevolg is van verschillen in neerslag. De verschillen worden bestudeerd tussen de nitraat-chloride-quotiënten van 1992 en 1995, zie §3.2. Nitraatverdunning-producten worden ook onderzocht, §3.3.

Verondersteld wordt dat het neerslageffect hoofdzakelijk een verdunningseffect is. De neerslaghoeveelheid is omgerekend in "de mate van verdunning" in de bovenste meter grondwater. Beleidseffecten kunnen in de toekomst worden onderscheiden van neerslageffecten als "de mate van verdunning" de duidelijke verschillen in nitraatconcentraties, in de periode 1992-1995, verklaart. Indien de verschillen met verdunning worden verklaard dan is dit nog geen bewijs voor verdunning. Het is mogelijk dat ook denitrificatie of andere processen, die ook aan het neerslagoverschot zijn gerelateerd, een rol spelen. Daarom wordt niet gesproken over een verdunningscorrectie maar over neerslagcorrectie.

Stap 3 de verschillen tussen de jaren verdwijnen indien wordt gecorrigeerd voor neerslagverschillen, zie §3.4. Daardoor kan een eventuele daling van de nitraatconcentratie, die niet is veroorzaakt door de neerslag, gevonden worden. Met stap 2 en 3 wordt vraag 1 beantwoord.

Stap 4 De benodigde bemonsteringsinspanning wordt berekend om met 90% kans een beleidseffect te detecteren, welke een nitraatconcentratiedaling veroorzaakt van meer dan 20 mg/l, zie §3.5. Hiermee wordt vraag 4 beantwoord.

Bij 1, 2, 3 en 4 is gerekend voor twee bemonsteringsmethoden;

methode 1: het gemiddelde van de verschillen per bedrijf wordt bepaald,

methode 2: het verschil tussen gemiddelde van twee groepen bedrijven wordt bepaald.

Methode 1 komt overeen met de bemonsteringswijze tot nu toe, waarbij een bedrijf meerdere jaren is bemonsterd. Methode 2 houdt in dat elk jaar een nieuwe groep bedrijven wordt bemonsterd. Voor de evaluatie van methode 2 wordt aangenomen dat elk jaar andere bedrijven zijn bemonsterd in de periode tussen 1992 en 1995.

De aanname bij methode 2, dat alle jaarlijkse gemiddelde waarden van verschillende bedrijven komen, stemt niet overeen met de werkelijkheid. De schatting van de standaardfout voor methode 2 zal daarom gemiddeld genomen iets te hoog zijn; zie Snedecor and Cochran (1989; blz. 100). Hier wordt verder geen rekening mee gehouden. Het voordeel van de aanname is dat varianties nauwkeuriger geschat worden dan met slechts één jaarlijks gemiddelde per bedrijf. Een groot deel van de metingen wordt dan niet gebruikt.

Vraag 2 wordt onderzocht door de resultaten van methode 1 en 2 te vergelijken.

De beantwoording van vraag 3 volgt indirect uit de resultaten van stap 1 tot en met 4, en wordt in §3.6 behandeld.

2 GEGEVENSVERZAMELING EN BEWERKING

2.1 Gegevens van het MKBGL

De bovenste meter van het grondwater is jaarlijks bemonsterd op 99 landbouwbedrijven in de periode maart-augustus in 1992, 1993 en in 1995. Deze 99 bedrijven zijn representatief voor 5 categorieën bedrijven:

- 1- akkerbouw in de veenkoloniën en het noordelijk zandgebied,
- 2- extensieve melkveebedrijven,
- 3- intensieve melkveebedrijven,
- 4- melkveebedrijven met een kleine en
- 5- melkveebedrijven met een grote tak intensieve veehouderij.

In 1994 zijn slechts 40 van de 99 bedrijven bezocht uit de categorieën: extensieve melkveebedrijven en melkveebedrijven met een grote tak intensieve veehouderij (zie Fraters et al., in voorbereiding).

Tabel 1, blz. 21 geeft een overzicht van de jaarlijkse bemonsteringsinspanning. In de periode 1992-1994 bestaat een bedrijfsbemonstering uit 48 individuele monsters. Individuele monsters zijn genomen op willekeurige plaatsen binnen het bedrijf. De 48 monsters zijn gemengd zijn tot 4 mengmonsters. Elk mengmonster bestaat uit 12 individuele monsters. Elk mengmonster is chemisch geanalyseerd. In 1995 zijn 16 individuele monsters genomen en gemengd tot 1 mengmonster. Het mengmonster is geanalyseerd.

Per bedrijf is de jaarlijks gemiddelde chloride- en nitraatconcentratie berekend als het gemiddelde van de mengmonsters (4 mengmonsters in de periode 1992-1994 en 1 in 1995). Het effect van een geringere bemonsteringsinspanning per bedrijf op de nauwkeurigheid van de uitspraken is onderzocht door het jaarlijkse gemiddelde ook te baseren op 1 mengmonster. Deze gegevens zijn gebruikt in §3.5.

2.2 Verdunning

De verdunning wordt hier gedefinieerd als het quotiënt van de berekende langjaarlijks gemiddelde concentratie en de berekende actuele concentratie van een inerte oplosbare stof, in de bovenste meter van het grondwater. De stof wordt niet door planten opgenomen en kan alleen worden verdund of worden ingedampt. De stof wordt homogeen gespreid

over het jaar, aan het maaiveld toegediend met een hoeveelheid van $1 \text{ mg.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$. De langjaarlijksgemiddelde concentratie is een 1.

De verdunning is berekend met een procesmodel voor één-dimensionaal water- en stoftransport in de onverzadigde bodem. De invoer van het model bestaat uit tijdreeksen van neerslag en verdamping per decade, een standaard bodemprofiel en gewas (gras), de hoeveelheid toegediende stof ($1 \text{ mg.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$), en 10 ontwateringsbases, variërend tussen 50 en 500 cm minus maaiveld.

De verdunning is berekend voor elk grondwatermonster middels het tijdstip van monstername, de grondwaterstand in het boorgat en KNMI-gegevens van neerslag en verdamping van het betreffende weersdistrict. Per bedrijf zijn de berekende verdunningen gemiddeld.

Weersdistrictgegevens

Er zijn 8 weersdistricten in de zandgebieden. Er zijn gedetailleerdere gegevens bekend van neerslag en verdamping maar deze zijn niet eenvoudig beschikbaar. Gegevens van regenmeters hebben een geringe ruimtelijke representativiteit en daardoor alleen meerwaarde indien de regenmeter op het bedrijf zelf heeft gestaan.

Standaard bodemprofiel en gewas

De verdunning is berekend voor de situatie gras op dekzand met 50 cm wortelzone. Voor de wortelzone en ondergrond wordt de bijpassende vochtspannings-curve (pF-curve) uit de Staringreeks gebruikt. Deze keuze is gemaakt, omdat het gebruik van gedetailleerdere gegevens, voor de verdunning per bedrijf, een te grote inspanning vraagt. We vermoeden dat het gebruik van gedetailleerdere gegevens geen extra bijdrage levert tot de verklaring van de waargenomen concentraties. Bovendien wordt de bijdrage van gedetailleerdere gegevens tot de verklaring van de waargenomen concentraties (eenvoudiger) onderzocht met regressie-analyse.

Ontwateringsbases

Het werkelijke grondwaterstandsverloop op een bedrijf is onbekend. De Gt is wel bekend, maar niet geschikt voor het beschrijven van het actuele grondwaterstandsverloop in extreem droge en natte jaren, zoals 1992-93 en 1994-1995. Daarom zijn actuele grondwaterstandsverlopen berekend voor een aantal gekozen vaste ontwateringsbases. Per ontwateringsbase is de verdunning berekend voor een aantal jaren.

ringsbasis is een tabel berekend, waarin per weersdistrictnummer, datum en grondwaterstand een verdunning wordt gegeven. Met de bemonsteringsdatum, weersdistrictsnummer van het bemonsterde bedrijf en de gemeten grondwaterstand in een boorgat tijdens de bemonstering, wordt in de tabellen gezocht naar de bijpassende waarde voor de verdunning.

Het procesmodel dat gebruikt is voor de berekening van de verdunning heet ONZAT (Van Drecht, 1983). ONZAT berekent een stofconcentratie van 1 mg/l voor de bovenste meter grondwater bij een gemiddeld neerslagoverschot van 365 mm/a en een daggift van 1 mg/(m².d). Na natte jaren is de concentratie lager (verdunning), na droge jaren hoger. De verdunning is afhankelijk van het bemonsteringstijdstip, de grondwaterstandsdiepten en de lokatie. De verdunning per bedrijf wordt verkregen door het gemiddelde van de verdunningen te berekenen, die passen bij de waargenomen grondwaterstandsdiepten op het bedrijf (en dus niet de verdunning die past bij de gemiddelde grondwaterstandsdiepte).

2.3 Neerslagcorrectie

De nitraatconcentraties zijn lineair gefit met de verdunning, die per bedrijf is berekend. De afwijkingen tussen de gefitte en gemeten waarden moeten kleiner zijn dan de afwijkingen tussen de gemeten waarden en het gemiddelde van alle waarden. Het gemiddelde van alle afwijkingen is, door het fitten, nul. Als het gemiddelde van de afwijkingen van de afzonderlijke jaren niet duidelijk van nul verschilt dan voldoet de neerslagcorrectie. Het verschil tussen de afwijkingen van twee jaar wordt geïnterpreteerd als de neerslaggecorrigeerde verandering in nitraatconcentraties tussen de twee jaar. Deze gecorrigeerde verandering mag gemiddeld ook niet duidelijk afwijken van nul in de PGB. Alle toetsen worden uitgevoerd met 95% betrouwbaarheid.

2.4 Bodem- en bemestingsgegevens

De stikstoftoediening per bedrijf is geschat met nationale gegevens per LEI-landbouwgebied voor het jaar 1989, die berekend zijn door het LEI. De individuele bedrijfsgegevens en de nationale gegevens verschillen gemiddeld weinig per categorie. De variatie tussen de jaren is verwaarloosbaar (Fraters et al., invb.).

De Gt-verdeling per bedrijf is berekend met de bodemkaart. Er zijn drie groepen Gt's onderscheiden op basis van de gemiddeld laagste grondwaterstand; de groep tot en met Gt

IV inclusief toevoegingen (nat), Gt V tot en met Gt VI (neutraal), en vanaf Gt VII (droog). Andere indelingen bleken minder geschikt om de verschillen te verklaren.

Alle metingen worden gebruikt om te onderzoeken of voor de effecten van wisselende neerslaghoeveelheden gecorrigeerd kan worden. Slechts een deel van de metingen wordt gebruikt om het benodigde aantal bedrijven en het aantal individuele monsters per bedrijf te bepalen, zie §2.1 en §3.5.

Tabel 1: *Jaarlijkse bemonstering van bedrijven in het MKBGL in de periode 1992-1995*

Bedrijf	Totaal aantal bemonsteringen	1992	1993	1994	1995	Bedrijf	Totaal aantal bemonsteringen	1992	1993	1994	1995
1	1	1	0	0	0	51	3	1	1	0	1
2	1	1	0	0	0	52	3	1	1	0	1
3	1	1	0	0	0	53	3	1	1	0	1
4	1	1	0	0	0	54	3	1	1	0	1
5	1	1	0	0	0	55	3	1	1	0	1
6	2	0	1	0	1	56	3	1	1	0	1
7	2	1	0	0	1	57	3	1	1	0	1
8	2	1	0	0	1	58	3	1	1	0	1
9	2	1	0	0	1	59	3	1	1	0	1
10	2	1	0	0	1	60	3	1	1	0	1
11	2	1	1	0	0	61	3	1	1	0	1
12	2	1	1	0	0	62	3	1	1	0	1
13	2	1	1	0	0	63	3	1	1	0	1
14	2	1	1	0	0	64	3	1	1	0	1
15	3	0	1	1	1	65	4	1	1	1	1
16	3	0	1	1	1	66	4	1	1	1	1
17	3	0	1	1	1	67	4	1	1	1	1
18	3	0	1	1	1	68	4	1	1	1	1
19	3	0	1	1	1	69	4	1	1	1	1
20	3	1	1	0	1	70	4	1	1	1	1
21	3	1	1	0	1	71	4	1	1	1	1
22	3	1	1	0	1	72	4	1	1	1	1
23	3	1	1	0	1	73	4	1	1	1	1
24	3	1	1	0	1	74	4	1	1	1	1
25	3	1	1	0	1	75	4	1	1	1	1
26	3	1	1	0	1	76	4	1	1	1	1
27	3	1	1	0	1	77	4	1	1	1	1
28	3	1	1	0	1	78	4	1	1	1	1
29	3	1	1	0	1	79	4	1	1	1	1
30	3	1	1	0	1	80	4	1	1	1	1
31	3	1	1	0	1	81	4	1	1	1	1
32	3	1	1	0	1	82	4	1	1	1	1
33	3	1	1	0	1	83	4	1	1	1	1
34	3	1	1	0	1	84	4	1	1	1	1
35	3	1	1	0	1	85	4	1	1	1	1
36	3	1	1	0	1	86	4	1	1	1	1
37	3	1	1	0	1	87	4	1	1	1	1
38	3	1	1	0	1	88	4	1	1	1	1
39	3	1	1	0	1	89	4	1	1	1	1
40	3	1	1	0	1	90	4	1	1	1	1
41	3	1	1	0	1	91	4	1	1	1	1
42	3	1	1	0	1	92	4	1	1	1	1
43	3	1	1	0	1	93	4	1	1	1	1
44	3	1	1	0	1	94	4	1	1	1	1
45	3	1	1	0	1	95	4	1	1	1	1
46	3	1	1	0	1	96	4	1	1	1	1
47	3	1	1	0	1	97	4	1	1	1	1
48	3	1	1	0	1	98	4	1	1	1	1
49	3	1	1	0	1	99	4	1	1	1	1
50	3	1	1	0	1	Totaal	313	93	90	40	90

1 = wel bemonsterd; 0=niet bemonsterd

3 RESULTATEN

3.1 Verschillen in nitraatconcentraties tussen 1992 en 1995

In deze paragraaf wordt aangetoond dat de nitraatconcentraties verschillen tussen 1992 en 1995. De verschillen worden berekend voor de twee bemonsteringsmethodes.

Methode 1

Het gemiddelde (gem) van de dalingen op 80 bedrijven die zowel in 1992 als in 1995 zijn bemonsterd (methode 1), bedraagt 100 mg/l. De standaardfout (sf) voor de schatting van het nationale gemiddelde van de dalingen op bedrijven bedraagt 7,5 mg/l. Hierbij is aangenomen dat de bedrijven aselekt zijn gekozen. De stikstofoverschotten van de verschillende categorieën overlappen elkaar zodat de aanname redelijk is, zie ook Van Swinderen et al., (1993). De gemiddelde concentratie in 1995 is significant lager dan in 1992 ($\text{gem} - 2 \cdot \text{sf}$; $100 - 2 \cdot 7,5 = 85$ en dit is veel groter dan 0).

