

Modelmatige verkenning van mogelijkheden voor de geïntegreerde akker- bouw

Deelstudie voor het project 'Introductie
Geïntegreerde Akkerbouw'

B. Habekotté & J. Schans

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. 0317-47 57 00

fax 0317-42 31 10

e-mail postkamer@ab.dlo.nl

Vestiging Haren:

Postbus 129, 9750 AC Haren

tel. 050-533 77 77

fax 050-533 72 91

e-mail postkamer@ab.dlo.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
1.1. Gangbare en geïntegreerde bedrijfsstrategieën voor akkerbouw	3
1.2. Praktijkintroductie van geïntegreerde akkerbouw	3
1.3. Optimalisering en verkenning van geïntegreerde bedrijfssystemen	4
1.4. Doel van deze studie en indeling van het rapport	4
2. Modelmatige analyse van geïntegreerde bedrijfssystemen	7
2.1. De aanpak in grote lijn	7
2.2. Doelstellingen, overheidsnormen en randvoorwaarden	10
2.3. Teeltsystemen en bouwplanmaatregelen	13
2.4. Kwantificering van kengetallen	18
2.4.1. Opbrengst van het hoofdprodukt	19
2.4.2. Produktiemiddelen en taakuren	20
2.4.3. Gebruik van biociden	21
2.4.4. Gebruik van meststoffen, N-overschot en N-verlies	21
3. Toetsing van modelberekeningen aan resultaten van innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw	25
3.1. Methode	25
3.2. Resultaten	27
3.2.1. Saldo en gewasopbrengsten	27
3.2.2. N-beschikbaar, -aanvoer, -afvoer en -overschot	31
3.2.3. Inzet van gewasbeschermingsmiddelen	40
3.3. Conclusies	43
4. Verkenning van ontwikkelingsrichtingen voor geïntegreerde bedrijfssystemen	47
4.1. Methode	47
4.1.1. Verkenningen bij een bouwplan vergelijkbaar met dat op de innovatiebedrijven	47
4.1.2. Verkenning van ontwikkelingsrichtingen	48
4.2. Resultaten	49
4.2.1. Verkenningen bij een bouwplan vergelijkbaar met dat op de innovatiebedrijven	49
4.2.2. Verkenning van ontwikkelingsrichtingen	52
4.3. Discussie en conclusies	59
5. Discussie en conclusie	61
6. Evaluatie	65
Literatuur	67

Appendix I: Aanpassingen van data in TCG_CROP

9 pp.

1.1.	Standaardopbrengst per gewas en omgeving	1-1
1.2.	Gewasbeschermingsvarianten, inzet van actieve stof, produktiemiddelen en taakuren	1-2
1.3.	Nutriënten	1-7
1.3.1.	Oogstindices voor P_2O_5 , K_2O en N	1-7
1.3.2.	Werkingscoëfficiënt voor N-mineraal in organische mest	1-7
1.3.3.	Organische mest toediening bij zaaiui	1-8
1.4.	Overige aanpassingen	1-9

Samenvatting

Binnen het project 'Introductie geïntegreerde akkerbouw' is een eerste stap gezet naar introductie en evaluatie van de geïntegreerde bedrijfsstrategie in de praktijk. Daartoe werden in de periode 1990-1993 38 praktijkbedrijven, verspreid over heel Nederland, intensief door voorlichting en onderzoek ondersteund. Voorgestelde werkwijzen werden geëvalueerd en waar nodig herzien. Parallel aan en als aanvulling op deze praktijkintroductie werd een methode ontwikkeld voor het modelmatig verkennen van verdere ontwikkelingsrichtingen voor de geïntegreerde akkerbouw. De gehanteerde werkwijze en de resultaten van de modelmatige verkenningen worden beschreven in dit rapport.

Op basis van de praktijkresultaten op de innovatiebedrijven (Wijnands et al., 1995) kwam duidelijk naar voren dat op akkerbouwbedrijven in eerste instantie aanzienlijke reducties van nutriënten-overschot en biocideninzet mogelijk zijn zonder een beperking van het bedrijfs-saldo, door een nauwkeuriger afstemming van mestgiften op de gewasbehoefte en een zorgvuldiger keuze en dosering van gewasbeschermingsmiddelen en inzet van niet-chemische methoden. Met de modelmatige verkenningen werd zichtbaar hoe lijnen uitgezet kunnen worden voor verdere reducties van nutriënten-overschotten en biocideninzet. Daarbij werd tevens duidelijk dat bij verdere stappen waarbij sub-optimaal bemesten van gewassen en vervolgens bouwplanaanpassingen noodzakelijk zijn, het bedrijfssaldo lager wordt. Bij verdere reducties zullen economische en milieukundige belangen dan ook zorgvuldig tegen elkaar afgewogen moeten worden. Een andere optie is het introduceren of ontwikkelen van teeltsystemen die in grotere mate bijdragen aan de milieukundige doelstellingen en een geringere daling van het bedrijfssaldo tot gevolg hebben. Een voorbeeld hiervan is het overstappen naar een ecologische bedrijfsvoering, waarbij verdergaande reducties van de biocideninzet mogelijk zijn met mogelijk een geringere saldo-reductie, vanwege andere marktprijzen.

1. Inleiding

1.1. Gangbare en geïntegreerde bedrijfsstrategieën voor akkerbouw

De huidige akkerbouwbedrijfssystemen verschillen in de mate waarin economische, milieuhygiënische en ecologische doelstellingen worden geïntegreerd. De systemen die eenzijdig gericht zijn op het bereiken van een hoog financieel bedrijfsresultaat (verder 'gangbare systemen' genoemd) worden gekenmerkt door nauwe rotaties van hoogsalderende gewassen gebaseerd op een hoge inzet van biociden en meststoffen. Weinig aandacht wordt besteed aan overige doelstellingen als beperking van inzet en emissie van nutriënten, biociden en ruimte voor natuur en landschap. Binnen een geïntegreerde bedrijfsstrategie wordt gestreefd naar integratie van genoemde doelstellingen. In geïntegreerde systemen wordt de prioriteit verlegd van opbrengstverhoging naar kostenbesparing en kwaliteitsverbetering. Potentieel schadelijke biociden worden zoveel mogelijk vervangen door kennis-intensieve en niet-chemische methoden. Bij de bemesting wordt gestreefd naar een goed opbrengstniveau van een gewas met hoge kwaliteit, naar maximale benutting door het gewas en naar minimale ophoping of uitspoeling van de nutriënten stikstof, fosfaat en kali. Deze gewasbeschermings- en bemestingsstrategieën worden ondersteund door een multi-functionele vruchtwisseling (Wijnands et al., 1992).

1.2. Praktijkintroductie van geïntegreerde akkerbouw

Met de geïntegreerde bedrijfsstrategie zijn ervaringen opgedaan op een drietal proefbedrijven voor bedrijfssystemenonderzoek en de behaalde resultaten bieden interessante perspectieven voor Introductie in de praktijk (Wijnands en Vereijken, 1992; Wijnands et al., 1992). Bij grootschalige introductie van de geïntegreerde bedrijfsstrategie in de praktijk is het van groot belang dat regio-specifieke, getoetste kennis voorhanden is en de agrarische gemeenschap (ondernemers, voorlichting, onderwijs, afnemende en toeleverende industrie) in voldoende mate gemotiveerd is voor die introductie. Daarom is het testen van de experimentele prototypes (geïntegreerde produktie-systemen) met een groep gemotiveerde praktijkondernemers onmisbaar om het potentieel van geïntegreerde akkerbouw in termen van resultaten en haalbaarheid te kunnen evalueren onder variërende bodem-, bedrijfs- en management-omstandigheden. Op deze wijze wordt tevens kennis vergaard die nodig is om tot regio-specifieke, veilige en algemeen toepasbare varianten van geïntegreerde akkerbouw te komen (Wijnands et al., 1992b).

Binnen het project 'Introductie geïntegreerde akkerbouw' is een eerste stap gezet voor introductie en evaluatie van de geïntegreerde bedrijfsstrategie in de praktijk. Daartoe zijn sinds 1990, gedurende een periode van 4 jaar, 38 praktijkbedrijven verspreid over heel Nederland intensief door voorlichting en onderzoek ondersteund. In het onderzoeksprogramma, gericht op evaluatie en interpretatie van de teelttechnische, milieukundige en economische resultaten participeerden AB-DLO, LEI-DLO en PAGV (tevens coördinatie) (Wijnands et al., 1995). Een volgende stap is inmiddels gezet in 1993 binnen het kader van het project 'Akker-

bouw 2000' waarbinnen circa 500 ondernemers begeleid worden bij het overschakelen naar een geïntegreerde bedrijfsvoering (Bon et al., 1994). De verzamelde kennis werd verwerkt in een bundel praktische beschrijvingen van geïntegreerde teelten voor diverse gewassen (Anonymus, 1992a).

1.3. Optimalisering en verkenning van geïntegreerde bedrijfssystemen

Optimalisering van de geïntegreerde bedrijfsstrategie vindt plaats via de begeleide Introductie in de praktijk. Voorgestelde werkwijzen worden geëvalueerd en indien nodig herzien (Wijnands et al., 1995). Met de praktijk-introductie en via experimenteel onderzoek op proefbedrijven kunnen een beperkt aantal varianten van de geïntegreerde bedrijfsstrategie onderzocht worden. Bovendien is het niet mogelijk alle varianten van de geïntegreerde bedrijfsvoering te onderzoeken, vanwege mogelijke risico's voor de betrokken ondernemers. Via modelmatig onderzoek, waarbij effecten van verschillende productie-technieken op meerdere doelstellingen gelijktijdig kunnen worden geanalyseerd, kan een veelheid van alternatieven in theorie onderzocht worden (Schans, pers. med.). Een modelmatige benadering kan tevens als toetssteen dienen voor de praktijkintroductie, waarbij de resultaten in het veld vergeleken worden met wat op basis van agronomische kennis verwacht zou kunnen worden. Tegelijkertijd worden daarbij ook de agronomische kennisleemtes zichtbaar. Om bovengenoemde redenen kan modelmatig onderzoek, naast experimenteel onderzoek en het onderzoek op praktijkbedrijven een belangrijke bijdrage leveren aan de verdere verkenning en ontwikkeling van geïntegreerde bedrijfssystemen.

1.4. Doel van deze studie en indeling van het rapport

Doel van de studie beschreven in dit rapport is het modelmatig verkennen van ontwikkelingsrichtingen voor de geïntegreerde akkerbouw met behulp van de methode ontwikkeld door Schans (pers. med.). In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de verschillende stappen die onderscheiden worden bij het modelmatig verkennen van geïntegreerde bedrijfssystemen (Sectie 2.1). Voor het verkennen van ontwikkelingsrichtingen van geïntegreerde bedrijfssystemen is het in eerste instantie van belang de gestelde economische, milieuhygiënische en ecologische doelstellingen voor de geïntegreerde bedrijfsstrategie te vertalen in concrete doelvariabelen waaraan de bedrijfsvoering getoetst kan worden (Sectie 2.2). Voor het uitvoeren van de modelmatige verkenningen wordt gebruik gemaakt van een optimaliseringsmodel, gebaseerd op Interactieve Meervoudige Doelprogrammering (MGOPT_CROP) en een Technische Coëfficiënten Generator (TCG_CROP). Met behulp van TCG_CROP worden de effecten van een breed scala van teelttechnieken op de gestelde doelvariabelen berekend en toegankelijk gemaakt voor het optimaliseringsmodel (Schans, pers. med.). In hoofdstuk 2 wordt verder beschreven: 1) welke gewassen en teeltmethoden zijn opgenomen in TCG_CROP en het optimaliseringsmodel (Sectie 2.3) en 2) hoe de doelvariabelen zijn berekend (Sectie 2.4). Resultaten van berekeningen met TCG_CROP worden vergeleken met resultaten behaald op de innovatiebedrijven (hoofdstuk 3). Daartoe worden de doelvariabelen berekend voor een bouwplan en teeltmaatregelen die vergelijkbaar zijn met die op de innovatiebedrijven in CZK (het Centrale Zeekleigebied) en NON (Noordoost-Nederland). In hoofdstuk 4 worden ontwikkelingsrichtingen modelmatig verkend voor de geïntegreerde akkerbouw in CZK en NON, in

eerste instantie op basis van een vergelijkbaar gemiddeld bouwplan als aanwezig tijdens de projectperiode op de innovatiebedrijven en vervolgens ook bij andere invullingen van het bouwplan. In hoofdstuk 5 worden de modelverkenningen besproken in het licht van de behaalde resultaten in de praktijk. In hoofdstuk 6 wordt de gehanteerde methode geëvalueerd.

2. Modelmatige analyse van geïntegreerde bedrijfssystemen

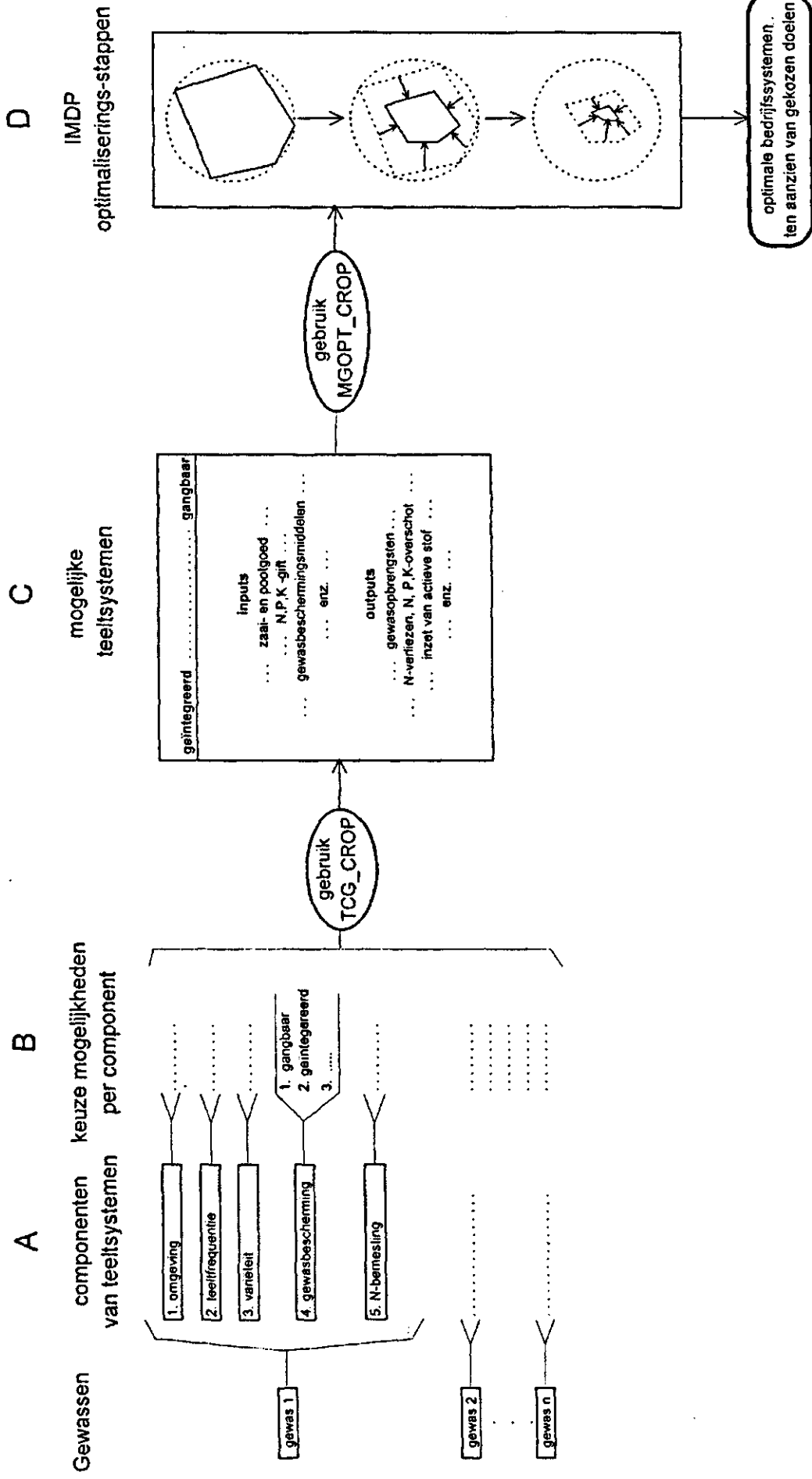
2.1. De aanpak in grote lijn

Een akkerbouwbedrijfssysteem kan omschreven worden als een gewasrotatie gekarakteriseerd door een bepaalde gewaskeuze en -volgorde, in een gedefinieerde omgeving (bv. grondsoort) met specifieke teeltwijzen van de gewassen en de daarbij behorende produktiemiddelen, gewasopbrengst en milieubelasting. Bij de invulling van de bedrijfsstrategie doet zich de vraag voor hoe teelttechnische mogelijkheden gecombineerd kunnen worden, zodat verschillende doelstellingen gerealiseerd kunnen worden. Een gangbare bedrijfsstrategie zal daarbij tot een andere invulling komen van gewaskeuze en teelttechnieken dan een geïntegreerde bedrijfsstrategie. Daarbij zijn ook vele varianten van bedrijfsstrategieën mogelijk, naar gelang meer of minder waarde gehecht wordt aan de verschillende doelstellingen.

Voor het verkennen van ontwikkelingsrichtingen van geïntegreerde bedrijfssystemen is het in eerste instantie van belang de gestelde economische, milieuhygiënische en ecologische doelstellingen voor de geïntegreerde bedrijfsstrategie te vertalen in concrete doelvariabelen waaraan de bedrijfsvoering getoetst kan worden (Sectie 2.2). Voor het uitvoeren van de modelmatige verkenningen is kwantitatieve informatie nodig over de effecten van een breed scala van teelttechnieken op de gestelde doelvariabelen. Deze informatie is verkregen door middel van literatuuronderzoek en het raadplegen van een groot aantal deskundigen. Met behulp van een Technische Coëfficiënten Generator (TCG_CROP) wordt de informatie toegankelijk voor het optimaliseringsmodel waarmee de eigenlijke verkenningen worden uitgevoerd.

In figuur 2.1 wordt een overzicht gegeven van de opbouw van berekeningen met de Technische Coëfficiënten-Generator (TCG_CROP) en het optimaliseringsmodel (MGOPT_CROP). Een gewas kan op verschillende manieren worden geteeld, mede afhankelijk van de omgeving waarin het gewas wordt geteeld. Deze verschillende mogelijkheden zijn teeltsystemen genoemd. In deze studie is met name naar die aspecten van de teeltsystemen gekeken die in verschillende mate bijdragen aan de geformuleerde doelvariabelen voor de bedrijfsvoering. Daartoe zijn per gewas vijf componenten onderscheiden zoals weergegeven in figuur 2.1: 'Omgeving', 'Teeltfrequentie', 'Variëteit', 'Gewasbescherming' en 'N-bemesting'. Per component zijn een aantal varianten beschreven, die variëren langs de gradiënt van gangbare naar geïntegreerde teeltwijzen. Door combinatie van varianten van de verschillende componenten ontstaat een teeltsysteem, ofwel: een bepaalde teeltwijze van een gewas in een gedefinieerde omgeving (zie verder Sectie 2.3).

Naast teeltsystemen worden ook bouwplanmaatregelen onderscheiden als grondontsmetting, bouwplanbemesting en het gebruik van groenbemesters (Fig. 2.2). In Sectie 2.3 volgt een beknopte beschrijving van de componenten en bouwplanmaatregelen (naar Habekotté, 1994).



Figuur 2.1. Schematische weergave van de opbouw van berekeningen met de technische coëfficiënten-generator (TCG_CROP) en het optimaliseringsmodel (MGOPT_CROP) voor verkenning van geïntegreerde bedrijfssystemen (zie sectie 2.1 voor uitleg) (IMDP: Interactieve Meervoudige Doelprogrammering)

De inputs en outputs van de teeltsystemen, berekend met TCG_CROP worden gekarakteriseerd met behulp van kengetallen. Deze kengetallen worden ingelezen door het optimaliseringsmodel. Tijdens de optimaliseringsronden worden gewasrotaties samengesteld op basis van de in- en outputs van verschillende teeltsystemen. Daarbij worden tevens de bouwplanmaatregelen gekozen en de in- en outputs van bouwplanmaatregelen berekend.

Bij de optimaliseringsronden kunnen twee fasen worden onderscheiden:

1. Elk van de doelstellingen, geconcretiseerd in een kwantificeerbare grootte, wordt geoptimaliseerd zonder beperking op de overige doelstellingen. Dit resulteert in de meest gunstige waarde voor ieder van de doelstellingen en meer willekeurige waarden van de overige doelstellingen, alsmede de benodigde produktiemiddelen.
2. Verschillende optimaliseringsronden worden uitgevoerd. Één voor één worden de grenswaarden van de doelstellingen aangescherpt, naar gelang meer of minder waarde gehecht wordt aan realisering van een doelstelling. Als eindresultaat kan geen van de doelen verder worden geoptimaliseerd. Deze situatie weerspiegelt het meest aanvaardbare compromis tussen de doelstellingen. Met de hiermee geselecteerde produktie-techniek(en) wordt de geïntegreerde produktie het best gerealiseerd.

Van groot belang bij de evaluatie van de resultaten van de modelmatige verkenningen en de vergelijking met de innovatiebedrijven is het feit dat het gehanteerde model een statisch model is, gebaseerd op 'gemiddelde getallen' en agronomische kennis verkregen uit veldproeven. Het 'statische karakter' geeft aan dat uitgegaan wordt van een eenmalige toestand van het akkerbouwsysteem. Met deze benadering is het dus niet mogelijk de dynamiek van bijvoorbeeld nutriënten-beschikbaarheid of van de aanwezigheid van ziekten en plagen in kaart te brengen, terwijl op de innovatiebedrijven natuurlijk wel sprake is van veranderingen in de tijd. Ook is van belang over welke tijdhorizon de verkenning wordt uitgevoerd. Gaat het over mogelijke resultaten over 1, 5 of 25 jaar?

In deze studie is 1992 als referentiejaar gehanteerd. Dat wil zeggen dat de basisgegevens voor de berekeningen zijn gebaseerd op de beschikbare kennis en technieken voor de geïntegreerde teelt en de gangbare teelt in het jaar 1992. Tevens zijn de prijzen van geogste produkten en kosten van diverse inputs als biociden en kunstmest, loonwerk- en machinekosten gebaseerd op dit jaar.

Het 'statische karakter' en het feit dat het model gebaseerd is op 'gemiddelde getallen' en 'agronomische kennis' bemoeilijkt de vergelijking met de resultaten van de innovatiebedrijven en de interpreteerbaarheid van de modelresultaten voor de praktijk. Bedrijfseigen karakteristieken zoals bijvoorbeeld bedrijfsgrootte, beschikbare arbeid, kwaliteit van het management, variatie in bodemgesteldheid en weersomstandigheden, bepalen immers voor een groot deel het bedrijfsresultaat. Deze karakteristieken zijn niet in de analyses en verkenningen in dit rapport betrokken. De vergelijkingen van de modeluitkomsten met de in de praktijk behaalde resultaten zijn dan ook globaal en steeds gebaseerd op de 'gemiddelde' resultaten behaald op de innovatiebedrijven.

2.2. Doelstellingen, overheidsnormen en randvoorwaarden

Binnen het project 'Introductie geïntegreerde akkerbouw' zijn bij integratie van de verschillende doelstellingen ondermeer de volgende criteria (verder doelvariabelen genoemd) gehanteerd (Wijnands et al., 1995):

Economisch:

- saldi van marktbaar gewassen, op gewas- en bedrijfsniveau (gld. ha⁻¹)
- bedrijfseconomisch rendement (gld. ha⁻¹).

Milieuhygiënisch:

- stikstof-, fosfaat- en kaliumoverschot (kg ha⁻¹) en -benutting (kg kg⁻¹)
- minerale bodemstikstof na de oogst (verder 'rest-N' genoemd (kg ha⁻¹))
- inzet van gewasbeschermingsmiddelen (kg actieve stof ha⁻¹).

Doelvariabelen

De doelvariabelen waarnaar geoptimaliseerd is tijdens de optimaliseringsronden met MGOPT_CROP sluiten aan bij de gehanteerde doelvariabelen van het gehele project:

1. Saldo op bedrijfsniveau (opbrengst minus toegerekende kosten (gld. ha⁻¹, per bedrijf))
2. N-verlies op bedrijfsniveau (kg N ha⁻¹)
3. Inzet van biociden (kg actieve stof ha⁻¹).

Verder wordt tevens het N-overschot (kg N ha⁻¹) berekend voor vergelijking met de resultaten behaald op de innovatiebedrijven.

Ad 1: De economische doelvariabele is beperkt tot het saldo op rotatie-niveau. Dit saldo is gedefinieerd als opbrengsten minus toegerekende kosten: kosten van zaden, planten pootgoed, meststoffen, bestrijdingsmiddelen en overige toegerekende kosten zoals voor touw, schonen en drogen van geogoste producten en dergelijke (Wijnands et al., 1995, Habekotté, 1994). Het bedrijfseconomisch resultaat kon niet in de beschouwing betrokken worden door onvoldoende kennis van investeringen in grond, gebouwen en machines. Wel zijn de kosten van het gebruik van machines op een globale wijze bij de berekeningen betrokken (subsectie 2.4.2), hetgeen van belang is bij bijvoorbeeld een afweging tussen chemische of mechanische onkruidbestrijding of tussen het gebruik van kunstmest of organische mest. Bij de uiteindelijke vergelijking van het modelmatig berekende saldo op bedrijfsniveau met dat behaald op de innovatiebedrijven zijn de machinekosten buiten beschouwing gebleven.

Ad 2: Het totale N-verlies is geschat op basis van het verschil tussen de totale hoeveelheid van netto vrijkomende en ter beschikking gestelde N-mineraal op jaarbasis en de N-afvoer via de geogoste producten. Met andere woorden, wat per jaar in principe opneembaar is voor het gewas (ook buiten het groeiseizoen), en wat niet afgevoerd wordt via de geogoste producten of wordt doorgegeven naar het volgende jaar via gewasresten of groenbemester, zal verloren gaan door vervluchtiging, uitspoeling of denitrificatie. Voor vergelijking met de resultaten van de innovatiebedrijven wordt het totale N-overschot gehanteerd, aangezien geen waarden beschikbaar zijn van jaarlijkse netto N-mineralisatie op de praktijkbedrijven en dus het N-verlies zoals hierboven aangeduid niet kan worden berekend (zie subsectie 2.4.4).

Ad 3: De inzet van gewasbeschermingsmiddelen wordt, in overeenstemming met het Meerjarenplan Gewasbescherming (MLNV, 1990b) uitgedrukt in actieve stof per hectare¹.

Normen

Ten aanzien van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten, worden de (verwachte) overheidsnormen bij de modelmatige verkenningen in beschouwing genomen. De normen met betrekking tot nutriënten liggen nog niet geheel vast. Voor alle nutriënten wordt gestreefd naar evenwichtsbemesting. Hieronder wordt verstaan dat de toevoer gelijk is aan de afvoer via de geoogste produkten plus de onvermijdbare verliezen (MLNV, 1990a). Concrete besluiten over de hoogte van deze onvermijdbare verliezen zijn in voorbereiding. In deze studie gaan we uit van 20 kg P₂O₅ en 25 kg K₂O (pers. med. Schröder, 1995, AB-DLO; pers. med. Wijnands, 1995, PAGV). Verder wordt rekening gehouden met de gebruiksnorm van maximaal toegestane toediening van 125 kg P₂O₅ per ha via organische mest.

