

**Nutriëntenbenutting  
en -verlies  
bij akkerbouwgewassen:  
evaluatie van praktijkgegevens  
van innovatiebedrijven  
in 1990 en 1991**

Deelstudie voor het project  
'Introductie Geïntegreerde Akkerbouw'

J.J. Schröder, P. van Asperen, G.J.M. van Dongen (PAGV)  
en F.G. Wijnands(PAGV)

**cabo-dlo**

Het DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO) is onderdeel van de Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

DLO heeft tot taak het genereren van kennis en het ontwikkelen van expertise ten behoeve van de uitvoering van de landbouwpolitiek van de Nederlandse regering, het versterken van de agrarische industrie, het plannen en beheren van het landelijk gebied en het beschermen van het milieu. CABO-DLO heeft tot taak het verrichten van fundamenteel-strategisch, zowel experimenteel als modelmatig, onderzoek aan planten. De resultaten hiervan dragen bij aan de realisatie van:

- optimale en duurzame plantaardige produktiesystemen;
- produktvernieuwing en produktkwaliteit;
- natuurwaarden en milieukwaliteit in het landelijk gebied.

**Adres:**

CABO-DLO

Postbus 14

6700 AA Wageningen

tel. 08370-75700

fax. 08370-23110

e-mail [postkamer@cabo.agro.nl](mailto:postkamer@cabo.agro.nl)

Proefstation voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Vollegrond (PAGV)

Postbus 430, 8200 AK Lelystad, The Netherlands

# Inhoudsopgave

Samenvatting	1
1. Inleiding	3
1.1 Introductie Geïntegreerde Akkerbouw	3
1.2 Nutriëntenstromen en -beheer	3
1.3 Bodemstikstof na de oogst	4
1.4 Mineralenbalans	5
1.5 Doel van het onderzoek	5
2. Werkwijze	7
2.1 Achtergrond van de residuaire bodemstikstofbepaling	7
2.2 Beschikbare stikstof	8
2.3 Weersomstandigheden	13
3. Resultaten	15
3.1 Mineralenaanvoer	15
3.2 Mineralenoverschot en -benutting op bedrijfsniveau	18
3.3 Stikstofhuishouding van aardappel	27
3.4 Stikstofhuishouding van wintertarwe	31
3.5 Stikstofhuishouding van suikerbiet	34
3.6 Analyse van het stikstofoverschot bij hakvruchten	37
3.7 Rest-N	38
3.8 Toetsing van de theorie aan de praktijk	47
4. Discussie	49
4.1 Inleiding	49
4.2 Theorie en praktijk	49
4.3 Mogelijkheden voor verbetering	51
Literatuur	53

## Samenvatting

In 1990 en 1991 zijn de nutriëntenstromen onderzocht op praktijkbedrijven die deelnemen aan het project 'Introductie Geïntegreerde Akkerbouw'. Op bedrijfsniveau bedraagt de gemiddelde stikstof-, fosfaat- en kalibenutting respectievelijk circa 50, 60 en 80 % en het gemiddelde overschot circa 120 kg N, 35 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 35 kg K<sub>2</sub>O/ha. Tussen bedrijven treden daarbij grote verschillen op zowel ten gevolge van de hoogte van de bemesting als door opbrengstverschillen. Het stikstofoverschot voor aardappel, suikerbiet en wintertarwe stemt redelijk overéén met theoretische schattingen voor deze gewassen bij een optimale bemesting. Daarbij is het hoge N-overschot bij de teelt van aardappel en suikerbiet een gevolg van zowel gewaseigenschappen als van de wijze waarop deze gewassen geteeld worden.

Na de oogst van de gewassen blijft meer minerale stikstof in de bodem (rest-N) achter dan verwacht op basis van proefveldgegevens. De praktijkcijfers bevestigen dat aardappel en vlinderbloemigen aanmerkelijk meer stikstof achterlaten dan suikerbiet en wintertarwe. Alleen bij aardappel bestaat er een relatie tussen de hoeveelheid stikstof die het gewas ter beschikking gesteld wordt en de hoeveelheid rest-N. Op bedrijfsniveau bedraagt de gemiddelde hoeveelheid rest-N bij driekwart van de deelnemers meer dan 70 kg stikstof/ha. Mogelijkheden om de efficiëntie van het nutriëntengebruik te verbeteren op gewas- en op bedrijfsniveau worden besproken.

## Summary

In 1990 and 1991, nutriënt fluxes have been monitored on farms participating in the project 'Experimental Introduction of Integrated Arable Farming'. The average nitrogen, phosphorus and potash surpluses amount to 120 kg N, 35 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 35 kg K<sub>2</sub>O/ha, respectively. Individual farms vary greatly in this respect as a result of differences in fertilizer inputs and crop outputs. The nitrogen surpluses of potatoe, sugar beet and winter wheat is in good agreement with theoretical values for optimally fertilized crops. The relatively high surpluses of potatoe and sugar beet result from both crop characteristics and cropping technique. The average amount of residual soil mineral N (RSMN) exceeds that normally observed in field experiments. Farm data confirm that potatoe and legumes leave more RSMN than winter wheat or sugar beet. Only in the case of potatoes a relationship is observed between the effective fertilizer input and RSMN. On a whole farm scale, RSMN amounts to more than 70 kg N/ha on 75 % of the farms. Suggestions for a better nutrient utilization are being discussed.

# 1. Inleiding

## 1.1 Introductie Geïntegreerde Akkerbouw

Geïntegreerde akkerbouw beoogt economische en milieukundige doelstellingen te combineren. Met deze vorm van akkerbouw bestaat op proefbedrijven al veel experimentele ervaring (Vereijken & Wijnands, 1990; Anonymus, 1992b). Om te toetsen in welke mate de verbrede doelstellingen ook onder praktijkomstandigheden gerealiseerd kunnen worden, voeren PAGV, IKC-AGV, DLV, CABO-DLO en LEI-DLO een project uit dat de introductie van geïntegreerde akkerbouw in de praktijk wil bevorderen. Hiertoe worden sinds 1990 38 praktijkbedrijven die verdeeld zijn over een vijftal regio's, intensief door de Voorlichting begeleid en met onderzoek ondersteund. De bedrijven zijn verdeeld over vijf regio's: Noordoost-Nederland (NON), Zuidoost-Nederland (ZON), het Noordelijke Zeekleigebied (NZK), het Centrale Zeekleigebied (CZK) en het Zuidwestelijke Zeekleigebied (ZWK). De regio's verschillen sterk in grondsoort. Gemiddeld per regio varieert de bedrijfsgrootte van circa 40 tot 70 ha. Op 22 - 35 % van het areaal worden aardappels verbouwd, op 15 tot 24 % suikerbiet en op 18 - 38 % granen (Tabel 1).

Het onderzoek op de praktijkbedrijven richt zich zowel op het pesticidengebruik als op de nutriëntenstromen. Om de efficiëntie van het nutriëntengebruik te toetsen worden de aanvoer en afvoer van nutriënten geregistreerd op perceels- en bedrijfsniveau en wordt regelmatig onderzocht hoeveel nutriënten aan het begin en het eind van een seizoen in de bodem aanwezig zijn.

Tabel 1. Gemiddelde bedrijfsgrootte (ha) en bouwplanaandeel (%) van aardappel, suikerbiet, granen, vlinderbloemigen en overige gewassen (gemiddelde van 37 bedrijven in 1990 en 38 bedrijven in 1991). Voor verklaring afkortingen zie pagina 3.

	Regio, en bedrijfsgrootte (ha)				
	ZON (38)	NON (67)	NZK (68)	CZK (45)	ZWK (63)
aardappel	31	35	27	30	22
suikerbiet	24	23	20	24	15
granen	23	18	38	23	35
vlinderbloemigen	13	9	10	11	12
overige	9	15	5	12	16

## 1.2 Nutriëntenstromen en -beheer

Bij een optimale bodemvruchtbaarheid dienen nutriënten die op een perceel worden aangevoerd, zoveel mogelijk door gewassen te worden opgenomen ten behoeve van plantaardige productie. Dit gebeurt niet volledig omdat het gebruik van nutriënten met verliezen gepaard gaat. Deze nutriëntenverliezen treden op tijdens de toediening of zijn een gevolg van het feit dat nutriënten niet volledig beschikbaar komen op een, vanuit het gewas gezien, optimale tijd en plaats. Verliezen zijn voor een deel onvermijdelijk, voor een ander deel echter sterk

bepaald door het beheer van de nutriënten. Hierbij kan gedacht worden aan de optimalisering van de hoeveelheid en aard van de meststoffenkeuze, aan het moment en de methode van toediening of aan het nemen van maatregelen die uitspoeling van bodemreserves kunnen beperken (groenbemesters, nitrificatieremmers).

Als nutriënten door het gewas zijn opgenomen, kunnen hieruit alsnog verliezen optreden omdat steeds een deel in de vorm van gewasresten op het veld achterblijft. De nutriënten in gewasresten komen niet zonder meer ten goede aan volggewassen. De achtereenvolgende stappen worden weergegeven in Fig. 1.

Figuur 1. Eenvoudig stroomschema voor nutriënten binnen het akkerbouwbedrijven, hindernissen bij de benutting en factoren daarop van invloed

Hindernis	Stap	Factor
	AANGEVOERDE NUTRIËNTEN + BIJDRAGE UIT VOORVRUCHT(EN)	
verluchtiging; uitspoeling; vastlegging; mineralisatie; bworteling	     V	bodem & weer; meststoffenkeuze; moment, plaats en wijze van toediening, groenbemester, gewasrestbehandeling
	BESCHIKBARE NUTRIËNTEN	
gewasvraag; bworteling	   V	bodem & weer; gewassenkeuze
	OPGENOMEN NUTRIËNTEN + REST-N	
nutriëntenverdeling binnen plant	   V	gewassenkeuze
	AFGEVOERDE NUTRIËNTEN	

### 1.3 Bodemstikstof na de oogst

Verliezen zijn ongewenst vanuit zowel een economisch als een milieukundig oogpunt. De residuaire hoeveelheid minerale stikstof (N) die na de oogst in de bodem aanwezig is ('rest-N') kan als een indicator voor verliezen in de daarop volgende winter worden beschouwd. Gewassen nemen gedurende het winterhalfjaar namelijk niet of nauwelijks N op waardoor de rest-N, afhankelijk van de grondsoort en het neerslagoverschot, voor een deel zal uit- en afspoelen. Uitspoeling is ongewenst omdat het grondwater daarmee minder geschikt wordt voor de winning van drinkwater; uit- en afspoeling zijn ook ongewenst in verband met de eutrofiëring van het oppervlaktewater. De Commissie Stikstof concludeerde dat in eerste instantie naar een hoeveelheid rest-N van maximaal 70 kg/ha (0-100 cm) gestreefd zou moeten worden om

grondwater op regionale schaal aan de EG-richtlijn voor drinkwaterkwaliteit te laten voldoen. De samenhang met de kwaliteit van het oppervlaktewater kon nog niet éénduidig worden vastgesteld (Goossensen & Meeuwissen, 1990).

De hoeveelheid rest-N is behalve bodem- en weersafhankelijk, ook gewasafhankelijk. Proefresultaten geven aan dat sommige gewassen bij een economisch optimale N-voorziening veel rest-N achterlaten (b.v. aardappel) en anderen (b.v. granen) weinig (o.a. Goossensen & Meeuwissen, 1990). Een suboptimale bemesting leidt bij eerstgenoemde gewassen doorgaans wel en bij laatstgenoemde gewassen nauwelijks tot een verlaging van de hoeveelheid rest-N. Vanzelfsprekend stijgt de hoeveelheid rest-N als meer N aangeboden wordt dan het gewas behoeft. De Commissie Stikstof concludeerde dat de streefwaarde van 70 kg rest-N per ha voor het overgrote deel van de akkerbouwbedrijven realiseerbaar is zonder opbrengstderiving. Dit is bevestigd in een verkennende studie van Schröder et al. (1993).

## 1.4 Mineralenbalans

Mineralenbalansen geven een overzicht van alle aanvoer- en afvoerposten van nutriënten. Een mineralenbalans is op zichzelf geen emissiebeperkende maatregel. Wel worden op jaarbasis de belangrijkste componenten van de nutriëntenstromen zichtbaar. Een mineralenbalans biedt daarmee aangrijpingspunten voor een betere benutting of een beperking van verliezen. Recent zijn afspraken gemaakt over de te onderscheiden aan- en afvoerposten en over de te hanteren verstekwaarden indien gehalten in bijvoorbeeld gewas of mest niet gemeten worden (Stouthart & Leferink, 1992). Als aanvoerposten gelden de nutriënten die het bedrijf dan wel perceel in de vorm van meststoffen (op basis van totaalgehalten), depositie, zaaizaad, pootgoed en door vlinderbloemigen gebonden stikstof binnenkomen, als afvoerpost de nutriënten die het perceel dan wel bedrijf in de vorm van producten (gewassen, mest, vlees, melk) verlaten. De mineralenbenutting wordt gedefinieerd als de afvoer uitgedrukt als percentage van de aanvoer, het mineralenoverschot als het verschil tussen aanvoer en afvoer. Een mineralenbalans op gewas- en liever nog op perceelsniveau biedt meer handvaten voor verbetering dan een mineralenbalans op bedrijfsniveau. Voor fosfaat (P) en kali (K), die in vergelijking tot N aan minder verliezen blootstaan en vaak selectief aan bepaalde gewassen in de rotatie worden toegediend (namelijk voor de hakvruchten) wordt evenwel dikwijls volstaan met een mineralenbalans op bedrijfsniveau.

Schröder et al. (1993) schatten dat bij een optimale bemesting en een beperkte vervanging van kunstmest door organische mest het realiseerbare N-overschot op verreweg de meeste akkerbouwbedrijven tussen 100 en 150 kg/ha bedraagt; de N-benutting bedraagt in dat geval 50 tot 60 %. Uitgaande van een verlies van 5-25 kg  $P_2O_5$  of  $K_2O$ /ha, achten zij voor kali een benutting van minstens 80 % mogelijk, voor fosfaat van minstens 70 %.

## 1.5 Doel van het onderzoek

Het in dit verslag beschreven onderzoek heeft tot doel om:

- een inventarisatie te maken van nutriëntenstromen op bedrijven die deelnemen aan het project 'Introductie Geïntegreerde Akkerbouw', en heeft betrekking op 1990 en 1991;
- de benutting en het verlies van nutriënten onder praktijkomstandigheden te schatten;
- na te gaan of er relaties bestaan tussen de de hoeveelheid rest-N en de grondsoort, de gewaskeuze, het nutriëntenbeheer en het saldo van de aan- en afgevoerde N;
- de benutting en het verlies onder praktijkomstandigheden, te vergelijken met theoretisch berekende waarden.

## 2. Werkwijze

### 2.1 Achtergrond van de residuaire bodemstikstofbepaling

In het najaar van 1990 en 1991 zijn 144 resp. 176 grondmonsters genomen op de deelnemende bedrijven. Van de onderzochte monsters heeft 28 % betrekking op aardappel, 26 % op granen (exclusief maïs) en 22 % op suikerbiet (Tabel 2).

De bemonstering van de percelen in zowel herfst als voorjaar heeft plaatsgevonden voor de toediening van N-houdende meststoffen. Percelen waar dat niet het geval is vallen buiten het bestek van dit verslag. Bij granen, graszaad en vlinderbloemigen is op een aantal percelen het stro achtergelaten.

Tabel 2. Aantal percelen (per gewas, per grondsoort en per regio) waar in het najaar van 1990 en 1991 rest-N werd bepaald. Voor verklaring afkortingen zie pagina 3.

Gewas	Grondsoort		Regio					Totaal
	klei	zand	ZON	NON	NZK	CZK	ZWK	
consumptieaardappel	37	13	11		4	13	22	50
fabrieksaardappel	1	15	5	11				16
pootaardappel	11	11	3		13	6		22
suikerbiet	40	30	17	16	10	16	11	70
wintertarwe	42	13	8	7	11	19	10	55
winterrogge	1	7	4	4				8
wintergerst	2	2	4					4
zomertarwe	2	2	1	1		1	1	4
zomergerst	6	6	1		5	1	5	12
droge erwten	10	8	7		7	1	3	18
doperwt	1	3	3			1		4
bruine boon	3						3	3
veldboon	1						1	1
stamslaboon	2	1	1			2		3
graszaad	19	10	7	2	4	9	7	29
maïs	4	7	8	1		2		11
ui	9	1				9	1	10
<b>totaal</b>	<b>191</b>	<b>129</b>	<b>80</b>	<b>42</b>	<b>54</b>	<b>80</b>	<b>64</b>	<b>320</b>



Na pootaardappel, granen en vlinderbloemigen, is soms een groenbemester ingezaaid. Percelen verschillen voorts in de tijd die verstrijkt tussen de oogst en het moment waarop het grondmonster ter bepaling van rest-N genomen is. Als meer dan 45 dagen verstrijken en een groenbemester geteeld wordt, is het perceel buiten beschouwing gelaten. Een strengere restrictie ten aanzien van de te verstrijken tijd, zou het aantal percelen zeer sterk beperkt hebben. De bemonsteringsdiepte in het najaar verschilt sterk per regio en per perceel (Tabel 3). Omwille van vergelijkbaarheid zijn de meetwaarden waar nodig genormaliseerd naar een laagdikte van 100 cm. Dit vindt plaats met behulp van een omrekeningsformule gebaseerd op grondmonsteranalyse in andere proeven (Schröder, 1985a; 1985b; 1985c; 1987; 1990; Schröder & De la Lande Cremer, 1989; Schröder et al., 1992). Deze formule doet recht aan de doorgaans dalende gehalten op grotere diepte:

$N_{min0-100} = (N_{min0-60} * 1,06) + 26,3$  voor herfstbemonstering op zandgrond

$N_{min0-100} = (N_{min0-60} * 1,12) + 13,2$  voor herfstbemonstering op kleigrond

Alleen op bedrijven waar rest-N in meer dan 80 % van de geteelde gewassoorten bepaald is, is ook een gewogen bedrijfsgemiddelde hoeveelheid rest-N berekend. Aan dit criterium voldeden in 1990 7 zand- en 11 kleibedrijven en in 1991 9 zand- en 15 kleibedrijven.

Tabel 3. Het percentage in het najaar bemonsterde percelen waarvan de bemonsteringsdiepte 100 cm bedroeg. Voor verklaring afkortingen zie pagina 3.

Jaar	Regio					Totaal
	NON	ZON	NZK	CZK	ZWK	
1990	38	81	14	45	71	52
1991	0	57	100	84	98	71

## 2.2 Beschikbare stikstof

Zoals aangegeven in Fig. 1 kan de hoeveelheid rest-N mede afhangen van de hoeveelheid N die het gewas ter beschikking gesteld wordt. Om na te gaan of er ook in de praktijk een verband bestaat tussen de beschikbare hoeveelheid bodem-N in het voorjaar en de rest-N na de oogst, dient de beschikbare hoeveelheid op een uniforme wijze te worden berekend. In dit verslag gebeurt dit als volgt:

*N beschikbaar (exclusief de niet-mest-N die tijdens het groeiseizoen mineraliseert) =*

- werkzame organisch gebonden N uit organische mest
- + werkzame ammonium-N uit organische mest
- + N uit kunstmest
- + werkzame N uit depositie
- +  $N_{min}$  voorraad in voorjaar in 0-60 cm

*met: werkzame organisch gebonden N uit organische mest =*

$$\text{gift} * (\text{N-totaal gehalte minus NH}_3\text{-N gehalte}) * \text{werkingsfactor}$$

De mestgiften zijn door de projectdeelnemers steeds geregistreerd, gehalten doorgaans niet. Verstekwaarden voor de gehalten zijn ontleend aan Stouthart & Leferink (1992). De werkingsfactor voor de organische N is afhankelijk van het tijdstip van uitrijden, de lengte van het groeiseizoen, de mestsoort en de mate waaring ook de moeilijk afbreekbare organische N (de zogenaamde Nr) mineraliseert (Lammers, 1983). Onder de aanname dat dit laatste nog niet het geval is en het groeiseizoen 6 tot 8 maanden bedraagt, is berekend (cf. Schröder, 1987) dat tijdens het groeiseizoen van de organisch gebonden N uit rundveedrijfmest circa 25 % voor het gewas beschikbaar komt bij toediening op 1 augustus (in het voorafgaande jaar) en circa 40 % als de toediening wordt uitgesteld tot 1 maart. Bij varkensdrijfmest bedragen deze percentages respectievelijk circa 25 en 55 %. De verschillen tussen mestsoorten worden klein genoeg geacht (grootteorde van het verschil bij een gift van 50 m<sup>3</sup>/ha bedraagt circa 9 kg N/ha), om bij het bepalen van de werkingsfactor alleen met het tijdstip van toediening rekening te houden (Tabel 4).

Tabel 4. Geschatte werkingsfactor (%) voor de organisch gebonden N in organische mest in relatie tot het tijdstip van toediening

	Toedieningstijdstip								
	1 juli	1 aug.	1 sep.	1 okt.	1 nov.	1 dec.	1 jan.	1 feb.	1 mrt.
Werking (%)	13	23	29	35	39	42	44	46	48

met: werkzame ammonium-N uit organische mest =

gift \* NH<sub>3</sub>-N gehalte \* werkingsfactor i.v.m inwerken \* werkingsfactor i.v.m. uitrijtijdstip

De werkingsfactor voor de ammonium- N is afhankelijk van het tijdstip van uitrijden en de mate van vervluchtiging (Lammers, 1983). Voor organische mest toegediend voor 15 januari wordt geen aparte bijdrage verrekend omdat die wordt verdisconteerd in de geschatte hoeveelheid minerale bodem-N in het voorjaar. Wordt de hoeveelheid minerale bodem-N niet geschat maar gemeten dan wordt de ammonium-N uit de mest alleen verrekend voor zover de toediening ervan plaatsvond na het tijdstip waarop de bodem wordt bemonsterd. Bij vroege bemonstering (voor 15 maart) wordt de werking in verband met verliezen gekort (Tabel 5). De werking wordt ook gekort voor vervluchtigingsverliezen. Deze worden geschat op basis van de geregistreerde inwerknelheid en bedragen 10 % (van de toegediende ammonium-N) bij inwerken binnen 4 uur, 25 % bij inwerken binnen 4 tot 12 uur en 50 % bij inwerken na meer dan 12 uur. In 1990 is de inwerknelheid niet door de deelnemers geregistreerd; het verlies is in dat jaar op 17,5 % gesteld.

