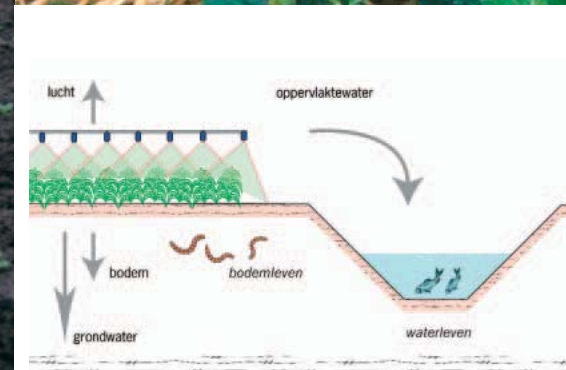
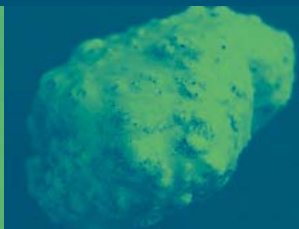
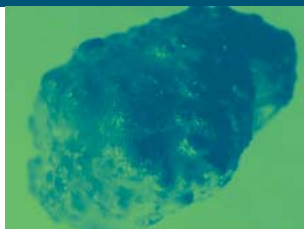


Geïntegreerde gewasbescherming

ONTWERPEN, TESTEN EN VERBETEREN



PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING

PPO-BEDRIJFSSYSTEMEN

WAGENINGEN UR

Inhoud

pag. 1	Voorwoord
pag. 2	Samenvatting
pag. 4	Hoofdstuk 1: Introductie
pag. 6	Hoofdstuk 2: Het ontwerp van de gewasbeschermingsstrategie
pag. 15	Hoofdstuk 3: Milieubelasting en middelenselectie
pag. 22	Hoofdstuk 4: Testen en verbeteren
pag. 29	Hoofdstuk 5: Resultaten
pag. 33	Hoofdstuk 6: Evaluatie en perspectief
pag. 39	Bijlage 1: Top-5 scores BRI-MBP 2001
pag. 42	Bijlage 2: Gewasbeschermingskaart prei
pag. 44	Literatuur

Uitgever

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. (PPO B.V.)
Edelhertweg 1
8219 PH Lelystad
tel: 0320 - 29 11 11
fax: 0320 - 23 04 79
e-mail: infoagv.ppo@wur.nl
internet: www.ppo.dlo.nl

Auteurs

**F.G. Wijnands, P. van Asperen,
P.L. de Wolf en J.J. de Haan**

Meerdere exemplaren zijn verkrijgbaar door € 20,- per exemplaar te storten of over te maken op bankrekeningnr. 367017369 van de Rabobank Wageningen t.n.v. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving; Publicatieverkoop Lelystad. Vermeld op uw betaalopdracht: **de bestelcode 313**, het gewenste **aantal** exemplaren en uw volledige **adres**. Voor verzending naar het buitenland wordt € 7,- extra in rekening gebracht. De swiftcode luidt: RABONL-2U.

© 2003 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

ISBN: 90-807565-3-9

Het PPO verricht onder andere praktijkgericht onderzoek voor de akkerbouw, groene ruimte en vollegrondsgroenteteelt. Tot de grootste opdrachtgevers behoort het collectieve bedrijfsleven, het Ministerie van LNV (beide op basis van afgesproken programma's en projecten), regionale overheden en diverse particuliere bedrijven en instellingen.

Reacties naar aanleiding van deze uitgave kunt u richten aan infoagv.ppo@wur.nl

Voor de uitvoering van het onderzoek dat aan de basis van deze uitgave staat, zijn wij financiële dank verschuldigd aan het Ministerie van LNV, het Hoofdproductschap Akkerbouw en het Productschap Tuinbouw.

Voorwoord

Geïntegreerde gewasbescherming ontstond vanuit het besef dat het enkel inzetten op chemische gewasbescherming als dé oplossing voor de problemen met ziekten, plagen en onkruiden, niet tot een duurzame oplossing leidt. Niet alleen veroorzaakt die eenzijdige chemische zoekrichting een scala aan problemen met de kwaliteit van de leefomgeving, deze aanpak kan bovendien niet alle problemen op lossen of beheersbaar houden. Daarmee is deze zoekrichting ook in economisch opzicht geen beheersbare strategie. Daar komt in de laatste 5 jaar nog eens bij dat de beschikbaarheid van de chemische oplossingen in hoog tempo daalt. Al vanaf de late jaren vijftig van de vorige eeuw wordt gezocht naar een integratie van chemische en biologische technieken bij de bestrijding (IPM). Dit breidde zich in de jaren zeventig en tachtig uit naar de integratie van alle relevante bedrijfsvoeringsaspecten in een totaal aanpak: geïntegreerde gewasbescherming.

Deze zienswijze bleek bovendien de wegbereider van het inzicht dat het in de landbouw steeds meer zou gaan om een meervoudige doelstelling: Naast economische doelen dienen ook milieutechnische en ecologische doelen, minimaal als randvoorwaarde, nagestreefd te worden. Van daar uit ontstond het concept geïntegreerde landbouw: Geïntegreerd vanwege de meervoudige doelen, maar ook vanwege de integratie van meervoudige technieken en methoden.

Geïntegreerde gewasbescherming werd overheidsbeleid begin jaren negentig en heeft nog niets aan belang ingeboet. Integendeel zelfs.

In het bedrijfssystemenonderzoek van het Plantaardig Praktijk Onderzoek (PPO) heeft de ontwikkeling en praktijkbeproeving van geïntegreerde systemen en geïntegreerde gewasbescherming altijd centraal gestaan. Het is vanuit deze ervaring dat deze uitgave tot stand gekomen is.

Het is de eerste van een tweetal publicaties dit jaar over geïntegreerde gewasbescherming en de resultaten die hier over de jaren mee behaald zijn. In deze uitgave staat het concept zelf centraal: Hoe worden geïntegreerde gewasbeschermingsstrategieën ontworpen en via een proces van testen en verbeteren “praktijkrijp” gemaakt. Op welke wijze kan het resultaat beoordeeld worden, en hoe wordt de milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen gekwantificeerd. Enkele resultaten illustreren de sterke vooruitgang die geboekt is in de afgelopen 20 jaar. Afgesloten wordt met een evaluatie van de ontwerp-, test- en verbeter-methodiek en de gebruikte maatstaven.

In de tweede uitgave die later dit jaar verschijnt wordt veel meer technisch-inhoudelijk ingegaan op de stand van zaken rond geïntegreerde gewasbescherming in alle open teelten. Hoe ver zijn we en welke knelpunten resteren.

Geïntegreerde gewasbescherming is geen concept dat een enkel persoon, in de beslotenheid van een laboratorium, heeft ontwikkeld. Het is het resultaat van de inspanningen van velen, vanaf de fundamentele bouwstenen tot en met de integratie op bedrijfsniveau, het resultaat van het werk van onderzoekers, adviseurs, bedrijfsleiders en niet op de laatste plaats de ondernemers zelf. Het is dan ook aan die groep dat de grootste dank verschuldigd is.

Frank Wijnands

Samenvatting

Al vrij snel na de introductie van chemische gewasbeschermingsmiddelen ontstond er internationaal aandacht voor de schadelijke milieu-effecten van de grootschalige toepassing van “pesticiden”. De aanvankelijke benadering van het probleem via Integrated Pest Management (IPM) verbreedde zich al spoedig naar een bedrijfsbrede geïntegreerde aanpak. In Nederland ontstond in 1979 het proefbedrijf Ontwikkeling BedrijfsSystemen (OBS) in Nagele dat als opdracht had om naast een gangbare variant een geïntegreerd en een biologisch bedrijfssysteem te ontwikkelen.

De doelstelling van de geïntegreerde gewasbeschermingsstrategie is het minimaliseren van opbrengst- en kwaliteitsverlies door schadelijke organismen, tegen aanvaardbare kosten en met minimale milieubelasting. De te ontwerpen strategie zet maximaal in op 1) preventie (bedrijfsinrichting, agro-ecologische lay-out, vruchtwisseling, rassenkeuze en teeltmaatregelen zoals aangepaste zaai/plantdatum e.d), 2) een correcte interpretatie van de noodzaak tot bestrijding (geleide bestrijding, waarschuwingssystemen, signalering etc.) en 3) het gebruik van alle beschikbare niet chemische technieken (mechanisch, fysisch, biologisch). Gewasbeschermingsmiddelen zijn dan alleen nodig als aanvulling. Methoden met minimaal gebruik zoals zaadbehandeling, of rij- of planttoepassing worden geprefereerd boven volveldstoepassingen. De in te zetten gewasbeschermingsmiddelen dienen zorgvuldig geselecteerd te worden op basis van hun milieubelastingkenmerken. Alle bruikbare elementen worden geïntegreerd tot een samenhangende strategie. Deze strategie moet effectief, uitvoerbaar, acceptabel en betaalbaar zijn. Bovendien de nodige flexibiliteit bieden om in te spelen op diverse situaties en geen conflicten veroorzaken met andere bedrijfsmethoden en -doelstellingen.

De strategieën op teeltniveau worden geïntegreerd op bedrijfsniveau in een samenhangend gewasbeschermingsplan. Op bedrijfsniveau wordt gewerkt aan een voortdurende en voortschrijdende vermindering van de milieubelasting door scherpe prioriteitstelling bij de sanering van de gewasbeschermingsmiddeleninzet.

De milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen wordt onderscheiden in emissie en ecologische vervolgschade. In de beoordeling van toepassingen wordt uitgegaan van het maximale emissierisico naar de lucht, de bodem en het grondwater, en het schaderisico voor water- en bodemorganismen. De gebruikte berekeningsmethodiek voor emissierisico's is de Blootstellingen Risico Index (BRI) (Wijnands, 1997). De schaderisico's voor bodem- en

waterorganismen worden gekwantificeerd door Milieu-BelastingsPunten (MBP), ontwikkeld door het Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM).

Het gewasbeschermingsplan wordt getest en verbeterd in de praktijksituatie van een proef- of praktijkbedrijf. De agronomische, economische en milieutechnische resultaten worden beoordeeld ten opzichte van streefwaarden. Deze streefwaarden zijn afgeleid van overheidsdoelstellingen, wensen van de maatschappij en economische randvoorwaarden. De milieuprestaties worden beoordeeld aan de hand van streefwaarden voor de BRI- en MBP-maatstaven.

Wanneer een tekort wordt gesignaleerd, wordt nagegaan waardoor dit wordt veroorzaakt. Bij een tekort voor kwaliteitsproductie (kwantiteit en kwaliteit) wordt de bijdrage van ieder specifiek gewasbeschermingsprobleem gekwantificeerd en het economisch effect op bedrijfsniveau berekend. Het probleem met het grootste bedrijfseconomische effect krijgt de hoogste prioriteit bij de oplossing. Bij een tekort voor milieubelasting wordt eveneens een prioriteitenlijstje gemaakt. Een belangrijke methode hiervoor is de top-5 score van meest problematische middelen per BRI- en MBP-maatstaf. Deze middelen worden herleid tot specifieke gewasbeschermingsproblemen. Per probleem wordt een lijstje met mogelijke alternatieven opgesteld, zowel chemische als niet-chemische alternatieven. Voor de geprioriteerde problemen worden alle mogelijke oplossingen naast elkaar gezet en getoetst aan de criteria voor de gewasbeschermingsstrategie. Het oorspronkelijke plan wordt verbeterd door de gewenste aanpassingen erin op te nemen. Deze jaarlijkse cyclus van testen en verbeteren herhaalt zich in principe tot alle maatstaven aan de streefwaarden voldoen.

De resultaten op het OBS in Nagele benaderen dit ideaal: De kwaliteitsproductie- en milieuresultaten voldoen na 20 jaar werken nagenoeg aan de streefwaarden. Dat geldt voor de meeste experimentele akkerbouwlocaties. De vollegrondsgroentesystemen en de praktijkbedrijven in onderzoeksprojecten laten wel een sterke reductie van de milieubelasting zien, maar voldoen nog niet aan de streefwaarden voor kwaliteitsproductie en milieubelasting. De knelpunten in de akkerbouw- en groentesystemen zitten voornamelijk in de hoogsalderende gewassen als aardappelen, uien, spruitkool, prei en aardbeien. Chemische middelen zijn in deze teelten vooralsnog onmisbaar om de problemen te beheersen en aan de kwaliteitseisen voor de producten te voldoen.

De methodiek heeft zijn diensten bewezen: De doelgerichte werkwijze en de integratie van andere aspecten van de bedrijfsvoering in het ontwerp en de evaluatie van de methode hebben geleid tot een sterke reductie van de milieubelasting, zonder aantoonbare negatieve gevolgen voor kwaliteitsproductie en economisch bedrijfsresultaat.

Voor de methode van kwantificering van milieubelasting heeft ook een aantal nadelen: Er wordt uitgegaan van het ‘worst case scenario’, waardoor de emissie en milieuschade waarschijnlijk overschat wordt. Bovendien kennen de berekeningen voor BRI en MBP een aantal zwakke plekken, die de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid niet ten goede komen. Betere alternatieven zijn echter vooralsnog niet voorhanden.

De opzet en werkwijze van het gewasbeschermingsplan is bedoeld voor onderzoeksdoeleinden. Voor toepassing in de praktijk kan een vertaling gemaakt worden met de meest essentiële en succesvolle onderdelen van geïntegreerde gewasbescherming, zoals de nadruk op preventie. Het recente overheidsbeleid zet in op deze zoekrichting. Ook voor de beoordeling van de milieubelasting van middeltoepassingen zijn hulpmiddelen, zoals de in het onderzoek gebruikte gewasbeschermingskaarten, noodzakelijk voor zelfstandig gebruik door ondernemers. Deze kaarten zijn nog niet breed beschikbaar.

Het onderzoek aan geïntegreerde gewasbescherming heeft altijd als doel gehad de “afhankelijkheid” te verminderen, de inzet te reduceren en de resulterende milieubelasting te minimaliseren. Uit 20 jaar onderzoek blijkt dat anno 2003 de milieubelasting al zeer sterk gereduceerd kan worden met strategieën waarin bij de bestrijdingscomponent gewasbeschermingsmiddelen centraal staan. Terwijl deze winst in de jaren 80 en begin jaren 90 alleen behaald kon worden door ingrijpende geïntegreerde strategieën die vaak het gebruik overbodig maakten. Deze technieken hebben nog steeds hun waarde. Echter als het gaat om brede praktijkimplementatie zijn de huidige strategieën

makkelijker te “verkopen” dan de oude. Dat geldt voornamelijk voor de akkerbouw, omdat in de vollegrondsgroenteteelt het smalle middelenpakket nog steeds relatief veel milieubelastende middelen bevat.

Onderzoek naar geïntegreerde gewasbescherming moet erop gericht zijn uiteindelijk te leiden tot praktijkimplementatie. Dat betekent dat de eerder in deze uitgave genoemde criteria voor de te ontwikkelen strategieën zoals: effectiviteit, uitvoerbaarheid, acceptatie en betaalbaarheid zeer serieus genomen moeten worden. Deze moeten al bij de ontwikkeling in experimentele situaties meegenomen worden. De volledige test ondergaan de strategieën echter pas bij de beproeving in de praktijknetwerken. Daar vindt ook de “praktijk”-beoordeling plaats van de mate waarin de verschillende bedrijfsdoelstellingen samen kunnen blijven gaan bij toepassing van geïntegreerde gewasbescherming. Daarmee wordt gedoeld op het tegelijk realiseren van een effectieve beheersing met minimale milieubelasting en het veilig stellen van de gewenste kwaliteitsproductie als basis voor de bedrijfscontinuïteit. Deze aspecten werden, zoals betoogd in deze uitgave, ook reeds meegenomen bij het initiële ontwerp en de eerste ronde van beproeving op de experimentele locaties. Praktijkbeproevingen vinden plaats in praktijknetwerken zoals Telen met toekomst.

Het onderzoek aan allerlei aspecten van gewasbescherming gaat onverminderd door. Toch is er een duidelijke verschuiving gaande. Enerzijds wat betreft de inhoudelijke focus die steeds meer bepaald wordt door de (resterende) hardnekkige en nieuwe knelpunten in de praktijk. En anderzijds doordat de methode van onderzoek nu ook meer gericht is op het daadwerkelijk ontwerpen van volledige strategieën. Daarmee wordt het werk op bedrijfsniveau sterker ondersteund dan vroeger. Dat zal ook nodig zijn om de praktijkbrede toepassing van geïntegreerde gewasbescherming te realiseren.

1. Introductie

De intensivering van de landbouw na de Tweede Wereldoorlog werd mede mogelijk door het beschikbaar komen van synthetische meststoffen en chemische gewasbeschermingsmiddelen. In het begin van de jaren zestig kwamen er echter ongewenste bijverschijnselen aan het licht. Zo werden gewasbeschermingsmiddelen en/of hun afbraakproducten gevonden in grond- en oppervlaktewater en in of op de producten. Bovendien bleken residuen van gewasbeschermingsmiddelen zich in de voedselketen op te kunnen hopen (DDT). Ook werd een achteruitgang van het aantal wilde dieren- en plantensoorten geconstateerd. Als reactie hierop zagen overheden zich genooddaakt toelating en gebruik van gewasbeschermingsmiddelen te gaan reguleren. De publicaties van Rachel Carson ('Silent Spring', 1962) en de Club van Rome (1972) hebben een belangrijke bijdrage geleverd bij de bewustwording van deze problemen.

1.1 Geïntegreerde gewasbescherming

De ongewenste neveneffecten van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen leidde in de jaren 60 en 70 wereldwijd tot de ontwikkeling van geïntegreerde plaagbeheersing (Integrated Pest Management, IPM). Deze methode werd in de loop van de jaren in diverse teelten en regio's ingevoerd, zoals in de teelt van citrusfruit in de Verenigde Staten en in de rijstteelt in Zuidoost Azië. IPM richtte zich in eerste instantie vooral op de combinatie van chemische en biologische maatregelen ter beheersing van plagen. Maar al snel (jaren 70) werd duidelijk dat het optreden en beheersen van ziekten en plagen ook beïnvloed wordt door andere bedrijfsmethoden zoals rassenkeuze, bemesting en vruchtwisseling. Het IPM concept verbrede zich daardoor met name in Europa naar ziekten en onkruiden en van de pure gewasbescherming naar het in de strategie opnemen van alle relevante aspecten van de bedrijfsvoering (Geïntegreerde Gewasbescherming). Door ook voor de andere aspecten van de bedrijfsvoering op zoek te gaan naar een meer duurzame en minder milieubelastende aanpak ontstond Geïntegreerde Landbouw (economie en milieu, verbreding van doelen en middelen (van der Weijden *et al.*, 1984 en Vereijken, 1987). Toen naar aanleiding van de discussies rond een nationaal proefbedrijf voor biologische landbouw (Commissie Alternatieve Landbouwmethoden, 1977) de plannen concreet werden voor de herinrichting van de Drie Organische Stof Bedrijven in Nagele, werd door de toenmalige betrokkenen (met name dr. ir. P. Gruys,

voormalig onderzoeksleider proefboomgaard "De Schuilenburg") voorgesteld naast het voorziene biologische en gangbare bedrijf een geïntegreerd bedrijf op te nemen en te ontwikkelen. Dit leidde in 1979 tot de oprichting van het proefbedrijf Onderzoek Bedrijfs Systemen (OBS) in Nagele. Kenmerk van dit zogenaamde bedrijfs-systeemonderzoek was de gerichtheid op ontwikkeling, het systeemniveau en het werken op (semi-)praktijkschaal.

1.2 Prototypering

Voortbouwend op het bedrijfssystemenonderzoek op het OBS in Nagele (1978 tot heden), werd in de loop de jaren een gestructureerde methodiek voor de ontwikkeling van meer duurzame bedrijfssystemen ontworpen, het prototyperen. Bij deze methodiek wordt uitgegaan van een profiel van eisen (gekwantificeerde doelen, randvoorwaarden en gebruikseisen) op basis waarvan een product ontwikkeld wordt dat aan deze eisen kan voldoen. Hiervoor wordt alle noodzakelijke kennis bij elkaar gebracht en gesynthetiseerd. De kennis die gegenereerd wordt vanuit het bestuderen van geïsoleerde problemen of processen is daarbij onontbeerlijk. Analyse en synthese vullen elkaar aan. De laatste 15 jaar is deze methode op tal van plaatsen in Europa toegepast, in de laatste 10 jaar ook in toenemende mate in samenwerking met praktijk-bedrijven.

Bij het prototyperen van een nieuw bedrijfssysteem wordt de weg gevolgd van tekentafelontwerp tot praktisch toepasbaar systeem. De methode kan samengevat worden in vier stappen: 1) Analyse van de huidige situatie en het streefbeeld. 2) Ontwerp van een systeem wat aan het streefbeeld kan voldoen. 3) Testen op experimentele en praktijkbedrijven en verbeteren van het oorspronkelijke concept. 4) Verspreiding van de kennis in een bredere doelgroep. In de theoretische fase (stap 1 en 2) worden de door de markt en maatschappij gestelde eisen vertaald in een bedrijfsomvattend streefbeeld met doelstellingen. Deze doelstellingen worden vervolgens gerubriceerd in thema's (zoals kwaliteitsproductie, schoon milieu, duurzaam beheer van productiemiddelen en bedrijfscontinuïteit) en meetbaar gemaakt door maatstaven. Door iedere maatstaf een streefwaarde te geven wordt de ambitie van het systeem gekwantificeerd en bespreekbaar. Vervolgens worden voor de belangrijkste bedrijfsmethoden (vruchtwisseling, gewasbescherming, bemesting, etc.) samenhangende strategieën ontworpen waarmee deze doelstellingen behaald kunnen worden. De strategieën bestaan uit de hoofdlijn van de te volgen aanpak

(bijvoorbeeld preventie eerst) en een set van methoden en technieken met gebruiksaanwijzing. Het ontwerpen van deze methoden moet gebeuren binnen de volledige context van het bedrijf met voldoende oog voor de interactie met andere methoden. Iedere afzonderlijke methode en techniek moet het karakter krijgen van een proces geïntegreerde oplossing bijdragend aan de systeem-innovatie (het anders functioneren van het systeem op systeemniveau). In deze fase ontstaat een gebruiksklaar systeemontwerp wat interne samenhang heeft en is afgestemd op externe wensen en eisen.

Dit ontwerpbedrijf wordt in de praktijk aangelegd en jaarlijks getoetst aan de doelen. Daar waar de doelen niet gehaald worden, is sprake van een tekort. Door het jaarlijks verbeteren van de bedrijfsmethoden wordt geprobeerd deze tekorten te verminderen. Deze jaarlijkse cyclus van testen en verbeteren wordt uitgevoerd tot het systeem aan de gestelde doelen kan voldoen.

Wanneer het geïntegreerde bedrijfsvoering en de onderliggende methoden voldoende verbeterd zijn, kunnen ze worden vertaald naar een selecte groep intensief begeleide praktijkbedrijven. Voor deze bedrijven wordt een individueel bedrijfsplan opgesteld, wat gedurende de projectperiode steeds verder wordt verfijnd aan de hand van ervaringen en resultaten. Hiermee herhaalt zich de procedure zoals die gevolgd wordt op een experimenteel bedrijf.

De resultaten en ervaringen van het experimentele bedrijf en de praktijkbedrijven worden vervolgens verspreid in de brede praktijk, door lezingen, publicaties, excursies en bijeenkomsten.

1.3 Doel van het rapport

De gewasbeschermingsstrategie is een belangrijk onderdeel van de geïntegreerde bedrijfsvoering. Zonder de interacties met andere bedrijfsmethoden zoals bemesting en vruchtwisseling te willen negeren, richt dit rapport zich specifiek op de geïntegreerde gewasbescherming. De hoofddoelstelling van dit rapport is het beschrijven en evalueren van de geïntegreerde gewasbescherming.