Methode 2

De gemiddelde nitraatconcentratie in 1992 was 187 mg/l, in 1995 85 mg/l. De daling van bedrijfsgemiddelden bedraagt 102 mg/l (sf is 11) volgens methode 2. Aangenomen is dat de metingen uit 1992 en 1995 afkomstig zijn van verschillende bedrijven en dat varianties in beide jaren gelijk zijn.

Vergelijk van methode 1 en 2

Het gemiddelde van de dalingen op bedrijven, berekend met methode 1, moet gelijk zijn aan de daling van bedrijfsgemiddelden, berekend met methode 2. De verschillen tussen beide methoden, zie tabel 2, komen doordat bij methode 2 ook bedrijven in de berekening zijn betrokken die slechts in één van beide jaren zijn bemonsterd. De berekeningen zijn ook per bedrijfscategorie uitgevoerd, zie tabel 2 en bijlage B2 voor details.

De gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in 1995 is significant lager dan in 1992, zie tabel 2. Dit geldt voor de groep als geheel en voor elk van de onderscheiden categorieën. Beide gebruikte methoden leiden tot deze conclusie. De standaardfouten voor de gemiddelde verschillen zijn ongeveer 30% kleiner bij methode 1 dan voor de verschillen van het gemiddelde bij methode 2. Overigens verschilt dit per categorie. De standaardfout voor de intensieve bedrijven is groter. De standaardfout voor de gemiddelde daling van alle bedrijven is kleiner omdat het aantal waarnemingen groter is.

Tabel 2: *Verandering van de nitraatconcentratie (mg/l) tussen 1992 en 1995 en de standaardfout, berekend per categorie en voor de totale groep bedrijven en voor de twee bemonsteringsmethoden*

Bedrijfs categorie	___Methode 1___		___Methode 2___	
	gem.	sf.	gem.	sf.
akkerbouw	-69*	9	-70*	15
melkveehouderij-extensief	-78*	15	-73*	19
melkveehouderij-intensief	-134*	25	-129*	31
combinatiebedrijven extensief	-96*	12	-99*	18
combinatiebedrijven intensief	-130*	18	-133*	24
alle bedrijven	-100*	7,5	-102*	11

gem. = gemiddelde; sf. = standaardfout; * = significant

3.2 Verschillen in nitraat-chloride-quotiënt tussen 1992 en 1995

Uit paragraaf 3.1 blijkt dat de nitraatconcentraties in 1995 duidelijk lager zijn dan in 1992. De stikstofbelasting is echter niet afgenomen tussen 1992 en 1995 (Fraters et al., invb.). We veronderstellen daarom dat de daling van nitraatconcentraties (zie tabel 2) is veroorzaakt door meer neerslag. In de periode voor 1995 was er meer neerslag dan in de periode voor 1992. Indien door meer neerslag de verdunning toeneemt dan zullen de concentraties van andere stoffen, zoals chloride, ook dalen. Het nitraat-chloride-quotiënt mag niet verschillen tussen de jaren, indien de daling van de chlorideconcentratie, in het grondwater, op dezelfde wijze door verdunning wordt beïnvloed als de nitraatconcentratie. De nitraat-chloride-quotiënten zijn op dezelfde manier onderzocht als de nitraatconcentraties. De resultaten staan in tabel 3, zie voor details bijlage B3.

De verandering van de gemiddelde nitraatconcentratie kan niet berekend worden uit de verandering van het gemiddelde nitraat-chloride-quotiënt, omdat dit in een jaar tussen bedrijven verschilt. Het is niet mogelijk om het gemiddelde nitraat-chloride-quotiënt van een jaar om te rekenen in een gemiddelde nitraatconcentratie, door te vermenigvuldigen met de gemiddelde chloride-concentratie.

Bijvoorbeeld, stel dat de volgende nitraat- en bijpassende chlorideconcentraties zijn gevonden op twee bedrijven tijdens een jaar; 20/50 en 10/20. De gemiddelde nitraatconcentratie is 15, de gemiddelde chlorideconcentratie is 35. Het gemiddelde van de quotiënten is 0,45. Het gemiddelde quotiënt vermenigvuldigd met de gemiddelde chloride concentratie is $0,45 \times 35 = 15,75$. Dit is niet gelijk aan 15. Dit betekent dat theoretisch geen "chloride-gecorrigeerde" gemiddelde nitraatconcentratie voor 1992 en 1995 berekend kan worden, zodat ook geen "chloride-gecorrigeerd" verschil kan worden bepaald. Voor de praktijk zijn de verschillen in quotiënt wel indicatief.

Tabel 3: *Verandering van het nitraat-chloride-quotiënt tussen 1992 en 1995 en de standaardfout per categorie, berekend voor de totale groep bedrijven en voor de twee bemonsteringsmethoden*

Methode	Berekend voor methode:			
	1		2	
Bedrijfs categorie	gem	sf	Gem	sf
akkerbouw	0,28	0,25	0,25	0,49
melkveehouderij extensief	0,00	0,46	0,03	0,66
melkveehouderij intensief	-0,27	0,67	-0,50	1,1
combinatiebedrijven extensief	-0,26	0,50	-0,023	0,75
combinatiebedrijven intensief	-1,71*	0,40	-1,76*	0,71
alle bedrijven	-0,42	0,21	-0,50	0,35

gem. = gemiddelde; sf. = standaardfout

* = significant

Het nitraat-chloride-quotiënt daalt alleen duidelijk in de categorie "combinatiebedrijven intensief" ($\text{gem} + 2 \cdot \text{sf}$ is kleiner dan nul). Gemiddeld over alle bedrijven is er net geen duidelijk verschil tussen 1992 en 1995. Dit is een aanwijzing dat verdunning de hoofdoorzaak is van de daling van de nitraatconcentraties.

3.3 Verschillen in nitraat-verdunning-producten tussen 1992 en 1995

Uit het voorgaande blijkt dat de nitraatconcentraties duidelijk lager zijn in 1995 dan in 1992 door meer neerslag in de periode tussen 1992 en 1995. Verdunning is waarschijnlijk de hoofdoorzaak, omdat ook de chlorideconcentraties in gelijke mate lager zijn. Het is echter riskant om de chlorideconcentraties te gebruiken voor een verdunningscorrectie, in de toekomst. Chlorideconcentraties veranderen namelijk ook door andere oorzaken dan verdunning. Bijvoorbeeld door het gebruik van minder kunst- en dierlijke mest. Nitraat-verdunning-producten zijn beter geschikt en kunnen op dezelfde wijze worden onderzocht.

Het nitraat-verdunning-product per bedrijf is als volgt berekend. De gemiddelde nitraatconcentratie per bedrijf is vermenigvuldigd met de berekende gemiddelde verdunning per bedrijf. Verschillen in nitraat-verdunning-producten, tussen 1992 en 1995, worden weergegeven in tabel 4, zie ook bijlage B4. De nitraat-verdunning-producten zijn overal gestegen tussen 1992 en 1995. Bij akkerbouw, methode 1 en "alle bedrijven" is de stijging significant. "Combinatiebedrijven intensief" heeft de kleinste stijging.

Tabel 4; *Verandering van het nitraat-verdunning-product tussen 1992 en 1995 en de standaardfout per categorie, berekend voor de totale groep bedrijven en voor de twee bemonsteringsmethoden*

Methode	Berekend voor de methode:			
	1		2	
Bedrijfs categorie	gem	sf	Gem	sf
akkerbouw	32*	9	30	17
melkveehouderij extensief	17	15	17	18
melkveehouderij intensief	39	22	39	28
combinatiebedrijven extensief	28*	14	26	18
combinatiebedrijven intensief	7	16	3	21
alle bedrijven	24*	7	21*	10

gem. = gemiddelde; sf. = standaardfout; * = significant

Veranderingen worden niet verwacht maar worden op deze manier toch berekend. De nitraat-verdunning-producten kunnen daarom niet gebruikt worden om in de toekomst een daling te signaleren, als alternatief voor nitraat-chloride-quotiënten.

De stijgingen van nitraat-verdunning-producten, tussen 1992 en 1995, kunnen mogelijk worden opgeheven door de rekenwijze voor de verdunningen aan te passen. Indien het model meer menging van het bemonsterde grondwater veronderstelt, zal het verschil in verdunning kleiner worden en het nitraat-verdunning-product minder stijgen. Dit is niet verder onderzocht.

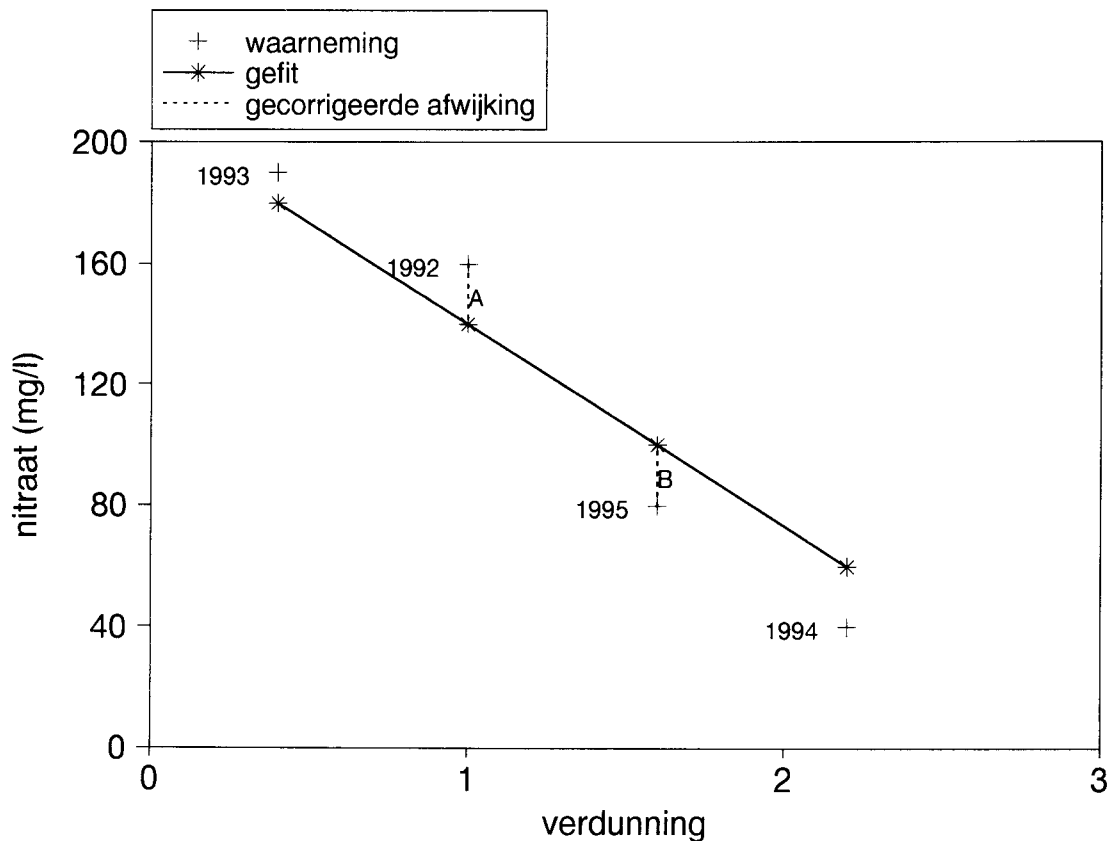
De conclusie luidt dat nitraat-verdunning-producten (nog) niet geschikt zijn om beleidsffecten te detecteren. Het bezwaar blijft gelden dat de grootte van de "verdunning-gecorrigeerde" daling niet exact kan worden aangegeven. Een gecompliceerdere correctie is beter, zie §3.4.

3.4 Gecorrigeerde veranderingen in nitraatconcentraties tussen 1992 en 1995

De daling van de nitraatconcentraties tussen 1992 en 1995 wordt toegeschreven aan meer neerslag. Correcties voor verdunning door nitraat-chloride-quotiënten en nitraat-verdunning-producten zijn, op grond van het voorgaande, niet geschikt om in de toekomst een daling te signaleren. Daarom is gezocht naar een ander soort correctie.

De correctie gaat als volgt, zowel bij bemonsteringsmethode 1 als 2.

De gemiddelde nitraatconcentraties van alle bedrijven en jaren zijn lineair gefit met de berekende verdunning, zie §2.3. De verschillen tussen gemeten concentraties en gefitte concentraties zijn de gecorrigeerde afwijkingen. De verschillen tussen gemeten concentraties en hun gemiddelde zijn



Figuur 3; Voorbeeld voor berekening van een gecorrigeerde verandering

ongecorrigeerde afwijkingen. Het gemiddelde van alle gecorrigeerde of ongecorrigeerde afwijkingen bedraagt nul. Het jaarlijkse gemiddelde van de afwijkingen kan wél van nul verschillen. Dit is het geval bij de ongecorrigeerde afwijkingen. Als het jaarlijkse gemiddelde van de gecorrigeerde afwijkingen niet duidelijk van nul verschilt dan wordt geconcludeerd dat geen onbekende jaareffecten de gemiddelde nitraatconcentratie hebben beïnvloed en dat de neerslagcorrectie voldoet.

Met de gecorrigeerde afwijkingen zijn gecorrigeerde veranderingen berekend. Analoog aan de vorige paragrafen wordt de effectiviteit van correctie getoond aan de hand van de gecorrigeerde verandering tussen 1992 en 1995.