Tabel 5. Geschatte werkingsfactor (%) voor ammonium-N in organische mest in relatie tot het toedieningsmoment

	Toedieningstijdstip:					
	15 jan.	1 feb.	15 feb.	1 mrt.	15 mrt.	1 apr.
Werking (%)	50	60	70	85	100	100

met: N uit kunstmest =

$$\text{gift} * \text{N-totaal gehalte}$$

Met deze term is alleen rekening gehouden voor zover de meststof is toegediend na het moment waarop de hoeveelheid minerale bodem-N in het voorjaar is gemeten dan wel geschat. De N uit kunstmest wordt in dat geval volledig beschikbaar geacht.

met: werkzame N uit depositie =

$$\text{jaarlijkse depositie} * 0,50$$

Van de jaarlijkse regionale depositie wordt namelijk aangenomen dat de helft tijdens het groeiseizoen beschikbaar komt.

met: Nmin voorraad in voorjaar in 0-60 cm =

$$\text{gemeten dan wel geschatte hoeveelheid minerale bodem-N}$$

De bemonsteringsdiepte is daarbij gewasafhankelijk overeenkomstig de richtlijnen van de Adviesbasis (Anonymus, 1992a). Om percelen en gewassen vergelijkbaar te maken zijn de meetwaarden waar nodig genormaliseerd naar een laagdikte van 60 cm. Dit vindt plaats met behulp van een omrekeningsformule gebaseerd op grondmonsteranalyse in andere proeven. Deze formule doet recht aan de doorgaans lagere gehalten in de laag 60-100 cm op alle grondsoorten alsmede de lagere gehalten in de laag 0-30 cm op zandgrond:

$$N_{\text{min0-60}} = (N_{\text{min0-30}} * 1,29) + 9,8 \text{ voor voorjaarsbemonstering op zandgrond}$$

$$N_{\text{min0-60}} = (N_{\text{min0-100}} - 21,2)/1,08 \text{ voor voorjaarsbemonstering op zandgrond}$$

$$N_{\text{min0-60}} = (N_{\text{min0-30}} * 1,93) + 14,9 \text{ voor voorjaarsbemonstering op kleigrond}$$

$$N_{\text{min0-60}} = (N_{\text{min0-100}} + 1,3)/1,55 \text{ voor voorjaarsbemonstering op kleigrond}$$

De hoeveelheid minerale bodem-N in het voorjaar is bij slechts een deel van de percelen gemeten (Tabel 6). Voor zover niet bepaald, wordt de hoeveelheid minerale bodem-N geschat met behulp van het (op wel-bemonsterde percelen) gevonden verband tussen de aanvoer van minerale N (kunstmest-N, niet-vervluchtigde ammonium-N in organische mest) gedurende herfst en winter en de hoeveelheid minerale bodem-N in het voorjaar. In beide jaren is er een slechts zwakke relatie gevonden tussen de aanvoer van minerale N (uit kunstmest en organische mest) en de aangetroffen hoeveelheid minerale bodem-N in het voorjaar (Fig. 2A en 2B).

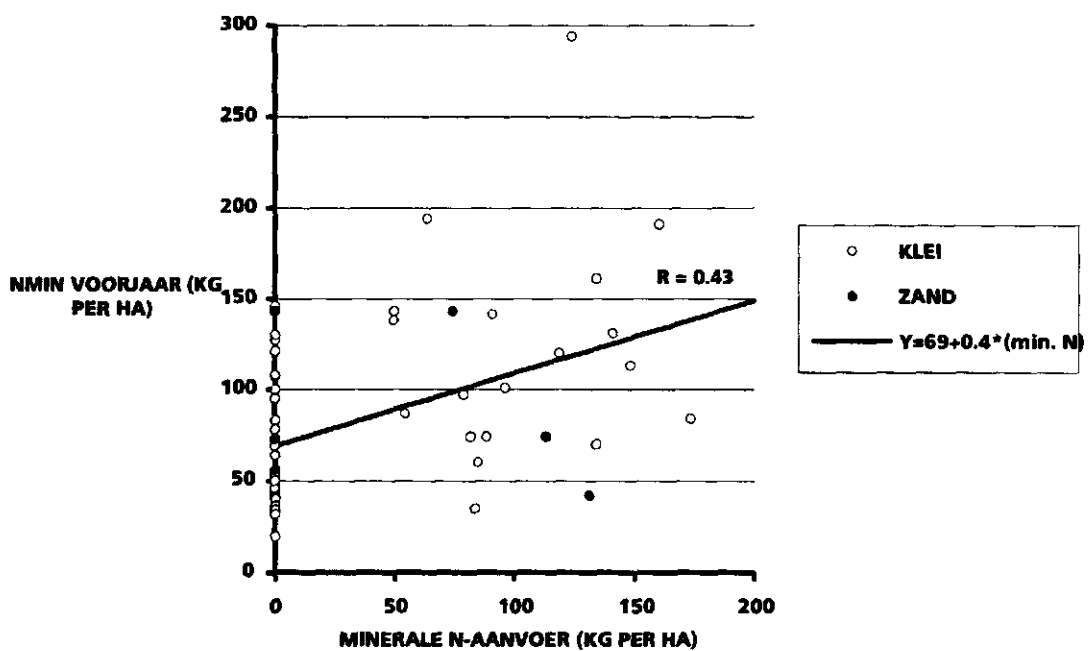
Tabel 6. Percentage percelen waar de hoeveelheid minerale bodem-N behalve in het najaar ook in het voorjaar gemeten werd. Voor verklaring afkortingen zie pagina 3.

Jaar	Regio					Totaal
	NON	ZON	NZK	CZK	ZWK	
1990	0	8	43	95	32	38
1991	0	59	52	92	76	61

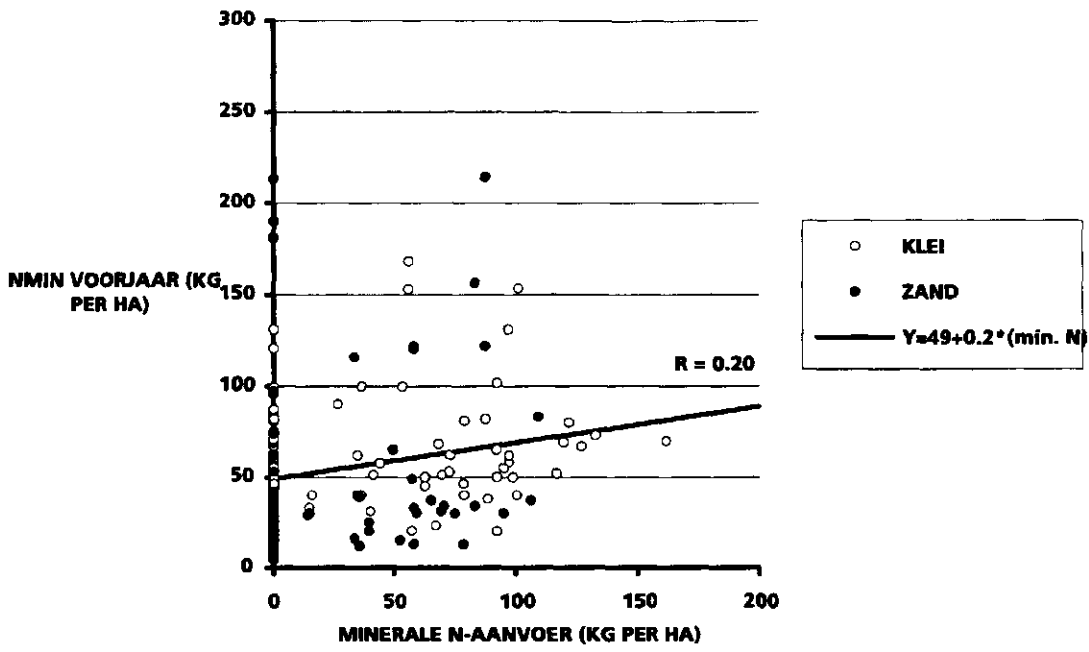
Van de aangevoerde minerale N is in 1990 40 % en in 1991 20 % teruggevonden in de vorm van extra minerale bodem-N in het voorjaar; ondanks de afwezigheid van significantie, zijn ontbrekende gegevens met betrekking tot de hoeveelheid minerale bodem-N in het voorjaar met de volgende relaties geschat:

- 1990:  $N_{\text{min geschat}} = 69 + 0,4 * (\text{aangevoerde hoeveelheid minerale N gedurende herfst en winter})$   
 1991:  $N_{\text{min geschat}} = 49 + 0,2 * (\text{aangevoerde hoeveelheid minerale N gedurende herfst en winter})$

Bij de bepaling van de hoeveelheid beschikbare N wordt geen rekening gehouden met de bijdragen vanuit groenbemesters en gewasresten voorzover die niet gemeten worden in de vorm van minerale bodem-N in het voorjaar. Evenmin is in geval van vlinderbloemigen een term opgenomen voor de N die via biologische binding beschikbaar komt.



Figuur 2A. Relatie tussen de aanvoer van minerale N in herfst en winter en de hoeveelheid minerale bodem-N (0-60 cm) in het volgende voorjaar in 1990



Figuur 2B. Relatie tussen de aanvoer van minerale N in herfst en winter en de hoeveelheid minerale bodem-N (0-60 cm) in het volgende voorjaar in 1991

## 2.3 Weersomstandigheden

Zowel in 1990 als in 1991 is op de meeste plaatsen sprake geweest van een vrij droge zomer en herfst. Alleen in juni 1991 viel er een bovennormale hoeveelheid neerslag. De temperatuur was, vooral in 1990, bovengemiddeld (Tabel 7A en 7B).

Tabel 7A. Maandelijks neerslag (mm) tussen maart en oktober in 1990 en 1991

Maand	Normaal	Eelde		De Kooy		De Bilt		Vlissingen		Beek (Lb)	
		1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991
maart	51	37	12	33	26	28	20	22	16	22	36
april	52	51	45	51	37	52	29	56	37	40	38
mei	54	35	53	29	39	32	21	11	27	16	20
juni	70	75	144	51	99	56	155	73	100	80	98
juli	77	37	56	22	42	43	58	22	90	28	71
aug.	88	59	12	48	10	57	6	28	7	56	23
sept.	66	135	49	132	98	80	71	81	42	75	26
okt.	69	52	48	83	66	64	41	66	50	41	22
<b>totaal</b>	<b>527</b>	<b>481</b>	<b>419</b>	<b>449</b>	<b>417</b>	<b>412</b>	<b>401</b>	<b>359</b>	<b>369</b>	<b>358</b>	<b>334</b>

\* De Bilt

Tabel 7B. Tabel 6A. Maandelijks gemiddelde etmaaltemperatuur (°C) tussen maart en oktober in 1990 en 1991 (De Bilt)

Maand	Gemiddelde temperatuur (°C)		
	1990	1991	normaal
maart	8,5	8,8	4,8
april	8,9	8,5	8,0
mei	13,9	10,0	12,1
juni	15,0	12,7	15,2
juli	16,9	19,0	16,6
augustus	18,5	18,0	16,4
september	13,1	15,0	14,0
oktober	12,0	10,2	10,3
<b>temperatuursom (GD)</b>	<b>3274</b>	<b>3132</b>	<b>2982</b>

### 3. Resultaten

#### 3.1 Mineralenaanvoer

De aanvoer van P en K vindt voornamelijk plaats via meststoffen en nauwelijks via andere bronnen. De P en K bemesting is voor circa 80 % respectievelijk 60 % gebaseerd op organische mest (Tabel 8). De aanvoer van N, echter, vindt mede plaats via depositie en biologische binding (Tabel 9). Van de N-meststoffen bestaat, gemiddeld over het bedrijf, circa 50 % uit organische mest. Tussen gewassen en regio's treden daarbij grote verschillen op (Tabel 10). Bij aardappel is de N-bemesting in alle regio's voor circa 60 % op organische mest gebaseerd. De N-bemesting van suikerbiet is in Zuidoost- en Noordoost-Nederland voor 70-80 % op organische mest gebaseerd; in de kleigebieden, echter, blijft dit beperkt tot 40-60 %. Alleen in Zuidoost-Nederland draagt organische mest ook sterk bij aan de N-bemesting van winter-tarwe. Het gebruik van organische mest op vlinderbloemigen is alleen in relatieve zin hoog; de absolute omvang van de mestgift is op die gewassen gering (Tabel 9).

Tabel 8. Gemiddelde jaarlijkse aanvoer van  $P_2O_5$  en  $K_2O$  (kg/ha) op bedrijfsniveau in 1990 en 1991

Bron	$P_2O_5$		$K_2O$	
	1990	1991	1990	1991
depositie	2	2	5	5
zaaizaad/pootgoed	1	1	3	3
organische mest	70	71	83	94
kunstmest	20	12	69	63
<b>totaal</b>	<b>94</b>	<b>86</b>	<b>161</b>	<b>166</b>

Tabel 9. Gemiddelde jaarlijkse aanvoer van N (kg/ha) op bedrijfsniveau en op gewasniveau (voor aardappel, winter-tarwe, suikerbiet en vlinderbloemigen) in 1990 en 1991

Bron	Bedrijf		Gewas							
			aardappel		winter-tarwe		suikerbiet		vlinderbloemigen	
	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991
depositie	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
zaaizaad/pootgoed	3	3	7	7	4	4	0	0	5	5
biologische binding	5	7	0	0	0	0	0	0	81	81
organische mest	94	101	194	189	20	14	123	152	46	30
kunstmest	97	94	115	116	126	139	87	72	12	22
<b>totaal</b>	<b>238</b>	<b>244</b>	<b>355</b>	<b>351</b>	<b>190</b>	<b>196</b>	<b>250</b>	<b>264</b>	<b>183</b>	<b>177</b>

Tabel 10. Aandeel van organische mest (% , op basis van het N-totaalgehalte) in de N-aanvoer met N-meststoffen. Voor verklaring afkortingen zie pagina 3.

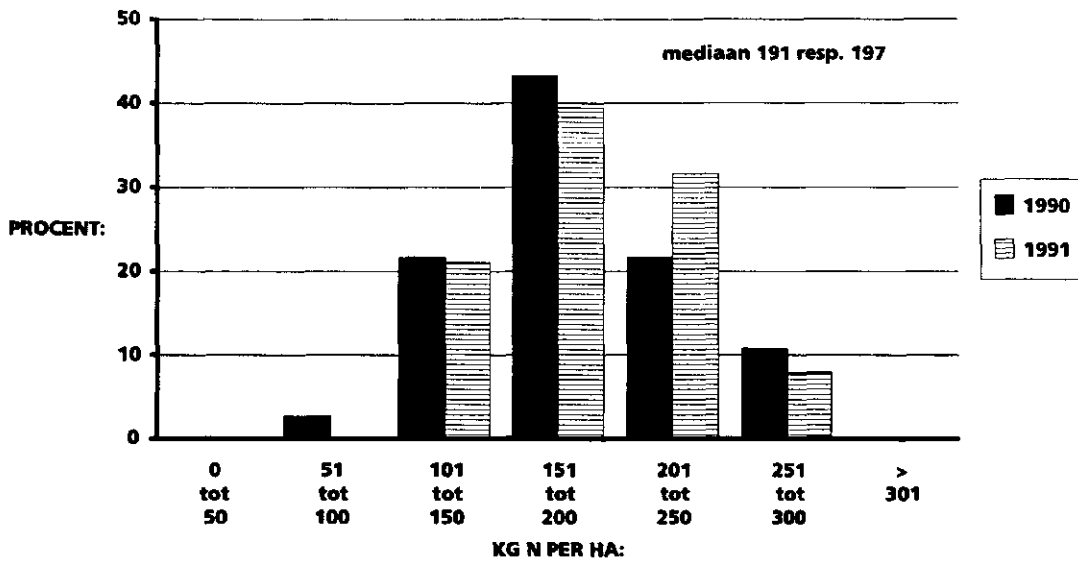
Gewas	ZON		NON		NZK		CZK		ZWK	
	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991
aardappel	72	66	53	57	67	62	56	55	64	66
wintertarwe	42	32	7	0	0	0	9	7	7	10
suikerbiet	77	84	70	79	38	58	50	60	43	54
vlinderbloemigen	87	92	0	0	0	0	78	0	81	62

Tabel 11. Gemiddelde aanvoer van N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en K<sub>2</sub>O (kg/ha) per regio in 1990 en 1991. Voor verklaring afkortingen zie pagina 3.

Bron	ZON		NON		NZK		CZK		ZWK		
	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991	
N	depositie	48	48	39	39	36	36	35	35	39	39
	zaaizaad	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	biologische binding	1	24	3	0	2	4	0	0	12	4
	organische mest	142	142	106	108	68	78	70	76	83	100
	kunstmest	66	56	89	86	115	104	86	96	130	129
	totaal	261	274	241	237	225	226	195	210	268	276
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	depositie	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	zaaizaad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	organische mest	96	82	73	70	63	71	56	68	64	62
	kunstmest	8	9	17	12	34	14	20	14	23	9
	totaal	107	95	93	85	100	88	79	85	90	75
K <sub>2</sub> O	depositie	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	zaaizaad	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	organische mest	149	158	92	99	38	56	57	62	79	97
	kunstmest	27	21	81	65	94	101	62	73	80	56
	totaal	185	188	182	173	141	166	128	144	167	161

Met uitzondering van de bedrijven op lichte grond (voornamelijk Zuidoost-Nederland en Noordoost-Nederland), wordt organische mest al in de herfst of winter uitgereden. De N-bemesting (som van kunstmest-N en organische mest-N) bedraagt in beide jaren op bedrijfsniveau circa 195 kg/ha. Ongeveer 10 % van de bedrijven biedt meer dan 250 kg/ha aan, ongeveer 20 % van de bedrijven minder dan 150 kg/ha (Fig. 3). Tussen regio's bestaan aanmerkelijke verschillen in de NPK-aanvoer. Een relatief hoge aanvoer vindt plaats in Zuidoost-Nederland, voornamelijk als gevolg van hogere doseringen organische mest.





Figuur 3. Frequentieverdeling van de N-bemesting (kunstmest en organische mest) op bedrijfsniveau in 1990 en 1991

Een relatief lage aanvoer vindt plaats in het Centrale Zeekleigebied; met name de doseringen van organische mest zijn daar laag. Opvallend is verder de hoge K-aanvoer in Noordoost-Nederland (hoge aanvoer met organische mest) en de hoge N-aanvoer in het Zuidwestelijk Zeekleigebied (hoge aanvoer met kunstmest) (Tabel 11). Deze extra N blijkt in het Zuidwestelijk Zeekleigebied voor een groot deel aan consumptieaardappel te worden gegeven; in 1990 en 1991 is aan consumptieaardappel naar schatting 97 respectievelijk 141 kg/ha meer N beschikbaar gesteld dan aan consumptieaardappel in de andere regio's. In Noordoost-Nederland is in beide jaren relatief veel N beschikbaar gesteld aan suikerbiet, in het Centrale Zeekleigebied juist relatief weinig (Tabel 13).

Tabel 12. Mineralenaanvoer (incl. depositie, binding, zaai-zaad/pootgoed), -afvoer en -overschot (kg/ha) en -benutting (%) op bedrijfsniveau (gem.=gemiddelde; (med.)=mediaan)

	Jaar	Aanvoer		Afvoer		Overschot		Benutting	
		gem.	(med.)	gem.	(med.)	gem.	(med.)	gem.	(med.)
N	1990	236	(234)	123	(122)	113	(100)	52	(53)
	1991	243	(246)	115	(114)	128	(132)	47	(46)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1990	94	(85)	53	(54)	40	(35)	57	(58)
	1991	86	(84)	49	(50)	37	(34)	57	(59)
K <sub>2</sub> O	1990	159	(162)	128	(131)	31	(46)	81	(74)
	1991	165	(167)	126	(125)	39	(47)	76	(71)

## 3.2 Mineralenoverschot en -benutting op bedrijfsniveau

Gemiddeld worden op bedrijfsniveau aanmerkelijk meer mineralen aangevoerd dan afgevoerd. Dit leidt tot een gemiddeld jaarlijks stikstof-, fosfaat- en kali-overschot van respectievelijk circa 120 kg N, circa 35 kg  $P_2O_5$  en circa 35 kg  $K_2O$ /ha. De benuttingspercentages voor stikstof, fosfaat en kali bedragen in 1990 respectievelijk circa 50, 60 en 80 % (Tabel 12). Omdat de opbrengsten, en daarmee de berekende afvoer, in 1991 lager zijn en de aanvoer vrijwel gelijk aan die in 1990, is de benutting in 1991 enigszins gedaald ten opzichte van 1990. Tussen bedrijven treden daarbij grote verschillen in aan- en afvoer op (Fig. 4 tot en met 9).

In 1990 is op 38 % van de betrokken bedrijven een N-overschot van hoogstens 100 kg N/ha gerealiseerd, in 1991 gold dit voor 27 %. In 1990 en 1991 hebben respectievelijk 70 en 63 % van de bedrijven een overschot gerealiseerd van hoogstens 150 kg N/ha (Fig. 10).

De N-benutting bedraagt in de achtereenvolgende jaren, bij respectievelijk 80 en 69 % van de bedrijven minstens 40 %, bij respectievelijk 29 en 19 % van de bedrijven minstens 60 %. De mediane N-benutting bedraagt in beide jaren circa 50 % (Fig. 11).

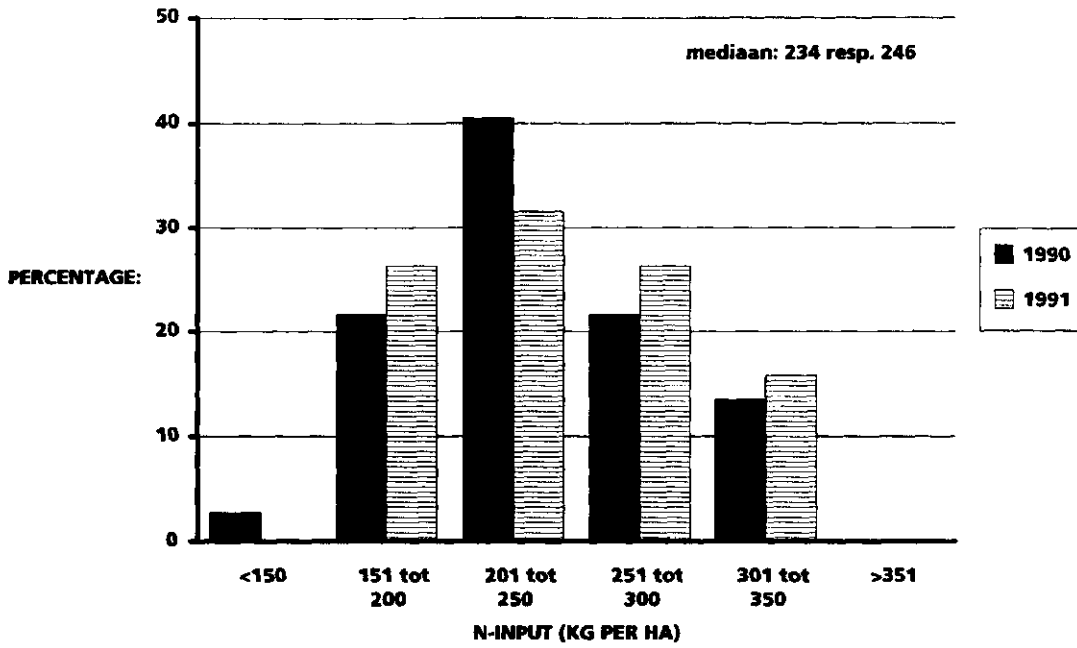
In 1990 en 1991 heeft 11 respectievelijk 13 % van de bedrijven een fosfaatoverschot van minder dan 5 kg  $P_2O_5$ /ha en 30 respectievelijk 33 % een overschot van minder dan 25 kg  $P_2O_5$ /ha. Op ruim 30 % van de bedrijven bedraagt het fosfaatoverschot evenwel meer dan 50 kg  $P_2O_5$ /ha (Fig. 12).