Bij het beschrijven van de methodiek komen achtereenvolgens aan de orde: het ontwerp van de strategie, het kwantificeren van milieubelasting en de selectie van gewasbeschermingsmiddelen, de methodiek van testen en verbeteren en een overzicht van de behaalde resultaten in de periode 1980 tot en met 2001 aan de hand van een aantal voorbeelden. Het laatste hoofdstuk bevat een evaluatie van de doelstellingen, de werkwijze en de resultaten en wordt afgesloten met aanbevelingen en doelstellingen voor de toekomst.

2. Het ontwerp van de gewasbeschermingsstrategie

Geïntegreerde gewasbescherming heeft meerdere doelen. Enerzijds een goed en blijvend resultaat van opbrengst en kwaliteit bij aanvaardbare kosten. Anderzijds een minimale belasting van het milieu. De strategie bestaat uit drie elementen: 1) preventie, 2) vaststellen van de noodzaak van bestrijding en 3) indien bestreden moet worden, de bestrijdingsmethode (Tabel 2.1).

2.1 Preventie

Preventie is de basis van de strategie, omdat preventie verder ingrijpen geheel of gedeeltelijk kan voorkomen. Bij het ontwerp van een preventieve strategie wordt onderscheid gemaakt tussen strategische, tactische en operationele preventieve maatregelen.

2.1.1 Strategische preventie

De strategische maatregelen hebben betrekking op bedrijfsniveau, bedrijfsinrichting en/of keuzes die voor meerdere jaren worden gemaakt.

2.1.1.1 Ziekten en plagen

Het handhaven van een goede bedrijfshygiëne is een effectieve methode bij het voorkomen van ziekten en plagen (zie kader Bedrijfshygiëne). Besmettingen van buiten het bedrijf worden hierdoor geweerd, het ontstaan van infectiebronnen op het bedrijf wordt voorkomen en de interne verspreiding van ziekten en plagen wordt verhinderd. Aangekochte grondstoffen (uitgangsmateriaal en meststoffen) moeten vrij zijn van ziektekiemen en plaagorganismen. Dit geldt natuurlijk ook voor eigen uitgangsmateriaal of dierlijke mest. Het ontstaan van infectiebronnen kan worden voorkomen door het afdekken van afvalhopen, het verwijderen van aangetast plantenmateriaal en door gewasresten niet terug op het veld te brengen. Het voorkomen van overlevingsmogelijkheden van ziekten en plagen op het bedrijf is ook een belangrijke preventieve maatregel: verwijderen van waardplanten (o.a. winterwaarden), maaien van randen en scheiding in ruimte en tijd tussen teelten van hetzelfde gewas (temporele en ruimtelijke vruchtwisseling). Frequent reinigen van machines voorkomt dat ziekten en

Tabel 2.1 De belangrijkste elementen van de gewasbeschermingsstrategie

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">1) Preventie<ul style="list-style-type: none">a) Strategisch<ul style="list-style-type: none">• bedrijfshygiëne• vruchtwisseling (gewassen en groenbemesters)• bodemstructuur en waterhuishouding• ecologische bedrijfsinrichting in relatie tot voorkomen van natuurlijke vijanden• tijdstip en keuze hoofdgrondbewerkingb) Tactisch en operationeel<ul style="list-style-type: none">• gebruiken van resistente en/of tolerante rassen• gezond uitgangsmateriaal• aangepast zaai- of planttijdstip• aangepaste rij- en plantafstand• stikstofaanbod optimaliseren• afdekken gewas of bodem2) Vaststellen bestrijdingsnoodzaak<ul style="list-style-type: none">• regelmatige gewasinspectie• gebruik van schadedrempels en beslissingsondersteunende systemen3) Bestrijdingsmethoden<ul style="list-style-type: none">• niet chemisch (biologisch, fysisch en/of thermisch)• chemisch<ul style="list-style-type: none">- keuze middelen, criteria betreffende milieubelasting, effectiviteit en giftigheid voor toepasser- dosering, toepassingstijdstip en -techniek |
|--|

Bedrijfshygiëne

- aankoop van gezond en schoon uitgangsmateriaal
- verwijderen van aangetast plantmateriaal en pootgoed
- afdekken van afvalhopen, verwijderen van ziek materiaal op/rond erf
- voorkomen van intern transport van onkruiden, onkruidzaden, ziekten en plagen
- voorkomen van aanwezigheid winterwaarden in de natuurlijke beplanting en begroeiing voor belangrijke ziekten en plagen
- frequent reinigen van machines



Frequent reinigen van machines voorkomt overbrengen van ziekten en plagen

plagen worden overgebracht van het ene naar het andere perceel.

Een strategische preventief karakter heeft ook het stimuleren van de functionele biodiversiteit (zie kader Functionele biodiversiteit). Daarmee wordt gedoeld op het bevorderen van de populatie van natuurlijke vijanden in de natuurlijke beplanting en begroeiing op en rond het bedrijf. Natuurlijke vijanden kunnen bijdragen aan de beheersing van ziekten en plagen op de productievelden. Op de meeste akkerbouw- en vollegrondsgroentebedrijven is er jaarlijks een periode waarbij er geen gewassen op het veld staan. Voor het overleven van natuurlijke vijanden is zeker in die periode de aanwezigheid van gericht beheerde permanente randen en bermen noodzakelijk.

2.1.1.2 Onkruiden

De bedrijfshygiëne is ook van belang bij preventieve maatregelen tegen onkruiden. De aangekochte grondstoffen (dierlijke mest, uitgangsmateriaal) moeten vrij zijn van onkruidzaden. Verspreiding van onkruidzaden via machines kan worden voorkomen door regelmatig reinigen. De migratie van onkruiden uit randen en bermen door beheersmaatregelen, zoals het afvoeren van maaisel en gerichte bestrijding van probleemonkruiden in randen.

2.1.1.3 Interacties met andere bedrijfsmethoden

De meeste preventieve maatregelen op strategisch niveau hangen samen met de bemesting, vruchtwisseling, bodemstructuur en groundbewerking. Deze samenhang is erg complex.

Figuur 2.1 ontleedt de rol die vruchtwisseling kan spelen in de preventie en beheersing van ziekten en plagen (naar Vereijken, 1994). Ziekten en plagen worden onderscheiden langs twee assen. Op de x-as zijn de organismen ingedeeld van niet mobiel (niet beweeglijk) tot zeer mobiel. Op de y-as van zeer specifiek (specialisten) tot niet specifiek (alleseters) Vruchtwisseling is van toenemend belang komend van rechtsonder en bewegend naar links boven in de figuur. Ieder kwadrant van deze figuur wordt hieronder besproken.

Specifiek, niet mobiel (kwadrant links boven);

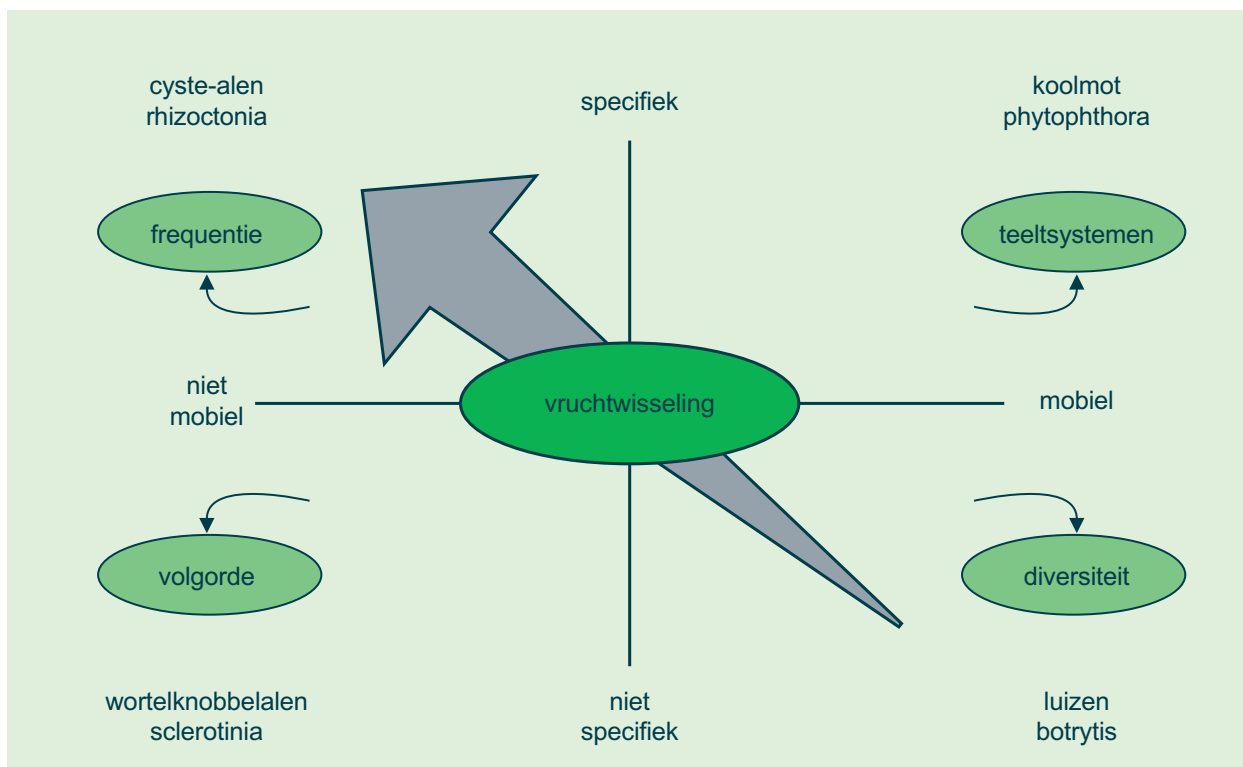
Het gaat hier meestal om bodemgebonden ziekten en plagen, zoals bijvoorbeeld witrot in uien en aardappelcystealtjes. Klassieke vruchtwisseling, in de zin van een voldoende lage frequentie van het favoriete gewas, is veelal voldoende. Deze aanpak wordt aangevuld door voor belangrijke organismen tijdig anticiperend opsporingsonderzoek te verrichten en waar mogelijk resistente en tolerante rassen te verbouwen. Chemisch ingrijpen kan meestal voorkomen worden.

Niet specifiek en niet mobiel (kwadrant links onder);

Hier gaat het ook meestal om bodemgebonden ziekten en plagen zoals bijvoorbeeld *Rhizoctonia spp.*, *Sclerotinia* en wortelknobbelaaltjes. De samenstelling van het team van gewassen waaruit het bouwplan bestaat en de volgorde van telen wordt hier steeds belangrijker. Aanvullende ondersteuning kan gevonden worden in de teeltsystemen (zaaidatum e.d) en de rassenkeuze, afhankelijk van het betreffende organisme. Deze maatregelen zijn voor bepaalde organismen chemisch te ondersteunen (behandeling uitgangsmateriaal).

Functionele biodiversiteit

Op het proefbedrijf OBS in Nagele ligt sinds 2001 een experiment, getiteld BIODIVERS. Hierin worden de effecten onderzocht van netwerkschaal en biodiversiteit in randen op de populatie van natuurlijke vijanden en plaagorganismen. Voorlopige resultaten: Er is tot op heden nog geen positief effect waargenomen op de aanwezigheid van natuurlijke vijanden, maar de maatregelen hebben wel een positief effect op de onderdrukking van plaagorganismen (o.a. luizen) in verschillende gewassen. Deze resultaten zijn hoopgevend en geven aanleiding tot vervolgonderzoek.



Figuur 2.1. Vruchtwisseling in perspectief van beheersing ziekten en plagen

Specifiek en mobiel (kwadrant rechts boven);

Voor organismen zoals het koolmotje en *Phytophthora infestans* is klassieke vruchtwisseling niet effectief, alhoewel ruimtelijke vruchtwisseling kan bijdragen aan de beheersing van semi-mobiele niet specifieke plagen. Andere oplossingen kunnen worden gevonden in de teeltsystemen (zaaidatum, gewasstructuur, rassenkeuze). In te zetten controle maatregelen bestaan uit fysieke barrières (netten), natuurlijke vijanden en/of chemische gewasbeschermingsmiddelen.

Niet specifiek, wel mobiel (kwadrant rechts onder);

Veel ziekten plagen horen hier thuis. Vruchtwisseling helpt niet al is gewasdiversificatie nuttig, zeker wanneer dit toegepast wordt op regionale schaal. Opnieuw kan het ontworpen teeltsysteem bijdragen aan de preventie en beheersing.

In de laatste twee categorieën wordt directe bestrijding in de gewassen steeds belangrijker. Deze functie zou vervuld kunnen worden door natuurlijke vijanden. Daartoe moeten zij gestimuleerd worden door een zorgvuldig ontworpen en beheerde ecologische infrastructuur op het bedrijf die het hele jaar rond voldoende voedsel en beschutting biedt. Dan worden ook de andere agro-ecologische kenmerken van belang: de agro-ecologische layout van het bedrijf.

Vruchtwisseling is ook zeer ondersteunend bij het beheersen van onkruiden door de zeer uiteenlopende condities voor onkruidgroei, onderdrukking en -bestrijding die de verschillende gewassen bieden. Vooral de diversificatie is hier van belang om selectie te voorkomen. De opzet van een gezonde vruchtwisseling wordt vaak begrensd door de doelen voor het bedrijfseconomische resultaat van het totale bouwplan.

De complexiteit van de samenhang tussen gewasbescherming en andere bedrijfsmethoden komt zeker tot uitdrukking in de relatie met de bemesting. Het is bekend dat suboptimale bemesting negatieve effecten heeft op de gewasgezondheid (zie kader Bemesting en gewasbescherming). Optimalisering van de bemestingsstrategie kan echter conflicteren met opbrengstdoelstellingen of kan hogere kosten veroorzaken. Ook de bodemstructuur en de waterhuishouding hebben grote invloed op problemen met ziekten, plagen en onkruiden. Een slechte bodemstructuur en/of natte omstandigheden beïnvloeden het wortelstelsel negatief en door natte omstandigheden ontwikkelen schimmelziekten zich gemakkelijk in het gewas. Een slechte waterafvoer van het perceel bemoeilijkt ook mechanische onkruidbestrijding. Vandaar dat een goede afwatering en een goede bodemstructuur essentieel zijn voor de preventie van ziekten, plagen en onkruiden. De grondbewerking en het tijdstip ervan hebben grote invloed op de bodemstructuur.

Bemesting en gewasbescherming

De relatie tussen bemesting en gewasbescherming is niet eenduidig. Een laag bemestingsniveau kan stress bij de planten veroorzaken, waardoor de weerbaarheid afneemt.

Een overmatige bemesting zorgt voor een weelderig groeiend gewas. In sommige gewassen ontstaat hierdoor een vochtig microklimaat, waardoor schimmels een kans krijgen.

Onkruiden profiteren overigens ook van overmatige bemesting.

Met name de hoofdgrondbewerking heeft grote gevolgen voor de gewasbescherming: Door ploegen worden onkruiden en gewasresten ondergewerkt, waardoor de volgende teelt in een relatief schone uitgangssituatie kan starten. Overigens kunnen ondergewerkte onkruidzaden en ziektekiemen bij de tweede keer ploegen opnieuw boven komen en weer problemen veroorzaken. Daarom ligt de nadruk op het schoon houden van de teelt.

2.1.2 Tactische en operationele preventie

Tactische preventieve maatregelen zijn keuzes die gemaakt worden voor een teeltseizoen. De keuze voor resistente en/of tolerante rassen is een belangrijke preventieve maatregel op tactisch niveau. Voor de meeste gewassen zijn de verschillen tussen rassen aanzienlijk. Bij de rassenkeuze moet echter ook rekening gehouden worden met de verschillen in productie, kwaliteit en afzetmogelijkheden van de rassen. Dit is in sommige gevallen strijdig met de wens om minder vatbare rassen te gebruiken.

Voor vrijwel alle teelten geldt dat uitgangsmateriaal een potentiële bron van ziekten, plagen en onkruiden is. Bij de aan- en verkoop van uitgangsmateriaal worden daarom strenge kwaliteitseisen gehanteerd. Ondernemers die eigen uitgangsmateriaal gebruiken of aangekocht uitgangsmateriaal langere tijd bewaren, moeten alert zijn op verontreinigingen of mogelijke infecties.

Een zorgvuldig gekozen zaai- of planttijdstop kan preventief werken bij de gewasbescherming, bijvoorbeeld door ruimte te maken voor een onkruidvrije uitgangssituatie (zie kader Vals zaaiwed). Daarnaast kan een vlotte start van het gewas de vatbaarheid voor ziekten en plagen verlagen en de kans van veronkruiding verminderen. Te vroeg zaaien of planten resulteert vaak in een trage start, geringe uniformiteit en een hoge plantuitval. Zaai- of planttijdstop beïnvloedt de positie van de gewasgroei binnen het jaar. Bij het seizoensgebonden optreden van ziekten en plagen kan een desynchronisatie van plaag en waard succesvol zijn. Bijvoorbeeld door in de peenteelt te zaaien ná de eerste vlucht van de wortelvlieg. Dergelijke maatregelen beïnvloeden echter snel het economisch rendement. Bodemgebonden plagen zoals wortelknobbelaaltjes zijn sterk temperatuurgevoelig wat betreft hun



Bij aardappel is een terdege rassenkeuze van belang. Naast afzet spelen ook resistenties tegen Phytophthora, wratziekte en aardappelmoeheid een rol

vermeerdering. Laat gezaaide waspeen heeft een korter groeiseizoen en geeft daardoor een lagere vermeerdering dan vroeg gezaaide.

De inrichting van de percelen, dus rij- en plantafstand, heeft grote gevolgen voor de gewasbescherming. Een ruime plantafstand vermindert vaak de kans op schimmelinfecties, maar verlaagt de concurrentiekracht ten opzichte van onkruiden. Daarnaast kan een lage plantdichtheid negatieve gevolgen hebben voor de kilogramopbrengst per hectare. De rijenafstand is bepalend voor de mechanisatie en de afstelling van machines. Een uniforme spoorbreedte en rijenafstand voor alle gewassen vergemakkelijkt ook gewasbeschermingshandelingen zoals mechanische onkruidbestrijding.

Tijdens de teelt is het van belang om de bemestings-toestand af te stemmen op de behoefte van het gewas, omdat een suboptimale bemesting de vatbaarheid van de

Vals zaaiwed

In een studie van Lotz en Groeneveld (2001) wordt ingegaan op het effect van oppervlakkige grondbewerkingen voor de zaai van het gewas, de aanleg van het zogeheten valse zaaiwed. In de praktijk betekent dit een optimalisatie tussen maximale onkruidbestrijding en minimale opbrengstderving door verlating van het zaaitijdstop.

Het effect op onkruidbeheersing is het grootst in gewassen met een late zaaidatum, en vooral op onkruiden met een vroege kieming (50% lagere dichtheid). Dit wordt deels gecompenseerd door later kiemende onkruiden, die een hogere dichtheid krijgen in het gewas. Deze moeten dan in andere onderdelen van de rotatie worden aangepakt. Dit toont weer het belang aan van een onkruidbeheersingsstrategie op bedrijfsniveau.

meeste gewassen verhoogt. Datzelfde geldt voor de vochtvoorziening van de gewassen. Overigens is de keuze voor bepaalde meststoffen bepalend voor de mogelijkheden om op de gewasbehoefte in te spelen. Organische mest is minder stuurbaar dan kunstmest, omdat de beschikbaarheid van nutriënten uit organische mest afhangt van de (onbestuurbare) mineralisatie. Met fertigatie kan nog beter op maat worden bemest dan met kunstmest, omdat de afzonderlijke giften nog kleiner zijn. De toedieningstechniek voor water is ook van invloed op de gewasbescherming: bij druppelirrigatie wordt het gewas niet nat, waardoor schimmels minder kans hebben dan bij volvelds beregening.

Door het beperken van het aantal bewerkingen en het rekening houden met de omstandigheden kan structuurbederf en eventuele verspreiding van ziekten en plagen worden voorkomen. Structuurbederf hangt ook nauw samen met de keuze van de mechanisatie. Zware machines en hoge wieldruk verhogen de kans op insporing en bodemverdichting.

In de praktijk blijkt dat het totaalpakket aan preventieve maatregelen meestal ontoereikend is om alle ziekten, plagen en onkruiden te beheersen. Ingrijpen is noodzakelijk om opbrengst- en kwaliteitsverlies te beperken en zo mogelijk te voorkomen.

2.2 Vaststellen van de noodzaak van bestrijding

In ieder gewas komen veel andere plantensoorten, insecten, aaltjes, schimmels en bacteriën voor. Slechts een beperkt aantal levert problemen op en vaak slechts in een beperkte periode. Wanneer is een probleem zo ernstig dat bestrijding noodzakelijk is? Dat is de kernvraag. Om deze vraag te beantwoorden moet worden bepaald welke organismen eventueel negatieve invloed op de gewasgroei of de gewasgezondheid kunnen hebben. Dit is verschillend per gewas, per teelt, per perceel en ook binnen een perceel. Vervolgens moet worden vastgesteld of deze schadelijke organismen aanwezig zijn en in welke mate. Dat kan door regelmatige gewasinspectie, waardoor een indicatie verkregen wordt van de onkruidpopulatie of een beginnende aantasting door een ziekte of plaag. De aanwezigheid en de omvang van de populatie van verschillende soorten aaltjes kan bemonsterd worden. Door middel van tellingen per plant of insectenvallen kan een inschatting worden gemaakt van de insectenpopulatie, terwijl de onkruidpopulatie door tellen, wegen en determineren kan worden ingeschat. Bij de MLHD-methode (Minimum Letale Herbicide Dosing) wordt de vitaliteit van onkruiden vastgesteld als maat voor het succes van een herbicide behandeling.



Met plakvallen wordt een inschatting gemaakt van de grootte van de wortelvoliegenpopulatie

Daarnaast kan voor schimmels een waarschuwingssysteem worden opgezet, waarmee de kans op infectie kan worden ingeschat. Dit gebeurt onder andere op basis van veldwaarneming en weersgegevens (zie kader Waarschuwing- en adviessysteem voor Phytophthora).

De inschatting van het economisch verlies door een bepaalde aantasting is uiteindelijk van doorslaggevend belang om al dan niet in te grijpen. Dit wordt getoetst aan een economische schadedrempel welke gerelateerd is aan de aantastingsgraad of populatiegrootte. Het ingeschatte economische verlies is ook van belang bij de keuze voor de methode van bestrijding.

Waarschuwing- en adviessysteem voor Phytophthora

De schimmelziekte *Phytophthora infestans* kan grote schade aanrichten in aardappelen. De sporen verspreiden zich door de lucht, en bij vochtig weer is de infectiekans hoog. Recent is het landelijke Phytophthora-adviesysteem van start gegaan, een initiatief van LTO-Nederland vanuit het Masterplan Phytophthora. Op basis van actuele weersgegevens, de actuele phytophthora-situatie en karakteristieken van de aantasting wordt een spuitadvies gegeven. Naar verwachting is het mogelijk om hiermee één à twee bespuitingen uit te sparen. Een ander groot voordeel is dat veel gericht wordt gespoten, wat de effectiviteit ten goede komt.

(bron: www.gewasbescherming.nl)

2.3 Vaststellen van de bestrijdingsmethode

De bestrijdingsmethoden worden onderscheiden in fysische, biologische en chemische methoden. Deze zijn echter niet altijd allemaal passend bij alle gewasbeschermingsproblemen. De voorkeur van de geïntegreerde gewasbescherming gaat uit naar niet-chemische technieken, maar chemische methoden worden niet bij voorbaat uitgesloten. Uiteindelijk gaat het om een bestrijdingstrategie die de verschillende elementen optimaal combineert met minimale kosten en minimale extra arbeidsinzet, die goed uitvoerbaar is en een goede beheersing en minimale milieubelasting tot resultaat heeft.

