
**Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw
en de Vollegrondsgroenteteelt**

**Prototype Begeleidingssysteem Bodemgezondheid
Voorbeeld van een computertoepassing voor de be-
heersing van aardappelcystealtjes**

december 1997

Samenstelling:

ing. S.R.M. Janssens (LEI-DLO)

ing. J.G. Groenwold (LEI-DLO)

ir. H. Nijboer (PAV)

ir. L.P.G. Molendijk (PAV)

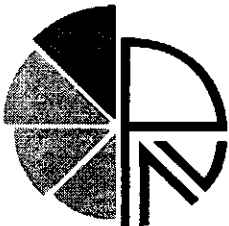
met medewerking van:

ir. H. Janssen (LEI-DLO)

ing. A. Grunefeld (PAV)

ir. A.J. Scheepens (ATC)

ir. J. Schering (LEI-DLO)



Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt

Postbus 430

8200 AK Lelystad

telefoon: 0320 29 11 11

telefax: 0320 23 04 79

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0967 2169

ISBN 958002

Inhoud

SAMENVATTING	4
SUMMARY	6
INLEIDING	8
Onderzoeksprogramma bodemgezondheid	8
Aardappelmoedebeheersing in de praktijk	9
Wijzigende AM-regelgeving	9
De huidige regelgeving	10
Instrumenten voor AM-beheersing voor de teler.....	10
Landelijke AM-situatie	11
Opzet van de publicatie	11
OPZET, AANPAK EN REALISATIE.....	12
Informatie-analyse	12
Kennissynthese	13
Prototyping.....	13
Workshops.....	14
Hard- en software	14
Organisatie	15
INVENTARISATIE.....	16
Behoeften in de praktijk.....	16
Bestaande geautomatiseerde adviessystemen.....	17
Conclusies	18
INFORMATIEMODEL 'TERRA'	19
Informatie-analyse	19
Normatieve subject-area's.....	20
Bedrijfsspecifieke subject-area's.....	23
Resultaten van de informatie-analyse	27
KENNISANALYSE EN INHOUDELIJKE ACHTERGRONDEN.....	30
Bemonstering	30
Afbeelden besmettingssituatie.....	33
Reconstructie van een besmetting: de besmettingssituatie.....	34
Populatie-dynamische regels	37
Het schademodel	38
Advisering.....	39
Enkele inhoudelijke opmerkingen	41
HET PROTOTYPE.....	43
De database	43
Registratie	44
Rassenkeuze-advies	46

Scenario-advies	49
Beperkingen van het prototype.....	52
TESTEN EN WORKSHOPS	53
Inhoudelijke test.....	53
Workshops.....	53
Reacties tijdens de workshops.....	54
Enquête	55
Conclusies	59
CONCLUSIES, AANBEVELINGEN EN PERSPECTIEVEN.....	60
Suggesties voor verbetering.....	60
Aspecten rondom implementatie	61
Conclusies en perspectieven	62
LITERATUUR	64
BIJLAGE A. REDENEERBOOM: GEREEDSCHAP VOOR KENNIS-MODELLERING	66

SAMENVATTING

Gedurende de periode 1991-1995 hebben het LEI-DLO en het PAGV gezamenlijk een prototype voor een computertoepassing ontwikkeld gericht op de beheersing van aardappelcystenaaltjes. Aanleiding voor de ontwikkeling van dit prototype vormde het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJPG) waarin aangegeven is dat het gebruik van nematociden in 2000 met 50% moest zijn teruggebracht. Dit verslag geeft een samenvattend overzicht van de belangrijkste onderdelen die tijdens het project zijn uitgevoerd.

Besmettingshaarden van aardappelcystenaaltjes binnen een perceel variëren in omvang en dichtheid. Voor het opsporen en localiseren van de haarden kan een ondernemer kiezen uit verschillende (grond)bemonsteringsmethoden.

Uit een inventarisatie bij de start van het project bleek dat telers, onderzoekers etc. vonden dat vier aspecten in het te ontwikkelen prototype moesten worden opgenomen: rassenkeuze, populatiedynamica voor het voorspellen van de populatie-ontwikkeling, grafische weergave van de besmettingssituatie en geografische informatie.

In navolging van eerder ontwikkelde teeltbegeleidingssystemen is voor de ontwikkeling van het prototype van de Landbouw Informatica Aanpak gebruik gemaakt. Tijdens de informatie-analyse bleek dat AM-beheersing op de volgende punten afwijkt van eerder ontwikkelde meer gewasgerichte begeleidingssystemen:

- Ontwikkeling van aardappelcystenaaltjes beperkt zich niet tot één teelt of teeltseizoen. De problematiek moet over de jaren heen in bouwplanverband worden aangepakt (onder andere aardappelopslagbestrijding en grondontsmetting). Zowel voor de evaluatie als het voorspellen van het verloop van besmettingen en daaraan

gekoppelde gewasschade moet de informatie over de jaren heen gerelateerd kunnen worden.

- Registreren en adviseren op perceelsniveau moet op een gedesaggregeerd niveau plaatsvinden zodat dit voor elk willekeurig perceelsdeel mogelijk is. Plaatsgebonden informatie en advisering spelen in dit verband een belangrijke rol (locatie en ontwikkeling van besmettingshaarden, pleksgewijze behandeling). Ook het toepassen van geografische informatiesystemen (GIS) lijkt hiervoor perspectieven te bieden.
- Kennis over bodemgebonden ziekten en plagen was fragmentarisch, tamelijk ongestructureerd (meerdere modellen; meerdere bemonsteringssystemen (blokken en stroken)) of nog in onderzoek. Dit in tegenstelling tot eerder ontwikkelde teeltbegeleidingssystemen waarbij tijdens de ontwikkeling gebruik gemaakt kon worden van reeds geïmplementeerde toepassingen (bijvoorbeeld onkruidbestrijding suikerbieten, Epipré).

De problematiek van de plaatsgebonden informatie is in een afzonderlijk project ondergebracht zodat alle inspanningen gericht konden worden op de inhoudelijke ontwikkeling van het adviesstelsel.

Het belangrijkste knelpunt tijdens de informatie-analyse vormde het gebrek aan geformaliseerde kennis. Om deze reden is een uitgebreide synthese van de beschikbare kennis uitgevoerd. De kennis over aardappelmoehheid is onderscheiden in een kwalitatief (onder andere populatiekarakterisering, pathotype-soort) en een kwantitatief deel (onder andere modellen voor schade, populatie-dynamica en haardreconstructie). Ondanks de complexiteit van de materie kon een basis gelegd worden voor de realisatie het prototype. Via een

prototyping-aanpak is een prototype ontworpen en gerealiseerd dat de volgende onderdelen omvat:

- Registratie van relevante bedrijfs- en teeltgegevens noodzakelijk voor adviesprocedures.
- Plaatsbepaling: definiëren van besmettings-situatie uitgaande van de geregistreerde gegevens/bemonsteringsuitslagen (onder andere haardreconstructie en besmettingskwalificaties).
- Advisering: modules voor rassenkeuze- en een scenario-advies zijn ontwikkeld. Het rassenkeuze-advies geeft de teler inzicht in de geschiktheid van rassen voor de besmettingssituatie per perceel(sdeel) in relatie tot de besmettingssituatie en de overige maatregelen (bijvoorbeeld grondontsmetting). Het scenario-advies geeft de gebruiker een voorspelling van de gevolgen van de opgegeven teeltmaatregelen op onder andere de populatie-ontwikkeling en de gewasschade.

Tijdens en na de ontwikkeling is het prototype getest. Mede vanwege een aantal beperkingen (uitsluitend strokenbemonstering, rechthoekige percelen), de complexiteit van

de materie en enkele inhoudelijk tekortkomingen (pathotype-classificatie, secundaire verspreiding) is afgezien van implementatie. Om toch een oordeel over het prototype te verkrijgen, is een aantal workshops voor potentiële gebruikers georganiseerd waarbij het prototype is toegelicht en gedemonstreerd. Het prototype sluit goed aan bij de wensen van de praktijk en biedt mogelijkheden om complexe besmettingssituaties beter te doorgronden. Voorwaarde is dat bemonsteringsstrategieën (vast punt, raster) over de jaren heen consequent worden toegepast. Op een aantal punten zijn voorstellen voor uitbreiding van het prototype gedaan zoals het toevoegen van andere bemonsteringssystemen en een bedrijfseconomische berekening. Qua opzet is het prototype uniek en vernieuwend (plaatsgebonden advisering, gebruik makend van informatie over de jaren heen, eenvoudige grafisch weergegeven). Sommige onderdelen, zoals ras-advies, zijn in principe geschikt voor implementatie. Vanwege de verwachte lage gebruiksfrequentie ligt centrale implementatie bij bemonsteringsinstanties, een softwarehuis of een voorlichtingsinstantie het meest voor de hand.

SUMMARY

In order to create alternative possibilities to support soil pathogen management (e.g. potato cyst nematodes (PCN)) the Agricultural Economics Research Institute and the Research Station for Arable Farming and Field Production of Vegetables started a concerted action. During the project (1990-1995) a prototype of a decision support system for soil pathogen management has been developed successfully. Due to the complexity of the subject and available knowledge the aims of the project have been restricted to potato cyst nematodes and potato growing. This report contains a summary of the most important results of the project.

To detect PCN infestations several soil sampling methods are available which differ in sampling method (strips or blocks), sampling intensity (number of samples per area as well as amount of soil per individual sample), and therefore costs and detection probability.

During the information modelling of PCN control it became obvious that opening up and structuring fundamental PCN knowledge would be more complex than expected. The different soil sampling methods used in Dutch arable farming practice as well as the available models showed little compatibility. On a few issues the knowledge about PCN was too fragmentary to structure this information into logical processes. Some essential subjects were still in research which means that no concrete solutions were available within the project's time period. Despite a prototype has been developed successfully on base of just one soil sampling method.

The prototype contains the following topics:

— Registration.

Soil pathogen management demands insight in the previous history of a parcel. Therefore historical crop data, soil sampling results and other relevant informa-

tion have to be registered. The developed registration and database concept make it possible to combine the registered information of successive/consecutive years. The registration part of this prototype is based on a developed and successfully introduced sampling method to locate patches of potato cyst nematodes (PCN) with a central density of only 50 cysts per kg of soil. In potato growing practice it is advised to use this strip method to detect PCN. The method samples every 5 meter of a parcel and contains species and pathotypes of PCN. These and other data such as crop rotation and used potato cultivars are all registered on strips of 5 meter.

— Decision support.

The effects of various cropping measures on the population dynamics of PCN and therefore the development of patches are calculated by using scientific models. The most effective way to control contaminations of PCN is to choose a potato cultivar which has correct resistance properties against PCN. To select the best potato cultivar the prototype combines registered sampling results with the population-dynamic properties of different cultivars. The prototype provides a simulation tool for potato growers.

At the end of 1994 the prototype has been completed temporarily. Until that moment potential users (arable farmers, members of soil sampling firms, extension service officers) were rarely consulted. Workshops were then organised to get an impression of their opinion of the prototype. Both the practicability of the prototype and the possibilities of implementation were verified.

The developed version of a decision support system for soil pathogen management is a

prototype in all respects. Within its present form and set-up, the prototype is not applicable on farm level in the short run. It is necessary to improve several fundamental aspects (a model which predicts the spread of secondary PCN infestations, the system of pathotype determination should be improved).

Nevertheless the prototype contains several interesting features. Crop and soil information is linked to a specific parcel or part of a parcel. This Geographic Information System (GIS) functionality makes it possible to combine information of more than one year on every specified spot of a parcel. The constraints of the chosen one-dimensional solu-

tion can be improved by using a full GIS in future.

The value as well as the limits of possibilities of site specific information should be brought to the attention of individual potato farmers. The prototype is an example of a new generation of decision support systems. The application is designed to reveal expert knowledge concerning PCN-control to a potato farmer and is the first computerised advisory system for PCN-control. Further continuation to improve the prototype depends on the support and cooperation of the institutions or businesses.

INLEIDING

Midden tachtiger jaren ontwikkelde de Nederlandse overheid plannen om het verbruik van gewasbeschermingsmiddelen terug te dringen. Deze overheidsdoelstellingen zijn vastgelegd in het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJPG). Vooral het gebruik van grondontsmettings- en grondbehandelingsmiddelen moest sterk worden gereduceerd. Grondontsmetting wordt veelal toegepast ten behoeve van specifieke teelten. Op akkerbouwbedrijven is de toepassing van nematociden hoofdzakelijk gericht tegen aardappelcystenaaltjes. In het Zuidwesten daarentegen worden nematociden vooral ingezet voor de bestrijding van bietencystenaaltjes die schade veroorzaken in de suikerbietenteelt.

De handhaving van het bouwplan bij een beperktere inzet van middelen is alleen mogelijk als via alternatieve maatregelen de risico's van de verminderde inzet van middelen worden beperkt. Veelal vereist dit veel meer kennis en inzicht van de ondernemer c.q. teler. Hij moet weten hoe bodemgebonden ziekten en plagen ontstaan, zich ontwikkelen en beheerst kunnen worden. Vanuit deze gedachte ontstond het idee om een begeleidingssysteem voor beheersing van bodemgebonden ziekten en plagen te ontwikkelen.

Het doel van deze publicatie is inzicht te geven in de opzet en inhoudelijke achtergronden van het ontwikkelde prototype van het begeleidingssysteem.

Onderzoeksprogramma bodemgezondheid

Halverwege de tachtiger jaren heeft het Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) het initiatief genomen om een geautomatiseerd begeleidingssysteem voor de beheer-

sing van de bodemgezondheid op akkerbouwbedrijven te ontwikkelen. Vrij spoedig is contact gezocht met het toenmalige Proefstation voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Vollegrond (PAGV) en is een gezamenlijk projectvoorstel uitgewerkt. Uiteindelijk is in samenwerking met het Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek (IPO-DLO), het Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO) en het H.L. Hilbrands Laboratorium voor Bodemziekten (HLB) een samenhangend programma van onderzoeksprojecten met betrekking tot de bodemgezondheid ingediend bij het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (MLNV). Voorjaar 1990 is dit programma goedgekeurd en van start gegaan.

De participanten beoogden telers kennis aan te bieden waarmee zij de complexiteit van de beheersing van de bodemgezondheid beter zouden kunnen doorgronden. Gemeenschappelijk doel vormde de ontwikkeling van een geautomatiseerd begeleidingssysteem voor beheersing van bodempathogenen.

Het syntheseproject "Ontwikkeling begeleidingssysteem bodemgezondheid" vormde de spil binnen dit onderzoeksprogramma. Alle andere onderzoeksprojecten binnen het onderzoeksprogramma hadden één gemeenschappelijk kenmerk: het leveren van de basisinformatie voor diverse facetten van de bodemgezondheid op grond waarvan het geautomatiseerde begeleidingssysteem kon worden ontwikkeld (Raven, 1991). Deze projecten vormden de zogenaamde basisprojecten.

De doelstelling van het syntheseproject om één begeleidingssysteem voor meerdere bodemgebonden ziekten en plagen te ontwikkelen, bleek veelomvattend. Reeds voordat het project van start ging, werd het projectdoel ingekaderd tot uitsluitend de beheersing van aardappelmoeheid. Hierover was (en is)

in relatie tot andere bodemgebonden ziekten en plagen relatief veel kennis voorhanden. Waar mogelijk is tijdens de uitvoering van het syntheseproject getracht algemene bodemgezondheidsaspecten aan te roeren, maar de nadruk lag in eerste instantie op de beheersing van aardappelmoehheid. In een later stadium zou bekeken worden of het mogelijk en zinvol zou zijn om ook kennis en informatie over andere bodempathogenen in het begeleidingssysteem te betrekken teneinde een compleet management-informatiesysteem voor beheersing van de bodemgebonden ziekten en plagen te kunnen realiseren.

Doel van het syntheseproject vormde de bouw en introductie van een geautomatiseerd systeem dat de agrarische ondernemer begeleidt bij het nemen van maatregelen tegen aardappelmoehheid. Het beoogde begeleidingssysteem zou de ondernemer onder andere mogelijkheden bieden om na te gaan hoe het verloop van de bodemgezondheidssituatie zou zijn bij uiteenlopend bodemgebruik en uiteenlopende teeltmaatregelen.

Kort na de start van het onderzoeksprogramma werd op initiatief van het HLB, in samenwerking met het PAGV en het softwarehuis DACOM, een aanpalend project opgezet in het kader van de herstructurering van het zetmeelaardappeltelend gebied. Doel van dit project was een centrale databank te ontwikkelen voor opslag van monster-analyse-resultaten en gegenereerde adviezen c.q. voorspellingen ten aanzien van populatie-ontwikkelingen van aardappelcystenaaltjes inclusief een evaluatie- en validatie-systeem om omisies in de gegenereerde adviezen op te sporen en bij te stellen. Dit project werd toegevoegd aan het bodemgezondheidsprogramma en betekende een aanvulling op het syntheseproject. Beide projecten waren aanvankelijk nauw aan elkaar gelieerd met dat verschil dat het syntheseproject beoogde een begeleidingssysteem te ontwikkelen dat decentraal op boerderijen geïmplementeerd zou gaan

worden, terwijl het HLB-project een centraal systeem voor validatie en evaluatie op zou moeten leveren. Dit centrale systeem zou later gekoppeld moeten kunnen worden aan de op boerderij-niveau te implementeren decentrale systemen.

Doel van het centrale systeem was tweemaal:

- Verbetering van de modellen en parameters die gebruikt worden voor begeleiding en advisering van aardappelmoehheidsbeheersing op basis van informatie uit de decentrale systemen.
- Monitoring van de aardappelmoehheidssituatie en de ontwikkeling daarvan in een regio.

Aardappelmoehheidsbeheersing in de praktijk

Op diverse manieren proberen overheid en landbouwbedrijfsleven aardappelmoehheid (AM) te voorkomen en te beheersen. In deze paragraaf wordt een kort overzicht gegeven van de regelgeving en maatregelen die van belang zijn geweest tijdens de ontwikkeling van het begeleidingssysteem.

Wijzigende AM-regelgeving

In Nederland werden in 1943 de eerste wettelijke maatregelen uitgevaardigd om het gevaar van verdere verspreiding van aardappelcystenaaltjes in te dammen. Via opsporingsonderzoek door de Planteziektenkundige Dienst (PD), keuring van pootgoed, maximum teeltfrequentie van aardappelen en later ook verplichte preventieve grondontsmetting en de verplichte teelt van AM-resistente rassen is geprobeerd verspreiding van de aardappelcystenaaltjes en opbouw van populaties te voorkomen. Desondanks is de verspreiding gestaag doorgedaan en komen in vrijwel geheel Nederland besmettingen met aardappelcystenaaltjes voor (Molendijk, 1991).

Gedurende de voorbereiding en uitvoering van het project wijzigde het beleid ten aanzien van aardappelmoetheid (AM) enkele keren. Na een periode van circa vijftig jaar werd de intensieve overheidsbemoeienis met aardappelmoetheid overgedragen aan het bedrijfsleven. Aanvankelijk zag het er nog naar uit dat via een regeling van 'verplichte inzet van resistente rassen' en AM-bemonsteringen na de aardappelteelt, de overheid een actieve rol zou blijven spelen bij pogingen het aardappelmoetheidsprobleem beheersbaar te houden. Bezuinigingen, 'een zich terugtrekkende overheid' en het beschikbaar komen van intensieve bemonstering (AMI) hebben ertoe geleid dat het voorgenomen beleid voortijdig is beëindigd.

De huidige regelgeving

Met ingang van 1 mei 1993 is een geheel nieuwe AM-regeling van kracht namelijk de 'Regulering grondontsmettingsmiddelen', een regeling die deel uit maakt van het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJPG). Deze regeling die tot doel heeft het gebruik van natte grondontsmettingsmiddelen (fumiganten) te verminderen, bestaat uit twee onderdelen:

- Een vergunningensysteem waarbij een grondontsmetting alleen is toegestaan indien een perceelsgebonden vergunning is afgegeven.
- Een verplichte beperking van de frequentie waarmee grondontsmettingen worden uitgevoerd. Tot het jaar 2001 wordt slechts éénmaal per vier jaar een vergunning voor eenzelfde perceel of perceelsgedeelte verleend. Daarna gebeurt dit eens per vijf jaar.

Dit nieuwe beleid komt er kort samengevat op neer dat de teler nog meer dan voorheen verantwoordelijk is voor de beheersing van de AM-situatie op zijn eigen bedrijf. Hij moet op eigen initiatief en kosten besmettingen (laten) opsporen en beheersen. Daarmee

is het voor iedere aardappelteler een noodzaak geworden om een eigen strategie te ontwikkelen om problemen met AM te voorkomen of op te lossen. Voor pootaardappelen moet bij aangifte van de keuring een AM-vrij-verklaring kunnen worden overlegd.

Instrumenten voor AM-beheersing voor de teler

In de praktijk beschikt de teler over een aantal mogelijkheden om AM te beheersen namelijk het voorkomen van een infectie, het opsporen van een AM-besmetting en de beheersing daarvan via gerichte (teelt)maatregelen.

Aardappelcysten kunnen zich op diverse manieren van perceel tot perceel verplaatsen. Naast verspreiding door wind vormen niet of slecht gereinigde oogstmachines een belangrijke infectiebron voor nieuwe besmettingen. Ook via (aangekocht) pootgoed met aanhangende cysten kunnen nieuwe infecties ontstaan. Via preventieve maatregelen (bedrijfs-hygiëne) zoals het reinigen van machines en aankoop van cysten-vrij pootgoed kunnen dergelijke infecties worden voorkomen.

Een infectie of jonge besmetting is in eerste instantie niet met het blote oog waar te nemen. Het is van belang een besmetting in een zo vroeg mogelijk stadium via grondbemonstering op te sporen en de besmettingssoort vast te stellen. Een teler kan daartoe kiezen uit diverse bemonsteringsmethoden die verschillen in kwaliteit, detectiekans (nauwkeurigheid) en prijs. Na localisering van een besmetting kunnen gerichte maatregelen (inzet van de juiste resistente rassen, grondontsmetting) worden genomen om verdere uitbreiding van de infectiehaard te voorkomen.

In bedrijfsverband kan bouwplanverruiming en gewaskeuze een bijdrage leveren aan de beheersing van aardappelmoetheid. Dergelijke lange termijn-keuzes hebben echter vaak een nadelige invloed op het bedrijfsresultaat en

de continuïteit.

Landelijke AM-situatie

De AM-problematiek vertoont landelijk behoorlijke verschillen die globaal zijn onderscheiden naar een drietal regio's.

In het gebied waar zetmeelaardappelen worden geteeld (noordoostelijke zand- en dalgronden) komen overwegend oudere, zogenaamde homogene besmettingen voor. Kenmerkend voor deze besmettingen is dat percelen geheel, min of meer egaal besmet zijn.

In de (klei)gebieden van Noord en Centraal Nederland, waar vooral poot- en consumptie-aardappelen worden geteeld, komen overwegend jongere besmettingen voor, de zogenaamde puntbesmettingen. De meeste percelen in deze regio's zijn slechts pleksgewijs besmet.

Tenslotte worden in gebieden met van oorsprong zeer ruime rotaties, zoals de Zuidwestelijke akkerbouwstreken (voornamelijk

consumptie-aardappelen), slechts sporadisch AM-besmettingen waargenomen.

Opzet van de publicatie

In deze publicatie wordt een samenvattend overzicht gegeven van de diverse zaken die gedurende de ontwikkeling van het begeleidingssysteem voor de aardappelmoeheid zijn onderzocht en ontwikkeld. Veel resultaten zijn gedocumenteerd in interne notities of vastgelegd in de programmatuur (software).

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de aanpak en opzet van het project. Hoofdstuk 3 en 4 geven een overzicht van respectievelijk de inventarisatie en informatie-analyse terwijl in hoofdstuk 5 de kennisanalyse aan bod komt. In hoofdstuk 6 wordt een globaal overzicht gegeven van de opzet en werking van het ontwikkelde systeem. Hoofdstuk 7 gaat in op de diverse testactiviteiten. De publicatie wordt afgesloten met een hoofdstuk conclusies en perspectieven.

