

Nutriëntenbenutting en -verlies op de Innovatie- bedrijven Geïntegreerde Akkerbouw - resultaten 1990-1993

Deelstudie voor het project
'Introductie Geïntegreerde Akkerbouw'

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

ab-dlo

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

Het instituut is opgericht op 1 november 1993 en is ontstaan door de samenvoeging van het Wageningse Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO) en het in Haren gevestigde Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB-DLO).

DLO heeft tot taak het genereren van kennis en het ontwikkelen van expertise ten behoeve van de beleidsvoorbereiding en -uitvoering van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, het bevorderen van de primaire landbouw en de agrarische industrie, het inrichten en beheren van het landelijk gebied, en het beschermen van natuur en milieu.

AB-DLO heeft tot taak het verrichten van zowel fundamenteel-strategisch als toepassingsgericht onderzoek en is gepositioneerd tussen het fundamentele basisonderzoek van de universiteiten en het praktijkgerichte onderzoek op proefstations. De verkregen onderzoeksresultaten dragen bij aan de bevordering van:

- de bodemkwaliteit;
- duurzame plantaardige productiesystemen;
- de kwaliteit van landbouwproducten.

Kernexpertises van het AB-DLO zijn: plantenfysiologie, bodembioïologie, bodemchemie en -fysica, nutriëntenbeheer, gewas- en onkruidecologie, graslandkunde en agrosysteemkunde.

Adres

Vestiging Wageningen:

Postbus 14, 6700 AA Wageningen

tel. 08370-75700

fax 08370-23110

e-mail postkamer@ab.agro.nl

Vestiging Haren:

Postbus 129, 9750 AC Haren

tel. 050-337777

fax 050-337291

e-mail postkamer@ab.agro.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
1.1. Introductie Geïntegreerde Akkerbouw	3
1.2. Nutriëntenstromen en -beheer	3
1.3. Bodemstikstof na de oogst	5
1.4. Mineralenbalans	6
1.5. Doel van het onderzoek	6
2. Werkwijze	7
2.1. Algemeen	7
2.2. Bodemstikstof na de oogst	7
2.3. Beschikbare stikstof	8
2.4. Weersomstandigheden	8
3. Resultaten	11
3.1. Mineralenoverschot en -benutting op bedrijfsniveau	11
3.2. Stikstofhuishouding van aardappel	21
3.3. Stikstofhuishouding van suikerbiet	26
3.4. Stikstofhuishouding van wintertarwe	26
3.5. Bodemstikstof na de oogst	35
4. Discussie	39
4.1. Beschikbare stikstof	39
4.2. Stikstofoverschot	39
4.3. Bodemstikstof na de oogst	40
4.4. Slotopmerking	41
Literatuur	43
Gebruikte afkortingen	45

Samenvatting

Tussen 1990 en 1993 werden de nutriëntenstromen onderzocht op praktijkbedrijven die deelnamen aan het project 'Introductie Geïntegreerde Akkerbouw'. De gemiddelde stikstof-, fosfor- en kalibenutting op deze bedrijven bedroeg, respectievelijk, 52, 65 en 90 %. Het gemiddelde overschot bedroeg 117 kg N, 31 kg P₂O₅ en 25 kg K₂O per ha (met inbegrip van de aanvoer met depositie, zaaizaad en pootgoed en biologische binding). Tussen bedrijven traden daarbij grote verschillen op zowel ten gevolge van de hoogte van de bemesting als door opbrengstverschillen. Gemiddeld over de jaren bleef het jaarlijkse overschot op circa 75 % van de bedrijven beneden 150 kg N en 50 kg P₂O₅ en op 65 % van de bedrijven beneden 50 kg K₂O per ha.

Het stikstofoverschot voor aardappel, suikerbiet en wintertarwe stemde redelijk overéén met theoretische schattingen voor deze gewassen bij een optimale bemesting. Daarbij was het hoge N-overschot bij de teelt van aardappel en suikerbiet een gevolg van zowel gewaseigenschappen als van het gebruik van organische mest bij deze gewassen.

Na de oogst van de gewassen bleef in drie van de vier jaren meer minerale stikstof in de bodem (rest-N) achter dan verwacht werd op basis van proefveldgegevens. Alleen na de natte zomer van 1993 bestond er overeenstemming tussen de gevonden en verwachte waarden. De praktijkwaarnemingen bevestigden dat aardappel en vlinderbloemigen aanmerkelijk meer stikstof achterlaten dan suikerbiet en wintertarwe. Alleen bij aardappel bestond er een significante relatie tussen de hoeveelheid stikstof die het gewas ter beschikking stond en de hoeveelheid rest-N. Op bedrijfsniveau bedroeg de gemiddelde hoeveelheid rest-N in de achtereenvolgende jaren meer dan 70 kg per ha (0-100 cm) op 77, 74, 87 en 18 % van de bedrijven.

Summary

From 1990 to 1993 nutriënt fluxes have been monitored on farms participating in the project 'Experimental Introduction of Integrated Arable Farming'. The average annual nitrogen, phosphorus and potash surpluses amounted to 117 kg N, 31 kg P₂O₅ and 25 kg K₂O per ha, respectively, including inputs through deposition, seeds and biological fixation. Individual farms varied greatly in this respect due to differences in fertilizer inputs and crop outputs. Averaged over the years, circa 75 % of the participants achieved annual surpluses below 150 kg N and 50 kg P₂O₅. Circa 65 % of the participants had an annual K₂O surplus below 50 kg per ha.

The nitrogen surplus of potatoes, sugar beets and winter wheat was in good agreement with theoretical values for optimally fertilized crops. The relatively high surplus of potatoes and sugar beets resulted from both crop characteristics and the application of organic manure on these crops.

The amounts of residual soil mineral N (RSMN) exceeded those normally found in field experiments except for data collected after the wet summer of 1993. Farm data confirmed that potatoes and legumes leave more RSMN than winter wheat or sugar beet. Only in the case of potatoes a significant relationship was observed between the effective fertilizer input and RSMN. On a whole farm scale, RSMN amounted to more than 70 kg N per ha on 77, 74, 87 and 18 % of the farms in the consecutive years.

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, voerden PAGV, IKC-AGV, DLV, AB-DLO (voorheen CABO) en LEI-DLO een project uit om de introductie van geïntegreerde akkerbouw in de praktijk te bevorderen (Wijnands et al., 1992). Hiertoe werden tussen 1990 en 1993 38 praktijkbedrijven intensief door de Voorlichting begeleid en met onderzoek ondersteund. De bedrijven waren verdeeld over vijf regio's t.w. noordoost-Nederland (NON, vnl. dalgrond), zuidoost-Nederland (ZON, vnl. zandgrond), het noordelijk Zeekleigebied (NZK), het Centrale Zeekleigebied (CZK) en het zuidwestelijk Zeekleigebied (ZWK). Deze regio's verschilden sterk in grondsoort en bedrijfsvoering. Gemiddeld per regio varieerde de bedrijfsgrootte van circa 40 tot 70 ha. Op 23-35 % van het areaal werden aardappelen verbouwd, op 14-24 % suikerbieten en op 15-47 % graszaad en granen (Tabel 1). Het onderzoek binnen het project richtte zich met name op het pesticidengebruik en op de nutriëntenstromen. Dit verslag beperkt zich tot de nutriëntenstromen.

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 en aan het moment en de methode van toediening.

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.

Het onderzoek was van te korte duur om na te gaan of de gevolgde bemestingsstrategie tot wijzigingen van de bodemvruchtbaarheid leidde. De gebruikelijke indicatoren daarvoor (organische stof, Pw-getal en K-getal) wijzigen namelijk te langzaam om te kunnen beoordelen of op langere termijn accumulatie dan wel uitmijning zou plaatsvinden.

Tabel 1 Gemiddelde bedrijfsgrootte en bouwplansamenstelling van de deelnemers aan het project 'Introductie Geïntegreerde Akkerbouw'

	Jaar	Bedrijfs- grootte (ha)	Aandeel (%) in bouwplan:				
			aa*	sb	gg	vl	Overig
ZON	'90	37	30	24	22	9	15
	'91	38	32	24	15	9	20
	'92	39	32	24	16	10	18
	'93	38	33	24	20	5	18
NON	'90	62	35	24	22	2	17
	'91	70	34	22	23	2	19
	'92	68	33	22	23	0	22
	'93	71	30	22	20	0	28
NZK	'90	68	28	20	38	5	9
	'91	70	28	20	38	3	11
	'92	68	29	19	36	1	15
	'93	66	30	18	35	0	17
CZK	'90	47	30	23	31	2	14
	'91	46	28	23	28	3	18
	'92	46	28	21	29	2	20
	'93	46	29	20	27	3	21
ZWK	'90	58	23	17	47	6	7
	'91	57	23	18	43	6	10
	'92	59	24	16	39	3	18
	'93	61	24	14	31	3	28
Landelijk	'90	54	29	21	33	5	12
	'91	56	29	21	31	4	15
	'92	56	29	20	29	3	19
	'93	56	29	19	27	2	23

* aa=consumptie-, fabrieks-, pootaardappel, sb=suikerbiet, gg=graszaad, wintertarwe, zomergerst, maïs, vl=vlinderbloemigen

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

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

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 per 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 eenduidig worden vastgesteld (Goossens & 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. Goossens & 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 voor het overgrote deel van de akkerbouwbedrijven realiseerbaar is zonder opbrengstderving. Dit is bevestigd in een verkennende studie van Schröder et al. (1993a).

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 werden 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 gedefiniëerd 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 fosfor (P) en kali (K), die in vergelijking tot N aan minder verliezen blootstaan en vaak selectief aan bepaalde gewassen in de rotatie worden toegediend (nl. voor de hakvruchten) wordt evenwel dikwijls volstaan met een mineralenbalans op bedrijfsniveau.

Schröder et al. (1993a) 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 per ha bedraagt; de N-benutting bedraagt in dat geval 50 tot 60 %.

1.5. Doel van het onderzoek

Het in dit verslag beschreven onderzoek had tot doel om:

- een inventarisatie te maken van nutriëntenstromen op bedrijven die deelnamen aan het project 'Introductie Geïntegreerde Akkerbouw',
- 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, het weer, 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. Algemeen

De gevolgde werkwijze en gehanteerde definitieën stemmen overeen met hetgeen in detail beschreven is door Schröder et al. (1993b).

2.2. Bodemstikstof na de oogst

In het najaar van 1990, 1991, 1992 en 1993 werd de hoeveelheid residuaire stikstof ('rest-N') bepaald op, respectievelijk, 146, 177, 149 en 141 percelen. In Tabel 2 wordt weergegeven hoe de monsters verdeeld waren over gewassen en grondsoorten. In 1990 en 1991 werden percelen die pas na meer dan 45 dagen na de oogst bemonsterd werden, buiten beschouwing gelaten; in 1992 en 1993 werd deze termijn aanscherpt tot 14 dagen. Vooral op de zandgronden moest een groot aantal monsters genormaliseerd worden naar een laagdikte van 100 cm om percelen onderling vergelijkbaar te maken (Tabel 3). Hierbij werden de in (Schröder et al., 1993b) beschreven formules gebruikt. Op bedrijven waar de bemonsterde gewassoorten tesamen 80 % of meer van het areaal besloegen, werd ook een gewogen bedrijfsgemiddelde hoeveelheid rest-N berekend. Aan dit criterium voldeden in 1990, 1991, 1992 en 1993, respectievelijk, 7 en 11, 8 en 15, 5 en 11, en 5 en 6 zand- en kleibedrijven.

Tabel 2 Aantal percelen (per jaar, per gewas, per grondsoort) waar in het najaar van 1990, 1991, 1992 en 1993 rest-N bepaald werd

Gewas	Jaar								Totaal
	1990		1991		1992		1993		
	zand	klei	zand	klei	zand	klei	zand	klei	
consumptieaardappel	4	19	9	18	3	9	3	10	75
fabrieksaardappel	6	1	9	0	11	0	8	0	35
pootaardappel	3	4	8	7	4	13	7	5	51
suikerbiet	14	21	20	15	11	11	22	10	124
wintertarwe	8	17	6	24	15	27	6	19	122
winterrogge	2	1	5	0	0	0	3	0	11
wintergerst	1	2	1	0	0	0	0	0	4
zomertarwe	2	1	0	1	3	0	5	7	19
zomergerst	2	1	4	5	4	0	1	4	21
vlinderbloemigen	3	8	4	9	4	4	3	4	39
graszaad	2	12	7	8	2	13	3	5	52
maïs	2	3	5	1	3	0	3	1	18
ui	0	4	1	5	0	7	0	4	21
braak	3	0	5	0	5	0	5	3	21
totaal	52	94	84	93	65	84	69	72	613

Tabel 3 Het percentage in het najaar bemonsterde percelen waarvan de bemonsteringsdiepte 100 cm bedroeg

Jaar	Regio					Totaal
	NON	ZON	NZK	CZK	ZWK	
1990	38	81	14	45	71	52
1991	0	57	100	84	98	71
1992	0	33	100	98	100	72
1993	0	39	100	95	90	62

2.3. Beschikbare stikstof

De hoeveelheid beschikbare stikstof werd in alle vier jaren op eenzelfde wijze berekend (Schröder et al., 1993b). Voor percelen die in het voorjaar niet op N_{min} bemonsterd werden, werd daartoe een schatting gemaakt van de voorraad bij aanvang van het groeiseizoen. Deze schatting was gebaseerd op het gevonden verband tussen de aanvoer van minerale N gedurende herst en winter (onder aftrek van de geschatte vervluchtiging) in de vorm van mest en de gemeten hoeveelheid minerale N in de bodem in het voorjaar:

1990:	N _{min} geschat (0-60 cm) = 61 + 0,35 x (aangevoerde minerale N),	r=0,33,
1991:	N _{min} geschat (0-60 cm) = 44 + 0,29 x (aangevoerde minerale N),	r=0,35,
1992:	N _{min} geschat (0-60 cm) = 58 + 0,28 x (aangevoerde minerale N),	r=0,30
1993:	N _{min} geschat (0-60 cm) = 33 + 0,13 x (aangevoerde minerale N),	r=0,20

2.4. Weersomstandigheden

De gemiddelde dagtemperatuur gedurende het groeiseizoen (maart tot en met oktober) was in 1990 en 1992 ruim een graad hoger dan normaal (1951-1980), in 1991 en 1993 bijna een halve graad hoger dan normaal. De neerslag gedurende het groeiseizoen was beduidend lager dan normaal in 1990 en 1991 (uitgezonderd een natte juni) en normaal in 1992 (uitgezonderd een natte augustus). In 1993 was de start van het seizoen aanmerkelijk droger en het einde van het seizoen aanmerkelijk natter dan normaal (Tabel 4).