Voorbeeld, zie figuur 3

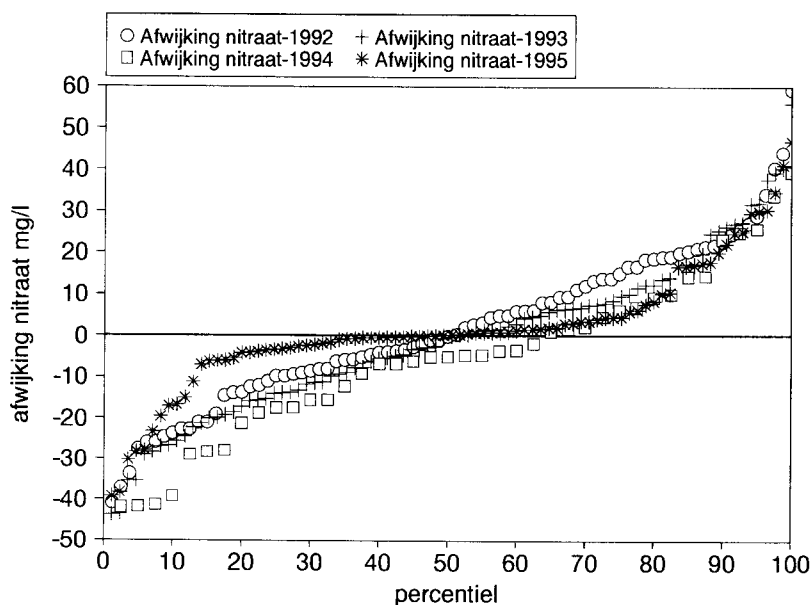
De ongecorrigeerde verandering in de gemeten nitraatconcentratie, tussen 1995 en 1992, is $(\text{nitraat}_{95} - \text{nitraat}_{92}) = -80$. De gecorrigeerde verandering is het verschil tussen twee gecorrigeerde afwijkingen $(\text{nitraat}_{95} - \text{gefit}_{95}) - (\text{nitraat}_{92} - \text{gefit}_{92})$. De rechte lijn in figuur 3 is gefit. De gecorrigeerde afwijking van 1995 $(\text{nitraat}_{95} - \text{gefit}_{95})$ is B en bedraagt -20. De gecorrigeerde afwijking van

1992 (nitraat92-gefit92) is A en bedraagt 20. De gecorrigeerde verandering is $B-A = -40$.

Gecorrigeerde veranderingen tussen twee jaar worden niet verwacht, als de correctie voor neerslageffecten effectief is. De eis, dat de gecorrigeerde veranderingen gemiddeld niet duidelijk mogen verschillen van nul, komt overeen met de eis dat de gecorrigeerde afwijkingen, per jaar, gemiddeld niet duidelijk mogen verschillen van nul. Een aanvullende eis is dat de gecorrigeerde afwijkingen kleiner zijn dan de ongecorrigeerde. Anders heeft de verandering in neerslag niets te maken met de verandering in nitraatconcentraties.

Gecorrigeerde veranderingen, voor bemonstering volgens de methode 1

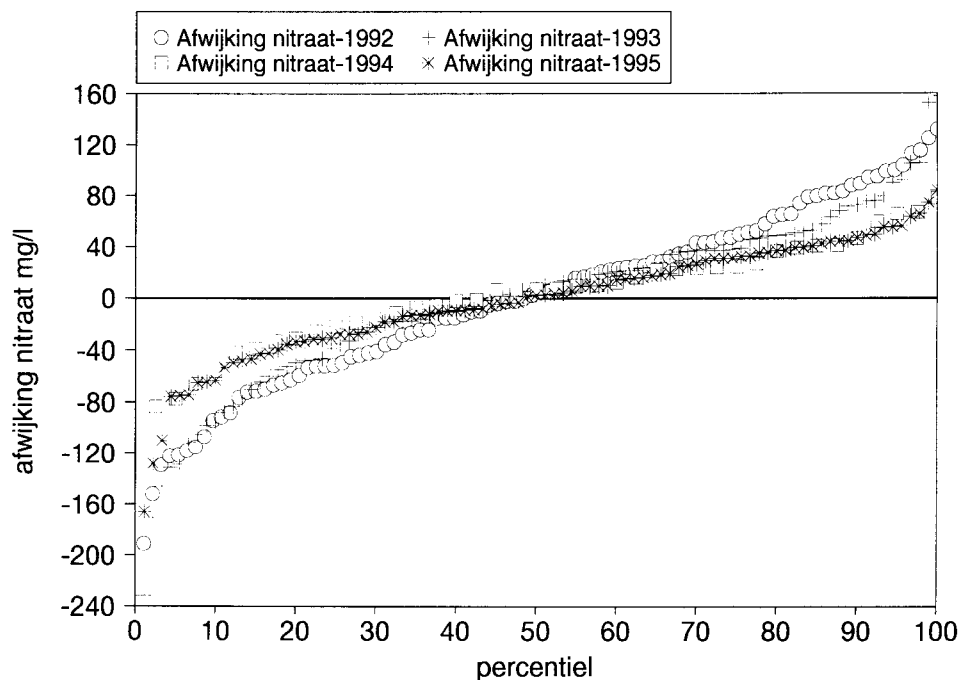
De nitraatconcentratie is gefit met de berekende verdunning op elk bedrijf waar drie of meer keer is gemeten. Twee metingen zijn nodig om de verdunning en een constante te fitten. Een meting is nodig om de jaarlijkse gecorrigeerde afwijkingen te berekenen. Het gemiddelde van alle gecorrigeerde veranderingen wordt statistisch onderzocht, zie tabel 5. De jaarlijkse gecorrigeerde afwijkingen staan in figuur 4.



Figuur 4; Afwijkingen van gemeten concentraties ten opzichte van gefitte (bemonstering volgens methode 1)

Uit figuur 4 wordt afgeleid dat de jaarlijkse gecorrigeerde afwijkingen globaal evenveel stijgen als dalen en dat hun gemiddelde ongeveer nul bedraagt. Het jaar 1994 wijkt wat af van de andere jaren. Mogelijk komt dit doordat op minder bedrijven is gemeten. De neerslagcorrectie voldoet.

Gecorrigeerde veranderingen, voor bemonstering volgens de methode 2



Figuur 5; Afwijkingen van gemeten nitraatconcentraties ten opzichte van gefitte (bemonstering volgens methode 2)

Elk bedrijfsgemiddelde is opgevat als een onafhankelijke meting van een aselekt bedrijf. Bemonsteringsmethode 2 kan daardoor onderzocht worden. De nitraatconcentraties worden naast de verdunning ook gefit met de stikstofbelasting (volgens de LEI-gegevens per landbouwgebied en bedrijfstype) en Gt's (volgens de bodemkaart 1:50000). Voor correctie bij methode 1 is deze extra correctie niet nodig omdat, in tegenstelling tot de verdunning, wordt aangenomen dat deze factoren nauwelijks verschillen op een bedrijf gedurende de bemonsteringsperiode. De jaarlijkse gecorrigeerde afwijkingen staan in figuur 5. Figuur 5 laat zien dat de jaarlijkse gecorrigeerde afwijkingen ongeveer evenveel dalen als stijgen. Zowel in figuur 4 als 5 valt op dat de spreiding van de gecorrigeerde afwijkingen van de jaren 1992 en 1993 groter is dan van de jaren 1994 en 1995. Dit kan als volgt verklaard worden. De berekende verdunning voor de jaren 1992 en 1993 is kleiner dan de berekende verdunning voor de jaren 1994 en 1995. De verdunning is berekend met weersdistrictgemiddelde neerslaggegevens. In droge jaren is de relatieve variatie in neerslaghoeveelheden binnen een district groter. Hierdoor is er een samenhang tussen de spreiding van de

gecorrigeerde afwijkingen en de grootte van de berekende verdunning.

Het verschil tussen de gecorrigeerde afwijkingen van 1995 en 1992 wordt geïnterpreteerd als de gecorrigeerde verandering, zie tabel 5.

Resultaten van de methodes 1 en 2

De gemiddelde gecorrigeerde verandering tussen 1992 en 1995, berekend voor de bemonsteringsmethodes 1 en 2 worden met tabel 5 weergegeven.

Tabel 5: *Gecorrigeerde verandering van de nitraatconcentraties tussen 1992 en 1995 en de standaardfout, berekend per categorie en voor de totale groep van bedrijven en voor de twee bemonsteringsmethoden.*

	---Methode 1---		---Methode 2---	
	gem	sf	gem	sf
akkerbouw	3,7	4,1	28*	13
melkveehouderij extensief	4,3	4,4	17	14
melkveehouderij intensief	-3,1	7,9	-9	26
combinatie bedrijven extensief	-5,1	5,9	9	14
combinatie bedrijven intensief	0,9	8,8	-33	23
alle bedrijven	0,03	2,8	2,5	8,7

gem. = gemiddelde; sf. = standaardfout; * = significant

De gemiddelde gecorrigeerde verandering (gem) wijkt niet duidelijk af van nul bij bijna alle categorieën en methode 1 en 2. Dit in tegenstelling tot de ongecorrigeerde veranderingen uit tabel 2. De categorie "Akkerbouw", bij methode 2, is net wel significant gestegen, indien met 5% significantie getoetst wordt. Aangezien 10 maal (5 categorieën en 2 methodes) kan worden getoetst of de verandering afwijkt van nul, is de kans om toevallig een significante verandering te vinden groter dan bij een enkele toets. Houden we hier rekening mee dan worden geen significante veranderingen gevonden. De geconstateerde stijging bij akkerbouw, met methode 2, wordt niet gevonden door methode 1. De nitraat-chloride-quotiënten (tabel 3) laten wel een duidelijke daling zien bij "combinatie bedrijven intensief", zowel met methode 1 als methode 2. De neerslagcorrectie voldoet beter aan de eis dat gecorrigeerde veranderingen tussen de jaren niet duidelijk zichtbaar mogen zijn. De neerslagcorrectie houdt ook rekening met andere neerslageffecten dan alleen verdunning. Mogelijk voldoet deze correctiemethode daardoor beter dan de quotiënten. In tabel 6 worden gecorrigeerde veranderingen gegeven voor alle jaren en voor "alle bedrijven". Tussen

andere jaren worden ook geen significante gecorrigeerde veranderingen gevonden.

Door de neerslagcorrectie kunnen nauwkeuriger uitspraken worden gedaan over een eventuele daling, vergelijk de sf's van tabel 2 en tabel 5. Tevens blijkt bemonsteringsmethode 1 nauwkeuriger te zijn dan methode 2.

Tabel 6: *Gecorrigeerde verandering van nitraatconcentraties (mg/l) tussen 1992 en de overige jaren, berekend voor de totale groep van bedrijven en voor de twee bemonsteringsmethoden*

	---Methode 1---		---Methode 2---	
	gem	sf	gem	sf
1993	2,5	4,3	1,0	8,7
1994	7,4	4,2	-3,1	11,1
1995	0,03	2,8	2,5	8,7

(Zie bijlage b5 en b6)

gem. = gemiddelde; sf. = standaardfout; * = significant

In het jaar 1993 was de verdunning klein en in 1994 en 1995 groot. Tabel 6 levert geen aanwijzingen voor een eventuele samenhang tussen de gecorrigeerde verandering ten opzichte van 1992 en de mate van verdunning.

In het bovenstaande is onderzocht of de gecorrigeerde verandering ten opzichte van 1992 samenhangt met het jaar van meting. Het is tevens mogelijk om te onderzoeken of de nitraatconcentraties mede verklaard kunnen worden door het "jaar van meting". Als bemonsterd is volgens methode 2 dan kan het "jaar van meting" samen met de stikstofgift, Gt en de verdunning, als een variabele in een regressiemodel worden opgenomen. Het blijkt dat de variabele "jaar van meting" geen invloed heeft op de nitraatconcentraties, als met verdunning rekening wordt gehouden, zie bijlage B7. Deze bevinding onderstreept het resultaat dat voor neerslageffecten gecorrigeerd kan worden.

Bij een bemonsteringswijze volgens methode 1 is de invloed van het "jaar van meting" onderzocht door een model dat nitraatconcentraties per bedrijf verklaart met de "mate van verdunning" en "jaar van meting", zie bijlage B7. Er zijn aanwijzingen dat het "jaar van meting" slechts in geringe mate invloed heeft op de nitraatconcentraties. Er zijn tevens aanwijzingen dat varianties niet homogeen zijn, zodat niet goed naar de invloed van "jaar van meting" gezocht kan worden.

Door de neerslagcorrectie moeten de gecorrigeerde afwijkingen kleiner zijn dan de ongecorrigeerde, zie §2.3. Als bij bemonsteringsmethode 1 wordt gecorrigeerd voor neerslageffecten dan neemt de grootte van de afwijkingen gemiddeld met ongeveer 70% af. (90% variance accounted for, bijlage B5). Als bij methode 2 wordt gecorrigeerd voor; (a) de Gt, (b) de stikstoftoediening en (c) de verdunning, dan neemt de grootte van de afwijkingen af met gemiddeld 34%.

De neerslagcorrectiemethode, die in deze paragraaf 3.4 is onderzocht, voldoet en is beter dan de correcties uit §3.2 en §3.3.

3.5 Aantal benodigde bedrijven, bemonsteringsrondes en individuele monsters per ronde

Uit het voorgaande volgt dat beleids- en neerslageffecten gescheiden kunnen worden. De benodigde bemonsteringsopzet en -inspanning om een beleidseffect, of een nader te specificeren gecorrigeerde daling in de nitraatconcentratie, te kunnen detecteren (zie §1.3), wordt nu onderzocht.

De benodigde bemonsteringsinspanning kan worden berekend als het volgende bekend is:

- 1- de gewenste minimale gecorrigeerde daling, waarbij men een beleidseffect wil detecteren,
- 2- de gewenste (grote) kans op detectie van het beleidseffect,
- 3- de gewenste (kleine) kans op onterechte detectie van een beleidseffect,
- 4- de variantie van de gecorrigeerde veranderingen (bij bemonsteringsmethode 1) of van de gecorrigeerde afwijkingen (bij bemonsteringsmethode 2).

Het benodigde aantal gegevens (gecorrigeerde veranderingen of gecorrigeerde afwijkingen) kan worden berekend met een recept uit Snedecor and Cochran 1989, blz. 104.

Het aantal keuzes, voor punt 1 tot en met 3, is groot. De benodigde bemonsteringsinspanning, om een gecorrigeerde daling van 20 mg/l of meer te kunnen detecteren, wordt ter illustratie berekend. Een daling van minder dan 20 mg/l lijkt ons niet relevant bij een gemiddelde concentratie van 140 mg/l en een grenswaarde van 50 mg/l.

Stel dat een gecorrigeerde daling van 20 mg/l of meer met een kans van 90% moet worden gedetecteerd door middel van een 5% eenzijdige test. De varianties zijn vermeld in bijlage B5, blz. 28, in bijlage B6, blz 35 en in bijlage B8, blz.43. De varianties zijn afhankelijk van het aantal individuele monsters per bedrijf. Er zijn varianties gebruikt voor 16 en 48 individuele monsters per bedrijf, zie paragraaf 2.1. De rekensom is in detail weergegeven met de kleine letters aan het eind van de paragraaf.

Het resultaat van de berekeningen is dat 16 gecorrigeerde veranderingen nodig zijn voor methode 1 zijn, als de variantie is berekend met 48 individuele monsters of 34 gecorrigeerde veranderingen bij 16 individuele monsters. Dit wil zeggen dat 16 bedrijven 3 keer bemonsterd worden door 48 individuele monsters per keer of 34 bedrijven 3 keer met 16 individuele monsters per keer.