OPZET, AANPAK EN REALISATIE

De oorspronkelijke projectopzet en -aanpak is gebaseerd op de Landbouw Informatica Aanpak (LIA), een methode die met regelmatig succes is toegepast bij de ontwikkeling van onder andere teeltbegeleidingssystemen. De Landbouw Informatica Aanpak is gebaseerd op de Information Engineering Methodology (IEM) wat staat voor een samenhangend geheel van methoden, technieken en gereedschappen om informatiesystemen voor een bedrijf af te bakenen, te analyseren en te ontwikkelen. Deze methodiek gaat uit van een gefaseerde aanpak waarbij de volgende vier fasen worden onderscheiden:

- informatie-analyse gevolgd door het opstellen van een informatiemodel;
- het opstellen van een systeemontwerp bestaande uit een functioneel en een technisch ontwerp;
- realisatie van het systeem;
- testen en invoeren van het gerealiseerde systeem inclusief het regelen van het (toekomstig) onderhoud.

Gedurende de eerste fase van het project, de ontwikkeling van het informatiemodel 'Terra', bleek de beschikbare AM-kennis dusdanig fragmentarisch dat steeds frequenter de vraag werd gesteld of realisatie van een begeleidingssysteem voor de bodemgezondheid überhaupt wel haalbaar zou zijn.

Bovendien was in het oorspronkelijke onderzoeksprogramma vastgelegd dat de basisprojecten en het syntheseproject gelijktijdig naast elkaar zouden worden uitgevoerd. Het verloop van het syntheseproject was hierdoor onder andere afhankelijk van de opzet en voortgang van de basisprojecten binnen het onderzoeksprogramma. Reeds bij de start van het onderzoeksprogramma sloten sommige projecten logistiek gezien onvoldoende op elkaar aan, wat impliceerde dat de resultaten op een - voor het automatiseringsproject - te

laat tijdstip beschikbaar zouden komen. Dit zou de ontwikkeling van het systeem sterk vertragen.

Beide belemmeringen vormden aanleiding om de projectdoelstellingen en -aanpak aan te passen. Na afronding van de informatie-analyse is het projectdoel dan ook gericht op twee aspecten:

1. *Kennissynthese*. Analyseren, interpreteren en combineren van de beschikbare AM-kennis en -expertise en deze, voor zover mogelijk, structureren tot logische proces.
2. *Ontwikkelen van een prototype* voor ondersteuning van de beheersing van aardappelmoehheid gebaseerd op de via informatie-analyse en synthese verkregen kennis. Dit betreft uitsluitend uitgekristalliseerde kennis. Nieuwe onderzoeksresultaten zouden in een volgende versie van het prototype opgenomen kunnen worden.

Informatie-analyse

Het globale informatiemodel 'Open Teelten' (IMOT; PAGV, 1987) heeft als uitgangspunt gediend bij de uitwerking van het probleemgebied rondom de bodemgezondheid en de aardappelmoehheid in het bijzonder. Het informatiemodel 'bodemgezondheid' is een verdere detaillering van dit probleemgebied.

Gestreefd is het informatiemodel voor de bodemgezondheid aan te laten sluiten op IMOT. Dit leverde een belangrijk knelpunt op wat betreft de modellering van 'plaatsgebonden informatie'.

Een informatiemodel bestaat onder meer uit een data- en een procesmodel. Het datamodel bevat definities en de beschrijving van gegevens en de gegevenssamenhang. Beslissingen met bijbehorende rekenregels worden vast-

gelegd in het proces-model. Voor een consistent informatiemodel moeten het data- en procesmodel onderling volledig op elkaar zijn afgestemd (met behulp van een CRUD-matrix). Voor de uitwerking van het informatiemodel 'Terra' is gebruik gemaakt van de Information Engineering Workbench (IEW), een computertoepassing die gebruikt wordt voor het ontwikkelen van informatiemodellen en -systemen.

De informatie-analyse is gefaseerd uitgevoerd. De benodigde informatie is verkregen via groepsbijeenkomsten met experts en gesprekken met afzonderlijk geraadpleegde AM-deskundigen. Regelmatig zijn de tussentijdse informatie-analyse-resultaten met hen teruggekoppeld.

Het ontsluiten en structureren van fundamentele AM-kennis bleek verre van eenvoudig. Nadat eerst een tussentijds informatiemodel voor het totale probleemgebied van de bodemgezondheid was opgesteld, is vervolgens het definitieve informatiemodel voor de aardappelmoetheid 'Terra' uitgewerkt.

De informatie-analyse maakte duidelijk dat voor een aantal kennisgebieden onvoldoende informatie en kennis voorhanden was. Deze kennis-leemtes zijn in een afzonderlijke notitie beschreven (Nijboer en Janssen, 1991). Na afsluiting van de informatie-analyse is een deel van de kennisleemtes via kennissynthese ingevuld.

Kennissynthese

De kennissynthese had tot doel ontbrekende informatie van een aantal onderdelen uit het totale AM-kennisgebied voor zover mogelijk verder in te vullen op basis van literatuur(studie) en het inschakelen van materiedeskundigen (experts).

De resultaten van deze kennissynthese zouden in combinatie met het informatiemodel voldoende basis moeten bieden voor de ontwikkeling van een prototype voor de beheer-

ing van aardappelmoetheid. Ten behoeve van de kennissynthese is het totale AM-kennisgebied onderverdeeld in twee deelgebieden nl.:

- de kwantitatieve aspecten (onder andere modellen van schade, populatie-dynamica, haardreconstructie);
- de kwalitatieve aspecten (onder andere populatie-karakterisering, pathotypesoort).

Tijdens de informatie-analyse bleek dat het deelgebied van de kwantitatieve aspecten het verst was uitgekristalliseerd. Dit type informatie is juist vanwege het overwegend kwantitatieve karakter (onder andere parameters, modellen en rekenregels) relatief goed te structureren en vervolgens op redelijk eenvoudige wijze om te zetten in automatiseerbare processen.

Aanzienlijk minder eenvoudig bleek het om niet-uitgekristalliseerde kwalitatieve aspecten te structureren. Gepoogd is de belangrijkste probleemvelden van dit kwalitatieve kennisgebied in kaart te brengen en tot op conceptueel niveau te beschrijven. De kennissynthese heeft een fundamentele bijdrage geleverd aan de realisatie van het prototype en is voortgezet tot aan het einde van het project.

Prototyping

Met de aanpassing van de oorspronkelijke projectdoelstellingen is de gefaseerde aanpak zoals in LIA aangegeven, heroverwogen. Omdat de beschikbare kennis soms te fragmentarisch was, was een compleet systeemontwerp moeilijk realiseerbaar. Vanwege deze situatie was een continue maar toch gestructureerde wisselwerking tussen kennis-analyse, functioneel ontwerp en systeemrealisatie noodzakelijk.

Prototyping is in zo'n geval een goed middel om vage ideeën over niet-uitgekristalliseerde kennis concreet te maken en met materiedeskundigen en potentiële gebruikers af te stem-

men. Bovendien is prototyping uitstekend geschikt om bepaalde specificaties van het definitieve systeem uit te zoeken terwijl de kwaliteit van de software op een efficiënte en relatief goedkope manier wordt verhoogd (Aldershof en de Vroed, 1991).

Voor het opstellen van het functioneel ontwerp is een (geautomatiseerd) hulpmiddel ontwikkeld (Schering, 1996). Deze toepassing, redeneerboom genaamd, bleek uitstekend te voldoen bij de ontwikkeling van kennisregels en adviesprocedures in een prototyping-omgeving (zie bijlage A).

De gekozen aanpak heeft uiteindelijk geresulteerd in de realisatie van een prototype. Alle gerealiseerde onderdelen zijn afzonderlijk getest en indien nodig aangepast. Na realisatie is het prototype nog eens uitvoerig in zijn geheel getest. Tijdens deze laatste testen is de aandacht vooral gericht geweest op de inhoudelijke aspecten en samenhang tussen de diverse afzonderlijke onderdelen binnen het prototype. In mindere mate is gelet op de gebruikersvriendelijkheid.

Workshops

De noodzaak om de projectdoelstellingen nadrukkelijk op de kennissynthese te richten, had tot gevolg dat het project verder van de praktijk was komen te staan. Ook tijdens de realisatie van het prototype waren geen potentiële gebruikers bij de ontwikkeling betrokken omdat het gevaar bestond dat het accent van het project dan onvoldoende op inhoudelijke aspecten van AM-beheersing was komen te liggen. Bij de afronding van het prototype bestond grote behoefte om het gerealiseerde prototype aan potentiële gebruikers te tonen en hierover van gedachten te wisselen. Vanwege de nog beperkt beschikbare tijd en mankracht is een aantal workshops georganiseerd. Ondanks de soms wisselende belangstelling leverden deze workshops veel waardevolle informatie en aanknopingspun-

ten voor vervolgvactiteiten op.

Hard- en software

Het ontwikkelingsconcept van de teeltbegeleidingssystemen voor granen (CERA) en suikerbieten (BETA) vormde uitgangspunt voor het oorspronkelijke projectplan. Dit impliceerde dat dezelfde hard- en software gebruikt zou moeten worden voor de ontwikkeling van het begeleidingssysteem voor beheersing van de aardappelmoeheid. Tijdens de informatie-analyse kwam een aantal knelpunten naar voren die met andere softwarepakketten eenvoudiger zouden kunnen worden gerealiseerd. Ook expertise-ontwikkeling en de daarmee gepaard gaande opleidingskosten en -mogelijkheden speelden in dit verband een rol.

De keuze is uiteindelijk gevallen op FoxPro, een database management systeem (DBMS) voor personal computers (PC) met een zogenaamde DBF-format. Dit DBF-format was nodig om de koppeling met een geografisch informatiesysteem (GIS) open te houden¹. Er is echter geen GIS aangeschaft omdat:

- De projectdoelstellingen primair bij de kennissynthese en de ontwikkeling van een eenvoudig prototype zijn gelegd. Realisatie van een toepassing met een GIS zou ten koste gaan van de kennissynthese.
- De bruikbaarheid van een GIS op het akkerbouwbedrijf op dat moment nog onvoldoende duidelijk was².

¹ De ontwikkeling en opzet van een databank voor validatie-/evaluatiesysteem (DACOM, HLB, PAGV) gaat uit van een centrale computer die gekoppeld wordt met PC's op bedrijfsniveau (decentraal).

² Dit vormde aanleiding om een afzonderlijk project te formuleren waarin de toepasbaarheid van geografische informatiesystemen op akkerbouwbedrijven is nagegaan (zie Nijboer, Schoorlemmer en Graumans, 1993).

- De aanschafkosten van een GIS voor individuele akkerbouwers (nog) te hoog waren.
- Binnen het projectteam geen GIS-expertise aanwezig was.

Het projectteam werd uitgerust met vier (486DXII) PC's die via een VAX-computer als netwerk functioneerden.

Organisatie

Het syntheseproject 'Ontwikkeling begeleidingssysteem bodemgezondheid' is uitgevoerd door een projectteam bestaande uit

medewerkers van het LEI-DLO en PAGV. De omvang en samenstelling van het team (projectleider, materiedeskundigen en informatici) wisselden in de loop van het project (onder andere vacatures, ziekte).

De voor het begeleidingssysteem relevante basisprojecten zijn samengebracht in een uitvoerig onderzoeksprogramma waarvan het syntheseproject de spil vormde. Het totale onderzoeksprogramma is uitgevoerd onder verantwoordelijkheid van een programma-stuurgroep. Deze stuurgroep had tot taak om de onderlinge afstemming tussen de basisprojecten en het syntheseproject te bewaken.

INVENTARISATIE

Bij de ontwikkeling van een adviesstelsel voor beheersing van de aardappelmoeheid is het belangrijk vooraf te inventariseren wat er op dit terrein reeds aan systemen (zowel geautomatiseerd als op papier) is ontwikkeld en in de praktijk wordt gebruikt. Ook is het van essentieel belang om na te gaan of er bij potentiële gebruikers andere ideeën en wensen bestaan die meegenomen kunnen worden bij de ontwikkeling van een nieuw systeem. Naast een uitvoerige literatuurstudie is een enquête uitgevoerd om eventuele wensen in de praktijk te inventariseren. Tenslotte zijn enkele praktijkssystemen bekeken.

Behoeften in de praktijk

Om vooraf inzicht te verkrijgen in de wensen en randvoorwaarden die aan een begeleidingssysteem voor de bodemgezondheid gesteld worden, is in het voorjaar van 1991 een beperkte inventarisatie gehouden onder telers, voorlichters, onderzoekers en medewerkers van onder andere kweekbedrijven en bemonsteringsbedrijven (Groene Vlieg, NAK en BLGG). Deze inventarisatie heeft de volgende wensen opgeleverd (Schoorlemmer en Groenwold, 1991):

- Het systeem moet bedrijfs- en perceelspecifieke ondersteuning bieden. De behoefte aan een algemeen advies of een naslagwerk wordt niet nodig geacht.
- Het systeem moet zich beperken tot het aardappelmoeheidsprobleem. Algemene prijs- en marktinformatie en rassenlijstgegevens die niet voor de beheersing van aardappelmoeheid van belang zijn, zullen voor het te ontwikkelen begeleidingssysteem geen meerwaarde inhouden.
- Het systeem moet een goede ondersteuning geven voor de rassenkeuze van aard-

appelen. Een gerichte rassenkeuze wordt gezien als de meest aannemelijke mogelijkheid voor het bestrijden van aardappelmoeheid wanneer het gebruik van nematociden wordt beperkt.

- Verder bestaat er een grote behoefte aan rasspecifieke informatie zoals een kwantitatieve waardering van de resistentie en gegevens per ras over de tolerantie voor aardappelcystenaaltjes.
- De wijze van ondersteuning hoeft voor de verschillende teeltgebieden niet verschillend te zijn. Ongeacht het min of meer gebiedsgebonden teeltdoel (consumptie-, fabrieks- of pootaardappelen) hoeft geen gebiedsspecifieke programmatuur te worden ontwikkeld.

Op basis van deze inventarisatie is vastgesteld welke functies TERRA moet gaan omvatten (figuur 1).

1. Registratie
1.1 Bedrijf
1.2 Administratie
1.3 Planning
2. Attendering
3. Advisering
3.1 Rassenkeuze
3.2 Grondontsmetting
3.3 Teeltfrequentie
3.4 Bemonstering
4. Voorspellen
5. Evaluatie
6. Naslag
7. Rapportage
8. Systeembeheer

Figuur 1. Overzicht van de functies die het begeleidingssysteem voor de bodemgezondheid moet bevatten.

Ten aanzien van het voorspellen van de populatie-ontwikkeling van de aardappelcystenaaltjes werd opgemerkt dat deze voor één bouwplanrotatie nauwkeurig zou moeten zijn. Voor latere rotaties - tot maximaal tien jaar - zou volstaan kunnen worden met een globale voorspelling. In het algemeen werd verwacht dat de boer zeker met een dergelijk systeem kan omgaan mits het voldoende gebruiksvriendelijk is. Wel verwachtte men dat ondersteuning door de voorlichting noodzakelijk blijft.

Bestaande geautomatiseerde adviessystemen

Bestudering van bestaande systemen vormt een essentieel onderdeel met het oog op de informatie-analyse. Er wordt een beeld verkregen van de functionaliteit, de sterke en de zwakke punten van de verschillende systemen. Dit kan van belang zijn bij de ontwikkeling van een nieuw, geavanceerder systeem. In de praktijk bleken drie systemen te bestaan die voor beoordeling in aanmerking kwamen:

1. AMPOP;
2. Kruizinga;
3. PD-AM-registratiesysteem.

AMPOP is medio tachtiger jaren op het PAGV ontwikkeld en gericht op de populatiedynamica op bouwplanniveau. In de benadering worden de gevolgen van jaren met en zonder aardappelteelt en opslag berekend en

aan de gebruiker gepresenteerd. Er wordt rekening gehouden met het gebruik van resistente rassen. De gevolgen van een ontsmetting (nat of droog) worden berekend aan de hand van gemiddeld verwachte resultaten of op basis van een door de gebruiker opgegeven effect. Vooral de kennisregels achter het populatie-dynamische gedeelte zijn voor TERRA interessant.

Het *Kruizinga-programma* is eind tachtiger jaren ontwikkeld door een zoon van een akkerbouwer. Het systeem heeft tot doel het vastleggen en evalueren van zaken die van belang zijn in verband met de toenmalige richtlijnen voor aardappelmoehheid. Met het systeem worden over een periode van 12 jaar die gegevens vastgelegd (gewas- en raskeuze, ontsmetting, besmetverklaringen en overtredingen) die van betekenis zijn voor de inmiddels verouderde AM-wetgeving. Beperkingen zijn dat het programma uitgaat van rechthoekige kavels en identieke informatie over de totale kavelbreedte (geen afwijkende kopakkers). Het programma geeft aan waar de raskeuze niet overeenstemt met de voorschriften van de toenmalige wetgeving. Ondanks de ééndimensionale opzet bleken telers enthousiast over de wijze waarop het programma informatie aan de boer vraagt en aanlevert. Vooral de presentatie via een (geo)grafische component (plattegrond met overzicht van kavels waar gewassen, rassen en besmetverklaringen worden ingetekend) bleek de praktijk bijzonder aan te spreken.

Het *PD-AM-registratiesysteem* kon slechts voor een deel worden bestudeerd. Het systeem was nog in ontwikkeling en primair bedoeld voor intern gebruik binnen de Plantenziektenkundige Dienst. Het systeem is opgezet voor het geautomatiseerd verwerken van perceelsgebonden gegevens met betrekking tot de uitvoering van het AM-beleid van 1988¹. Het systeem is niet bedoeld voor gebruik door de individuele akkerbouwer. Vooral het wetgevings-aspect zou voor TER-RA interessant kunnen zijn.

Conclusies

Uit de inventarisatie kwam naar voren dat

geen van de systemen het gebied van aardappelmoetheid volledig bestrijkt. Vier aspecten dienden in ieder geval nadrukkelijk aandacht te krijgen bij de verdere ontwikkeling van het begeleidingssysteem voor aardappelmoetheid. Dat zijn:

- Rassenkeuze, omdat de rassenkeuze-strategie gezien wordt als de beste mogelijkheid voor AM-beheersing.
- Populatie-dynamica voor het voorspellen van de populatie-ontwikkeling.
- Grafische weergave van de besmettingssituatie in de vorm van een kaartje.
- Geografische informatie (ruimtelijke weergave informatie binnen een perceel).

¹ In 1988 werd een besluit genomen om de vruchtwisselingsvoorschriften voor de teelt van aardappelen te veranderen met ingang van 1997 (1 op 3) en 1999 (1 op 4). De veranderingen hielden in, dat men werd verplicht om bij een 1 op 3 en 1 op 4-teeltschema regelmatig aardappelrassen te telen die resistent zijn tegen aardappelmoetheid (AM). De preventieve grondontsmetting als mogelijkheid om frequenter aardappelen te telen op eenzelfde perceel verdwijnt. De teelt van resistente rassen moest met ingang van het seizoen 1991 bij de Directie Gewasbescherming worden gemeld. Dit besluit is in 1993 vervangen door een geheel nieuwe AM-regeling (zie onder 'Wijzigende AM-regelgeving').

INFORMATIEMODEL 'TERRA'

Een informatiemodel is een beschrijving van activiteiten van een bedrijf en van de voor deze activiteiten benodigde informatie. Informatiemodellen kunnen worden beschouwd als een hulpmiddel om kennis te structureren en vast te leggen. Een informatiemodel omvat een procesmodel, een datamodel en interactie-analyse-producten.

Voor landbouwbedrijven met open teelten (akkerbouw, vollegrondsgroenten en bloembollen) werd eind 1986 het eerste referentiemodel opgesteld. Dit globale informatiemodel 'Open Teelten' (IMOT) vormt de basis voor het gedetailleerde informatiemodel. Deze verdere detaillering van IMOT wordt per probleemgebied of cluster (dit is een omschreven detailgebied) uitgewerkt en wel zodanig dat na uitwerking van ieder probleemgebied systemen ontworpen kunnen worden. Op deze manier zijn inmiddels teeltbegeleidingssystemen voor granen, suikerbieten en kool gerealiseerd (respectievelijk CERA, BETA en KOBAS) en informatie-/advies-systemen voor de beheersing van ziekten en plagen.

Het probleemgebied rondom aardappelmoeheid is uitgewerkt en beschreven in het informatiemodel 'TERRA'. In dit model is de nadruk gelegd op het maken van afspraken over de inhoud van rekenregels en het definiëren van gegevens op het terrein van de bodemgezondheid in het algemeen en aardappelmoeheid in het bijzonder. Objecten (entiteitstypen) die in IMOT al waren gedefinieerd zijn overgenomen en waar mogelijk is de IMOT-modellering gehandhaafd. Voor de bodemgezondheid zijn naast managementprocessen voor zover mogelijk ook biologische en fysische processen beschreven (bijvoorbeeld populatie- en schade-ontwikkeling).

Opgemerkt moet worden dat het model op een aantal punten niet volledig is uitgekris-

talliseerd en in de toekomst nog nader moet worden ingevuld. Vooral de processen die relatief veel materie-kennis bevatten konden tijdens de informatie-analyse slechts gedeeltelijk worden uitgewerkt en zullen pas in de latere fase van kennis-analyse nader worden ingevuld. Belangrijkste oorzaken waren gebrek aan gestructureerde kennis en verschil van inzicht tussen de deskundigen over de na te streven structuur. In dit hoofdstuk worden de in het oog springende onderdelen uit het informatiemodel toegelicht. Voor een uitvoeriger beschrijving wordt verwezen naar het informatie-analyse-rapport 'TERRA' (Nijboer e.a., 1992).

Informatie-analyse

Binnen het informatie-analyse-model is een aantal gebieden onderscheiden en beschreven, de zogenaamde subject-area's. Een subject-area omvat zowel een gedeelte van het datamodel als een gedeelte van het procesmodel die zich beide kenmerken door hun onderlinge samenhang. In het model zijn normatieve en bedrijfsspecifieke subject-area's onderscheiden. Normatieve deelgebieden maken uitsluitend gebruik van normatieve gegevens zonder deze te bewerken terwijl bedrijfsspecifieke subject-area's wel gegevens wijzigen, aanmaken en onderhouden. De volgende *normatieve subject-area's* zijn onderscheiden:

1. Gewasgegevens.
2. Normatieve bewerkingen.
3. Gewasbeschermingseffect.
4. Actiedrempel.
5. Regio-indeling en bemonsteringsregio's.
6. Rassenkeuzetoetsmethode.
7. Waardplant-parasiet-relatie.
8. Waardplant-parasietrelatie: symptomen.

9. Advies.
10. Raseigenschappen en raswaardering.

Als *bedrijfsspecifieke subject-area's* zijn onderscheiden:

11. Beheer bedrijfsoppervlakte.
12. Registratie bedrijfsactiviteiten en -gegevens.
13. Beheer AM-bemonstering.
14. Haard-afleiding AM.
15. Plannen.
16. Doorrekenen.
17. Vergelijken plannen en kiezen plan.
18. Evalueren.
19. Homogeniseren (overlay).

In de volgende paragrafen wordt per subject-area een korte toelichting gegeven.

Normatieve subject-area's

1. *Gewasgegevens*

Dit deelgebied bevat algemene informatie over de beschrijving van de datastructuur van gewassen, op basis waarvan een te telen gewas voor een belangrijk deel kan worden beschreven. Het gaat hier om zaken van algemene aard, zoals het cultuurgewas en ras dat wordt geteeld. Ook gegevens over het teeltdoel (bijvoorbeeld consumptie-, poot- of fabrieksaardappelen) en de wijze waarop het gewas wordt geteeld worden in deze subject-area gedefinieerd. De teelt van een gewas of ras vindt op elk bedrijf plaats op een specifiek, aanwijsbaar perceel. Dit wordt vastgelegd via het entiteitstype 'perceelsbeslag' waarin onder andere ook de begin- (datum zaai- of pootbewerking) en einddatum (datum of oogstbewerking) van de teelt, geoogste fysieke opbrengst en saldo kunnen worden weergegeven.