2.3.1 Fysische methoden

De belangrijkste fysische methode is de mechanische onkruidbestrijding. Met name voor gewassen die in rijen worden geteeld zijn machines beschikbaar die tussen en/of in de rijen onkruid verwijderen. Wanneer mechanische onkruidbestrijding in gewassen niet mogelijk is, ligt de nadruk op een schone uitgangssituatie. Dit kan bereikt worden door onkruid te bestrijden voor of na de teelt. Een andere fysische methode is handmatige onkruidbestrijding. Handmatige onkruid verwijderen is arbeidsintensief, daardoor duur, en wordt daarom alleen als laatste redmiddel ingezet. Andere fysische methoden om onkruiden te onderdrukken zijn grondbedekking (plastic, mulch) en branden (thermisch). Het gebruik van plastic en de hoge energiebehoefte van branden zijn milieutechnische bezwaren van deze methoden.

Fysische methoden tegen ziekten en plagen zijn minder bekend en minder ontwikkeld. Een aantal bodemgebonden ziekten, plagen en aaltjes wordt bestreden door bijvoorbeeld tijdelijke inundatie (onder water zetten) of stomen. Deze maatregelen zijn vaak erg ingrijpend, omdat het natuurlijke evenwicht ernstig verstoord wordt. Dit geeft soms onverwachte problemen met andere ziekten of plagen, omdat deze zich nu ongehinderd kunnen vermenigvuldigen in een 'schone' bodem. Stomen kost ook veel energie, zodat de indirecte gevolgen voor het milieu ook meegeteld moeten worden bij de afweging.

Plaatselijk branden van infectiehaarden in gewassen kan verdere uitbreiding van de infectie voorkomen, een methode die wel wordt toegepast bij *Phytophthora infestans* in aardappelen. Ook deze methode kost veel energie, maar de aangetaste planten worden ook definitief gedood en de verspreiding van de ziekte wordt stilgelegd.

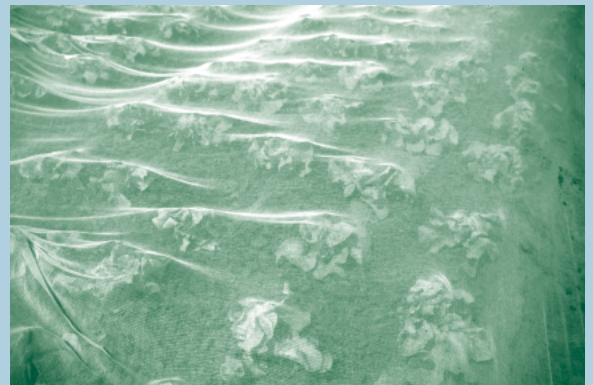
Het verwijderen van aangetaste planten is een arbeidsintensieve, maar vaak succesvolle methode. Het risico op verspreiding van de infectie door het perceel tijdens het verwijderen is helaas wel aanwezig, voornamelijk bij bacteriën en schimmels. De selectie van pootgoed is een

Insectengaas en katoendoek

Op de experimentele locatie in Meterik werd kropsla afgedekt met insectengaas om luizen te weren. De schade door luis bleef beperkt, maar het vochtige klimaat in het gewas zorgde voor meer problemen met schimmelziekten. De temperatuur onder het gaas liep ook te ver op, waardoor de ontwikkeling van de krop werd ontregeld.

Katoendoek werd in Chinese kool gebruikt om luis en rups te weren. De bedekte teelten telden gemiddeld 65% minder rups. In een aantal gevallen waren er toch luizen of rupsen onder het doek gekomen, die vervolgens sterk vermenigvuldigden, waarschijnlijk door de afwezigheid van natuurlijke vijanden.

Andere nadelen van bedekking zijn de kosten en voor gewasbescherming en bemesting moet de afdekking verwijderd worden. Behalve de extra arbeidsinzet hiervoor, verhoogt dit ook het risico op infecties door insecten.



bekend voorbeeld, waarbij virus- en bacteriezieke planten worden verwijderd. Verder wordt er met name in de vollegrondsgroenteteelt gewerkt met insectengaas om insecten buiten het gewas te houden. Uit ervaringen op proeflocaties blijken de voordelen niet altijd op te wegen tegen de nadelen (zie kader Insectengaas en katoendoek).

2.3.2 Biologische methoden

Bij biologische controle zijn twee hoofdcategorieën te onderscheiden: inzet van organismen bij de bestrijding van andere schadelijke organismen, en de inzet van chemische middelen van natuurlijke oorsprong (GNO's). Bij de inzet van organismen wordt gebruik gemaakt van natuurlijke parasitering, predatie of infectie van plaagorganismen. Deze effecten worden nu gericht ingezet in de teelt van gewassen. Dat kan door introductie van exotische soorten, door uitzetten van inheemse soorten of door het stimuleren van in de omgeving aanwezige soorten (zie het kader over functionele biodiversiteit in paragraaf 2.1.1).

Aaltjes kunnen slakken bestrijden

Door PPO is een methode ontwikkeld waarbij slakken biologisch worden bestreden. Daartoe wordt een aaltje (*Phasmarhabditis*) verspreid over het perceel, wat een dodelijke bacterie overbrengt op slakken.

De methode blijkt in het onderzoek succesvol en wordt in 2003 in de praktijk geïntroduceerd. Met name spruitkooltelers hebben hiervoor belangstelling, omdat er steeds minder chemische middelen beschikbaar zijn ter bestrijding van slakken.



Onder vochtige omstandigheden kruipen slakken tot boven in de spruiten; de aangerichte schade kan groot zijn

De inzet van exotische soorten kan ongewenste effecten veroorzaken in het ecosysteem, zoals ongeremde vermenigvuldiging van de soort of schade aan andere organismen. Mede om deze reden is in de nieuwe Flora- en Faunawet het uitzetten van exotische insecten verboden. In veel gevallen is er sprake van een evenwichtssituatie tussen bestrijder en plaagorganisme, zeker wanneer het een specifieke predator-prooi relatie betreft. De bestrijder kan dan niet overleven zodra het plaagorganisme verdwenen is. Soms is herhaalde introductie van bestrijders noodzakelijk

omdat een biologisch evenwicht niet mogelijk is. Dit is het geval bij korte teelten of langdurige onderbrekingen tussen teelten, of bij een zeer lage tolerantie voor het schade-organisme.

2.3.2.1 Ziekten

Ter bestrijding van ziekten (schimmels, bacteriën) kunnen antagonisten worden ingezet. Deze ontwikkeling is relatief nieuw, maar er zijn inmiddels enkele voorbeelden: Een variant van de schimmel *Verticillium* heeft vermoedelijk effect tegen de schimmelziekte *Rhizoctonia solanii* in aardappelen, en de bacterie *Streptomyces sp.* wordt ingezet ter bestrijding van de schimmel *Fusarium sp.* Hierbij is het van belang dat de antagonist geen schade aanricht aan het gewas, aan andere natuurlijke vijanden of aan het ecosysteem.

Er zijn diverse biologische bestrijdingsmiddelen toegelaten ter bestrijding van ziekten. Het gebruik in de biologische sector is omstreken, maar voor de geïntegreerde gewasbescherming kunnen biologische middelen een alternatief zijn, indien de milieubelasting lager is dan die van de gangbare middelen en het biologische middel effectief is. Voorbeelden van biologische fungiciden zijn koper-oxichloride (hoopt op in de bodem, is giftig voor bodem- en waterorganismen) en zwavel (geen negatieve effecten bekend).

2.3.2.2 Plagen

De mogelijkheden voor biologische beheersing van plagen zijn al verder ontwikkeld. Het meest bekend is het gebruik van natuurlijke vijanden tegen plaaginsecten: Parasieten, zoals sluipwespen tegen larven en rupsen, of predatoren, bijvoorbeeld lieveheersbeestjes, tegen bladluizen.

In het onderzoek van PPO wordt *Tagetes* (afrikaantje) succesvol ingezet tegen diverse aaltjes, omdat dit gewas actief aaltjes bestrijdt. *Tagetes* wordt dan voorafgaand aan het gevoelige gewas geteeld.

De inzet van aaltjes, schimmels, bacteriën en virussen tegen plagen komt ook voor, soms met behulp van vector-organismen die de besmetting van het plaagorganisme tot stand brengen (zie kader Aaltjes kunnen slakken bestrijden). Op de proeflocatie Westmaas zijn proeven gedaan met de bestrijding van slakken door eenden.

Een specifieke methode is de Steriele InsectenTechniek (SIT) in uien, waarbij steriele mannelijke uienvliegen worden losgelaten die verhinderen dat de eitjes van de vrouwtjes bevrucht worden.

Er zijn diverse biologische middelen ter bestrijding van insecten, zoals *Bacillus thuringiensis* en Pyrethrum. *Bacillus thuringiensis* bestaat uit sporen en celfragmenten van de gelijknamige bacterie, en werkt selectief tegen rupsen. Pyrethrum (pyrethrine) is een plantaardig extract met een brede werking tegen insecten, waardoor ook natuurlijke vijanden worden gedood.

2.3.2.3 Onkruiden

De biologische bestrijding van onkruiden is minder ver ontwikkeld. In een graanstoppel kunnen bijvoorbeeld kippen losgelaten worden om kiemplantjes en gemorste zaden op te eten. In het onderzoek wordt momenteel gekeken of loopkevers onkruidzaden eten (zaadpredatie). Door gericht randenbeheer en een geschikte perceelsindeling zou zaadpredatie door loopkevers beter benut kunnen worden. Verder kunnen mogelijk schimmels, bacteriën, virussen of chemische stoffen van natuurlijke oorsprong worden ingezet tegen onkruiden, waarbij het risico op gewasschade moet worden uitgesloten. Deze mogelijkheden verkeren momenteel nog in de onderzoeksfase.

2.3.3 Selectie van chemische methoden

Als er geen geschikte niet-chemische alternatieven beschikbaar zijn, moeten chemische gewasbeschermingsmiddelen ingezet worden. Het begrip “geschikt alternatief” is erg rekbaar. Niet-chemische maatregelen worden in praktijksituaties vaak getoetst aan het gemak en de effectiviteit van chemische toepassingen. Beoordelingscriteria zijn dan onder anderen effectiviteit, uitvoerbaarheid, risico, arbeidsinzet en kosten. Bij de keuze voor een specifieke chemische bijdrage aan de strategie wordt gelet op de volgende aspecten van de toepassing:

- optimale effectiviteit,
- minimale emissie naar het milieu,
- zo laag mogelijk schaderisico voor het bodemleven, het waterleven en natuurlijke vijanden.

2.3.3.1 Optimale effectiviteit

Een chemische behandeling wordt beoordeeld op selectiviteit voor het doelorganisme en effectiviteit van de toepassing. Een selectief middel bestrijdt alleen het doelorganisme, en veroorzaakt geen schade aan het gewas, de omgeving en andere organismen. Breedwerkende middelen doden vaak ook natuurlijke vijanden of verstoren het natuurlijke evenwicht van het ecosysteem, waardoor andere plagen kunnen ontstaan. De selectiviteit en effectiviteit worden bepaald door de karakteristieken van de actieve stof (de werkzame bestanddelen in een middel), de formulering, de klimaatomstandigheden (temperatuur, vochtigheid) en de dosering.

Een aantal effectiviteitsbepalende weersfactoren zijn voor een aantal gewassen en middeltoepassingen samengebracht in beslissingsondersteunende computerprogramma's, die het optimale bespuitingstijdstip kunnen berekenen. Een goed voorbeeld hiervan is het computerprogramma GEWIS (Gewasbescherming En Weer Informatie Systeem), dat ontwikkeld is door PPO in samenwerking met LTO-Nederland, DLV-adviesgroep, ATC en software-producent Opticrop. Een toepassing met optimale effectiviteit kan bijdragen aan een beperkt middelengebruik.

2.3.3.2 Minimale emissie en milieuschade

De mate van emissie van gewasbeschermingsmiddelen naar de omgeving wordt bepaald door de actieve stof karakteristieken en de toepassingswijze. In het omringende milieu kunnen gewasbeschermingsmiddelen of hun residuen schade toebrengen aan flora en fauna, afhankelijk van de toxiciteit van de actieve stof en de aanwezige concentratie in relatie tot de tolerantie van de betrokken organismen.

- De chemisch-fysische eigenschappen van een actieve stof zijn bepalend voor de vluchtigheid (emissie naar de lucht), mobiliteit en persistentie in de bodem (emissie naar grondwater en bodem) en giftigheid (schade aan water- en bodemorganismen). Een belangrijk hulpmiddel bij het verkrijgen van inzicht in de actieve stof karakteristieken zijn de Gewasbeschermingskaarten, waarbij met kleur wordt aangegeven of emissie- en schaderisico's die optreden bij een toepassing aanvaardbaar zijn of niet (zie bijlage 2). De middelselectie op teelt- en bedrijfsniveau wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 4. De wijze van kwantificeren van emissie en schaderisico's in Hoofdstuk 3.
- De toepassingswijze heeft eveneens invloed op de emissie, en daarmee indirect op de milieuschade. Verlaagde doseringen reduceren de emissie. Lage Doseringssystemen (LDS), rijenspuiten en het gebruik van luchtondersteuning beperken de actieve stof inzet en emissie naar buiten het perceel, driftarme doppen of kantdoppen beperken alleen de emissie.
- De emissie naar de naastgelegen sloot of naar andere (gevoelige) gewassen kan beperkt worden door het vergroten van de afstand door de aanleg van teeltvrije zones, of door gebruik van een vanggewas of emissiescherm tussen het gewas en de sloot of het naastgelegen perceel.

2.4 Ontwerp van de strategie

Met behulp van de hierboven beschreven werkwijze wordt een samenhangende strategie ontworpen per teelt. Deze strategie integreert preventieve methoden met chemische en niet-chemische methoden ter voorkoming en bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden. Er zijn een aantal randvoorwaarden waaraan methoden en middelen moeten voldoen:

1. Uitvoerbaarheid. Hierbij spelen vooral gebruiksgemak en inzichtelijkheid een rol,
2. Effectiviteit. De werking moet betrouwbaar zijn en het gewenste effect bereiken,
3. Aanvaardbare kosten. De effectiviteit en de kosten in vergelijking met alternatieven zijn bepalend voor de aanvaardbaarheid voor de gebruiker,
4. Acceptatie. Hierbij spelen zowel sociale als persoonlijke motieven een rol,

5. Flexibiliteit. De strategie moet over voldoende alternatieven beschikken en ruimte bieden aan ingrijpen bij onvoorziene omstandigheden, zoals extreme weersituaties of hogere ziektedruk.

De bovengenoemde eisen geven aan dat de geïntegreerde gewasbeschermingsstrategie uitgaat van de realiteit van de teler. Chemische methoden vormen nog steeds een wezenlijk onderdeel van de strategie, omdat deze in de meeste gevallen onmisbaar zijn om een acceptabele kwaliteitsproductie te behalen.

2.5 Gewasbeschermingsplan

Uiteindelijk worden de strategieën van de teelten samengevoegd in het gewasbeschermingsplan op bedrijfs-

niveau. Ook de strategieën tegen aaltjes worden op deze manier meegenomen (zie kader AaltjesBeheersings-Strategie). In het gewasbeschermingsplan worden methoden en technieken op teelt- en handelingsniveau op elkaar afgestemd, zodat een samenhangend plan ontstaat. Dit plan wordt vervolgens afgestemd met de andere bedrijfsstrategieën, zoals de bemestingsstrategie, de vruchtwisseling en de grondbewerkingen. Soms ontstaat hier een spanningsveld, omdat binnen de economische doelstellingen de andere bedrijfsonderdelen niet verder geoptimaliseerd kunnen worden, waardoor de gewasbeschermingsstrategie de overige problemen moet oplossen. De ontworpen gewasbeschermingsstrategie wordt vervolgens in de praktijk gebracht en verder geoptimaliseerd. De wijze van testen en verbeteren wordt uitvoerig beschreven in hoofdstuk 4.

ABS: AaltjesBeheersingsStrategie

Een aantal regio's in Nederland hebben te maken met ernstige aaltjesproblematiek. Deze wordt enerzijds veroorzaakt door de nauwe vruchtwisseling, anderzijds ook door de gewas- en rassenkeuze. Met name in het verleden werden deze problemen rigoureus aangepakt met grondontsmetting, met grote negatieve gevolgen voor het milieu. De beschikbaarheid van grondontsmettingsmiddelen en de frequentie waarin ze gebruikt mogen worden is inmiddels danig beperkt. Op basis van de aanpak in het bedrijfssystemenonderzoek op de locatie Vredepeel is door PPO een AaltjesBeheersingsStrategie (ABS) ontwikkeld. Deze is gericht op het niet-chemisch beheersen van bodemgezondheidsproblemen.

In de ABS wordt op basis van een probleeminventarisatie een bouwplan samengesteld waarin rekening wordt gehouden met waardplantgeschiktheid en schadegevoeligheid voor de aangetroffen aaltjes. Bemesting en economie worden betrokken bij de oplossing. Het verruimen van de rotatie is in een aantal gevallen economisch niet acceptabel. In die gevallen worden aanvullende maatregelen opgenomen, zoals

zwarte braak en vanggewassen. In laatste instantie wordt chemische grondontsmetting toegepast. Uit onderzoeksresultaten blijkt dat het mogelijk is om grondontsmetting te voorkomen met de ABS.



Wortelknobbelaaltjes vragen om een strenge ABS

3. Milieubelasting en middelenselectie

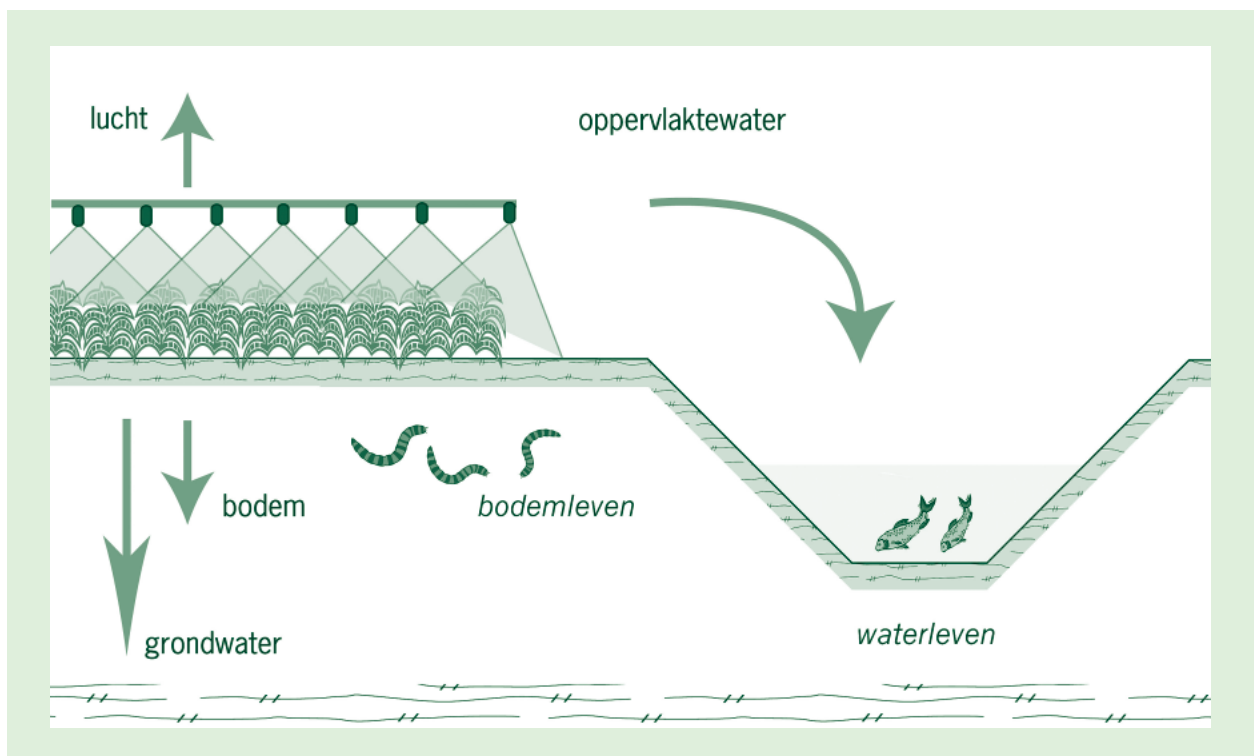
Vanaf midden jaren tachtig wordt het verbruik van gewasbeschermingsmiddelen berekend in kilogrammen actieve stof (de werkzame bestanddelen van het middel). Dit geeft de omvang van het verbruik zuiverder weer dan de verbruikte hoeveelheid middel (formuleringen kunnen sterk verschillen). Sinds begin jaren negentig verschuift de aandacht bij het evalueren van de inzet van gewasbeschermingsmiddelen van actieve stof naar milieubelasting. Terecht, want vermindering van de milieubelasting is het uiteindelijke doel van zowel de overheid als de moderne ondernemer. Bij milieubelasting moet onderscheid gemaakt worden tussen emissie naar de milieucompartimenten bodem, water en lucht enerzijds en de daar optredende schade aan levende organismen anderzijds (Figuur 3.1). Beide effecten kunnen berekend worden met moderne instrumenten, zoals de Blootstellingen Risico Index (BRI, emissie, bodem, grondwater en lucht) en de MilieuBelastingsPunten (MBP, schade, water- en bodemleven). De mogelijke ecologische gevolgen van residuen van gewasbeschermingsmiddelen zijn slechts ten dele bekend. Door de emissie van middelen naar de diverse milieucompartimenten te verminderen kan vervolgschade voorkomen worden.

Voor de genoemde maatstaven worden in het bedrijfs-systeemonderzoek van PPO (proeflocaties en praktijk-

netwerken) toekomstgerichte streefwaarden gebruikt die invulling geven aan het ambitieniveau van de overheid met betrekking tot het terugdringen van emissie en eventuele vervolgschade. Voor de emissie naar het grondwater geldt een EU-norm.

Actieve stof inzet

De inzet van actieve stof is een indicatie voor de inzet van chemische gewasbescherming. Uitgaande van geïntegreerde gewasbescherming kan steeds bij de huidige “stand van de techniek” een inschatting gegeven worden van de noodzakelijke hoeveelheid actieve stof. Dit principe wordt ALARA genoemd, As Low As Reasonably Acceptable. “Acceptable” kan zowel verwijzen naar een acceptabel resultaat in economische termen (kosten, effectieve bestrijding) als naar bedrijfsvoeringsaspecten zoals uitvoerbaarheid en mate van risico. De ALARA-benadering leidt tot bedrijfsspecifieke streefwaarden, omdat de term “acceptable” per bedrijf anders ingevuld wordt. De ontwikkeling van meer milieuvriendelijke alternatieven, zoals nieuwe middelen met lagere milieubelasting, mechanische onkruidbestrijding en de inzet van resistente rassen en natuurlijke vijanden kan reden zijn om de streefwaarde verder te verlagen.



Figuur 3.1 Schematische weergave van de emissieroutes en milieuschade van gewasbeschermingsmiddelen

3.1 Emissie

Er zijn vier emissieroutes te onderscheiden:

- naar de lucht, door vervluchtiging,
- naar het oppervlaktewater, enerzijds door druppeldrift tijdens de toepassing, anderzijds door uit- en afspoeling,
- naar de bodem,
- naar het grondwater, door uitspoeling.

Gewasbeschermingsmiddelen kunnen via de emissieroute lucht in potentie overal terecht komen. In de lucht zijn de actieve stoffen onderhevig aan afbraak (voornamelijk fotolyse onder invloed van zonlicht). Er bestaan grote verschillen in afbraaksnelheid en gedrag in de lucht. Zo stijgen sommige actieve stoffen tot hogere delen van de atmosfeer, waar ze over grote afstanden getransporteerd worden en vervolgens ver weg van de plaats waar ze gebruikt zijn via droge en/of natte depositie weer neerslaan (Simonich en Hites, 1995). Andere middelen slaan relatief dicht bij de plaats van toepassing neer. Over het gedrag van stoffen in de lucht of atmosfeer is relatief weinig bekend. Volgens inschattingen in de tussenevaluatie van het MJP-G (MJP-G emissie-evaluatie 1995: Woittiez *et al.*, 1996), wordt ongeveer tweederde van de oppervlaktewaterbelasting veroorzaakt door deze diffuse atmosferische depositie. De zo gevreesde puntbelastingen van het oppervlaktewater komen echter vooral tot stand door druppeldrift tijdens de toepassing.