Voor methode 2 zijn 240 gecorrigeerde afwijkingen nodig, als de variantie is berekend met 16 individuele monsters, of 150 gecorrigeerde afwijkingen als de variantie is berekend met 48 individuele monsters per bedrijf.

Voor methode 1 is de nulsituatie (PGB) meer dan voldoende vastgelegd, als de bedrijven, die tot nu toe zijn bemonsterd, worden opgevat als een representatieve steekproef. Eén aanvullende eenmalige bemonstering van 16 van deze bedrijven met 48 individuele monsters in de toekomst (PWB) is voldoende om de daling van 20 mg/l te detecteren. Een aanvullende eenmalige bemonstering van 34 bedrijven, met 16 individuele monsters per bedrijf is ook voldoende.

Voor methode 2 beschikken we al over 99 bedrijven in de PGB, die tweemaal zijn bemonsterd met 48 individuele monsters en eenmaal met 16 individuele monsters. In totaal zijn 150 bedrijven nodig indien 48 individuele monsters worden genomen. Er moeten in principe 75 bedrijven tijdens de PGB worden bemonsterd en 75 tijdens de PWB. Er moet dus nog op 75 andere bedrijven worden bemonsterd tijdens de PWB met 48 individuele monsters. Een aanvullende bemonstering van 120 nieuwe bedrijven met slechts 16 monsters per bedrijf, lijkt ook voldoende, zie tabel 7.

Tabel 7 bevat resultaten van berekeningen die gebruikt worden voor de bepaling van de bemonsteringsinspanning die nodig is om een daling van 20 mg/l te signaleren.

Tabel 7; *Bemonsteringsinspanning voor een aanvullende bemonstering om een gecorrigeerde daling van 20 mg/l nitraat met 90% kans te detecteren*

	Methode 1		Methode 2	
aantal individuele monsters	48	16	48	16
aantal bedrijven	16	34	75	120
aantal analyses	64	34	300	120
totaal aantal monsters	768	544	3600	1920

De berekeningen voor tabel 7 zijn gebaseerd op steekproefvarianties van gecorrigeerde veranderingen en afwijkingen tussen 1992 en 1995 en daarom indicatief. De aantalsbepaling voor methode 2 lijkt robuuster dan voor methode 1, omdat bij methode 1 de varianties, van de gecorrigeerde veranderingen tussen andere jaren, meer variëren, zie bijlage B5 en B6. De variantie van gecorrigeerde veranderingen bij methode 1 tussen 1992 en 1993 (droge jaren !) is meer dan tweemaal groter dan tussen 1992 en 1995 of 1993 en 1995. Er wordt voorgesteld om de bemonstering in de tijd te spreiden, zie volgende paragraaf. Daarom zijn aantalsindicaties met de variantie van de gecorrigeerde veranderingen tussen 1992 en 1995, berekend.

Bovenstaande uitspraken zijn gedaan met behulp van de volgende berekeningen.

De steekproefvariantie van de gecorrigeerde veranderingen tussen 1992 en 1995 bij bemonsteringsmethode 1 bedraagt 646, zie bijlage B5. Het aantal benodigde veranderingen wordt bepaald met het quotiënt van de variantie en het kwadraat van de te detecteren gemiddelde gecorrigeerde verandering, 20^2 , $(646/400 = 1,62)$. Dit quotiënt wordt vermenigvuldigd met een waarde die afhangt van het onderscheidingsvermogen (90%) en de significantie (5%). Deze waarde bedraagt 8,6 en is terug te vinden in Snedecor and Cochran, 1989, blz. 100. Het aantal benodigde gecorrigeerde veranderingen is het produkt $1,62 \cdot 8,6 = 14$ gesommeerd met 2, volgens de procedure, en gelijk aan 16.

Ongeveer dezelfde procedure wordt bij bemonsteringsmethode 2 gevolgd. De steekproefvariantie van de gecorrigeerde afwijkingen in 1992 en 1995, bedraagt 3385, zie bijlage B6. Het aantal benodigde bedrijven bedraagt $2 \cdot 3385/400 \cdot 8,6 + 1 = 150$. De steekproefvariantie zal gemiddeld iets hoger zijn dan de populatievariantie. Na correctie met de formule van Snedecor and Cochran, (1989, blz. 100), bedraagt de zuivere schatting van de variantie 3375. Dit wordt verder verwaarloosd.

Het berekende aantal gecorrigeerde veranderingen en afwijkingen, die nodig zijn om de daling te detecteren, zijn gebaseerd op 48 individuele monsters per bedrijf in 1992, 1993 en 1994 en 16 individuele monsters per bedrijf in 1995. Als benadering voor het scenario dat slechts 16 individuele monsters op een bedrijf worden genomen, is de procedure ook gevolgd met jaarlijks bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties van 12 individuele monsters in 1992-1994 en het gemiddelde van 16 individuele monsters in 1995. Nu zijn 34 gecorrigeerde veranderingen nodig voor methode 1 en 240 gecorrigeerde afwijkingen voor methode 2, zie bijlage B8.

3.6 Discussie

In het voorgaande zijn de vragen 1, 2 en 4 die zijn gesteld in de inleiding, beantwoord. Er is aangetoond dat veranderingen in nitraatconcentraties gecorrigeerd kunnen worden voor neerslageffecten. Tevens is de bemonsteringsinspanning aangegeven voor een aantal mogelijke bemonsteringsopzetten om een gecorrigeerde daling van 20 mg/l te detecteren. Indien telkens op dezelfde bedrijven wordt gemeten is de benodigde bemonsteringsinspanning duidelijk minder.

Er zijn echter praktische, beleidsmatige of organisatorische randvoorwaarden die de keuze van een bemonsteringsplan beïnvloeden. In deze paragraaf worden enkele van deze randvoorwaarden besproken aan de hand van tabel 7. Eerst wordt vraag 3 beantwoord.

Moet de bemonstering in de tijd geconcentreerd of juist gespreid worden ?

Onbekende oorzaken kunnen de nitraatconcentratie laten dalen. Onbekende oorzaken zullen van jaar tot jaar een wisselend effect hebben, net zoals het neerslageffect. Binnen een jaar is de variatie klein (zie Fraters et al., in voorbereiding). Er is aangenomen dat onbekende oorzaken geen duidelijke effect hebben gehad tijdens de PGB. Deze aanname is onderzocht en er is geen aanleiding gevonden om de aanname te verwerpen. Absolute zekerheid voor de toekomst is er niet. De aanname kan het best onderzocht worden en is het minst kritiek als de bemonsteringsinspanning zo goed mogelijk over de jaren wordt gespreid.

De stikstofoverschotten worden vanaf 1998 trapsgewijs verminderd van 300 kg/ha tot 180 kg/ha in 2008. Voor methode 1 en 2 geldt dat bemonstering tussen 1998 en 2008 minder efficiënt is om beleidseffecten te meten, omdat dan de daling nog niet maximaal is. Bemonstering tussen 1998 en 2008 is echter essentieel om zo snel mogelijk beleidseffecten te meten.

Randvoorwaarden bij methode 1

Methode 1 vergt, volgens tabel 7, minder meetinspanning, maar heeft ook nadelen. Als bedrijven niet meer meedoen, bijvoorbeeld wegens bedrijfsbeëindiging, dan kunnen hun gegevens niet meer gebruikt worden.

Het is organisatorisch efficiënt om aan te sluiten bij het LEI-DLO bedrijveninformatienet. Een bedrijf wordt maximaal 6 jaar door het LEI gevolgd, om te voorkomen dat de steekproef minder representatief wordt. Indien methode 1 wordt toegepast en er wordt aangesloten bij het LEI-DLO bedrijveninformatienet, dan kan slechts zes jaar worden gemeten op een bedrijf en dan zijn eerdere metingen, uit dit rapport, niet langer bruikbaar. Zes jaar is te kort om zowel in de periode zonder als met beleidseffecten te meten. Beide effecten, van neerslag en beleid, doen zich voor en kunnen minder makkelijk gescheiden worden. De neerslagcorrectie bij methode 1 kan het best worden uitgevoerd door meerdere (minstens 2) keren te bemonsteren, als het verschil in verdunning groot is en er nog geen beleidseffecten zijn. Dit is door de afwisseling van natte en droge jaren het geval geweest. In de PWB moet minstens een keer worden bemonsterd indien de verdunning een waarde heeft die binnen het traject ligt van de PGB. Indien neerslageffecten niet meer onafhankelijk van beleidseffecten gemeten worden en indien niet meer kan worden gemeten op de bedrijven die al bemonsterd zijn, dan wordt de bemonsteringsinspanning (veel) groter.

Randvoorwaarden bij methode 2

Methode 2 vergt meer inspanning maar heeft minder nadelen dan methode 1. Bedrijfsuitval, representativiteit spelen geen rol meer en aansluiting bij het LEI-DLO bedrijveninformatienet is altijd mogelijk. De gegevens, gemeten in de periode zonder beleid, worden altijd gebruikt.

Spreading van de bemonstering in de tijd en aansluiting bij het LEI-DLO bedrijveninformatienet wordt bereikt door drie keer per bedrijf te bemonsteren met twee jaar tussenpauze. Per keer worden 16 individuele monsters genomen. Dit is het aantal dat in een dag genomen kan worden. 120 Bedrijven zijn na 3 jaar bemonsterd met 16 individuele monsters, als per jaar 40 bedrijven worden bemonsterd. Na drie jaar kan een daling van 20 mg/l of meer gesignaleerd worden. De gegevens per bedrijf kunnen worden gemiddeld over de voorgaande bemonsteringsrondes. Neerslag en onbekende invloeden zijn daardoor minder kritisch.

Voor methode 2 zijn extra gegevens nodig om nitraatconcentraties te corrigeren voor de Gt-verdeling en stikstofbelasting, naast de berekende verdunning. Indien dit niet gebeurt, is het aantal benodigde bedrijven groter.

4 CONCLUSIES

Vier vragen zijn beantwoord.

Vraag 1: Is het mogelijk om te corrigeren voor de effecten van wisselende hoeveelheden neerslag op de kwaliteit van het bovenste grondwater ?

Antwoord: Ja. Met de ontwikkelde methode kunnen effecten van beleid op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater worden aangetoond.

Vraag 2: Is het beter om de komende jaren op dezelfde bedrijven het grondwater te bemonsteren of is het beter om andere bedrijven te kiezen ?

Antwoord: Een toekomstige daling van de nitraatconcentratie door beleidsmaatregelen, kan worden aangetoond met twee bemonsteringsmethoden:

Methode 1 - Dezelfde groep bedrijven wordt bemonsterd, zowel voor als na implementatie van beleid. De daling wordt berekend door de afzonderlijke dalingen per bedrijf, tussen de twee perioden, die zijn gecorrigeerd voor neerslageffecten, te middelen.

Methode 2 - Twee verschillende groepen bedrijven worden bemonsterd. Een groep wordt bemonsterd in de periode voor de implementatie van beleid, de andere groep in de periode na implementatie van beleid. De daling wordt vastgesteld als het verschil tussen gemiddeldes van de bedrijven, die bemonsterd zijn in de periode zonder beleidseffecten, en andere bedrijven die zijn bemonsterd in de periode met beleidseffecten. De daling wordt gecorrigeerd voor neerslageffecten.

Methode 1 vergt duidelijk minder bemonsteringsinspanning om eenzelfde daling te signalen. Methode 1 heeft echter het nadeel dat niet meer aangesloten kan worden bij het LEI-DLO bedrijveninformatienet omdat bedrijven slechts zes jaar gevolgd worden en dit is te kort.

Vraag 3: Moet de bemonstering in de tijd geconcentreerd of juist gespreid worden ?

Antwoord: De kans bestaat dat onbekende oorzaken de metingen van één of enkele jaren hebben beïnvloed. Beleidseffecten kunnen beter worden aangetoond als het effect gedurende een langere periode wordt gemeten. De bemonstering moet daarom zoveel mogelijk gespreid worden.

Vraag 4: Hoeveel bedrijven moeten met welke intensiteit (aantal monsters per bedrijf) bemonsterd worden om een nader te specificeren daling in nitraatconcentratie te kunnen detecteren ?

Met methode 1 kan een daling van minstens 20 mg/l met 90% kans worden vastgesteld als ongeveer:

- (a) 34 bedrijven, die al bemonsterd zijn in de periode 1992-1995, worden bemonsterd met 16 individuele monsters in de periode met beleidseffecten. Of als
- (b) 16 bedrijven, die al bemonsterd zijn in de periode 1992-1995, worden bemonsterd met 48 individuele monsters in de periode met beleidseffecten.

Met methode 2 kan een daling van minstens 20 mg/l met 90% kans worden vastgesteld als ongeveer:

- (a) 120 nieuwe bedrijven worden bemonsterd met 16 individuele monsters in de periode met beleidseffecten. Of als
- (b) 75 nieuwe bedrijven worden bemonsterd met 48 individuele monsters in de periode met beleidseffecten.

De beantwoording van deze vragen is nodig om keuzes, voor de inrichting van een meetnet dat de effecten van het mestbeleid signaleert, statistisch te onderbouwen. Bij de inrichting van een dergelijk meetnet spelen naast statistische ook praktische overwegingen een rol. Deze worden in dit rapport ten dele genoemd.

LITERATUUR

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 728472013

Boumans L.J.M. en G. van Drecht, 1995

Nitraat in het bovenste grondwater bij landbouwgewassen, bos en heideveld in de zandgebieden van Nederland, RIVM-rapport 714901004

Drecht G. van, 1983

Simulatie van het verticale niet-stationaire transport van water en een daarin opgeloste stof in de grond, RID-mededeling 83-11, RID, Leidschendam

Fraters B., H.A. Vissenberg, L.J.M. Boumans, T. de Haan en D.W. de Hoop, in voorbereiding

Meetprogramma kwaliteit bovenste grondwater landbouwbedrijven 1992-1995, RIVM-rapport

Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1995

Integrale notitie mest- en ammoniakbeleid, Tweede Kamer, vergaderjaar 1995-1996, 24 445, nr. 1

Praagman J. en J. Steigstra, 1995

Evaluatie van het meetprogramma kwaliteit bovenste grondwater landbouwbedrijven, CQM-rapport E1161-01

Snedecor W.G. and W.G. Cochran, 1989

Statistical methods, Iowa state university press /ames. 8 th ed.