Vast gedefinieerde percelen zijn voor de boer herkenbaar maar voor een juiste registratie is een verfijndere oplossing noodzakelijk. Immers, in de praktijk komen - zeker in de tijd gezien - diverse situaties voor waarbij slechts een deel van de totale perceelsoppervlakte in

het geding is (bijvoorbeeld AM-besmettingen in de vorm van haarden of pleksgewijze behandeling zoals bijvoorbeeld onkruidbestrijding, verschillende rassen en plantingen, kopkokers met andere gewassen). Het bleek dat het entiteitstype 'perceelsbeslag' onvoldoende mogelijkheden biedt voor een flexibele geografische registratie van activiteiten. Verderop in dit hoofdstuk wordt hier op teruggekomen.

2. *Normatieve bewerkingen*

Deze subject-area omvat de beschrijving van de datastructuur voor normatieve bewerkingen (conform IMOT). Voor Terra zijn dit zowel bewerkingen die leiden tot (verdere) verspreiding van bodempathogenen (onder andere grond- en oogstbewerkingen) als bewerkingen die dienen om een besmetting te bestrijden (natte en droge grondontsmettingen).

3. *Gewasbeschermingseffect*

Het effect van gewasbeschermende maatregelen is in dit deelgebied gemodelleerd. Het gaat hier om de gevolgen van een normatieve bewerking op parasieten (bijvoorbeeld percentage doding als gevolg van grondontsmetten).

Het gewasbeschermingseffect kan variëren vanwege de plaatselijke omstandigheden die zijn weergegeven in het entiteitstype normatieve toestand (onder andere grondsoort, vochttoestand van de bodem). Het is echter onduidelijk welke factoren in welke mate nog meer van invloed zijn op de normatieve toestand.

Opgemerkt moet worden dat gedetailleerde informatie over de bestrijdingseffecten van zowel natte als droge grondontsmetting op aardappelcystenaaltjes ontbreekt. Bij droge grondontsmetting doet zich bovendien het probleem voor dat deze in de loop van de levenscyclus van de aaltjes ingrijpt en dus interactie met de populatie-ontwikkeling vertoont. De gevolgen van gewasbescherming op de onkruidbestrijding zijn niet in de modelle-

ring betrokken.

4. Actiedrempel

Binnen de advisering en voorlichting worden vaak actiedrempels gehanteerd. Een actiedrempel is een vereenvoudigde weergave van een specifiek stuk kennis dat samengevat is tot een praktisch hanteerbare vuistregel. Voor aardappelmoehheid zijn dit bijvoorbeeld criteria als 'minimale haardbreedte' of 'gemiddelde besmetting' die aanleiding geven tot het wel of niet uitvoeren van een ontsmetting.

Voor Terra is vooral de advisering voor de beheersing van aardappelmoehheid interessant. Gekozen is om niet uit te gaan van vuistregels maar van gedetailleerde en gestructureerde kennis (onder andere modellen) die in combinatie met bemonsteringsgegevens en -resultaten leiden tot één of meerdere plaats-specifieke adviezen per perceel.

Belangrijkste overweging voor deze aanpak is dat de gewasschade die wordt veroorzaakt door aardappelmoehheid, afhankelijk is van meerdere factoren zoals:

- het gebruikte aardappelras of de -rassen;
- de teeltfrequentie;
- de plaatselijke omstandigheden op het perceel (in verband met het te verwachten ontsmettingseffect en de te verwachten schade);
- de geografisch ligging en verspreiding van een besmetting binnen een perceel;
- de intensiteit van de besmetting(en).

Ook de wijze van bemonstering (intensief of extensief, blokken of stroken), het bemonsteringstijdstip (ten opzichte van de volgende aardappelteelt in verband met afname besmettingsgraad) en de bemonsteringsfrequentie zijn van belang. Aangezien een cultuurgewas meerdere belagers kan hebben en een parasietsoort voor meerdere gewassen parasitair kan zijn, is de actiedrempel als afzonderlijk entiteitstype opgenomen. Dit entiteitstype maakt het mogelijk om voor elke combinatie van één parasietsoort en één gewas een actiedrempel vast te leggen. Het mag duide-

lijk zijn dat een advies dat op basis van een actiedrempel wordt gegeven niet het meest gedetailleerde advies is en zeker niet perceelsspecifiek.

5. Regio-indeling en bemonsteringsregio's

Binnen het kennisgebied van aardappelmoehheid worden verschillende regio-indelingen onderscheiden. Zo kunnen bepaalde bemonsteringsmethoden min of meer regiogebonden zijn. De Planteziektkundige Dienst (PD) kent een eigen regio-indeling terwijl onderzoekers weer andere regio-indelingen hantieren die gebaseerd zijn op bemonsteringsmethoden (grondsoort) en detectiekans, haardvorm of de regiogebonden teelthistorie. Ook grondsoort, bouwplan of overeenkomstige besmettingssituatie worden als criteria voor de regio-indeling gebruikt.

Bij de afronding van de informatie-analyse resteerde één belangrijke vraag: in hoeverre is het noodzakelijk om een regio-indeling op te nemen in een begeleidingssysteem voor beheersing van de aardappelmoehheid? Immers tussen regio's bestaan weliswaar grote verschillen in besmettingssituaties (bijvoorbeeld jonge puntbesmettingen en oudere homogene besmettingen), maar deze vertonen zowel qua modellering als qua biologische ontwikkeling grote overeenkomsten. Belangrijkste motief om regio's te onderscheiden, is de bestaande diversiteit in bemonsteringsmethoden en regelgeving. Uniformering van bemonsteringsmethoden zou met het oog op beheersing van ontwikkelingstijd en -kosten van informatiesystemen aantrekkelijk zijn en op termijn leiden tot een optimalere informatievoorziening voor de teler.

6. Rassenkeuzetoetsmethode

Voor de plantenziekte aardappelmoehheid bestaat de mogelijkheid een rassenkeuzetoets uit te voeren. Via zo'n toets wordt direct de resistentiewaarde van rassen ten opzichte van de op een haard (perceel) voorkomende besmetting vastgesteld. Hiervoor wordt een

vaste set van een beperkt aantal rassen gebruikt. De rassenkeuzetoets kent verschillende methoden die door de boer zelf of door een bemonsteringsinstantie kunnen worden uitgevoerd. Het entiteitstype 'rassenkeuzetoetsmethode' is nieuw ten opzichte van IMOT.

Ten tijde van de informatie-analyse was het kennisgebied rondom de rassenkeuzetoets volop in beweging. Het is bepaald niet ondenkbaar dat de rassenkeuzemethode, net als de bemonsteringsmethoden, per instantie verschillend zullen worden. Voor het begeleidingssysteem heeft dit als nadeel dat voor iedere methode een aparte applicatie moet worden ontwikkeld.

7. Waardplant-parasiet-relatie

Planten kunnen ziek worden van bepaalde parasieten. De ziekte treedt echter alleen op als er sprake is van een relatie tussen plant (waard) en parasiet. Als gevolg van de ziekte kan de plant schade ondervinden en kan de parasiet zich vermeerderen. Anderzijds kan de waardplant invloed hebben op de populatie-ontwikkeling.

Binnen Terra speelt voorlopig één enkele waardplant-parasiet-relatie een rol: aardappelmoetheid. De schade veroorzaakt door een AM-besmetting is rasafhankelijk en hangt samen met de mate van resistentie of tolerantie waarover een ras beschikt. Parasietsoorten kunnen worden onderscheiden in pathotypes. Wat materiekkennis betreft blijken per ras slechts gebrekkige resistentieparameters (*G. pallida*) beschikbaar te zijn terwijl schadeparameters die gebruikt kunnen worden voor een populatiedynamisch model of schademodel, onbekend zijn. Dit heeft te maken met twee aspecten:

- De indeling van *Globodera pallida* in de pathotypen D en E is niet sluitend. Door waardering van de resistentiewaarde in een kwalitatieve schaal gaat kostbare informatie verloren.
- De indeling van aardappelcystenaaltjes in

pathotypen is discutabel. Hierdoor is het kiezen van een juiste parameterset voor bijvoorbeeld het doorrekenen van het populatie-dynamisch effect van een ras niet goed mogelijk (*Globodera pallida*).

8. Waardplant-parasiet-relatie: symptomen

Dit probleemgebied staat in nauwe relatie met het voorgaande probleemgebied 'Waardplant-parasiet-relatie'. Een aantasting van een plant door een parasiet gaat vaak gepaard met symptomen. Een ziekte wordt beschreven en herkend via een specifieke combinatie van symptomen (verschijnselen). Eénzelfde symptoom kan uiteraard bij meerdere ziekten optreden en wordt daarom niet als afzonderlijk attribuut gedefinieerd.

Hoewel binnen TERRA slechts één waardplant-parasiet-relatie een rol speelt (aardappelmoetheid) is de modellering van dit gebied uitgewerkt voor de situatie met meerdere waardplant-parasiet-relaties. Zodoende is dit gedeelte van het model al gereed voor andere ziekten en plagen.

9. Advies

Een advies in een begeleidingssysteem kan niet louter gebaseerd zijn op vuistregels aan de hand waarvan een set tekstgegevens wordt samengesteld. Geprobeerd is het gebruik van vuistregels te vermijden, zoveel mogelijk gebruik te maken van beschikbare kennis (modellen en parameters) en deze te combineren met perceelsspecifieke informatie (onder andere bemonsteringsresultaten, grondsoort). Deze aanpak, waarbij adviezen modelmatig worden vastgelegd, biedt de mogelijkheid adviezen te genereren die niet voor het gehele perceel gelijk zijn maar juist gericht zijn op specifieke delen van een perceel (plaats-specifieke advisering). Voor aardappelmoetheid is dit onder andere van belang in situaties met jonge besmettingen waarbij slechts enkele perceelsdelen besmet zijn. Op de andere, onbesmette delen van datzelfde perceel kan zonder bezwaar elk aardappelras worden

geteeld. Zeker in situaties waarbij op één perceel verschillende besmettingen van afwijkende pathotypes voorkomen, is de plaats-specifieke advisering van het grootste belang.

10. *Raseigenschap en raswaardering*

Alle raskenmerken en -eigenschappen die geen directe relatie met parasietsoorten hebben, worden hier beschreven. Deze kenmerken en eigenschappen kunnen van invloed zijn op de uiteindelijke rassenkeuze. In de praktijk wordt de rassenkeuze niet alleen bepaald door resistentie-eigenschappen tegen aardappelmoehheid maar spelen ook aspecten als potentiële opbrengst, opbrengstprijs (verwachting), handelshuis, teeltdoel, afzetmogelijkheden en resistentie tegen andere ziekten en plagen een rol.

De resistentie die een ras heeft ten opzichte van een pathogeen of parasiet is elders in het informatie-model beschreven (zie waardplant-parasiet-relatie). Dat kan naast aardappelmoehheid elke andere ziekte of plaag zijn.

Bedrijfsspecifieke subject-area's

11. *Beheer bedrijfsoppervlakte*

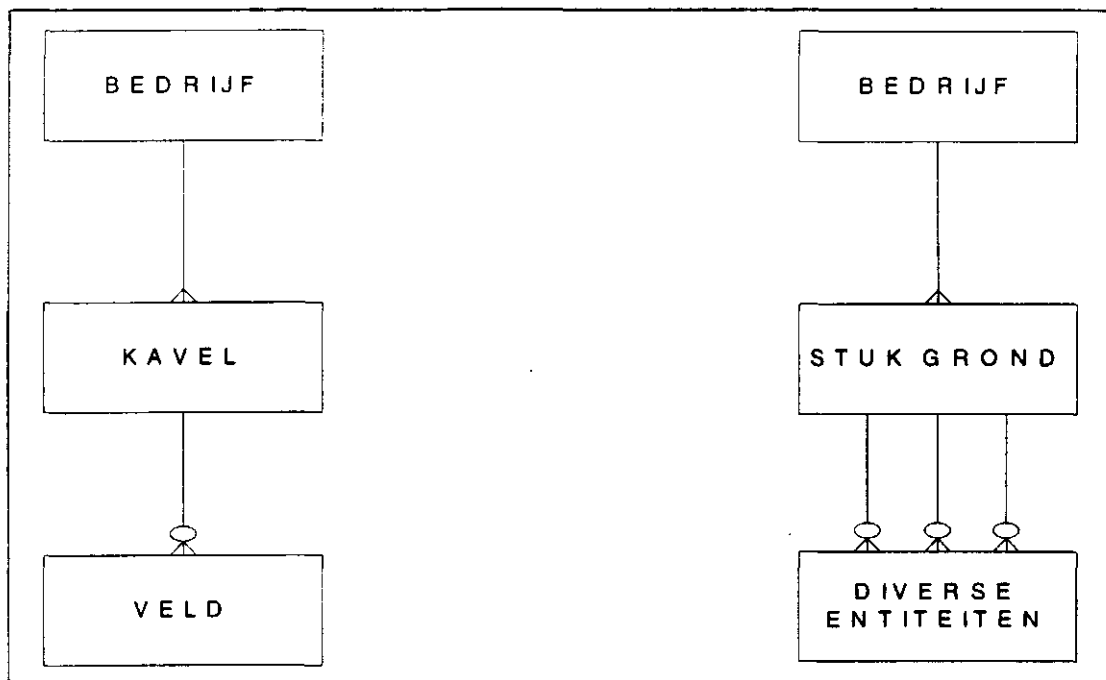
In het bestaande informatiemodel 'Open Teelten Bedrijf' (IMOT) is een modellering uitgewerkt waarbij de grond van een bedrijf achtereenvolgens wordt opgedeeld in stabiele stukken zoals kavel, kaveldedeel en - als laagste niveau - veld. Een veld kan onder andere gebruikt worden voor het vastleggen van informatie (gewassen, bewerkingen en bodemeigenschappen). Deze IMOT-modellering levert een belangrijk knelpunt op omdat ze geen oplossing biedt voor situaties waarbij slechts een geografisch aanwijsbaar deel van een perceel (veld) in het geding is. De verdere IMOT-detaillering van veld in monsterblokken bleek minder goed bruikbaar omdat het essentiële kenmerk van 'plaatsgebonden informatie' verloren ging. Er was behoefte aan een flexibele oplossing om binnen een

bedrijf variabele stukken grond te kunnen onderscheiden. Redenen voor deze behoefte zijn:

- De manier waarop besmettingshaarden van aardappelpycystenaaltjes zich in de loop van de jaren ontwikkelen.
- Dat in de praktijk het plaats-specifieke toepassen van maatregelen toeneemt (onder andere de beheersing van aardappelmoeheid).
- Mogelijkheden te creëren om plaats-specifieke informatie over de jaren heen te koppelen. Dit is bijvoorbeeld van belang in situaties waarbij het bouwplan is of wordt verruimd of vernauwd.

Via een alternatieve - van het IMOT afwijkende - modellering is een oplossing gevonden voor een in de tijd flexibele opdeling van een akkerbouwbedrijf (figuur 2). Daarbij wordt het bedrijf opgedeeld in meerdere - eventueel overlappende - stukken grond waarvan vorm, afmeting en geografische ligging bekend zijn. Deze oplossing is een één-dimensionale benadering om de geografische positie van informatie aan te duiden waarmee de mogelijkheid ontstaat deze plaatsgebonden informatie in de tijd te koppelen. Voor beginnende besmettingen van het aardappelpycystenaaltje is het kenmerkend dat ze plaatsgebonden zijn; ze worden vooral opgespoord op kleine, geografisch aanwijsbare delen binnen een perceel. Andere toepassingsmogelijkheden van plaatsgebonden informatie zijn onkruidbeheer en -bestrijding, bemesting (global precision), kopakkers met ander gewas betelen, percelen die beteeld worden met verschillende rassen enzovoorts.

Afgezien van de softwarematige mogelijkheden en oplossingen is aan de modellering van percelen nog een verdere verfijning toegevoegd waarbij in principe op elke vierkante meter kan worden geregistreerd (twee-dimensionaal).



Figuur 2. Uitwerkingen data-modellering van plaatsgebonden informatie volgens IMOT (links) en TERRA (rechts).

12. Registratie bedrijfsactiviteiten en -gegevens

Voor het informatiemodel 'Terra' is de beperking aangebracht om alleen die gewas- en bewerkingsactiviteiten te registreren die daadwerkelijk van invloed zijn op, of te maken hebben met de beheersing en ontwikkeling van aardappelcystenaaltjes. In dit verband moet onder andere ook gedacht worden aan het registreren van aardappelopslag en bodemgegevens. Dit deelgebied omvat alle activiteiten voor het vastleggen van (aanvullende) gegevens die voor AM-beheer relevant zijn.

13. Beheer AM-bemonstering

De subject-area 'beheer AM-bemonstering' omvat dat deel van het gehele bemonsteringstraject dat op het akkerbouwbedrijf zelf plaatsvindt. Dit start vanaf het moment van het verstrekken van de opdracht tot bemonsteren van een specifiek perceel(sdeel) en

eindigt bij het vastleggen van de uitslagen daarvan.

Bij het verstrekken van een bemonsteringsopdracht dient vooraf duidelijk te zijn welke van de beschikbare bemonsteringsmethoden wordt gekozen en wie de veldbemonstering uitvoert (de ondernemer pikt zelf of de bemonsteringsinstantie). Wellicht ten overvloede zij gemeld dat elke methode voor het vaststellen van een AM-besmetting zijn eigen bemonsteringswijze (onder andere blokken of stroken), analyse, nauwkeurigheid en prijs kent. Dit betekent dat elke uitslag gekoppeld is aan een specifieke methode en aan een specifiek monster. Per uitslag wordt ook de parasietsoort vastgelegd. Als aanvulling op het vaststellen van de besmettingsintensiteit kan het noodzakelijk zijn het type populatie vast te stellen via een rassenkeuzetoets.

Op het moment dat de informatie-analyse (IA) plaatsvond, voerde de Plantenziektenkundige Dienst (PD) in opdracht van de



Karakteriseren van de haarden is van belang

overheid bemonsteringen uit om besmettingen op te sporen. Het vastleggen van de uitslag van de PD-besmetverklaringen (inclusief pathotype) en ontheffingen (=opheffing besmetverklaring) is binnen dit deelgebied geregeld¹.

14. *Haard-afleiding AM*

Op basis van de bemonsteringsresultaten (besmettingsgegevens) kan de besmettings-situatie op een perceel worden afgeleid. Het gaat hier om toepassing van AM-kennis voor het berekenen van haardgrootte en besmettingsintensiteit en het karakteriseren van haarden (besmettingssoort, pathotype, ras-

senkeuzetoets) op basis van bemonsteringsuitslagen. Voor het interpreteren van de bemonsteringsuitslagen van de verschillende systemen zijn verschillende van elkaar afwijkende modellen nodig, omdat de resultaten van de verschillende bemonsteringssystemen slechts in beperkte mate onderling uitwisselbaar zijn.

Hoewel het hier handelt om afgeleide informatie is deze dusdanig ingrijpend dat afzonderlijke modellering noodzakelijk werd geacht. Een haard speelt namelijk een centrale rol in het denken over besmettingen met aardappelcystenaaltjes.

15. *Plannen*

Saneren van een aardappelmoehheidsbesmetting is een langdurige kwestie die vele jaren in beslag neemt. De uitspraak 'eenmaal besmet, altijd besmet' geeft de problematiek van AM-beheersing waarschijnlijk het beste weer

¹ De van overheidswege verplichte bemonstering door de PD is inmiddels afgeschaft. Het opsporen van een AM-besmetting is daarmee een verantwoordelijkheid van de boer zelf geworden.

en geeft aan dat AM-beheersing een goed doordachte, planmatige aanpak vereist. Het deelgebied 'plannen' omvat drie onderdelen:

- vaststellen globaal plan: voor bestaande percelen worden potentiële gewassen gekozen en aan percelen toegewezen (gewasvolgorde en -verdeling voor enkele jaren);
- adviseren globaal plan: binnen een globaal plan zijn meerdere alternatieven mogelijk: rassenkeuze, grondontsmettingen en opslag(bestrijdingen);
- vaststellen gedetailleerd plan.

16. Doorrekenen

Het doorrekenen van de effecten van een plan is in een afzonderlijk deelgebied 'doorrekenen' gemodelleerd. De effecten kunnen betrekkingen hebben op gevolgen voor de parasiet (populatie-dynamica), het gewas (schade) alsmede economische resultaten waarin uiteraard de eventuele schade is verrekend. De gewasschade hangt nauw samen met de populatie-ontwikkeling die afhankelijk is van waardgewas, bewerkingen, opslag en natuurlijke sterfte.

17. Vergelijken en kiezen plan

Na het doorrekenen van de verschillende plannen moeten deze onderling worden afgewogen om tot een plankeuze te komen. Uiteindelijk wordt het definitieve plan gekozen. Dit plan vormt het uitgangspan.

18. Evalueren

De daadwerkelijke uitvoering van activiteiten wijkt vaak af van de originele planning. Belangrijk is de realisatie achteraf te vergelijken met het oorspronkelijke uitgangspan. Doel hiervan is een beeld te krijgen van het resultaat van de bedrijfsvoering door de afwijkingen en overeenkomsten tussen het plan en realisatie op te sporen en mits mogelijk, te verklaren. Op deze manier kan hieruit lering getrokken worden voor de toekomst, maar evengoed kan zo'n vergelijking leiden tot nieuwe

onderzoeksvragen. Een voorbeeld: waarom heeft de aardappelcystenaaltjespopulatie van een bepaald perceel zich anders ontwikkeld dan oorspronkelijk verwacht?

19. Homogeniseren (*overlay*)

Deze laatste subject-area beschrijft het bijeenbrengen en analyseren van plaatsgebonden informatie wat van belang is voor meerdere van de voorgaande subject-area's. Homogeniseren betekent dat van een perceel of opgegeven stuk grond doorsnijdingen worden gemaakt op basis van geregistreerde, plaatsgebonden informatie. Als gevolg hiervan ontstaan als het ware nieuwe percelen (deelverzamelingen) waarvoor geldt dat alle informatie identiek (homogeen) is. Dit kan het beste worden toegelicht aan de hand van een vereenvoudigd voorbeeld (figuur 3).

Op een kavel, bestaande uit drie percelen, worden in 1993 drie gewassen geteeld: graan, bieten en aardappelen (1 op 3). Het volgende seizoen (1994) worden op deze kavel dezelfde gewassen geteeld maar elk gewas komt vanwege vruchtwisselingseisen op een andere perceel terecht. Aan het eind van dit seizoen laat de ondernemer een aantal percelen onderzoeken op AM. Op enkele daarvan worden verschillende besmettingen aangetroffen. Hij vraagt zich af waar hij komend seizoen welke aardappelen kan verbouwen. Door informatie over de jaren heen te combineren wordt een doorsnede verkregen en het antwoord in een oogopslag 'zichtbaar'. Op twee percelen zijn voorgaande jaren al aardappelen geteeld zodat op deze percelen komende jaren geen aardappelen geteeld mogen worden. Op het resterende stuk grond (perceel midden) zijn drie types homogene perceelsdelen onderscheiden:

- Perceelsdelen waar geen besmetting is aangetroffen. Deze perceelsdelen zijn geschikt voor de teelt van alle rassen (vatbaar en resistent).
- Op één deel is een *Globodera rostochien-cis*-besmetting gevonden. Geadviseerd

wordt hier een *Globodera rostochiensis*-resistent ras te telen.

- Op een ander deel is een *Globodera pallida*-besmetting aangetoond. Hier kan het beste een *Globodera pallida*-resistent ras worden geteeld.

Het voorbeeld illustreert dat op basis van beschikbare perceelsinformatie uit het verleden geanalyseerd kan worden op welke perceelsdelen ooit een besmetting is gevonden. Op basis van deze analyse kan bovendien per perceelsdeel worden vastgesteld welk gewas of ras daar het beste kan worden geteeld.

Resultaten van de informatie-analyse

Gedurende de informatie-analyse bleek het ontsluiten en structureren van fundamentele kennis verre van eenvoudig. De materie bleek aanzienlijk complexer dan voorzien. De diverse in de praktijk toegepaste bemonsteringssystemen toonden weinig samenhang met de beschikbare onderzoeksmodellen. De kennis was op een aantal punten nog te fragmentarisch om gerangschikt te worden tot logisch gestructureerde processen. Bovendien was een groot aantal vragen nog in onderzoek zodat op korte termijn geen pasklare oplossingen voorhanden zouden zijn.