Tabel 4a Maandelijke neerslag (mm) tussen maart en oktober

Plaats	Jaar	Maand								Totaal
		maart	april	mei	juni	juli	augustus	september	oktober	
Eelde	1990	37	51	35	75	37	59	135	52	481
	1991	12	45	53	144	56	12	49	48	419
	1992	98	59	48	34	69	72	46	77	503
	1993	12	45	69	35	141	64	116	107	589
De Kooy	1990	33	51	29	51	22	48	132	83	449
	1991	26	37	39	99	42	10	98	66	417
	1992	73	41	52	53	40	153	56	157	625
	1993	10	36	54	30	84	84	106	103	507
De Bilt	1990	28	52	32	56	43	57	80	64	412
	1991	20	29	21	155	58	6	71	41	401
	1992	81	52	43	63	70	161	57	124	651
	1993	11	45	45	65	171	38	109	67	551
Vlissingen	1990	22	56	11	73	22	28	81	66	359
	1991	16	37	27	100	90	7	42	50	369
	1992	53	38	51	105	85	122	59	93	606
	1993	9	35	63	53	112	57	134	64	527
Beek L)	1990	22	40	16	80	28	56	75	41	358
	1991	36	38	20	98	71	23	26	22	334
	1992	73	52	28	92	78	123	31	80	557
	1993	7	41	70	28	79	31	134	83	473
Normaal*		51	52	54	70	77	88	66	69	527

* 1951-1980

Tabel 4b Maandelijke gemiddelde dagtemperatuur (°C)

Plaats	Jaar	Maand								Temp. som*
		maart	apr	mei	juni	juli	aug	sept	okt	
De Bilt	1990	8,5	8,9	13,9	15,0	16,9	18,5	13,1	12,0	3274
	1991	8,8	8,5	10,0	12,7	19,0	18,0	15,0	10,2	3132
	1992	6,9	8,7	15,6	17,2	18,3	17,8	14,6	8,0	3280
	1993	5,8	11,1	14,3	15,9	16,1	15,2	13,1	9,0	3075
normaal**		4,8	8,0	12,1	15,2	16,6	16,4	14,0	10,3	2982

* drempelwaarde 0 °C

** 1951-1980

3. Resultaten

3.1. Mineralenoverschot en -benutting op bedrijfsniveau

Meststoffen vormden de belangrijkste aanvoerpost voor zowel N (Tabel 5) als P en K (Tabel 6). De jaarlijkse aanvoer van N en K op bedrijfsniveau bleef in de loop van de jaren min of meer gelijk en bedroeg gemiddeld 240 kg N en 160 kg K₂O per ha. De aanvoer van P daalde van gemiddeld 94 kg in 1990 naar 73 kg P₂O₅ per ha in 1993 door een reductie van zowel de kunstmestgift als een beperking van het gebruik van (fosfaatrijke soorten) organische mest. Organische mest werd met name ingezet op aardappel en suikerbiet. Circa 60 % van de jaarlijkse N-aanvoer bestond bij die gewassen uit organische mest (Tabel 7).

Tabel 5 Gemiddelde jaarlijkse aanvoer van N (kg per ha) op bedrijfsniveau en op gewasniveau

Niveau	Jaar	Bron					Totaal
		depositie	zaai-zaad/ pootgoed	biologische binding	organische mest	kunstmest	
Bedrijf	1990	39	3	12	93	96	243
	1991	39	3	9	101	94	246
	1992	39	3	6	93	88	230
	1993	39	3	5	94	98	240
Aardappel	1990	39	7	0	223	123	394
	1991	39	7	0	203	130	380
	1992	39	7	0	211	112	369
	1993	39	7	0	193	119	358
Suikerbiet	1990	39	0	0	118	85	242
	1991	39	0	0	152	71	262
	1992	39	0	0	125	63	227
	1993	39	0	0	122	82	243
Wintertarwe	1990	39	4	0	15	128	185
	1991	39	4	0	12	145	199
	1992	39	4	0	8	139	190
	1993	39	4	0	14	168	225

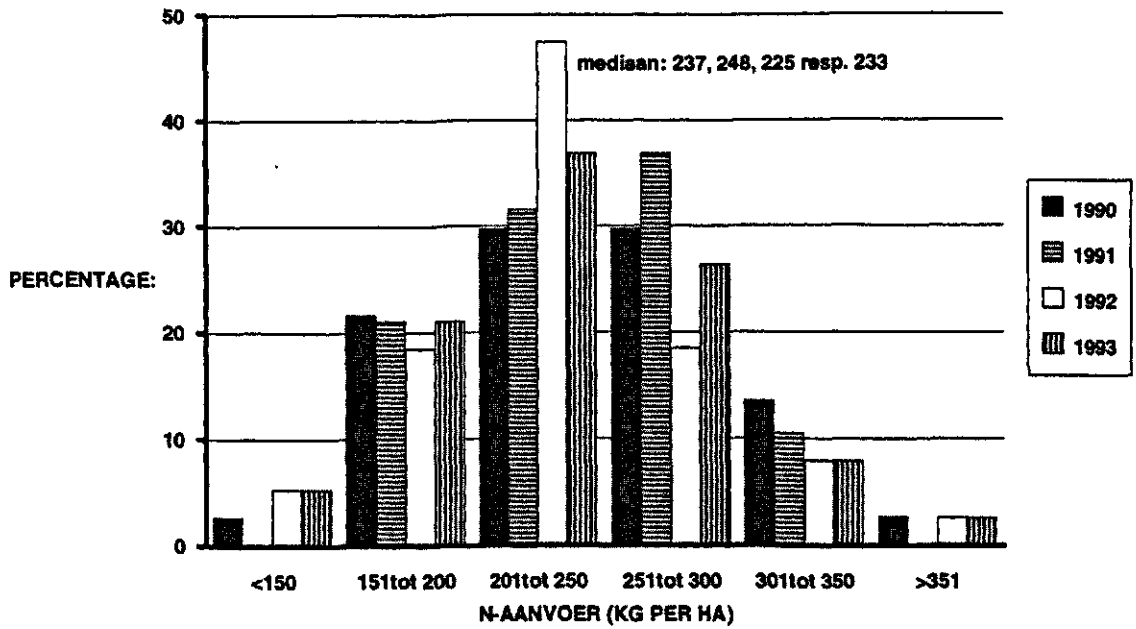
Tabel 6 Gemiddelde jaarlijkse aanvoer van P_2O_5 en K_2O (kg per ha) op bedrijfsniveau

Element	Jaar	Bron				Totaal
		depositie	zaaizaad/ pootgoed	organische mest	kunstmest	
P_2O_5 (kg/ha)	1990	2	1	70	20	94
	1991	2	1	73	12	87
	1992	2	1	62	14	79
	1993	2	1	58	12	73
K_2O (kg/ha)	1990	5	3	83	66	160
	1991	5	3	94	57	160
	1992	5	3	93	56	158
	1993	5	3	93	58	160

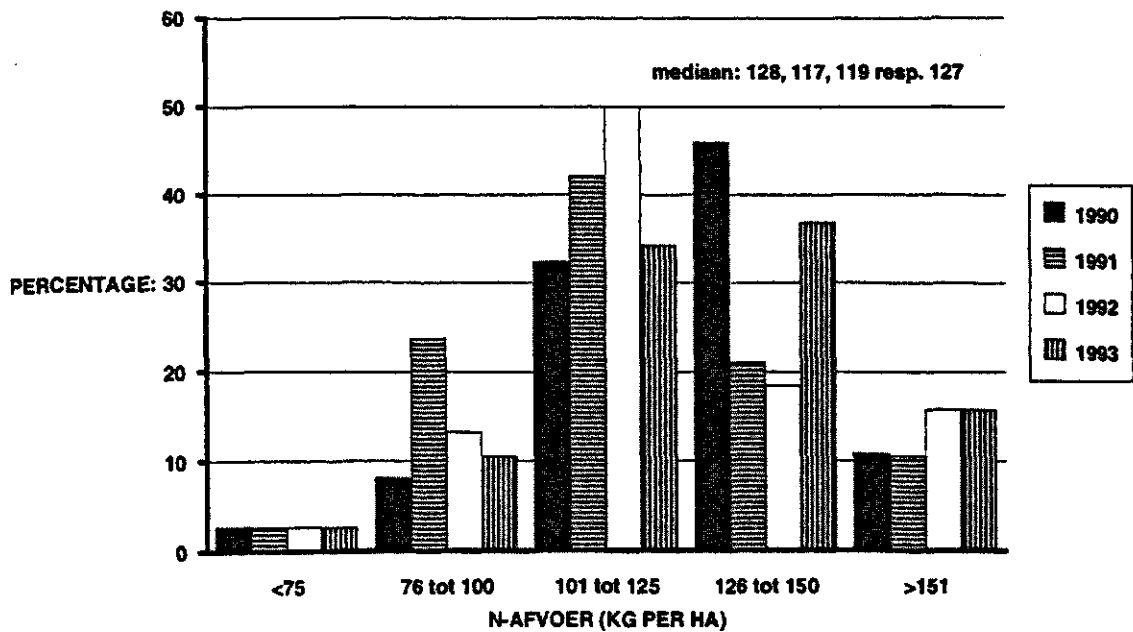
Tabel 7 Aandeel van organische mest (% , op basis van het N-totaalgehalte) in de N-aanvoer met meststoffen

Gewas	Jaar	Regio					Landelijk
		ZON	NON	NZK	CZK	ZWK	
aardappel	1990	71	52	65	66	63	63
	1991	66	54	58	58	65	60
	1992	74	55	81	69	56	67
	1993	78	52	74	60	55	64
suikerbiet	1990	77	70	49	40	43	56
	1991	85	77	60	57	54	67
	1992	82	68	61	57	63	66
	1993	77	72	63	22	53	57
wintertarwe	1990	42	7	7	0	7	13
	1991	32	0	7	0	11	10
	1992	0	0	1	0	19	5
	1993	0	0	10	0	16	5

Op circa 64 % van de bedrijven lag de jaarlijkse N-aanvoer (inclusief de aanvoer met depositie, zaaizaad en pootgoed en biologische binding) tussen 200 en 300 kg per ha. Het aandeel van de bedrijven dat meer dan 300 kg N per ha aanvoerde bedroeg in alle jaren circa 13 % (Fig. 2). Tussen regio's bestonden in dat opzicht verschillen. In zuidoost-Nederland en het zuidwestelijk Zeekleigebied was de N-aanvoer hoog ten opzichte van andere regio's, in het Centrale Zeekleigebied relatief laag (Tabel 8-12). Ook ten aanzien van de N-afvoer betond er variatie. Het viel daarbij op dat de variatie tussen jaren aanmerkelijk kleiner was dan de variatie tussen regio's. In alle 4 jaren werd de hoogste afvoer gerealiseerd in het Centrale Zeekleigebied en de laagste afvoer in noordoost-Nederland. De N-afvoer bedroeg gemiddeld 123 kg N per ha. Ongeveer 70 % van de bedrijven had een jaarlijkse afvoer tussen 100 en 150 kg per ha. Circa 13 % voerde meer dan 150 kg en circa 17 % minder dan 100 kg N per ha af (Fig. 3).