Voor stikstof wordt veelal de norm voor 'rest-N' gehanteerd, voorgesteld door de Commissie Stikstof (Schröder et al., 1993a; Wijnands et al., 1995; Goossensen en Meeuwissen, 1990). De Commissie Stikstof concludeerde dat naar een hoeveelheid rest-N van maximaal 70 kg ha⁻¹ gestreefd zou moeten worden om grondwater op regionale schaal aan de EG-richtlijn voor drinkwater-kwaliteit te laten voldoen (= 11,3 g N m⁻³). Voor een viertal gewassen zijn door Schröder et al. (1993) relaties afgeleid tussen de jaarlijks netto vrijkomende en beschikbaar gestelde N en rest-N op basis van proefveldgegevens. Voor de 38 praktijkbedrijven is, met uitzondering van aardappel, geen duidelijke relatie aangetoond tussen de hoeveelheid rest-N en de hoeveelheid beschikbare N (exclusief netto N-mineralisatie) of het saldo van beschikbare N (exclusief netto N-mineralisatie) en N-afvoer via gewasprodukten (Schröder et al., 1993b). Eenduidige relaties tussen N-beschikbaar (incl. of excl. netto N-mineralisatie op jaar basis) en rest-N waren niet beschikbaar voor alle gewassen gehanteerd in deze studie en berekening van rest_N is daarom achterwege gelaten. Wat betreft het modelmatig berekende N-verlies zijn dus geen aanknopingspunten beschikbaar met de norm voor rest-N of voor de drinkwaterkwaliteit. Wel kunnen op basis van de modelberekeningen uitspraken gedaan worden over mogelijkheden om het totale N-verlies of N-overschot te beperken.

In het Meerjarenplan Gewasbescherming worden de in tabel 2.1 gegeven reductie-doelstellingen geformuleerd voor verschillende gewasbeschermingsmiddelen voor 1995, 2000 en 2010 in vergelijking tot de referentieperiode 1984/88. In deze tabel is tevens het geschatte verbruik van deze middelen in de sector akkerbouw (inclusief snijmaïs) weergegeven voor de referentieperiode 1984/88 (MLNV, 1990b). In tabel 2.2 is het middelengebruik weergegeven voor de innovatiebedrijven tijdens de periode net voorafgaande aan het 'innovatieproject' (1987/89) voor CZK, NON en voor alle bedrijven samen. Uitgaande van de reductie-doelstellingen voor het jaar 2000 (tabel 2.1) zijn de absoluut toegelaten hoeveelheden biociden

¹ De inzet van gewasbeschermingsmiddelen kan in plaats van in 'hoeveelheid actieve stof per hectare' ook uitgedrukt worden in 'milieubelastingspunten' of beschreven worden met de 'levenscyclusanalyse'. Volgens het systeem van milieubelastingspunten (Anonymus, 1992b) worden aan elk gewasbeschermingsmiddel punten toegekend op basis van risico voor waterorganismen, voor bodemleven en voor verontreiniging van het grondwater door uitspoeling. Het puntensysteem is zo opgesteld dat een score van 100 milieubelastingspunten overeenkomt met de norm die de overheid gesteld heeft voor het betreffende milie-effect. Bij de methode van de levenscyclusanalyse (Heijungs, 1992) wordt tevens rekening gehouden met de vluchtigheid van gewasbeschermingsmiddelen, het risico voor de gebruiker, uitputting van abiotische grondstoffen en aantasting van de ozonlaag. Deze methode staat echter nog in de kinderschoenen.

Tabel 2.1. Geschat gebruik van bestrijdingsmiddelen in de sector akkerbouw (inclusief snijmaïs) in kg actieve stof per ha per jaar in de referentie-periode 1984/88 voor geheel Nederland (Ned.84/88) en de reductie-doelstellingen voor de jaren 1995, 2000 en 2010 (MLNV, 1990b; MNLV, 1991). Daarbij is het relatieve aandeel van het totale gebruik in 1984/88 in de sector ook weergegeven. Tevens is de minimaal te bereiken inzet van bestrijdingsmiddelen voor geheel Nederland ($\text{kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$) uitgaande van de reductiedoelstelling voor het jaar 2000 weergegeven (Ned. 2000).

Middel	Ned.84/88	Aandeel 84/88 (%)	Ned. 2000	Reductiedoelstelling (%)	
				1995	2000
Herbiciden	2,1	11,6	1,2	30	45
Fungiciden	2,8	14,9	2,1	15	25
Insecticiden/acariciden	bij fungiciden			15	25
Overige	0,7a	3,9	0,22a	42	68
Grondontsmettingsmiddelen	12,7	68,5	3,9	46	70
Grondbehandelingsmiddelen	0,2	1,1	0,1	40	50
Totaal	18,5	100	7,4	39b	60b

a: alleen groeiregulatoren

b: gewogen naar aandeel in totaal gebruik

Tabel 2.2. Gebruik van bestrijdingsmiddelen (kg a.s. ha^{-1}) door de innovatiebedrijven in de referentieperiode 1987/89 voor de regio's CZK, NON en voor alle regio's samen (INNO) (Wijnands et al., 1995). Tevens is de absoluut toegestane hoeveelheid bestrijdingsmiddelen voor de onderscheiden groepen weergegeven, uitgaande van de reductiedoelstelling voor het jaar 2000 (tabel 2.1).

Middel	1987/89			2000		
	CZK	NON	INNO	CZK	NON	INNO
Herbiciden	3,9	2,2	3,1	2,2	1,2	1,71
Fungiciden	5,5	4,1	4,7	4,1	3,08	3,5
Insecticiden	0,4	0,1	0,3	0,30	0,08	0,2
Overig	0,1	0,0	0,2	0,03	0,0	0,06
Totaal (excl. nematiciden en hulpstoffen)	9,9	6,4	8,3	6,6	4,4	5,5
Nematiciden	8,8	48,8	14,4	2,6a	14,6a	2,5a
Totaal (excl.hulpstoffen)	18,7	55,2	22,7	7,5	19,0	8,0
Totaal (incl. hulpstoffen)	18,8	55,6	23,0	7,6	19,4	8,3

a: op basis van reductiedoelstelling voor grondontsmettingsmiddelen

(uitgedrukt in kg a.s. ha⁻¹) weergegeven voor beide regio's en gemiddeld voor alle bedrijven samen.

Randvoorwaarden

De modelmatige verkenning van mogelijke bedrijfssystemen speelt zich af binnen een kader van mogelijkheden, bepaald door: bedrijfsomvang, arbeidsbeschikbaarheid, gewaskeuze en mogelijke teeltwijzen van gewassen. Voor deze studie gaan we uit van:

- 1: Een bedrijfsomvang van 50 ha
- 2: Anderhalve vaste arbeidskracht (VAK) per bedrijf. Daarbij is aangenomen dat één VAK 40 uur per week week.
- 3: De gewassen en mogelijke teeltwijzen zoals uitgebreid beschreven door Habekotté (1994) en beknopt weergegeven in Sectie 2.3.

De uitgangspunten 1 en 2 zijn globaal vergelijkbaar met de situatie op de praktijkbedrijven en resulteren in een arbeidsbeschikbaarheid van circa 11 uur per hectare per 2 maanden.

2.3. Teeltsystemen en bouwplanmaatregelen

De verschillende manieren waarop een gewas geteeld kan worden zijn teeltsystemen genoemd (zie Sectie 2.1). Per gewas zijn vijf componenten onderscheiden om de verschillende teeltsystemen te karakteriseren, zoals weergegeven in figuur 2.2: 'Omgeving', 'Teeltfrequentie', 'Variëteit', 'Gewasbescherming' en 'N-bemesting'. Per component zijn een aantal varianten beschreven, die variëren langs de gradiënt van gangbare naar geïntegreerde teeltwijzen. Door combinatie van varianten van de verschillende componenten ontstaat een teeltsysteem. Een voorbeeld van een dergelijke combinatie is weergegeven in figuur 2.2 door middel van arcering.

Naast teeltsystemen worden ook bouwplanmaatregelen onderscheiden als grondontsmetting, bouwplanbemesting en het gebruik van groenbemesters (Fig. 2.2). Een bedrijfssysteem is opgebouwd uit een bepaalde gewaskeuze en -volgorde, een bijbehorende teeltsysteem per gewas en mogelijk één of meerdere bouwplanmaatregelen (Fig. 2.2).

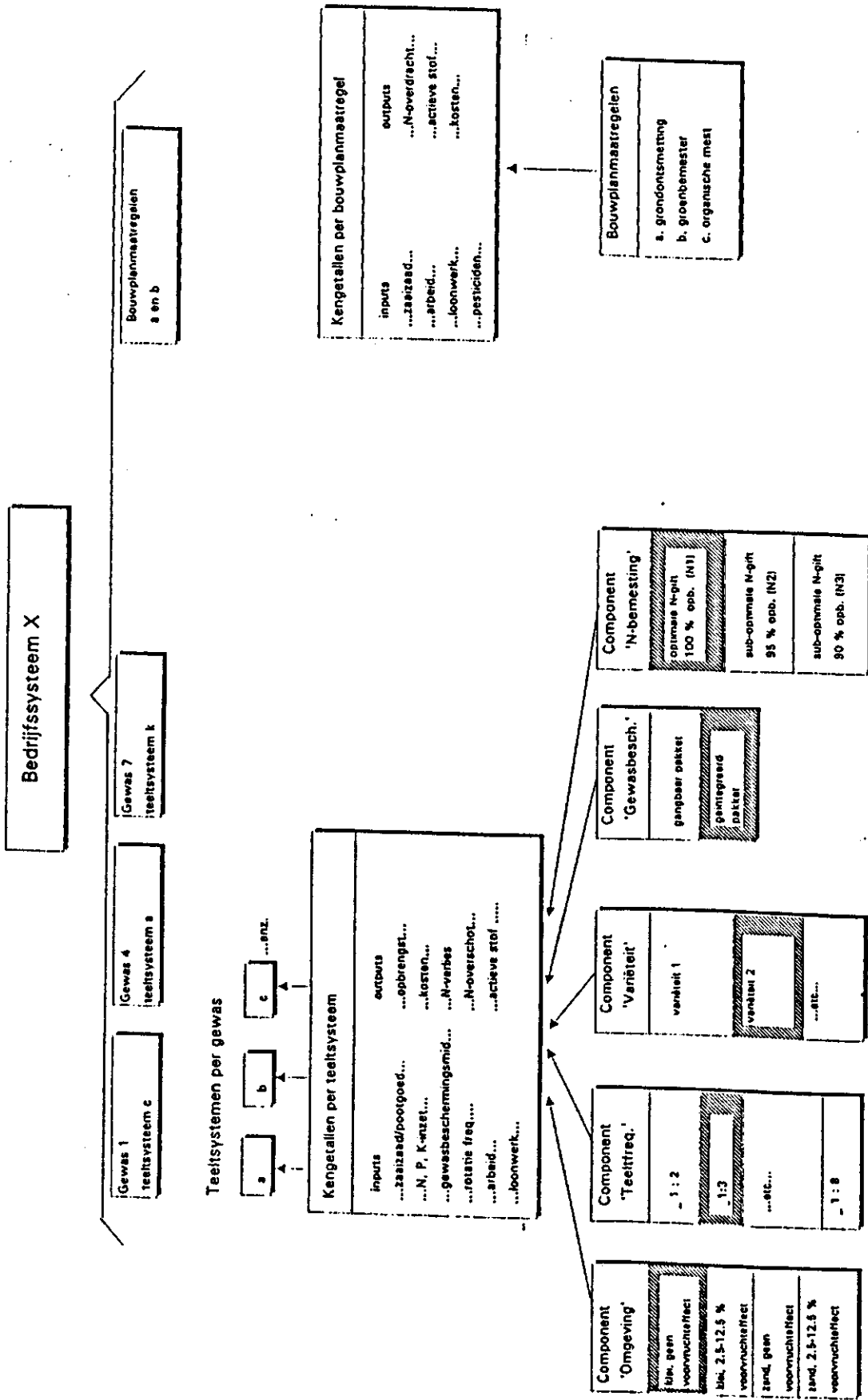
Gewassen

Voor de modelmatige verkenningen zijn niet alle mogelijke gewassen opgenomen die in de betreffende regio's (onder andere op de innovatiebedrijven) geteeld worden, maar er is volstaan met de meest belangrijke gewassen uit verschillende gewasgroepen (zie tabel 2.3).

Omgeving

Deze component beschrijft de 'omgeving' van de gewassen in een gewasrotatie, van belang voor de opbrengstvorming. Daarbij wordt per grondsoort (klei of zand) en gewas een standaardopbrengst gedefinieerd, dat wil zeggen de maximale opbrengst die onder optimale teeltomstandigheden behaald kan worden (zie verder § 2.4.1).

Verder wordt met deze component een deel van rotatie-effecten beschreven die bepaald worden door andere gewassen in de rotatie (structuur- en waardplant-effecten) en die opbrengstdepressies tot gevolg hebben. Een overzicht is hiervan gegeven in tabel 2.4, voor zover van belang voor de studie beschreven in dit rapport.



Figuur 2.2. Schematische weergave van de opbouw van een bedrijfssysteem: een bepaalde gewaskeuze en -volgorde, een bijbehorend teeltsysteem per gewas en één of enkele bouwplanningen. De in- en outputs van de teeltsystemen per gewas en van de bouwplanningen worden kengetallen genoemd en vormen de basis voor de berekening van de doelvariabelen van een bedrijfssysteem (Sectie 2.2). De waarden van de kengetallen worden bepaald door een combinatie van varianten van de teeltcomponenten: 'Omgeving', 'Teeltfrequentie', 'Variëteit', 'Gewasbescherming' en 'N-bemesting'. Eén bepaalde combinatie van invulling van de varianten van de teeltcomponenten vormt een teeltsysteem; een voorbeeld daarvan is weergegeven door middel van arcering.

Tabel 2.3. Gewasgroepen en gewassen in TCG_CROP voor CZK en NON en geselecteerde gewassen voor de modelberekeningen (*). Pootaardappel (**) is wel meegenomen bij de berekeningen met TCG_CROP in hoofdstuk 3, niet bij de modelmatige verkenningen met MGOPT_CROP in hoofdstuk 4.

Gewasgroep	Gewas	Regio
Roovruchten	consumptieaardappel (*)	CZK
	pootaardappel (**)	CZK
	fabrieksaardappel (*)	NON
	suikerbieten (*)	CZK en NON
Granen	wintertarwe (*)	CZK, NON
	zomergerst	CZK, NON
	snijmaïs (*)	CZK, NON
Groentegewassen	zaaiui (*)	CZK
	winterpeen	CZK
	doperwt	CZK
Peulvruchten	droge erwt	CZK, NON
	veldboon	CZK, NON
Handelsgewassen	graszaad (*)	CZK, NON
Overig	groene braak (*)	CZK, NON

Rotatie

De varianten van deze component beschrijven de mogelijke frequenties van de teelt van een gewas in de gewasrotatie (1:2 (niet voor aardappel), 1:3, 1:4, 1:5, 1:6 en 1:8). Bij het samenstellen van een gewasrotatie tijdens de optimaliseringsronden kunnen alleen die gewassen gekozen worden die met dezelfde frequentie of een meervoud van die frequentie geteeld worden. Bijvoorbeeld, een 1:3-teelt van aardappelen kan gecombineerd worden met een 1:3-teelt van wintertarwe, ook met een 1:6-teelt van wintertarwe, maar niet met een 1:5-teelt van wintertarwe. In totaal worden zoveel gewassen gekozen dat de totale som van frequenties 1 is. Geen beperkingen zijn opgelegd aan de keuze en volgorde van de gewassen.

Variëteit

Bij rassenkeuze kunnen meespelen: omgeving, opbrengst en kwaliteit, resistentie/tolerantie ten aanzien van ziekten en plagen, legering en onderdrukkend vermogen ten aanzien van onkruiden. De variëteitskeuze per gewas is gebaseerd op advies van deskundigen en is gedefinieerd in afhankelijkheid van de omgeving en de geselecteerde wijze van gewasbescherming ingevuld. Bij de variëteitskeuze van aardappelen en suikerbieten is steeds uitgegaan van een situatie dat schadelijke aaltjes (meest voorkomende per gebied) in potentie aanwezig zijn en dus, afhankelijk van de rotatie-frequentie en het wel of niet toepassen van grondontsmettingschade veroorzaken.

Gewasbescherming

Twee verschillende wijzen van gewasbescherming zijn onderscheiden: een gangbare en een geïntegreerde aanpak (Habekotté, 1994). Per aanpak en gewas is daarbij een pakket van maatregelen geformuleerd. De gangbare variant is gebaseerd op KWIN (1992), de geïntegreerde aanpak is ingevuld op basis van het advies van teeltdeskundigen.

N-bemesting

Deze component heeft betrekking op de methode en het niveau van stikstofbemesting. In overleg met teeltdeskundigen zijn per gewas en omgeving bemestingsvarianten geformuleerd en daarbij zijn de volgende aspecten onderscheiden:

- stikstoflimitering (100 % (N1), 95 % (N2) of 90 % (N3) gewasopbrengst ten opzichte van het niveau zonder opbrengstbeperking)
- keuze organische mest: runderdrijfmest (RDM), varkensdrijfmest (VDM) of droge kippe-mest (DKM)
- toedieningsperiode (CZK: half augustus - 1 september; NON: eerste helft van maart)
- inwerknelheid (binnen 4 uur)
- kunstmest (aanvulling op organische mest of alleen kunstmest).

Tabel 2.4. Omgevings- en voorvrucht-effecten per gewas van toepassing voor de studie beschreven in dit rapport en zoals gehanteerd in TCG_CROP (Habekotté, 1994). De opbrengstreducties zoals weergegeven in de literatuur zijn vertaald naar vereenvoudigde opbrengstcorrectiefactoren per gewas.

Gewas	Voorvrucht	Opbrengst-reductie	Oorzaak	Bron	Opbrengst-correctie-factor in TCG_CROP
aardappel	suikerbiet of teelt van aardappelen > 1:6	- 9 %	onbekend	Hoekstra & Lamers, 1993; de Koning et al., 1992.	0,93
	erwt en veldboon	- 5 %	<i>Verticillium dahliae</i>		
suikerbiet	aardappelen	0 - 5 %	opslagplanten en structuur-schade	Hoekstra & Lamers, 1993; Floot et al., 1992.	0,975
wintertarwe	rogge, gerst of tarwe	- 15 %	voetziekten	Hoekstra & Lamers, 1993.	0,875
	idem met 1 pauze jaar	- 10 %	idem	idem	idem
	aardappel of suikerbiet	- 2 %	onbekend	idem	niet

Bouwplanmaatregelen

Mogelijke bouwplanmaatregelen zijn: de toepassing van grondontsmetting, bouwplanbemesting en het gebruik van groenbemesters. Bij toediening van organische mest wordt uitgegaan van een bouwplanbemesting. Uitgangspunten bij toediening van organische mest en het gebruik van groenbemesters zijn voor deze studie:

1. De hoeveelheid organische mest wordt afgestemd op de fosfaat-behoefte van de gewasrotatie. Deze wordt bepaald door de fosfaat-afvoer per gewas plus de jaarlijkse onvermijdbare verliezen van 20 kg ha^{-1} .
2. Er moet voldaan worden aan de wettelijke gebruiksnorm voor fosfaattoediening: niet meer dan $125 \text{ kg fosfaat ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ mag worden toegediend via een organische mestgift (1992-1994, Bon et al., 1994).
3. Bij de teelt van suikerbiet en graszaad wordt rekening gehouden met de overheveling van stikstof naar het volgende jaar via op het land achterblijvende gewasresten. In beide gevallen wordt uitgegaan van een overhevelingseffect van 30 kg N per ha (Habekotté, 1994).
4. Graanstro wordt steeds afgevoerd.
5. Bij een organische mestgift in de herfst op klei is inzaai van een groenbemester vereist. Daarbij wordt de opname door de groenbemester gelijkgesteld aan de direct beschikbare N in de organische mest met een maximum van 80 kg ha^{-1} (Bon et al., 1994; pers. med. Wijnands, 1995) bij zaai vanaf 15 augustus tot 1 september. Deze direct beschikbare 80 kg N ha^{-1} is benaderd met de hoeveelheid beschikbare minerale N in de organische mest (bij direct inwerken is dit: $0,9 \times \text{N-mineraal in organische mest}$) (pers. med. J. Schröder, AB-DLO, 1994).
Tevens is een minimum ingesteld van de toe te dienen organische mest van 25 kg ha^{-1} N-mineraal in de mest en een maximum van wat maximaal opneembaar is door de groenbemester: 80 kg ha^{-1} direct beschikbare N-mineraal in de organische mest.
6. Een groenbemester op klei kan alleen worden ingezet in combinatie met een organische mestgift in de herfst. Hierbij wordt uitgegaan van een gemiddelde nawerking van de groenbemester van een kwart van de totaal opgenomen stikstof (Bon et al., 1994) bij zaai vanaf 15 augustus tot 1 september. In tabel 2.5 is aangegeven na welke gewassen en vóór welke gewassen een organische mestgift met groenbemester in CZK mogelijk is, zoals gehanteerd in deze studie.
7. Op zandgronden kan een groenbemester worden ingezet als vanggewas zonder bemesting in de herfst na een tijdig geoogst gewas als poot aardappel en vlinderbloemigen. Hierbij wordt uitgegaan van een gemiddelde nawerking van de groenbemester van 30 kg N ha^{-1} (Habekotté, 1994). Deze gewassen worden echter niet gebruikt in de studie beschreven in dit rapport (zie tabel 2.3). Bij de modelmatige berekeningen voor NON worden dus binnen deze studie geen groenbemesters toegepast. In tabel 2.5 is weergegeven vóór welke gewassen een organische mestgift in het voorjaar mogelijk is.
8. Een mogelijk tekort aan nutriënten als gevolg van een beperkte organische mestgift wordt aangevuld met kunstmest.

Tabel 2.5. Mogelijkheid van toediening van een organische mestgift met groenbemester vòòr en na verschillende gewassen in CZK in de periode van 15 augustus tot 1 september en mestgift in voorjaar in NON vòòr verschillende gewassen, zoals gehanteerd in deze studie

Gewassen-CZK	Groenbemester en mestgift na de gewassen	Groenbemester en mestgift vòòr de gewassen	Gewassen-NON	Mestgift vóór de gewassen
Consumptie-aardappel	-	+	fabrieksaardappel	+
Pootaardappel*	+	+		
Suikerbiet	-	+	suikerbiet	+
Wintertarwe	+	-	wintertarwe	-
Maïs	-	+	maïs	+
Zaaiui	-	+		
Graszaad	-	-	graszaad	-
Braak	-	-	braak	-

* : Pootaardappel is wel meegenomen bij de berekeningen met TCG_CROP in hoofdstuk 3, niet bij de modelmatige verkenningen met MGOPT_CROP in hoofdstuk 4.

2.4. Kwantificering van kengetallen

Per teeltsysteem en bouwplanmaatregel worden de in- en outputs berekend (Fig. 2.1, p. 8). Dit worden de kengetallen (of technische coëfficiënten) van een teeltsysteem of bouwplan maatregel genoemd (tabel 2.6). De meeste kengetallen worden berekend met behulp van het model TCG_CROP, met name die samenhangen met de teeltsystemen per gewas. In het optimaliseringsmodel worden tijdens de optimaliseringsronden gewasrotaties samengesteld en hierbij worden de kengetallen van bouwplanmaatregelen berekend.

De kengetallen van teeltsystemen en bouwplanmaatregelen zijn bepalend voor de uiteindelijke keuzen die tijdens de optimaliseringsronden worden gemaakt. Inzicht in de berekening van deze kengetallen is dan ook van groot belang bij de beoordeling van de uiteindelijke resultaten van de theoretische verkenningen en bij de vergelijking van de resultaten met de akkerbouwbedrijven binnen het 'Innovatie Project'. In dit verslag worden alleen de hoofdlijnen van de berekeningen weergegeven, voor de details wordt verwezen naar Habekotté (1994) en Schans (pers. med.).

Tabel 2.6. Geformuleerde doelvariabelen en onderdelen daarvan, beperkingen en daarbij behorende kengetallen per teeltsysteem of bouwplanmaatregel

Kengetal	Eenheid
Bedrijfssaldo (met en zonder machinekosten):	
- opbrengst hoofdprodukt (handelsgewicht)	t ha ⁻¹
- prijs hoofdprodukt (per eenheid handelsgewicht)	gld. kg ⁻¹
- kosten van gewasbeschermingsmiddelen:	
- hoeveelheid middel	kg ha ⁻¹
- kosten per middel	gld. kg ⁻¹
- kosten van meststoffen:	
- hoeveelheid organische mest	t ha ⁻¹
- kosten organische mest	gld. t ⁻¹
- hoeveelheid N,P,K-kunstmest	kg ha ⁻¹
- kosten van N,P,K-kunstmest	gld. kg ⁻¹
- machinekosten	gld. ha ⁻¹
- loonwerkkosten	gld. ha ⁻¹
- Overige produktiekosten	gld. ha ⁻¹
- rotatiefrequentie per teeltsysteem	ha ha ⁻¹
Inzet van gewasbeschermingsmiddelen:	
- hoeveelheid actieve stof van de gebruikte middelen	kg ha ⁻¹
Stikstofoverschot en -verlies:	
- stikstofoverschot (totale N-aanvoer minus afvoer)	kg ha ⁻¹
- stikstofverlies (opneembare N minus afvoer)	kg ha ⁻¹
Beperkingen:	
- benodigde arbeid per periode van twee maanden	uur
- beschikbaar areaal	ha

2.4.1. Opbrengst van het hoofdprodukt

Voor de berekening van de gewasopbrengsten is in eerste instantie uitgegaan van standaardopbrengsten (Habekotté, 1994). Deze zijn gedefinieerd als maximale praktijkopbrengsten die bij gangbare gewasbescherming en bemesting (zonder nutriëntenlimitering) en zonder nadelige rotatie-effecten behaald kunnen worden. De standaardopbrengsten zijn zoveel mogelijk gebaseerd op experimentele gegevens van minimaal vijf achtereenvolgende jaren (gemiddelde daarvan) van proefbedrijven op klei-, zavel- en zandgronden, gedifferentieerd per grondsoort en uitgaande van de geformuleerde teeltomstandigheden. De standaardopbrengsten komen veelal niet overeen met de modelmatig berekende potentiële opbrengsten (De Koning et al., 1992), aangezien bij berekening van deze opbrengsten uitgegaan wordt van zeer homogene percelen met perfecte structuur en vochtvoorziening, optimale opname en benutting van meststoffen, omstandigheden die in de praktijk moeilijk te reguleren zijn. Tevens dient opgemerkt te worden dat de geformuleerde standaardopbrengsten geen absolute indicaties zijn van maximaal mogelijke gemiddelde opbrengsten in de praktijk. De getallen geven een indicatie van de hoogte van de opbrengsten per gewas en van de rela-

tieve verschillen tussen de gewassen per omgeving. Door de specifieke omstandigheden op verschillende bedrijven kunnen de standaardopbrengsten per bedrijf wat anders uitvallen.

De uiteindelijke gewasopbrengst in het model komt tot stand door effecten van verschillende teeltmaatregelen te formuleren als vermenigvuldigingsfactoren ten opzichte van de standaardopbrengst. De vermenigvuldigingsfactor wordt aan meerdere component-varianten gekoppeld indien sprake is van een gecombineerd effect. Hieronder volgt een voorbeeld:

Gewasopbrengst = Standaardopbrengst per omgeving (klei of zand)
 x effect van voorvruchten
 x effect van rotatiefrequentie
 x effect van variëteitskeuze en gewasbescherming
 x effect van bemesting.

2.4.2. Produktiemiddelen en taakuren

Als produktiemiddelen worden onderscheiden:

- middelen zoals pootgoed, zaaizaad, verzekering, rente, drogen/schonen, touw, gewasbeschermingsmiddelen, meststof;
- machines;
- loonwerk.

Taakuren zijn alleen ingevuld voor veldwerkzaamheden. Voor de definitie en invulling van taakuren is de werkwijze van KWIN (1992) gevolgd: 'mantijd' (in uren per ha) is de totale werktijd voor een bewerking vermenigvuldigd met het aantal personen dat daarbij betrokken is. Bij werkzaamheden die met meer dan één persoon worden uitgevoerd is er vanuitgegaan dat deze met collega-ondernemers worden uitgevoerd, zodat deze invulling van taakuren niet strijdig is met het uitgangspunt, dat 1,5 VAK per bedrijf aanwezig is (zie Sectie 2.2).