Van Swinderen E.C., B. Fraters, H.A. Vissenberg, T. de Haan en D.W. de Hoop, 1996

Meetprogramma kwaliteit bovenste grondwater landbouwbedrijven resultaten tweede bemonstering 1993, RIVM-rapport 714831001

Van Swinderen E.C., W.J. Willems, C.H.G. Daatselaar, T. de Haan en D.W. de Hoop, 1994

Meetprogramma kwaliteit bovenste grondwater landbouwbedrijven resultaten eerste bemonstering 1992, RIVM-rapport 714901002

BIJLAGE A; Berekening van de verdunning

Bij een gemiddeld neerslagoverschot van 365 mm/jaar en een massastroomdichtheid aan maaiveld van een conservatieve opgeloste stof, die niet door het gewas wordt opgenomen, van 1 mg/m²/dag wordt een tijdgemiddelde concentratie in het grondwater van 1 mg/l verwacht. Ruimtelijke variaties van neerslag en verdamping, grondsoort, gewastype en diepte van de grondwaterspiegel veroorzaken variatie van het neerslagoverschot naar de plaats en in de tijd en die resulteren in variaties rondom de gemiddelde concentratie van 1 mg/l. Na een paar natte jaren met een meer dan gemiddeld neerslagoverschot vinden we concentraties lager dan 1 mg/l en na een paar droge jaren, zoals 1990-1995, vinden we concentratie hoger dan 1 mg/l. De idee is dat de gemeten nitraatconcentraties gecorrigeerd zouden kunnen worden voor het weer door te delen door de indikkingsfactor om dan uitspraken te kunnen doen over de veranderingen in de nitraatconcentratie voor het geval dat het weer van de afgelopen jaren niet extreem droog zou zijn geweest.

Het bodemprofiel

De verdunning is berekend voor een leemarme, zeer fijn tot matig fijne dekzandgrond. Het bodemprofiel bestaat uit een bovengrond met een dikte van 50 cm en een ondergrond van hetzelfde materiaal. Voor de bodemfysische eigenschappen is gebruik gemaakt van de Staringreeks (resp. bovengrond 1 en ondergrond 1, tabel 3, Wosten et al, 1987). De vocht karakteristiek is een getabelleerde relatie tussen het vochtgehalte en de drukhoogte (H_p). In het model wordt het vochtgehalte bepaald door lineaire interpolatie m.b.v. de pF-waarde: $^{10}\log(-H_p)$. De onverzadigde doorlatendheid (K) wordt berekend door interpolatie in een tabel van $^{10}\log(k)$ tegen H_p .

drainageweerstand

Beschouwd wordt het transport van een opgeloste stof tot zo'n 1 meter onder de gemiddeld laagste grondwaterspiegel (GLG). Dit wordt de ontwateringsbasis genoemd (bijvoorbeeld een sloot op enige afstand). De grondwaterstroming naar deze ontwateringsbasis ondervindt een drainageweerstand, die constant is verondersteld. Door deze weerstand en de seizoensvariatie van de grondwataervulling stijgt de grondwaterspiegel in de winter en daalt hij in de zomer. Bij diepere grondwaterspiegels is de afstand tot sloten gewoonlijk groter en is ook de drainageweerstand groter. Er zijn berekeningen uitgevoerd voor tien ontwateringsniveau's (ON). Bij een ontwateringsniveau op 50 cm diepte kan de grondwaterspiegel tot in het maaiveld komen. Om dit te voorkomen is nog een tweede ontwateringsbasis aangebracht op 20 cm diepte met een kleine drainageweerstand. Dit kan beschouwd worden als afvoer via greppels.

Tabel 1: Ontwateringsniveau's, diepte profiel en drainageweerstand

nr	ON (cm -mv)	profiel diepte (cm -mv)	drainageweerstand (dag)
1	50	150	50
2	100	200	100
.	.	.	.
.	.	.	.
10	500	600	500

De berekeningen zijn uitgevoerd met een mathematisch model voor de onverzadigde zone (ONZAT, Van Drecht, 1983). De verticaal is over de beschouwde diepte opgedeeld in lagen van 10 cm. De berekende grondwaterspiegel heeft een seizoensvariatie (amplitudo) van een halve meter bij een ondiep ontwateringsniveau tot een meter bij een ontwateringsniveau van meer dan 1 meter. De verdunning is geschat als het rekenkundig gemiddelde van de berekende concentraties in de eerste 10 waterverzadigde lagen van het bodemprofiel (vanaf maaiveld gerekend). De berekeningen zijn uitgevoerd voor een periode van 10 jaar van 1 januari 1985 tot en met 31 december 1994. De tussenresultaten van de berekening zijn uitgevoerd met stappen van 10 dagen. Daardoor is voor elke meting van de nitraatconcentratie een verdunning beschikbaar, die kwa tijdstip en -diepte overeenkomt met de meting.

Transport en menging

Het model voor het transport van een opgeloste stof is beschreven door Van Drecht (1983). Het transport bestaat uit advectie, diffusie en dispersie. De moleculaire diffusiecoëfficiënt in de grond (D_m) is een functie van de moleculaire diffusiecoëfficiënt in water (D_0) en de tortuositeit of bochtigheid:

$$D_m/D_0 = \text{tortuositeitscoëfficiënt (0-1)}$$

$$\text{De tortuositeitscoëfficiënt} = a \cdot \text{vochtgehalte}^b$$

De moleculaire diffusiecoëfficiënt in water (D_0) van chloride is gelijk aan $1,6 \text{ cm}^2/\text{dag}$. In de berekeningen is de parameter D_0 gelijk gesteld aan $1 \text{ cm}^2/\text{dag}$. Voor beide tortuositeits parameters

is de waarde 0,5 gebruikt. Met deze parameterwaarden komt het model goed overeen met de resultaten van experimenteel onderzoek, zoals dat door Duynisveld (1983) is weergegeven.

De hydro-dynamische dispersiecoëfficiënt (D_h) is een functie van de volumestroomdichtheid (q), het vochtgehalte en de dispersiviteit of dispersielengte (a):

$$D_h = a \cdot |q| / \text{vochtgehalte} \quad (0 < \text{vochtgehalte} < 1)$$

De dispersiviteit is een factor, die afhangt van de ruimtelijke schaal van het transport. Voor de beschrijving van het transport in de onverzadigde zone van een homogene dekzandgrond over een traject van een paar meter wordt een dispersiviteit van 5 cm verwacht. Dit moet als een minimum beschouwd worden als er zichtbare struktuurelementen in het bodemprofiel te zien zijn.

De bovenkant van het beschouwde bodemprofiel is ondoorlatend voor diffusie en dispersie. Voor advectief transport is de bovenkant alleen in neerwaartse richting doorlatend. De onderkant van het bodemprofiel wordt beschouwd als ondoorlatend voor diffusie en dispersie, hoewel dat in strijd met de werkelijkheid is. Deze aanname is noodzakelijk bij het ontbreken van meetgegevens van de concentratie aan de onderkant. De onderkant is wel doorlatend voor advectief transport, maar omdat de concentratie aan de onderkant niet bekend is, wordt aangenomen dat de concentratie aan de buitenzijde gelijk is aan de (berekende) concentratie aan de binnenzijde van het grensvlak. Deze randvoorwaarde komt er op neer dat de concentratiegradient op het grensvlak gelijk is aan 0.

Verdamping

De verdamping van water of evapotranspiratie is de som van interceptieverdamping, verdamping van het grondoppervlak en de transpiratie van het gewas (De Laat, 1985). De verdampingsvraag van de atmosfeer wordt geschat op basis van de open water verdamping volgens Penman (E_o). De potentiële gewasverdamping (interceptie- en transpiratie) wordt berekend m.b.v. gewasfactoren (CHO, 1987). Bij gras is de verdamping van het grondoppervlak verwaarloosd. Bij maïs wordt de potentiële verdamping van de grond berekend als het resterende deel van de Penmanverdamping, na aftrek van de potentiële gewasverdamping. De actuele verdamping van het grondoppervlak is gelimiteerd door a) de hoeveelheid neerslag en b) door de potentiële verdamping van het grondoppervlak. Op deze manier is de verdamping van het grondoppervlak afhankelijk van de beschikbaarheid van neerslag- en verdampingscijfers (per dag of per decade). In deze toepassing wordt gebruik gemaakt van decadegemiddelde waarden van de neerslag en de Penmanverdamping. Daarom moet de potentiële verdamping van het grondoppervlak vermenigvuldigd worden met de factor 1/3. Deze factor is empirisch bepaald door meerjarige berekeningen uit te voeren van de

actuele verdamping van het grondoppervlak met zowel daggemiddelde als decadegemiddelde gegevens van de neerslag en Penmanverdamping te De Bilt.

Interceptieverdamping is de verdamping van een nat gewas. De capaciteit van het interceptiereservoir is maximaal bij een volgroeid gewas. De capaciteit van het interceptiereservoir op een bepaald moment in het groeiseizoen wordt geschat als het produkt van de gewasfaktor en de maximale capaciteit van het interceptiereservoir. De Laat (1985, blz 63) gebruikt voor gras en maïs waarden voor de maximale interceptiecapaciteit van respectievelijk 0.5 en 1 mm. Deze waarden zijn specifiek voor het gebruikte model (MUST) en gelden voor daggemiddelde neerslag en verdamping. Bij gebruik van decadegemiddelde gegevens moet de interceptiecapaciteit kleiner zijn. In dit onderzoek is de maximale interceptiecapaciteit voor gras en maïs geschat op 0,5 - 1 mm bij decadegemiddelde waarden van de neerslag en verdamping. Bij daggemiddelde waarden moet de interceptiecapaciteit drie keer zo groot zijn, anders wordt er te weinig interceptieverdamping berekend. De actuele verdamping vanuit het interceptiereservoir is begrensd door a) de hoeveelheid, die er in zit, eventueel aangevuld door de neerslag en b) door de potentiële gewasverdamping.

Transpiratieverdamping is de verdamping van water van een droog (niet nat) gewas. Het water wordt door de wortels onttrokken aan de grond. De transpiratieverdamping is begrensd door a) de potentiële gewastranspiratie en b) de hoeveelheid beschikbaar vocht in de wortelzone. De potentiële gewastranspiratie is het verschil van de potentiële gewasverdamping en de interceptieverdamping van het natte gewas. De hoeveelheid beschikbaar vocht in de wortelzone wordt berekend op basis van de transpiratie-reduktiefunctie. In principe is hetzelfde transpiratiereductiemodel gebruikt als in het onderzoek: "Vergelijking van modellen voor de onverzadigde zone en de verdamping", CHO-TNO, 1985. Zie ook Drecht (1985). De parameters kunnen enigszins verschillen. De wortelzone van gras groeit tussen 1 april en 1 november (210 dagen). Buiten dit groeiseizoen is er geen wortelactiviteit en is er geen wateropname door de wortels. Het groeiseizoen voor maïs loopt van 1 mei tot 1 oktober (150 dagen). De groei van de diepte van de wortelzone is gelijk aan de toename van cumulatieve potentiële verdamping in het groeiseizoen. De minimum diepte is 10 cm (binnen het groeiseizoen). Gemiddeld groeit de wortelzone dus tot zo'n 45 cm diepte. De minimum diepte is 10 cm. De maximum diepte is gelijk aan 50 cm. De groei kan versneld of vertraagd worden met een parameter. Voor maïs lijkt de maximum diepte van 45 cm te weinig.

Beschikbare gegevens van de neerslag en de verdamping

Er is gebruik gemaakt van districtgemiddelde waarden van de neerslagsom per decade, zoals gepubliceerd in de maandoverzichten van het weer (KNMI, 1985-1994). Er zijn vijftien districten

en de decadesommen van de neerslag zijn afgerond op hele millimeters. Als geen meting is verricht is dat genoteerd met een decimale punt. Aangenomen is dat de neerslag dan verwaarloosbaar is. Per district is een hoofdstation gekozen voor de open-water verdamping volgens Penman. Decadesommen van de Penman-verdamping zijn afgerond op hele millimeters. Vanaf april 1987 is niet de Penman-verdamping, maar de referentiegewas-verdamping, berekend volgens Makkink, door het KNMI gepubliceerd in tienden van mm/decade voor 21 stations. Om aansluiting te krijgen met de voorgaande jaren is de Penman-verdamping geschat uit de Makkink-verdamping. Bij benadering geldt: $\text{Makkink} = 0.8 \text{ Penman}$ (CHO, 1987). Uit de beschikbare stations zijn representatieve stations gekozen voor de districten.

Ontbrekende gegevens:

Vooraf in de winter zijn vaak geen cijfers voor de Penmanverdamping gepubliceerd. In die gevallen is in de maandoverzichten een decimale punt genoteerd. In het bestand is aangenomen dat de Penmanverdamping verwaarloosbaar is (aangegeven met een nul). De verdamping op jaarbasis wordt hierdoor enigszins onderschat. In 1986 ontbreken de cijfers voor Lelystad in de maand maart en mei. Dit gat is opgevuld met de cijfers voor Hoorn. Vanaf 1985 zijn de gegevens direct overgenomen uit de maandoverzichten van het weer (KNMI). Er zijn ook andere stations mogelijk: Terschelling, Kloosterburen, Valkenburg (ZH), Deelen (Veluwe), Rotterdam en Philippine. Voor de derde decade van augustus 1988 zijn geen cijfers van de Makkink-verdamping gepubliceerd voor Biddinghuizen en Vredepeel en Eibergen. Daarvoor zijn de cijfers van nabijgelegen stations gebruikt (resp.

De Bilt, Twente en Eindhoven). In januari 1991 en de eerste 11 dagen van februari ontbreken de cijfers van de Makkink-verdamping van de stations Hoorn en Arcen. Daarvoor zijn de cijfers van resp. Lelystad en Eindhoven gebruikt. Vanaf 1993 zijn ook verdampingscijfers van het nieuwe station Volkel (375) gepubliceerd. In december 1993 ontbreken de cijfers voor Volkel. Daarvoor in de plaats zijn de cijfers van Arcen gebruikt.