Figuur 2 Frequentieverdeling (%) van de N-aanvoer op bedrijfsniveau



Figuur 3 Frequentieverdeling (%) van de N-afvoer op bedrijfsniveau

Tabel 8 Gemiddelde aanvoer van N, P₂O₅ en K₂O (kg per ha) in zuidoost-Nederland

Element	Bron	1990	1991	1992	1993
N	depositie	48	48	48	48
	zaaizaad/pootgoed	4	4	4	4
	biologische binding	23	24	20	15
	organische mest	144	143	134	125
	kunstmest	66	55	52	61
	totale aanvoer	285	274	258	253
	totale afvoer	132	121	122	134
	overschot	153	153	136	119
P ₂ O ₅	depositie	2	2	2	2
	zaaizaad/pootgoed	1	1	1	1
	organische mest	97	88	70	56
	kunstmest	8	9	7	8
	totale aanvoer	107	100	80	68
	totale afvoer	54	49	51	54
	overschot	53	51	29	13
	K ₂ O	depositie	5	5	5
zaaizaad/pootgoed		4	4	4	4
organische mest		150	157	140	138
kunstmest		27	21	21	34
totale aanvoer		186	187	169	181
totale afvoer		139	147	144	161
overschot		46	40	25	19

Tabel 9 Gemiddelde aanvoer van N, P₂O₅ en K₂O (kg per ha) in noordoost-Nederland

Element	Bron	1990	1991	1992	1993
N	depositie	39	39	39	39
	zaaizaad/pootgoed	4	4	4	4
	biologische binding	2	1	0	0
	organische mest	108	110	80	70
	kunstmest	89	89	80	82
	totale aanvoer	242	243	202	195
	totale afvoer	98	89	95	99
	overschot	144	154	107	96
P ₂ O ₅	depositie	2	2	2	2
	zaaizaad/pootgoed	1	1	1	1
	organische mest	74	72	54	43
	kunstmest	17	12	10	8
	totale aanvoer	93	87	67	54
	totale afvoer	38	34	37	38
	overschot	55	53	30	15
	K ₂ O	depositie	5	5	5
zaaizaad/pootgoed		4	4	4	4
organische mest		93	99	88	70
kunstmest		81	65	77	72
totale aanvoer		183	173	174	151
totale afvoer		119	106	121	121
overschot		64	67	53	30

Tabel 10 Gemiddelde aanvoer van N, P₂O₅ en K₂O (kg per ha) in het noordelijk Zeekleigebied

Element	Bron	1990	1991	1992	1993
N	depositie	36	36	36	36
	zaaizaad/pootgoed	4	4	4	4
	biologische binding	11	6	1	0
	organische mest	67	82	78	99
	kunstmest	115	104	112	122
	totale aanvoer	233	232	231	261
	totale afvoer	129	114	103	116
	overschot	104	118	128	145
P ₂ O ₅	depositie	2	2	2	2
	zaaizaad/pootgoed	1	1	1	1
	organische mest	62	75	60	72
	kunstmest	35	14	17	17
	totale aanvoer	100	92	80	92
	totale afvoer	57	51	48	52
	overschot	43	41	33	40
	K ₂ O	depositie	5	5	5
zaaizaad/pootgoed		4	4	4	4
organische mest		38	59	74	92
kunstmest		94	101	74	102
totale aanvoer		141	168	156	203
totale afvoer		130	110	109	118
overschot		11	58	47	84

Tabel 11 Gemiddelde aanvoer van N, P₂O₅ en K₂O (kg per ha) in het Centrale Zeekleigebied

Element	Bron	1990	1991	1992	1993
N	depositie	35	35	35	35
	zaaizaad/pootgoed	4	4	4	4
	biologische binding	3	3	3	6
	organische mest	70	76	80	79
	kunstmest	86	97	88	100
	totale aanvoer	198	215	210	224
	totale afvoer	140	132	146	147
	overschot	58	83	64	77
P ₂ O ₅	depositie	2	2	2	2
	zaaizaad/pootgoed	1	1	1	1
	organische mest	56	67	64	57
	kunstmest	20	14	22	10
	totale aanvoer	79	85	89	70
	totale afvoer	62	60	66	65
	overschot	17	25	23	5
K ₂ O	depositie	5	5	5	5
	zaaizaad/pootgoed	4	4	4	4
	organische mest	57	61	66	71
	kunstmest	62	52	67	38
	totale aanvoer	128	121	142	117
	totale afvoer	163	157	160	157
	overschot	-35	-5	-18	-39

Tabel 12 Gemiddelde aanvoer van N, P₂O₅ en K₂O (kg per ha) in het zuidwestelijk Zeekleigebied

Element	Bron	1990	1991	1992	1993
N	depositie	39	39	39	39
	zaaizaad/pootgoed	4	4	4	4
	biologische binding	12	4	4	2
	organische mest	80	95	91	95
	kunstmest	130	129	115	128
	totale aanvoer	265	271	253	268
	totale afvoer	132	120	127	125
	overschot	133	151	126	143
P ₂ O ₅	depositie	2	2	2	2
	zaaizaad/pootgoed	1	1	1	1
	organische mest	62	60	62	60
	kunstmest	24	9	14	19
	totale aanvoer	89	72	79	81
	totale afvoer	56	53	56	55
	overschot	33	19	23	26
	K ₂ O	depositie	5	5	5
zaaizaad/pootgoed		4	4	4	4
organische mest		78	92	96	95
kunstmest		74	56	44	53
totale aanvoer		161	156	149	156
totale afvoer		119	114	118	121
overschot		42	52	31	35

Gemiddeld over jaren en bedrijven bedroeg het N-overschot 117 kg N per ha (Tabel 13). In 1991 was het overschot relatief hoog door een gecombineerd effect van een hogere aanvoer en een lagere afvoer (i.e. lagere opbrengsten). In de andere jaren was het gemiddelde overschot vrij constant. Tussen bedrijven was de variatie van het overschot groot. Het N-overschot bleef op 73, 63, 84 en 85 % van de bedrijven beneden de 150 kg N per ha in respectievelijk 1990, 1991, 1992 en 1993. In diezelfde jaren bleef het overschot op 38, 26, 37 en 40 % van de bedrijven zelfs beneden de 100 kg N per ha (Tabel 14). De N-benutting op bedrijfsniveau bedroeg gemiddeld 52 % met weinig verschillen tussen jaren (Tabel 13). De variatie tussen bedrijven bleef in de loop van jaren min of meer gelijk (Tabel 15).

Tabel 13 Mineralenaanvoer (incl. depositie, binding, zaaizaad/pootgoed), -afvoer en -overschot (kg per ha) en -benutting (%) op bedrijfsniveau (gem. = gemiddelde; (med.) = mediaan)

	Jaar	Aanvoer		Afvoer		Overschot		Benutting	
		gem.	(med.)	gem.	(med.)	gem.	(med.)	gem.	(med.)
N	1990	243	(237)	128	(128)	115	(109)	53	(53)
	1991	246	(248)	116	(117)	130	(140)	47	(45)
	1992	230	(225)	120	(119)	110	(111)	54	(52)
	1993	240	(233)	126	(127)	114	(121)	55	(50)
	1990-1993	240	(236)	123	(123)	117	(120)	52	(50)
P ₂ O ₅	1990	94	(85)	54	(55)	39	(34)	57	(60)
	1991	87	(85)	50	(50)	38	(33)	57	(60)
	1992	80	(78)	52	(52)	28	(27)	70	(65)
	1993	73	(69)	54	(55)	19	(22)	75*	(69)
	1990-1993	84	(79)	53	(53)	31	(29)	65	(64)
K ₂ O	1990	157	(162)	140	(139)	17	(26)	89	(78)
	1991	160	(168)	129	(128)	37	(41)	81	(76)
	1992	157	(158)	132	(127)	25	(27)	98	(82)
	1993	160	(158)	138	(130)	22	(39)	93*	(80)
	1990-1993	159	(162)	135	(131)	25	(33)	90	(79)

* met uitsluiting van 2 bedrijven waar geen P₂O₅ en K₂O bemesting plaatsvond

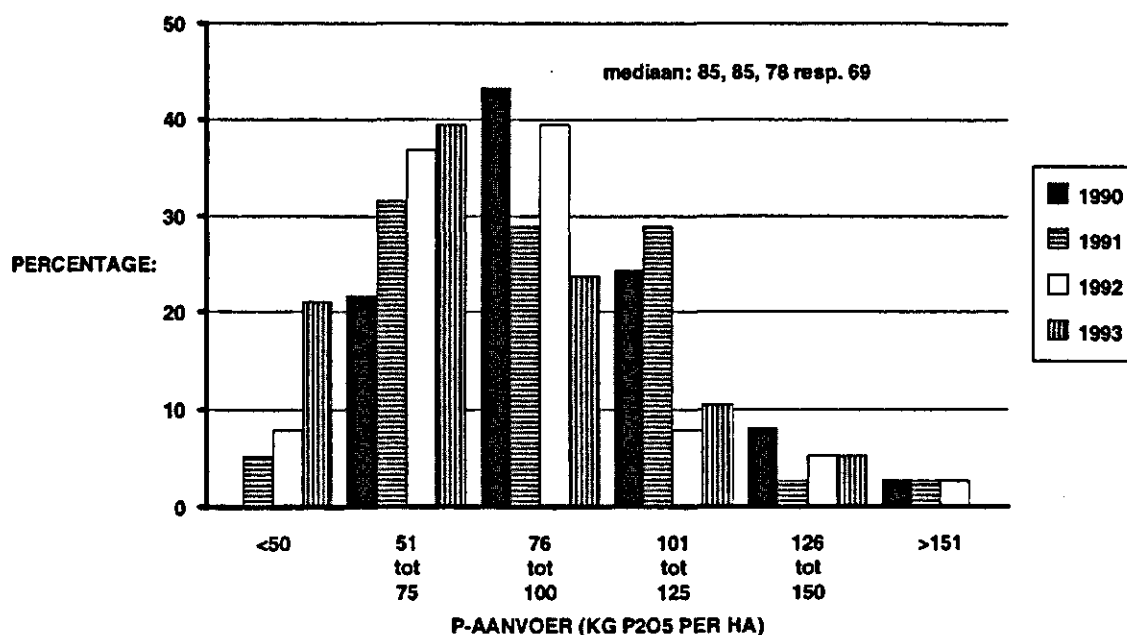
Tabel 14 Frequentieverdeling (%) van het N-overschot op bedrijfsniveau

Klasse (kg N per ha)	Jaar			
	1990	1991	1992	1993
<50	14	5	11	11
51-100	24	21	26	29
101-150	35	37	47	45
151-200	22	34	11	13
>201	5	3	5	2
mediaan	111	140	111	121

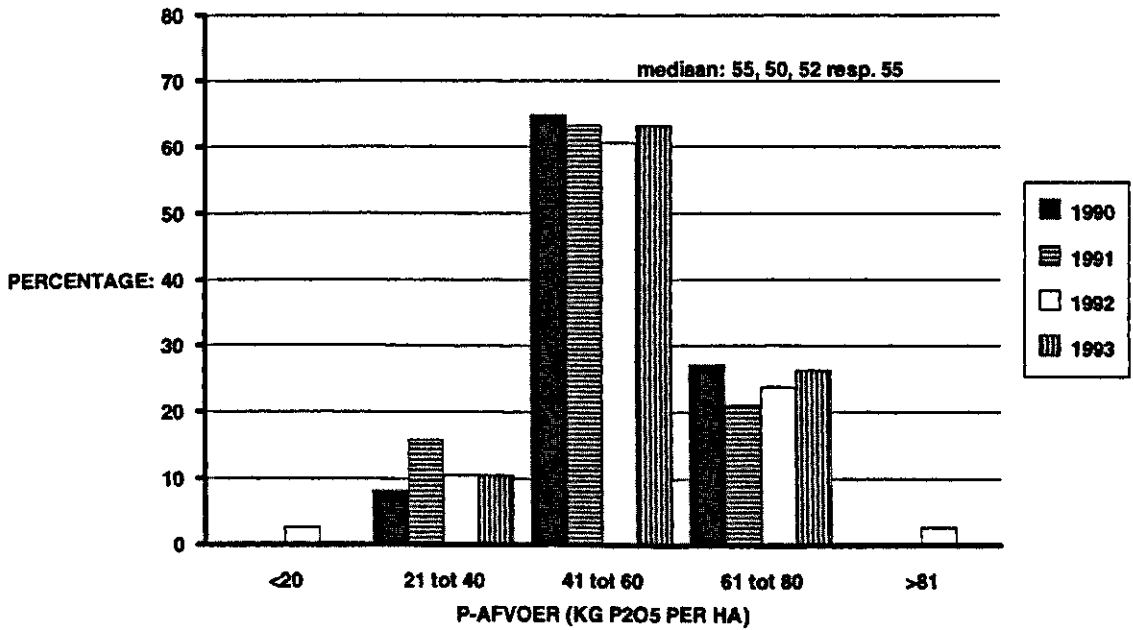
Tabel 15 Frequentieverdeling (%) van de N-benutting op bedrijfsniveau

Klasse (kg N per ha)	Jaar			
	1990	1991	1992	1993
<20	0	0	0	0
21-40	14	27	13	8
41-60	59	55	63	71
61-80	22	13	16	16
>81	5	5	8	5
mediaan	53	45	52	50

Met een gemiddelde P-aanvoer en -afvoer van respectievelijk 84 en 53 kg P_2O_5 per ha, bedroeg het overschot gemiddeld 31 kg P_2O_5 per ha (Tabel 13). In het noordelijk, centrale en zuidwestelijk Zeekleigebied bleef het in de loop der jaren vrij constant, in zuidoosten noord-oost-Nederland trad een duidelijke daling van het overschot op (Tabel 8-12). Deze daling van het overschot viel volledig toe te schrijven aan een reductie van de aanvoer. Het aandeel van de bedrijven dat jaarlijks meer dan 75 kg P_2O_5 per ha aanvoerde, bedroeg in 1990, 1991, 1992 en 1993 respectievelijk 78, 64, 55 en 40 % (Fig. 4) en vertoonde daarmee een gestage daling. De afvoer was van jaar tot jaar, althans binnen regio's, min of meer gelijk. De jaarlijkse P-afvoer was op 72-79 % van de bedrijven minder dan 60 kg en op slechts 1 bedrijf meer dan 80 kg P_2O_5 per ha (Fig. 5). In 1990 realiseerde 35 % en 65 % van de bedrijven een P-overschot van respectievelijk minder dan 25 en 50 kg P_2O_5 per ha. In 1993 was dat opgelopen tot 61 % en 90 % van de bedrijven (Tabel 16). De P-benutting steeg navenant (Tabel 13).



Figuur 4 Frequentieverdeling (%) van de P-aanvoer op bedrijfsniveau



Figuur 5 Frequentieverdeling (%) van de P-afvoer op bedrijfsniveau

Tabel 16 Frequentieverdeling (%) van het fosfaatoverschot op bedrijfsniveau

Klasse (kg P ₂ O ₅ per ha)	Jaar			
	1990	1991	1992	1993
<5	13	10	16	29
6-25	22	24	32	32
26-50	30	29	34	29
51-75	24	29	13	5
>76	11	8	5	5
mediaan	35	33	27	22

Met een gemiddelde K-aanvoer en -afvoer van respectievelijk 159 en 135 kg K₂O per ha, bedroeg het gemiddelde overschot 25 kg K₂O per ha (Tabel 13). In zuidoosten noordoost-Nederland daalde het K-overschot in de loop van de jaren, in het noordelijk Zeekleigebied, echter, nam het overschot toe. Bedrijven in het Centrale Zeekleigebied konden zich vanwege de hoge bodemvoorraad veroorloven jaarlijks minder K aan te voeren dan af te voeren (Tabel 8-12). Verschuivingen in het K-overschot werden veel sterker bepaald door veranderingen van het aanbod dan door veranderingen van de afvoer. Binnen een regio was de jaarlijkse afvoer betrekkelijk constant. De spreiding van het K-overschot was zeer groot. Circa 25 % van de bedrijven had een K-overschot kleiner dan 0 kg K₂O per ha terwijl ruim 30 % van de bedrijven een overschot groter dan 50 kg K₂O per ha had (Tabel 17).