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd voor invulling van kosten:

- Kosten van meststoffen zijn: varkensdrijfmest (2 gld. τ^{-1}), runderdrijfmest (2 gld. τ^{-1}) en droge kippemest (5 gld. τ^{-1}) (pers. med. Schröder, AB-DLO, 1994) (exclusief uitrijden en inwerken).
- Kosten van gewasbeschermingsmiddelen zijn gebaseerd op een standaardlijst voor het jaar 1992 (naar Van Asperen et al., 1993) en KWIN (1992).
- Loonwerkkosten zijn gebaseerd op de standaardwaarden vermeld in KWIN (1992).
- Machinekosten zijn gebaseerd op verrekenprijzen bij onderling gebruik van landbouwwerktuigen, zoals vermeld in KWIN (1992). Het gebruik van machines is afgestemd op wat op een bedrijf op klei (CZK) en zand (NON) te verwachten is (Habekotté, 1994). De verrekenprijzen zijn gebaseerd op de vervangingswaarde van de betreffende machine, de jaarlijkse kosten (zoals onderhoud en rente), de levensduur van de machine en de benutting per jaar in uren of per hectare, zoals vermeld in KWIN (1992). Het is duidelijk dat de op deze wijze berekende machinekosten niet meer dan een indicatie geven van de werkelijke kosten.

2.4.3. Gebruik van biociden

De inzet van biociden (in kilogram actieve stof per ha) is direct gekoppeld aan het gekozen gewasbeschermings-pakket (geïntegreerd of gangbaar) en de daarbij behorende middelen: fungiciden, insecticiden, nematiciden, herbiciden (inclusief middelen voor loofddoding), groeiregulatoren en hulpstoffen (naar Habekotté, 1994 en enkele aanpassingen in Bijlage 1.2).

2.4.4. Gebruik van meststoffen, N-overschot en N-verlies

Nutriënten-balans

Het optimaliseringsmodel is een statisch model, dat wil zeggen dat uitgegaan wordt van een eenmalige toestand van het akkerbouwsysteem. Met deze werkwijze is het dus niet mogelijk de nutriëntenbalans van een bepaalde gewasrotatie door te rekenen over een bepaalde tijdsperiode. Van belang is dus een statische toestand van het systeem te definiëren die een redelijke basis is voor het uitvoeren van de verkenningen. Daarbij is voor deze studie uitgegaan van de huidige rijkelijk bemeste gronden met een standaard N-mineraal in het voorjaar van 40 kg ha^{-1} en daarnaast een netto N-mineralisatie van 70 kg ha^{-1} voor CZK en NON (pers. med. Schröder, AB-DLO, 1994; pers. med. Wijnands, PAGV, 1995). In totaal is dus 110 kg N ha^{-1} via mineralisatie beschikbaar voor een gewas in CZK en in NON. Wat betreft de fosfaat- en kali-voorraden in de bodem is verondersteld dat deze binnen een gewenst streeftraject liggen. Om deze toestand te handhaven is het van belang de fosfaat- en kali-gift af te stemmen op de jaarlijkse afvoer van het perceel, inclusief onvermijdbare verliezen ($20 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ en $25 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$). De afvoer wordt berekend door vermenigvuldiging van de gewasopbrengst met standaardgehalten fosfaat en kalium in het produkt (Stouthart en Leferink, 1992). De organische-stofbalans is niet meegenomen in de berekeningen.

Berekening van de N-behoefte van gewassen

De N-behoefte wordt berekend volgens de hieronder weergegeven rekenregels. Daarbij wordt de gewasopbrengst (het hoofdprodukt (hp)) als uitgangspunt genomen (rekenregel 1) voor berekening van de N-behoefte (= N-beschikbaar, rekenregel 2). De N-bemesting wordt vervolgens op deze behoefte afgestemd.

1. N-opname gehele gewas = (opbrengst-hp x N-gehalte-hp) x (1/N-oogst index)
2. N-beschikbaar = N-opname gehele gewas x (1/N-recovery).

Schröder et al. (1993a) hebben voor vier gewassen (aardappel, suikerbiet, wintertarwe, korrelmaïs) de totale N-opname gerelateerd aan gewasopbrengst (hoofd- en bijprodukt), en de benodigde beschikbare hoeveelheid N voor gewasgroei gerelateerd aan de totale N-opname bij een ruime variatie in stikstofaanbod. Deze relaties zijn als basis gebruikt voor karakterisering en berekening van de N-opname en de totale hoeveelheid benodigde stikstof van verschillende gewassen. Daartoe zijn vier gewasgroepen onderscheiden (tabel 2.7) (Habekotté, 1994).

De N-opname per gewas wordt berekend door vermenigvuldiging van de uiteindelijke opbrengst van het hoofdprodukt (drogestof, kg ha^{-1}) met het N-gehalte van het hoofdprodukt

gedeeld door de N-harvest index (rekenregel 1). Daarbij is uitgegaan van een standaard N-gehalte zoals geformuleerd door Stouthart en Leferink (1992) bij teelt zonder N-limitering. Bij teelt met N-limitering (95 %, 90 %) zijn de N-gehalten wat verlaagd op basis van de gehanteerde relaties van Schröder et al. (1993a) (Habekotté, 1994).

Tabel 2.7. Onderscheiden gewasgroepen en kenmerken voor berekening van de N-opname en N-beschikbaar in TCG_CROP. Per gewasgroep heeft één gewas model gestaan (vetgedrukt) (NHI: stikstof oogstindex) (N-recovery: N-opname gedeeld door de totale hoeveelheid beschikbare stikstof) (Habekotté, 1994; naar Schröder et al., 1993a).

Gewasgroep	Voorbeeld gewas en overige gewassen	Kenmerken	NHI	N-recovery
I	Consumptie-aardappel Pootaardappel Fabrieksaardappel Zaaiui	- hoge NHI - lage N-recovery	0,8	0,564-0,636
II	Maïs (korrel-) Maïs (snij-)	- lage NHI (korrel) - lage N-recovery	1,0 (snij-)	0,543-0,571
III	Wintertarwe graszaad	- hoge of lage NHI - hoge N-recovery	0,77 (wintertarwe) 0,18 (graszaad)	0,700-0,696
IV	Suikerbiet	- lage NHI - hoge N-recovery	0,44	0,771-0,747

De totaal benodigde hoeveelheid stikstof voor het gewas wordt berekend met behulp van de N-recovery (rekenregel 2). Deze N-recovery is in eerste instantie gerelateerd aan de betreffende gewasgroep (tabel 2.7) en wordt in geringe mate mede bepaald door het niveau van gewasopbrengst en -opname (100 %, 95 % of 90 % opbrengst, naar Schröder et al., 1993a).

Berekening van de mestgift

Voor berekening van de N-mestgift speelt de beschikbaarheid van stikstof uit verschillende bronnen een rol. Hierbij wordt voor zowel de modelberekeningen als voor de praktijkbedrijven (Schröder et al., 1993b) uitgegaan van algemeen geaccepteerde aanvoerbronnen voor perceels- of bedrijfsniveau (Stouthart en Leferink, 1992; Schröder et al., 1993b):

1. werkzame organisch gebonden N in organische mest (N_{org});
2. werkzame ammonium-N in organische mest (N_m);
3. N uit kunstmest;
4. werkzame N uit depositie;
5. N in zaai- of pootgoed.

Bij toepassing van organische mest worden de uitgangspunten zoals vermeld in Sectie 2.3 gehanteerd. Bij toepassing in de herfst van organische mest (15 augustus - 1 september) op klei, bij directe inwerking van de mest, resulteren de gehanteerde werkingscoëfficiënten en de inzaai van een groenbemester in een gemiddelde werkingsefficiëntie van 26 % voor het totale N-gehalte, uitgaande van gelijke gehalten N_m en N_{org} in de organische mest (berekening 3). Bij direct inwerken in het voorjaar op zand wordt een werkingsefficiëntie van 62 % (berekening 4) berekend. Hieronder zijn als voorbeeld beide berekeningen uitgeschreven voor toediening van 40 ton ha⁻¹ runderdrijfmest in de herfst (3) op klei of in het voorjaar op zand (4) (naar Habekotté, 1994 en Bijlage 1.3.2):

(3) $40 \text{ t RDM ha}^{-1} \times 4,4 \text{ (kg N t}^{-1}) = 176 \text{ kg N}_{\text{totaal}} \text{ ha}^{-1}$ (klei, 1 sept. toediening)

$176 \times 0,5 = 88 \text{ kg N}_m \text{ ha}^{-1}$ en $88 \text{ kg N}_{\text{org}} \text{ ha}^{-1}$

beschikbaar:

- via N_m en groenbemester: $88 \times 0,9$ (direct inwerken) $\times 0,25 = 19,8 \text{ kg N ha}^{-1}$

- via N_{org} : $88 \times 0,29$ (volgend teeltseizoen) $= 25,5 \text{ kg N ha}^{-1}$

totale werking N_{totaal} : $(19,8 + 25,5)/176 = 0,26$

(4) $40 \text{ t RDM ha}^{-1} \times 4,4 \text{ (kg N t}^{-1}) = 176 \text{ kg N}_{\text{totaal}} \text{ ha}^{-1}$

$176 \times 0,5 = 88 \text{ kg N}_m \text{ ha}^{-1}$ en $88 \text{ kg N}_{\text{org}} \text{ ha}^{-1}$

beschikbaar:

- via N_m : $88 \times 0,9$ (direct inwerken) $\times 0,85$ (1e helft maart) $= 67,3 \text{ kg N ha}^{-1}$

- via N_{org} : $88 \times 0,48$ (1e helft maart) $= 42,2 \text{ kg N ha}^{-1}$

totale werking N_{totaal} : $(67,3 + 42,2)/176 = 0,62$

In het model wordt het vrijkomen van stikstof uit moeilijk afbreekbare organische stof in de organische mest (N_r) in de jaren na toepassing niet expliciet berekend. Aangenomen wordt dat deze N_r via de boven genoemde netto mineralisatie van 110 kg N ha^{-1} beschikbaar komt.

Voor berekening van de mestgift is verder de beschikbare stikstof uit overige bronnen van belang. Op praktijkbedrijven kan daarbij uitgegaan worden van gemeten en geschatte waarden per bedrijf en gewassituatie; voor de modelmatige benadering wordt uitgegaan van de hieronder vermelde standaardwaarden:

- een basis hoeveelheid netto N-mineralisatie die opneembaar is voor het gewas van $110 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ voor CZK en voor NON (inclusief N-mineraal in het voorjaar);
- het beschikbaar komen van stikstof uit gewasresten van 30 kg N ha^{-1} (alleen bij suikerbiet en graszaad, Sectie 2.3).

Bij berekening van de mestgift moet de werkzame N in de meststof overeenkomen met:

N-werkzaam in de meststof = N-beschikbaar – netto N-mineralisatie – werkzame N-depositie – N in zaai- en pootgoed – N-beschikbaar komen via gewasresten.

Stikstofoverschot

Het N-overschot is het verschil tussen de jaarlijkse aanvoer en afvoer, per perceel of per bedrijf (Stouthart en Leferink, 1992; Schröder et al., 1993b). De aanvoerbronnen zijn:

- bemesting:
 - N in kunstmest
 - N in organische mest (werkzame en niet-werkzame deel);
- N-depositie;
- N in zaai- of pootgoed;
- N-binding door vlinderbloemigen (niet in deze studie).

De N-afvoer is die via gewasproducten. Voor de modelmatige berekeningen en de berekening van het N-overschot op de praktijkbedrijven is uitgegaan van dezelfde aan- en afvoerposten.

Stikstofverlies

Het totale N-verlies wordt berekend als het verschil tussen de totale hoeveelheid beschikbaar gestelde en vrijkomende N-mineraal gedurende het jaar en de N-afvoer via de geogste producten of tijdelijke vastlegging in gewasresten tot het volgende jaar. Met andere woorden, wat per jaar in principe opneembaar is voor het gewas (ook buiten het groeiseizoen), en niet afgevoerd wordt via de geogste producten of wordt doorgegeven naar het volgende jaar via gewasresten of groenbemester, zal verloren gaan door vervluchtiging, uitspoeling of denitrificatie. Door de post 'netto mineralisatie' is rekening gehouden met mineralisatie van stikstof én vastlegging van gemineraliseerde stikstof op jaarbasis. De N-afvoer wordt op dezelfde wijze berekend als bij berekening van het N-overschot met daaraan toegevoegd de tijdelijke vastlegging van N in gewasresten bij suikerbiet en graszaad. De totale hoeveelheid beschikbare N-mineraal wordt berekend op basis van:

- N-mineraal in het voorjaar van 40 kg ha^{-1} ;
- jaarlijkse netto N-mineralisatie van 70 kg ha^{-1} ;
- jaarlijkse N-depositie van 50 kg ha^{-1} ;
- N-aanvoer via zaai- of pootgoed;
- N-mineraal input via bemesting (N_m);
- N-binding door vlinderbloemigen (niet in deze studie);
- vrijkomen van N via gewasresten (niet in hoofdstuk 3, zie Sectie 3.1);
- vrijkomen van N uit groenbemesters (wordt meegenomen via berekening van de organische mestgift in de herfst op klei).

N-mestgift in het model in vergelijking met gangbare en geïntegreerde adviezen

In het model wordt de N-mestgift afgestemd op de benodigde N-beschikbaarheid. Bij berekening van de mestgift wordt rekening gehouden met de N-beschikbaarheid via:

- N-mineraal in het voorjaar van 40 kg ha^{-1} ;
- een netto mineralisatie van 70 kg ha^{-1} ;
- depositie ($1/2 * 50 \text{ kg N ha}^{-1}$);
- zaai- of pootgoed.

Bij de geïntegreerde of gangbare adviesgiften in de praktijk wordt de berekening van de benodigde mestgift niet of in veel mindere mate op de opbrengst van het gewas afgestemd. Voor bepaling van de hoogte van de mestgift wordt met name rekening gehouden met N-mineraal in het voorjaar in het bodemprofiel, en bij de GI-adviezen is tevens enige afstemming op de biomassavorming van het gewas mogelijk via o.a. de bladsteeltjes-methode voor aardappels en via stikstofvensters voor granen. Verder wordt bij de adviezen rekening gehouden met de mate van vroegheid van aardappelvariëteiten. Er wordt niet expliciet rekening gehouden met de N-beschikbaarheid door N-depositie, door netto mineralisatie naast N-mineraal in het voorjaar en door aanvoer met zaai- of pootgoed (Bon et al., 1994; Sieling, 1992).

3. Toetsing van modelberekeningen aan resultaten van innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw

3.1. Methode

De berekeningen met TCG_CROP van de inputs en outputs van teeltsystemen zijn vergeleken met de resultaten op de innovatiebedrijven. Deze vergelijking is gebaseerd op berekeningen per gewas met vergelijkbare teeltmaatregelen als op de innovatiebedrijven, en een vergelijkbaar aandeel van gewassen in het bouwplan. Verschillen en overeenkomsten in de waarden van de doelvariabelen (en onderdelen daarvan) op bedrijfsniveau worden geanalyseerd op basis van de berekeningen per gewas. De volgende doelvariabelen (of onderdelen daarvan) zijn berekend per gewas (g) en op bedrijfsniveau (bn):

- bedrijfssaldo (bn);
- gewasopbrengst (g);
- N-aanvoer, -afvoer en -overschot (g, bn);
- inzet van actieve stof in gewasbeschermingsmiddelen (g, bn).

De berekeningen zijn feitelijk uitgevoerd met het computerprogramma EXCEL met behulp van de kengetallen die in TCG_CROP worden gehanteerd. Dit was nodig aangezien TCG_CROP alleen inputs en outputs genereert voor afzonderlijke teeltsystemen en niet sommeert naar bedrijfsniveau.

Tevens is het optimaliseringsprogramma niet geschikt voor het uitvoeren van berekeningen voor één enkele gewasrotatie met specifieke teeltsystemen. Aangezien de kengetallen in de TCG_CROP zijn gebruikt voor de berekeningen met EXCEL zijn deze toch verder 'berekeningen met de TCG_CROP' genoemd (zie tevens hoofdstuk 6).

Teeltmaatregelen

Voor de modelberekeningen met TCG_CROP in dit hoofdstuk is uitgegaan van vergelijkbare teeltmaatregelen als op de innovatiebedrijven. Daarbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- een geïntegreerde gewasbescherming en variëteitskeuze;
- geen grondontsmetting in CZK en één keer in de zes jaar grondontsmetting in NON;
- een optimale N-gift (ofwel niet opbrengstbeperkend, naar Schröder et al., 1994) en een vergelijkbaar aandeel (N_{org}/N_{totaal}) als op de innovatiebedrijven van N-aanvoer via organische mest ten opzichte van de totale N-aanvoer via meststoffen.

Tevens is uitgegaan van een werkingsefficiëntie voor het totale N-gehalte in organische mest van 26 % bij toepassing in de herfst (CZK; zie subsectie 2.4.4) en 62 % bij toepassing in het voorjaar (NON; zie subsectie 2.4.4). Bij deze vergelijking is geen beperkingen opgelegd ten aanzien van de aanvoer van fosfaat via organisch mest ($125 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$) en ten aanzien van de afstemming van de organische mestgift in de herfst op de opname N-capaciteit van een groenbemester (maximaal 80 kg N ha^{-1}).

Bouwplan

De modelberekeningen zijn uitgevoerd voor een aantal veel geteelde gewassen in beide regio's, verder referentie-gewassen genoemd. De berekeningen van de doelvariabelen op bedrijfsniveau zijn gebaseerd op de berekeningen per referentie-gewas en op een met de innovatiebedrijven vergelijkbaar gemiddeld aandeel van gewassen in het bouwplan (zie tabel 3.1); daarbij zijn twee varianten per regio ingevuld. De eerste bouwplanvariant sluit zo nauw mogelijk aan bij het gemiddelde aandeel van de gewassen in het bouwplan als waargenomen bij de innovatiebedrijven. Deze bouwplanvariant (m1) kan echter niet door het optimaliseringsmodel gekozen worden, aangezien daarbij alleen frequenties van 1:2 (niet voor aardappel), 1:3, 1:4, 1:5, 1:6 of 1:8, of een veelvoud van deze frequenties gekozen kan worden per gewas (zie Sectie 2.3). Ook is bij de modelberekeningen het aantal mogelijke gewassen aan een maximum gebonden, met name voor de berekeningen met MGOPT_CROP (zie Sectie 2.5, tabel 2.3). Deze beperking is opgelegd in verband met het sterk toenemen van de rekentijd van de optimaliseringsberekening bij de beschikbare computerfaciliteit (Schans, pers. med.). De tweede variant (m2, tabel 3.1) is een vergelijkbaar bouwplan dat wel bij de modelmatige berekeningen gekozen kan worden. Op deze wijze wordt de invloed van de bouwplaninvulling op de uitkomst van de doelvariabelen op bedrijfsniveau zichtbaar. Bouwplanvarianten -m1 en -m2 vormen samen met de invulling van de teeltmaatregelen zoals eerder beschreven in deze paragraaf, bedrijfssystemen-m1(BS-m1) en -m2 (BS-m2).

Tabel 3.1. Gewaskeuze op de innovatiebedrijven in CZK en NON gemiddeld over de projectjaren 1990, 1991, 1992, 1993 (gem.). Tevens zijn twee bouwplan-varianten (m1 en m2) voor de modelberekeningen weergegeven.

Regio		Aandeel (%) in het bouwplan									
		ca *	pa *	fa *	sb *	ww *	gz *	og *	zu *	br *	ov *
CZK	gemiddeld	18	11		22	22	5	3	10		9
	m1	18	11		22	25	10		14		
	m2	25			25	25	12,5		12,5		
NON	gemiddeld		3	30	23	6	6	10		17	5
	m1			33	23	16	11			17	
	2			33,3	33,3	16,7	16,7				

* ca, pa, fa = consumptie-, poot-, fabrieksaardappel, sb = suikerbiet, ww = wintertarwe, gz = graszaad, og = overige granen, zu = zaaiui, br = braak, ov = overig

Bij deze vergelijkingen op bedrijfsniveau, gebaseerd op de berekeningen per gewas met TCG_CROP, zijn de kosten voor groenbemesters buiten beschouwing gelaten; tevens is geen rekening gehouden met de N-nalevering via bietenblad en graszaad (zie Sectie 2.3). De berekende N-aanvoer en het N-overschot zijn daarom wellicht wat hoger dan nodig.

Stikstofbalans

De voor de gewassen beschikbare stikstof is berekend en in beschouwing genomen bij de bespreking van de stikstof-balans van de modelberekeningen en innovatiebedrijven. De modelresultaten en praktijkresultaten zijn tevens vergeleken met waarden van N-beschikbaar, -aanvoer, -afvoer en -overschot zoals berekend voor gangbare en geïntegreerde bemestingsadviezen.

De op de innovatiebedrijven voor de gewassen beschikbare stikstof is afgeleid voor de regio's met klei samen (ZWK, NWK, CZK), voor CZK apart, voor de regio's met zand samen (NON en ZON) en voor NON apart. De gemiddelden voor de klei- en zand-regio's zijn alleen afgeleid voor consumptie-aardappel, suikerbiet en wintertarwe (naar Schröder et al., 1994). Bij berekening van de te verwachten N-beschikbaar bij bemesting volgens de bemestingsadviezen en de behaalde N-beschikbaar op de praktijkbedrijven is evenals bij de modelberekeningen uitgegaan van:

- standaard N-mineraal in het voorjaar van 40 kg ha⁻¹;
(voor de advies-giften ongeacht de bemonsteringsdiepte);
- N-beschikbaarheid via netto mineralisatie van 70 kg ha⁻¹;
- N-beschikbaarheid via depositie van 25 kg ha⁻¹;
- N-beschikbaarheid via zaai- of pootgoed, afhankelijk van gewas (0-7 kg ha⁻¹).

De N-beschikbaar voor de gewassen op de innovatiebedrijven is steeds afgeleid van de totale N-aanvoer, de relatieve N-aanvoer via organische mest ten opzichte van de totale N-aanvoer, een N-werking bij toepassing van organische mest in de herfst van 26 % en bij toepassing in het voorjaar op zand van 62 % (zie subsectie 2.4.4)

3.2. Resultaten

In de tabellen 3.2 en 3.3 zijn de behaalde en berekende doelvariabelen (en onderdelen daarvan) op bedrijfsniveau weergegeven. In deze Sectie worden de overeenkomsten en verschillen geëvalueerd op basis van de berekeningen per referentiegewas.

3.2.1. Saldo en gewasopbrengsten

Het bedrijfssaldo, bijbehorende kosten, het N-overschot en de biocideninzet zijn berekend voor de twee bedrijfssystemen BS-m1 en BS-m2 (tabel 3.3). De eerste twee berekeningen (BS-m1 en BS-m2) zijn daarbij uitgevoerd met de standaard-gewasopbrengsten zoals geformuleerd voor de modelberekeningen (zie subsectie 2.4.1). Bij de derde en vierde berekening (BS-m1(po) en BS-m2(po)) zijn de gemiddelde praktijk-opbrengsten, behaald op de innovatiebedrijven (zie tabel 3.4) als basis voor de berekeningen gebruikt. De berekende waarden van het bedrijfssaldo, bijbehorende kosten, het N-overschot en de biocideninzet zijn vergeleken met de waarden behaald in de praktijk op de innovatiebedrijven (tabel 3.2).

De behaalde bedrijfssaldi in CZK in de verschillende projectjaren zijn duidelijk wat hoger dan het berekende bedrijfssaldo met BS-m1 (resp. ca. 6900 en 5684 gld. ha⁻¹), bij vergelijkbare kosten van meststoffen en wat hogere kosten voor gewasbeschermingsmiddelen in de modelberekeningen (tabellen 3.2 en 3.3). Dit verschil in bedrijfssaldo kan voor een groot deel

Tabel 3.2. Gemiddelde (gem.) en standaarddeviatie (s.d.) van het op de innovatiebedrijven behaalde bedrijfssaldo (opbrengsten minus toegerekende kosten, vaste kosten volgens KWIN92/93 (Anonymus, 1992) ingevuld), N-overschot en biociden-inzet (kg a.s. ha⁻¹) en gemiddelde waarden van kosten van meststoffen (werkelijke kosten) en gewasbeschermingsmiddelen (volgens standaardprijzen per jaar)

Regio	Jaar	Saldo (gld. ha ⁻¹)		Kosten (gld. ha ⁻¹)		N-overschot (kg ha ⁻¹)		Biociden-inzet (kg a.s. ha ⁻¹)	
		gemiddeld	s.d.	meststoffen	pesticiden	gemiddeld	s.d.	gemiddeld	s.d.
CZK	1990	6603	1284	225	397	57	45	7,9	2,7
	1991	6696	1252	223	310	82	51	7,1	3,2
	1992	7040	1100	221	308	64	56	4,4	2,5
	1993	7307	1004	215	366	75	75	3,9	2,7
	gem.	6912		221	345	70		5,8	
NON	1990	2885	747	306	522	145	67	43,9	15,6
	1991	2511	629	270	524	153	32	44,4	17,0
	1992	2798	331	250	484	108	16	23,9	16,5
	1993	2940	282	233	556	95	28	26,3	5,8
	gem.	2784		265	522	125		34,6	

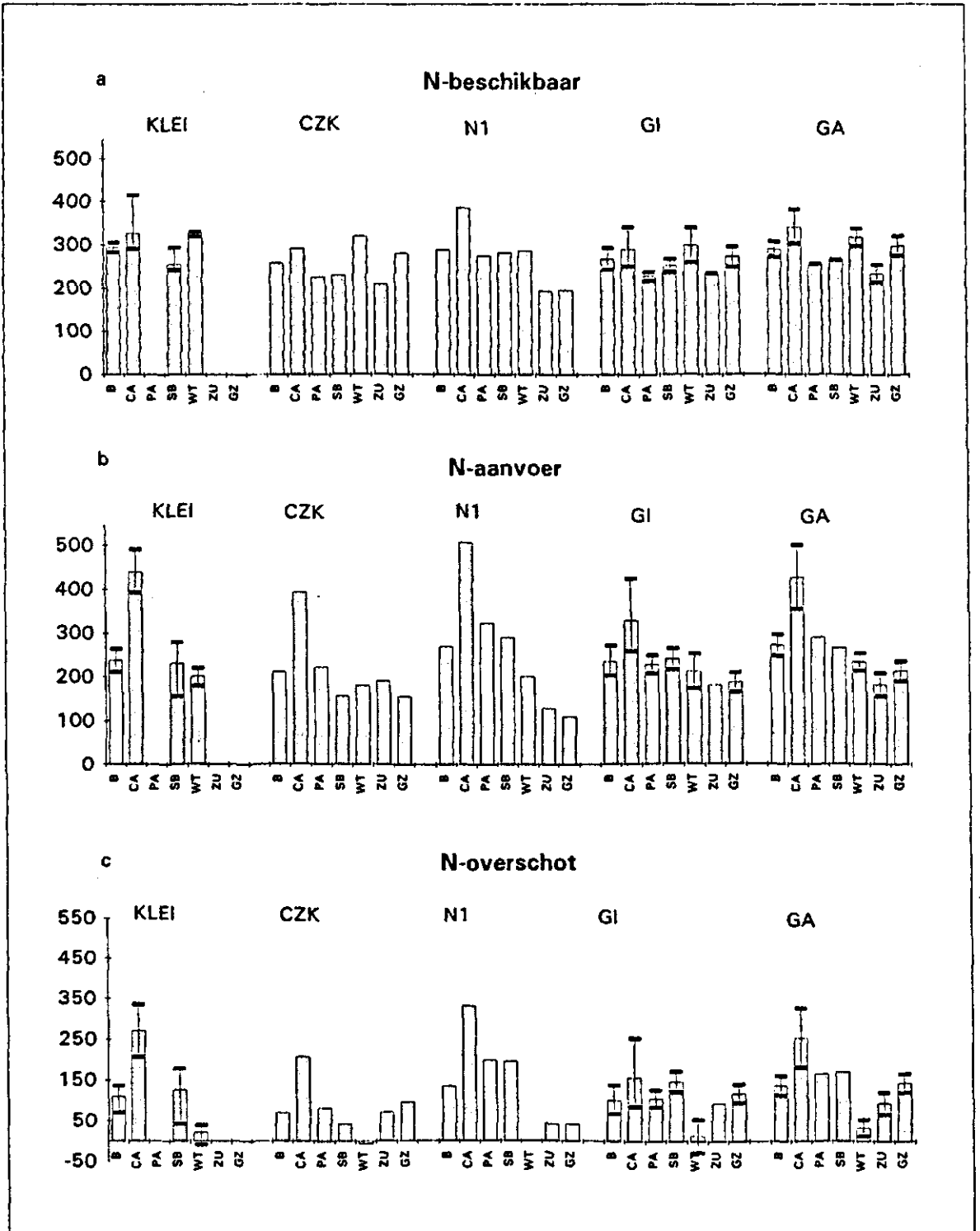
Tabel 3.3. Modelmatige berekening van het bedrijfssaldo (opbrengsten minus toegerekende kosten), de kosten van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen (volgens standaardprijzen van 1992), het N-overschot op bedrijfsniveau en de biociden-inzet op bedrijfsniveau (kg a.s. ha⁻¹). De berekeningen zijn uitgevoerd voor de CZK en NON met twee bedrijfsstelselvarianten (BS-m1 en BS-m2; zie Sectie 3.1). De berekeningen zijn uitgevoerd met de standaard gewasopbrengsten zoals gehanteerd in het model (tabel 3.4) en met de gemiddelde praktijkopbrengsten op de innovatiebedrijven per regio (po) (tabel 3.4).