De mediane fosfaatbenutting bedraagt circa 60 %. Daarbij treden opnieuw grote verschillen tussen bedrijven op (Fig. 13).

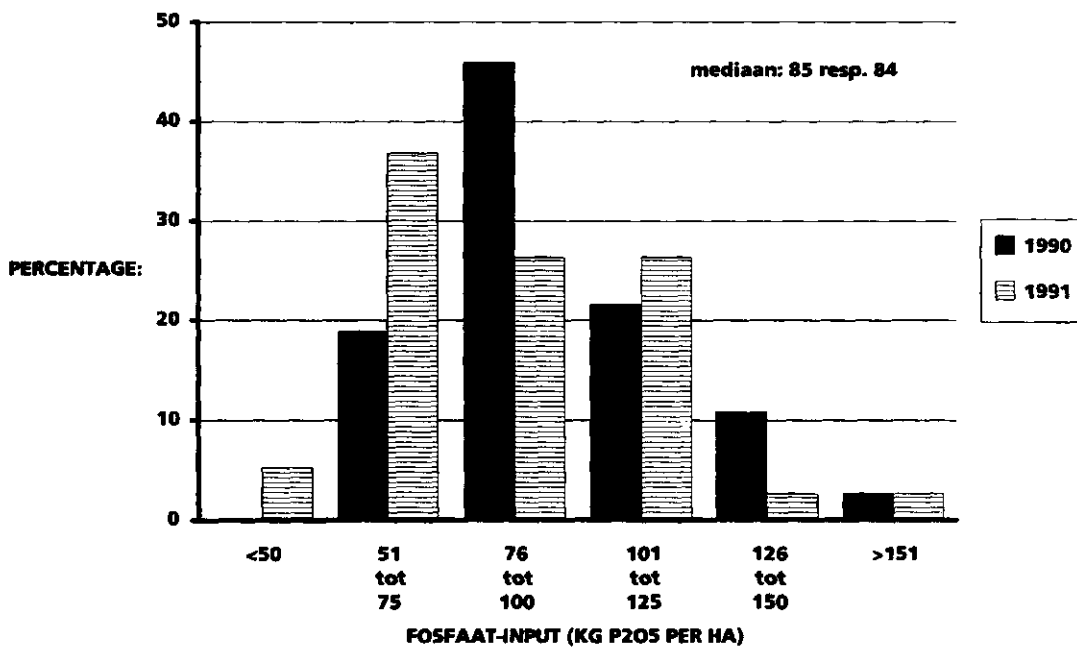
In 1990 en 1991 is op respectievelijk 41 en 31 % van de bedrijven een kali-overschot van minder dan 25 kg  $K_2O$ /ha opgetreden maar op ruim 40 % een overschot van meer dan 50 kg  $K_2O$ /ha (Fig. 14).

De mediane kalibenutting bedraagt circa 70 %. Evenals bij stikstof en fosfaat treden daarbij grote verschillen tussen bedrijven op (Fig. 15).

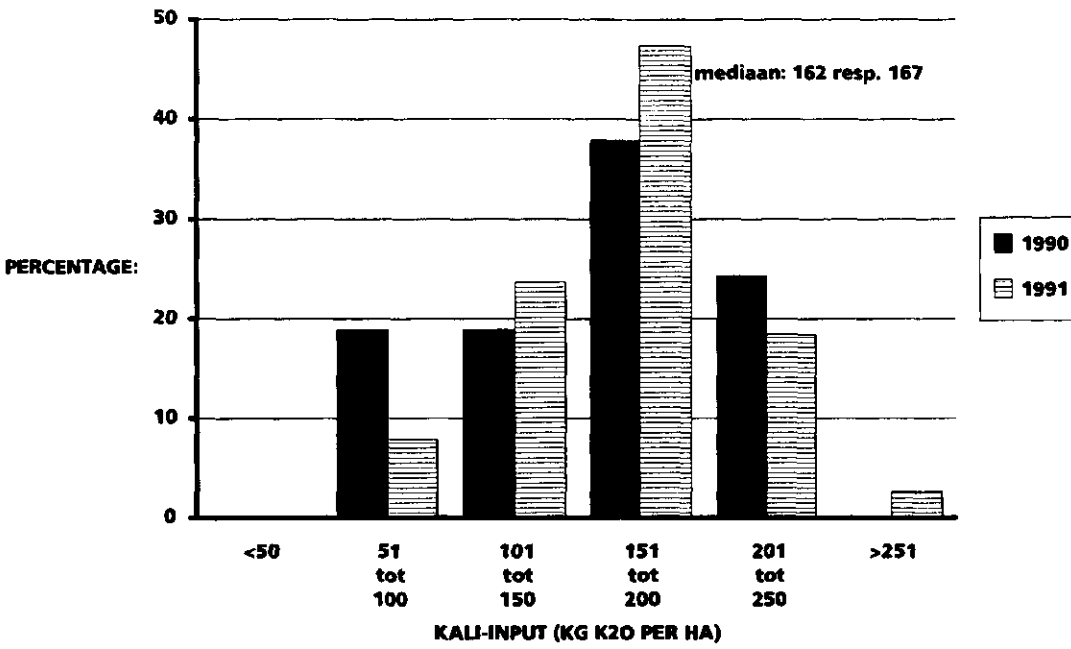
Tussen regio's treden behalve verschillen in aanvoer, ook belangrijke verschillen in afvoer, overschot en benutting op. Op bedrijfsniveau is voor zowel stikstof, fosfaat als kali, de hoogste benutting in het Centrale Zeekleigebied en de laagste benutting in Noordoost-Nederland bereikt (Fig. 16A, 16B, 16C).



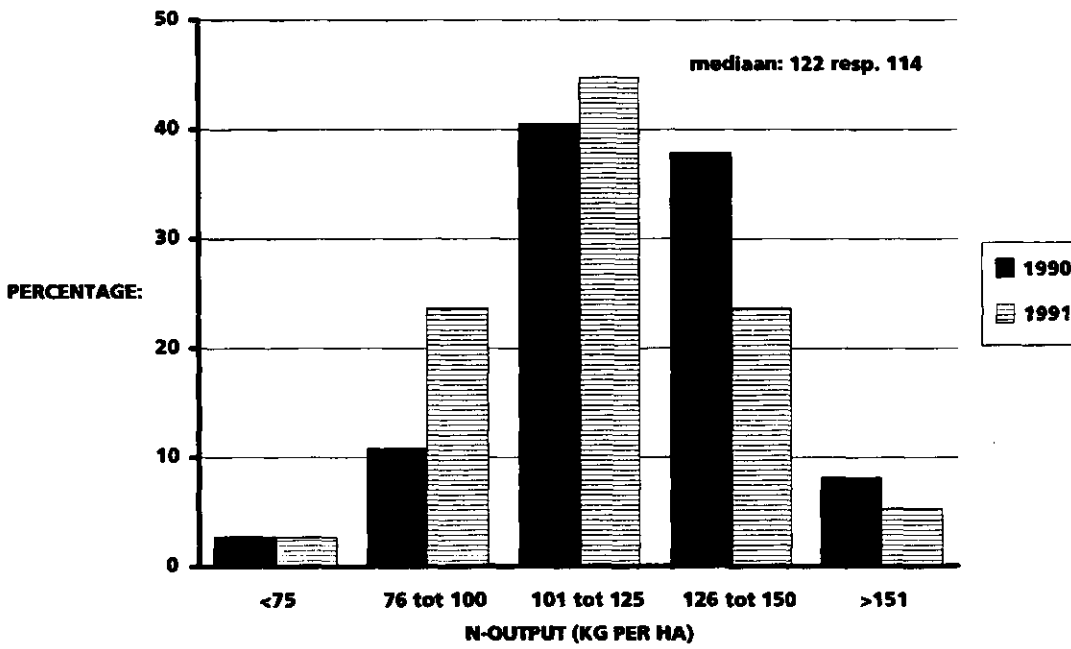
Figuur 4. Frequentieverdeling van de totale stikstofaanvoer op bedrijfsniveau in 1990 en 1991



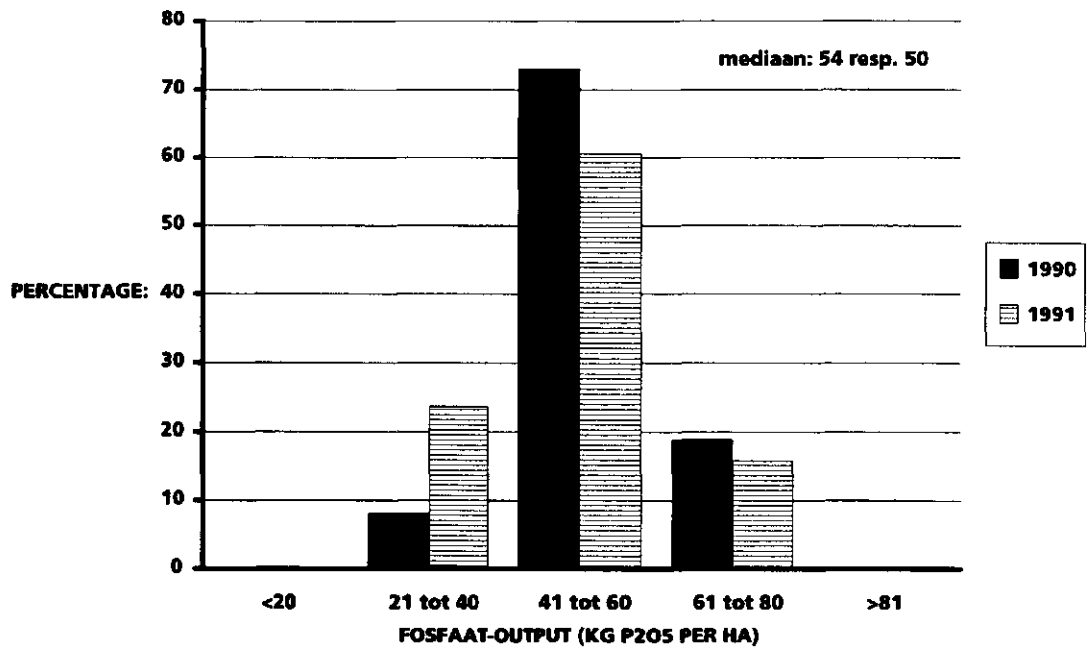
Figuur 5. Frequentieverdeling van de fosfaataanvoer op bedrijfsniveau in 1990 en 1991



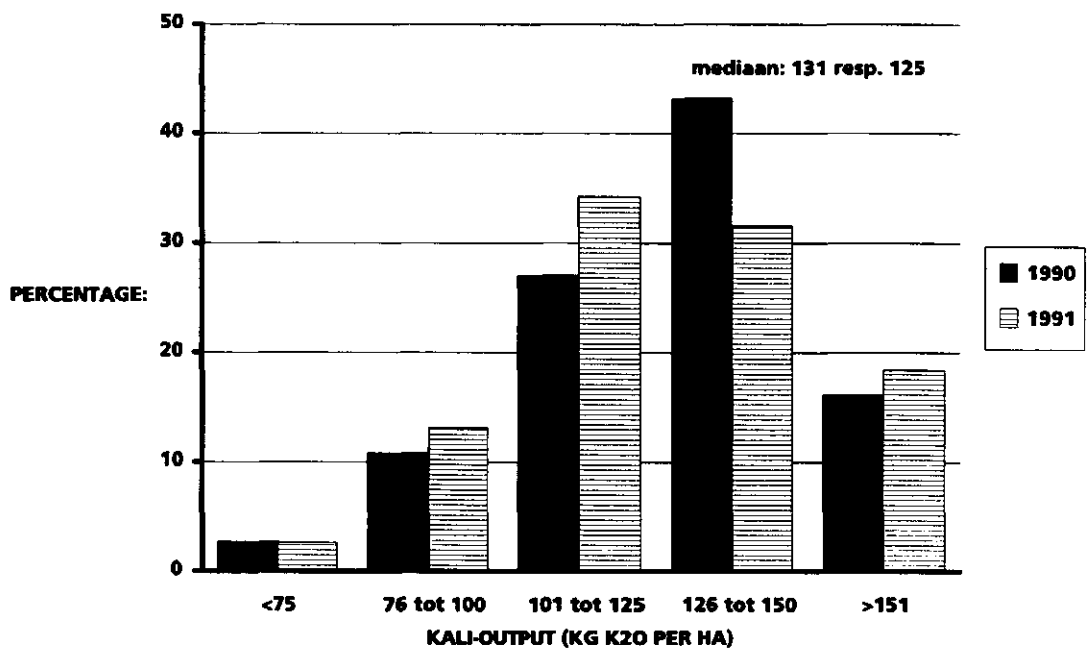
Figuur 6. Frequentieverdeling van de kaliaanvoer op bedrijfsniveau in 1990 en 1991



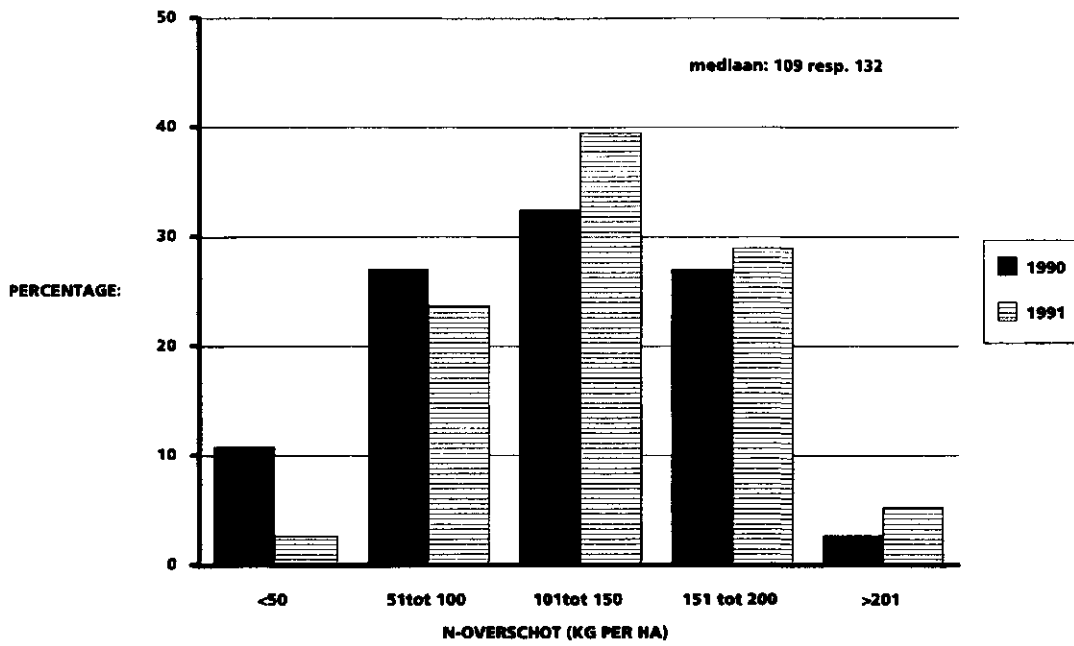
Figuur 7. Frequentieverdeling van de stikstofafvoer op bedrijfsniveau in 1990 en 1991



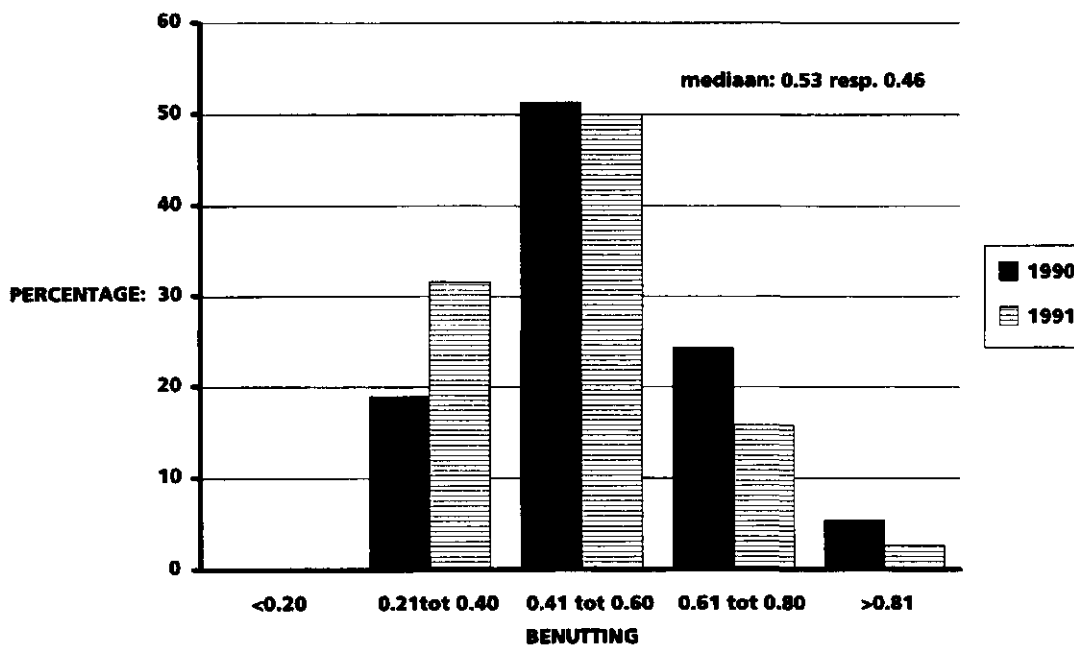
Figuur 8. Frequentieverdeling van de fosfaatafvoer op bedrijfsniveau in 1990 en 1991



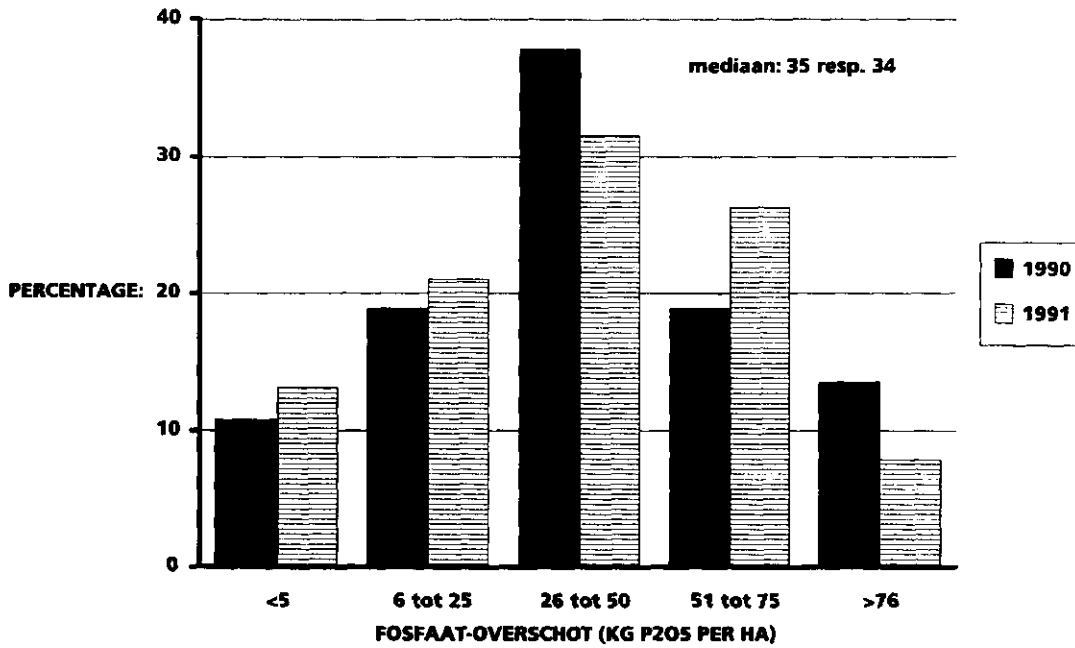
Figuur 9. Frequentieverdeling van de kaliafvoer op bedrijfsniveau in 1990 en 1991



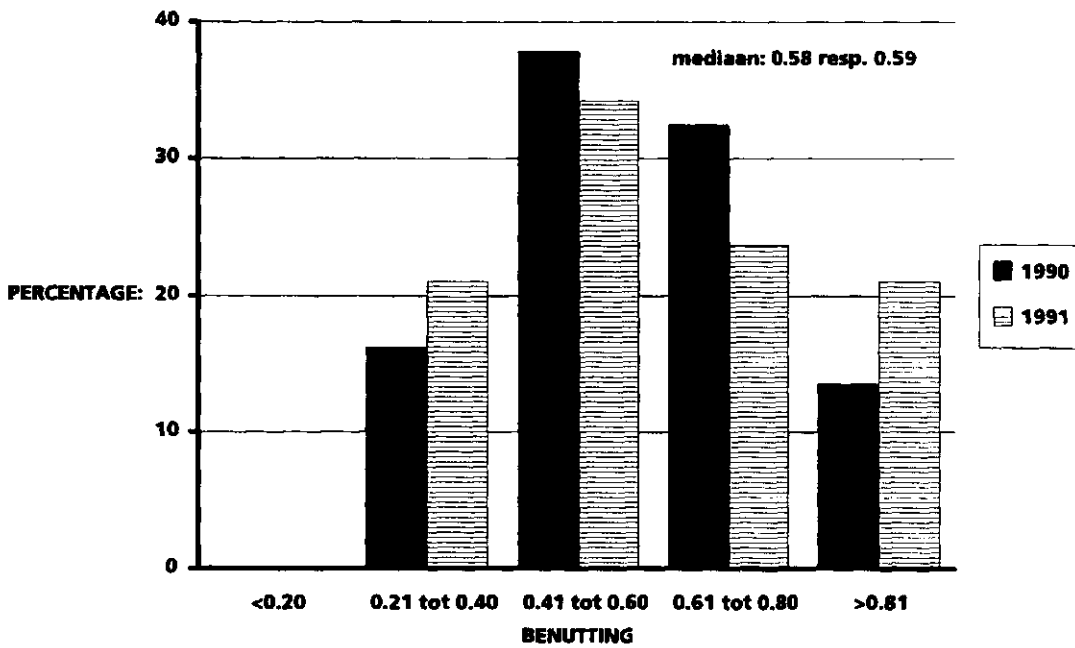
Figuur 10. Frequentieverdeling van het stikstofoverschot op bedrijfsniveau in 1990 en 1991