De informatie-analyse heeft inzichtelijk gemaakt dat ten minste twee projecten versneld moesten worden uitgevoerd. Dit betrof:

- Een onderzoek waarbij het doel was dat de relatieve vatbaarheid en tolerantie voor het aardappelsystenaaltje *Globodera pallida* zou worden vastgesteld bij de belangrijkste veertig in Nederland geteelde aardappellassen. De bedoeling was om deze rassenparameters, die essentiële kenge

- tallen vormen voor het begeleidingssysteem TERRA, op te nemen in de Rassenlijst voor Landbouwgewassen.
- Een onderzoek naar de mogelijkheden van het gebruik van geografische informatie-systemen (GIS) op het akkerbouwbedrijf.

De informatie-analyse leverde een aantal interessante inzichten op, namelijk:

- De geografische ligging van informatie is een betrekkelijk nieuw fenomeen dat van groot belang is voor de plaatsgebonden advisering. Plaatsgebondenheid is karakteristiek voor de besmettingshaarden van onder andere het aardappelsystenaaltje. Dit betekent dat zowel de registratie, de analyse als de advisering niet globaal voor een geografisch ongedefinieerd perceel plaats kan vinden (conform IMOT) maar dat een advies juist opgesteld moet worden per traceerbaar homogeen perceelsdeel.
- In de praktijk hebben ondernemers de keuze uit meerdere bemonsteringsmethoden. Afhankelijk van de methoden worden de uitslagen per blok of per strook afgegeven. Tijdens de informatie-analyse bleek dat een bedrijf van meerdere bemonsteringsmethoden gebruik kan maken, zelfs binnen één jaar. Omdat elke bemonsteringsmethode een eigen opdeling van het perceel toepast, is er tussen de bemonsteringssystemen slechts in beperkte mate sprake van uniformiteit. Ook de uitslagen zelf zijn duidelijk verschillend bijvoorbeeld qua betrouwbaarheid en - daaraan gekoppeld - prijs.
- Bij de registratie en advisering over het verloop van de besmettingssituatie, de geteelde rassen, de gewassen en de teeltmaatregelen is informatie over een periode van meerdere jaren in plaats van één teeltseizoen van groot belang.

A. Gewassen 1993

AARDAPPELEN	SUIKERBIETEN	GRANEN
ERF		



B. Gewassen 1994

SUIKERBIETEN	GRANEN	AARDAPPELEN
ERF		

C. Besmetting eind 1994

ERF						





toelichting:

-  besmetting van de soort *Globodera rostochiensis*
-  besmetting van de soort *Globodera pallida*

D. Vereenvoudigd rasadvies 1995 (A+B+C)

ERF						

toelichting:

-  teelt van vatbaar ras mogelijk
-  teelt van *Globodera rostochiensis*-resistent ras noodzakelijk
-  teelt van *Globodera pallida*-resistent ras noodzakelijk
-  aardappelen niet toegestaan in verband met 1 op 3 teelt

Figuur 3. Vereenvoudigd voorbeeld van het bijeenbrengen en analyseren van plaatsgebonden informatie.

Het belangrijkste knelpunt tijdens de informatie-analyse vormde het gebrek aan geformaliseerde kennis. De hiaten kwamen vooral aan het licht toen de beschikbare geformaliseerde kennis geconfronteerd werd met de functionele eisen van het te bouwen systeem. De belangrijkste kennisleemtes en -hiaten die opgelost moesten worden, zijn beschreven inclusief - mits mogelijk - een voorstel om een en ander op te lossen (Nijboer en Janssen, 1991).

De resultaten van de informatie-analyse zijn vastgelegd in het informatiemodel 'TERRA' (Nijboer e.a., 1992). Uit het voorgaande blijkt dat tijdens de informatie-analyse aan twee zaken veel aandacht is besteed namelijk kennissynthese en registratie van plaatsgebonden informatie.

Op basis van de bevindingen werd besloten te starten met de realisatie van een prototype waarin aan de kennisuitwerking de hoogste prioriteit werd toegekend. Dit hield in dat niet alleen adviserende (bijvoorbeeld rasadvies) maar zeker ook doorrekenende kennis (populatie-ontwikkeling, gewasschade) in het prototype zou worden opgenomen. Aangegeven werd dat vanwege de gesignaleerde kennishiaten niet verwacht moet worden dat het kennisdeel direct het hoogste kwaliteitsniveau zou halen.

De uitwerking van het registratiedeel van het prototype werd in eerste instantie van minder groot belang geacht omdat verwacht werd dat dit met de komst van nieuwe technieken (GIS) in de nabije toekomst zou worden opgelost.

KENNISANALYSE EN INHOUDELIJKE ACHTERGRONDEN

Naar aanleiding van de informatie-analyse bleek het noodzakelijk om de synthese van beschikbare kennis in samenwerking met het IPO-DLO en anderen voort te zetten om een betere samenhang tussen de diverse modellen te kunnen bewerkstelligen. Van belang daarbij is de manier waarop kennis ontleend aan onderzoek voor de besluitvorming in de praktijk toegankelijk wordt gemaakt (figuur 4).

De meest gangbare vorm van kennisoverdracht is dat onderzoeksresultaten vereenvoudigd worden tot praktisch hanteerbare adviesregels. De taak om deze afzonderlijke adviesregels met elkaar en met de beschikbare (perceelsspecifieke) bedrijfsinformatie te combineren, berust bij de ondernemer eventueel ondersteund door de voorlichter. Langs deze weg gaat veel detail verloren terwijl de beschikbare bedrijfsinformatie slechts ten dele wordt benut.

Binnen het bodemgezondheidsproject is gepoogd een andere manier van kennisoverdracht na te streven. Getracht is de door het onderzoek opgeleverde deelmodellen - via synthese - tot een geïntegreerd geheel van samenwerkende (deel)modellen om te zetten. Om te komen tot de praktische toepasbaarheid van de modellen moet rekening gehouden worden met de in de praktijk beschikbare informatie.

Via de synthese wordt inzichtelijk gemaakt in hoeverre kennis over aardappelmoeheid toepasbaar is om te komen tot samenwerkende deelmodellen. Bij afsluiting van de kennisanalyse is voor aardappelmoeheid een aantal kennisdeelgebieden onderscheiden (figuur 5). Ieder individueel deelgebied is kwalitatief

beoordeeld op twee aspecten, namelijk:

- de mate waarin een proces/kennisgebied is gedefinieerd (beschikbaarheid);
- de kans op verandering van het proces/kennisgebied (stabiliteit).

Deze beoordeling is sturend geweest bij de keuze van onderdelen die wel of niet tijdens de kennisanalyse zijn uitgewerkt en later in het prototype zijn uitgewerkt.

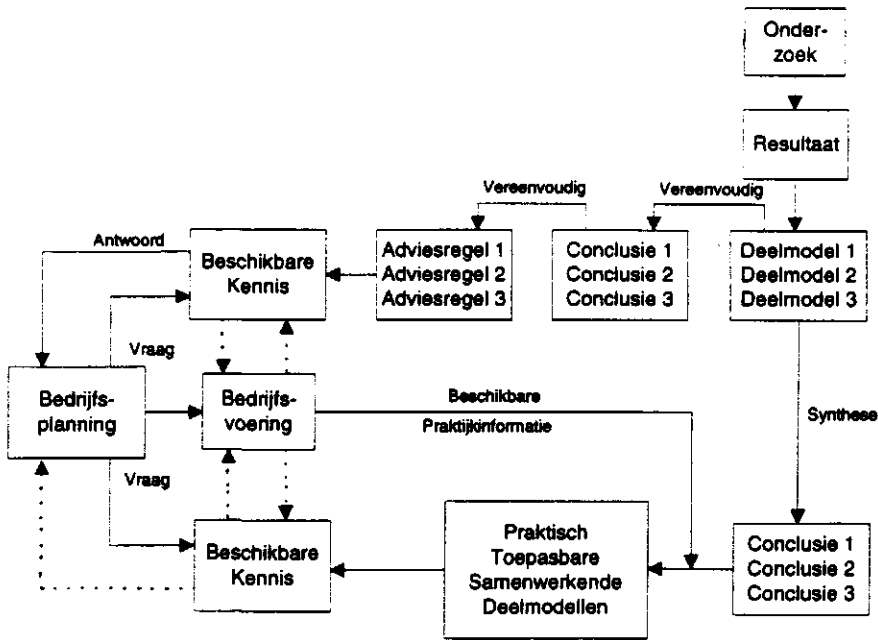
De kennis over aardappelmoeheid is te onderscheiden in een kwalitatief (onder andere populatie-karakterisering, pathotypesoort) en een kwantitatief deel (onder andere modellen voor schade, populatie-dynamica en haardreconstructie). Vooral de gestructureerdheid van de kwantitatieve kennis bleek redelijk stabiel en is voor zover mogelijk uitgewerkt. De uitwerking van het kwalitatieve kennisdeel bleek veel minder eenvoudig en was slechts in beperkte mate mogelijk.

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de inhoudelijke achtergrond van een aantal kennisdeelgebieden die van belang zijn voor het prototype. Voor een meer gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar Nijboer en Molendijk (1996 A, B en C).

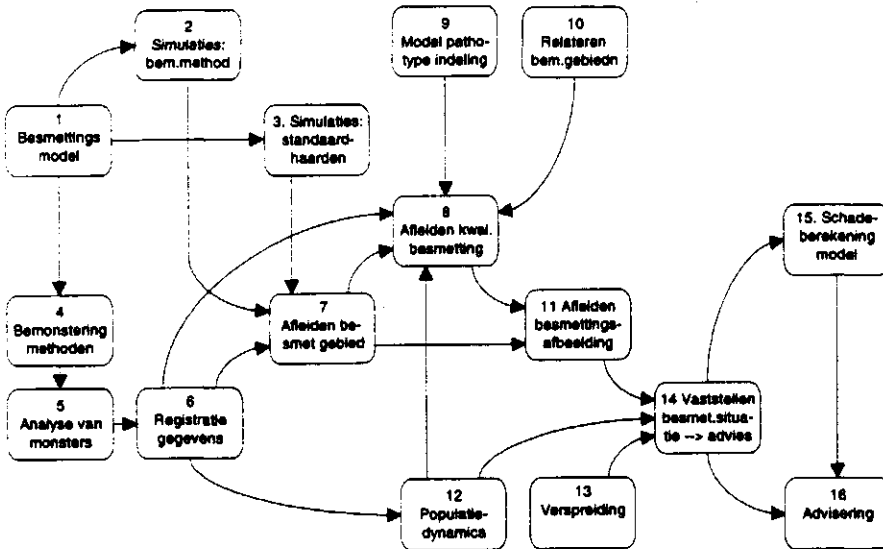
Bemonstering

In de praktijk worden diverse AM-bemonsteringssystemen toegepast die alle tot doel hebben een besmetting op te sporen en te localiseren. De diverse systemen vertonen op meerdere punten verschillen:

- Vorm en omvang van de bemonsterings-eenheid: stroken of blokken. Per bemonsteringseenheid worden evenredig over de oppervlakte verdeeld enige steken grond



Figuur 4. Stroomschema met twee wegen voor kennisoverdracht.



Figuur 5. De hoofdonderdelen uit het kennisgebied aardappelmoeheid.



Het komt aan op de kwaliteit van de bemonstering

- genomen en samengevoegd tot een monster. Voorbeelden hiervan zijn het strokensysteem (vijf meter breed) van de Groene Vlieg of het blokkensysteem (diverse afmetingen) van de BLGG/NAK.
- Het raster of grid bepaalt het aantal steken dat in de lengte (bewerkingsrichting) en breedte van een perceel wordt genomen. De fijnheid van het raster bepaalt het aantal steken per bemonsteringseenheid en dus de trefkans om een besmetting op te sporen.
 - Steekgrootte: de hoeveelheid (volume) grond per steek.
 - De bemonsteringsdiepte; toepassingen variëren van toplaag (0-5 cm) tot volledige bouwvoordiepte (0-20 cm). De bemonste-

ringsdiepte wordt vooral direct na de aardappelteelt van belang geacht omdat de verdeling van aardappelcysten dan vaak niet homogeen is.

De genoemde kenmerken zijn bepalend voor de kwaliteit (nauwkeurigheid) en daarmee samenhangend de kosten van een bemonstering. In dit verband wordt in de praktijk vaak gesproken van AM-intensieve¹ (AMI-100 en

¹ AMEX-methoden worden niet aangeduid aan de hand van betrouwbaarheid. AMEX-600cc wil zeggen dat 600 kubieke centimeter grond per 1/3 ha wordt geanalyseerd. Op basis van de AMEX-200cc-methode kan een ontheffing voor teelt- en plantgoed worden verkregen: zogenaamde ontheffingsmethode.

AMI-50) en AM-extensieve methoden (AMEX 200cc en AMEX 600cc).

Belangrijkste kenmerk vormt de betrouwbaarheid of detectiekans van een systeem. Bij de ontwikkeling van het intensieve bemonsteringssysteem (Schomaker en Been, 1992) was het uitgangspunt dat met een hoge betrouwbaarheid besmettingen van een geringe omvang moesten kunnen worden gedetecteerd. Zo is de 100-cysten-centraal-methode een methode waarbij een haard met een centrale dichtheid van 100 cysten per kg grond met een kans (zekerheid) van 90% wordt aange troffen.

De grote pluriformiteit in bemonsteringssy stemen heeft als nadeel dat nauwelijks sprake is van enige uniformiteit, hetgeen de onderlinge vergelijkbaarheid van uitslagen van verschillende systemen ernstig belemmert. Naast de aanwijzing voor de locatie van één of meerdere besmettingen bevat een bemonsteringsuitslag nadere informatie om de omvang van de besmetting te bepalen zoals het totaal aantal cysten, het aantal cysten met levende inhoud en eventueel het aantal levende larven. Deze kwantitatieve gegevens zijn altijd met een bepaalde onzekerheid of variatie omgeven. Dit geldt natuurlijk ook voor de nauwkeurigheid waarmee de omvang van de besmetting door de diverse methoden wordt ingeschat. Enige kennis over de mate van variatie is van belang voor de kwaliteit van het advies.

Om een beeld te krijgen van de gevolgen van verschillende rasterafmetingen¹ zijn via simulatie de betrouwbaarheden en bufferomvang en voor verschillende rasters vergeleken. Uit de berekeningen bleek dat er binnen één type bemonstering weliswaar enig verschil in betrouwbaarheid en bufferomvang voor de rasters was, maar dat deze verschillen zoda-

nig klein zijn dat voor diverse rasters dezelfde waarden voor de afgeleide gegevens gehanteerd kunnen worden.

Afbeeldingen besmettingssituatie

Besmettingen van aardappelmoeheid zijn in het algemeen niet homogeen over het perceel verdeeld. Bij jonge (punt)besmettingen is er sprake van één of enkele haarden van geringe oppervlakte waarbij de besmetting vanuit het centrum (c.q. infectiepunt) snel in intensiteit afneemt. Naar gelang een besmetting ouder wordt en geen afdoende maatregelen worden uitgevoerd, wordt de omvang van de haard groter. Door (passieve) verspreiding ontstaan secundaire besmettingen die eveneens in omvang toenemen. Deze secundaire besmettingen worden met name in de bewerkingsrichting gevonden aangezien de verspreiding voor het merendeel via grondverplaatsing tijdens bewerkingen plaatsvindt (grondbewerkingen en rooiwerkzaamheden). Bij verdere uitbreiding en verspreiding raakt op den duur het hele perceel besmet en ontstaat een homogene besmetting. Daaronder wordt verstaan een besmetting die op het hele perceel voorkomt en waarbij overal hetzelfde besmettingsniveau geldt (zie figuur 6).

Het haardmodel

Via onderzoek werd een model ontwikkeld waarmee een jonge haard van beperkte omvang kan worden beschreven op basis van de ruimtelijke verdeling van cysten (Schomaker en Been, 1992). Dit haardmodel is gebaseerd op intensief onderzoek aan een groot aantal individuele haarden in de wetenschap dat de maximale besmetting van een haard zich in het centrum bevindt (P_c). Ook is bekend dat het maximale besmettingsniveau dat te velde kan worden opgebouwd beperkt is tot de zogenaamde evenwichtsdichtheid (E). Dit betekent dat in de loop der jaren een afgetopte

¹ Vergeleken zijn drie rasters met de afmetingen van: 5*10 meter, 7,5*6,7 meter en 11*4,5 meter.

hard ontstaat met in het midden een "plateau" waar de besmettingsomvang gelijk is (figuur 7). Deze evenwichtsdichtheid is niet voor alle situaties gelijk en bijvoorbeeld afhankelijk van het laatstgeteelde ras.

Voor ontwikkeling van het prototype is het hardmodel uitgebreid met een vergelijking die situaties beschrijft waarbij de evenwichtsdichtheid of het maximale besmettingsniveau wordt overschreden (P_{max}).

In het prototype betreft de besmettingsafbeelding uitsluitend het aantal levende larven, een veel gebruikte maat in AM-onderzoek. De besmettingsafbeelding geeft dus geen beeld van de populatie als geheel, dat wil zeggen inclusief cysten en cysteninhoud.

Reconstructie van een besmetting: de besmettings-situatie

Een perceel is vrijwel nooit over de volle oppervlakte in gelijke mate besmet met aardappelcystenaaltjes. In het geval van relatief jonge besmettingen is er zelfs sprake van kleine, veelal moeilijk onderscheidbare besmette gebieden¹, waarbinnen zich een of meerdere harden bevinden. Door de besmette gebieden afzonderlijk te onderscheiden, kan per gebied de besmettingssituatie worden afgeleid en wordt een specifiek advies per deelgebied mogelijk. In het prototype wordt de besmettingsafbeelding van een perceel zo goed mogelijk gereconstrueerd op basis van de bemonsteringsuitslag(en). De reconstructie vindt in vier stappen plaats.

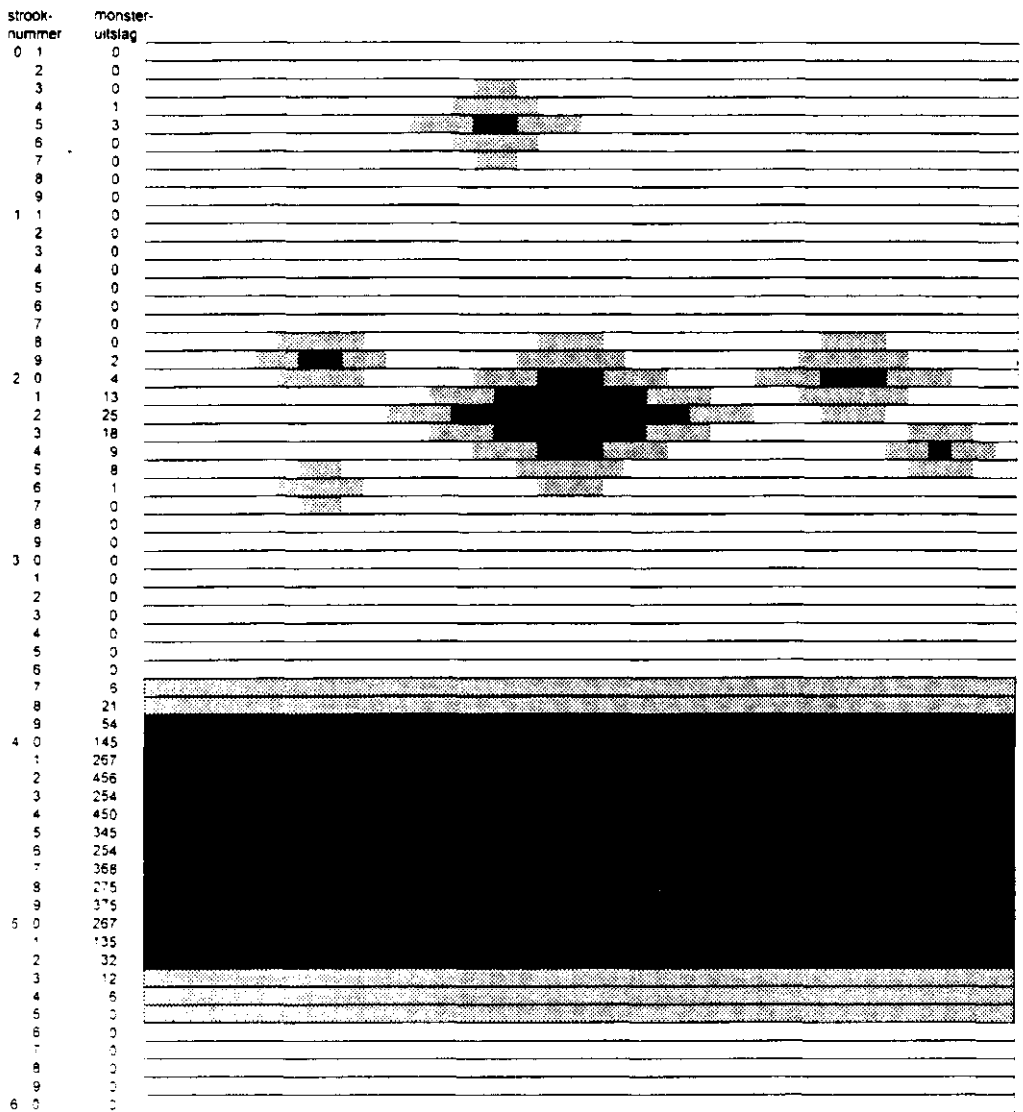
¹ Een besmet gebied bestaat uit een verzameling van aan elkaar grenzende stroken waar een besmetting is aangetroffen. Een strook is besmet indien daarop één of meer cysten zijn aangetroffen ongeacht de status van de inhoud (levend of dood).

1. *Onbesmette stroken.* Besmette gebieden worden onderscheiden op grond van de volgende criteria:

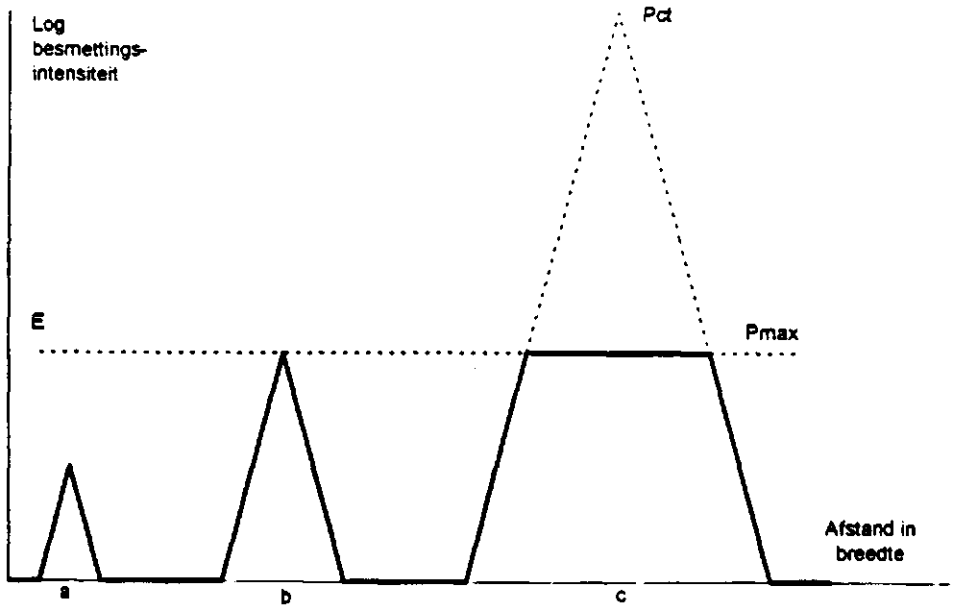
- twee of meer onbesmette stroken op rij [...x00x...];
- één onbesmette strook die aan weerszijde wordt begrensd door twee of meer besmette stroken [...xx0xx...];
- één enkele besmette strook, die aan weerszijde begrensd wordt door minimaal één onbesmette strook, wordt toegevoegd aan het besmette gebied aan een van beide zijden mits dit gebied wordt gescheiden door slechts één onbesmette strook [...xx0x00...];
- als een enkele besmette strook grenst aan een onbesmette strook, gevolgd door een besmette en onbesmette en een of meer besmette stroken dan maakt deze strook geen deel uit van het besmette gebied maar vormt een (deel van een) aangrenzend besmet gebied [.xx0x0x0.];
- als een enkele besmette strook aan weerszijden aansluit op een onbesmette strook en een besmet gebied van gelijke breedte, dan wordt de losse besmette strook toegewezen aan het gebied met het hoogste aantal cysten [..00xxx0x0xxx00..].