Regio	Variant	Saldo (gld. ha ⁻¹)	Kosten (gld. ha ⁻¹)		N-overschot (kg ha ⁻¹)	Biociden-inzet (kg a.s. ha ⁻¹)
			meststoffen	pesticiden		
CZK	BS-m1	5684	218	481	136	3,8
	BS-m2	5075	227	403	143	3,6
	BS-m1 (po)	6806	252	481	179	3,8
	BS-m2 (po)	6073	260	403	171	3,6
NON	BS-m1	2303	174	628	82	26,9
	BS-m2	2796	210	664	84	27,1
	BS-m1 (po)	2636	193	628	99	26,9
	BS-m2 (po)	3244	237	664	106	27,1

verklaard worden door verschillen in behaalde en berekende gewasopbrengsten van met name suikerbiet en zaaiui (tabel 3.4) zoals blijkt uit de derde saldo-berekening (BS-m1(po)). Deze saldo-berekening (BS-m1(po)) is tevens gebaseerd op BS-m1, maar de berekeningen zijn verder gebaseerd op gemiddelde opbrengsten behaald op de innovatiebedrijven (tabel 3.4), en resulteert in een vergelijkbaar saldo (6806 gld. ha⁻¹) als gemiddeld behaald in de praktijk (6900 gld. ha⁻¹). De 2e (BS-m2) en 4e (BS-m2(po)) berekeningen, gebaseerd op bouwplan-variant m2 (tabel 3.1) resulteren in iets lagere saldi dan de eerste en derde berekening, met name door het lagere aandeel aardappel in bouwplanvariant m2 (tabel 3.1) en het ontbreken van pootaardappel in bouwplanvariant m2. Berekeningen met het optimaliseringsmodel in hoofdstuk 4 zullen dus naar verwachting uitkomen op een wat lager bedrijfssaldo dan behaald op de innovatiebedrijven, bij een iets afwijkend bouwplan (m2), vergelijkbare teeltmaatregelen en verder standaard gewasopbrengsten (BS-m2).

Tabel 3.4. Gemiddelde waarden (gem.) en standaarddeviatie (s.d. met n = het aantal bedrijven per jaar; sd* met n = aantal jaren) van gewasopbrengsten (t ha⁻¹ verse opbrengst) van een aantal veel geteelde gewassen op de innovatiebedrijven van 1990 t/m 1993 (naar basis gegevens) in de CZK en NON en de berekende gewasopbrengsten met TCG_CROP (model)

Regio	Gewas		Jaar				Gemiddeld	Model
			1990	1991	1992	1993		
CZK	Consumptie-aardappel	gem.	52,5	54,8	58,4	60,4	56,5	53,9
		s.d.	6,6	7,3	9,2	11,0	3,6*	
	Poot-aardappel	gem.	35,5	43,3	44,8	45,4	42,2	38,4
		s.d.	6,2	3,0	7,8	6,7	4,6*	
	Suikerbiet	gem.	73,1	73,2	84,3	70,5	75,3	60,9
		s.d.	10,2	4,4	7,0	10,0	6,1*	
	Wintertarwe	gem.	8,26	7,93	8,75	9,21	8,54	7,73
		s.d.	0,48	0,53	0,52	0,84	0,56*	
	Zaaiui	gem.	63,1	46,5	58,1	71,6	59,8	38,4
		s.d.	16,0	7,9	10,7	9,6	10,5*	
	Graszaad	gem.	1,22	1,59	2,81	1,41	1,76	1,38
		s.d.	0,57	0,68	1,47	0,91	0,72*	
NON	Fabrieks-aardappel	gem.	40,4	36,4	42,7	49,9	42,4	39,1
		s.d.	9,6	8,6	6,4	5,0	5,7*	
	Suikerbiet	gem.	61,5	43,2	52,4	56,2	53,3	45,5
		s.d.	6,7	7,3	4,8	3,4	7,7*	
	Wintertarwe	gem.	5,58	6,69	5,84	6,41	6,13	6,91
		s.d.	0,760	1,47	1,53	0,087	0,51*	
	Graszaad	gem.	1,23	1,46	1,49	1,43	1,40	1,17
		s.d.	0,556	0,191	0,341	0,474	0,12*	



Figuur 3.1. N-beschikbaar (a, kg ha⁻¹), N-aanvoer (b, kg ha⁻¹) en N-overschot (c, kg ha⁻¹) voor een aantal referentiegewassen in bouwplanvariant m1 (tabel 3.1) zoals berekend met het model (N1) en zoals te verwachten bij geïntegreerde (GI) en gangbare (GA) stikstofadviesgiften voor CZK. De uitgangspunten voor de berekeningen zijn beschreven in de tekst (Sectie 3.1). Tevens zijn de praktijkresultaten op de innovatie-bedrijven weergegeven voor de klei-regio's gezamenlijk (klei) en voor CZK apart (verticale lijnen: spreiding rond de gemiddelde waarden).

Voor NON resulteert de berekening van het bedrijfssaldo met bedrijfssysteem m1 en standaard gewasopbrengsten tevens in een lager saldo dan het gemiddelde bedrijfssaldo behaald op de innovatiebedrijven (resp. 2303 gld. en ca. 2800 gld. ha⁻¹). Dit lijkt met name het gevolg van de wat lagere standaard gewasopbrengsten van fabrieksaardappelen en suikerbiet dan de gemiddeld in de praktijk behaalde opbrengsten (zie tabel 3.4 en berekening BS-m1(po) in tabel 3.3). De berekende kosten van gewasbeschermingsmiddelen zijn wat hoger en de berekende bemestingskosten zijn iets lager dan de gemiddelde kosten gemaakt op de innovatiebedrijven. De tweede en vierde saldo-berekening met bouwplanvariant 2 (BS-m2 en BS-m2(po)) resulteren in iets hogere saldi dan de eerste (BS-m1) en derde (BS-m1(po)) berekening. Dit is met name het gevolg van het hogere aandeel suikerbieten in bouwplanvariant m2 (tabel 3.1). De berekening met bouwplanvariant m2 en standaard gewasopbrengsten is vergelijkbaar (2796 gld. ha⁻¹) met het gemiddelde bedrijfssaldo op de innovatiebedrijven van 2800 gld. ha⁻¹ (tabel 3.2). Berekeningen met het optimaliseringsmodel in hoofdstuk 4 zullen dus naar verwachting uitkomen op een vergelijkbaar bedrijfssaldo als behaald op de innovatiebedrijven, bij een iets afwijkend bouwplan (m2), vergelijkbare teeltmaatregelen en standaard gewasopbrengsten (BS-m2).

3.2.2. N-beschikbaar, -aanvoer, -afvoer en -overschot

Centrale zeelei

In figuur 3.1 zijn weergegeven N-beschikbaar, N-aanvoer en N-overschot voor de de klei-regio's samen (innovatiebedrijven) (alleen voor bedrijfsniveau, consumptie-aardappel, suikerbiet en wintertarwe), voor CZK (innovatiebedrijven), voor de modelberekeningen bij een optimale N-gift (N1), voor een geïntegreerd (GI) en gangbaar bemestingsadvies (GA). In tabel 3.5 zijn voor dezelfde groepen de N-aanvoer, -afvoer en -overschot, en de N-aanvoer via organische mest ten opzichte van de totale N-bemesting weergegeven.

De praktijkresultaten en modelberekeningen zijn steeds vergeleken met de waarden berekend voor een GI- en GA-advies. De resultaten hiervan zijn schematisch weergegeven in tabel 3.7.

De gemiddelde waarden van N-beschikbaar, N-aanvoer en N-overschot zijn met uitzondering voor zaaiui, steeds voor het geïntegreerde bemestingsadvies wat lager dan voor het gangbare advies (respectievelijk 15 - 53 kg N ha⁻¹, 20 - 81 N ha⁻¹ en 20 - 81 N ha⁻¹ lager).

De gemiddeld op klei voor consumptieaardappel en wintertarwe beschikbare stikstof is vergelijkbaar met de die berekend bij het GA-advies, de voor suikerbiet beschikbare N is vergelijkbaar met de waarde berekend bij een GI-advies. Op bedrijfsniveau (bouwplanvariant 1; tabel 3.1) wordt een waarde gevonden vergelijkbaar met een GA-advies (Fig. 3.1, tabel 3.2). De afgeleide N-beschikbaar voor de gewassen in CZK is voor de meeste gewassen en op bedrijfsniveau vergelijkbaar met een N-beschikbaar berekend voor een GI-advies of minder. Alleen voor wintertarwe wordt een hogere waarde berekend.

De modelmatig berekende N-beschikbaar bij een optimale N-gift (N1) voor de referentiegewassen is hoger of vergelijkbaar met de waarde berekend bij een GA-advies voor de gewassen consumptie-aardappel, pootaardappel en suikerbiet. Voor wintertarwe is de modelmatig berekende N-beschikbaarheid vergelijkbaar met de waarde berekend bij een GI-advies en voor zaaiui en graszaad is de modelmatig berekende N-beschikbaarheid veel lager dan de waarde berekend bij een GI-advies. Op bedrijfsniveau (BS-m1, zie Sectie 3.1)

Tabel 3.5. N-aanvoer (incl. N-depositie, N in zaaidzaad/pootgoed en in meststoffen), -afvoer en -overschot (kg per ha) op bedrijfs- en gewasniveau van de innovatiebedrijven in de CZK en gemiddeld voor klei (plus spreiding, Schröder et al., 1994) gemiddeld over de projectperiode (1990 t/m 1993). Tevens zijn weergegeven de met TCG_CROP berekende waarden voor bedrijfssysteem BS-m1 (Sectie 3.1) van N-aanvoer, -afvoer, en -overschot, en de waarden berekend op basis van een geïntegreerd (GI-advies) en gangbaar bemestingsadvies (GA-advies; zie verder de tekst). De model- en adviesberekeningen op bedrijfsniveau zijn gebaseerd op bouwplan variant m1 (tabel 3.1), de getallen op bedrijfsniveau van de innovatiebedrijven zijn oorspronkelijke waarden (Schröder et al., 1994).

Gewas	N-	CZK	Klei		Model	GI-advies	GA-advies
			gem.	spreiding			
Bedrijf	N-aanvoer	212	238	212-264	271	204-273	249-298
	% organische mest	43	43-49		46	39	40
	N-afvoer	141	128	116-141	136	134	134
	N-overschot	71	111	71-138	136	68-138	114-162
Consumptie-aardappel	N-aanvoer	394	440	394-492	508	261-427	357-503
	% organische mest	62	64		62	62	62
	N-afvoer	184	167	155-184	174	171	171
	N-overschot	208	272	208-337	334	87-253	183-328
Poot-aardappel	N-aanvoer	222			325	210-251	291
	% organische mest	68			68	68	68
	N-afvoer	140			124	122	122
	N-overschot	83			201	86-127	167
Suikerbiet	N-aanvoer	156	231	156-280	292	218-267	267
	% organische mest	53	52		53	53	53
	N-afvoer	113	104	99-113	96	96	96
	N-overschot	43	127	43-180	196	122-172	172
Wintertarwe	N-aanvoer	181	203	181-221	202	174-254	214-254
	% organische mest	0	7		0	0	0
	N-afvoer	189	181	173-189	201	201	201
	N-overschot	-8	22	-8-40	1	-27-53	13-53
Zaaiui	N-aanvoer	191			130	182	156-209
	% organische mest	33			33	33	33
	N-afvoer	120			88	85	85
	N-overschot	72.3			42	94	67-121
Graszaad	N-aanvoer	156			112	166-211	191-236
	% organische mest	6.5			0	0	0
	N-afvoer	58			70	70	70
	N-overschot	97.5			42	96-141	121-166

resulteert dit in een N-beschikbaar vergelijkbaar met die berekend bij GA-adviezen voor de verschillende gewassen (tabel 3.5). De lage waarden voor zaaiui en graszaad lijken met name een gevolg van de vrij lage opbrengsten van deze gewassen bij de modelberekeningen (tabel 3.4). Bij de bepaling van de bemestingsadviezen wordt uitgegaan van hogere opbrengsten (pers. med. Wijnands, PAGV, 1995). Verschillen kunnen ook een gevolg zijn van verschillen in N-mineralisatie als basis voor de modelberekeningen (subsectie 2.4.4) en als basis bij bepaling van de bemestingsadviezen (worden daarbij impliciet meegenomen). Tevens is het onderscheiden van gewasgroepen bij berekening van de benodigde N-beschikbaarheid voor de referentiegewassen in het model mogelijk niet gedetailleerd genoeg om de verschillen tussen de gewassen voldoende tot z'n recht te laten komen (zie subsectie 2.4.4).

De waarde van N-beschikbaar gemiddeld over de gewassen op bedrijfsniveau is het hoogst voor de modelberekeningen (GA-advies), met name vanwege de hoge waarden voor consumptieaardappel, pootaardappel en suikerbiet. Dan volgt de N-beschikbaar berekend voor de klei-regio's gezamenlijk (GA-advies) en de N-beschikbaar berekend voor CZK (GI-advies). De verschillen in niveau van N-beschikbaar voor de klei-regio's gezamenlijk, CZK en de modelberekeningen zetten zich in grote lijn voort in de verschillen in N-aanvoer en N-overschot (Fig. 3.1b en c, tabellen 3.5 en 3.7).

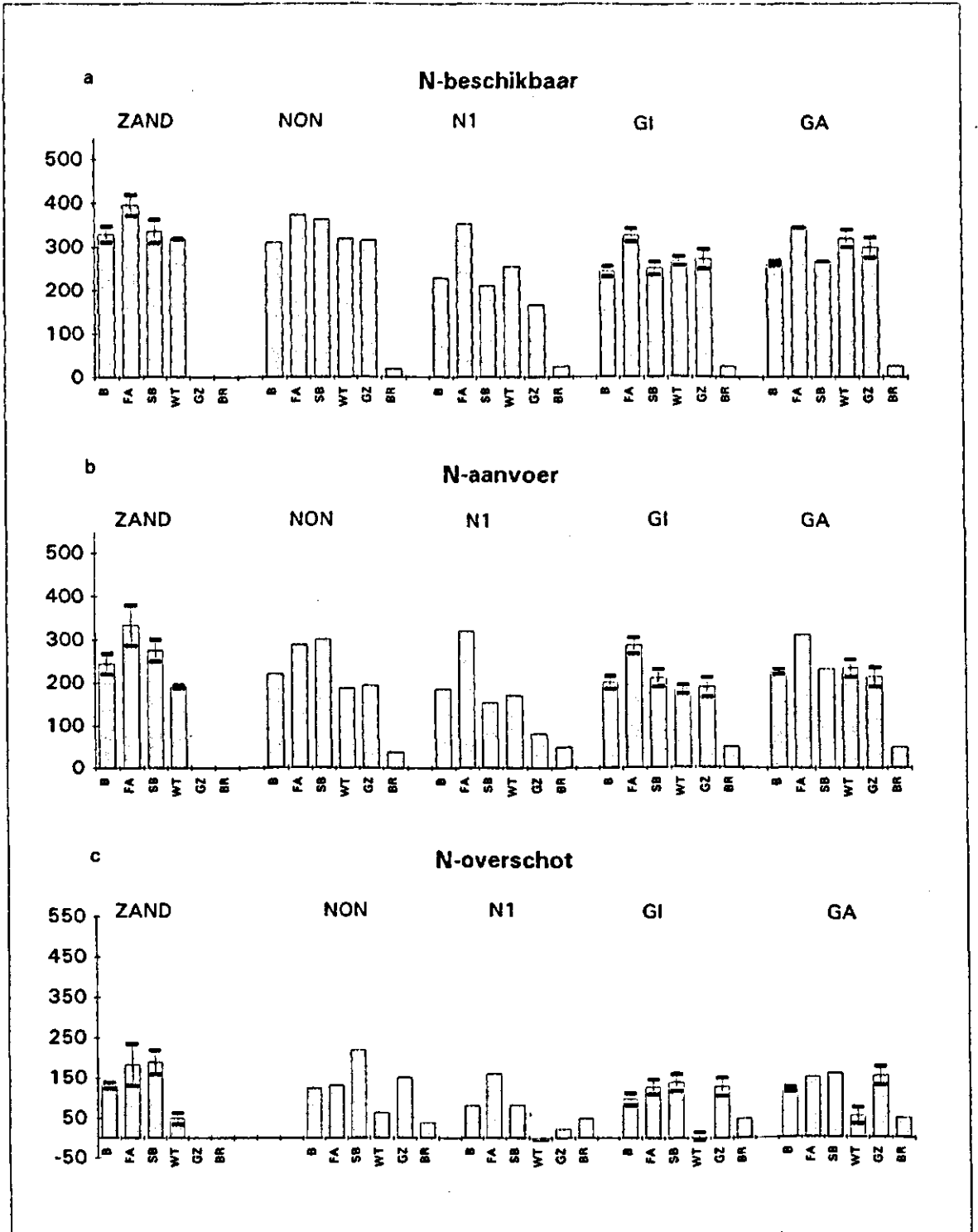
Het gemiddelde N-overschot op de mineralenbalans bedroeg landelijk voor de innovatie-bedrijven over de gehele projectperiode 117 kg ha^{-1} en in 1992/1993 115 kg ha^{-1} (Schröder et al., 1994; Wijnands et al., 1995). Zowel vóór als tijdens de project-periode werd door de innovatiebedrijven in CZK een lager N-overschot behaald dan 115 kg ha^{-1} , namelijk 71 kg ha^{-1} . In NZK en ZWK, de andere klei-regio's, bleef het N-overschot gemiddeld over de vier project-jaren hoger dan 115 kg ha^{-1} (124 en 138 kg N ha^{-1}). Het relatief lage N-overschot in CZK is een gevolg van in het algemeen beneden GA-advies en soms ook beneden GI-advies bemesten en van de relatief hoge gewasopbrengsten (= N-afvoer) (Schröder et al., 1994; tabel 3.5).

De modelberekeningen resulteren in een N-overschot (136 kg N ha^{-1}) dat hoger is dan het gemiddelde N-overschot in CZK (71 kg N ha^{-1}) en hoger dan het gemiddelde van de klei-regio's samen (111 kg N ha^{-1}) met name door de gemiddeld op bedrijfsniveau hogere N-aanvoer en in vergelijking met CZK iets lagere N-afvoer (tabel 3.5).

Bovenstaande modelberekeningen op bedrijfsniveau hebben steeds betrekking op bouwplanvariant m1. Bouwplanvariant m2 resulteert in een iets hoger N-overschot vanwege het ontbreken van pootaardappel en het grotere aandeel consumptie-aardappel in het bouwplan (tabellen 3.1 en 3.3).

N-beschikbaar, de N-aanvoer en het N-overschot zijn tevens berekend voor twee opbrengstbeperkende N-giften met 5 % (N2) en 10 % (N3) opbrengstreductie (zie Fig. 3.3a, tabel 3.7). Deze opbrengstbeperkende giften zijn in hoofdstuk 3 niet bij de vergelijking van modelresultaten en praktijkresultaten betrokken, maar zijn wel van belang bij de verkenningen die uitgevoerd worden in hoofdstuk 4.

Voor alle gewassen en op bedrijfsniveau dalen de waarden van de modelmatig berekende N-beschikbaar, N-aanvoer en N-overschot bij opbrengstbeperkende N-giften (N2 en N3) (tabel 3.7). Voor consumptie-aardappel zijn de niveaus bij N2 vergelijkbaar met een GA-advies en bij N3 vergelijkbaar met GI-niveau (tabel 3.7). Voor pootaardappel zijn de niveaus vergelijkbaar met een GA- of GI-advies. Voor de overige gewassen zijn de niveaus van N-beschikbaar, -aanvoer en -overschot bij opbrengstbeperkende N-giften steeds vergelijkbaar of lager dan bij een GI-advies.



Figuur 3.2. N-beschikbaar (a, kg ha⁻¹), N-aanvoer (b, kg ha⁻¹) en N-overschot (c, kg ha⁻¹) voor een aantal referentiegewassen in bouwplanvariant m1 (tabel 3.1) zoals berekend met het model (N1) en zoals te verwachten bij geïntegreerde (GI) en gangbare (GA) stikstofadviesgiften voor NON. De uitgangspunten voor de berekeningen zijn beschreven in de tekst (Sectie 3.1). Tevens zijn de praktijkresultaten op de innovatie-bedrijven weergegeven voor de zand-regio's gezamenlijk (zand) en voor NON apart (verticale lijnen: spreiding rond de gemiddelde waarden).

Noordoost-Nederland

In figuur 3.2 zijn weergegeven N-beschikbaar, N-aanvoer en het N-overschot voor de zand-regio's samen (alleen voor bedrijfsniveau, fabrieksaardappel, suikerbiet en wintertarwe), voor NON, voor de modelberekeningen bij een optimale N-gift (N1), voor een geïntegreerd (GI-advies) en gangbaar bemestingsadvies (GA-advies). In tabel 3.6 zijn voor dezelfde

Tabel 3.6. N-aanvoer (incl. N-depositie, N in zaaizaad/pootgoed en in meststoffen), -afvoer en -overschot (kg per ha) op bedrijfs- en gewasniveau van de innovatiebedrijven in de NON en gemiddeld voor zand (plus spreiding, Schröder et al., 1994) gemiddeld over de project-periode (1990 t/m 1993). Tevens zijn weergegeven de met TCG_CROP berekende waarden voor bedrijfssysteem BS-m1 (Sectie 3.1) van N-aanvoer, -afvoer, en -overschot, en waarden berekend op basis van een geïntegreerd (GI-advies) en gangbaar bemestingsadvies (GA-advies; zie verder de tekst). De model- en advies berekeningen op bedrijfsniveau zijn gebaseerd op bouwplan variant m1 (tabel 3.1), de getallen op bedrijfsniveau van de innovatiebedrijven zijn oorspronkelijke waarden (Schröder et al., 1994).

Gewas	N-	NON	zand		Model	GI-advies	GA-advies
			gemiddeld	spreiding			
Bedrijf	N-aanvoer	221	245	221-268	186	187-217	219-231
	% organische mest	48			48	43-45	42-44
	N-afvoer	95	111	95-127	104	116	116
	N-overschot	125	133	125-140	82	83-113	115-127
Fabrieks-aardappel	N-aanvoer	288	335	288-381	321	269-306	310
	% organische mest	52			52	52	52
	N-afvoer	157	151	144-157	159	189	175
	N-overschot	132	184	132-236	161	110-147	151
Suikerbiet	N-aanvoer	301	276	251-301	154	191-220	232
	% organische mest	72			72	72	72
	N-afvoer	81	87	81-92	76	80	80
	N-overschot	220	190	160-220	83	119-161	160
Wintertarwe	N-aanvoer	188	192	188-195	171	174-194	214-254
	% organische mest	0			0	0	
	N-afvoer	126	143	126-159	179	179	179
	N-overschot	64	50	36-63	-8	-5-15	35-75
Graszaad	N-aanvoer	195			82	166-211	191-236
	% organische mest	19,5			0	0	0
	N-afvoer	43			59	59	59
	N-overschot	152			23	107-152	132-177
Braak	N-aanvoer	39			50		
	% organische mest	0			0		
	N-afvoer	0			0		
	N-overschot	39			50		

groepen N-aanvoer, -afvoer en -overschot, en N-aanvoer in organische mest ten opzichte van de totale N-bemesting weergegeven.

De praktijkresultaten en modelberekeningen zijn steeds vergeleken met de waarden berekend voor een GI-en GA-advies. De resultaten hiervan zijn schematisch weergegeven in tabel 3.8.

De gemiddelde waarden van N-beschikbaar, N-aanvoer en N-overschot zijn steeds voor het geïntegreerde bemestingsadvies wat lager dan voor het gangbare advies (respectievelijk 15 - 50 kg ha⁻¹, 21 - 50 ha⁻¹ en 20 - 50 ha⁻¹).

Tabel 3.7. N-beschikbaar, N-aanvoer en N-overschot voor de klei-regio's, voor CZK en voor de modelberekeningen bij een optimale (N1) en twee opbrengstbeperkende N-giften (N2: opbrengst - 5 %; N3: opbrengst - 10 %) uitgedrukt in waarden berekend voor een GA- en GI-bemestingsadvies (zie Fig. 3.1 en 3.2). Een + of - is toegevoegd indien de berekende waarden meer dan 20 kg N ha⁻¹ afwijken van de gemiddelde waarden bij een GI- of GA-advies of als de berekende waarden buiten de ranges vallen van de waarden berekend voor de adviesgiften.