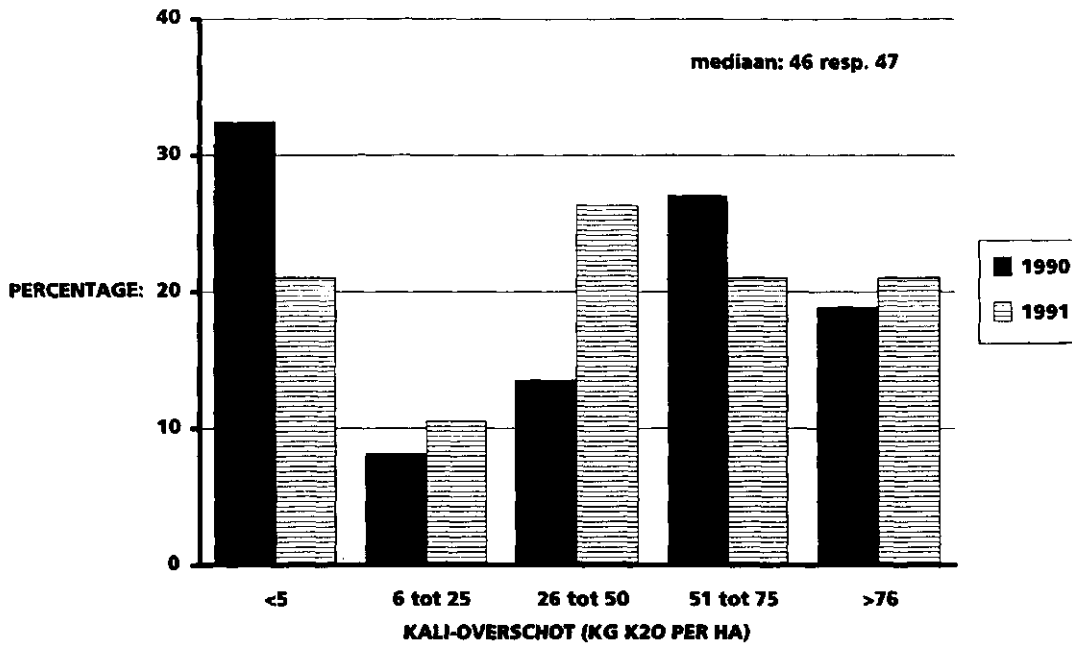
Figuur 11. Frequentieverdeling van de stikstofbenutting op bedrijfsniveau in 1990 en 1991



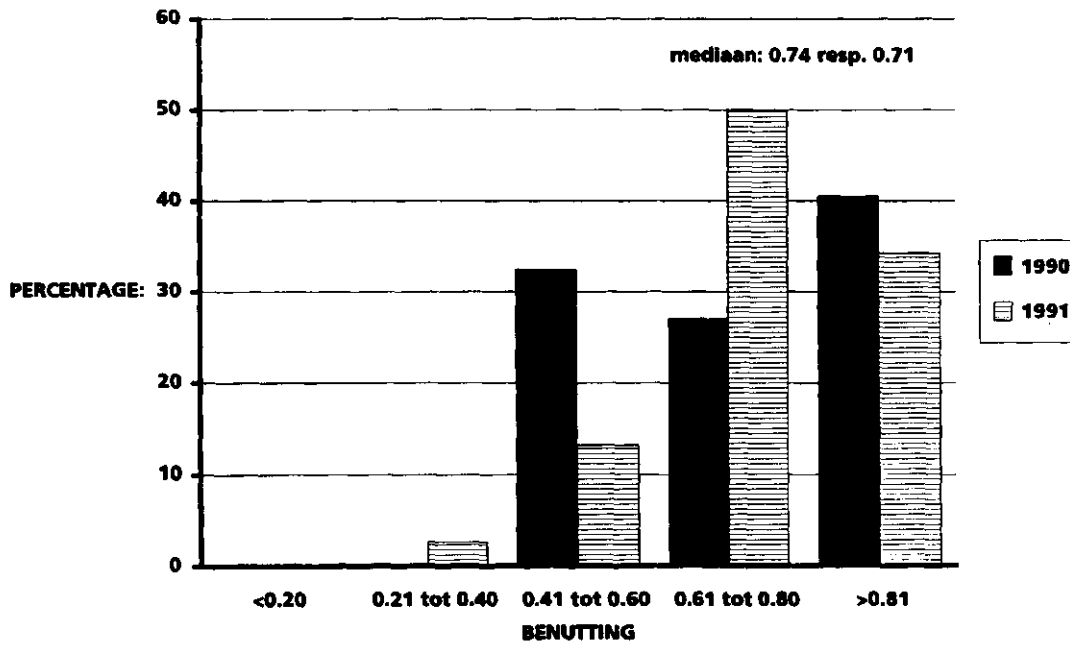
Figuur 12. Frequentieverdeling van het fosfaatoverschot op bedrijfsniveau in 1990 en 1991



Figuur 13. Frequentieverdeling van de fosfaatbenutting op bedrijfsniveau in 1990 en 1991

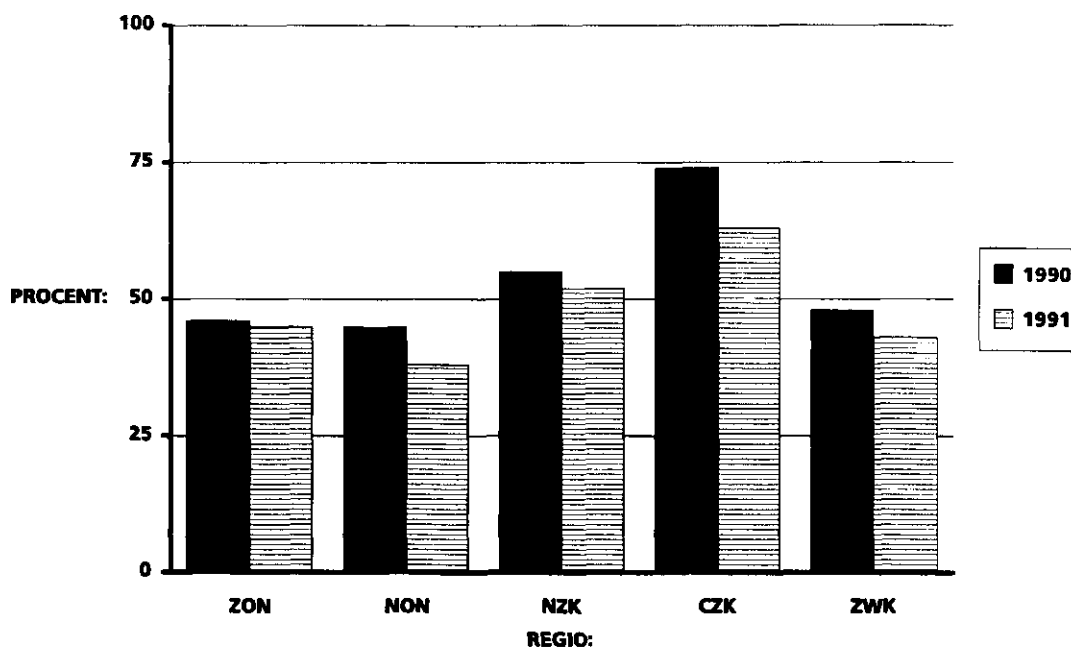


Figuur 14. Frequentieverdeling van het kalioverschot op bedrijfsniveau in 1990 en 1991

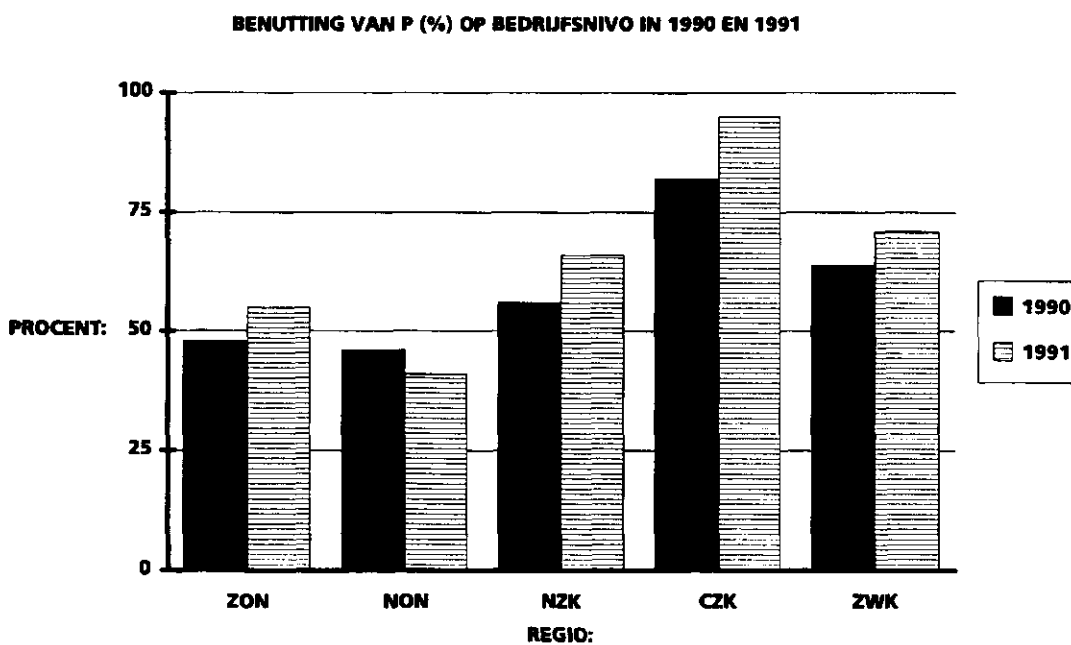


Figuur 15. Frequentieverdeling van de kalibenutting op bedrijfsniveau in 1990 en 1991

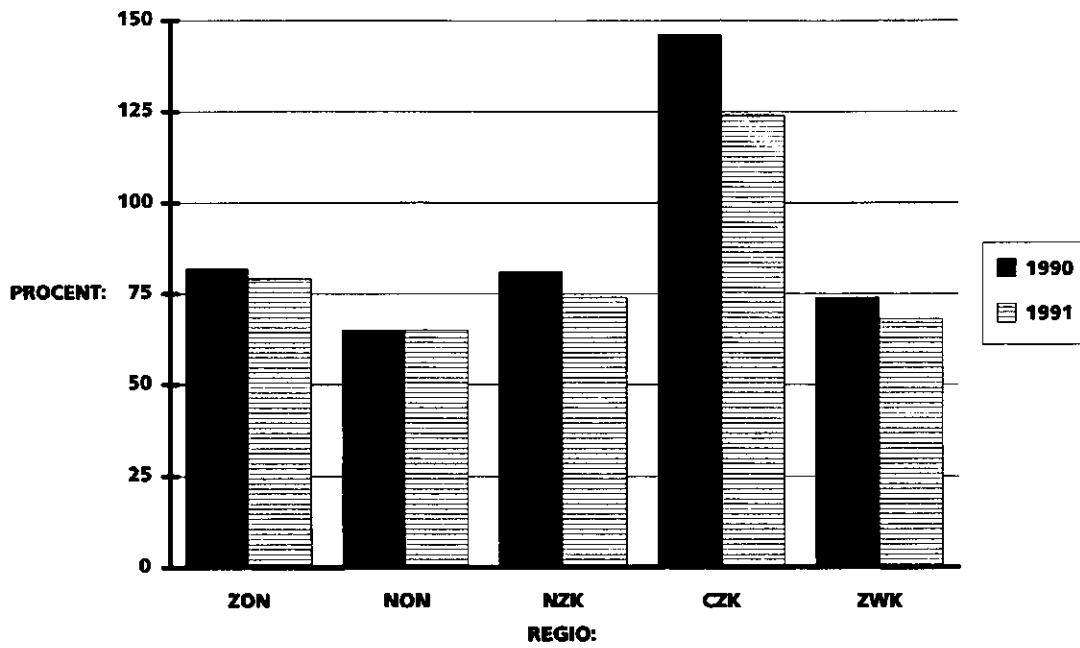




Figuur 16A. Gemiddelde stikstofbenutting op bedrijfsniveau in Zuidoost-Nederland (ZON), Noordoost-Nederland (NON), het Noordelijke Zeekleigebied (NZK), het Centrale Zeekleigebied (CZK) en het Zuidwestelijk Zeekleigebied (ZWK) in 1990 en 1991



Figuur 16B. Gemiddelde fosfaatbenutting op bedrijfsniveau in Zuidoost-Nederland (ZON), Noordoost-Nederland (NON), het Noordelijke Zeekleigebied (NZK), het Centrale Zeekleigebied (CZK) en het Zuidwestelijk Zeekleigebied (ZWK) in 1990 en 1991



Figuur 16C. Gemiddelde kalibrenutting op bedrijfsniveau in Zuidoost-Nederland (ZON), Noordoost-Nederland (NON), het Noordelijke Zeekleigebied (NZK), het Centrale Zeekleigebied (CZK) en het Zuidwestelijk Zeekleigebied (ZWK) in 1990 en 1991

### 3.3 Stikstofhuishouding van aardappel

De gemiddelde geschatte hoeveelheid beschikbare bodem-N (exclusief de N die uit niet-mest-N mineraliseert) komt redelijk overeen met de officiële (Anonymus, 1992a) advisering. In het Centrale Zeekleigebied wordt duidelijk krupper bemest dan het advies, in het Zuidwestelijke Zeekleigebied veel ruimer (Tabel 13).

Rond de gemiddelde geschatte beschikbaarheid treedt een grote spreiding op (Fig. 17).

Op ruim 15 % van de bedrijven is minstens 50 kg/ha meer, op ruim 30 % van de bedrijven minstens 50 kg/ha minder gegeven. De mediane hoeveelheid is gedaald van 297 kg N/ha in 1990 naar 256 kg N/ha in 1991. Op 10 % van de bedrijven is minstens 50 kg N/ha minder, op 25 % minstens 50 kg N/ha meer gegeven.

Voor beide jaren bestaat er slechts een zwak verband tussen de (geschatte) hoeveelheid beschikbare N en de opbrengst (=afvoer/geschat gehalte) van consumptie- en fabrieksaardappel (Fig. 18). Omdat de N-aanvoer de N-afvoer sterk overtreft (Fig. 19), bedraagt de mediane N-benutting niet meer dan 40 % (Fig. 20). De N-benutting door aardappel in het Noordelijk en Zuidwestelijk Zeekleigebied is lager dan elders (Fig. 21), in beide gevallen als gevolg van een hoge N-aanvoer (Tabel 14).

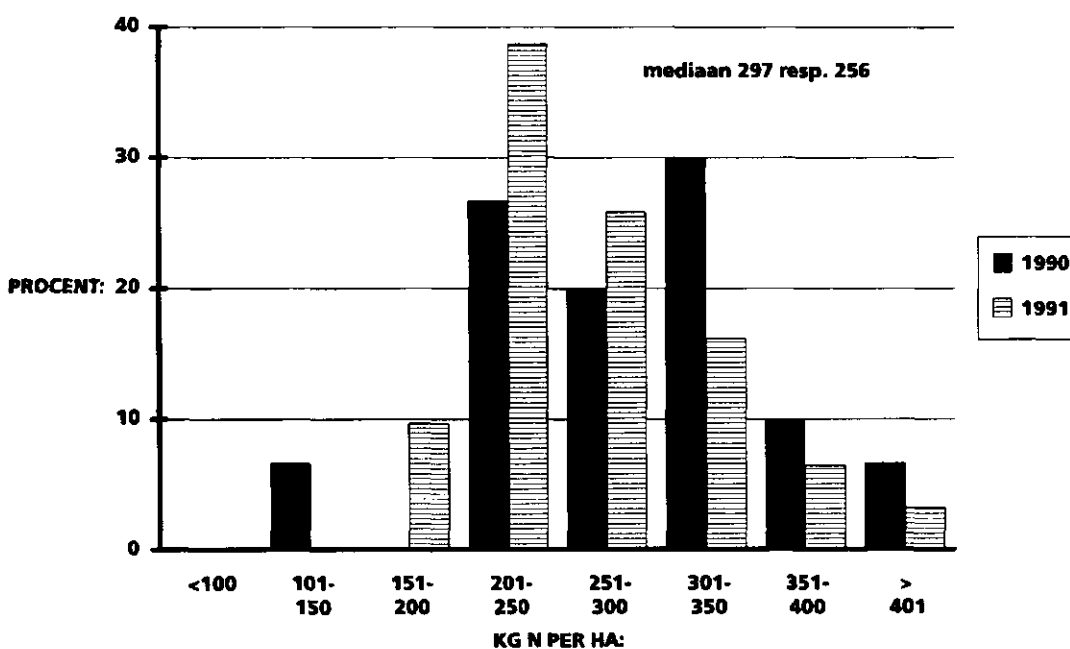
Tabel 13. Geschatte hoeveelheid beschikbare N voor fabrieks-, consumptie- en pootaardappel, wintertarwe en suikerbiet per regio in 1990 en 1991. Voor verklaring afkortingen zie pagina 3.

	Advies *	ZON		NON		NZK		CZK		ZWK	
		1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991
fabrieks- aardappel	285	269	255	252	262	-	-	-	-	-	-
consumptie- aardappel	305	243	183	-	-	295	240	291	234	373	360
poot- aardappel	184	202	143	188	160	187	180	181	137	293	238
suikerbiet	178	217	205	271	278	213	176	166	140	245	184
wintertarwe	200	185	143	198	216	222	198	226	193	228	221

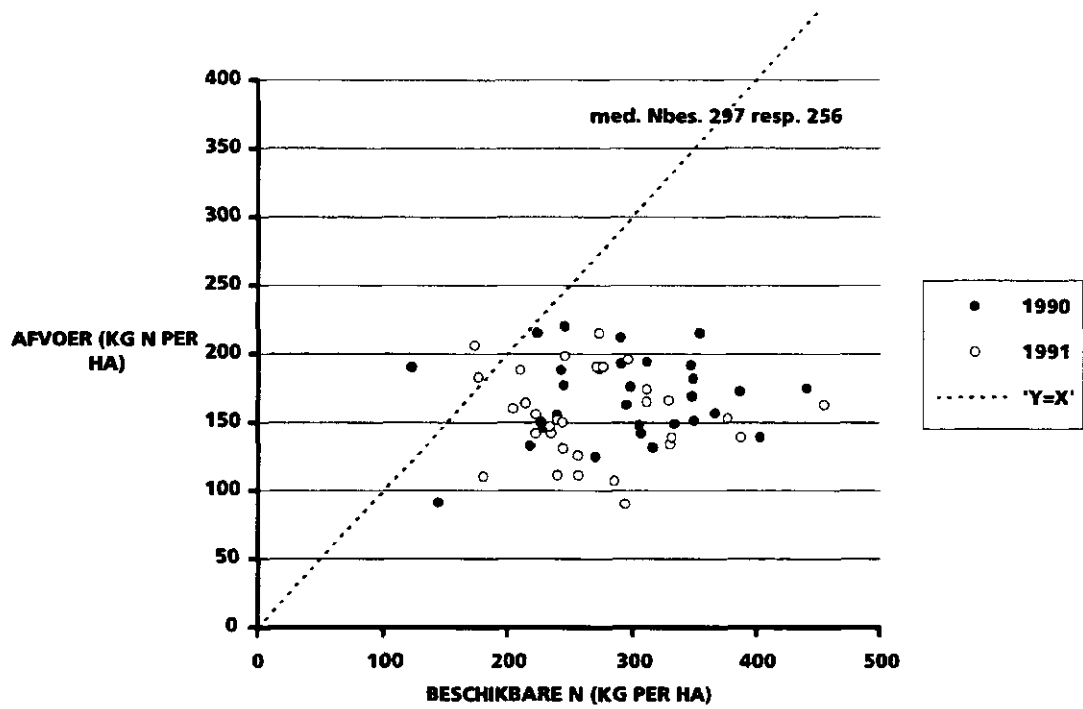
\* geadviseerde beschikbaarheid is de som van de adviesgift op basis van  $N_{min}$  (Anonymus, 1992), een minerale bodem-N-voorraad van 60 kg/ha (0-60 cm) en een effectieve depositie van 20 kg N/ha.