Het overheidsbeleid heeft drie emissiedoelstellingen geformuleerd, voortkomend uit het MJP-G en EU-verordeningen. Voor de emissie naar de lucht heeft het MJP-G 90% reductie als doel gesteld voor 2000, ten opzichte van de referentieperiode 1984-1988. Deze 90% geldt eveneens voor de emissie naar oppervlaktewater. Door de EU zijn normen gesteld voor de maximale concentratie van actieve stoffen in het grondwater; 0,5 ppb op bedrijfsniveau (voor alle actieve stoffen samen) en 0,1 ppb per actieve stof toepassing.

Omdat de werkelijke emissie afhankelijk is van een aantal moeilijk meetbare en controleerbare factoren, is een berekeningswijze ontwikkeld die de emissie berekent, uitgaande van maximale risico (Wijnands, 1997). Deze draagt de naam Blootstellingen Risico Index (BRI) en berekend voor de verschillende emissieroutes de BRI-lucht, BRI-bodem en BRI-grondwater. In onderstaande

paragrafen worden deze maatstaven technisch-inhoudelijk besproken. De maatstaf BRI-oppervlaktewater is nog in ontwikkeling en wordt hier niet besproken.

3.1.1 BRI-lucht

De emissie naar de lucht is grotendeels het gevolg van vervluchtiging van actieve stoffen ná een bespuiting. In de tussenevaluatie van het MJP-G uit 1996 wordt door TNO berekend dat ongeveer 20 tot 35% van het totale actieve stof verbruik in Nederland in de MJP-G referentieperiode via verdamping in de lucht terecht komt. (MJP-G emissie-evaluatie 1995: Woittiez *et al.*, 1996). Veelal treedt de grootste emissie op binnen enkele dagen na de bespuiting. Op grond van de dampspanning van een actieve stof kan ingeschat worden welke fractie van de verspotten hoeveelheid zal verdampen. In de genoemde emissiestudie van TNO wordt de dampspanning gekwalificeerd als beste schatter van de verdamping. Verschillende categorieën dampspanning, variërend van zeer vluchtig tot zeer weinig vluchtig, zijn vertaald in een fractie (emissiefactor) die zal verdampen (zie tabel 3.1).

De berekening met behulp van de dampspanning is in principe geldig voor de verdamping van een vloeistof en niet voor de verdamping van een stof die is opgelost in een vloeistof. Daarvoor is de Henry-constante (K_H) beter geschikt. Maar uit onderzoek van TNO (Baas, mondelinge mededeling, 1999) is gebleken dat het hanteren van de K_H niet leidt tot een betere schatting geeft dan de dampspanning.

De formule voor de berekening van de BRI-lucht luidt:

$$\text{BRI-lucht (kg actieve stof/ha)} = \text{verbruik actieve stof (kg/ha)} * (\text{emissiefactor}/100)$$

Streefwaarde:

Op bedrijfsniveau is deze afgeleid van de MJP-G doelstelling van 90% reductie ten opzichte van de berekende gemiddelde emissie naar de lucht in de periode 1984-1988. Op teelt- en bedrijfsniveau komt dit neer op maximaal 0,7 kg actieve stof per hectare. Per toepassing is geen streefwaarde van toepassing, maar is een richtlijn vastgesteld op 0,2 kg actieve stof per hectare.

Tabel 3.1 Dampspanningsklassen en emissiefactoren

Dampspanningsklasse	Dampspanning (Pascal)	Emissiefactor (%)
Zeer vluchtig	>10 ⁻²	95
Vluchtig	10 ⁻³ - 10 ⁻²	50
Matig vluchtig	10 ⁻⁴ - 10 ⁻³	15
Weinig vluchtig	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴	5
Zeer weinig vluchtig	<10 ⁻⁵	1

Beschikbaarheid gegevens en bronnen:

De dampspanning gemeten onder gestandaardiseerde omstandigheden is voor vrijwel alle actieve stoffen beschikbaar. Deze wordt gepubliceerd in de toelatingsbeschikkingen van het CTB (het College voor de Toelating van Bestrijdingsmiddelen), The Pesticide Manual van the British Crop Protection Council (BCPC), en de laatste jaren op steeds meer internationale internetsites. Een maal per jaar worden de gegevens geactualiseerd, waarbij de Nederlandse bronnen prioriteit krijgen boven de buitenlandse in verband met de representativiteit van de proefomstandigheden.

3.1.2 BRI-grondwater

Een deel van het verspoten middel komt rechtstreeks of door afspoeling van het gewas in de bodem terecht. De uiteindelijke emissie naar het grondwater wordt voornamelijk bepaald door de persistentie van de actieve stoffen in de bodem (halfwaardetijd = DT_{50}), de adsorptie aan organische stof (K_{om}) en het tijdstip van toepassing (in relatie tot het neerslagoverschot).

De emissie naar het grondwater wordt door het CTB op grond van deze aspecten berekend met computermodellen. Het tijdstip van toepassing is gekoppeld aan het neerslagoverschot en verdeeld in twee perioden: 1 maart tot 1 september (laag neerslagoverschot) en 1 september tot 1 maart (hoog neerslagoverschot). De berekeningen worden per periode voor vijf organische stof klassen uitgevoerd (zie tabel 3.2). In totaal worden er dus 10 (2 perioden maal 5 organische stof klassen) BRI-waarden berekend. Voor de meeste actieve stoffen geldt; hoe meer organische stof in de bodem, hoe sterker de adsorptie, en hoe minder snel de actieve stof uitspoelt. Bij zo'n 20% van de actieve stoffen is het uitspoelingsrisico niet afhankelijk van het organisch stof gehalte.

Het CLM (Centrum Landbouw en Milieu) gebruikt deze berekeningen als uitgangspunt bij het vaststellen van hun indicator MBP-grondwater. De uitkomsten van de modelberekeningen worden gestandaardiseerd naar MBP waarbij 100 MBP-punten overeenkomt met 0,1 ppb, de toegelaten hoeveelheid per actieve stof toepassing volgens de EU normering (Anonymous, 1994). Deze waarden worden door PPO weer terug omgerekend van relatieve getallen naar hoeveelheden (door de punten door 1000 te delen) uitgedrukt in ppb. Door vervolgens het werkelijk

actieve stof verbruik hieraan te koppelen wordt de BRI-grondwater berekend.

De formule voor de berekening van de BRI-grondwater luidt:

$$\text{BRI-grondwater (ppb)} = \frac{\text{verbruik actieve stof (kg/ha)} * \text{BRI-waarde risico van uitspoeling (ppb)}}{1}$$

Streefwaarden:

De uitkomst van de berekening wordt getoetst aan de EU-drinkwaternormen van 0,1 en 0,5 ppb per bespuiting respectievelijk op teelt- en bedrijfsniveau.

Beschikbaarheid gegevens en bronnen:

De basisgegevens voor de berekening, de MBP-waarden per actieve stof voor het risico van uitspoeling, worden middels een abonnement bij het CLM verkregen en 1 maal per kwartaal geactualiseerd.

3.1.3 BRI-bodem

Hoe lang een actieve stof in de bodem (lees bouwvoor) aanwezig blijft hangt samen met de persistentie in de bodem ("afbraakresistentie") en de mate van uitspoeling (zie 3.1.2, BRI-grondwater). De persistentie wordt bepaald door de halfwaardetijd (DT_{50}) van de actieve stof. De DT_{50} wordt in proeven voor de toelating van actieve stoffen en gewasbeschermingsmiddelen zowel in het lab als in veldstudies bepaald en is gekoppeld aan microbiële activiteit. Voor de berekening van bodembelasting gebruikt PPO enkel de DT_{50} . Met de verbruikte hoeveelheid actieve stof en de DT_{50} kan op ieder moment in de tijd na de toepassing de resthoeveelheid bepaald worden. De afbraakcurve is een asymptoot die tot nul nadert. De oppervlakte onder deze asymptoot is een goede maat voor de "cumulatieve" (in de tijd gezien) belasting van de bodem met een actieve stof. Hiermee wordt het maximale risico berekend omdat verlies door uitspoeling genegeerd wordt. Deze maatstaf heeft een wat afwijkende eenheid op ten opzichte van de andere BRI-maatstaven, namelijk kilogram dagen per hectare.

De formule voor de berekening van de BRI-bodem luidt:

$$\text{BRI-bodem (kg dagen/ha)} = \frac{\text{verbruik actieve stof (kg/ha)} * (\text{DT}_{50} \text{ (dagen)} / \text{LN } 2)}{1}$$

Streefwaarden:

De streefwaarde voor de BRI-bodem is op teelt- en bedrijfsniveau afgeleid van technische resultaten en ervaringen op de experimentele locaties van PPO en bedraagt 200 kg dagen per hectare. De richtlijn per toepassing is 50 kg dagen per hectare.

Tabel 3.2 Organische stof klassen

% organische stof	Organische stof klasse
<1,5	1
1,5 - 3	2
3 - 6	3
6 - 12	4
>12	5

Beschikbaarheid gegevens en bronnen:

De DT_{50} gemeten onder gestandaardiseerde omstandigheden is voor vrijwel alle actieve stoffen beschikbaar. Deze wordt gepubliceerd in de toelatingsbeschikkingen van het CTB (het College voor de Toelating van Bestrijdingsmiddelen), The Pesticide Manual van the British Crop Protection Council (BCPC), het Handboek Bestrijdingsmiddelen van de Universiteit van Amsterdam (UVA), en de laatste jaren op steeds meer internationale internetsites. Een maal per jaar worden de gegevens waar PPO mee rekent geactualiseerd, waarbij de Nederlandse bronnen prioriteit krijgen boven de buitenlandse in verband met de representativiteit van de proefomstandigheden.

3.2 Schaderisico's

De aanwezigheid van actieve stoffen van gewasbeschermingsmiddelen kan in de diverse milieucompartimenten leiden tot ecologische vervolgschade. Door het CLM is een methode ontwikkeld om het schaderisico te berekenen voor organismen in het oppervlaktewater van de belendende watergangen (sloten) en voor organismen in de bodem, de zogenaamde MilieuBelastingsPunten (MBP). De CLM-methode bevat ook de maatstaf MBP-grondwater, maar deze is in feite een indicatie voor de emissie in plaats van de schade. Om deze reden is de berekening van de MBP-grondwater vertaald naar de maatstaf BRI-grondwater (zie paragraaf 3.1.2, BRI-grondwater), waardoor er twee MBP-maatstaven in onderstaande bespreking overblijven.

3.2.1 MBP-waterleven

Voor de berekening van schade aan waterorganismen in het oppervlaktewater wordt de zogenoemde risk/ratio benadering gevolgd. Eerst wordt vastgesteld wat de concentratie van een actieve stof in het water is, vervolgens wordt deze vergeleken met de concentraties waarbij schade aan bepaalde groepen waterorganismen optreedt. De concentratie van de actieve stof in de sloot is afhankelijk van de inhoud van de sloot, de verversing door stroming

en de hoeveelheid actieve stof die in de sloot terechtkomt. De hoeveelheid actieve stof die in de sloot terechtkomt is de resultante van de druppeldrift tijdens een bespuiting welke wordt bepaald door de dosering, de spuittechniek, de afstand tot de sloot, de windsnelheid en windrichting. De concentratie waarbij schade optreedt is afhankelijk van de toxiciteit van de actieve stof (c.q. de gevoeligheid van de waterorganismen), en de watertemperatuur. Omdat de exacte berekening van de te verwachten concentratie complex is, en per geval verschillend is, wordt uitgegaan van een gestandaardiseerde en vereenvoudigde berekening. Hierbij wordt aangenomen dat:

- Het driftpercentage een maat is voor de hoeveelheid actieve stof die in de sloot terechtkomt. Deze is met behulp van metingen en modelberekeningen vastgesteld, afhankelijk van de afstand tot de sloot en de spuittechniek. Aangenomen wordt dat de wind naar de sloot is gericht en dat de windsnelheid 3 meter per seconde bedraagt. De gebruikte driftpercentages bij verschillende teeltvrije zones worden weergegeven in tabel 3.3. Deze tabel is het resultaat van een interpolatie tussen een aantal metingen van het IMAG (Huijsmans *et al.*, 1997),
- Er sprake is van een momentopname, waardoor stroming in de sloot geen rol speelt,
- Er geen aanvoer is van actieve stof door uit- en afspoeling. Aangenomen wordt dat de actieve stof die door drift in de sloot terecht komt zich gelijk en uniform verdeelt door het slootwater,
- Er sprake is van een standaardsloot. De vorm en de inhoud van de sloot worden gestandaardiseerd. De taluds aan beide zijden zijn 1,5 m breed en 1 m hoog, het wateroppervlak is 1 m breed.

De resulterende concentratie van de actieve stof in de standaardsloot wordt getoetst aan de Lethal Concentration (LC_{50} , concentratie waarbij 50% van de proefdieren sterft) van diverse waterorganismen. Bij de vaststelling van de MBP-waarde wordt aan drie groepen organismen getoetst: vissen, kreeftachtigen en algen, als representanten van het ecosysteem in de sloot.



Het drift% is onder anderen afhankelijk van de spuittechniek en en afstand van de laatste gewasrij tot de sloot

Tabel 3.3 Driftpercentage (%) afhankelijk van de spuittechniek bij verschillende afstanden (cm) tot de sloot

Afstand sloot (cm)	Spuittechniek				
	volveldsspuit	volveldsspuit + kantdoppen	volveldsspuit + driftdoppen	volveldsspuit + luchtondersteuning	rijenspuit/rugspuit
≤75	5,00	4,50	4,00	2,35	2,50
100	4,35	3,92	3,48	2,04	2,18
125	3,70	3,33	2,96	1,74	1,85
150	3,05	2,75	2,44	1,43	1,53
175	2,40	2,16	1,92	1,13	1,20
200	2,21	1,99	1,77	1,04	1,11
225	2,03	1,82	1,62	0,95	1,01
250	1,84	1,65	1,47	0,86	0,92
275	1,65	1,49	1,32	0,78	0,83
300	1,36	1,23	1,09	0,64	0,68
325	1,08	0,97	0,86	0,51	0,54
350	0,79	0,71	0,63	0,37	0,39
≥ 375	0,50	0,45	0,40	0,24	0,25

Voor berekening van de MBP-waarde wordt steeds per actieve stof de LC₅₀ van het meest gevoelige organisme genomen. De MBP-waarden gelden voor 1 kg actieve stof en 1% drift.

De formule voor de berekening van de MBP-waterleven luidt:

$$\text{MBP-waterleven} = \text{verbruik actieve stof (kg/ha)} * \text{drift (\%)} * \text{MBP-waarde waterleven}$$

Streefwaarden:

De streefwaarde voor de MBP-waterleven ligt per toepassing op maximaal 10 punten. Dat betekent dat bij een score van 10 de concentratie van de actieve stof gelijk is aan 1/10de (gebruikelijke veiligheidsmarge) van de LC₅₀ van het meest gevoelige organisme. Per teelt wordt het percentage van het aantal bespuitingen dat een overschrijding veroorzaakt vastgesteld. Dus het percentage bespuitingen boven de 10 punten. Deze percentages worden gemiddeld op bedrijfsniveau en getoetst aan de streefwaarde van 0% overschrijding.

Beschikbaarheid gegevens en bronnen:

De basisgegevens voor de berekening, de MBP-waarden per actieve stof voor waterleven worden middels een abonnement bij het CLM verkregen en 1 maal per kwartaal geactualiseerd.

3.2.2 MBP-bodemleven

De berekening van het schaderisico voor bodemleven volgt twee sporen. Het eerste spoor berekent het risico voor regenwormen direct na de bespuiting, door vergelijking van de concentratie van de actieve stof in de bovenste 2,5 cm van de grond met de acute giftigheid (LC₅₀) voor regenwormen. Het tweede spoor berekent het risico voor bodemorganismen op langere termijn door vergelijking van de concentratie van de actieve stof in de bovenste 20 cm na twee jaar met de NOEC (No Observed Effect Concentration). Hierbij wordt tevens rekening gehouden met de organische stof klasse van de bodem (zie paragraaf 3.1.2). De NOEC is de maximale concentratie van een actieve stof in de bodem die geen negatieve effecten oplevert voor bodemorganismen. De uitkomst van de berekening met het hoogste risico wordt gestandaardiseerd naar een puntenaantal en vormt de MBP-waarde van de actieve stof.

Probleem van deze benaderingswijze is het gebrek aan basisgegevens: de LC₅₀ voor regenwormen of de NOEC voor bodemorganismen is slechts van zeer weinig actieve stoffen bekend. Als vervanging wordt gekozen voor de LC₅₀ van waterorganismen met een veiligheidsmarge van een factor 10. Om aan een toetsconcentratie te komen wordt de na 2 jaar nog aanwezige hoeveelheid actieve stof in de bodem (na twee jaar afbraak met de standaard DT₅₀) opgelost in het bodemvocht (de hoeveelheid vocht in een bouwvoor van 20 cm van een standaardgrond bij veldverzadiging). Evenals bij de MBP-waterleven wordt de LC₅₀ van het gevoeligste waterorganisme gekozen. Deze werkwijze zorgt ervoor dat de berekening relatief veel aannames bevat, waardoor de uitkomst minder betrouwbaar is dan de overige maatstaven.

De formule voor de berekening van de MBP-bodemleven luidt:

$$\text{MBP-bodemleven} = \text{verbruik actieve stof (kg/ha)} * \text{MBP-waarde bodemleven}$$

Streefwaarden:

De streefwaarde voor MBP-bodemleven is 100 milieubelastingspunten per bespuiting. Per teelt wordt het percentage van het aantal bespuitingen dat een overschrijding veroorzaakt vastgesteld. Dus het percentage bespuitingen boven de 100 punten. Deze percentages worden gemiddeld op bedrijfsniveau en getoetst aan de streefwaarde van 0% overschrijding.

Beschikbaarheid gegevens en bronnen:

De basisgegevens voor de berekening, de MBP-waarden per actieve stof voor bodemleven worden middels een abonnement bij het CLM verkregen en 1 maal per kwartaal geactualiseerd.

3.3 Beoordeling en prioritering

De bovengenoemde set maatstaven is geschikt om de milieubelasting van een toepassing, teelt of bedrijf te beoordelen, maar ook om uit de beschikbare gewasbeschermingsmiddelen voor een bepaalde toepassing de minst belastende te kiezen.

Omdat er meerdere maatstaven tegelijk worden beoordeeld, is het noodzakelijk om prioritering aan te brengen. Welke maatstaf is echter het belangrijkste? Hoe maak je een afweging? Preventie van emissie komt methodisch gezien op de eerste plaats, hetzij omdat slechts ten dele bekend is wat daarvan de mogelijke ecologische gevolgen zijn (lucht), hetzij vanwege de EU-normering (grondwater). De ecologische gevolgen komen pas op de tweede plaats. Daarmee kan voorkomen worden dat de

schijnzekerheid die de (per definitie) onvolledige kwantificering van ecologische risico's kan bieden leidt tot stagnerende innovatiedrang. Het voorgaande overwegende, is de volgende prioriteitenvolgorde vastgesteld; BRI-lucht, MBP-waterleven, BRI-grondwater gevolgd door BRI-bodem en MBP-bodemleven. De emissie naar de lucht staat op de eerste plaats, omdat dit de grootste en meest onbekende emissieroute is naar buiten het bedrijf. Ook beleidsmatig (MJP-G) is er veel aandacht voor deze maatstaf. De BRI-lucht wordt gevolgd door de MBP-waterleven. De effecten van gewasbeschermingsmiddelen op het aquatisch leven en de ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater zijn belangrijke aandachtsvelden van waterkwaliteitsbeheerders. Dan volgt bijna ex-equo de BRI-grondwater (grondwaterkwaliteit en EU-normen). Sluitpost is de ophoping in de bodem en de mogelijke schadelijke gevolgen daar (laagste betrouwbaarheid). De hoeveelheid actieve stof is niet van invloed op de middelenkeuze, omdat deze maatstaf nauwelijks verband heeft met de milieubelasting. De streefwaarde voor alle maatstaven worden samengevat in tabel 3.5.

Bij de selectie van gewasbeschermingsmiddelen zijn de gewasbeschermingskaarten een praktische hulpmiddel (zie bijlage 2). Per maatstaf wordt in kleur aangegeven of een middeltoepassing al of niet voldoet aan de streefwaarde of richtlijn. In het kader Voorbeeld middelenselectie wordt een voorbeeld uitgewerkt.

Aan de hand van bovenstaande criteria wordt de milieubelasting gekwantificeerd en geanalyseerd. Daardoor wordt de basis gelegd voor gerichte verbetering van het resultaat. Hoe dat werkt in de complexiteit van het gehele systeem wordt beschreven in hoofdstuk 4: de test- en verbeterprocedure.

Witte roest	0,08	vv_kdd	3,6	,0	0	,0
daconil 500 vloeibaar	3	vv_kdd	3,6	,08	300	1,44
Plagbestrijding						
Bieten- en koolcystenaaltjes						
temik 15g gipsum	22,5	vv_kdd	3,6	2,14	324	19,56
Rupsen, koolluizen, koolgalmug en trips						
orthene	1	vv_kdd	3,6	,11	0	,0
nomolt	0,4	vv_kdd	3,6	,0	411	,0
ekatin	1	vv_kdd	3,6	,25	1	,0
pirimor	0,5	vv_kdd	3,6	,04	189	,13
baythroid-vloeibaar	0,5	vv_kdd	3,6	,0	2571	,0
decis	0,3	vv_kdd	3,6	,0	186	,0
sumioldin super	0,2	vv_kdd	3,6	,0	720	,0
karate	0,15	vv_kdd	3,6	,0	491	,0
Koolvlieg (bij de voet): Bij 33.000 planten per ha						
brilane vloeibaar	6,6	zd	,0	,24	0	,14
brilane granulaat	25	zd	,0	,38	0	,23
Koolvlieg (laaf)	40	zd	,0	,6	0	,36
brabant dimethoat						
pirimor	0,6	vv_kdd	3,6	,04	1	,0
brabant	0,5	vv_kdd	3,6	,04	1	,0



Een belangrijk hulpmiddel bij het selecteren van een middel zijn de gewasbeschermingskaarten

Tabel 3.5 Maatstaven en streefwaarden voor milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen in prioriteitsvolgorde

Maatstaf	Eenheid	Streefwaarde	
		per toepassing	op bedrijfsniveau
BRI-lucht	kg actieve stof/ha	0,2*	0,7
MBP-waterleven	MBP-punten	≤ 10	
	%		0% toepassingen > 10
BRI-grondwater	ppb	0,1	0,5
BRI-bodem	kg dagen/ha	50*	200
MBP-bodemleven	MBP-punten	≤ 100	
	%		0% toepassingen > 100
Actieve stof inzet	kg/ha		ALARA

* richtlijn, geen harde streefwaarde

Voorbeeld middelenselectie

In de gewasbeschermingskaart voor prei (bijlage 2) is te zien dat voor roest in principe vijf middelen beschikbaar zijn.

- 1^e prioriteit heeft de BRI-lucht; 4 van de 5 toepassingen voldoen aan de richtlijn voor BRI-lucht, Corbel niet en valt daardoor af,
- 2^e prioriteit heeft de MBP-waterleven; Folicur 25 WG voldoet niet aan de streefwaarde voor MBP-waterleven, en valt af,
- 3^e prioriteit heeft de BRI-grondwater; Exact voldoet niet aan de streefwaarde bij organische stof klasse 2, maar wel bij organische stof klasse 3 en 4. De organische stof klassen 1 en 5 zijn niet in de kaarten opgenomen omdat ze in de praktijk erg weinig voorkomen,
- De toepassingen met Tilt 250 EC en Kenbyo voldoen aan alle streefwaarden en hebben daarom de voorkeur,
- Omdat Tilt 250 EC ten opzichte van Kenbyo een betere score heeft voor MBP-waterleven heeft gaat de voorkeur uit naar Tilt.