Bedrijf/gewas	Klei	CZK	N1	N2	N3
<u>N-beschikbaar</u>					
Bedrijf	GA	GI	GA	GI-	GI-
Consumptie-aardappel	GA	GI	GA+	GA	GI
Pootaardappel	-	GI	GA	GI	GI
Suikerbiet	GI	GI-	GA	GI	GI-
Wintertarwe	GA	GA	GI	GI-	GI-
Zaaiui	-	GI-	GI-	GI-	GI-
Graszaad	-	GI	GI-	GI-	GI-
<u>N-aanvoer</u>					
Bedrijf	GI	GI-	GA	GI-	GI-
Consumptie-aardappel	GA	GA-	GA+	GA	GI
Pootaardappel	-	GI	GA+	GA-	GI-
Suikerbiet	GI	GI-	GA+	GI	GI-
Wintertarwe	GI	GI-	GI	GI-	GI-
Zaaiui	-	GI	GI-	GI-	GI-
Graszaad	-	GI-	GI-	GI-	GI-
<u>N-overschot</u>					
Bedrijf	GI	GI-	GA	GI	GI-
Consumptie-aardappel	GA+	GA-	GA+	GA	GA-
Pootaardappel	-	GI-	GA+	GA-	GI
Suikerbiet	GI	GI-	GA+	GI	GI-
Wintertarwe	GI	GI-	GI	GI-	GI-
Zaaiui	-	GI-	GI-	GI-	GI-
Graszaad	-	GI-	GI-	GI-	GI-

De gemiddeld op zand voor fabrieksaardappel, suikerbiet en wintertarwe beschikbare stikstof is vergelijkbaar met of hoger dan berekend volgens het GA-advies. Op bedrijfsniveau (BS-m1, Sectie 3.1) wordt een waarde gevonden die hoger is dan berekend bij GA-adviezen

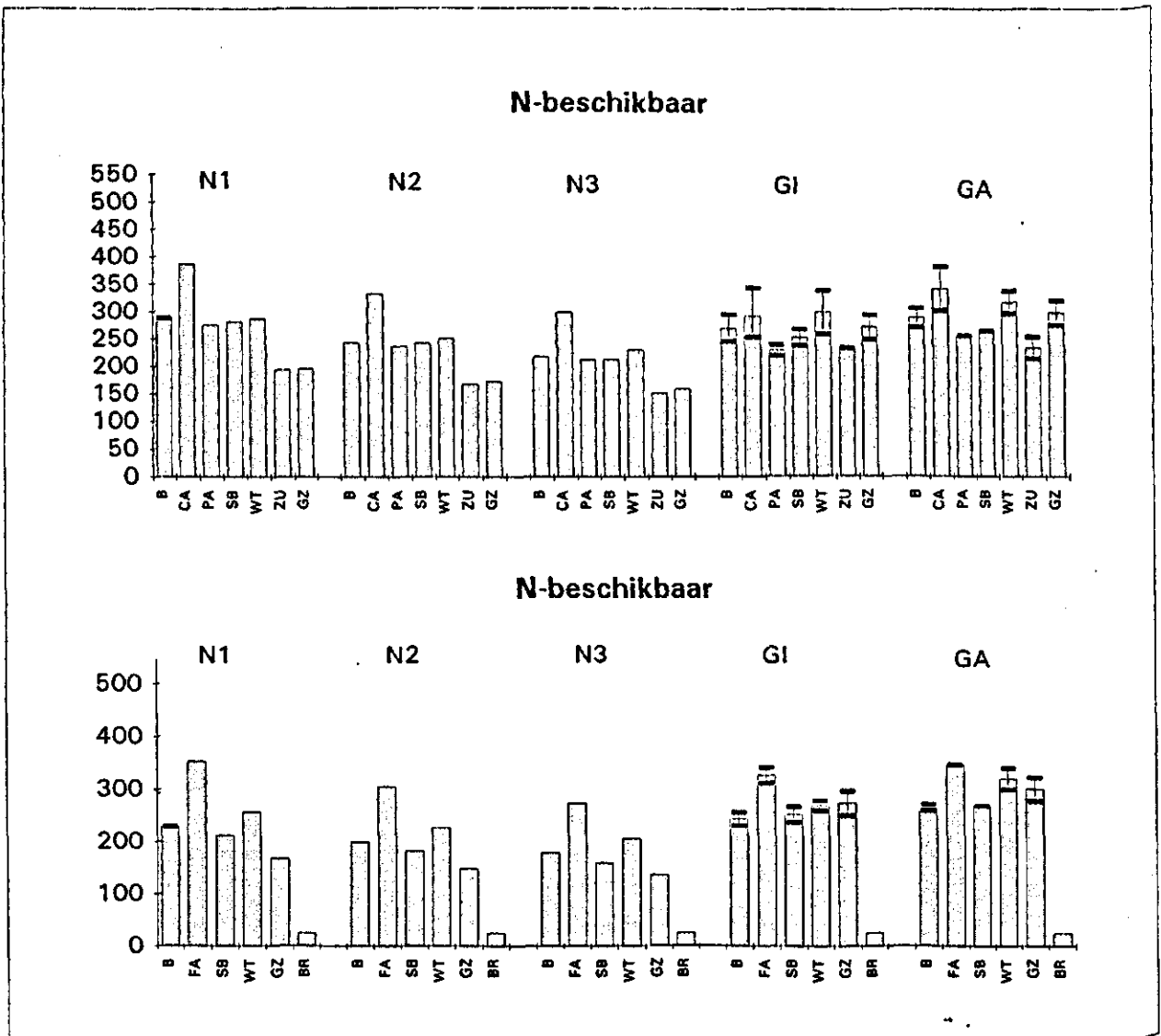
(Fig. 3.2, tabel 3.8). De afgeleide N-beschikbaar voor de gewassen in NON is iets lager dan die voor de zand-regio's samen, maar voor de meeste gewassen en op bedrijfsniveau is de N-beschikbaar hoger dan de waarde berekend bij een GA-advies.

De modelmatig berekende N-beschikbaar bij een optimale N-gift (N1) voor de referentie-gewassen is voor fabrieksaardappel vergelijkbaar met de waarde berekend bij een GA-advies. Voor de overige gewassen en op bedrijfsniveau is de berekende N-beschikbaar vergelijkbaar met of lager dan berekend bij een GI-advies (Fig. 3.2a, tabel 3.8). De lage waarden voor suikerbiet en graszaad lijken met name het gevolg van de vrij lage opbrengsten van deze gewassen bij de modelberekeningen (tabel 3.3). Evenals is opgemerkt bij de berekeningen voor klei, kunnen de verschillen ook een gevolg zijn van verschillen in N-mineralisatie waarvan wordt uitgegaan bij de modelberekeningen en bij bepaling van de bemestingsadviezen (worden daarbij impliciet meegenomen) of van de te generalistische wijze van berekening van N-beschikbaar voor de referentiegewassen in het model (zie subsectie 2.4.4).

De waarde van N-beschikbaar gemiddeld over de gewassen op bedrijfsniveau is het hoogst voor de zand-regio's samen (GA-advies) gevolgd door NON (GA-advies) en de modelbereke-

Tabel 3.8. N-beschikbaar, N-aanvoer en N-overschot voor de zand-regio's, voor NON en voor de modelberekeningen bij een optimale (N1) en twee opbrengstbeperkende N-giften (N2: opbrengst - 5 %; N3: opbrengst - 10 %) uitgedrukt in waarden berekend voor een GA- en GI-bemestingsadvies (Fig. 3.2). Een + of - is toegevoegd indien de berekende waarden meer dan 20 kg N ha⁻¹ afwijken van de gemiddelde waarden bij een GI- of GA-advies of als de berekende waarden buiten de ranges vallen van de waarden berekend voor de adviesgiften.

Bedrijf/gewas	Zand	NON	N1	N2	N3
<u>N-beschikbaar</u>					
Bedrijf	GA+	GA+	GI	GI-	GI-
Fabrieksaardappel	GA+	GA+	GA	GI-	GI-
Suikerbiet	GA+	GA+	GI-	GI-	GI-
Wintertarwe	GA	GA	GI	GI-	GI-
Graszaad	-	GA	GI-	GI-	GI-
<u>N-aanvoer</u>					
Bedrijf	GA+	GA	GI	GI-	GI-
Fabrieksaardappel	GA+	GI	GA	GI-	GI-
Suikerbiet	GA+	GA+	GI-	GI-	GI-
Wintertarwe	GI	GI	GI	GI-	GI-
Graszaad	-	GI	GI-	GI-	GI-
<u>N-overschot</u>					
Bedrijf	GA	GA	GI	GI-	GI-
Fabrieksaardappel	GA+	GI	GA	GI	GI-
Suikerbiet	GA+	GA+	GI-	GI-	GI-
Wintertarwe	GA	GA	GI	GI-	GI-
Graszaad	-	GA	GI-	GI-	GI-



Figuur 3.3. N-beschikbaar (kg N ha⁻¹) berekend bij een optimale N-gift (N1) en bij twee opbrengst-beperkende N-giften (N2 en N3: 5 % en 10 % opbrengstlimitering door de stikstofbemes-ting) voor CZK (a) en voor NON (b). Tevens is weergegeven de N-beschikbaar zoals te ver-wachten bij een geïntegreerde (GI) en gangbaar stikstof-bemestings-advies. De uitgangspunten voor de berekeningen zijn beschreven in de tekst (Sectie 3.1) (verticale lijnen: de spreiding in de advies-giften).

ningen (GI-advies). De verschillen in niveau van N-beschikbaar voor de zand-regio's gezamenlijk, NON en de modelberekeningen zetten zich in grote lijn voort in de verschillen in N-aanvoer en N-overschot (zie Fig. 3.2b en c, tabellen 3.6 en 3.8).

Het gemiddelde N-overschot op de mineralenbalans bedroeg landelijk voor 38 innovatiebedrijven over de gehele projectperiode 117 kg N ha⁻¹ en in 1992/1993 115 kg N ha⁻¹ (Schröder et al., 1994; Wijnands et al., 1995). Vóór en gemiddeld tijdens de projectperiode voor de innovatiebedrijven in NON werd een hoger N-overschot gevonden dan 115 kg N ha⁻¹. Tijdens de projectperiode was het overschot gemiddeld 125 kg N ha⁻¹ (Wijnands et al., 1995, tabel 3.6). In ZON was het N-overschot hoger dan in NON (Wijnands et al., 1995) en bedroeg gemiddeld over de projectperiode 140 kg N ha⁻¹ (Schröder et al., 1994). Voor beide regio's tekende zich echter een duidelijke daling af van het N-overschot tijdens de projectperiode met name door beperking van de N-aanvoer. In 1992/1993 bedroeg het N-overschot voor NON gemiddeld 102 kg N ha⁻¹ en voor ZON gemiddeld 128 kg N ha⁻¹.

De modelberekeningen resulteren in een N-overschot op bedrijfsniveau (82 kg N ha⁻¹) dat lager is dan het gemiddelde van NON (125 kg N ha⁻¹) en ZON (140 kg N ha⁻¹) en ook lager dan het niveau van 102 kg N ha⁻¹ (NON, 1992/1993) met name door de gemiddeld op bedrijfsniveau lagere N-aanvoer dan in NON en ZON (tabel 3.6). Vergeleken met NON wordt ook iets meer N afgevoerd (tabel 3.6).

Bovenstaande modelberekeningen op bedrijfsniveau hebben steeds betrekking op bouwplanvariant m1. Bouwplanvariant m2 resulteert in een vergelijkbaar N-overschot als bouwplanvariant m1 (tabel 3.3).

N-beschikbaar, N-aanvoer en N-overschot zijn tevens berekend voor twee opbrengstbeperkende N-giften met 5 % (N2) en 10 % (N3) opbrengstreductie (Fig. 3.3b, tabel 3.8). Deze opbrengstbeperkende giften zijn in hoofdstuk 3 niet bij de vergelijking van modelresultaten en praktijkresultaten betrokken, maar zijn wel van belang bij de verkenningen die uitgevoerd worden in hoofdstuk 4.

Voor alle gewassen en op bedrijfsniveau dalen de waarden van de modelmatig berekende N-beschikbaar, N-aanvoer en N-overschot bij opbrengstbeperkende N-giften (N2 en N3) (tabel 3.2). Voor alle gewassen en op bedrijfsniveau zijn de niveaus van N-beschikbaar, -aanvoer en -overschot bij opbrengstbeperkende N-giften steeds lager dan bij een GI-advies, met uitzondering van het N-overschot van suikerbiet bij N2 (GI, tabel 3.8).

De gevolgen van opbrengstbeperkende N-giften op zowel het N-overschot als op het bedrijfssaldo zijn weergegeven in tabel 3.9 voor bouwplanvariant 1 en bouwplanvariant 2. De opbrengstbeperkende N-giften resulteren steeds in een reductie van het N-overschot en verlaging van het bedrijfssaldo.

Tabel 3.9. Modelmatig berekende N-overschotten (kg ha⁻¹) en saldo's (gld. ha⁻¹) op bedrijfsniveau voor bedrijfssystemen BS-m1 en BS-m2 (Sectie 3.1) voor de Centrale Zeeklei (CZK) en Noordoost-Nederland (NON) bij verschillende niveaus van N-toediening per referentie-gewas: N1: optimale N-gift (1,0); N2: N-gift met 5 % opbrengstvermindering (0,95), N3: N-gift met 10 % opbrengstvermindering (0,90).

Regio	N-gift	N-overschot		Saldo	
		BS-m1	BS-m2	BS-m1	BS-m2
CZK	1,00	136	143	5684	5075
	0,95	98	105	5336	4776
	0,90	71	71	4984	4472
NON	1,00	82	84	2303	2796
	0,95	60	57	2151	2609
	0,90	44	39	1997	2420

3.2.3. Inzet van gewasbeschermingsmiddelen

Uit de tabellen 3.3, 3.10 en 3.11 blijkt dat zowel in CZK als in NON de inzet van gewasbeschermingsmiddelen (inclusief hulpstoffen; uitgedrukt in a.s. ha⁻¹) gedurende de projectperiode is afgenomen. In de laatste twee projectjaren is de inzet van gewasbeschermingsmiddelen beduidend lager dan in de eerste twee projectjaren.

De wijzen waarop de inzet van gewasbeschermingsmiddelen verminderd kon worden op de innovatiebedrijven, is uitgebreid beschreven door Wijnands et al. (1995).

In CZK is deze afname op bedrijfsniveau in grote mate gerealiseerd door de gereduceerde inzet van actieve stof via fungiciden voor de *Phytophthora*-bestrijding bij aardappel. Deze reductie werd mogelijk gemaakt door verbouw van *Phytophthora*-resistente rassen, door gebruik van verlaagde doseringen, door het gebruik van maneb/tin-combinaties met een geringere hoeveelheid actieve stof en door de introductie in 1992 van het middel Shirlan met een zeer lage hoeveelheid actieve stof en met weinig risico's voor het milieu (Van Bon et al., 1994). Verder speelt de vermindering van het gebruik van herbiciden mede een belangrijk rol bij de reductie van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Dit werd mogelijk door toepassing van mechanische onkruidbestrijding, lage doseringssystemen, rijenbespuitingen en niet-chemische loofdodingsmethoden (Wijnands et al., 1995).

Met het model wordt bij een geïntegreerde gewasbescherming (zie Sectie 3.1) in CZK op bedrijfsniveau een vergelijkbare inzet van actieve stof berekend als behaald op de innovatiebedrijven in 1992/1993 (respectievelijk 3,79 kg en 4,16 kg a.s. ha⁻¹). Gemiddeld in CZK bedraagt de inzet van actieve stof via hulpstoffen 10 % van de totale inzet (tabel 3.10). In de laatste twee projectjaren werden op de innovatiebedrijven in CZK de reductiedoelstellingen voor het jaar 2000 voor nematiciden en de overige gewasbeschermingsmiddelen ruimschoots gehaald (tabellen 2.1 en 2.2; Wijnands et al., 1995).

In NON is de afname van inzet van gewasbeschermingsmiddelen met name door de verminderde inzet van grondontsmettingsmiddelen gerealiseerd (tabel 3.11). Bij de overige middelen is geen duidelijk neergaande trend op bedrijfsniveau zichtbaar. Voor NON is de met het model berekende inzet van actieve stof op bedrijfsniveau bij een geïntegreerde aanpak (zie

Tabel 3.10. Gemiddelde waarden (gem.) en standaarddeviatie (s.d.) van inzet van biociden (kg a.s. ha⁻¹) (A: totaal, B: totaal minus nematiciden, C: nematiciden) op bedrijfsniveau en bij B en C tevens voor een aantal gewassen voor de innovatiebedrijven van 1990 t/m 1993 (naar basisgegevens) in CZK. Bij A is tussen haakjes de hoeveelheid hulpstoffen weergegeven (kg a.s. ha⁻¹). Tevens is weergegeven de inzet van gewasbeschermingsmiddelen (in kg a.s. ha⁻¹) zoals berekend door TCG_CROP bij geïntegreerde gewasbescherming (model). De berekeningen op bedrijfsniveau hebben betrekking op BS-m1 (Sectie 3.1).

Bedrijf/gewas		Jaar				Gemiddeld		Model	
		1990	1991	1992	1993	'90-'93	'92-'93		
A Bedrijf	gem.	7,94	7,13	4,42	3,90	5,85	4,16	3,79	
	s.d.	2,65	3,24	2,46	2,65				
	hulpstoffen	(0,68)	(0,33)	(0,50)	(0,76)	(0,57)	(0,63)		
B Bedrijf	gem.	7,94	6,32	4,24	3,90	5,60	4,07	3,79	
	s.d.	2,65	2,10	2,41	2,65				
	Consumptie- aardappel	gem. s.d.	18,88 3,62	18,97 7,27	7,80 2,86	7,43 4,61	13,27	7,62	5,78
	Poot- aardappel	gem. s.d.	21,07 7,58	11,91 4,13	8,16 6,38	4,34 1,13	11,37	6,25	4,72
	Suikerbiet	gem. s.d.	1,74 1,00	1,12 0,77	1,08 0,70	1,61 0,88	1,39	1,35	1,6
	Wintertarwe	gem. s.d.	4,47 4,81	1,71 0,67	2,19 1,25	1,37 0,70	2,44	1,78	1,4
	Zaaiui	gem. s.d.	7,63 4,70	8,12 2,65	6,66 2,86	7,03 4,94	7,36	6,85	10,0
	Graszaad	gem. s.d.	4,08 2,31	3,16 1,30	2,47 0,69	0,88 0,057	2,65	1,68	1,3
	C Bedrijf	gem.	0	0,81	0,180	0	0,25	0,09	0
		s.d.		2,44	0,54				
Consumptie- aardappel		gem. s.d.	0 0	4,05 10,71	0 0	0 0	1,01	0	
Suikerbiet	gem. s.d.	0 0	0 0	0,71 2,14	0 0	0,18	0,36		

Tabel 3.11. Gemiddelde waarden (gem.) en standaarddeviatie (s.d.) van inzet van biociden (kg a.s. ha⁻¹) (A: totaal, B: totaal minus nematiciden, C: nematiciden) op bedrijfsniveau en bij B en C tevens voor een aantal gewassen voor de innovatiebedrijven van 1990 t/m 1993 (naar basisgegevens) in NON. Bij A is tussen haakjes de hoeveelheid hulpstoffen weergegeven (kg a.s. ha⁻¹). Tevens is weergegeven de inzet van gewasbeschermingsmiddelen zoals berekend door TCG_CROP bij geïntegreerde gewasbescherming (model). De berekeningen op bedrijfsniveau hebben betrekking op BS-m1 (Sectie 3.1).

Bedrijf/gewas		Jaar				Gemiddeld		Model
		1990	1991	1992	1993	'90-'93	'92-'93	
A Bedrijf	gem.	44,00	44,41	23,94	26,30	34,66	25,12	26,86
	s.d.	15,55	17,03	16,49	5,83			
	hulpstoffen	(0,70)	(1,48)	(1,06)	(2,05)	(1,32)	(1,55)	
B Bedrijf	gem.	6,93	7,15	5,71	6,86	6,66	6,29	1,86
	s.d.	1,40	2,51	0,83	2,19			
	Fabrieks- aardappel	gem. s.d.	14,35 3,61	13,16 3,43	11,12 2,09	13,84 6,51	13,12	12,48
Suikerbiet	gem.	4,03	6,18	4,86	4,77	4,96	4,81	1,6
	s.d.	0,87	2,80	0,82	0,86			
Wintertarwe	gem.	3,13	2,86	2,16	1,62	2,44	1,89	1,3
	s.d.	0,32	0,74	1,06	0,87			
Graszaad	gem.	3,42	4,08	2,13	1,82	2,86	1,98	1,3
	s.d.	3,41	2,40	1,55				
C Bedrijf	gem.	37,07	37,26	18,23	19,44	28,00	18,84	25,00
	s.d.	15,05	15,90	16,97	5,91			
Fabrieks- aardappel	gem.	95,61	72,09	57,64	62,85	72,05	60,25	
	s.d.	48,28	57,18	55,18	30,60			
Suikerbiet	gem.	18,09	0	0	0	4,52	0	
	s.d.	44,3						
Wintertarwe	gem.	0	24,61	0	0	6,15	0	
	s.d.		42,63					
Graszaad	gem.	0	38,25	17,66	23,55	19,63	20,61	
	s.d.		76,50	35,31	47,09			

Sectie 3.1), vergelijkbaar met de inzet behaald op de innovatiebedrijven in het laatste projectjaar (respectievelijk 26,86 kg en 26,30 kg a.s. ha⁻¹). Dit resultaat is bereikt door een wat hogere inzet van grondontsmettingsmiddelen in de modelberekeningen (één behandeling per zes jaar) en een wat lagere inzet van overige middelen vergeleken met de inzet op de innovatiebedrijven. De lagere inzet van overige middelen in het model is met name een gevolg van de lagere inzet van actieve stof bij fabrieksaardappel en suikerbiet. Deze lage inzet bij fabrieksaardappel bij een geïntegreerde gewasbescherming, is met name te danken

aan de inzet van het middel Shirlan met een zeer lage hoeveelheid actieve stof (appendix I.2, tabel 1.2.5). Op de innovatiebedrijven in NON werd echter zeer terughoudend en langzaam overgeschakeld op Shirlan (Wijnands et al., 1995). Tevens leidde de natte herfst van 1993 tot een toename van het aantal bespuitingen, waardoor de inzet van actieve stof bij fabrieksaardappel in NON niet terugliep (Wijnands et al., 1995).

De lagere inzet van gewasbeschermingsmiddelen bij suikerbiet bij een geïntegreerd gewasbeschermingspakket in het model is met name het gevolg van een sterke reductie van het gebruik van herbiciden. Dit is mogelijk door een grotere inzet van mechanische onkruidbestrijding en lage-doseringssystemen (Habekotté, 1994). Op de innovatiebedrijven in NON bleef de herbicideninzet echter hoog omdat omwille van erosie-preventie en risico voor nachtvorstschade liever geen mechanische onkruidbestrijding wordt toegepast en aldus de inzet van herbiciden nodig blijft (Wijnands et al., 1995) en tevens voor de bestrijding van grasachtigen: enerzijds om gerst te bestrijden die als anti-stuifdek was ingezaaid, anderzijds ter beheersing van graszaadopslag (Wijnands et al., 1995). De modelbenadering geeft dus een optimistischer beeld van de geïntegreerde gewasbescherming (exclusief nematiciden) dan de praktijk op de innovatiebedrijven in NON.

Gemiddeld voor NON bedraagt de inzet van actieve stof via hulpstoffen 3,8 % van de totale inzet (tabel 3.11). In NON worden de reductiedoelstellingen voor nematiciden en de overige middelen voor het jaar 2000 zoals geformuleerd in tabellen 2.1 en 2.2, niet gehaald. Vergeleken met de inzet van gewasbeschermingsmiddelen in de jaren voorafgaande aan het project werden echter toch aanzienlijke reducties bereikt: 25 % reductie exclusief nematiciden en 57,2 % inclusief nematiciden (Wijnands et al., 1995). De afname in de inzet van nematiciden werd voortgezet in 1994 (Wijnands et al., 1995).

3.3. Conclusies

Centrale Zeeklei

De modelberekeningen met een bouwplan dat in principe door het optimaliseringsmodel gekozen kan worden (m2, tabel 3.1) en tevens vergelijkbaar is met de gemiddelde bouwplansamenstelling op de innovatiebedrijven (tabel 3.1) bij vergelijkbare teeltmaatregelen als op de innovatiebedrijven (BS-m2, zie secie 3.1) resulteert in een lager bedrijfssaldo (5075 gld. ha⁻¹) dan gemiddeld behaald op de innovatiebedrijven (6900 gld. ha⁻¹) (tabellen 3.2 en 3.3). Dit is een gevolg van het lagere aandeel aardappel en het ontbreken van pootaardappel in bouwplanvariant m2 en van de lagere gewasopbrengsten zoals gehanteerd in het model vergeleken met de behaalde gewasopbrengsten op de innovatiebedrijven in CZK (tabel 3.4). Bij de modelmatige verkenningen van de geïntegreerde bedrijfsstrategie in hoofdstuk 4 zal dus het niveau van het bedrijfssaldo bij een vergelijkbaar bouwplan en vergelijkbare teeltmaatregelen als op de innovatiebedrijven lager liggen dan op de innovatiebedrijven. Bij de verdere verkenningen van de geïntegreerde bedrijfsstrategie zullen veranderingen in het bedrijfssaldo ten gevolge van andere keuzen van bouwplansamenstelling en teeltmaatregelen, ten opzichte van het modelmatige referentie-niveau (= BS-m2) bekeken worden.

Het modelmatig berekende N-overschot bij optimale N-bemesting (N1: zonder opbrengst-reductie) is bij bouwplanvariant m2 beduidend hoger dan gemiddeld behaald op de innovatiebedrijven in CZK. Dit is met name het gevolg van de hogere N-bemesting (en totale N-aan-

voer) op bedrijfsniveau, vergelijkbaar met een gangbaar bemestings-adviesniveau en van de lagere N-afvoer door de gemiddeld lagere gewasopbrengsten dan behaald op de innovatiebedrijven. In CZK wordt over het algemeen volgens geïntegreerde adviezen bemest. Bij de modelmatige verkenningen zal dus bij een vergelijkbaar bouwplan en een vergelijkbaar aandeel van N-aanvoer via organische mest ten opzichte van de totale N-aanvoer, het N-overschot hoger uitvallen dan op de innovatiebedrijven in CZK.

Tevens valt op dat bij niet-opbrengstbeperkende modelmatige N-giften (N1), N-aanvoer en N-overschot bij consumptie-aardappel en suikerbiet hoger zijn dan bij een gangbaar advies, bij wintertarwe vergelijkbaar met een geïntegreerd advies en bij zaaiui en graszaad lager dan bij een geïntegreerd bemestingsadvies. Bij verdere modelmatige verkenningen in hoofdstuk 4 zal dus opname van consumptieaardappel en suikerbiet in het bouwplan de N-aanvoer en het N-overschot op bedrijfsniveau verhogen. Opname van zaaiui en graszaad heeft daarentegen een verlagend effect op N-aanvoer en -overschot, meer dan op basis van de resultaten behaald op de innovatiebedrijven te verwachten is.

Bij opbrengstbeperkende N-giften, een vergelijkbaar bouwplan en een vergelijkbaar aandeel van N-aanvoer via organische mest ten opzichte van de totale N-aanvoer, is te verwachten dat het N-overschot en het saldo op bedrijfsniveau dalen (tabel 3.9). De modelmatig berekende inzet van actieve stof via gewasbeschermingsmiddelen bij een geïntegreerd gewasbeschermingspakket, zal bij een vergelijkbaar bedrijfssysteem (BS-m2) als op de innovatiebedrijven vergelijkbaar zijn met die op de innovatiebedrijven.

Noordoost-Nederland

De modelberekeningen met een bouwplan dat in principe door het optimaliseringsmodel gekozen kan worden (m2, tabel 3.1) en vergelijkbaar is met de gemiddelde bouwplan-samenstelling op de innovatiebedrijven (tabel 3.1), bij vergelijkbare teeltmaatregelen (BS-m2, zie Sectie 3.1), resulteert in een vergelijkbaar bedrijfssaldo (2796 gld. ha⁻¹) als gemiddeld behaald op de innovatiebedrijven (2800 gld. ha⁻¹) (tabellen 3.2 en 3.3). Ondanks de lagere gewasopbrengsten in het model wordt toch een vergelijkbaar bedrijfssaldo berekend, door het hogere aandeel suikerbieten in bouwplanvariant m2 vergeleken met de gemiddelde bouwplansamenstelling op de innovatiebedrijven (tabel 3.1). Bij de modelmatige verkenningen van de geïntegreerde bedrijfsstrategie in hoofdstuk 4 zal dus het niveau van het bedrijfssaldo bij een vergelijkbaar bouwplan als op de innovatiebedrijven vergelijkbaar zijn met dat op de innovatiebedrijven.

Het modelmatig berekende N-overschot is bij bedrijfssysteem-m2 beduidend lager (84 kg ha⁻¹) dan gemiddeld behaald op de innovatiebedrijven in NON (125 kg ha⁻¹). Dit is met name een gevolg van de lagere N-bemesting (en totale N-aanvoer) op bedrijfsniveau, vergelijkbaar met een geïntegreerd bemestings-adviesniveau en van de iets hogere N-afvoer door de stroafvoer bij wintertarwe en graszaad. In NON wordt over het algemeen volgens gangbare adviezen bemest of zelfs nog iets hoger. Bij de modelmatige verkenningen zal dus bij een vergelijkbaar bouwplan en een vergelijkbaar aandeel van N-aanvoer via organische mest, het N-overschot lager uitvallen dan op de innovatiebedrijven in NON.

Tevens valt op dat bij optimale N-giften, N-aanvoer en N-overschot bij met name suikerbiet en graszaad veel lager uitvallen dan de praktijk resultaten. Bij verdere modelmatige verkenningen in hoofdstuk 4 zal dus opname van suikerbiet en graszaad in het bouwplan de N-aan-

voer en het N-overschot op bedrijfsniveau meer verlagen dan op basis van de praktijkresultaten te verwachten is.

Bij opbrengstbeperkende N-giften en een vergelijkbaar bouwplan en een vergelijkbaar aandeel van N-aanvoer via organische mest, is te verwachten dat het N-overschot en het saldo op bedrijfsniveau zullen dalen (tabel 3.9).