Tabel 14. Gemiddelde N-aanvoer (incl. depositie, binding, zaaizaad/pootgoed), -afvoer en overschot (kg/ha) en -benutting (%) bij consumptieaardappel, suikerbiet en wintertarwe (gemiddeld over 1990 en 1991)

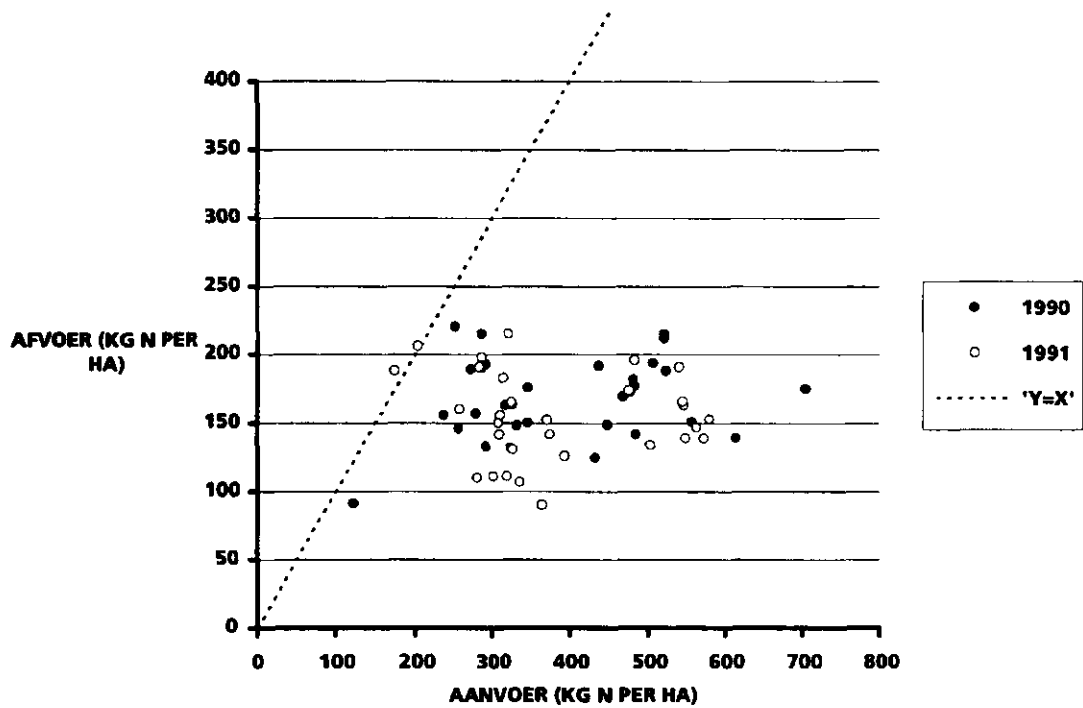
Gewas	Regio	Aanvoer (kg/ha)	Afvoer (kg/ha)	Overschot (kg/ha)	Benutting (%)
consumptie-aardappel	ZON	273	158	115	58
	NZK	440	157	283	36
	CZK	379	184	195	49
	ZWK	530	159	371	30
	landelijk	405	164	241	40
suikerbiet	ZON	254	94	160	37
	NON	332	81	251	24
	NZK	289	101	188	35
	CZK	150	116	34	77
	ZWK	259	102	157	39
	landelijk	257	99	158	39
wintertarwe	ZON	202	144	58	71
	NON	190	129	61	68
	NZK	191	156	35	82
	CZK	176	170	6	97
	ZWK	208	164	44	79
	landelijk	193	153	40	79



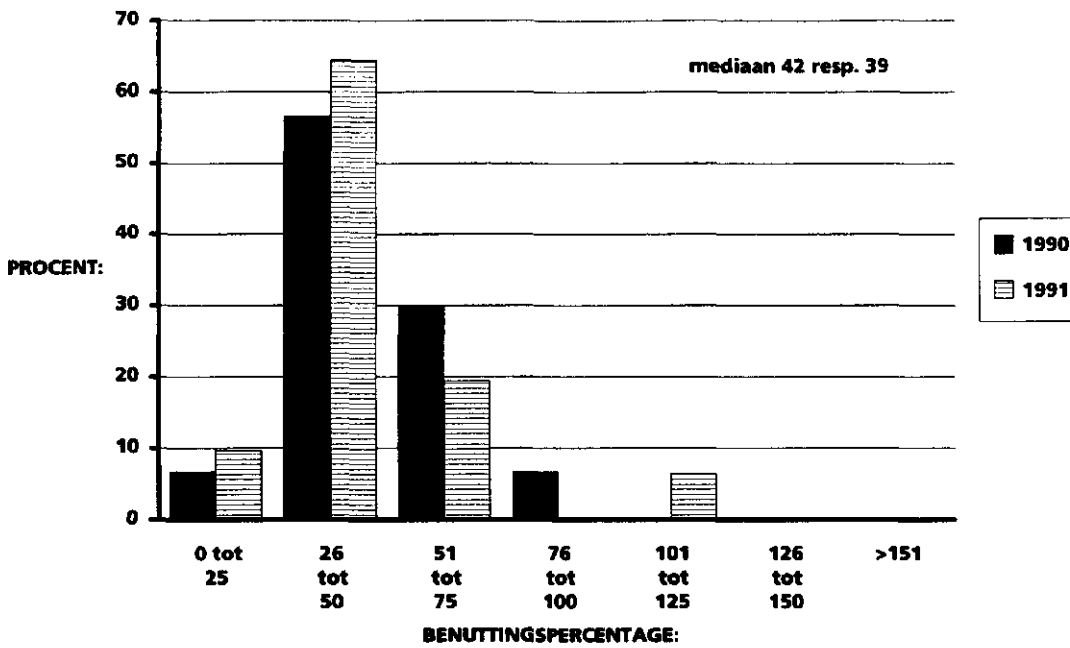
Figuur 17. Frequentieverdeling van de hoeveelheid beschikbare minerale bodem-N in het voorjaar bij aardappel (exclusief pootgoed) in 1990 en 1991



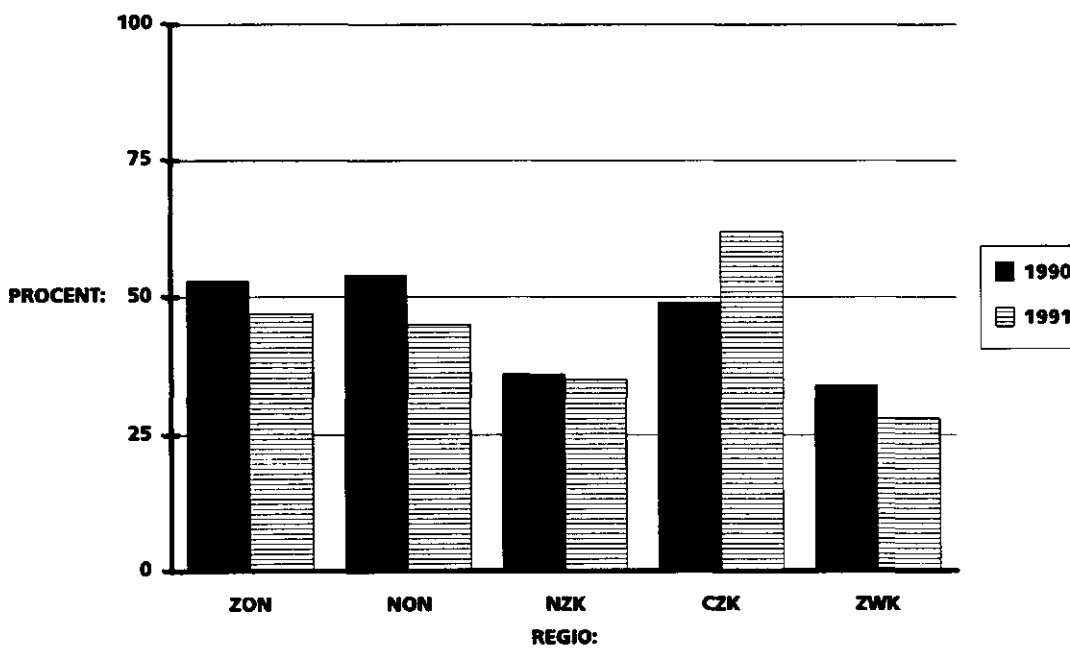
Figuur 18. Relatie tussen de hoeveelheid beschikbare minerale bodem-N in het voorjaar en de N-afvoer (=gemeten opbrengst \* geschat N-gehalte) bij aardappel (exclusief pootgoed) in 1990 en 1991



Figuur 19. Relatie tussen de N-aanvoer en de N-afvoer bij aardappel (exclusief pootgoed) in 1990 en 1991



Figuur 20. Frequentieverdeling van de N-benutting bij aardappel (exclusief pootgoed) in 1990 en 1991



Figuur 21. N-benutting bij aardappel (exclusief pootgoed) in Zuidoost-Nederland (ZON), Noordoost-Nederland (NON), het Noordelijke Zeekleigebied (NZK), het Centrale Zeekleigebied (CZK) en het Zuidwestelijk Zeekleigebied (ZWK) in 1990 en 1991

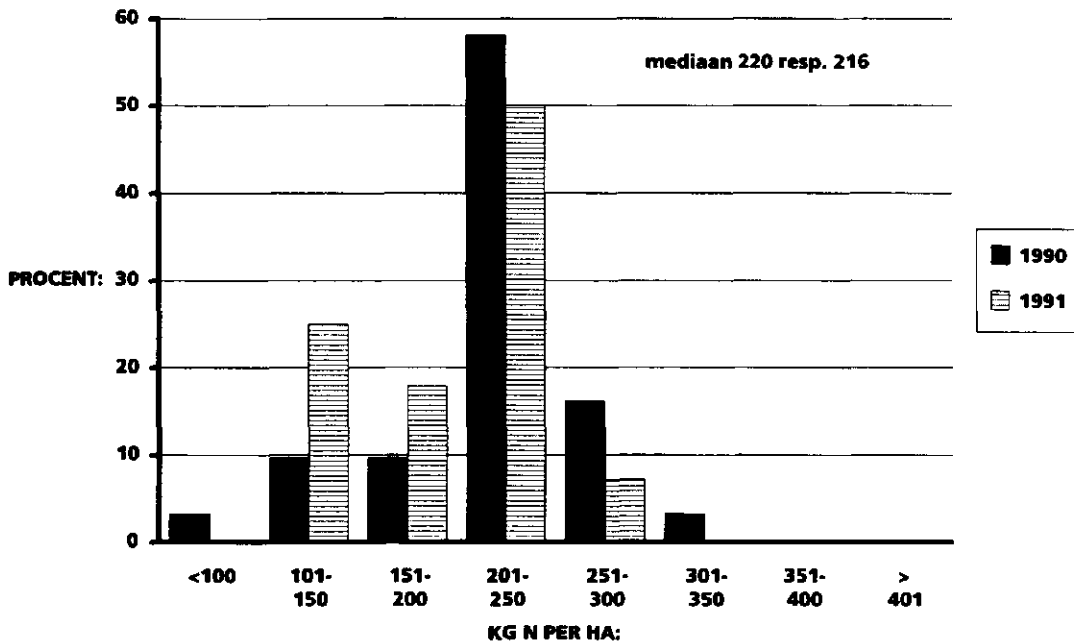
### 3.4 Stikstofhuishouding van wintertarwe

In 1990 en 1991 is aan wintertarwe naar schatting een mediane hoeveelheid N van respectievelijk 220 en 216 kg N/ha beschikbaar gesteld. In 1990 en 1991 is op bijna 25 % respectievelijk ruim 40 % van de bedrijven minder dan 200 kg/ha en op respectievelijk 20 % en 7 % meer dan 250 kg N/ha beschikbaar gesteld (Fig. 22).

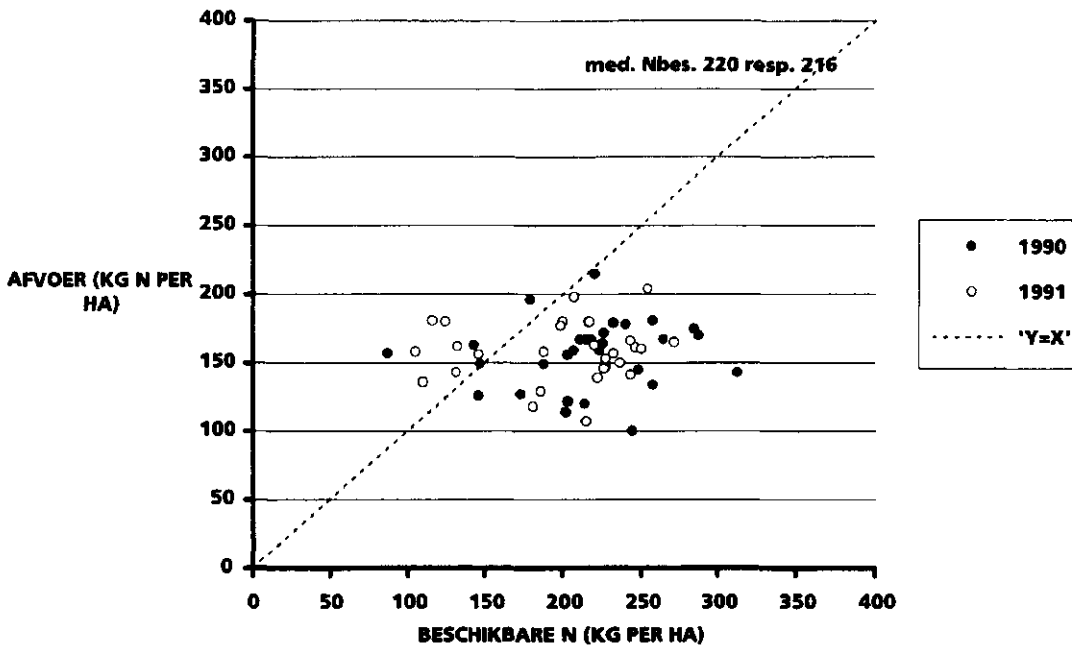
Voor geen van beide jaren is er een verband gevonden tussen de beschikbaar gestelde N en de berekende N-afvoer met de oogst (Fig. 23).

De aanvoer overtreft de afvoer maar weinig (Fig. 24) zodat de mediane benutting circa 80 % bedraagt (Fig. 25).

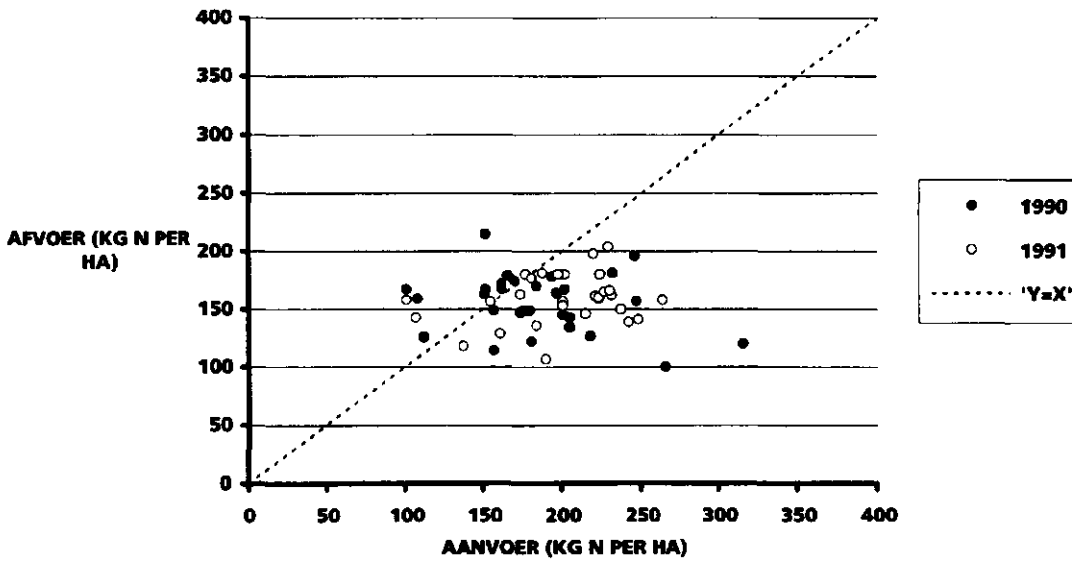
Vooral in het Centrale Zeekleigebied is een hoge N-benutting bereikt (Fig. 26); dit is veroorzaakt door zowel een relatief lage N-aanvoer als een hoge N-afvoer (Tabel 14).



Figuur 22. Frequentieverdeling van de hoeveelheid beschikbare minerale bodem-N in het voorjaar bij wintertarwe in 1990 en 1991

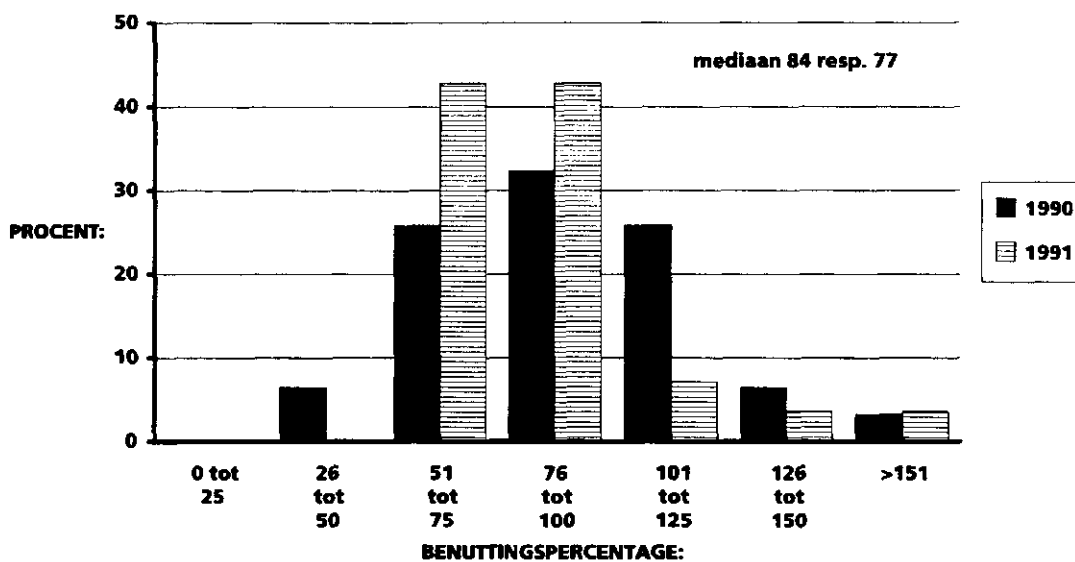


Figuur 23. Relatie tussen de hoeveelheid beschikbare minerale bodem-N in het voorjaar en de N-afvoer (=gemeten opbrengst \* geschat N-gehalte) bij wintertarwe in 1990 en 1991

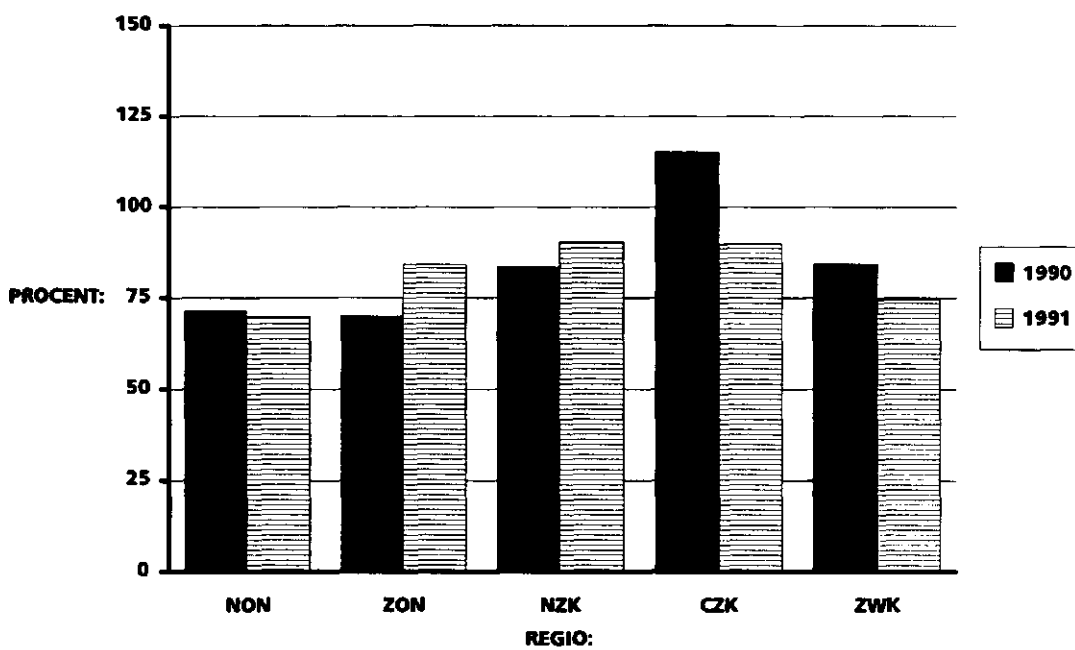


Figuur 24. Relatie tussen de N-aanvoer en de N-afvoer bij wintertarwe in 1990 en 1991





Figuur 25. Frequentieverdeling van de N-benutting bij wintertarwe in 1990 en 1991

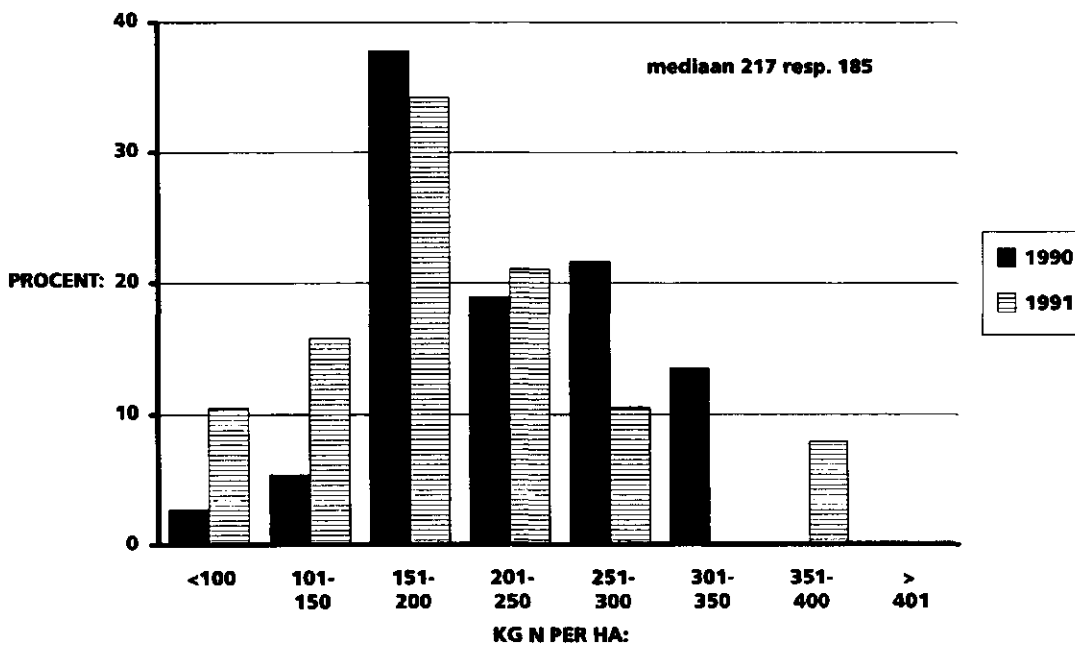


Figuur 26. N-benutting bij wintertarwe in Zuidoost-Nederland (ZON), NoordoostNederland (NON), het Noordelijke Zeekleigebied (NZK), het Centrale Zeekleigebied (CZK) en het Zuidwestelijk Zeekleigebied (ZWK) in 1990 en 1991

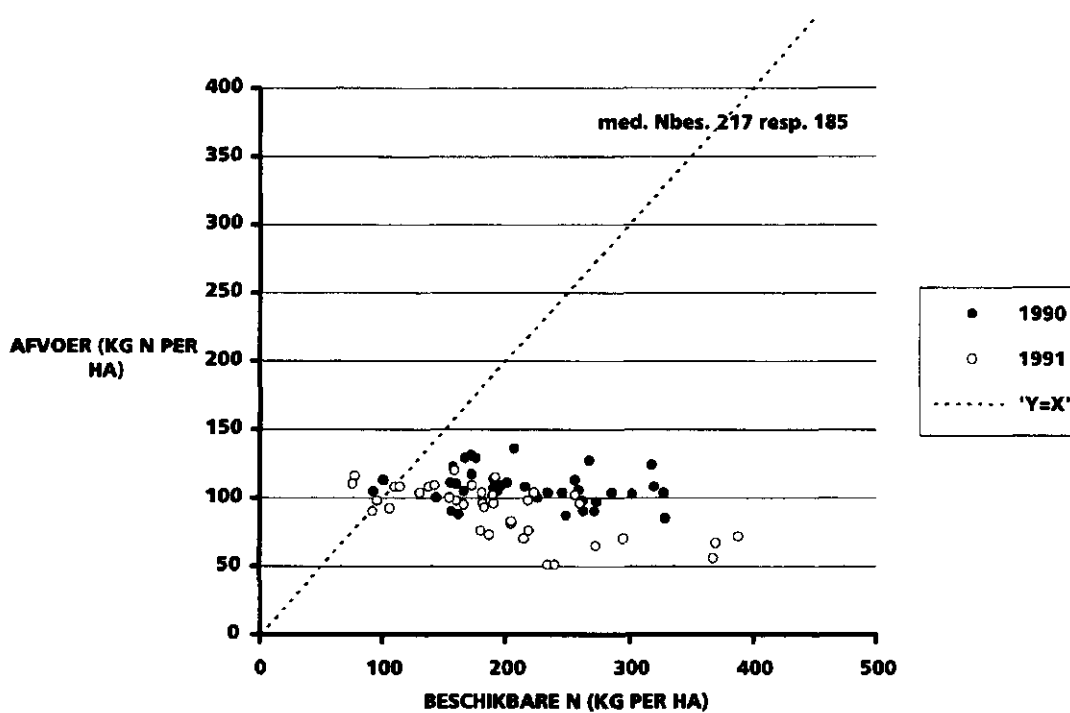
### 3.5 Stikstofhuishouding van suikerbiet

Aan suikerbiet is in 1990 en 1991 respectievelijk een mediane hoeveelheid N van 217 kg en 185 kg/ha beschikbaar gesteld. Tussen bedrijven treden daarbij in beide jaren grote verschillen op (Fig. 27). In 1990 stelt 35 % van de bedrijven meer dan 250 kg N/ha beschikbaar, in 1991 daalt dit tot bijna 20 %. Aan suikerbiet is aanmerkelijk meer N aangeboden dan er met de oogstproducten is afgevoerd (Fig. 28). Er bestaat bovendien een negatief verband tussen de beschikbaar gestelde N en de berekende N-afvoer (Fig. 29). Omdat er een regionale verstrengeling bestaat tussen de beschikbaar gestelde N en andere groei- cq. afvoerbestemmende factoren, is het aannemelijk dat niet N-overmaat de feitelijke oorzaak van de lagere N-afvoer is. De lage hoeveelheid beschikbare N in het Centrale Zeekleigebied is namelijk gekoppeld aan gunstige groeiomstandigheden (geringe aaltjesdruk, geen vochttekort) terwijl de hoge hoeveelheid beschikbare N in Noordoost-Nederland gekoppeld is aan ongunstige groeiomstandigheden (grotere aaltjesdruk, vochttekort, opbrengstderving als gevolg van nachtvorstschade respectievelijk overzaaien).