4. Testen en verbeteren

Hoe kan de geïntegreerde gewasbeschermingsstrategie gericht verbeterd worden? Dat gebeurt binnen de methodiek van het prototypen via de procedure van testen en verbeteren. Het testen bestaat uit het vaststellen van de bereikte resultaten in termen van de maatstaven en dus ook het vaststellen van de omvang van het tekort ten opzichte van de streefwaarden. Het verbeteren begint met de analyse van de oorzaak van de tekorten en het zoeken naar gerichte verbetermogelijkheden.

4.1 Maatstaven en streefwaarden

In het bedrijfssysteemonderzoek worden de prestaties van het bedrijfssysteem getoetst aan de hand van thematisch ingedeelde maatstaven. Per maatstaf wordt een streefwaarde vastgesteld, waarmee de prestaties van het systeem kunnen worden getoetst (tabel 4.1). De mate waarin de streefwaarde wordt behaald, wordt uitgedrukt als relatieve waarde tussen nul en één. Hierdoor is het mogelijk om de resultaten van verschillende maatstaven onderling te vergelijken. Grafisch wordt dit weergegeven in een cirkeldiagram (zie kader Weergave resultaten).

De gewasbeschermingsstrategie heeft rechtstreeks invloed op de milieuprestaties, de arbeidsbehoefte (handwieden) en de economische resultaten (met name kosten van arbeid, machines en monsternames en kwaliteitsproductie). Al deze maatstaven zijn dus gezamenlijk van belang bij de beoordeling van de gewasbeschermingsstrategie. De milieuprestaties worden beoordeeld aan de hand van de streefwaarden van de in hoofdstuk 3 behandelde maatstaven. Streefwaarden voor uren handwieden, kwaliteitsproductie per gewas en economische prestaties worden bedrijfsspecifiek vastgesteld.

4.2 Testen en verbeteren: het probleem

Bij het testen en verbeteren van de gewasbeschermingsstrategie wordt dus niet alleen gekeken naar de behaalde resultaten wat betreft de maatstaven voor milieubelasting, maar wordt tevens gekeken naar de resultaten ten aanzien van de kwaliteitsproductie en meer economische aspecten. De fase van testen en verbeteren is sterk probleem- en oplossingsgericht.

Tabel 4.1 Maatstaven en streefwaarden op bedrijfsniveau. Grijs gemarkeerde maatstaven zijn (gedeeltelijk) afhankelijk van de gewasbeschermingsstrategie

Thema	Nr.	Maatstaf	Eenheid	Streefwaarde
Kwaliteitsproductie	1	Kwantiteit	-	1
	2	Kwaliteit	-	1
Schoon milieu	3	N-min november	kg/ha (0-100 cm)	klei 70; zand 45
Nutriënten	4	N-uitspoeling	ppm NO ₃ ⁻	< 50
	5	N-overschot	kg/ha	< 100
	6	P ₂ O ₅ -overschot	kg/ha	< 20
	7	K ₂ O-overschot	kg/ha	< 40
Schoon milieu	8	Actieve stof inzet	kg/ha	< ALARA*
Pesticiden	9a	BRI-lucht	kg actieve stof/ha	< 0,7
	9b	BRI-grondwater	ppb	< 0,5
	9c	BRI-bodem	kg dagen/ha	< 200
	10a	MBP-waterleven	% toepassingen > 10 punten	0
	10b	MBP-bodemleven	% toepassingen > 100 punten	0
Duurzaam beheer	11	Pw bouwvoor	Pw (0-30 cm)	20-30
Productiemiddelen	12	Kali-getal bouwvoor	K-getal (0-30 cm)	klei 18-29; zand 11-19
	13	Effectieve organische stof aanvoer	kg/ha	gelijk aan e.o.s.** afbraak
Continuïteit	14	Opbrengst per € 100 kosten	€	> 100
bedrijfsvoering	15	Uren handwieden	uren/ha	bedrijfsspecifiek

*ALARA: As Low As Reasonably Acceptable, zo laag als redelijkerwijs mogelijk met de huidige stand van de techniek

**e.o.s: effectieve organische stof

Er zijn een aantal stappen te onderscheiden (naar Dekking en Zwart-Roodzant, 2000):

1. Analyse van de huidige situatie en vaststellen van tekorten,
2. Analyse van oorzaken van de tekorten,
3. Vaststellen van prioriteiten,
4. Aangeven van oplossingsrichtingen,
5. Aanpassen gewasbeschermingsplan.

4.2.1 Analyse van de huidige situatie

De resultaten per maatstaf (berekening van gewasbeschermingsmaatstaven) is behandeld in hoofdstuk 3 worden vergeleken met de bijbehorende streefwaarde, zodat tekorten aan het licht komen. Het cirkeldiagram is hiervoor een bruikbaar hulpmiddel, omdat het in één figuur de resultaten van alle maatstaven weergeeft (figuur 4.1). Uit de cirkel valt af te lezen waar de tekorten optreden en hoe groot het tekort is ten opzichte van de streefwaarde. De achterliggende redenen voor de verschillende tekorten worden vervolgens per maatstaf onderzocht.

4.2.2 Analyse van oorzaken en prioriteitsstelling

Aan de hand van drie thema's worden tekorten van de gewasbeschermingsstrategie geanalyseerd: Kwaliteitsproductie, Schoon milieu pesticiden en Continuïteit bedrijfsvoering. Elk van de genoemde thema's wordt hieronder uitgewerkt. Het economische resultaat op bedrijfsniveau wordt maar ten dele bepaald door gewasbescherming, voornamelijk indirect via kwaliteitsproductie en arbeidsinzet. De kosten van de strategie kunnen bij de evaluatie van de strategie een rol spelen.

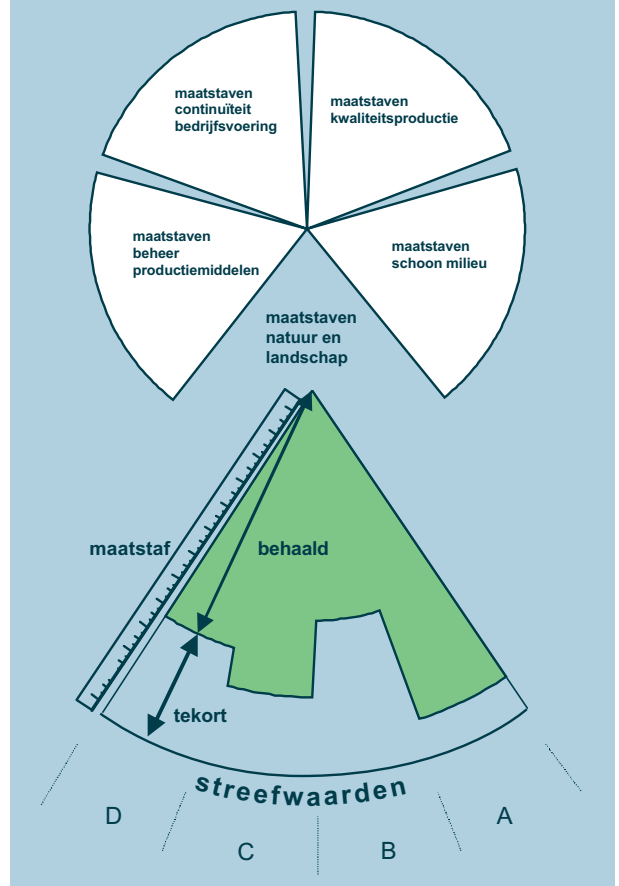
4.2.2.1 Kwaliteitsproductie

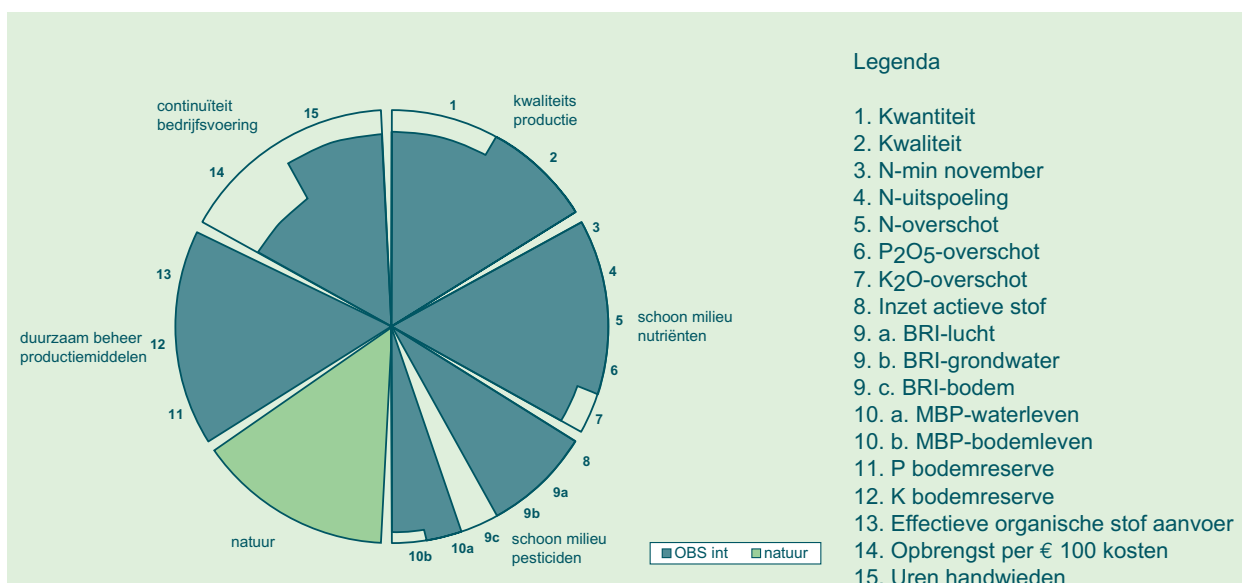
Het tekort op bedrijfsniveau wordt allereerst herleid tot teelniveau: welke teelten dragen bij aan het tekort? Op grond van een expert-oordeel wordt vervolgens vastgesteld of en in welke mate de tekorten in de betreffende teelten veroorzaakt worden door ontoereikende gewasbescherming en welke aspecten het betreft.

Door de problemen te benoemen in termen van het tekort (relatieve bijdrage) wordt duidelijk hoeveel winst, zowel op teelt- als op bedrijfsniveau, te behalen valt bij oplossing van het probleem (zie kader Voorbeeld: kwaliteitsproductie). Het probleem met de grootste negatieve gevolgen voor het economische bedrijfsresultaat komt bovenaan de prioriteitenlijst. Hiermee kan ook een top-5 lijst gemaakt worden.

Weergave resultaten

De resultaten van een bedrijfssysteem worden weergegeven in een cirkeldiagram. Hieruit valt op te maken in hoeverre het onderzochte systeem aan het toekomstgerichte streefbeeld kan voldoen en waar de belangrijkste tekorten liggen. Ieder segment van de cirkel hoort bij een thema. Per thema worden de resultaten van de gemeten maatstaven weergegeven. De buitenkant van de cirkel geeft de streefwaarden aan. Het resultaat per maatstaf is relatief weergegeven ten opzichte van de streefwaarde. Als bijvoorbeeld de streefwaarde voor maatstaf D 100 kg bedraagt en het resultaat is 70 kg, dan wordt 70% van het segment opgevuld. De resterende 30% is het tekort (wit).





Figuur 4.1 Voorbeeld: Cirkeldiagram OBS-geïntegreerd met gemiddelde resultaten van 1997-2000

4.2.2.2 Schoon milieu pesticiden

Bij de maatstaven voor milieubelasting is een gestandaardiseerde methode opgezet voor de probleem-analyse. De BRI wordt uitgedrukt als een concentratie (grondwater) of als een hoeveelheid (bodem en lucht). Daarom is het ook mogelijk deze belasting per middel, gewas, perceel of bedrijf te berekenen. Zo kan ook vastgesteld worden welk aandeel een individuele toepassing (of middel of gewas) heeft in de gemiddelde bedrijfswaarde. De MBP wordt per toepassing berekend. MBP's kunnen niet gesommeerd worden (betekenisloos bij ecologische effecten). Op bedrijfsniveau is het aandeel van het aantal bespuitingen dat jaarlijks de grenswaarden overschrijdt (100 voor bodemleven en 10 voor waterleven) bruikbaar als maat voor milieubelasting.

Door per maatstaf de vijf meest belastende middelen (hoogste aandeel in bedrijfsbelasting voor BRI en aandeel en mate van overschrijding van MBP), in een overzicht te zetten ontstaat een prioriteitsvolgorde voor de sanering (top-5 methode).

Daarbij zijn de volgende overwegingen wat betreft de prioriteitstelling van belang:

- De volgorde van de maatstaven is conform de prioriteit gesteld in paragraaf 3.4,
- De middelen staan in volgorde van afnemende bijdrage,
- Sanering is minder urgent als de betreffende maatstaf al de bijbehorende streefwaarde gehaald heeft,
- Middelen die zeer weinig bijdragen aan de totale belasting (< 10%) worden niet als prioriteit gezien.

Van de top-5 middelen is eenvoudig na te gaan in welke teelten deze worden ingezet en met welk doel (tabel 4.2). Bij de BRI-lucht, -grondwater en -bodem worden middelen vetgedrukt als de streefwaarde niet gehaald wordt en het middel meer dan 10% bijdraagt aan het totaal. Wanneer bij MBP-waterleven en -bodemleven de waarde van de afzonderlijke toepassingen onder de streefwaarde ligt, worden de middelen niet weergegeven.

Per middel wordt vastgesteld in welke teelt het wordt toegepast en met welk doel. In het voorbeeld van tabel 4.2 blijkt Karate de hoogste prioriteit te hebben. Dit middel

Tabel 4.2. Voorbeeld top-5 model: Belangrijkste middelen die bijdragen aan het resultaat in volgorde van aandeel in het resultaat, praktijkbedrijf in Zuidwest Nederland

	Resultaat	Middel 1	Middel 2	Middel 3	Middel 4	Middel 5
BRI-lucht	0,66	Shirlan Flow	Curzate M	Avadex	Ekatin	Glyfosaat
MBP-waterleven	35	Karate	Reglone	Sencor	Decis	Pirimor
BRI-grondwater	2,06	Safari	Curzate M	Sencor	Mcpa 500	Matador
BRI-bodem	1144	Reglone	Shirlan Flow	Matador	Glyfosaat	Avadex
MBP-bodemleven	4	Reglone	Pirimor	Dorado		

Voorbeeld: kwaliteitsproductie

Stappen:

1. De maatstaf kwantiteit laat een tekort zien van 15% op bedrijfsniveau,
2. Dit wordt onder andere veroorzaakt door de lage kilogramopbrengst van 10 ha consumptie-aardappelen, die 5 ton/ha lager is dan de streefwaarde van 50 ton/ha. Het teeltsaldo komt hierdoor ongeveer € 500/ha lager uit. Het netto bedrijfsresultaat daalt met € 5.000, wat neerkomt op 20% van het netto bedrijfsresultaat (€ -20.000),
3. Dit probleem wordt voor 70% veroorzaakt door gewasbescherming en 30% door bemesting,
4. De gewasbeschermingsstrategie werkte niet afdoende tegen Phytophthora, waardoor het gewas 2 weken eerder is afgestorven.



Tegenvallende economische resultaten door kwaliteitsproblemen

Oplossing van dit probleem kan dus 70% van € 5.000 = € 3.500 opleveren = 14% van het netto bedrijfsresultaat.

wordt ingezet in de teelt van consumptieaardappelen ter bestrijding van luis, evenals Decis. Reglone komt meerdere malen voor in de tabel, dit middel wordt gebruikt voor loofdoding in aardappelen. Sencor is een herbicide dat eveneens wordt toegepast in aardappelen. Safari wordt ingezet als herbicide in suikerbiet. Curzate M is een fungicide dat wordt gebruikt bij de bestrijding van Phytophthora in aardappelen. Decis, Pirimor en Dorado zijn insecticiden, allen ingezet in spruitkool. De prioriteitenlijst bevat dus uiteindelijk een aantal specifieke problemen die de tekorten veroorzaken voor één of meerdere maatstaven, met een aflopende mate van belangrijkheid (tabel 4.3).

4.2.2.3 Continuïteit bedrijfsvoering

Gewasbescherming heeft ook rechtstreeks invloed op de arbeidsinzet: Wanneer chemische onkruidbestrijding wordt vervangen door mechanische methoden, neemt in veel gevallen de arbeidsbehoefte toe, omdat de capaciteit van mechanische onkruidbestrijding vaak lager is dan van een volvelds bespuiting. Daarnaast is soms ook aan-

vullende handmatige onkruidbestrijding nodig, bijvoorbeeld in de gewasrijen. De arbeidsbehoefte kan hierdoor sterk oplopen. Dit wordt uitgedrukt in de maatstaf 'uren handwieden per hectare', die berekend wordt op bedrijfsniveau. Deze maatstaf geeft het succes van de mechanische en chemische onkruidbestrijding weer. Het gewas met de hoogste bijdrage aan deze maatstaf komt bovenaan bij de probleemprioritering.

Overigens kan een onvoldoende ziekte- en plaagbestrijding ook invloed hebben op de arbeidsinzet bij oogst en verwerking. Bij groentegewassen als kropsla worden aangetaste kroppen niet geoogst, waardoor de arbeidsinzet per hectare afneemt bij lagere kwaliteit. Bij de meeste producten die op kwaliteit worden gesorteerd (bijvoorbeeld prei, aardbeien, spruitkool, bospeen) neemt de arbeidsinzet toe als de kwaliteit laag is omdat er meer product uitgesorteerd moet worden. De totale arbeidsinzet is wel van belang voor de telers, maar wordt niet meegenomen bij het testen en verbeteren van de gewasbeschermingsstrategie.

Tabel 4.3 Voorbeeld: Prioriteitenlijst probleemmiddelen aan de hand van tabel 4.2

	Middel	Gewas	Belager/doel
1	Karate	aardappel, spruitkool, wintertarwe	luis
2	Reglone	aardappel	loofdoding
3	Sencor	aardappel	onkruidbestrijding
4	Decis	aardappel, spruitkool	luis
5	Pirimor	spruitkool	luis
6	Safari	suikerbiet	onkruidbestrijding
7	Curzate M	aardappel	Phytophthora
8	Dorado	spruitkool	insecten



Mechanische onkruidbestrijding vraagt meer arbeid

4.2.2.4 Synthese

De synthese van de prioriteitenlijstjes voor kwaliteitsproductie, milieubelasting en arbeidsinzet moet leiden tot een algemene prioriteitenlijst. Kwaliteitsproductie en arbeidsinzet hebben vaak de grootste bedrijfseconomische consequenties, zodat deze problemen op praktijkbedrijven in principe prioriteit krijgen boven milieubelasting. Op proefbedrijven krijgt reductie van de milieubelasting vaak hogere prioriteit. In het onderzoek worden doelstellingen voor kwaliteitsproductie en arbeidsinzet vaak als randvoorwaarden gehanteerd voor de gewasbeschermingsstrategie, waarbij de milieubelasting zo ver mogelijk geminimaliseerd moet worden.

4.3 Testen en verbeteren: de oplossing

Op de prioriteitenlijst worden vervolgens per probleem alle bekende oplossingsrichtingen bij elkaar gezocht. De probleemanalyse reikt vaak al een aantal oplossingsrichtingen aan, en bij de eerste opzet van de gewasbeschermingsstrategie is ook al een keuze gemaakt uit verschillende mogelijkheden. Daarnaast zijn er soms interessante nieuwe ontwikkelingen, zoals nieuwe rassen, methoden of middelen, die in aanmerking komen als oplossingsrichting. Oplossingen moeten zorgvuldig getoetst worden aan hun haalbaarheid en het veroorzaken van nieuwe problemen.

4.3.1. Selectiecriteria

Bij de selectie van de oplossingsrichting voor een bepaald probleem worden opnieuw de criteria van paragraaf 2.4 gehanteerd: effectief, uitvoerbaar, acceptabel en betaalbaar. In de praktijk van het onderzoek blijkt dat strikte hantering van deze criteria problematisch is: Niet alle gewasbeschermingsmethoden en -middelen voldoen aan alle criteria tegelijk. In experimentele situaties zijn meer en verdergaande compromissen mogelijk dan op praktijkbedrijven. Voor beide situaties zal de meest optimale oplossing worden gekozen, waarbij effectiviteit en overeenstemming met andere doelstellingen voorop staan. In praktijksituaties wegen kosten, effectiviteit, acceptatie en uitvoerbaarheid vaak zwaarder dan op experimentele systemen. In experimentele systemen is het de taak een potentiële oplossing binnen de grenzen van de genoemde criteria te krijgen. Pas dan mag verwacht worden dat praktijkimplementatie succesvol kan zijn. Het economisch rendement van een aanpassing kan doorslaggevend zijn voor implementatie: Wanneer de kosten binnen aanvaardbare termijn worden terugverdiend door hogere productie, betere kwaliteit of lagere arbeids- en/of middeleninzet is een oplossing aantrekkelijk. Een economische verkenning kan dit inzicht vooraf geven. In het kader Voorbeeld: onkruidbestrijding in aardbei staat een uitgewerkt voorbeeld van een probleem met de mogelijke oplossingsrichtingen.

4.3.2 Knelpunten en conflicten

Alle mogelijke oplossingen worden getoetst aan bovengenoemde criteria. Een groot deel van de mogelijke oplossingen valt dan al af. Bovendien moet iedere mogelijke oplossing van tevoren geëvalueerd worden op de mogelijke gevolgen voor de betrokken maatstaven en/of effecten op andere bedrijfsmethoden. Een aantal oplossingen vallen af doordat de nieuwe problemen groter zijn dan de oplossingen van de oude.

Problemen met kwaliteitsproductie die veroorzaakt worden door een tekortschietende gewasbeschermingsstrategie zijn in een aantal situaties moeilijk oplosbaar:

1. De ziekte/plaag is niet volledig te beheersen met de beschikbare chemische en niet-chemische methoden. Er zijn geen resistente rassen, geen afdoende preventieve methoden en geen effectieve en 'milieuvriendelijke' chemische middelen. Het probleem komt dan ieder jaar opnieuw op de prioriteitenlijst, tot het moment dat het opgelost wordt met nieuw beschikbare rassen, chemische middelen of niet-chemische methoden. Wanneer de bedrijfseconomische consequenties ernstig zijn, is wijzigen van de vruchtwisseling of vervangen van de teelt door een ander gewas soms de enige mogelijkheid om het probleem op te lossen,
2. Het tekort hangt samen met andere bedrijfsmethoden, zoals bemesting of vruchtwisseling. Vaak is er sprake van

Voorbeeld: onkruidbestrijding in aardbei

De onkruidbestrijding in aardbeien blijkt onvoldoende effectief te zijn: Het aantal handwieduren is erg hoog. Onder de aardbeien is stro aangebracht. Het stro zorgt er voor dat de vruchten droger liggen, waardoor problemen met schimmels worden beperkt. Dit stro maakt mechanische onkruidbestrijding onmogelijk, terwijl de toegelaten herbiciden milieutechnisch niet aantrekkelijk zijn. Daarnaast verwachtte men door het verscherpte middelenbeleid dat de toelating van alle herbiciden in aardbeien zou worden ingetrokken.

Een mogelijke oplossing is het aanbrengen van folie, voorafgegaan door schoffelen en vingerwieden. De onkruiden in de plantgaten kunnen door een volvelds LDS-bespuiting met een herbicide worden aangepakt, aangevuld met wat handwieden. De afweging van deze opties wordt onder andere bepaald door de kosten van de folie, de hoeveelheid arbeid en kosten van de bespuitingen.

In de praktijk blijkt het gebruik van herbiciden verreweg het goedkoopst, het kost weinig arbeid, maar de milieubelasting is het hoger dan bij de andere opties. Toepassing van folie is duurder, omdat de extra materiaal- en arbeidskosten niet opwegen tegen de besparing op herbiciden. Een combinatie van mechanische en handmatige onkruidbestrijding is verreweg de duurste optie vanwege de grote hoeveelheid handwerk. Folie lijkt een goede tussenoplossing, waarbij een compromis wordt gesloten tussen economische en milieudoelen.