Tabel 17 Frequentieverdeling (%) van het kali-overschot op bedrijfsniveau

Klasse (kg K ₂ O per ha)	Jaar			
	1990	1991	1992	1993
<-50	19	11	8	13
-51-0	16	13	16	16
1-50	24	44	45	39
51-100	38	21	26	26
>101	3	11	5	5
mediaan	39	41	27	39

3.2. Stikstofhuishouding van aardappel

De geschatte hoeveelheid N die aan aardappel (excl. de teelt van pootgoed) ter beschikking stond was gemiddeld minder dan hetgeen volgens gangbare richtlijnen beschikbaar zou moeten zijn (Tabel 18). Daarbij werd geen rekening gehouden met de N-bijdrage vanuit groenbemesters, bietenblad en vlinderbloemige voorvruchten; de werkelijke N-beschikbaarheid lag daarom vermoedelijk iets hoger.

Tussen bedrijven traden grote verschillen op in de hoeveelheid beschikbare N. In 1990, 1991, 1992 en 1993 stond op respectievelijk 37, 35, 33 en 14 % van de bedrijven meer dan 300 kg N per ha ter beschikking. Het aandeel bedrijven waar in diezelfde jaren minder dan 200 kg N per ha beschikbaar stond, bedroeg 6, 10, 7 en 23 % (Tabel 19). Er bestond geen duidelijk verband tussen de opbrengst (=afvoer) en de hoeveelheid beschikbare N (Fig. 6). Op een enkele uitzondering na overtrof de aanvoer de afvoer van N (Fig. 7). De mediane N-benutting bedroeg in de achtereenvolgende jaren 43, 37, 42 en 55 %. In 1990, 1991, 1992 en 1993 bedroeg de N-benutting op respectievelijk 43, 52, 40 en 33 % van de bedrijven minder dan 40 % (Tabel 20).

Tussen regio's traden grote verschillen in N-overschot op (Tabel 21). Het hoge overschot in het zuidwestelijk Zeekleigebied was een gevolg van zowel de hoge aanvoer als de lage opbrengst (=afvoer). Het lage overschot in het Centrale Zeekleigebied viel toe te schrijven aan zowel een lage aanvoer als aan een hoge afvoer.

Tabel 18 Geschatte hoeveelheid beschikbare N (kg per ha) vergeleken met gewenste beschikbaarheid volgens gangbare richtlijnen en volgens de geïntegreerde teeltstrategie (gemiddelde 1990-1993)

gewas	geschatte gerealiseerde beschikbare N*	gewenst volgens gangbare richtlijn**	gewenst volgens geïntegreerde teeltstrategie***
aardappel	270****	290-315	200-265
suikerbiet	194****	185	155-185
wintertarwe	216	195-235	160-205

* gemiddelde van jaarlijkse medianen

** Sieling (1992) met N_{min} als in paragraaf 2.3, omrekening naar 0-30 en 0-100 cm vgl's Schröder et al. (1993b)

*** Anonymus (1992) met N_{min} als in paragraaf 2.3, omrekening naar 0-30 en 0-100 cm vgl's Schröder et al. (1993b)

**** exclusief bijdrage uit groenbemester en/of vlinderbloemige voorvrucht

Tabel 19 Frequentieverdeling (%) van de beschikbare N bij aardappel (excl. de teelt van pootgoed)

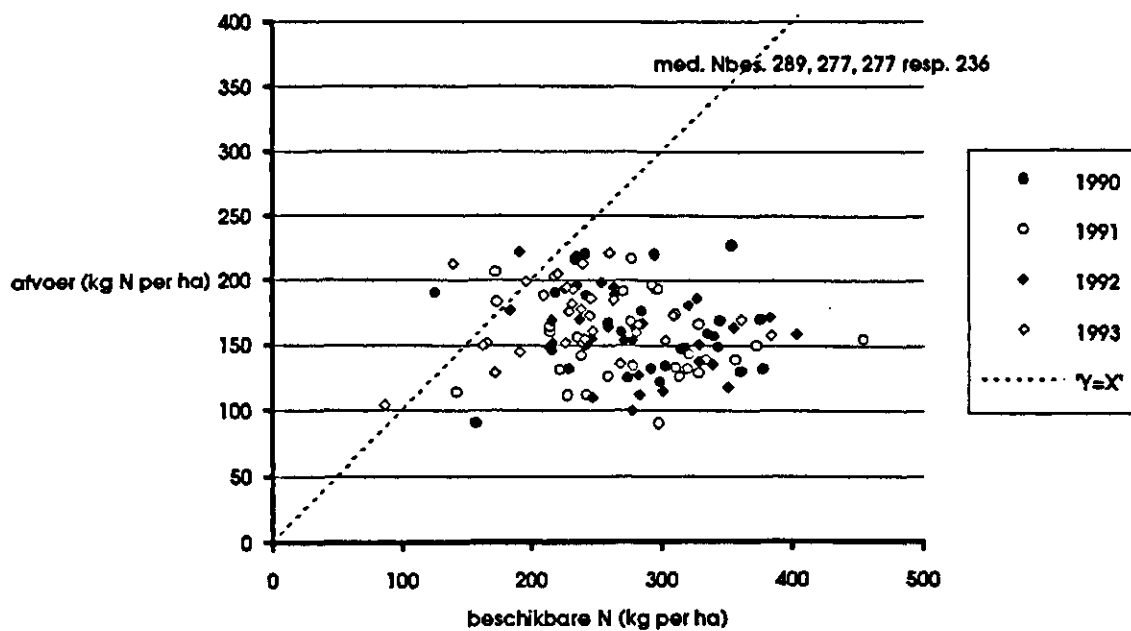
Klasse (kg N per ha)	Jaar			
	1990	1991	1992	1993
<100	0	0	0	3
101-150	3	3	0	3
151-200	3	7	7	17
201-250	30	29	23	47
251-300	27	26	37	17
301-350	24	26	20	7
351-400	13	6	10	7
>401	0	3	3	0
mediaan	289	277	277	236

Tabel 20 Frequentieverdeling (%) van de N-benutting bij aardappel

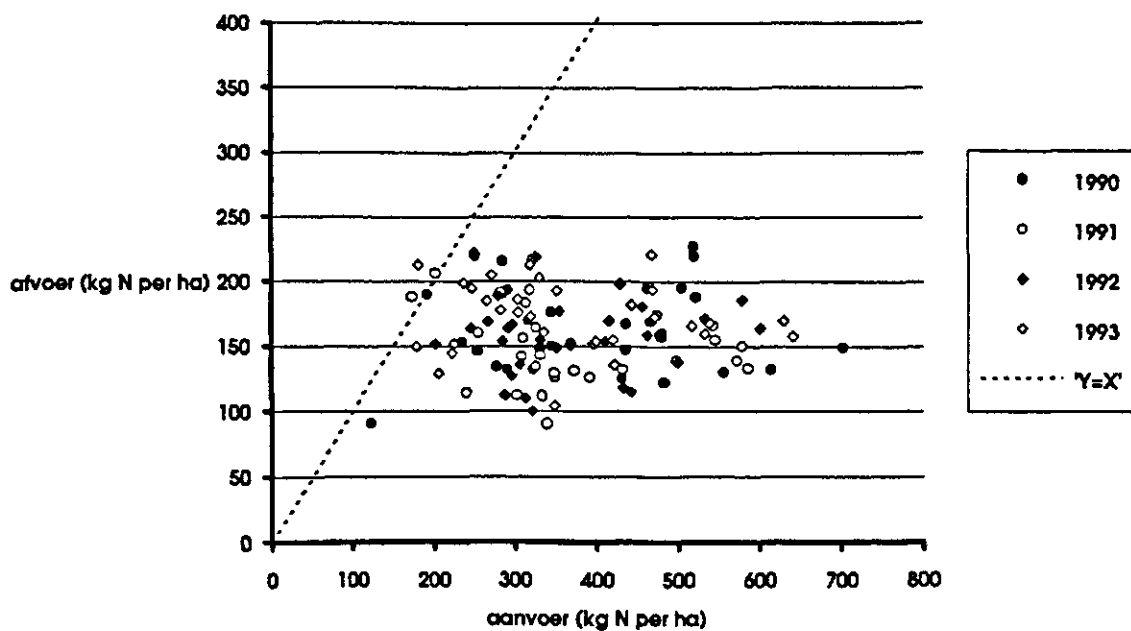
klasse (%)	Jaar			
	1990	1991	1992	1993
<20	0	0	0	0
21-40	43	52	40	33
41-60	33	29	40	24
61-80	17	13	17	33
>81	7	6	3	10
mediaan	43	37	42	55

Tabel 21 Gemiddelde N-aanvoer (incl. depositie, binding, zaaizaad/pootgoed), -afvoer en -overschot (kg per ha) en benutting (%) per regio op bedrijfs- en gewasniveau voor consumptieaardappel, suikerbiet en wintertarwe (gemiddelde over 1990-1993)

Niveau	Regio	Aanvoer kg/ha	Afvoer kg/ha	Overschot kg/ha	Benutting %
Bedrijf	ZON	268	127	140	48
	NON	221	95	125	43
	NZK	239	116	124	48
	CZK	212	141	71	67
	ZWK	264	126	138	48
	landelijk	240	123	117	51
Consumptie- Aardappel	ZON	292	165	128	56
	NON				
	NZK	434	163	271	38
	CZK	394	184	208	47
	ZWK	492	155	337	31
	landelijk	404	167	237	41
Fabrieks- Aardappel	ZON	381	144	236	38
	NON	288	157	132	54
	NZK				
	CZK				
	ZWK				
	landelijk	317	153	164	48
Suikerbiet	ZON	251	92	160	36
	NON	301	81	220	27
	NZK	280	101	180	36
	CZK	156	113	43	73
	ZWK	258	99	159	39
	landelijk	244	98	146	40
Wintertarwe	ZON	195	159	36	81
	NON	188	126	63	67
	NZK	207	173	34	83
	CZK	181	189	-8	104
	ZWK	221	182	40	82
	landelijk	199	173	26	87



Figuur 6 Relatie tussen de beschikbare bodem-N en de N-afvoer bij aardappel (excl. de teelt van pootgoed)



Figuur 7 Relatie tussen de N-aanvoer en de N-afvoer bij aardappel (excl. de teelt van pootgoed)

3.3. Stikstofhuishouding van suikerbiet

De geschatte hoeveelheid N die suikerbiet ter beschikking stond, was gemiddeld meer dan hetgeen nodig geacht werd volgens gangbare bemestingsrichtlijnen of volgens de geïntegreerde teeltstrategie. Bovendien was de N-beschikbaarheid vermoedelijk nog iets groter dan hier aangegeven vanwege nalevering vanuit groenbemesters, bietenblad of vlinderbloemige voorvruchten (Tabel 18).

Evenals bij aardappel bestond er tussen bedrijven een grote spreiding in de hoeveelheid beschikbare N. Ook bij suikerbiet trad in de loop van de jaren een daling op in de hoeveelheid beschikbare N. In 1990 stond het gewas op 22 % van de bedrijven meer dan 250 kg N ter beschikking. In 1991, 1992 en 1993 daalde dit tot respectievelijk 19, 11 en 8 %. In 1990 stond op 3 % van de bedrijven minder dan 150 kg N per ha ter beschikking. In 1991, 1992 en 1993 liep dit aandeel op tot respectievelijk 23, 10 en 26 % (Tabel 22).

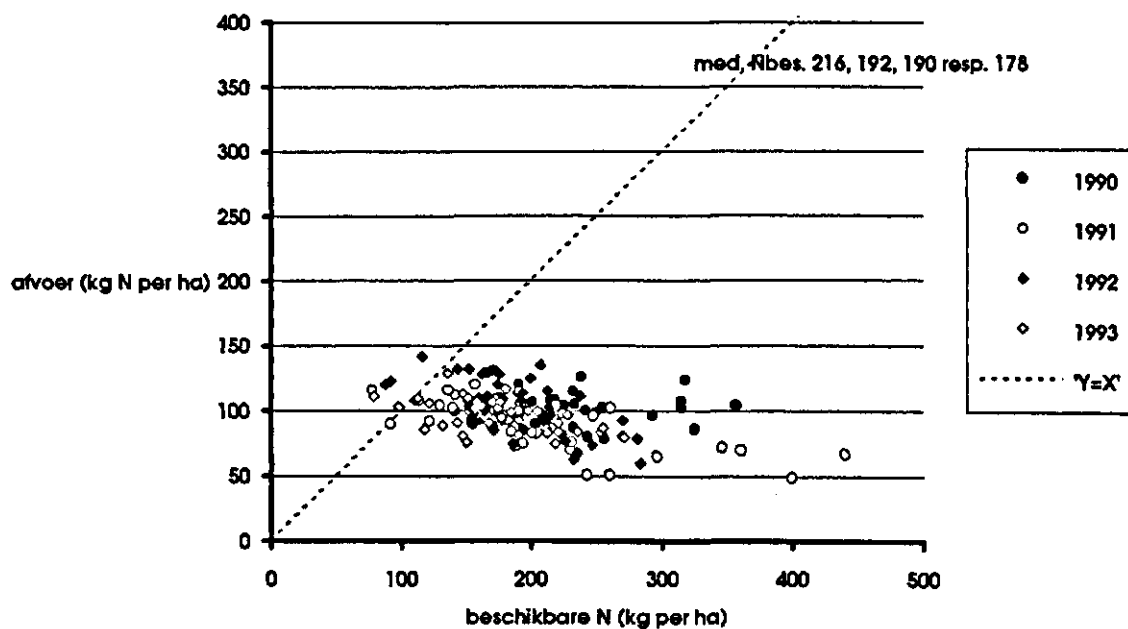
Ogenschijnlijk was er een negatief verband tussen de hoeveelheid beschikbare N en de opbrengst (=afvoer) van suikerbiet (Fig. 8). Omdat er een regionale verstrengeling was tussen de hoeveelheid beschikbare N en andere groei- cq. afvoerbepalende factoren, is het aannemelijk dat niet N-overmaat de feitelijke oorzaak van de lagere N-afvoer was. De lage hoeveelheid beschikbare N in het Centrale Zeekleigebied was namelijk gekoppeld aan gunstige groeiomstandigheden (geringe aaltjesdruk, geen vochttekort) terwijl de hoge hoeveelheid beschikbare N in noordoost-Nederland gekoppeld was aan ongunstige groeiomstandigheden (grotere aaltjesdruk, vochttekort, opbrengstderving als gevolg van nachtvorstschade respectievelijk overzaaien).