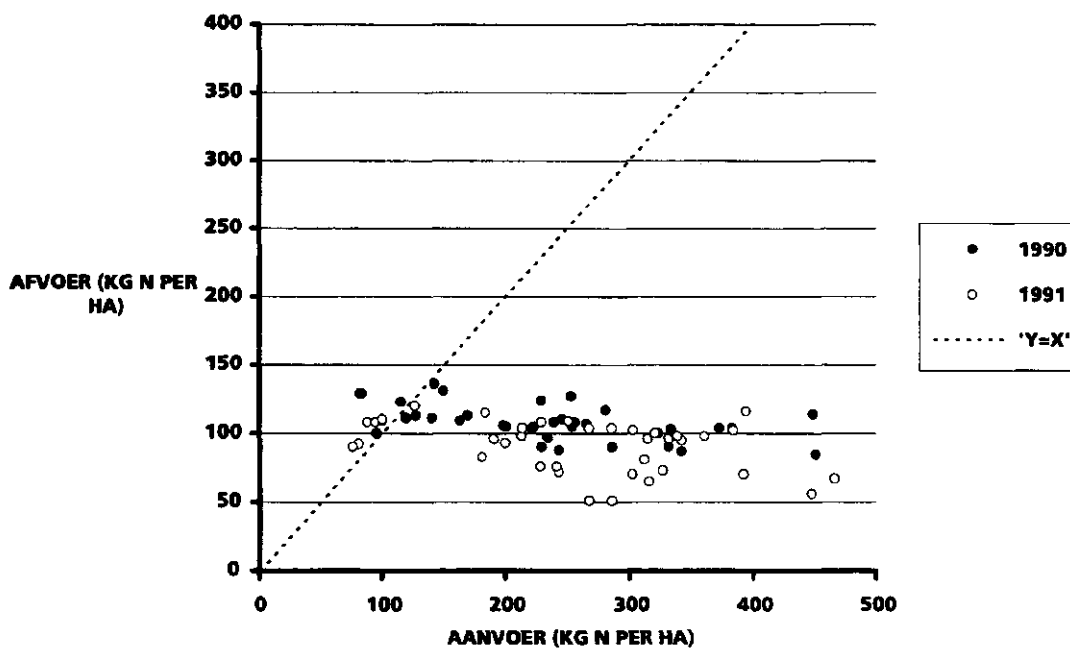
De N-aanvoer overtreft de N-afvoer in hoge mate zodat de mediane N-benutting niet méér dan circa 40 % bedraagt (Fig. 30). De N-benutting door suikerbiet is relatief laag in Noordoost-Nederland en hoog in het Centrale Zeekleigebied (Fig. 31). De lage benutting in Noordoost-Nederland hangt samen met een relatief hoge N-aanvoer en een lage N-afvoer, de hoge benutting in het Centrale Zeekleigebied is een gevolg van zowel een geringe N-aanvoer als een hoge N-afvoer (Tabel 14).



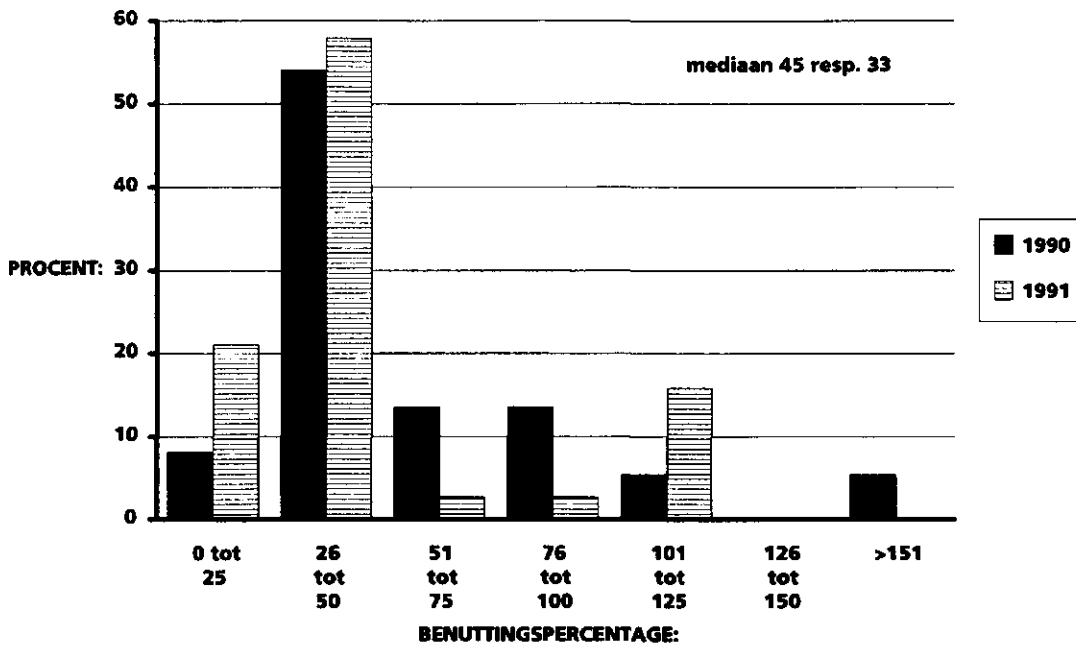
Figuur 27. Frequentieverdeling van de hoeveelheid beschikbare minerale bodem-N in het voorjaar bij suikerbiet in 1990 en 1991



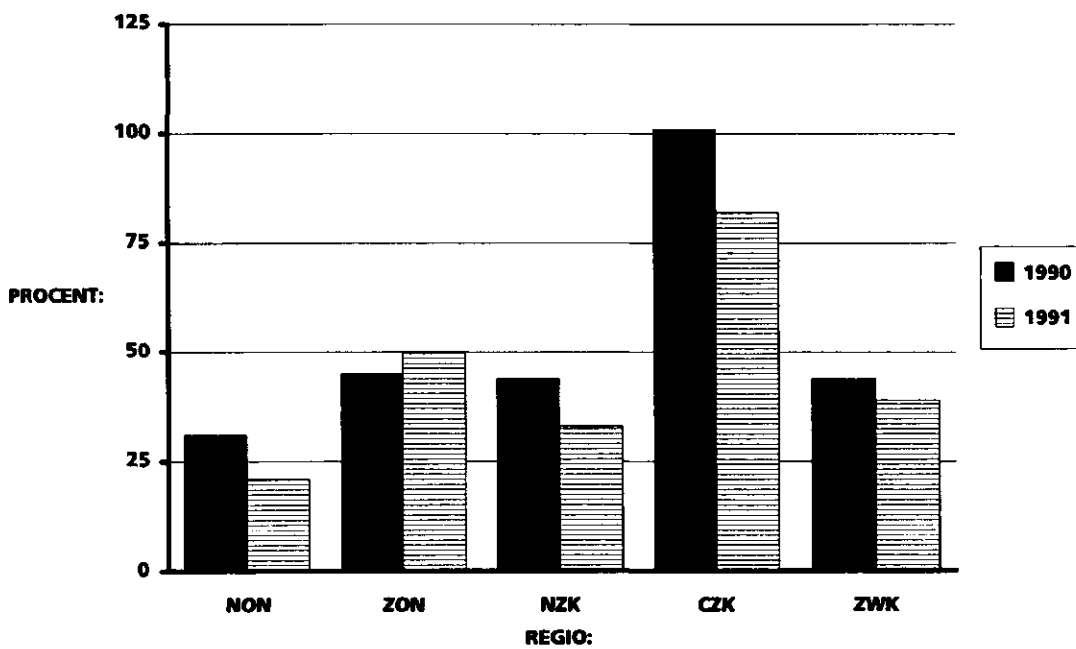
Figuur 28. Relatie tussen de hoeveelheid beschikbare minerale bodem-N in het voorjaar en de N-afvoer (=gemeten opbrengst \* geschat N-gehalte) bij suikerbiet in 1990 en 1991



Figuur 29. Relatie tussen de N-aanvoer en de N-afvoer bij suikerbiet in 1990 en 1991



Figuur 30. Frequentieverdeling van de N-benutting bij suikerbiet in 1990 en 1991



Figuur 31. N-benutting bij suikerbiet in Zuidoost-Nederland (ZON), Noordoost-Nederland (NON), het Noordelijke Zeekleigebied (NZK), het Centrale Zeekleigebied (CZK) en het Zuidwestelijk Zeekleigebied (ZWK) 1990 en 1991

### 3.6 Analyse van het stikstofoverschot bij hakvruchten

Voor aardappel en suikerbiet blijkt het N-overschot hoger (en de benutting lager) te zijn dan voor wintertarwe (Tabel 14). Overeenkomstig Fig. 1 kan dit een gevolg zijn van het feit dat de gewassen in kwestie:

- maar weinig N investeren in de af te voeren organen (d.w.z. een lage N-harvest-index bezitten) volgens:

$$N\text{-afvoer} = \text{totale N-opname} * N\text{-harvest-index},$$

- maar een beperkte fractie van de beschikbare bodem-N weten te benutten (d.w.z. een lage N-recovery bezitten) volgens:

$$\text{totale N-opname} = \text{beschikbare bodem-N} * N\text{-recovery},$$

- bemest zijn met meststoffen die een lage relatieve werking hebben (d.w.z. een lage werkingsindex bezitten) volgens:

$$\text{beschikbare bodem-N} = N\text{-aanvoer} * \text{werkingsindex},$$

- dusdanig overbemest worden dat de N die daarbij teveel wordt beschikbaargesteld, ook niet in de vorm van luxe-consumptie door het gewas kan worden opgenomen.

In Tabel 15 is nagegaan of het relatief grote N-overschot bij aardappel en suikerbiet niet alleen uit de lage N-harvest-index of de lage N-recovery, maar ook uit een lage werking van de mest voortvloeit. Meer dan wintertarwe zijn aardappel en suikerbiet binnen dit project immers met dierlijke meststoffen bemest (Tabel 10). Vanwege aard en toedieningstijdstip heeft die meststof een lagere relatieve werking dan kunstmest. Door vanuit de afvoer de totale N-opname te schatten en vanuit de totale N-opname de beschikbare bodem-N te schatten, kan berekend worden hoeveel van de aangevoerde N feitelijk beschikbaar gekomen is. Deze berekende relatieve werking ('werkingsindex') blijkt lager te zijn voor aardappel en suikerbiet dan voor wintertarwe. Zelfs als wordt aangenomen dat aardappel 50 kg N/ha meer kregen dan ze kunnen opnemen en de gehanteerde N-recovery dientengevolge verlaagd moet worden van 58 naar 50 %, dan nog is de werkingsindex van de mest bij aardappel lager dan bij wintertarwe. Dit betekent dat het relatief grote N-overschot waarmee de teelt van aardappel en suikerbiet gepaard gaat vermoedelijk niet alleen aan intrinsieke gewaseigenschappen moet worden toegeschreven (lage N-harvest-index bij suikerbiet, lage N-recovery bij aardappel), maar ook aan hun teeltwijze te weten het gebruik van dierlijke mest.

Tabel 15. Berekende mestwerkingsindex voor consumptieaardappel, suikerbiet en wintertarwe

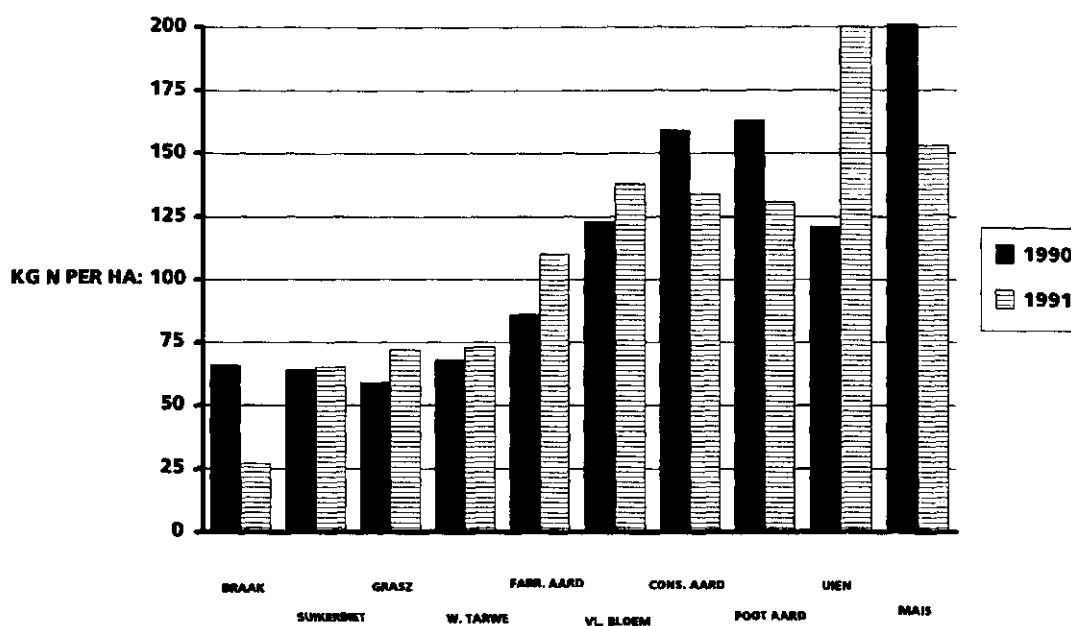
		Gewas:		
		consumptie-aardappel	suikerbiet	wintertarwe
N-afvoer	=A	164	99	153
N-harvest-index*	=B	80	42	80
totale N-opname	=A*100/B=C	205	235	191
N-recovery*	=D	58	73	65
beschikbare bodem-N	=C*100/D=E	353	321	294
N-aanvoer	=F	405	257	193
mestwerkingsindex	=E/F	0,87	1,25	1,52

\* geschat op basis van Schröder et al. (1993).

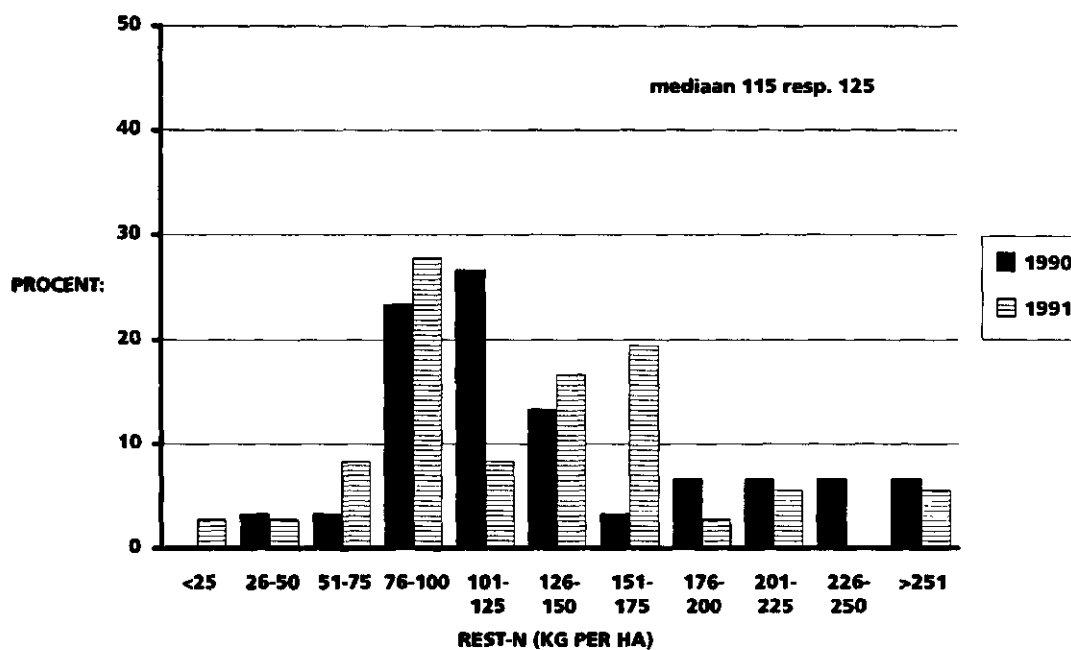
### 3.7 Rest-N

De hoeveelheid minerale bodem-N die na de oogst achterblijft ('rest-N'), verschilt per gewas maar is binnen een gewas in beide jaren ongeveer even groot. In het algemeen is op kleigrond meer rest-N achtergebleven dan op zandgrond (Tabel 16). Het is aannemelijk dat dit geen grondsoorteffect in engere zin is, maar meer een gevolg van het feit dat in het Zuidwestelijk Zeekleigebied met overwegend kleigronden meer rest-N wordt aangetroffen dan elders (Tabel 17). Dit hangt vermoedelijk samen met de hogere N-aanvoer in die regio (Tabel 11). Vooral tussen gewassen treden belangrijke verschillen op (Fig. 32, Tabel 16); na aardappel en vlinderbloemigen blijft relatief veel N in de bodem achter. Dit is ook het geval na maïs en ui hoewel het aantal waarnemingen bij die gewassen gering is. Relatief weinig N blijft achter na braak, na graszaad, na suikerbiet en graszaad. De grote hoeveelheid rest-N op de drie in 1990 onderzochte wintergerstpercelen, kan niet worden verklaard. Bij zowel aardappel (Fig. 33) wintertarwe (Fig. 34) als suikerbiet (Fig. 35) treden grote verschillen tussen percelen op. Tabel 18 geeft de gevonden gemiddelde en mediane hoeveelheid rest-N na aardappel, wintertarwe en suikerbiet. Bij aardappel bestaat er een zwak verband ( $P < 0,10$ ) tussen de hoeveelheid rest-N en het saldo van aan- en afgevoerde N (=N-overschot) (Fig. 36). Tussen de hoeveelheid rest-N en de geschatte beschikbare N bestaat een sterker ( $P < 0,01$ ) verband (Fig. 37). Dit verband wordt niet beter door op de beschikbare N de afgevoerde N in mindering te brengen (Fig. 38). Bij wintertarwe blijft gemiddeld minder N in de bodem achter dan na aardappel. De spreiding in de hoeveelheid rest-N vertoont geen relatie met het saldo van beschikbare en afgevoerde N (Fig. 39). Ook bij suikerbiet bestaat er geen duidelijk verband tussen de hoeveelheid rest-N en het saldo van beschikbare en afgevoerde N (Fig. 40).

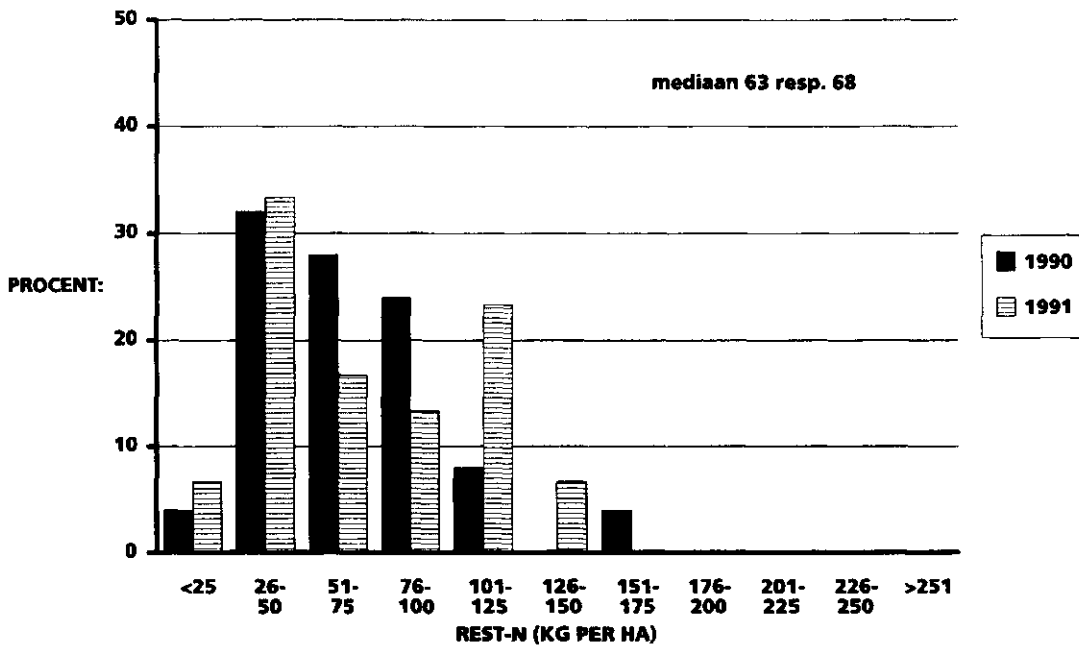
Tussen gewassen onderling bestaat er geen eenduidig verband tussen de hoeveelheid rest-N en het saldo van aanvoer en afvoer (Fig. 41) of het saldo van beschikbare en afgevoerde N (Fig. 42). Dat na vlinderbloemigen, bij een relatief geringe hoeveelheid beschikbare N, toch veel rest-N achterblijft, moet worden toegeschreven aan biologische N-binding; deze post is niet opgenomen in de geschatte hoeveelheid beschikbare N. Bij suikerbiet is minder rest-N gevonden dan bij andere gewassen met een vergelijkbaar aanbod aan beschikbare N. Dit kan zijn veroorzaakt door een onderschatting van de afvoer (i.e. het N-gehalte in de biet), grotere verliezen na de oogst en/of geringe mineralisatie van gewasresten tussen het moment van oogsten en het moment van bemonsteren. Bij pootaardappel is juist meer rest-N gevonden dan bij andere gewassen met een vergelijkbaar aanbod aan beschikbare N. Mogelijk heeft de relatief vroege oogst en de daarop volgende bodembemonstering tot meer mineralisatie geleid van de in het loof opgenomen N en hebben bodemvoorraden door het vroegere bemonsteringstijdstip aan minder verliezen blootgestaan dan, bijvoorbeeld, na consumptie- en fabrieksaardappel. De mediane bedrijfsgemiddelde hoeveelheid rest-N bedraagt in 1990 93 en in 1991 89 kg N/ha met overigens grote verschillen tussen bedrijven. Circa 75 % van de bedrijven heeft gemiddeld meer dan 70 kg N/ha achtergelaten, ongeveer de helft zelfs meer dan 90 kg N/ha (Fig. 43).