De modelmatig berekende inzet van actieve stof via gewasbeschermingsmiddelen zal bij een vergelijkbaar bouwplan en vergelijkbare teeltmaatregelen (BS-m2) met een iets hogere inzet van grondontsmettingsmiddelen, vergelijkbaar zijn met die op de innovatiebedrijven (tabel 3.10). De modelmatige inzet van gewasbeschermingsmiddelen bij een geïntegreerd gewasbeschermingspakket, exclusief de grondontsmettingsmiddelen, resulteert echter in een lagere inzet van actieve stof dan gerealiseerd werd op de innovatiebedrijven gedurende de projectperiode (tabel 3.10). Dit is met name een gevolg van de in de praktijk langzame overschakeling op Shirlan bij *Phytophthora*-bestrijding bij aardappel en de beperkte overschakeling op mechanische onkruidbestrijding en lage doserings-systemen, met als gevolg een relatief hoge herbiciden-inzet.

4. Verkenning van ontwikkelingsrichtingen voor geïntegreerde bedrijfssystemen

In dit hoofdstuk worden ontwikkelingsrichtingen verkend voor de geïntegreerde akkerbouw in CZK en NON, in eerste instantie op basis van een bouwplan vergelijkbaar met dat op de innovatiebedrijven tijdens de projectperiode (subsecties 4.1.1 en 4.2.1) en vervolgens zonder deze restrictie (subsecties 4.1.2 en 4.2.2). In dit hoofdstuk ligt het accent het bespreken van de verschillen tussen de berekeningen met het optimaliseringsmodel en de berekeningen met TCG_CROP voor een bouwplan en teeltmaatregelen (BS-m2, zie Sectie 3.1) vergelijkbaar met die op de innovatiebedrijven. De verschillen tussen de berekeningen met TCG_CROP en de praktijkbedrijven zijn in hoofdstuk 3 besproken. De verschillen en overeenkomsten tussen berekeningen met het optimaliseringsmodel en TCG_CROP komen in subsecties 4.2.1 en 4.2.2 aan de orde.

4.1. Methode

4.1.1. Verkenningen bij een bouwplan vergelijkbaar met dat op de innovatiebedrijven

De verkenningen van mogelijkheden voor de geïntegreerde bedrijfsstrategie voor de akkerbouw zijn in eerste instantie uitgevoerd voor een bouwplan vergelijkbaar met dat op de innovatiebedrijven. Daartoe is de mogelijke spreiding in waarden van de doelvariabelen verkend voor bouwplanvariant m2 (tabel 3.1). In tabel 4.1 is een overzicht gegeven van de uitgevoerde berekeningen. De berekeningen met het optimaliseringsmodel zijn gerangschikt in viertallen met toenemende verruiming van mogelijke teeltwijzen. Per viertal is onderscheid gemaakt in 1) onbeperkt N-verlies, 2) een N-overschot vergelijkbaar met dat berekend voor bedrijfssysteemvariant-m2, 3) een N-overschot vergelijkbaar met dat op de innovatiebedrijven en 4) een minimaal N-verlies.

Bij de berekeningen met het optimaliseringsmodel zijn de kosten voor groenbemesters en de N-bijdrage vanuit groenbemesters, bietenblad en graszaad wel berekend, in tegenstelling tot de berekeningen met alleen TCG_CROP (hoofdstuk 3). Tevens is nu de gebruiksnorm voor fosfaat toegepast (maximale toediening van $125 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ via organische mest) en de beperking is opgelegd dat de direct beschikbare N via een organische mestgift in de herfst op klei maximaal 80 kg ha^{-1} mag zijn, in verband met de N-opname capaciteit van een groenbemester (Sectie 2.3).

Tabel 4.1. Berekeningen (B) uitgevoerd met het optimaliseringsmodel voor verkenningen van de grenzen van de doelvariabelen op bedrijfsniveau bij een bouwplan (bouwplanvariant m2; tabel 3.1) vergelijkbaar met dat op de innovatiebedrijven

B	Elementen			
1)	Maximalisatie van het bedrijfs-saldo	Verhouding van N-aanvoer via organische mest ten en totale N-aanvoer via meststoffen als bij de innovatiebedrijven of maximaal indien het praktijkniveau niet gehaald wordt	Geïntegreerde gewasbe-scherming	Onbeperkt N-verlies
2)	idem	idem	idem	N-overschot als bij BS-m2 (tabel 3.2)
3)	idem	idem	idem	N-overschot vergelijkbaar me dat op de innovatiebedrijven
4)	idem	idem	idem	Minimaal N-verlies
5)	idem	Vrije keuze voor N-aanvoer via organische mest en/of kunstmest	idem	Onbeperkt N-verlies
6)	idem	idem	idem	N-overschot als bij BS-m2 (tabel 3.2)
7)	idem	idem	idem	N-overschot vergelijkbaar me dat op de innovatiebedrijven
8)	idem	idem	idem	Minimaal N-verlies
9)	idem	idem	Vrije keuze gewas-be-scherming	Onbeperkt N-verlies
10)	idem	idem	idem	N-overschot als bij BS-m2 (tabel 3.2)
11)	idem	idem	idem	N-overschot vergelijkbaar me dat op de innovatiebedrijven
12)	idem	idem	idem	Minimaal N-verlies

4.1.2. Verkenning van ontwikkelingsrichtingen

De werkwijze voor de verkenning van ontwikkelingsrichtingen voor geïntegreerde akkerbouw is als volgt. Met MGOPT_CROP wordt eerst berekend wat de uiterst haalbare waarden zijn van de drie onderscheiden doelstellingen (Sectie 2.2): maximaal saldo (inclusief machinekosten), minimaal N-verlies en minimale biocideninzet. Deze uiterste waarden worden niet beperkt door begrenzings op de overige doelstellingen. De waarden van de overige doelstellingen zijn per berekening willekeurig (niet minimaal of maximaal). Voor bepaling van de oplossingsruimte is het N-verlies stapsgewijs beperkt van het minimale niveau bij het maximale saldo tot het minimaal haalbare N-verlies. Bij elke onderscheiden begrenzing op N-verlies wordt de biocideninzet stapsgewijs beperkt, uitgaande van het minimale niveau bij maximaal saldo, tot de minimaal haalbare biocideninzet. Vervolgens wordt het saldo gemaximaliseerd bij elke onderscheiden combinatie van beperkingen op N-verlies en bioci-

deninzet. In deze studie worden 9 beperkingsstappen (inclusief maximaal en minimaal niveau) onderscheiden voor zowel N-verlies als biocideninzet, en zijn er 81 punten waar het saldo wordt gemaximaliseerd. Bij elk van deze punten hoort een bedrijfssysteem, dat optimaal is ten aanzien van het saldo bij de gegeven beperkingen op biocideninzet en N-verlies. De resultaten worden weergegeven in contourplots, analoog aan topografische landkaarten. Deze plots geven aan, wat de financiële mogelijkheden zijn voor akkerbouw-productiesystemen als functie van N-verlies en biocideninzet, gegeven een set van gedefinieerde productietechnieken.

Vervolgens worden saldo, N-verlies en biocideninzet van BS-m2 berekend met TCG_CROP (secties 3.1 en 3.2; tabel 3.3), in de oplossingsruimte geplaatst. Het bedrijfssysteem BS-m2 wordt vergeleken met de door MGOPT_CROP geoptimaliseerde systemen. Op grond hiervan wordt aangegeven, welke mogelijkheden er zijn om het N-verlies en de biocideninzet van BS-m2 verder te beperken. Daarbij worden de financiële consequenties aangegeven, en hoe bouwplan en teeltmaatregelen veranderen. De analyses zijn voor NON en CZK apart uitgevoerd en beschreven. De verschillen tussen BS-m2 en de innovatiebedrijven zijn besproken in hoofdstuk 3.

4.2. Resultaten

4.2.1. Verkenningen bij een bouwplan vergelijkbaar met dat op de innovatiebedrijven

Centrale Zeeklei

De berekeningen met het optimaliseringsmodel zijn gerangschikt in viertallen met toenemende verruiming van mogelijke teeltwijzen (tabel 4.1) bij een bouwplan (bouwplan-variant m2, tabel 3.1) vergelijkbaar met dat op de praktijkbedrijven in CZK en NON (tabellen 4.2 en 4.3).

De berekeningen met het optimaliseringsmodel worden vergeleken met de berekeningen met TCG_CROP voor een vergelijkbaar bouwplan (m2) en teeltmaatregelen als op de innovatiebedrijven (BS-m2). Ter illustratie zijn de modelberekeningen met bedrijfssysteem-variant-m1 (BS-m1, zie Secties 3.1 en 3.2) en de resultaten behaald op de praktijkbedrijven (p) eveneens weergegeven in de tabellen 4.2 en 4.3.

Bij het eerste viertal berekeningen met het optimaliseringsmodel sluiten de teeltomstandigheden het nauwst aan bij de teeltmaatregelen op de innovatiebedrijven en bij BS-m1 en BS-m2. Met het optimaliseringsmodel wordt bij bouwplanvariant-m2 en teeltomstandigheden zoals geformuleerd voor de eerste berekening (B1 (onbeperkt N-verlies), tabel 4.1) voor CZK een iets lager bedrijfssaldo berekend dan bij BS-m2 (4870 en 5075 gld. ha⁻¹). Dit verschil wordt voornamelijk veroorzaakt door de berekende kosten voor een groenbemester (166,40 gld. ha⁻¹, Habekotté, 1994; zie subsectie 4.1.1). Het N-overschot (87 kg ha⁻¹) is beduidend lager dan bij BS-m2 (143 kg ha⁻¹), vooral omdat de fractie N-aanvoer via organische mest

Tabel 4.2. Resultaten van berekeningen (Bx, tabel 4.1) uitgevoerd met het optimaliseringsmodel voor verkenningen van de grenzen van de doelvariabelen (en onderdelen daarvan) op bedrijfsniveau bij een bouwplan (variant m2) vergelijkbaar met dat op de innovatiebedrijven in CZK (tabel 3.1). Ter vergelijking zijn tevens de resultaten van de praktijkbedrijven, gemiddeld over de projectperiode (p), en de met TCG_CROP berekende waarden op basis van BS-m1 en BS-m2 (Sectie 3.1) weergegeven. Bij het optreden van een trend in de waarden bij de praktijkbedrijven tijdens de projectperiode, is tevens de gemiddelde waarde weergegeven van de laatste twee projectjaren (tussen haakjes).

B	Saldo (gld. ha ⁻¹)	Kosten (gld. ha ⁻¹)		Organische mest (%)	N-overschot (kg ha ⁻¹)	Biociden-inzet (kg a.s. ha ⁻¹)	
		meststoffen	pesticiden			totaal	nematiciden
p)	6912	221	345	43	70	5,8 (4,1)	0
BS-m1)	5684	218	481	46	136	3,6	0
BS-m2)	5075	227	404	46	143	3,6	0
1)	4870	224	404	28	87	3,6	0
2)	-	-	-	-	143	-	-
3)	4740	211	404	28	70	3,6	0
4)	4239	180	404	28	42	3,6	0
5)	5029	260	404	23	113	3,6	0
6)	-	-	-	-	143	-	-
7)	4950	295	404	0	70	3,6	0
8)	4260	219	404	0	20	3,6	0
9)	5033	272	514	22	116	8,86	0
10)	-	-	-	-	143	-	-
11)	4951	297	466	0	70	8,13	0
12)	4002	212	473	0	19	8,01	0

veel lager is dan bij BS-m2. De ingestelde restricties voor fosfaat-toevoer en N-aanvoer (zie subsectie 4.1.1) laten een groter aandeel van N-aanvoer via organische mest niet toe.

Beperking van het N-overschot tot het niveau van de praktijkbedrijven (ca. 70 kg ha⁻¹) gaat gepaard met een daling van het bedrijfssaldo (4870 - 4740 = 130 gld. ha⁻¹) ten gevolge van de noodzakelijkerwijs lagere N-giften en gewasopbrengsten. Een minimaal N-overschot (42 kg ha⁻¹) gaat gepaard met een nog verdere daling van het bedrijfssaldo (B4: 4239 gld. ha⁻¹).

Bij het volgende viertal berekeningen (B5-B8), waarbij de restrictie ten aanzien van de vaste verhouding van organische mest en kunstmest wordt losgelaten, wordt een iets grotere spreiding van het bedrijfssaldo (4260 - 5029 gld. ha⁻¹) bereikt dan bij het eerste viertal berekeningen (4239 - 4870 gld. ha⁻¹). De spreiding in het N-overschot is tevens groter: 20 - 143 kg N ha⁻¹.

Het hogere bedrijfssaldo bij B5 ten opzichte van B1, gaat gepaard met een hoger N-overschot. De meest gunstige manier om het N-overschot behaald op de praktijkbedrijven te evenaren is door het weglaten van de organische mest (B7). Het lagere N-overschot niveau van B8 (20 kg N ha⁻¹) ten opzichte van B4 (42 kg N ha⁻¹) gaat nauwelijks ten koste van het bedrijfssaldo (4260 (B8) en 4239 (B4) gld. ha⁻¹).

Tabel 4.3. Resultaten van berekeningen (Bx, tabel 4.1) uitgevoerd met het optimaliseringsmodel voor verkenningen van de grenzen van de doelvariabelen op bedrijfsniveau bij een bouwplan (variant m2) vergelijkbaar met dat op de innovatiebedrijven in NON (tabel 3.1). Ter vergelijking zijn tevens de resultaten van de praktijkbedrijven, gemiddeld over de projectperiode (p), en de met TCG_CROP berekende waarden voor BS-m1 en BS-m2 (Sectie 3.1) weergegeven. Bij het optreden van een trend in de waarden bij de praktijkbedrijven tijdens de projectperiode, is tevens de waarde weergegeven die behaald is in het laatste projectjaar (tussen haakjes).

B	Saldo (gld. ha ⁻¹)	Kosten (gld. ha ⁻¹)		Organische mest (%)	N-overschot (kg ha ⁻¹)	Biociden-inzet (kg a.s. ha ⁻¹)	
		meststoffen	pesticiden			totaal	nematiciden
p)	2784	265	522	48	125 (102)	34,3 (25,1)	28 (18,8)
BS-m1)	2303	173	628	48	82	26,9	25
BS-m2)	2796	210	664	50	84	27,1	25
1)	2778	151	664	50	109	27,1	25
2)	2732	145	664	50	84	27,1	25
3)	-	-	-	-	125	-	-
4)	2101	119	664	50	19	27,1	25
5)	2788	126	664	58	117	27,1	25
6)	2747	213	664	23	84	27,1	25
7)	-	-	-	-	125	-	-
8)	2018	163	664	0	5	27,1	25
9)	2871	184	677	56	123	35,6	25
10)	2832	210	677	29	84	35,6	25
11)	-	-	-	-	125	-	-
12)	2289	176	499	0	2,7	23,1	25

Bij het laatste viertal berekeningen wordt de spreiding in de berekende saldi (4002 - 5033 gld. ha⁻¹) nog iets ruimer door de speelruimte bij de inzet van gewasbeschermingsmiddelen. Bij meerdere gewassen wordt nu een 'gangbare gewasbescherming' toegepast en de kosten van gewasbeschermingsmiddelen zijn iets hoger dan bij een volledig geïntegreerde gewasbescherming (tabel 4.2). Door de veronderstelde geringe verschillen in gewasopbrengsten bij gangbare en geïntegreerde gewasbescherming (0 - 8 %, Habekotté 1994) en de op bedrijfsniveau iets hogere gewasbeschermingskosten, neemt het bedrijfssaldo niet veel toe bij B9 en B11 (tabel 4.2).

De spreiding in N-overschot (19 - 116 kg ha⁻¹) is vergelijkbaar met die bij de berekeningen B5-B8 (20 - 113 kg ha⁻¹). Het maximale bedrijfssaldo (B11) bij een N-overschot vergelijkbaar met dat op de innovatiebedrijven (70 kg N ha⁻¹) is slechts één gulden hoger dan bij berekening B7. De inzet van biociden is echter veel hoger (8,13 ten opzichte van 3,6 kg a.s. ha⁻¹) door toepassing van gangbare gewasbeschermingstechnieken bij consumptieaardappel, suikerbiet en graszaad. Verder minimaliseren van het N-overschot tot een waarde lager dan 20 kg ha⁻¹ (B8) is nauwelijks mogelijk en gaat ten koste van zowel het saldo als ten koste van het minimaliseren van de biocideninzet.

Samenvattend, tonen de resultaten van deze berekeningen dat bij de opgelegde restricties voor fosfaat en N-bemesting in combinatie met bouwplanvariant m2 maximaal 28 % van de aangevoerde N via organische mest kan worden toegediend. Een behoorlijke daling van het N-overschot is mogelijk met name door vervanging van organische mest door kunstmest en door suboptimaal bemesten van de gewassen. Dit gaat echter gepaard met een daling van het bedrijfssaldo van maximaal ongeveer 800 gld. ha⁻¹ (B5-B8). Verruiming van de inzet van gewasbeschermingsmiddelen (B9-B12) biedt geen perspectieven voor een hoger bedrijfssaldo of een verdergaande verlaging van het N-overschot.

Noordoost-Nederland

Met het optimaliseringsmodel wordt bij B1 voor NON een vergelijkbaar saldo (2778 gld. ha⁻¹) berekend als voor BS-m2 (2796 gld. ha⁻¹). Het N-overschot is iets hoger dan bij BS-m2 (109 kg ha⁻¹ en 84 kg ha⁻¹) en lager dan het gemiddelde niveau behaald op de innovatiebedrijven (125 kg ha⁻¹). Verlaging van het N-overschot tot het niveau van BS-m2 (B2) gaat gepaard met een geringe daling van het saldo (van 2778 naar 2732 gld. ha⁻¹). Een verdergaande beperking van het N-overschot tot 19 kg ha⁻¹ gaat gepaard met een verdere daling van het saldo (van 2732 naar 2101 gld. ha⁻¹) ten gevolge van de noodzakelijkerwijs opbrengstbeperkende N-giften.

Bij het loslaten van de vaste verhouding van N-aanvoer via organische mest en kunstmest (B5-B8) wordt de spreiding in het bedrijfssaldo (2018 - 2788 gld. ha⁻¹) en in het N-overschot (5 - 117 kg ha⁻¹) iets ruimer. De daling van het N-overschot is met name een gevolg van het vervangen van organische mest door kunstmest en het sub-optimaal bemesten van gewassen. Bij het laatste viertal berekeningen verschuiven alle saldi iets omhoog dankzij een ruimere inzet van gewasbeschermingsmiddelen, ofwel ten koste van het minimaliseren van de inzet van biociden. Alleen resultaten van de laatste berekening vormt hierop een uitzondering: voor het behalen van een nihil N-overschot op bedrijfsniveau wordt de inzet van biociden lager (23,1 kg a.s. ha⁻¹).

Samenvattend, tonen de resultaten van deze berekeningen dat bij een bouwplan vergelijkbaar met dat op de innovatiebedrijven (BS-m2) en een geïntegreerde gewasbescherming beperking van het N-overschot mogelijk is door suboptimaal bemesten van de gewassen en door vervanging van organische mest door kunstmest. Deze verlaging van het N-overschot gaat gepaard met een daling van het bedrijfssaldo met maximaal circa 750 gld. ha⁻¹ (B5-B8). Een geringe verhoging van het bedrijfssaldo is mogelijk door aanpassingen van de inzet van van gewasbeschermingsmiddelen (door een iets ruimere of iets beperktere inzet) met handhaving van ongeveer dezelfde N-overschotten (B9-B12).

4.2.2. Verkenning van ontwikkelingsrichtingen

Centrale Zeeklei

De uiterst haalbare waarden voor saldo, N-verlies en biocideninzet voor akkerbouw-bedrijfsystemen in CZK, zoals berekend met MGOPT_CROP, zijn vermeld in tabel 4.4. De waarden van biocideninzet en N-verlies bij het maximale saldo zijn de minimale haalbare waarden bij dat saldo. De waarden van saldo en biocideninzet bij minimale N-verlies zijn niet de uiterst haalbare waarden. Hetzelfde geldt voor saldo en N-verlies bij minimalisatie van de biocideninzet. De punten B, C in figuur 4.1 zijn aldus niet terug te vinden in tabel 4.4.

Tabel 4.4. Uiterst haalbare waarden voor de doelstellingen saldo (inclusief machinekosten), N-verlies en biocideninzet voor akkerbouwproductiesystemen in CZK, en de bijbehorende waarden voor het saldo exclusief machinekosten en N-overschot

Doelstelling waarnaar geoptimaliseerd wordt	Waarden van de doelvariabelen				
	Saldo		N-verlies (kg N ha ⁻¹)	N-overschot (kg N ha ⁻¹)	Biocideninzet (kg a.s. ha ⁻¹)
	inclusief machinekosten (gld. ha ⁻¹)	exclusief machinekosten (gld. ha ⁻¹)			
Saldo	3388a	5207a	191a	121a	34,4a
N-verlies	423	2594	68	0	5,7
Biocideninzet	536	1443	134	64	0,9

a: punt A in figuur 4.3 (punten B en C in figuur 4.3 staan niet in deze tabel)

Bij de bepaling van de oplossingsruimte is het N-verlies in 8 stappen beperkt van 191 tot 68 kg N ha⁻¹, en de biocideninzet eveneens in 8 stappen van 34,4 tot 0,9 kg a.s. ha⁻¹. Bij elk van de 9x9 niveaus is het saldo gemaximaliseerd. De resultaten zijn weergegeven in figuur 4.1. De lijnen hierin verbinden combinaties van biocideninzet en N-verlies met een gelijk saldo (incl. machinekosten). De getallen bij de punten geven het saldo (excl. machinekosten) weer. Bij de combinaties van biocideninzet en N-verlies in de grijze ruimte zijn, bij de hier geformuleerde teeltsystemen, geen bedrijfssystemen mogelijk. Het komt voor, dat het saldo bij een gegeven combinatie van N-verlies en biocideninzet lager is dan bij een lagere biocideninzet bij dat N-verlies. In dergelijke gevallen is het bedrijfssysteem buiten de oplossingsruimte gehouden. Dit zal immers nooit worden gekozen.

Het maximale saldo, zonder beperkingen op N-verlies en biocideninzet, (punt A in Fig. 4.1) wordt gerealiseerd met het bouwplan: 1/3 consumptieaardappel, 1/3 suikerbiet, 1/6 maïs en 1/6 graszaad. Er vindt grondontsmetting plaats op 1/6 van het areaal. Gewasbescherming is gangbaar in alle gewassen. Er wordt geen dierlijke mest gebruikt.

Het maximale saldo bij het minimale N-verlies (punt B in Fig. 4.1) wordt gerealiseerd met de vruchtwisseling 1/2 wintertarwe en 1/2 zaaiui. Gewasbescherming is geïntegreerd. Ongeveer 80 % van elk gewas wordt geteeld op nutriëtniveau N2, de rest op N3 (zie Sectie 2.3). Er wordt geen dierlijke mest gebruikt.

Het maximale saldo bij minimale biocideninzet gecombineerd met daarbij passende minimaal N-verlies (punt C in Fig. 4.1) wordt gerealiseerd met een bouwplan van 1/2 maïs en 1/2 braak. Gewasbescherming van maïs is geïntegreerd en bemesting is voor 35 % op nutriëtniveau N2 en 65 % op nutriëtniveau N3, zonder gebruik van dierlijke mest.

De oplossingsruimte voor CZK is discontinu. Er zijn geen teeltsystemen met een biocideninzet tussen 8,25 en 17,6 kg a.s. ha⁻¹. Dit wordt veroorzaakt door het al dan niet uitvoeren van een grondontsmetting. Van punt A naar punt D in Fig. 4.1 neemt de grondontsmetting af van 1/6 tot 1/12 van het areaal. Van punt D naar punt E verdwijnt de grondontsmetting, terwijl het bouwplan ook verandert. In punt D wordt hetzelfde bouwplan als in punt A gevolgd, echter met geïntegreerde in plaats van gangbare gewasbescherming in consumptie-aardappel. In punt E bestaat het bouwplan uit 1/4 consumptieaardappel, 1/4 suikerbiet, 1/4 graszaad, 1/8 maïs en 1/8 zaaiui, waarbij alleen in zaaiui geïntegreerde gewasbescherming plaatsvindt. TCG_CROP-bedrijfssysteemvariant BS-m2 (Sectie 3.1; tabel 3.1) voor CZK kon niet worden doorgerekend met MGOPT_CROP, omdat het percentage N, dat met dierlijke mest wordt

gegeven (46 %), niet kon worden gerealiseerd. Dit aandeel bedroeg maximaal 28 % in de optimaliseringen (zie tabel 4.2). Het hierbij behorende optimale bedrijfssysteem leverde een saldo (incl. machinekosten) van 2794 gld. ha⁻¹, een saldo (excl. machinekosten) van 4870 gld. ha⁻¹, een N-verlies van 146 kg ha⁻¹, een N-overschot van 87 kg ha⁻¹, en een biocideninzet van 3,6 kg a.s. ha⁻¹. Met TCG_CROP werd voor BS-m2 een saldo (excl. machinekosten) van 5075 gld. ha⁻¹, een N-overschot van 143 kg ha⁻¹, en een biocideninzet van 3,6 kg a.s. ha⁻¹ berekend. De waarden voor saldo (incl. machinekosten) en N-verlies werden niet berekend met TCG_CROP. Echter, het verschil tussen N-verlies en N-overschot bedraagt 50 - 70 kg ha⁻¹, dus het N-verlies van BS-m2 berekend met TCG_CROP kan worden geschat op 190 - 210 kg ha⁻¹ en het N-verlies berekend met het optimaliseringsmodel van een bedrijfssysteem dat BS-m2 zoveel mogelijk benaderd kan worden geschat op 137 - 157 kg ha⁻¹.

Het gebied in de oplossingsruimte in figuur 4.1, dat vergelijkbaar is met TCG_CROP-variant BS-m2 voor CZK, bevindt zich in het onderste deel van de oplossingsruimte. Daarom is deze ruimte uitvergroot, door de biocideninzet opnieuw stapsgewijs te reduceren van 8,6 tot 0,9 kg a.s. ha⁻¹ (Fig. 4.2). De bedrijfssystemen in de oplossingsruimte die voor saldo, N-verlies en biocideninzet vergelijkbaar zijn met BS-m2 bevinden zich in het met een stippellijn omlinjende gebied. Het bouwplan bij een biocideninzet van 3,8 kg a.s. ha⁻¹ in dit gebied bestaat uit 1/4 consumptieaardappel, 1/4 suikerbiet, 1/4 graszaad, 1/8 maïs en 1/8 zaaiui. Dit is zeer vergelijkbaar met dat van BS-m2: in plaats van wintertarwe wordt maïs geteeld en de verhouding tussen graszaad en maïs is verschoven. Het belangrijkste verschil van de geoptimaliseerde bedrijfssystemen in figuur 4.2 met BS-m2 is, dat er geen dierlijke mest wordt gebruikt.

Vanuit het omlinjende gebied in figuur 4.2 kan zowel het biocidengebruik als het N-verlies verder worden teruggedrongen. Als de biocideninzet wordt beperkt, wordt eerst de gangbare gewasbescherming in alle gewassen vervangen door geïntegreerde gewasbescherming, met een saldoreductie van circa 100 gld. ha⁻¹. Vervolgens wordt het aandeel van alle gewassen verkleind van 1/4 naar 1/6, terwijl 1/3 van het areaal in braak wordt gelegd, met een saldoreductie van circa 600 gld. ha⁻¹. Tenslotte bestaat het bouwplan uit 1/2 braak en 1/2 maïs, met een saldoreductie van circa 2000 gld. ha⁻¹. Bij terugdringen van het N-verlies wordt eerst maïs vervangen door braak, vervolgens worden de nutriënteniveaus van consumptieaardappel, suikerbiet en zaaiui verlaagd tot N2 en N3. De saldoreductie over het traject van 140 - 100 kg ha⁻¹ N-verlies bedraagt circa 500 gld. ha⁻¹. Bij verdere beperking van het N-verlies wordt suikerbiet vervangen door wintertarwe. Bij het minimale N-verlies hoort een bouwplan van 1/2 wintertarwe en 1/2 zaaiui. De saldoreductie om van 100 naar 70 kg ha⁻¹ N-verlies te komen bedraagt circa 2200 gld. ha⁻¹.