Tabel 2: Districten en hoofdstations voor de verdamping

tot maart 1987	vanaf april 1987 t/m dec. 1990	vanaf 1991:
1 De Kooy (*)	idem	idem
2 Leeuwarden	idem	idem
3 Eelde	idem	idem
4 Hoorn (NH)	Wieringerwerf	Hoorn
5 Lelystad (VV)	Biddinghuizen	Lelystad
6 Twente (VB)	idem	idem
7 Schiphol	idem	idem
8 De Bilt	idem	idem
9 Winterswijk	Eibergen	Hupsel
10 Andel	Cabauw	Herwijnen
11 Vlissingen	idem	idem
12 Oudenbosch	Gilze Rijen	idem
13 Eindhoven	idem	idem
14 Venlo	Vredepeel	Arcen
15 Z. Limburg (LH)	idem	Beek

*) tot 1 augustus 1972: Den Helder

Resultaten

Het berekende langjarig gemiddelde neerslagoverschot is afhankelijk van het district (neerslag en penmanverdamping), gewas (gras of maïs) en de diepte van de grondwaterspiegel (slootpeil of ontwateringsniveau). In de eerste plaats zijn er grote verschillen in de gemiddelde neerslag per district. In het centraal zandgebied (district 8) valt de meeste neerslag (tabel 3). In het noorden valt minder neerslag en in het oosten van Noord-Brabant en midden Limburg valt de minste neerslag. De gemiddelde penmanverdamping is in het zuidoosten iets groter dan in het midden en noorden van het land. De berekende potentiële verdamping van gras is veel groter dan van maïs. Dit verschil wordt grotendeels gecompenseerd door de grondverdamping, die voor gras niet wordt berekend.

tabel 3: Gemiddelde neerslag en potentiële verdamping voor gras en maïs per district in de periode 1985-1994

district	neerslag	Penman	gras:	maïs:		
	P	Eo	Epot	Epot	Espot	Epot+Es
2 Leeuwarden	833	672	537	413	85	498
3 Eelde	828	653	522	402	83	485
6 Twente	832	660	528	405	84	489
8 De Bilt	885	673	538	410	87	497
9 Winterswijk	818	671	537	411	86	497
12 Gilze Rijen	835	697	557	424	90	514
13 Eindhoven	788	696	556	424	90	514
14 Venlo	732	690	552	421	89	509

In tabel 4 zijn waterbalanzen gegeven voor gras en maïs op dekzand in district 8 (De Bilt). Het slootpeil ligt op 200 cm -maaiveld, de drainageweerstand is 200 dagen en de (berekende) grondwaterspiegel varieert tussen 140 - 200 cm -maaiveld (Gt VII). De maximale interceptiecapaciteit is geschat tussen 0,5 en 1 mm. De berekende vochtekortten komen goed overeen met die van de HELP-studie (Landinrichtingsdienst, 1987).

In tabel 5 zijn enkele waarden van de berekende vochtekortten bij verschillende ontwateringsdiepten gegeven ter illustratie van het effect van capillaire opstijging. De berekende verdamping.

De verdunning wordt beïnvloed door het vochtekort, maar is vooral bepaald door droge en

natte jaren (neerslag). In de periode 1985-1994 is de tijdsvariatie een factor twee. Er zijn ook grote regionale verschillen. Districten met veel neerslag zijn district 8 (De Bilt, met Het Gooi, Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe) en Zuid Limburg (district 15). Districten met weinig neerslag zijn district 13 en 14 (Eindhoven en Venlo, Vredepeel).

Tabel 4: Waterbalans voor gras en maïs op dekzand met een vrij diepe grondwaterspiegel; periode 1985-1994, gegevens district 8; ($I_{\max}$ = de maximale capaciteit van het interceptiereservoir in mm).

	gras $I_{\max}=1$	gras $I_{\max}=0.5$	maïs $I_{\max}=1$	maïs $I_{\max}=0.5$
balanspost in mm/jaar:				
neerslag (P)	885	885	885	885
potentiele verd. grond	0	0	87	87
potentiele gewasverdamping	538	538	410	410
potentiele verdamping	538	538	497	497
interceptieverdamping (E_i)	199	119	112	60
grondverdamping (E_{sact})	0	0	72	74
transpiratie gewas (E_t)	268	334	225	273
actuele verdamping (grond+gewas)	468	453	409	407
vochtttekort (gewas)	70	85	90	92
neerslagoverschot	417	432	476	478

Tabel 5: Gemiddeld vochttekort van gras en maïs in de periode 1985-1994 bij verschillende diepten van het ontwateringsniveau (ON).

ON (cm-mv)	weerstand (dag)	GWS-traject (cm-mv)	vochttekort (mm/jaar)	
			gras	maïs
50	50	17-72	15	15
100	100	21-120 19	15	
150	150	76-161 48	54	
200	200	117-203	71	94
250	250	161-248	78	100
300	300	200-294	81	101

referenties:

CHO, Hooghart, J.C. ed. (1987) Evaporation and weather, Proceedings and information No. 39, TNO Committee on Hydrological Research.

KNMI maandoeverzicht van het weer, jaargangen 1985 t/m 1994

Drecht G. van (1983) Simulatie van het verticale niet-stationaire transport van water en een daarin opgeloste stof in de grond, RID-mededeling 83-11, RID, Leidschendam

Duynisveld W.H.M. (1980,1983) Entwicklung von Simulationsmodellen für den Transport von gelösten Stoffen in wassergesättigten Böden und Lockersedimenten. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.

Drecht G. van (1985) Toetsing van model ONZAT aan de gegevens van het proefgebied Hupselse Beek.

BIJLAGE B1; Verklaring van afkortingen in bijlagen B

Afkortingen van items in databestand gras.bac:

gras.bac	genstat-databestand met 317 regels, waaronder 317 jaarlijkse bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties
meng.bac	genstat-databestand met nitraatconcentraties van afzonderlijke mengmonsters
jp	bemonsteringsjaar; 1992, 1193, 1994 en 1995
cat92	Categorie bedrijf in 1992
ab	akkerbouw
ra	rundveehouderij extensief
rb	rundveehouderij intensief
ia	combinatiebedrijven extensief
ib	combinatiebedrijven intensief
bn317	bedrijfsnummers
Gt_50	oppervlakte_Gt_50 [%]
Gt_51	oppervlakte_Gt_51 [%]
Gt_60	oppervlakte_Gt_60 [%]
Gt_70	oppervlakte_Gt_70 [%]
Gt_71	oppervlakte_Gt_71 [%]
Gt_80	oppervlakte_Gt_80 [%]
nt	totale N-toediening (kunst-, weide- en drijfmest) kg/(ha.a)
vf	Berekende Verdunningsfactor
no3	Jaarlijkse bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties
cl	Jaarlijkse bedrijfsgemiddelde chlorideconcentratie

Afkortingen van extra items:

bc	vector met 99 bedrijfscategorie-namen, horende bij de 99 unieke bedrijfsnummers
bec	vector met 4X99 bedrijfscategorienamen, dit is 4Xvector bc

BIJLAGE B2; Verschillen tussen de nitraatconcentraties van 1992 en 1995

```

2  OPEN 'gras.bac'; CHAN=4; FILE=BACK
3  RETR [CHAN=4] \
4      jp, cat92, bn317, bn99, cat99,no3, nt, sh, no3v, vf
5  FACT [LEVE=!(1992,1993,1994,1995)] jf; jp
6
7  "*** Verschillen volgens methode 2 , alle bedrijven*** "
8  SCAL i;0
9  REST no3; jf .EQ. 1992 .OR. jf .EQ. 1995
10 MODE no3
11 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m] jf

***** Regression Analysis *****
*** Summary of analysis ***
      d.f.      s.s.      m.s.
Regression      1      474507.      474507.
Residual      181      960033.      5304.
Total      182      1434540.      7882.
Percentage variance accounted for 32.7

*** Estimates of regression coefficients ***
      estimate      s.e.      t
Constant      187.09      7.55      24.77
jf 1993      0      *      *
jf 1994      0      *      *
jf 1995      -101.9      10.8      -9.46

12  REST no3
13
14  "*** Verschillen volgens methode 1; alle bedrijven ***"
15  MATR [ROWS=99;COLU=4] no3mat
16  TABL [CLAS=bn317,jf] tno3
17  TABU no3; tno3
18  EQUA tno3; no3mat
19  FACT [LEVE=!(95,94,93,92)] jrl; !((92,93,94,95)99)
20  FACT [LEVE=!(1...99)] b; !(4(1...99))
21  CALC no392 = no3mat$[!(1...99);!(1)]
22  CALC no395 = no3mat$[!(1...99);!(4)]
23  VARI [NVAL=99] no92, no95
24  EQUA no392, no395; no92,no95
25  CALC dif = no95-no92
26  MODE dif
27  FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m]

```

```

*** Summary of analysis ***
      d.f.      s.s.      m.s.
Regression      0      0.      *
Residual      83      386734.      4659.
Total      83      386734.      4659.

```

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-100.05	7.45	-13.43

29 "*** Verschillen volgens methode 1 en 2 per categorie ****"

30 FOR [NTIM=5]

31 " ** Methode 1"

32 CALC i=i+1

33 REST no3; cat92 .eq. i

34 MATR [ROWS=99;COLU=4] no3mat

35 TABL [CLAS=bn317,jf] tno3

36 TABU [CLAS=bn317,jf] no3; tno3

37 EQUA tno3; no3mat

38 CALC no392 = no3mat\$[!(1...99);!(1)]

39 CALC no395 = no3mat\$[!(1...99);!(4)]

40 EQUA no392, no395; no92,no95

41 CALC dif = no95-no92

42 MODE dif

43 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m]

44 " ** Methode 2"

45 REST no3

46 REST no3; jf .EQ. 1992 .OR. jf .EQ. 1995 .AND. cat92 .EQ. i

47 MODE no3

48 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m] jf

49 ENDF

Akkerbouw, methode 1

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	17	24774.	1457.
Total	17	24774.	1457.

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-69.42	9.00	-7.71

Akkerbouw, methode 2

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	45525.	45525.
Residual	35	68379.	1954.
Total	36	113904.	3164.

Percentage variance accounted for 38.3

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	133.9	10.4	12.85
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	-70.2	14.5	-4.83

Veehouderij extensief, methode 1

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	15	54601.	3640.
Total	15	54601.	3640.

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-77.7	15.1	-5.15

Veehouderij extensief, methode 2

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	48052.	48052.
Residual	34	114946.	3381.
Total	35	162998.	4657.

Percentage variance accounted for 27.4

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	134.7	13.7	9.83
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	-73.1	19.4	-3.77

Veehouderij intensief, methode 1

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	11	83143.	7558.
Total	11	83143.	7558.

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-134.4	25.1	-5.36

Veehouderij intensief, methode 2

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	128031.	128031.
Residual	29	215785.	7441.
Total	30	343816.	11461.

Percentage variance accounted for 35.1

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	242.5	20.9	11.59
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	-129.1	31.1	-4.15

Combinatiebedrijven extensief, methode 1

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	18	52575.	2921.
Total	18	52575.	2921.

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-96.2	12.4	-7.76

Combinatiebedrijven extensief, methode 2

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	96941.	96941.
Residual	38	127226.	3348.
Total	39	224167.	5748.

Percentage variance accounted for 41.8

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	188.8	12.6	14.96
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	-98.6	18.3	-5.38

Combinatiebedrijven intensief, methode 1

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	18	115297.	6405.
Total	18	115297.	6405.

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-130.0	18.4	-7.08

Combinatiebedrijven intensief, methode 2

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	172721.	172721.
Residual	37	200011.	5406.
Total	38	372733.	9809.

Percentage variance accounted for 44.9

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	235.6	16.9	13.97
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	-133.1	23.6	-5.65

50 STOP

BIJLAGE B3; Verschillen in nitraat-chloride-quotiënt tussen 1992 en 1995

```

2  OPEN 'gras.bac'; CHAN=4; FILE=BACK
3  RETR [CHAN=4] \
4      jp, cat92, bn317, bn99, cat99,no3, nt, sh, no3v, vf, cl
5
6  FACT [LEVE=!(1992,1993,1994,1995)] jf; jp
7  CALC no3cl = no3/cl
8
9  *** Verschillen volgens Methode 2; alle bedrijven
10 SCAL i;0
11 REST no3cl; jf .EQ. 1992 .OR. jf .EQ. 1995
12 MODE no3cl
13 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m] jf

*** Summary of analysis ***
      d.f.      s.s.      m.s.
Regression      1      11.3      11.338
Residual      181      983.1      5.432
Total      182      994.5      5.464
Percentage variance accounted for 0.6

*** Estimates of regression coefficients ***
      estimate      s.e.      t
Constant      3.996      0.242      16.53
jf 1993      0      *      *
jf 1994      0      *      *
jf 1995      -0.498      0.345      -1.44

14 REST no3cl
15
16 *** Verschillen volgens Methode 1; alle bedrijven "
17 MATR [ROWS=99;COLU=4] no3mat
18 TABL [CLAS=bn317,jf] tno3
19 TABU [CLAS=bn317,jf] no3cl; tno3
20 EQUA tno3; no3mat
21 FACT [LEVE=!(95,94,93,92)] jrl; !((92,93,94,95)99)
22 FACT [LEVE=!(1...99)] b; !(4(1...99))
23 CALC no392 = no3mat$[!(1...99);!(1)]
24 CALC no395 = no3mat$[!(1...99);!(4)]
25 VARI [NVAL=99] no92, no95
26 EQUA no392, no395; no92,no95
27 CALC dif = no95-no92
28 MODE dif
29 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m]

*** Summary of analysis ***
      d.f.      s.s.      m.s.
Regression      0      0.0      *
Residual      83      313.8      3.781
Total      83      313.8      3.781
Percentage variance accounted for 0.0

```

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-0.424	0.212	-2.00

30

31 "*** Verschillen volgens Methode 1 en 2 per categorie"

32 FOR [NTIM=5]

33 " *** Methode 1"

34 CALC i=i+1

35 REST no3cl; cat92 .eq. i

36 MATR [ROWS=99;COLU=4] no3mat

37 TABL [CLAS=bn317,jf] tno3

38 TABU [CLAS=bn317,jf] no3cl; tno3

39 EQUA tno3; no3mat

40 CALC no392 = no3mat\$[!(1...99);!(1)]

41 CALC no395 = no3mat\$[!(1...99);!(4)]

42 EQUA no392, no395; no92,no95

43 CALC dif = no95-no92

44 MODE dif

45 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m]

46

47 " **** Methode 2"

48 REST no3cl

49 REST no3cl; jf .EQ. 1992 .OR. jf .EQ. 1995 .AND. cat92 .EQ. i

50 MODE no3cl

51 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m] jf

52 ENDF

akkerbouw, methode 1

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.00	*
Residual	17	19.15	1.127
Total	17	19.15	1.127

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	0.277	0.250	1.11

akkerbouw, methode 2

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	0.59	0.588
Residual	35	76.96	2.199
Total	36	77.55	2.154

Residual variance exceeds variance of Y variate

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	2.701	0.350	7.73
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	0.252	0.488	0.52

veehouderij extensief, methode 1

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.00	*
Residual	15	51.13	3.409
Total	15	51.13	3.409

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	0.002	0.462	0.00

veehouderij extensief, methode 2

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	0.0	0.007
Residual	34	132.3	3.891
Total	35	132.3	3.780

Residual variance exceeds variance of Y variate

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	3.022	0.465	6.50
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	0.028	0.658	0.04

veehouderij intensief, methode 1

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.00	*
Residual	11	58.91	5.356
Total	11	58.91	5.356

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-0.269	0.668	-0.40

veehouderij intensief, methode 2

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	1.9	1.912
Residual	29	268.2	9.248
Total	30	270.1	9.003

Residual variance exceeds variance of Y variate

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	5.016	0.738	6.80
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	-0.50	1.10	-0.45

combinatie extensief, methode 1

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.00	*
Residual	18	86.85	4.825
Total	18	86.85	4.825

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-0.258	0.504	-0.51

combinatie extensief, methode 2

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	0.5	0.511
Residual	38	211.5	5.566
Total	39	212.0	5.437

Residual variance exceeds variance of Y variate

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	4.156	0.515	8.07
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	-0.226	0.747	-0.30

Combinatie intensief, methode 1

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.00	*
Residual	18	53.81	2.989
Total	18	53.81	2.989

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-1.710	0.397	-4.31

Combinatie intensief, methode 2

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	30.2	30.185
Residual	37	179.2	4.842
Total	38	209.4	5.509

Percentage variance accounted for 12.1

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	5.056	0.505	10.01
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	-1.760	0.705	-2.50

53 STOP

BIJLAGE B4; Verschillen in nitraat-verdunning-product tussen 1992 en 1995

```

2 OPEN 'gras.bac'; CHAN=4; FILE=BACK
3 RETR [CHAN=4] \
4     jp, cat92, bn317, bn99, cat99,no3, nt, sh, no3v, vf
5
6 FACT [LEVE=!(1992,1993,1994,1995)] jf; jp
7 CALC no3vf = no3/vf
8
9  "Methode 2; alle bedrijven"
10 SCAL i;0
11 REST no3vf; jf .EQ. 1992 .OR. jf .EQ. 1995
12 MODE no3vf
13 FIT [PRIN=s,e; NOME=d,l,r,a,m] jf

```

***** Summary of analysis *****

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	20728.	20728.
Residual	181	760645.	4202.
Total	182	781373.	4293.