2. *Cysten-aantallen.* Regelmatig komt het voor dat een perceel matig besmet is, maar dat in een aaneengesloten reeks van stroken geen enkele onbesmette strook voorkomt. In dat geval is een ander criterium voor het onderscheiden van besmette gebieden nodig. Dit kan zijn indien aan de ene zijde van het gebied *G. rostochiensis* is aangetoond en aan de andere zijde *G. pallida*.

Een ander mogelijkheid is dat binnen zo'n gebied belangrijke verschillen in besmettingsintensiteit voorkomen bijvoorbeeld doordat twee of meer harden elkaar voor een deel overlappen. Binnen deze overlappende delen wordt de strook met de laagst aange- toonde besmettingsintensiteit getraceerd via



Figuur 6. Schematische weergave van drie besmettingssituaties: een beginnende besmetting (strook 3-8), een zwaardere besmetting (strook 16-27) en een homogene besmetting (strook 37-55).



Figuur 7. Afbeelding van het besmettingsverloop, binnen drie haarden:

- a) kleine haard ($P_{ct} < P_{max}$)
- b) kleine haard ($P_{ct} = P_{max}$) en
- c) grote haard ($P_{ct} = P_{max}$).

de zogenaamde dalstrook-afleiding (het dal tussen overlappende twee haarden). De dalstrook vormt de scheiding tussen twee gebieden waarbij het aantal cysten in de dalstrook als maat dient om de mate van overlap tussen twee besmette gebieden vast te stellen. Voorwaarden voor het afleiden van de dalstrook zijn dat het besmette gebied een bepaalde minimale breedte heeft (acht stroken) en dat de totale besmetting (aantal cysten) binnen het gebied boven een bepaalde minimale omvang komt.

3. *Toevoegen buffers.* De besmettingsintensiteit van een haard is in het centrum het hoogst en neemt af naarmate een strook verder van deze 'centrum'-strook af ligt. Vooral aan de buitenzijde van een haard neemt de kans toe dat geen besmetting wordt aangetroffen terwijl deze feitelijk wel aanwezig is.

In de advisering wordt dit ondervangen door aan weerszijde van de reeks besmet gevonden stroken veiligheidsbuffers aan te brengen waarvoor wordt aangenomen dat deze eveneens besmet zijn. De omvang van een buffer is afhankelijk van de toegepaste bemonsteringsmethode.

4. *Besmettingssoort en pathotype.* De advisering van maatregelen staat of valt met een goede kennis van de besmettingssoort (*G. rostochiensis* of *G. pallida*). Binnen deze soorten bestaan belangrijke verschillen in virulentie tegen de resistente rassen (pathotypen/ agressiviteit).

Voor het prototype is het noodzakelijk om naast soort tevens het (patho)type van de besmetting te kennen. Het onderscheid van (patho)typen binnen een soort is echter minder eenduidig, zeker waar het *G. pallida* be-

treft.

De besmettingssoort wordt vastgesteld aan de hand van de resultaten van de ELISA-toets. In het prototype worden de besmettingssoort en pathotype per individueel besmet gebied vastgelegd waarbij de volgende regels worden toegepast:

- als op één of meerdere besmette stroken een soortbepaling is uitgevoerd, en de uitslagen vermelden slechts één van beide soorten, dan wordt deze soort als besmettingssoort bij het betreffende besmette gebied vermeld;
- als zowel *G. rostochiensis* als *G. pallida* binnen een gebied zijn aangetoond, wordt het besmette gebied benoemd als *G. pallida*-besmet-gebied; als geen soortbepaling voor het gebied beschikbaar is, is de soort onbekend.

Populatiodynamische regels

De populatie-omvang is continu aan veranderingen onderhevig. Voor AM betekent dit dat de besmettingssituatie tussen het moment van bemonsteren en de adviesdatum voortdurend wijzigt als gevolg van bijvoorbeeld natuurlijke sterfte, aardappelteelt, opslag of ontsmetten. Bij het opstellen van een advies moet rekening worden gehouden met deze dynamische aspecten. Voor het inschatten van de gevolgen van voorgenomen maatregelen op de populatie-omvang zijn rekenregels beschikbaar: de populatiodynamische rekenregels. Ook de invloed van de doorworteling van de bouwvoor op de populatie-ontwikkeling is in ogenschouw genomen. Voor de volgende maatregelen is een set rekenregels ontwikkeld om het populatie-dynamische effect in te schatten:

- *De teelt van aardappelen*, waarbij rekening wordt gehouden met verschillen in resistentie tussen rassen (vatbaar, resistent, par-

tiel resistent). Bij een vol gewas aardappelen wordt uitgegaan van een onvolledige doorworteling van de bouwvoor (maximaal 80%). Een toename van de besmetting vindt uitsluitend plaats in het doorwortelde deel van de bouwvoor (bij de teelt van een vatbaar ras), terwijl bij de teelt van een resistent ras de besmetting afneemt. In de rest van de bouwvoor, het niet-doorwortelde deel, wordt gerekend met natuurlijke sterfte.

- *Relatieve vatbaarheid (RV)* is een relatie die bestaat tussen een (patho)type van de parasietsoort en een aardappelras. De waarde geeft aan wat de relatieve vermeerdering van het (patho)type op het ras is ten opzichte van de vermeerdering van dat pathotype op een vatbaar ras. In het prototype is per ras een RV-waarde opgenomen. Deze RV-waarden zijn primair gebaseerd op de 40-rassen-toets en indien rasgegevens ontbraken, aangevuld met resultaten van PD-toetsingen.
- De teelt van aardappelen bij gelijktijdige toepassing van *granulaten*, waardoor de vermeerdering van aardappelcystenaaltjes in zekere mate wordt onderdrukt (gereduceerd) door de granulaten. Het komt er op neer dat een deel van de larven wordt verlamd en uiteindelijk niet succesvol in de wortels weet te penetreren of zich in ieder geval niet verder ontwikkelt. In de set van vergelijkingen is de granulaatfactor (GF) opgenomen. Deze factor is van toepassing op het doorwortelde deel van de bouwvoor. Tevens wordt rekening gehouden met resistentieverschillen tussen rassen. Het effect van het granulaat wordt doorgerekend door de P_i te verlagen. Het effect van granulaat blijkt afhankelijk van grondsoort en pH. Binnen het prototype zijn vijf grondsoorten onderscheiden, daarnaast is onderscheid gemaakt tussen de volvelds- en rij-entoeppassing. Herhaalde toepassing op hetzelfde perceel leidt tot aanpassing van bodemorganismen en versnelde afbraak van

het middel waardoor granulaat een beperktere werking heeft (adaptie).

- De *natuurlijke sterfte* in jaren zonder aardappelteelt. Als geen aardappelen worden geteeld, neemt de dichtheid aan aardappelcystenaaltjes ook zonder verdere maatregelen af als gevolg van natuurlijke sterfte. De natuurlijke sterfte-factor (NSF) geeft de afname van de dichtheid per jaar aan. In het eerste jaar na de aardappelteelt is de natuurlijke sterfte hoger vastgesteld (50%) dan in de overige jaren (33%).
- Het effect van *aardappelopslag* bij de gelijktijdige teelt van een ander gewas. De invloed van aardappelopslag op de populatie-ontwikkeling is gebaseerd op de mate van bouwvoordoorworteling (BVW). Het principe van bouwvoordoorworteling wordt zowel voor de aardappelteelt als de opslag gebruikt. Opslag kan worden gezien als een (gedeeltelijk) gewas aardappelen. Zodoende kunnen voor opslag dezelfde rekenregels worden gehanteerd als voor een gewas aardappelen met een afwijkende waarde voor doorworteling van de bouwvoor. Op basis van het aantal (opslag)planten per oppervlakte-eenheid en het doorwortelde volume per plant¹ kan de bouwvoordoorworteling worden vastgesteld. Aardappelopslag leidt slechts tot vermeerdering als het wortelstelsel voldoende lang actief is geweest zodat de aardappelcystenaaltjes hun levenscyclus hebben kunnen voltooien. Indien opslag tijdig is bestreden (voor 21 juni)² zal derhalve geen vermeerdering optreden en wordt voor dat jaar met natuurlijke sterfte gerekend. De berekening van de

BVW wordt gebaseerd op het hoogste aantal waargenomen opslagplanten na 21 juni.

- De *natte grondontsmetting*. Het bestrijdingseffect van een ontsmetting is onafhankelijk van de dichtheid van een besmetting. In het prototype is het verwachte bestrijdingseffect van een middel afhankelijk van de combinatie middel en grondsoort, aannemende dat de toepassing onder goede omstandigheden plaatsvindt.

De verwachte populatie-ontwikkeling wordt met een veralgemeniseerde set van rekenregels berekend. Deze set van vergelijkingen is gebaseerd op het model van Seinhorst (1967).

Het schademodel

Voor het voorspellen van de verwachte schade aan het aardappelgewas als gevolg van een aardappelmoehedsbesmetting is een model gehanteerd dat gebaseerd is op het schademodel van Seinhorst (1982). Voor toepassing binnen het prototype hebben de volgende aanpassingen plaatsgevonden:

- Het schademodel van Seinhorst zou geen betrouwbare schatting van de schade geven bij hoge beginbesmettingen waarbij de tolerantiedrempel T (levende larve/gram grond) boven circa 16 tot 32 T ligt. Voor het prototype is voor de situatie waarbij de aanvangsbesmettingsdichtheden de 25T overschrijden aangenomen dat de relatieve opbrengst gelijk is aan de waarde voor de minimum-opbrengst van het betreffende ras.
- Naast inschatting van de verwachte schade is ook een inschatting van de visuele schade (bijvoorbeeld valplekken) een belangrijk gegeven voor de praktijk. Binnen het prototype is een besmettingsniveau gedefinieerd, waarboven wordt verondersteld dat schade waarneembaar wordt. Deze waarde is gesteld op 12 levende larven per ml grond en wordt toegepast voor alle aardappelrassen en beide AM-soorten.

¹ Het doorwortelde volume per plant is afhankelijk gesteld van het cultuurgewas waarin de opslag voorkomt.

² In theorie is AM-bestrijding met behulp van resistente opslag mogelijk. In de modellering is opgenomen: opslag van resistente rassen leidt niet tot vermeerdering.

Het schademodel geeft een schatting van de relatieve opbrengst op basis van de beginbesmetting. Als voor een perceel bekend is welke beginbesmetting er voorafgaand aan de aardappelteelt geldt, wat de besmettingssoort is en welk ras zal worden geteeld, kan worden geschat wat de verwachte relatieve opbrengst wordt. Als tevens de verwachte opbrengst in geval van de onbesmette situatie bekend zou zijn dan kunnen afgeleide gegevens zoals verwachte kilogramopbrengst en de opbrengstderving worden berekend.

Het prototype gaat echter niet uit van een gemiddelde waarde als beginbesmetting voor het hele perceel, maar beschrijft de besmettingssituatie als één of meerdere haarden. Zodoende is de beginbesmetting op iedere plaats anders wat een complexe, meervoudige berekening noodzakelijk maakt.

Binnen het prototype is de schadeberekening geïntegreerd met de verschillende besmettingssituaties binnen een hard of homogeen besmet gebied (figuur 8). Daartoe worden gebieden met verschillende beginbesmettingen (P) onderscheiden:

- in gebieden met een aanvangsbesmetting tussen I en T geldt: geen schade;
- in het gebied tussen T en 25T geldt een opbrengst die varieert tussen de minimum-opbrengst en de opbrengst in de situatie onbesmet gebied;
- in het gebied waar P groter is dan 25T geldt dat de opbrengst gelijk is aan de waarde voor de minimum-opbrengst van het betreffende ras.

Advisering

Binnen een begeleidingssysteem voor beheersing van AM zijn veel verschillende adviezen denkbaar. Een belangrijke vraag is of de adviezen zich nadrukkelijk moeten richten op AM-beheer in bedrijfsverband (bijvoorbeeld

in bouwplanverband rekening houdend met de verdere bedrijfsuitrusting) of op een vijfjander niveau van AM-beheer waarbij meer specifieke (teelt)maatregelen zoals rassenkeuze, grondontsmetting, granulaattoepassing en teeltfrequentie van aardappelen in ogenschouw worden genomen. Ook adviezen over het uitvoeren van een (her)bemonstering, een agressiviteitstoets of een soortsbepaling zijn denkbaar.

Bij beoordeling van de maatregelen voor beheersing van AM zijn meerdere doelstellingen mogelijk. Men kan zich richten op een zodanige beheersing van AM dat er economisch een optimum wordt gerealiseerd ten aanzien van opbrengsten en kosten. Rassenkeuze, gewasschade en bijvoorbeeld de kosten van een ontsmetting zijn bij deze afweging van belang. Een ander doel kan zijn dat de beheersing zodanig is dat de teelt van voortkweekingsmateriaal mogelijk is en blijft. Daartoe is het noodzakelijk om de besmetting beneden een bepaald detectieniveau te houden. Tijdens de ontwikkeling van adviesonderdelen vormde de beheersing c.q. afname van de besmettingssituatie het belangrijkste uitgangspunt. Waar mogelijk is rekening gehouden met andere doelstellingen.

Voor het prototype zijn twee verschillende concepten voor adviesmodules uitgewerkt, namelijk het *rassenkeuze-advies* en het *scenario-advies*. De keuze voor uitwerking van deze twee adviesmodules is gebaseerd op de behoefte vanuit de praktijk en de beschikbare AM-kennis. Uitgangspunt voor de beide concepten is een optimaal economisch resultaat. Daarbij worden zodanige maatregelen genomen dat de AM-situatie niet verslechtert. Het rassenkeuze-advies is wat meer gericht op de huidige besmettingssituatie en het AM-beheer op wat kortere termijn. Het scenario-advies geeft inzicht in de consequenties van diverse maatregelen over een langere periode. Andere denkbare adviesmodules zijn:

- bepalen noodzaak voor het uitvoeren van

hoeft aan een verdere verfijning van de huidige pathotype-classificatie (A, B/C, D en E) via een zogenaamde agressiviteitstoets. Tenslotte bleek er behoefte aan gedetailleerdere kennis over de cystenafbraaksnelheid, zodat beter rekening gehouden kan worden met de

perceelspecifieke omstandigheden. Naast deze kwantitatieve aspecten is op het terrein van het kwalitatieve kennisdeel een aantal mogelijkheden voor verdere uitwerking geschetst (Nijboer en Molendijk, 1996 C).

HET PROTOTYPE

Op basis van de informatie- en kennisanalyse bleek dat de ontwikkeling van een systeem voor de beheersing van aardappelmoetheid een ambitieuze onderneming zou worden. Dit vormde aanleiding te starten met de ontwikkeling van een eenvoudig prototype met minstens één en zo mogelijk meerdere adviesmodules. Om de complexiteit te beperken, is één bemonsteringsmethode als basis genomen namelijk de intensieve bemonstering omdat:

- relatief veel kennis beschikbaar was om op basis van deze bemonsteringsmethode de besmetting te reconstrueren (haardreconstructie);
- deze methode sterk in opkomst is in gebieden met lage besmettingsniveaus.

De ontwikkeling van het prototype is in fasen uitgevoerd. In dit hoofdstuk wordt een globale beschrijving van het prototype gegeven. De belangrijkste onderdelen vormen de database, de registratie en de adviesmodules. Het prototype is ontwikkeld in het database management systeem FoxPro 2.0 ondermeer omdat de applicatie op PC moest kunnen draaien. Bovendien gaf dit softwarepakket de mogelijkheid om in de toekomst alsnog een koppeling met een geografisch informatie-systeem (GIS) te realiseren.

De database

Het fundament van het prototype wordt gevormd door een databank. Deze databank bestaat als het ware uit twee delen namelijk één deel voor het vastleggen van normatieve gegevens en een ander deel voor de opslag van de gegevens van individuele bedrijven. Gepoogd is de omvang en opzet van de gehele applicatie te beperken tot uitsluitend aardappelmoetheid.

Normatieve gegevens

Normatieve gegevens hebben tot doel het invoeren van bedrijfsgegevens voor de gebruiker te vergemakkelijken. Het gaat om een aantal niet-bedrijfsspecifieke omschrijvingen, parameters en kengetallen zoals:

- namen van bemonsteringsinstanties en de methoden die door hen worden aangeboden;
- rassenlijstgegevens van de diverse aardappelrassen;
- gewassen en teeltdoel;
- gewasbeschermingsmiddelen inclusief merknaam, soort, toepassingen en effecten in relatie met parasietsoort en grondsoort;
- bewerkingen en bewerkingsoorten (bijvoorbeeld grondbewerking, natte grondontsmetting).

Het normatieve deel betreft slechts een fractie van de totale database. Voor de invoer en het (jaarlijkse) onderhoud van de normatieve gegevens is een afzonderlijke applicatie ontwikkeld die de uniformiteit van de gegevensinvoer bewaakt.

Bedrijfsgegevens

Bij de opzet van de database voor opslag van bedrijfsgegevens moest rekening worden gehouden met enkele belangrijke randvoorwaarden:

- een benadering op perceelsniveau is te grof en moet op een gedetailleerder niveau mogelijk zijn (perceelsdelen);
- om de ruimtelijke ontwikkeling van de AM-situatie (onder andere haarden) in de tijd te kunnen volgen, moet sommige informatie worden voorzien van plaats- en tijdsspecifieke kenmerken (respectievelijk coördinaten en datum/jaartal).

Het belangrijkste probleempunt tijdens de ontwikkeling van de database en het onder-

deel registratie was het vinden van een bruikbare oplossing voor het vastleggen en analyseren van plaatsgebonden informatie. Gegeven de gekozen methode van strokenbenadering en de datamodellering voor plaatsgebonden informatie (zie hoofdstuk 4) is een bruikbare oplossing gevonden om plaatsgebonden informatie te registreren¹. In figuur 9 is de uitwerking hiervan schematisch weergegeven. Elke kavel van een bedrijf wordt daartoe in eerste instantie opgedeeld in stroken van vijf meter breed die elk opeenvolgend zijn genummerd. De stroken liggen - conform de bemonsteringsmethode - in de beweringsrichting en vormen de "kleinste eenheid" als basis voor registratie. Door een verzameling van één of meer naast elkaar liggende stroken te nemen, ontstaat een traceerbaar stuk grond of een perceel waarop informatie geregistreerd kan worden. Met deze aanpak is een belangrijke basis gelegd om (plaatsgebonden) informatie in de tijd te koppelen zoals:

- informatie van bemonsteringen of bewerkingen die in de loop der jaren op eenzelfde stuk grond zijn uitgevoerd;
- informatie over de soort en het (patho) type van een besmetting;
- informatie over rassen en gewassen die zijn geteeld;
- informatie over aardappelopslag.

Registratie

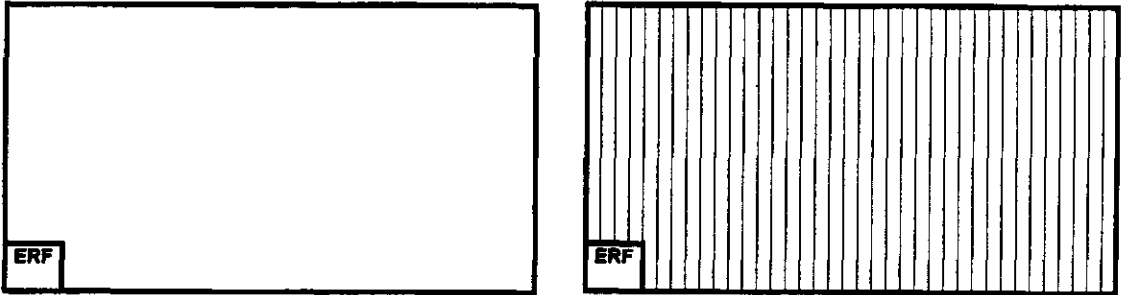
Bij gebruik wordt het prototype aangestuurd via een menu (figuur 10) en invoerschermen. De lay-out van de invoerschermen is zo uni-

form mogelijk gehouden. Het prototype biedt de mogelijkheid om gegevens van meerdere bedrijven vast te leggen. Een gebruiker die met invoeren start dient eerst een aantal bedrijfskenmerken in te voeren of van een reeds ingevoerd bedrijf op te halen. Vervolgens kunnen de namen en afmetingen van kavels gedefinieerd worden waarna deze kavels automatisch worden opgedeeld in stroken van vijf meter breed. Als bedrijf en kavels gedefinieerd zijn kan worden overgegaan tot de feitelijke registratie van activiteiten. De registratie van activiteiten is beperkt gehouden tot die facetten die betrekking hebben op de ontwikkeling en beheersing van de bedrijfs-specifieke AM-situatie. Tijdens het registreren van gegevens worden diverse controles uitgevoerd (Schering en Grunefeld, 1996 A en B).

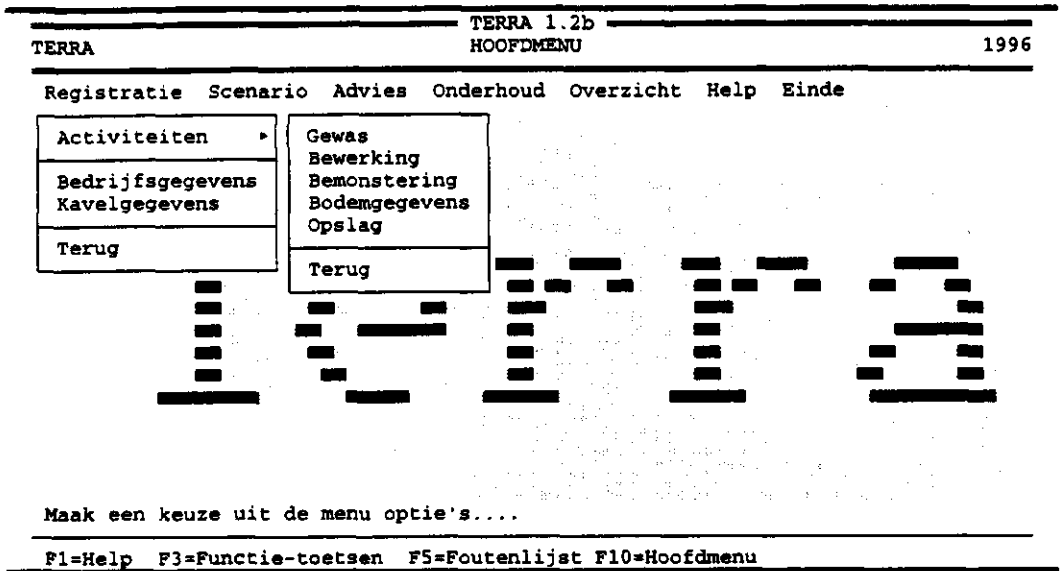
De registratie van gewasgegevens vindt plaats per stuk grond dat bestaat uit een willekeurig te kiezen verzameling van naast elkaar liggende stroken. Zo'n stuk grond kan overeenstemmen met een perceel of met een deel van een perceel. In de tijd kan het grondgebruik in ruimtelijke zin veranderen, bijvoorbeeld na een bouwplanwijziging of de teelt van twee of meer gewassen op één perceel binnen eenzelfde seizoen. De oplossing sluit aan op talrijke situaties die in de praktijk voorkomen en heeft tot voordeel dat de registratie over de jaren heen gewoon kan worden voortgezet zonder dat de continuïteit van de gegevensvastlegging in gevaar komt. Per gewas worden het teeltdoel, het ras, de poot- of zaaidatum en de geplande oogstdatum vastgelegd.