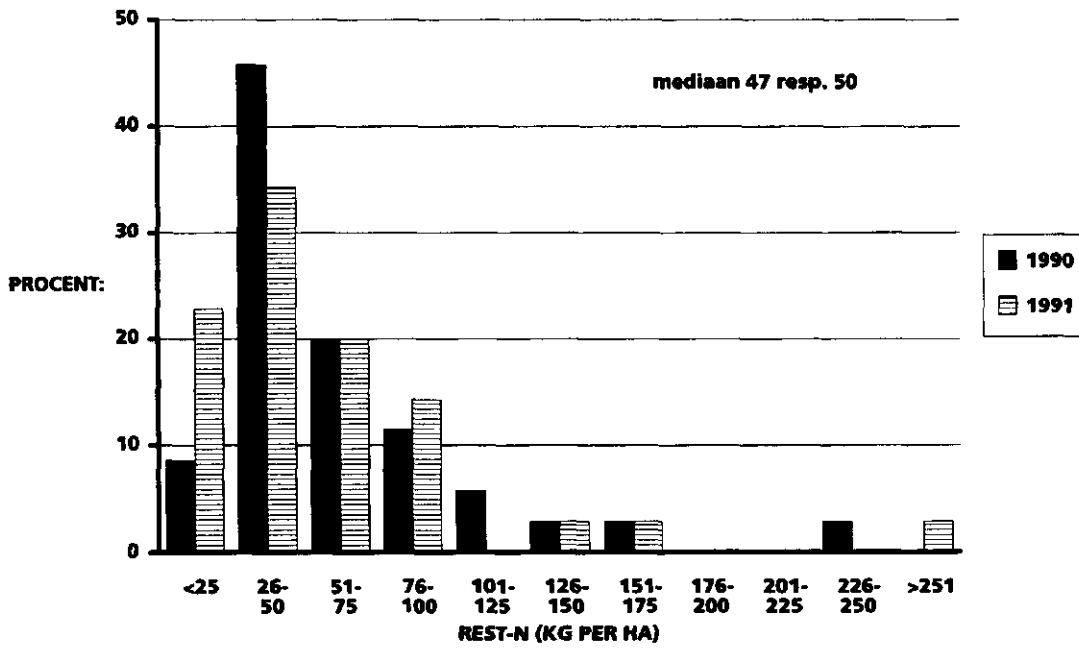
Figuur 32. Residuaire minerale bodem-N ('Rest-N', 0-100 cm) na de oogst van akkerbouwgewassen in 1990 en 1991



Figuur 33. Frequentieverdeling van rest-N-hoeveelheden na aardappel (exclusief pootgoed) in 1990 en 1991

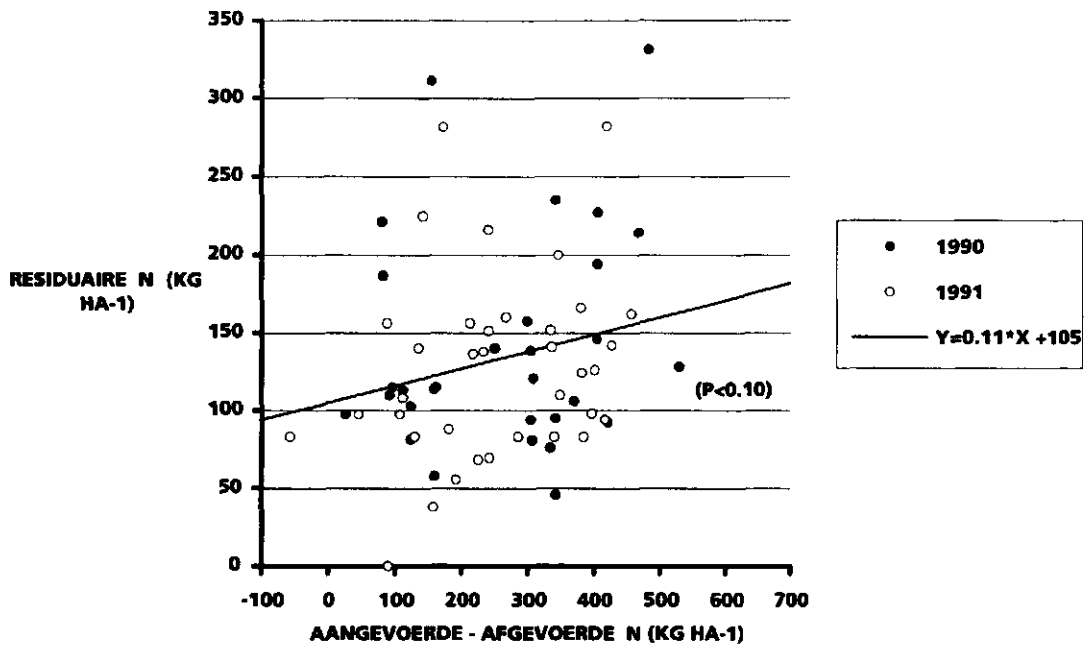


Figuur 34. Frequentieverdeling van rest-N-hoeveelheden na wintertarwe in 1990 en 1991

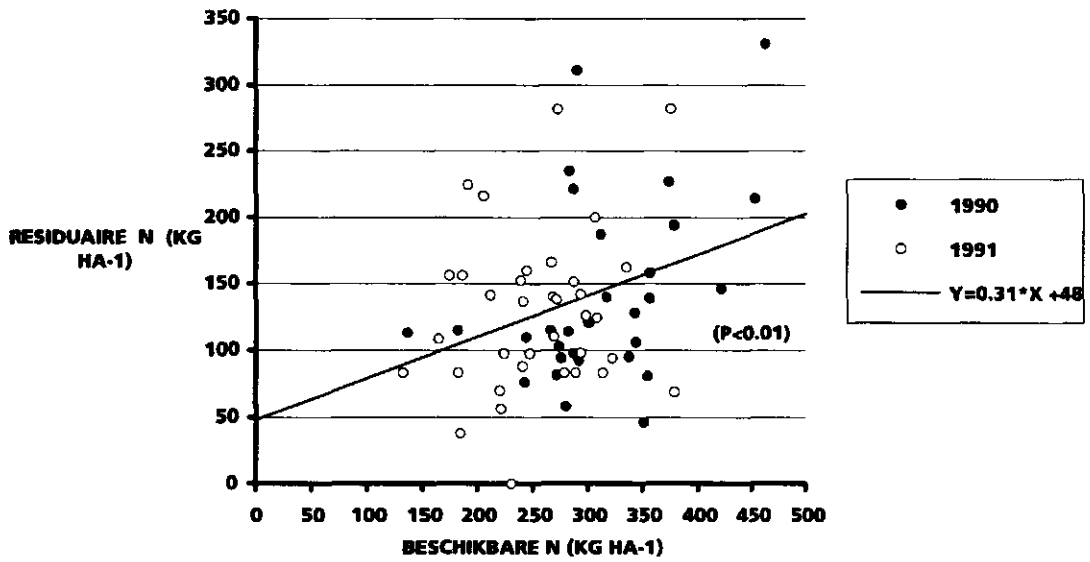


Figuur 35. Frequentieverdeling van rest-N-hoeveelheden na suikerbiet in 1990 en 1991

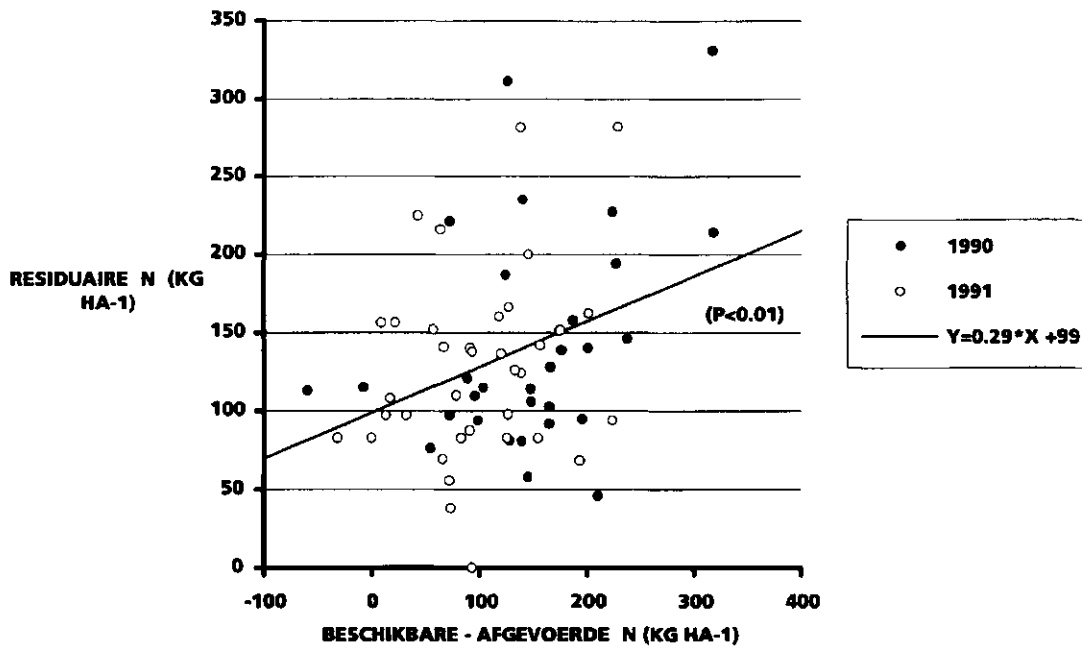




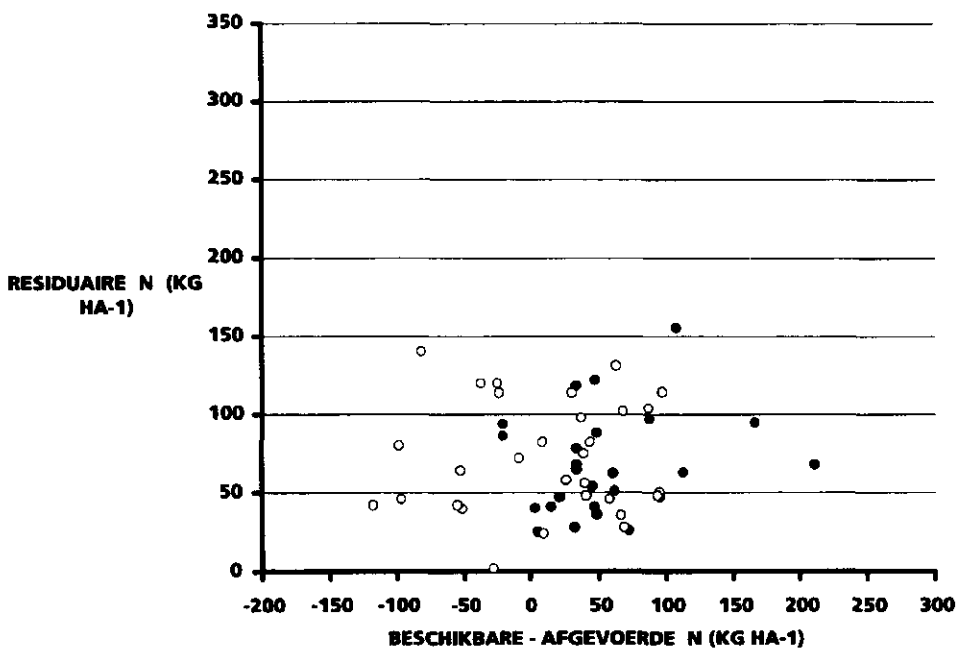
Figuur 36. Relatie tussen het saldo van aangevoerde en afgevoerde N en de hoeveelheid rest-N bij aardappel (exclusief pootgoed) in 1990 en 1991



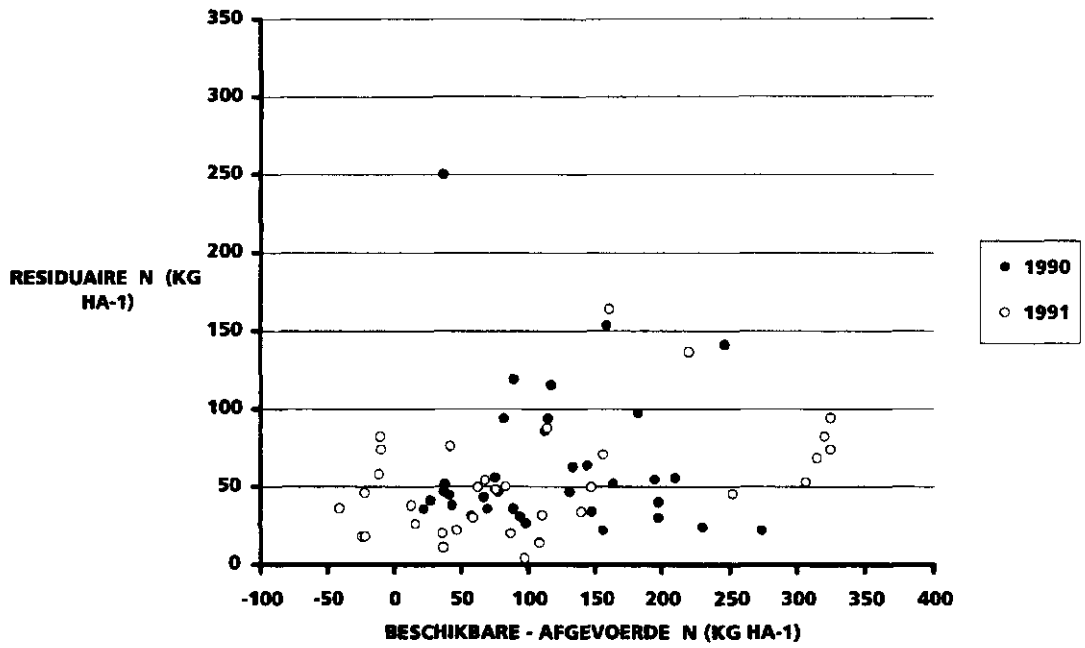
Figuur 37. Relatie tussen de hoeveelheid beschikbare minerale bodem-N in het voorjaar en de hoeveelheid rest-N bij aardappel (exclusief pootgoed) in 1990 en 1991



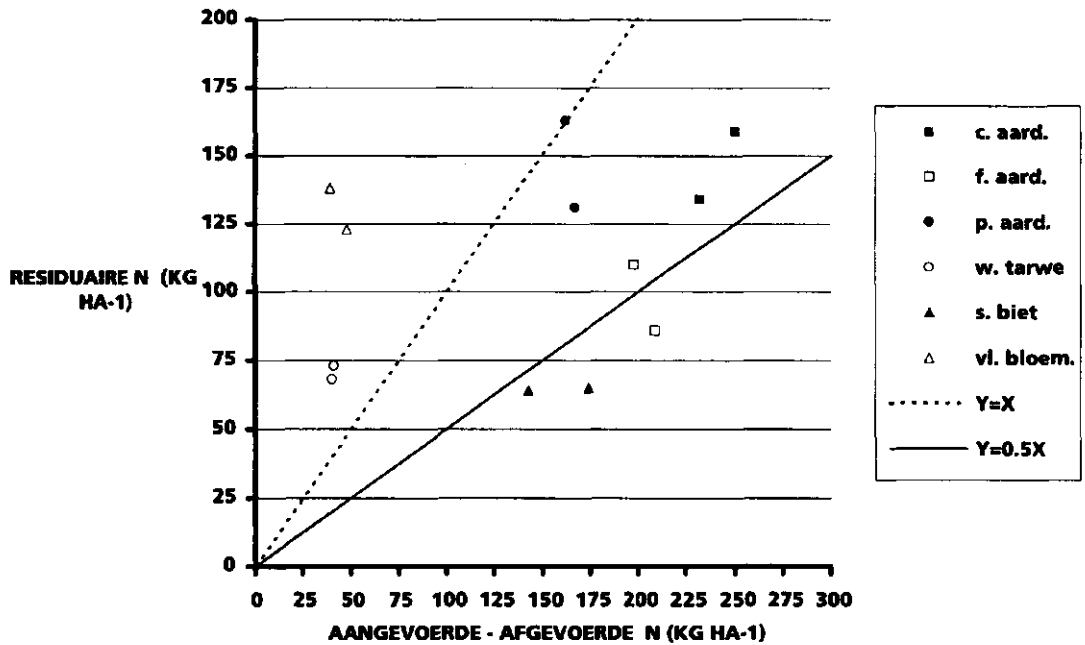
Figuur 38. Relatie tussen het saldo van de hoeveelheid beschikbare minerale bodem-N in het voorjaar en de afgevoerde N, en de hoeveelheid rest-N bij aardappel (exclusief pootgoed) in 1990 en 1991



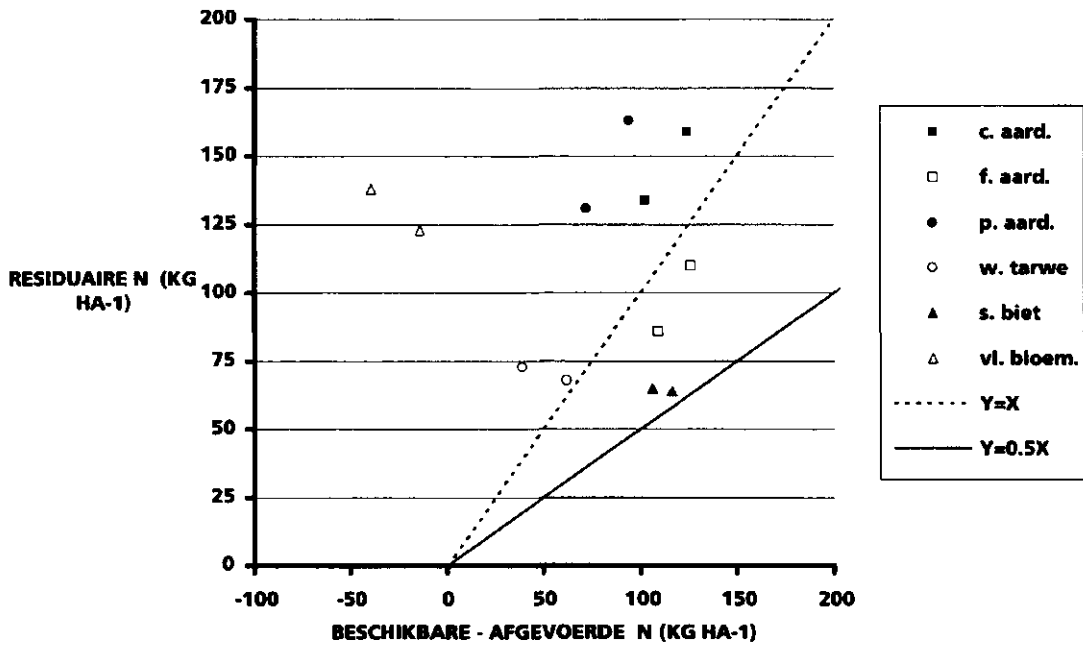
Figuur 39. Relatie tussen het saldo van de hoeveelheid beschikbare minerale bodem-N in het voorjaar en de afgevoerde N, en de hoeveelheid rest-N bij wintertarwe in 1990 en 1991



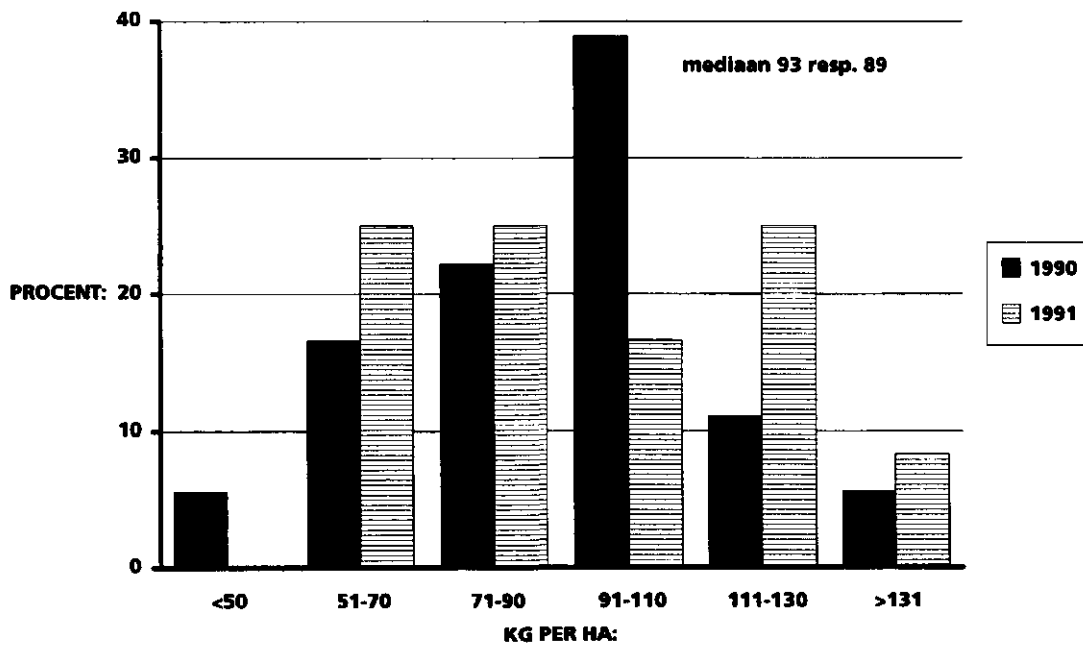
Figuur 40. Relatie tussen het saldo van de hoeveelheid beschikbare minerale bodem-N in het voorjaar en de afgevoerde N, en de hoeveelheid rest-N bij suikerbiet in 1990 en 1991



Figuur 41. Relatie tussen het saldo van aangevoerde en afgevoerde N en de hoeveelheid rest-N op bedrijfsniveau in 1990 en 1991



Figuur 42. Relatie tussen het saldo van de hoeveelheid beschikbare minerale bodem-N in het voorjaar en de afgevoerde N, en de hoeveelheid rest-N op bedrijfsniveau in 1990 en 1991



Figuur 43. Frequentieverdeling van hoeveelheid rest-N (0-100 cm) op bedrijfsniveau in 1990 (n=18) en in 1991 (n=24)

Tabel 16. Gemiddelde hoeveelheid residuaire bodem-N (0-100 cm, kg/ha) na de oogst van akkerbouwgewassen in 1990 en 1991 in relatie tot de grondsoort

Gewas	Kleigrond		Zandgrond	
	1990	1991	1990	1991
consumptieaardappel	163	134	138	133
pootaardappel	171	142	152	121
fabrieksaardappel	114		81	110
suikerbiet	65	70	60	61
wintertarwe	65	74	75	67
triticale				60
winterrogge	64		46	124
wintergerst	349		343	47
zomertarwe	48	6	70	
zomergerst	119	92	69	59
droge erwt	164	154	95	81
doperwt		94		147
bruine bonen	108	158		
veldboon	40			
stamslaboon		254		140
graszaad	64	85	39	56
maïs	249	190	128	146
ui	121	217		116

Tabel 17. Gemiddelde hoeveelheid residuaire bodem-N (0-100 cm, kg/ha) na de oogst van akkerbouwgewassen (gemiddeld over 1990 en 1991) in relatie tot de regio (tussen haken het aantal bemonsterde percelen). Voor verklaring afkortingen zie pagina 3.