De N-aanvoer overtrof de afvoer sterk (Fig. 9). In 1990, 1991, 1992 en 1993 bedroeg de benutting niet meer dan 40 % op, respectievelijk, 51, 61, 45 en 53 % van de bedrijven (Tabel 23). Tussen regio's waren er grote verschillen in N-overschot (Tabel 21). Het hoge overschot in noordoost-Nederland was het gevolg van lage opbrengsten (=afvoer), het lage overschot in het Centrale Zeekleigebied hield verband met een combinatie van een lage aanvoer en een hoge opbrengst.

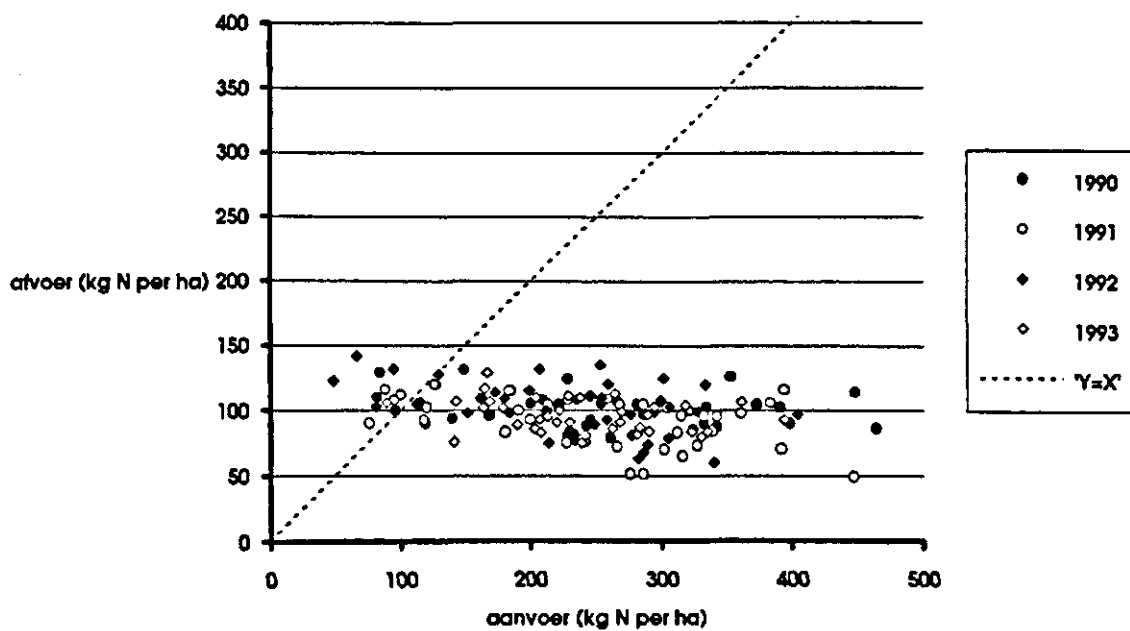
3.4. Stikstofhuishouding van wintertarwe

De geschatte hoeveelheid N die wintertarwe ter beschikking stond, was gemiddeld in overeenstemming met het traject zoals aangegeven in de gangbare bemestingsrichtlijn maar meer dan aangegeven in de geïntegreerde teeltstrategie (Tabel 18). Anders dan bij aardappel en suikerbiet onderging de hoeveelheid beschikbare N weinig verandering in de loop der jaren. Op 4-16 % van de bedrijven was meer dan 250 kg N beschikbaar, op 0-21 % minder dan 150 kg N per ha (Tabel 24). Bij wintertarwe kon geen verband gevonden worden tussen de opbrengst (=afvoer) en de hoeveelheid beschikbare N (Fig. 10). De N-aanvoer was weinig groter dan de N-afvoer (Fig. 11). De N-benutting was in het algemeen groter dan 75 %. In 1990, 1991, 1992 en 1993 bedroeg de N benutting op respectievelijk 6, 7, 7 en 8 % van de bedrijven minder dan 60 % (Tabel 25).

Tussen regio's traden grote verschillen in N-overschot op (Tabel 21). Het hoge overschot in noordoost-Nederland was het gevolg van lage opbrengsten (=afvoer), het lage overschot in het Centrale Zeekleigebied hield verband met een combinatie van een lage aanvoer en een hoge opbrengst.



Figuur 8 Relatie tussen de beschikbare bodem-N en de N-afvoer bij suikerbiet



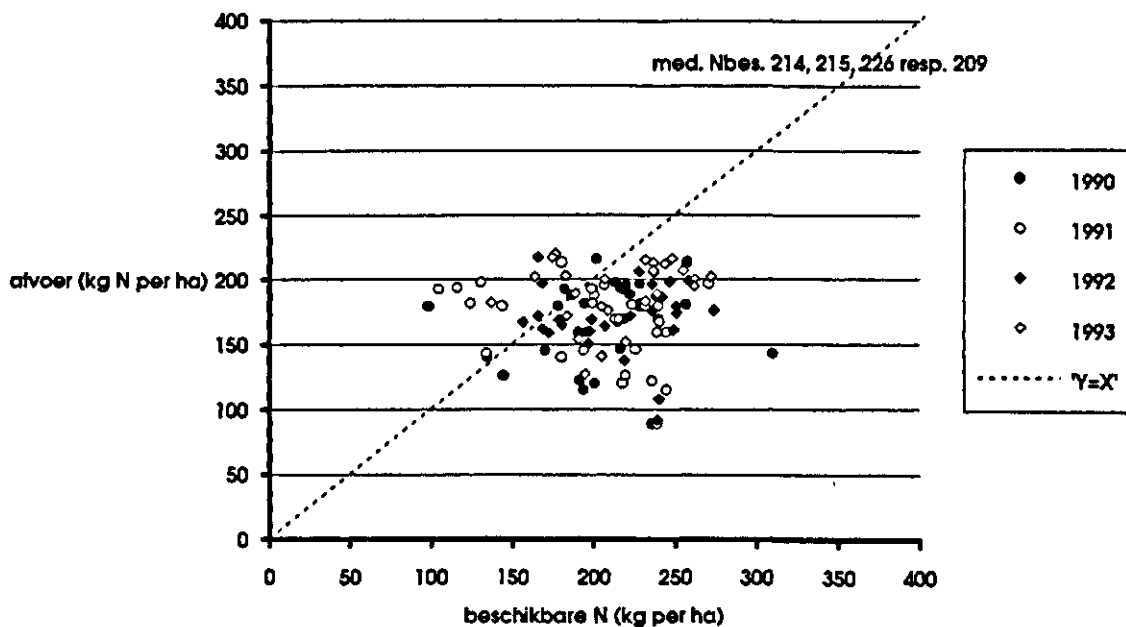
Figuur 9 Relatie tussen de N-aanvoer en de N-afvoer bij suikerbiet

Tabel 22 Frequentieverdeling (%) van de beschikbare N bij suikerbiet

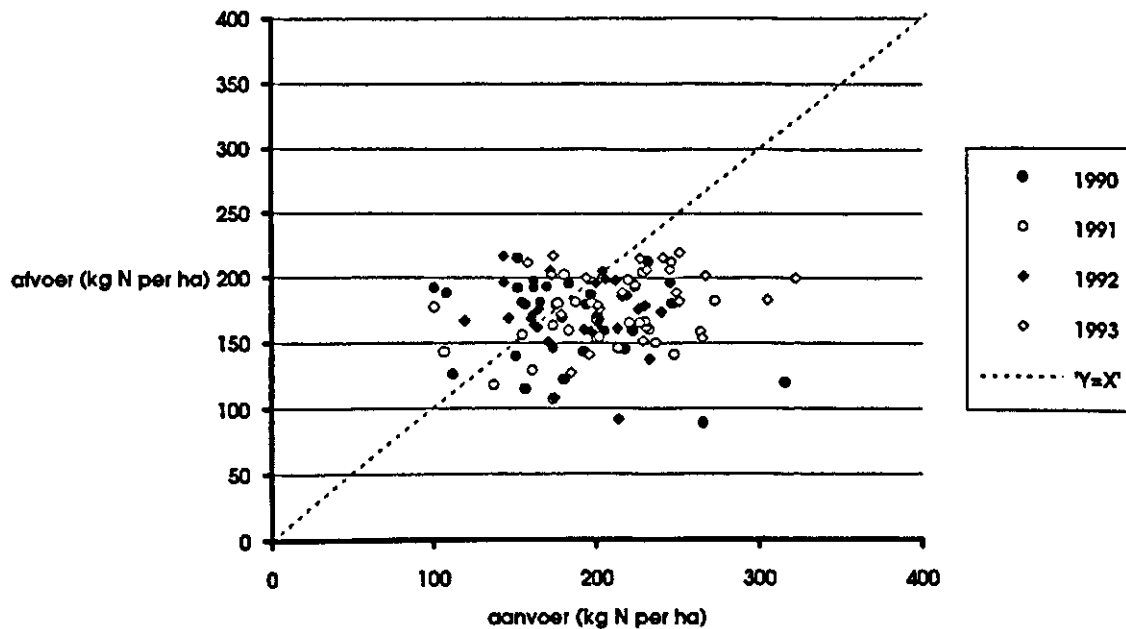
Klasse (kg N per ha)	Jaar			
	1990	1991	1992	1993
<100	0	5	5	5
101-150	3	18	5	21
151-200	35	37	47	42
201-250	40	21	32	24
251-300	8	8	11	8
301-350	11	3	0	0
351-400	3	5	0	0
>401	0	3	0	0
mediaan	216	192	190	178

Tabel 23 Frequentieverdeling (%) van de N-benutting bij suikerbiet

Klasse (%)	Jaar			
	1990	1991	1992	1993
<20	3	13	3	0
21-40	48	48	42	53
41-60	22	18	26	32
61-80	11	5	11	13
81-100	8	5	8	0
>101	8	11	11	3
mediaan	40	32	44	40



Figuur 10 Relatie tussen de beschikbare bodem-N en de N-afvoer bij wintertarwe



Figuur 11 Relatie tussen de N-aanvoer en de N-afvoer bij wintertarwe

Tabel 24 Frequentieverdeling (%) van de beschikbare N bij wintertarwe

Klasse (kg N per ha)	Jaar			
	1990	1991	1992	1993
<100	3	0	0	0
101-150	7	21	0	4
151-200	32	18	39	32
201-250	48	57	46	48
251-300	7	4	14	16
301-350	3	0	0	0
351-400	0	0	0	0
>401	0	0	0	0
mediaan	214	215	226	209

Tabel 25 Frequentieverdeling (%) van de N-benutting bij wintertarwe

Klasse (%)	Jaar			
	1990	1991	1992	1993
<40	6	0	0	0
41-60	0	7	7	8
61-80	26	43	18	28
81-100	26	32	43	44
101-120	26	11	21	12
>121	16	7	11	8
mediaan	93	81	91	87

3.5. Bodemstikstof na de oogst

Tussen gewassen traden grote verschillen op in de hoeveelheid minerale N die na de oogst in het profiel achterbleef (Fig. 12, Tabel 26). Na groene braak, suikerbiet, graszaad en winter-tarwe bedroeg deze hoeveelheid zogenaamde rest-N (0-100 cm) minder dan 50-60 kg N per ha. Na aardappel, vlinderbloemigen, uien en mais, echter, bleef gemiddeld 95-135 kg N per ha achter. De hoeveelheid rest-N was gedurende de eerste 3 jaren min of meer gelijk. In 1993 echter, bleef bij alle gewassen aanmerkelijk minder N achter. Tussen grondsoorten bestonden geen systematische verschillen. Tabel 27 toont de gemiddelde en mediane hoeveelheden rest-N na aardappel, suikerbiet en wintertarwe.

Op bedrijfsniveau bleef op meer dan 70 % van de bedrijven in de eerste 3 jaar meer dan 70 kg N per ha in het profiel achter. In het laatste jaar bleef dit aandeel beperkt tot 18 % (Tabel 28).

Binnen gewassen was de spreiding in de hoeveelheid rest-N zeer groot. Bij aardappel (excl. de teelt van pootgoed) bleef gedurende de eerste 3 jaar op meer dan 80 % van de bedrijven meer dan 75 kg N achter. In het laatste jaar, echter, werd op geen van de aardappelpercelen meer dan 125 kg , en op 71 % van de percelen minder dan 75 kg N per ha achter (Fig. 13). Bij aardappel was er een significant ($P < 0,01$) verband tussen rest-N en de hoeveelheid beschikbare N (Fig. 14) en tussen rest-N en het saldo van beschikbare en afgevoerde N (Fig. 15). Van iedere 100 kg extra aangeboden N werd ruim 30 % teruggevonden als rest-N. De verklaarde variantie bedroeg evenwel slechts 10-12 % (Tabel 29). De verklaarde variantie nam toe tot 17 % als ook de zomerneerslag (1 mei - 1 oktober) als verklarende variabele opgenomen werd. Iedere overschreiding van de gemiddelde neerslag met 100 mm veroorzaakte een daling van de hoeveelheid rest-N met 24 kg N per ha. Door ook de onttrekking als verklarende variabele op te nemen, steeg de verklaarde variantie van 17 % naar 20 %. Iedere extra afvoer van 33 kg N per ha (overeenkomend met 10 ton aardappelen per ha) deed de hoeveelheid rest-N met 12-13 kg N per ha dalen.