Stro onder aardbeien zorgt ervoor dat de vruchten droger liggen, waardoor problemen met schimmels worden beperkt

tegengestelde belangen, waardoor bijstellen van de bemestingsstrategie negatieve gevolgen heeft voor andere maatstaven. Wijzigingen in de vruchtwisseling ten bate van de gewasbeschermingsstrategie hebben vaak grote negatieve gevolgen voor het economische resultaat op bedrijfsniveau. Omdat de problemen vaak te maken hebben met intensieve, hoogsalderende teelten. Optimalisatie en afstemming van beide conflicterende strategieën biedt vaak wel gedeeltelijke oplossingen,

3. Een aantal knelpunten is niet op het eigen bedrijf oplosbaar, bijvoorbeeld verbetering van de kwaliteit van het uitgangsmateriaal of verlaging van de ziekte- en/of plagendruk vanuit de omgeving. Oplossing hiervan vraagt andere acties van de ondernemer dan aanpassing van de gewasbeschermingsstrategie (zie kader Kwaliteitsproductie prei),
4. Problemen met een hoge arbeidsinzet voor handwieden zijn vaak het gevolg van een te sterke reductie van de herbicideninzet. Bijstellen van de strategie door extra herbicidegebruik leidt dan tot het gewenste resultaat voor de arbeidsinzet en de kosten, maar de milieubelasting neemt vaak toe.

Op deze manier blijven er meestal een aantal knelpunten liggen, die door optimalisatie wel verkleind kunnen worden, maar niet helemaal opgelost met de huidige kennis, methoden en middelen. De lijst met hardnekkige problemen bepaalt mede de agenda voor gericht thematisch of deelonderzoek op het gebied van gewasbescherming.

Kwaliteitsproductie prei

De preiteelt in het Zuidoostelijk zandgebied heeft te maken met een aantal ernstige problemen: Door bladvlekkenziekten en trips is de kwaliteit van het product onvoldoende. De beschikbare chemische middelen kunnen dit niet geheel voorkomen. Een van de achterliggende redenen van de problemen is de regionale concentratie van de preiteelt, waardoor de ziektedruk en tripsdruk hoog is. Dit is niet door individuele telers te beïnvloeden. Zolang er geen afdoende chemische middelen of resistente rassen zijn, blijven deze problemen dus bestaan.

4.4 Cyclus

De procedure van testen en verbeteren is een iteratief proces: De strategie wordt jaarlijks bijgesteld aan de hand van ervaringen en resultaten uit de vorige ronde. Ook tijdens het lopende teeltseizoen kunnen aanpassingen worden doorgevoerd wanneer duidelijk wordt dat de geplande aanpak niet effectief of toepasbaar is of anders uitpakt dan gedacht. Aanpassing kan ook nodig zijn omdat de toelating van een middel is ingetrokken.

De cyclus van testen en verbeteren leidt tot aanpassingen en optimalisatie. Wanneer een alternatieve oplossingsrichting voorhanden is, en deze voldoet aan de genoemde criteria, wordt deze opgenomen in de strategie. Deze werkwijze wordt vaak toegepast als nieuwe middelen of methoden beschikbaar komen, maar ook als een probleem groter wordt. Een toenemende ziektedruk kan een reden zijn tot meer ingrijpende aanpassingen in de gewasbeschermingsstrategie.

Door optimalisatie kunnen een aantal knelpunten worden verkleind, die niet helemaal opgelost kunnen worden met de huidige kennis, methoden en middelen. De strategie wordt dan niet wezenlijk veranderd, maar verder verfijnd. Aanpassing van de middeldosering of het aantal bespuitingen leidt in veel gevallen uiteindelijk tot een acceptabel resultaat. Uit ervaringen op experimentele bedrijven en praktijkbedrijven is gebleken dat door optimalisatie van de bestaande strategie grote winst is te behalen.

Zonder noemenswaardige concessies aan kwaliteitsproductie, arbeidsinzet en economisch resultaat blijkt het mogelijk om de tekorten voor een aantal milieumaatstaven grotendeels op te lossen. Dat geldt met name voor de milieumaatstaven met een hoge prioriteit, zoals de BRI-lucht. Uit ervaringen van het bedrijfssystemenonderzoek blijkt dat de meeste experimentele bedrijven na verloop van tijd vrijwel geheel aan de streefwaarden voldoen, met name de akkerbouwbedrijven. Het volgende hoofdstuk behandelt de resultaten van de experimentele bedrijven en de praktijkbedrijven uit BSO-projecten.

5. Resultaten

In de afgelopen 15 tot 20 jaar heeft geïntegreerde gewasbescherming altijd centraal gestaan bij de ontwikkeling van geïntegreerde bedrijfssystemen voor de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt op de diverse proeflokaties van PPO. In dit hoofdstuk worden de behaalde resultaten in hoofdlijnen weergegeven. Door gericht te werken aan het verminderen van de inzet en de afhankelijkheid van chemische gewasbeschermingsmiddelen, het minimaliseren van emissies en het gebruik van minder schadelijke middelen is veel winst behaald. Een deel van deze “winstruimte” is verzilverd in de praktijkprojecten. Zo blijkt uit de resultaten van het project Telen met toekomst.

5.1 Kwantitatieve resultaten

Lange tijd is het gewasbeschermingsmiddelengebruik van geïntegreerde systemen beoordeeld door de actieve stof inzet weer te geven. Deze werd dan enerzijds vergeleken met een gangbaar onderzoekssysteem of later met een interne streefwaarde (afgeleid van het MJP-G) en anderzijds met de uitgangssituatie en/of de gemiddelde praktijk. Later zijn daar de maatstaven voor BRI en MBP aan toegevoegd om de milieuprestaties te beoordelen.

Tabel 5.1. Systemen voor geïntegreerde akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt waaraan door PPO bedrijfssystemenonderzoek is verricht

Locatie	Regio	Grondsoort	Sector*	Aantal varianten	Onderzoekperiode
Nagele (OBS)	Centraal	klei	akk	2	1979 - 2001
Vredepeel	Zuidoost	zand	akk	3	1989 - heden
Borgerswold	Noordoost	dalgrond	akk	2	1986 - 1995
Valthermond	Veenkoloniën	dalgrond	akk	1	1997 - 2001
Westmaas	Zuidwest	klei	akk/vgg	4, later 2	1990 - 2001
Meterik	Zuidoost	zand	vgg	3, later 2	1991 - heden
Zwaagdijk	Noordwest	klei	vgg	4	1991 - 1995
Breda	Midden Brabant	zand	vgg	4	1991 - 1995

*akk = akkerbouw; vgg = vollegrondsgroenten

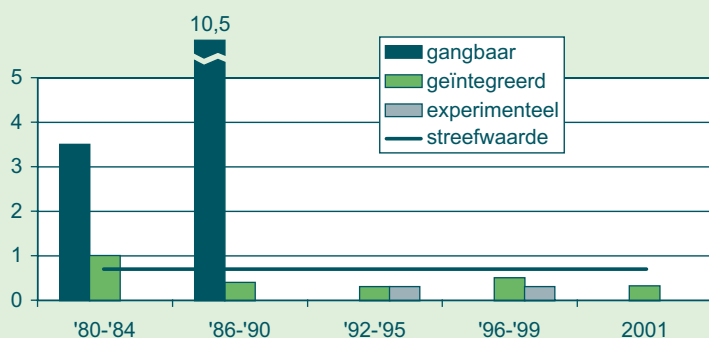
Tabel 5.2 Resultaten van de geïntegreerde bedrijfssystemen in 2001 (onderstreepte waarden overschrijden de streefwaarde)

	BRI-lucht kg actieve stof/ha	MBP-waterleven %	BRI-grondwater ppb	BRI-bodem kg dagen/ha	MBP-bodemleven %	actieve stof kg/ha
streefwaarde	0,7	0% > 10	0,5	200	0% > 100	ALARA
OBS	0,3	0	0,15	101	0	1,5
Kompas	<u>0,8</u>	<u>33</u>	0,12	<u>386</u>	0	3,3
Vredepeel	0,3	<u>24</u>	0,31	132	<u>4</u>	2,1
Meterik ¹	0,4	<u>41</u>	0,30	<u>284</u>	<u>2</u>	3,8
Westmaas ²	0,5	<u>75</u>	0,18	182	6	1,9
Westmaas ³	0,6	<u>69</u>	0,25	<u>209</u>	<u>12</u>	2,3

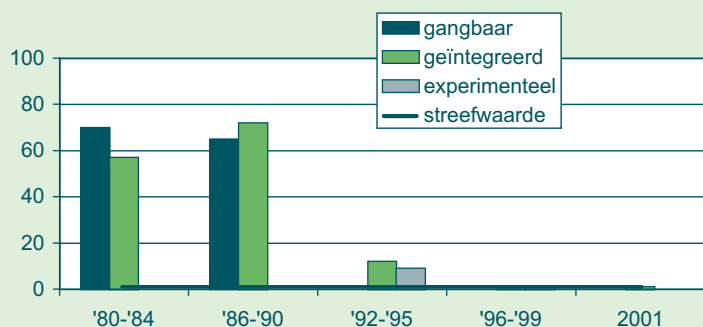
¹ gemiddelde van het bladgewassen-, prei- en aardbei-analysesysteem

² ijssla-systeem

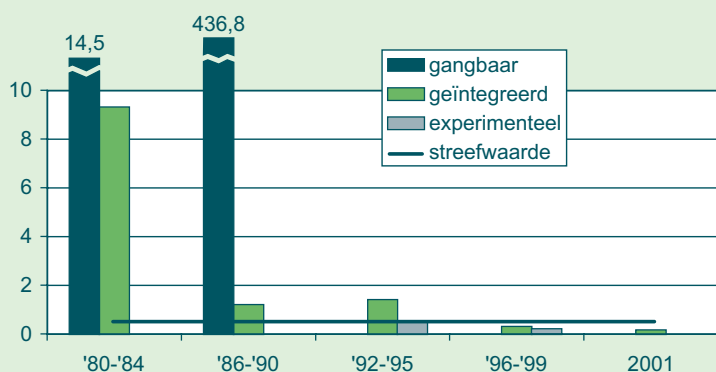
³ spruitkool-systeem



Figuur 5.1 BRI-lucht (kg actieve stof/ha) voor de verschillende systemen en perioden



Figuur 5.2 MBP-waterleven (% overschrijdingen van de streefwaarde) voor de verschillende systemen en perioden



Figuur 5.3 BRI-grondwater (ppb) voor de verschillende systemen en perioden

5.1.1 Onderzoekslocaties

Het bedrijfssystemenonderzoek voor de ontwikkeling van geïntegreerde systemen in de akkerbouw is gestart in 1979 op het proefbedrijf OBS (Onderzoek Bedrijfs Systemen) in Nagele, op kleigrond. Na het OBS volgde in 1986 vergelijkbaar onderzoek voor Noordoost Nederland te Borgerswold (dalgrond, akkerbouw, tot en met 1995), in 1996 voortgezet op 't Kompas in Valthermond. Andere regio's en sectoren volgden eind jaren 80 begin jaren 90 (zie tabel 5.1). De stand van zaken op de onderzoekslocaties betreffende de milieubelasting wordt weergegeven in tabel 5.2. (Voor bronnen zie literatuurlijst, PPO-bedrijfssystemen 2002 nr 4, 5, 7, 9 en 10).

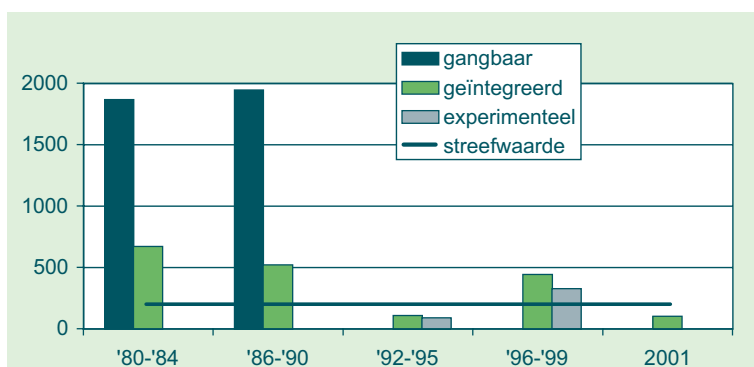
De belangrijke streefwaarden voor BRI-lucht en BRI-grondwater worden op vrijwel alle locaties gehaald. Alleen het geïntegreerde systeem van het OBS in Nagele voldoet aan de streefwaarden van alle maatstaven. Bij de akkerbouwsystemen veroorzaakt 't Kompas een licht negatieve uitzondering. Dat komt door het intensieve bouwplan met een groot areaal zetmeelaardappelen, de teelt van prei en een relatief hoge ziektedruk. De groentesystemen hebben moeite met de maatstaven BRI-bodem en MBP-waterleven, eveneens door de intensieve bedrijfsvoering, hoge kwaliteitseisen aan producten en een hoge ziekte- en plagendruk. Ten opzichte van het verleden is echter reeds grote winst behaald. Exemplarisch voor de grote reductie van de milieubelasting is het systeem op het OBS.

5.1.2 Voorbeeld: het OBS

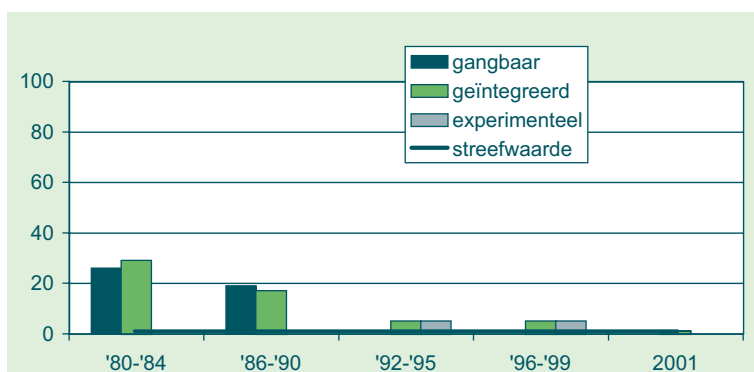
Voor het OBS wordt weergegeven hoe de waarde van de maatstaven voor gewasbescherming zich ontwikkeld hebben van 1980 tot en met 2001 (figuur 5.1 t/m figuur 5.6). De verbetering is op alle punten zichtbaar, zelfs zo sterk dat in 2001 alle streefwaarden gehaald werden.

De grootste vooruitgang in het geïntegreerde systeem ten opzichte van het gangbare werd aanvankelijk veroorzaakt door het overbodig maken van de grondontsmetting. Deze was verantwoordelijk voor de extreem hoge uitkomsten van het gangbare systeem. Een tweede grote verbetering, vooral wat betreft de MBP-waterleven, werd bereikt door de aanleg van brede teeltvrije zones (4 meter) langs de sloten in 1996. De overige verbeteringen kwamen voornamelijk tot stand door de geleidelijke vervanging van schadelijke middelen en of schadelijke toepassingen door andere geïntegreerde oplossingen.

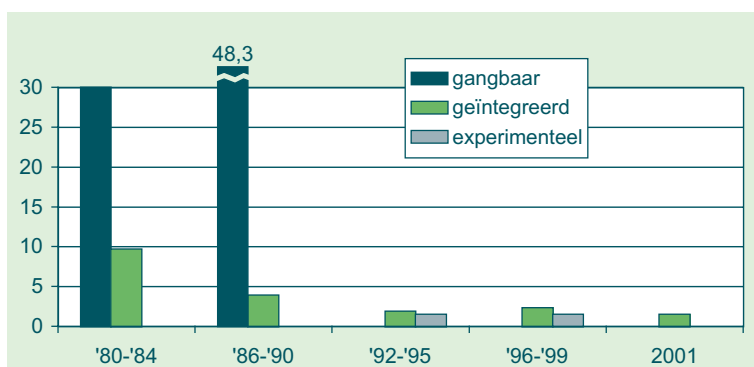
Het experimentele systeem liet nog betere milieuresultaten zien omdat er grotere risico's werden genomen in de gewasbeschermingsstrategie dan in het geïntegreerde systeem. Deze risico's konden genomen worden zonder noemenswaardig kwaliteits- of productieverlies. Vervolgens zijn de ervaringen opgedaan in het experimentele systeem deels geïmplementeerd in het geïntegreerde systeem, wat anno 2001 aan alle streefwaarden voldoet. Een meer uitvoerige beschrijving van de



Figuur 5.4 BRI-bodem (kg dagen/ha) voor de verschillende systemen en perioden



Figuur 5.5 MBP-bodemleven (% overschrijdingen van de streefwaarde) voor de verschillende systemen en perioden



Figuur 5.6 Actieve stof inzet (kg/ha) voor de verschillende systemen en perioden

gewasbescherming op het OBS staat in het artikel “Milieubelasting van gewasbescherming met 80% tot 90% gedaald”, van Dekking en Wijnands in PPO-bedrijfs-systemen 2002 nr 4, een andere uitgave in deze reeks.

De volgende stap naar verbetering van de milieuresultaten ligt niet in een nog verdere aanscherping van de gewasbeschermingsstrategie van een goed presterend systeem als het OBS. Juist de verbreding van de ervaringen naar de praktijk kan veel milieuwinst opleveren, omdat de reductie van de milieubelasting daar nog gering is. Vandaar dat er door PPO in samenwerking met voorlichtings- en andere onderzoeksgroepen verschillende praktijkprojecten zijn en worden uitgevoerd. Dit zijn projecten waarin ‘gewone’ akkerbouw- en/of vollegrondsgroentebedrijven deelnemen. Deze bedrijven worden enkele jaren intensief begeleid, waarbij onder andere per bedrijf een gewasbeschermingsstrategie wordt opgesteld die als doel heeft de milieubelasting te verlagen.

5.1.3 Telen met toekomst

Een lopend project is ‘Telen met toekomst’ (Tmt), wat gestart is in 2000 (Anonymous, 2001b), waarbij de periode 1997-1999 als uitgangssituatie is genomen. De bedrijven zijn in verschillende regio’s gegroepeerd: Akkerbouw in Noordoost, Zuidoost en Zuidwest Nederland en vollegrondsgroente in Zuidoost Nederland en rond Breda (Midden Brabant). De experimentele PPO-locaties Vredepeel en Meterik zijn proefbedrijven voor respectievelijk akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt, zodat een vergelijking tussen onderzoeks- en praktijk-bedrijven mogelijk is.

Uit tabel 5.3 blijken een aantal opvallende zaken: De prioritering van de maatstaven zorgt ervoor dat de BRI-lucht in bijna alle regio’s is afgenomen, evenals de BRI-grondwater. De BRI-bodem is echter in sommige regio’s nog erg hoog, soms zelfs ten opzichte van de referentieperiode 1997-1999. (Voor bronnen zie literatuurlijst, Dekking en Rovers). De kwantitatieve resultaten per maatstaf geven een indicatie van het probleem, maar de werkelijke problemen komen echt op de voorgrond als per maatstaf een top-5 score wordt gemaakt.

5.2 Top-5 middelen

In de top-5 per maatstaf komen de middelen naar voren die de grootste bijdrage leveren. Met name in de situaties waarbij overschrijdingen plaatsvinden, is het een belangrijke methode om te komen tot vervanging van de meest schadelijke middelen. Voor de BSO-locaties en de Tmt-regio’s zijn de top-5 scores weergegeven in bijlage 1. Bij de meeste maatstaven zijn duidelijk middelengroepen aan te wijzen die een grote bijdrage leveren aan de score (tabel 5.4).

Tabel 5.3 Resultaten van de Tmt-regio's, de uitgangssituatie 1997-1999 en de situatie in 2001 (onderstreepte waarden overschrijden de streefwaarde)

	BRI-lucht kg actieve stof/ha		MBP-waterleven %		BRI-grondwater ppb		BRI-bodem kg dagen/ha		MBP-bodemleven %		Actieve stof kg/ha	
Streefwaarde	0,7		0% > 10		0,5		200		0% > 100		ALARA	
Periode	'97-'99	2001	'97-'99	2001	'97-'99	2001	'97-'99	2001	'97-'99	2001	'97-'99	2001
ZON-akk *	0,8	0,5	-	26	0,9	0,2	228	186	-	7	4,4	1,8
ZWN-akk	1,2	1,3	-	33	5,3	13,0	1009	1150	-	5	7,3	6,5
NON-akk	0,6	0,6	-	22	1,8	1,3	534	1008	-	5	6,1	5,6
ZON-vgg	1,0	0,4	-	38	3,7	1,5	681	340	-	29	4,4	2,9
MB-vgg	2,1	1,2	58	26	30,3	1,7	1646	653	15	7	16,4	8,2

* akk = akkerbouw; vgg = vollegrondsgroenten

Met name de herbicideninzet in de akkerbouw en de insecticideninzet in de vollegrondsgroente zijn schadelijk voor bodem- en waterorganismen. Dat is grotendeels te verklaren uit het middelengebruik in de verschillende sectoren: In de vollegrondsgroenteteelt worden relatief meer insecticiden gebruikt dan herbiciden, in vergelijking met de akkerbouw. Een aantal frequent toegepaste fungiciden zijn tamelijk vluchtig (Shirlan, Curzate M), waardoor de emissie naar lucht en bodem grotendeels bepaald wordt door de fungicidentoepassingen. De meeste herbiciden zijn gevoelig voor emissie naar het grondwater, maar ook enkele in de vollegrondsgroenteteelt toegepaste fungiciden (Eupareen en Kenbyo wanneer toegepast in het najaar = hoog neerslagoverschot).

In het algemeen blijkt dat de middelen in de top-5 scores worden toegepast in de hoogsalderende teelten, zowel in de

Tmt-regio's als op de experimentele locaties. In de akkerbouw is dat allereerst de aardappelteelt, maar ook spruitkool, uien (beide ZWK) en peen (ZON). In de vollegrondsgroenteteelt komen de teelten van aardbei, prei, knolselderij en diverse bladgewassen naar voren. Dit feit wordt grotendeels verklaard uit de economische consequenties van de achterliggende gewasbeschermingsproblemen. De verschillende ziekten en plagen kunnen grote negatieve gevolgen hebben op productie en/of productkwaliteit. Door het grote aandeel van deze gewassen in het bedrijfsresultaat werken deze negatieve gevolgen sterk door op bedrijfsniveau. Om dit risico te minimaliseren worden soms grote concessies gedaan aan de milieuresultaten.

Daar staat tegenover dat de aanpassing en optimalisatie van de gewasbeschermingsstrategie op praktijkbedrijven wel grote milieuwinst tot gevolg kan hebben, zonder concessies aan productie of productkwaliteit. Dit blijkt uit het project Telen met toekomst: De resultaten van 2001 ten opzichte van 1997-1999 laten al een grote winst zien, omdat een aantal toepassingen inmiddels vervangen zijn door minder schadelijke of niet-chemische alternatieven.

De gebruikte werkwijze brengt ook problemen aan het licht die moeilijker op te lossen zijn. Dit blijken opnieuw de hoogsalderende teelten te zijn: aardappelen, uien, peen en spruitkool voor de akkerbouw en grootschalige vollegrondsgroenteteelt, aardbeien, prei en bladgewassen voor de intensieve vollegrondsgroenteteelt. Uit de ervaringen op de proeflocaties en binnen de praktijkprojecten blijkt chemische gewasbescherming voor hoogsalderende teelten vrijwel onvermijdelijk. De grote risico's voor kwaliteitsverlies of opbrengstderving en de doorwerking daarvan in het economische resultaat van de teelt en het hele bedrijf spelen opnieuw een belangrijke rol.