De registratie van bewerkingen beperkt zich tot die bewerkingen die voor AM-beheer relevant zijn. In het prototype betreft dit droge of natte grondontsmetting en (kerende) grondbewerkingen. Per bewerking wordt tevens de werkmethode, het gebruikte middel en de datum van toepassing geregistreerd. Ook hier kan per perceelsdeel worden geregistreerd.

¹ Vanuit software technisch oogpunt had dit knelpunt het beste via een geografisch informatiesysteem (GIS) kunnen worden opgelost. Vanwege het ontbreken van de financiële middelen, de vereiste expertise, risico's ten aanzien van het te verwachten resultaat en de benodigde extra tijdsinzet is van een fraaie GIS-oplossing afgezien.



Figuur 9. Schematische voorstelling van de opdeling van een kavel in stroken van vijf meter breed, zoals toegepast in het prototype TERRA.



Figuur 10. Overzicht van het hoofdmenu TERRA inclusief de menu-opties van het onderdeel registratie.

Via de menu-optie 'bemonstering' kunnen de bemonsteringsuitslagen worden geregistreerd.

Per stuk grond (perceel) wordt vastgelegd welke instantie de bemonstering heeft uitgevoerd, volgens welke methode alsmede het tijdstip (datum). In figuur 11 is het scherm voor het registreren van deze bemonsteringsuitslagen weergegeven. Tijdens het registreren moet bewaakt worden dat een monster (nummer) overeenkomt met een specifieke strook. Per strook (monster) wordt van het uitslagenformulier van de bemonsteringsinstantie overgenomen welke soort besmetting¹ is aangetroffen, alsmede het aantal levende, dode en bewaarde cysten. Deze laatste worden voor eventueel verdere toetsing bewaard. Daarnaast kan - indien beschikbaar - het aantal levende larven worden geregistreerd. Als in een monster meerdere soorten zijn aangetroffen, kan - mits bekend - de procentuele verhouding worden geregistreerd.

Via een afzonderlijk scherm wordt per perceel de grondsoort, de afslibbaarheid en het percentage organische stof vastgelegd.

Voor aardappelopslag worden de volgende kenmerken geregistreerd: het aantal opslagplanten per vierkante meter en de observatiedatum. Deze gegevens over de opslag worden automatisch gerelateerd aan een vroegere aardappelteelt zodat ras en resistentiekenmerken bekend zijn. Het observatietijdstip is van belang voor het vaststellen van het effect op de populatie-ontwikkeling. Op basis van de geregistreeerde gegevens worden de besmette en onbesmette gebieden bepaald (volgens de criteria zoals aangegeven onder 'Reconstructie van een besmetting/de besmettingssituatie'). Per besmet gebied (stuk grond) wordt aan de hand van de geregistreeerde informatie de teeltfrequentie van aardappelen

en de besmettingssoort(en) vastgesteld. Dit levert bedrijfsspecifieke uitgangspunten die van belang zijn voor de advisering. Ook kan per deelgebied van naast elkaar liggende stroken worden aangegeven of de wetgeving niet wordt overschreden (maximale teeltfrequentie, frequentie grondontsmetting). Voor de verdere advisering is het van belang om vast te kunnen stellen welke stukken grond besmet zijn. Binnen het prototype zijn twee adviesmodules gerealiseerd namelijk 'rasselectie' en 'scenario'.

Rassenkeuze-advies

De belangrijkste beslissing voor beheersing van AM is de rassenkeuze. Een juiste rassenkeuze kan de besmetting vaak redelijk in toom houden of zelfs verminderen, terwijl een verkeerde keuze kan leiden tot een aanzienlijke vermeerdering van de populatie. Het rassenkeuze-advies heeft tot doel om op basis van de beschikbare bemonsteringsgegevens en -uitslagen aan te geven welke aardappelrassen het beste op het betreffende perceel (sdeel) geteeld kunnen worden. Het rassenkeuze-advies geeft per deelgebied (stuk grond) aan welke rassen de beste keuze zijn op basis van de individuele resistentiecijfers (relatieve vatbaarheid) van elk ras. Indien noodzakelijk is het mogelijk het effect van teeltfrequentie en grondontsmetting in het rassenkeuze-advies te betrekken.

Met het rassenkeuze-advies wordt een advies voor een bepaald perceelsdeel gegenereerd. Daarvoor moet een aantal procedures worden doorlopen.

Als eerste moet in het scherm 'draaien van adviezen' (figuur 12) worden aangegeven voor welk perceel een advies moet worden opgesteld. Zo'n adviesperceel kan variëren van één enkele strook tot een hele kavel. Voorts kan aangegeven worden of een advies voor een gemiddelde of veilige situatie moet worden opgesteld. Het verschil tussen 'ge-

¹ Dit kan zijn: geen (-), onbekend (AM), rotochiensis (Ro), pallida (Pa) of beide (Ro+Pa).

TERRA		TERRA 1.2b		HOOFDMENU		1996		
Registratie	Scenario	Advies	Onderhoud	Overzicht	Perceel	Help	Einde	
Kavel: 2b		Instantie: Groene Vlieg						
Perceel: Stroken 104 - 201		Methode: GV_100						
		Bemonsteringsdatum: 26-10-1993						
Strookbreedte is 5.0 meter.								
Van Tot (m)	Soort	Mon.nr	Lev. cys	Dode cys	Bew. cys	Totaal	Llv	Ro/Pa
645 - 650	-	72	0	0	0	0	0	0 0.00
650 - 655	Ro	71	2	0	0	2	0	0 0.00
655 - 660	-	70	0	0	0	0	0	0 0.00
660 - 665	-	69	0	0	0	0	0	0 0.00
665 - 670	-	68	0	0	0	0	0	0 0.00
670 - 675	Ro	67	2	0	0	2	0	0 0.00
675 - 680	AM	66	1	0	0	1	0	0 0.00
680 - 685	-	65	0	0	0	0	0	0 0.00
685 - 690	-	64	0	0	0	0	0	0 0.00
690 - 695	-	63	0	0	0	0	0	0 0.00

< OK > < Opheffen >

Figuur 11. Lay-out van het scherm voor de registratie van bemonsteringsuitslagen.

TERRA 1.2b		DRAAIEN VAN ADVIEZEN		1996			
Registratie	Scenario	Advies	Onderhoud	Overzicht	Perceel	Help	Einde
Geef aan voor welk gedeelte van de kavel u een advies wilt.							
KAVEL:		Perceelsnaam:		Strooknummer			
2b		*Grondsoort D 31		Begin		Eind	
		Stroken 1 - 104		1- 201			
		Stroken 1 - 40		1- 104			
		Stroken 1 - 42		1- 40			
				1- 42			
Adviesvraag		Advisering op basis van					
Rassenkeuze		Gemiddelde Verwachting					
		Detaillering advies					
		Standaard					
< Advies > < Opheffen >							

Figuur 12. Overzicht van het scherm waarin enkele randvoorwaarden voor een advies worden afgebeeld.

RASSENKEUZE-ADVIES

ADVIESDATUM : 05-04-1996 Advies gemaakt op: 06-02-1996

KAVEL : 2a AANTAL STROKEN: 201
 PERCEEL : Grondsoort D 30 STROKEN: 1 - 201

ADVIESKLASSE : A - 1 STROKEN: 4 - 13

GEKOZEN OPTIES:

activiteit:	selectie	effect
Granulaten		0.20
Ontsm. gepland 1996-1996		0.40

BESMETTINGSKWALITEIT:

Parasietsoort: Globodera rostochiensis
 Pathotype: A

SCHADEGEGEVENS:

Bij het gekozen teeltregime zal er geen tot weinig zichtbare schade optreden.

De totale oppervlakte van de adviesklasse is: 1.750 ha

De totale besmette oppervlakte is: 0.054 ha

De oppervlakte met mogelijk zichtbare schade: 0.000 ha

RASSENOVERZICHT:

Legenda ++: de vermeerdering is onder controle

+: de vermeerdering is aanvaardbaar

-: de vermeerdering is onaanvaardbaar

Rasnaam	Score	Vermeerdering per teeltcyclus	Relatieve vatbaarheid	Relatieve kg-opbrengst
Agria	++	0.0453	1.000	99.99 %
Asterix	++	0.0453	1.000	99.99 %
Disco	++	0.0453	1.000	99.99 %
Gloria	++	0.0453	1.000	99.99 %
Turbo	++	0.0453	1.000	99.99 %
Accent	++	0.0453	1.000	99.98 %
Alcmaria	++	0.0453	1.000	99.98 %
Aminca	++	0.0453	1.000	99.98 %
Berber	++	0.0453	1.000	99.98 %
Bildtstar	++	0.0453	1.000	99.98 %
Bimonda	++	0.0453	1.000	99.98 %
Cardinal	++	0.0453	1.000	99.98 %
Fresco	++	0.0453	1.000	99.98 %
Maritiema	++	0.0453	1.000	99.98 %
Nicola	++	0.0453	1.000	99.98 %
Premiere	++	0.0453	1.000	99.98 %
Provita	++	0.0453	1.000	99.98 %
Remarka	++	0.0453	1.000	99.98 %
Sante	++	0.0453	1.000	99.98 %
Texla	++	0.0453	1.000	99.98 %
Bintje	-	2.7641	100.000	99.98 %
Dore	-	2.7641	100.000	99.98 %
Eersteling	-	2.7641	100.000	99.98 %
Eigenheimer	-	2.7641	100.000	99.98 %
Surprise	-	2.7641	100.000	99.98 %
Irene	-	3.3134	120.000	99.98 %

Figuur 13. Overzicht van de uitslag van het rassenkeuze-advies.

gewijzigd. Deze periode mag maximaal twaalf jaar bedragen.

De rekenprocedures die worden uitgevoerd, zijn vergelijkbaar met de procedures van de rassenkeuze. Er wordt onder andere een aantal modellen en rekenregels gebruikt voor het bepalen van de schade (Seinhorst, 1982), de populatiedynamica (Seinhorst, 1967) en de besmettingsverdeling met het haardmodel (Schomaker en Been, 1992).

Als eerste wordt voor het uitgangsjaar de besmettingssituatie (haarden) afgeleid. Op basis daarvan wordt de ontwikkeling van elke afzonderlijke populatie gedurende de adviesperiode gesimuleerd, rekening houdend met de activiteiten die logischerwijs plaats zullen vinden (bijvoorbeeld de teelt van aardappelen). Voor het begin- en eindjaar en de relevante data die daartussen liggen, worden de besmettingssituaties berekend en vastgelegd.

Na de simulatie krijgt de gebruiker de besmettingssituatie op drie tijdstippen gepresenteerd. Daarbij wordt zowel de ligging als de ontwikkeling van iedere haard in de loop van de tijd gevisualiseerd onder andere aan de hand van een kleurenlegenda. Evenals bij het rassenkeuze-advies is hierbij gebruik gemaakt van adviesklassen. De opzet van deze presentatie is vergelijkbaar met het scherm van rassenkeuze. De drie tijdstippen kunnen desgewenst worden gewijzigd.

Via de optie 'toon ontwikkeling' wordt via een apart scherm per strook de ontwikkeling van de dichtheid (aantal cysten) van de besmetting in de tijd getoond (grafisch).

Beperkingen van het prototype

Het in de voorgaande paragrafen beschreven

prototype kent een aantal belangrijke praktische beperkingen, namelijk:

- Het prototype is gebaseerd op verkavelingssituaties met rechthoekige percelen. De gekozen oplossing heeft ook beperkingen waardoor het prototype alleen toetsbaar is op bedrijven die rechthoekige kavels hebben en strokenbemonstering toepassen. Dit wil zeggen dat het prototype in zijn huidige opzet niet of minder geschikt is voor bedrijven met een afwijkende verkaveling (bijvoorbeeld gerende percelen). Via het toepassen van geografische informatiesystemen zou een deel van deze problematiek kunnen worden opgelost maar dit vereist een ingrijpende aanpassing van een groot aantal programma's binnen Terra.
- Het aantal bemonsteringsmethoden is beperkt. Uitbreiding van het prototype met andere bemonsteringsmethoden maakt het noodzakelijk om ook andere, bij deze bemonsteringsmethoden behorende modellen (voor zover beschikbaar) aan het prototype toe te voegen. Daarvoor moet eerst een aantal procedures worden ontwikkeld die een feilloze interactie tussen deze modellen waarborgen.
- De grafische presentatie is eenvoudig van opzet en slechts bedoeld om enkele mogelijkheden te schetsen. De huidige software en hardware biedt talloze mogelijkheden om de grafische presentatie aanzienlijk te verbeteren. Essentieel is het om de juiste informatie te presenteren die aansluit bij de problematiek van het beheer van de aardappelmotheid.
- Rasinformatie.

TESTEN EN WORKSHOPS

Tijdens en na de realisatie is het prototype uitvoerig getest en getoetst. Daarbij stonden twee activiteiten centraal:

1. De inhoudelijke testen die tot doel hadden om programmeerfouten op te sporen, de interactie tussen de diverse modellen te controleren en te beoordelen of het prototype inhoudelijk correct functioneerde.
2. Een aantal workshops waarbij is nagegaan hoe de praktijk (boeren, voorlichters, bemonsteringsinstanties) het ontwikkelde prototype beoordeelde.

Inhoudelijke test

Ontwikkelaars en materiedeskundigen hebben het prototype op diverse tijdstippen uitvoerig getest (Molendijk en Nijboer, 1996; Nijboer, 1996). Daarbij is aandacht besteed aan:

- Het technisch goed functioneren van de programma-onderdelen (opsporen programmeerfouten).
- De vraag of de afzonderlijke programma-onderdelen (met name de adviesmodules 'rassenkeuze' en 'scenario') inhoudelijk conform de beschrijving functioneerden.
- De interactie tussen de diverse programma-onderdelen. Via een integrale test is de correctheid van de interactie tussen de programma-onderdelen beoordeeld.

Uit de testresultaten bleek dat de door materiedeskundigen aangeleverde informatie en relaties in het algemeen goed in het prototype zijn verwerkt. De normatieve gegevens zijn grotendeels op heldere en juiste wijze in de tabellen terechtgekomen. De gestelde rekenregels worden door het programma overeenkomstig de beschrijving uitgevoerd.

Wat de user-interface betreft zijn de registratiemodule en de module 'rassenkeuze-advies' helder. De scenariomodule kan aanmerkelijk

worden verbeterd indien onder andere grafische software aan de ontwikkelomgeving wordt toegevoegd. Door het ontbreken hiervan komen de grafisch weergave van het populatieverloop in de tijd en het schadeverloop knullig over. Dit ondanks het feit dat binnen de beperkingen van de beschikbare software zeer creatieve oplossingen voor semi-grafische weergave zijn gevonden.

Workshops

Als afsluitend projectonderdeel is nagegaan in hoeverre het ontwikkelde prototype aansloot bij de behoefte van de diverse doelgroepen. Daarvoor werd een aantal workshops georganiseerd waaraan de volgende doelgroepen hebben deelgenomen (Groenwold en Grunefeld, 1996):

1. Onderzoekers (intern): een groep onderzoekers op het PAGV en HLB die vanuit hun werkterrein met aardappelmoehheid te maken hebben.
2. Boeren: akkerbouwers die op een of andere manier actief bezig zijn met de beheersing van aardappelmoehheid. De groep was samengesteld uit drie sub-groepen namelijk een groep Flevolandse akkerbouwers die regelmatig met de computer werkt. De tweede subgroep bestond uit een groep innovatie-boeren die op hun bedrijf al een aantal jaren actief bezig zijn met het toepassen van duurzame akkerbouw. Tenslotte is een groep boeren uit de Veenkoloniën uitgenodigd die al vele jaren met de AM-problematiek en de beheersing daarvan bezig zijn en een ander bemonsteringssysteem toepassen dan in Terra is opgenomen. Per subgroep werd een aparte workshop gehouden.
3. Dienst Landbouw Voorlichting (DLV): be-

drijfsdeskundigen die op het boerenbedrijf gerichte adviezen over aardappelmoeheidsbeheer moeten geven.

4. Stichting Opleidingen Agrarisch Onderwijs (STOAS): docenten en medewerkers die vanuit hun taakstelling met aardappelmoeheid bezig zijn.
5. Studenten agrarisch onderwijs: leerlingen met plantenteelt in hun vakkenpakket.
6. Werkgroep aardappelsystenaaltjes onderzoek (WACO): wetenschappers die vanuit hun vakgebied met AM-onderzoek bezig zijn.

In een eerder stadium hadden al bijeenkomsten plaatsgevonden met de bemonsterde instanties (DGV, NAK, BLGG).

Het doel van de workshops was inzicht te krijgen in de volgende vragen:

- Sluit het prototype voldoende aan bij de vragen/problemen op het terrein van de AM-beheersing zoals die zich in de praktijk voordoen?
- Wat vindt men van gebruikersvriendelijkheid, en hoe kijkt men aan tegen de gebruikersfrequentie van het prototype?
- Moet een dergelijk systeem centraal (bij voorlichtings- of bemonsteringsinstanties) of decentraal (op individuele akkerbouwbedrijven) worden geïmplementeerd?
- In welke richting moet een dergelijk prototype in de toekomst eventueel verder worden ontwikkeld?

Naast de hierboven omschreven doelstelling gaven de workshops tevens de mogelijkheid om verschillende doelgroepen op de hoogte te stellen van het ontwikkelde prototype. Om de praktische relevantie en mogelijkheden van het prototype beter zichtbaar te maken, zijn voorafgaand aan de workshops meerjarige gegevens (uitgevoerde bemonsteringen en bewerkingen, geteelde rassen) van drie akkerbouwbedrijven uit Flevoland verzameld en in het prototype ingevoerd.

Tijdens alle workshops is de inhoudelijke opzet van het prototype uitvoerig toegelicht en

gedemonstreerd aan de hand van de gegevens van de genoemde akkerbouwbedrijven. Aansluitend kon men de mogelijkheden van het prototype beoordelen door er zelf groepsgevoel mee te werken. Op deze manier kreeg men een idee van de mogelijkheden van zo'n systeem waarin verschillende oplossingen voor het beheer van de AM-problematiek zijn voorgelegd.

Tijdens de workshops is het prototype niet aangeprezen als een systeem dat direct voor de praktijk bruikbaar is, maar meer in de zin van het aangeven van een richting hoe bestaande kennis over aardappelmoeheid in een systeem verwerkt kan worden. De workshops zijn gehouden in de periode van februari tot juni 1995. De belangrijkste opmerkingen en discussiepunten alsmede de resultaten van een enquête worden in de volgende paragrafen beschreven.

Reacties tijdens de workshops

Tijdens de workshop is uitvoerig over het prototype TERRA gediscussieerd en meegedacht. Hieronder volgt per thema een aantal algemene opmerkingen:

Betrouwbaarheid

De zekerheid van de uitkomsten van de berekeningen ontbreekt in het prototype. De belangrijkste reden hiervan is dat de gebruikte modellen zonder betrouwbaarheidsberekeningen al bijzonder complex zijn, zeker wanneer verschillende modellen in combinatie met elkaar worden toegepast. Bovendien zijn ook de bemonsteringsresultaten al met een bepaalde onzekerheid omgeven. Het ontbreken van betrouwbaarheidsberekeningen betekent dat de berekende adviezen geen exacte voorspelling vormen maar meer een benadering van de werkelijkheid.

Classificatie van de populatie

Bekend is dat er meerdere populaties van aardappelmoeheid zijn. De classificatie van

aardappelcystenaaltjes is echter niet opgelost. Er is behoefte aan een verdere verfijning van de huidige pathotype-classificatie (A, B/C, D en E), bijvoorbeeld via de zogenaamde agressiviteitstoets. Hiermee ontstaat een beter sluitend classificatiesysteem met nauwkeuriger vermeerderingsgetallen.

Relatieve vatbaarheid

De individuele relatieve vatbaarheid van de rassen wordt positief gewaardeerd. De éénmalige uitgevoerde 40-rassen-proef zou een jaarlijks terugkerende actie moeten zijn. Alleen dan is er sprake van recente cijfers en kan er optimaal gebruik worden gemaakt van de resistentie-eigenschappen van verschillende rassen.

Perceelsaanduiding

Het gehanteerde begrip perceel binnen TERRA wekt verwarring met de conventionele benaming. In de praktijk wordt het perceel vaak als een onveranderlijk stuk grond gezien. Binnen TERRA is het perceel een flexibele eenheid waarop een activiteit wordt uitgeoefend of waar een besmetting is gevonden.

Registratie

De deelnemers aan de workshops waren redelijk enthousiast over de geboden flexibele registratiemogelijkheden binnen het prototype.

Het registreren van andere aaltjessoorten wordt in de praktijk zeer op prijs gesteld. Hoewel advisering voor deze soorten nog niet mogelijk is, vindt de praktijk het toch gewenst om dergelijke gegevens te kunnen vastleggen en raadplegen.

De bemonstering op basis van stroken met een breedte van vijf meter sluit niet logisch aan op de gangbare werkbreedtes in de praktijk. Dit is meestal een veelvoud van 1,50 meter. Zes meter zou daarom praktisch gezien een betere breedte zijn om te registreren.

Rassenkeuze-advies

Een advies zou per aaltjessoort gegeven moeten kunnen worden. Nu wordt bij een meervoudige besmetting voor de agressiefste soort *G. pallida* gekozen. De soort *G. rostochiënsis* wordt in die gevallen niet meer meegenomen.

Naast het rassenkeuze-advies zou ook moeten worden aangegeven wat de financiële consequenties zijn. Alleen dan kan de boer een juiste afweging maken of er wel of niet moet worden bestreden.

Het systeem zal in de situatie waarbij zichtbare schade ontbreekt wel aan moeten geven of er een valplek kan ontstaan. Hoewel het soms maar om kleine plekken gaat, wordt de boer er dan wel mee geconfronteerd.

Scenario-berekening

Voor de interpretatie van de uitkomsten van het onderdeel 'scenarioberekening' is zeker deskundige ondersteuning noodzakelijk. De presentatie-vorm is duidelijk nog verre van gebruiksvriendelijk.

Inhoudelijk

De omstandigheden van grondontsmetting moeten eigenlijk worden meegenomen in het dodingspercentage van de aaltjes. Adaptatie van de grond is ook van invloed op het dodingspercentage van de aaltjes. In deze gevallen zijn echter geen kwantitatieve gegevens beschikbaar (eenvoudigweg omdat ze ontbreken), waardoor dergelijke invloeden niet in een model kunnen worden meegenomen.

Opslag wordt niet als lokgewas gerekend indien het ras van de opslag resistent is. Dit om te voorkomen dat van een te gunstig resultaat van de opslag wordt uitgegaan.

Enquête

Aan het eind van iedere workshop is onder de deelnemers een enquête uitgedeeld die door vrijwel alle zeventig deelnemers is ingevuld.

De belangrijkste resultaten van de enquête zijn per thema samengevat. Voor een uitvoeriger overzicht wordt verwezen naar Groenwold en Grunefeld, 1996.

Registratie

Bij de registratie viel op dat het voor iedereen duidelijk was, welke gegevens geregistreerd moesten worden. Daarnaast vond 20% van de respondenten dat er nog te weinig werd geregistreerd. Dit betrof vooral specifieke informatie over de populatie *G. pallida*, relatieve vatbaarheid op populaties van het eigen bedrijf, ontsmettingseffecten en resistentie-eigenschappen van de rassen.

Besmette gebieden

Na een inleiding over de theorie over besmette gebieden wist 83% van de respondenten hoe adviesklassen worden berekend. Niet helemaal duidelijk was waarom bij een gemengde besmetting gekozen wordt voor de agressiefste soort (*G. pallida*).

De berekende haarden vond 55% van de respondenten realistisch en 35% weinig of niet realistisch. De laatste groep had vooral moeite met de plaatsbepaling van de haard. Er wordt bij TERRA namelijk geen positie in de lengterichting van de stroken berekend omdat de bemonsteringsmethoden en modellen daar niet op zijn toegesneden. Desondanks vond ruim 70% van de ondervraagden dat de besmette gebieden realistisch zijn ingedeeld.

Rassenkeuze-advies

Ondanks de complexe berekeningen maakte het programma voldoende duidelijk waarom een bepaald ras wordt geadviseerd. Wel werd het op prijs gesteld wanneer informatie over de berekeningswijze zou worden getoond.