Percentage variance accounted for 2.1

***** Estimates of regression coefficients *****

	estimate	s.e.	t
Constant	119.79	6.72	17.82
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	21.29	9.59	2.22

```

14 REST no3vf
15
16 "Methode 1; alle bedrijven "
17 MATR [ROWS=99;COLU=4] no3mat
18 TABL [CLAS=bn317,jf] tno3
19 TABU [CLAS=bn317,jf] no3vf; tno3
20 EQUA tno3; no3mat
21 FACT [LEVE=!(95,94,93,92)] jrl; !((92,93,94,95)99)
22 FACT [LEVE=!(1...99)] b; !(4(1...99))
23 CALC no392 = no3mat$[!(1...99);!(1)]
24 CALC no395 = no3mat$[!(1...99);!(4)]
25 VARI [NVAL=99] no92, no95
26 EQUA no392, no395; no92,no95
27 CALC dif = no95-no92
28 MODE dif
29 FIT [PRIN=s,e; NOME=d,l,r,a,m]

```

***** Summary of analysis *****

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	83	315610.	3803.
Total	83	315610.	3803.

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	23.55	6.73	3.50

31 "Methode 1 en 2 per categorie"

32 FOR [NTIM=5]

33 " Methode 1"

34 CALC i=i+1

35 REST no3vf; cat92 .eq. i

36 MATR [ROWS=99;COLU=4] no3mat

37 TABL [CLAS=bn317,jf] tno3

38 TABU [CLAS=bn317,jf] no3vf; tno3

39 EQUA tno3; no3mat

40 CALC no392 = no3mat\$[!(1...99);!(1)]

41 CALC no395 = no3mat\$[!(1...99);!(4)]

42 EQUA no392, no395; no92,no95

43 CALC dif = no95-no92

44 MODE dif

45 FIT [PRIN=s,e; NOME=d,l,r,a,m]

46 " Methode 2"

47 REST no3vf

48 REST no3vf; jf .EQ. 1992 .OR. jf .EQ. 1995 .AND. cat92 .EQ. i

49 MODE no3vf

50 FIT [PRIN=s,e; NOME=d,l,r,a,m] jf

51 ENDF

Akkerbouw, methode 1

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	17	24758.	1456.
Total	17	24758.	1456.

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	31.97	8.99	3.55

Akkerbouw, methode 2

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	8500.	8500.
Residual	35	91043.	2601.
Total	36	99543.	2765.

Percentage variance accounted for 5.9

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	94.6	12.0	7.87
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	30.3	16.8	1.81

Veehouderij extensief, methode 1

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	15	56608.	3774.
Total	15	56608.	3774.

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	17.4	15.4	1.13

Veehouderij extensief, methode 2

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	2640.	2640.
Residual	34	105433.	3101.
Total	35	108074.	3088.

Residual variance exceeds variance of Y variate

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	93.2	13.1	7.10
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	17.1	18.6	0.92

Veehouderij intensief, methode 1

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	11	65695.	5972.
Total	11	65695.	5972.

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	38.6	22.3	1.73

Veehouderij intensief, methode 2

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	11506.	11506.
Residual	29	178241.	6146.
Total	30	189747.	6325.

Percentage variance accounted for 2.8

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	147.4	19.0	7.75
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	38.7	28.3	1.37

Combinatiebedrijven extensief, methode 1

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	18	65950.	3664.
Total	18	65950.	3664.

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	27.8	13.9	2.00

Combinatiebedrijven extensief, methode 2

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	6919.	6919.
Residual	38	123719.	3256.
Total	39	130638.	3350.

Percentage variance accounted for 2.8

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	117.9	12.5	9.47
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	26.3	18.1	1.46

Combinatiebedrijven intensief, methode 1

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	18	92418.	5134.
Total	18	92418.	5134.

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	7.0	16.4	0.42

Combinatiebedrijven intensief, methode 2

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	109.	109.
Residual	37	159552.	4312.
Total	38	159662.	4202.

Residual variance exceeds variance of Y variate

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	146.2	15.1	9.71
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	3.3	21.0	0.16

52 STOP

***** End of job. Maximum of 12440 data units used at line 51 (226658 left)

BIJLAGE B5; Gecorrigeerde verschillen, volgens methode 1

```

2
3 OPEN 'gras.bac'; CHAN=4; FILE=BACK
4 RETR [CHAN=4] \
5     jp, cat92, bn317, bn99, cat99,no3, nt, sh, no3v, vf
6
7 " **** Model voor alle bedrijven, gepoolde varianties"
  **Er wordt aangetoond dat de neerslagcorrectie effectief is**
8 MODE no3
9 FIT [PRIN= m,s] bn317/vf

*** Summary of analysis ***
      d.f.      s.s.      m.s.
Regression   192    2285770.    11905.0
Residual     120     96675.     805.6
Total        312    2382445.    7636.0

Percentage variance accounted for 89.4

12 " ***** Berekening gecorrigeerde verschillen per bedrijf*****"
13
14 " *** Berekening afwijkingen"
15 " vectoren maken, 396 lang, voor nitraat (mno3),
-16     verdunning (mvf), bedrijfsnummer (b) en
-17     afwijkingen tussen gefit en gemeten (dif)"
18 FACT [LEVE=!(1992,1993,1994,1995)] jf; jp
19 VARI [NVAL=396] mno3,mvf
20 TABL [CLAS=bn317,jf] tno3, tvf
21 TABU [CLAS=bn317,jf] no3; tno3
22 TABU [CLAS=bn317,jf] vf; tvf
23 EQUA tvf; mvf
24 EQUA tno3; mno3
25 FACT [LEVE=!(92,93,94,95)] jrl; !((92,93,94,95)99)
26 FACT [LEVE=!(1...99)] b; !(4(1...99))
27 VARI [NVAL=396] dif
28
29 " Fitten nitraat met verdunning per bedrijf
-30     afwijkingen tussen fit en meting worden opgeslagen in dif "
31 SCAL i;0
32 FOR [NTIM=99]
33     CALC i=i+1
34     REST mvf,mno3; b .eq. i
35     IF NOBS(mno3) .gt. 2
36         MODE mno3
37         FIT [PRIN=*] mvf
38         RKEE fitted=f
39         CALC dif = mno3-f
40     ENDIF
41 ENDF
42
43 " vector met categorienamen aanmaken"
44 FACT [NVAL=99;LBE=!(T(ab,ia,ib,ra,rb))] bc
45 OPEN 'cat.lab';CHAN=3;FILE=INPU

```

```

46 READ [CHAN=3] bc; FREP=LABE
47 FACT [NVAL=396;LABE=!T(ab,ia,ib,ra,rb)] bec; !(4(#bc))
48
49 "      vector met jaarlijkse afwijkingen aanmaken"
50 MATR [ROWS=99;COLU=4] difmat
51 TABL [CLAS=b,jrl]tdif
52 TABU [CLAS=b,jrl]dif; tdif
53 EQUA tdif; difmat
54 CALC dif92 = difmat$[(1...99);!(1)]
55 CALC dif93 = difmat$[(1...99);!(2)]
56 CALC dif94 = difmat$[(1...99);!(3)]
57 CALC dif95 = difmat$[(1...99);!(4)]
58 VARI [NVAL=99] d92,d93,d94,d95, dd25, dd24, dd23, dd45
59 EQUA dif92, dif93, dif94, dif95 ;d92, d93, d94, d95
60
61 " vector met gecorrigeerde verschillen tussen jaren"
62 CALC dd25 = dif95-dif92
63 CALC dd24 = dif94-dif92
64 CALC dd23 = dif93-dif92
65 CALC dd45 = dif95-dif94
66 CALC dd34 = dif93-dif94
67 CALC dd35 = dif93-dif95
68
69 " onderzoek of gecorrigeerde verschillen duidelijk van nul afwijken"
70
71 " Tussen 1992 en 1995"
72 MODE dd25
73 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m]

*** Summary of analysis ***
      d.f.      s.s.      m.s.
Regression      0      0.      *
Residual       79    51075.    646.5 (wordt gebruikt voor aantalsbepaling)
Total         79    51075.    646.5
Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***
      estimate      s.e.      t
Constant      0.03      2.84      0.01

Tussen 1992 en 1994
74 MODE dd24
75 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m]
*** Summary of analysis ***
      d.f.      s.s.      m.s.
Regression      0      0.      *
Residual       34    20944.    616.0
Total         34    20944.    616.0
Percentage variance accounted for 0.0

```

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	7.37	4.20	1.76

Tussen 1992 en 1993

76 MODE dd23

77 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m]

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	79	117985.	1493.
Total	79	117985.	1493.

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	2.49	4.32	0.58

Tussen 1994 en 1995

78 MODE dd45

79 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m]

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	39	64291.	1648.
Total	39	64291.	1648.

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-10.17	6.42	-1.58

80

81 " Tussen 1992 en 1995 per jaar en catagorie "

82 SCAL i;0

83 FOR [NTIM=5]

84 CALC i=i+1

85 REST dif

86 REST dif; bec .EQ. i .AND. (jrl .EQ. 92 .OR. jrl .EQ. 95)

87 TABU [CLAS=b,jrl]dif; tdif

88 EQUA tdif; difmat

89 CALC dif92 = difmat\$[(1...99);!(1)]

90 CALC dif95 = difmat\$[(1...99);!(4)]

91 VARI [NVAL=99] d92,d95, dd25

92 EQUA dif92, dif95 ;d92, d95

93 CALC dd25 = dif95-dif92

94 MODE dd25

95 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m]

96 ENDF

akkerbouw

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	13	3067.	236.0
Total	13	3067.	236.0

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	3.65	4.11	0.89

veehouderij extensief

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	18	6613.	367.4
Total	18	6613.	367.4

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	4.26	4.40	0.97

veehouderij intensief

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	18	21586.	1199.
Total	18	21586.	1199.

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-3.09	7.94	-0.39

combinatiebedrijven extensief

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	15	8342.	556.1
Total	15	8342.	556.1

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-5.11	5.90	-0.87

combinatiebedrijven intensief

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	11	10327.	938.8
Total	11	10327.	938.8

Percentage variance accounted for 0.0

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	0.91	8.84	0.10

97 STOP

***** End of job. Maximum of 67582 data units used at line 9 (171516 left)

BIJLAGE B6; Gecorrigeerde verschillen, berekend met methode 2

```

2 OPEN 'gras.bac'; CHAN=4; FILE=BACK
3 RETR [CHAN=4] \
4     jp, cat92, bn317, bn99, cat99,no3, nt, sh, no3v, vf,\
5     gt50,gt51,gt60,gt70,gt71,gt80
6
7  *** Algemeen model voor getransformeerde concentraties
8  CALC no3t=no3**0.35
9  CALC norm= gt50+gt51+gt60
10 CALC droog= gt70+gt71+gt80
11 MODE no3t
12 FIT vf, nt, droog, norm

```

Response variate: no3t

Fitted terms: Constant, vf, nt, droog, norm

***** Summary of analysis *****

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	4	292.6	73.1506
Residual	308	217.2	0.7052
Total	312	509.8	1.6340

Percentage variance accounted for 56.8

* MESSAGE: The following units have large residuals:

134	-4.29
-----	-------

* MESSAGE: The following units have high leverage:

109	0.058
110	0.058

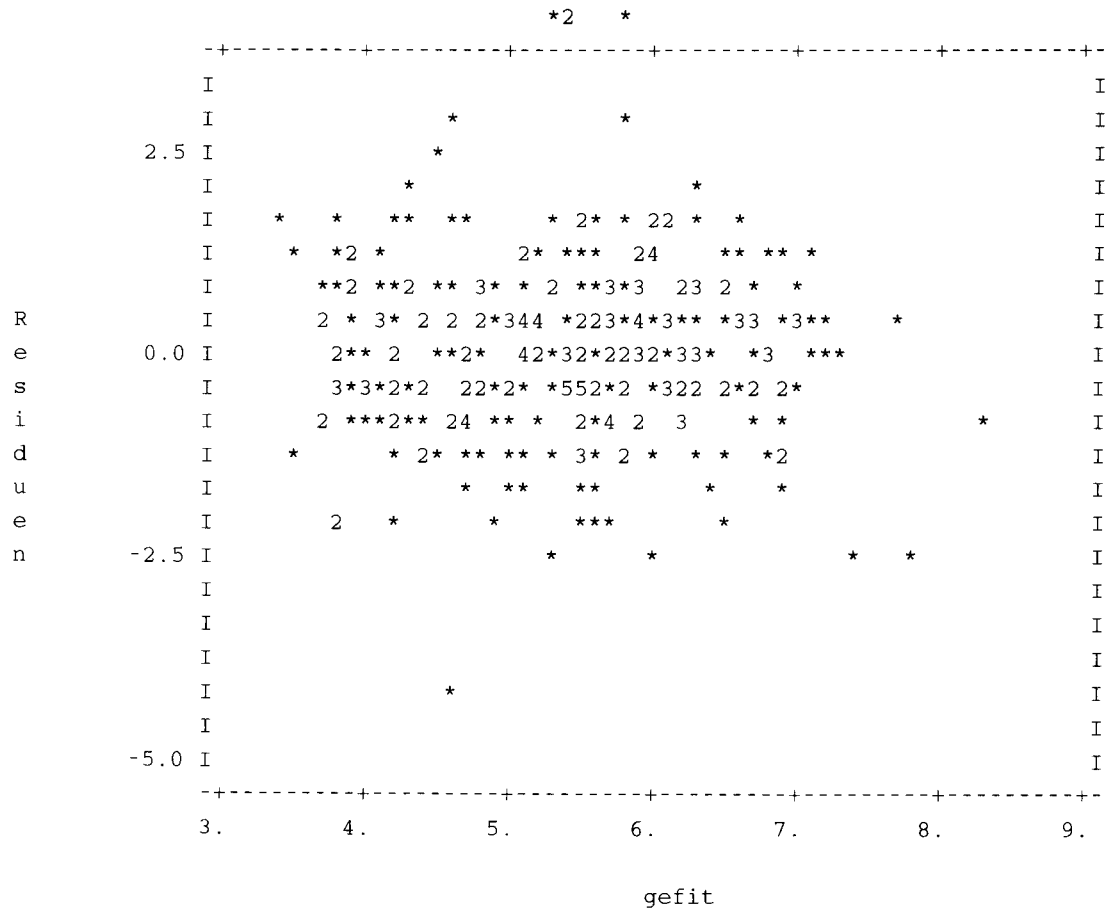
***** Estimates of regression coefficients *****

	estimate	s.e.	t
Constant	1.851	0.231	8.01
vf	1.5984	0.0952	16.79
nt	0.001896	0.000310	6.12
droog	2.040	0.260	7.85
norm	0.921	0.176	5.23