Tabel 5.4 Middelen groepen met hoogste bijdrage aan de maatstaven op de experimentele locaties en Tmt-regio's in 2001

Maatstaf	Sector	
	akkerbouw	vollegrondsgroente
BRI-lucht	fungiciden	fungiciden
	herbiciden	herbiciden
MBP-waterleven	herbiciden	insecticiden
	insecticiden	fungiciden
BRI-grondwater	herbiciden	fungiciden
	fungiciden	herbiciden
BRI-bodem	fungiciden	fungiciden
	herbiciden	herbiciden
MBP-bodemleven	herbiciden	insecticiden
	insecticiden	fungiciden

6. Evaluatie en perspectief

In de afgelopen 20 jaar is geïntegreerde gewasbescherming als onderdeel van geïntegreerde landbouw steeds verder ontwikkeld. Parallel hieraan werd een systematische methodiek ontwikkeld voor het ontwerpen, testen en verbeteren van geïntegreerde gewasbeschermingsstrategieën in bedrijfsverband. Daarbij is vanzelfsprekend een beoordelingskader nodig, een set maatstaven en streefwaarden. Ook deze werden gaandeweg ontwikkeld tot een beoordelingssystematiek. Daarbij gaat het met name om het kwantificeren van de milieubelasting veroorzaakt door het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. In dit hoofdstuk wordt de methodiek en het resultaat nog eens kritisch onder de loep genomen.

In de voorgaande hoofdstukken is het gewasbeschermingsbeleid van de overheid, inclusief het essentiële toelatingsbeleid, vrijwel buiten beschouwing gelaten. De samenhang tussen beleid, toelating en de perspectieven van geïntegreerde gewasbescherming komt in de slotparagraaf aan de orde wanneer vooruitgeblikt wordt op de toekomst.

6.1 Methodiek

De gewasbeschermingsstrategie wordt opgebouwd vanuit een analyse van de problemen met ziekten, plagen en onkruiden en start met het integreren van preventieve maatregelen op bedrijfs- en teelniveau. Vervolgens worden methoden geïntegreerd die hulp bieden bij de beoordeling van de noodzaak tot ingrijpen. Bij de bestrijding zelf tenslotte wordt een afgewogen mix van niet-chemische en chemische maatregelen samengesteld. De gehele strategie moet voldoen aan een aantal criteria, ze moet effectief zijn, uitvoerbaar, acceptabel en betaalbaar. Bovendien moet de strategie voldoende flexibel zijn om aan alle omstandigheden het hoofd te kunnen bieden.

De resultaten worden beoordeeld op twee hoofdcriteria: de effectieve beheersing van ziekten, plagen en onkruiden, leidend tot stabilisering van de gewenste kwaliteitsproductie enerzijds, en de resulterende milieubelasting ten gevolge van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen anderzijds. Door de resultaten af te zetten tegen de doelen (maatstaven en streefwaarden) ontstaat een gerichte procedure voor het invoeren van de strategie.

Is de gevolgde werkwijze effectief en uitvoerbaar? Dat is aan de orde in de volgende twee paragrafen.

6.1.1 Ontwerpen, testen en verbeteren

Bij het ontwerp van bedrijfsmethoden zoals geïntegreerde gewasbescherming ging en gaat het steeds om het herevalueren van bestaande en vaak deels verouderde methoden om tegemoet te komen aan de vernieuwde

doelstellingen. Daarbij moet echter de systeemcontext niet uit het oog verloren worden. Zoals vele andere systemen is ook het landbouwproductiebedrijf als systeem het resultaat van vele interacterende processen en heeft het systeemniveau zijn eigen, duidelijk van de processen onderscheiden, karakteristiek en dynamiek. Herontwerp van methoden in zijn algemeenheid, dient gericht te zijn op het optimaliseren van de interne interacties en efficiency van processen en het minimaliseren van de externe effecten. Het mag dan ook duidelijk zijn dat dit herontwerp per definitie voor de methode in zijn geheel en niet op ad hoc basis moet plaatsvinden. Het moet gebeuren binnen de volledige systeemcontext met voldoende oog voor de interactie met andere methoden. Iedere afzonderlijke methode en techniek moet het karakter krijgen van een proces geïntegreerde oplossing bijdragend aan de systeeminnovatie (het anders functioneren van het systeem op systeemniveau).

Bij de uitwerking van nieuwe methoden zoals geïntegreerde gewasbescherming moeten de volgende stappen worden doorlopen:

- Inventarisatie van de beschikbare kennis en technologie, en het karakteriseren van hun bijdrage aan elk van de doelstellingen en randvoorwaarden,
- Analyse van, a) de interacties in systeemcontext van de betreffende methode met anderen, b) de negatieve externe effecten en c) de geldigheid van de huidige conclusies die te vaak bevooroordeeld zijn vanwege de eenzijdige focus op optimale opbrengsten,
- Consultatie van specialisten om de expertkennis te destilleren: die kennis die nodig is om interacties te doorgronden en te optimaliseren en de systeemdoelen in zicht te krijgen,
- Aanpassing en integratie van beschikbare kennis en inzichten in de bedrijfsmethode strategieën en de onderliggende gereedschapskist van technieken.

In de afgelopen 20 jaar is deze cyclus intensief doorlopen om tot optimale geïntegreerde gewasbeschermingsstrategieën te komen. En met veel succes!

De nadruk op preventie als basis voor de gewasbeschermingsstrategie leidt tot een afnemende noodzaak om in te grijpen. De routinematige aanpak van gewasbescherming wordt grotendeels doorbroken door de bestrijdingsnoodzaak gericht vast te stellen. De stapsgewijze vaststelling van de bestrijdingsmethode resulteert in een aanpak, waarin mechanische, fysische en chemische methoden geïntegreerd worden ingezet. De nadruk op effectiviteit, uitvoerbaarheid, acceptatie en betaalbaarheid draagt bij aan het praktisch maken van de strategieën. Deze methodische weg naar optimale

geïntegreerde gewasbeschermingsstrategieën heeft zijn waarde inmiddels onomstotelijk bewezen. In de recente onderzoeksprogrammering van LNV vindt dit zijn weerslag in separate programma's die exclusief gericht zijn op het ontwerpen van wat daar genoemd wordt geïntegreerde en biologische beheersingsstrategieën (LNV/DWK programma 397.4 2002-2005).

Bij de test- en verbeterfase komen de grootste knelpunten steeds opnieuw aan het licht, zodat gericht kan worden gewerkt aan optimalisatie. Daarbij wordt enerzijds geëvalueerd in welke mate de methode nog voldoet aan de van tevoren vastgestelde criteria zoals effectiviteit, uitvoerbaarheid, acceptatie en betaalbaarheid, en anderzijds beoordeeld in welke mate de methode op de meetlat van de maatstaven aan de streefwaarde tegemoet komt. Daarbij gaat het niet alleen om die maatstaven die een directe expressie zijn van het gebruik van gewasbeschermingsmaatregelen, maar ook om de maatstaven waarin indirecte effecten kunnen blijken; de gerealiseerde kwaliteitsproductie en economische aspecten. Tenslotte wordt nog beoordeeld of een gehanteerde methode nieuwe problemen veroorzaakt bij andere bedrijfsmethoden.

De methode om de milieubelasting vast te stellen is in de afgelopen periode sterk geïnnoveerd en geoptimaliseerd. De oorspronkelijke maatstaf 'actieve-stof inzet per hectare' geeft slechts een indruk van de afhankelijkheid van chemische middelen. Met de Blootstellingen Risico Index BRI zijn de emissieroutes ondergebracht in maatstaven, hoewel de emissie naar het oppervlaktewater nog niet apart wordt berekend. De schaderisico's voor kwetsbare water- en bodemorganismen zijn eveneens in de methodiek opgenomen via de MilieuBelastingsPunten MBP. De prioritering van maatstaven, de top-5 methode en de benoeming van problemen en alternatieven geeft richting aan de verdere verbetering van de gewasbeschermingsstrategie. De ervaringen met deze aanpak zijn zeer positief, stapsgewijs wordt gericht gewerkt aan verbetering van het resultaat.

6.1.2 Maatstaven voor kwantificering milieubelasting

De berekening van de verschillende maatstaven gaat uit van het 'worst case scenario', waarbij het maximale risico wordt berekend. Dat wordt veroorzaakt door de aanname dat voor iedere emissieroute 100% van het middel beschikbaar is. Hierdoor wordt de werkelijke milieubelasting structureel overschat. Bij sommige berekeningswijzen en aannames zijn bovendien een aantal kanttekeningen te plaatsen.

BRI-lucht: De classificatie van actieve stoffen naar vluchtigheid via de dampspanning is een redelijk grove

indeling. Deze methode wordt mede gebruikt omdat het de methode is die gebruikt is bij het vaststellen van de referentie hoeveelheden voor het gewasbeschermingsbeleid. Inmiddels lijken betere schatters voorhanden voor de emissie naar de lucht. Bij een actualisering van de berekeningsmethodiek zal dit meegenomen worden. Er mag echter niet uit het oog worden verloren dat een essentiële randvoorwaarde voor een algemeen berekeningsmethodiek is dat alle benodigde basisgegevens openbaar verkrijgbaar zijn en vastgesteld zijn onder genormeerde en gestandaardiseerde omstandigheden.

De invloed van de toedieningstechniek, de formulering en het gebruik van uitvloeiers wordt niet meegenomen in de berekening. Opnemen van deze factoren in een berekeningswijze schiet wellicht het doel voorbij. Bij verdere verfijningen gaat het immers steeds om de afweging van een toenemende complexiteit en databehoeftes en de betekenisvolle verbetering van het eindresultaat. De afweging leidt in dit geval tot het afwijzen van verdere verfijningen.

BRI-grondwater: Dit is een vrij betrouwbare maatstaf aangezien deze zich baseert op de complexe modelstudies die bij de beoordeling van een toelating gebruikt worden. Dat deze studies niet altijd overeen komen met de daadwerkelijke metingen in het veld is een methodisch probleem dat buiten het bestek van deze maatstaf valt.

BRI-bodem: Op zichzelf een vrij correcte en overzichtelijke maatstaf die zichtbaar kan maken wat de bodembelasting is met gewasbeschermingsmiddelen. Het is van de emissieparameters echter de lastigste. Dit is met name terug te voeren op de nog ontbrekende inzichten in het interpretatiekader. Het ontbreekt aan een wetenschappelijk of beleidsmatig vastgestelde streefwaarde en referentiegegevens. De gebruikte streefwaarde is vastgesteld op grond van technische resultaten en ervaringen op de experimentele locaties van PPO. Dit maakt de maatstaf enigszins arbitrair. De maatstaf is wel van belang, omdat de ophoping van gewasbeschermingsmiddelen of hun afbraakproducten in de bodem na verloop van tijd problemen op kan leveren.

De emissieroute naar het oppervlaktewater wordt tot op heden niet als maatstaf meegenomen, hoewel de MBP-waterleven er impliciet gebruik van maakt. De maatstaf is inmiddels in ontwikkeling.

MBP-waterleven: Om tot een gestandaardiseerde rekenmethode te komen moeten een aantal aannames gedaan worden. Voor een bedrijfsspecifieke berekening moeten een aantal extra gegevens bekend zijn; met

welk type machine de bespuitingen zijn uitgevoerd (volvelds of in de rij, met of zonder driftarme doppen) en bovendien of een perceel begrensd wordt door een watervoerende sloot en wat de afstand van de laatste gewasrij tot de sloot is. Daardoor is de berekeningswijze complex. De uitkomst weerspiegelt niet altijd de werkelijkheid. Zo wordt bij de onderliggende driftberekening aangenomen dat de wind altijd naar de sloot gericht is, zelfs al liggen de sloten tegenover elkaar langs het perceel. De gekozen benadering leidt tot de vaststelling of er al dan niet een overschrijding van de streefwaarde heeft plaatsgevonden. De hoeveelheid water, de lengte van de sloot, is hierbij niet van belang. Dat druist echter in tegen het gezonde boerenverstand. Eén overschrijdende bespuiting kan immers terechtkomen in alle sloten van het bedrijf of slechts in een klein deel.

MBP-bodemleven: Dit is de zwakste maatstaf van het geheel, omdat de toxiciteit van de meeste actieve stoffen niet is vastgesteld voor bodemorganismen. De omrekening naar toxiciteit voor waterorganismen is een aanname, die nauwelijks te verdedigen valt. De langdurige effecten worden vastgesteld op basis van de toxiciteit na twee jaar. Dit is een momentopname die wellicht weinig relatie heeft met het cumulatieve langjarige effect. Ook bij de MBP-bodemleven wordt geen rekening gehouden met de oppervlakte waarop deze bespuiting plaatsheeft.

Ecologische effecten kunnen niet bij elkaar opgeteld worden, dat leidt immers tot betekenisloze grootheden. De beperking van bovenstaande twee maatstaven ligt er dan ook in dat ze alleen per toepassing bruikbaar zijn. Vervolgens is wel het aandeel overschrijdingen maat op bedrijfs- of teelniveau een voor de milieubelasting. Sedert de introductie van deze methodiek door CLM is helaas maar al te vaak de systematiek van het optellen van MBP-waarden gebruikt. Dat reflecteert de behoefte aan een maatstaf die alles meeneemt. Dat is echter een gevaarlijke illusie, de schijnoplossingen creëren enkel mist in plaats van inzicht!

Strikt genomen is het zo dat MBP's per actieve stof toepassing moeten worden berekend, de basisgegevens komen ook van dit niveau: kengetallen per middel publiceren is in feite ook alweer het introduceren van ruis.

Als opdracht voortvloeiend uit de tussenevaluatie van het MJP-G (1997) wordt aan een Nationale MilieuIndicator (NMI) en een BedrijfsMilieuIndicator (BMI) gewerkt, maatstaven die met één cijfer de veroorzaakte milieubelasting aangeven. Naar verluid zal in 2003 een prototype het licht zien.

Niet alleen in Nederland, maar ook internationaal (o.a. OECD, Organisation for Economic Cooperation and Development) worden veel pogingen gedaan om tot een hanteerbare methodiek te komen die de milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen kan karakteriseren. Daarbij zijn er grote verschillen in de gekozen benaderingen. In een publicatie van van der Werf (1996) worden een aantal methoden met elkaar vergeleken. In de tweede helft van de jaren negentig coördineerde CLM het EU project "Comparing Environmental Risk Indicators for Pesticides (CAPER)", (Reus *et al.*, 1999) waarin een groot aantal Europese instellingen samen methoden ontwikkelt en vergeleken hebben. Steeds blijkt weer de hoge moeilijkheidsgraad om tot eenvoudige gestandaardiseerde en betekenisvolle maatstaven te komen die een beperkte databehoeft hebben. In vergelijking met de internationale voorstellen op dit terrein lijkt de BRI/MBP-benadering, ondanks de genoemde kritiepunten, vooralsnog duidelijk de beste.

6.1.3 Gebruiksgemak methodiek

De methodiek, zoals die in dit rapport is beschreven, ziet er op het eerste gezicht ingewikkeld uit. Ze moet onderscheiden worden in een testfase en een verbeterfase. In de testfase worden de behaalde resultaten gekwantificeerd. Dat betreft een groot aantal maatstaven. Vervolgens worden de vastgestelde tekorten geanalyseerd en de strategie geëvalueerd. In de verbeterfase gaat het met name om het vinden van nieuwe elementen voor de tekort schietende strategieën. Onderdeel daarvan kan onder andere zijn het zoeken naar chemische alternatieven.

De kwantificering van de milieubelasting op teelt- en bedrijfsniveau vergt een goede registratie van alle toepassingen van gewasbeschermingsmiddelen. De analyse van de oorzaken van de tekorten is niet altijd eenvoudig. Daarbij kan op een proeflocatie veel meer gerichte aandacht gegeven worden aan het bestuderen van de effectiviteit van de strategie dan op praktijkbedrijven. Of anders gezegd: er wordt een groot beroep gedaan op expertinschattingen en ervaringsdeskundigheid bij de beoordeling van de oorzaak van de te kort schietende strategieën bij praktijkbedrijven.

De gewasbeschermingskaarten bieden eenvoudig inzicht in de milieubelasting karakteristieken van ieder afzonderlijk middel. Een vergelijk is daarmee snel te maken. De kaarten zijn echter vooralsnog nog niet landelijk verkrijgbaar, maar worden nog enkel in praktijknetwerk projecten ingezet.

Daarnaast heeft PPO een rekensheet ontwikkeld waarin geautomatiseerd alle BRI- en MBP-berekeningen per actieve stof toepassing op teelt-, gewas- en bedrijfsniveau uitgevoerd worden. Ook de top-5 score per maatstaf wordt hierin geautomatiseerd samengesteld. Randvoorwaarde is wel dat alle middeltoepassingen op een voorgeschreven

gestandaardiseerde manier geregistreerd worden. Deze registratie kan plaatsvinden in de BRI-MBP-rekensheet of in FARM. FARM is de PPO-database die sinds 1990 gebruikt wordt voor het op een gestandaardiseerde manier registreren van teeltmaatregelen, en op een gestandaardiseerde manier uitvoeren van berekeningen (mineralenbalansen enz.). Via een interface kan de BRI-MBP-rekensheet gevuld worden vanuit FARM. Dit hulpmiddel neemt een hoop rekenwerk uit handen zodat alle aandacht op de beoordeling van het berekende gericht kan worden.

De kwantificering van milieubelasting leunt echter wel op het beschikbaar hebben en houden van een goede databank met de basisgegevens per actieve stof. Er is veel in geïnvesteerd om deze op te bouwen. Jaarlijks is dan een onderhoudsronde nodig om de nieuwste middelen en gegevens in de databank op te nemen.

6.1.4 Perspectieven

De in dit boekje weergegeven methodiek blijft in ontwikkeling. Met name de set maatstaven die milieubelasting karakteriseert, zal wanneer nodig en opportuun bijgewerkt moeten worden. Alle aanpassingen moeten echter steeds worden afgewogen tegen de informatiebehoefte en de complexiteit van de berekeningen, die helaas in de meeste gevallen sterk toeneemt.

6.2 Resultaten

De resultaten van het systematisch werken aan de ontwikkeling en doelgerichte toepassing van geïntegreerde gewasbescherming laten zien dat de inzet van gewasbeschermingsmiddelen sterk vermindert is ten opzichte van de jaren 80 en dat de resulterende milieubelasting naar verhouding nog veel verder teruggedrongen kan worden. Op onderzoekslocaties kan veelal al aan de toekomstgerichte strenge normen voldaan worden. In de praktijk zijn alleen de koplopers al zo ver. Inmiddels, na 20 jaar onderzoek, zijn de resterende problemen veelal bijzonder hardnekkig. Zowel de vorderingen als de knelpunten worden hieronder besproken. Daarnaast is het interessant om op grond van ervaringen en ontwikkelingen een blik in de toekomst te werpen.

6.2.1 Vooruitgang

Bij het saneren van de gewasbescherming vanaf 1980 werd kwantitatief de grootste reductie in milieubelasting gerealiseerd door het overbodig maken van de chemische grondontsmetting. Dit werd gebaseerd op de opzet van een gezonde vruchtwisseling in combinatie met de inzet van meer resistente rassen en het vroegtijdig opsporen van haard en aard der aaltjes. Relatief veel werd bijgedragen

aan de verminderde inzet door het vaststellen van de bestrijdingsnoodzaak. Dat voorkwam routinebespuitingen. In de onkruidbestrijding werd veel winst gehaald door de integratie van mechanische technieken in de strategie, het overgaan op contactmiddelen in plaats van bodemherbiciden en de lage dosering benadering. Bij ziekte- en plaagbeheersing kon vooral via lage doseringen en/of inzet van resistente en tolerante rassen veel vooruitgang geboekt worden.

Vooral in de beginfase van het onderzoek bleek dat de besparing op chemische middelen (en meststoffen) in het algemeen opwoog tegen de eventuele opbrengstderving (Janssens *et al.*, 1998). Later bleken aanpassingen op het bedrijf alleen milieuwinst op te leveren, terwijl het nauwelijks of geen economische voordeel bood. De aanleg van brede teeltvrije zones is daar een voorbeeld van.

Op bedrijfsniveau blijkt dat in de akkerbouw de milieudoelstellingen vrijwel geheel haalbaar zijn, zonder dat het economisch perspectief van het bedrijf in gevaar komt. De praktijkbedrijven in projecten als Telen met toekomst zijn nog niet zover als experimentele locaties, die vaak al aan meerdere of alle streefwaarden voldoen. Toch is de winst na een aantal projectjaren duidelijk zichtbaar. Overigens is er gemiddeld over heel de sector reductie van de milieubelasting waar te nemen, vooral door de betere middelen en de lagere doseringen.

In de vollegrondsgroenteteelt is een rendabele bedrijfsvoering in het algemeen al problematisch, en de geïntegreerde experimentele bedrijfssystemen maken daarop geen uitzondering. Dit biedt weinig mogelijkheden om tegemoet te komen aan milieudoelstellingen, omdat de telers niet bereid zijn om risico te lopen op productie- of kwaliteitsverlies. Toch laten de experimentele systemen een grote milieuwinst zien ten opzichte van de praktijk, en zijn ook voor de vollegrondsgroenteteelt bruikbare methoden ontwikkeld voor de geïntegreerde gewasbescherming.

6.2.2 Knelpunten

De grote winst die de eerste jaren van onderzoek wordt behaald is zeker aan de methodiek toe te schrijven. De laatste stappen op weg naar het behalen van de in de maatstaven gekwantificeerde doelstellingen zijn echter veel moeilijker. Van de experimentele akkerbouwsystemen voldoet anno 2001 alleen het OBS. De andere bedrijven staan voor de vraag hoe de laatste winst behaald kan worden zonder negatieve effecten op het economische resultaat. Het wachten is op oplossingen uit gericht deelonderzoek. De andere oplossingsroute: het veranderen van de gewassenkeus of het verruimen van de vruchtwisseling is relatief ingrijpend en heeft grote economische consequenties.

De belangrijkste beperking van de geïntegreerde werkwijze ligt in het economische resultaat op bedrijfsniveau. Zowel

in de akkerbouw als in de vollegrondsgroenteteelt is een intensief bouwplan met een aantal hoogsalderende gewassen in een nauwe rotatie de enige optie om een aanvaardbaar bedrijfsresultaat te behalen. Een optimalisatie van deze situatie is wel mogelijk, maar dit is vaak onvoldoende om preventieve maatregelen effectief in te zetten.

De belangrijkste constatering uit praktijkprojecten is dat de probleemttoepassingen plaatsvinden in de hoogsalderende teelten, zoals aardappel, ui, peen, spruitkool, prei, aardbei en diverse bladgewassen. Ziekten, plagen en/of onkruiden kunnen in deze teelten een grote reductie van opbrengst of kwaliteit teweeg brengen. Dit risico wordt sterk ingeperkt door een doeltreffende chemische aanpak, waarbij de milieubelasting soms hoog kan oplopen.

In sommige teelten is chemisch ingrijpen tot op heden de enige praktische mogelijkheid om een aanvaardbaar teeltsaldo te behalen. Chemische en niet-chemische alternatieven zijn niet voorhanden of minder effectief, zodat de teler gedwongen wordt om milieubelastende middelen in te zetten. In de grote teelten, zoals aardappel en ui, komen inmiddels nieuwe middelen beschikbaar, maar in de kleinere teelten is de kans groot dat het middelenpakket steeds nijpender wordt.

6.2.3 Perspectieven

Sinds de eerste bestrijdingsmiddelenwet (1962) zijn gewasbeschermingsmiddelen onderhevig aan een toelatingsprocedure. Over de decennia heen zijn steeds meer criteria, met name ten aanzien van milieu-aspecten, opgenomen in de beoordelingsprocedure. Vanaf 1995 is een traject ingezet dat moet leiden tot harmonisatie van de toelatings op EU-niveau. Een en ander leidt inmiddels tot een forse sanering van het beschikbare middelenpakket. De overgebleven middelen scoren op milieucriteria gemiddeld natuurlijk aanzienlijk beter dan het gemiddelde van het oude (zeg MJP-G referentieperiode) pakket.

Dat leidt op zichzelf al tot een verlaging van de milieubelasting in de akkerbouw/vollegrondsgroente, nog los van de implementatiegraad van geïntegreerde gewasbescherming. De keerzijde van de medaille is dat het middelenpakket zo smal is (en nog smaller zal worden) dat er voor een aantal specifieke ziekten, plagen en onkruiden geen chemische oplossingen meer voorhanden zijn en dat resistentiemanagement bemoeilijkt wordt. Voor die knelpunten is bij lange na nog geen afdoende, op niet-chemische technieken gebaseerde, bestrijdingsstrategie voorhanden. In het onderzoek is ook gebleken dat een ruim middelenpakket een randvoorwaarde is van geïntegreerde gewasbescherming. Uitbreiding van toelatings van bestaande middelen kan, nee moet, hier uitkomst bieden.