In vergelijking tot aardappel was de spreiding van de hoeveelheid rest-N bij suikerbiet gering (Fig. 16). Op minder dan 30 % van de percelen bleef meer dan 75 kg N per ha achter.

De spreiding kon niet in verband gebracht worden met het verschil tussen de geschatte hoeveelheid beschikbare N en de N-afvoer met het gewas (Fig. 17). Ook op wintertarwepercelen werd een geringere spreiding in de hoeveelheid rest-N aangetroffen dan bij aardappel. In de eerste twee jaren bleef op circa 40 % van de percelen meer dan 75 kg N per ha achter; in de laatste twee jaren was dat teruggelopen tot circa 15 % (Fig. 18). Bij suikerbiet bestond er evenmin een significante relatie tussen de hoeveelheid rest-N en het verschil tussen de beschikbare N en de afgevoerde N (Fig. 19).

Tabel 26 Hoeveelheden rest-N in relatie tot het gewas en de bodem in het najaar van 1990, 1991, 1992 en 1993 rest-N

Gewas	Jaar							
	1990		1991		1992		1993	
	zand	klei	zand	klei	zand	klei	zand	klei
consumptieaardappel	138	163	133	134	165	167	97	63
fabrieksaardappel	81	114	110	-	121	-	63	-
pootaardappel	152	171	121	142	134	111	54	76
suikerbiet	60	65	61	70	65	59	36	38
wintertarwe	75	65	67	74	79	47	51	42
winterrogge	46	64	124	-	-	-	48	-
wintergerst	343	349	47	-	-	-	-	-
zomertarwe	70	48	-	6	114	-	58	38
zomergerst	69	119	59	92	121	-	22	26
vlinderbloemigen	95	142	113	159	104	114	100	66
graszaad	39	64	56	85	62	65	29	26
maïs	128	249	146	190	119	-	86	40
ui	-	121	116	217	-	161	-	57
braak	66	-	27	-	59	-	45	45

Tabel 27 Gemiddelde (gem.) en mediane ((med.)) hoeveelheid rest-N (0-100 cm, kg per ha) na aardappel (exclusief pootgoed), wintertarwe en suikerbiet in 1990, 1991, 1992 en 1993

Gewas	Jaar							
	1990		1991		1992		1993	
	gem.	(med.)	gem.	(med.)	gem.	(med.)	gem.	(med.)
aardappel	142	(115)	128	(125)	145	(132)	68	(66)
wintertarwe	68	(63)	73	(68)	58	(54)	44	(40)
suikerbiet	64	(47)	65	(50)	62	(55)	37	(34)

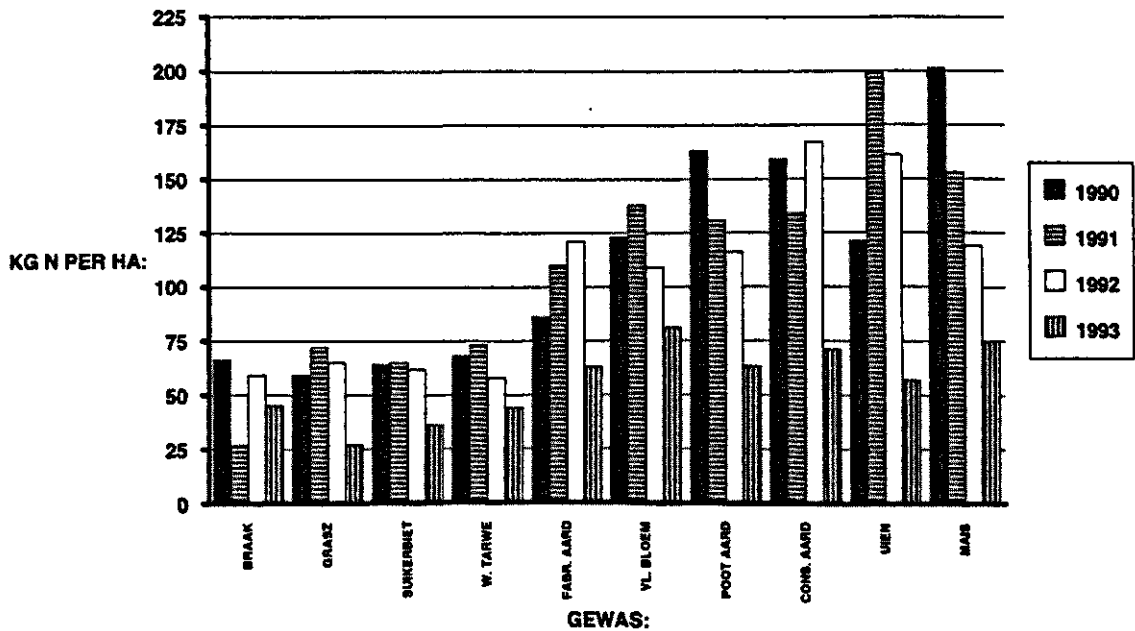
Tabel 28 Frequentieverdeling van de hoeveelheid rest-N (0-100 cm, kg per ha) op bedrijfsniveau in 1990, 1991, 1992 en 1993

Klasse (kg N per ha)	Jaar			
	1990	1991	1992	1993
<50	6	0	0	55
51-70	17	26	13	27
71-90	22	26	44	9
91-110	39	13	31	9
111-130	11	26	6	0
>131	6	9	6	0
mediaan	93	87	87	48
aantal bedrijven	18	23	16	11

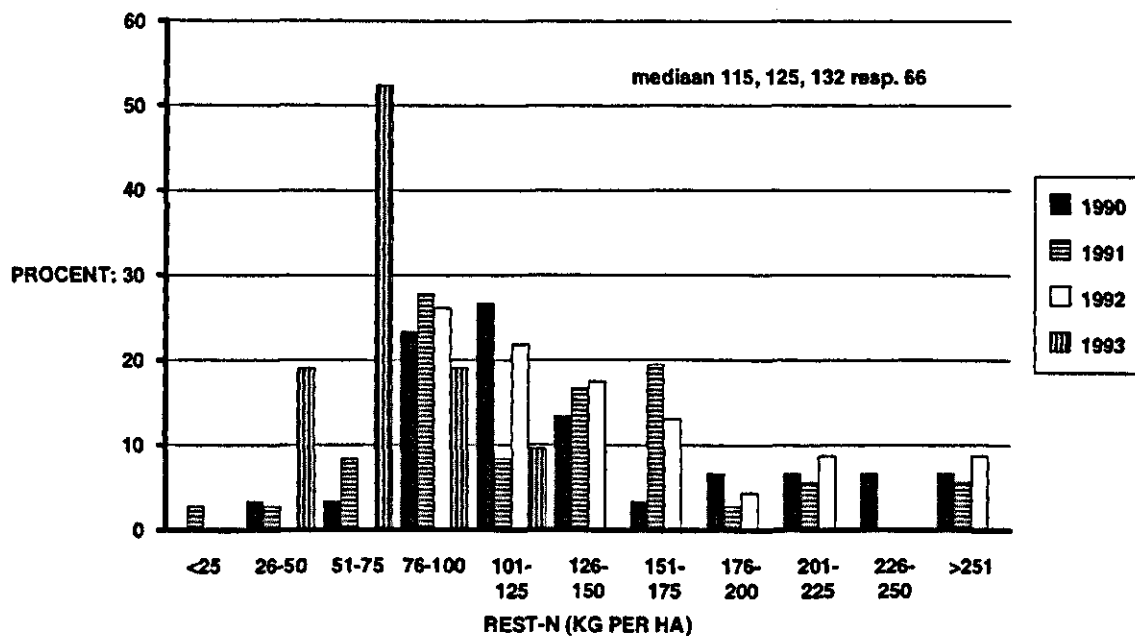
Tabel 29 Constanten en verklaarde variantie (%) van regressiemodellen die rest-N na aardappel (kg per ha, 0-100 cm) relateren aan de beschikbare N (Nbes, kg per ha), de neerslag tussen 1 mei en 1 oktober (REGEN, mm) en de onttrekking (NY, opbrengst (t per ha) x 3.3 (kg/t)); introductiebedrijven geïntegreerde akkerbouw 1990-1993: $\text{rest-N} = a + (b \times \text{Nbes}) + (c \times \text{Nbes}^2) + (d \times \text{REGEN}) + (e \times \text{REGEN}^2) + (f \times \text{NY}) + (g \times \text{NY}^2)$

Constante	Termen				
	Nbes	Nbes	Nbes, REGEN	Nbes, REGEN, NY	Nbes, NY
a	33*	75***	118***	169***	134***
b	0,34***				
c		0,000636***	0,000550***	0,000572***	0,000654***
d					
e			-0,000358***	-0,000333***	
f				-0,35***	-0,38***
g					
verklaarde variantie	10	12	17	20	16

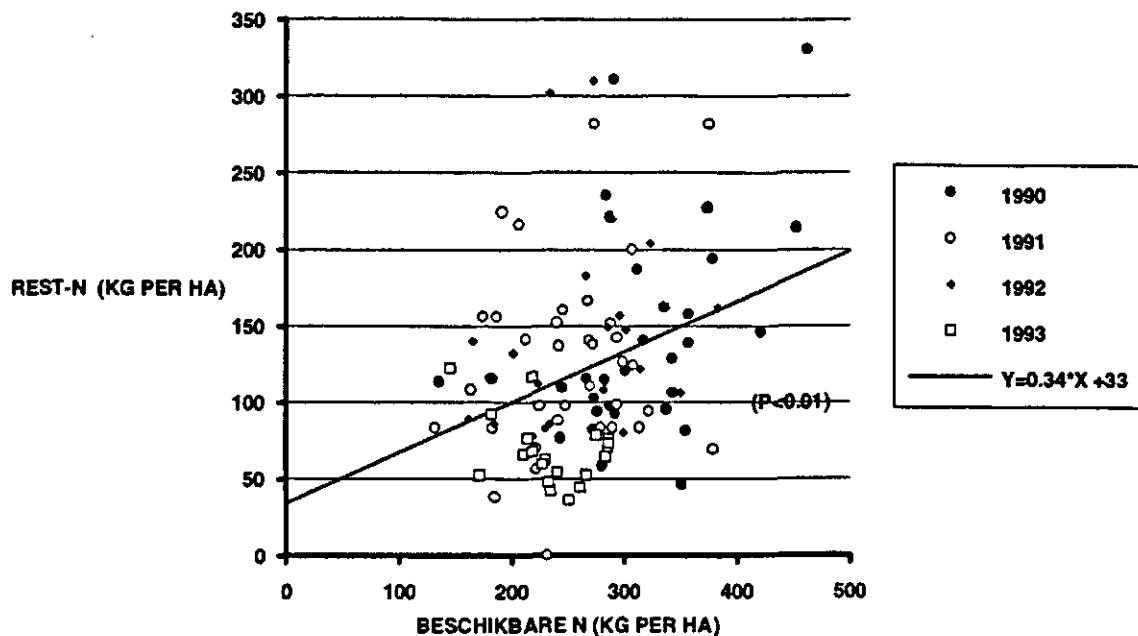
*, **, *** significant bij, respectievelijk, ($P < 0,10$), ($P < 0,05$) en ($P < 0,01$)



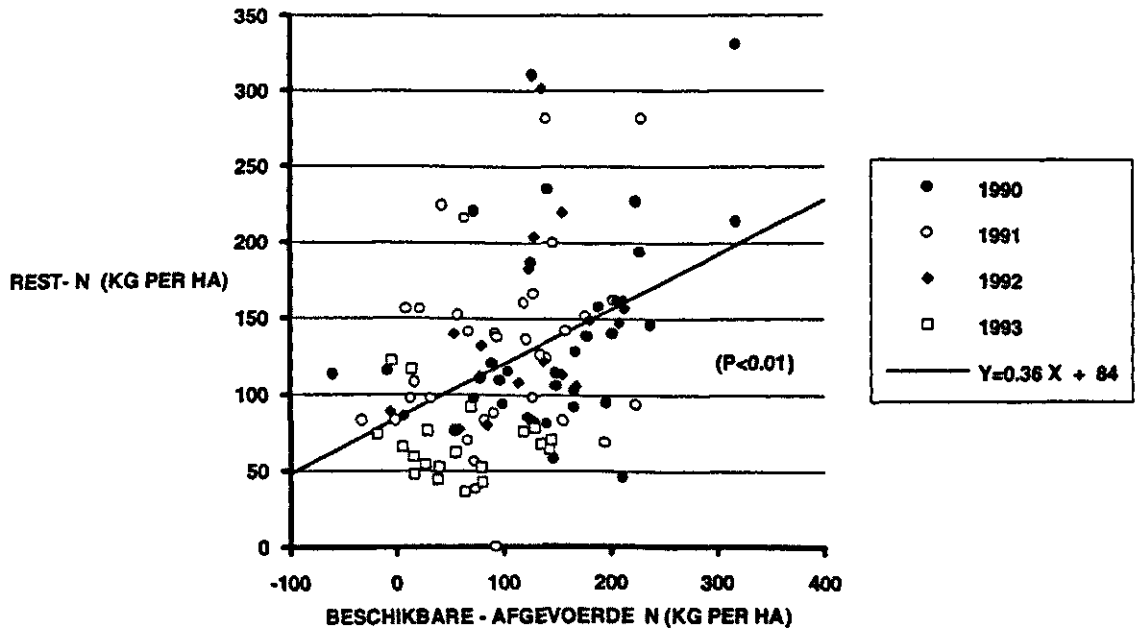
Figuur 12 Rest-N na de oogst (0-100 cm) bij diverse akkerbouwgewassen