14 " *** Residue-onderzoek "

15 RKEE FITT=f; RESI=r

16 GRAP [YTIT='Residuen';XTIT='gefit'; NROW=21; NCOL=61] Y=r; X=f



17 CALC ar = ABS(r)

18 MODE ar

19 FIT vf, nt, droog, norm

Response variate: ar

Fitted terms: Constant, vf, nt, droog, norm

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	4	3.0	0.7559
Residual	308	117.8	0.3823
Total	312	120.8	0.3871

Percentage variance accounted for 1.2

* MESSAGE: The following units have large residuals:

134	5.44
179	3.12
181	3.22

* MESSAGE: The following units have high leverage:

109	0.058
110	0.058

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	0.932	0.170	5.48
vf	0.0264	0.0701	0.38
nt	-0.000001	0.000228	-0.01
droog	-0.517	0.191	-2.70
norm	-0.222	0.130	-1.71

20 CALC dno3=ABS(no3t-f)

21 MODE dno3

22 FIT f

Response variate: dno3

Fitted terms: Constant, f

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	0.23	0.2258
Residual	311	83.59	0.2688
Total	312	83.82	0.2687

Residual variance exceeds variance of Y variate

* MESSAGE: The following units have large residuals:

134	5.60
179	3.30
181	3.30

* MESSAGE: The following units have high leverage:

278	0.0229
286	0.0307
304	0.0204

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	0.803	0.167	4.81
f	-0.0278	0.0303	-0.92

24 " *** Berekening gecorrigeerde verschillen "

25 MODE no3

26 FIT [PRIN=s,e] vf,nt,droog, norm

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	4	1312365.	328091.
Residual	308	1070080.	3474.
Total	312	2382445.	7636.

Percentage variance accounted for 54.5

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-99.1	16.2	-6.11
vf	106.95	6.68	16.01
nt	0.1381	0.0217	6.35
droog	130.9	18.2	7.18
norm	57.4	12.4	4.64

27 RKEE FITT=f

28 CALC dno3=no3-f

29

30 "Onderzoek naar eventuele relatie tussen jaar en gecorrigeerde verschillen"

31

32 " alle bedrijven, alle jaren (gepoolde varianties)"

33 FACT [LEVE!=(1992,1993,1994,1995)] jf; jp

34 MODE dno3

35 FIT jf

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	3	932.	311.
Residual	309	1069148.	3460.
Total	312	1070080.	3430.

Residual variance exceeds variance of Y variate

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-0.60	6.10	-0.10
jf 1993	1.01	8.70	0.12
jf 1994	-3.1	11.1	-0.28
jf 1995	2.49	8.70	0.29

36

37 " alle bedrijven, per jaarpaar (gepoolde varianties) "

** tussen 1992 en 1995 **

38 REST dno3; jf .EQ. 1992 .OR. jf .EQ. 1995

39 MODE dno3

40 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m] jf

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	284.	284.
Residual	181	612679.	3385. (wordt gebruikt in paragraaf 3.5)
Total	182	612963.	3368.

Residual variance exceeds variance of Y variate

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-0.60	6.03	-0.10
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	2.49	8.60	0.29

Tussen 1992 en 1994

```

41 REST dno3
42 REST dno3; jf .EQ. 1992 .OR. jf .EQ. 1994
43 MODE dno3
44 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m] jf

```

**** Summary of analysis *****

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	277.	277.
Residual	131	494547.	3775.
Total	132	494824.	3749.

Residual variance exceeds variance of Y variate

***** Estimates of regression coefficients *****

	estimate	s.e.	t
Constant	-0.60	6.37	-0.09
jf 1993	0	*	*
jf 1994	-3.1	11.6	-0.27
jf 1995	0	*	*

Tussen 1992 en 1993

```

45 REST dno3
46 REST dno3; jf .EQ. 1992 .OR. jf .EQ. 1993
47 MODE dno3
48 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m] jf

```

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	47.	47.
Residual	181	835645.	4617.
Total	182	835691.	4592.

Residual variance exceeds variance of Y variate

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-0.60	7.05	-0.09
jf 1993	1.0	10.0	0.10
jf 1994	0	*	*
jf 1995	0	*	*

49 REST dno3

52 " per categorie, tussen 1992 en 1995"

53 SCAL i;0

54 FOR [NTIM=5]

55 CALC i=i+1

56 REST dno3

57 REST dno3; jf .EQ. 1992 .OR. jf .EQ. 1995 .AND. cat92 .EQ. i

58 MODE dno3

59 FIT [PRIN=s,e;NOME=d,l,r,a,m] jf

60 ENDF

akkerbouw

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	7316.	7316.
Residual	35	56815.	1623.
Total	36	64132.	1781.

Percentage variance accounted for 8.9

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	1.32	9.50	0.14
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	28.1	13.3	2.12

veehouderij extensief

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	2611.	2611.
Residual	34	63579.	1870.
Total	35	66190.	1891.

Percentage variance accounted for 1.1

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-36.4	10.2	-3.57
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	17.0	14.4	1.18

veehouderij intensief

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	627.	627.
Residual	29	152647.	5264.
Total	30	153274.	5109.

Residual variance exceeds variance of Y variate

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	22.4	17.6	1.27
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	-9.0	26.2	-0.35

combinatiebedrijven extensief

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	779.	779.
Residual	38	72476.	1907.
Total	39	73255.	1878.

Residual variance exceeds variance of Y variate

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	-16.28	9.53	-1.71
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	8.8	13.8	0.64

combinatiebedrijven intensief

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	10343.	10343.
Residual	37	187180.	5059.
Total	38	197523.	5198.

Percentage variance accounted for 2.7

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	28.3	16.3	1.73
jf 1993	0	*	*
jf 1994	0	*	*
jf 1995	-32.6	22.8	-1.43

61 STOP

BIJLAGE B7; Invloed van -jaar van meting- op afwijkingen tussen gemeten en gefitte waarden

3

```

4 OPEN 'gras.bac'; CHAN=4; FILE=BACK
5 RETR [CHAN=4] \
6     jp, cat92, bn317, bn99, cat99,no3, nt, sh, no3v, vf,\
7     gt50,gt51,gt60,gt70,gt71,gt80
8
9  "**** Methode 2 met getransformeerde concentraties"
10 CALC no3t=no3**0.35
11 CALC norm= gt50+gt51+gt60
12 CALC droog= gt70+gt71+gt80
13 FACT [LEVE=!(1992,1993,1994,1995)] jaar; jp
14 MODE no3t
15 FIT [PRIN=s,e] jaar, nt, droog, norm

```

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	6	264.8	44.1321
Residual	306	245.0	0.8007
Total	312	509.8	1.6340

Percentage variance accounted for 51.0

* MESSAGE: The following units have large residuals:

134	-4.68
-----	-------

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	3.867	0.240	16.12
jaar 1993	-0.022	0.132	-0.17
jaar 1994	-1.637	0.171	-9.59
jaar 1995	-1.453	0.132	-10.97
nt	0.002426	0.000333	7.30
droog	2.097	0.277	7.57
norm	1.177	0.187	6.30

```

16 FIT [PRIN=s,e] vf, jaar, nt, droog, norm

```

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	7	293.0	41.8591
Residual	305	216.8	0.7108
Total	312	509.8	1.6340

Percentage variance accounted for 56.5

* MESSAGE: The following units have large residuals:

134	-4.26
-----	-------

* MESSAGE: The following units have high leverage:

278	0.087
286	0.140

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	1.769	0.402	4.39
vf	1.626	0.258	6.30
jaar 1993	0.083	0.126	0.66
jaar 1994	0.029	0.309	0.09
jaar 1995	0.088	0.274	0.32
nt	0.001896	0.000324	5.84
droog	2.043	0.261	7.83
norm	0.917	0.181	5.07

17 FIT [PRIN=s,e] vf, nt, droog, norm

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	4	292.6	73.1506
Residual	308	217.2	0.7052
Total	312	509.8	1.6340

Percentage variance accounted for 56.8

* MESSAGE: The following units have large residuals:

134	-4.29
-----	-------

* MESSAGE: The following units have high leverage:

109	0.058
110	0.058

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	1.851	0.231	8.01
vf	1.5984	0.0952	16.79
nt	0.001896	0.000310	6.12
droog	2.040	0.260	7.85
norm	0.921	0.176	5.23

18 RKEE RESID=r

19 CALC dno3=ABS(r)

20 MODE dno3

21 FIT [PRIN=s] vf, nt, droog, norm

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	4	3.0	0.7559
Residual	308	117.8	0.3823
Total	312	120.8	0.3871

Percentage variance accounted for 1.2

* MESSAGE: The following units have large residuals:

134	5.44
179	3.12
181	3.22

* MESSAGE: The following units have high leverage:

109	0.058
110	0.058

22

23 "*** Methode 1"

24 MODE no3

25 FIT [PRIN=a,m,s] bn317/vf + jaar

Response variate: no3

Fitted terms: Constant + bn317 + vf.bn317 + jaar

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	195	2291439.	11751.0
Residual	117	91006.	777.8
Total	312	2382445.	7636.0

Percentage variance accounted for 89.8

*** Accumulated analysis of variance ***

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.
+ bn317	98	1299002.3	13255.1	17.04
+ vf.bn317	94	986767.1	10497.5	13.50
+ jaar	3	5669.8	1889.9	2.43
Residual	117	91005.6	777.8	
Total	312	2382444.7	7636.0	

26 RKEE RESID=r

27 CALC dno3=ABS(r)

28 MODE dno3

29 FIT [PRIN=s] jaar + bn317/vf

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	172	99.962	0.58117
Residual	117	1.386	0.01184
Total	289	101.348	0.35068

Percentage variance accounted for 96.6

BIJLAGE B8; Steekproefvarianties voor gecorrigeerde verschillen**tussen 1992 en 1995, gebaseerd op één mengmonster, methode 1 en 2**

```

3 OPEN 'meng.bac'; CHAN=4; FILE=BACK
4 RETR [CHAN=4] pj,cat95,bn,cl,no3,nt,norm,droog,vf,num,bn99, bt99
5
6 REST no3; num .eq. 1
7
8 " ***** Berekening gecorrigeerde verschillen methode 1*****"
9
10 " *** Berekening afwijkingen"
11 " vectoren maken, 396 lang, voor nitraat (mno3),
-12 verdunning (mvf), bedrijfsnummer (b) en
-13 afwijkingen tussen gefit en gemeten (dif)"
14 VARI [NVAL=396] mno3,mvf
15 TABL [CLAS=bn,pj] tno3, tvf
16 TABU [CLAS=bn,pj] no3; MEAN=tno3
17 TABU [CLAS=bn,pj] vf; MEAN=tvf
18 EQUA tvf; mvf
19 EQUA tno3; mno3
20 FACT [LEVE=!(92,93,94,95)] jrl; !((92,93,94,95)99)
21 FACT [LEVE=!(1...99)] b; !(4(1...99))
22 VARI [NVAL=396] dif
23
24 " Fitten nitraat met verdunning per bedrijf
-25 afwijkingen tussen fit en meting worden opgeslagen in dif "
26 SCAL i;0
27 FOR [NTIM=99]
28     CALC i=i+1
29     REST mvf,mno3; b .eq. i
30     IF NOBS(mno3) .gt. 2
31         MODE mno3
32         FIT [PRIN=*] mvf
33         RKEE fitted=f
34         CALC dif = mno3-f
35     ENDIF
36 ENDF
37
38 " vector met jaarlijkse afwijkingen aanmaken"
39 MATR [ROWS=99;COLU=4] difmat
40 TABL [CLAS=b,jrl]tdif
41 TABU [CLAS=b,jrl]dif; tdif
42 EQUA tdif; difmat
43 CALC dif92 = difmat$[!(1...99);!(1)]
44 CALC dif95 = difmat$[!(1...99);!(4)]
45 VARI [NVAL=99] d92,d95, dd25
46 EQUA dif92, dif95 ;d92, d95
47
48 " vector met gecorrigeerde verschillen tussen jaren"
49 CALC dd25 = dif95-dif92
50
51 "Berekening steekproefvariantie van verschillen tussen 1992 en 1995"
52 MODE dd25

```


53 FIT [PRIN=s;NOME=d,l,r,a,m]

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	0	0.	*
Residual	79	116514.	1475. wordt gebruikt in \$ 3.5
Total	79	116514.	1475.

Percentage variance accounted for 0.0

54

55 " ***** METHODE 2*****"

56

57

58 " *** Berekening gecorrigeerde verschillen "

59 MODE no3

60 FIT [PRIN=] vf,nt,droog, norm

61 RKEE FITT=f

62 CALC dno3=no3-f

63

64 " ** Verschil tussen 1992 en 1995 **** "

65 REST dno3; pj .EQ. 1 .OR. pj .EQ. 4

66 MODE dno3

67 FIT [PRIN=s;NOME=d,l,r,a,m] pj

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	0.	0.
Residual	181	947779.	5236. wordt gebruikt in \$ 3.5
Total	182	947779.	5208.

Residual variance exceeds variance of Y variate

68 STOP

***** End of job. Maximum of 31116 data units used at line 65 (207982 left)