Noordoost-Nederland

De uiterst haalbare waarden voor saldo, N-verlies en biocideninzet in NON zijn vermeld in tabel 4.5. Ter vergelijking met TCG_CROP-variant BS-m2 (Secties 3.1 en 3.2) zijn tevens het saldo exclusief machinekosten en het N-overschot in deze tabel opgenomen. De waarden van biocideninzet en N-verlies bij het maximale saldo zijn de minimale haalbare waarden bij dat saldo. De waarden van saldo en biocideninzet bij minimale N-verlies zijn niet de uiterst haalbare waarden. Hetzelfde geldt voor saldo en N-verlies bij minimalisatie van de biocideninzet. De punten B, C in figuur 4.3 zijn aldus niet terug te vinden in tabel 4.5.

Tabel 4.5. Uiterst haalbare waarden voor de doelstellingen saldo (inclusief machinekosten), N-verlies en biocideninzet van akkerbouwproductiesystemen in NON, en de bijbehorende waarden voor het saldo exclusief machinekosten en N-overschot

Doelstelling waarnaar geoptimaliseerd wordt	Waarden van doelvariabelen				
	Saldo		N-verlies (kg N ha ⁻¹)	N-overschot (kg N ha ⁻¹)	Biocideninzet (kg a.s. ha ⁻¹)
	inclusief machinekosten (gld. ha ⁻¹)	exclusief machinekosten (gld. ha ⁻¹)			
Saldo	1436a	3005a	193a	137a	6,3a
N-verlies	716	2318	69	0.	28,4
Biocideninzet	396	1309	153	84	0,9

a: punt A in figuur 4.3 (punten B en C in figuur 4.3 staan niet in deze tabel)

Bij de bepaling van de oplossingsruimte is het N-verlies in 8 stappen beperkt van 193 tot 69 kg ha⁻¹, en de biocideninzet eveneens in 8 stappen van 6,3 tot 0,9 kg a.s. ha⁻¹. Bij elk van de 9 x 9 niveaus is het saldo gemaximaliseerd. De resultaten zijn weergegeven in figuur 4.3 net zoals voor CZK in figuur 4.1.

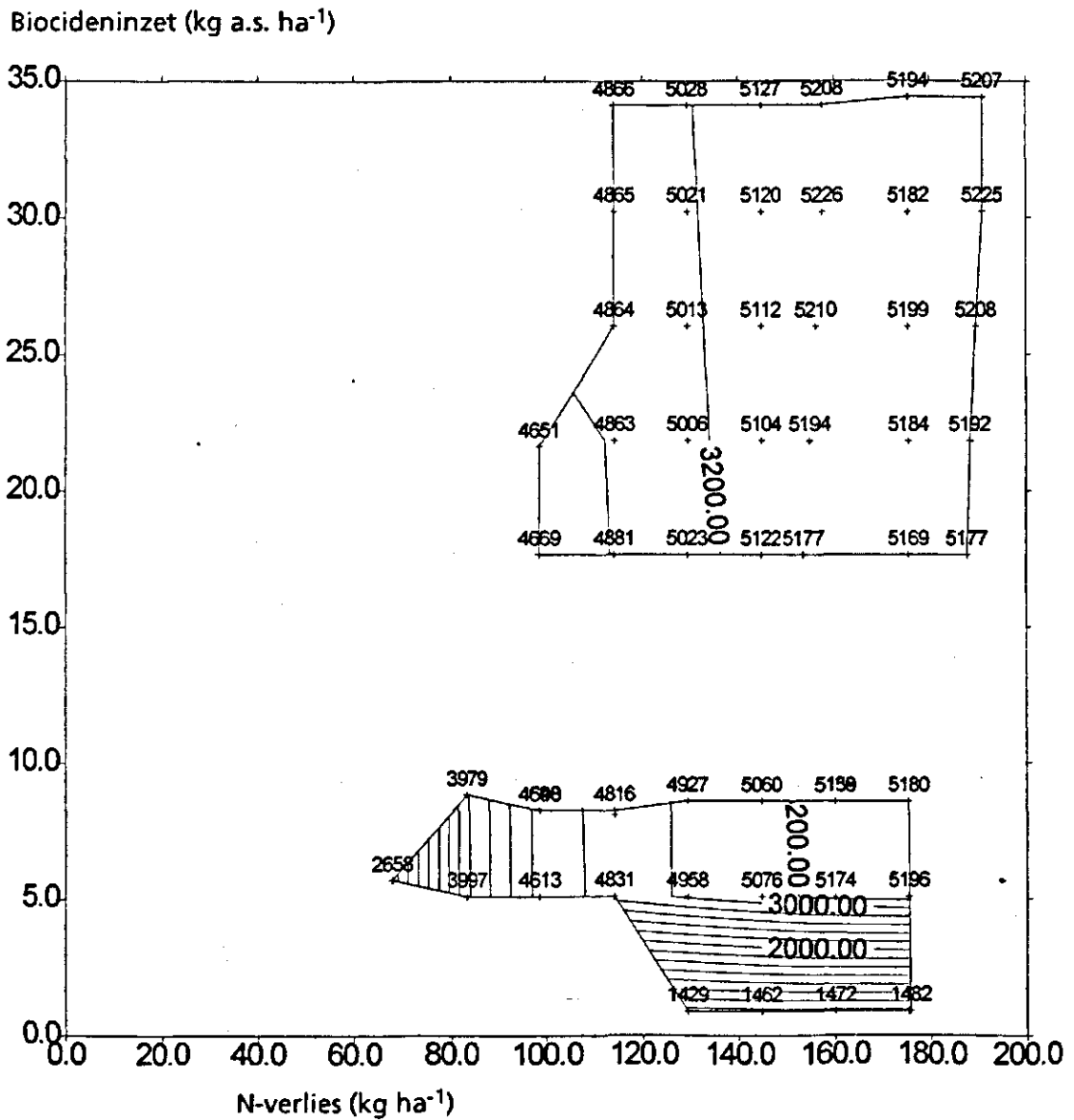
Het maximale saldo, zonder beperkingen op N-verlies en biocideninzet, (punt A in Fig. 4.3) wordt gerealiseerd met een bouwplan van 1/4 maïs, 1/4 suikerbiet, 1/4 graszaad, 1/8 fabrieksaardappel en 1/8 wintertarwe. Er vindt geen grondontsmetting plaats. Gewasbescherming is gangbaar in alle gewassen. Ongeveer 60 % van de totale N-gift wordt gegeven met varkensdrijfmest.

Het maximale saldo bij het minimale N-verlies (punt B in Fig. 4.3) wordt gerealiseerd met bouwplan 1/2 graszaad en 1/2 suikerbiet. Gewasbescherming is gangbaar en ongeveer 80 % van elk gewas wordt geteeld op nutriëtniveau N2. Er wordt geen dierlijke mest gebruikt. Het maximale saldo bij minimale biocideninzet en daarbij het minimale N-verlies (punt C in Fig. 4.3) wordt gerealiseerd met een bouwplan van 1/2 maïs en 1/2 braak. Gewasbescherming van maïs is geïntegreerd en bemesting is voor 50 % op nutriëtniveau N2 en 50 % op nutriëtniveau N3, zonder toepassing van dierlijke mest.

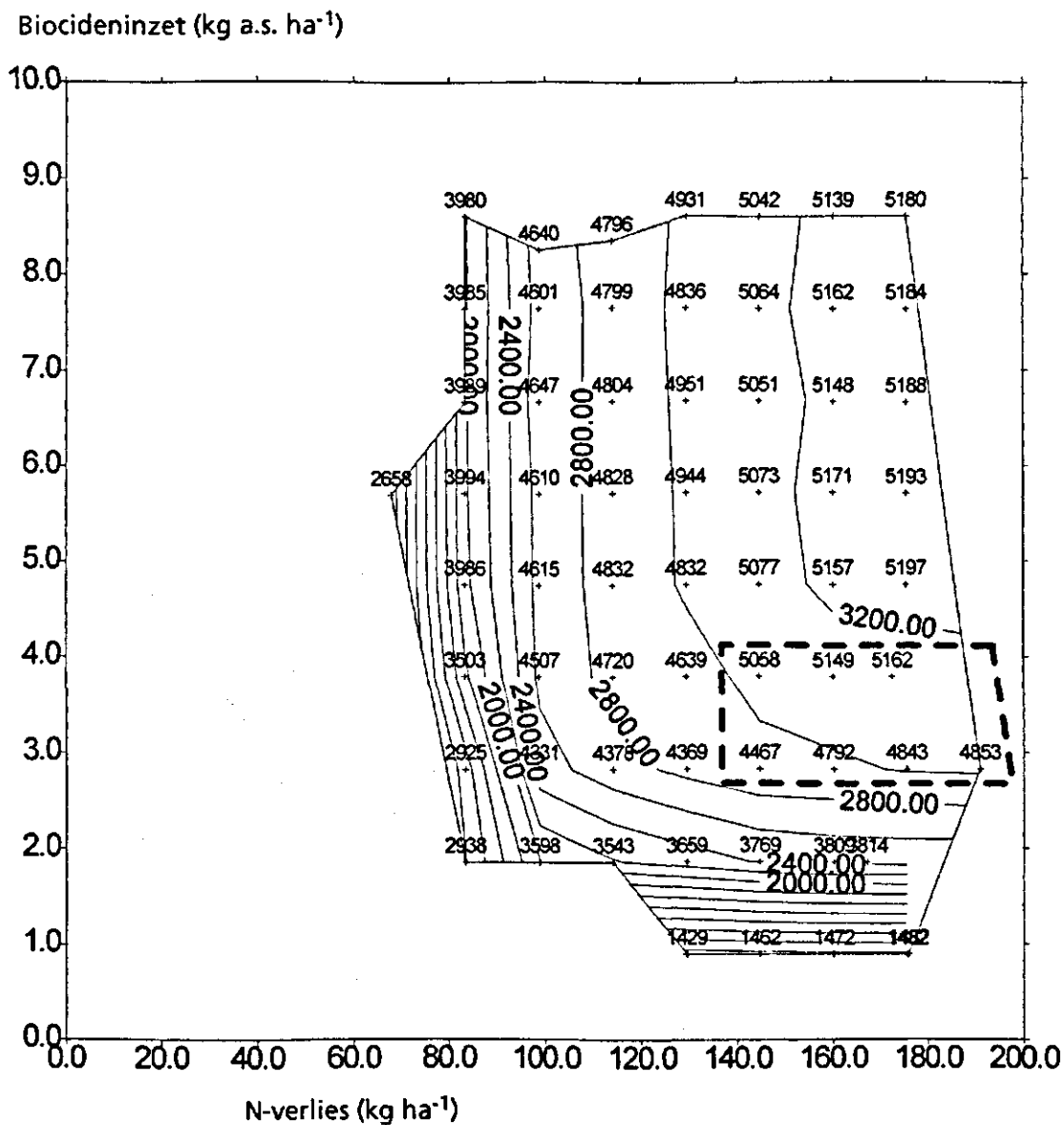
Voor TCG_CROP-bedrijfssysteemvariant BS-m2 (secties 3.1 en 3.2; tabel 3.3) voor NON bedraagt het saldo (incl. machinekosten) 785 gld. ha⁻¹, het N-verlies is 142 kg ha⁻¹, en de biocideninzet is 27,1 kg a.s. ha⁻¹. Het bijbehorende saldo (excl. machinekosten) is 2732 gld. ha⁻¹ en het N-overschot is 84 kg ha⁻¹. Deze variant (met 1/3 fabrieksaardappelen) is niet als zodanig in de oplossingsruimte terug te vinden, omdat het maximale saldo (punt A) wordt gerealiseerd zonder grondontsmetting en dus met een veel lagere biocideninzet dan BS-m2. De bedrijfssystemen, waarvan het niveau van N-verlies vergelijkbaar is met BS-m2 (142 kg ha⁻¹), liggen in het met een stippellijn omliggende gebied in figuur 4.3. Met uitzondering van het laagste biocidenniveau zijn de saldi (incl. machinekosten) circa 200 - 400 gld. ha⁻¹ hoger dan dat van BS-m2; de saldi (excl. machinekosten) zijn vergelijkbaar. De bouwplannen in het omliggende gebied zijn wezenlijk verschillend van dat van BS-m2. Bij hoge biocideninzet is het bouwplan gelijk aan dat in punt A. Bestrijding is gangbaar in alle gewassen. Bemesting van de gewassen is optimaal (N1) behalve bij fabrieksaardappel en maïs (N2). De inzet van dierlijke mest is met 90% gereduceerd. Bij beperking van biocideninzet in het omliggende gebied tot 1,6 kg a.s. ha⁻¹ wordt de wintertarwe en de helft van de maïs vervangen door braak, terwijl de gewasbescherming in alle gewassen verschuift naar geïntegreerd. Het gemiddelde

saldo (incl. machinekosten) van de vruchtwisseling daalt hierbij met ongeveer 300 gld. ha⁻¹. Verdere beperking van de biocideninzet tot 0,9 kg a.s. ha⁻¹ is mogelijk met als consequentie een zeer hoog saldooverlies van circa 1300 gld. ha⁻¹.

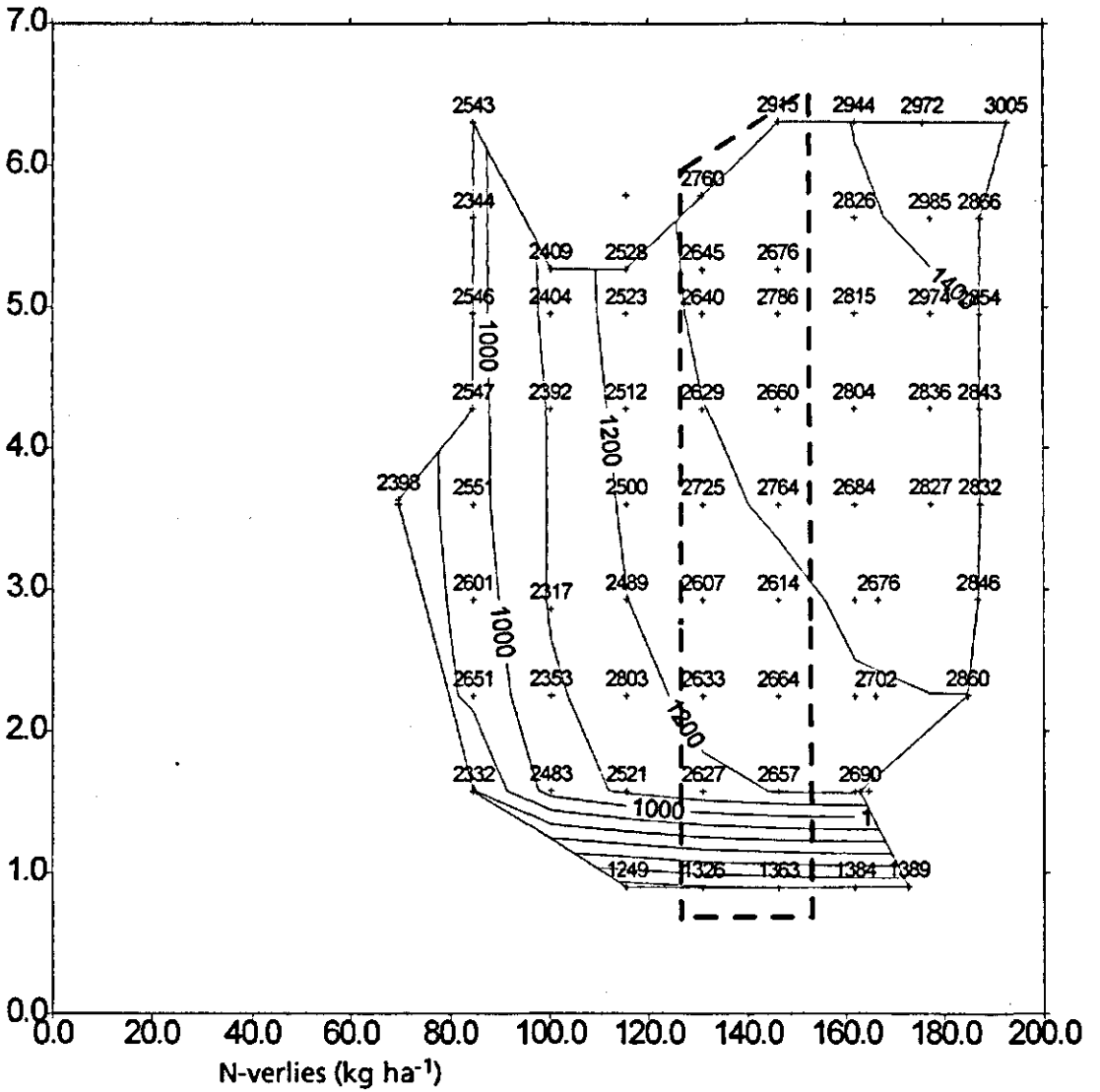
Verdere beperking van N-verlies buiten de omliggende ruimte is mogelijk. Om het N-verlies tot het minimaal haalbare (punt B) te beperken, wordt eerst dierlijke mest vervangen door kunstmest, terwijl de nutriënteniveaus van de gewassen verschuiven naar N2 en N3. Vervolgens verdwijnen fabrieksaardappel en maïs uit het bouwplan en worden vervangen door wintertarwe. Tenslotte blijven suikerbiet en graszaad over (punt B). Het saldo daalt vrij gelijkmatig over het hele traject van 130 tot 70 kg N ha⁻¹, met in totaal circa 400 gld. ha⁻¹.



Figuur 4.1. Maximaal saldo (incl. machinekosten) bij verschillende combinaties van inzet van biociden en N-verlies voor akkerbouwbedrijfssystemen in CZK. De oplossingsruimte wordt weergegeven door het witte vlak. Voor toelichting: zie tekst (subsectie 4.2.1).



Figuur 4.2. Maximaal saldo (incl. machinekosten) bij verschillende combinaties van inzet van biociden en N-verlies voor akkerbouwbedrijfssystemen zonder gebruik van grondontsmettingsmiddelen in CZK. De oplossingsruimte wordt weergegeven door het witte vlak. Voor toelichting: zie tekst (subsectie 4.2.1).

Biocideninzet (kg a.s. ha⁻¹)

Figuur 4.3. Maximaal saldo (incl. machinekosten) bij verschillende combinaties van inzet van biociden en N-verlies voor akkerbouwbedrijfssystemen in NON. De oplossingsruimte wordt weer-geven door het witte vlak. Voor toelichting: zie tekst (subsectie 4.2.2).

4.3. Discussie en conclusies

De resultaten in dit hoofdstuk tonen aan dat zowel voor CZK als voor NON bij een bouwplan vergelijkbaar met dat op de innovatiebedrijven en een geïntegreerde gewasbescherming (BS-m2) een beperking van het N-verlies (en N-overschot) mogelijk is door vervanging van organische mest door kunstmest en door sub-optimaal bemesten van de gewassen. De verlaging van het N-verlies gaat gepaard met een daling van het bedrijfssaldo van maximaal circa 775 gld. ha⁻¹ (subsectie 4.2.1).

Verruiming van de inzet van gewasbeschermingsmiddelen biedt geen of weinig perspectief voor een hoger bedrijfssaldo of voor verdergaande verlaging van het N-overschot. Aangezien de gewasbescherming binnen BS-m2 geïntegreerd is, is verdere verlaging van de inzet (afgezien van grondontsmetting in NON) niet mogelijk binnen het kader van deze studie.

Verdere verkenningen met het optimaliseringsmodel, waarbij andere invullingen van het bouwplan mogelijk zijn (subsectie 4.2.2), tonen aan voor CZK dat de door het optimaliseringsmodel gekozen bedrijfssystemen met een vergelijkbaar bedrijfssaldo, biocideninzet en N-verlies als bij BS-m2, een vergelijkbaar bouwplan hebben (subsectie 4.2.2: 1/4 consumptie-aardappel, 1/4 suikerbiet, 1/4 graszaad, 1/8 maïs, 1/8 zaaiui). Een groot verschil is echter dat in de geoptimaliseerde bedrijfssystemen in tegenstelling tot bij BS-m2 geen dierlijke mest wordt gebruikt. Dit heeft blijkbaar een gunstig effect op het bedrijfssaldo bij gegeven niveaus voor biocideninzet en N-verlies.

Evenals boven opgemerkt voor een bouwplan vergelijkbaar met dat van BS-m2, is terugdringing van het N-verlies mogelijk door suboptimaal bemesten van de gewassen en door verandering van het bouwplan. Met name de laatst genoemde veranderingen gaan gepaard met forse reducties van het bedrijfssaldo (maximaal 2200 gld. ha⁻¹).

Een beperking van de biocideninzet ten opzichte van BS-m2 is alleen mogelijk door verandering van het bouwplan. In eerste instantie door opname van braak en verkleining van het aandeel van de overige gewassen, met een saldo-reductie van circa 600 gld. ha⁻¹. Verdere verlaging gaat steeds gepaard met een saldo-reductie tot maximaal 2000 gld. ha⁻¹, waarbij steeds meer gewassen in het bouwplan worden opgenomen die minder inzet van gewasbeschermingsmiddelen vragen (tabel 3.10 en Habekotté, 1994).

Verdere verkenningen voor NON tonen aan dat een bedrijfssysteem vergelijkbaar met BS-m2 niet wordt gekozen door het optimaliseringsmodel. Bij geen enkel bedrijfssysteem in de oplossingsruimte wordt namelijk grondontsmetting toegepast, zodat de inzet van biociden veel lager uitvalt dan bij BS-m2, terwijl toch vergelijkbare bedrijfssaldi worden berekend (circa 2732 gld. ha⁻¹, exclusief machinekosten). Dit geeft aan dat zonder saldooverlies behoorlijke reducties van de biocideninzet mogelijk zijn. Daarbij worden andere bouwplannen gekozen door het optimaliseringsmodel dan BS-m2 (subsectie 4.2.2).

Verdere beperking van de inzet van biociden (van circa 6 tot circa 1,6 kg a.s. ha⁻¹) vindt in eerste instantie voornamelijk plaats door vervanging van gangbare gewasbescherming door een geïntegreerde werkwijze en door gedeeltelijke vervanging van maïs door braak. Deze beperking gaat gepaard met een geringe saldo-reductie (circa 300 gld. ha⁻¹). Verdere relatief geringe beperkingen zijn alleen mogelijk door grotere verschuivingen in het bouwplan en gaan gepaard met aanzienlijke reducties in het bedrijfssaldo (circa maximaal 1300 gld. ha⁻¹). Beperking van het N-verlies is in eerste instantie mogelijk door vervanging van dierlijke mest door kunstmest en suboptimaal bemesten van de gewassen. Vervolgens vinden veranderingen

gen in het bouwplan plaats. Deze veranderingen leiden tot een geleidelijke daling van het saldo (maximaal circa 400 gld. ha^{-1}) en het N-verlies (van 130 tot 70 kg N ha^{-1}).

In dit hoofdstuk zijn de perspectieven verkend voor de geïntegreerde akkerbouw in CZK en NON met behulp van het optimaliseringsmodel. Ten opzichte van het referentie bedrijfssysteem BS-m2 zijn reducties mogelijk in N-verlies (en N-overschot) en biocideninzet. Voor CZK gaan beide reducties gepaard met een daling van het bedrijfssaldo en zullen economische en milieukundige belangen nauwkeurig tegen elkaar afgewogen moeten worden. In ieder geval zijn de wettelijke normen voor biocideninzet voor het jaar 2000 ruimschoots gehaald in BS-m2. Het berekende N-verlies laat zich niet rechtstreeks vertalen in een overheidsnorm (Sectie 2.2).

Voor NON lijkt een forse reductie van biocideninzet mogelijk ten opzichte van het referentiebedrijfssysteem (BS-m2) zonder saldo-verlies. Daarbij kunnen de overheidsnormen zoals weergegeven in de tabellen 2.1 en 2.2 ruimschoots gehaald worden. Dit geeft aan dat heroverweging van de huidige bouwplannen en het gebruik van grondontsmettingsmiddelen op z'n plaats is. Verdere reducties van biocideninzet en N-verlies gaan evenals in CZK gepaard met saldo-verlies en daarbij dienen de verschillende belangen tegen elkaar afgewogen te worden.

5. Discussie en conclusie

De praktijkresultaten van het introductieproject geïntegreerde akkerbouw tonen aan dat er op akkerbouwbedrijven flinke reducties mogelijk zijn in de inzet van gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen, zonder dat het bedrijfseconomisch resultaat nadelig beïnvloed wordt (Wijnands et al., 1995). De bedrijfseconomische resultaten zijn daarbij gebaseerd op de eerste drie jaren van het project (1990 - 1992), de technische resultaten op de gehele projectperiode (1990 - 1993).

De MJPG-doelstelling voor het jaar 2000 voor de inzet van biociden (exclusief nematiciden) werd landelijk en in 4 van de 5 regio's ruimschoots gehaald. Alleen in NON bleef de reductie in biocideninzet (excl. nematiciden) iets achter bij de gestelde MJPG-doelstelling van 32 % in 2000 (tabel 2.2). De MJPG-doelstelling voor het jaar 1995 (20 % reductie) werd wel gehaald binnen de projectperiode (Wijnands et al., 1995).

De inzet van nematiciden daalde aanzienlijk gedurende de projectperiode in de verschillende regio's (landelijk van 14,4 naar 3,6 kg a.s. ha⁻¹) en landelijk werd voldaan aan de MJPG-doelstelling voor het jaar 2000 (70 % reductie). Grondontsmettingsmiddelen werden vrijwel uitsluitend nog in NON gebruikt. In NON werd echter de daling van het gebruik voortgezet in 1994 en 1995 (Akkerbouw 2000), zodat ook op deze bedrijven de MJPG-doelstelling voor 2000 inmiddels gerealiseerd is. (Wijnands et al., 1995).

De gevolgde bemestingsstrategie heeft geleid tot sanering van de mineralenbalansen met dien verstande dat de P₂O₅- en N-overschotten sterk teruggedrongen zijn (tabel 5.1; Wijnands et al., 1995). Het werd duidelijk dat in het merendeel van de bedrijfssituaties en jaren de voorgestelde norm van 70 kg N ha⁻¹ als toelaatbare hoeveelheid minerale bodem-N aan het begin van het uitspoelingsseizoen niet haalbaar was. Om deze norm te kunnen halen zal scherper met de inzet van N-meststoffen omgegaan dienen te worden (Wijnands et al., 1995). De inzet van dierlijke mest in het najaar blijft aandacht vragen voor wat betreft de toelaatbare N-dosering in relatie tot de opnamecapaciteit van groenbemesters en stro en het risico van N-uitspoeling.

Tabel 5.1. P₂O₅- en N-overschotten (kg ha⁻¹) gemiddeld op de innovatiebedrijven over de regio's (landelijk) en in CZK en NON in de twee jaren voorafgaande aan het project (1987/89) en in de laatste twee jaren van het innovatie-project (Wijnands et al., 1995)

	P ₂ O ₅		N	
	1987/89	1992/93	1987/89	1992/93
Landelijk	80	25	160	115
CZK	65	15	70	70
NON	85	25	155	100

De resultaten gepresenteerd in tabel 5.1 zijn behaald met vergelijkbare fysieke gewasopbrengsten met die behaald op de referentiegroep LEI-bedrijven (Wijnands et al., 1995). Met andere woorden, de gehanteerde geïntegreerde aanpak bleek in grote lijn geen nadelig effect te hebben op de gewasopbrengsten. Schröder et al. (1994) geven aan dat de N-bemes-

ting meer dan voorheen afgestemd werd op de gewasbehoefte, maar bevestigen dat deze optimaal bleef en geen reducerend effect had op de gewasopbrengsten. Met andere woorden, in grote lijn is het N-verlies niet beperkt door sub-optimaal te bemesten.