Het educatieve karakter van het rasadvies werd door tweederde van de respondenten positief gewaardeerd. Vooral het inzicht in de verschillende strategieën van AM-beheersing werd gewaardeerd (onder andere veranderen

teeltfrequentie, toepassen ontsmetting of granulatuur). Anderen gaven aan dat verwarring kan ontstaan, omdat het eerste advies niet altijd de beste hoeft te zijn. Bovendien vonden men dat pas na intensief met het programma bezig te zijn geweest alle beschikbare kennis van het systeem wordt benut. Vooral het zelf kunnen beïnvloeden van het advies via de strategiekeuze werd door vrijwel iedereen als goed beoordeeld. Bovendien beoordeelde het merendeel van de ondervraagden het doorrekenen van meerdere situaties als nuttig, waarbij een scala aan mogelijkheden werd opgesomd. De belangrijkste waren: rassenkeuze, ontsmettingsmogelijkheden, bouwplansamenstelling, kansberekeningen en meerdere situaties gelijktijdig kunnen vergelijken.

Of er nog informatie ontbrak bij het advies, kon de helft van de respondenten niet beantwoorden. Soms vond men dat informatie ontbrak over de betrouwbaarheid van het advies, de financiële gevolgen, het verschil tussen een advies voor pathotype D of E, het verloop van de besmetting na de teelt van het geadviseerde ras, de levende inhoud van de cysten, de wijze van berekening en uitleg bij het advies.

Het tonen van het rasadvies is ingedeeld in twee gedeelten: een gedeelte met algemene informatie en een gedeelte met rasgegevens. Meestal werd het algemene gedeelte als goed en overzichtelijk beoordeeld. Soms werd aangegeven dat er te veel tekst is gebruikt. Dit moet in de toekomst overzichtelijker gemaakt worden. Het rasgedeelte werd iets minder goed beoordeeld. De rasgegevens vond men niet altijd even duidelijk.

De schadeberekening werd door eenderde als weinig realistisch beoordeeld. Men vond dit toch een moeilijk aspect waarin vele factoren onduidelijk waren. Genoemd werden: tolerantie, pH, grondsoort, levende inhoud van de cysten onbekend, slechts een benadering, of te dynamisch. Het bijbehorende rassenkeuzeadvies werd weer door tweederde van de respondenten als realistisch beoordeeld. De ras-

eigenschappen van de nieuwe en huidige rassen moet in de toekomst wel actueel gehouden worden. Velen vonden het jammer dat nog niet van alle rassen de eigenschappen bekend zijn. Het geeft een snelle indruk van de mogelijkheden van de verschillende rassen. Het advies voldeed meestal ook aan de eigen verwachtingen. Door het tonen van een lijst met rassen vond men het aardig om daaruit zelf een selectie te maken. Het advies voor een E-besmetting was eigenlijk niet realistisch. Circa 64% zou ook naar het advies gaan handelen of meenemen met andere beslissingen. Alleen onderzoekers zagen dit anders: sommigen zagen praktische bezwaren. Andere onderzoekers hadden economische overwegingen of voerden het ontbreken van overige raseigenschappen aan als argument voor gebruikers om van een advies af te kunnen wijken.

Doorrekenen van scenario's

Het doorrekenen van scenario's werd door de meesten als zinvol ervaren. Het geeft inzicht in de te nemen beslissingen en is eveneens educatief. Wel zal de gebruiker moeten weten welke factoren belangrijk zijn. Alleen dan kan hij bewuster scenario's gaan bekijken in plaats van steeds opnieuw proberen. De meesten vonden het wel duidelijk welke factoren van belang zijn. De behoefte aan het doorrekenen van alternatieven is zeker aanwezig. De uitkomsten van de scenario's waren meestal wel duidelijk. De presentatie van de gegevens werd in 64% van de gevallen als duidelijk ervaren en in 19% van de gevallen als significant onduidelijk (34). Vaak ontbrak het dan aan een duidelijk overzicht aan het verloop van de populatie in de tijd of was het moeilijk leesbaar.

De berekende besmetting van de scenario's werd in 51% van de gevallen als realistisch beoordeeld en in 31% van de gevallen als weinig realistisch. Het verschil was echter niet significant. Vooral de lange periode van 12 jaar werd als weinig realistisch ervaren.

Ook zou de besmetting in een andere eenheid moeten worden weergegeven (in larven per gram grond). De berekende schade van de scenario's werd even vaak realistisch als weinig realistisch ervaren, wat aangeeft dat dit lastig is te beoordelen, hoewel de feitelijke schadeberekening juist is.

Algemeen

De getoonde overzichten werd door 77% van de respondenten als duidelijk beoordeeld, en door 18% als niet duidelijk. De verschillen waren significant. Onduidelijk was onder andere dat het perceel niet in zijn geheel getoond kon worden, dat niet alle jaren naast elkaar getoond konden worden en het grafisch weergegeven te simpel was. Nog geen 10% vond dat er overbodige informatie getoond werd. Dit betrof dan vooral te veel getallen, en vaak dezelfde informatie. Circa 15% vond dat er juist te weinig informatie werd getoond. Dit betrof vooral het ontbreken van een overzicht van de gekozen maatregelen, de berekeningswijze van het populatie-verloop en de invloed op de kg-opbrengst. Meer dan 70% gaf aan dat de getoonde voorbeelden een goede representatie waren van wat er in de praktijk kan voorkomen. Wel vond een deskundige de plotselinge overgang van een *G. rostochiënsis*-besmetting naar een *G. pallida*-besmetting nogal merkwaardig en weinig realistisch¹.

Vijftig procent van de respondenten gaf te kennen dat het prototype bruikbaar was voor hun situatie. Deze score lag voor de praktiserende landbouwers behoorlijk hoger. Wel moeten er in de toekomst meer rasgegevens beschikbaar komen. Soms vond men het nog niet bruikbaar vanwege praktische bezwaren zoals gerende percelen, blokkenbemonste-

¹ Voor dit praktijkgeval is door de teelt van een *rostochiënsis*-resistent ras de *rostochiënsis*-besmetting onderdrukt, terwijl de *pallida*-besmetting zich ongestoord heeft kunnen vermeerderen.

CONCLUSIES, AANBEVELINGEN EN PERSPECTIEVEN

Gedurende de periode 1991-1995 is een prototype van een begeleidingssysteem voor de beheersing van aardappelmoehed ontwikkeld. Zowel tijdens de ontwikkeling, het testen als de workshops bleek de aanduiding 'prototype' de meest juiste, waaruit blijkt dat de bijgestelde projectdoelstellingen (zie onder 'Opzet, aanpak en realisatie') zijn bereikt.

Prototyping heeft onder meer tot doel om suggesties te ontvangen voor verdere ontwikkeling van een systeem bij onder andere materiedeskundigen en toekomstige gebruikers. Op tal van punten zijn tijdens de ontwikkeling, het testen en de workshops dan ook ideeën voor verbetering, aanpassing en implementatiemogelijkheden aangedragen, gebaseerd op het huidige prototype.

Suggesties voor verbetering

Een groot deel van de tekortkomingen c.q. wensen voor verbetering van het prototype bevinden zich op het inhoudelijk of technisch-inhoudelijke vlak. Ook tijdens de workshops is in dit verband nog een aantal aandachtspunten en opmerkingen naar voren gebracht. Hierna volgt een overzicht van de belangrijkste punten:

Inhoudelijk

- Het ontbreken van populatie-dynamische rekenregels voor cysten. Hierdoor kan het verloop van het aantal cysten en het aantal levende larven niet onafhankelijk worden gesimuleerd en kunnen storende fouten optreden. Het gebrek aan heldere verslaglegging en een éénduidige werkwijze van de bemonsteringsinstanties speelt hierbij een rol.
- Het ontbreken van een goede definitie van pathotypen heeft als nadeel dat de rasadvisering grover is dan gewenst, vooral voor *G. pallida*. Tijdens de workshops werd er op aangedrongen om het probleem van classificatie op korte termijn op te lossen, bijvoorbeeld met de rassenkeuzetoets.
- Het ontbreken van kennis over de wijze van secundaire verspreiding van primaire besmettingen maakt doorrekening van situaties over een aantal teelten tot een hachelijke onderneming. De simulatieresultaten voor met name schade zijn daardoor ook volkomen speculatief. Ook tijdens de workshops werd aangedrongen op verbetering van het verspreidingsmodel: de actieve verplaatsing speelt slechts een kleine rol in het geheel (circa 10 cm per jaar). Passieve verspreiding door factoren zoals verstuiven en versmeren door machines is veel groter.
- Het ontbreken van handzame technieken om aan de hand van een aantal parameters met gemiddelden en hun bijbehorende kansverdelingen berekeningen uit te voeren en te komen tot een nieuw gemiddelde met een kansverdeling leidt tot de beperking dat uitsluitend met gemiddelde waarden wordt gerekend waardoor het inzicht in risico's ontbreekt.
- De onvolledige inhoudelijke kennis over de belangrijke populatiedynamische parameters als natuurlijke sterfte, vermeerderingscijfers van *G. pallida* etcetera, maakt het doen van betrouwbare voorspellingen onmogelijk.

Technisch-inhoudelijk

- In sommige gevallen wordt de haard afgesneden door een perceelsgrens (doorsnijdingen). Op grenzen van percelen ontstaan dan feitelijk halve haarden waarvoor het besmettingsmodel ongeschikt is.
- Om de projectactiviteiten zo veel mogelijk te kunnen concentreren op de inhoudelijk uitwerking van het prototype, is er voor gekozen om slechts een eenvoudige, één-dimensionale oplossing voor de registratie van plaatsgebonden informatie te ontwikkelen, gebaseerd op de strokenbemonsteringen. Dit bood in combinatie met de beschikbare modellen de beste perspectieven om de ontwikkeling van besmettingshaarden te kunnen voorspellen.
- In zijn huidige opzet is de registratiebasis van het prototype beperkt omdat uitsluitend rechthoekige percelen opgenomen kunnen worden.

Workshops

- Er zal eerst nog verder gewerkt moeten worden aan een oplossing voor de populatieproblematiek, de bemonsteringsstrategie en aan de secundaire verspreiding.
- Er hoort een bedrijfseconomische berekening aan het advies te worden toegevoegd, zodat van een maatregel een kosten/baten analyse gemaakt kan worden. Daarvoor zijn naast prijsinformatie van uitgangsmateriaal marktprijzen per ras onontbeerlijk. Ook werd gesuggereerd om milieubelastingsindicatoren (bijvoorbeeld actieve stof) in het prototype op te nemen.
- De kennis achter de vermeerderingscijfers is vrij smal, maar is wel het hart van het prototype. Dit stuk verdient in de toekomst dan ook meer aandacht.
- De mogelijkheid om meerdere scenario's door te kunnen rekenen, kan een educatieve rol hebben en inzichtelijk maken hoe bepaalde maatregelen doorwerken op de populatie.
- Het systeem zou moeten werken met de

gegevens van het eigen bedrijf voor wat betreft de agressiviteit van de populatie. Alleen dan is de vermeerdering goed in te schatten.

Voor de meeste punten van inhoudelijke aard geldt dat uit lopend onderzoek op korte termijn geen oplossingen zijn te verwachten. De designaleerde beperkingen van de gekozen registratiebasis zouden in de toekomst kunnen worden opgelost door toepassing van Geografische Informatiesystemen (GIS).

Aspecten rondom implementatie

Het ontwikkelde systeem is een prototype aan de hand waarvan gediscussieerd is over zaken die samenhangen met de implementatie. Te onderscheiden zijn de gegevensverzameling, de vermarketing en wijze van eventuele implementatie.

Vaste bemonsteringsstrategie

Tijdens de workshops kwam naar voren dat de mogelijkheden en de meerwaarde van het gebruik van plaatsgebonden informatie in de praktijk onder de aandacht gebracht moet worden, ongeacht een eventuele implementatie van een begeleidingssysteem voor de aardappelmoetheid.

Aan telers moet de informatiewaarde van het combineren van bemonsteringsuitslagen over meerdere jaren duidelijk worden gemaakt. Daarvoor is het essentieel om:

- Bij het uitvoeren van bemonsteringen uit te gaan van één vast startpunt. Het hanteren van een vast punt voor de bemonstering is essentieel om gegevens over meerdere jaren te kunnen koppelen en vergelijken.
- Uitgaande van dat vaste startpunt over de jaren heen telkens hetzelfde bemonsteringspatroon/-raster te hanteren waarbij een (zelf te maken) plattegrond als hulp-

middel kan dienen. Bemonsteringsinstanties kunnen dit ondersteunen door een in de tijd vaste, uniforme codering aan stroken en/of blokken toe te kennen. Voor de Veenkoloniën is dit al voor een belangrijk deel gerealiseerd via TBM. Op deze manier wordt het voor de teler een stuk eenvoudiger om bemonsteringsuitslagen over de jaren heen aan elkaar te relateren en zodoende de bemonsteringsinformatie maximaal te benutten. Bovendien wordt een bescheiden basis gecreëerd om de handmatige registratie in de toekomst volledig te vervangen door elektronisch dataverkeer.

Vermarketing: gebruikersfrequentie- en gemak

Voor een aantal begeleidingssystemen (onder andere CERA) vormde de vermarketing een belangrijk knelpunt. Van deze systemen is bekend dat ze gedurende het teeltseizoen met enige regelmaat worden gebruikt. Voor beheersing van de aardappelmoetheid zal de gebruikersfrequentie van de adviesmodules aanzienlijk lager zijn (circa éénmaal per jaar). Tegen deze achtergrond ligt de implementatie van TERRA op boerderijniveau niet zo zeer voor de hand. De verwachte lage gebruikersfrequentie pleit voor centrale implementatie bijvoorbeeld bij dienstverlenende instellingen (bemonsteringsinstanties, softwarehuis, voorlichting). Dit vergt echter nog uitvoerig overleg met betrekking tot de eerder genoemde logistiek en uniformering.

Centrale implementatie biedt bovendien voordelen voor het onderhoud van de programmatuur en monitoring van de besmettingssituatie. Ook ontstaan dan mogelijkheden om de parameters voor de populatieberekening te herijken aan de hand van centraal opgeslagen bemonsteringsuitslagen. Te denken valt aan een zelfregulerend systeem (neuraal netwerk).

Het prototype moet voor implementatie om-

gevormd worden tot een systeem dat zowel inhoudelijk als qua gebruiksvriendelijkheid verbeterd moet worden. Cruciaal daarbij is de vraag waar TERRA of onderdelen daaruit in de toekomst geïmplementeerd kunnen worden.

De praktijk dringt aan op koppeling met andere (registratie)systemen om zodoende dubbele registratie te voorkomen. Voor de Veenkoloniën ziet men graag een koppeling naar de TBM, omdat hier al veel gegevens worden vastgelegd. Technisch is de koppeling tussen centrale (bijvoorbeeld bij bemonsteringsinstanties) en decentrale computersystemen (bijvoorbeeld op boerderijen) al mogelijk.

Conclusies en perspectieven

Uit het voorgaande blijkt dat het ontwikkelde begeleidingssysteem voor de bodemgezondheid niet af is en in alle opzichten een prototype. Dit houdt in dat het systeem in zijn huidige vorm en opzet ongeschikt is voor gebruik in de praktijk. Desondanks is het prototype toch bijzonder waardevol. Met name tijdens de workshops is uitvoerig gediscussieerd over de toekomstige implementatiemogelijkheden van het prototype. Met name de wijze van implementatie (centraal of decentraal) en de marktperspectieven kwamen herhaaldelijk ter sprake.

Een aantal onderdelen uit TERRA zijn in principe al geschikt voor implementatie. Bemonsteringsinstanties zouden aan bemonsteringsuitslagen (ras)adviezen kunnen toevoegen gebaseerd op onderdelen uit het prototype. Wel is het dan wenselijk uniforme oplossingen te zoeken voor situaties waarbij de teler gebruik maakt van informatie van verschillende bemonsteringssystemen en instanties. Dit laatste is beslist ook noodzakelijk als de gegevensopslag en de advisering worden ondergebracht bij één onafhankelijke centrale

instantie (voorlichting, softwarehuis).

Een systeem staat of valt met de kwaliteit van de geleverde externe informatie zoals de bemonsteringsuitslagen en raseigenschappen. Ook telers moeten zich daarvan bewust worden en eisen stellen aan de gewenste informatie zodat deze bijvoorbeeld over de jaren of tussen de verschillende instanties vergelijkbaar is. Daarbij moet opgemerkt worden dat zelfs voor het prototype nog niet altijd duidelijk is aan welke eisen de informatie moet voldoen.

Het belangrijkste knelpunt om TERRA verder te ontwikkelen vormt de kennis (beschikbaarheid, fragmentarisch). Dit probleem heeft gedurende de gehele projectperiode parten gespeeld. Een pluspunt is dat in ieder geval zichtbaar geworden is welke kennisgebieden de belangrijkste knelpunten vormen (onderzoekprioriteiten).

Qua opzet is TERRA vernieuwend. Het registreren van gegevens over meerdere jaren is op zich niet nieuw maar de mogelijkheid om op basis daarvan analyses te maken en adviezen te genereren is innovatief. Zo'n adviesstelsel, ook al is het een prototype, is voor zover bekend uniek. De uitwerking voor plaatsgebonden informatie is sterk vereenvoudigd waarbij het gebruik van geografische informatiesystemen vanwege de toen verwachte complexiteit c.q. haalbaarheid achterwege werd gelaten. Uit de reacties van de deelnemers aan de workshops blijkt dat de gerealiseerde ruimtelijke weergave wordt gewaardeerd hoewel deze voor verbetering vatbaar is. Voor de verdere ontwikkeling en introductie van onderdelen van het prototype is participatie van één of meerdere bemonsteringsinstanties onontbeerlijk. Acties hiertoe hebben tot op heden nog niet geresulteerd in vervolprojecten.

LITERATUUR

- Aldershof-Eikelenboom, A. en M.A. de Vroed. Betere informatiesystemen tegen lagere kosten? Prototyping! *Informatie* (34) 11, p. 807-813 (1991).
- Graumans, C.A.M., H. Schoorlemmer en H. Nijboer. Mogelijkheden van een geografisch informatiesysteem op het akkerbouwbedrijf. *Agro-Informatica* (6) 2, p. 28-32 (1993).
- Janssen, H. en J.G. Groenwold. Terra: een beslissingsondersteunend systeem ter beheersing van aardappelmoehheid. In: *Milieu: een uitdaging voor de agrarische sector* (Brouwer, F.M. & A.P. Verhaegh (red)). Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), mededeling 550, p. 69-70 (1995).
- Janssens, S.R.M. Ontwikkeling begeleidingssysteem bodemgezondheid. In: *Bodemgebonden plagen en ziekten van aardappelen*, PAGV-themaboekje nr. 12, p. 63-70 (1991).
- Janssens, S.R.M. Terra, de doelstellingen. In: *Samenvattingen workshop Terra Werkgroep Aardappelsystenaaltes Onderzoek (WACO)*, p. 2 (1993).
- Janssens, S.R.M., e.a. Terra, begeleidingssysteem voor beheersing bodemgezondheid. In: *Agro-informatica-reeks nr. 9*, p. 115-126 (1995).
- Janssens, S.R.M., e.a. Terra: Prototype of a decision support system for soil pathogen management. In: *GIL Band 7; Referate der 16. GIL-Jahrestagung in Kiel 1995*, p. 138-145 (1995).
- Janssens, S.R.M. en H. Nijboer. Terra houdt AM onder controle; computerprogramma ondersteunt telers. *Boerderij/Akkerbouw* 80, nr. 7, p.14-15 (1995).
- Janssens, S.R.M., J.G. Groenwold, H. Nijboer, H. Janssens, L.P.G. Molendijk, A. Grunefeld, A. Scheepens en J. Schering. Prototype begeleidingssysteem bodemgezondheid. Voorbeeld van een computertoepassing voor de beheerding van aardappelsystenaaltes. PAGV Lelystad, verslag in voorbereiding (1996).
- Oomen, C. Gebruikershandleiding Terra; onderdeel stageverslag binnen project begeleidingssysteem bodemgezondheid, 45 p. (1994 A).
- Oomen, C. Verslag van halfjaarsstage bij het project begeleidingssysteem bodemgezondheid Terra, 32 p. (1994 B).
- Oosterhuis, M. Computerprogramma voorspelt ziekteverloop; Terra weet alles over aaltjes en plagen. In: *Oogst-plus*, jrg. 9, nr. 2, p. 20-21 (1996).
- PAGV. Het globale informatiemodel "Open Teelten". Werkgroep "Informatiemodel Open Teelten", Lelystad. PAGV-verslag nr. 67, 94 p. (1987).
- Schomaker, C.H. en T.H. Been. Sampling strategies for the detection op potato cyst nematodes; Developing and evaluating a model. In: F.J. Gommers en P.W.Th. Maas (eds). *Nematology from Molecule to Ecosystem*. Dekker en Huisman, Wildervank, The Netherlands, p. 182-194 (1992).
- Seinhorst, J.W. The relationship between population increase and population density in plant parasitic nematodes. II Sedentary nematodes. *Nematologica* 13 (1967), p. 157-

171 (1967).

Seinhorst, J.W. The relationship in field experiments between population density of

Golbodera rostochiensis before planting potatoes and the yield of potato tubers. *Nematologica* 28 (1982), p. 277-284 (1982).

BIJLAGE A. REDENEERBOOM: GEREEDSCHAP VOOR KENNIS- MODELLERING

Gedurende de realisatie van het begeleidings-systeem voor de beheersing van aardappel-moeheid moesten voortdurend kennisregels en adviesprocedures worden ontwikkeld. Het proces van kenniselicitering, het vastleggen van de bevindingen en de communicatie tussen experts, informatie-analisten en ontwikkelaars is bewerkelijk en tijdrovend. Gezocht is naar mogelijkheden om dit proces met een hulpmiddel te ondersteunen. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van de toepassing 'redeneerboom', een gereedschap om informatie/kennis zodanig gestructureerd vast te leggen dat de werking van het redeneermechanisme dat ten grondslag ligt aan een advies, zichtbaar gemaakt kan worden.

De toepassing 'redeneerboom' is ontwikkeld voor experts en/of informatie-analisten die kennisregels in hun onderlinge samenhang geautomatiseerd willen vastleggen. De toepassing kan als hulpmiddel binnen automatiseringsprojecten worden toegepast maar is ook zeer geschikt voor het ontwikkelen van adviesprocedures waarbij (nog) geen sprake is van automatisering.

Redeneerboom biedt de mogelijkheid om zelf gedefinieerde items zoals functies, berekeningen, vragen, antwoorden en responsen vast te leggen. Door vervolgens de relaties tussen items te definiëren, ontstaat een adviesboom. Aan de hand van de opgegeven adviesboom kan de werking van de adviesprocedure worden getoond maar ook de manier waarop de items onderling met elkaar zijn verbonden. Tevens bestaat de mogelijkheid om adviesbomen onderling te koppelen. Voordelen van het gebruik van de redeneerboom zijn dat:

- Men verplicht wordt om de kennis helder,

volgens een bepaalde structuur vast te leggen.

- Het functioneren van een adviesprocedure vrijwel onmiddellijk zichtbaar gemaakt kan worden en ter plaatse aangepast kan worden.
- Op relatief eenvoudig wijze veranderingen of uitbreidingen aan de adviesboom aangebracht kunnen worden.
- Dat men voor het gebruik van de redeneerboom geen ervaren programmeur behoeft te zijn.
- Items uniek zijn en daarom slechts éénmaal gedefinieerd hoeven te worden. Deze items kunnen vervolgens vaker, zelfs door meerdere adviesbomen, worden aangeroepen.

Als een ontwerp gereed is, kan een programmeur dit vervolgens op een snelle en relatief eenvoudige manier van een programmacode voorzien.