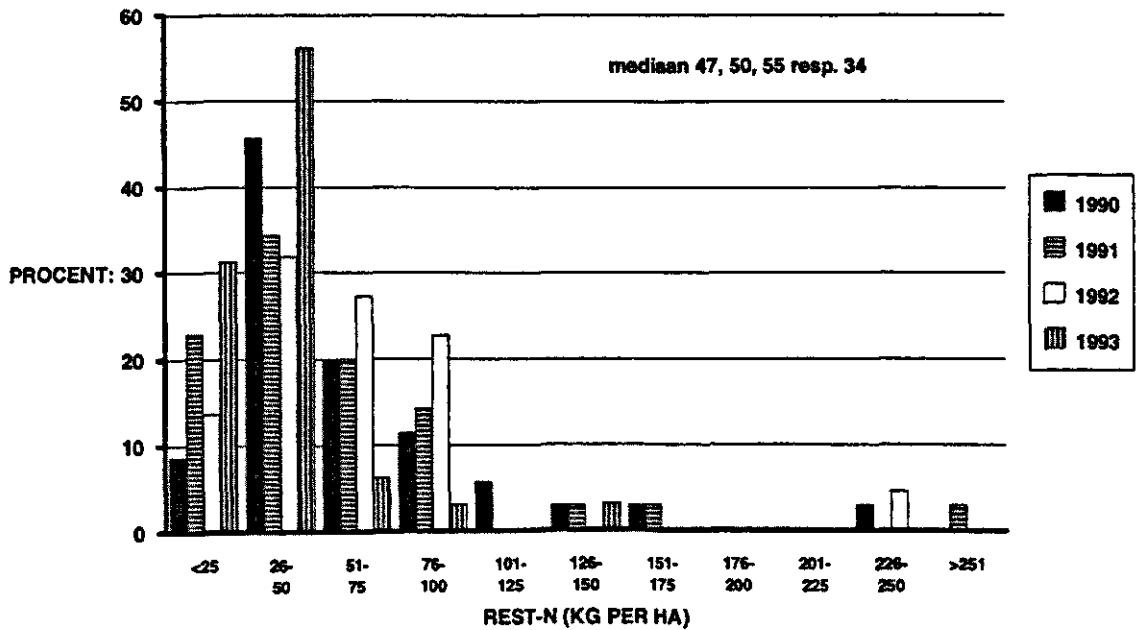
Figuur 13 Frequentieverdeling (%) van de hoeveelheid rest-N na de oogst van aardappel (excl. de teelt van pootgoed)



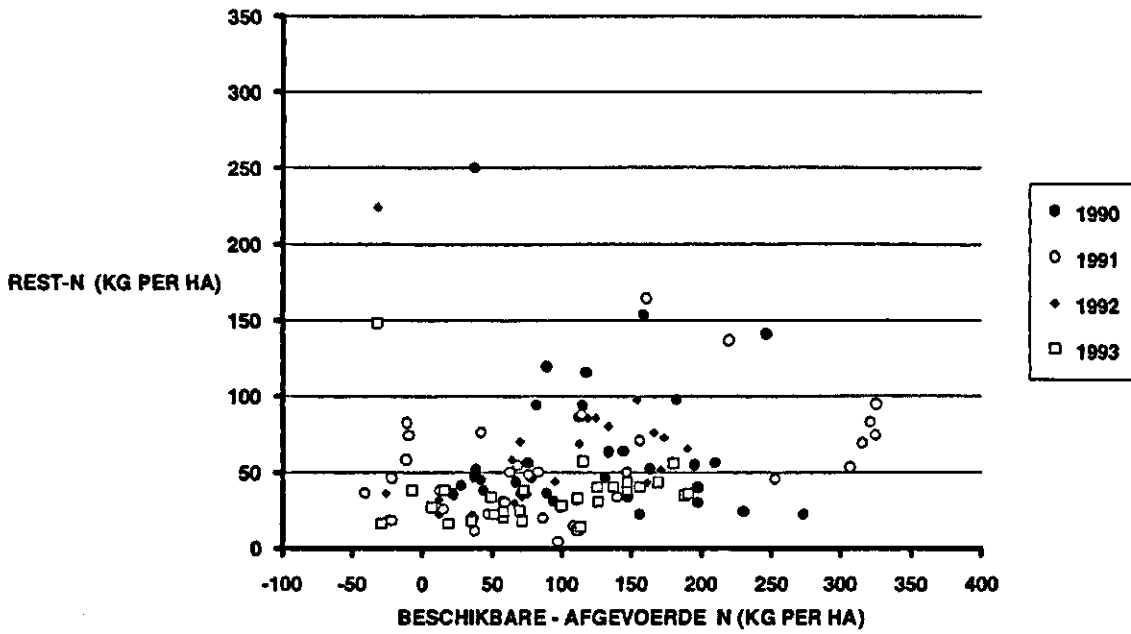
Figuur 14 Relatie tussen de hoeveelheid rest-N (0-100 cm) en de hoeveelheid beschikbare N na de oogst van aardappel (excl. de teelt van pootgoed)



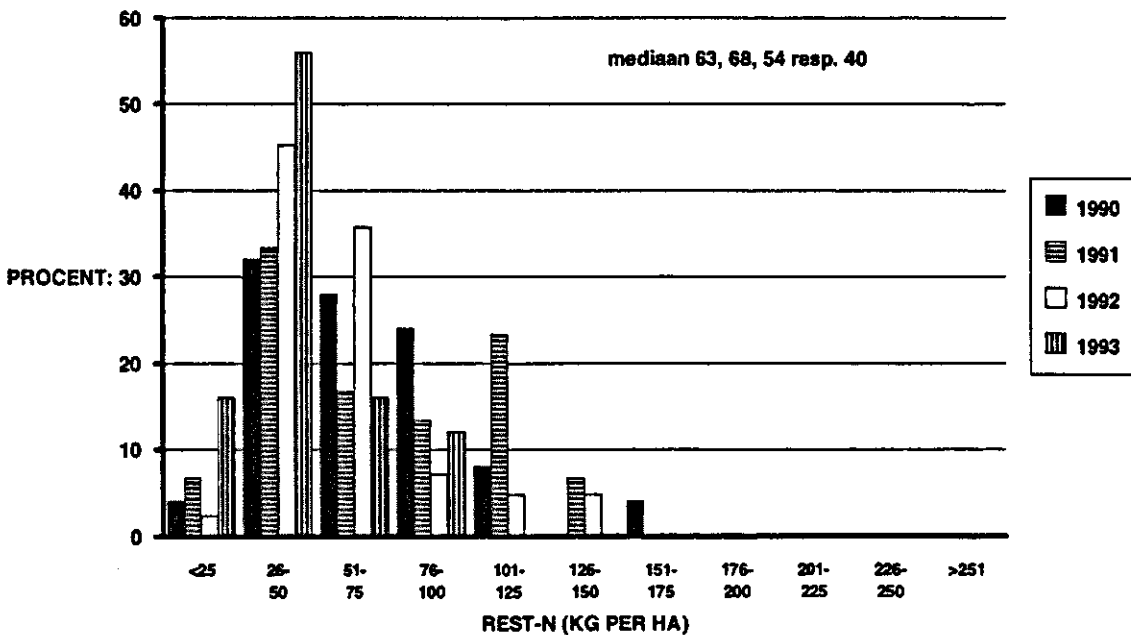
Figuur 15 Relatie tussen de hoeveelheid rest-N (0-100 cm) en het saldo van beschikbare N en afgevoerde N na de oogst van aardappel (excl. de teelt van pootgoed)



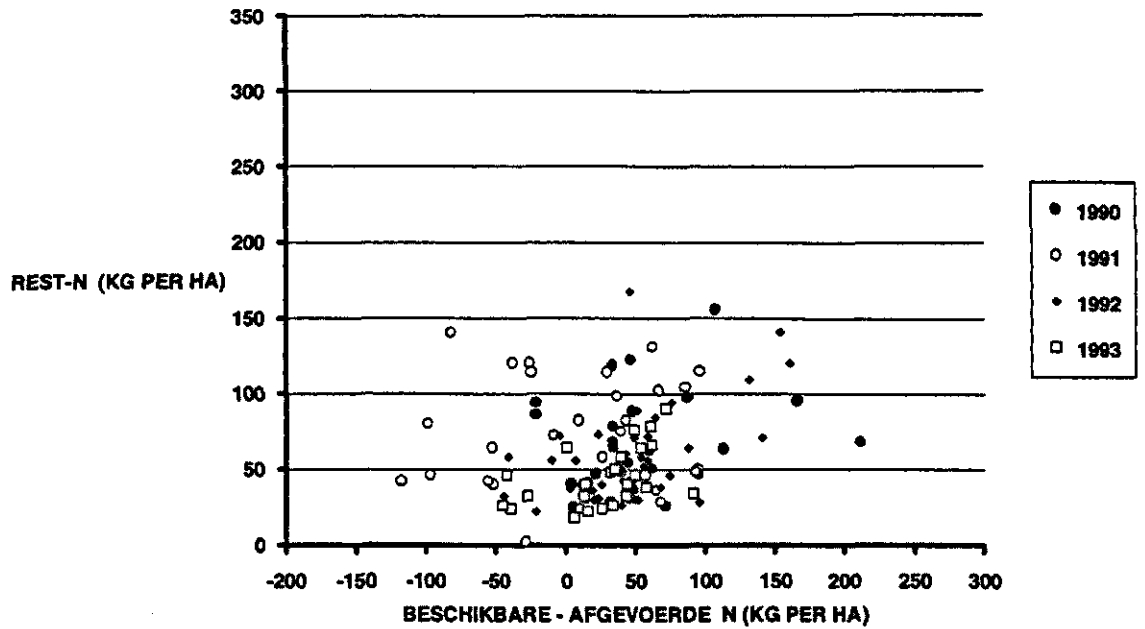
Figuur 16 Frequentieverdeling (%) van de hoeveelheid rest-N na de oogst van suikerbiet



Figuur 17 Relatie tussen de hoeveelheid rest-N (0-100 cm) en de hoeveelheid beschikbare N na de oogst van suikerbiet



Figuur 18 Frequentieverdeling (%) van de hoeveelheid rest-N na de oogst van wintertarwe



Figuur 19 Relatie tussen de hoeveelheid rest-N (0-100 cm) en de hoeveelheid beschikbare N na de oogst van wintertarwe

4. Discussie

4.1. Beschikbare stikstof

De hoeveelheid N die suikerbiet en wintertarwe ter beschikking stond, was gemiddeld hoger dan hetgeen volgens de geïntegreerde teeltstrategie (Anonymus, 1992) wenselijk is en bij suikerbiet zelf hoger dan hetgeen volgens de gangbare richtlijn (Sieling, 1992) geadviseerd wordt. Bij aardappel bestond een redelijke overeenstemming tussen de gerealiseerde beschikbaarheid en de wenselijke hoeveelheid volgens de geïntegreerde teeltstrategie (Tabel 18). Tussen bedrijven traden grote verschillen op. Bedrijven in het Centrale Zeekleigebied bemestten aanmerkelijk beneden advies, bedrijven in het zuidwestelijk Zeekleigebied gaven met name aan wintertarwe en aardappel meer dan volgens advies. Bij aardappel, suikerbiet en wintertarwe kon geen verband worden aangetoond tussen de N beschikbaarheid en de opbrengst. Dit laat de conclusie toe dat op zijn minst niet suboptimaal bemest werd.

De daling van de hoeveelheid beschikbare N bij aardappel en suikerbiet in de loop van de jaren, ging niet gepaard met een daling van de aanvoer met meststoffen en moet dus kenmerkend aan andere oorzaken worden toegeschreven. Het is niet aannemelijk dat de werking van organische mest is afgenomen; snel inwerken van mest kreeg de laatste jaren namelijk eerder meer dan minder aandacht. Wel werd de beschikbare N-bijdrage uit organische mest in 1990 mogelijk te hoog geschat. In dat jaar ontbrak informatie over de snelheid van inwerken en werd verondersteld dat 17,5 % van de ammonium-N in mest vervluchtigde. Mogelijk waren de verliezen groter dan aangenomen werd. Er bestond geen tendens om het toedieningstijdstip van organische mest van voor- naar najaar te verschuiven. Ook dat kan dus geen oorzaak geweest zijn voor de geconstateerde daling van de N-beschikbaarheid. Vermoedelijk valt de daling volledig toe te schrijven aan de geringere hoeveelheid minerale bodem-N in het voorjaar. Deze was het hoogst in 1990 en het laagst in 1993. Bovendien leidde toediening van organische mest in herfst en winter in 1991, 1992 en 1993, tot een geringere stijging van de hoeveelheid minerale bodem-N in het voorjaar dan in 1990 (zie ook paragraaf 2.3). Dit impliceert tevens dat bij het vaststellen van de kunstmestgift bij aardappel en suikerbiet weinig rekening gehouden werd met de voorraad minerale bodem-N in het voorjaar. In het laatste projectjaar bestond de neiging om weer wat meer kunstmest-N toe te dienen. Dit trad met name bij de teelt van wintertarwe op.

4.2. Stikstofoverschot

Het gerealiseerde N-overschot was in goede overeenstemming met hetgeen theoretisch berekend werd voor optimaal bemeste gewassen en bedrijven met een vergelijkbaar bouwplan en een vergelijkbare inzet van organische mest (Tabel 30). Voor aardappel en suikerbiet werd een hoog N-overschot gevonden. Dit bleek niet alleen terug te voeren op gewaseigenschappen (nl. een lage N benutting bij aardappel en een lage N-harvestindex bij suikerbiet) maar mede een gevolg te zijn van het feit dat met name aardappel en suikerbiet voor een groot deel met organische mest werden bemest. Bij gebruik van organische mest is een deel van het aanbod principieel onbenutbaar hetgeen nog versterkt kan worden bij herfst-toediening zoals te doen gebruikelijk op kleigrond. Een en ander kon worden geïllustreerd aan de hand van de werkingsindex van de gebruikte meststoffen.