De modelberekeningen beschreven in dit rapport, tonen aan dat verdergaande reducties in de inzet van biociden in CZK, gepaard gaan met veranderingen in het bouwplan en met een reductie van in bedrijfssaldo (subsectie 4.2.2). Tevens tonen deze berekeningen aan dat voor CZK, afstemming van de organische mestgift op de opnamecapaciteit van een groenbemester (80 kg N ha^{-1}) en op een maximaal onvermijdbaar verlies van fosfaat (P_2O_5 , 25 kg ha^{-1}), een beperktere inzet van organische mest vereist (maximaal 28 % N-aanvoer via organische mest) bij een bouwplan vergelijkbaar met dat op de innovatiebedrijven (m2, tabel 3.1). Bij achterlating van stro is een iets hogere N-aanvoer via organische mest mogelijk (van Bon et al., 1994). Uitsluiting van poot aardappel in bouwplan m2 beperkt echter de inzet van organische mest bij de modelberekeningen (tabel 2.5) en dit geeft mogelijk een te beperkt beeld van de maximaal mogelijke inzet van organische mest in CZK.

Reducties in de huidige niveaus van N-verlies en -overschot zijn mogelijk door beperking van het gebruik van organische mest en door sub-optimaal bemesten van de gewassen. Met name het sub-optimaal bemesten gaat verder dan de huidige praktijk op de innovatiebedrijven en gaat samen met een daling van het bedrijfssaldo. De lagere bemestingskosten compenseren niet de reducties in gewasopbrengsten (Schröder et al., 1993a). Verdere reducties in N-verlies en -overschot zijn mogelijk maar gaan gepaard met veranderingen van het bouwplan en met verdere reducties van het bedrijfssaldo.

Voor NON tonen de modelberekeningen aan dat aan de MJPG-doelstelling voor het jaar 2000 kan worden voldaan zonder vermindering van het bedrijfssaldo met een andere invulling van het bouwplan en door achterwege laten van grondontsmetting. Deze lijn wordt voorzover het de afschaffing van grondontsmetting betreft, gevolgd op de innovatiebedrijven (Wijnands et al., 1995). Verdere reductie in de inzet van biociden (exclusief nematiciden) is mogelijk door strikter toepassen van een geïntegreerd gewasbeschermingspakket en vervolgens door aanpassing van het bouwplan (subsectie 4.2.2). Knelpunt voor toepassing van de geïntegreerde gewasbescherming is met name beperking van de herbicideninzet vanwege de problematiek van nachtvorst en stuifrisico's die de mogelijkheden van mechanische onkruidbestrijding beperkt (Wijnands et al., 1995). De aanpassingen in het bouwplan gaan gepaard met saldo-reducties (subsectie 4.2.2).

Beperking van het N-verlies en -overschot is mogelijk door in eerste instantie een nauwkeuriger op de gewasbehoefte afgestemde mestgift. De huidige N-giften zijn vergelijkbaar met het niveau van een gangbaar bemestingsadvies en zijn gemiddeld hoger dan de richtlijnen voor een geïntegreerde aanpak (subsectie 3.2.2). Verdere beperking is mogelijk door een beperktere inzet van organische mest, door sub-optimale N-bemesting (beneden het economisch optimum, Schröder et al., 1993a) van de gewassen en uiteindelijk door aanpassing van het bouwplan. De laatste twee aanpassingen gaan gepaard met een reductie in het bedrijfssaldo.

De modelmatige verkenningen tonen dat reducties in N-verlies en -overschot en van biocideninzet ten opzichte van de huidige niveaus op de innovatiebedrijven mogelijk zijn. Dit kan in eerste instantie door een betere afstemming van de mestgift op de gewasbehoefte met name in NON. Beperking van de organische mestgift is een volgende optie. De prijs hiervoor is echter een lagere efficiëntie van het nutriëntengebruik op mestproducerende bedrijven die de afzet van mest naar de akkerbouw in dat geval zien verdwijnen (Schröder et al., 1993a). Een volgende stap is het suboptimaal bemesten van gewassen en vervolgens aanpassingen

van het bouwplan. Deze laatste twee veranderingen gaan gepaard met een reductie van het bedrijfssaldo. Ook voor verdere reducties in biocideninzet zijn al gauw veranderingen in het bouwplan noodzakelijk.

Bij verdergaande stappen zullen economische en milieukundige belangen dan ook zorgvuldig tegen elkaar afgewogen moeten worden.

De gepresenteerde uitkomsten van de modelmatige verkenningen zijn uiteraard alleen geldig voor de geformuleerde gewassen en teeltsystemen. Daardoor kan een verkeerde indruk ontstaan van mogelijkheden voor bedrijfsvoeringen in de praktijk met betrekking tot reductie van biocideninzet en N-verlies naar een minimaal niveau. Er zijn bijvoorbeeld geen ecologische teeltvarianten en -rotaties geformuleerd (Vereijken et al., 1994). Als dit wel het geval zou zijn geweest, zou de biocideninzet tot nul gereduceerd kunnen worden, waarbij de saldoreductie mogelijk kleiner zou zijn geweest dan bij de hier gepresenteerde resultaten. Immers, in plaats van 1/2 braak zouden dan ecologische teeltwijzen gekozen kunnen worden, tegen ecologische marktprijzen.

De resultaten van deze studie wijzen wel op knelpunten bij mogelijke oplossingsrichtingen voor verdere realisering van milieudoelstellingen. In de trajecten, waar grote saldoreducties optreden, kan worden geanalyseerd of de opgenomen gewassen en teeltwijzen kunnen worden uitgebreid met teeltsystemen die sterker aan het gewenste doel bijdragen dan de nu opgenomen teeltwijzen bij de modelberekeningen. Op deze wijze kan richting gegeven worden aan ontwikkeling en toepassing van teeltsystemen.

6. Evaluatie

Met de in dit rapport besproken methode blijkt het mogelijk de effecten van gangbare en geïntegreerde bedrijfssystemen op economische en milieukundige doelen te verkennen. Op deze wijze wordt het inzicht vergroot in de te volgen bedrijfsstrategie gericht op verdere reducties van nutriëntenoverschot en biocideninzet. Zoals opgemerkt door Schröder et al. (1993a): 'Pas door andere bouwplaneffecten zoals teeltfrequentie-effecten alsmede gewassaldi mee te wegen, kan worden nagegaan of 'verdunding met granen' een betere strategie is voor een hoge nutriëntenbenutting dan de strategie van 'suboptimaal bemesten'. Op basis van de praktijk-resultaten op de innovatiebedrijven (Wijnands et al., 1995) kwam duidelijk naar voren dat op akkerbouwbedrijven in eerste instantie aanzienlijke reducties in nutriëntenoverschot en biocideninzet mogelijk zijn zonder verlaging van het bedrijfssaldo, door een nauwkeuriger afstemming van mestgiften op de gewasbehoefte en een zorgvuldiger keuze en dosering van gewasbeschermingsmiddelen en inzet van niet-chemische methoden. De resultaten van de modelmatige verkenningen illustreren hoe lijnen uitgezet kunnen worden naar verdere reducties in nutriënten-overschotten en biocideninzet. Daarbij werd tevens duidelijk dat bij verdere ontwikkelingen in deze richting, sub-optimaal bemesten van gewassen en vervolgens bouwplanaanpassingen noodzakelijk zijn, het bedrijfssaldo lager wordt. Bij verdere reducties zullen economische en milieukundige belangen dan ook zorgvuldig tegen elkaar afgewogen moeten worden. Een andere optie is het introduceren of ontwikkelen van teeltsystemen die in grotere mate bijdragen aan de milieukundige doelstellingen en een geringere daling van het bedrijfssaldo tot gevolg hebben. Een mogelijkheid zou kunnen zijn het overstappen op een ecologische bedrijfsvoering, waarbij verdergaande reducties in biocideninzet mogelijk zijn met mogelijk een geringere saldoreductie, vanwege andere marktprijzen.

Van groot belang bij de interpretatie van de resultaten van de modelmatige verkenningen en de vergelijking met de innovatiebedrijven is het feit dat het model een statisch model is, gebaseerd op 'gemiddelde getallen' en op agronomische kennis verkregen uit veldproeven (Sectie 2.1). De modelresultaten bieden dan ook alleen een basis voor 'de grote lijn' van te volgen bedrijfsstrategieën.

Op basis van de vergelijking van de modelresultaten met de resultaten behaald op de innovatiebedrijven zijn tevens kennisleemtes zichtbaar geworden (Sectie 1.3). Zo bleek de gevolgde werkwijze voor berekening van N-beschikbaarheid voor gewassen, op basis van een indeling in gewasgroepen, te globaal om de verschillen tussen de gewassen zichtbaar te maken (Sectie 3.2.2).

Berekeningen van inputs en outputs van één enkele gewasrotatie met specifieke teeltsystemen voor vergelijking van de berekeningen met TCG_CROP met de praktijkresultaten konden niet rechtstreeks met TCG_CROP of met het optimaliseringsmodel uitgevoerd worden. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met het computerprogramma EXCEL met behulp van de kengetallen die in TCG_CROP worden gehanteerd. Dit was nodig aangezien de TCG_CROP alleen inputs en outputs genereert voor afzonderlijke teeltsystemen en niet sommeert naar bedrijfsniveau. Tevens is het optimaliseringsprogramma niet geschikt voor het uitvoeren van berekeningen voor één enkele gewasrotatie met specifieke teeltsystemen. Dit is een belangrijke beperking van de gehanteerde modellen. Het zou voor het toetsen van kengetallen handig zijn indien een rotatiemodel beschikbaar is, zodat heel snel inputs en outputs gegenereert kunnen worden per gewasrotatie met specifieke kengetallen. Een dergelijk rotatiemodel kan gebaseerd worden op de elementen van TCG_CROP.

De mogelijkheden voor berekeningen met het optimaliseringsmodel werden beperkt door een sterke toename van de rekentijd bij uitbreiding van gewaskeuze, rotatie-effecten of geformuleerde randvoorwaarden bij de beschikbare computerfaciliteit (Schans, pers. med.). Een minimale gewaskeuze beperkt indirect de mogelijkheden voor alternatieve teeltmaatregelen zoals bijvoorbeeld bij de berekeningen voor CZK de toediening van organische mest werd beperkt door uitsluiting van de teelt van poot aardappel (tabel 2.5 en hoofdstuk 5). Bij verdergaande verkenningen waarbij ook ecologische gewasrotaties in overweging worden genomen en waarbij rotatie-effecten een steeds belangrijker rol gaan spelen, is het waarschijnlijk dat bij de huidige modelopzet en computerfaciliteit de benodigde rekentijd een belangrijk knelpunt gaat vormen. Bij verdere toepassing van de gevolgde methode is dit een belangrijk aandachtspunt.

Literatuur

- Anonymus, 1992a. Akkerbouw naar 2000. Milieu en Bedrijf, Landbouwschap, Den Haag, 8 pp.
- Anonymus, 1992b. Werkboek deelnemer: milieumeetlat voor bestrijdingsmiddelen. Versie 2.2, Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht, 100 pp.
- Asperen, P. van, J. Schans & F.G. Wijnands, 1993. FARM-R 1.0: een registratiesysteem voor de bedrijfsvoering. Ontwikkeld ten behoeve van het project 'Introductie Geïntegreerde Akkerbouw'. CABO-verslag 173, Wageningen, 77 pp.
- Bon, K.B. van, F.G. Wijnands, I.A. Schönherr & I. Hidding (red.), 1994. Telen met perspectief. Teeltstrategieën gericht op een duurzame akkerbouw, Kerngroep Meerjarenplan Gewasbescherming, IKC-AT, Ede, 75 pp.
- Floot, H.W.G., J.G. Lamers & W. van den Berg, 1992. De invloed van de intensiteit van het bouwplan op poot aardappelen, suikerbieten en wintertarwe (vruchtwisselingsproefveld FH 82). PAGV-verslag nr. 139, Lelystad, 127 pp.
- Goossensen, F.R. & P.C. Meeuwissen (red.), 1990. Advies van de Commissie Stikstof. Directie Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen, 93 pp.
- Habekotté, 1994. TCG_CROP, een model voor berekening van produktie- en milieuv variabelen van verschillende gewassen. Ontwikkeld ten behoeve van het project 'Introductie Geïntegreerde Akkerbouw'. Simulation Reports CABO TT nr. 35, AB-DLO, 157 pp.
- Heijungs, R. (red.), 1992. Milieugerichte levenscyclusanalyse van produkten. Centrum Milieukunde Leiden (CML), Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu bv. (NOVEM), Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM). CML, Leiden, 140 pp.
- Hoekstra, O. & J.G. Lamers, 1993. 28 jaar De Schreef,. PAGV-verslag nr. 67, Lelystad, 207 pp.
- Koning, G.H.J., H. Jansen & H. van Keulen, 1992. Input en Output coefficients of Various Cropping and Livestock Systems in the European Communities. Publikatie van de Wetenschappelijke Raad voor het regeringsbeleid (WRR), W62, Den Haag, 71 pp.
- KWIN, 1992. Kwantitatieve informatie 1992-1993 voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de vollegrond, PAGV-IKC-AGV, Lelystad, 212 pp.
- Lammers, H.W., 1983. Gevolgen van het gebruik van organische mest op bouwland. CAD Bodem-, water- en bemestingszaken, Wageningen, 83 pp.
- Meijer, W.J.M., 1986. De stikstofbemesting van zaadteeltgewassen Engels raai, veldbeemd en roodzwenk. PAGV-verslag nr. 55, Lelystad, 25 pp.
- MNLV, 1990a. Structuurnota Landbouw, Regeringsbeslissing. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag, 174 pp.
- MNLV, 1990b. Rapportage Werkgroep Akkerbouw. Achtergronddocument Meerjarenplan Gewasbescherming. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag, 103 pp.
- MNLV, 1991. Meerjarenplan Gewasbescherming, Regeringsbeslissing. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag, 298 pp.
- Schröder, J.J., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen & F.G. Wijnands, 1993a. Nutriëntenbenutting en -verlies bij akkerbouwgewassen: een theoretische verkenning. Deelstudie voor het project 'Introductie Geïntegreerde Akkerbouw', Verslag 186, CABO-DLO, Wageningen, 25 pp.

- Schröder, J.J., P.van Asperen, G.J.M. van Dongen & F.G. Wijnands, 1993b. Nutriëntenbenutting en -verlies bij akkerbouwgewassen: evaluatie van praktijkgegevens van innovatiebedrijven in 1990 en 1991. Deelstudie voor het project 'Introductie Geïntegreerde Akkerbouw'. Verslag 187, CABO-DLO, Wageningen, 54 pp.
- Schröder, J.J., P.van Asperen, G.J.M. van Dongen & F.G. Wijnands, 1994. Nutriëntenbenutting en -verlies op de Innovatiebedrijven Geïntegreerde Akkerbouw - resultaten 1990-1993. Deelstudie voor het project 'Introductie Geïntegreerde Akkerbouw'. AB-DLO-rapport 26, Wageningen, 47 pp.
- Sieling, E.R.M. (red.), 1992. Stikstofbestedingsrichtlijnen voor de akkerbouw en de groente-teelt in de vollegrond, 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, W. Stol & R. Visser, 1994. Designing Prototypes. Progress Report 1. Research network for EU and associated countries on integrated en ecological arable farming systems. AB-DLO, Wageningen 87 pp.
- Wijnands, F.G. & P. Vereijken, 1992. Region-wise development of prototypes of integrated arable farming and outdoor horticulture. Neth.J.Agric Sci., 40: 225-238.
- Wijnands, F.G., B.M.A. Kroonen-Backbier, Y. Hofmeester, W.K. van Leeuwen-Haagsma, J. Boerma & G.J.M. van Dongen, 1992a. Ontwikkeling van geïntegreerde bedrijfssystemen. Themadag bedrijfssystemen voor een akkerbouw met toekomst, PAGV-themaboekje nr. 14, 9-180.
- Wijnands, F.G., S.R.M. Janssens, P. van Asperen & K.B. van Bon, 199b. Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw, opzet en eerste resultaten. Verslag 144, PAGV, Lelystad, 88 pp.
- Wijnands, F.G., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen, S.R.M. Janssens, J.J. Schröder & K.B. van Bon, 1995. Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw. Beknopt overzicht technische en economische resultaten. PAGV verslag 196, 121 pp.

Appendix I: Aanpassingen van data in TCG_CROP

I.1. Standaardopbrengst per gewas en omgeving

Tabel I.1. Gecorrigeerde standaardopbrengsten (STY) per gewas en omgevingsvarianten (ENV) in TCG_CROP (Habekotté, 1994)

Gewas	ENV	Opbrengst (t ha ⁻¹) vers	Bron, opmerkingen
3 STP (fabrieksaardappel)	3 (NON)	45	zonder berekening. Pers. med. Nigten, 1995
13 GRS (graszaad)	1 (CZK)	1,45	Bemmelenhoeve (1983-'89), Meijer, 1986
	3 (NON)	1,23	Pers. med. Meijer, AB-DLO, 1993

I.2. Gewasbeschermingsvarianten, inzet van actieve stof, produktiemiddelen en taakuren

Tabel I.2.1. Verschillende niveaus van gewasbescherming (PRO) per omgevingsvariant (ENV) en gecorrigeerde totale inzet van actieve stof (*, kg ha⁻¹) in TCG_CROP (Habekotté, 1994)

Gewas	ENV	PRO	
		1	2
WAP (consumptie-aardappelen)	1 (CZK)	21,6	5,78*
SEP (pootaardappelen)	1 (CZK)	21,0	4,72*
STP (fabrieksaardappelen)	3 (NON)	23,5*	3,47*

Tabel I.2.2. Overzicht van gecorrigeerde middelenkosten (in gld. ha⁻¹) (mecosp), machinekosten (macosp) en taakuren per periode van 2 maanden (HOUP (1-6)) per omgeving (ENV), gewas en protectieniveau (PRO) in TCG_CROP (Habekotté, 1994). WAP: consumptie-aardappelen, SEP: pootaardappelen, STP: fabrieksaardappelen (zonder nematiciden); PRO 1: gangbare gewasbescherming, PRO 2: geïntegreerde gewasbescherming.

Gewas	ENV	PRO	mecosp	macosp	HOUP(1-6)					
					1	2	3	4	5	6
1 WAP	1 CZK	2	777,69	595,50	0	0	3,25	4	2,25	0
2 SEP	1 CZK	2	1152,73	491,50	0	0	3,75	2,5	0	0
3 STP	3 NON	1	804,15	481,00	0	0	2,5	3,5	1,5	0
		2	1136,20	642,20	0	0	6,45	3	2,0	0

Tabel 1.2.3. Correctie (vetgedrukt) van tabel V.3.4 in Habekotté (1994). Gewasbescherming, productiemiddelen en taakuren per periode van twee maanden voor consumptie-aardappel (WAP) in CZK (PRO = 2: geïntegreerde gewasbescherming; KWIN, 1992; pers.med. C.D. van Loon, PAGV, 1993; pers. med. G.J.M. van Dongen, PAGV, 1993; wb: werkbreedte, per: periode van 2 maanden).

WAP Maatregel	PRO = 2 middel; merknaam-no (werkzame stof)	wb (m)	hoeveel- heid/ha	kosten (gld./ha)			uren ha ⁻¹ per ⁻¹	per	
				middel	machine	trekker loon- werk			
Onkruiden:									
mechanisch	rijenfrees	3			97	0,75x30	-	0,75	3
chemisch	veldspuit, aanb. mn-354 (metribuzin) met metribuzin mn-387 (minerale olie)	21	0,25	33,75	16	0,5 x24		0,5	3
			2	10,90					
Ziekten/plagen									
intensieve be- monstering (nematoden)	mn-200		0,5	120,00					
fungiciden (<i>Phytophthora</i>)	veldspuit, aanb. mn-80 (fluazinam)	21	12x3/4 x0,4	379,44	12x16	12x0,5 x24		2, 3, 1,0	3, 4, 5
insecticiden (bladluizen)	veldspuit, aanb. mn-145 (parathion)	21	1	9,85	16	0,5x24		0,5	4
	veldspuit, aanb. mn-148 (pirimicarb)	21	0,5	60,00	16	0,5x24		0,5	4
loofdoden (chemisch)	veldspuit, aanb. mn-350 (diquat)	21	2,5	73,75	16	0,5x24		0,5	5
	veldspuit, aanb. mn-339 (metoxuron)	21	1,5	90,00	16	0,5x24		0,75	5
totaal:				777,69	369	226,5			
periode		1	2	3	4	5	6		
uren		0	0	3,25	4,0	2,25	0		

Tabel 1.2.4. Correctie (vetgedrukt) van tabel V.3.6 in Habekotté (1994). Gewasbescherming, productie-middelen en taakuren per periode van twee maanden van pootaardappelen (SEP) (PRO = 2: geïntegreerde gewasbescherming; KWIN, 1992; pers.med. C.D. van Loon, PAGV, 1993 (wb: werkbreedte, per: periode van 2 maanden).

SEP Maatregel	PRO = 2 middel; merknaam-no (werkzame stof)	wb (m)	hoeveel- heid/ha	kosten (gld./ha)			uren ha ⁻¹ per ⁻¹	per
				middel	machine	trekker loon- werk		
Onkruiden:								
1) via rugopb., zie vaste productie- middelen								
2) aanaarden	rijenfrees	3		97	0,75x30	-	0,75	3
Ziekten/plagen								
intensieve bemonstering	mn-200		1,0	240,00				
rhizoctonia, grondbehande- ling	rijenspuit op pootmachine mn-63 (pencycuron 25 %)	3	10	485,00				
<i>Phytophthora</i>	veldspuit, aanb. mn-80 (fluazinam)	21	6x3/4 x0,4	189,72	6x16	6x0,5 x24	2,1	3,4
	veldspuit, aanb. mn-148 (pirimicarb)	21	2x0,5	120,00	2x16	1,0x24	1,0	3
loofdoden mechanisch	loofklapper	3			93	1x24	1	4
loofdoden	veldspuit, aanb. mn-350 (diquat)	21	4	118,00	16	0,5x24	0,5	4
totaal:				1152,73	337	154,50		
periode		1	2	3	4	5	6	
uren		0	0	3,75	2,5	0	0	

Tabel I.2.5. Correctie (vetgedrukt; zonder nematiciden) van tabel V.3.7 in Habekotté (1994). Gewasbescherming, produktiemiddelen en taakuren per periode van twee maanden van fabrieksaardappelen (STP) in de Veenkoloniën (PRO = 1: gangbare gewasbescherming; KWIN, 1992; pers. med. G.J.M. van Dongen, PAGV, 1993; wb: werkbreedte, per: periode van 2 maanden).

SEP Maatregel	PRO = 2 middel; merknaam-no (werkzame stof)	wb (m)	hoeveel- heid/ha	kosten (gld./ha)			uren ha ⁻¹ per ⁻¹	per
				middel	machine	trekker loon- werk		
Onkruiden:								
	veldspuit, aanb. mn-354 (metribuzin)	21	0,5	67,50	16	0,5x24	0,5	3
	veldspuit, aanb. mn-284 (dinoterb)	21	4,0	66,00	16	0,5x24	0,5	3
	met dinoterb. mn-387 (minerale olie)		2	10,90				
Ziekten/plagen								
aaltjes	mn-201		1,5	36,00				
onderzoek								
pootgoed	met poten		12,5	218,75				
ontsmetten	mn=187 (ethoprofos)							
<i>Phytophthora</i>	veldspuit, aanb. mn-51 (maneb/fentin)	21	10x2,5	375,00	10x16	10x0,5 x24	1, 3,5, 0,5	3, 4, 5
luizen	veldspuit, aanb. mn-148 (pirimicarb)	21	0,25	30,00	16	0,5x24	0,5	3
loofdoden	loofklapper	3			93	1x24	1	5
totaal:				804,15	301	180		
periode		1	2	3	4	5	6	
uren		0	0	2,5	3,5	1,5	0	

Tabel I.2.6. Correctie (vetgedrukt) van tabel V.3.8 in Habekotté (1994). Gewasbescherming, produktiemiddelen en taakuren per periode van twee maanden van fabrieksaardappelen (STP) in de Veenkoloniën (PRO = 2: geïntegreerde gewasbescherming; KWIN, 1992; pers.med. C.D. van Loon, PAGV, 1993; KWIN, 1992; wb: werkbreedte, per: periode van 2 maanden).

STP Maatregel	PRO = 2 middel; merknaam-no (werkzame stof)	wb (m)	hoeveel- heid/ha	kosten (gld./ha)			uren ha ⁻¹ per ⁻¹	per
				middel	machine	trekker loon- werk		
Onkruiden:								
eggen	onkruiddeg	6		30	1,2x24		1,2	3
schoffelen	schoffel	3		26	1,5x24		1,5	3
anaarden	anaarder			22	0,75x24		0,75	3
chemisch	veldspuit, aanb. mn-354 (metribuzin)	21	0,8x3	324,00	3x16	3x0,5x24	1,5	3
Ziekten/plagen								
aaltjes	mn-201		1,5	36,00				
onderzoek								
pootgoed	met poten		5	430,00				
ontsmetten	mn=81 (validamycine))							
<i>Phytophthora</i>	veldspuit, aanb. mn-80 (fluazinam)	21	10x3/4 x0,4	316,20	10x16	10x0,5 x24	1, 3, 1,0	3, 4, 5
luizen	veldspuit, aanb. mn-148 (pirimicarb)	21	0,25	30,00	16	0,5x24	0,5	3
loofdoden	loofklapper	3			93	1x24	1	5
totaal:				1136,20	395	247,2		
periode		1	2	3	4	5	6	
uren		0	0	6,45	3	2,0	0	

I.3. Nutriënten

I.3.1. Oogstindices voor P₂O₅, K₂O en N

Tabel I.3.1. Gecorrigeerde (*) oogstindices (kg kg⁻¹ drooggewicht) van P₂O₅ (PHHI), K₂O (POHI) en N (NHI) in TCG_CROP (Habekotté, 1994) (**: voor berekening van N-afvoer bij graszaad)

Gewas	PHHI	POHI	NHI	Bron
WIW, wintertarwe	0,89	0,45*	0,77	corr.
SBA, zomergerst	0,88	0,43*	0,77	corr.
GRS, graszaad	0,37*	0,067	0,18* 0,36**	Meijer, 1986

I.3.2. Werkingscoëfficiënt voor N-mineraal in organische mest

Tabel I.3.2. Gecorrigeerde werkingscoëfficiënten van N-mineraal in organische mest (WCMM1), afhankelijk van het toedieningstijdstip op klei in de herfst (naar Lammers, 1983) (* : gelijkgesteld aan waarde in november, pers. med. Schröder, AB-DLO, 1995)

Periode	Toedieningstijdstip	WCMM1
2 - 4	vanaf 1 augustus tot 1 november	0,15*
5	november	0,15
7	december	0,32
8	1 - 15 januari	0,42

1.3.3. Organische mest toediening bij zaaiui

Tabel 1.3.3. Bemestingsvarianten van zaaiui (SON) in CZK (KM: kunstmest, OM: organische mest, per: periode) (KWIN, 1992, Habekotté, 1994)

SON, CZK Maatregel	middel	wb	kosten (gld. ha ⁻¹)			uren ha ⁻¹ per ¹	per
			m	machine	trekker		
KM:							
P ₂ O ₅	km	18	20	0,4x24		0,4	2
N	km	18	2x20	2x0,4x24		0,4	2,
						0,4	3
K ₂ O	km	18	20	0,4x24		0,4	2
totaal:				38,4			
KM + OM:							
P ₂ O ₅	om				188		
N	om, km	18	20	0,4x24		0,4	2,
						0,4	3
K ₂ O	om, km	18	20	0,4x24		0,4	2
totaal:			40	19,2	188		

I.4. Overige aanpassingen

Tabel I.4. Overige aanpassingen in het verslag van TCG_CROP (Habekotté, 1994)

Plaats/Pagina	Correctie
Pagina 5 (1.3)	Het model kan gebruikt worden op een personal computer (...met minimaal 2 Mbyte RAM....)
Tabel VI.1.10 en 1.1	Bemestingsvarianten voor maïs: de machinekosten (exclusief trekkerkosten) bij KM en VDM in beide tabellen 60 i.p.v. 80 gld.
Tabel VI.1.1 en .2	Bemestingsvarianten voor maïs: de totale machinekosten verlagen van 108,8 naar 88,8 gld.
Model listing (XIII-8)	In calculations for fallow (crop number 14): CALL SUBOUT(ENV13, E, ROT13, R....enz.) moet zijn: CALL SUBOUT(ENV14, E, ROT14, R,....enz.)