De beperkingen van de redeneerboom zullen veelal de beperkingen van de expert zelf zijn. Daarnaast is de structuur van de redeneerboom beperkend, waardoor niet teruggesprongen kan worden naar een hogere, eerder gedefinieerde knoop in de adviesboom (recursiviteit binnen een boom is lastig). Tijdens het gebruik van de ontwikkelde redeneerboom bleek dat deze ook goed toepasbaar is als ondersteunend hulpmiddel bij de ontwikkeling van andere kennis-informatiesystemen (hoeft geen adviserend systeem te zijn). Aan de hand van een eenvoudig voorbeeld van *Rhizoctonia solani*, een ziekte in aardappelen, is een eenvoudig adviesstelsel gemaakt voor demonstratiedoeleinden.

Nog verkrijgbare PAV-uitgaven ¹

Verslagen

228.	Effecten intensieve bouwplannen op lichte zavelgronden in de Noordoostpolder (WG 140). A. Rops, december 1996.....	f	15,-
227.	Verbetering van de opbrengst en trekrijpheid van roodlofwortels. Ing. C.A.Ph. van Wijk en P. Bleeker, december 1996.....	f	15,-
226.	Effecten van grondbewerking en organische stof op de structuur van de bouwvoor. Ing. V.P.H.M. de Kok en ing. J. Alblas, december 1996.....	f	15,-
225.	De gebruikswaarde van GFT-compost voor de akkerbouw en de groenteteelt in de volle grond. Ing. V.P.H.M. de Kok, december 1996.....	f	15,-
224.	Meerjarig rendement van beregenen op noordelijke zand- en dalgronden. Ir. W.A. Dekkers M.Sc. en ir. J. Smid, december 1996.....	f	15,-
223.	Bedrijfssystemen-onderzoek Meterik; evaluatie 1991-1993. Ing. B.M.A. Kroonen-Backbier, M.H.J.P. van der Burgt en ing. M. van der Ham, december 1996.....	f	20,-
222.	Cichorei. Verslag van vier jaar teeltonderzoek. Ir. C.E. Westerdijk, oktober 1996.....	f	15,-
221.	Natmaken, drogen en helen van peen en witlofwortels. Ing. J.A. Schoneveld en ing. H.P. Versluis, oktober 1996.....	f	15,-
220.	Toepassing van het stikstofbijmestsysteem in zaaiuien. Ir. C.L.M. de Visser, oktober 1996.....	f	15,-
219.	Teeltonderzoek wortelgewaskruiden <i>Angelica</i> , <i>levisticum</i> en <i>valeriaan</i> 1987-1993. Ing. H.J. van der Mheen, oktober 1996.....	f	15,-
218.	Teeltonderzoek <i>Digitalis lanata</i> 1987-1994. Ing. H.J. van der Mheen, oktober 1996.....	f	15,-
217.	Effecten van maïs-gras vruchtwisseling. Ir. W. van Dijk, oktober 1996.....	f	15,-
216.	Stikstofbemesting en nutriëntenopname van broccoli. Dr. ir. A.P. Everaarts, C.P. de Moel en dr. ir. P. de Willigen, oktober 1996.....	f	15,-
215.	Invloed van N-rijenbemesting op drogestofproductie en N-benutting bij snijmais. Ir. W. van Dijk, juli 1996.....	f	15,-
214.	Effect van rijenafstand, plantdichtheid en stikstofbemesting op de opbrengst, kwaliteit en gevoeligheid voor <i>Botrytis cinerea</i> bij stamslaboon (<i>Phaseolus vulgaris</i>). Ing. J.J. Neuvel, ing. H.P. Versluis en ir. K.J. Osinga, september 1996.....	f	15,-
213.	BEA, LP-model en Orspel; een beschrijving en vergelijking van hulpmiddelen in het bedrijfseconomische onderzoek. Ir. J. Smid, drs. A.T. Krikke en ir. H.B. Schoorlemmer, maart 1996.....	f	15,-
212.	Effecten van bodembedekking op de opbrengst en kwaliteit van groentegewassen. J.T.K. Poll en ing. C.G.M. Geven, september 1996.....	f	15,-
211.	Optimalisatie van erosieremmende teeltsystemen van maïs en suikerbieten op lössgrond. Ing. P.M.T.M. Geelen, drs. F.J.P.M. Kwaad, drs. E.J. van Mulligen, drs. A.G. Wansink, drs. M. van der Zijp en ir. W. van den Berg, mei 1996.....	f	15,-
210.	Optimalisering van de biologisch-dynamische en ecologische pootgoedteelt; eindrapport over de onderzoeksjaren 1992 tot en met 1995. Ir. M. Hospers, februari 1996.....	f	15,-
209.	Bedrijfssystemen-onderzoek vollegrondsgroente/bloembollen, proeftuin Zwaagdijk;		

¹Een volledig overzicht van de PAV-uitgaven wordt u op aanvraag graag toegezonden.

	evaluatie 1991-1993. Ing. M.H. Zwart-Roodzant, F.C.G. Kreuk en ing. M. van der Ham, februari 1996	f	20,-
208.	Perspectieven voor korrelmaïs als zetmeelbron voor het noordelijke veenkoloniale-/ en zandgebied. Ir. W. van Dijk, dr. A.C. van Swaaij, ing. K.H. Wijnholds en ing. G. Veninga, januari 1996	f	15,-
207.	Waarnemingsmethoden voor bepaling van verschillen in onvolledige resistentie bij vollegroondsgroenterassen. Ir. J. Hoek, ing. I.P.M. Commandeur, ir. W. Sukkel en ing. H.J. Hylkema, november 1995	f	15,-
206.	Vruchtwisselingsproef AGM 600 proefboerderij A.G. Mulderhoeve Emmercompas- cuum 1981-1989. Ing. K.H. Wijnholds en ir. W. van den Berg, november 1995	f	20,-
205.	Aanbod en opname van stikstof bij hoge produktieniveaus van wintertarwe op klei- en zavelgrond. Dr. ir. A. Darwinkel, oktober 1995	f	15,-
204.	Bedrijfssystemen-onderzoek Borgerswold 1986-1990. Ir. Y. Hofmeester, ing. A. Bos ir. F.G. Wijnands, drs. A.T. Krikke en drs. ing. B.J.M. Meijer, augustus 1995	f	25,-
203.	Resultaten van onderzoek naar geïntegreerde bestrijding van onkruiden in zaaiuien. Ir. C.L.M. de Visser en ing. L. Hoekstra, juli 1995	f	15,-
202.	Stikstofbemesting en nutriëntenopname van witte kool. Dr. ir. A.P. Everaarts, augustus 1995	f	15,-
201.	Effecten van wintergewassen op verliezen en benutting van stikstof bij de teelt van snijmaïs. Ir. W. van Dijk, ir. J.J. Schröder, L. ten Holte en ing. W.J.H. de Groot, augustus 1995	f	15,-
200.	Interactie tussen rassen en proefplaatsen bij witlof. Ing. A.R. Biesheuvel en ir. G. van Krustum, juni 1995	f	15,-
199.	Ontwikkeling van een gewasgroeimodel voor peen op basis van SUCROS 87. Ir. C.L.M. de Visser, ing. J.A. Schoneveld en ing. M.H. Zwart-Roodzant, juni 1995	f	20,-
198.	Stikstofbemesting en nutriëntenopname van bloemkool. Dr. ir. A.P. Everaarts en C.P. de Moel, maart 1995	f	15,-
197.	Toediening dierlijke mest op löss, dal- en lichte zavelgrond. Ing. S. Postma, maart 1995	f	20,-
196.	Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw; beknopt overzicht technische en economische resultaten. Ir. F.G. Wijnands, ing. P. van Asperen, ing. G.J.M. van Dongen, ing. S.R.M. Janssens, ir. J.J. Schröder en ing. K.B. van Bon, maart 1995	f	20,-
195.	Inventarisatie naar de mogelijkheden van een waarschuwingssysteem voor <i>Phytophthora infestans</i> in aardappelen. Dr. ir. H.T.A.M. Schepers, ing. E. Bourma, ir. C. Bus en ir. W.A. Dekkers, maart 1995	f	15,-
194.	Beheersing van lage-temperatuurbederf bij witlof. Ir. G. van Krustum, ing. A.R. Bies- heuvel, ir. R.C.F.M. van den Broek, ing. P.M.T.M. Geelen en ing. J.G.M. Jeurissen, maart 1995	f	15,-
193.	Het forceren van asperges in een geconditioneerde ruimte. J.T.K. Poll, ir. W. van den Berg en ir. C.F.G. Kramer, maart 1995	f	15,-
192.	Optimalisering van de N-voeding van zetmeelaardappelen. Ir. C.D. van Loon, ing. K.H. Wijnholds en ir. A.H.M.C. Baltissen, maart 1995	f	15,-
191.	De invloed van plantveredeling, zaaitijdstip en koude-tolerantie op de stikstof- benutting door maïs tijdens de jeugdgroei. Ing. D.A. van der Schans, ir. W. van Dijk en dr. ir. O. Dolstra, juni 1995	f	15,-
190.	Teelt van crambe. Ing. N. van Dijk en ir. G.E.L. Borm, april 1995	f	15,-
189.	Maatregelen tegen verbruingsziekte ter vergroting van de opbrengstzekerheid van		

	karwij. Resultaten van onderzoek 1990-1994. Ir. A. Evenhuis en ing. B. Verdam, maart 1995	f	25,-
188.	Stikstofbemesting, zaaidichtheid en groeiregulatie bij haver. Dr. ir. A. Darwinkel, A.H.J. Rops en ing. K.H. Wijnholds, maart 1995	f	15,-
187.	Reactie van graszaad op fosfaatbemesting. Ing. J.W. Steenhuizen, ing. J.G.N. Wander, ir. P.A.I. Ehlerl en S. Vreeke, februari 1995	f	15,-
186.	Resultaten bedrijfssystemen-onderzoek intensieve vollegrondsgroenten 1991-1993. Ing. M. van der Ham, februari 1995	f	15,-
185.	Ontwikkeling van een biotoets voor het aantonen van herinplantproblemen bij asperge. J.T.K. Poll en ing. Th. Huiskamp, december 1994	f	15,-
184.	Vergelijking en verloop van de zaad- en carvonopbrengst van karwij en dille. Ing. H.J. van der Mheen, december 1994	f	15,-
183.	Effecten van plantdatum en plantdichtheid op groei, ontwikkeling, opbrengst en sortering van spruitkool (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gemmifera</i>). Dr. ir. A.P. Everaarts en C.P. de Moel, november 1994	f	15,-
182.	Inventarisatie van onderzoeksvragen over de fosfaatvoorziening. Ing. J. Alblas, ir. W. van Dijk en ing. C.A.Ph. van Wijk, november 1994	f	15,-
181.	Modificatie rassenkeuzetoets AM, PAGV en Hilbrands-laboratorium 1993. Ing. T.G. van Beers, drs. H. Regeer en ir. L.P.G. Molendijk, oktober 1994	f	15,-
180.	Onkruidbestrijding in de teelt van zaaiuien met herhaalde toepassing van combinaties van herbiciden na opkomst. Ing. L. Hoekstra, oktober 1994	f	15,-
179.	Herfstbehandeling van roodzwenk- en veldbeemdgewassen op zandgrond. Ir. G.E.L. Borm, oktober 1994	f	15,-
178.	Onderzoek naar effectieve chemische bestrijding van bladvlekkenziekte en koprot en naar voorspelling van koprot in uien. Ir. C.L.M. de Visser, ing. L. Hoekstra en D. Hoek, augustus 1994	f	15,-
177.	Vezelhennep als papiergrondstof: teeltonderzoek 1990-1993. Dr.ir. H.M.G. van der Werf en ing. W.C.A. van Geel, september 1994	f	15,-
176.	Bedrijfs-Systemen Onderzoek Vredepeel - Invulling gewijzigde voortzetting vanaf 1993. Ing. B.M.A. Kroonen-Backbier, ir. Y. Hofmeester en ir. F. Wijnands, september 1994	f	15,-
175.	Inhoudelijke beschrijving van de teeltbegeleidingsssystemen BETA, CERA en KOBAS. Ir. W.A. Dekkers en ing. A. Grunefeld, augustus 1994	f	20,-
174.	Bedrijfseconomische perspectieven van akkerbouwbedrijven in het Noordelijk kleigebied. Drs. A.T. Krikke en ing. A. Bos, augustus 1994	f	35,-
173.	Opbrengst, rendement en kwaliteit van wintertarwe bij extensiever telen. Dr.ir. A. Darwinkel, juli 1994	f	15,-
172.	Breken van storende lagen in zavelgronden in de Noordoostpolder. A.H.J. Rops, ing. C.A.M. Schouten, G.A. van Soesbergen en ing. J. Alblas, juli 1994	f	15,-
171.	Chemische bestrijding van valse meeldauw (<i>Bremia lactucae</i>) in sla. Ing. R. Meier, mei 1994	f	15,-
170.	Zaadkwaliteit en veldopkomst van witlof. Ir. G. van Kruistum, ing. J.J. Neuvel en ir. W. van den Berg, mei 1994	f	15,-
169.	Optimalisatie van de teelt en afzet van kwaliteitsrogge voor de maalindustrie. Ing. S. Postma, april 1994	f	15,-
168.	Onderzoek naar vermindering van de stikstofbemesting door toepassing van <i>Rhizobium phaseoli</i> bij stamslaboon <i>Phaseolus vulgaris</i> L. Ing. J.J. Neuvel, ing. H.W.G. Floot, ing. S. Postma en ir. M.A.A. Evers, maart 1994	f	15,-

167.	Onderzoek naar de mogelijkheden van stikstofrijntoediening bij suikerbieten. M.A. van der Beek en P. Wiltng, maart 1994	f	15,-
166.	De invloed van het weer op de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen. Ing. E. Bouma en prof. dr. ir. L. Wartena, januari 1994	f	15,-
165.	Mens- en milieuvriendelijke treksystemen voor witlof: een verkenning van mogelijkheden. Ing. E.A. van Os, ir. C.F.G. Kramer, ir. G. van Kruistum, ing. F.X.C. Looijesteijn, dr. H.H.E. Oude Vrielink, januari 1994	f	15,-
164.	Zekerheid van de veldopkomst bij peen. Ing. J.A. Schoneveld, december 1993	f	15,-
163.	De waardplantgeschiktheid van groenbemestingsgewassen voor het Noordelijk wortelknobbelaaltje. Ir. J.G. Lamers en ing. Js. Roosjen, december 1993	f	15,-
162.	Herfstbehandeling van Engels raaigras bestemd voor de eerste en tweede zaadoogst, en van veldbeemd en roodzwenk bestemd voor de tweede en latere zaadoogst op klei- gronden. Ir. G.E.L. Borm, december 1993	f	20,-
161.	Bestrijding van het gerstevergelingsvirus in granen. Ing. R.D. Timmer, november 1993	f	15,-
160.	Rhizomanie-onderzoek 1990-1993. Ir. L.W. Ebbers, november 1993	f	15,-
159.	Onderzoek naar een systeem voor geleide bestrijding van bladvlekkenziekte in zaaiuien. Ir. C.L.M. de Visser, september 1993	f	25,-
158.	Biospectron, een systeem van mineraalvoorziening voor wintertarwe. Dr. ir. A. Darwinkel en A. Bramsvik, juli 1993	f	15,-
157.	The information model for crop protection in arable farming. Ir. A.J. Scheepens, april 1993	f	15,-
156.	Perspectieven van de teelt van brouwergerst buiten het Zuidwestelijk kleigebied. Ing. R.D. Timmer, april 1993	f	15,-
155.	Productie- en kwaliteitsverloop bij snijmais. Ing. D. van der Schans, ing. H.M.G. van der Werf MSc en ir. W. van den Berg, april 1993	f	15,-
154.	Gebruik van insectengas op vollegrondsgroentegewassen. A. Ester e.a., febr. 1993 ...	f	15,-
153.	Arbeidsprestatie bij de oogst van ijsbergsla en bloemkool; een verkennende studie. Ing. C.I. Dekker en ing. B.J. van der Sluis, februari 1993	f	15,-
152.	Informatiemodel "gewasgroei en -ontwikkeling". Ir. P.W.J. Raven, ing. W. Stol, dr.ir. H. van Keulen, ing. R.F.I. van Himste, dr. M.A. van Oijen en ir. H. Marring maart 1993	f	15,-
151.	Invloed van varkensdrijfmest op het nitraatgehalte van groenten. Ir. H.H.H. Titulaer, december 1992	f	10,-
150.	Planning van de optimale sortering bij peen. Ing. J.A. Schoneveld, december 1992	f	10,-
149.	Najaarstoediening van dierlijke mest op kleigronden. Ir. H. Hengsdijk, november 1992	f	10,-
148.	Effecten van wintergewassen op de uitspoeling van stikstof bij de teelt van snijmais. Ir. J. Schröder, L. ten Holte, ir. W. van Dijk, ing. W.J. de Groot, ing. W.A. de Boer en ir. E.J. Jansen, november 1992	f	10,-
147.	Koolvliegbestrijding met behulp van zaadcoating met insecticiden in bloem- en spruitkool. A. Ester, november 1992	f	10,-
146.	Bedrijfssystemenonderzoek Borgerswold. Invulling gewijzigde voortzetting vanaf 1991. Ing. J. Boerma en ir. Y. Hofmeester, november 1992	f	10,-
145.	Voorjaarstoediening van dunne dierlijke mest op kleigronden. Ing. G.J.M. van Dongen en ing. J. Alblas, oktober 1992	f	10,-

144.	Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw/opzet en eerste resultaten. Ir. F.G. Wijnands, ing. S.R.M. Janssens, ing. P.v.Asperen en ing. K.B. van Bon, oktober 1992.....	f	10,-
143.	Teeltfrequentie-effecten bij erwten, veldbonen, bruine bonen, snijmaïs, vlas en zaaiuien. Ing. Th. Huiskamp en ir. J.G. Lamers, oktober 1992.....	f	10,-
142.	Bestudering van het groeiverloop van zaaiuien en bouw van een groeimodel. Ir. C.L.M. de Visser, juni 1992.....	f	25,-
141.	Analyse van het gebruik en de acceptatie van teeltbegeleidingssystemen in de praktijk. Ing. A. Grunefeld en ir. W.A. Dekkers, februari 1992.....	f	10,-
140.	De invloed van pootgoedbehandeling op het aantal stengels en knollen bij aardappelen. Ir. C.B. Bus, april 1992.....	f	10,-
139.	De invloed van de intensiteit van het bouwplan op pootaardappelen, suikerbieten en wintertarwe (vruchtwisselingsproefveld) FH82). Ing. H.W.G. Floot, ir. J.G. Lamers en ir. W. van den Berg, januari 1992.....	f	10,-

Publicaties

84.	Bedrijfsbegroten in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt. Ir. H.B. Schoorlemmer en drs. A.T. Krikke, september 1997.....	f	15,-
83.	Werkplan 1997, maart 1997.....	f	25,-
82.	Geagrificeerd ABC. Ir. H.B. Schoorlemmer, drs. J.P.P.J. Welten en drs. A.T. Krikke, maart 1997.....	f	25,-
81a.	Jaarboek 1995/1996 akkerbouw, december 1996.....	f	35,-
81b.	Jaarboek 1995/1996 vollegrondsgroenteteelt, december 1996.....	f	30,-
80.	Jaarverslag 1995, juli 1996.....	f	20,-
79.	Werkplan 1996, februari 1996.....	f	20,-
78a.	Jaarboek 1994/1995 akkerbouw, november 1995.....	f	30,-
78b.	Jaarboek 1994/1995 vollegrondsgroenteteelt, november 1995.....	f	30,-
77.	Jaarverslag 1994, juni 1995.....	f	20,-
76.	Werkplan 1995, januari 1995.....	f	20,-
75.	Kwantitatieve informatie 1995, december 1994.....	f	30,-
74.	Onkruidbestrijding in de graszaadteelt. Ir. P. Baltus, december 1994.....	f	15,-
73a.	Jaarboek 1993/1994 akkerbouw, november 1994.....	f	30,-
73b.	Jaarboek 1993/1994 vollegrondsgroenteteelt, november 1994.....	f	20,-
72.	Jaarverslag 1993, mei 1994.....	f	20,-
71.	Werkplan 1994, februari 1994.....	f	15,-
70a.	Jaarboek 1992/1993 akkerbouw, oktober 1993.....	f	30,-
70b.	Jaarboek 1992/1993 vollegrondsgroenteteelt, oktober 1993.....	f	20,-
69.	Kwantitatieve informatie 1993-1994, september 1993.....	f	30,-
68.	Planning van de vervangingsinvestering van een machine of werktuig. Ir. H.B. Schoorlemmer en drs. A.T. Krikke, augustus 1993.....	f	20,-
67.	28 jaar De Schreef, april 1993.....	f	40,-
65.	Werkplan 1993, februari 1993.....	f	15,-
64.	Jaarboek 1991/1992, oktober 1992.....	f	45,-
63.	Kwantitative Informatie 1992-1993, september 1992.....	f	30,-
62.	Verspreiding van onkruiden en planteziekten met dierlijke mest - een risico-analyse Ir. A.G. Elema en dr.ir. A.J. Scheepens, augustus 1992.....	f	15,-

61. Jaarverslag 1991, april 1992	f	15,-
60. Werkplan 1992, februari 1992	f	10,-

Themaboekjes

19. Themadag maïs, november 1995	f	15,-
18. Stikstofstromen in de vollegrondsgroenteteelt, december 1994	f	15,-
17. Agrificatie en 'nieuwe' gewassen, maart 1994	f	35,-
16. Aardappelen, december 1993	f	25,-
15. Duurzame onkruidbestrijding, november 1993	f	25,-
14. Bedrijfssystemen voor een Akkerbouw met toekomst, december 1992	f	25,-
13. Gewasbescherming vollegrondsgroenten, november 1992	f	15,-

OBS - uitgaven

10. Verslag over 1989 (juni 1993)	f	15,-
9. Verslag over 1988 (februari 1992)	f	15,-

Teelthandleidingen

78. Teel van kuiden-wortelgewassen Agelica, Levisticum en Valeriana, oktober 1997	f	25,-
77. Teelt van spruitkool, september 1997	f	25,-
76. Teelt van wintertarwe, maart 1997	f	25,-
75. Teelt van knoflook, januari 1997	f	15,-
74. Teelt van bosui, januari 1997	f	15,-
73. Teelt van sluitkool, oktober 1996	f	35,-
72. Teelt van pootaardappelen, augustus 1996	f	35,-
71. Teelt van krotten, juli 1996	f	35,-
70. Teelt van Chinese kool, februari 1996	f	20,-
69. Teelt van graszaad, oktober 1995	f	25,-
68. Teelt van peulen en doperwten voor de verse markt, juli 1995	f	25,-
67. Teelt van courgette en pompoen, april 1995	f	25,-
66. Teelt van stamslabonen, december 1994	f	40,-
65. Teelt van andijvie, december 1994	f	30,-
64. Teelt van suikerbieten, september 1994	f	30,-
63. Teelt van sla, augustus 1994	f	40,-
62. Teelt van bleekselderij, maart 1994	f	25,-
61. Teelt van haver, februari 1994	f	20,-
60. Teelt van karwij, januari 1994	f	15,-
59. Teelt van dille, januari 1994	f	15,-
58. Teelt van maïs, december 1993	f	25,-
57. Teelt van consumptie-aardappelen, november 1993	f	30,-
56. Teelt van prei, oktober 1993	f	30,-
55. Teelt van knolvenkel, augustus 1993	f	25,-
54. Teelt van broccoli, juli 1993	f	30,-
53. Teelt van suikermaïs, juli 1993	f	25,-

52. Teelt van zaaiuien, juni 1993	<i>f</i>	30,-
51. Teelt van bloemkool, april 1993	<i>f</i>	35,-
50. Teelt van Digitalis lanata, februari 1993	<i>f</i>	10,-
49. Teelt van thijm, februari 1993	<i>f</i>	10,-
48. Teelt van doperwten, december 1992	<i>f</i>	15,-
47. Teelt van groene asperges, november 1992	<i>f</i>	15,-
46. Teelt van peterselie en bladseiderij, oktober 1992	<i>f</i>	10,-
45. Teelt van zomergerst, juni 1992	<i>f</i>	20,-
44. Teelt van rammenas, april 1992	<i>f</i>	15,-
43. Teelt van boerenkool, maart 1992	<i>f</i>	15,-