Tabel 30 Vergelijking van het theoretisch berekende N-overschotten en hoeveelheden rest-N (0-100 cm) bij economisch optimale bemesting (Schröder et al., 1993a) met op introductie-bedrijven gerealiseerde N-overschotten en hoeveelheden rest-N op gewasniveau en bedrijfsniveau (1990-1993)

Niveau	Grondsoort	Aandeel organische mest (%)	N-overschot (kg/ha)		rest-N (kg/ha)	
			theorie	praktijk	theorie	praktijk
aardappel	zand*	63	191	178	95	110
	klei	64	307	272	99	136
wintertarwe	zand	10	39	50	42	71
	klei	7	41	22	42	57
suikerbiet	zand	76	171	190	46	53
	klei	52	192	127	44	60
vlinderbloemige	zand	0	55	62	75	104
	klei	0	55	77	75	131
bedrijf	zand	46-57	110-148	133	56-70	93***
	klei	43-49	145-149	111	57-65	79***

* zand: vgl. theorie geheel voorjaarstoediening van organische mest met 60 % werking en praktijk het gemiddelde van bedrijven in ZON en NON

klei: vgl. theorie geheel najaarstoediening van organische mest met 30 % werking en praktijk het gemiddelde van NON, CZK en ZWK

** vgl. theorie een bouwplan van 25 % aardappel, 25 % suikerbiet, 25 % wintertarwe en 25 % hetzij vlinderbloemige, hetzij wintertarwe, hetzij aardappel (alleen op zandgrond)

*** gemeten bedrijfsgemiddelde

Tabel 31 Berekende werkingsindex voor consumptieaardappel, suikerbiet en wintertarwe

		gewas		
		consumptie-aardappel	suikerbiet	wintertarwe
N-afvoer	=A	167	98	173
N-harvestindex*	=B	80	42	80
totale N-opname	=A*100/B=C	209	233	216
N-recovery*	=D	50-58	73	65
beschibare N	=C*100/D=E	418-360	320	333
N-aanvoer	=F	404	244	199
werkingsindex	=E/F=G	1,03-0,89	1,31	1,67

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

Daarbij werd de werkingsindex gedefiniëerd als de fractie van de nutriënten die beschikbaar waren voor het gewas en werd deze beschikbaarheid berekend op basis van geschatte N-harvestindices, -recoveries en -gehalten in het gewas en gemeten opbrengsten (Tabel 31). Uit de berekening bleek dat de aan aardappel en suikerbiet gegeven meststoffen minder goed beschikbaar waren dan de aan wintertarwe gegeven meststoffen. Dit viel samen met een overwegend gebruik van organische mest op aardappel en suikerbiet.

De theoretisch geschatte en gerealiseerde N-overschotten hebben niet het karakter van een absolute ondergrens. In Schröder et al. (1993a) werd berekend dat het N-overschot bij gebruik van alleen kunstmest-N bij aardappel en suikerbiet, respectievelijk, 88-212 en 59-142 kg N per ha lager lag. Daarnaast bleek in diezelfde studie dat het N-overschot ook kon worden verlaagd als beneden het economisch optimum werd bemest omdat de geschatte marginale N benuttingen van aardappel, suikerbiet en wintertarwe niet meer dan respectievelijk 20, 17 en 40 % bedragen.

Het theoretisch berekende N-overschot op zandgrond is in beginsel kleiner dan op kleigrond omdat organische mest op zandgrond in het voorjaar kan worden toegediend. Het hogere aandeel aardappelen in het bouwplan van de zandgebieden (met name noordoost-Nederland) verhoogde het N-overschot op bedrijfsniveau daarentegen. De in het algemeen relatief lage N-bemesting en hoge opbrengst (=afvoer) in het Centrale Zeekleigebied had bovendien een drukkend effect op het N-overschot in kleigebieden. Deze combinatie van factoren leidde tot een iets hoger N-overschot in de zandgebieden dan in de kleigebieden.

Het N-overschot bleef op 73, 63, 84 en 85 % van de bedrijven beneden de 150 kg N per ha in respectievelijk 1990, 1991, 1992 en 1993. In diezelfde jaren bleef het overschot op 38, 26, 37 en 40 % van de bedrijven zelfs beneden de 100 kg N per ha (N.B. met inbegrip van de aanvoer met depositie, zaaizaad en pootgoed en biologische binding).

Het gerealiseerde mineralenoverschot op de deelnemende bedrijven lag ondanks de relatief grote inzet van organische mest lager dan op gespecialiseerde akkerbouwbedrijven uit het LEI boekhoudnet (Tabel 32). Dit houdt vermoedelijk verband met het feit dat de kunstmestgiften op gangbare bedrijven onvoldoende worden aangepast aan de hoeveelheid nutriënten die met organische mest wordt toegediend.

Tabel 32 Mineralenoverschot (kg per ha per jaar) op de deelnemende geïntegreerde akkerbouwbedrijven in vergelijking tot andere akkerbouwbedrijven

Groep	Periode	Bron	Aandeel org. mest (%)	Overschot		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
deelnemers	1990-'93	dit rapport	50	117	31	25
LEI*	1986-'88	Stouthart & Leferink, 1992	21	145	54	53
LEI	1989-'90	Janssens & Groenwold, 1993	36	167	64	45

* m.u.v. zuidoost-Nederland

4.3. Bodemstikstof na de oogst

De hoeveelheid rest-N varieerde per gewas, per jaar en per perceel. Binnen gewassen werd geen systematisch verschil tussen grondsoorten gevonden. De gevonden hoeveelheid rest-N was gemiddeld over de jaren zonder uitzondering hoger dan op basis van theoretische schattingen (Schröder et al., 1993a) werd berekend. Bij een meer dan evenredige toename van de

hoeveelheid rest-N bij een hoge bemesting zoals bij aardappel, 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 grote spreiding in de geschatte hoeveelheid beschikbare N rond het advies wees op het voorkomen van percelen met een te hoge bemesting. Wellicht vormde dit daarom een van de redenen voor het hoge rest-N-niveau. In alle jaren was de gemiddelde dagtemperatuur hoger dan normaal. In 1991 en 1992 was de zomerneerslag bovendien lager dan normaal. Genoemde weersomstandigheden hebben mogelijk geleid tot een bovengemiddelde netto-mineralisatie tot uiting komend in de verhoogde hoeveelheid rest-N. Misschien werd dit versterkt door de nawerking van hoge mestgiftigen uit het recente verleden. In het natte jaar 1993 lag de hoeveelheid rest-N bij de meeste gewassen beduidend lager.

De spreiding van de hoeveelheid rest-N binnen een gewas was hoog. Bij aardappel bestond er een significant positief verband tussen de omvang van de bemesting en de hoeveelheid rest-N. Per 100 kg beschikbare N werd 32-34 kg als rest-N teruggevonden. Bovendien nam de verklaarde variantie van de rest-N toe door, naast de beschikbare N, ook de zomerneerslag in het regressiemodel op te nemen. Een toename van de neerslag met 100 mm leidde tot een gemiddelde verlaging van de hoeveelheid rest-N met 24 kg N per ha. De grootteordes van het effect van bemesting en neerslag kwamen goed overeen met hetgeen eerder bij snijmais gevonden werd (Schröder & Ten Holte, 1993). Toch bleef 80 % van de variantie in rest-N onverklaard.

Bij wintertarwe en suikerbiet kon geen significant verband aangetoond worden tussen de beschikbare N en de hoeveelheid rest-N.

Wellicht werd de spreiding in de hoeveelheid rest-N mede in de hand gewerkt door verschillen in het moment van bemonstering of, bij in rijen geteelde gewassen, verschillen in de positie van monsternamen (Aufhammer, 1991; Lorenz, 1992; Schröder et al., 1994; Schröder & Ten Holte, 1994). De op theoretische gronden geschatte rest-N werd ontleend aan proefveldresultaten. Proefvelden worden doorgaans aangelegd op homogene percelen en zijn daarom minder heterogeen dan een gemiddelde praktijkperceel. De Wiligen et al. (1992) toonden aan dat dit bij een vergelijkbare N-aanvoer met een grotere hoeveelheid rest-N gepaard gaat hetgeen het hoge gemiddelde niveau mede verklaard.

Tenslotte moet worden opgemerkt dat het geringe verband tussen de hoeveelheid beschikbare N en de hoeveelheid rest-N niet noodzakelijkerwijs een gevolg was van de spreiding in de hoeveelheid rest-N; de geschatte hoeveelheid beschikbare N was immers ook met een grote spreiding behept omdat verschillende termen geschat werden.

Op bedrijfsniveau wordt de gemiddelde hoeveelheid rest-N bepaald door de mate waarin gewassen met een hoog risico gecompenseerd worden door gewassen met een laag risico. Bij de projectdeelnemers bleef op bedrijfsniveau gedurende de eerste 3 jaren bij meer dan 70 % van de bedrijven meer dan 70 kg N per ha (0-100 cm) achter. In het laatste jaar bleef dit aandeel beperkt tot 18 % van de bedrijven.

4.4. Slotopmerking

In dit rapport werd een analyse gemaakt van de nutriëntenstromen op de 38 bedrijven die tussen 1990 en 1993 deelnamen aan het Introductieproject Geïntegreerde Akkerbouw. Voordat de in de praktijk verzamelde gegevens konden worden vergeleken met theoretisch schattingen, dienden ze te worden bewerkt; waar nodig moesten schattingen worden uitgevoerd en verstekwaarden ingevuld. Evenals de theoretisch geschatte waarden, waren ook de praktijkgegevens dientengevolge met schattingsfouten behept. Zo moest de voorraad mine-

rale bodem-N in het voorjaar in een aantal gevallen worden geschat of worden getransformeerd naar een ander bemonsteringsdiepte om gewassen, bedrijven of regio's vergelijkbaar te maken. Ook werd de mineralenaanvoer met organische mest in de eerste projectjaren meestal 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 werd geschat op basis van het geregistreerde uitrijdstip, de geregistreerde snelheid van inwerken (niet in 1990) en de verhouding tussen organisch gebonden en ammoniakale N in de mest. In de eerste projectjaren werd deze laatste meestal geschat op basis van verstekwaarden. De biologisch gebonden N werd evenmin gemeten maar geschat op basis van de geregistreerde opbrengst. De afvoer van mineralen, tenslotte, werd geschat door geregistreerde opbrengsten te vermenigvuldigen met gewasspecifieke gehalten. De gemeten hoeveelheid rest-N was ook met onnauwkeurigheden behept. Om gewassen, bedrijven en grondsoorten vergelijkbaar te maken, moest een aantal waarnemingen getransformeerd worden naar een standaardbemonsteringsdiepte. De verstreken tijd tussen het moment van oogsten en het moment van bemonsteren varieerde vooral de eerste twee jaren sterk zodat ook dit een bron van fouten kan zijn geweest.

Literatuur

- Anonymus, 1992. Themadag Bedrijfssystemen voor een akkerbouw met toekomst. Themaboekje nr. 14, PAGV-IKC-AGV, Lelystad, 216 pp.

- Aufhammer, W.E., 1991. Stickstoffaufnahme von und Stickstoffverlagerungspotential unter Maisbeständen. Mais-DMK 4, 30-32.

- Goossens, F.R. & P.C. Meeuwissen (eds.), 1990, Advies van de Commissie Stikstof. Directie Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen, 93 pp.

- Janssens, S.R.M. & J.G. Groenwold, 1993. Effect van heffingen op stikstof op de bedrijfsvoering in de akkerbouw. LEI-mededeling 478, LEI-DLO, Den Haag, 70 pp.

- Lorenz, F., 1992. Guelleduengung mit ergaenzenden Mineral N Gaben zur Erzielung optimaler Ertraege bei niedrigem Nitrataustrag. Goettinger Bodenkundliche Berichte 99, Goettingen, Institut fuer Bodenwissenschaft, 172 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, 1993a. Nutrientenbenutting en -verlies bij akkerbouwgewassen; een theoretische verkenning. CABO-DLO rapport 186, CABO-DLO, Wageningen, 25 pp.

- Schröder, J.J., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen & F.G. Wijnands, 1993b. Nutrientenbenutting en -verlies bij akkerbouwgewassen; evaluatie van praktijkgegevens van innovatiebedrijven in 1990 en 1991. CABO-DLO rapport 187, CABO-DLO, Wageningen, 54 pp.

- Schröder, J., J. Groenwold & T. Zaharieva, 1994. Root growth and development of maize during the juvenile stage-rhizolab experiments in 1992 and 1993. Wageningen, AB-DLO, report 20, 62 pp.

- Schröder, J. & L. ten Holte, 1994. Effects of manure placement on silage maize. In: Hall, J. (ed.) FAO consultation on animal waste management, May 17-20, 1994, Bad Zwischenahn, Germany, FAO REUR Technical Series (in press)

- Sieling, E.R.M., 1992. Stikstofbemestingsrichtlijnen voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond (red. E.R.M. Sieling), IKC-AGV, Lelystad, 30 pp.

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

- Vereijken, P. & F.G. Wijnands, 1990. Geïntegreerde akkerbouw naar de praktijk: strategie voor bedrijf en milieu. PAGV-publicatie 50, 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 agro-ecosystemen, 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, 88 pp.

Gebruikte afkortingen

PAGV	Proefstation voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Vollegrond
IKC-AGV	Informatie en Kenniscentrum voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Vollegrond
DLV	Dienst Landbouw-Voorlichting
AB-DLO	DLO-instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek
LEI-DLO	DLO Landbouw Economisch Instituut
N	stikstof
K	kalium
K ₂ O	kali
P	fosfor
P ₂ O ₅	fosfaat
ZON	zuidoost-Nederland
NON	noordoost-Nederland
NZK	noordelijk Zeekleigebied
CZK	centraal Zeekleigebied
ZWK	zuidwestelijk Zeekleigebied