Overigens is het saneringsspoor via de toelating van gewasbeschermingsmiddelen (het stoffen-beleid), het favoriete spoor van de overheid wat betreft het verlagen van de milieubelasting.

Het MJP-G (implementatie vanaf 1991) had drie hoofddoelstellingen: 1) terugdringen van de omvang van het gebruik (kg actieve stof), 2) verminderen van de afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen en 3) het verminderen van emissie naar bodem water en lucht. Om dit te bereiken werd ingezet op geïntegreerde landbouw en geïntegreerde gewasbescherming.

In het nieuwe “Zicht op Gezonde Teelt” beleid worden de eerste twee sporen van het MJP-G gecontinueerd, zij het dat het eerste spoor niet meer nadrukkelijk voor het criterium actieve stof kiest. In het derde spoor staat een verbeterde naleving van wet en regelgeving (o.a. problemen met illegaal gebruik) centraal; Om die doelstellingen te realiseren zet de overheid in op een sectorbrede introductie en verdere ontwikkeling van geïntegreerde gewasbescherming op gecertificeerde bedrijven. De certificering is tot op heden nog niet van de grond gekomen, maar de beleidsinzet maakt duidelijk dat ondernemers hun ‘license to produce’ toch veilig zullen moeten stellen. En daarbij blijft het spoor van geïntegreerde gewasbescherming centraal staan (zoals ook blijkt uit het afsprakenkader van 2003 tussen LTO, LNV en SNM).

Het onderzoek aan geïntegreerde gewasbescherming heeft altijd als doel gehad de “afhankelijkheid” te verminderen, de inzet te reduceren en de resulterende milieubelasting te minimaliseren. Uit 20 jaar onderzoek blijkt dat anno 2003 de milieubelasting al zeer sterk gereduceerd kan worden met strategieën waarin bij de bestrijdingscomponent gewasbeschermingsmiddelen centraal staan. Terwijl deze winst in de jaren 80 en begin jaren 90 alleen behaald kon worden door ingrijpende geïntegreerde strategieën die vaak het gebruik overbodig maakten. Deze technieken hebben nog steeds hun waarde. Echter als het gaat om brede praktijkimplementatie zijn de huidige strategieën makkelijker te “verkopen” dan de oude. Dat geldt voornamelijk voor de akkerbouw, omdat in de vollegrondsgroenteteelt het smalle middelenpakket nog steeds relatief veel milieubelastende middelen bevat.

Onderzoek naar geïntegreerde gewasbescherming moet erop gericht zijn uiteindelijk te leiden tot praktijkimplementatie. Dat betekent dat de eerder in deze uitgave genoemde criteria voor de te ontwikkelen strategieën zoals: effectiviteit, uitvoerbaarheid, acceptatie en betaalbaarheid zeer serieus genomen moeten worden. Deze moeten al bij de ontwikkeling in experimentele situaties meegenomen worden. De volledige test ondergaan de strategieën echter pas bij de beproeving in de praktijknetwerken. Daar vindt ook de “praktijk”-beoordeling plaats van de mate waarin

de verschillende bedrijfsdoelstellingen samen kunnen blijven gaan bij toepassing van geïntegreerde gewasbescherming. Daarmee wordt bedoeld op het tegelijk realiseren van een effectieve beheersing met minimale milieubelasting en het veilig stellen van de gewenste kwaliteitsproductie als basis voor de bedrijfscontinuïteit. Deze aspecten werden, zoals betoogd in deze uitgave, ook reeds meegenomen bij het initiële ontwerp en de eerste ronde van beproeving op de experimentele locaties. Praktijkbeproevingen vinden plaats in praktijknetwerken zoals Telen met toekomst.

Het onderzoek aan allerlei aspecten van gewasbescherming gaat onverminderd door. Toch is er een duidelijke verschuiving gaande. Enerzijds wat betreft de inhoudelijke focus die steeds meer bepaald wordt door de (resterende hardnekkige en nieuwe) knelpunten in de praktijk. En anderzijds doordat de methode van onderzoek nu ook meer gericht is op het daadwerkelijk ontwerpen van volledige strategieën. Daarmee wordt het werk op bedrijfsniveau sterker ondersteund dan vroeger. Dat zal ook nodig zijn om de praktijkbrede toepassing van geïntegreerde gewasbescherming te realiseren.

Bijlage 1: Top-5 scores BRI-MBP 2001

Tabel A. Top-5 BRI-lucht 2001 Tmt-regio's en experimentele locaties

	1	2	3	4	5
akkerbouw					
OBS	Shirlan	Dithane Dg*	Dosanex	Chloor Ipc	Roundup
Kompas	Shirlan	Corbel	Opus Team	Roundup	Goltix T*
Vredepeel	Shirlan	Curzate M*	Basagran	Betanal Trio	Ronilan
NON	Shirlan	Curzate M*	Opus Team	Corbel	Mocap*
ZON	Shirlan	Asulox	Dosanex	Chloor-Ipc	Avadex
ZWK	Shirlan	Propachloor*	Slakkendood	Ekatina*	Temik
vollegrondsgroente					
Westmaas-spr	Shirlan	Curzate M*	Orthene	Ekatina*	Pirimor
Westmaas-ijs	Shirlan	Curzate M*	Chloor IPC	Legurame	Dimethoaat
Meterik blad	Chloor-Ipc	Pirimor	Eupareen	Mesurool	Ronilan
Meterik prei	Corbel	Chloor-Ipc	Mesurool	Eupareen	Butisan S
Meterik aardbei	Eupareen	Scala	Aliette	Goltix T*	Pirimor
MB	Asulam	Scala	Eupareen	Captan	Corbel
ZON	Chloor-Ipc	Hostaquick*	Pirimor	Corbel	Eupareen

Tabel B Top-5 BRI-bodem 2001 Tmt-regio's en experimentele locaties

	1	2	3	4	5
akkerbouw					
OBS	Shirlan	Rovral Aquaflo	Betanal Progress*	Allegro	Roundup
Kompas	Shirlan	Folicur	Roundup	Opus Team	Goltix T*
Vredepeel	Shirlan	Betanal Trio	Basagran	Allegro	Mcpa 500
NON	Reglone	Shirlan	Gramoxone	Opus Team	Ethofumesaat
ZON	Reglone	Shirlan	Terbutylazin*	Betanal Progress*	Asulox
ZWK	Reglone	Propachloor*	Shirlan	Daconil 500	Opus Team
vollegrondsgroente					
Westmaas-spr	Shirlan	Reglone	Pirimor	Mesurool	Linuron
Westmaas-ijs	Shirlan	Reglone	Allegro	Linuron	Pirimor
Meterik blad	Pirimor	Mesurool	Chloor-Ipc	Rovral Aquaflo	Ronilan
Meterik prei	Folicur	Mesurool	Tilt 250	Exact	Corbel
Meterik aardbei	Paraat	Fenmedifam*	Goltix T*	Scala	Pirimor
MB	Actor	Paraat	Nimrod	Folicur	Fenmedifam*
ZON	Actor	Folicur	Pirimor	Linuron	Mesurool

Tabel C. Top-5 BRI-grondwater 2001 Tmt-regio's en experimentele locaties

	1	2	3	4	5
akkerbouw					
OBS	Dithane Dg*	Royal Mh-30	Betanal Progress*	Kenbyo	Gratil
Kompas	Titus	Lontrel 100	Roundup	Folicur	Goltix T*
Vredepeel	Mcpa 500	Curzate M	Gallant 2000	Basagran	Bropyr
NON	Curzate M*	Temik	Maneb	Aviso	Titus
ZON	Gallant 2000	Terbutylazin	Bropyr	Tattoo C	Titus
ZWK	Propachloor*	Slakkendood	Temik	Ridomil	Daconil 500
vollegrondsgroente					
Westmaas-spr	Pirimor	Curzate M*	Starane	Linuron	Ally
Westmaas-ijs	Curzate M*	Starane	Pirimor	Linuron	Allegro
Meterik blad	Eupareen	Lentagran	Exact	Pirimor	Kenbyo
Meterik prei	Kenbyo	Lentagran	Eupareen	Exact	Folicur
Meterik aardbei	Topaz 100	Eupareen	Fenmedifam*	Paraat	Goltix T*
MB	Antikiek	Ridomil	Kenbyo	Venzar	Topaz 100
ZON	Kenbyo	Propachloor	Pirimor	Lentagran	Sencor*

Tabel D. Top-5 MBP-waterleven 2001 Tmt-regio's en experimentele locaties

	1	2	3	4	5
akkerbouw					
OBS	Shirlan	Dosanex	Allegro	Dithane Dg*	Betanal Progress*
Kompas	Decis	Shirlan	Folicur	Goltix T*	Starane
NON	Sencor	Reglone	Karate	Pirimor	Decis
ZON	Linuron	Frontier*	Reglone	Decis	Dosanex
Vredepeel	Sumicidin Super	Decis	Pirimor	Mcpa 500	Betanal Trio
ZWK	Reglone	Sencor	Karate	Isoproturon	Pirimor
vollegrondsgroente					
Westmaas-spr	Reglone	Linuron	Pirimor	Decis	Shirlan
Westmaas-ijs	Reglone	Linuron	Pirimor	Shirlan	Spruzit
Meterik blad	Eupareen	Pirimor	Decis	Kenbyo	Mesurool
Meterik prei	Eupareen	Decis	Folicur	Kenbyo	Mesurool
Meterik aardbei	Acarstin	Eupareen	Decis	Pirimor	Fenmedifam*
MB	Hostaquick*	Decis	Acarstin	Eupareen	TMTD sp
ZON	Linuron	Propachloor*	Hostaquick*	Daconil 500	Decis

Tabel E. Top-5 MBP-bodemleven 2001 Tmt-regio's en experimentele locaties

	1	2	3	4	5
akkerbouw					
OBS	Dimethoaat	Shirlan	Allegro	Roundup	Betanal Progress*
Kompas	Folicur	Starane	Shirlan	Goltix T	Opus Team
NON	Reglone	Temik	Gramoxone	Mocap	Bavistin
ZON	Terbutylazin	Tattoo C	Reglone	Pirimor	Sencor
Vredepeel	Pirimor	Sumicidin Super	Starane 200	Betanal Trio	Shirlan
ZWK	Reglone	Pirimor	Dorado	Propachloor*	Sencor
vollegrondsgroente					
Westmaas-spr	Reglone	Pirimor	Dorado	Linuron	Ekatin
Westmaas-ijs	Reglone	Pirimor	dimethoaat	Linuron	Shirlan
Meterik blad	Pirimor	Dimethoaat	Exact	Eupareen	Ronilan
Meterik prei	Folicur	Exact	Eupareen	Mesurool	Kenbyo
Meterik aardbei	Acarstin	Pirimor	Paraat	Nimrod	Teldor
MB	Dursban 4E	Acarstin	Carbendazim	Actor	Pirimor
ZON	Birlane	Daconil 500	Pirimor	Actor	Linuron

* toelating ingetrokken voor 1-1-2003, dus niet meer te gebruiken in het teeltseizoen 2003 (CTB, 2002)

Bijlage 2: Gewasbeschermingskaart prei

Toelichting

Deze BRI- en MBP-kaarten geven de milieukundige consequenties van de gewasbescherming per gewas weer. Met behulp van deze kaarten kan op een eenvoudige manier afgelezen worden wat milieukundig gezien de beste strategie t.a.v. gewasbescherming is.

De kaarten volgen zoveel mogelijk de systematiek van de DLV-gewasbeschermingsgidsen. Waar nodig zijn de meest recente wijzigingen ten aanzien van de toelating van gewasbeschermingsmiddelen meegenomen. De vermelde dosering is steeds een gemiddelde van de geadviseerde doseringsrange. Bij het driftpercentage is uitgegaan van de in het “lozingenbesluit open teelten en veehouderij” genoemde maatregelen. Dit zijn driftarme doppen, kantdoppen en teeltvrije zones per gewas.

Bij de wijze van toediening worden de volgende afkortingen gebruikt:

RIJ: rijenbehandeling
VV_KDD: volvelds + driftarme dop + kantdop
ZD: behandeling uitgangsmateriaal
PLEK: pleksgewijze behandeling
GRA: granulaatstrooier

Daarnaast is de volgende kleurindeling toegepast:

blauwgrijs = basisgegevens
groen = berekende gegevens onder de streefwaarden
donkerblauw = berekende gegevens boven de streefwaarden

De maatstaven in volgorde van belangrijkheid:

Prioriteit	Maatstaf	Eenheid	Streefwaarde/richtlijn
1	BRI-lucht	kg actieve stof/ha	0,2
2	MBP-waterleven	MBP-punten	10
3	BRI-grondwater	ppb	0,1
4	BRI-bodem	kg dagen/ha	50
5	MBP-bodemleven	MBP-punten	100

Indien het perceel niet grenst aan watervoerende sloten is MBP-waterleven niet relevant. Bij zowel BRI-grondwater als MBP-bodemleven zijn de resultaten bij verschillende organische stofklassen weergegeven.

Deze indeling is als volgt:

Organische stof klasse	% Organische stof
2	1,5 tot 3
3	3 tot 6
4	6 tot 12

Voorbeeld gewasbeschermingskaart prei

Zomertoepassingen (1 maart - 1 september)												
Merknaam	Hoefv. middel (kg/ha)	Toe- diening	Drift (%)	BRI lucht (kg as/ha)	MBP waterleven	BRI grondwater (mg/l) Voorjaar / Zomer			BRI bodem (kgdagen/ha)	MBP bodemleven		
						2	3	4		2	3	4
Onkruidbestrijding												
Zomerprei												
chloorprofam	5	vv_kdd	2,2	1,0	5	,0	,0	,0	115	0	0	0
lentagran wp	1	vv_kdd	2,2	,0	4	,9	,14	,0	20	0	0	0
Herfst en Winterprei												
chloorprofam	5	vv_kdd	2,2	1,0	5	,0	,0	,0	115	0	0	0
butisan s	1,25	vv_kdd	2,2	,03	3	,0	,0	,0	16	0	0	0
butisan s	0,4	vv_kdd	2,2	,01	1	,0	,0	,0	5	0	0	0
+ lentagran wp	0,5	vv_kdd	2,2	,0	2	,45	,07	,0	10	0	0	0
butisan s	1	vv_kdd	2,2	,03	3	,0	,0	,0	13	0	0	0
+ lentagran wp	0,75	vv_kdd	2,2	,0	3	,68	,1	,0	15	0	0	0
lentagran wp	1,5	vv_kdd	2,2	,01	6	1,35	,2	,0	30	0	1	1
Ziektebestrijding												
Papiervlekkenziekte (Phytophthora porri)												
previcur n	1,5	vv_kdd	2,2	,05	0	,0	,0	,0	28	3	3	3
eupareen-spruitkorrels	2,5	vv_kdd	2,2	,19	220	,38	,01	,0	14	2	2	2
kenbyo	0,75	vv_kdd	2,2	,0	10	,08	,01	,0	15	1	1	1
captan 480 sc	2	vv_kdd	2,2	,48	14	,03	,03	,03	10	12	12	12
Purper- en fluweelvlekkenziekte												
(Alternaria porri en Cladosporium)												
folicur 25 wg	1,2	vv_kdd	2,2	,0	24	,3	,02	,0	326	16	16	16
daconil 500 vloeibaar	3	vv_kdd	2,2	,08	183	1,44	,07	,0	100	918	882	445
horizon ew	1	vv_kdd	2,2	,0	20	,25	,01	,0	272	14	14	14
kenbyo	0,75	vv_kdd	2,2	,0	10	,08	,01	,0	15	1	1	1
Roest												
corbel	1	vv_kdd	2,2	,38	3	,0	,0	,0	53	2	1	0
tilt 250 ec	1	vv_kdd	2,2	,01	3	,0	,0	,0	35	1	1	0
exact	5	vv_kdd	2,2	,0	1	,63	,02	,0	17	12	13	7
folicur 25 wg	1,2	vv_kdd	2,2	,0	24	,3	,02	,0	326	16	16	16
kenbyo	0,75	vv_kdd	2,2	,0	10	,08	,01	,0	15	1	1	1
Fusarium culmorum												
carbendazim	4	zd	,0	,1	0	,52	,0	,0	271	529	529	529
topsins m vloeibaar	4	zd	,0	,02	0	30,0	20,0	8,0	13	1633	1633	1633
Plaagbestrijding												
Bladluizen, preimot, trips en uienmineervlieg												
pirimor	0,5	vv_kdd	2,2	,04	116	,13	,0	,0	31	302	264	154
dimethoat	0,5	vv_kdd	2,2	,03	1	,0	,0	,0	1	31	31	31
mesurol 500 sc	1,25	vv_kdd	2,2	,03	7	,0	,0	,0	35	3	1	1
decis	0,3	vv_kdd	2,2	,0	114	,0	,0	,0	0	0	0	0
sumicidin super	0,2	vv_kdd	2,2	,0	440	,0	,0	,0	0	46	26	13

Literatuur

- Anonymous, 1994. Achtergronden van de milieumeetlat voor bestrijdingsmiddelen. Kerngroep MJP-G, Ede, 26 pp.
- Anonymous, 2001a. Blootstellingen Risico Index en MilieuBelastingspunten; rekenregels, streefwaarden en basisgegevens per actieve stof. Interne notitie Team Bedrijf & Omgeving, PPO-agv Lelystad, 24 pp.
- Anonymous, 2001b. Telen met toekomst voor telers met toekomst, Jaaroverzicht 2000. Plant Research International, Wageningen, 50 pp. Zie ook www.telenmettoekomst.nl
- CTB, 2002. Bestrijdingsmiddelenbank van het College voor Toelating Bestrijdingsmiddelen. Te vinden op www.bib.wau.nl/ctb.
- Commissie Alternatieve Landbouwmethoden, 1977. Alternatieve landbouwmethoden: Inventarisatie, evaluatie en aanbevelingen voor onderzoek. Eindrapport, PUDOC Wageningen, 314 pp en bijlagen.
- Dekking, Arjan, Bert Smit, Gert Snippe, Harm de Boer, Frank de Ruijter, Peter Uithol en Ko Groenwold, 2002. Groepsrapport NON akkerbouw 2001. Intern rapport Telen met toekomst.
- Dekking, A.G.J. en M.H. Zwart-Roodzant, 2000. Samen werken aan verminderen milieubelasting; Actieplan voor bedrijf op basis van BRI en MBP. PAV-Bulletin Akkerbouw, jaargang 4 nr. 4, Lelystad, p. 26-30.
- Huijsmans, J.F.M., H.A.J. Porskamp en H.J. Holterman, 1997. Drift(beperking) bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen - evaluatie van drift van spuitvloeistof bij bespuitingen in de fruitteelt, de volveldsteelt en de boomteelt (stand van zaken december 1996), Instituut voor Milieu en Agritechniek, IMAG-DLO rapport 97 - 04, Wageningen.
- Janssens, S.R.M., J.G. Groenwold en F.G. Wijnands, 1998. Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw; Bedrijfseconomische en milieutechnische resultaten 1990-1993. Mededeling 618, Landbouw Economisch Instituut, Den Haag, 95 pp.
- Kroonen-Backbier, Brigitte, Hans Langeveld, Frank de Ruijter, Peter Uithol en Ko Groenwold, 2002. Groepsrapport ZON akkerbouw 2001. Intern verslag Telen met Toekomst.
- Lotz, L.A.P. en R.M.W. Groeneveld, 2001. De betekenis van een vals zaaibed voor de onkruidbeheersing in de biologische landbouw en de teelt van vollegrondsgroente; Rapportage van een inventariserende studie. Nota 139, Plant Research International, Wageningen, 26 pp.
- Ministerie van LNV, 2001. Zicht op Gezonde Teelt; Gewasbeschermingsbeleid tot 2010. Te vinden op www.overheid.nl
- Reus, J., P. Leendertse, C. Bockstaller, I. Fomsgaard, V. Gutsche, K. Lewis, C. Nilsson, L. Pussemier, M. Trevisan, H. van der Werf, F. Alfarroba, S. Blumel, J. Isart, D. McGrath, T. Seppala, 1999. Comparing Environmental Risk Indicators For Pesticides. CLM 426, CLM Utrecht, 184 pp.
- Rovers, Jacques, Remmie Booij, Ko Groenwold, Frank de Ruijter en Peter Uithol, 2002a. Groepsrapport ZON vollegrondsgroenten 2001. Intern verslag Telen met toekomst.
- Rovers, Jacques, Remmie Booij, Ko Groenwold, Frank de Ruijter en Peter Uithol, 2002b. Groepsrapport MB vollegrondsgroenten 2001. Intern verslag Telen met toekomst.
- Rovers, Jacques, Frank de Ruijter, Peter Uithol en Ko Groenwold, 2002c. Groepsrapport ZWN akkerbouw 2001. Intern verslag Telen met toekomst.
- Simonich, S.L. and R.A. Hites, 1995. Global distribution of organochlorine compounds. Science, 269, p. 1851-1854.
- Sukkel, W. en P.A.C. Koot (red.), 2002. Geïntegreerde vollegrondsgroenteteelt Zuidoost Nederland. PPO-bedrijfssystemen 2002 - nr. 7, Lelystad, 56 pp.
- Sukkel, W. en J.A.J.M. Rovers (red.), 2002. Geïntegreerde vollegrondsgroenteteelt Zuidwest Nederland. PPO-bedrijfssystemen 2002 - nr. 5, Lelystad, 60 pp.
- Vereijken, P., 1987. Van geïntegreerde bestrijding naar geïntegreerde landbouw. Landbouwkundig Tijdschrift 99 nr. 5, p. 19-21.
- Werf, H.G.M., 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. Agric. Ecosyst. Environm. 60: p. 81-96.
- Weijden, W.J., van der, H. van der Wal, H.J. de Graaf, N.A. van Brussel, W.J. ter Keurs, T. Bakker, 1984. Bouwstenen voor een geïntegreerde landbouw. WRR-rapport V44 1984, Staatsuitgeverij, Den Haag, 190 pp.
- Wijnands, F.G., 1997. Integrated crop protection and environment exposure to pesticides: methods to reduce use and impact of pesticides in arable farming. European Journal of Agronomy 7, p. 251-260.
- Wijnands, F.G. en P. van Asperen (red.), 2002. Geïntegreerde akkerbouw Noordoost Nederland. PPO-bedrijfssystemen 2002 - nr. 9, Lelystad, 56 pp.
- Wijnands, F.G. en A.J.G. Dekking (red.), 2002. Geïntegreerde akkerbouw Centrale Zeeklei. PPO-bedrijfssystemen 2002 - nr. 4, Lelystad, 52 pp.
- Wijnands, F.G. en B.M.A. Kroonen-Backbier (red.), 2002. Geïntegreerde akkerbouw Zuidoost Nederland. PPO-bedrijfssystemen 2002 - nr. 10, Lelystad, 60 pp.
- Wijnands, F.G., W. Sukkel en J.J. de Haan, 2001. Systeeminnovatie in de landbouw, wegwijzer naar de toekomst. Verschenen in: Wolfert, J., R. Booij en M.K. van Ittersum (red.), Ecologiseren en Bedrijfssystemenonderzoek: waarheen, waarvoor. KLV studiedag, juni 2001, p. 9-28. KLV Wageningen, 76 pp.
- Woittiez, R.D., G.H. Horeman en J. Baas, 1996. MJP-G emissie-evaluatie 1995: achtergronddocument. Commissie van Deskundigen Emissie-evaluatie MJP-G, Ede, 127 pp.
- Voor meer gedetailleerde informatie over geïntegreerde gewasbescherming op de verschillende proeflocaties voor geïntegreerde akkerbouw en vollegrondsgroente, zie met name de hierboven genoemde uitgaven in de PPO-bedrijfssystemen reeks.



ISBN 90-807565-3-9



9 789080 756533