Gewas	ZON	NON	NZK	CZK	ZWK
consumptieaardappel	138		153	130	156
pootaardappel	164		131	116	
fabrieksaardappel	91	102			
suikerbiet	103	70	35	39	58
wintertarwe	86	84	49	65	83
triticale	60				
winterrogge	86	98			
wintergerst	272				
zomertarwe	83	57		6	48
zomergerst	67		59	63	106
droge erwten	118		99	329	147
doperwt	147			94	
bruine boon					141
veldboon					40
stamslaboon	140			162	
graszaad	97	79	48	55	55
maïs	173	103		219	
ui				174	116

Tabel 18. Gemiddelde en mediane hoeveelheid rest-N (0-100 cm, kg/ha) na aardappel (exclusief pootgoed), wintertarwe en suikerbiet in 1990 en 1991

Gewas	Gemiddeld		Mediaan		Aantal waarnemingen	
	1990	1991	1990	1991	1990	1991
aardappel	142	128	115	125	30	36
wintertarwe	68	73	63	68	25	30
suikerbiet	64	65	47	50	35	35

### 3.8 Toetsing van de theorie aan de praktijk

In Schröder et al. (1993) wordt op basis van experimenteel onderzoek een theoretische schatting gemaakt van het mineralenoverschot, de mineralenbenutting en de hoeveelheid rest-N op gewas- en bedrijfsniveau. Vergelijking van die theoretische schattingen met de praktijk van de innovatiebedrijven geeft aan dat het gerealiseerde N-overschot op bedrijfsniveau op kleigronden gemiddeld lager is dan de theoretische schatting (Tabel 19). Het gerealiseerde N-overschot op kleigrond is zelfs geringer dan op zandgrond in tegenstelling tot de theoretische schatting die een hoger N-overschot op kleigrond verwacht omdat organische mest daar al in het najaar wordt uitgereden.

Tabel 19. Het theoretisch berekende (bij een economisch optimale bemesting (Schröder et al. (1993)) en het op de praktijkbedrijven gevonden N-overschot (kg/ha), de N-benutting (%) en de hoeveelheid rest-N (0-100 cm, kg/ha) op gewasniveau (bij aardappel, wintertarwe, suikerbiet en vlinderbloemigen) en op bedrijfsniveau (in theorie 25 % aardappel, 25 % wintertarwe, 25 % suikerbiet en 25 % hetzij vlinderbloemigen, hetzij wintertarwe, hetzij aardappel)

		Aandeel organisch mest (kg/ha)		N-overschot (kg/ha)		N-benutting (kg/ha)		rest-N (kg/ha)	
		theorie	praktijk	theorie	praktijk	theorie	praktijk	theorie	praktijk
aardappel	zand*	66	62	199	148	47	50	96	115
	klei	66	62	323	284	35	37	100	148
wintertarwe		0	13	36	40	82	79	41	70
suikerbiet	zand	66	78	160	205	38	30	44	61
	klei	33	51	150	127	40	45	41	67
vlinderbloemigen		0	41	55	43	83	76	75	132
bedrijf	zand	42-57	63	108-148	145	51-61	43	56-69	116
	klei	38-45	42	136-208	109	43-56	53	56-71	85

\* zand: vgl. theorie 66 % van de N-gift aan hakvruchten ontleend aan organische mest (op basis van N-totaal) en verstrekt in voorjaar met een werkingscoëfficiënt van 60 %; praktijk is gemiddelde van Noordoost-Nederland en Zuidoost-Nederland  
 klei: vgl. theorie 33 % en 66 % van N-gift aan respectievelijk suikerbiet en aardappel ontleend aan organische mest (op basis van N-totaal) en verstrekt in herfst met een werkingscoëfficiënt van 30 %; praktijk is gemiddelde van Noordelijk, Centraal en Zuidwestelijk Zeekleigebied

Op zandgrond wordt in de praktijk een N-overschot gerealiseerd dat vergelijkbaar is met de theoretische schatting voor een bouwplan met 50 % aardappel, ondanks het feit dat in de praktijk sprake is van een sterkere vervanging van kunstmest door organische mest. Met uitzondering van suikerbiet op zandgrond en vlinderbloemigen is de gerealiseerde N-benutting in overeenstemming met de theoretische schatting. Dat dit bij suikerbiet op

zandgrond niet het geval is moet wellicht worden toegeschreven aan de hoge mate van vervanging van kunstmest door organische mest.

Niettegenstaande de redelijke overeenstemming tussen praktijk en theorie, is de N-benutting als zodanig laag. Dit uit zich ook in de grote hoeveelheden rest-N. Bij alle vier gewassen waarvoor theoretische schattingen zijn gedaan worden in de praktijk aanmerkelijk grotere hoeveelheden rest-N aangetroffen dan geschat; ook op bedrijfsniveau (gebaseerd op 7 zand- en 11 kleibedrijven in 1990 en 9 zand- en 15 kleibedrijven in 1991) is dit het geval. In theorie wordt op bedrijven op kleigrond eenzelfde hoeveelheid rest-N aangetroffen als op zandgrond. Ondanks het feit dat de hoeveelheid rest-N op gewasniveau in het algemeen groter blijkt te zijn op kleigrond dan op zandgrond, worden op bedrijfsniveau in de praktijk juist op zandgrond grotere hoeveelheden rest-N aangetroffen. Oorzaak hiervoor is het relatief graanarme bouwplan en de grotere mate van vervanging van kunstmest door organische mest. De fostaat- en kalibenutting op bedrijfsniveau blijven sterk achter bij de theoretisch berekende benutting zelfs als daarbij wordt uitgegaan van een groot onvermijdbaar verlies (Tabel 20).

Tabel 20. Het theoretisch berekende en op praktijkbedrijven gevonden fosfaat- en kalioverschot (kg/ha) en de fosfaat- en kalibenutting (%) op bedrijfsniveau (gemiddeld over 1990 en 1991).

	Overschot (k/ha)		Benutting (%)	
	theorie	praktijk	theorie	praktijk
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5-25	38	67-91	57
K <sub>2</sub> O	5-25	35	83-96	78



## 4. Discussie

### 4.1 Inleiding

In dit rapport is voor de jaren 1990 en 1991 een analyse gemaakt van de nutriëntenstromen op geïntegreerde akkerbouwbedrijven. De verzamelde gegevens van aanvoer, afvoer, benutting en verlies zijn vervolgens vergeleken met theoretische schattingen voor optimaal bemeste gewassen op basis van experimenteel deelonderzoek (Schröder et al., 1993).

Voordat de in de praktijk verzamelde gegevens kunnen worden vergeleken met theoretische schattingen, dienen ze te worden bewerkt: waar nodig moeten schattingen worden uitgevoerd en verstekwaarden ingevuld. Evenals de theoretisch geschatte waarden, zijn ook de praktijkgegevens dientengevolge met schattingsfouten behept. Zo moest de voorraad minerale bodem-N in het voorjaar in een aantal gevallen worden geschat of worden getransformeerd naar een andere bemonsteringsdiepte om gewassen, bedrijven en regio's vergelijkbaar te maken. Ook is de mineralenaanvoer met organische mest in de meeste gevallen berekend door geregistreerde giften te vermenigvuldigen met voor de betreffende mestsoort specifieke gehalten; binnen mestsoorten kunnen evenwel grote verschillen in gehalten bestaan. De mineralenbeschikbaarheid van organische mest is geschat op basis van het geregistreerde uitrijtjdstip, de geregistreerde snelheid van inwerken (alleen in 1991) en de geschatte (mestsoortspecifieke) verhouding tussen organisch gebonden en ammoniakale N in de mest. De biologisch gebonden N is evenmin gemeten maar geschat op basis van de geregisteerde gewasproductie. De afvoer van mineralen, tenslotte, is geschat door geregistreerde opbrengsten te vermenigvuldigen met gewasspecifieke gehalten.

De gemeten hoeveelheid rest-N is eveneens met onnauwkeurigheden behept. Om gewassen, bedrijven en regio's vergelijkbaar te maken, moest een aantal waarnemingen getransformeerd worden naar een standaardbemonsteringsdiepte. Daarbij is gekozen voor de bovenste 100 cm conform het advies van de Commissie Stikstof. De verstreken tijd tussen het moment van oogsten en het moment van bemonsteren varieerde sterk zodat ook dit een bron van fouten kan zijn geweest. Als er namelijk veel tijd verstrijkt tussen oogst en bemonstering, kan de hoeveelheid rest-N wijzigen onder invloed van winst- en verliesprocessen. Daarbij kan gedacht worden aan het vrijkomen van N uit oogstresten, de vastlegging van N door groenbemesters of graanstro of het optreden van uitspoelings- of denitrificatieverliezen. Omdat de zomer en herfst van 1990 en 1991 vrij droog en warm zijn geweest, is de kans op dat laatste overigens niet groot.

### 4.2 Theorie en praktijk

De in de praktijk beschikbaar gestelde hoeveelheden N komen gemiddeld overéén met het gangbare N-advies. Tussen de deelnemers en regio's bestaan daarbij evenwel grote verschillen. In het Centrale Zeekleigebied lijkt gemiddeld beneden advies, in het Zuidwestelijke Zeekleigebied gemiddeld boven advies te worden bemest. Er is geen verband gevonden tussen de geschatte beschikbare hoeveelheid N en de opbrengst van aardappel, wintertarwe en suikerbiet. Dit wijst erop dat de deelnemers in het algemeen niet suboptimaal bemest hebben. Het N-overschot bij de teelt van aardappel, suikerbiet en wintertarwe stemt redelijk overéén met de theoretische schatting. Voor aardappel en suikerbiet ligt het berekende overschot hoger dan voor wintertarwe en vlinderbloemigen. Dit blijkt niet alleen een gevolg van intrinsieke

gewaseigenschappen (namelijk een lage N-recovery bij aardappel en een lage N-harvest-index bij suikerbiet), maar ook een gevolg van het feit dat aardappel en suikerbiet meer dan winter-tarwe en vlinderbloemigen met organische mest zijn bemest. De werking van organische mest is geringer dan die van kunstmest zodat het hogere overschot bij aardappel en suikerbiet deels aan de gevolgde teeltwijze moet worden toegeschreven.

Op bedrijfsniveau bestaat er een N-overschot van circa 120 kg/ha. Op zandgrond is het N-overschot groter dan op kleigrond. Overeenkomstig de theoretische schatting valt dit toe te schrijven aan een grotere vervanging van kunstmest door organische mest en een groter aandeel aardappel in het bouwplan. Bovendien is in de zandgebieden als gevolg van lagere opbrengsten minder N met de oogstproducten afgevoerd dan in de kleigebieden. In de theoretische verkenning is geschat dat bij een optimale bemesting en een beperkte vervanging van kunstmest door organische mest, verreweg de meeste akkerbouwbedrijven een N-overschot van 100 tot 150 kg/ha kunnen realiseren. In 1990 en 1991 zijn respectievelijk 70 en 63 % van deelnemers erin geslaagd om het N-overschot tot hoogstens 150 kg/ha te beperken; respectievelijk 38 en 27 % zijn beneden een overschot van hoogstens 100 kg/ha gebleven.

Het in de praktijk gerealiseerde fosfaat- en kalioverschot ligt met circa 35 kg  $P_2O_5$  en 35 kg  $K_2O$ /ha gemiddeld aanmerkelijk hoger dan hetgeen in theorie mogelijk wordt geacht. Zo weet slechts eenderde van de deelnemers het fosfaatoverschot tot maximaal 25 kg/ha te beperken. De hoeveelheid minerale bodem-N die na de oogst van gewassen achterblijft ('rest-N'), verschilde met name van gewas tot gewas. Na wintertarwe en suikerbiet bleef relatief weinig achter; er bestond in dat geval geen duidelijke relatie tussen de hoeveelheid rest-N enerzijds, en het saldo van de beschikbare minerale bodem-N en de afgevoerde N anderzijds. Bij suikerbiet valt dit toe te schrijven aan het vermogen om de N die teveel wordt aangeboden, in het blad op te slaan. Deze N is (nog) niet aantoonbaar als rest-N. Na vlinderbloemigen blijft relatief veel rest-N achter. Omdat dat ook het geval is als maar weinig N beschikbaar wordt gesteld, speelt biologische N-binding hierbij een belangrijke rol. Aardappel laat ook relatief veel N in de bodem achter. Bij dat gewas bestaat er slechts een zwak verband ( $P < 0,10$ ) tussen de N-aanvoer en de hoeveelheid rest-N. Dit ligt ook niet voor de hand omdat bij aardappel een deel van de N-aanvoer als voor het teeltseizoen verloren gaat als gevolg van de aard en het toedieningstijdstip van de bemesting. Hierop kan worden gecorrigeerd door de rest-N te relateren aan de N die effectief beschikbaar gesteld wordt. Tussen die beide bestaat een significant verband ( $P < 0,01$ ).

De in 1990 en 1991 aangetroffen hoeveelheid rest-N is hoger dan de geschatte hoeveelheid op basis van veldproeven. Op driekwart van de bedrijven blijft meer dan 70 kg N/ha achter (0-100 cm), op de helft zelfs meer dan 90 kg N/ha. Dit verschil tussen theorie en praktijk kan zijn veroorzaakt door een hoge (late) mineralisatie op de bedrijven als gevolg van het relatief droge, warme weer al dan niet in combinatie met de nawerking van hoge mestgiften in het verleden of geringe verliezen tijdens het groeiseizoen. Schröder & Ten Holte (1993) vonden dat gewassen meer rest-N achterlaten naarmate de zomer droger is.

Praktijkpercelen bezitten dikwijls een grotere heterogeniteit dan proefvelden hetgeen bij vergelijkbare N-aanvoer met een grotere hoeveelheid rest-N gepaard kan gaan (De Willigen et al., 1992) Ook dit verschijnsel kan daarom een rol spelen bij de relatief grote hoeveelheden rest-N die gevonden zijn op praktijkbedrijven.

Bij een meer dan evenredige toename van de hoeveelheid rest-N bij een hogere bemesting, zullen percelen met een te hoge bemesting de gemiddelde hoeveelheid rest-N sterker verhogen dan percelen met een te lage bemesting dit gemiddelde verlagen. De geschatte hoeveelheid beschikbare N vertoonde een grote spreiding bij elk van de onderzochte gewassen; grote afwijkingen van de optimale N-voorziening kunnen dan ook mede oorzaak zijn van de relatief grote hoeveelheden rest-N die gevonden zijn op praktijkbedrijven.

### 4.3 Mogelijkheden voor verbetering

Het N-overschot en de N-benutting in de praktijk stemmen redelijk overéén met hetgeen op theoretische gronden bij optimale bemesting geschat wordt. In absolute zin is het gevonden dan wel geschatte N-overschot hoog en de benutting laag. Bij circa eenderde van de deelnemers bedraagt het N-overschot meer dan 150 kg/ha. Een dergelijk overschot valt samen met een grote hoeveelheid rest-N die bovendien aanmerkelijk hoger ligt dan geschat op theoretische gronden. Er bestaan echter diverse mogelijkheden om het N-overschot te verlagen. Een zeer effectieve maatregel is een verlaging van de N-gift. Bij een verlaging van de gift met 40 kg N/ha, blijft de opbrengstderving tot enkele procenten beperkt, daalt het N-overschot met 30 kg/ha en de hoeveelheid rest-N met 6 kg/ha (Schröder et al., 1993). Dit sluit aan bij het aan de praktijk ontleende beeld waarin de opbrengst van aardappel, wintertarwe en suikerbiet geen relatie vertoont met de beschikbare hoeveelheid N en de hoeveelheid rest-N bij aardappel met circa 12 kg/ha daalt als 40 kg/ha minder N ter beschikking wordt gesteld. De afwezigheid van een relatie tussen N-gift en opbrengst alsmede de aanwijsbare overdosering in sommige regio's, suggereert dat er bij een aantal deelnemers ruimte bestaat voor een reductie van de N-gift. Anderzijds kunnen opbrengstdervingen bij een voortgezette restrictieve bemesting op termijn toenemen als gevolg van uitmijning en een afnemende N-bijdrage vanuit de atmosferische depositie. Als een reductie van de N-gift gepaard gaat met een verbetering van het moment en de plaats van meststoftoediening, hoeft de gewasopbrengst niet onder zo'n reductie te lijden. Hierbij kan gedacht worden aan toedieningstechnieken die voorjaarstoediening van organische mest op zwaardere grond toelaten en die mest bij voorkeur in dat deel van de bouwvoor plaatsen dat het meest intensief doorworteld wordt.

Ook de teelt van groenbemesters kan de hoeveelheid rest-N op perceelsniveau reduceren en bijdragen aan de N-bemesting van volgteelten. Dit is echter alleen het geval als het oogsttijdstip van de voorvrucht de teelt van een groenbemester toelaat, de groenbemester niet tevens de taak heeft om organische mest-N te binden en de groenbemester de opgenomen N niet te vroeg weer aan de bodem afgeeft.

Naast de op perceels- en gewasniveau te nemen maatregelen, bestaat op bedrijfsniveau de mogelijkheid aan emissienormen te voldoen door een bouwplan samen te stellen dat, vanuit N-uitspoeling gezien, naast risico-volle ook risico-arme teelten bevat. Het staat daarbij niet bij voorbaat vast of het economisch en milieukundig te verkiezen is om een bouwplan met optimaal bemeste, hoogsalderende maar risico-volle aardappel te compenseren met risico-arme, laagsalderende granen, of de aardappel liever sub-optimaal te bemesten. Met optimaliserings technieken zoals interactieve meervoudige doelprogramming (Schans, 1991), kan worden nagegaan met welk van beide strategieën, economische en milieukundige doelen zoveel mogelijk gelijktijdig kunnen worden verwezenlijkt.

## Literatuur

- Anonymus, 1992a, Stikstofbestedingsrichtlijnen voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond (red. E.R.M. Sieling), IKC-AGV, Lelystad, 30 pp.
- Anonymus, 1992b, Themadag Bedrijfssystemen voor een akkerbouw met toekomst. Thema-boekje nr. 14, PAGV-IKC-AGV, Lelystad, 216 pp.
- Goossensen, F.R. & P.C. Meeuwissen (eds.), 1990, Advies van de Commissie Stikstof. Directie Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen, 93 pp.
- Schans, J., 1991, Optimal potato production systems with respect to economic and ecological goals. *Agricultural Systems* 37: 387-397.
- Schröder, J.J., 1985a, De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Heino (zandgrond), PAGV-verslag 30, Lelystad, 73 pp.
- Schröder, J.J., 1985b, De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging; Maarheeze (zandgrond), PAGV-verslag 31, Lelystad, 49 pp.
- Schröder, J.J., 1985c, De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Lelystad (kleigrond), PAGV-verslag 32, Lelystad, 46 pp.
- Schröder, J.J., 1987, Toedienen van drijfmest in maïs. PAGV-verslag 61, Lelystad, 35 pp.
- Schröder, J.J., 1990, Stikstofdeling bij snijmaïs, PAGV-verslag 106, Lelystad, 41 pp.
- Schröder, J.J. & L.C.N. de la Lande Cremer, 1989, Toedienen van drijfmest in maïs (vervolgonderzoek 1985-1987), PAGV-verslag 85, Lelystad, 52 pp.
- Schröder, J.J., L. ten Holte, W. van Dijk, W.J.M. de Groot, W.A. de Boer & E.J. Jansen, 1992, Effecten van wintergewassen op de uitspoeling van stikstof bij de teelt van snijmaïs, PAGV-verslag 148, Lelystad, 88 pp.
- Schröder, J.J. & L. ten Holte, 1993, De invloed van nitrificatieremmers, toedieningstijdstip en dosering van organische en minerale stikstof op de opbrengst van snijmaïs en verliezen naar het milieu, Verslag 179, CABO-DLO Wageningen, 52 pp.
- Schröder, J.J., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen & F.G. Wijnands, 1993, Nutriënten benutting en-verlies bij akkerbouwgewassen: een theoretische verkenning; deelstudie voor het project 'Introductie Geïntegreerde Akkerbouw'. Verslag 186, CABO-DLO, Wageningen, 30 pp.

Stouthart, F. & J. Leferink, 1992, Mineralenboekhouding (incl. werkboeken voor begeleider en deelnemer), IKC, DLV, CLM, Lelystad, 20+32+57 pp.

Vereijken, P. & F.G. Wijnands, 1990, Geïntegreerde akkerbouw naar de praktijk: strategie voor bedrijf en milieu. PAGV-publicatie 50, Lelystad, 86 pp.

Willigen, P. de, W.P. Wadman, M. van Noordwijk, 1992, Modelberekeningen omtrent de risico's van minerale stikstofophoping in het najaar bij enige akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten. In: H.G. van der Meer & J.H.J. Spiertz (eds.) Stikstofstromen in agroecosystemen, Agrobiologische Thema's 6, CABO-DLO, Wageningen, 87-101.

Wijnands, F.G., S.R.M. Janssens, P. van Asperen & K. van Bon, 1992, Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw, opzet en eerste resultaten, PAGV-verslag 144, Lelystad, 88 pp.